

補足-027-10 機電分耐震計算書の補足について

工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

工認添付書類	補足説明資料
VI-2 耐震性に関する説明書 VI-2 別添	補足-027-10-1 機電設備の耐震計算書の作成について
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-2 耐震性についての計算書における評価温度の考え方について
VI-2-4-3-1-1 燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-5-3-1-1 アキュムレータの耐震性についての計算書 VI-2-5-4-1-1 残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-5-7-1-1 原子炉補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-5-7-2-1 高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-9-2-5 機器搬入口の耐震性についての計算書 VI-2-9-2-6 逃がし安全弁搬出ハッチの耐震性についての計算書 VI-2-9-2-7 制御棒駆動機構搬出ハッチの耐震性についての計算書 VI-2-9-2-9 所員用エアロックの耐震性についての計算書 VI-2-9-2-10 配管貫通部の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-1-4 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-1-7 非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-1-8 非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	補足-027-10-3 Bijlaard の方法の適用文献について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-10-1-2-2-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-2-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-3-5 ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算書 VI-2-11-2-7-7 原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書 VI-3-3-7-1-5 機器搬入口の強度計算書 VI-3-3-7-1-7 逃がし安全弁搬出ハッチの強度計算書 VI-3-3-7-1-9 制御棒駆動機構搬出ハッチの強度計算書 VI-3-3-7-1-13 所員用エアロックの強度計算書 VI-3-3-7-1-15 配管貫通部の強度計算書	補足-027-10-3 Bijlaard の方法の適用文献について
VI-2 耐震性に関する説明書 VI-3 強度に関する説明書	補足-027-10-4 配管耐震・応力計算書における計算モデルについて
VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針	補足-027-10-5 電気盤等の水平方向の機能維持評価用加速度の設定方法について
VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書(原子炉再循環系)	補足-027-10-6 原子炉再循環ポンプの軸固着に対する評価について
VI-2-1-13 ダクト及び支持構造物の耐震計算書について	補足-027-10-7 ダクトの支持点設計について
VI-2-3-3-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針 VI-2-3-3-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書	補足-027-10-8 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書における斜角ノズルの評価方針についての補足説明資料

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-5-4-1-3 残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書 VI-2-5-4-1-5 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書 (残留熱除去系) VI-2-5-4-1-6 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書 VI-2-5-4-1-7 残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書 VI-2-5-5-4-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書 VI-2-5-6-1-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書 (原子炉隔離時冷却系)	補足-027-10-9 ECCS ストレーナ等の地震応答解析モデルについて
VI-2-5-5-3-1 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書	補足-027-10-10 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書	補足-027-10-11 制御棒の挿入性評価について
VI-2-6-2-1 制御棒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	補足-027-10-12 制御棒駆動機構の耐震評価方針について
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-13 排除水質量の考慮による応答低減の考慮
VI-2-1-1 耐震設計の基本方針	補足-027-10-14 配管解析における重心位置スペクトル法の適用について
VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-5-3-1 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-5-5-1 低圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-6-1-1 原子炉隔離時冷却ポンプの耐震性についての計算書	補足-027-10-15 剛な設備の固有周期の算出について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-5-6-1-2 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-7-1-2 原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-7-2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書</p> <p>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</p> <p>VI-2-8-3-1-2 中央制御室送風機の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-8-3-1-3 中央制御室非常用再循環送風機の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-9-4-4-4-1 残留熱代替除去ポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-11-2-7-6 燃料プール冷却ポンプ室冷却機の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-11-2-7-9 格納容器空気置換排風機の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-15 剛な設備の固有周期の算出について</p>
<p>VI-2-9-4-5-1-4 ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-16 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について</p>
<p>VI-2-5-7-1-4 原子炉補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-7-2-4 高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算書</p> <p>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</p> <p>VI-2-10-1-2-3-4 ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-17 容器のスロッシングによる屋根への影響評価について</p>

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-別添 2-2 溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震性についての計算書	補足-027-10-17 容器のスロッシングによる屋根への影響評価について
VI-2-1-9 機能維持の基本方針 VI-2-3-2-2-2 炉心シュラウドの耐震性についての計算書 VI-2-3-2-2-3 シュラウドサポートの耐震性についての計算書 VI-2-3-2-2-4 上部格子板の耐震性についての計算書 VI-2-3-2-2-5 炉心支持板の耐震性についての計算書 VI-2-3-2-2-6 燃料支持金具の耐震性についての計算書 VI-2-3-2-2-7 制御棒案内管の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-2-4 ジェットポンプ計測配管貫通部シールの耐震性についての計算書 VI-2-3-3-2-5 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）の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-2 蒸気乾燥器の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-3 気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-4 シュラウドヘッドの耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-5 ジェットポンプの耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-6 給水スパージャの耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-7 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの耐震性についての計算書	補足-027-10-18 原子炉圧力容器, 炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の重大事故時等における耐震評価について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-3-3-3-8 低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-9 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-11 原子炉中性子計装案内管の耐震性についての計算書	補足-027-10-18 原子炉圧力容器、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の重大事故時等における耐震評価について
VI-2-3-2-1 燃料集合体の耐震性についての計算書	補足-027-10-19 地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持について
VI-2-11-2-7-1 原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書	補足-027-10-21 原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-11-2-7-2 燃料取替機の耐震性についての計算書	補足-027-10-22 燃料取替機の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-9-4-7-1-4 遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書	補足-027-10-23 遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-25 機器・配管系の設備の既工認からの構造変更について
VI-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書 VI-2-9-4-3 ベント管の耐震性についての計算書	補足-027-10-26 クラス MC 容器における一次＋二次＋ピーク応力の取り扱いについて
VI-2-9-4-1 真空破壊装置の耐震性についての計算書	補足-027-10-27 真空破壊装置の動的機能維持評価について
VI-2-3-3-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針 VI-2-3-3-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書	補足-027-10-28 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書におけるブラケット類の応力評価について
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-29 主蒸気管の弾性設計用地震動 S_d での耐震評価について
VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書（主蒸気系）	補足-027-10-30 逃がし安全弁排気管の耐震評価について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-31 重大事故等対処設備の動的機能維持要求の整理について
VI-2-1-13 ダクト及び支持構造物の耐震計算書について	補足-027-10-32 ダクトの座屈評価で用いる補正係数, 安全係数の設定根拠について
VI-2 耐震性に関する説明書 VI-3 強度に関する説明書	補足-027-10-34 ボルトの評価断面について
VI-2-1-14 機器・配管系の計算書作成の方法	補足-027-10-35 管の耐震評価における地震相対変位の考慮方法について
VI-2 耐震性に関する説明書 VI-3 強度に関する説明書	補足-027-10-36 原子炉圧力容器関連及び原子炉格納容器関連の耐震計算書及び強度計算書の図書構成について
VI-1-2-1 原子炉本体の基礎に関する説明書	補足-027-10-39 原子炉本体の基礎の耐震計算に関する補足説明資料
VI-2-3-3-2-1 原子炉圧力容器スタビライザの耐震性についての計算書	補足-027-10-40 原子炉圧力容器スタビライザの鉛直地震荷重の考慮について
VI-2-1-13 ダクト及び支持構造物の耐震計算書について VI-2-8-3-1-1 管の耐震性についての計算書 (中央制御室空調換気系)	補足-027-10-41 ダクトの耐震支持間隔算定時におけるサポート剛性の取扱いについて
VI-2 耐震性に関する説明書 VI-3 強度に関する説明書	補足-027-10-43 原子炉圧力容器関連及び原子炉格納容器関連における工事計画認可で実施する評価手法の概要と荷重比等による評価について
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-44 耐震計算に用いる縦弾性係数算定のための温度条件について
VI-2-9-2-2 サプレッションチェンバの耐震性についての計算書 VI-2-9-2-3 サプレッションチェンバサポートの耐震性についての計算書	補足-027-10-45 サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバサポートの耐震評価手法について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-9-2-11 配管貫通部の耐震性についての計算書 VI-2-9-2-12 電気配線貫通部の耐震性についての計算書 VI-3-3-7-1-17 配管貫通部の強度計算書 VI-3-3-7-1-20 電気配線貫通部の強度計算書	補足-027-10-46 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の耐震性についての計算書に係る補足説明資料
VI-2-1-4 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針	補足-027-10-47 逃がし安全弁排気管の耐震クラスについて
VI-2-11-2-7-14 取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書	補足-027-10-48 取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性に関する説明書 VI-2-8 放射線管理施設の耐震性に関する説明書 VI-2-10 その他発電原子炉の附属施設の耐震性に関する説明書	補足-027-10-49 電気計装設備の固有周期についての補足説明資料
VI-2-4-3-1-1 燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-5-3-1-1 アキュムレータの耐震性についての計算書 VI-2-5-7-1-1 原子炉補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-5-7-2-1 高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-1-4 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイタンクの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-1-7 非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-1-8 非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	補足-027-10-50 横置円筒形容器の耐震評価方法について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-10-1-2-2-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-10-1-2-2-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-10-1-2-3-5 ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-11-2-7-7 原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-11-2-7-8 グラウンド蒸気排ガスフィルタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-11-2-7-11 タービン補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-50 横置円筒形容器の耐震評価方法について</p>
<p>VI-2-1-12 配管及び支持構造物の耐震計算について</p>	<p>補足-027-10-51 配管系の支持装置の評価手法の精緻化について</p>
<p>VI-2-5-4-1-2 残留熱除去ポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-1-1 高圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-1 低圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-7-1-3 原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-10-2-11 隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-52 立型ポンプの応答解析モデルの精緻化について</p>

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書（主蒸気系）</p> <p>VI-2-5-4-1-3 残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-4-1-5 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（残留熱除去系）</p> <p>VI-2-5-4-1-6 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-4-1-7 残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-1-2 高圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-1-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系）</p> <p>VI-2-5-5-1-5 高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-1-6 高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-2 低圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（低圧炉心スプレイ系）</p> <p>VI-2-5-5-2-5 低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-6 低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-4-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-6-1-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）</p>	<p>補足-027-10-53 サプレッションチェンバ内設備に対するスロッシング荷重等の影響評価について</p>

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-9-4-1 真空破壊装置の耐震性についての計算書 VI-2-9-4-2-1 ダウンカマの耐震性についての計算書 VI-2-9-4-2-2 ベントヘッドの耐震性についての計算書 VI-2-9-4-3 ベント管の耐震性についての計算書 VI-2-9-4-4-1-2 サプレッションチェンバスプレイ管の耐震性についての計算書 VI-3-3-7-1-17 配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの強度計算書	補足-027-10-53 サプレッションチェンバ内設備に対するスロッシング荷重等の影響評価について
VI-2-9-4-2-1 ダウンカマの耐震性についての計算書 VI-2-9-4-2-2 ベントヘッドの耐震性についての計算書 VI-2-9-4-3 ベント管の耐震性についての計算書	補足-027-10-54 原子炉格納容器ベント系設備の地震応答解析モデルの精緻化等に関する補足説明資料
VI-2-11-2-7-5 制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書	補足-027-10-55 制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書に関する補足説明資料
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) VI-2-9-4-7-1-1 管の耐震性についての計算書(格納容器フィルタベント系) VI-2-10-1-2-3-6 管の耐震性についての計算書(ガスタービン発電機) VI-2-10-2-11 隔離弁, 機器・配管の耐震性についての計算書 VI-2-11-2-8 管の耐震性についての計算書(波及的影響)	補足-027-10-59 格納容器フィルタベント系配管の地震相対変位に対する伸縮継手を用いた設計について
VI-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針 VI-2-1-12 配管及び支持構造物の耐震計算について	補足-027-10-62 配管系に設置する三軸粘性ダンパの概要及び設計方針
VI-2-3-3-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針	補足-027-10-63 原子炉圧力容器のノズル外荷重に関する補足説明資料

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-1-13 ダクト及び支持構造物の耐震計算書について VI-2-11-2-7-13 主排気ダクトの耐震性についての計算書	補足-027-10-64 主排気ダクトの座屈評価で用いる係数の設定根拠についての説明書
VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	補足-027-10-65 使用済燃料貯蔵ラックのアンカー部評価
VI-2-9-2-4 シヤラグの耐震性についての計算書	補足-027-10-66 シヤラグの耐震評価におけるコンクリートの許容応力度について
VI-2-10-1-2-3-1 ガスタービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-3-2 ガスタービン発電機励磁装置及び保護継電装置の耐震性についての計算書	補足-027-10-67 ガスタービン発電機の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-8-4-4 中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書	補足-027-10-68 中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2 耐震性に関する説明書	補足-027-10-69 原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の構造強度評価における形状係数の設定について
VI-2-3-3-2-5 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）の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書	補足-027-10-70 差圧検出・ほう酸水注入系配管の解析モデル
VI-2-3-3-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-2-4 ジェットポンプ計測配管貫通部シールの耐震性についての計算書	補足-027-10-71 原子炉圧力容器及び圧力容器付属構造物の簡易弾塑性解析結果について
VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	補足-027-10-72 使用済燃料貯蔵ラックの耐震解析のモデル化と温度による固有値解析への影響について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-3-2-2-1 炉心支持構造物の応力解析の方針 VI-2-3-2-2-6 燃料支持金具の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針 VI-2-3-3-3-2 蒸気乾燥器の耐震性についての計算書 VI-2-3-3-3-3 気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書	補足-027-10-73 炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の溶接部の継手効率の設定について
VI-2-別添 2-5 大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書	補足-027-10-74 大型タンク遮断弁の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
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	補足-027-10-75 水圧制御ユニット支持架構の固有周期について
VI-2-1-14 機器・配管系の計算書作成の方法	補足-027-10-76 弁の応答加速度と駆動部の動作機能確認済加速度の比較の考え方について
VI-2-10-1-2-3-7 緊急用直流 115V 蓄電池の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-3-8 緊急用直流 60V 蓄電池の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-5 230V 系蓄電池 (RCIC) の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-6 A-115V 系蓄電池の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-7 B-115V 系蓄電池の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-8 B1-115V 系蓄電池 (SA) の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-9 SA 用 115V 系蓄電池の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-10 高圧炉心スプレイ系蓄電池の耐震性についての計算書 VI-2-10-1-3-11 原子炉中性子計装用蓄電池の耐震性についての計算書	補足-027-10-77 蓄電池の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-11-2-7-13 主排気ダクトの耐震性についての計算書	補足-027-10-78 主排気ダクト及び支持構造物の解析モデルについて
VI-2-10-1-2-3-1 ガスタービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書	補足-027-10-79 ガスタービン発電機の動的機能維持の詳細評価について
VI-1-2-1 原子炉本体の基礎に関する説明書 VI-2-11-2-11 ガンマ線遮蔽壁の耐震性についての計算書	補足-027-10-80 建物・構築物として扱う原子炉格納容器内設備の機器分類と許容応力について
VI-2-5-4-1-2 残留熱除去ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-5-1-1 高圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-5-2-1 低圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-7-1-3 原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-10-2-11 隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書	補足-027-10-81 立形ポンプの耐震評価におけるノズル反力の影響について
VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書 (原子炉再循環系) VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書 (主蒸気系) VI-2-5-3-2-1 管の耐震性についての計算書 (給水系) 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) VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書 (高圧炉心スプレイ系) VI-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書 (低圧炉心スプレイ系)	補足-027-10-82 管の疲労評価に用いる諸元について

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書(原子炉隔離時冷却系)</p> <p>VI-2-5-8-1-1 管の耐震性についての計算書(原子炉浄化系)</p> <p>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)</p> <p>VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書(逃がし安全弁窒素ガス供給系)</p> <p>VI-2-9-4-5-2-1 管の耐震性についての計算書(可燃性ガス濃度制御系)</p>	<p>補足-027-10-82 管の疲労評価に用いる諸元について</p>
<p>VI-2 耐震性に関する説明書</p>	<p>補足-027-10-83 電気盤等の基礎・支持構造に係る耐震評価部位に関する補足説明資料</p>
<p>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</p>	<p>補足-027-10-84 ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求の整理について</p>
<p>VI-2-1-7 設計用床応答スペクトルの作成方針</p> <p>VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書(主蒸気系)</p> <p>VI-2-5-4-1-3 残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>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)</p> <p>VI-2-5-4-1-5 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書(残留熱除去系)</p> <p>VI-2-5-4-1-6 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-4-1-7 残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-1-2 高圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-86 サブプレッションチェンバ内に設置される機器・配管及びサブプレッションチェンバ外に接続される配管に適用する設計用地震力に関する補足説明資料</p>

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書 (高圧炉心スプレイ系)</p> <p>VI-2-5-5-1-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書 (高圧炉心スプレイ系)</p> <p>VI-2-5-5-1-5 高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-1-6 高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-2 低圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書 (低圧炉心スプレイ系)</p> <p>VI-2-5-5-2-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書 (低圧炉心スプレイ系)</p> <p>VI-2-5-5-2-5 低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-2-6 低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-5-3-2 管の耐震性についての計算書 (高圧原子炉代替注水系)</p> <p>VI-2-5-5-4-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書 (原子炉隔離時冷却系)</p> <p>VI-2-5-6-1-4 ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書 (原子炉隔離時冷却系)</p> <p>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</p>	<p>補足-027-10-86 サプレッションチェンバ内に設置される機器・配管及びサプレッションチェンバ外に接続される配管に適用する設計用地震力に関する補足説明資料</p>

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-6-5-30 サプレッションチェンバ温度 (S A) の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-6-5-31 サプレッションプール水温度 (S A) の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-9-2-8 サプレッションチェンバアクセスハッチの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-9-4-4-1-2 サプレッションチェンバスプレイ管の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-9-4-4-4-2 管の耐震性についての計算書 (残留熱代替除去系)</p> <p>VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書 (非常用ガス処理系)</p> <p>VI-2-9-4-5-2-1 管の耐震性についての計算書 (可燃性ガス濃度制御系)</p> <p>VI-2-9-4-5-4-1 管の耐震性についての計算書 (窒素ガス代替注入系)</p> <p>VI-2-9-4-6-1-1 管の耐震性についての計算書 (窒素ガス制御系)</p> <p>VI-2-9-4-7-1-1 管の耐震性についての計算書 (格納容器フィルタベント系)</p> <p>補足-027-10-14 配管解析における重心位置スペクトル法の適用について</p> <p>補足-027-10-45 サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバサポートの耐震評価手法について</p>	<p>補足-027-10-86 サプレッションチェンバ内に設置される機器・配管及びサプレッションチェンバ外に接続される配管に適用する設計用地震力に関する補足説明資料</p>
<p>VI-2-11-2-7-14 取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-87 取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパの概要及び設計方針</p>
<p>VI-2-5-4-1-2 残留熱除去ポンプの耐震性についての計算書</p>	<p>補足-027-10-89 立形ポンプの軸受評価について</p>

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-5-5-1-1 高圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-5-2-1 低圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-7-1-3 原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性についての計算書」	補足-027-10-89 立形ポンプの軸受評価について
VI-2-11-2-6-3 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の耐震性についての計算書	補足-027-10-90 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針 VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針 VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針	補足-027-10-91 免震重要棟遮蔽壁の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-1-1-3-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等における損傷の防止に関する基本方針 VI-1-1-7-別添1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針 VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針 VI-2-1-9 機能維持の基本方針 VI-2-2-32 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書 VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針	補足-027-10-93 仮設耐震構台の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-1-1-9-4 溢水影響に関する評価 VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針 VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針	補足-027-10-94 溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-4-2-4 燃料プール水位・温度(SA)の耐震性についての計算書	補足-027-10-95 燃料プール水位・温度(SA)の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-別添 2-2 溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書	補足-027-10-96 溢水源としないB, Cクラス機器のうち屋外タンクの耐震評価方法について
VI-2-9-2-4 シヤラグの耐震性についての計算書	補足-027-10-97 シヤラグの鉛直地震荷重の考慮について
VI-2-1-14 機器・配管系の計算書作成の方法	補足-027-10-98 動的機能維持評価対象弁の選定について
VI-2-10-1-2-3-4 ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性についての計算書	補足-027-10-99 ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震評価に適用する鉛直方向地震荷重に関する補足説明資料
VI-2-9-4-5-3-1 静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書	補足-027-10-100 静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書に係る補足説明資料
VI-2-10-2-11 隔離弁, 機器・配管の耐震性についての計算書 VI-3-別添 3-2-8 隔離弁, 機器・配管の強度計算書	補足-027-10-101 循環水ポンプの水平方向荷重の考え方について
VI-2-3-3-3-2 蒸気乾燥器の耐震性についての計算書	補足-027-10-102 蒸気乾燥器の耐震評価方法について
VI-2-10-1-2-1-5 非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書 VI-2-10-1-2-2-5 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書	補足-027-10-103 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の耐震評価について
VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針 VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針	補足-027-10-104 1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

(次頁へ続く)

(前頁からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-2-9-4-7-1-2 第1ベントフィルタスクラバ容器の耐震性 についての計算書 VI-2-9-4-7-1-3 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の耐 震性についての計算書	補足-027-10-105 第1ベントフィルタスクラバ容器及び第1ベ ントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造 物の耐震評価について
VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針 VI-2-1-9 機能維持の基本方針 VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラ ス施設の耐震評価方針	補足-027-10-106 土留め工(親杭)の耐震性についての計算書 に関する補足説明資料
VI-2-5-7-1-3 原子炉補機海水ポンプの耐震性についての 計算書	補足-027-10-107 原子炉補機海水ポンプにおける取水槽模型 試験について
VI-2-1-4 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の 施設区分の基本方針	補足-027-10-108 タービン補機海水系他放水ラインの重要度 分類の整理について
VI-2-11-2-7-18 循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての 計算書	補足-027-10-109 循環水ポンプにおける取水槽模型試験につ いて
VI-2-11-2-7-18 循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての 計算書	補足-027-10-110 循環水ポンプ渦防止板の固有周期算出モデ ルにおける並進ばねの算出

補足-027-10-1 機電設備の耐震計算書の作成について

目次

1. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 基本方針	1
4. 機電設備耐震計算書の分類と構成について	1
5. 耐震計算書記載注意事項	3
5.1 耐震計算書の全般的な注意事項	3
5.2 耐震計算書の各項目の注意事項	3

参考図書

- 付録-1 : 計算書作成の基本方針 (VI-2-1-14 の添付資料) を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「横形ポンプ」の耐震計算書記載例)
- 付録-2 : 計算書作成の基本方針 (VI-2-1-14 の添付資料) を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「容器」の耐震計算書記載例)
- 付録-3 : 計算書作成の基本方針 (VI-2-1-14 の添付資料) を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「立形ポンプ」の耐震計算書記載例)
- 付録-4-1 : 計算書作成の基本方針 (VI-2-1-14 の添付資料) を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「計装ラック」の耐震計算書記載例)
- 付録-4-2 : 計算書作成の基本方針 (VI-2-1-14 の添付資料) を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「盤」の耐震計算書記載例)
- 付録-5 : 機能維持評価で詳細検討を実施する場合
(機能維持評価用加速度 > 機能確認済加速度)
- 付録-6 : 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Aパターンの耐震計算書記載例)
- 付録-7-1 : 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(C-1パターン「解析」の耐震計算書記載例)
- 付録-7-2 : 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(C-2パターン「手計算」の耐震計算書記載例)
- 付録-8 : 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Dパターンの耐震計算書記載例)
- 付録-9 : 機能維持評価のみを確認する設備の耐震計算書
(Eパターンの耐震計算書記載例)
- 付録-10 : 計算書作成の基本方針 (VI-2-1-14 の添付資料) を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「管」の耐震計算書記載例)

1. 目的

新規規制基準を適用するに当たり、建設時の工事計画認可申請等既工認と比べて耐震計算を必要とする設備の種類・数が増加し、これに伴い、記載内容も既工認の記載事項には収まらない多様なものとなった。本資料「機電設備の耐震計算書の作成について」は、耐震計算書を地震応答解析及び応力評価手法等による分類を行い、それぞれの分類において耐震計算書の構成・記載程度について整理することで、耐震計算書の品質向上に資するものである。

本資料及び補足-001-01「工事計画認可申請書における本文及び添付書類の作成要領について」は、耐震計算書作成の手引きとして使用するものであり、設備や評価手法の独自性を踏まえて、本資料と異なる記載を妨げるものではない。

2. 適用範囲

本資料は、島根原子力発電所第2号機の工事計画認可申請における添付書類のうち「VI-2 耐震性に関する説明書」及び「VI-2 別添」の機電設備に適用するものとする。

3. 基本方針

耐震計算書の品質向上のため、耐震計算書は評価手法に基づき体系的に分類し、同じ分類に属する耐震計算書においては章構成、内容、用語等をできるだけ統一的な記載とする。具体的には以下の方針に基づいて本資料を作成し、本資料を耐震計算書の記載の手引きとして活用する。

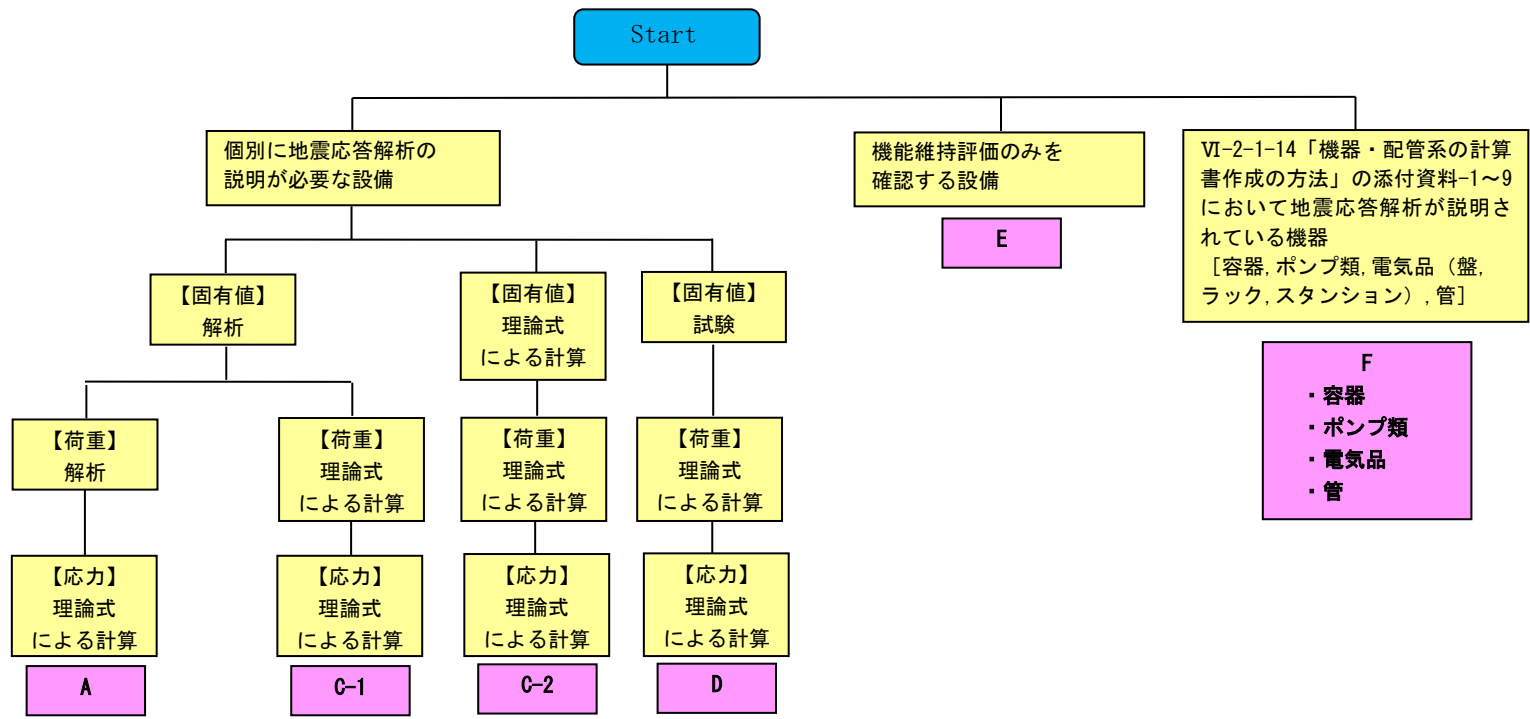
- ・耐震計算書を分類し、分類ごとに章構成をできるだけ統一する。
- ・分類に当たっては耐震計算書分類のフロー図を作成し、これに基づき耐震計算書を分類する。
- ・分類は地震応答解析、応力評価方法等により分類する。

4. 機電設備耐震計算書の分類と構成について

図4-1の上段の図に耐震計算書の記載パターンの選定フローを、下段の表に記載パターン毎のフォーマットを示す付録番号、該当設備例及び記載する項目を示し、第1章「概要」から最終章「評価結果」に至るまでの基本的な章構成、主な記載内容を示す。

VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」の添付資料-1～添付資料-9に基づき耐震計算書の作成を行うものは、Fパターンを用いて耐震計算書を作成する。その他、添付資料-1～添付資料-9に当てはまらないものは、固有周期の算定方法、荷重算定、地震応答解析及び構造強度評価の方法に応じて、A～Eのいずれかのパターンを用いて耐震計算書を作成する。また、機能維持評価で詳細評価が必要な場合（機能維持評価において機能確認済加速度を超えた場合）の記載は付録-5を参照する。

設備の特性上、特殊な評価が必要な場合でフローパターンに分類することができなくても本資料の目的を踏まえ、記載の品質向上を図る。



パターン	A [付録-6 参照]	C-1 [付録-7-1 参照]	C-2 [付録-7-2 参照]	D [付録-8 参照]	E [付録-9 参照]
該当設備 (例)	水圧制御ユニットなど	原子炉建物水素濃度など	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び発電機など	主蒸気管放射線モニタなど	残留熱除去系熱交換器出入口温度など
計算書*5 構成 (目次)	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 評価方針 2.4 適用規格・基準等 2.5 記号の説明 2.6 計算精度と数値の丸め方 3. 評価部位・・・・・・・・・・③ 4. 地震応答解析及び構造強度評価・・・・・・・・・・④ 4.1 固有周期・・・・・・・・・・④ 4.2 固有周期の計算方法 4.3 固有周期の確認条件 4.4 固有周期の計算結果 4.5 固有周期の確認結果 4.6 構造強度評価・・・・・・・・・・⑤ 4.7 荷重の組合せ及び許容応力 4.8 解析モデル及び諸元 4.9 設計用地震力 4.10 計算方法 4.11 計算条件 4.12 応力の評価 5. 機能維持評価*2, *3・・・・・・・・⑥ 5.1 (動的 or 電氣的) 機能維持評価方法 6. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑦ 6.1 設計基準対象施設としての評価結果 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 評価方針 2.4 適用規格・基準等 2.5 記号の説明 2.6 計算精度と数値の丸め方 3. 評価部位・・・・・・・・・・③ 4. 固有周期・・・・・・・・・・④ 4.1 固有周期の計算方法 4.2 固有周期の確認条件 4.3 固有周期の計算結果 4.4 固有周期の確認結果 4.5 構造強度評価・・・・・・・・・・⑤ 4.6 荷重の組合せ及び許容応力 4.7 解析モデル及び諸元 4.8 設計用地震力 4.9 計算方法 4.10 計算条件 4.11 応力の評価 5. 機能維持評価*2, *3・・・・・・・・⑥ 5.1 (動的 or 電氣的) 機能維持評価方法 6. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑦ 6.1 設計基準対象施設としての評価結果 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 評価方針 2.4 適用規格・基準等 2.5 記号の説明 2.6 計算精度と数値の丸め方 3. 評価部位・・・・・・・・・・③ 4. 固有周期・・・・・・・・・・④ 4.1 固有周期の計算方法 4.2 固有周期の確認条件 4.3 固有周期の計算結果 4.4 固有周期の確認結果 4.5 構造強度評価・・・・・・・・・・⑤ 4.6 荷重の組合せ及び許容応力 4.7 解析モデル及び諸元 4.8 設計用地震力 4.9 計算方法 4.10 計算条件 4.11 応力の評価 5. 機能維持評価*2, *3・・・・・・・・⑥ 5.1 (動的 or 電氣的) 機能維持評価方法 6. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑦ 6.1 設計基準対象施設としての評価結果 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 評価方針 2.4 適用規格・基準等 2.5 記号の説明 2.6 計算精度と数値の丸め方 3. 評価部位・・・・・・・・・・③ 4. 固有周期・・・・・・・・・・④ 4.1 基本方針 4.2 固有周期の確認方法 4.3 固有周期の確認結果 4.4 構造強度評価・・・・・・・・・・⑤ 4.5 荷重の組合せ及び許容応力 4.6 設計用地震力 4.7 計算方法 4.8 計算条件 4.9 応力の評価 5. 機能維持評価*2, *3・・・・・・・・⑥ 5.1 (動的 or 電氣的) 機能維持評価方法 6. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑦ 6.1 設計基準対象施設としての評価結果 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 評価方針 2.4 適用規格・基準等 3. 評価部位・・・・・・・・・・③ 3.1 機能維持評価・・・・・・・・・・④ 3.1.1 機能維持評価用加速度 3.1.2 機能確認済加速度 3.2 評価結果*4・・・・・・・・・・⑤ 3.2.1 設計基準対象施設としての評価結果 3.2.2 重大事故等対処設備としての評価結果
パターン	F (横形ポンプ類) [付録-1 参照]	F (容器) [付録-2 参照]	F (立形ポンプ) [付録-3 参照]	F (電気品, 盤, ラック, スタンション) [付録-4-1, 付録-4-2 参照]	F (管) [付録-10 参照]
該当設備 (例)	原子炉隔離時冷却ポンプなど	非常用ディーゼル発電設備空気だめなど	残留熱除去ポンプなど	RCIC 計装ラック, 制御盤など	配管
計算書*5 構成 (目次)	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 適用規格・基準等*1 3. 構造強度評価・・・・・・・・・・③ 3.1 固有周期の計算 3.2 固有周期の確認 3.3 固有周期の計算結果 3.4 固有周期の確認結果 3.5 構造強度評価・・・・・・・・・・④ 3.6 荷重の組合せ及び許容応力 3.7 解析モデル及び諸元 3.8 設計用地震力 3.9 計算条件 4. 機能維持評価*3・・・・・・・・・・⑤ 4.1 動的機能維持評価方法 5. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑥ 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 適用規格・基準等*1 3. 固有周期 3.1 固有周期の計算 3.2 固有周期の確認 3.3 固有周期の計算結果 3.4 固有周期の確認結果 3.5 構造強度評価・・・・・・・・・・④ 3.6 荷重の組合せ及び許容応力 3.7 解析モデル及び諸元 3.8 設計用地震力 3.9 計算条件 4. 機能維持評価*3・・・・・・・・・・⑤ 4.1 動的機能維持評価方法 5. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑥ 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 適用規格・基準等*1 3. 固有周期 3.1 固有周期の計算 3.2 固有周期の確認 3.3 固有周期の計算結果 3.4 固有周期の確認結果 3.5 構造強度評価・・・・・・・・・・④ 3.6 荷重の組合せ及び許容応力 3.7 解析モデル及び諸元 3.8 設計用地震力 3.9 計算条件 4. 機能維持評価*3・・・・・・・・・・⑤ 4.1 動的機能維持評価方法 5. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑥ 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 一般事項・・・・・・・・・・② 2.1 配置概要*1 2.2 構造計画 2.3 適用規格・基準等*1 3. 固有周期 3.1 固有周期の計算 3.2 固有周期の確認 3.3 固有周期の計算結果 3.4 固有周期の確認結果 3.5 構造強度評価・・・・・・・・・・④ 3.6 荷重の組合せ及び許容応力 3.7 解析モデル及び諸元 3.8 設計用地震力 3.9 計算条件 4. 機能維持評価*3・・・・・・・・・・⑤ 4.1 動的機能維持評価方法 5. 評価結果*4・・・・・・・・・・⑥ 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	1. 概要・・・・・・・・・・① 2. 概略系統図及び鳥瞰図 2.1 概略系統図 2.2 鳥瞰図 3. 計算条件 3.1 計算方法 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 3.3 設計条件 3.4 材料及び許容応力 3.5 設計用地震力 4. 解析結果及び評価 4.1 固有周期及び設計震度 4.2 評価結果

注記*1: 波及的影響を及ぼすおそれのある施設のみ記載
 *2: 動的又は電氣的機能維持評価が必要な設備のみ記載
 *3: 機能維持評価で詳細評価が必要な場合(機能確認済加速度を超えた場合)の記載は付録-5を参照する。
 *4: 設計基準対象施設単独又は重大事故等対処設備単独の場合は該当する項目のみ記載する。
 *5: 各計算書の目次は、補足-001-01「工事計画認可申請書における本文及び添付書類の作成要領について」に従った章構成とする。

図 4-1 機電設備耐震計算書の分類と各分類の構成

5. 耐震計算書記載注意事項

以降は、島根原子力発電所第2号機の耐震計算書（機電分）（以下「耐震計算書」という。）における記載項目、様式及び耐震計算書作成上の注意事項について整理し、耐震計算書の作成上の注意事項としてまとめたものである。なお、具体的な記載例は参考図書に示す。

5.1 耐震計算書の全般的な注意事項

○評価手法について

- ・自プラント既工認の記載内容から変更がある場合は、その内容が分かるように記載する。自社他プラントや既往研究の評価手法を引用する場合は、参照する工認書類等を記載する。なお、他社プラント工認で適用実績がある評価手法を用いる場合においても、自社として初めての適用となる場合は内容を省略せずに記載する。
- ・評価手法が既工認の記載事項から変更がなく、詳細な記載を省略する場合は、参照する工認書類等を記載する。

○評価対象（機器及び部位）、評価内容について

- ・複数の評価対象に対して代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方（条件が厳しい、すべて評価のうえ代表として記載するなど）の概要を計算書に記載する。
- ・評価を省略する場合は、その理由を記載する（変更がない、他で包含されているなど）。
- ・評価に当たり必要となる記号及び数値を記載する。

○耐震計算書中で「設備分類」として、設計基準拡張設備の記載が必要な場合、次のような設備名及び略称記載をする。

- ・設備名：常設重大事故防止設備（設計基準拡張）
- ・略称：常設/防止（DB拡張）

5.2 耐震計算書の各項目の注意事項

5.2.1 「①概要」について

「概要」は「目的」、「評価の概要」、「設計基準対象施設としての耐震重要度分類」、「重大事故等対処設備としての設備分類」、「波及的影響を及ぼすおそれのある施設としての耐震重要度分類」等を記載することを目的としている。

- ・各計算書に記載する「概要」は評価目的（「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。」等）を明確にし「評価結果」の章においては評価目的に対応した結論（「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。」、「十分な構造強度を有し、止水性を維持できることを確認した。」、「基準地震動S_sによる地震力に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。」等）を記載する。
- ・機能維持評価について詳細評価する場合はその旨を記載する。
- ・関連する上位文書があれば記載する。
- ・VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」（以下「基本方針（VI-2-1-14の添付資料）」という。）を呼び込む設備の計算書（容器、ポンプ類、電気品、管）

については基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）のフォーマットが使用できることについて構造上等からの適用性根拠を記載する。

例)

～○○ポンプは横形ポンプであり～

- ・計算書の対象となる機器の名称が系統名や設備名を含まない場合には、「概要」の初出箇所ですべて系統名や設備名を補うことで対象を明確にする。

例)

空気だめ → 非常用ディーゼル発電設備空気だめ

5.2.2 「②一般事項」について

「一般事項」においては「配置概要（波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備のみ記載）」、「構造計画」、「評価方針」、「適用規格・基準等」、「記号の説明」、「計算精度と数値の丸め方」を記載することを目的としている。

基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）を呼び込む設備の耐震計算書においては、基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）に記載している項目を耐震計算書に記載する必要はない（以降の頁についても同様に基本方針に記載されている項目を耐震計算書に記載する必要はない）。ただし、波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備で基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）に記載されていない「適用規格・基準等」がある場合は記載する。

- ・「配置概要」では各設備の設置箇所を説明する。
- ・「構造計画」では、「計画の概要」及び「概略構造図」により、「主体構造」から「支持構造物」、据付部（ボルト、溶接部）に至るまでの荷重伝播経路を説明する。
- ・「構造計画」では、「主体構造」を要目表の表現で記載する場合、必要に応じて耐震計算書のパターンの表現（横形ポンプ、スカート支持たて置円筒形容器など）を含む表現を（ ）付で記載する。
- ・「構造計画」では、「計画の概要」と「概略構造図」の説明においては用語を統一する（以降の頁についても同様に用語の整合性をとる）。
- ・「構造計画」では、据付ボルトが後施工の場合は「概略構造図」においてアンカの種類（メカニカルアンカ、ケミカルアンカ）を記載する。
- ・「構造計画」では、支持部が溶接の場合は溶接であることが分かるように「概略構造図」において溶接線を記載する。
- ・「概略構造図」には主要寸法を記載する。
- ・「評価方針」では、「構造強度は応力等が許容限界以内であること」、「機能維持確認は機能確認済加速度以下であること」等どのような方法で確認するかを記載する。
- ・「評価方針」では、原則として耐震評価フロー図を記載する（評価手法が既工認の記載事項から変更がなく、詳細な記載を省略とした場合は省略可）。
- ・「評価方針」では、耐震評価フロー図を用いて、固有周期を求めた後に設計用地震力を定めることを示す。

- ・「評価方針」では、ポンプ振動等を考慮する必要がある設備の場合は耐震評価フローにおいて「機械的荷重」の項目を記載する。
- ・「評価方針」では、屋外設備などの自然現象による荷重を考慮する必要がある設備の場合は耐震評価フローにおいてその旨の項目及び考え方の注記を記載する。

例)

追加項目：自然現象による荷重の算定・常時荷重

考え方：常時荷重は、自重、風荷重を考慮するものとする。また、上面面積は小さく、積雪荷重はわずかであるため、積雪荷重を含めない。

- ・「適用規格・基準等」では、計算書において準拠する規格及び基準について具体的な規格番号、名称及び制定又は改訂年度も含め記載する。
- ・「記号の説明」では、「記号」、「記号の説明」、「単位」を記載する。
- ・「計算精度と数値の丸め方」では、「数値の種類」、「単位」、「処理桁」、「処理方法」、「表示桁」を記載する。

5.2.3 「③評価部位」について

耐震評価を行う部位を記載することを目的としている。

- ・5.2.2「②一般事項」の「構造計画」で示した部位に対し、評価対象を選定している理由を記載する。
- ・複数の評価対象に対して代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方（条件が厳しい、すべて評価のうえ代表として記載するなど）の概要を計算書に記載する。

5.2.4 「④固有周期」について

固有周期の求め方及び固有周期を記載することを目的としている。

- ・解析モデルを用いて固有周期を算出する場合（C-1 他）において、「固有値解析方法」、「解析モデル及び諸元」、「固有値解析結果」を記載する。
 - －「固有値解析方法」では、適用する解析モデル（3次元FEMモデル等）、使用する要素（板要素、はり要素等）を記載する。
 - －「解析モデル及び諸元」では、内装品・取付け器具がある場合の解析モデル上での扱い（質量や重心位置等の計算条件）を記載する。
 - －「解析モデル及び諸元」では、基礎（据付）ボルト部をモデル化していない場合は「基礎（据付）ボルト部は剛体として評価する。」と記載する。
 - －「解析モデル及び諸元」では、解析モデル図、解析モデルの諸元を記載する。解析モデル図は、必要に応じ、どの部分のモデルかを示す。対称性等を考慮した部分モデル（1/2モデル等）は考え方を記載する。諸元は、解析モデルの要素数、節点数、拘束条件（完全固定、並進方向固定／自由、回転方向固定／自由、ピン支持等）を含め記載する。物性値（縦弾性係数、ポアソン比等）はモデル化した材料が複数あればそれぞれに記載する（ボルトをモデル化しているなら、ボルトの物性値を記載する。）。

- 「解析モデル及び諸元」では、最後の記載項目として、解析に用いる計算機プログラムを記載する。
 - 「固有値解析結果」では、固有周期を記載するとともに、柔構造の場合はその振動モード図及び刺激係数（モードベクトルの正規化方法を含む。「モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。」、または、「最大値を1として規格化するモードベクトルを用いる。」）を記載する。振動モード図は、最大で3次モードまでを、又は各方向の卓越モードを代表として記載する。また、剛構造であることを解析により確認した場合も、振動モード図を記載する。
 - ・評価対象の機器が流体中に設置される場合には、流体の影響を精緻に評価するため、付加質量（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、機器の形状により定まる仮想質量）及び必要に応じて排除水質量（水中に設置される機器が排除する水の質量）を考慮することを記載する。
 - ・理論式を用いて固有値を求める場合（C-2）において、「固有周期の計算方法」、
「固有周期の計算条件」、
「固有周期の計算結果」を記載する。
 - 「固有周期の計算方法」では、適用する解析モデル（1質点系モデル等）、解析モデル図、計算式を記載する。
 - 「固有周期の計算条件」では、各項目に対する記号、単位及び数値等を記載する。
 - ・固有周期を振動試験等で求める場合（D）において、「基本方針」、
「固有周期の確認方法」、
「固有周期の確認結果」を記載する。
 - 「基本方針」では、試験名称を記載する。
- 例)
- 計器スタンションの固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。
- 【類似品の結果を流用する場合の記載例】**
- 計器スタンションの固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。
- 「固有周期の確認方法」では、試験方法を記載する。

5.2.5 「⑤地震応答解析及び構造強度評価」について

地震応答解析、構造強度評価の方法及びそれらに使用する解析手法及び解析条件を記載することを目的としている。

- ・下記の項目を記載する。
 - 地震応答解析及び構造強度評価方法
 - 荷重の組合せ及び許容応力
 - 解析モデル及び諸元
 - 固有周期
 - 設計用地震力
 - 計算方法
 - 計算条件
 - 応力の評価

- ・「地震応答解析及び構造強度評価方法」には以下について記載する。
 - 適用する解析モデル（3次元FEMモデル等），使用する要素（板要素，はり要素等）を記載する。
 - 公称値を使用する旨を記載する。
 - 内装品・取付け器具がある場合，解析モデル上での扱い（質量や重心位置等の計算条件）を記載する。
 - 基礎（据付）ボルト部をモデル化していない場合は，「基礎（据付）ボルト部は剛体として評価する。」と記載する。
 - 水平2方向及び鉛直方向の地震力を考慮した評価を実施する設備については，その旨を記載する。
- ・「解析モデル及び諸元」では解析モデル図，解析モデルの諸元を記載する。解析モデル図は，必要に応じ，どの部分のモデルかを示す。対称性等を考慮した部分モデル（1/2モデル等）は考え方を記載する。諸元は，解析モデルの要素数，節点数，拘束条件（完全固定，並進方向固定／自由，回転方向固定／自由，ピン支持等）を含め記載する。物性値（縦弾性係数，ポアソン比等）はモデル化した材料が複数あればそれぞれに記載する（ボルトをモデル化しているなら，ボルトの物性値を記載する。）。また，最後の記載項目として，解析に用いる計算機プログラムを記載する。
- ・動的解析を実施する場合は，評価に用いる具体的な解析手法（スペクトルモーダル解析法，時刻歴応答解析法）を記載する。
- ・建物壁により支持される機器，建物中間階に設置される機器の設計用地震力は，当該機器の設置される上下階のいずれか大きい方を用いることを基本とする。
- ・応力の評価に使用する解析の結果を記載する（応力計算式を用いて手計算できる程度）。
- ・許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

5.2.6 「⑥構造強度評価」について

構造強度評価の方法及び条件を記載することを目的としている。

- ・下記の項目を必要に応じて記載する。
 - 構造強度評価方法
 - 荷重の組合せ及び許容応力
 - 設計用地震力
 - 計算方法
 - 計算条件
 - 応力の評価
- ・記載時の注意事項については5.2.5「⑤地震応答解析及び構造強度評価」を参照

5.2.7 「⑦構造強度評価」について

構造強度評価の方法及び条件を記載することを目的としている。

- 下記の項目を記載する。手計算で計算するものは、計算に用いるすべての記号の値を記載する（本文中又は計算結果の表中に記載）。
 - 構造強度評価方法
 - 荷重の組合せ及び許容応力
 - 計算条件
- 基本方針（VI-2-1-14の添付資料）を呼び込む設備の計算書（容器、ポンプ類、電気品）については評価に使用する基本方針（VI-2-1-14の添付資料）を記載する。
- 動的地震力における水平方向と鉛直方向の荷重の組合せについて、基本方針（VI-2-1-14の添付資料）を呼び込まない場合は、組合せ方法を記載する。
また、基本方針（VI-2-1-14の添付資料）を呼び込む場合であっても、基本方針（VI-2-1-14の添付資料）に組合せ方法が複数示されている場合は、適用している方法を記載する。
- その他の記載時の注意事項については5.2.5「⑤地震応答解析及び構造強度評価」を参照

5.2.8 「⑧機能維持評価」について

機能維持評価（詳細評価を含む）の方法及び条件を記載することを目的としている。

- 機能維持評価用加速度*と機能確認済加速度との比較評価を実施し、必要に応じてJ E A G 4 6 0 1に記載の詳細評価を実施する。
- 「機能維持評価用加速度*」では、機能維持評価用加速度の根拠等を記載する。
- 「機能確認済加速度」では、加振試験に用いる加速度、加振試験の条件等を記載する。
- J E A G 4 6 0 1の詳細評価を実施する場合、評価項目ごとに個別の評価書として章の構成を行い必要な内容を記載する。
- 機能維持評価方法の説明が必要な場合の記載は付録-5を参考とする。
注記*：用語は、「評価用加速度」ではなく、「機能維持評価用加速度」とする。

5.2.9 「⑨機能維持評価」について

機能維持評価（機能維持評価用加速度*と機能確認済加速度との比較評価）のみ実施する設備の機能維持評価の方法及び条件を記載することを目的としている。

- 「機能維持評価用加速度*」では、機能維持評価用加速度の根拠等を記載する。
- 「機能確認済加速度」では、加振試験に用いる加速度、加振試験の条件等を記載する。
注記*：用語は、「評価用加速度」ではなく、「機能維持評価用加速度」とする。

5.2.10 「⑩評価結果」について

設計基準対象施設としての評価結果、重大事故等対処設備としての評価結果を記

載することを目的としている。

- ・評価結果においては「①概要」に記載の評価目的に対応した結論を記載する。

例)

「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。」

「十分な構造強度を有し、止水性を維持できることを確認した。」

「基準地震動 S_s による地震力に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。」

付録-1：計算書作成の基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）を呼び込む設備の
耐震計算書
（F パターン「横形ポンプ」の耐震計算書記載例）

VI-〇-〇-〇 〇〇〇ポンプの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 動的機能維持評価方法	8
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



DB+SAの場合

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

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、○○○ポンプ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。

○○○ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、○○○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実施する。

下線 (○○) は動的機能維持評価が必要な機器の場合

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

○○○ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

・DB+SAの場合

○○○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。

・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。

その場合は、目次にも本項目を記載する。

2.3 適用規格・基準等

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備で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」に記載されていない「適用規格・基準等」がある場合は記載する。その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、「2.1 配置概要」、「2.2 構造計画」、「2.3 適用規格・基準等」となる。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプ等はポンプ取付ボルト、減速機取付ボルト及び原動機取付ボルトでポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>往復形 (往復形横形ポンプ) 〇〇〇</p>	
<p>要目表の表現「往復形」に加え、耐震計算書Fパターンの表現「横形ポンプ」を含む表現を () 付で記載する。</p>	<p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。 (例)：基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p>	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

〇〇〇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、S R S S法／絶対値和を適用する。

↑
「基本方針」にS R S S法及び絶対値和の計算方法が示されている場合、計算に適用する手法を記載する。

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

〇〇〇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に示す。

・DB+SAの場合

〇〇〇〇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3-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-〇に示す。

・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

3.2.2 許容応力

〇〇〇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3-2のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

〇〇〇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3-3に示す。

・DB+SAの場合

〇〇〇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3-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-〇に示す。

・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【〇〇〇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
〇〇系統施設	〇〇設備	〇〇〇ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

(DB + SAの場合、以下を追加)

表 3-〇 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
〇〇系統施設	〇〇設備	〇〇〇ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

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）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

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

該当する設備分類のみ記載する。

・ DB + SA の場合を示す。
 [・ DB 単独の場合は、許容応力（クラス 2, 3 支持構造物）
 ・ SA 単独の場合は、許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）とする。]

表 3-2 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 _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

DB + SA の場合は、V_AS を追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 3-3 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 (℃)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≦〇〇mm)	周囲環境温度			—
ポンプ取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≦〇〇mm)	最高使用温度			—
原動機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≦〇〇mm)	周囲環境温度			—
減速機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≦〇〇mm)	周囲環境温度			—

注記* : 〇〇〇相当

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) 取付ボルト SS41*
 注記* : SS400 相当

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

(DB+SAの場合、以下を追加)

40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 3-〇 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 (℃)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—
ポンプ取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度			—
原動機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—
減速機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—

注記* : 〇〇〇相当

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
(例) 取付ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

〇〇〇ポンプの動的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-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」に記載の評価方法に基づき行う。

〇〇〇ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横形3連 往復動式ポンプ	水平	〇.〇
		鉛直	〇.〇
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	〇.〇
		鉛直	〇.〇

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇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。

(DB + SAの場合、以下を追加)

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇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。

水平方向設計震度について、詳細評価のため方向を区別して評価を実施する場合、注記で補足する。

【〇〇〇ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設
1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇ポンプ	S	〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	C _H = *3	C _V = *3	C _H = *4	C _V = *4	C _p =		

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 (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)

設計震度をとっている床レベルを記載する。

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は、「—」とする。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i}^{*1} (mm)	l_{2i}^{*1} (mm)		d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^{*1}
基礎ボルト ($i=1$)						(M)			
ポンプ取付ボルト ($i=2$)						(M)			
原動機取付ボルト ($i=3$)						(M)			
減速機取付ボルト ($i=4$)						(M)			

ボルト径を記載する。

厚さ，径等による強度区分がある場合は，該当する強度区分を記載する。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	
基礎ボルト ($i=1$)	*2 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)	*2 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)					
ポンプ取付ボルト ($i=2$)	*3 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)	*3 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)					
原動機取付ボルト ($i=3$)	*2 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)	*2 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)					
減速機取付ボルト ($i=4$)	*2 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)	*2 ($\circ\circ\text{mm}<\text{径}\leq\circ\circ\text{mm}$)					

M_p が生じない場合は「—」とする。

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

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

H_p (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
原動機取付ボルト (i=3)		引張	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
減速機取付ボルト (i=4)		引張	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

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 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
ポンプ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
原動機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

「機能維持評価用加速度 \leq 機能確認済加速度」の場合は、ここで終了。
※：評価用加速度 $>$ 機能確認済加速度の場合は、詳細評価を追加する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動S_s) により定まる加速度」
「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」
「設計用震度 II (基準地震動S_s) により定まる加速度」
「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」

注記*：「設計用震度 I (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

水平方向設計震度について、詳細評価のため方向を区別して評価を実施する場合、注記で補足する。

【DB+SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇 ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	—	—	C _H = *3	C _V = *3	C _P =		

注記*1: 基準床レベルを示す。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

*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)

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は、“—”表示とする。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}^{*1} (mm)	ℓ_{2i}^{*1} (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^{*1}
基礎ボルト ($i=1$)					(M)			
ポンプ取付ボルト ($i=2$)					(M)			
原動機取付ボルト ($i=3$)					(M)			
減速機取付ボルト ($i=4$)					(M)			

ボルト径を記載する。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_D (N・mm)
					弾性設計用地震動 S_d 又は 静的震度	基準地震動 S_s	
基礎ボルト ($i=1$)	*2 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	*2 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	—		—		
ポンプ取付ボルト ($i=2$)	*3 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	*3 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	—		—		
原動機取付ボルト ($i=3$)	*2 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	*2 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	—		—		
減速機取付ボルト ($i=4$)	*2 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	*2 ($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	—		—		

M_D が生じない場合は“—”とする。

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

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

H_D (μm)	N (rpm)

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ポンプ取付ボルト (i=2)	—		—	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	
減速機取付ボルト (i=4)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
原動機取付ボルト (i=3)		引張	—	—	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
減速機取付ボルト (i=4)		引張	—	—	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

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 動的機能維持の評価結果

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

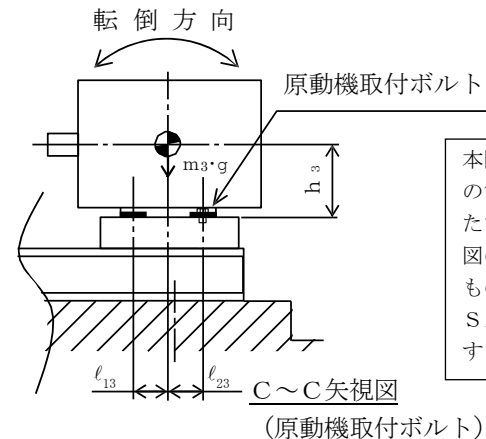
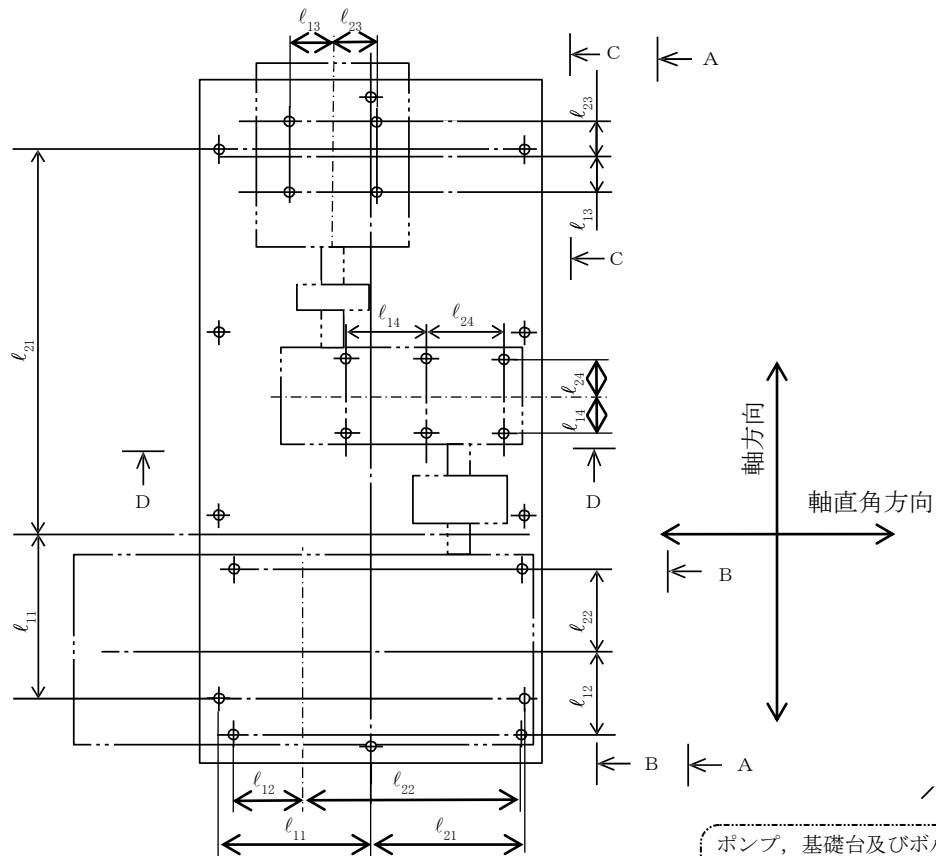
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
原動機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

「機能維持評価用加速度 \leq 機能確認済加速度」の場合は、ここで終了。
※：評価用加速度 $>$ 機能確認済加速度の場合は、詳細評価を追加する。

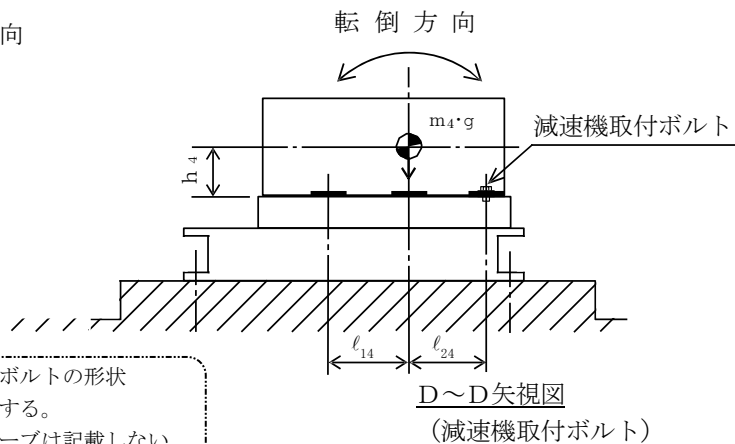
適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度」

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度

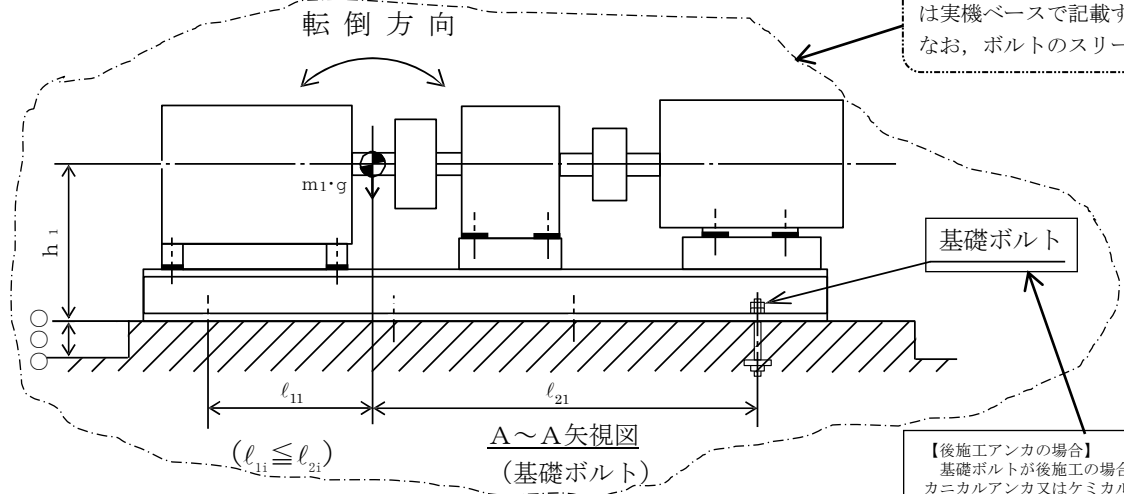
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



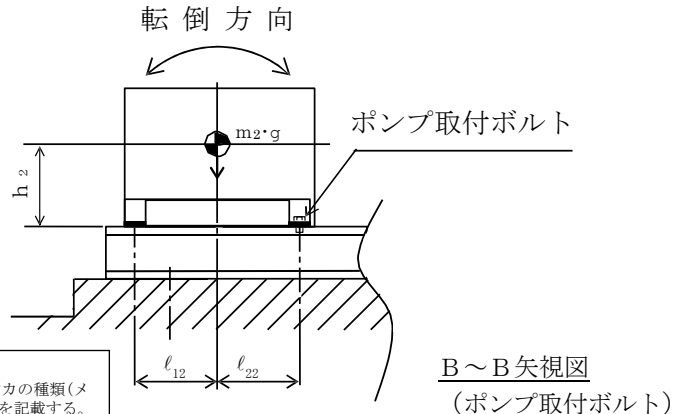
本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。ただし、配置上入らない場合は本図のように最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合は、SAの結果表の最終ページに記載するものとする。



ポンプ、基礎台及びボルトの形状は実機ベースで記載する。なお、ボルトのスリーブは記載しない。



【後施工アンカの場合】
 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。
 (例)：基礎ボルト(ケミカルアンカ)



付録-2：計算書作成の基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）を呼び込む設備の
耐震計算書
（F パターン「容器」の耐震計算書記載例）

VI-〇-〇-〇 〇〇〇〇空気だめ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	10
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	10

DB + S Aの場合

5.1 設計基準対象施設としての評価結果	10
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	10

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇空気だめ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。

〇〇〇〇空気だめは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、〇〇〇〇空気だめは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載スカート支持たて置円筒形容器であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持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。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

〇〇〇〇空気だめの構造計画を表2-1に示す。

DB+SAの場合

〇〇〇〇空気だめは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

- ・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。

その場合は、目次にも本項目を記載する。

2.3 適用規格・基準等

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備でVI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持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」に記載されていない「適用規格・基準等」がある場合は記載する。その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、「2.1 配置概要」、「2.2 構造計画」、「2.3 適用規格・基準等」となる。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴をスカートで支持し、 スカートを基礎ボルトで 基礎に据え付ける。</p>	<p>たて置円筒形 (上面及び下面に鏡板 を有するスカート支持 たて置円筒形容器)</p>	
<p>要目表の表現「たて置円筒形」に加え、耐震計算書F パターンでの表現「スカート支持たて置円筒形容器」を 含む表現を () 付で記載する。</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【〇〇〇〇空気だめ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	〇.〇〇〇
鉛直	〇.〇〇〇

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

〇〇〇〇空気だめの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持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／絶対値和を適用する。

↑

「基本方針」にS R S S法及び絶対値和の計算方法が示されている場合、計算に適用する手法を記載する。

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

〇〇〇〇空気だめ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。

・ DB + SAの場合

〇〇〇〇空気だめ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4-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-〇に示す。

・ DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

4.2.2 許容応力

〇〇〇〇空気だめの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2及び表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

〇〇〇〇空気だめ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に示す。

・ DB + SAの場合

〇〇〇〇空気だめ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4-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-〇に示す。

・ DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【〇〇〇〇空気だめ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
〇〇〇電源 設備	〇〇〇発電 装置	〇〇〇〇空気だめ	S	クラス3容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス3容器の支持構造物を含む。

(DB+S Aの場合、以下を追加)

表 4-〇 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
〇〇〇電源 設備	〇〇〇発電 装置	〇〇〇〇空気だめ	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 ^{*2} クラス2容器	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震/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)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

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

該当する設備分類のみ記載する。

・DB+SAの場合を示す。
 ・DB単独の場合は、許容応力（クラス2，3容器）
 ・SA単独の場合は、許容応力（重大事故等クラス2容器）とする。

表 4-2 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*			
	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
ⅢAS	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 $1.2 \cdot S_t$ 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	
ⅣAS				
ⅤAS (ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。)	$0.6 \cdot S_u$	左欄の1.5倍の値	基準地震動 S_s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要	

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

DB+SAの場合は、ⅤASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

・DB+SAの場合を示す。
 [・DB単独の場合は、許容応力（クラス2，3支持構造物）
 ・SA単独の場合は、許容応力（重大事故等クラス2支持構造物）とする。]

表 4-3 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 (ボルト等以外)		許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次+二次応力	一次応力	
	引張	座屈*3	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_b$, $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)				

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

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

*3：薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

DB+SAの場合は、Ⅴ_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
胴板	〇〇*1	最高使用温度	—			—
スカート	〇〇*2 (厚さ ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度	—			—
基礎ボルト	〇〇*3 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度	—			—

注記 *1 : 〇〇〇相当
*2 : 〇〇〇相当
*3 : 〇〇〇相当

厚さ、径等による強度区分がある場合は、
該当する強度区分を記載する。

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に
該当する場合は記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における
J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設
規格における J I S 材料記号を記載する。
(例) 基礎ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び
高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

(DB + SAの場合、以下を追加)

表 4-〇 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
胴板	〇〇*1	最高使用温度	—			—
スカート	〇〇*2 (厚さ ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度	—			—
基礎ボルト	〇〇*3 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度	—			—

注記*1 : 〇〇〇相当
 *2 : 〇〇〇相当
 *3 : 〇〇〇相当

厚さ、径等による強度区分がある場合は、
 該当する強度区分を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における
 J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設
 規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) 基礎ボルト SS41*
 注記* : SS400 相当

40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び
 高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇空気だめ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。

(DB + SAの場合，以下を追加)

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇空気だめ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。

S2 補 VI-〇-〇-〇 R0

【〇〇〇〇 空気だめ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

設計震度をとっている床レベルを記載する。

水平方向設計震度について、詳細評価のため方向を区別して評価を実施する場合、注記で補足する。

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇〇空気だめ	S	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	C _H = *2	C _V = *2	C _H = *3	C _V = *3			

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) 又は静的震度

*3: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (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)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
						*1	*2	*1	*2

l (mm)	l_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)

D_{bi} (mm)	d (mm)	ボルト径を記載する。		M_s (N・mm)	
		A_b (mm ²)	Y (mm)	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
	(M)				

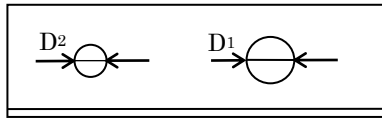
S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (スカート) (MPa)	S_u (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F^* (スカート) (MPa)
*1	*1	—	*2 (厚さ ≤ 〇〇mm)	*2 (厚さ ≤ 〇〇mm)		

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)
*2	*2		
(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)		

注記*1：最高使用温度で算出
*2：周囲環境温度で算出

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

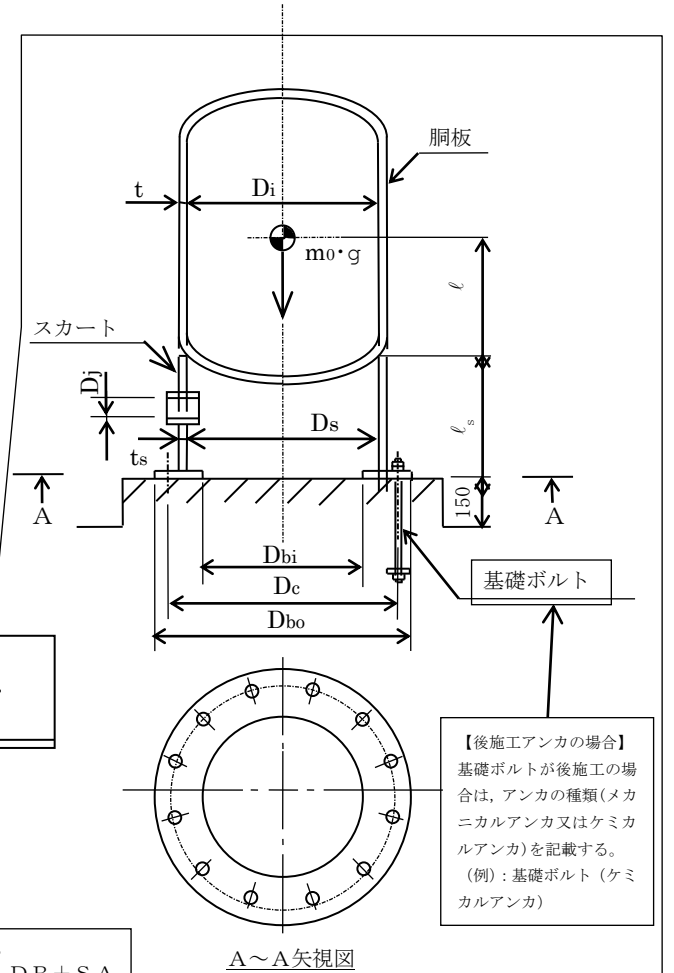
オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。



スカート開口部の形状を示す。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。ただし、配置上入らない場合は最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合は、SAの結果表の最終ページに記載するものとする。



【後施工アンカの場合】
基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。
(例)：基礎ボルト(ケミカルアンカ)

A~A 矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	—
運転時質量による引張応力		—	$\sigma_{x 2} =$	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—
鉛直方向地震による引張応力		—	$\sigma_{x 5} =$	—	—	$\sigma_{x 5} =$	—
空質量による圧縮応力		—	$\sigma_{x 3} =$	—	—	$\sigma_{x 3} =$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	$\sigma_{x 6} =$	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—
水平方向地震による応力		—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—
	圧縮側	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—
組合せ応力	引張	$\sigma_{0 t} =$			$\sigma_{0 t} =$		
	圧縮	—			—		

(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引張応力		—	$\sigma_{x 5} =$	—	—	$\sigma_{x 5} =$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	$\sigma_{x 6} =$	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—
水平方向地震による応力		—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xt} =$	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	—	$\sigma_{2\phi} =$	$\sigma_{2xc} =$	—
組合せ応力 (変動値)	引張	$\sigma_{2t} =$			$\sigma_{2t} =$		
	圧縮	$\sigma_{2c} =$			$\sigma_{2c} =$		

1.3.2 スカートの生じる応力

(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	
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力		$\sigma_{s1} =$	$\sigma_s =$	$\sigma_{s1} =$	$\sigma_s =$
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{s3} =$		$\sigma_{s3} =$	
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2} =$		$\sigma_{s2} =$	
	せん断	$\tau_s =$		$\tau_s =$	

1.3.3 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	$\sigma_b =$	$\sigma_b =$
せん断応力	$\tau_b =$	$\tau_b =$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H = 0.000$
鉛直方向	$T_V = 0.000$

1.4.2 応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_o =$	$S_a =$	$\sigma_o =$	$S_a =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_a =$	$\sigma_2 =$	$S_a =$
スカート		組合せ	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1$	
			(無次元)		(無次元)	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

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。

【DB + SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

2. 重大事故等対処設備
2.1 設計条件

水平方向設計震度について、詳細評価のため方向を区別して評価を実施する場合、注記で補足する。

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇〇空気だめ	常設/防止 (DB拡張)	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—	—	C _H = *2	C _V = *2			

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)

設計震度をとっている床レベルを記載する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

2.2 機器要目

m_o (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
						*1	*2	*1	*2

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
				—				

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm ²)	Y (mm)	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
	(M)			—	

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (スカート) (MPa)	S_u (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F^* (スカート) (MPa)
*1	*1	—	*2	*2		
			(厚さ ≤ 〇〇mm)	(厚さ ≤ 〇〇mm)		

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)
*2	*2	—	
(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)		

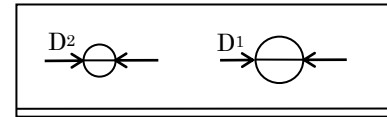
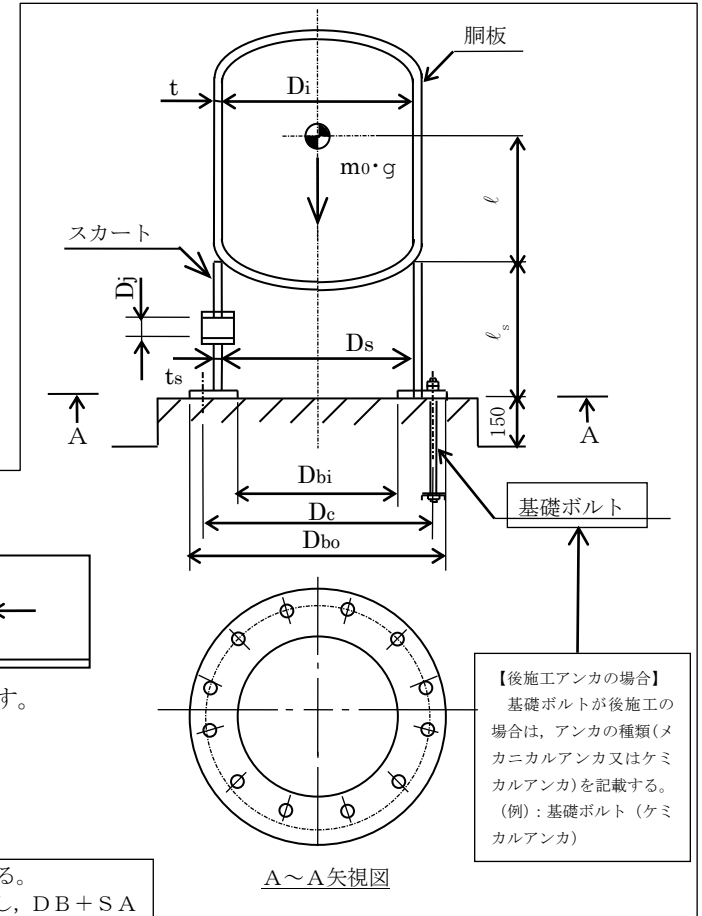
注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。ただし、配置上入らない場合は最終ページに記載するものとし、DB+S Aの場合は、S Aの結果表の最終ページに記載するものとする。



スカート開口部の形状を示す。

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 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
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1} =$	$\sigma_{x 1} =$	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 2} =$	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 5} =$	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 3} =$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x t} =$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{\phi} =$	$\sigma_{x c} =$	—
組合せ応力	引張	—			$\sigma_{0 t} =$		
	圧縮	—			—		

(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引張応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 5} =$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 6} =$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 4} =$	$\tau =$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2 \phi} =$	$\sigma_{2 x t} =$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2 \phi} =$	$\sigma_{2 x c} =$	—
組合せ応力 (変動値)	引張	—			$\sigma_{2 t} =$		
	圧縮	—			$\sigma_{2 c} =$		

2.3.2 スカートに生じる応力

(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	
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	$\sigma_{s 1} =$	$\sigma_s =$
鉛直方向地震による応力		—		$\sigma_{s 3} =$	
水平方向地震による応力	曲げ	—		$\sigma_{s 2} =$	
	せん断	—		$\tau_s =$	

2.3.3 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	—	$\sigma_b =$
せん断応力	—	$\tau_b =$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H = 〇.〇〇〇$
鉛直方向	$T_V = 〇.〇〇〇$

2.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	—	—	$\sigma_o =$	$S_a =$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2 =$	$S_a =$
スカート		組合せ	—	—	$\sigma_s =$	$f_{tm} =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	—		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{bm}} \leq 1$	
			—		(無次元)	
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\sigma_b =$	$f_{sb} =$

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。

付録-3：計算書作成の基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）を呼び込む設備の
耐震計算書
（Fパターン「立形ポンプ」の耐震計算書記載例）

VI-○-○-○ ○○○○ポンプの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有値解析及び構造強度評価	3
3.1 固有値解析及び構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 解析モデル及び諸元	9
3.4 固有周期	9
3.5 設計用地震力	10
3.6 計算条件	13

4. 機能維持評価	14
4.1 動的機能維持評価方法	14

5. 評価結果	15
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	15

動的機能維持評価が必要な機器の場合

DB+SAの場合

5.1 設計基準対象施設としての評価結果	15
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	15

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇ポンプ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。

〇〇〇〇ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、〇〇〇〇ポンプは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の立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-2 立形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

下線（〇〇）は動的機能維持評価が必要な機器の場合

2. 一般事項

2.1 構造計画

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

〇〇〇〇ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

・DB+SAの場合

〇〇〇〇ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類される。以下、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。

・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。

その場合は、目次にも本項目を記載する。

2.3 適用規格・基準等

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備でVI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-2 立形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載されていない「適用規格・基準等」がある場合は記載する。その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、

「2.1 配置概要」、「2.2 構造計画」、「2.3 適用規格・基準等」となる。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
<p>原動機は原動機取付ボルトで原動機台に固定され、原動機台は原動機台取付ボルトでポンプに固定する。ポンプはポンプ取付ボルトでポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。バレルケーシングは下部サポートに支持され、下部サポートは基礎に支持される。</p>	<p>ターボ形 (ピットバレル形立形ポンプ)</p> <p>ターボ形 (ターボ形立形ポンプ (海水ポンプ))</p>	<p>【ピットバレル形立形ポンプ】</p>	<p>【ターボ形立形ポンプ (海水ポンプ)】</p> <p>(単位：mm)</p>
<p>要目表の表現「ターボ形」に加え、耐震計算書Fパターンでの表現「立形ポンプ」を含む表現を () 付で記載する。</p>			
<p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。 (例)：基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p>			

3. 固有値解析及び構造強度評価

3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

○○○○ポンプの固有値解析及び構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-2 立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、SRSS法／絶対値和を適用する。

↑

「基本方針」にSRSS法及び絶対値和の計算方法が示されている場合、計算に適用する手法を記載する。

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

○○○○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に示す。

・ DB+SAの場合

○○○○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。

・ DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

3.2.2 許容応力

○○○○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3-2及び表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

○○○○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に示す。

・ DB+SAの場合

○○○○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。

・ DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

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
〇〇系統施設	〇〇設備	〇〇〇〇ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

(DB + SAの場合、以下を追加)

表 3-〇 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
〇〇系統施設	〇〇設備	〇〇〇〇ポンプ	常設/防止	重大事故等 クラス 2 ポンプ ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

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

該当する設備分類のみ記載する。

・DB+SAの場合を示す。

- ・DB単独の場合は、許容応力（クラス2，3ポンプ）
- ・SA単独の場合は、許容応力（重大事故等クラス2ポンプ）

表 3-2 許容応力（クラス2，3ポンプ及び重大事故等クラス2ポンプ）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
ⅢAS	S _y と0.6・S _u の小さい方 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2・Sとの大きい方	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動S _d 又は基準地震動S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要	
ⅣAS				
ⅤAS (ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。)	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値	基準地震動S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要	

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

DB+SAの場合は、ⅤASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

・DB+SAの場合を示す。
 [・DB単独の場合は、許容応力（クラス2，3支持構造物）
 ・SA単独の場合は、許容応力（重大事故等クラス2支持構造物）とする。]

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 _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

DB+SAの場合は、V_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) バレルケーシング SM41B*
 注記* : SM400B 相当

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
バレルケーシング	〇〇 (〇〇mm<厚さ≤〇〇mm)	最高使用温度		—			—
コラムパイプ	〇〇 (〇〇mm<厚さ≤〇〇mm)	最高使用温度		—			—
基礎ボルト	〇〇 (径≤〇〇mm)	周囲環境温度		—			—
ポンプ取付ボルト (下)	〇〇 (径≤〇〇mm)	最高使用温度		—			—
ポンプ取付ボルト (上)	〇〇 (径≤〇〇mm)	最高使用温度		—			—
原動機台取付ボルト	〇〇 (径≤〇〇mm)	最高使用温度		—			—
原動機取付ボルト	〇〇 (径≤〇〇mm)	周囲環境温度		—			—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) バレルケーシング SM41B*
 注記* : SM400B 相当

(DB + SA の場合、以下を追加)

表 3-〇 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
バレルケーシング	〇〇 (〇〇mm < 厚さ ≤ 〇〇mm)	最高使用温度	—			—
コラムパイプ	〇〇 (〇〇mm < 厚さ ≤ 〇〇mm)	最高使用温度	—			—
基礎ボルト	〇〇 (径 ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度	—			—
ポンプ取付ボルト (下)	〇〇 (径 ≤ 〇〇mm)	最高使用温度	—			—
ポンプ取付ボルト (上)	〇〇 (径 ≤ 〇〇mm)	最高使用温度	—			—
原動機台取付ボルト	〇〇 (径 ≤ 〇〇mm)	最高使用温度	—			—
原動機取付ボルト	〇〇 (径 ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度	—			—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

3.3 解析モデル及び諸元

- (1) モデル化に際しては、シャフト及びコラムパイプに対して水の付加質量及び排除水体積質量を考慮する。
- (2) 固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【〇〇〇〇ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。
- (3) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4 固有周期

固有値解析の結果を表3-5、振動モード図を図3-1に示す。固有周期は、0.05秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向は2次モード以降で卓越し、固有周期は0.05秒以下であることを確認した。

表3-5 固有値解析結果

モード*1	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数*2		鉛直方向刺激係数*2
			NS方向	EW方向	
1次	水平	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—
2次	水平	〇.〇〇〇	—	—	—

注記*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。

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



図3-1 振動モード (1次モード 水平方向 〇.〇〇〇s)

・DB+SAの場合を示す。
 [DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。]

3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表3-6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。

[剛構造のポンプの場合] 表3-6 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
○○建物 EL *1	○.○○○	0.05 以下	C _H = *2	C _V = *2	C _H = *3	C _V = *3

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) 又は静的震度

*3: 設計用震度 I (基準地震動S_s)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動S_d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動S_d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動S_d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動S_s)」
 「設計用震度 I (基準地震動S_s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動S_s)」
 「設計用震度 II (基準地震動S_s) を上回る設計震度」

(例)

0.05 以下	0.05 以下
—	—
0.031	0.015

構造が同等な盤で確認している場合
(盤等の電気計装品)

J E A G等で十分に剛であることが明確な場合

加振試験, 打振試験, 固有値解析, 理論式による算出を実施している場合

[剛構造のポンプの場合] 表 3-7 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	0.05 以下	—	—	C _H = *2	C _V = *2

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)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
- 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

(例)

0.05 以下	0.05 以下
—	—
0.031	0.015

構造が同等な盤で確認している場合
(盤等の電気計装品)

J E A G 等で十分に剛であることが明
確な場合

加振試験, 打振試験, 固有値解析, 理
論式による算出を実施している場合

[柔構造のポンプの場合は下表を用いる。]

表 3-6 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)		〇〇建物 EL *1					
固有周期 (s)		水平 : 〇.〇〇〇 *2				鉛直 : 0.05 以下	
減衰定数 (%)		水平 : 〇.〇				鉛直 : ー	
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 *4		応答鉛直震度 *4	応答水平震度 *5		応答鉛直震度 *5
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	〇.〇〇〇						
2 次	〇.〇〇〇						
...							
n 次	〇.〇〇〇						
動的震度 *6, *7							
静的震度 *8							

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 I (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 I (基準地震動 S s)

*7 : 最大応答加速度を 1.2 倍した震度

*8 : 3.6・C_i 及び 1.2・C_v より定めた震度

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。

- 「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」
- 「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」
- 「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」
- 「設計用床応答スペクトル II (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」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。

- 「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」
- 「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」
- 「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」
- 「設計用床応答スペクトル II (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」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)」,
- 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d)」
- 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
- 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

表 3-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		〇〇建物 EL *1					
固有周期(s)		水平：〇.〇〇〇*2 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：〇.〇 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	〇.〇〇〇	—	—	—			
2次	〇.〇〇〇	—	—	—			
・・・		—	—	—			
n次	〇.〇〇〇	—	—	—			
動的震度*5,*6		—	—	—			
静的震度*7		—	—	—			

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）により得られる震度

*5：設計用震度 I（基準地震動 S s）

*6：最大応答加速度を1.2倍した震度

*7： $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II（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」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I（基準地震動 S s）」
 「設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度」
 「設計用震度 II（基準地震動 S s）」
 「設計用震度 II（基準地震動 S s）を上回る設計震度」

3.6 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【〇〇〇〇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。

本項は動的機能維持評価が必要な機器の場合

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

○○○○ポンプの地震後の動的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-2 立形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

○○○○ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	ピットバレル形 ポンプ	水平	○.○
		鉛直	○.○
原動機	立形すべり軸受 電動機	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

〇〇〇〇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。

動的機能維持評価が必要な機器の場合

(DB + SAの場合、以下を追加)

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇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。

動的機能維持評価が必要な機器の場合

【〇〇〇〇ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設
1.1 設計条件

設計震度をとっている床レベルを記載する。

固有周期が 0.05s を超え柔構造となった場合は、
注記符号を付記する。

最高使用圧力が吸込側／吐出側とも同じであれば区別せず、
最高使用圧力を記載する。

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸込側	吐出側
〇〇〇〇 ポンプ	S	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	0.05 以下	C _H = *2 又は*3	C _V = *2	C _H = *4 又は*5	C _V = *4	C _D =				

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) 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 d) により得られる震度

*4: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

*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

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は「—」とする。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
「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」
「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトル II (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」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトル II (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」

S2 補 VI-○-○-○ R0

1.2 機器要目
(1) ボルト

ボルト径を記載する。

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部材	m_i (kg)	D_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	n_{f_i}	M_p (N・mm)	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)			(M)				—	*1 (径 ≤ ○○ mm)	*1 (径 ≤ ○○ mm)		
ポンプ取付ボルト(下) ($i=2$)			(M)					*2 (径 ≤ ○○ mm)	*2 (径 ≤ ○○ mm)		
ポンプ取付ボルト(上) ($i=3$)			(M)					*2 (径 ≤ ○○ mm)	*2 (径 ≤ ○○ mm)		
原動機台取付ボルト ($i=4$)			(M)					*2 (径 ≤ ○○ mm)	*2 (径 ≤ ○○ mm)		
原動機取付ボルト ($i=5$)			(M)					*1 (径 ≤ ○○ mm)	*1 (径 ≤ ○○ mm)		

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—	* (○○mm < 厚さ ≤ ○○ mm)	* (○○mm < 厚さ ≤ ○○ mm)		
コラムパイプ	—	* (○○mm < 厚さ ≤ ○○ mm)	* (○○mm < 厚さ ≤ ○○ mm)		

注記* : 最高使用温度で算出

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

M_p が生じない場合は“—”とする。

厚さ, 径等による強度区分がある場合は, 該当する強度区分を記載する。
(バレルケーシング, コラムパイプについても同様とする。)

注記*1 : 周囲環境温度で算出
*2 : 最高使用温度で算出

H_p (μm)	N (rpm)

S2 補 VI-〇-〇-〇 R0

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	M _i (N・mm)		F _{b i} (N)		Q _{b i} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)						
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)						
原動機台取付ボルト (i=4)						
原動機取付ボルト (i=5)						

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力
(単位: N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
バレルケーシング		
コラムパイプ		

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 _{H1} = 〇.〇〇〇
鉛直方向	T _{V1} = 0.05 以下

18

1.4.2 ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)		引張	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
原動機台取付ボルト (i=4)		引張	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$
原動機取付ボルト (i=5)		引張	$\sigma_{b5} =$	$f_{ts5} = *$	$\sigma_{b5} =$	$f_{ts5} = *$
		せん断	$\tau_{b5} =$	$f_{sb5} =$	$\tau_{b5} =$	$f_{sb5} =$

1.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部材	材料	一次一般膜応力	
		算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	$\sigma =$ S _a =
		基準地震動 S _s	$\sigma =$ S _a =
コラムパイプ		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	$\sigma =$ S _a =
		基準地震動 S _s	$\sigma =$ S _a =

すべて許容応力以下である。

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

すべて許容応力以下である。

S2 補 VI-〇-〇-〇 R0

1.4.4 動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
ポンプ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
原動機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

動的機能維持評価が必要な機器の場合は本表を追加する。
 (「機能維持評価用加速度 \leq 機能確認済加速度」の場合の記載を示す。)
 加速度比較でNGとなり、詳細評価が必要な場合は評価結果を追加する。

注記* : 設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度とする。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端 (原動機にあつては軸受部) の応答加速度

又は設置床の最大応答加速度のいずれか大きい方とする。

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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度」
 「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」

1.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

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

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 極モーメント (mm ⁴)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
1	15	(N/mm)
3	17	(N/mm)
6	20	(N/mm)
9	23	(N/mm)
12	38	(N/mm)
13	39	(N/mm)
17	27	(N/mm)
31	33	(N・mm/rad)

(4) 節点の質量

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

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (—)	材質
1					
2					
3					
4					
5					

S2 補 VI-〇-〇-〇 R0

【DB + SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

固有周期が0.05sを超え柔構造となった場合は、
注記符号を付記する。

最高使用圧力が吸込側/吐出側とも同じで
あれば区別せず、最高使用圧力を記載する。

2. 重大事故等対処設備
2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力(MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸込側	吐出側
〇〇〇〇 ポンプ	常設/防止	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	0.05 以下	—	—	C _H = *2 又は*3	C _V = *2	C _P =				

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)

*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

ボルトの評価温度を
記載する。
なお、使用しない場合
は「—」とする。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトル II (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」

2.2 機器要目
(1) ボルト

ボルト径を記載する。

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部材	m_i (kg)	D_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	n_{f_i}	M_p (N・mm)	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)			(M)				—	*1 (径 \leq 〇〇 mm)	*1 (径 \leq 〇〇 mm)	—	
ポンプ取付ボルト(下) ($i=2$)			(M)					*2 (径 \leq 〇〇 mm)	*2 (径 \leq 〇〇 mm)	—	
ポンプ取付ボルト(上) ($i=3$)			(M)					*2 (径 \leq 〇〇 mm)	*2 (径 \leq 〇〇 mm)	—	
原動機台取付ボルト ($i=4$)			(M)					*2 (径 \leq 〇〇 mm)	*2 (径 \leq 〇〇 mm)	—	
原動機取付ボルト ($i=5$)			(M)					*1 (径 \leq 〇〇 mm)	*1 (径 \leq 〇〇 mm)	—	

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—	* (〇〇mm< 厚さ \leq 〇〇 mm)	* (〇〇mm< 厚さ \leq 〇〇 mm)		
コラムパイプ	—	* (〇〇mm< 厚さ \leq 〇〇 mm)	* (〇〇mm< 厚さ \leq 〇〇 mm)		

注記* : 最高使用温度で算出

25

注記*1 : 周囲環境温度で算出
*2 : 最高使用温度で算出

M_p が生じない場合は“—”とする。

H_p (μ m)	N (rpm)

厚さ, 径等による強度区分がある場合は,
該当する強度区分を記載する。
(バレルケーシング, コラムパイプについても同様とする。)

S2 補 VI-〇-〇-〇 R0

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	M _i (N・mm)		F _{b i} (N)		Q _{b i} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—		—	
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)	—		—		—	
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)	—		—		—	
原動機台取付ボルト (i=4)	—		—		—	
原動機取付ボルト (i=5)	—		—		—	

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力
(単位: N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
バレルケーシング	—	
コラムパイプ	—	

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 _{H1} = 〇.〇〇〇
鉛直方向	T _{V1} = 0.05 以下

26

2.4.2 ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト(下) (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
ポンプ取付ボルト(上) (i=3)		引張	—	—	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
原動機台取付ボルト (i=4)		引張	—	—	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$
原動機取付ボルト (i=5)		引張	—	—	$\sigma_{b5} =$	$f_{ts5} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b5} =$	$f_{sb5} =$

2.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部材	材料		一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S _s	$\sigma =$	S _a =
コラムパイプ		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S _s	$\sigma =$	S _a =

すべて許容応力以下である。

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

2.4.4 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
ポンプ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
原動機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

動的機能維持評価が必要な機器の場合は本表を追加する。
 (「機能維持評価用加速度 \leq 機能確認済加速度」の場合の記載を示す。)
 加速度比較でNGとなり、詳細評価が必要な場合は評価結果を追加する。

注記* : 設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度とする。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端 (原動機にあつては軸受部) の応答加速度

又は設置床の最大応答加速度のいずれか大きい方とする。

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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度」
 「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」

2.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

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

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)	断面二次 極モーメント (mm^4)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
1	15	(N/mm)
3	17	(N/mm)
6	20	(N/mm)
9	23	(N/mm)
12	38	(N/mm)
13	39	(N/mm)
17	27	(N/mm)
31	33	(N・mm/rad)

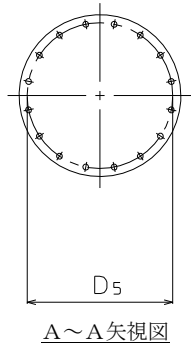
(4) 節点の質量

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

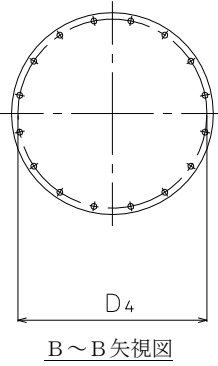
(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (—)	材質
1					
2					
3					
4					
5					

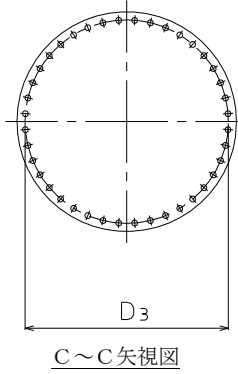
原動機取付ボルト



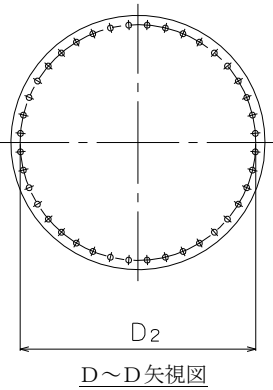
原動機台取付ボルト



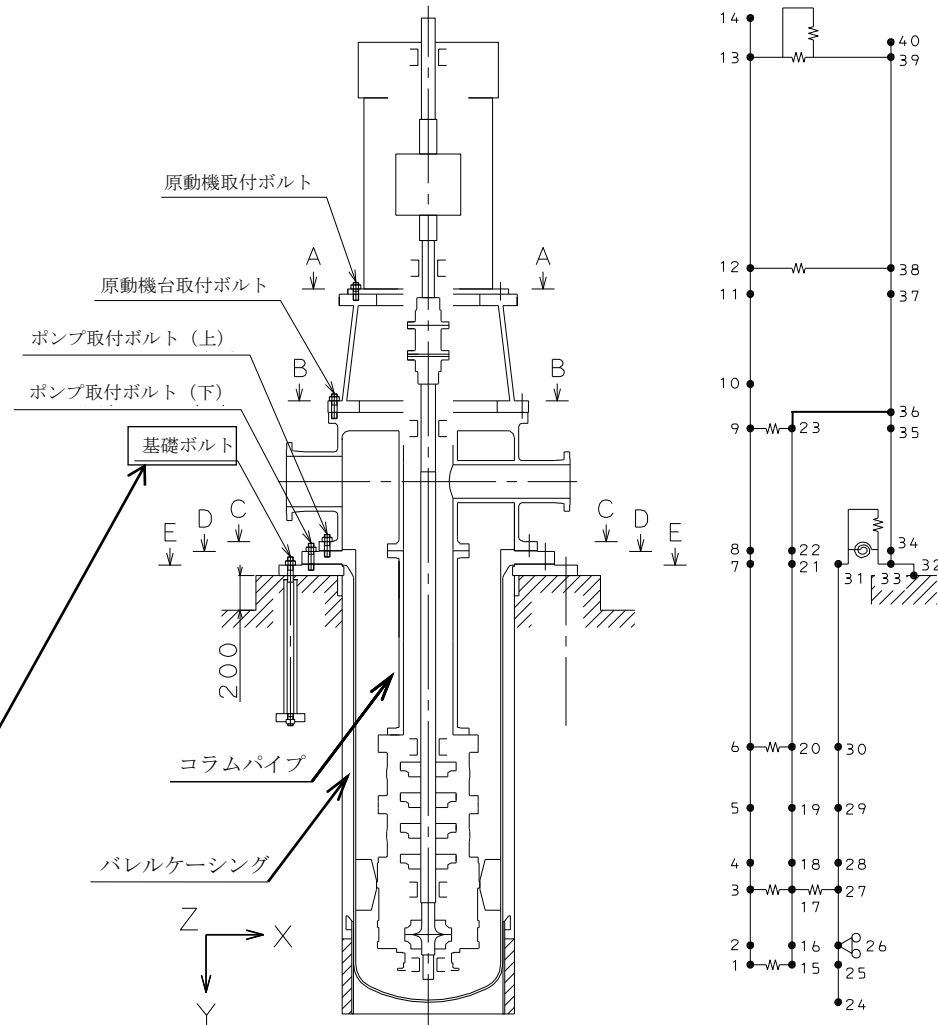
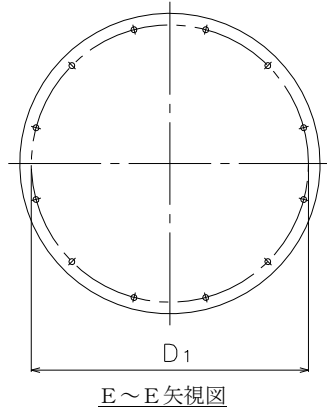
ポンプ取付ボルト (上)



ポンプ取付ボルト (下)



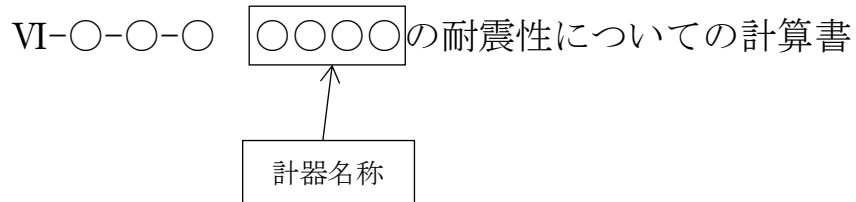
基礎ボルト



【後施工アンカの場合】
 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。
 (例)：基礎ボルト (ケミカルアンカ)

本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。
 ただし、配置上入らない場合は本図のように最終ページに記載するものとし、
 DB+S Aの場合は、S Aの結果表の最終ページに記載するものとする。

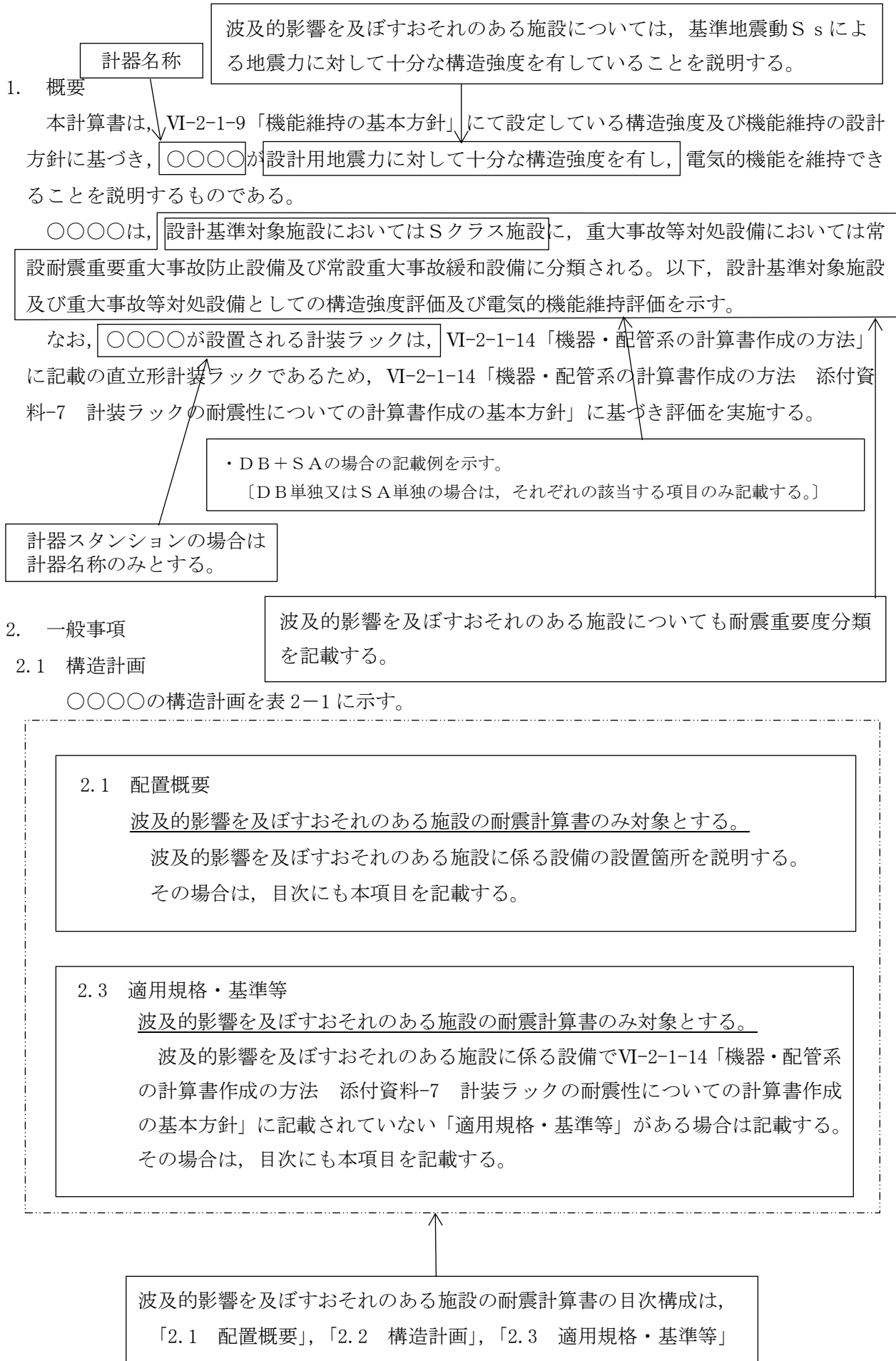
付録-4-1：計算書作成の基本方針（VI-2-1-14 の添付資料）を呼び込む設備の耐震計算書
（Fパターン「計装ラック」の耐震計算書記載例）



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

• DB + SA の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕



(基礎ボルト及び取付ボルトの記載例)

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図													
基礎・支持構造	主体構造														
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースにラック取付ボルトで固定され、チャンネルベースは、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>		<p>計装ラックが複数あり、それぞれ寸法が異なる場合、計器名称を記載する。</p> <p>計装ラックが複数ある場合の記載を示す。ただし、計装ラックが単一の場合は寸法を記載する。</p>												
<p>要目表に記載の機器の場合は、要目表の表現「〇〇形」等に加え、必要に応じて () 付で補足説明を記載する。</p>	<p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。 (例)：基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p>	<p>計装ラックが複数ある場合は本表にて表示する。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>〇〇〇〇 (〇〇〇〇)</th> <th>〇〇〇〇 (〇〇〇〇)</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	〇〇〇〇 (〇〇〇〇)	〇〇〇〇 (〇〇〇〇)	たて			横			高さ		
機器名称	〇〇〇〇 (〇〇〇〇)	〇〇〇〇 (〇〇〇〇)													
たて															
横															
高さ															

(単位：mm)

計器スタンションの場合は、「〇〇〇〇の固有周期は、・・・」とする。

固有周期の記載については、振動試験（加振試験）、振動試験（自由振動試験）にて求める場合又は構造が同等な他計器の結果から判断する場合のいずれかを記載する。

3. 固有周期

【固有周期を「スイープ試験（加振試験）」にて求める場合の記載を示す。】

3.1 固有周期の確認

〇〇〇〇が設置される計装ラックの固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。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。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

計装ラックが複数ある場合は、その数分追加する。
(表2-1 構造計画 概略構造図と対応する。)

計器名称 (ラック番号)	表 3-1 固有周期 (単位：s)	
〇〇〇〇 (〇〇〇〇)	水平	〇.〇〇〇
	鉛直	〇.〇〇〇

(記載例 1)

- ・構造が同等な計装ラックで確認している場合
- ・加振試験にて0.05sを超える領域に固有周期がなく、剛構造であることを確認した場合

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

(記載例 2)

- ・加振試験又は打振試験にて固有周期を確認した場合

水平	〇.〇〇〇
鉛直	〇.〇〇〇

【固有周期を「打振試験（自由振動試験）」にて求める場合の記載を示す。】

3.1 固有周期の確認

〇〇〇〇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。

類似品の結果を流用する場合の記載例は以下とする。

〇〇〇〇が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等な計装ラックに対する振動試験（〇〇試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

〇〇〇〇の構造強度評価は、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

〇〇〇〇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

〇〇〇〇の許容応力は、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

〇〇〇〇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。

・DB+S Aの場合の記載例を示す。
〔DB単独又はS A単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【〇〇〇〇 (〇〇〇〇) 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。

計器名称
(計器番号)

計器名称

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
〇〇〇 系統施設	〇〇装置	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">〇〇〇〇</div>	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
〇〇〇 系統施設	〇〇装置	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">〇〇〇〇</div>	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／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。

該当する設備分類のみ記載する。

・DB+SAの場合を示す。
 (・DB単独の場合は、許容応力(その他の支持構造物)
 ・SA単独の場合は、許容応力(重大事故等その他の支持構造物)とする。)

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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

・DB+SAの場合は、V_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) 基礎ボルト SS41*
 注記*: SS400 相当

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—
取付ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—
取付ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

〇〇〇〇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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">型式は記載しない。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">〇〇〇〇 (〇〇〇〇)</div>	水平	〇.〇
	鉛直	〇.〇

計器名称
(計器番号)

計器が複数ある場合は、その数分追加する。
(表 2-1 構造計画 概略構造図と対応する。)

加振試験を根拠として電気的機能維持評価を示す場合、加振試験の概要が分かるよう記載する。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇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。

・DB + SAの場合を示す。
〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

計器が複数ある場合は、各々の計算結果表を作成する。

【〇〇〇〇 (〇〇〇〇) 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

据付場所の床面高さとして設計震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *) を追加し、据付場所の EL から * を削除する。
 例：中間階に設置する設備、壁掛形計装ラック等に適用

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	
〇〇〇〇 (〇〇〇〇)	S	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	C _H = *2	C _V = *2	C _H = *3	C _V = *3	

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) 又は静的震度
 *3: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

計器名称 (計器番号)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)		*1	(M)			($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)
取付ボルト ($i=2$)		*1	(M)			($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)

基礎ボルト又は取付ボルトがない場合には、
行を削除する。
計算結果、結論についても同じとする。

厚さ、径等による強度区分がある場合には、
該当する強度区分を記載する。

ボルト径を記載する。

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
基礎ボルト ($i=1$)	*1	*1					
	*1	*1					
取付ボルト ($i=2$)	*1	*1					
	*1	*1					

注記 *1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。←

保守的な寸法を取る場合のみ記載する。

*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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

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
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ○○○○ (○○○○) </div>	水平方向	○.○○	○.○
	鉛直方向	○.○○	○.○

注記*：設計用震度 I（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。

計器名称
(計器番号)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I（基準地震動 S_s）により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度」
 「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」

【DB+S Aの場合】
前項のDB評価に本S Aの評価を追加する。
【DB単独又はS A単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

2. 重大事故等対処設備

計器名称
(計器番号)

2.1 設計条件

据付場所の床面高さとして設計震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *) を追加し、据付場所のEL から*を削除する。
例：中間階に設置する設備、壁掛形計装ラック等に適用

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
〇〇〇〇 (〇〇〇〇)	常設耐震/防止 常設/緩和	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—	—	C _H = *2	C _V = *2	

注記*1：基準床レベルを示す。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

*2：設計用震度 I (基準地震動 S s)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		*1	(M)			(〇〇mm<径≤〇〇mm)	(〇〇mm<径≤〇〇mm)
取付ボルト (i=2)		*1	(M)			(〇〇mm<径≤〇〇mm)	(〇〇mm<径≤〇〇mm)

基礎ボルト又は取付ボルトがない場合には、行を削除する。
計算結果、結論についても同じとする。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

ボルト径を記載する。

部材	ℓ _{1 i} *2 (mm)	ℓ _{2 i} *2 (mm)	n _{f i} *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
基礎ボルト (i=1)	*1	*1		—		—	
	*1	*1					
取付ボルト (i=2)	*1	*1		—		—	
	*1	*1					

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

保守的な寸法を取る場合のみ記載する。

*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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

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

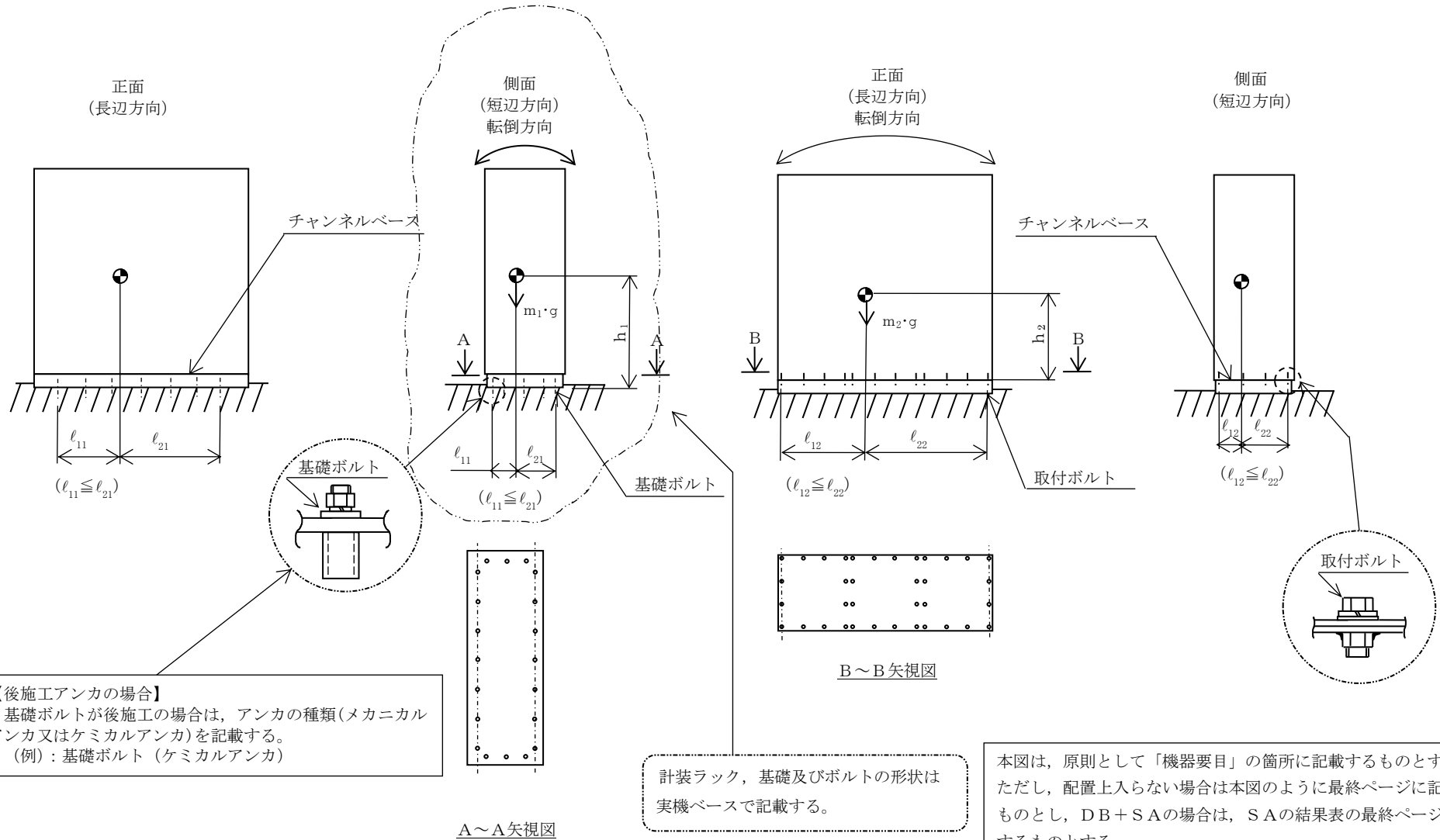
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ○○○○ (○○○○) </div>	水平方向	○.○○	○.○
	鉛直方向	○.○○	○.○

注記* : 設計用震度 I (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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」

計器名称
(計器番号)



付録-4-2：計算書作成の基本方針（VI-2-1-14の添付資料）を呼び込む設備の
耐震計算書
（Fパターン「盤」の耐震計算書記載例）

VI-○-○-○ ○○○○盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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

• DB + SA の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇盤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。

〇〇〇〇盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、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、〇〇〇〇盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

・DB+SAの場合の記載例を示す。
〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

〇〇〇〇盤の構造計画を表2-1に示す。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。
波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。
その場合は、目次にも本項目を記載する。

2.3 適用規格・基準等

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。
波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備でVI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載されていない「適用規格・基準等」がある場合は記載する。その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、
「2.1 配置概要」、 「2.2 構造計画」、 「2.3 適用規格・基準等」

主体構造について
基本方針に記載の形状+（盤を構成する部材等，具体的に記載する。）

（基礎ボルト及び取付ボルトの記載例）

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>〇〇〇〇盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは，基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</p>	<p>【〇〇〇〇】 ← 盤が複数あり，それぞれ寸法が異なる場合，盤名称を記載する。</p> <p>盤が複数ある場合の記載を示す。ただし，盤が単一の場合は寸法を記載する。</p> <p>横</p> <p>高さ</p> <p>たて</p> <p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>盤名称 (盤番号)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>機器名称</td> <td>〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)</td> <td>〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)</td> </tr> <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> </table> <p>盤が複数ある場合は本表にて表示する。</p> <p>（単位：mm）</p>	機器名称	〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	たて			横			高さ		
機器名称	〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)												
たて														
横														
高さ														
		<p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は，アンカの種類（メカニカルアンカ又はケミカルアンカ）を記載する。 （例）：基礎ボルト（ケミカルアンカ）</p>												

固有周期の記載については、振動試験（加振試験）、振動試験（自由振動試験）にて求める場合又は構造が同等な他盤の結果から判断する場合のいずれかを記載する。

3. 固有周期

【固有周期を「スイープ試験（加振試験）」にて求める場合の記載を示す。】

3.1 固有周期の確認

〇〇〇〇盤の固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。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。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

盤が複数ある場合は、その数分追加する。
(表2-1 構造計画 概略構造図と対応する。)

表 3-1 固有周期 (単位：s)

盤名称 (盤番号)			
〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	水平	〇.〇〇〇	}
	鉛直	〇.〇〇〇	

(記載例 1)

- ・構造が同等な盤で確認している場合
- ・加振試験にて0.05sを超える領域に固有周期がなく、剛構造であることを確認した場合

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

(記載例 2)

- ・加振試験又は打振試験にて固有周期を確認した場合

水平	〇.〇〇〇
鉛直	〇.〇〇〇

【固有周期を「打振試験（自由振動試験）」にて求める場合の記載を示す。】

3.1 固有周期の確認

〇〇〇〇盤の固有周期は、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。

類似品の結果を流用する場合の記載例は以下とする。

- ・〇〇〇〇盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（〇〇試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

〇〇〇〇盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

〇〇〇〇盤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

〇〇〇〇盤の許容応力は、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

〇〇〇〇盤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。

- ・ DB + SA の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)】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。

盤名称
(盤番号)

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
〇〇〇 系統施設	〇〇設備	〇〇〇〇盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
〇〇〇 系統施設	〇〇設備	〇〇〇〇盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／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。

該当する設備分類のみ記載する。

・DB+SAの場合を示す。
 (・DB単独の場合は、許容応力(その他の支持構造物)
 ・SA単独の場合は、許容応力(重大事故等その他の支持構造物)とする。)

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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

・DB+SAの場合は、V_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) 基礎ボルト SS41*
 注記*: SS400 相当

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—
取付ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—
取付ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

○○○○盤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-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

○○○○盤に設置される器具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、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ○○○○盤 (○○○○) </div>	水平	○.○
	鉛直	○.○

盤名称
(盤番号)

加振試験を根拠として電氣的機能維持評価を示す場合、加振試験の概要が分かるよう記載する。

盤が複数ある場合は、その数分追加する。
(表 2-1 構造計画 概略構造図と対応する。)

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇盤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

〇〇〇〇盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、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。

・ DB + SA の場合を示す。
〔DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

据付場所の床面高さとして設計震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *) を追加し、据付場所の EL から * を削除する。
例：中間階に設置する設備、壁掛形盤等に適用

盤が複数ある場合は、各々の計算結果表を作成する。

【〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇) 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	
〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	S	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	C _H = *2	C _V = *2	C _H = *3	C _V = *3	

- 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) 又は静的震度
 - *3: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

盤名称 (盤番号)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

1. 2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)		*1	(M)			($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)
取付ボルト ($i=2$)		*1	(M)			($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)	($\circ\circ\text{mm} < \text{径} \leq \circ\circ\text{mm}$)

基礎ボルト又は取付ボルトがない場合には、
行を削除する。
計算結果、結論についても同じとする。

厚さ、径等による強度区分がある場合には、
該当する強度区分を記載する。

ボルト径を記載する。

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
基礎ボルト ($i=1$)	*1	*1					
	*1	*1					
取付ボルト ($i=2$)	*1	*1					
	*1	*1					

注記 *1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

保守的な寸法を取る場合のみ記載する。

*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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

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
〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

注記*：設計用震度 I (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。

盤名称
(盤番号)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」

据付場所の床面高さとして設計震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *) を追加し、据付場所の EL から * を削除する。
例：中間階に設置する設備、壁掛形盤等に適用

【DB+S Aの場合】
前項のDB評価に本S Aの評価を追加する。
【DB単独又はS A単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

2. 重大事故等対処設備
2.1 設計条件

盤名称
(盤番号)

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇)	常設耐震/防止 常設/緩和	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—	—	C _H = *2	C _V = *2	

注記*1：基準床レベルを示す。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

*2：設計用震度 I (基準地震動 S_s)

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		*1	(M)			(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)
取付ボルト (i = 2)		*1	(M)			(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)

基礎ボルト又は取付ボルトがない場合には、行を削除する。
計算結果、結論についても同じとする。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

ボルト径を記載する。

部材	ℓ _{1 i} *2 (mm)	ℓ _{2 i} *2 (mm)	n _{f i} *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
基礎ボルト (i = 1)	*1	*1		—		—	
	*1	*1					
取付ボルト (i = 2)	*1	*1		—		—	
	*1	*1					

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

保守的な寸法を取る場合のみ記載する。

*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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

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
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 〇〇〇〇盤 (〇〇〇〇) </div>	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

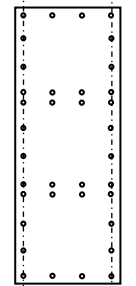
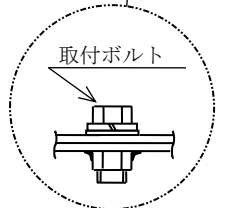
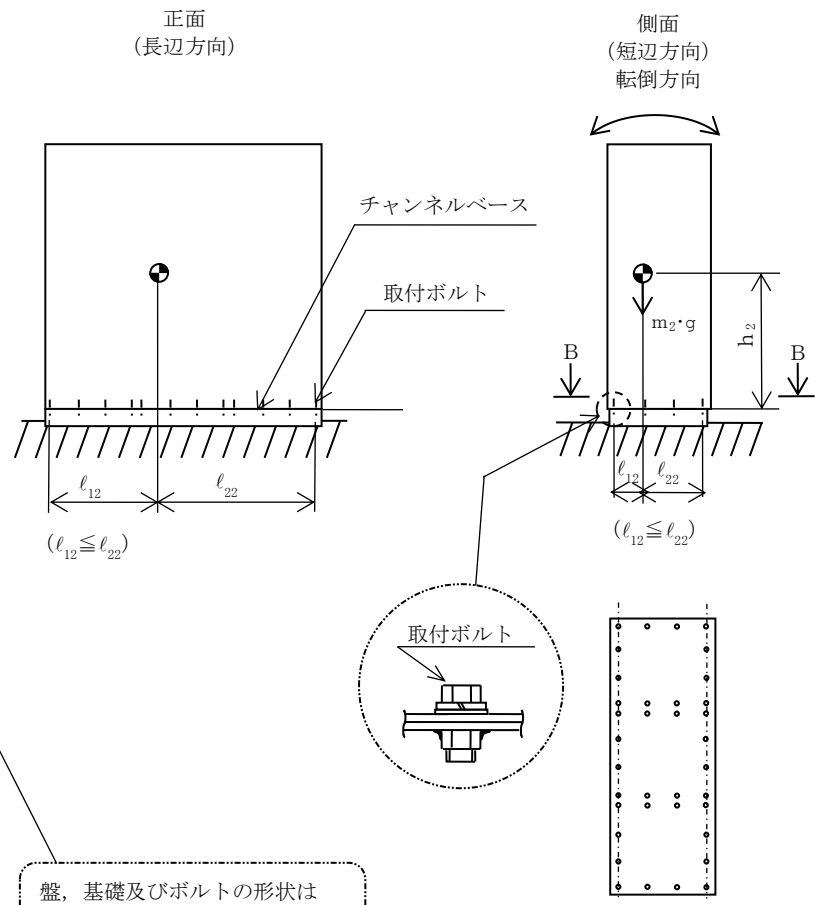
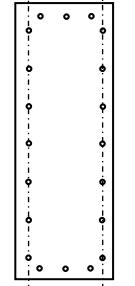
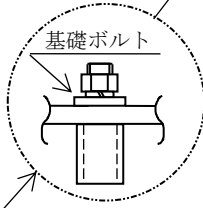
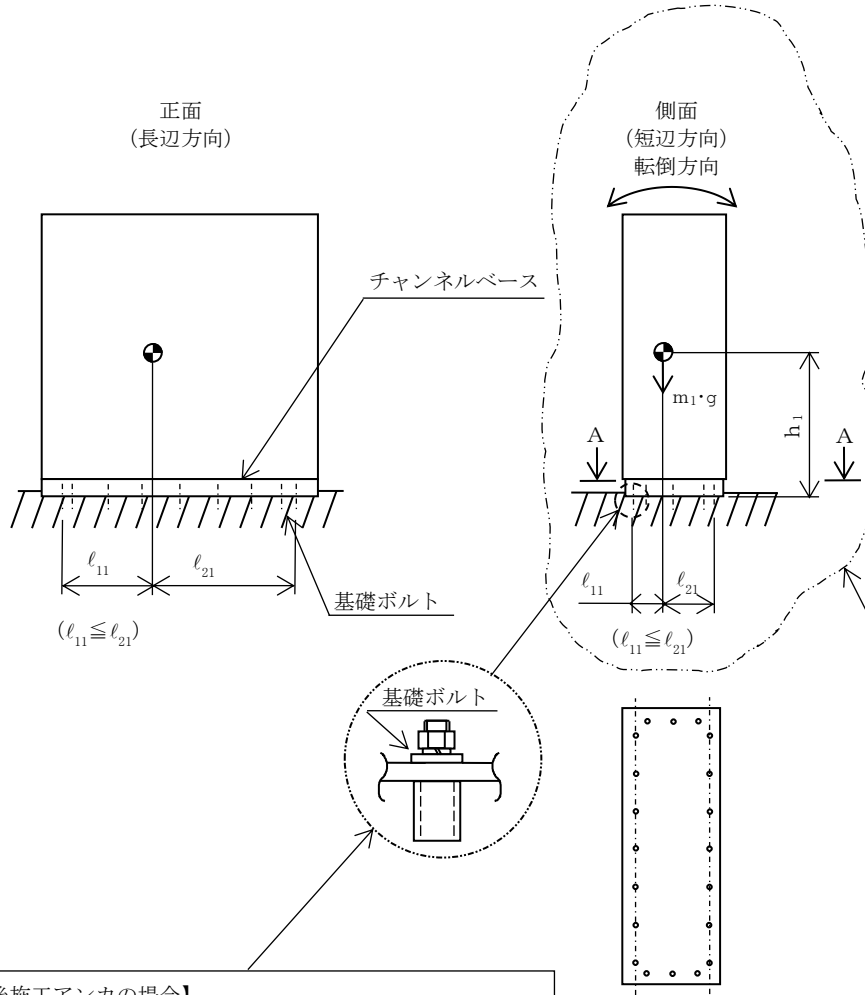
注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」

盤名称
(盤番号)

基礎・取付両ボルトともに短辺方向で評価の場合の記載例

15



【後施工アンカの場合】
 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ又はケミカルアンカ)を記載する。
 (例)：基礎ボルト (ケミカルアンカ)

盤、基礎及びボルトの形状は実機ベースで記載する。

本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。ただし、配置上入らない場合は本図のように最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合は、SAの結果表の最終ページに記載するものとする。

付録-5：機能維持評価で詳細検討を実施する場合
(機能維持評価用加速度>機能確認済加速度)

VI-○-○-○ ○○○○ポンプの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 基本方針	8
4.2 ポンプの動的機能維持評価	9
4.3 原動機の動的機能維持評価	13
5. 評価結果	16
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	16
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	16

機能維持評価で詳細評価が必要な場合は、目次構成に本項目を追加するものとする。

・DB + SAの場合の記載例を示す。

〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

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、〇〇〇〇ポンプ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。

〇〇〇〇ポンプは、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、〇〇〇〇ポンプは、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、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」に基づき評価を行う。また、〇〇〇〇ポンプは、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）（（社）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

〇〇〇〇ポンプの構造計画を表2-1に示す。

- ・DB+SAの場合の記載例を示す。
[DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。]

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプ等はポンプ取付ボルト、減速機取付ボルト及び原動機取付ボルトでポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>往復形 (横形3連往復動式ポンプ)</p>	
<p>要目表の表現「往復形」に加え、耐震計算書Fパターンの表現「横形ポンプ」を含む表現を () 付で記載する。</p>		

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

〇〇〇〇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、S R S S法／絶対値和を適用する。

「基本方針」にS R S S法及び絶対値和の計算方法が示されている場合、計算に適用する手法を記載する。

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

〇〇〇〇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

〇〇〇〇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

〇〇〇〇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【〇〇〇〇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。

- ・DB + SAの場合の記載例を示す。
〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

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
〇〇系統施設	〇〇設備	〇〇〇〇ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
〇〇系統施設	〇〇設備	〇〇〇〇ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 ポンプ* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

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

*²：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

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

↑
該当する設備分類のみ記載する。

- ・DB+SAの場合を示す。
- 〔・DB単独の場合は、許容応力（クラス2，3支持構造物）
- ・SA単独の場合は、許容応力（重大事故等クラス2支持構造物）とする。〕

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 _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

DB+SAの場合は、Ⅴ_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	
基礎ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度					—
ポンプ取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度					—
原動機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度					—
減速機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度					—

注記* : 〇〇〇相当

厚さ, 径等による強度区分がある場合は, 該当する強度区分を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には, 注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
(例) 取付ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—
ポンプ取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度				—
原動機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—
減速機取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—

注記*：〇〇〇相当

厚さ，径等による強度区分がある場合は，
該当する強度区分を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には，
注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
(例) 取付ボルト SS41*
注記*：SS400 相当

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス
鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記
載する。

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

〇〇〇〇ポンプは、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、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、S R S S 法／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。

(1) 原動機は横形ころがり軸受電動機であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されている往復動式ポンプ及び原動機の機能確認済加速度を適用する。

本項目は原動機の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がない場合に記載する。原動機も上回る場合は(1)を削除し、4.1 基本方針に記載する「〇〇〇〇ポンプは、」を「〇〇〇〇ポンプ及び原動機は、」に修正する。

評価に用いる機能維持評価用加速度について記載する。

「基本方針」に S R S S 法及び絶対値和の計算方法が示されている場合、計算に適用する手法を記載する。

停止時の評価の場合は、その旨を記載する。

4.2 ポンプの動的機能維持評価

〇〇〇〇ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、ポンプ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。

4.2.1 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、ポンプ本体取付ボルト、減速機取付ボルト
- b. コネクティングロッド軸受
- c. クランク軸
- d. クランク軸受
- e. 動弁機構及び弁シート面
- f. 減速機軸受
- g. 減速機軸
- h. 減速機歯車
- i. 軸継手（原動機～減速機～ポンプ）

このうち「a. 基礎ボルト、ポンプ本体取付ボルト、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。また、「g. 減速機軸」及び「h. 減速機歯車」は一体構造となっているため、弱部となる歯車の強度評価に軸の強度評価も含め評価している。

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、クランク軸受、動弁機構及び弁シート面、減速機軸受、減速機軸（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

クランク軸の許容応力は、クラス2ポンプの許容応力状態Ⅲ_ASに準拠し設定する。また、コネクティングロッド軸受、クランク軸受、減速機軸受、動弁機構及び弁シート面についてはメーカー規定の許容値を、減速機軸（歯車）については、許容面圧を、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。

部位ごとの評価基準値を記載する。

J E A G 4 6 0 1 で規定している評価対象部位をすべて記載し、評価対象外の部位がある場合は、その理由を記載する。

(例)「○. 軸継手」は、軸受がボールベアリングでありサイドスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

4.2.3 記号の説明

○ ○ ○ ○ ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
F _R	クランク軸に生じるラジアル荷重	
Q _{CS}	クランク軸に生じるスラスト荷重	
F _B	大端部, 小端部及びクロスヘッドガイド部の軸受に生じる荷重	
A _{LB}	コネクティングロッド大端部軸受の投影面積	
A _{SB}	コネクティングロッド小端部軸受の投影面積	
A _{CB}	クロスヘッドガイド部軸受の投影面積	
P _{LB}	大端部軸受面圧	
P _{SB}	小端部軸受面圧	
P _{CB}	クロスヘッドガイド部軸受面圧	

ポンプの詳細評価に使用する記号の説明を記載する。

4.2.4 評価方法

(1) コネクティングロッド軸受

各軸受に地震力が作用することにより発生する面圧を求め、メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

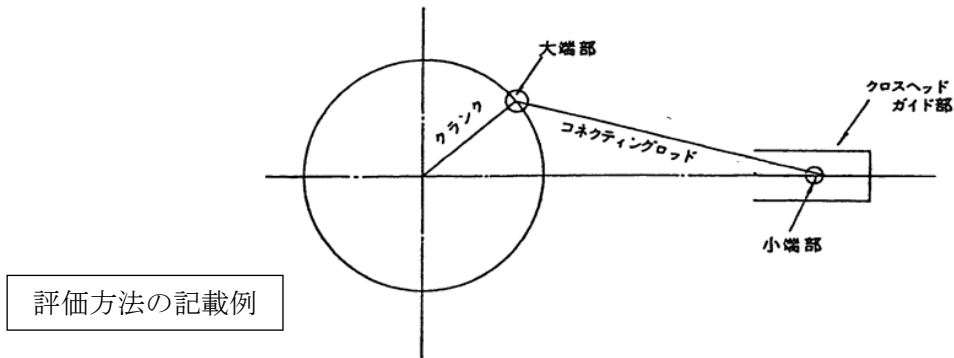


図 4-1 コネクティングロッド軸受の計算モデル

各軸受に生じる面圧は次式で求める。

$$\text{大端部軸受面圧 } P_{LB} = \frac{F_B}{A_{LB}} \dots\dots\dots (4.2.4.1)$$

$$\text{小端部軸受面圧 } P_{SB} = \frac{F_B}{A_{SB}} \dots\dots\dots (4.2.4.2)$$

$$\text{クロスヘッドガイド部軸受面圧 } P_{CB} = \frac{F_B}{A_{CB}} \dots\dots\dots (4.2.4.3)$$

ここで、各軸受に生じる荷重 F_B は

$$F_B = \sqrt{F_R^2 + Q_{CS}^2} \dots\dots\dots (4.2.4.4)$$

(2) クランク軸

評価モデル及び評価式等を記載する。

(3) クランク軸受

評価モデル及び評価式等を記載する。

(4) 動弁機構及び弁シート面

評価モデル及び評価式等を記載する。

(5) 減速機軸受

評価モデル及び評価式等を記載する。

(6) 減速機軸（歯車）

評価モデル及び評価式等を記載する。

(7) 軸継手（原動機～減速機～ポンプ）

評価モデル及び評価式等を記載する。

原動機の機能維持評価で詳細評価が必要な場合の記載例

4.3 原動機の動的機能維持評価

〇〇〇〇ポンプは、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。

← 停止時の評価の場合は、その旨を記載する。

4.3.1 評価対象部位

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

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

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

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子間のクリアランス、モータフレーム及び軸継手を評価対象部位とする。なお、軸継手においては、ポンプの動的機能維持評価に含まれている。

4.3.2 評価基準値

固定子、軸（回転子）、端子箱及びモータフレームの許容応力は、クラス2ポンプの許容応力状態ⅢA Sに準拠し設定する。また軸受については、メーカー規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランス及び軸継手については、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

↑
部位ごとの評価基準値を記載する。

J E A G 4 6 0 1 で規定している評価対象部位をすべて記載し、評価対象外の部位がある場合は、その理由を記載する。

4.3.3 記号の説明

○○○○ポンプ用原動機の動的機能維持評価に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
	<div data-bbox="572 595 1104 696" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">原動機の詳細評価に使用する記号の説明を記載する。</div>	

4.3.4 評価方法

(1) 固定子

評価モデル及び評価式等を記載する。

(2) 軸（回転子）

評価モデル及び評価式等を記載する。

(3) 端子箱

評価モデル及び評価式等を記載する。

(4) 軸受

評価モデル及び評価式等を記載する。

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

評価モデル及び評価式等を記載する。

(6) モータフレーム

評価モデル及び評価式等を記載する。

(7) 軸継手

軸継手（原動機～減速機）の評価は、4.2.4(7)のポンプの動的機能維持評価に含まれている。

原動機の機能維持評価で詳細評価が不要な場合の記載例

4.3 原動機の動的機能維持評価

〇〇〇〇ポンプ用原動機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。
機能確認済加速度を表4-3に示す。

表4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	〇〇〇〇 電動機	水平	〇.〇
		鉛直	〇.〇

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇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

〇〇〇〇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。

・DB+SAの場合を示す。
〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

【〇〇〇〇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

動的機能維持の詳細評価が必要な場合のみ
本項目を追加する。

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			
〇〇〇〇ポンプ	S	〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	C _H = *3	C _V = *3	C _H = *4	C _V = *4	C _P =		

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 (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)

設計震度をとっている
床レベルを記載する。

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は、「—」
とする。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
「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」
「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
「設計用震度 II (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_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i}^{*1} (mm)	l_{2i}^{*1} (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^{*1}
基礎ボルト ($i=1$)					(M)			
ポンプ取付ボルト ($i=2$)					(M)			
原動機取付ボルト ($i=3$)					(M)			
減速機取付ボルト ($i=4$)					(M)			

ボルト径を記載する。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	
基礎ボルト ($i=1$)	*2 (〇〇mm<径≦〇〇mm)	*2 (〇〇mm<径≦〇〇mm)					
ポンプ取付ボルト ($i=2$)	*3 (〇〇mm<径≦〇〇mm)	*3 (〇〇mm<径≦〇〇mm)					
原動機取付ボルト ($i=3$)	*2 (〇〇mm<径≦〇〇mm)	*2 (〇〇mm<径≦〇〇mm)					
減速機取付ボルト ($i=4$)	*2 (〇〇mm<径≦〇〇mm)	*2 (〇〇mm<径≦〇〇mm)					

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

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

H_p (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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
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 _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
原動機取付ボルト (i=3)		引張	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
減速機取付ボルト (i=4)		引張	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

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

動的機能維持の詳細評価が必要な場合のみ
本項目を追加する。

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇〇ポンプ	往復動式 ポンプ		〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	C _H = *3	C _V = *3	C _P =		

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)

設計震度をとっている床レベルを記載する。

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		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			
〇〇〇〇ポンプ用 原動機	〇〇電動機		〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	C _H = *3	C _V = *3	C _P =		

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)

設計震度をとっている床レベルを記載する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は、「—」
とする。

1.2.2 機器要目

動的機能維持評価に必要な機器要目表を記載する。

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
原動機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度」
「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」
「設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度」
「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」

注記*1: 設計用震度 I (基準地震動 S s) 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。

原動機について、機能確認済加速度を超えていないときは、
「原動機は、機能維持評価用加速度がすべて機能確認済
加速度以下である。」と記載する。

1.2.3.2 往復動式ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

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

1.2.3.2.2 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	発生応力	許容応力
コネクティングロッド大端部		
コネクティングロッド小端部		
クロスヘッドガイド部		

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 クランク軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
クランク軸		

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3 クランク軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸継手側		
反軸継手側		

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.4 動弁機構及び弁シート面の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
弁シート面		

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.5 減速機軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
入力軸軸受		
中間軸軸受		
出力軸軸受		

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.6 減速機軸（歯車）の評価 (単位：N)

評価部位		歯車の曲げ強さ		歯車の面圧強さ	
		発生荷重	許容荷重	発生荷重	許容荷重
1 段目（入力側）	小歯車				
	大歯車				
2 段目（出力側）	小歯車				
	大歯車				

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.7 軸継手の評価 (単位：mm)

評価部位	変位置量	許容変位置量
減速機～ポンプ間		
減速機～原動機間		

すべて許容変位置量以下である。

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	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断		

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）		

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張		
	せん断		

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	発生荷重	許容荷重
軸継手側		
反軸継手側		

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		

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	応力	発生応力	許容応力
モータフレーム	引張		
	せん断		

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.7 軸継手の評価

原動機軸継手の評価は、「1.2.3.2 往復動式ポンプの動的機能維持評価」に含まれている。

【DB + SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

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

動的機能維持の詳細評価が必要な場合のみ
本項目を追加する。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇〇ポンプ	常設耐震 /防止	〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	—	—	C _H = *3	C _V = *3	C _P =		

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)

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は、「—」
とする。

2.1.2 機器要目

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

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

ボルト径を記載する。

厚さ、径等による強度区分がある場合は、
該当する強度区分を記載する。

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _P (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)	*2 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	*2 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	—		—		
ポンプ取付ボルト (i=2)	*3 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	*3 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	—		—		
原動機取付ボルト (i=3)	*2 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	*2 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	—		—		
減速機取付ボルト (i=4)	*2 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	*2 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	—		—		

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

*2: 周囲環境温度で算出

*3: 最高使用温度で算出

H _P (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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ポンプ取付ボルト (i=2)	—		—	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	
減速機取付ボルト (i=4)	—		—	

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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
原動機取付ボルト (i=3)		引張	—	—	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
減速機取付ボルト (i=4)		引張	—	—	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

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

動的機能維持の詳細評価が必要な場合のみ本項目を追加する。

2.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
〇〇〇〇ポンプ	往復動式ポンプ		〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	C _H = *3	C _V = *3	C _P =		

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)

設計震度をとっている床レベルを記載する。

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		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			
〇〇〇〇ポンプ用 原動機	〇〇電動機		〇〇建物 EL *1	—*2	—*2	C _H = *3	C _V = *3	C _P =		

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)

設計震度をとっている床レベルを記載する。

ボルトの評価温度を記載する。
なお、使用しない場合は、「—」とする。

2.2.2 機器要目

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較

動的機能維持評価に必要な機器要目表を記載する。

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
原動機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

注記*: 設計用震度 I (基準地震動 S s) 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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
- 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

原動機について、機能確認済加速度を超えていないときは、「原動機は、機能維持評価用加速度がすべて機能確認済加速度以下である。」と記載する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度」
- 「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」
- 「設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度」
- 「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」

2.2.3.2 往復動式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、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	発生応力	許容応力
コネクティングロッド大端部		
コネクティングロッド小端部		
クロスヘッドガイド部		

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.2 クランク軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
クランク軸		

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.3 クランク軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸継手側		
反軸継手側		

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.4 動弁機構及び弁シート面の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
弁シート面		

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.5 減速機軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
入力軸軸受		
中間軸軸受		
出力軸軸受		

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.6 減速機軸（歯車）の評価 (単位：N)

評価部位		歯車の曲げ強さ		歯車の面圧強さ	
		発生荷重	許容荷重	発生荷重	許容荷重
1 段目（入力側）	小歯車				
	大歯車				
2 段目（出力側）	小歯車				
	大歯車				

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.7 軸継手の評価 (単位：mm)

評価部位	変位量	許容変位量
減速機～ポンプ間		
減速機～原動機間		

すべて許容変位量以下である。

28

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	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断		

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）		

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張		
	せん断		

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	発生荷重	許容荷重
軸継手側		
反軸継手側		

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		

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

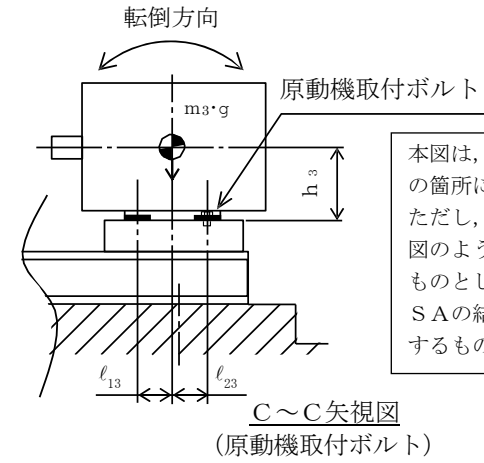
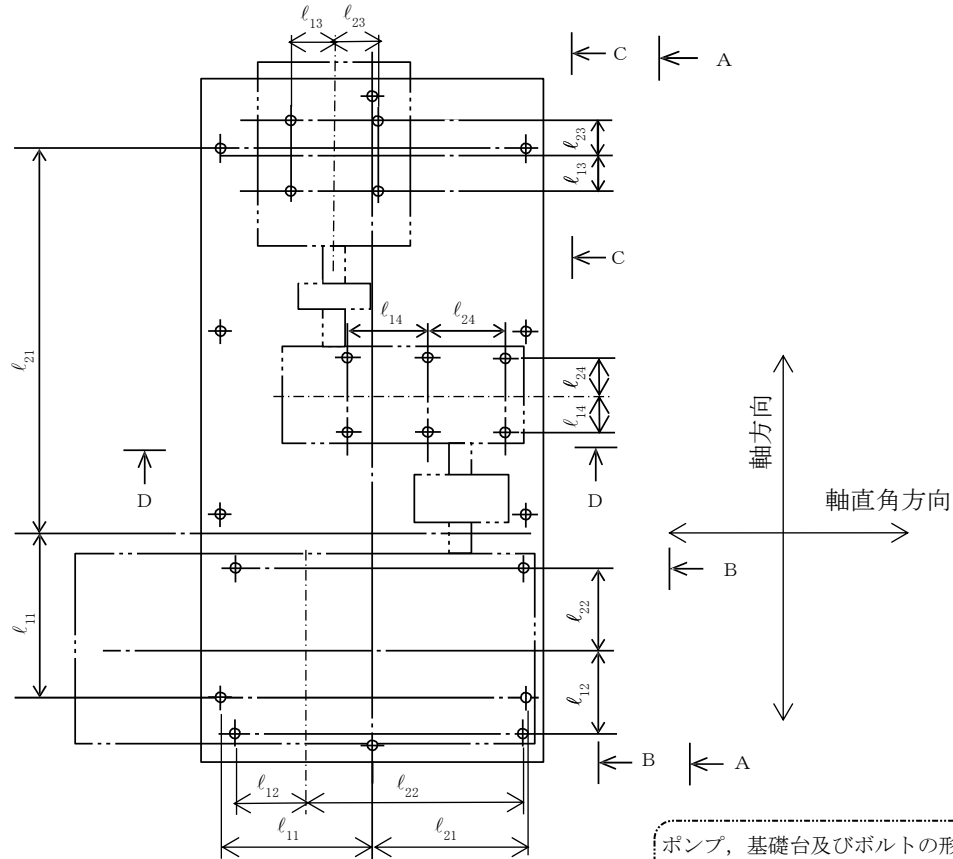
(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
モータフレーム	引張		
	せん断		

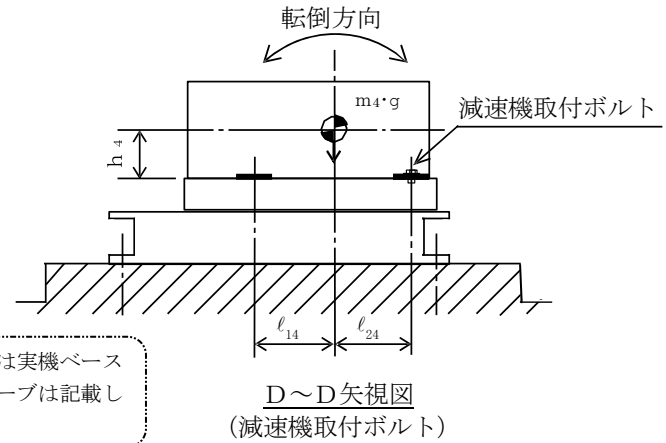
すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.7 軸継手の評価

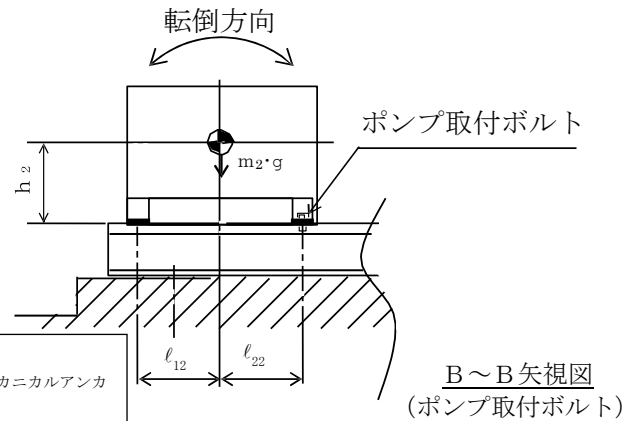
原動機軸継手の評価は、「2.2.3.2 往復動式ポンプの動的機能維持評価」に含まれている。



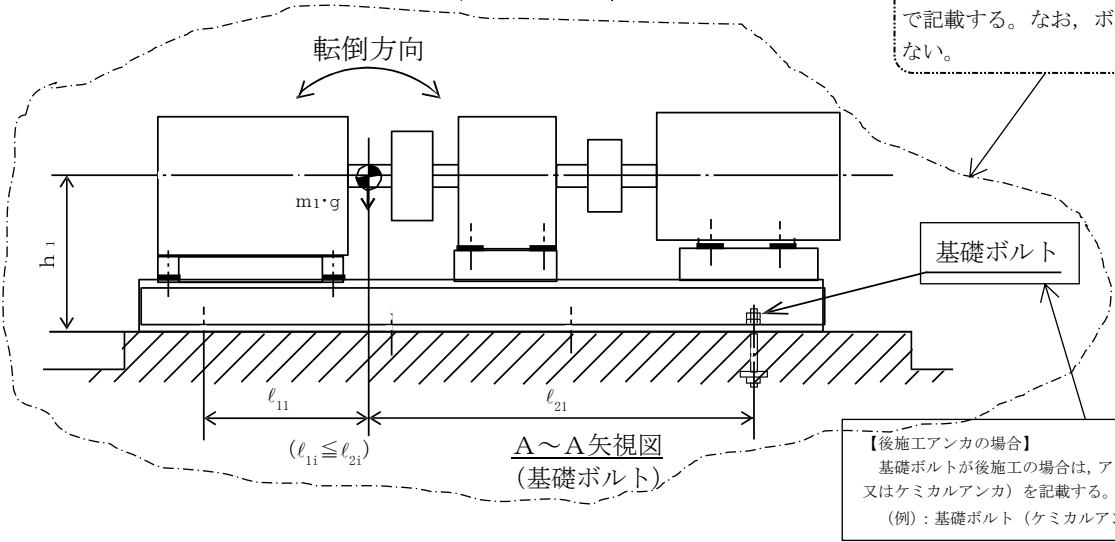
本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。ただし、配置上入らない場合は本図のように最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合は、SAの結果表の最終ページに記載するものとする。



ポンプ、基礎台及びボルトの形状は実機ベースで記載する。なお、ボルトのスリーブは記載しない。



【後施工アンカの場合】
基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類（メカニカルアンカ又はケミカルアンカ）を記載する。
(例)：基礎ボルト（ケミカルアンカ）



付録-6：個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Aパターンの耐震計算書記載例)

VI-〇-〇-〇 〇〇〇〇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
4.3 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
4.7 計算条件	18
4.8 応力の評価	18
5. 機能維持評価	20
5.1 動的機能維持評価方法	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

・DB + SA の場合の記載例を示す。
[DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。]

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇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。

〇〇〇〇は、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

〇〇〇〇の構造計画を表 2-1 に示す。

・DB + SA の場合の記載例を示す。
 [DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。]

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。
 波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。
 その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、
 「2.1 配置概要」、「2.2 構造計画」、「2.3 評価方針」、「2.4 適用規格・基準等」、
 「2.5 記号の説明」、「2.6 計算精度と数値の丸め方」となる。

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、取付ボルト及びU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</p>	
<p>要目表に記載の機器の場合は、要目表の表現「〇〇形」等に加え、必要に応じて（ ）付で補足説明を記載する。</p>		<p>(単位：mm)</p>

下記内容は案として記載したものであり、本項目については各計算書に合った記載内容及びフロー図にする。

2.2 評価方針

〇〇〇〇の応力評価は、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」にて示す〇〇〇〇の部位を踏まえ「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、〇〇の機能維持評価は、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。

〇〇〇〇及び〇〇の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

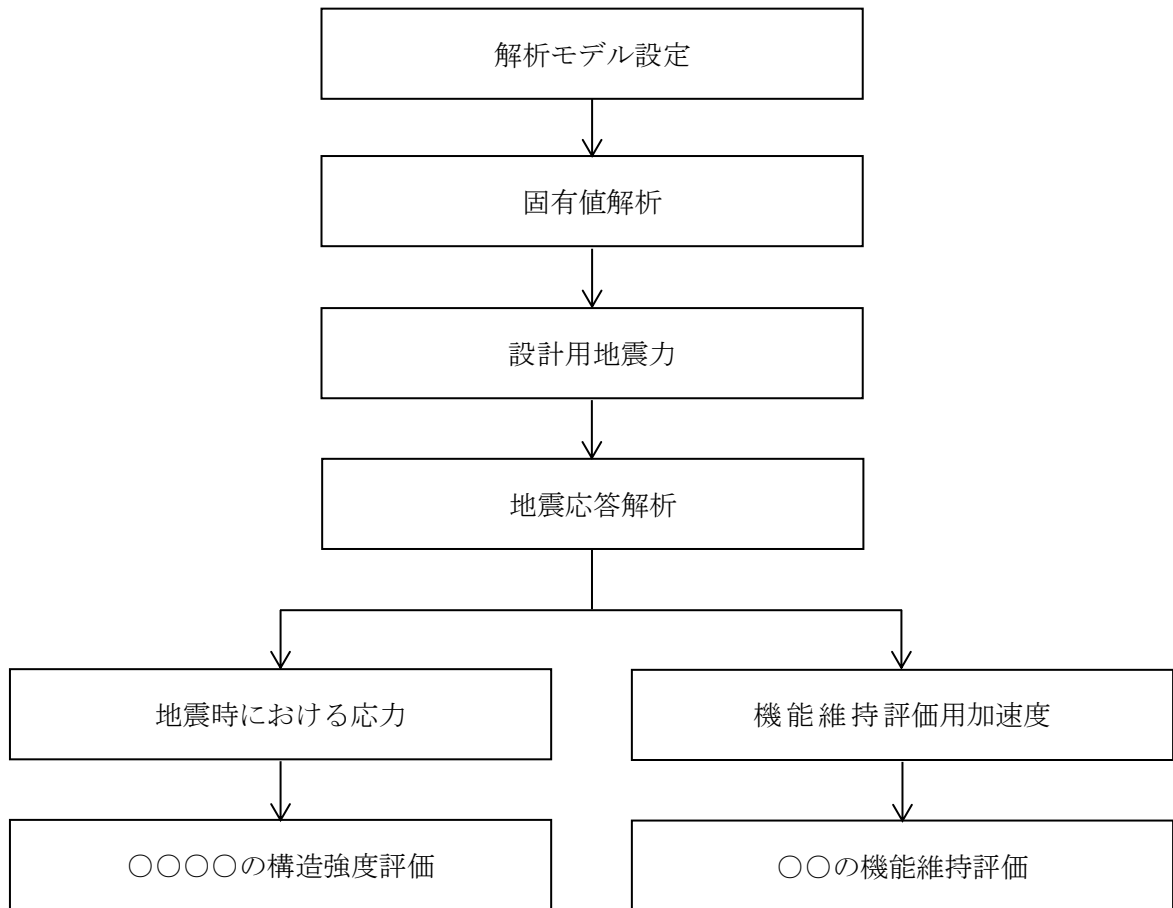


図 2-1 〇〇〇〇及び〇〇の耐震評価フロー

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 ²
A _b	取付ボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _o	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 _b	取付ボルトに作用する引張力	N
F _x	フレームの軸力 (x 方向)	N
F _y	フレームのせん断力 (y 方向)	N
F _z	フレームのせん断力 (z 方向)	N
f _{b m}	フレームの許容曲げ応力	MPa
f _{c m}	フレームの許容圧縮応力	MPa
f _{s m}	フレームの許容せん断応力	MPa
f _{s b}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f _{t m}	フレームの許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
i	断面二次半径	mm
l	取付ボルト間の距離	mm
l _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	〇〇〇〇解析モデル各節点の付加質量の合計	kg
n	フレームと壁及び床の取付部 1 箇所当たりの取付ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待する取付ボルトの本数	—
Q _b	取付ボルトに作用するせん断力	N
S	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℃における値	MPa
W _i	フレームの内幅	mm

記号	記号の説明	単位
X, Y, Z	絶対（節点）座標軸	—
x, y, z	局所（要素）座標軸	—
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm^3
Z_y	フレームの断面係数（y 軸）	mm^3
Z_z	フレームの断面係数（z 軸）	mm^3
Λ	フレームの限界細長比	—
λ	フレームの有効細長比	—
ν	ポアソン比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_f	フレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_{fa}	フレームに生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
σ_{tb}	取付ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
τ_b	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		°C	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位*1
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位*1
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位*2	四捨五入	小数点以下第1位*3
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*4
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*4
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*4
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*5		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

*2：設計上定める値が小数点以下第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。

「構造計画」で示した部位に対し、評価対象を選定している理由を記載する。
複数の評価対象に対して、代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方（条件が厳しい、すべて評価のうえ代表として記載するなど）の概要を計算書に記載する。

3. 評価部位

〇〇〇〇の耐震評価は、「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を実施する。なお、〇〇〇〇は、構造物として十分な剛性を有しており、支持構造物のうち耐震評価上厳しくなるフレーム及び取付ボルトが健全であれば〇〇〇〇機能を維持できるため、フレーム及び取付ボルトを評価対象とする。〇〇〇〇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) 〇〇〇〇のフレームは、十分剛な壁及び床に取付ボルトにより固定されるものとする。
- (2) 〇〇〇〇の質量には、〇〇〇〇の質量のほか、〇〇、〇〇及び〇〇の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、〇〇〇〇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、S R S S法／絶対値和／組合せ係数法を適用する。
- (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

〇〇〇〇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

〇〇〇〇の許容応力は、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

〇〇〇〇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。

・ DB + S A の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は S A 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

水平 2 方向及び鉛直方向を組み合わせている場合は、「地震力は、〇〇〇〇に対して水平 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／絶対値和／組合せ係数法を適用する。」ことを記載する

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇	S	クラス2 支持構造物	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A 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
〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇	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 _A S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界を 用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「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：「 $D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

該当する設備分類のみ記載する。

- ・ DB+SA の場合の記載例を示す。
- ・ DB 単独の場合は，許容応力（クラス 2, 3 支持構造物）
- ・ SA 単独の場合は，許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）とする。

表 4-3 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 (ボルト等以外)				許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力					
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
Ⅲ _A 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 _A 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 _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)						

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

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

DB+SA の場合はⅤ_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) 取付ボルト SS41*
 注記* : SS400 相当

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
フレーム	〇〇*1	周囲環境温度	—			—
	〇〇*2 (〇〇mm<厚さ)	周囲環境温度	—			—
取付ボルト	〇〇*2 (〇〇mm<径)	周囲環境温度	—			—

注記*1 : 〇〇相当

*2 : 〇〇相当

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
フレーム	〇〇*1	周囲環境温度	—			—
	〇〇*2 (〇〇mm<厚さ)	周囲環境温度	—			—
取付ボルト	〇〇*2 (〇〇mm<径)	周囲環境温度	—			—

注記*1 : 〇〇相当

*2 : 〇〇相当

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
 (例) 取付ボルト SS41*
 注記* : SS400 相当

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

4.3 解析モデル及び諸元

〇〇〇〇の解析モデルを図 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【〇〇〇〇の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 〇〇〇〇のフレームをはり要素でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) 解析モデル各節点の質量は、〇〇弁、〇〇弁、〇〇部品等であり、実際の位置を考慮して付加する。
- (3) 拘束条件は、フレームの壁及び床への取付部を固定とする。
- (4) 解析コードは、「〇〇」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。

解析モデル図を記載

図 4-1 ○○○○解析モデル (単位 : mm)

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6, 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 4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.0000	—	—	—

適用する刺激係数について記載する。
固有周期が 0.05 秒以下となる方向については「—」とする。

柔構造の場合は, 適用するモードベクトルの正規化方法についての注記を記載する。

(記載例)

注記* : モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

: 最大値を 1 として規格化するモードベクトルを用いる。

振動モード図を記載する。

図 4-2 振動モード (1次モード 水平方向 0.0000s)

柔構造の場合、付録-3「立形ポンプ」の耐震計算書記載例を参考に記載する。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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 4-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
○○建物 EL (EL *1)	○.○○○	0.05 以下	C _H = *2	C _V = *2	C _H = *3	C _V = *3

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）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
○○建物 EL (EL *1)	○.○○○	0.05 以下	—	—	C _H = *2	C _V = *2

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）

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度」
- 「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」
- 「設計用震度 II（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度」
- 「設計用震度 II（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I（基準地震動 S_s）」
- 「設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II（基準地震動 S_s）」
- 「設計用震度 II（基準地震動 S_s）を上回る設計震度」

・ DB + SA の場合の記載例を示す。

〔DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

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

$$\sigma_b = \frac{|M_y|}{Z_y} + \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$

- (4) 組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.5)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \frac{|F_x|}{A} + \sigma_b \dots\dots\dots (4.6.1.1.6)$$

4.6.1.2 取付ボルトの応力

取付ボルトに生じる応力は、解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z から手計算により、地震による引張応力とせん断応力について計算する。〇〇〇〇の取付ボルト部の概要を図 4-3 に示す。

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張応力は、図 4-3 に示すフレームの軸力 F_x とモーメント 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

$$F_b = |F_y| + \frac{|M_z|}{\ell} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2.1)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_b}{n_f \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_o^2 \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、フレームと壁及び床の取付部 1 箇所当たりの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

$$Q_b = \sqrt{|F_x|^2 + \left(|F_z| + \frac{|M_x|}{W_i} + \frac{|M_y|}{\ell} \right)^2} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2.4)$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2.5)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_b は、(4.6.1.2.3) 式による。

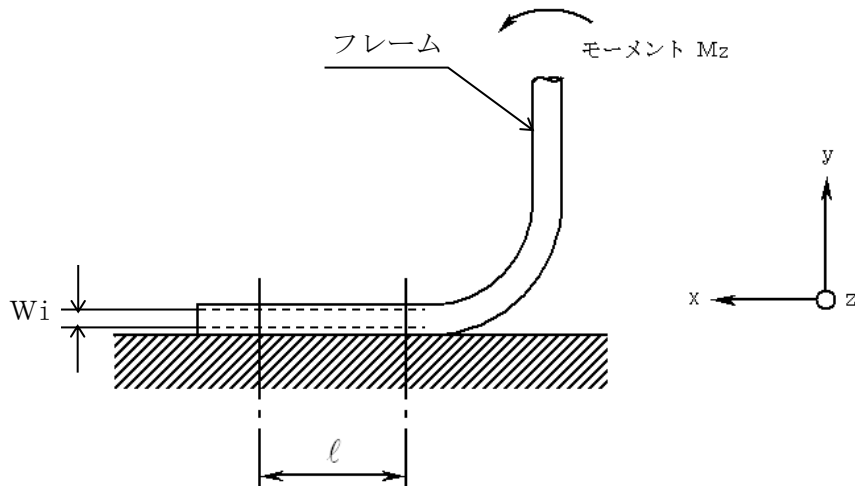


図 4-3 取付ボルト部の概要 (床固定部の場合)

荷重等の算出を解析プログラムを用いている場合は、このままの表記とする。
 また、計算条件は計算結果の機器要目に記載があるため本表現とする。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（○○○○）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【○○○○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}	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu'} \cdot 1.5$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu'} \cdot 1.5$
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

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

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

4.8.2 取付ボルトの応力評価

4.6.1.2 項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_{tb} は、次式より求めた許容組合せ応力 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 τ_b はせん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

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

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

〇〇〇系〇〇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。

〇〇〇系〇〇弁は、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/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
〇〇〇系〇〇弁	水平	〇.〇
	鉛直	〇.〇

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇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

〇〇〇〇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。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・DB + SAの場合を示す。
〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕 |
|---|

据付場所の床面高さや設計震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *1) を追加し、据付場所の EL から *1 を削除する。
例：中間階に設置する設備、盤等に適用

固有値解析結果に水平を記載した場合は、水平方向に解析結果の値を記載し、鉛直方向は「0.05 以下」と記載する。
固有値解析結果に鉛直を記載した場合は、上記の逆になる。

【〇〇〇〇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

設計震度をとっている床レベルを記載する。

固有周期が 0.05s を超え柔構造となった場合は、注記符号を付記する。

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		
〇〇〇〇	S	〇〇建物 EL (EL *1)	〇.〇〇〇	0.05 以下	C _H = *3 又は*3	C _V = *2	C _H = *4 又は*5	C _V = *4	—	

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) 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 d) により得られる震度
- *4：設計用震度 I (基準地震動 S s)
- *5：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

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」

1.2 機器要目

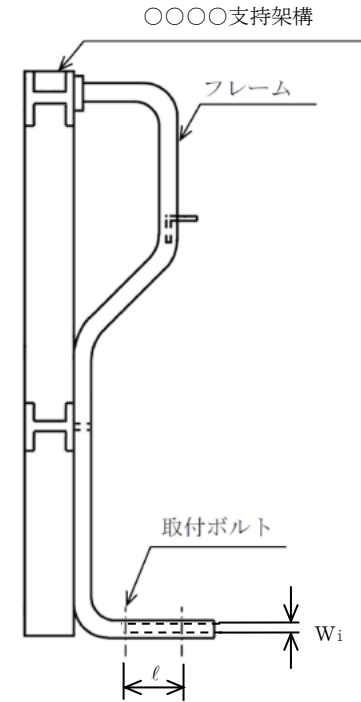
m (kg)	ℓ (mm)	d _o (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f	W _i (mm)
		(M)				

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム					
		(〇〇mm<厚さ)	(〇〇mm<厚さ)		
取付ボルト		(〇〇mm<径)	(〇〇mm<径)		

ボルト径を記載する。

厚さ、径等による強度区分がある場合には、該当する強度区分を記載する。

本図は原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。
 ただし、配置上入らない場合は最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合はSAの結果表の最終ページに記載するものとする。



材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ

	要素番号			
材料				
A (mm ²)				
Z _y (mm ³)				
Z _z (mm ³)				
Z _p (mm ³)				

1.3 計算数値

1.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

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

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

1.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

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

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

1.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

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

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

1.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

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

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。

26

1.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	〇.〇〇〇
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	節点番号	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張			$\sigma_t =$	$f_{tm} =$	$\sigma_t =$	$f_{tm} =$
		圧縮			$\sigma_c =$ *1	$f_{cm} =$	$\sigma_c =$ *1	$f_{cm} =$
		せん断			$\tau =$	$f_{sm} =$	$\tau =$	$f_{sm} =$
		曲げ			$\sigma_b =$	$f_{bm} =$	$\sigma_b =$	$f_{bm} =$
		組合せ			$\sigma_f =$	$f_{tm} =$	$\sigma_f =$	$f_{tm} =$
		引張			$\sigma_t =$	$f_{tm} =$	$\sigma_t =$	$f_{tm} =$
		圧縮			$\sigma_c =$ *1	$f_{cm} =$	$\sigma_c =$ *1	$f_{cm} =$
		せん断			$\tau =$	$f_{sm} =$	$\tau =$	$f_{sm} =$
		曲げ			$\sigma_b =$	$f_{bm} =$	$\sigma_b =$	$f_{bm} =$
		組合せ			$\sigma_f =$	$f_{tm} =$	$\sigma_f =$	$f_{tm} =$
取付ボルト		引張			$\sigma_{tb} =$	$f_{ts} =$ *2	$\sigma_{tb} =$	$f_{ts} =$ *2
		せん断			$\tau_b =$	$f_{sb} =$	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

注記*1：絶対値を記載

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

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

(×9.8 m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
〇〇〇系〇〇弁	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

注記* 設計用震度 I (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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」

据付場所の床面高さ与设计震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *1) を追加し、据付場所の EL から*1を削除する。
例：中間階に設置する設備、盤等に適用

固有値解析結果に水平を記載した場合は、水平方向に解析結果の値を記載し、鉛直方向は「0.05以下」と記載する。
固有値解析結果に鉛直を記載した場合は、上記の逆になる。

【DB + SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

2. 重大事故等対処設備
2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
〇〇〇〇	常設耐震/防止	原子炉建物 EL (EL *1)	〇.〇〇〇	0.05以下	—	—	C _H = *2 又は*3	C _V = *2	—	

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)

*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

固有周期が 0.05s を超え柔構造となった場合は、注記符号を付記する。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトル II (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」

2.2 機器要目

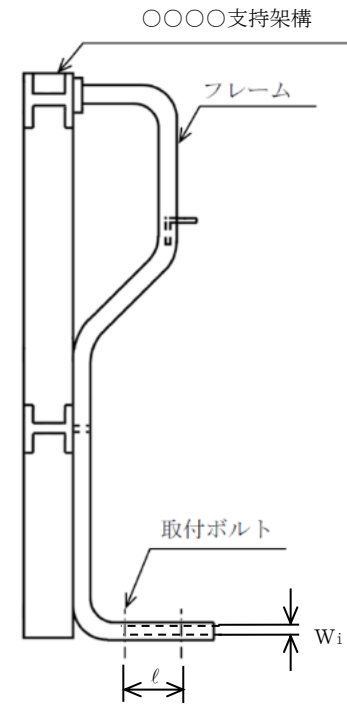
ボルト径を記載する。

m (kg)	ℓ (mm)	d _o (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f	W _i (mm)
		(M)				

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム				—	
		(〇〇mm<厚さ)	(〇〇mm<厚さ)	—	
取付ボルト		(〇〇mm<径)	(〇〇mm<径)	—	

厚さ、径等による強度区分がある場合には、該当する強度区分を記載する。

本図は原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。
 ただし、配置上入らない場合は最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合はSAの結果表の最終ページに記載するものとする。



材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ

材料	要素番号			
A (mm ²)				
Z _y (mm ³)				
Z _z (mm ³)				
Z _p (mm ³)				

2.3 計算数値

2.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

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

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

2.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

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

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

2.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

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

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

2.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

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

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

2.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	〇.〇〇〇
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	節点番号	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
フレーム		引張			—	—	$\sigma_t =$	$f_{tm} =$	
		圧縮			—	—	$\sigma_c =$ *1	$f_{cm} =$	
		せん断			—	—	$\tau =$	$f_{sm} =$	
		曲げ			—	—	$\sigma_b =$	$f_{bm} =$	
		組合せ			—	—	$\sigma_f =$	$f_{tm} =$	
		引張				—	—	$\sigma_t =$	$f_{tm} =$
		圧縮				—	—	$\sigma_c =$ *1	$f_{cm} =$
		せん断				—	—	$\tau =$	$f_{sm} =$
		曲げ				—	—	$\sigma_b =$	$f_{bm} =$
		組合せ				—	—	$\sigma_f =$	$f_{tm} =$
取付ボルト		引張			—	—	$\sigma_{tb} =$	$f_{ts} =$ *2	
		せん断			—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$	

注記*1：絶対値を記載

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

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/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
〇〇〇系〇〇弁	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

注記*：設計用震度 I (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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」

付録-7-1：個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(C-1パターン「解析」の耐震計算書記載例)

VI-〇-〇-〇 〇〇〇〇水素濃度の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19

・DB + SAの場合の記載例を示す。

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇水素濃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。

〇〇〇〇水素濃度は、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。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

〇〇〇〇水素濃度の構造計画を表 2-1 に示す。

・ DB + SA の場合

〇〇〇は、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。

・ DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。

その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、

「2.1 配置概要」、 「2.2 構造計画」、 「2.3 評価方針」、 「2.4 適用規格・基準等」、 「2.5 記号の説明」、 「2.6 計算精度と数値の丸め方」となる。

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、サポート鋼材に計器取付ボルトにより固定する。 サポート鋼材は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>水素濃度計</p>	<div data-bbox="1093 470 1814 619" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類（メカニカルアンカ又はケミカルアンカ）を記載する。 (例)：基礎ボルト（ケミカルアンカ）</p> </div> <p style="text-align: center;">(側面図)</p> <p style="text-align: center;">(正面図)</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>
<div data-bbox="174 785 757 917" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>要目表に記載の機器の場合は、要目表の表現「〇〇形」等に加え、必要に応じて（ ）付で補足説明を記載する。</p> </div>		

下記内容は案として記載したものであり、本項目については各計算書に合った記載内容及びフロー図にする。

2.2 評価方針

〇〇〇〇水素濃度の応力評価は、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」にて示す〇〇〇〇水素濃度の部位を踏まえ「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、〇〇〇〇水素濃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。

〇〇〇〇水素濃度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

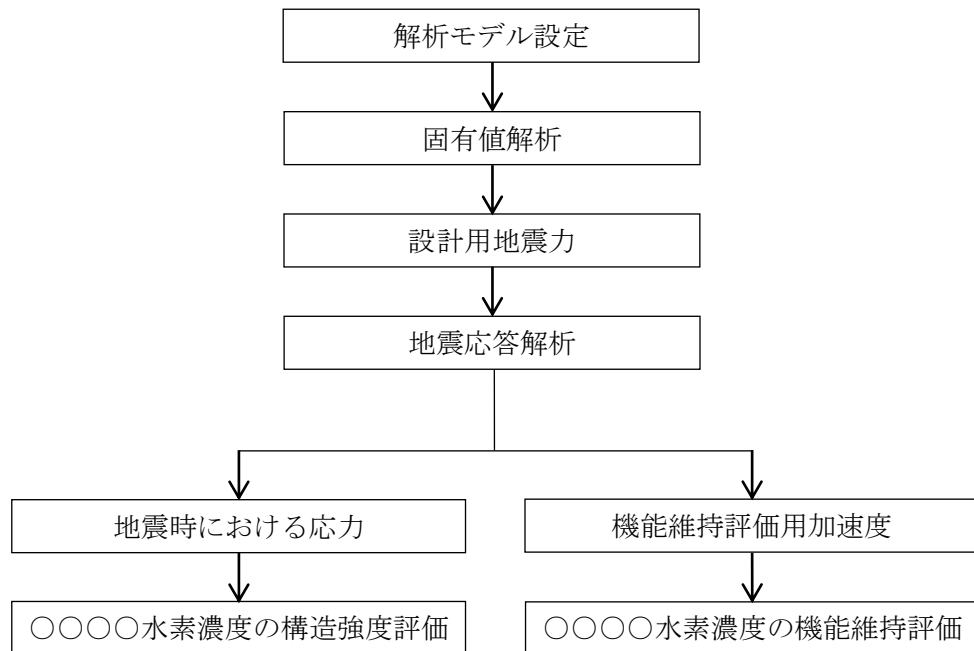


図 2-1 〇〇〇〇水素濃度の耐震評価フロー

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_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_x	サポート基礎部に作用する力 (x 方向)	N
F_y	サポート基礎部に作用する力 (y 方向)	N
F_z	サポート基礎部に作用する力 (z 方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
l_1	ボルト間距離 (水平方向)	mm
l_2	ボルト間距離 (鉛直方向)	mm
l_3	ボルト間距離 (水平方向と鉛直方向の小さい方)	mm
M_x	サポート基礎部に作用するモーメント (x 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント (y 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント (z 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n	基礎ボルトの本数	—
n_y	M_y の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
n_z	M_z の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W	計器及び防滴カバーの荷重	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

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 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*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

〇〇〇〇水素濃度の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上
厳しくなる基礎ボルト部について実施する。〇〇〇〇水素濃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。

「構造計画」で示した部位に対し、評価対象を選定している理由を記載する。複数の評価対象に対して、代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方(条件が厳しい、すべて評価のうえ代表として記載するなど)の概要を計算書に記載する。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

〇〇〇〇水素濃度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 〇〇〇〇水素濃度は、「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

〇〇〇〇水素濃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【〇〇〇〇水素濃度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) 〇〇〇〇水素濃度の計器及び防滴カバーの質量は、それぞれの重心に集中するものとする。
(2) 〇〇〇〇水素濃度の計器及び防滴カバー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。

- (3) 拘束条件は、〇〇部を完全拘束とする。

(記載例)

【(3) 拘束条件として、基礎部の〇〇方向を固定する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。】

- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

- (5) 解析コードは、「〇〇〇」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。

拘束条件（基礎（据付）ボルト含む。）を記載する。

なお、基礎（据付）ボルト部をモデル化していない場合は、「なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。」と追記する。

解析モデルを記載

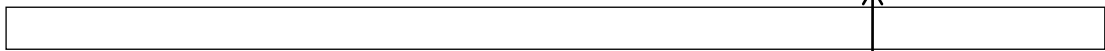
図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表 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

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	0.0000	—	—	—



適用する刺激係数について記載する。
固有周期が 0.05 秒以下となる方向については「—」とする。

柔構造の場合は, 適用するモードベクトルの正規化方法についての注記を記載する。
(記載例)
注記*: 刺激係数は, モード質量を正規化し, 固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



図 4-2 振動モード (1次モード 水平方向 0.0000s)

5. 構造強度評価

5.1 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、〇〇〇〇水素濃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、〇〇〇〇を適用する。

↑
組合せ方法を記載する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

〇〇〇〇水素濃度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

・ DB + SA の場合

〇〇〇〇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 5-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-〇に示す。

・ DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

5.2.2 許容応力

〇〇〇〇水素濃度の許容応力は、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

〇〇〇〇水素濃度の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

・ DB + SA の場合

〇〇〇〇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 5-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-〇に示す。

・ DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
〇〇〇〇 系統施設	〇〇装置	〇〇〇〇水素濃度	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／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。

該当する設備分類のみ記載する。

DB+SAの場合，以下を上記SAの前に追加する。

表 5-〇 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
〇〇〇〇 系統施設	〇〇装置	〇〇〇〇水素濃度	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。

SA 単独の場合を示す。
 ・ DB 単独の場合は，許容応力（その他の支持構造物）
 ・ DB + SA の場合は，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）とする。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5 · f _t * 1.5 · f _s *	1.5 · 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。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

DB + SA の場合は，以下をIVASの前に追加する。

IIIAS	1.5 · f _t	1.5 · f _s
-------	----------------------	----------------------

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。

(例) 基礎ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

S A 単独の場合を示す。
 ・ D B + S A の場合は、本表の前に D B の条件である「表 5-〇 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)」を追加する。
 ・ D B 単独又は S A 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)	周囲環境温度			—

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

柔構造な場合、付録-3「立形ポンプ」の耐震計算書記載例を参考に記載する。

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5-4に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、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（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
〇〇建物 EL (EL *1)	〇.〇〇〇	0.05 以下	—	—	$C_H =$ *2	$C_V =$ *2

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 ）

固有値解析結果に水平を記載した場合は、水平方向に解析結果の値を記載し、鉛直方向は「0.05 以下」と記載する。
固有値解析結果に鉛直を記載した場合は、上記の逆になる。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I（基準地震動 S_s ）」
- 「設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II（基準地震動 S_s ）」
- 「設計用震度 II（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度」

SA 単独の場合を示す。

- ・ DB + SA の場合は、本表の前に DB の条件である
「表 5-〇 設計用地震力（設計基準対象施設）」を追加する。
- ・ DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

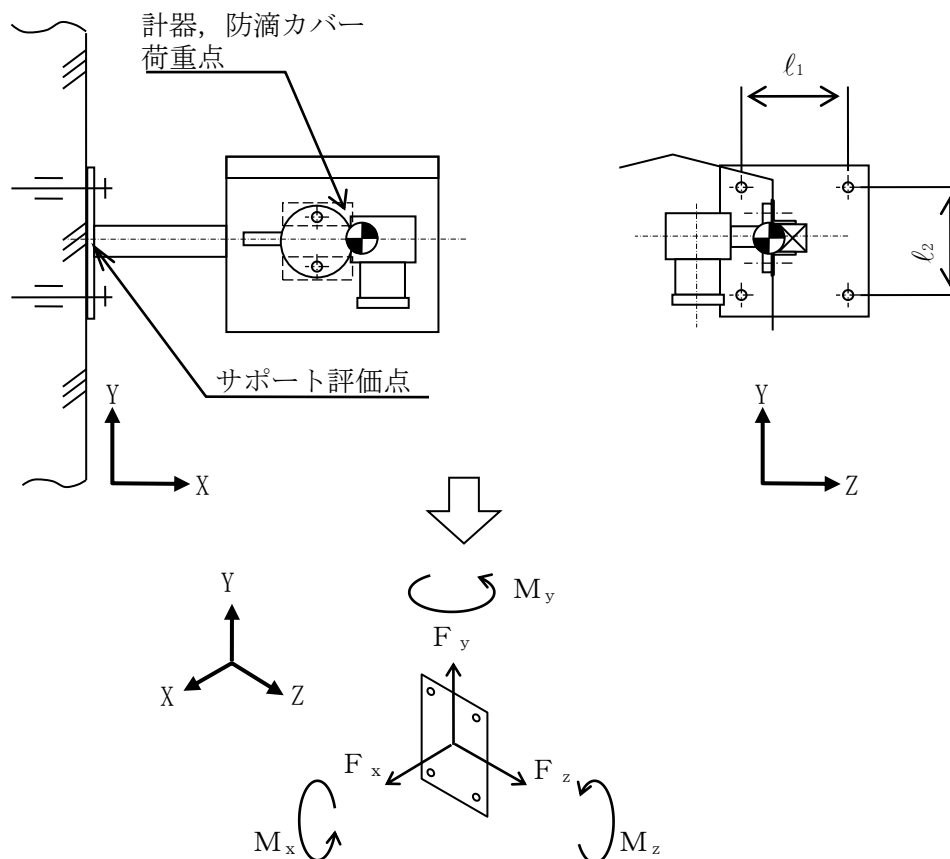


図5-1 計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表5-5に示す。

表5-5 サポート発生反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{l_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{l_2 \cdot n_z} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{l_3 \cdot n} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルト間距離 l_3 は次式により求める。

$$l_3 = \text{Min}(l_1, l_2) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【〇〇〇〇水素濃度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 基礎ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 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 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

↑
SA単独の場合の記載例を示す。

↓
DB+SA又はDB単独の場合は以下とする。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

〇〇〇〇水素濃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。

〇〇〇〇水素濃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 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
〇〇〇〇水素濃度 (〇〇〇〇)	水平	〇.〇
	鉛直	〇.〇

(計器番号)

加振試験を根拠として電気的機能維持評価を示す場合、加振試験の概要が分かるよう記載する。

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇水素濃度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

・DB+SAの場合

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇〇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。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇〇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。

・DB単独又はSA単独の場合は，それぞれの該当する項目のみ記載する。

計器番号を記載する。

【〇〇〇〇水素濃度 (〇〇〇〇) 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

据付場所の床面高さとして設計震度をとっている高さが異なる場合は、基準床レベルとして (EL *1) を追加し、据付場所の EL から *1 を削除する。
例：中間階に設置する設備、壁掛形計装ラック等に適用

固有周期が 0.05s を超え柔構造となった場合は、注記符号を付記する。

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
〇〇〇〇水素濃度 (〇〇〇〇)	常設/緩和	〇〇建物 EL (EL *1)	〇.〇〇〇	0.05 以下	—	—	C _H = *2 又は *3	C _V = *2	

計器番号

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)

*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

設計震度をとっている床レベルを記載する。

固有値解析結果に水平を記載した場合は、水平方向に解析結果の値を記載し、鉛直方向は「0.05 以下」と記載する。
固有値解析結果に鉛直を記載した場合は、上記の逆になる。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトル II (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」

1.2 機器要目

ボルト径を記載する。

部材	W (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト		(M)			(〇〇mm<径≦〇〇mm)	(〇〇mm<径≦〇〇mm)

厚さ，径等による強度区分がある場合には，
該当する強度区分を記載する。

部材	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	n _y	n _z	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト					—	

【DB+SAの場合】
 本ページの前に「1. 設計基準対象施設」の計算結果表を追加する。
 その場合，本表は「2. 重大事故等対処設備」となる。
【DB単独又はSA単独の場合】
 それぞれの該当する項目のみ記載する。

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
サポート部	—		—		—	

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
サポート部	—		—		—	

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張	—	—	$\sigma_b =$	$f_{ts} = *$
		せん断	—	—	$\tau_b =$	$f_{sb} =$

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
〇〇〇〇水素濃度 (〇〇〇〇)	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

注記* : 設計用震度 I (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。

計器番号

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	〇〇〇
質量	m	kg	〇〇〇
温度条件 (雰囲気温度)	T	℃	〇〇
縦弾性係数	E	MPa	〇〇〇〇〇〇
ポアソン比	ν	—	〇.〇
要素数	—	個	〇〇〇〇
節点数	—	個	〇〇〇〇

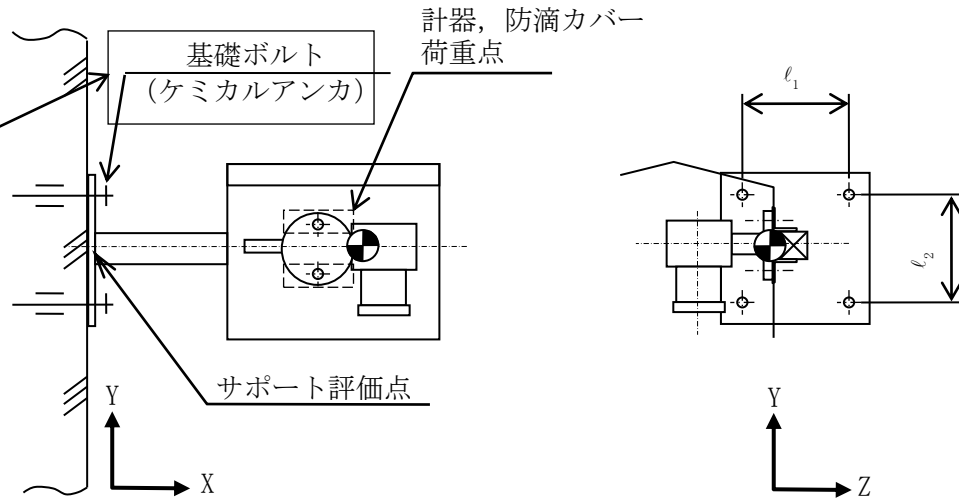
解析に使用する諸元を記載する。
 物性値 (縦弾性係数等) はモデル化した材料が複数あればそれぞれに記載する。
 (ボルトをモデル化しているなら、ボルトの物性値を記載する。)

(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材
○○	○○
○○	○○

解析モデルにおける断面特性（断面積，断面係数，断面形状等）を必要に応じて記載する。

【後施工アンカの場合】
 基礎ボルトが後施工の場合は，アンカの種類（メカニカルアンカ又はケミカルアンカ）を記載する。
 (例)：基礎ボルト（ケミカルアンカ）



本図は，原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。
 ただし，配置上入らない場合は本図のように最終ページに記載するものとし，
 DB+S Aの場合は，S Aの結果表の最終ページに記載するものとする。

付録-7-2：個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(C-2 パターン「手計算」の耐震計算書記載例)

VI-〇-〇-〇 〇〇〇〇機関及び発電機の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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	9
4.1 固有周期の計算方法	9
4.2 固有周期の計算条件	9
4.3 固有周期の計算結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	25
5.6 応力の評価	26
6. 機能維持評価	27
6.1 動的機能維持評価方法	27
7. 評価結果	28
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	28
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28

・ DB + SA の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇機関及び発電機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。

〇〇〇〇機関及び発電機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

〇〇〇〇機関及び発電機の構造計画を表 2-1 に示す。

- ・ DB + SA の場合の記載例を示す。
 [DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。]

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。
 波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。
 その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、
 「2.1 配置概要」、「2.2 構造計画」、「2.3 評価方針」、「2.4 適用規格・基準等」、
 「2.5 記号の説明」、「2.6 計算精度と数値の丸め方」となる。

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>〇〇〇〇機関及び発電機は〇〇〇〇機関取付ボルト、発電機固定子取付ボルト及び発電機軸受台取付ボルトで直接据付台床に取り付ける。据付台床は基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>4 サイクルたて形 18 気筒ディーゼル機関及び同期発電機 (〇〇〇〇機関及び三相同期発電機)</p>	<p>The diagram shows a cross-section of the generator assembly. On the left, a governor (ガバナ) is mounted on a bracket. The main engine (〇〇〇〇機関) is mounted on a base using bolts (〇〇〇〇機関取付ボルト). To the right, the generator (発電機) is mounted on a bearing support (発電機軸受台取付ボルト) and its stator (発電機固定子取付ボルト). The entire assembly sits on a mounting base (据付台床) which is secured to a foundation (基礎) using foundation bolts (基礎ボルト). Dimensions are indicated with circles (〇〇〇).</p>
<p>要目表に記載の機器の場合は、要目表の表現「〇〇形」等に加え、必要に応じて () 付で補足説明を記載する。</p>		<p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類 (メカニカルアンカ又はケミカルアンカ) を記載する。 (例) : 基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p>
		<p>(単位 : mm)</p>

下記内容は案として記載したものであり、本項目については各計算書に合った記載内容及びフロー図にする。

2.2 評価方針

〇〇〇〇機関及び発電機の応力評価は、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」にて示す〇〇〇〇機関及び発電機の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、〇〇〇〇機関及び発電機の機能維持評価は、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、「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。

〇〇〇〇機関及び発電機の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

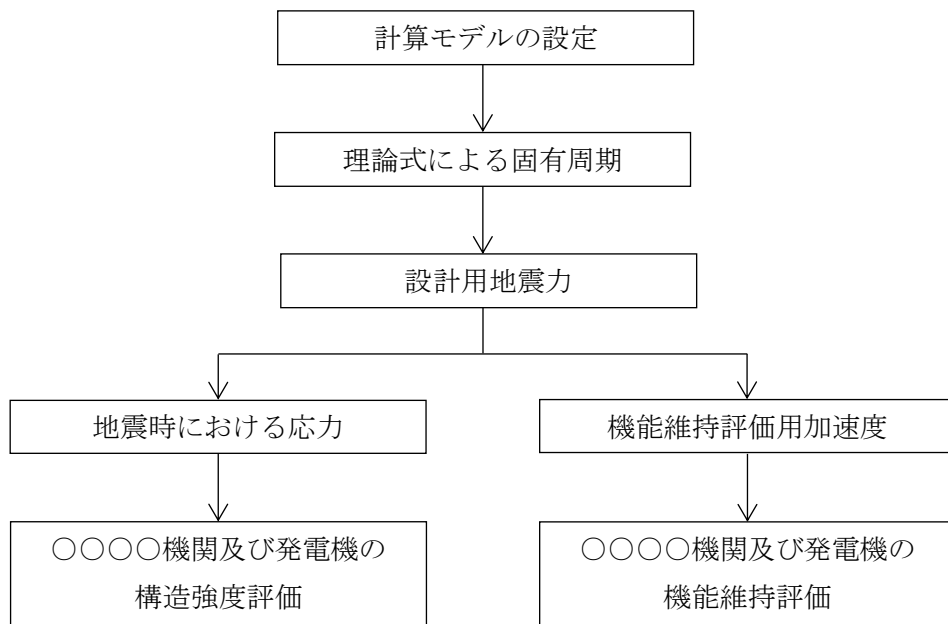


図 2-1 〇〇〇〇機関及び発電機の耐震評価フロー

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	最小断面積	mm ²
A _{b i}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
A _s	最小有効せん断断面積	mm ²
C _{EH}	〇〇〇〇機関往復運動による水平方向震度	—
C _{EV}	〇〇〇〇機関往復運動による鉛直方向震度	—
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _i	ボルトの呼び径* ¹	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F _i *	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F _{b i}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f _{s b i}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f _{t o i}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f _{t s i}	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) * ¹	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h _i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
l _{1 i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l _{2 i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
M _{E 1}	〇〇〇〇機関回転により作用するモーメント	N・mm
M _{E 2}	発電機回転により作用するモーメント	N・mm
m _i	運転時質量* ²	kg
N	回転数 (〇〇〇〇機関の定格回転数)	rpm
n _i	ボルトの本数* ¹	—
n _{f i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
P	〇〇〇〇機関出力	kW
Q _{b i}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S _{u i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
S _{y i} (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* ¹	MPa
T _H	水平方向固有周期	s
T _V	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	—

記号	記号の説明	単位
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: ○○○○機関取付ボルト

$i = 3$: 発電機固定子取付ボルト

$i = 4$: 発電機軸受台取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: ○○○○機関取付面

$i = 3$: 発電機固定子取付面

$i = 4$: 発電機軸受台取付面

*3: $l_{1i} \leq l_{2i}$

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 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*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

〇〇〇〇機関及び発電機の耐震評価は、「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取付ボルトについて実施する。 〇〇〇〇機関及び発電機の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

「構造計画」で示した部位に対し、評価対象を選定している理由を記載する。複数の評価対象に対して、代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方（条件が厳しい、すべて評価のうえ代表として記載するなど）の概要を計算書に記載する。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

〇〇〇〇機関及び発電機の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 〇〇〇〇機関及び発電機，各機器の質量は重心に集中するものとする。
- b. 〇〇〇〇機関及び発電機は据付台床上にあり，据付台床は基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。また，〇〇〇〇機関，発電機固定子及び発電機軸受台は，据付台床上に取付ボルトで固定されるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。
- d. 〇〇〇〇機関及び発電機は，図 4-1 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとする。

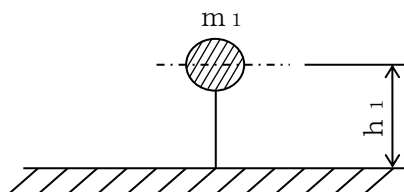


図 4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left(\frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \dots (4.1.1)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \frac{h_1}{A \cdot E}} \quad \dots (4.1.2)$$

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【〇〇〇〇機関及び発電機の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 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 4-1 固有周期 (単位 : s)

水平	0.000
鉛直	0.000

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項 a.～d.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は〇〇〇〇機関及び発電機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。
- (2) 転倒方向は図 5-1～図 5-8 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

5.2 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

〇〇〇〇機関及び発電機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

〇〇〇〇機関及び発電機の許容応力は、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

〇〇〇〇機関及び発電機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。

- ・ DB + S A の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は S A 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

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
〇〇〇〇 設備	〇〇〇〇 装置	〇〇〇〇機関及び発電機	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 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
〇〇〇〇 設備	〇〇〇〇 装置	〇〇〇〇機関及び発電機	常設／防止 (DB 拡張)	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

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

該当する設備分類のみ記載する。

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

DB + SAの場合を示す。
 ・DB単独の場合は，許容応力（その他の支持構造物）
 ・SA単独の場合は，許容応力（重大事故等その他の支持構造物）とする。

DB + SAの場合は，Ⅴ_ASを追加する。

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度			—
〇〇〇〇機関 取付ボルト	〇〇 (径≤〇〇mm)	最高使用温度			—
発電機固定子 取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度			—
発電機軸受台 取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度			—

注記* : 〇〇〇相当

厚さ, 径等による強度区分がある場合は, 該当する強度区分を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には, 注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
(例) 取付ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇 (〇〇mm<径≤〇〇mm)	周囲環境温度				—
〇〇〇〇機関 取付ボルト	〇〇 (径≤〇〇mm)	最高使用温度				—
発電機固定子 取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度				—
発電機軸受台 取付ボルト	〇〇* (〇〇mm<径≤〇〇mm)	最高使用温度				—

注記* : 〇〇〇相当

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。
(例) 取付ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

40°Cを超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

柔構造な場合、付録-3「立形ポンプ」の耐震計算書記載例を参考に記載する。

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 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
〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇〇	〇.〇〇〇〇	C _H = *2	C _V = *2	C _H = *3	C _V = *3

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）又は静的震度

*3：設計用震度 I（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
〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇〇	〇.〇〇〇〇	—	—	C _H = *2	C _V = *2

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）

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I（基準地震動 S s）」
- 「設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度」
- 「設計用震度 II（基準地震動 S s）」
- 「設計用震度 II（基準地震動 S s）を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。

- 「設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度」
- 「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」
- 「設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度」
- 「設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度」

・ DB + SA の場合の記載例を示す。

[DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。]

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度，〇〇〇〇機関の往復運動による震度及び〇〇〇〇機関回転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。

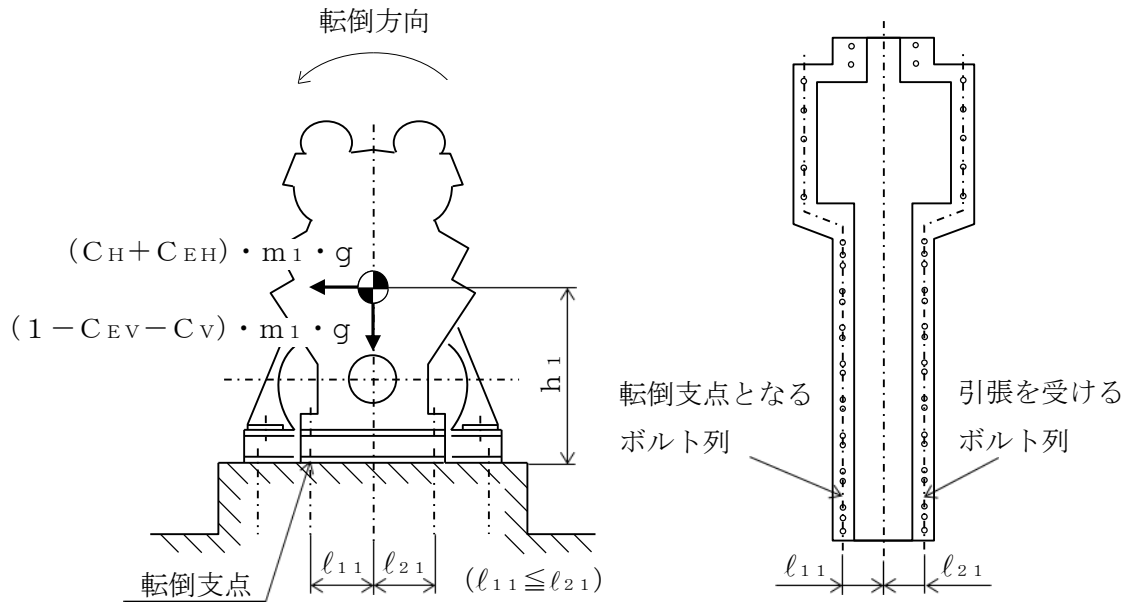


図 5-1 計算モデル（軸直角方向転倒）

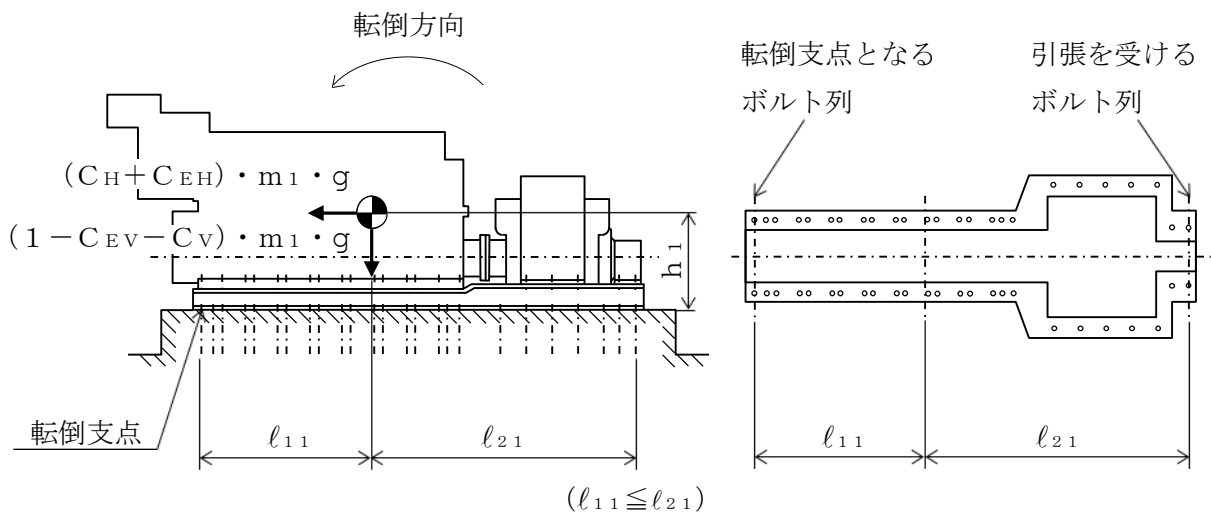


図 5-2 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

なお、計算モデル図 5-1 において、定格運転時の等速回転運動の場合、〇〇〇〇機関の回転によるモーメントと反駆動側である発電機の回転によるモーメントがつり合い、共通の台板上では各々の反力が相殺されるため、基礎ボルトに対して〇〇〇〇機関の回転によるモーメントは作用しない。また、図 5-2 の場合は、軸方向転倒であるため、〇〇〇〇機関回転によるモーメントは作用しない。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 - (1 - C_{EV} - C_V) \cdot m_1 \cdot g \cdot l_{11}}{n_{f1} \cdot (l_{11} + l_{21})} \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

ここで、 C_{EH} 及び C_{EV} は〇〇〇〇機関の往復運動による起振力及び〇〇〇〇機関の回転数を考慮して定める値である。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

ただし、 F_{b1} が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 ○○○○機関取付ボルトの計算方法

○○○○機関取付ボルトの応力は地震による震度，○○○○機関の往復運動による震度及び○○○○機関回転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。

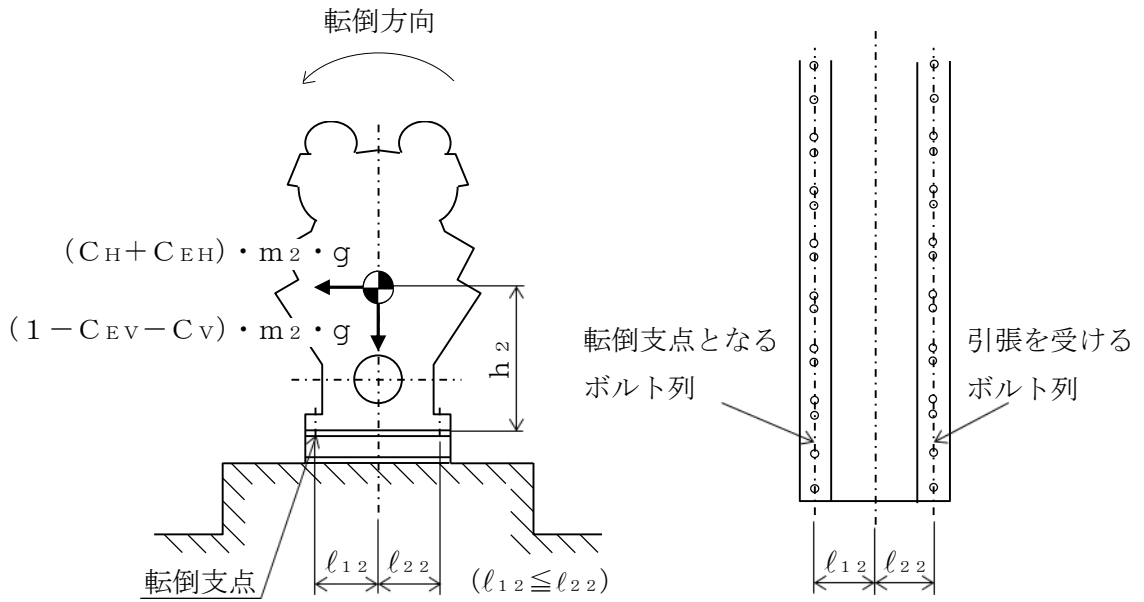


図 5-3 計算モデル（軸直角方向転倒）

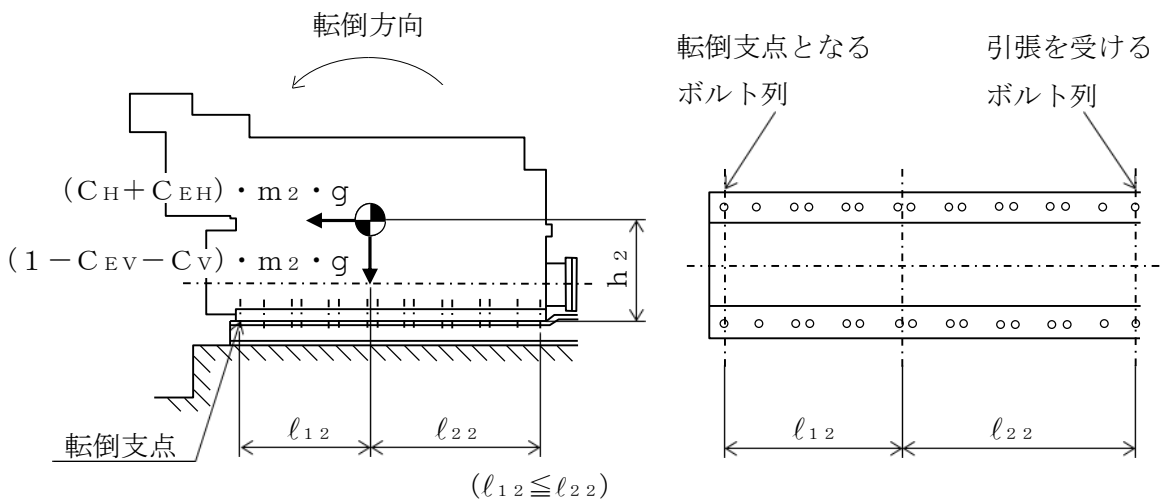


図 5-4 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

〇〇〇〇機関取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-3 及び図 5-4 で〇〇〇〇機関取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の〇〇〇〇機関取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、計算モデル図 5-4 の場合は、〇〇〇〇機関回転によるモーメント*は作用しない。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_2 \cdot g \cdot h_2 + M_{E1} - (1 - C_{EV} - C_V) \cdot m_2 \cdot g \cdot l_{12}}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots \dots \dots (5.4.1.2.1)$$

ここで、 C_{EH} 及び C_{EV} は〇〇〇〇機関の往復運動による起振力及び〇〇〇〇機関の回転数を考慮して定める値である。また、〇〇〇〇機関回転によるモーメント M_{E1} は次式により求める。

注記* : $M_{E1} = \left[\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right] \cdot 10^6 \cdot P$
 (1kW=10⁶N・mm/s)

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots \dots \dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、〇〇〇〇機関取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots \dots \dots (5.4.1.2.3)$$

ただし、 F_{b2} が負のとき〇〇〇〇機関取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

〇〇〇〇機関取付ボルトに対するせん断力は〇〇〇〇機関取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_2 \cdot g \dots \dots \dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots \dots \dots (5.4.1.2.5)$$

5.4.1.3 発電機固定子取付ボルトの計算方法

発電機固定子取付ボルトの応力は地震による震度，〇〇〇〇機関の往復運動による震度及び発電機回転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。

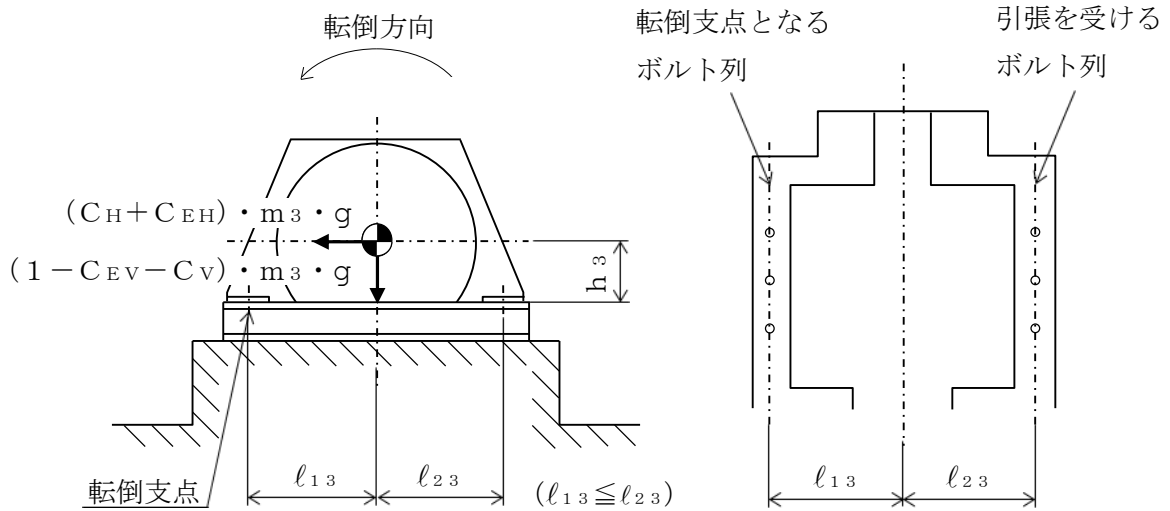


図 5-5 計算モデル（軸直角方向転倒）

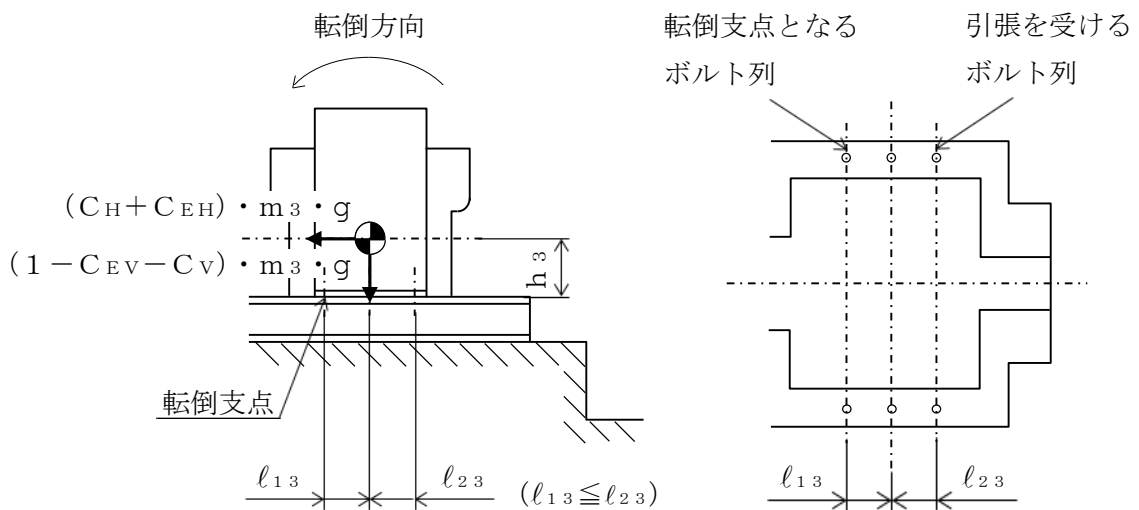


図 5-6 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

発電機固定子取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-5 及び図 5-6 で発電機固定子取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の発電機固定子取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、計算モデル図 5-6 の場合は、発電機回転によるモーメント*は作用しない。

引張力

$$F_{b3} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_3 \cdot g \cdot h_3 + M_{E2} - (1 - C_{EV} - C_V) \cdot m_3 \cdot g \cdot l_{13}}{n_{f3} \cdot (l_{13} + l_{23})} \dots \dots \dots (5.4.1.3.1)$$

ここで、 C_{EH} 及び C_{EV} は〇〇〇〇機関の往復運動による起振力及び〇〇〇〇機関の回転数を考慮して定める値である。また、発電機回転によるモーメント M_{E2} は次式により求める。

注記* : $M_{E2} = M_{E1} = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P$
 (1kW=10⁶N・mm/s)

引張応力

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}} \dots \dots \dots (5.4.1.3.2)$$

ここで、発電機固定子取付ボルトの軸断面積 A_{b3} は次式により求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_3^2 \dots \dots \dots (5.4.1.3.3)$$

ただし、 F_{b3} が負のとき発電機固定子取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

発電機固定子取付ボルトに対するせん断力は発電機固定子取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b3} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_3 \cdot g \dots \dots \dots (5.4.1.3.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b3} = \frac{Q_{b3}}{n_3 \cdot A_{b3}} \dots \dots \dots (5.4.1.3.5)$$

5.4.1.4 発電機軸受台取付ボルトの計算方法

発電機軸受台取付ボルトの応力は地震による震度，〇〇〇〇機関の往復運動による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。

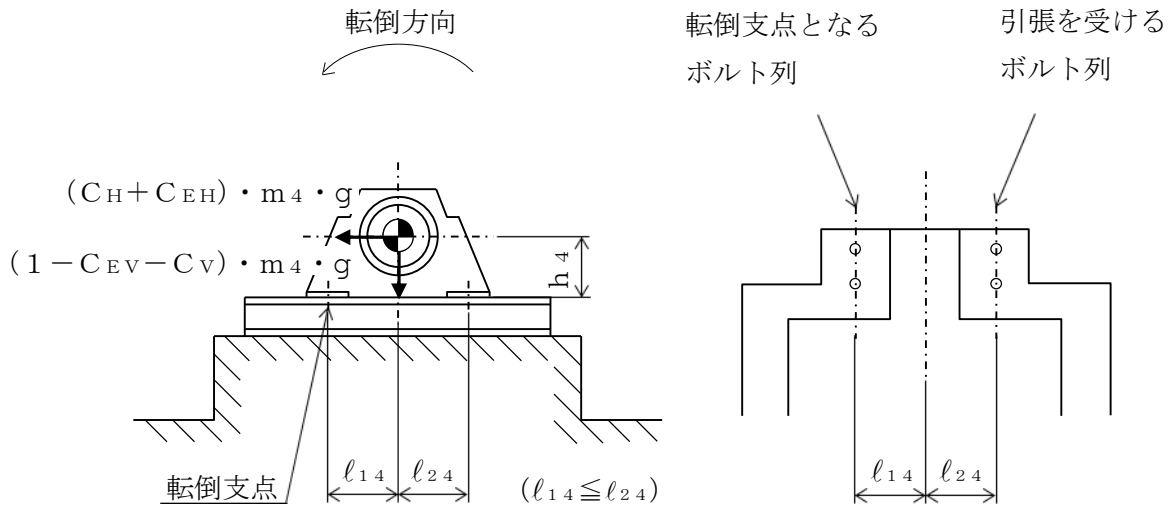


図5-7 計算モデル（軸直角方向転倒）

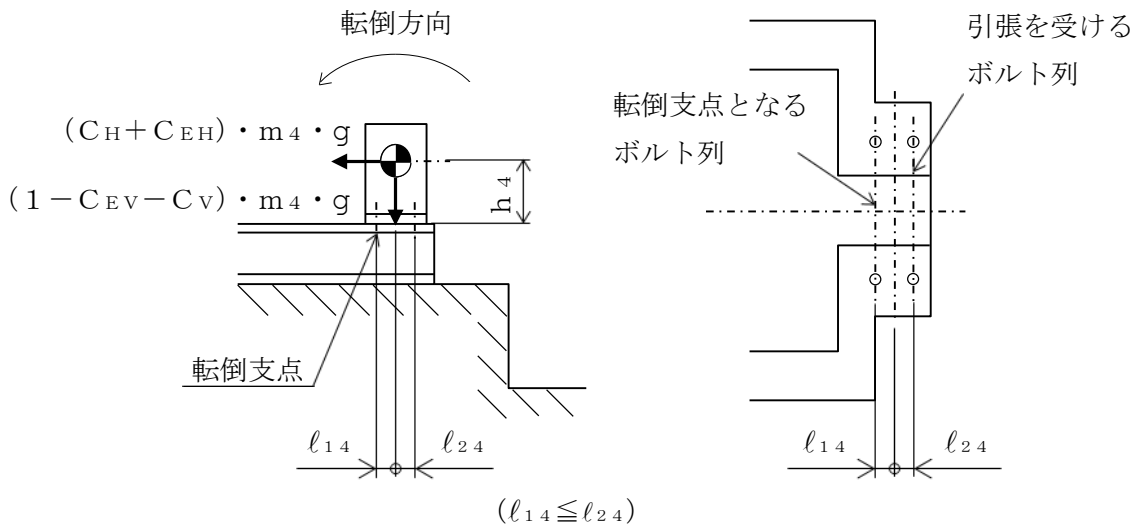


図5-8 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

発電機軸受台取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-7 及び図 5-8 で発電機軸受台取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の発電機軸受台取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b4} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_4 \cdot g \cdot h_4 - (1 - C_{EV} - C_V) \cdot m_4 \cdot g \cdot \ell_{14}}{n_{f4} \cdot (\ell_{14} + \ell_{24})} \dots \dots \dots (5.4.1.4.1)$$

ここで、 C_{EH} 及び C_{EV} は〇〇〇〇機関の往復運動による起振力及び〇〇〇〇機関の回転数を考慮して定める値である。

引張応力

$$\sigma_{b4} = \frac{F_{b4}}{A_{b4}} \dots \dots \dots (5.4.1.4.2)$$

ここで、発電機軸受台取付ボルトの軸断面積 A_{b4} は次式により求める。

$$A_{b4} = \frac{\pi}{4} \cdot d_4^2 \dots \dots \dots (5.4.1.4.3)$$

ただし、 F_{b4} が負のとき発電機軸受台取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

発電機軸受台取付ボルトに対するせん断力は発電機軸受台取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b4} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_4 \cdot g \dots \dots \dots (5.4.1.4.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b4} = \frac{Q_{b4}}{n_4 \cdot A_{b4}} \dots \dots \dots (5.4.1.4.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【○○○○機関及び発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 ○○○○機関取付ボルトの応力計算条件

○○○○機関取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【○○○○機関及び発電機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 発電機固定子取付ボルトの応力計算条件

発電機固定子取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【○○○○機関及び発電機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。

5.5.4 発電機軸受台取付ボルトの応力計算条件

発電機軸受台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【○○○○機関及び発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

〇〇〇〇機関及び発電機の地震後の動的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答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。

〇〇〇〇機関及び発電機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6-1に示す。

表6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
機 関	〇〇〇〇機関	水平	〇.〇
		鉛直	〇.〇
ガバナ		水平	〇.〇
		鉛直	〇.〇
発電機	横形すべり軸受	水平	〇.〇
		鉛直	〇.〇

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇機関及び発電機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。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇機関及び発電機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。

・DB + SAの場合の記載例を示す。

[DB単独又はSA単独の場合は，それぞれの該当する項目のみ記載する。]

設計震度をとっている床レベルを記載する。

【〇〇〇〇機関及び発電機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

固有周期が0.05sを超え柔構造となった場合は、注記符号を付記する。

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		〇〇〇〇機関 往復運動による 水平方向震度	〇〇〇〇機関 往復運動による 鉛直方向震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
〇〇〇〇機関及び発電機	S	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	C _H = *2 又は*3	C _V = *2	C _H = *4 又は*5	C _V = *4	C _{EH} =	C _{EV} =		

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) 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 d) により得られる震度
- *4: 設計用震度 I (基準地震動 S s)
- *5: 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

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「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」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	l_{1i}^{*1} (mm)	l_{2i}^{*1} (mm)	n_i	n_{fi}^{*1}
基礎ボルト ($i=1$)			(M)				
〇〇〇〇機関取付ボルト ($i=2$)			(M)				
発電機固定子取付ボルト ($i=3$)			(M)				
発電機軸受台取付ボルト ($i=4$)			(M)				

ボルト径を記載する。

部材	A_{bi} (mm ²)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_E (N・mm)
						弾性設計用 地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	
基礎ボルト ($i=1$)		*2 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*2 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)					
〇〇〇〇機関取付ボルト ($i=2$)		*3 ($\text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*3 ($\text{径} \leq \text{〇〇mm}$)					
発電機固定子取付ボルト ($i=3$)		*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)					
発電機軸受台取付ボルト ($i=4$)		*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)					

M_E が生じない場合は
“—” とする。

P (kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A_s (mm ²)	A (mm ²)

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

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

厚さ、径等による強度区分がある場合は、
該当する強度区分を記載する。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
〇〇〇〇機関取付ボルト (i=2)				
発電機固定子取付ボルト (i=3)				
発電機軸受台取付ボルト (i=4)				

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$
鉛直方向	$T_V =$

1.4.2 ボルトの応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)		引張	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
〇〇〇〇機関 取付ボルト ($i=2$)		引張	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
発電機固定子 取付ボルト ($i=3$)		引張	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
発電機軸受台 取付ボルト ($i=4$)		引張	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

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。

1.4.3 動的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
機関	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
ガバナ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
発電機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

「機能維持評価用加速度 ≤ 機能確認済加速度」の場合の記載
※: 「機能維持評価用加速度 > 機能確認済加速度」の場合は、
詳細結果を追加する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

注記*: 設計用震度 I (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。

【DB+SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

2. 重大事故等対処設備
2.1 設計条件

設計震度をとっている床レベルを記載する。

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		〇〇〇〇機関 往復運動による 水平方向震度	〇〇〇〇機関 往復運動による 鉛直方向震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
〇〇〇〇機関及び 発電機	常設/防止	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—	—	$C_H =$ *2 又は*3	$C_V =$ *2	$C_{EH} =$	$C_{EV} =$		

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)

*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

固有周期が 0.05s を超え柔構造となった場合は、
注記符号を付記する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトル II (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」

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	ℓ_{1i}^{*1} (mm)	ℓ_{2i}^{*1} (mm)	n_i	n_{fi}^{*1}
基礎ボルト ($i=1$)			(M)				
〇〇〇〇機関取付ボルト ($i=2$)			(M)				
発電機固定子取付ボルト ($i=3$)			(M)				
発電機軸受台取付ボルト ($i=4$)			(M)				

ボルト径を記載する。

部材	A_{bi} (mm ²)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_E (N・mm)
						弾性設計用 地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	
基礎ボルト ($i=1$)		*2 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*2 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	—		—		
〇〇〇〇機関取付ボルト ($i=2$)		*3 ($\text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*3 ($\text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	—		—		
発電機固定子取付ボルト ($i=3$)		*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	—		—		
発電機軸受台取付ボルト ($i=4$)		*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	*3 ($\text{〇〇mm} < \text{径} \leq \text{〇〇mm}$)	—		—		

M_E が生じない場合は
“—” とする。

P (kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A_s (mm ²)	A (mm ²)

厚さ, 径等による強度区分がある場合は,
該当する強度区分を記載する。

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

*2: 周囲環境温度で算出

*3: 最高使用温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)	—		—	

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
○○○機関取付ボルト (i=2)	—		—	
発電機固定子取付ボルト (i=3)	—		—	
発電機軸受台取付ボルト (i=4)	—		—	

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 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
〇〇〇〇機関 取付ボルト ($i=2$)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$
発電機固定子 取付ボルト ($i=3$)		引張	—	—	$\sigma_{b3} =$	$f_{ts3} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b3} =$	$f_{sb3} =$
発電機軸受台 取付ボルト ($i=4$)		引張	—	—	$\sigma_{b4} =$	$f_{ts4} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b4} =$	$f_{sb4} =$

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。

2.4.3 動的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
機関	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
ガバナ	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇
発電機	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

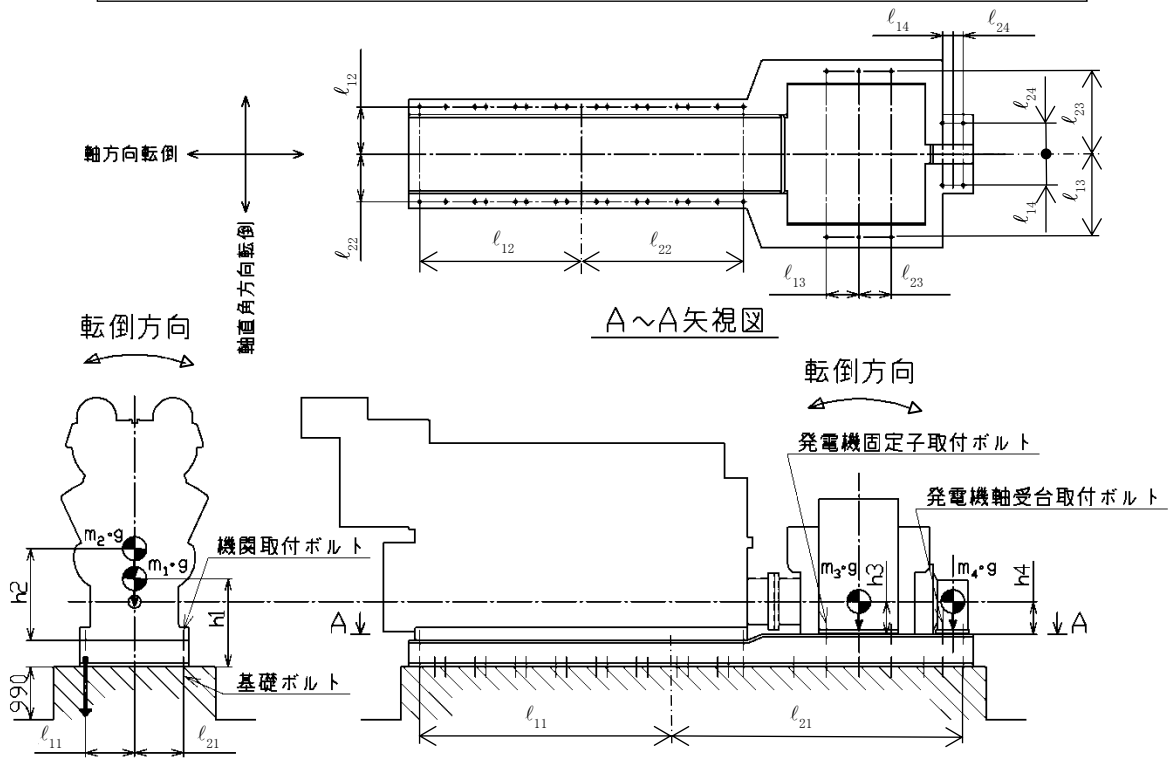
「機能維持評価用加速度 ≤ 機能確認済加速度」の場合の記載
※：「機能維持評価用加速度 > 機能確認済加速度」の場合は、
詳細結果を追加する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度 I (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s)」
「設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度」

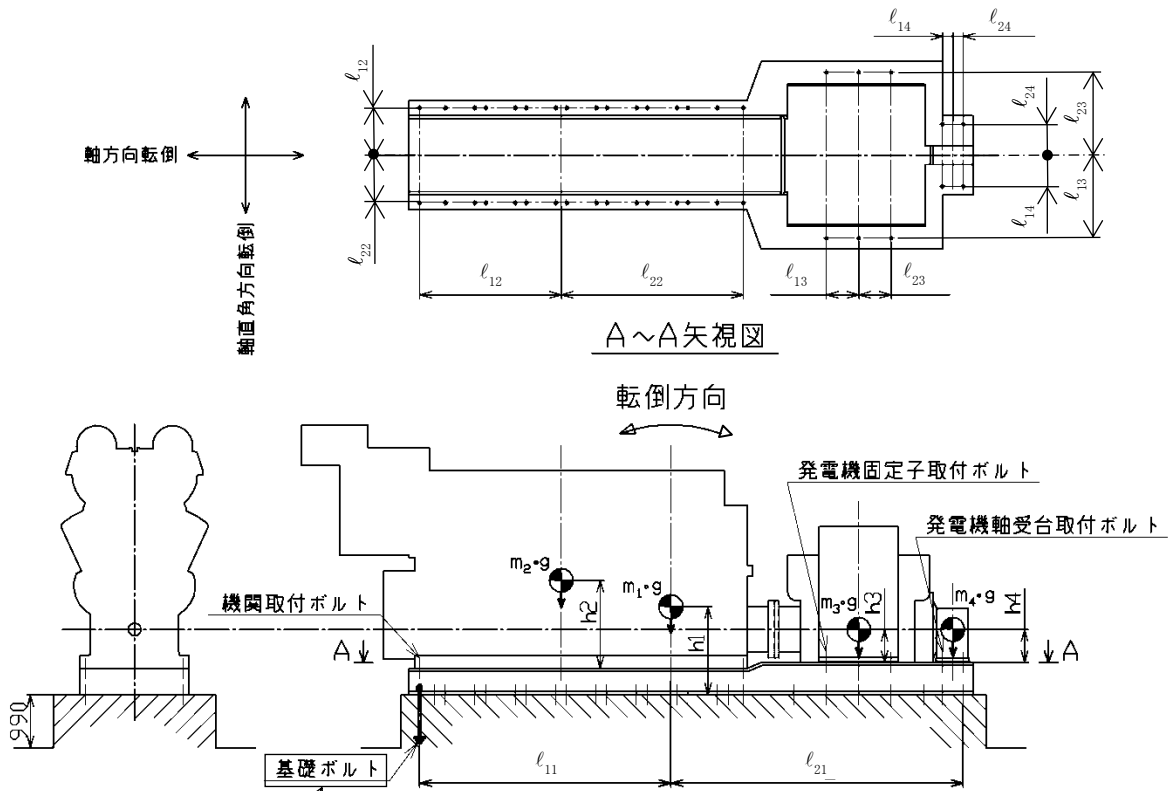
注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度

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。

本図は、原則として「機器要目」の箇所に記載するものとする。
 ただし、配置上入らない場合は本図のように最終ページに記載するものとし、DB+SAの場合は、
 SAの結果表の最終ページに記載するものとする。



【弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合】



【基準地震動Ssの場合】

【後施工アンカの場合】
 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類(メカニカルアンカ
 又はケミカルアンカ)を記載する。
 (例)：基礎ボルト(ケミカルアンカ)

付録-8：個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Dパターンの耐震計算書記載例)

VI-〇-〇-〇 〇〇〇〇水位の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20

↑

・DB+SAの場合

- 7.1 設計基準対象施設としての評価結果
- 7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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。

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、〇〇〇〇水位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。

〇〇〇〇水位は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設についても耐震重要度分類を記載する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

〇〇〇〇水位の構造計画を表 2-1 に示す。

・DB + SAの場合

〇〇〇〇水位は、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。

・DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

2.1 配置概要

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書のみ対象とする。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設に係る設備の設置箇所を説明する。

その場合は、目次にも本項目を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震計算書の目次構成は、

「2.1 配置概要」、「2.2 構造計画」、「2.3 評価方針」、「2.4 適用規格・基準等」、「2.5 記号の説明」、「2.6 計算精度と数値の丸め方」となる。

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>箱形計器スタンションは、基礎ボルトにより床面に設置されたベースに計器スタンション取付ボルトにより固定する。検出器は、計器取付ボルトにより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より箱形計器スタンションに固定される。</p>	<p>〇〇式検出器</p>	<p>(正面図) (側面図)</p>
<p>要目表に記載の機器の場合は、要目表の表現「〇〇形」等に加え、必要に応じて（ ）付で補足説明を記載する。</p>	<p>【後施工アンカの場合】 基礎ボルトが後施工の場合は、アンカの種類（メカニカルアンカ又はケミカルアンカ）を記載する。 (例)：基礎ボルト（ケミカルアンカ）</p>	<p>(単位：mm)</p>

下記内容は案として記載したものであり、本項目については各計算書に合った記載内容及びフロー図にする。

2.2 評価方針

〇〇〇〇水位の応力評価は、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」にて示す〇〇〇〇水位の部位を踏まえ「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、〇〇〇〇水位の機能維持評価は、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。

〇〇〇〇水位の耐震評価フローを図2-1に示す。

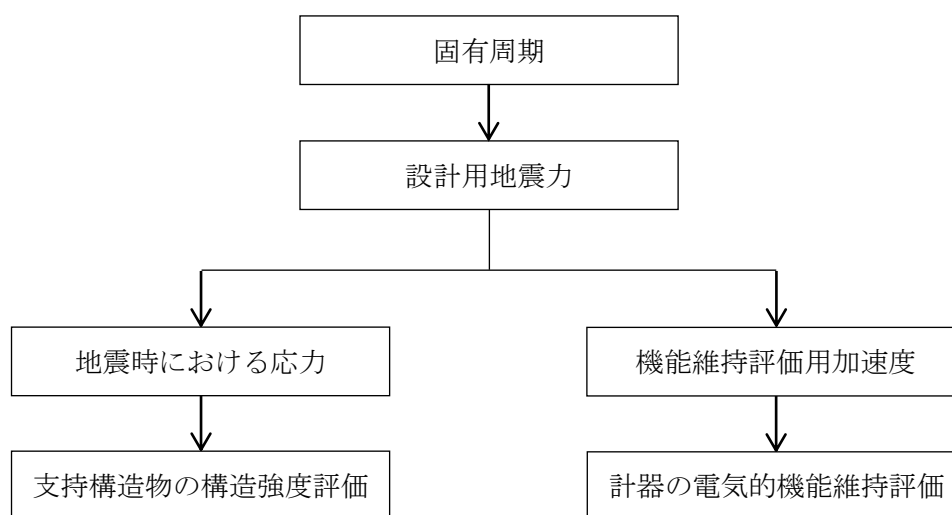


図2-1 〇〇〇〇水位の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	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) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	計器スタクションの質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*¹: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$: 基礎ボルト

$i=2$: 取付ボルト

*²: h_i 及び m_i の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$: 据付面

$i=2$: 取付面

*³: $l_{1i} \leq l_{2i}$

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 ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

類似品の結果を流用する場合の記載例は以下とする。

4.1 固有周期の確認
 〇〇〇〇水位の固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（〇〇試験）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 4-〇に示す。

3. 評価部位

〇〇〇〇水位の耐震評価は、「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取付ボルトについて実施する。

〇〇〇〇水位の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

「構造計画」で示した部位に対し、評価対象を選定している理由を記載する。
 複数の評価対象に対して、代表で評価する場合は、評価対象の母集団及び代表選定の考え方（条件が厳しい、すべて評価のうえ代表として記載するなど）の概要を計算書に記載する。

4. 固有周期

【固有周期を「スイープ試験（加振試験）」にて求める場合の記載を示す。】

4.1 基本方針

〇〇〇〇水位の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

正弦波掃引試験により固有周期を確認する。〇〇〇〇水位の外形図を表 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 4-〇に示す。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 4-〇 固有周期 (単位：s)

水平	〇.〇〇〇
鉛直	〇.〇〇〇

(記載例 1)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

・構造が同等な計器スタンションで確認している場合
 ・加振試験にて 0.05s を超える領域に固有周期がなく、剛構造であることを確認した場合

(記載例 2)

水平	〇.〇〇〇
鉛直	〇.〇〇〇

・加振試験又は打振試験にて固有周期を確認した場合

【固有周期を「打振試験（自由振動試験）」にて求める場合の記載を示す。】

4.1 基本方針

〇〇〇〇水位の固有周期は、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。〇〇〇〇水位の外形図を表 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 4-〇に示す。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。

5. 構造強度評価

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取付ボルト及び基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺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) 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。

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

〇〇〇〇水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

・ DB + SA の場合

〇〇〇〇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 5-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-〇に示す。

・ DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

5.2.2 許容応力

〇〇〇〇水位の許容応力は、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

〇〇〇〇水位の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

・ DB + SA の場合

〇〇〇〇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 5-〇に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-〇に示す。

・ DB 単独又は SA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
〇〇〇〇 系統施設	〇〇装置	〇〇〇〇水位	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／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。

該当する設備分類のみ記載する。

DB + SAの場合，以下を上記SAの前に追加する。

表 5-〇 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
〇〇〇〇 系統施設	〇〇装置	〇〇〇〇水位	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d$ *	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

SA単独の場合を示す。
 ・DB単独の場合は、許容応力（その他の支持構造物）
 ・DB+SAの場合は、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）とする。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

許容応力を記載するすべての表に「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。」の注記を記載する。

DB+SAの場合は、以下をIV_ASの前に追加する。

III _A S	1.5 · f _t	1.5 · f _s
--------------------	----------------------	----------------------

施設時の J I S 材料記号と設計・建設規格における J I S 材料記号が異なる場合には、注記符号を付記し、注記に設計・建設規格における J I S 材料記号を記載する。

(例) 基礎ボルト SS41*
注記* : SS400 相当

S A 単独の場合を示す。

- D B + S A の場合は、本表の前に D B の条件である「表 5-〇 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)」を追加する。
- D B 単独又は S A 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	〇〇	周囲環境温度				—
	(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)					
取付ボルト	〇〇	周囲環境温度				—
	(〇〇mm < 径 ≤ 〇〇mm)					

厚さ、径等による強度区分がある場合は、該当する強度区分を記載する。

40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金に該当する場合は記載する。

柔構造な場合、付録-3「立形ポンプ」の耐震計算書記載例を参考に記載する。

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、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（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
〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—	—	$C_H =$ *2	$C_V =$ *2

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 ）

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I（基準地震動 S_s ）」
 「設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度」
 「設計用震度 II（基準地震動 S_s ）」
 「設計用震度 II（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度」

S A 単独の場合を示す。

- ・ DB + S A の場合は、本表の前に DB の条件である
「表 5-〇 設計用地震力（設計基準対象施設）」を追加する。
- ・ DB 単独又は S A 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

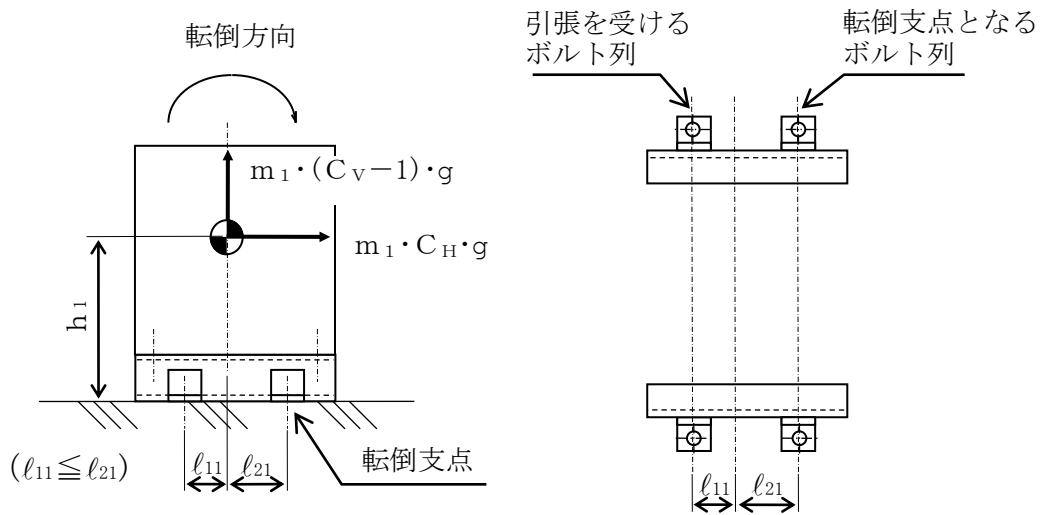


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒）

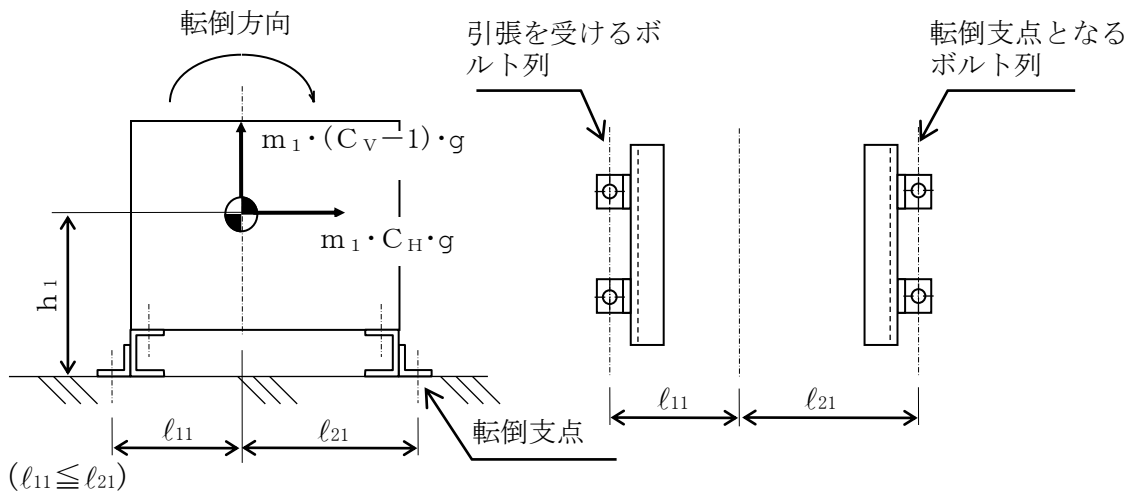


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot (C_V - 1) \cdot l_{21} \cdot g}{n_{f1} \cdot (l_{11} + l_{21})} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

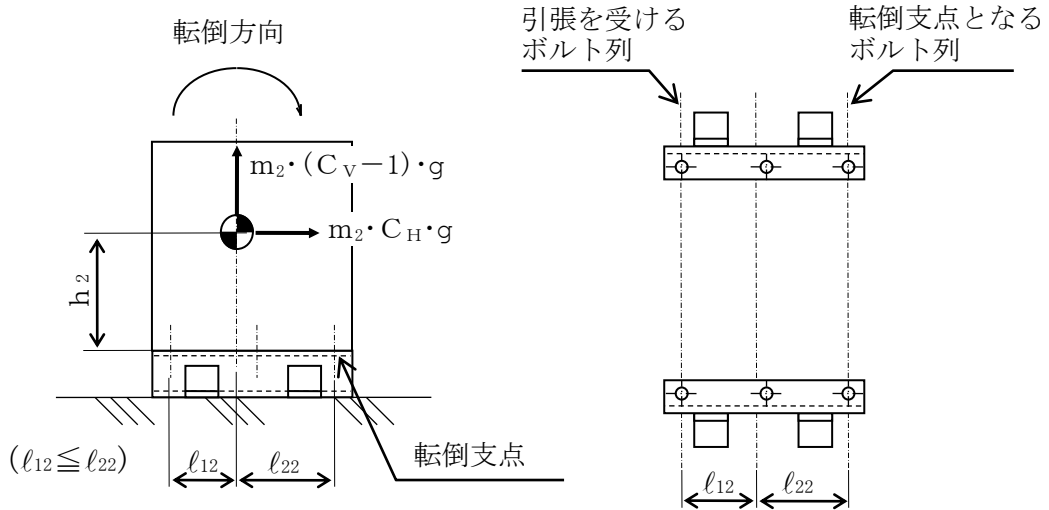


図5-3 計算モデル（短辺方向転倒）

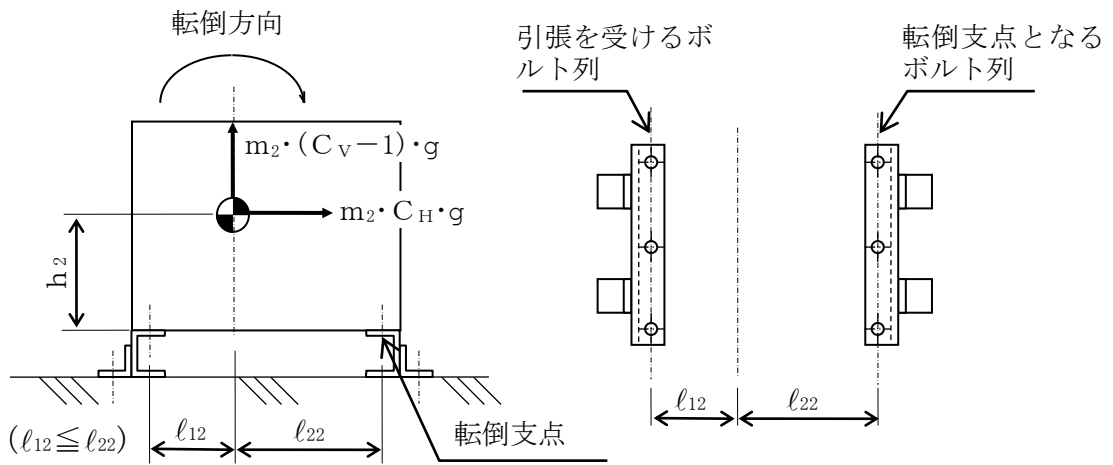


図5-4 計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4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

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot (C_V - 1) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付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

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【○○○○水位の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【○○○○水位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項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

SA単独の場合の記載例を示す。

DB+SA又はDB単独の場合は以下とする。

	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_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

〇〇〇〇水位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。

〇〇〇〇水位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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
〇〇〇〇水位 (〇〇〇〇)	水平	〇.〇
	鉛直	〇.〇

(計器番号)

加振試験を根拠として電氣的機能維持評価を示す場合、加振試験の概要が分かるよう記載する。

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

〇〇〇〇水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

・DB+SAの場合

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇〇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

〇〇〇〇〇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。

・DB単独又はSA単独の場合は，それぞれの該当する項目のみ記載する。

【DB+SAの場合】

本ページの前に「1. 設計基準対象施設」の計算結果表を追加する。
その場合、本表は「2. 重大事故等対処設備」となる。

【DB単独又はSA単独の場合】

それぞれの該当する項目のみ記載する。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
「設計用震度Ⅰ（基準地震動S_s）」
「設計用震度Ⅰ（基準地震動S_s）を上回る設計震度」
「設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）」
「設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）を上回る設計震度」

【〇〇〇〇水位（〇〇〇〇）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

計器番号を記載する。

設計震度をとっている床レベルを記載する。

固有周期が、0.05sを超え柔構造となった場合は、注記符号を付記する。

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
〇〇〇〇水位 (〇〇〇〇)	常設耐震/防止 常設/緩和	〇〇建物 EL *1	〇.〇〇〇	〇.〇〇〇	—	—	C _H = *2 又は*3	C _V = *2	

計器番号

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）

*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

適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
「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」
「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」
「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」
「設計用床応答スペクトルⅡ（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」。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)			(M)			(径≤〇〇mm)	(径≤〇〇mm)
取付ボルト (i=2)			(M)			(径≤〇〇mm)	(径≤〇〇mm)

厚さ、径等による強度区分がある場合は、
該当する強度区分を記載する。

ボルト径を記載する。

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				—		—	
取付ボルト (i=2)				—		—	

注記*：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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—	$\sigma_{b1} =$	$f_{ts1} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} =$	$f_{sb1} =$
取付ボルト (i=2)		引張	—	—	$\sigma_{b2} =$	$f_{ts2} = *$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} =$	$f_{sb2} =$

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

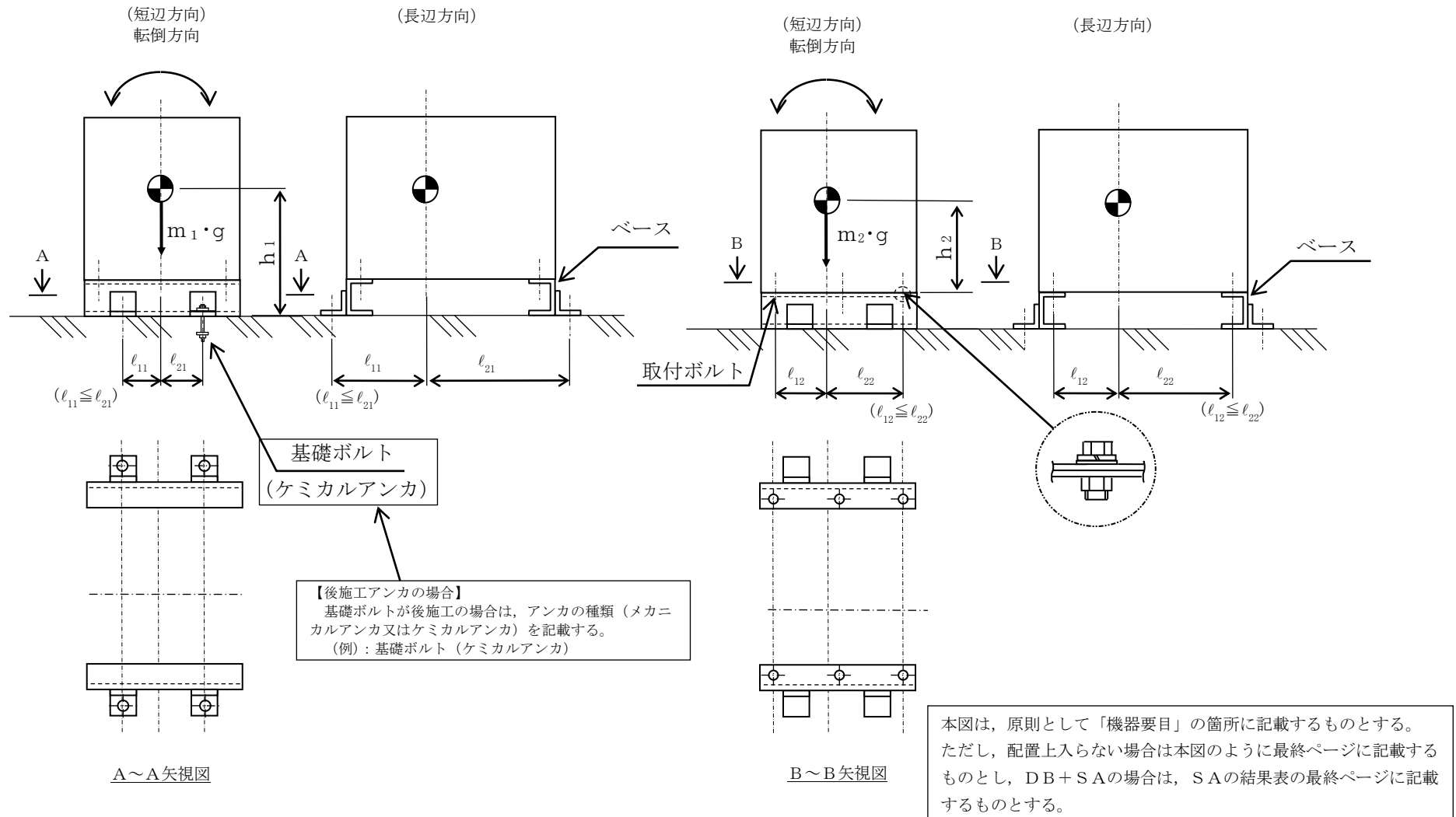
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
〇〇〇〇水位	水平方向	〇.〇〇	〇.〇
	鉛直方向	〇.〇〇	〇.〇

注記* : 設計用震度 I (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。

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度」
 「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」



付録-9：機能維持評価のみを確認する設備の耐震計算書
(E パターンの耐震計算書記載例)

VI-〇-〇-〇 〇〇〇〇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

↑

・DB + SAの場合の記載例を示す。
〔DB単独又はSA単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

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、〇〇〇〇温度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ものである。

〇〇〇〇温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。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気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

〇〇〇〇温度の構造計画を表 2-1 に示す。

・DB + SA の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又はSA 単独の場合は、それぞれの該当する項目のみ記載する。〕

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、袋ナットにて、〇〇〇〇系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>測温抵抗体</p>	
<p>要目表に記載の機器の場合は、要目表の表現「〇〇形」等に加え、必要に応じて（ ）付で補足説明を記載する。</p>		

2

(単位：mm)

2.2 評価方針

〇〇〇〇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。

〇〇〇〇温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

なお、〇〇〇〇温度は、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。

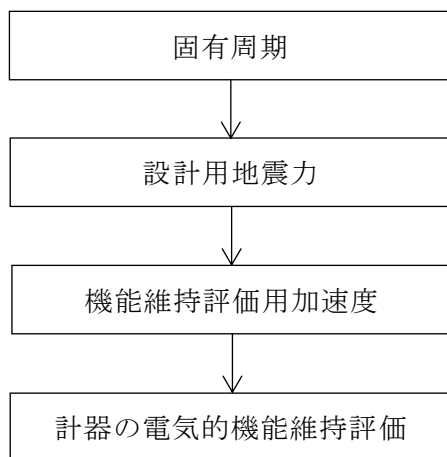


図2-1 〇〇〇〇温度の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

〇〇〇〇温度は、〇〇〇〇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、〇〇〇〇系管が支持している。〇〇〇〇系管の構造強度評価はVI-〇-〇-〇-〇-〇「管の耐震性についての計算書（〇〇〇〇系）」にて実施しているため、本計算書では、〇〇〇〇系管の地震応答解析結果を用いた〇〇〇〇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

〇〇〇〇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

〇〇〇〇温度は〇〇〇〇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 により定まる加速度又は〇〇〇〇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
〇〇〇〇温度	〇〇〇〇系管 EL (EL *)	水平	〇.〇〇
		鉛直	〇.〇〇

注記*：基準床レベルを示す。

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
〇〇〇〇温度	〇〇建物 EL (EL *1)	水平	〇.〇〇
		鉛直	〇.〇〇

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 ）により定まる加速度

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I（基準地震動 S_s ）により定まる加速度」
 「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」
 「設計用震度 II（基準地震動 S_s ）により定まる加速度」
 「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について、どのような値を用いるか記載する。

4.2 機能確認済加速度

〇〇〇〇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 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
〇〇〇〇温度	水平	〇.〇
	鉛直	〇.〇

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

〇〇〇〇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

〇〇〇〇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。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ DB + SA の場合の記載例を示す。
〔DB 単独又は SA 単独の場合は，それぞれの該当する項目のみ記載する。〕 |
|--|

【〇〇〇〇温度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

評価に用いる加速度を記載する。

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
〇〇〇〇温度	水平方向		
	鉛直方向		

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〇〇〇〇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。

機能維持評価用加速度の説明について、注記を記載する。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

【DB + SAの場合】
前項のDB評価に本SAの評価を追加する。
【DB単独又はSA単独の場合】
それぞれの該当する項目のみ記載する。

評価に用いる加速度を記載する。

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
〇〇〇〇温度	水平方向		
	鉛直方向		

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Ssにより定まる加速度又は〇〇〇〇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。

機能維持評価用加速度の説明について、注記を記載する。

付録-10 計算書作成の基本方針（VI-2-1-14の添付資料）を呼び込む設備の
耐震計算書
（Fパターン「管」の耐震計算書記載例）

VI-○-○-○ 管の耐震性についての計算書
（○○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	7
3.1 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力	16
3.5 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	18
4.1 固有周期及び設計震度	18
4.2 評価結果	25

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、耐震重要度分類を記載する。

1. 概要

当該系統の系統名称を記載する。

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、〇〇系の管、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

当該系統の解析モデル数を記載する。

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、全〇モデルのうち、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






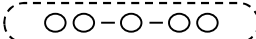

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

波及的影響を及ぼすおそれのある施設については、基準地震動 S_s による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旨を記載する。

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



示

○○○○○○○○○○系統略図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

S2 補 VI-〇-〇-〇 R0


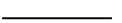
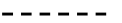


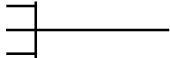
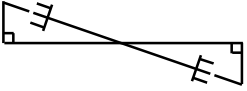
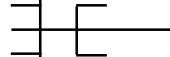
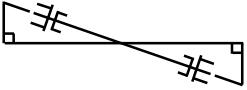

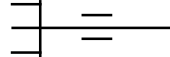
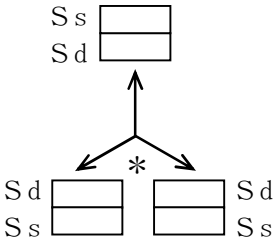
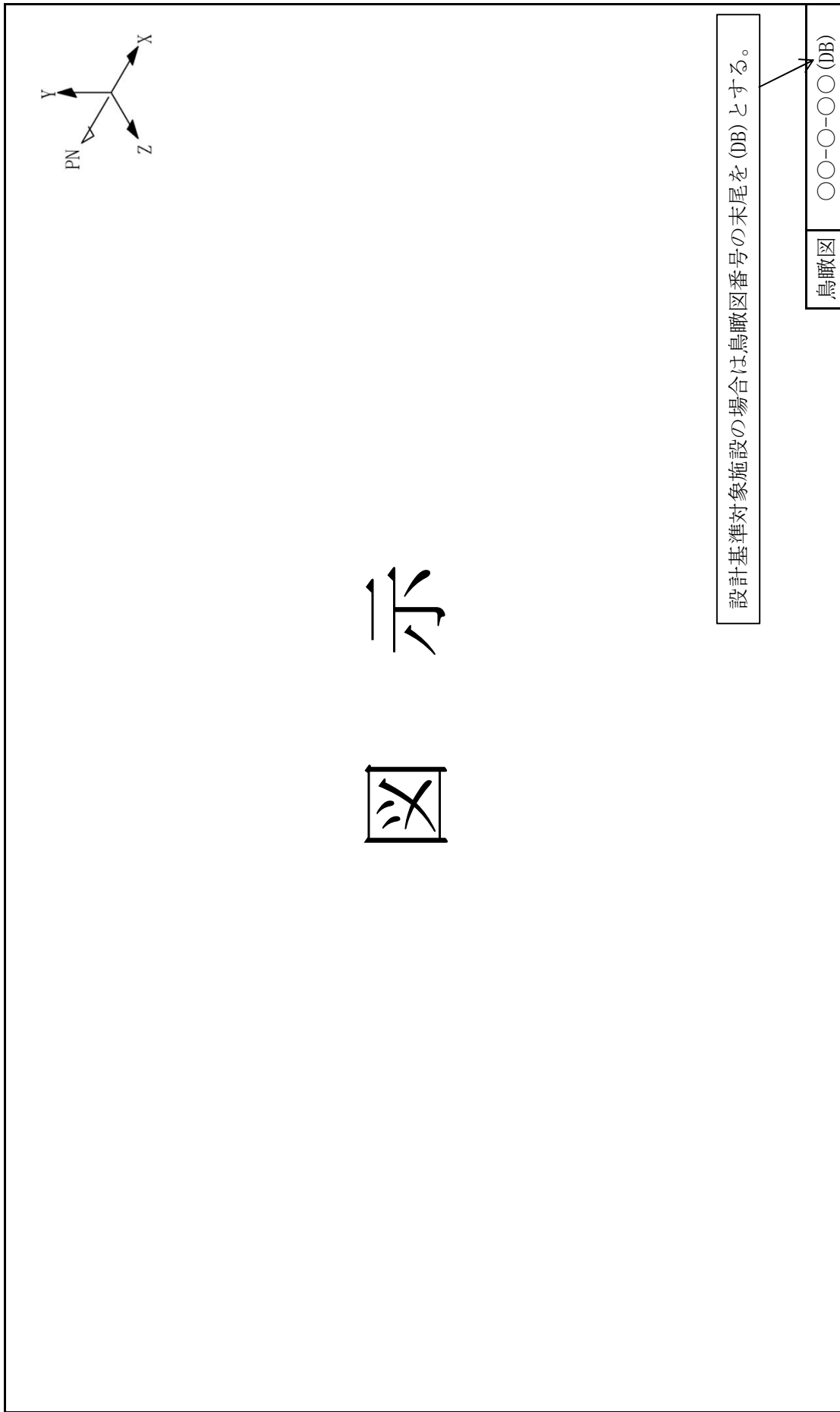
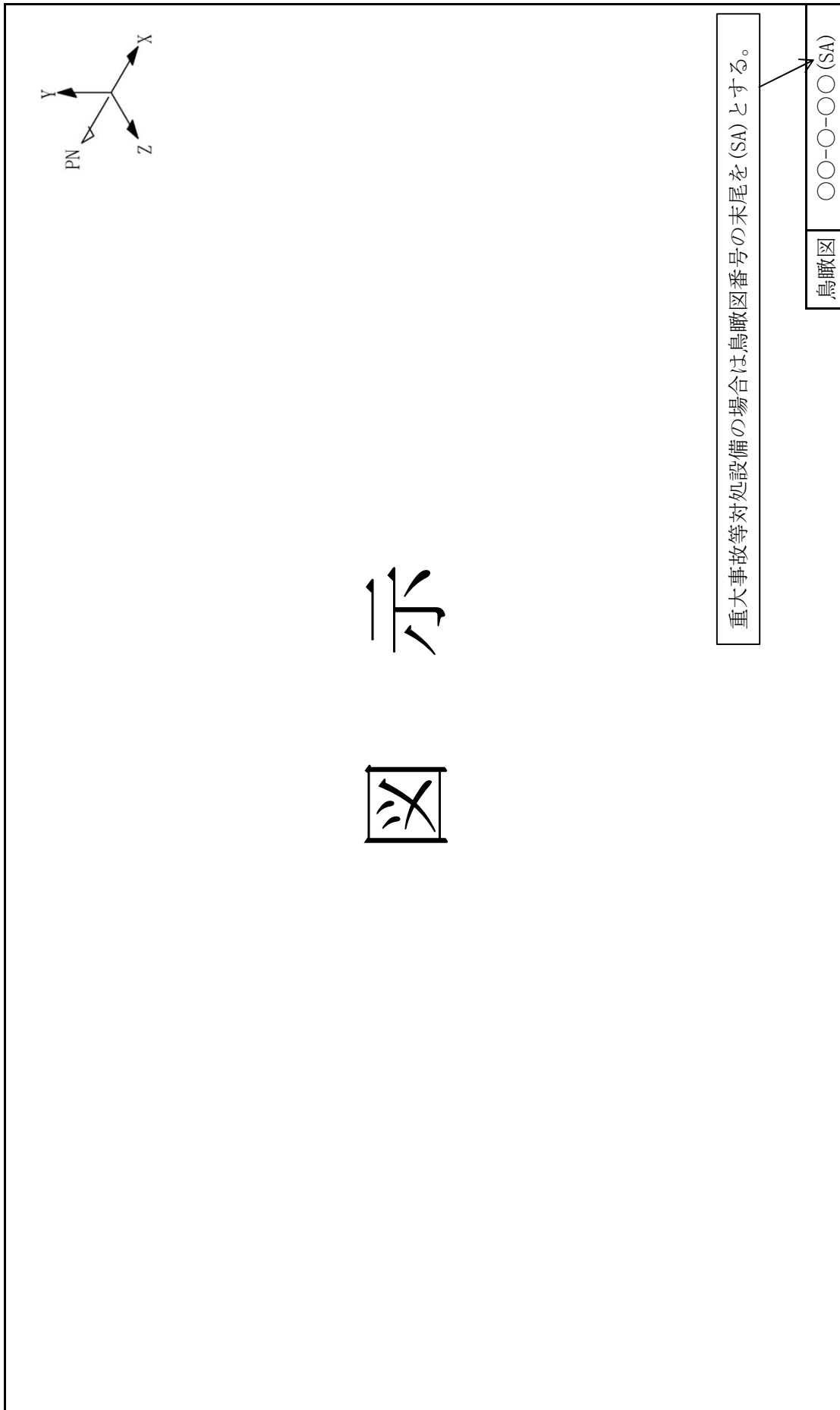
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	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, 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。

図 示



複数建物・構築物に跨る解析モデルについては、建物・構築物の境界を記載する。

図 示



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。

設計基準対象施設の場合は「一」を記載する。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5

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／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／防止(D B拡張)」は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*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 A Sは許容応力状態IV A Sの許容限界を使用し，許容応力状態IV A Sとして評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

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)
		Ⅲ _A S		
		Ⅳ _A S		
		Ⅴ _A S		
		Ⅲ _A S		
		Ⅳ _A S		
		Ⅴ _A S		
		Ⅲ _A S		
		Ⅳ _A S		
		Ⅴ _A S		

対象がない場合は「—」を記載する。

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 ○○-○-○○

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)

配管の付加質量

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	
<input type="text"/>	
<input type="text"/>	

配管の付加質量は、保温等の配管に付加される質量を示す。

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

質量	対応する評価点

弁部の質量

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点

弁部の質量は、弁本体、弁内流体及び保温材等の質量を含む。

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

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

注：** 印は斜め拘束を示す。また，下段は方向余弦を示す。

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

評価に使用しない許容応力については「—」を記載する。

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 _d	S _s

配管系が配置されているレベルを包絡する設計用床応答スペクトルを用いる場合は、用いるすべての標高を記載する。

1次固有周期が0.050s未満の場合は「—」を記載する。

疲労評価を実施しない場合は「—」を記載する。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

本表はSクラスの場合を示す。

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

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							
8次							
n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

*2について、適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」

*3について、適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)」
 「設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d)」
 「設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計震度」

適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

固有周期及び設計震度

本表は S s 機能維持評価の場合を示す。

鳥 瞰 図 ○○-○-○○

適用する地震動等		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
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
n次				
動的震度*3, 4				

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 (基準地震動 S s) により得られる震度 ←

*3：設計用震度 I (基準地震動 S s) ←

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

*2について、適用する設計用床応答スペクトルに応じて以下のいずれかを記載する。
 「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」
 「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」
 「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」
 「設計用床応答スペクトル II (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」
 *3について、適用する設計用震度に応じて以下のいずれかを記載する。
 「設計用震度 I (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s)」
 「設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度」

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 ○○-○-○○


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

刺激係数の算出方法を記載する。

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。



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。

代表的振動モード図 (1次)

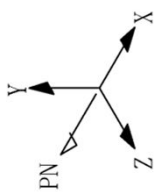


図 示

鳥瞰図

〇〇-O-O〇〇

代表的振動モード図 (2次)

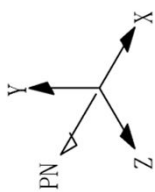


図 示

鳥瞰図

〇〇-O-O

代表的振動モード図 (3次)

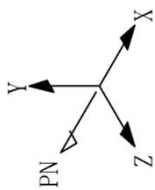


図 示

鳥瞰図

〇〇-O-O〇〇

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1 管

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	配管要素 名称	応力評価		疲労評価
					計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
ⅢAS	一次 応力	膜+曲げ Sprm(2.25・Sm)					—
		ねじり St(0.55・Sm)					—
	ねじり+曲げ St+Sb(1.8・Sm)					—	
	一次+二次応力 Sn(3・Sm)						
	疲労累積係数 U+USd				—		
ⅣAS	一次 応力	膜+曲げ Sprm(3・Sm)					—
		ねじり St(0.73・Sm)					—
	ねじり+曲げ St+Sb(2.4・Sm)					—	
	一次+二次応力 Sn(3・Sm)						
	疲労累積係数 U+USs				—		

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

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	配管要素 名称	応力評価		疲労評価
					計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
IVAS	一次 応力	膜+曲げ Sprm (3・Sm)					—
		ねじり St (0.73・Sm)					—
	ねじり+曲げ St+Stb (2.4・Sm)					—	
	一次+二次応力 Sn (3・Sm)						
	疲労累積係数 U+USs				—		
VAS	一次 応力	膜+曲げ Sprm (3・Sm)					—
		ねじり St (0.73・Sm)					—
	ねじり+曲げ St+Stb (2.4・Sm)					—	
	一次+二次応力 Sn (3・Sm)						
	疲労累積係数 U+USs				—		

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

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)	
Ⅲ _A S	一次応力 $S_{pr m}(S_y^*)$					—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$					
Ⅳ _A S	一次応力 $S_{pr m}(0.9 \cdot S_u)$					—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$					

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 ← 同一計算書にて原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の重大事故等クラス2管の結果を示す場合は、原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲の結果であることを記載する。

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)	
IVAS	一次応力 Sprm(0.9・Su)					—
	一次+二次応力 Sn(2・Sy)					
VAS	一次応力 Sprm(0.9・Su)					—
	一次+二次応力 Sn(2・Sy)					

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)
	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		一次評価*1	二次評価*2
	オイルスナッパ					
	ロッドストレイント					
	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「一」と記載する。

評価対象がない場合はすべての欄に「一」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 x	F y	F z	M x	M y	M z				
	レストレイント													
	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。
 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。
 評価用加速度が動作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最小となる部位の評価結果を記載する。

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

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。
 α (Ss)：基準地震動Ss，弾性設計用地震動Sd時に動的機能が要求されるもの
 β (Ss)：基準地震動Ss，弾性設計用地震動Sd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「一」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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表

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1 管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS															
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価							
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表			

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS																
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価								
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表				

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS															
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価							
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表			

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Ⅲ△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			

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 _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			

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。

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _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			

重大事故等クラス2管 ← 同一計算書にて原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の重大事故等クラス2管の結果を示す場合は、原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲の結果であることを記載する。

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 ← 同一計算書にて原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の重大事故等クラス2管の結果を示す場合は、原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲の結果であることを記載する。

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			

補足-027-10-2 耐震性についての計算書における
評価温度の考え方について

目 次

1. 概要	1
2. 耐震計算書における評価温度	1

1. 概要

本資料は、「VI-2 耐震性に関する説明書」のうち、機器・配管系の耐震性についての計算書（以下「耐震計算書」という。）に適用する評価温度の考え方について説明する。

2. 耐震計算書における評価温度

耐震計算書における評価温度は、「最高使用温度」又は「周囲環境温度」である。耐震計算書における「最高使用温度」又は「周囲環境温度」の定義を以下に示す。

- ・最高使用温度とは、発電用原子力設備規格 設計・建設規格に基づき、「対象とする機器等が主たる機能を果たすべき運転状態において生ずる最高温度以上の温度であって、設計上定めるもの」である。
- ・周囲環境温度とは、耐震計算書において評価に用いている温度として、「VI-1-1-7 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の環境温度*に基づき定めた値である。詳細は添付資料を参照。

注記*：環境温度とは、「対象とする機器等の主たる機能に期待する状況下における周囲の環境温度」である。このため、同じ設置場所であっても機器により環境温度が異なる場合がある。

耐震計算書における評価温度は、評価部位において内部流体、周囲環境のどちらの影響が支配的かによって、表1に示すように設定している。

表1 評価温度の考え方

評価部位	代表例	評価温度
①内部流体の影響が支配的な部位	機器，配管本体	最高使用温度* ²
②内部流体，周囲環境の両方の影響を受ける部位	取付ボルト，サポート類* ¹	最高使用温度* ² 又は周囲環境温度の高い方* ³
③周囲環境の影響が支配的な部位	基礎ボルト	周囲環境温度* ³

注：ボルト及びサポート類が機器等の局所的な熱源からの影響を受ける場合には、それらの影響を考慮した温度を設定する。

注記*1：内部流体の影響を受けない取付ボルト（原動機取付ボルト等）やサポート（配管に溶接されていないサポート類）については、周囲環境温度を適用する。

*2：最高使用温度が周囲環境温度より低い場合、機器等の運転状態を踏まえて温度を設定する。

*3：周囲環境温度が50℃以下であって、機器等の耐環境性に問題がないものは、評価温度を50℃とする場合もある。

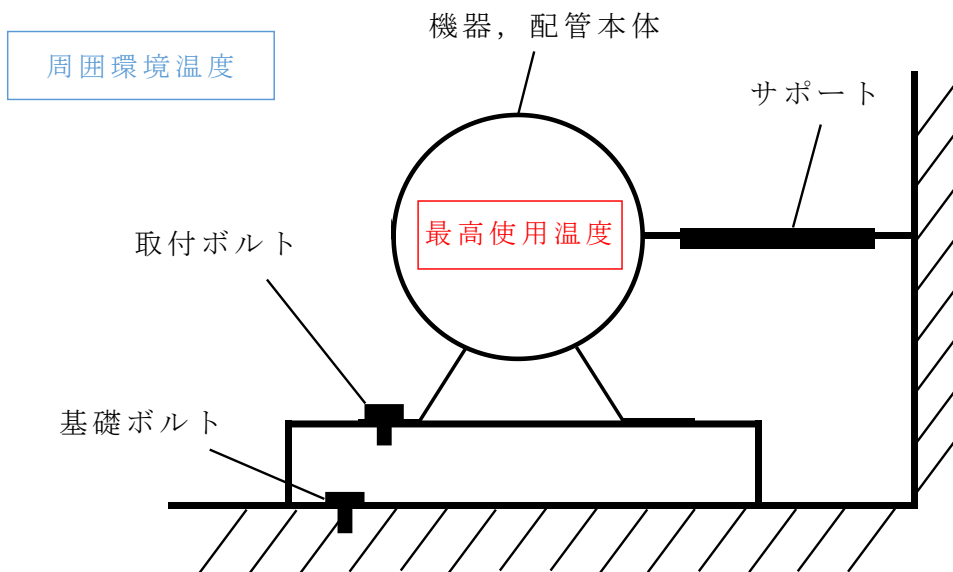


図1 評価部位の代表例と評価温度のイメージ

耐震計算における周囲環境温度について (1/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-3-3-1-2	原子炉圧力容器の耐震性についての計算書	原子炉格納容器			-	-	ドライウェル内温度 *1: 通常運転時温度 (運転状態 I 及び II の荷重と組み合わせる温度) *2: 冷却材喪失事故時温度 (冷却材喪失事故後の荷重と組み合わせる温度)
VI-2-3-3-2-3	制御棒駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	-	-	
VI-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-4-2-3	制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-4-2-4	燃料プール水位・温度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	-	-	100	100	
VI-2-4-2-5	燃料プール水位 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	-	-	100		
VI-2-4-3-1-1	燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	-	-	100	100	
VI-2-4-3-1-2	燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	-	-	100		
VI-2-4-4-1	燃料プール監視カメラ (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	-	-	100		
		その他の建物 (制御室建物, 緊急時対策所)	-	-	40		
VI-2-4-4-2	燃料プール監視カメラ用冷却設備の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40		
VI-2-5-3-1-1	アキュムレータの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200	200	
VI-2-5-4-1-1	残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	140	
VI-2-5-4-1-2	残留熱除去ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66		100		
VI-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66		100		
VI-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66		100		
VI-2-5-5-3-1	高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	-	-	100		
VI-2-5-5-5-1	低圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書	その他の建物 (低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽)	-	-	40		
VI-2-5-6-1-1	原子炉隔離時冷却ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66		100		
VI-2-5-6-1-2	原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-5-7-1-1	原子炉補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	55	40	55	
VI-2-5-7-1-2	原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40		40		
VI-2-5-7-1-3	原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書	屋外 (取水槽)	40		40		
VI-2-5-7-1-4	原子炉補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
VI-2-5-7-1-5	原子炉補機海水ストレナーの耐震性についての計算書	屋外 (取水槽)	40	50	40	50	

耐震計算における周囲環境温度について (2/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-5-7-2-1	高圧炉心スプレー補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	100	
VI-2-5-7-2-2	高圧炉心スプレー補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40		40		
VI-2-5-7-2-3	高圧炉心スプレー補機海水ポンプの耐震性についての計算書	屋外（取水槽）	40		40		
VI-2-5-7-2-4	高圧炉心スプレー補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	66	
VI-2-5-7-2-5	高圧炉心スプレー補機海水ストレーナの耐震性についての計算書	屋外（取水槽）	40	50	40	50	
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	原子炉建物原子炉棟	50	50	50	50	
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	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	50	50	50	50	
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	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-6-5-4	低圧炉心スプレーポンプ出口圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-6-5-9	高圧炉心スプレーポンプ出口流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-6-5-10	低圧炉心スプレーポンプ出口流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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	その他の建物（低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽）	—	—	40	50	
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	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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）	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
VI-2-6-5-17	原子炉圧力（SA）の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
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	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-21	原子炉水位（SA）の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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）	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-23	サブプレッションチェンバの圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-24	サブプレッションプール水温度の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	50	50	—	—	サブプレッションチェンバ内温度（高温待機運転時最高温度）
VI-2-6-5-25	ドライウェル圧力（SA）の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-26	サブプレッションチェンバの圧力（SA）の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-27	ドライウェル温度（SA）の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	200	200	
VI-2-6-5-28	ベDESTAL温度（SA）の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	200	200	
VI-2-6-5-29	ベDESTAL水温度（SA）の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	200	200	

耐震計算における周囲環境温度について (3/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-6-5-30	サブプレッションチェンバ温度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	175	175	サブプレッションチェンバ内温度 (事故シーケンスグループA)
VI-2-6-5-31	サブプレシヨンプール水温度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	175	175	サブプレッションチェンバ内温度 (事故シーケンスグループA)
VI-2-6-5-32	格納容器酸素濃度の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-33	格納容器酸素濃度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-34	格納容器水素濃度の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	50	50	
VI-2-6-5-35	格納容器水素濃度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-36	低圧原子炉代替注水槽水位の耐震性についての計算書	その他の建物 (低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽)	—	—	40	50	
VI-2-6-5-37	格納容器代替スプレイ流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-38	ベデスタル代替注水流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-39	ベデスタル代替注水流量 (狭帯域用) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-40	残留熱代替除去系格納容器スプレイ流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-41	サブプレシヨンプール水位の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	—	—	
VI-2-6-5-42	ドライウェル水位の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	200	200	
VI-2-6-5-43	サブプレシヨンプール水位 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-44	ベデスタル水位の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	—	—	200	200	
VI-2-6-5-45	原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-5-46	ドライウェル圧力の耐震性についての計算書 (その2)	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-47	スクラム排水容器水位の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-48	地震加速度の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-49	主蒸気管トンネル温度の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	60	60	—	—	主蒸気管室温度
VI-2-6-5-50	主蒸気管流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-51	ドライウェル圧力の耐震性についての計算書 (その3)	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-52	ドライウェル圧力の耐震性についての計算書 (その4)	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-53	ドライウェル圧力の耐震性についての計算書 (その5)	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-6-5-54	原子炉圧力の耐震性についての計算書 (その2)	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-6-7-1-2	スクラバ容器水位の耐震性についての計算書	その他の建物 (第1ベントフィルタ格納槽)	—	—	40	60	第1ベントフィルタ格納槽温度
VI-2-6-7-1-3	スクラバ容器圧力の耐震性についての計算書	その他の建物 (第1ベントフィルタ格納槽)	—	—	40	60	第1ベントフィルタ格納槽温度
VI-2-6-7-1-5	残留熱除去系熱交換器冷却水流量の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-6-7-1-6	低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書	その他の建物 (低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-1-7	原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	

耐震計算における周囲環境温度について (4/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-6-7-1-8	高压炉心スプレィポンプ出口圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-6-7-1-9	残留熱代替除去ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	50	50	
VI-2-6-7-1-10	静的触媒式水素処理装置入口温度の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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(SA)及び格納容器酸素濃度(SA))の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
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H2・O2分析計ラック)の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	50	50	
VI-2-6-7-1-14	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H2・O2クーララック)の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	50	50	
VI-2-6-7-1-16	中央制御室差圧計の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-1-17	待避室差圧計の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-2-1	安全設備制御盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-2	原子炉補機制御盤の耐震性についての計算書(その1)	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-3	原子炉補機制御盤の耐震性についての計算書(その2)	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-4	原子炉制御盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-5	所内電気盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-6	安全設備補助制御盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-7	起動領域モニタ盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-8	出力領域モニタ盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-9	プロセス放射線モニタ盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-10	A-RHR・LPCS 継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-11	B・C-RHR 継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-12	HPCS 継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-13	HPCS トリップ設定器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-14	A-格納容器隔離継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-15	B-格納容器隔離継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-16	A-原子炉保護継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-17	B-原子炉保護継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-18	A1 原子炉保護トリップ設定器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-19	A2 原子炉保護トリップ設定器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-20	B1 原子炉保護トリップ設定器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-21	B2 原子炉保護トリップ設定器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-22	窒素ガス制御盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	—	—	
VI-2-6-7-2-23	燃料プール冷却制御盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-2-24	A-原子炉プロセス計測盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-25	B-原子炉プロセス計測盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	

耐震計算における周囲環境温度について (5/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-6-7-2-26	共通盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	40	40	40	
VI-2-6-7-2-27	A-自動減圧継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-28	B-自動減圧継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-29	A-SGT・FCS・MSLC 継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-30	B-SGT・FCS・MSLC 継電器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-31	A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	-	-	
VI-2-6-7-2-32	A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	-	-	
VI-2-6-7-2-33	B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-34	B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-35	AM設備制御盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-2-36	工学的安全施設トリップ設定器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-6-7-2-37	重大事故監視盤の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-2-38	重大事故変換器盤の耐震性についての計算書	その他の建物(廃棄物処理建物)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-2-39	燃料プール熱電対式水位計制御盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	50	
VI-2-6-7-2-40	燃料プール水位計変換器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	50	
VI-2-6-7-2-41	原子炉建物水素濃度変換器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	40	
VI-2-6-7-2-42	A-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	100	100	100	100	
VI-2-6-7-2-43	B-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	100	100	100	100	
VI-2-6-7-2-44	C-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	100	100	100	100	
VI-2-6-7-2-45	D-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	100	100	100	100	
VI-2-6-7-2-46	再循環MG開閉器盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	40	
VI-2-6-7-2-47	中央制御室外原子炉停止制御盤の耐震性についての計算書(その1)	原子炉建物付属棟	40	50	-	-	
VI-2-6-7-2-48	中央制御室外原子炉停止制御盤の耐震性についての計算書(その2)	原子炉建物付属棟	40	50	-	-	
VI-2-6-7-2-49	格納容器水素/酸素計測装置制御盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	40	
VI-2-6-7-3-1-1	衛星電話設備(固定型)(中央制御室)の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	-	-	40	40	
VI-2-6-7-3-1-2	衛星電話設備収納盤(中央制御室)の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	40	
VI-2-6-7-3-1-3	衛星電話設備用アンテナ(中央制御室)の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	50	
VI-2-6-7-3-1-5	緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震性についての計算書	その他の建物(緊急時対策所)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-3-1-6	衛星電話設備用アンテナ(緊急時対策所)の耐震性についての計算書	その他の建物(緊急時対策所)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-3-2-1	無線通信設備(固定型)(中央制御室)の耐震性についての計算書	その他の建物(制御室建物)	-	-	40	40	
VI-2-6-7-3-2-2	無線通信設備収納盤(中央制御室)の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	40	
VI-2-6-7-3-2-3	無線通信設備用アンテナ(中央制御室)の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	-	-	40	40	
VI-2-6-7-3-2-5	緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震性についての計算書	その他の建物(緊急時対策所)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-3-2-6	無線通信設備用アンテナ(緊急時対策所)の耐震性についての計算書	その他の建物(緊急時対策所)	-	-	40	50	
VI-2-6-7-3-3-1	統合原子力防災NW盤の耐震性についての計算書	その他の建物(緊急時対策所)	-	-	40	50	

耐震計算における周囲環境温度について (6/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-6-7-3-3-5	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用屋外アンテナの耐震性についての計算書	屋外 (第1 保管エリア)	—	—	40	40	
VI-2-6-7-3-4-1	S P D S 伝送盤の耐震性についての計算書	その他の建物 (緊急時対策所)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-3-4-2	1・2号S P D S 伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-3-4-3	2号S P D S 伝送用インバータ盤の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	—	—	40	50	
VI-2-6-7-3-4-4	1・2号S P D S 伝送用アンテナ用中継盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	40	50	
VI-2-6-7-3-4-5	発信用アンテナ (1・2号) の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	40	50	
VI-2-6-7-3-4-6	受信用アンテナ (1・2号) の耐震性についての計算書	屋外 (第1 保管エリア)	—	—	40	50	
VI-2-8-2-1	主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	60	60	—	—	主蒸気管室温度 (通常時最高温度)
VI-2-8-2-2	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200	200	
VI-2-8-2-3	格納容器雰囲気放射線モニタ (サブプレッションチェンバ) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	100*1	100*1	120*2	120*2	*1: 原子炉一次系配管, 計装配管破断時 *2: 大破断 LOCA ベント時等
VI-2-8-2-4	燃料取替階放射線モニタの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-8-2-5	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-8-2-6	非常用ガス処理系排気高レンジ放射線モニタの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-8-2-7	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (低レンジ) の耐震性についての計算書	その他の建物 (第1 ベントフィルタ格納槽)	—	—	40	50	
VI-2-8-2-8	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) の耐震性についての計算書	その他の建物 (第1 ベントフィルタ格納槽)	—	—	40	60	第1 ベントフィルタ格納槽温度
VI-2-8-2-9	燃料プールエリア放射線モニタ (低レンジ) (S A) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-8-2-10	燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ) (S A) の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-8-3-1-2	中央制御室送風機の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-8-3-1-3	中央制御室非常用再循環送風機の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-8-3-1-4	中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	40	50	40	50	
VI-2-8-3-3-2	差圧計の耐震性についての計算書	その他の建物 (緊急時対策所)	—	—	40	50	
VI-2-9-2-1	ドライウエルの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	*: ドライウエルのS A 後長々期温度
VI-2-9-2-2	サブプレッションチェンバの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	104*1	104*1	200/70*2	200/70*2	(DB) *1: サプレッションチェンバ最高使用温度 (SA) *2: サプレッションチェンバのS A 後長々期温度
VI-2-9-2-3	サブプレッションチェンバサポートの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	104*1	104*1	200/70*2	200/70*2	(DB) *1: サプレッションチェンバ最高使用温度 (SA) *2: サプレッションチェンバのS A 後長々期温度

耐震計算における周囲環境温度について (7/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-9-2-4	シヤラグの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	* : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-2-5	機器搬入口の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	* : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-2-6	逃がし安全弁搬出ハッチの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	* : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-2-7	制御棒駆動機構搬出ハッチの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	* : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-2-8	サブプレッションチェンバアクセスハッチの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	104* ¹	104* ¹	200/70* ²	200/70* ²	(DB) *1 : サプレッションチェンバ最高使用温度 (SA) *2 : サプレッションチェンバのSA後長々期温度
VI-2-9-2-9	所員用エアロックの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	* : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-2-10	配管貫通部の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171/104* ¹	171/104* ¹	200/70* ²	200/70* ²	(DB) *1 : サプレッションチェンバ最高使用温度 (SA) *2 : ドライウエル及びサブプレッションチェンバのSA後長々期温度
VI-2-9-2-11	電気配線貫通部の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171* ¹	171* ¹	200* ² /70* ³	200* ² /70* ³	(DB) *1 : ドライウエル最高使用温度 (SA) *2 : ドライウエルのSA後長期温度 *3 : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-4-1	真空破壊装置の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171* ¹	171* ¹	200* ² /70* ³	200* ² /70* ³	(DB) *1 : ドライウエル最高使用温度 (SA) *2 : ドライウエルのSA後長期温度 *3 : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-4-2-1	ダウンカマの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171* ¹	171* ¹	200* ² /70* ³	200* ² /70* ³	(DB) *1 : ドライウエル最高使用温度 (SA) *2 : ドライウエルのSA後長期温度 *3 : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-4-2-2	バントヘッドの耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171* ¹ /104* ²	171* ¹ /104* ²	200* ³	200* ³	(DB) *1 : ドライウエル最高使用温度 *2 : サプレッションチェンバ最高使用温度 (SA) *3 : ドライウエル及びサブプレッションチェンバのSA後長期温度
VI-2-9-4-3	バント管の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171	171	200/70*	200/70*	* : ドライウエルのSA後長々期温度
VI-2-9-4-4-1-1	ドライウエルスプレイ管の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	171* ¹	171* ¹	200* ²	200* ²	(DB) *1 : ドライウエル最高使用温度 (SA) *2 : ドライウエルのSA後長期温度
VI-2-9-4-4-1-2	サブプレッションチェンバスプレイ管の耐震性についての計算書	原子炉格納容器	104* ¹	104* ¹	200* ²	200* ²	(DB) *1 : サプレッションチェンバ最高使用温度 (SA) *2 : サプレッションチェンバのSA後長期温度

耐震計算における周囲環境温度について (8/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-9-4-4-4-1	残留熱代替除去ポンプの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	66		
VI-2-9-4-5-1-2	非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-9-4-5-1-3	非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-9-4-5-1-4	ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-9-4-5-2-2	可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	100	100	—	—	
VI-2-9-4-5-3-1	静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	300	
VI-2-9-4-7-1-2	第1ペントフィルタ スクラバ容器の耐震性についての計算書	その他の建物（第1ペントフィルタ格納槽）	—	—	40	60	
VI-2-9-4-7-1-3	第1ペントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性についての計算書	その他の建物（第1ペントフィルタ格納槽）	—	—	40	60	
VI-2-9-4-7-1-4	遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	—	—	100	100	
VI-2-10-1-2-1-1	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び発電機の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-1-2	非常用ディーゼル発電設備励磁装置及び保護継電装置の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-2-1-3	非常用ディーゼル発電設備空気だめの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-1-4	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料ダイタンの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-1-5	非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書	屋外（取水エリア）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-1-6	非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書	その他の建物（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-1-7	非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	屋外（排気筒基礎）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-1-8	非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	その他の建物（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-2-1	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び発電機の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-2-2	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備励磁装置及び保護継電装置の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-2-2-3	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備空気だめの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-2-4	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料ダイタンの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-2-5	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプの耐震性についての計算書	屋外（取水エリア）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-2-2-6	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	屋外（排気筒基礎）	40	50	40	50	

耐震計算における周囲環境温度について (9/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-10-1-2-3-1	ガスタービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40/75*	40/75*	*：ガスタービン発電機エンクロージャ内温度
VI-2-10-1-2-3-2	ガスタービン発電機励磁装置及び保護継電装置の耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-2-3-3	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-2-3-4	ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性についての計算書	屋外（ガスタービン発電機用軽油タンク基礎）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-2-3-5	ガスタービン発電機用サービスタンの耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-2-3-7	緊急用直流 115V 蓄電池の耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-2-3-8	緊急用直流 60V 蓄電池の耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-3-1	計装用無停電交流電源装置の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	—	—	
VI-2-10-1-3-2	230V 系充電器（常用）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-3-3	B1-115V 系充電器（SA）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-3-4	SA 用 115V 系充電器の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-3-5	230V 系蓄電池（RCIC）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-3-6	A-115V 系蓄電池の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-3-7	B-115V 系蓄電池の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-3-8	B1-115V 系蓄電池（SA）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-3-9	SA 用 115V 系蓄電池の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-3-10	高圧炉心スプレイ系蓄電池の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-3-11	原子炉中性子計装用蓄電池の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-1	230V 系充電器（RCIC）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-2	A-115V 系充電器の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-3	B-115V 系充電器の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-4	高圧炉心スプレイ系充電器・直流盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-5	原子炉中性子計装用充電器の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-6	メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-7	ロードセンタの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-8	コントロールセンタの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-9	動力変圧器の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	

耐震計算における周囲環境温度について (10/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-10-1-4-10	緊急用メタクラの耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-11	緊急用メタクラ接続プラグ盤の耐震性についての計算書	その他の建物（ガスタービン発電機建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-12	SA ロードセンタの耐震性についての計算書	その他の建物（低圧原子炉代替注水槽）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-13	SA コントロールセンタの耐震性についての計算書	その他の建物（低圧原子炉代替注水槽）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-14	メタクラ切替盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-15	高圧発電機車接続プラグ収納箱の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-16	SA 電源切替盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-17	充電器電源切替盤の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-18	緊急時対策所 発電機接続プラグ盤の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-19	緊急時対策所 低圧受電盤・低圧母線盤の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-20	緊急時対策所 低圧分電盤 1 の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-4-21	緊急時対策所 低圧分電盤 2 の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-4-22	A-115V 系直流盤の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-23	B-115V 系直流盤の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-24	230V 系直流盤（RCIC）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-25	230V 系直流盤（常用）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-26	B-115V 系直流盤（SA）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	40	40	40	
VI-2-10-1-4-27	緊急時対策所 無停電交流電源装置の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-28	緊急時対策所 無停電分電盤 1 の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-4-29	緊急時対策所 直流 115V 充電器の耐震性についての計算書	その他の建物（緊急時対策所）	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-30	HPAC 直流コントロールセンタの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	40	40	
VI-2-10-1-4-31	原子炉中性子計装用分電盤の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-4-32	SA 対策設備用分電盤（2）の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	—	—	40	50	
VI-2-10-1-4-33	SRV 用電源切替盤の耐震性についての計算書	その他の建物（廃棄物処理建物）	40	50	40	50	
VI-2-10-1-4-34	重大事故操作盤の耐震性についての計算書	その他の建物（制御室建物）	—	—	40	50	
VI-2-10-2-10	床ドレン逆止弁の耐震性についての計算書	その他の建物（タービン建物） 屋外（取水槽）	40	40	—	—	
VI-2-10-2-11	隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書	屋外（取水槽）	40	50	—	—	
VI-2-10-2-12	タービン補機海水系隔離システムの耐震性についての計算書	その他の建物（タービン建物、 廃棄物処理建物）	40	50	—	—	
VI-2-10-2-16	取水槽水位計の耐震性についての計算書	屋外（取水槽）	40	50	—	—	
VI-2-10-2-17	津波監視カメラの耐震性についての計算書	屋外（排気筒、防波壁）	40	50	—	—	

耐震計算における周囲環境温度について (11/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-11-2-7-1	原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
VI-2-11-2-7-2	燃料取替機の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
VI-2-11-2-7-3	チャンネル着脱装置の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-11-2-7-4	チャンネル取扱ブームの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	100	100	
VI-2-11-2-7-5	制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	100	100	
VI-2-11-2-7-6	燃料プール冷却ポンプ室冷却機の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	55	—	—	
VI-2-11-2-7-7	原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	50	50	—	—	
VI-2-11-2-7-8	グランド蒸気排ガスフィルタの耐震性についての計算書	その他の建物 (タービン建物)	40	50	40	50	
VI-2-11-2-7-9	格納容器空気置換排風機の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	66	—	—	
VI-2-11-2-7-10	中央制御室天井照明の耐震性についての計算書	その他の建物 (制御室建物)	40	40	40	40	
VI-2-11-2-7-11	タービン補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	その他の建物 (タービン建物)	40	50	40	50	
VI-2-11-2-7-12	高光度航空障害灯管制器の耐震性についての計算書	屋外 (排気筒)	40	50	40	50	
VI-2-11-2-7-14	取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書	屋外 (取水槽)	40	40	40	40	
VI-2-11-2-7-15	除じん機の耐震性についての計算書	屋外 (取水槽)	40	40	40	40	
VI-2-11-2-7-16	タービン補機海水ストレーナの耐震性についての計算書	屋外 (取水槽)	40	40	—	—	
VI-2-11-2-7-17	廃棄物処理建物排気処理装置の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	—	—	40	50	
VI-2-11-2-7-18	循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての計算書	屋外 (取水槽)	40	40	40	40	
VI-2-11-2-10	耐火障壁の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	40	40	100	100	
		その他の建物 (廃棄物処理建物, タービン建物, 制御室建物)	40	40	40	40	
VI-2-別添 1-2-1	火災感知器の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟, 付属棟 その他の建物 (ガスタービン 発電機建物, 第1ベントフィルタ 格納槽, B-ディーゼル燃料貯蔵 タンク格納槽)	40	40	—	—	
VI-2-別添 1-2-2	火災受信機盤の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物, 制御室建物)	40	40	—	—	
VI-2-別添 1-3-1	ボンバラックの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟 その他の建物 (タービン建物, ガスタービン発電機建物)	40	40	—	—	
VI-2-別添 1-3-3	制御盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟 その他の建物 (タービン建物, 低 圧原子炉代替注水ポンプ格納槽)	40	40	—	—	
VI-2-別添 2-2	溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟, 付属棟 屋外 (復水貯蔵タンクエリア)	40	40	—	—	
VI-2-別添 2-7	被水防護カバーの耐震性についての計算書	原子炉建物原子炉棟	66	120	—	—	

耐震計算における周囲環境温度について (12/12)

図書番号	図書名称	設置場所	DB		SA		備考
			環境温度	周囲環境温度	環境温度	周囲環境温度	
VI-2-別添 3-3	可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書	屋外 (第1～第4保管エリア)	—	—	40	40	
VI-2-別添 3-4-1	逃がし安全弁用窒素ガスボンベラックの耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	—	—	40	40	
VI-2-別添 3-4-2	中央制御室待避室正圧化装置 空気ボンベラックの耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物)	—	—	40	40	
VI-2-別添 3-4-3	緊急時対策所換気空調系空気ボンベ加圧設備 空気ボンベカードルの耐震性についての計算書	屋外 (第1保管エリア, 第4保管エリア)	—	—	40	40	
VI-2-別添 3-5	可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震性についての計算書	屋外 (第1保管エリア, 第4保管エリア)	—	—	40	40	
VI-2-別添 3-6	可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震性についての計算書	その他の建物 (廃棄物処理建物) 屋外 (第1保管エリア, 第4保管エリア)	—	—	40	40	
VI-2-別添 4-3-1	揚水ポンプの耐震性についての計算書	屋外 (地下水位低下設備揚水井戸)	40	40	—	—	
VI-2-別添 4-3-3	地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書	屋外 (地下水位低下設備揚水井戸)	40	40	—	—	
VI-2-別添 4-3-4	地下水位低下設備制御盤の耐震性についての計算書	原子炉建物付属棟	40	40	—	—	
VI-2-別添 5-2	代替淡水源を監視するための設備の耐震性についての計算書	その他の建物 (ガスタービン発電機建物)	—	—	40	50	

補足-027-10-3 Bijlaard の方法の適用文献について

目 次

1. 概要	1
2. Bijlaard 引用文献の発行年版による応力係数表の違い	2
3. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備	3
4. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対する影響確認	3
5. 結論	6

1. 概要

島根原子力発電所第2号機の補正工認図書について、容器胴の脚取付部及び原子炉格納容器に接続する設備の評価には、J E A G 4 6 0 1-1987に基づき Bijlaard の方法を適用している。

J E A G 4 6 0 1-1987では、表1に示す「Wichman, K.R. et al.:Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 107/ August 1965.」(以下「Bijlaard 引用文献」という。)の1979年版を適用することが記載されている。しかし、Bijlaard 引用文献の1979年版の応力係数表(Table-8)には「 β_1/β_2 」*と記載があり、他の発行年版の応力係数表に記載された「 β_2/β_1 」と異なる。

これを踏まえ、本資料では、Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対し、応力係数表の「 β_1/β_2 」と「 β_2/β_1 」の違いによる評価への影響を確認する。

注記* : アタッチメントパラメータ β は、以下のとおり定義される。

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

(記号の説明)

C_1 : 脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の周方向)

C_2 : 脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)

r_m : 脚付け根部における胴の平均半径

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-4-3-1-1 「燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-3-1-1 「アキュムレータの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-4-1-1 「残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-7-1-1 「原子炉補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-7-2-1 「高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-9-2-5 「機器搬入口の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-9-2-6 「逃がし安全弁搬出ハッチの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-9-2-7 「制御棒駆動機構搬出ハッチの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-9-2-9 「所員用エアロックの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-9-2-10 「配管貫通部の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-10-1-2-1-4 「非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-10-1-2-1-7 「非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-10-1-2-1-8 「非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書」

- ・ VI-2-10-1-2-2-4 「高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-10-1-2-2-6 「高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-10-1-2-3-5 「ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-11-2-7-7 「原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・ VI-3-3-7-1-5 「機器搬入口の強度計算書」
- ・ VI-3-3-7-1-7 「逃がし安全弁搬出ハッチの強度計算書」
- ・ VI-3-3-7-1-9 「制御棒駆動機構搬出ハッチの強度計算書」
- ・ VI-3-3-7-1-13 「所員用エアロックの強度計算書」
- ・ VI-3-3-7-1-15 「配管貫通部の強度計算書」

2. Bijlaard 引用文献の発行年版による応力係数表の違い

Bijlaard の方法は、胴及び脚付け根部の形状からシェルパラメータ γ 、アタッチメントパラメータ β を決定し、Bijlaard 引用文献に記載された図表から応力や応力係数を読み取ることにより、胴の脚付け根部に発生する応力を算出する方法である。

ここで、J E A G 4 6 0 1-1987 では、Bijlaard 引用文献の発行年版により応力係数の「 β_1/β_2 」の記載に違いがある。Bijlaard 引用文献の発行年版における応力係数表 (Table-8) の記載を表 1 に示す。

表 1 Bijlaard 引用文献の発行年版と応力係数表 (Table-8) の記載

引用文献名	発行年版	応力係数表 (Table-8) の記載	備考
Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loading, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 107/ August 1965.	1965 年版	β_2/β_1	
	1979 年版	β_1/β_2	J E A G 4 6 0 1-1987 にて引用
	2002 年版	β_2/β_1	J E A C 4 6 0 1-2015 にて引用
Wichman, K.R. et al.: Precision Equations and Enhanced Diagrams for Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells Due to External Loadings for Implementation of WRC Bulletin 107, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 537/ 2010	2010 年版	β_2/β_1	

3. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備

Bijlaard の方法を用いて評価する設備には、逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ等の容器類や原子炉格納容器に接続する設備が含まれる。これらの設備のうち、応力係数表 (Table-8) を適用するのは「シェルの形状が円筒胴かつアタッチメントの形状が矩形」の設備であり、具体的には以下のとおり。

- ・燃料プール冷却系熱交換器
- ・逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ・残留熱除去系熱交換器
- ・原子炉補機冷却系熱交換器
- ・高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器
- ・非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイタンク
- ・非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンク
- ・非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイタンク
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク
- ・ガスタービン発電機用サービスタンク
- ・原子炉浄化系補助熱交換器

なお、原子炉格納容器に接続する設備は「シェルの形状が円筒胴かつアタッチメントの形状が矩形」ではない (表 2 参照) ため、応力係数表 (Table-8) は適用しない。

表 2 原子炉格納容器に接続する設備の形状

原子炉格納容器に 接続する設備	形状	
	シェル	アタッチメント
機器搬入口	円筒胴	円形
逃がし安全弁搬出ハッチ	球形胴	円形
制御棒駆動機構搬出ハッチ	円筒胴	円形
所員用エアロック	円筒胴	円形
配管貫通部	球形胴又は円筒胴	円形

4. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対する影響確認

Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対し、Bijlaard 引用文献の応力係数表 (Table-8) の「 β_1/β_2 」と「 β_2/β_1 」の違いによる影響について確認した結果を、表 3 に示す。また、逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを例として、影響確認の計算過程を表 4 に示す。

確認の結果、J E A G 4 6 0 1-1987 に基づいて現状適用している Bijlaard 引用文献の 1979 年版「 β_1/β_2 」と、Bijlaard 引用文献の他の発行年版の「 β_2/β_1 」の違いによる発生応力の差は軽微であり、Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備の評価への影響は小さいことを確認した。

表3 応力係数表の違いによる影響確認結果（基準地震動S_sによる評価結果）

機器名称	1979年版		2002年版		許容応力 [MPa]
	β_1/β_2	σ_{10} [MPa]	β_2/β_1	σ_{10} [MPa]	
燃料プール冷却系熱交換器	1.375	95	0.727	95	334
逃がし安全弁自動減圧機能用 アキュムレータ	3.000	43	0.333	43	372
残留熱除去系熱交換器	0.500	99	2.000	95	382
原子炉補機冷却系熱交換器	2.250	190	0.444	188	396
高圧炉心スプレイ補機冷却系 熱交換器	1.783	117	0.561	116	334
非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料デイトンク	5.188	96	0.193	94	357
非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンク	3.975	128	0.252	123	360
非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク	3.933	71	0.254	69	360
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料デイトンク	5.188	68	0.193	67	357
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料貯蔵タンク	3.975	128	0.252	123	360
ガスタービン発電機用 サービスタンク	5.667	80	0.176	78	347
原子炉浄化系補助熱交換器	2.167	150	0.462	147	355

表4 応力係数表の違いによる影響確認の計算過程
 (逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの例)

1979年版 (β_1/β_2)	2002年版 (β_2/β_1)
<p>備考：表中に用いた式をVI-2-5-3-1-1「アキュムレータの耐震性についての計算書」中の式番号で以下に示す。 r_m : (5.2.4.1.1.8), γ : (5.2.4.1.1.5), β_1 : (5.2.4.1.1.6), β_2 : (5.2.4.1.1.7), $\sigma_{\phi 41}$: (5.2.4.1.1.21), σ_{x41} : (5.2.4.1.1.22) $\sigma_{\phi 4}$: (5.2.4.1.1.30), $\sigma_{10\phi}$: (5.2.4.1.1.46), σ_{x4} : (5.2.4.1.1.31), σ_{10x} : (5.2.4.1.1.47), σ_{10} : (5.2.4.1.1.45)</p>	

5. 結論

島根原子力発電所第2号機の補正工認図書のうち、Bijlaard 引用文献の応力係数表 (Table-8) を適用する設備に対し、応力係数表の「 β_1/β_2 」と「 β_2/β_1 」の違いによる評価への影響を確認した結果、発生応力の差は軽微であることを確認した。

よって、上記設備の耐震性についての計算書においては、応力係数表の「 β_2/β_1 」を適用する。

補足-027-10-4 配管耐震・応力計算書における計算モデルについて

目 次

1. 燃料プール冷却系の計算モデル
 - ・ VI-2-4-3-1-3 管の耐震性についての計算書（燃料プール冷却系）・・・・・・・・・・ 1
 - ・ VI-3-3-2-2-1-4-2 管の応力計算書（燃料プール冷却系）・・・・・・・・・・ 30
2. 燃料プールのスプレイ系の計算モデル
 - ・ VI-2-4-3-2-1 管の耐震性についての計算書（燃料プールのスプレイ系）・・・・・・・・ 50
 - ・ VI-3-3-2-2-2-3-2 管の応力計算書（燃料プールのスプレイ系）・・・・・・・・ 75
3. 原子炉再循環系の計算モデル
 - ・ VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉再循環系）・・・・・・・・ 101
 - ・ VI-3-3-3-1-1-1-2 管の応力計算書（原子炉再循環系）・・・・・・・・ 125
4. 主蒸気系の計算モデル
 - ・ VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書（主蒸気系）・・・・・・・・ 138
 - ・ VI-3-3-3-2-1-2-2 管の応力計算書（主蒸気系）・・・・・・・・ 238
5. 給水系の計算モデル
 - ・ VI-2-5-3-2-1 管の耐震性についての計算書（給水系）・・・・・・・・ 295
 - ・ VI-3-3-3-2-2-1-2 管の応力計算書（給水系）・・・・・・・・ 321
6. 残留熱除去系の計算モデル
 - ・ 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）・・・・・・・・ 334
 - ・ VI-3-3-3-3-1-8-2 管の応力計算書（残留熱除去系）・・・・・・・・ 472
7. 高圧炉心スプレイ系の計算モデル
 - ・ VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系）・・・・・・・・ 563
 - ・ VI-3-3-3-4-1-7-2 管の応力計算書（高圧炉心スプレイ系）・・・・・・・・ 591
8. 低圧炉心スプレイ系の計算モデル
 - ・ VI-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書（低圧炉心スプレイ系）・・・・・・・・ 605
 - ・ VI-3-3-3-4-2-6-2 管の応力計算書（低圧炉心スプレイ系）・・・・・・・・ 625
9. 高圧原子炉代替注水系の計算モデル
 - ・ VI-2-5-5-3-2 管の耐震性についての計算書（高圧原子炉代替注水系）・・・・・・・・ 635
 - ・ VI-3-3-3-4-3-3-2 管の応力計算書（高圧原子炉代替注水系）・・・・・・・・ 655

10.	低圧原子炉代替注水系の計算モデル	
	・ 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）	676
	・ VI-3-3-3-4-5-2-2 管の応力計算書（低圧原子炉代替注水系）	704
11.	原子炉隔離時冷却系の計算モデル	
	・ VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）	733
	・ VI-3-3-3-5-1-3-2 管の応力計算書（原子炉隔離時冷却系）	764
12.	原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系の計算モデル	
	・ VI-2-5-7-1-6 管の耐震性についての計算書（原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系）	790
	・ VI-3-3-3-6-1-6-2 管の応力計算書（原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系）	965
13.	高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系の計算モデル	
	・ VI-2-5-7-2-6 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系）	1084
	・ VI-3-3-3-6-2-6-2 管の応力計算書（高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系）	1133
14.	原子炉補機代替冷却系の計算モデル	
	・ VI-2-5-7-3-1 管の耐震性についての計算書（原子炉補機代替冷却系）	1162
	・ VI-3-3-3-6-3-5-2 管の応力計算書（原子炉補機代替冷却系）	1187
15.	原子炉浄化系の計算モデル	
	・ VI-2-5-8-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉浄化系）	1212
	・ VI-3-3-3-7-1-1-2 管の応力計算書（原子炉浄化系）	1224
16.	制御棒駆動水圧系の計算モデル	
	・ 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）	1234
	・ VI-3-3-4-2-1-3-2 管の応力計算書（制御棒駆動水圧系）	1288
17.	ほう酸水注入系の計算モデル	
	・ 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）	1317
	・ VI-3-3-4-3-1-3-2 管の応力計算書（ほう酸水注入系）	1343
18.	逃がし安全弁窒素ガス供給系の計算モデル	
	・ VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書（逃がし安全弁窒素ガス供給系）	1357
	・ VI-3-3-4-4-1-2-2 管の応力計算書（逃がし安全弁窒素ガス供給系）	1488

19.	ドレン移送系の計算モデル	
	・ VI-2-7-2-1-1 管の耐震性についての計算書（ドレン移送系）	1548
20.	サイトバンカ設備の計算モデル	
	・ VI-2-7-3-1-1 管の耐震性に関する説明書（サイトバンカ設備）	1556
21.	中央制御室空気供給系の計算モデル	
	・ VI-2-8-3-2-1 管の耐震性についての計算書（中央制御室空気供給系）	1577
	・ VI-3-3-6-1-2-2-2 管の応力計算書（中央制御室空気供給系）	1610
22.	緊急時対策所換気空調系の計算モデル	
	・ VI-2-8-3-3-1 管の耐震性についての計算書（緊急時対策所換気空調系）	1644
	・ VI-3-3-6-1-3-2-2 管の応力計算書（緊急時対策所換気空調系）	1652
23.	格納容器代替スプレイ系の計算モデル	
	・ VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書（格納容器代替スプレイ系）	1660
	・ VI-3-3-7-2-2-2-1-2 管の応力計算書（格納容器代替スプレイ系）	1683
24.	ペDESTAL代替注水系の計算モデル	
	・ VI-2-9-4-4-3-1 管の耐震性についての計算書（ペDESTAL代替注水系）	1706
	・ VI-3-3-7-2-2-3-1-2 管の応力計算書（ペDESTAL代替注水系）	1728
25.	残留熱代替除去系の計算モデル	
	・ VI-2-9-4-4-4-2 管の耐震性についての計算書（残留熱代替除去系）	1750
	・ VI-3-3-7-2-2-4-3-2 管の応力計算書（残留熱代替除去系）	1783
26.	非常用ガス処理系の計算モデル	
	・ VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書（非常用ガス処理系）	1817
	・ VI-3-3-7-3-1-1-2 管の応力計算書（非常用ガス処理系）	1882
27.	可燃性ガス濃度制御系の計算モデル	
	・ VI-2-9-4-5-2-1 管の耐震性についての計算書（可燃性ガス濃度制御系）	1917
28.	窒素ガス代替注入系の計算モデル	
	・ VI-2-9-4-5-4-1 管の耐震性についての計算書（窒素ガス代替注入系）	1927
	・ VI-3-3-7-3-2-1-2 管の応力計算書（窒素ガス代替注入系）	1962

29. 窒素ガス制御系の計算モデル	
・ VI-2-9-4-6-1-1 管の耐震性についての計算書（窒素ガス制御系）	1998
・ VI-3-3-7-4-1-2-2 管の応力計算書（窒素ガス制御系）	2009
30. 格納容器フィルタベント系の計算モデル	
・ VI-2-9-4-7-1-1 管の耐震性についての計算書（格納容器フィルタベント系）	2026
・ VI-3-3-7-5-1-2-2 管の応力計算書（格納容器フィルタベント系）	2124
31. 非常用ディーゼル発電設備の計算モデル	
・ VI-2-10-1-2-1-9 管の耐震性についての計算書（非常用ディーゼル発電設備）	2224
32. 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の計算モデル	
・ VI-2-10-1-2-2-7 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備）	2299
33. ガスタービン発電機の計算モデル	
・ VI-2-10-1-2-3-6 管の耐震性についての計算書（ガスタービン発電機）	2327
34. 浸水防護施設の計算モデル	
・ VI-2-10-2-11 隔離弁, 機器・配管の耐震性についての計算書	2356
35. 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の計算モデル	
・ VI-2-11-2-8 管の耐震性についての計算書（波及的影響）	2409

1. 燃料プール冷却系の計算モデル

- ・ VI-2-4-3-1-3 管の耐震性についての計算書（燃料プール冷却系）

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Ⅲ _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	FPC-R-1	19	27	188	6.96	—	19	31	376	12.12	—	—	
2	FPC-R-2	1A	16	188	11.75	—	1A	9	376	41.77	—	—	
3	FPC-R-3	1A	16	188	11.75	—	1A	9	376	41.77	—	—	
4	FPC-R-4	9	103	188	1.82	○	9	186	376	2.02	—	○	
5	FPC-R-5	9	103	188	1.82	—	9	186	376	2.02	—	—	
6	FPC-R-10	1A	113	231	2.04	—	1A	169	462	2.73	—	—	

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 _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	FPC-R-1	19	31	431	13.90	—	19	38	376	9.89	—	—
2	FPC-R-2	1A	18	431	23.94	—	1A	14	376	26.85	—	—
3	FPC-R-3	1A	18	431	23.94	—	1A	14	376	26.85	—	—
4	FPC-R-4	9	141	431	3.05	—	9	264	376	1.42	—	—
5	FPC-R-5	9	141	431	3.05	—	9	264	376	1.42	—	—
6	FPC-R-10	1A	192	366	1.90	○	1A	326	462	1.41	—	○

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 _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	FPC-R-1	19	31	431	13.90	—	19	38	376	9.89	—	—	
2	FPC-R-2	1A	18	431	23.94	—	1A	14	376	26.85	—	—	
3	FPC-R-3	1A	18	431	23.94	—	1A	14	376	26.85	—	—	
4	FPC-R-4	9	141	431	3.05	—	9	264	376	1.42	—	—	
5	FPC-R-5	9	141	431	3.05	—	9	264	376	1.42	—	—	
6	FPC-R-10	90	203	366	1.80	○	90	377	462	1.22	—	○	
7	FPC-R-11	39	80	366	4.57	—	39	133	462	3.47	—	—	
8	FPC-R-12	106	74	431	5.82	—	106	113	376	3.32	—	—	

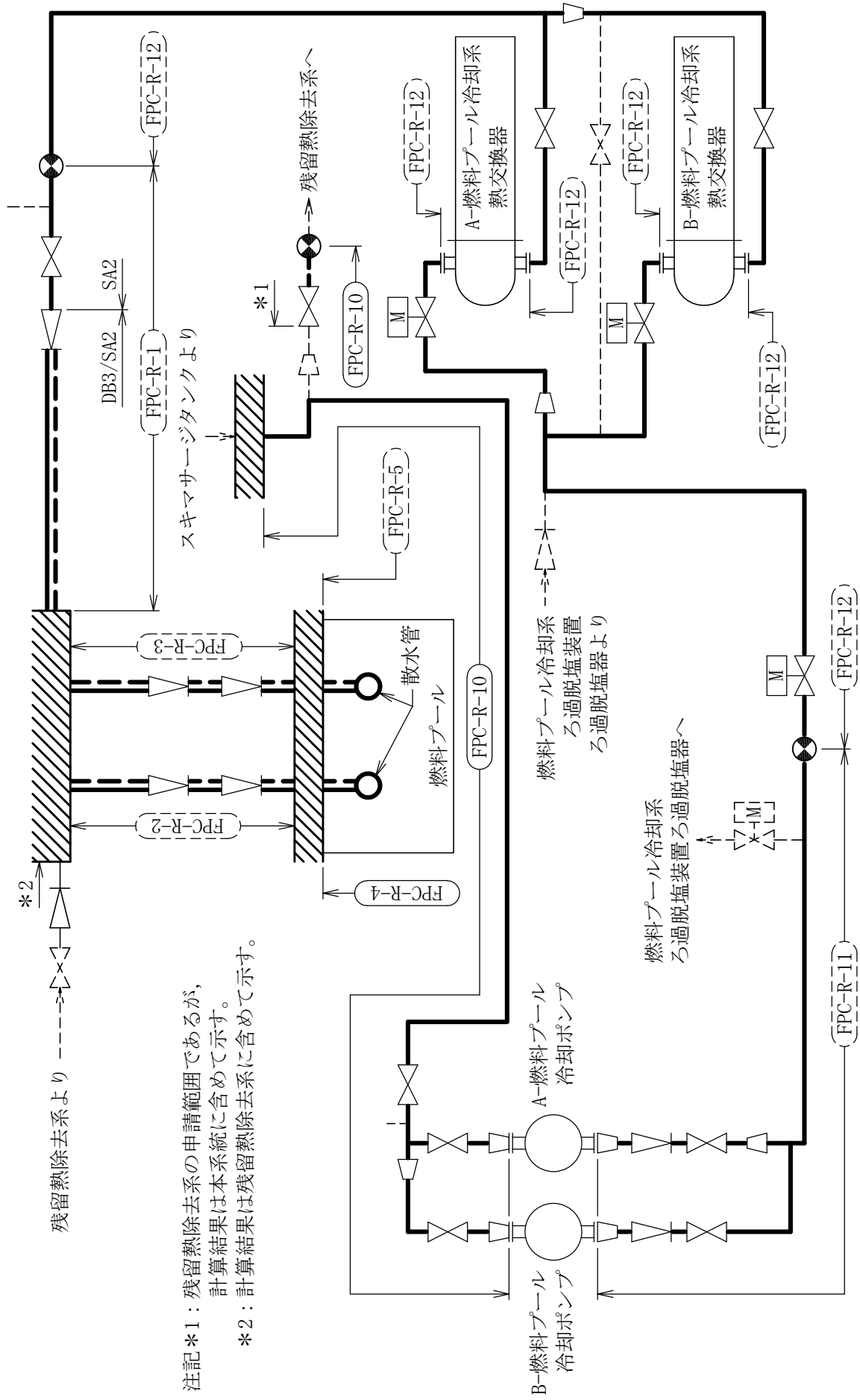
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS											
		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	FPC-R-1	19	31	431	13.90	—	19	38	376	9.89	—	—	
2	FPC-R-2	1A	18	431	23.94	—	1A	14	376	26.85	—	—	
3	FPC-R-3	1A	18	431	23.94	—	1A	14	376	26.85	—	—	
4	FPC-R-4	9	141	431	3.05	—	9	264	376	1.42	—	—	
5	FPC-R-5	9	141	431	3.05	—	9	264	376	1.42	—	—	
6	FPC-R-10	90	203	366	1.80	○	90	377	462	1.22	—	○	
7	FPC-R-11	39	80	366	4.57	—	39	133	462	3.47	—	—	
8	FPC-R-12	106	74	431	5.82	—	106	113	376	3.32	—	—	



注記*1：残留熱除去系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

燃料プール冷却系概略系統図

FPC-R-1 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-2 (DB)

鳥瞰図

FPC-R-2 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-3 (DB)

鳥瞰図

FPC-R-3 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-4 (DB)

鳥瞰図

FPC-R-4 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-5 (DB)

鳥瞰図

FPC-R-5 (SA)

鳥瞰図

1. 燃料プール冷却系の計算モデル

- VI-3-3-2-2-1-4-2 管の応力計算書 (燃料プール冷却系)

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A											
			一次応力(1) ^{*1}						一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表		
1	FPC-R-1	設計・建設規格	9	21	189	9.00	—	9	23	226	9.82	—		
		告示第501号	2	14	126	9.00	—	2	14	151	10.78	—		
2	FPC-R-2	設計・建設規格	6	11	189	17.18	—	6	12	226	18.83	—		
		告示第501号	1A	11	126	11.45	—	1A	11	151	13.72	—		
3	FPC-R-3	設計・建設規格	6	11	189	17.18	—	6	12	226	18.83	—		
		告示第501号	1A	11	126	11.45	—	1A	11	151	13.72	—		
4	FPC-R-4	設計・建設規格	2	29	189	6.51	—	2	30	226	7.53	—		
		告示第501号	1A	23	126	5.47	—	1A	23	151	6.56	—		
5	FPC-R-5	設計・建設規格	2	29	189	6.51	—	2	30	226	7.53	—		
		告示第501号	1A	23	126	5.47	—	1A	23	151	6.56	—		
6	FPC-R-10	設計・建設規格	75	28	154	5.50	—	75	29	185	6.37	—		
		告示第501号	103N	23	103	4.47	○	103N	23	123	5.34	○		

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

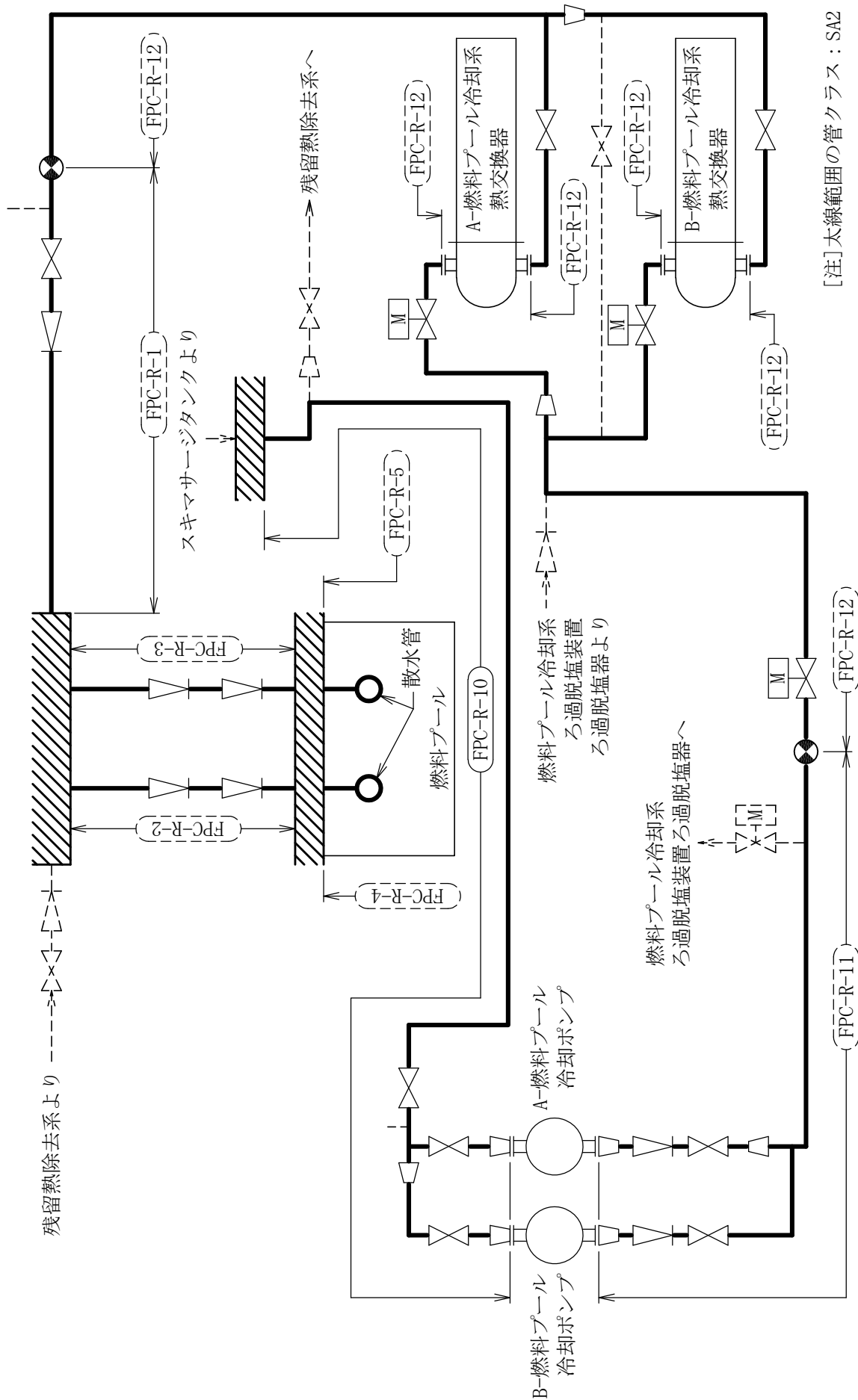
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	FPC-R-11	設計・建設規格	36	22	154	7.00	—	36	24	185	7.70	—
		告示第501号	161	20	103	5.15	—	161	20	123	6.15	—
8	FPC-R-12	設計・建設規格	131	28	189	6.75	—	131	29	226	7.79	—
		告示第501号	133A	21	126	6.00	—	133A	21	151	7.19	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



燃料プール冷却系概略系統図

FPC-R-1 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-2 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-3 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-4 (SA)

鳥瞰図

FPC-R-5 (SA)

鳥瞰図

2. 燃料プールスプレイ系の計算モデル

- ・ VI-2-4-3-2-1 管の耐震性についての計算書（燃料プールスプレイ系）

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	SFPS-R-1	4	106	431	4.06	—	4	164	376	2.29	—	—	
2	SFPS-R-2	37	143	431	3.01	—	37	257	376	1.46	—	—	
3	SFPS-R-3	98	192	431	2.24	○	98	356	376	1.05	—	○	
4	SFPS-R-4	43	73	431	5.90	—	42	109	376	3.44	—	—	
5	SFPS-R-5	4	186	431	2.31	—	4	311	376	1.20	—	—	
6	SFPS-R-6	90A	67	431	6.43	—	90A	81	376	4.64	—	—	
7	SFPS-R-7	1A	102	431	4.22	—	1A	148	376	2.54	—	—	
8	SFPS-R-8	139	119	431	3.62	—	139	199	376	1.88	—	—	

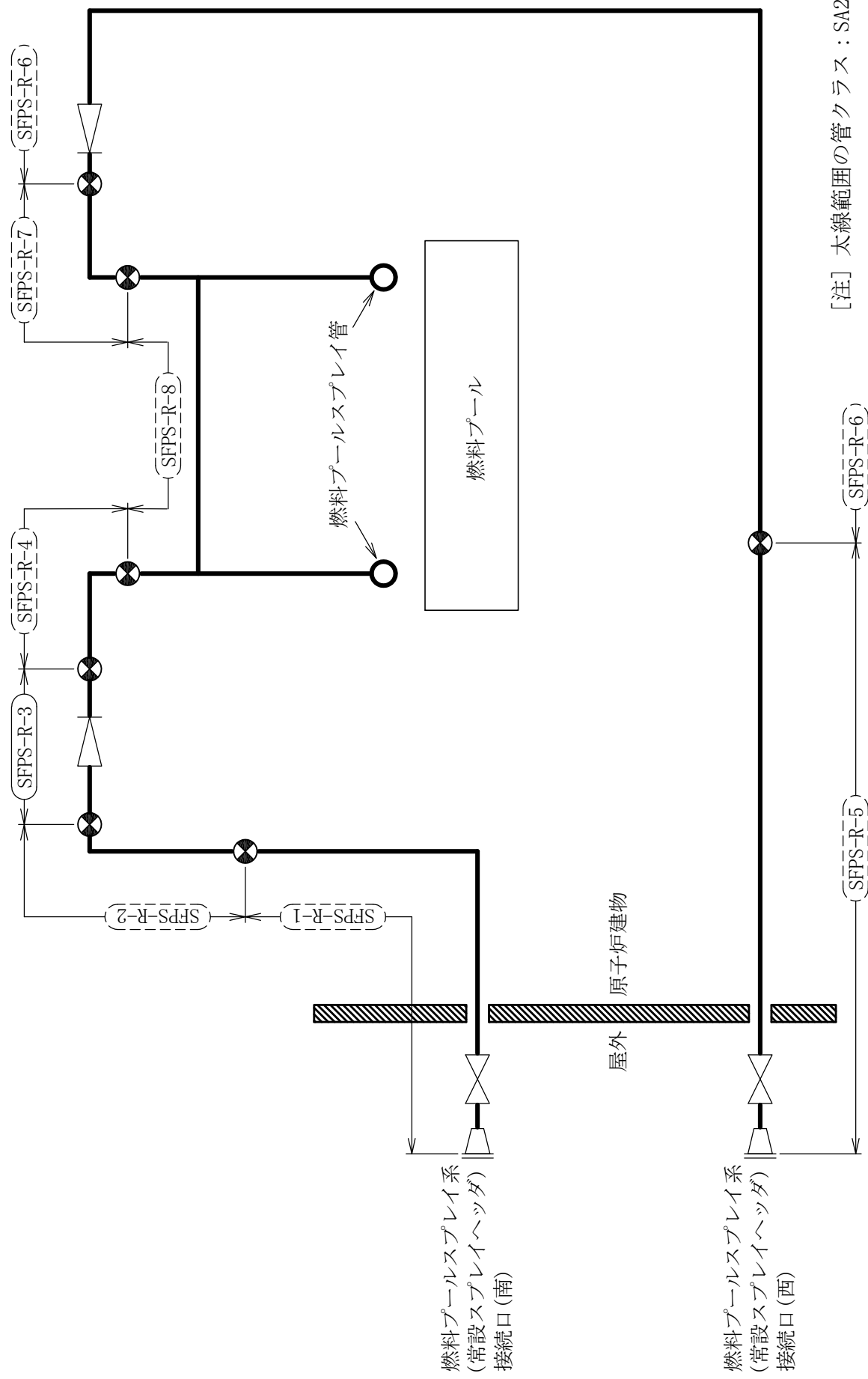
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS											
		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	SFPS-R-1	4	106	431	4.06	—	4	164	376	2.29	—	—	
2	SFPS-R-2	37	143	431	3.01	—	37	257	376	1.46	—	—	
3	SFPS-R-3	98	192	431	2.24	○	98	356	376	1.05	—	○	
4	SFPS-R-4	43	73	431	5.90	—	42	109	376	3.44	—	—	
5	SFPS-R-5	4	186	431	2.31	—	4	311	376	1.20	—	—	
6	SFPS-R-6	90A	67	431	6.43	—	90A	81	376	4.64	—	—	
7	SFPS-R-7	1A	102	431	4.22	—	1A	148	376	2.54	—	—	
8	SFPS-R-8	139	119	431	3.62	—	139	199	376	1.88	—	—	



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 燃料プールスプレイ系概略系統図

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

鳥瞰図

SFPS-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

SFPS-R-4 (SA)

鳥瞰図

2. 燃料プールのスプレイ系の計算モデル

- ・ VI-3-3-2-2-2-3-2 管の応力計算書 (燃料プールのスプレイ系)

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	SFPS-R-1	設計・建設規格	4	32	189	5.90	—	4	34	226	6.64	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	SFPS-R-2	設計・建設規格	33	18	189	10.50	—	33	19	226	11.89	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	SFPS-R-3	設計・建設規格	26	28	189	6.75	—	26	30	226	7.53	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	SFPS-R-4	設計・建設規格	45	24	189	7.87	—	45	25	226	9.04	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	SFPS-R-5	設計・建設規格	4	46	189	4.10	○	4	47	226	4.80	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	SFPS-R-6	設計・建設規格	85	32	189	5.90	—	85	35	226	6.45	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

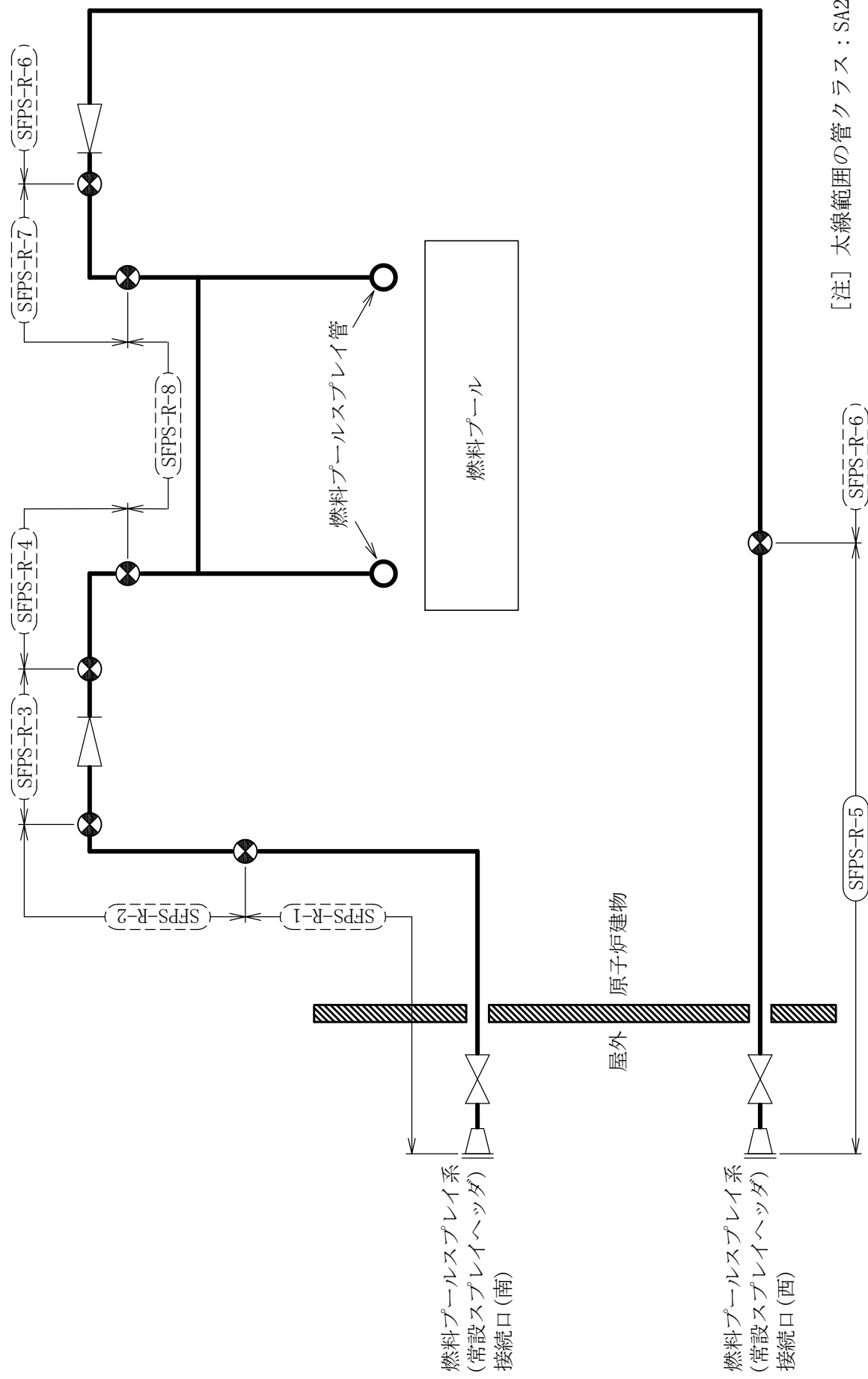
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	SFPS-R-7	設計・建設規格	1A	27	189	7.00	—	1A	28	226	8.07	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	SFPS-R-8	設計・建設規格	243	31	189	6.09	—	243	33	226	6.84	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



燃料プールスプレイ系概略系統図

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

鳥瞰図

SFPS-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

SFPS-R-4 (SA)

鳥瞰図

3. 原子炉再循環系の計算モデル

- ・VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉再循環系）

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1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				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	PLR-PD-1	14	128	265	2.07	○	67	255	354	1.38	○	61	0.0093	○
2	PLR-PD-2	14	118	265	2.24	—	67	216	354	1.63	—	61	0.0077	—

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	PLR-PD-1	14	196	354	1.80	○	67	464	354	0.76	○	26	0.0154	○
2	PLR-PD-2	14	176	354	2.01	—	14	390	354	0.90	—	26	0.0109	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

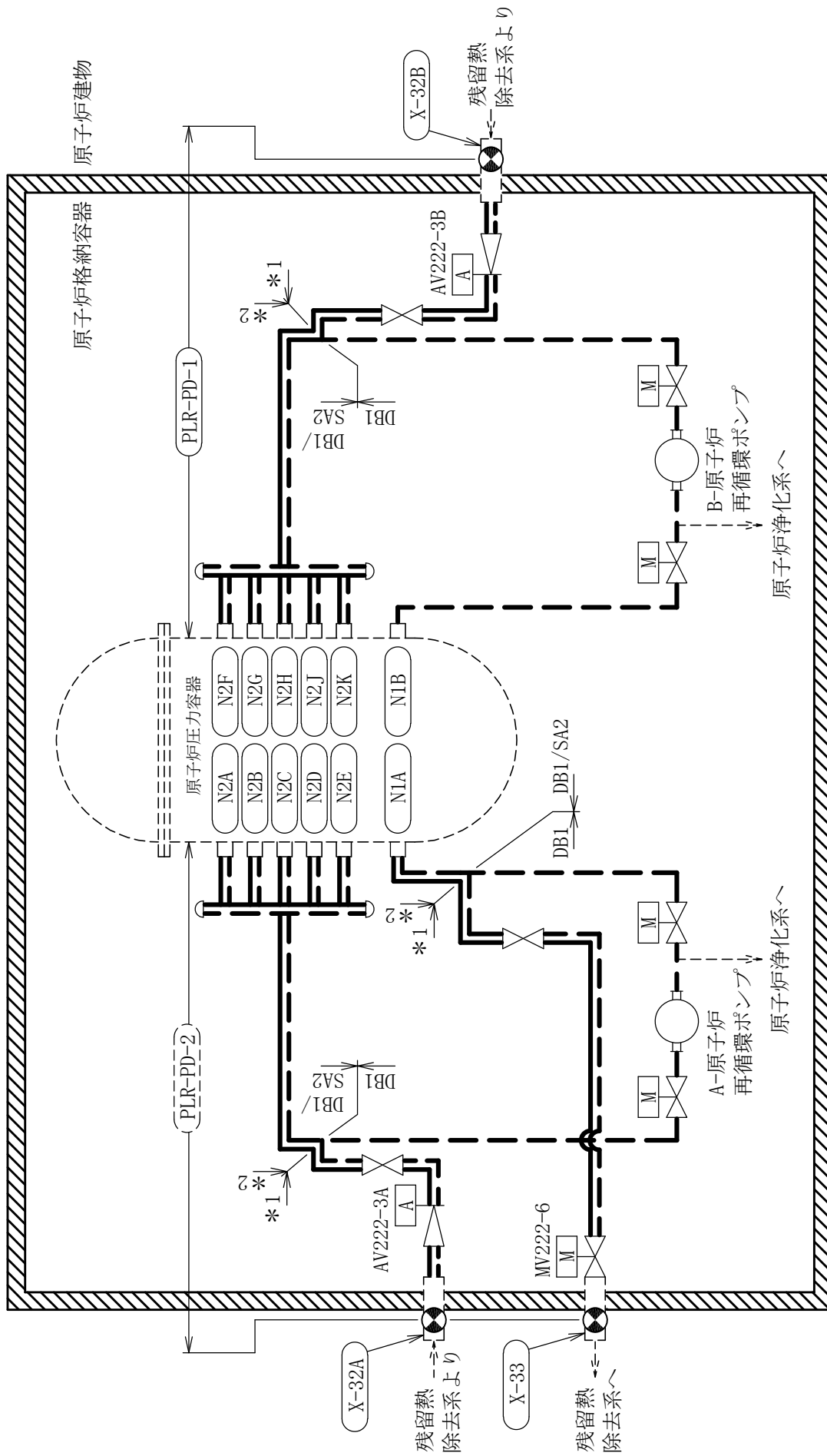
No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	PLR-PD-1	67	186	354	1.90	○	67	464	354	0.76	○	67	0.0128	○
2	PLR-PD-2	67	163	354	2.17	—	67	390	354	0.90	—	212	0.0096	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	PLR-PD-1	67	186	354	1.90	○	67	464	354	0.76	○	67	0.0128	○
2	PLR-PD-2	67	163	354	2.17	—	67	390	354	0.90	—	212	0.0096	—



注記*1：残留熱除去系の申請範囲であるが，計算結果は本系統に含めて示す。

*2：残留熱除去系との兼用範囲である。

原子炉再循環系概略系統図

3. 原子炉再循環系の計算モデル

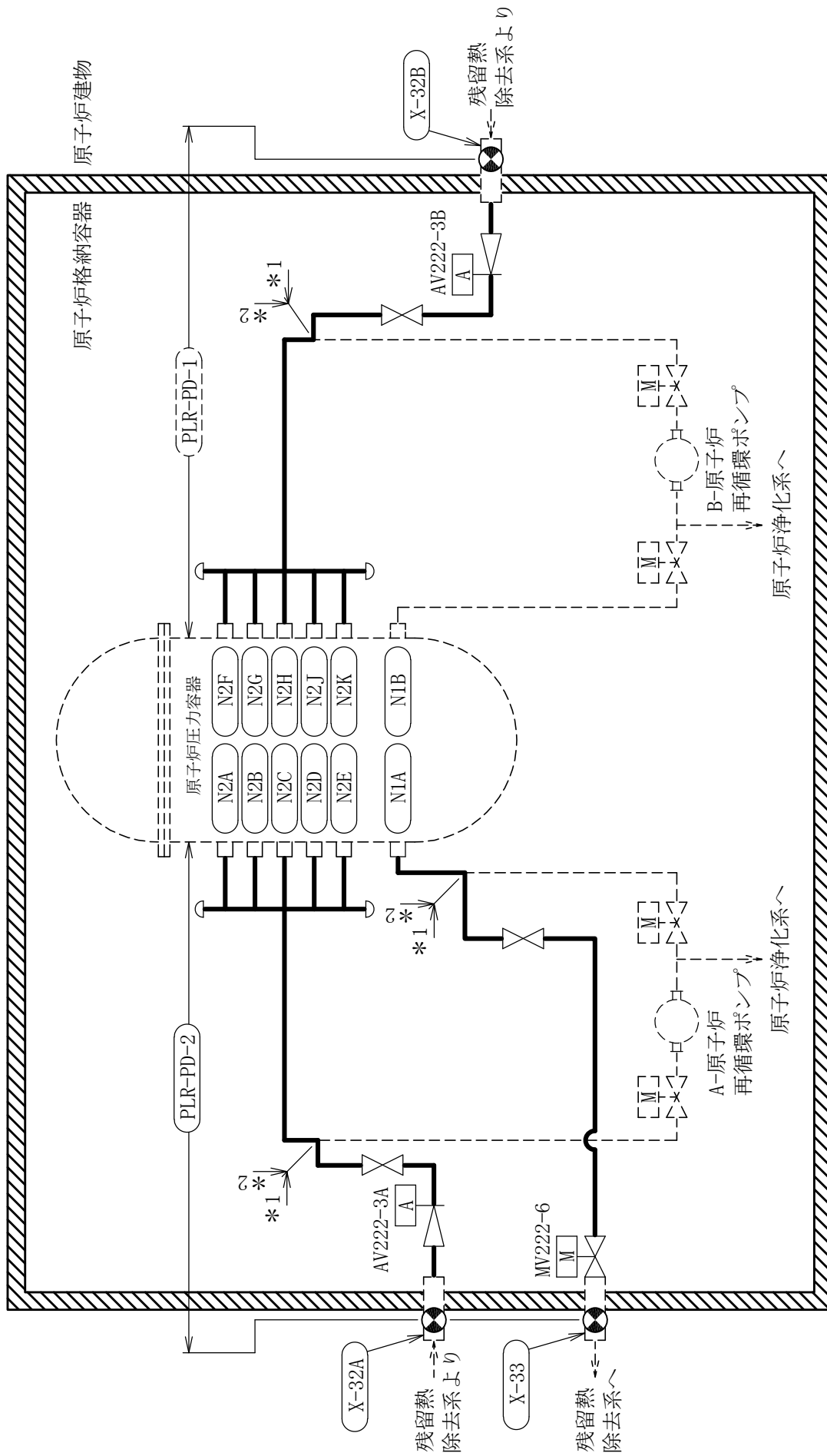
- VI-3-3-3-1-1-1-2 管の応力計算書（原子炉再循環系）

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				代表
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	PLR-PD-1	設計・建設規格	153N	60	260	4.33	—
		告示第501号	153N	60	354	5.90	—
2	PLR-PD-2	設計・建設規格	173N	61	260	4.26	○
		告示第501号	173N	61	354	5.80	—



注記*1： 残留熱除去系の申請範囲であるが，計算結果は本系統に含めて示す。

*2： 残留熱除去系との兼用範囲である。

[注] 太線範囲の管クラス：DB1/SA2
原子炉再循環系概略系統図

4. 主蒸気系の計算モデル

- VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書（主蒸気系）

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1 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				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-1	24	196	281	1.43	—	24	362	375	1.03	—	20	0.0580	—
2	MS-PD-2	15	197	281	1.42	—	15	376	375	0.99	—	15	0.0672	—
3	MS-PD-3	100	206	281	1.36	—	12	355	375	1.05	—	12	0.0539	—
4	MS-PD-4	400	221	281	1.27	○	28	407	375	0.92	○	28	0.0808	○

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-1	300	312	375	1.20	—	24	709	375	0.52	—	24	0.5620	—
2	MS-PD-2	100	311	375	1.20	—	15	693	375	0.54	—	15	0.5256	—
3	MS-PD-3	100	286	375	1.31	—	12	726	375	0.51	—	12	0.5354	—
4	MS-PD-4	400	328	375	1.14	○	28	762	375	0.49	○	28	0.6307	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-1	300	312	375	1.20	—	24	709	375	0.52	—	24	0.5620	—
2	MS-PD-2	100	311	375	1.20	—	15	693	375	0.54	—	15	0.5256	—
3	MS-PD-3	100	286	375	1.31	—	12	726	375	0.51	—	12	0.5354	—
4	MS-PD-4	400	328	375	1.14	○	28	762	375	0.49	○	28	0.6307	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-1	300	312	375	1.20	—	24	709	375	0.52	—	24	0.5620	—
2	MS-PD-2	100	311	375	1.20	—	15	693	375	0.54	—	15	0.5256	—
3	MS-PD-3	100	286	375	1.31	—	12	726	375	0.51	—	12	0.5354	—
4	MS-PD-4	400	328	375	1.14	○	28	762	375	0.49	○	28	0.6307	○

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	MS-PS-7	9	89	197	2.21	—	9	168	394	2.34	—	—
2	MS-PS-9	7	52	197	3.78	—	7	143	394	2.75	—	—
3	MS-PS-10	10	76	197	2.59	—	5	291	394	1.35	—	○
4	MS-PS-12	10	75	197	2.62	—	5	291	394	1.35	—	—
5	MS-PS-15	9	103	197	1.91	○	9	148	394	2.66	—	—
6	MS-PS-17	7	52	197	3.78	—	7	143	394	2.75	—	—

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 _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	MS-PD-1	123	160	363	2.26	—	146	302	394	1.30	—	○			
2	MS-PD-2	222	163	363	2.22	○	222	224	394	1.75	—	—			
3	MS-PD-3	215	162	363	2.24	—	215	212	394	1.85	—	—			
4	MS-PD-4	146	144	363	2.52	—	146	284	394	1.38	—	—			
5	MS-PS-7	9	117	363	3.10	—	9	228	394	1.72	—	—			
6	MS-PS-9	7	80	363	4.53	—	7	202	394	1.95	—	—			
7	MS-PS-10	10	94	363	3.86	—	5	293	394	1.34	—	—			
8	MS-PS-12	10	93	363	3.90	—	5	294	394	1.34	—	—			
9	MS-PS-15	9	150	363	2.42	—	9	208	394	1.89	—	—			
10	MS-PS-17	7	80	363	4.53	—	7	202	394	1.95	—	—			

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	MS-PD-1	123	160	363	2.26	—	146	302	394	1.30	—	○
2	MS-PD-2	222	163	363	2.22	○	222	224	394	1.75	—	—
3	MS-PD-3	215	162	363	2.24	—	215	212	394	1.85	—	—
4	MS-PD-4	424	148	363	2.45	—	146	284	394	1.38	—	—
5	MS-PS-6	10	90	363	4.03	—	5	228	394	1.72	—	—
6	MS-PS-7	9	117	363	3.10	—	9	228	394	1.72	—	—
7	MS-PS-8	10	95	363	3.82	—	5	237	394	1.66	—	—
8	MS-PS-9	7	80	363	4.53	—	7	202	394	1.95	—	—
9	MS-PS-10	10	94	363	3.86	—	5	293	394	1.34	—	—
10	MS-PS-11	9	154	363	2.35	—	9	238	394	1.65	—	—
11	MS-PS-12	10	93	363	3.90	—	5	294	394	1.34	—	—
12	MS-PS-13	9	154	363	2.35	—	9	216	394	1.82	—	—
13	MS-PS-14	10	90	363	4.03	—	5	228	394	1.72	—	—
14	MS-PS-15	9	150	363	2.42	—	9	208	394	1.89	—	—
15	MS-PS-16	10	95	363	3.82	—	5	237	394	1.66	—	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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
16	MS-PS-17	7	80	363	4.53	—	7	202	394	1.95	—	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	MS-PD-1	123	160	363	2.26	-	146	302	394	1.30	-	○
2	MS-PD-2	222	163	363	2.22	○	222	224	394	1.75	-	-
3	MS-PD-3	215	162	363	2.24	-	215	212	394	1.85	-	-
4	MS-PD-4	424	148	363	2.45	-	146	284	394	1.38	-	-
5	MS-PS-6	10	90	363	4.03	-	5	228	394	1.72	-	-
6	MS-PS-7	9	117	363	3.10	-	9	228	394	1.72	-	-
7	MS-PS-8	10	95	363	3.82	-	5	237	394	1.66	-	-
8	MS-PS-9	7	80	363	4.53	-	7	202	394	1.95	-	-
9	MS-PS-10	10	94	363	3.86	-	5	293	394	1.34	-	-
10	MS-PS-11	9	154	363	2.35	-	9	238	394	1.65	-	-
11	MS-PS-12	10	93	363	3.90	-	5	294	394	1.34	-	-
12	MS-PS-13	9	154	363	2.35	-	9	216	394	1.82	-	-
13	MS-PS-14	10	90	363	4.03	-	5	228	394	1.72	-	-
14	MS-PS-15	9	150	363	2.42	-	9	208	394	1.89	-	-
15	MS-PS-16	10	95	363	3.82	-	5	237	394	1.66	-	-

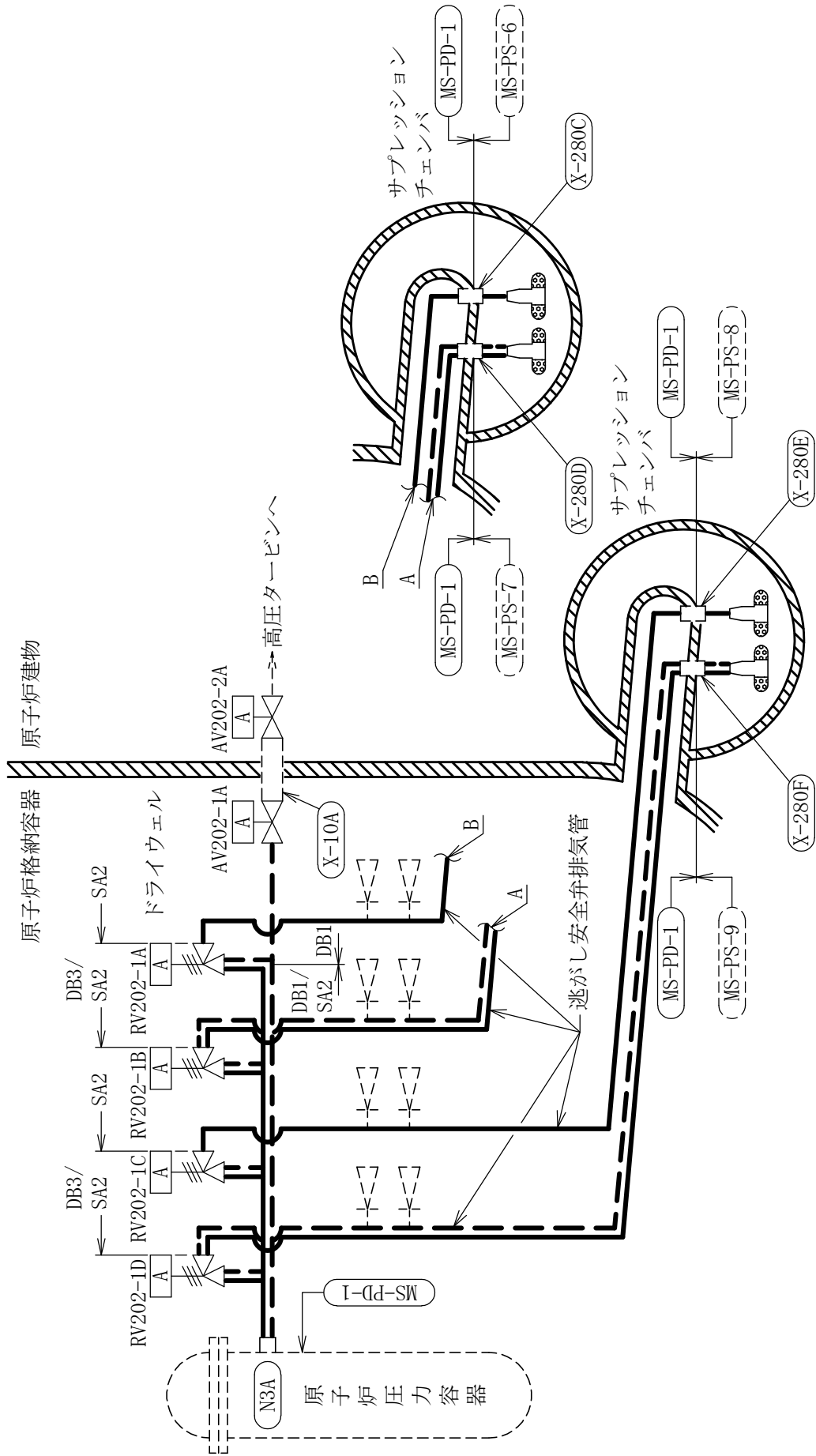
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

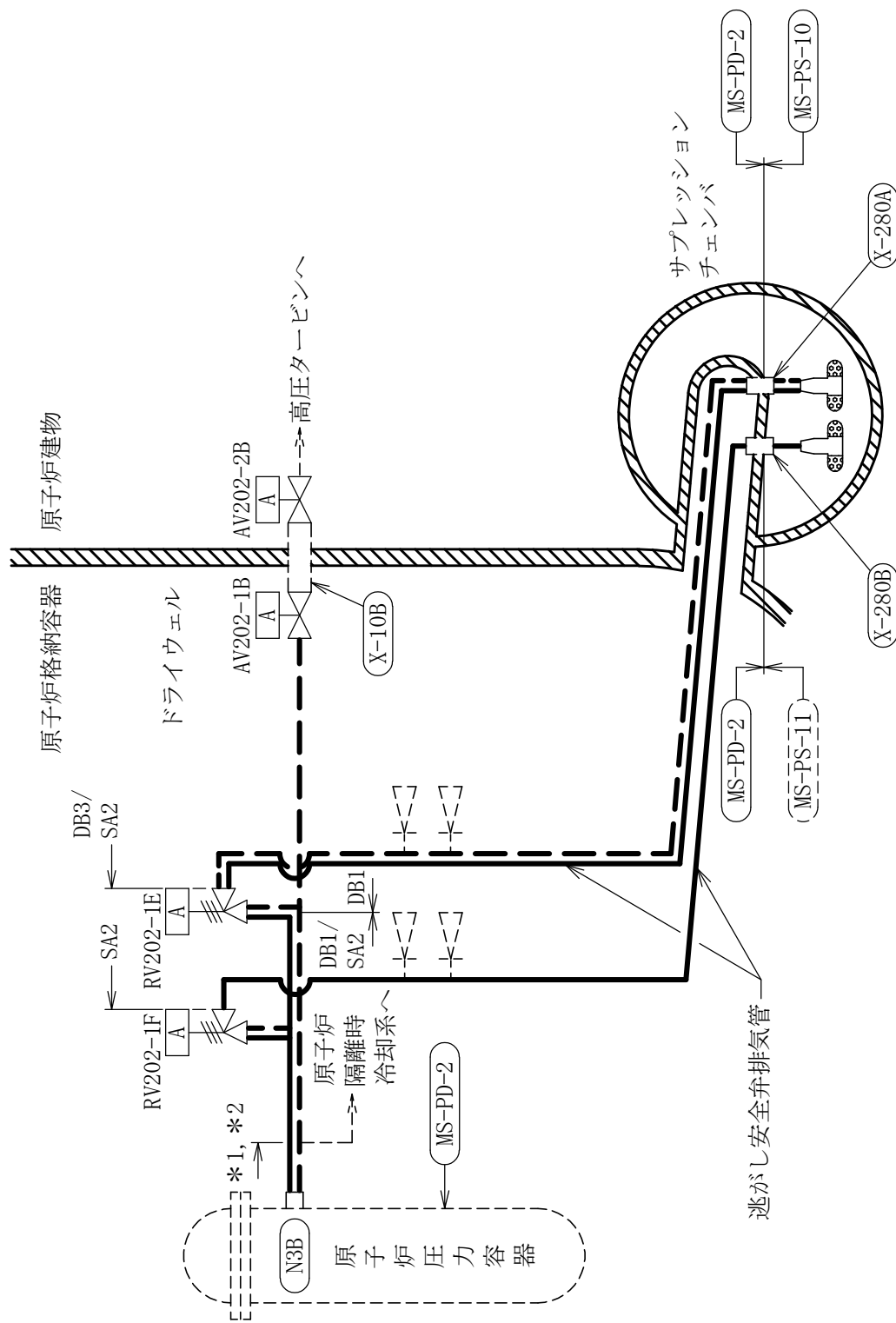
図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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
16	MS-PS-17	7	80	363	4.53	—	7	202	394	1.95	—	—

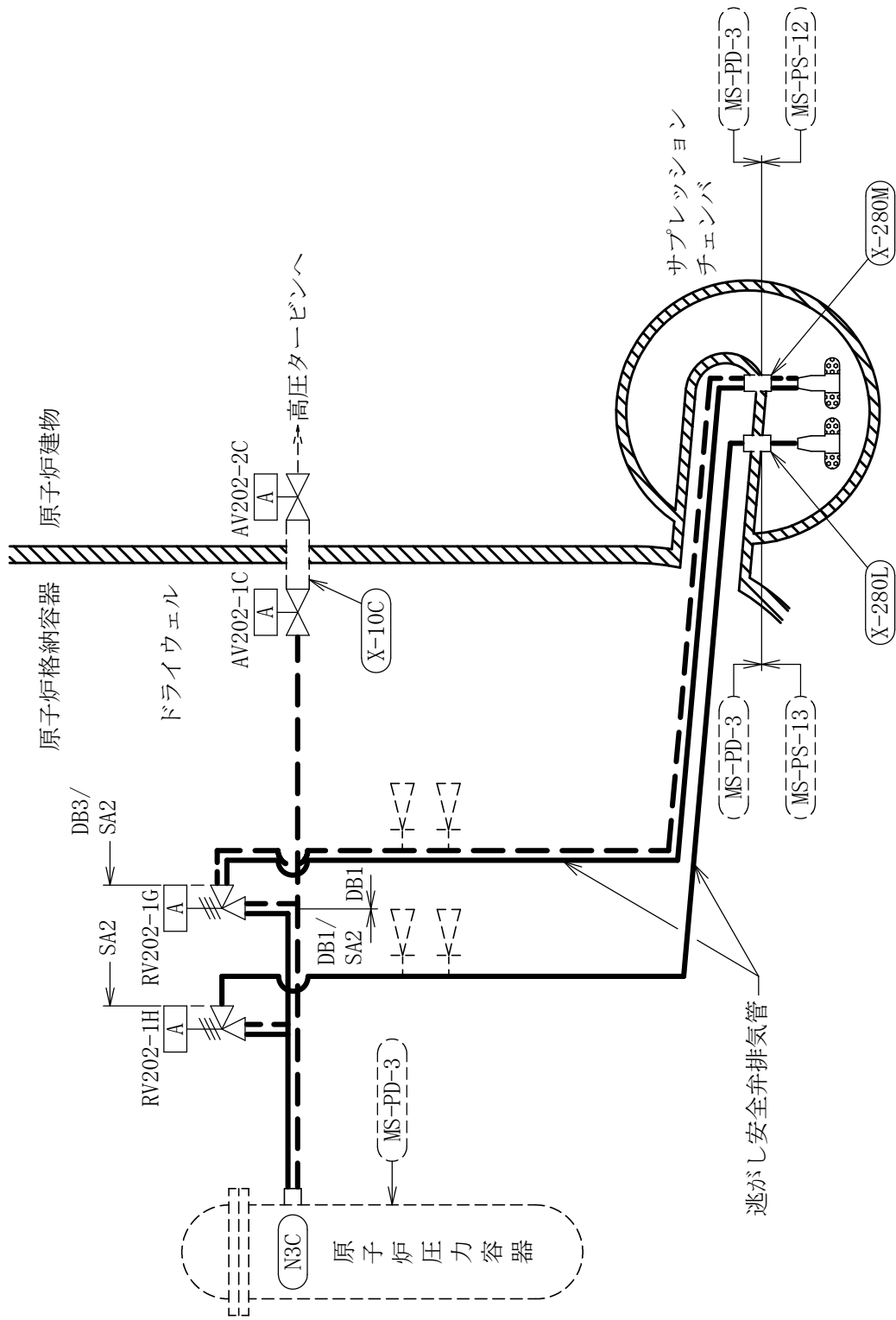


主蒸気系概略系統図 (その 1)

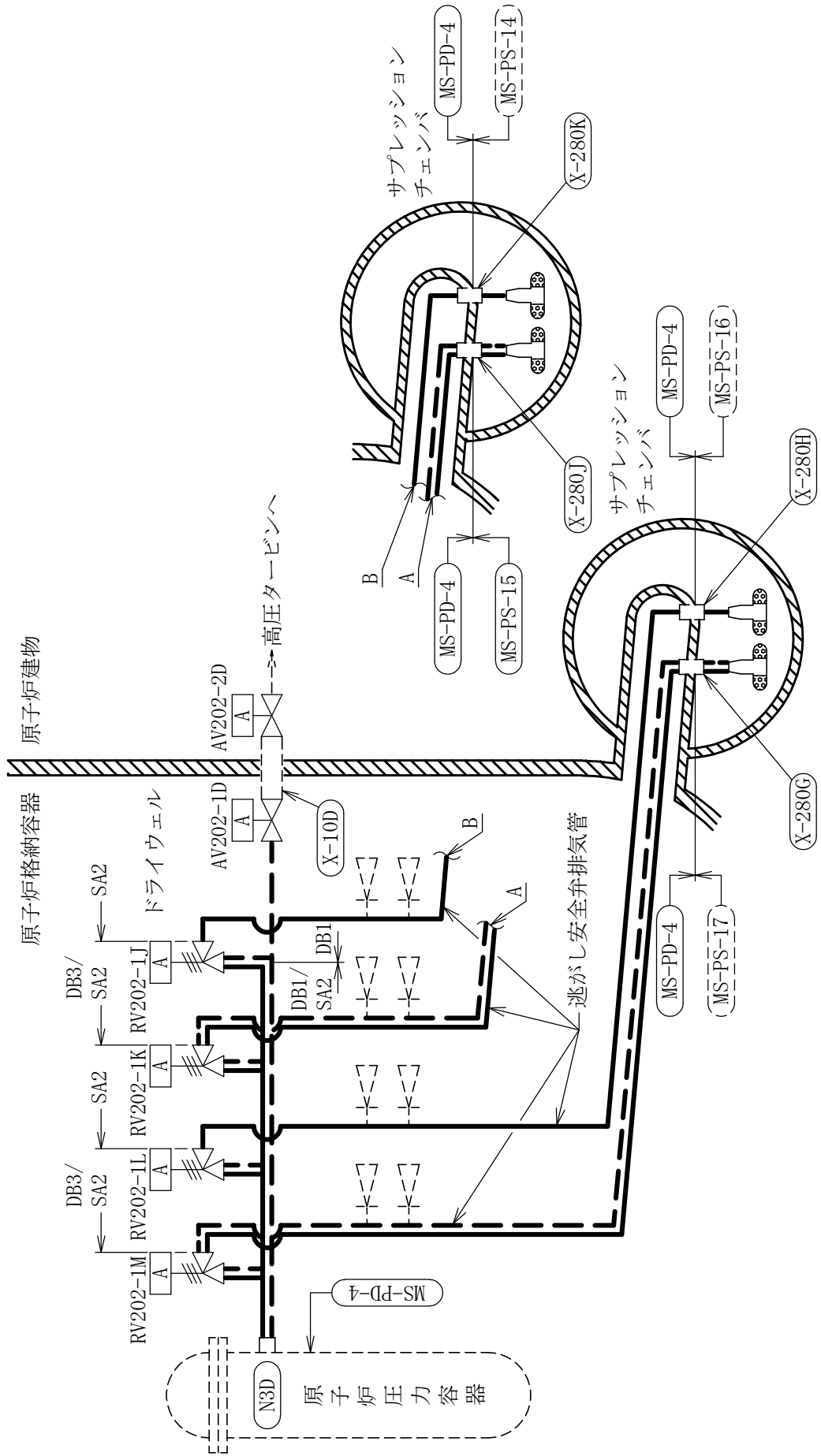


注記*1： 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2： 原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。

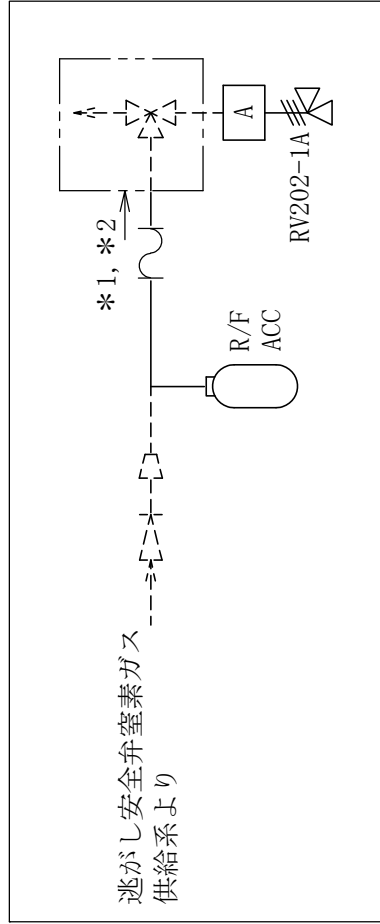
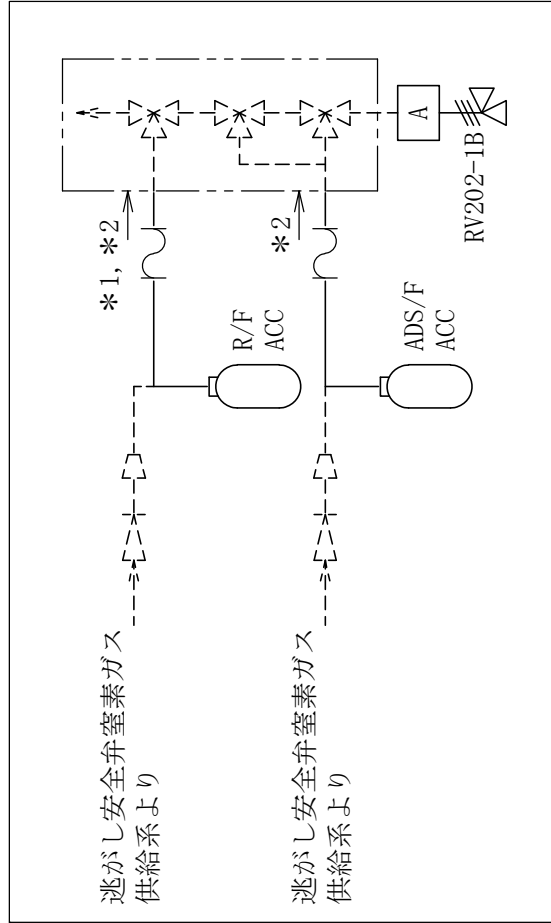
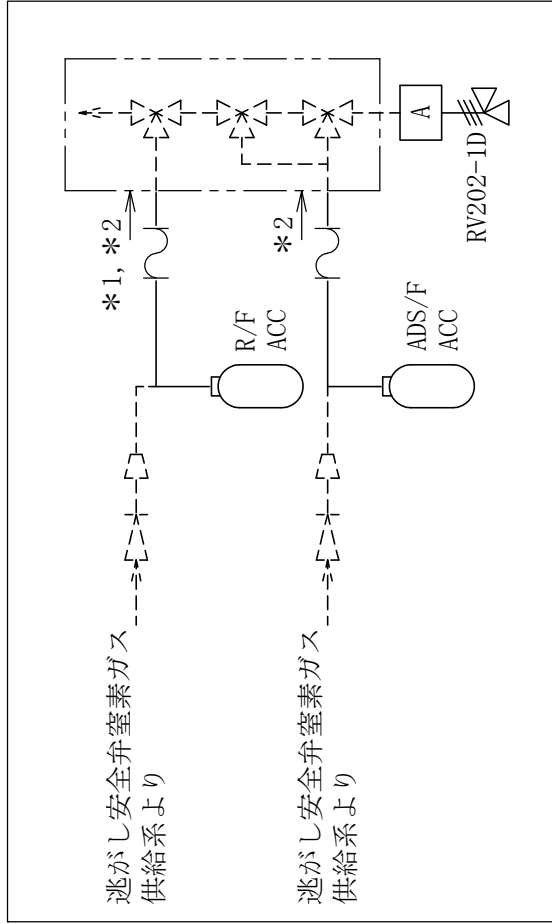
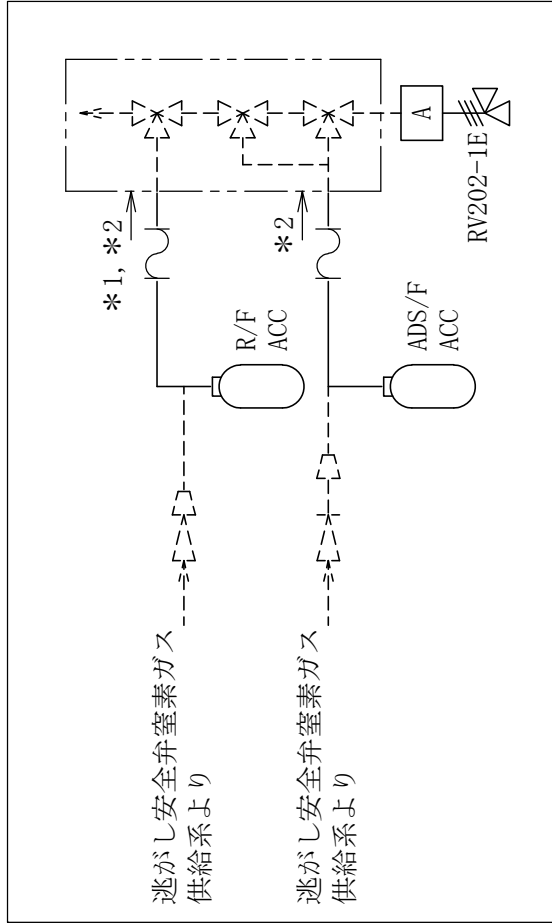
主蒸気系概略系統図 (その2)



主蒸気系概略系統図 (その3)



主蒸気系概略系統図 (その4)



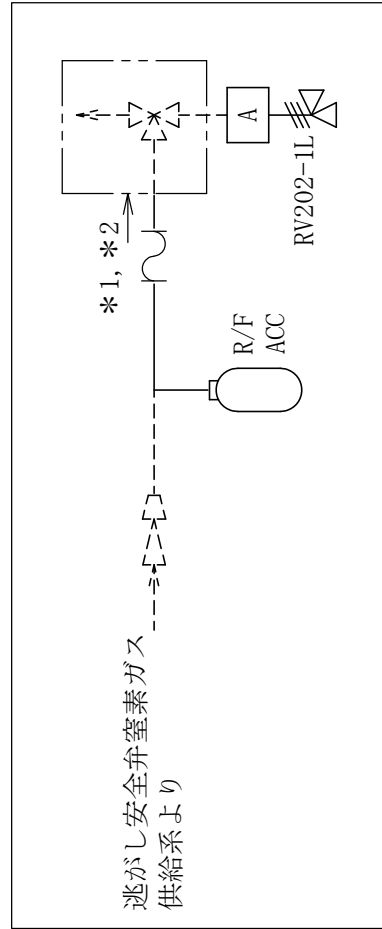
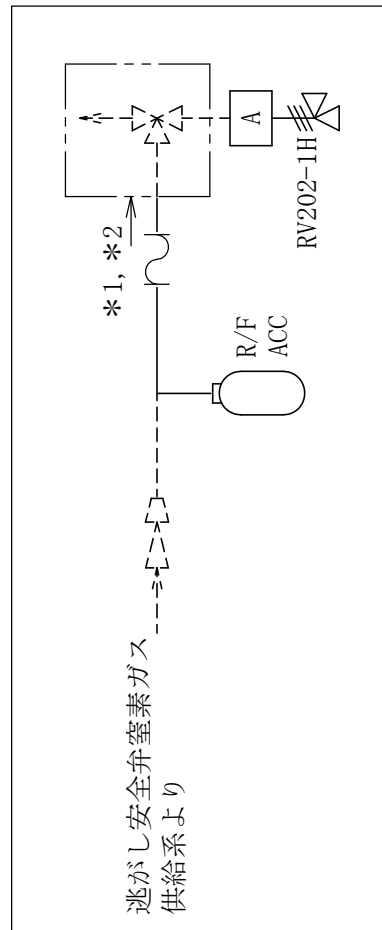
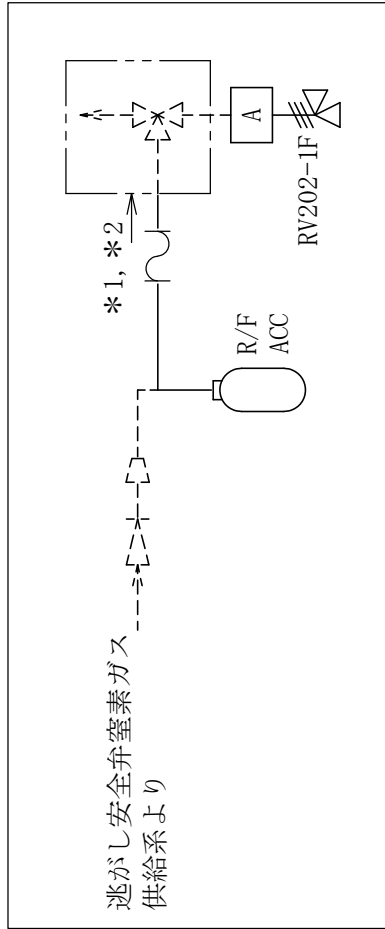
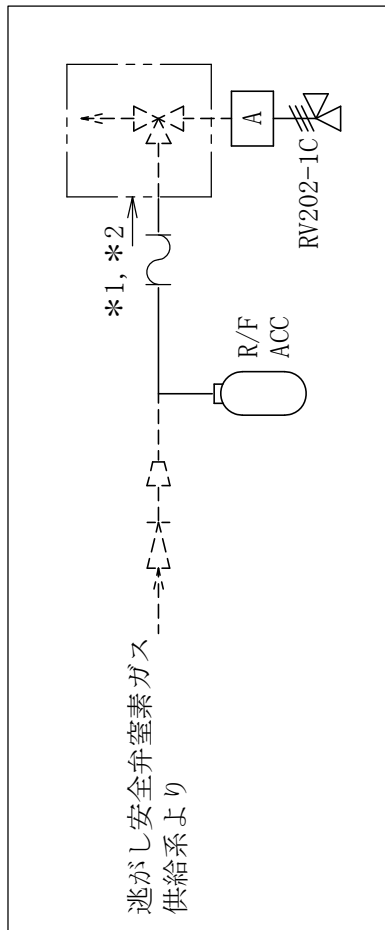
注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

R/F ACC：逃がし安全弁用アキュムレータ

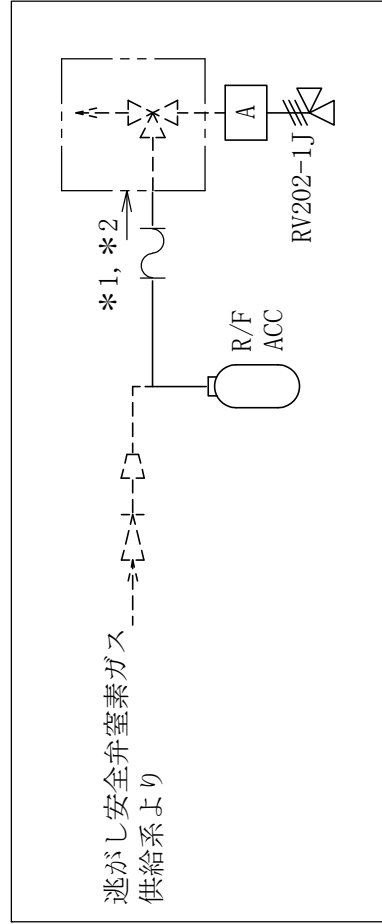
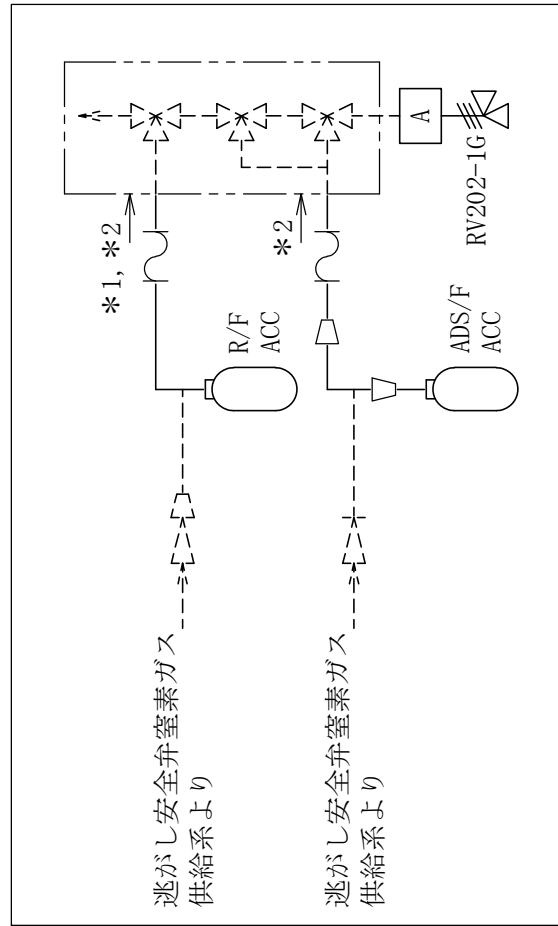
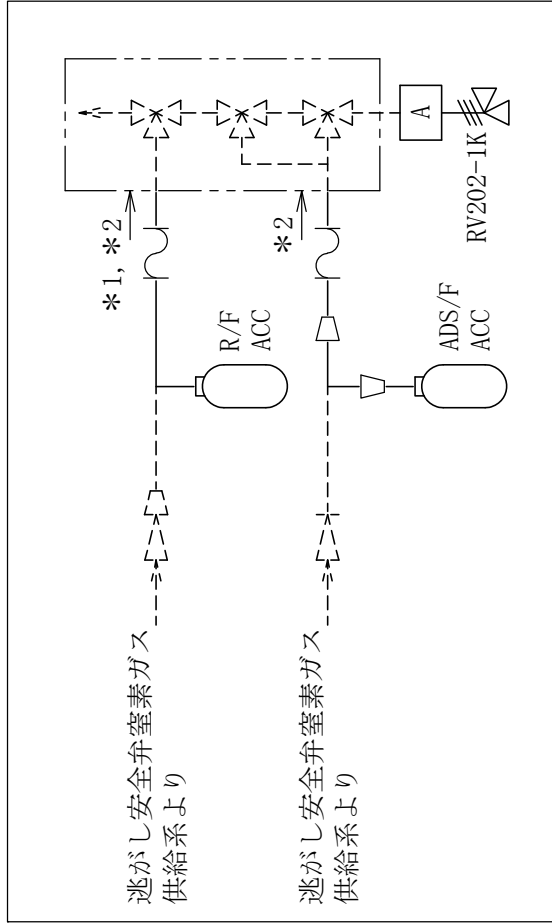
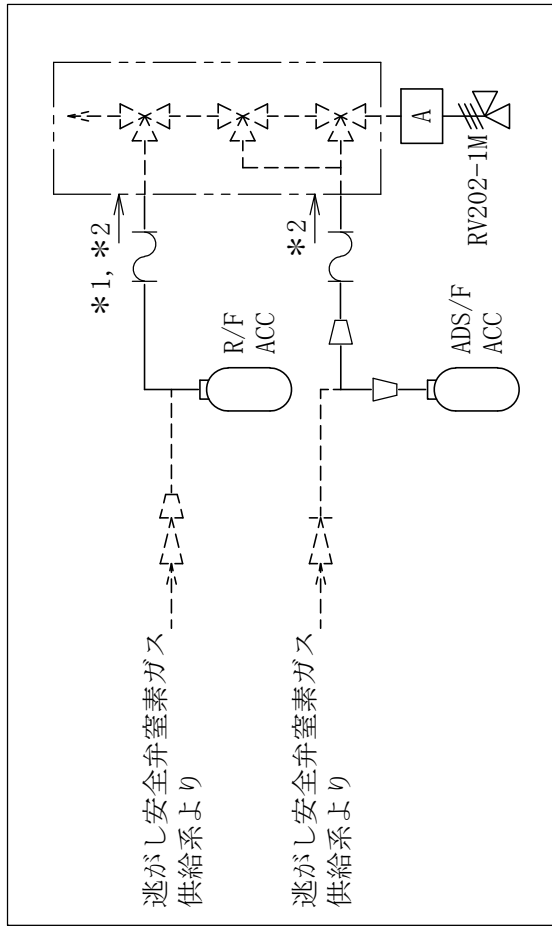
注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
*2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

主蒸気系概略系統図（その5）



注記 *1 : 逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2 : 計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

注 : 本図中の記号の定義を以下に示す。
 ADS/F ACC : 逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
 R/F ACC : 逃がし安全弁用アキュムレータ



注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

主蒸気系概略系統図（その7）

MS-PD-2 (SA) (2/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (DB) (3/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (DB) (6/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (SA) (1/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (SA) (2/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (SA) (3/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (SA) (4/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (SA) (5/6)

鳥瞰図

MS-PS-6 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-7 (DB)

鳥瞰図

MS-PS-7 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-8 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-9 (DB)

鳥瞰図

MS-PS-9 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-10 (DB)

鳥瞰図

MS-PS-10 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-11 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-12 (DB)

鳥瞰図

MS-PS-12 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-14 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-15 (DB)

鳥瞰図

MS-PS-15 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-16 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-17 (DB)

鳥瞰図

MS-PS-17 (SA)

鳥瞰図

4. 主蒸気系の計算モデル

- ・ VI-3-3-3-2-1-2-2 管の応力計算書（主蒸気系）

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A					代表
			一次応力					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度		
1	MS-PD-1	設計・建設規格	24	96	374	3.89	—	
		告示第501号	24	96	366	3.81		
2	MS-PD-2	設計・建設規格	22	88	374	4.25	—	
		告示第501号	22	88	366	4.15		
3	MS-PD-3	設計・建設規格	12	100	374	3.74	—	
		告示第501号	12	100	366	3.66		
4	MS-PD-4	設計・建設規格	28	142	374	2.63	—	
		告示第501号	28	142	366	2.57		○

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	MS-PD-1	設計・建設規格	219	57	154	2.70	—	343	112	185	1.65	—
		告示第501号	220	47	103	2.19	○	343	67	123	1.83	—
2	MS-PD-2	設計・建設規格	135	31	154	4.96	—	244	111	185	1.66	—
		告示第501号	228	29	103	3.55	—	244	69	123	1.78	—
3	MS-PD-3	設計・建設規格	139	27	154	5.70	—	235	93	185	1.98	—
		告示第501号	106	26	103	3.96	—	235	59	123	2.08	—
4	MS-PD-4	設計・建設規格	137	57	154	2.70	—	145	98	185	1.88	—
		告示第501号	3161	36	103	2.86	—	145	60	123	2.05	—
5	MS-PS-6	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
6	MS-PS-7	設計・建設規格	17	19	114	6.00	—	4	112	185	1.65	—
		告示第501号	17	21	76	3.61	—	4	103	123	1.19	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A											
			一次応力(1) ^{*1}						一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表		
7	MS-PS-8	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—		
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—		
8	MS-PS-9	設計・建設規格	15	19	114	6.00	—	3	97	185	1.90	—		
		告示第501号	15	21	76	3.61	—	3	97	123	1.26	—		
9	MS-PS-10	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	12	98	185	1.88	—		
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	11	76	123	1.61	—		
10	MS-PS-11	設計・建設規格	17	19	114	6.00	—	9	88	185	2.10	—		
		告示第501号	17	21	76	3.61	—	9	88	123	1.39	—		
11	MS-PS-12	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	12	99	185	1.86	—		
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	11	78	123	1.57	—		
12	MS-PS-13	設計・建設規格	17	19	114	6.00	—	9	88	185	2.10	—		
		告示第501号	17	21	76	3.61	—	9	88	123	1.39	—		

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

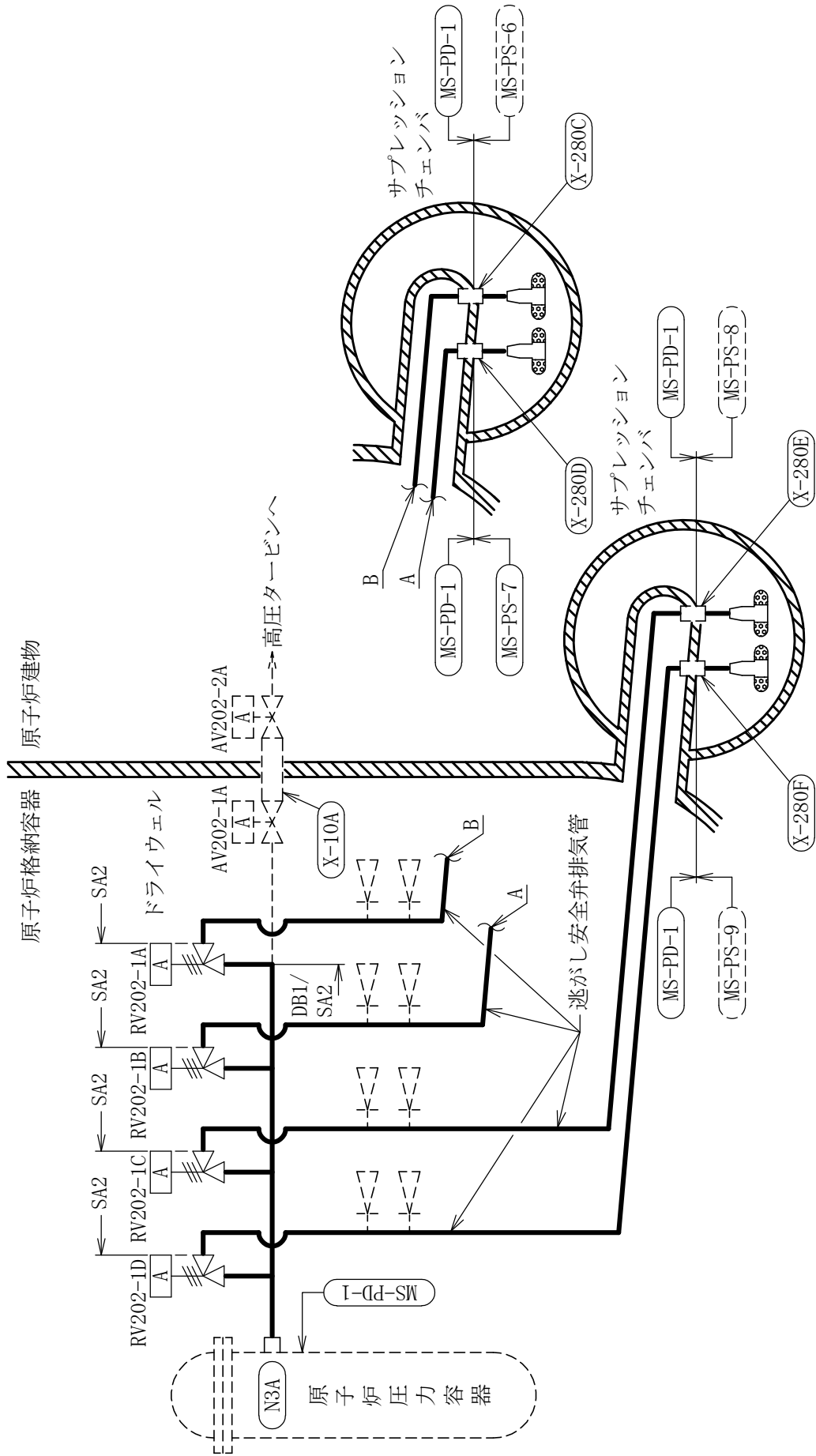
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

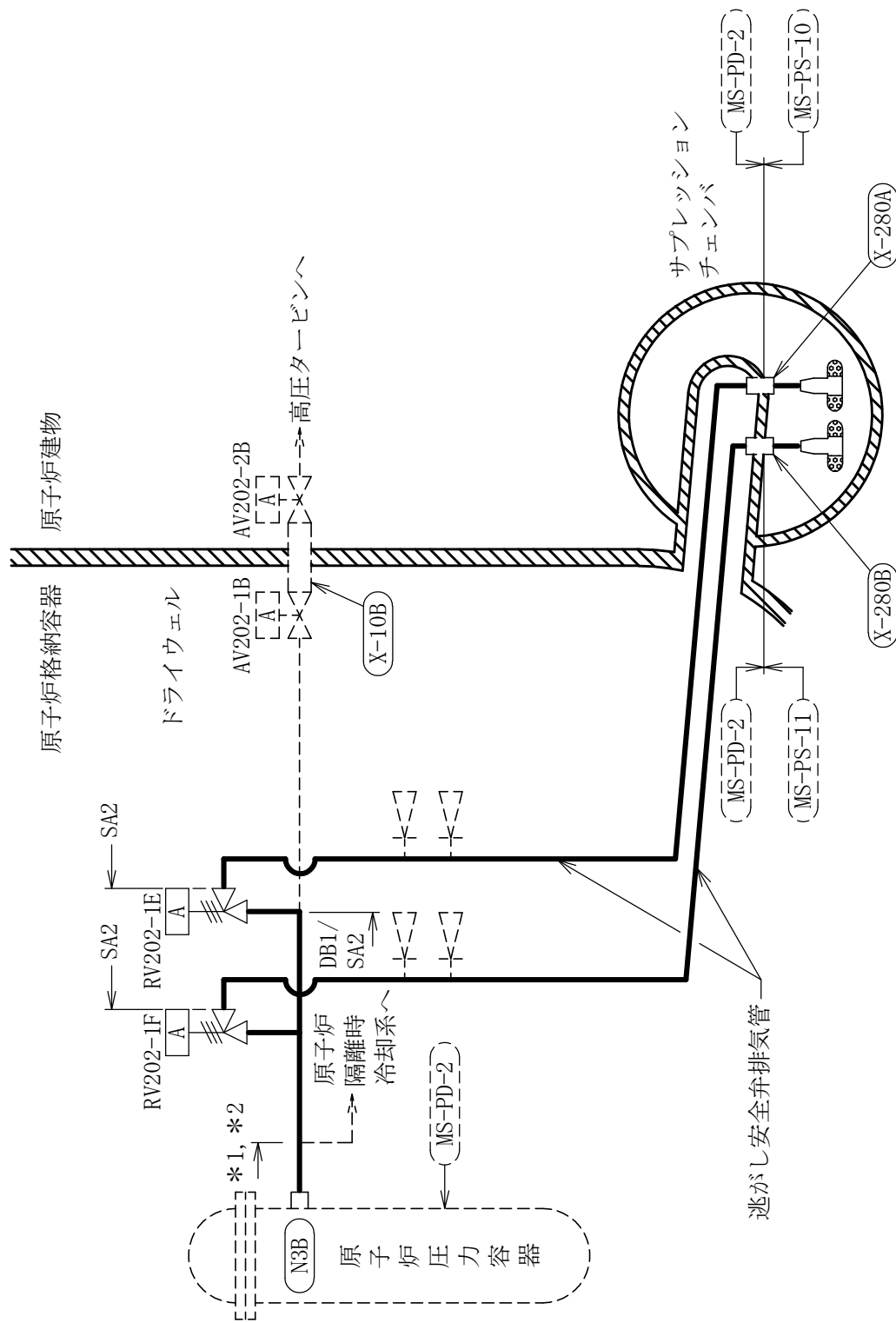
No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
13	MS-PS-14	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
14	MS-PS-15	設計・建設規格	17	19	114	6.00	—	9	88	185	2.10	—
		告示第501号	17	21	76	3.61	—	9	88	123	1.39	—
15	MS-PS-16	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
16	MS-PS-17	設計・建設規格	15	19	114	6.00	—	3	97	185	1.90	—
		告示第501号	15	21	76	3.61	—	3	97	123	1.26	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

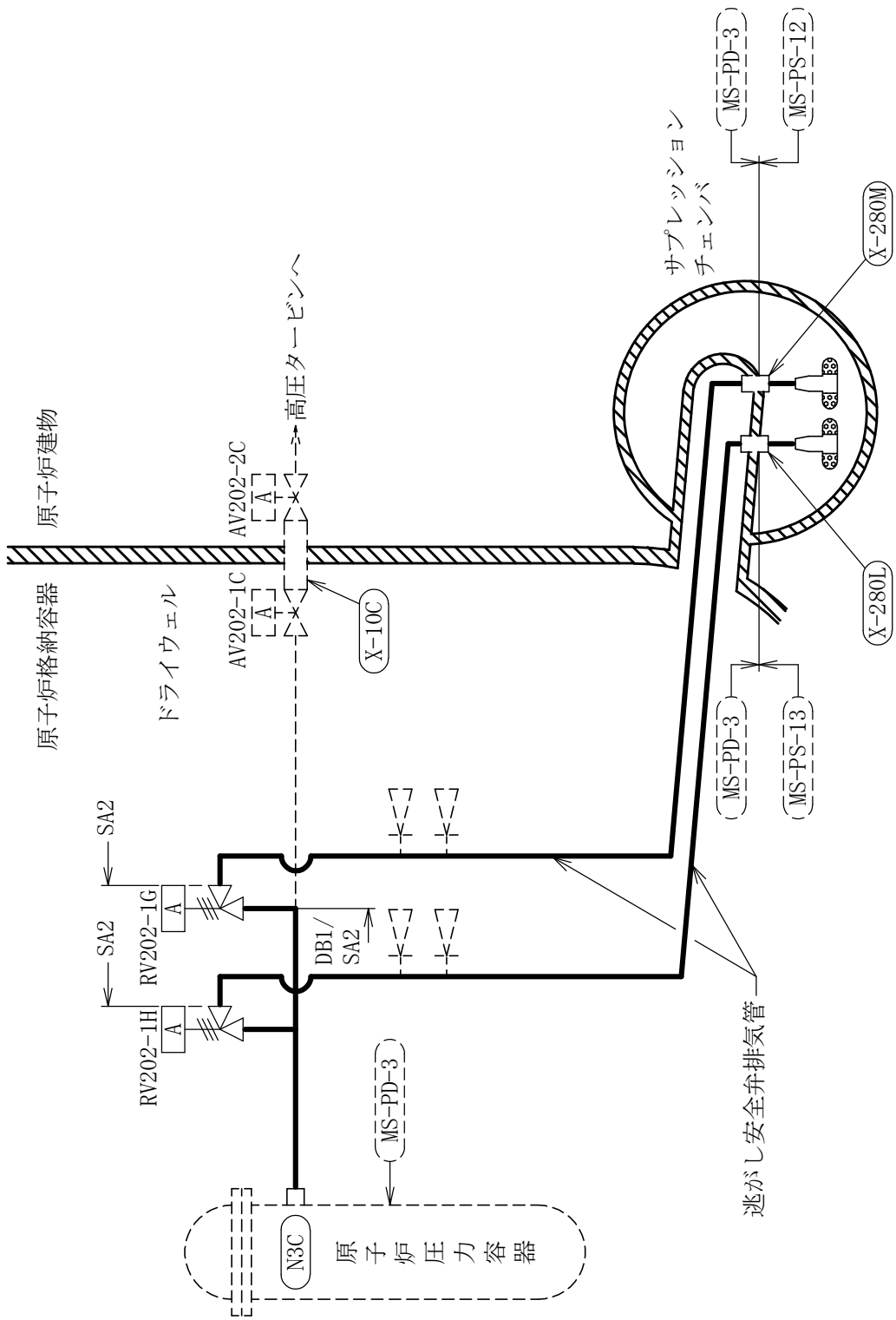


主蒸気系概略系統図 (その 1)

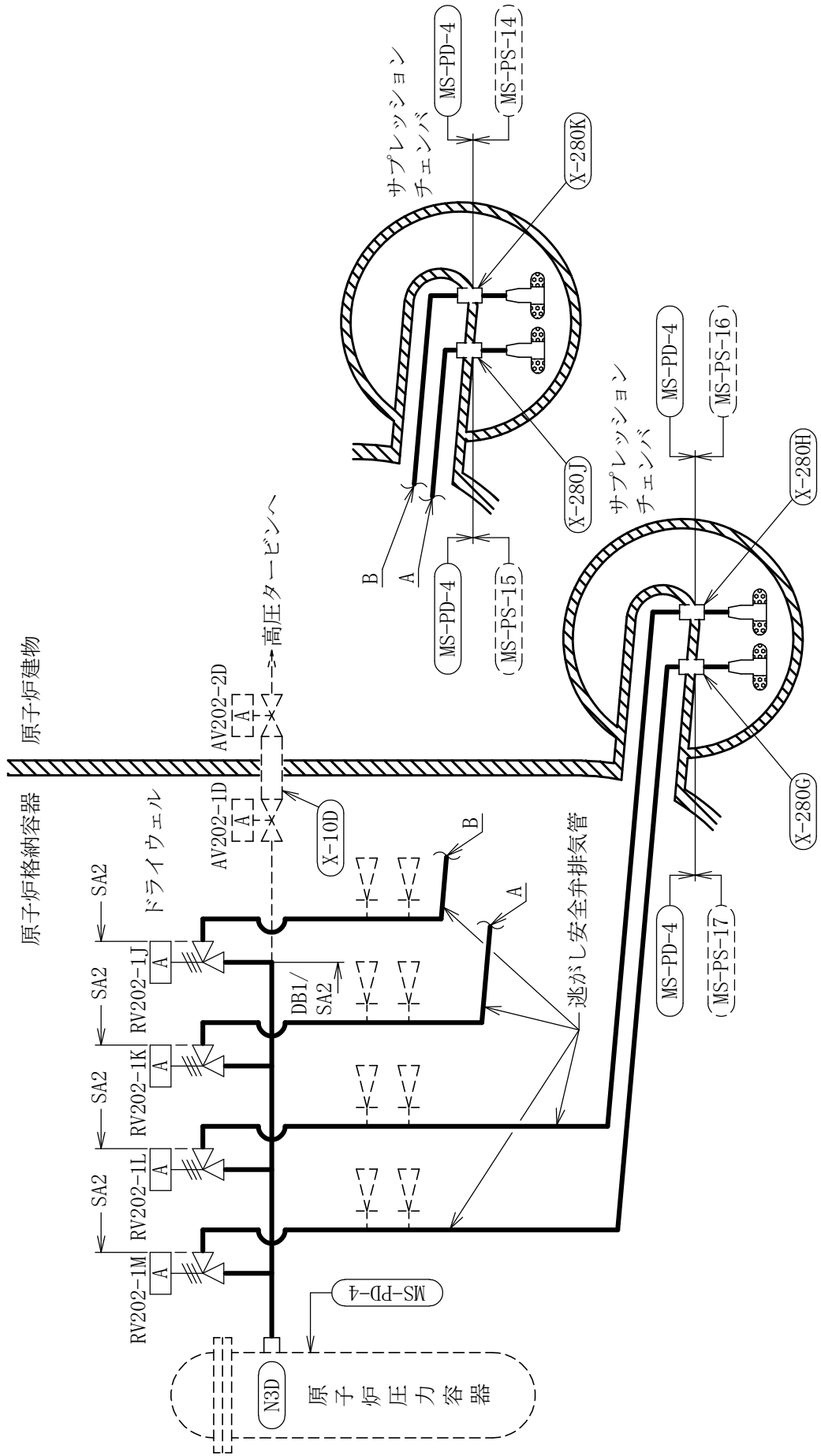


注記*1：高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2：原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。

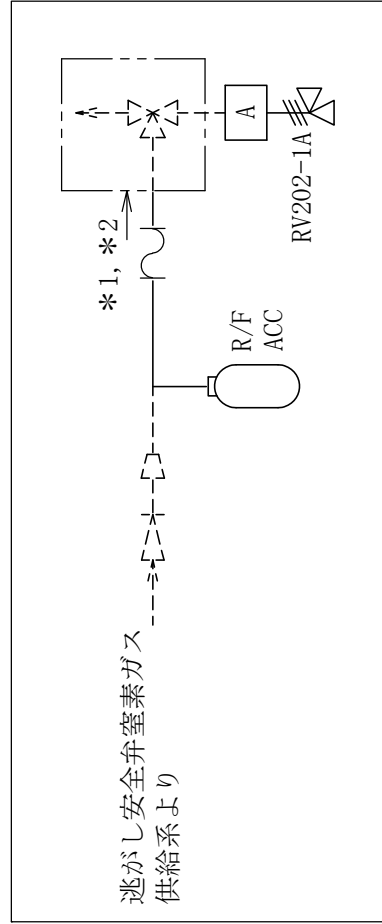
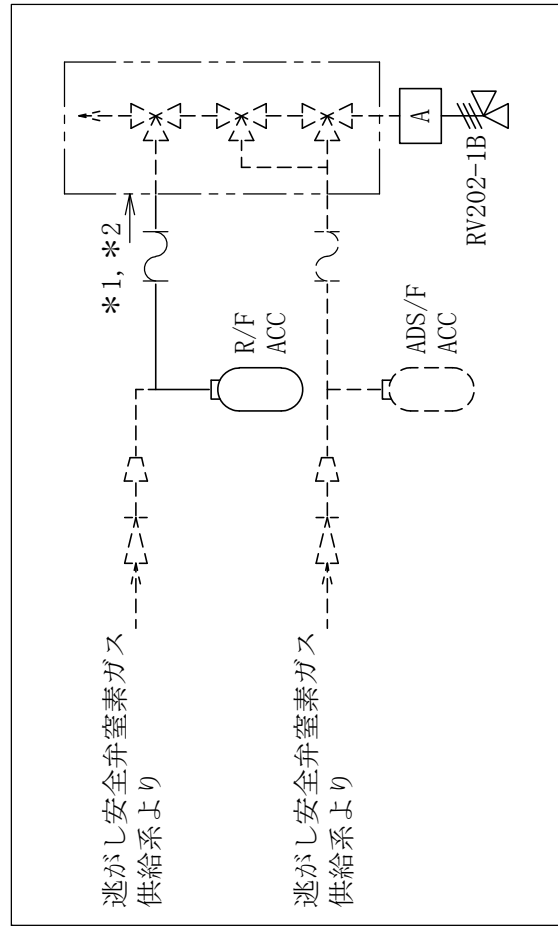
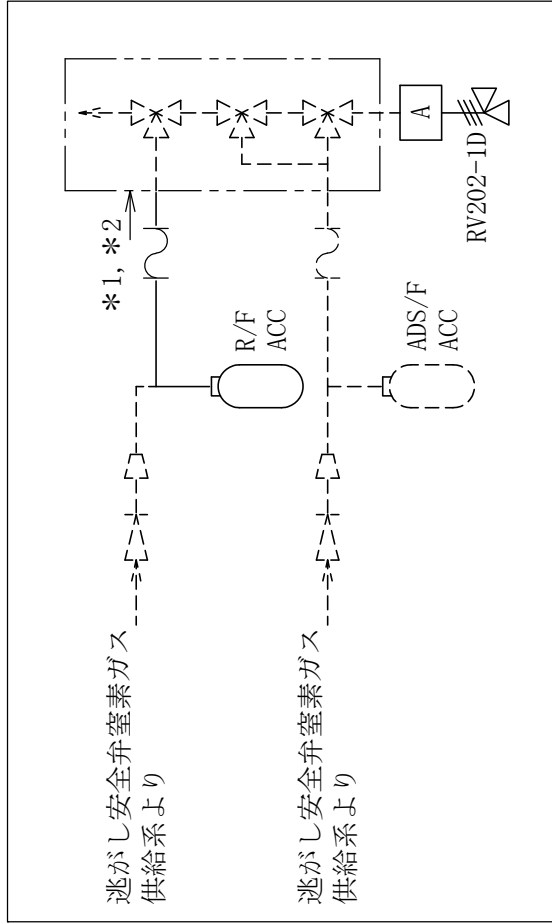
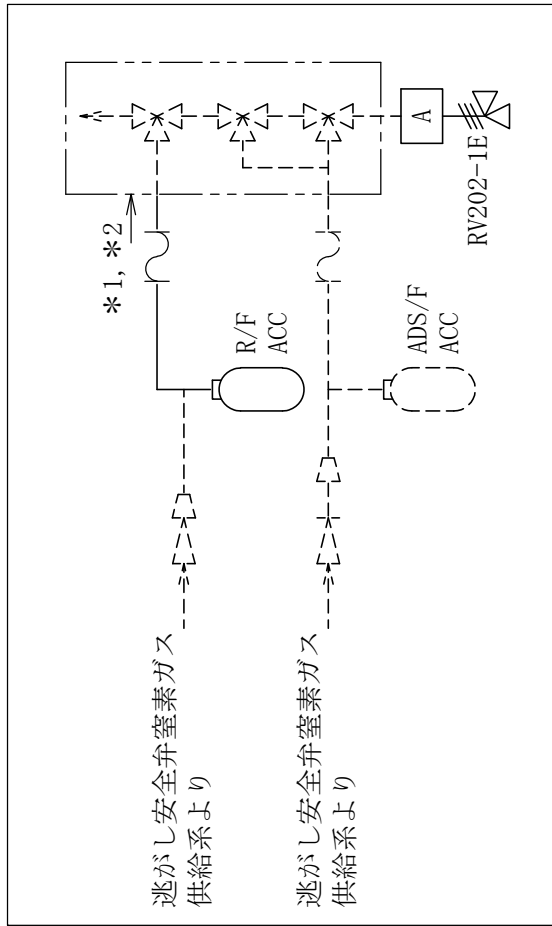
主蒸気系概略系統図（その2）



主蒸気系概略系統図 (その3)



主蒸気系概略系統図 (その4)



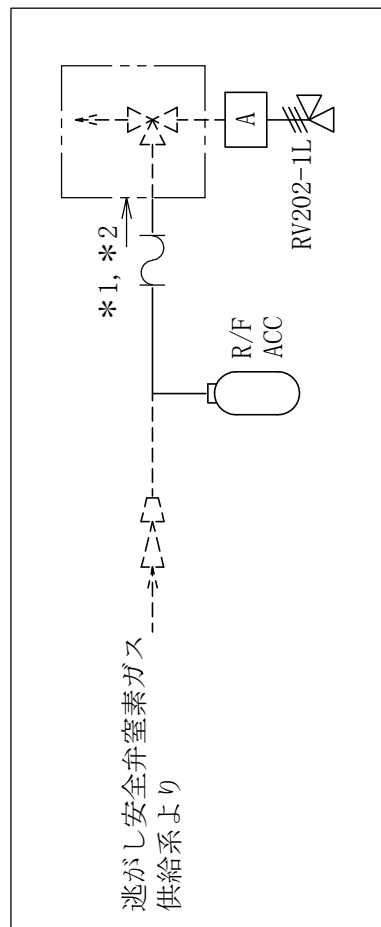
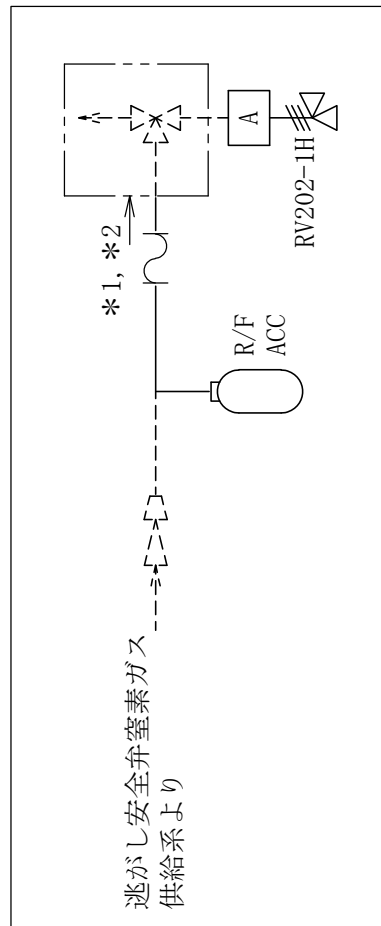
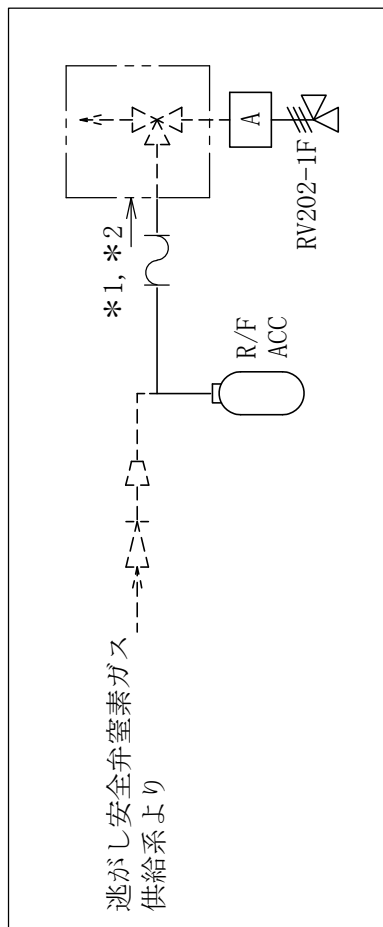
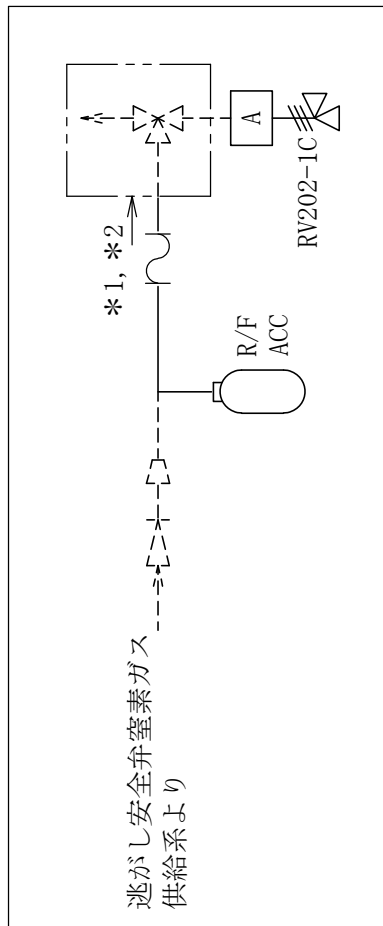
注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

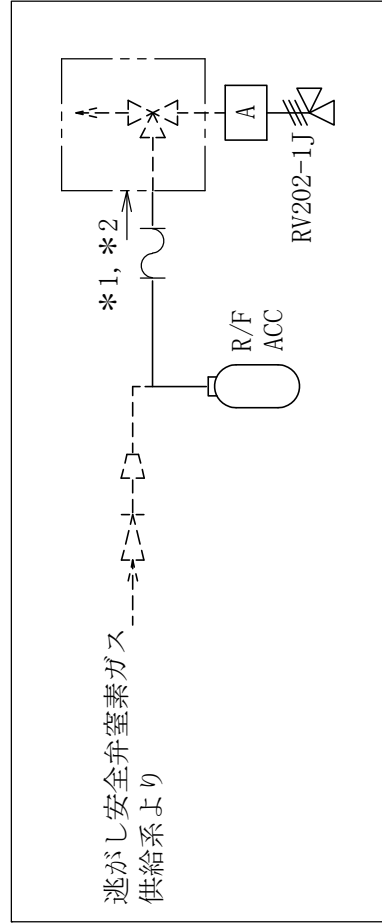
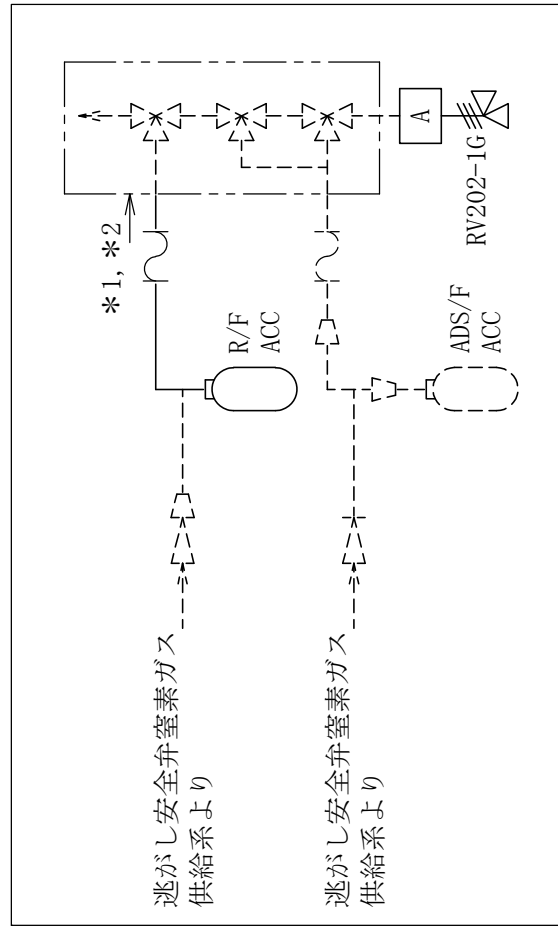
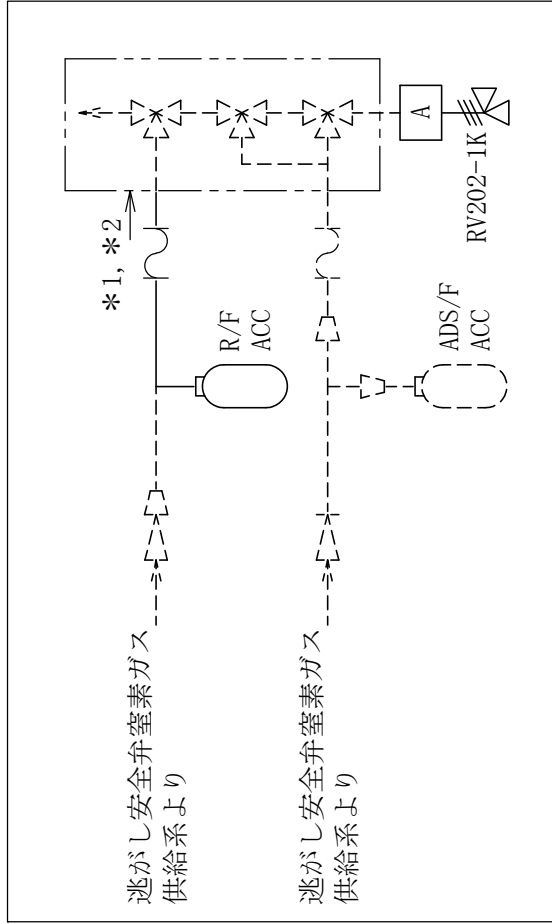
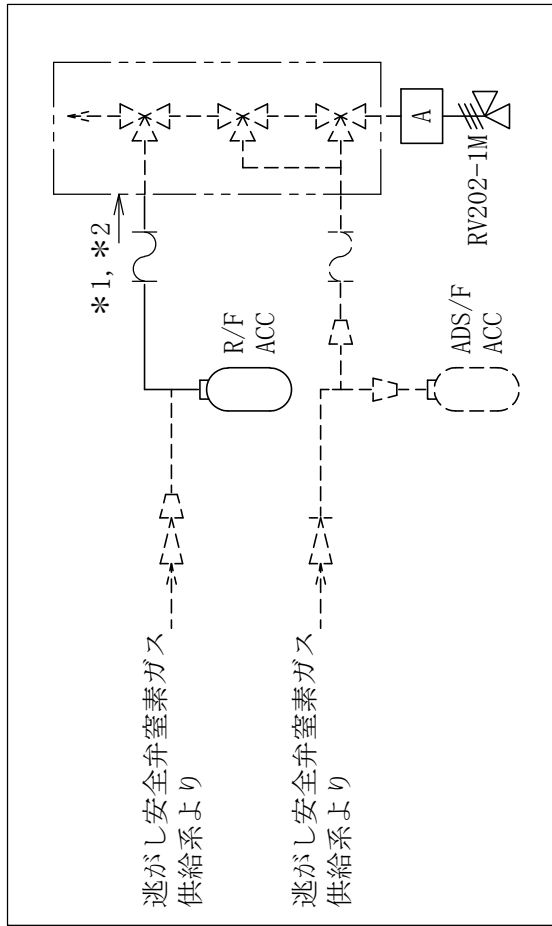
主蒸気系概略系統図（その5）



注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキユムレータ
 R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキユムレータ



注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

主蒸気系概略系統図（その7）

MS-PD-3 (SA) (2/6)

鳥瞰図

MS-PD-3 (SA) (3/6)

鳥瞰図

MS-PS-6 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-7 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-8 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-9 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-10(SA)

鳥瞰図

MS-PS-11 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-12 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-14 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-15 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-16 (SA)

鳥瞰図

MS-PS-17 (SA)

鳥瞰図

5. 給水系の計算モデル

- VI-2-5-3-2-1 管の耐震性についての計算書（給水系）

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	FW-PD-1	19	77	281	3.64	—	1401	129	414	3.20	○	33	0.0890	○
2	FW-PD-2	19	78	281	3.60	○	14	129	414	3.20	—	33	0.0890	—

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	FW-PD-1	19	76	375	4.93	—	1401	236	414	1.75	—	33	0.0890	○
2	FW-PD-2	19	78	375	4.80	○	14	237	414	1.74	○	33	0.0890	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	FW-PD-1	19	76	375	4.93	—	1401	236	414	1.75	—	33	0.0890	○
2	FW-PD-2	19	78	375	4.80	○	14	237	414	1.74	○	33	0.0890	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	FW-PD-1	19	76	375	4.93	—	1401	236	414	1.75	—	33	0.0890	○
2	FW-PD-2	19	78	375	4.80	○	14	237	414	1.74	○	33	0.0890	—

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Ⅲ _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	FW-PD-1	2	65	209	3.21	—	2	20	418	20.90	—	—
2	FW-PD-2	2	65	209	3.21	—	2	20	418	20.90	—	—
3	FW-T-8	255	76	218	2.86	○	255	59	436	7.38	—	○

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 _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	FW-PD-1	2	65	380	5.84	—	2	34	418	12.29	—	—
2	FW-PD-2	2	66	380	5.75	—	2	35	418	11.94	—	—
3	FW-T-8	255	101	384	3.80	○	255	108	436	4.03	—	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	FW-PD-1	2	65	380	5.84	—	2	34	418	12.29	—	—
2	FW-PD-2	2	66	380	5.75	—	2	35	418	11.94	—	—
3	FW-T-8	260A	87	380	4.36	○	317	99	326	3.29	—	○

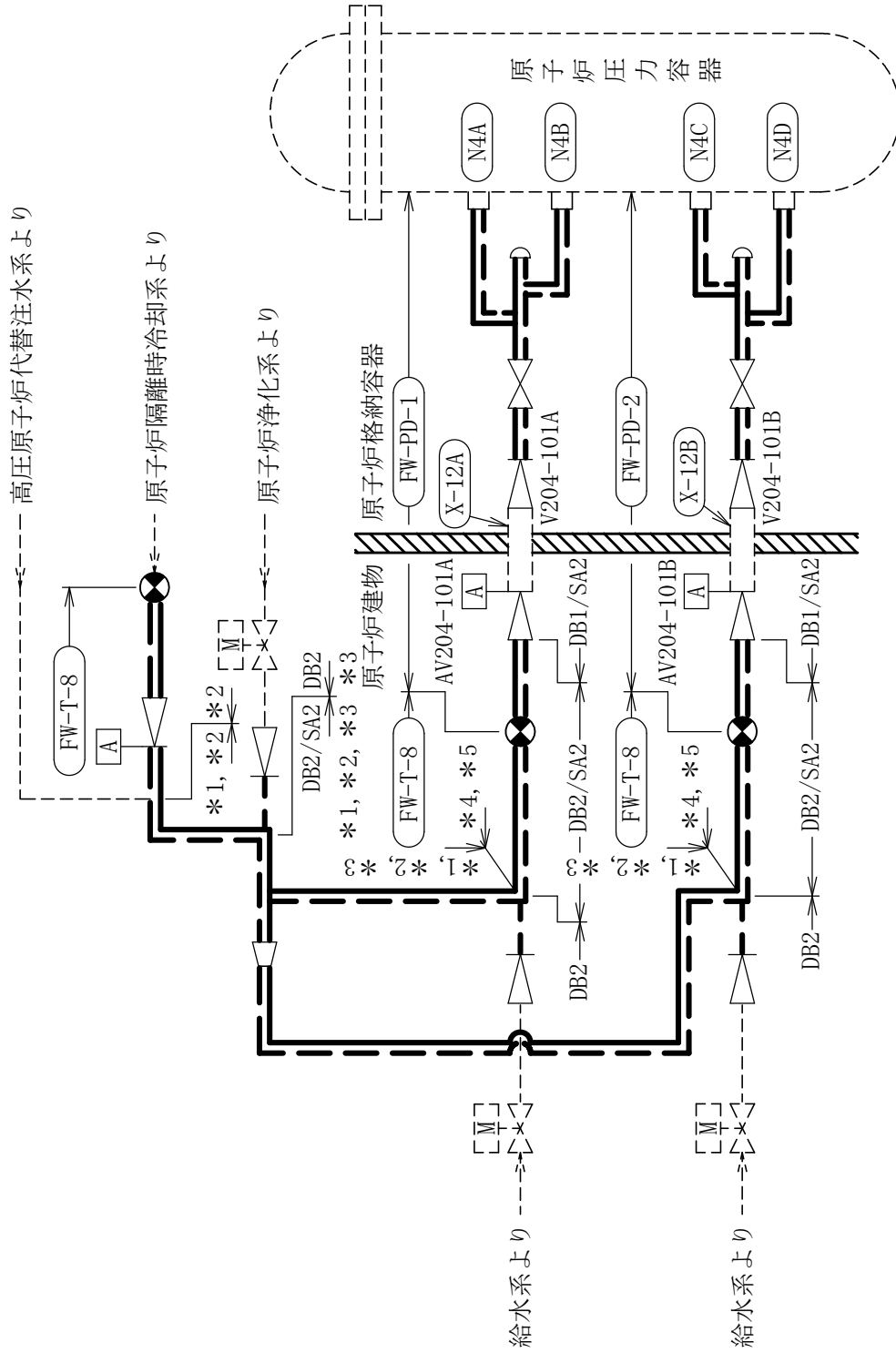
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	FW-PD-1	2	65	380	5.84	—	2	34	418	12.29	—	—
2	FW-PD-2	2	66	380	5.75	—	2	35	418	11.94	—	—
3	FW-T-8	260A	87	380	4.36	○	317	99	326	3.29	—	○



- 注記*1：高圧原子炉代替注水系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：原子炉隔離時冷却系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *3：原子炉浄化系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *4：高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *5：原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。

給水系概略系統図

FW-PD-2 (DB) (1/2)

鳥瞰図

FW-PD-2 (DB) (2/2)

鳥瞰図

FW-PD-2 (SA) (1/2)

鳥瞰図

5. 給水系の計算モデル

- ・ VI-3-3-3-2-2-1-2 管の応力計算書（給水系）

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				代表
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	FW-PD-1	設計・建設規格	19	84	374	4.45	—
		告示第501号	19	89	366	4.11	○
2	FW-PD-2	設計・建設規格	19	84	374	4.45	—
		告示第501号	19	89	366	4.11	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

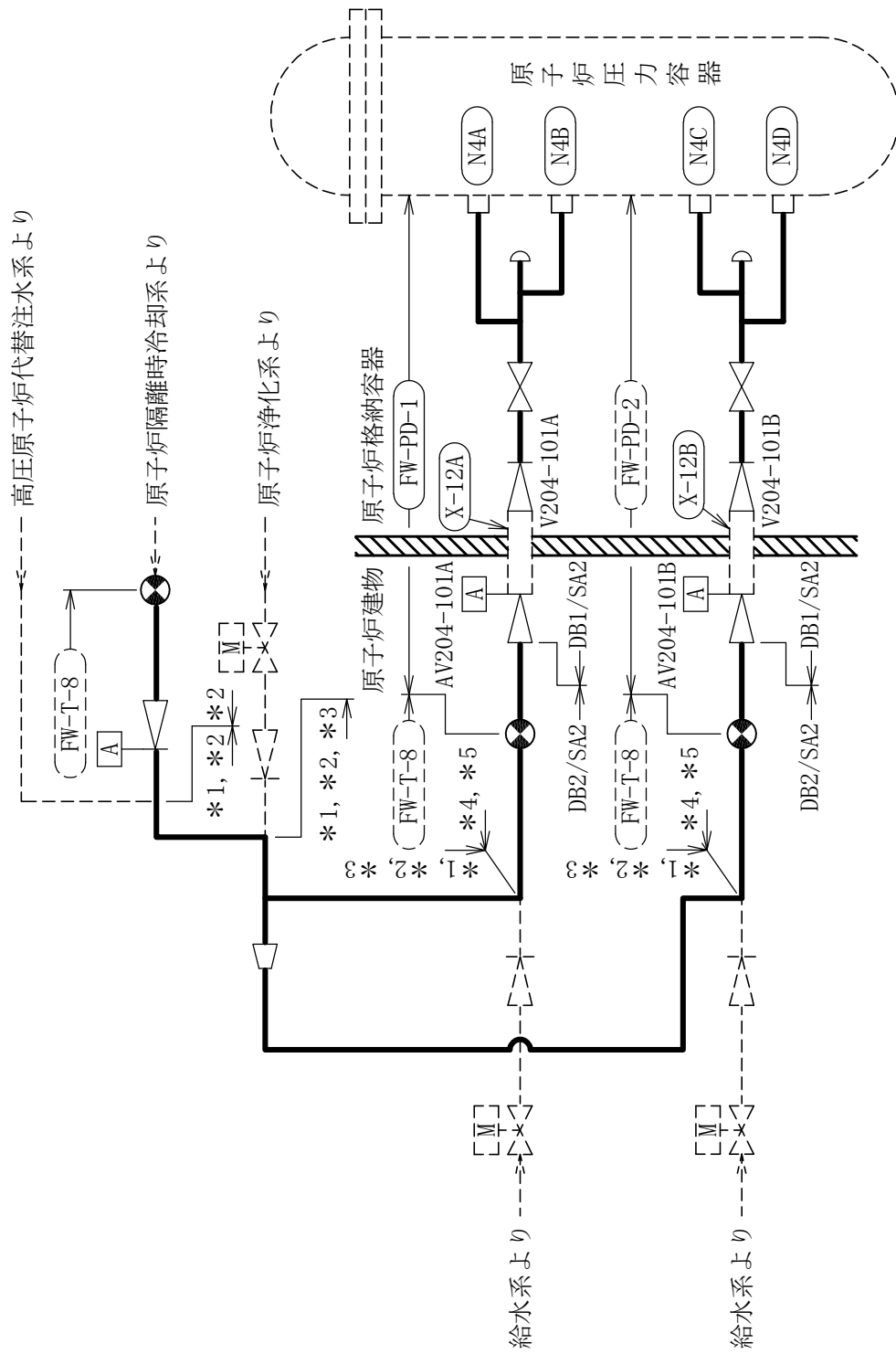
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	FW-PD-1	設計・建設規格	2	58	180	3.10	—	2	63	216	3.42	—
		告示第501号	2	63	120	1.90	○	2	63	144	2.28	○
2	FW-PD-2	設計・建設規格	2	58	180	3.10	—	2	63	216	3.42	—
		告示第501号	2	63	120	1.90	—	2	63	144	2.28	—
3	FW-T-8	設計・建設規格	317	64	151	2.35	—	317	68	181	2.66	—
		告示第501号	165A	60	120	2.00	—	165A	60	144	2.40	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



- 注記*1：高圧原子炉代替注水系の申請範囲であるが，計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：原子炉隔離時冷却系の申請範囲であるが，計算結果は本系統に含めて示す。
 *3：原子炉浄化系の申請範囲であるが，計算結果は本系統に含めて示す。
 *4：高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *5：原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。

給水系概略系統図

6. 残留熱除去系の計算モデル

- ・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）

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RHR-PD-4	31N	91	274	3.01	-	31N	202	366	1.81	-	31N	0.0041	-
2	RHR-PD-5	11	81	274	3.38	-	8	188	366	1.94	-	41	0.0040	-
3	RHR-PD-6	32N	89	274	3.07	-	32N	187	366	1.95	-	32N	0.0035	-
4	RHR-PD-7	27	61	274	4.49	-	27	336	366	1.08	○	27	0.0196	○
5	RHR-PD-8	17	69	274	3.97	-	18	245	366	1.49	-	37	0.0046	-
6	RHR-R-1	109	70	274	3.91	-	109	27	366	13.55	-	110	0.0010	-
7	RHR-R-5A	18	74	274	3.70	-	18	62	366	5.90	-	18	0.0000	-
8	RHR-R-16	49	95	274	2.88	○	50	111	366	3.29	-	46	0.0000	-

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RHR-PD-4	31N	138	366	2.65	○	31N	379	366	0.96	—	31N	0.0161	—
2	RHR-PD-5	11	106	366	3.45	—	8	351	366	1.04	—	41	0.0040	—
3	RHR-PD-6	32N	129	366	2.83	—	32N	350	366	1.04	—	32N	0.0097	—
4	RHR-PD-7	27	75	366	4.88	—	27	558	366	0.65	○	27	0.1770	○
5	RHR-PD-8	17	89	366	4.11	—	18	362	366	1.01	—	18	0.0074	—
6	RHR-R-1	109	77	366	4.75	—	109	51	366	7.17	—	110	0.0010	—
7	RHR-R-5A	18	86	366	4.25	—	18	106	366	3.45	—	18	0.0000	—
8	RHR-R-16	49	132	366	2.77	—	50	193	366	1.89	—	50	0.0006	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RHR-PD-4	31N	138	366	2.65	○	31N	379	366	0.96	○	31N	0.0161	○
2	RHR-PD-5	11	106	366	3.45	—	8	351	366	1.04	—	41	0.0040	—
3	RHR-PD-6	32N	129	366	2.83	—	32N	350	366	1.04	—	32N	0.0097	—
4	RHR-R-1	109	77	366	4.75	—	109	51	366	7.17	—	110	0.0010	—
5	RHR-R-5A	18	86	366	4.25	—	18	106	366	3.45	—	18	0.0000	—
6	RHR-R-16	49	132	366	2.77	—	50	193	366	1.89	—	50	0.0006	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RHR-PD-4	31N	138	366	2.65	○	31N	379	366	0.96	○	31N	0.0161	○
2	RHR-PD-5	11	106	366	3.45	—	8	351	366	1.04	—	41	0.0040	—
3	RHR-PD-6	32N	129	366	2.83	—	32N	350	366	1.04	—	32N	0.0097	—
4	RHR-R-1	109	77	366	4.75	—	109	51	366	7.17	—	110	0.0010	—
5	RHR-R-5A	18	86	366	4.25	—	18	106	366	3.45	—	18	0.0000	—
6	RHR-R-16	49	132	366	2.77	—	50	193	366	1.89	—	50	0.0006	—

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Ⅲ _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	RHR-PD-8	11	69	182	2.63	—	8	165	364	2.20	—	—			
2	RHR-PS-9	7	10	219	21.90	—	7	9	438	48.66	—	—			
3	RHR-PS-10	13	10	219	21.90	—	13	10	438	43.80	—	—			
4	RHR-R-1	29	102	197	1.93	—	29	124	394	3.17	—	—			
5	RHR-R-2	27	95	197	2.07	—	21	179	394	2.20	—	—			
6	RHR-R-3	27	69	221	3.20	—	3	93	438	4.70	—	—			
7	RHR-R-4	34	78	209	2.67	—	340	71	418	5.88	—	—			
8	RHR-R-5	312	136	209	1.53	—	315	185	418	2.25	—	—			
9	RHR-R-5A	10	48	209	4.35	—	10	27	418	15.48	—	—			
10	RHR-R-5B	25	48	209	4.35	—	24	246	418	1.69	—	—			
11	RHR-R-6	24	66	209	3.16	—	80	106	438	4.13	—	—			
12	RHR-R-7	43	98	219	2.23	—	44	207	438	2.11	—	—			
13	RHR-R-8	141	151	182	1.20	—	141	210	364	1.73	—	—			
14	RHR-R-9	35	66	209	3.16	—	35	51	418	8.19	—	—			
15	RHR-R-10	30	82	209	2.54	—	30	77	418	5.42	—	—			

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	
16	RHR-R-11	122	90	209	2.32	—	249	136	418	3.07	—	—	
17	RHR-R-12	1302	59	209	3.54	—	67	123	438	3.56	—	—	
18	RHR-R-13	10	75	219	2.92	—	10	123	438	3.56	—	—	
19	RHR-R-14	24	36	219	6.08	—	40	119	438	3.68	—	—	
20	RHR-R-15	22	87	220	2.52	—	22	75	440	5.86	—	—	
21	RHR-R-16	6	94	220	2.34	—	6	98	440	4.48	—	—	
22	RHR-R-17	54A	162	188	1.16	○	54A	268	376	1.40	—	○	

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 _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	RHR-PD-8	11	98	363	3.70	—	8	298	364	1.22	—	—			
2	RHR-PS-9	7	15	363	24.20	—	7	20	438	21.90	—	—			
3	RHR-PS-10	13	16	363	22.68	—	13	21	438	20.85	—	—			
4	RHR-R-1	29	129	335	2.59	—	29	198	394	1.98	—	—			
5	RHR-R-2	27	141	335	2.37	—	21	294	394	1.34	—	—			
6	RHR-R-3	27	110	335	3.04	—	3	183	438	2.39	—	—			
7	RHR-R-4	34	111	363	3.27	—	34	136	418	3.07	—	—			
8	RHR-R-5	315	220	363	1.65	—	315	353	418	1.18	—	—			
9	RHR-R-5A	10	58	363	6.25	—	10	46	418	9.08	—	—			
10	RHR-R-5B	25	56	363	6.48	—	24	299	418	1.39	—	—			
11	RHR-R-6	21	108	363	3.36	—	80	225	438	1.94	—	—			
12	RHR-R-7	24	94	363	3.86	—	42	233	438	1.87	—	—			
13	RHR-R-8	141	253	363	1.43	○	141	414	364	0.87	0.1594	○			
14	RHR-R-9	35	90	363	4.03	—	35	98	418	4.26	—	—			
15	RHR-R-10	30	117	363	3.10	—	30	149	418	2.80	—	—			

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ⅣAS													
		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	許容応力 (MPa)	疲労累積係数	代表		
16	RHR-R-11	122	131	363	2.77	—	249	264	418	1.58	—	—			
17	RHR-R-12	50	89	363	4.07	—	67	257	438	1.70	—	—			
18	RHR-R-13	10	126	363	2.88	—	10	225	438	1.94	—	—			
19	RHR-R-14	24	45	363	8.06	—	40	252	438	1.73	—	—			
20	RHR-R-15	22	125	364	2.91	—	22	150	440	2.93	—	—			
21	RHR-R-16	6	142	364	2.56	—	6	195	440	2.25	—	—			
22	RHR-R-17	54A	293	431	1.47	—	54A	530	376	0.70	0.0176	—			

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS											
		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	RHR-PS-9	7	15	363	24.20	—	7	20	438	21.90	—	—	
2	RHR-PS-10	13	16	363	22.68	—	13	21	438	20.85	—	—	
3	RHR-R-1	29	129	335	2.59	—	29	198	394	1.98	—	—	
4	RHR-R-2	27	141	335	2.37	○	21	294	394	1.34	—	○	
5	RHR-R-3	27	110	335	3.04	—	3	183	438	2.39	—	—	
6	RHR-R-4	34	111	363	3.27	—	34	136	418	3.07	—	—	
7	RHR-R-5	85	132	363	2.75	—	85	189	418	2.21	—	—	
8	RHR-R-5A	10	58	363	6.25	—	10	46	418	9.08	—	—	
9	RHR-R-5B	25	56	363	6.48	—	24	299	418	1.39	—	—	
10	RHR-R-6	21	108	363	3.36	—	80	225	438	1.94	—	—	
11	RHR-R-7	24	94	363	3.86	—	42	233	438	1.87	—	—	
12	RHR-R-9	35	90	363	4.03	—	35	98	418	4.26	—	—	
13	RHR-R-10	30	117	363	3.10	—	30	149	418	2.80	—	—	
14	RHR-R-11	122	131	363	2.77	—	249	264	418	1.58	—	—	
15	RHR-R-12	50	89	363	4.07	—	67	257	438	1.70	—	—	

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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
16	RHR-R-13	10	126	363	2.88	—	10	225	438	1.94	—	—
17	RHR-R-14	24	45	363	8.06	—	40	252	438	1.73	—	—
18	RHR-R-15	22	125	364	2.91	—	22	150	440	2.93	—	—
19	RHR-R-16	6	142	364	2.56	—	6	195	440	2.25	—	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		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	RHR-PS-9	7	18	363	20.16	—	7	20	420	21.00	—	—	
2	RHR-PS-10	13	20	363	18.15	—	13	21	420	20.00	—	—	
3	RHR-R-1	29	129	335	2.59	—	29	198	394	1.98	—	—	
4	RHR-R-2	27	141	335	2.37	○	21	294	394	1.34	—	○	
5	RHR-R-3	27	110	335	3.04	—	3	183	398	2.17	—	—	
6	RHR-R-4	34	111	363	3.27	—	34	136	418	3.07	—	—	
7	RHR-R-5	85	132	363	2.75	—	85	189	418	2.21	—	—	
8	RHR-R-5A	10	58	363	6.25	—	10	46	418	9.08	—	—	
9	RHR-R-5B	25	56	363	6.48	—	24	299	418	1.39	—	—	
10	RHR-R-6	21	108	363	3.36	—	80	225	414	1.84	—	—	
11	RHR-R-7	24	98	363	3.70	—	42	233	420	1.80	—	—	
12	RHR-R-9	35	90	363	4.03	—	35	98	418	4.26	—	—	
13	RHR-R-10	30	117	363	3.10	—	30	149	418	2.80	—	—	
14	RHR-R-11	122	131	363	2.77	—	249	264	418	1.58	—	—	
15	RHR-R-12	50	89	363	4.07	—	67	257	414	1.61	—	—	

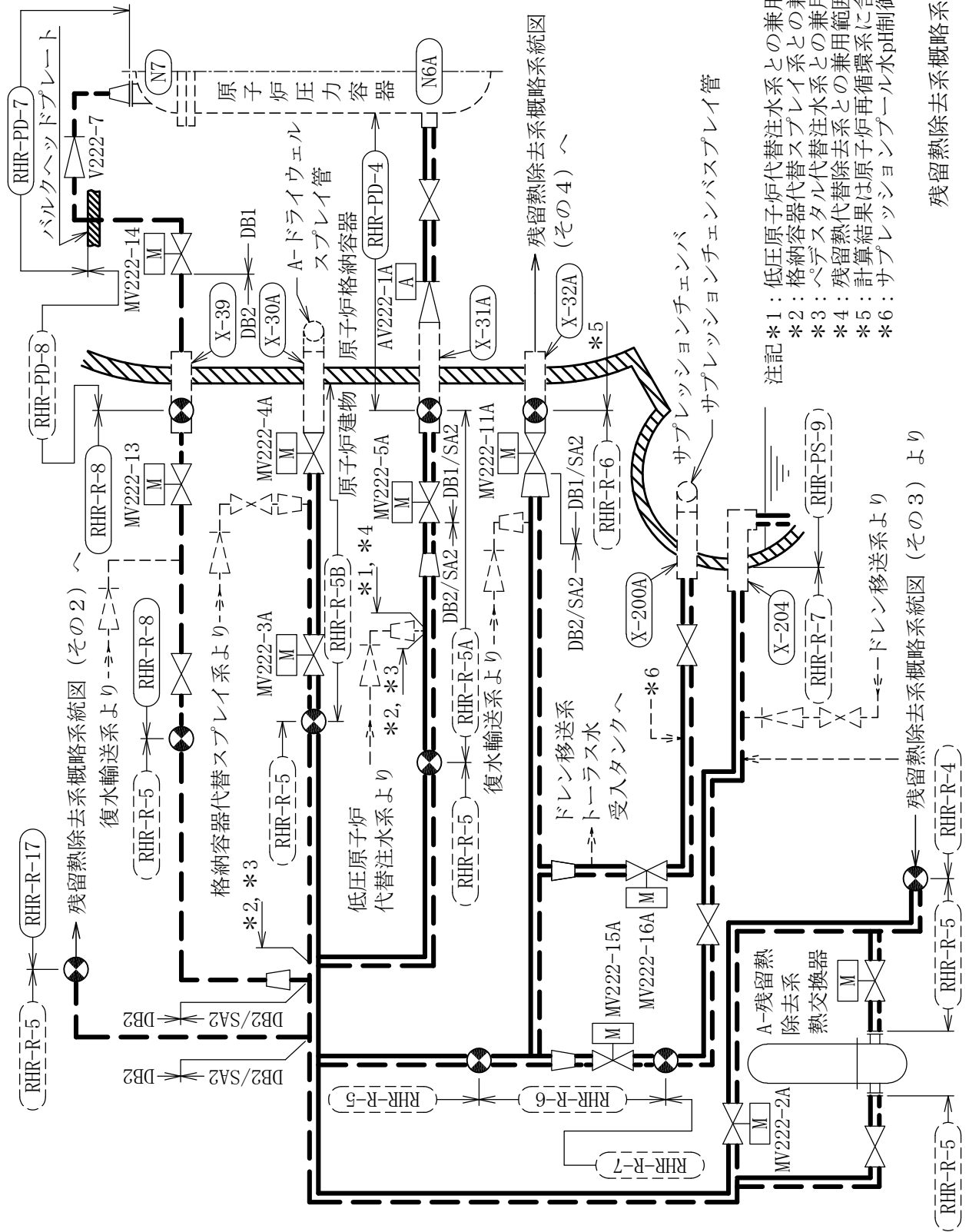
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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。

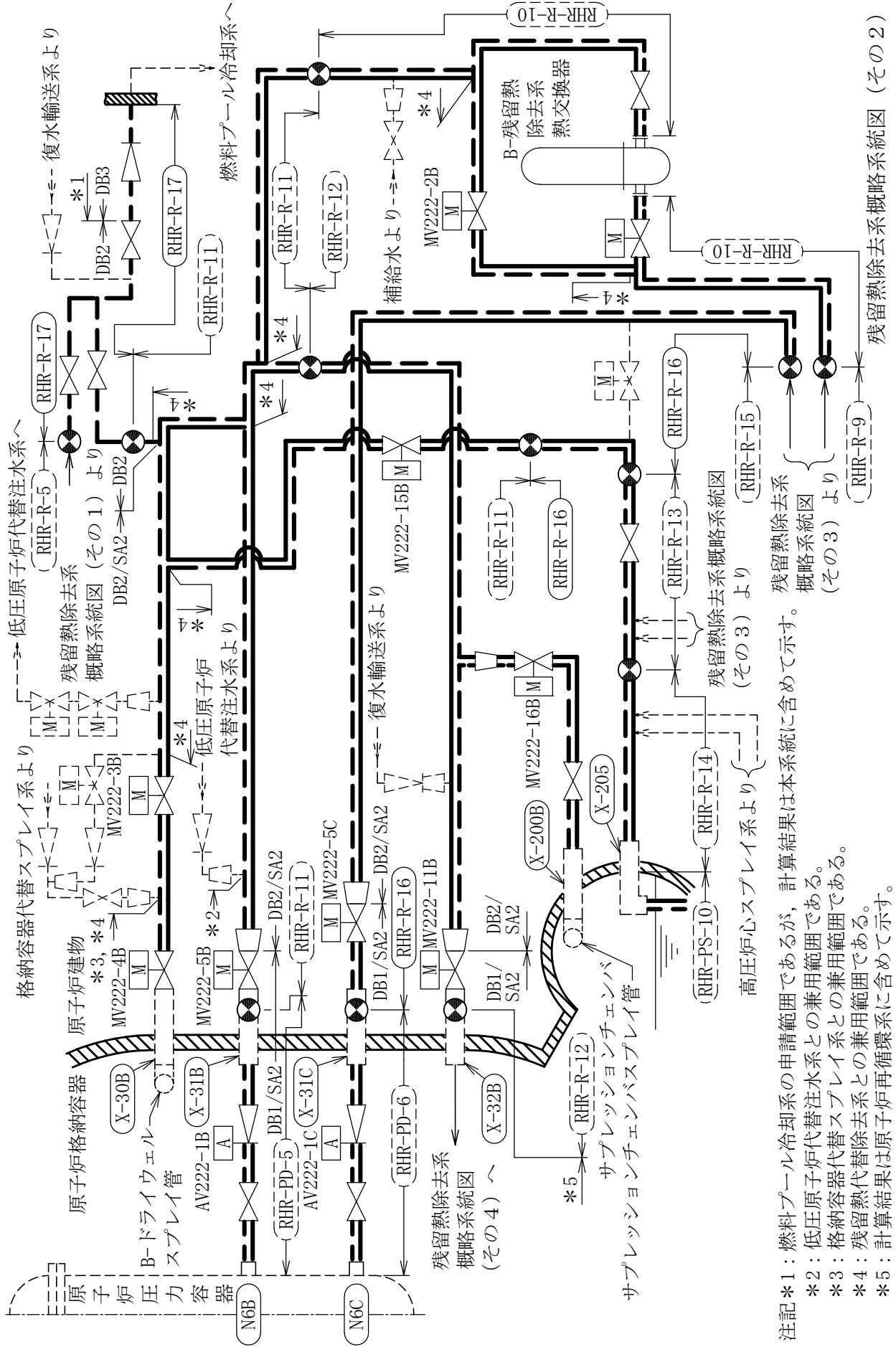
重大事故等クラス2管（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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
16	RHR-R-13	10	130	363	2.79	—	10	225	420	1.86	—	—
17	RHR-R-14	24	48	363	7.56	—	40	252	420	1.66	—	—
18	RHR-R-15	22	125	363	2.90	—	22	150	436	2.90	—	—
19	RHR-R-16	6	142	363	2.55	—	6	195	436	2.23	—	—

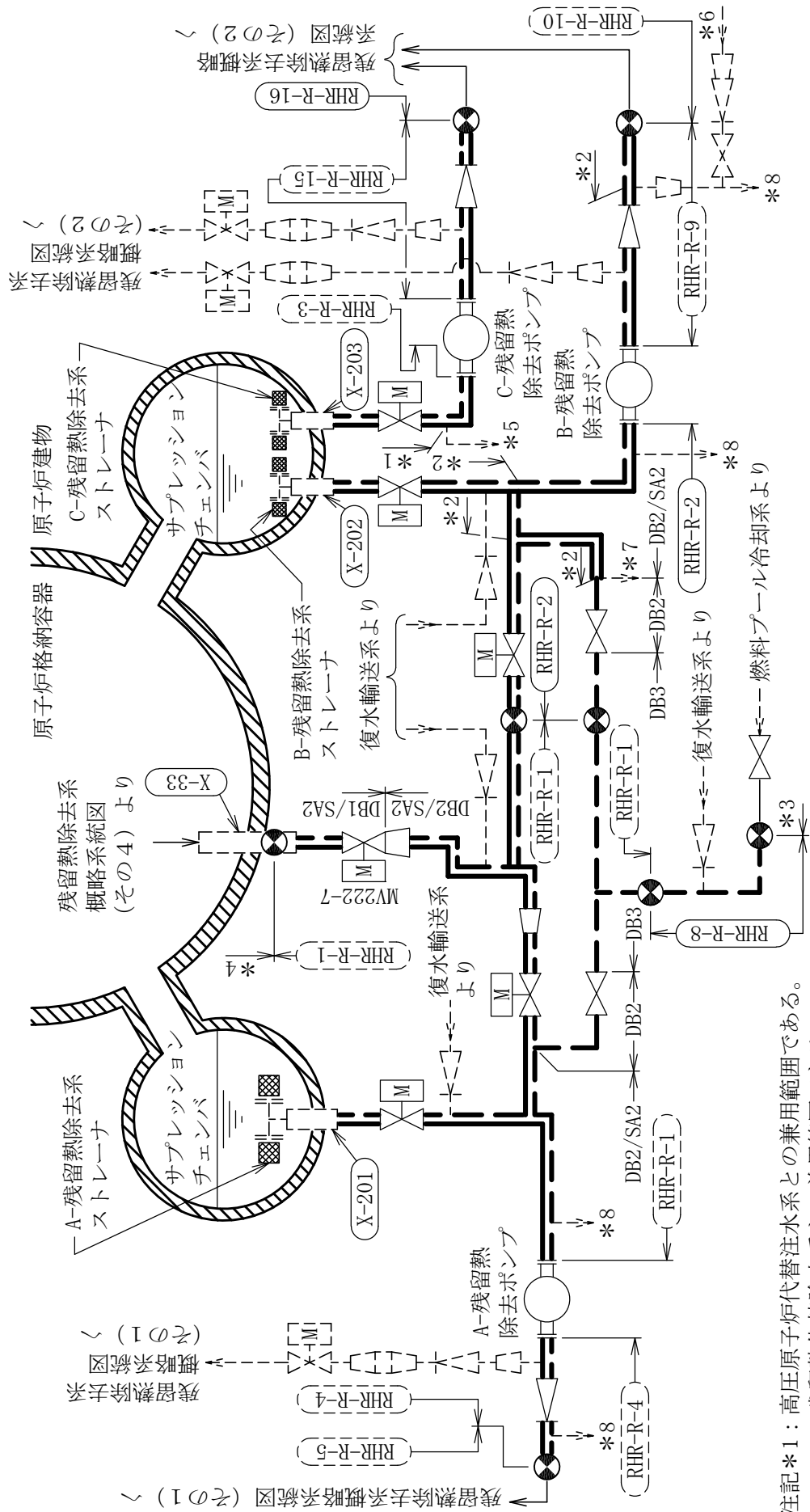


注記*1：低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2：格納容器代替スプレイス系の兼用範囲である。
 *3：ベデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4：残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5：計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。
 *6：サブプレッションpH制御系より

残留熱除去系概略系統図 (その1)

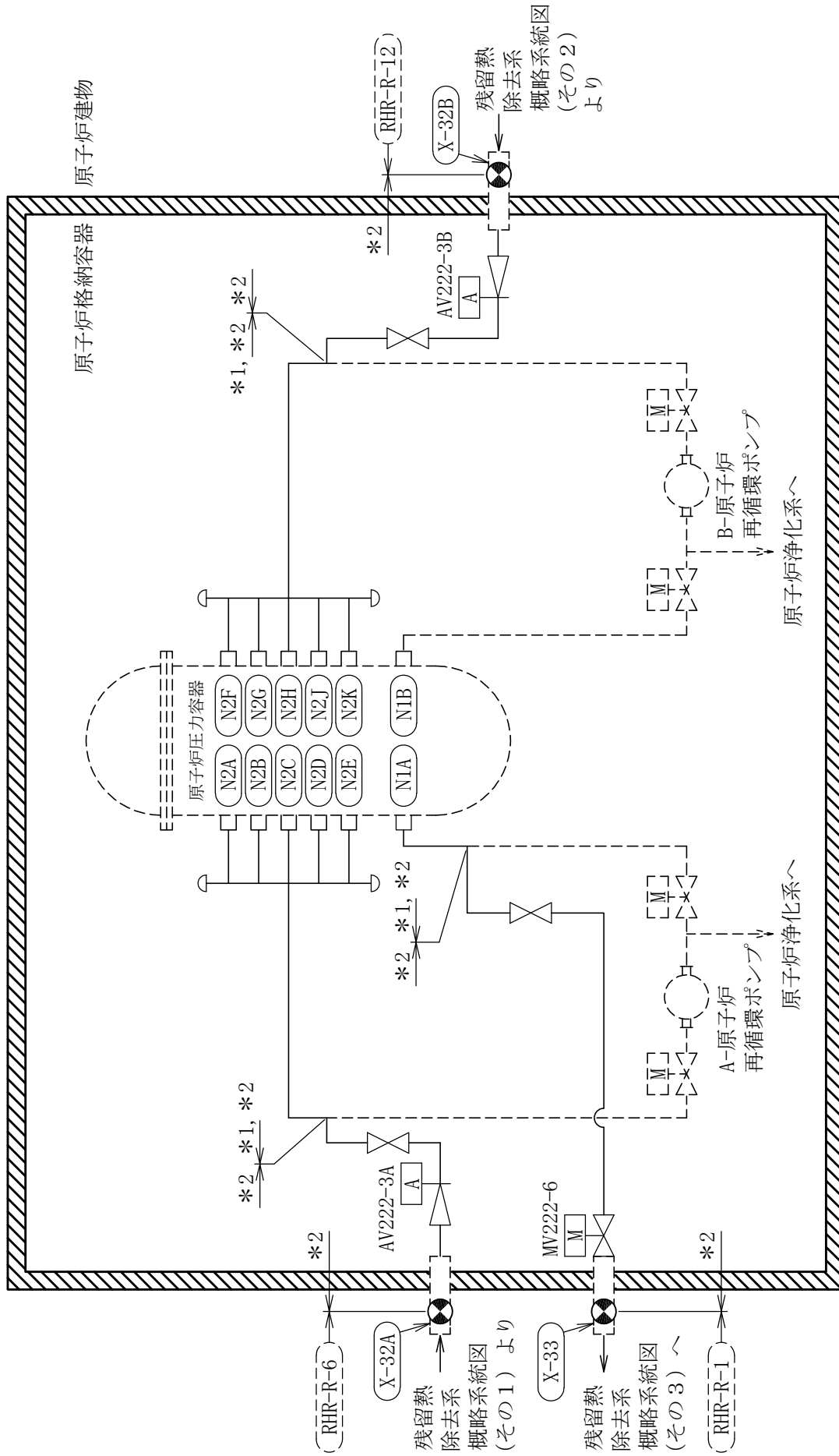


注記*1：燃料プール冷却系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3：格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *4：残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5：計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。



- 注記*1： 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2： 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *3： 計算結果は燃料プール冷却系に含めて示す。
 *4： 計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。
 *5： 高圧原子炉代替注水系へ
 *6： 残留熱代替除去系より
 *7： 残留熱代替除去系へ
 *8： RHRフラッシング用サンプタンクへ

残留熱除去系概略系統図 (その3)



注記*1：原子炉再循環系との兼用範囲である。

*2：計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。

残留熱除去系概略系統図 (その4)

RHR-PD-4 (SA)

鳥瞰図

RHR-PD-5 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RHR-PD-5 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RHR-PD-6 (DB)

鳥瞰図

RHR-PD-6 (SA)

鳥瞰図

RHR-PD-8 (DB)

鳥瞰図

RHR-PS-9 (DB)

鳥瞰図

RHR-PS-9 (SA)

鳥瞰図

RHR-PS-10 (DB)

鳥瞰図

RHR-PS-10 (SA)

鳥瞰図

RHR-R-3 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RHR-R-5B(SA) (2/2)

鳥瞰図

RHR-R-8 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RHR-R-10 (DB)

鳥瞰図

RHR-R-10 (SA)

鳥瞰図

RHR-R-13 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RHR-R-13 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RHR-R-13 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RHR-R-14 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RHR-R-15 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RHR-R-16 (DB) (1/2)

鳥瞰図

6. 残留熱除去系の計算モデル

- ・ VI-3-3-3-1-8-2 管の応力計算書（残留熱除去系）

設計基準対象施設

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2管)

No.	配管モデル	設計条件									
		一次応力($S_{pr m(1)}$)*1					一次応力($S_{pr m(2)}$)*2				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	RHR-R-2	7002	26	154	5.92	—	7002	27	185	6.85	—
2	RHR-R-6	7602	24	154	6.41	—	7602	27	185	6.85	—
3	RHR-R-11	239	45	154	3.42	○	239	47	185	3.93	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

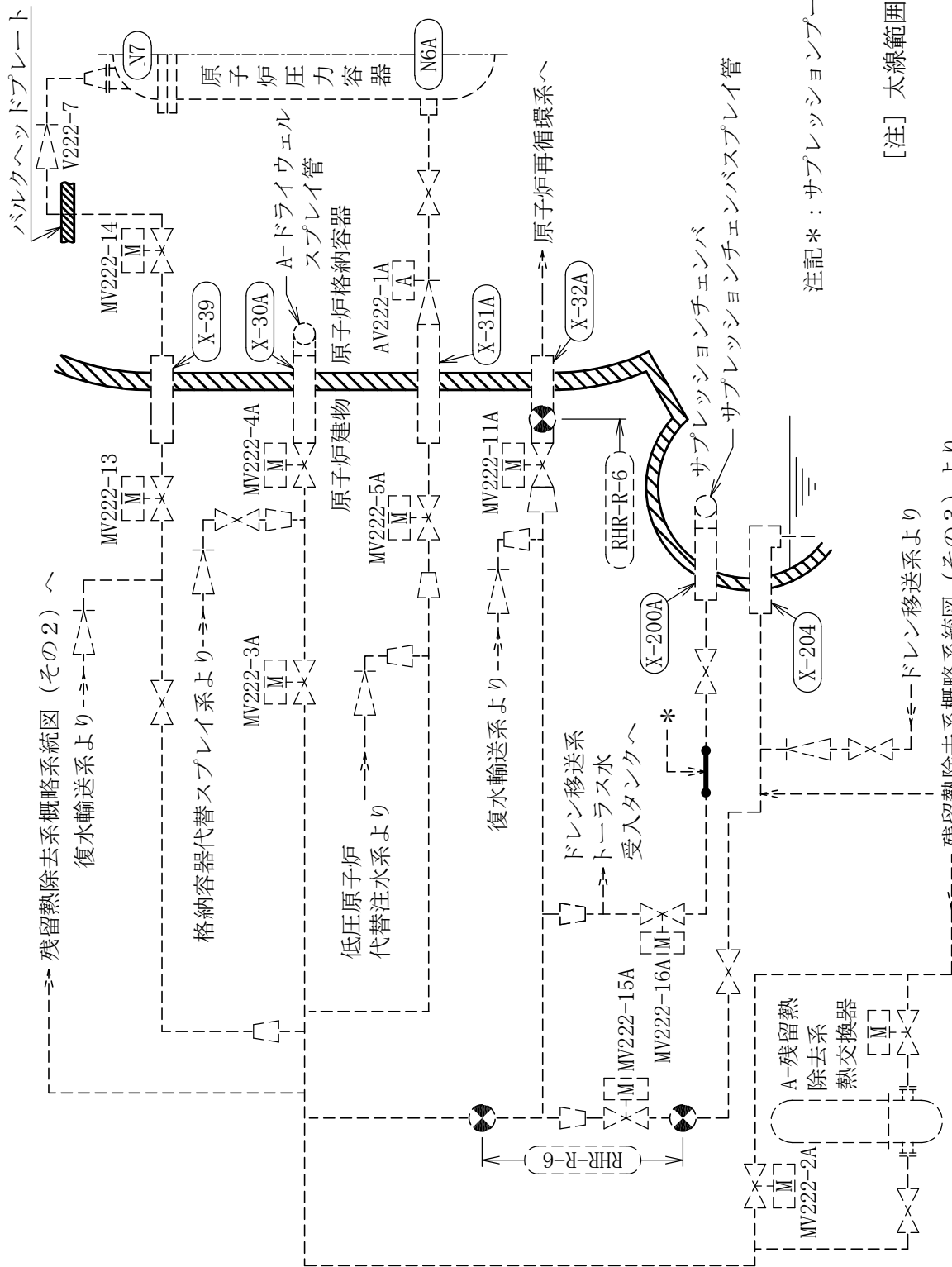
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2管）

No.	配管モデル	供用状態A, B									
		一次+二次応力(S _n (a))* ¹					一次+二次応力(S _n (b))* ²				
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表
1	RHR-R-2	7002	81	257	3.17	—	7002	82	278	3.39	—
2	RHR-R-6	7602	70	257	3.67	—	7602	71	278	3.91	—
3	RHR-R-11	239	125	257	2.05	○	239	128	278	2.17	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

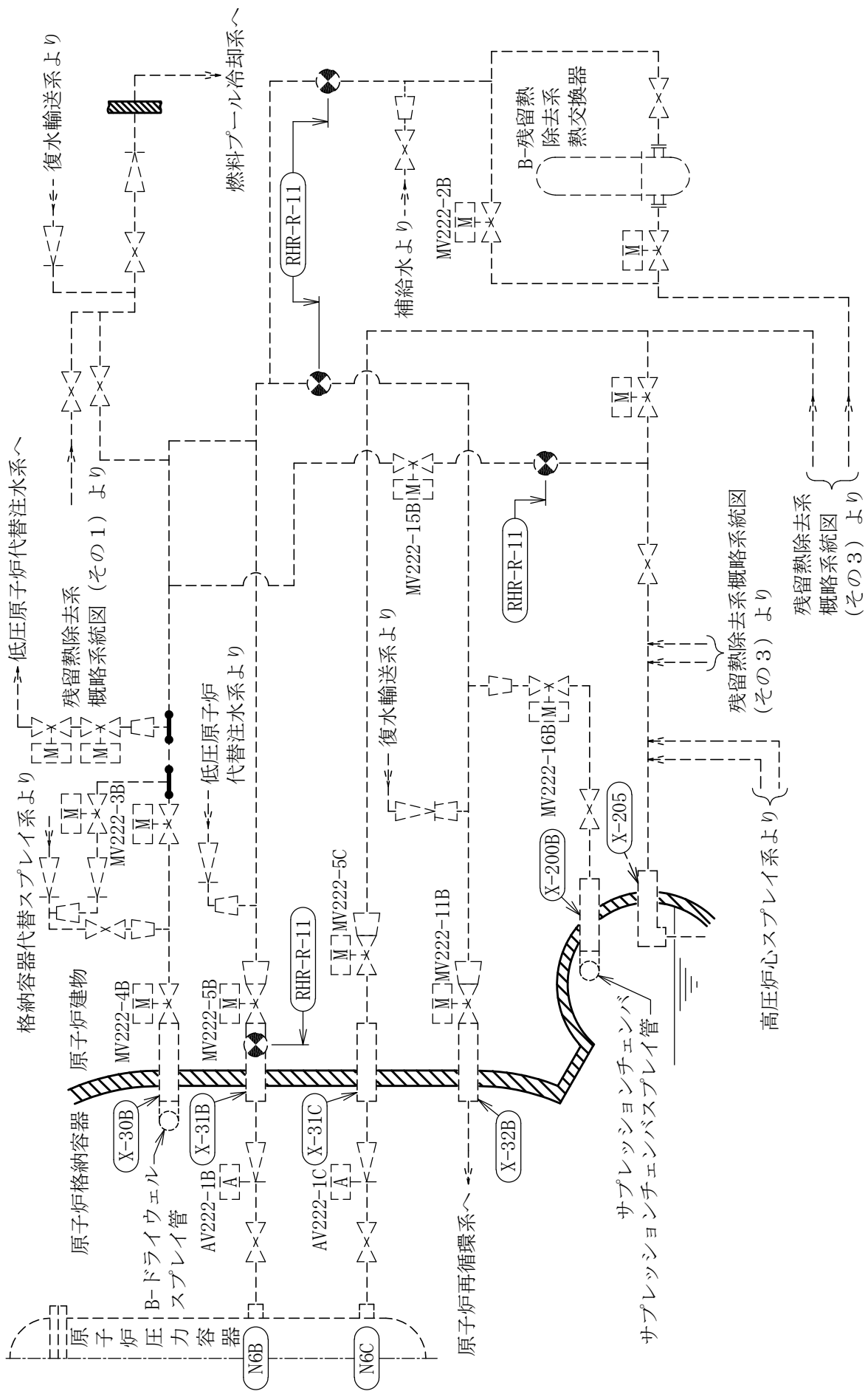


注記*：サブプレッションプール水pH制御系より

[注] 太線範囲の管クラス：DB2

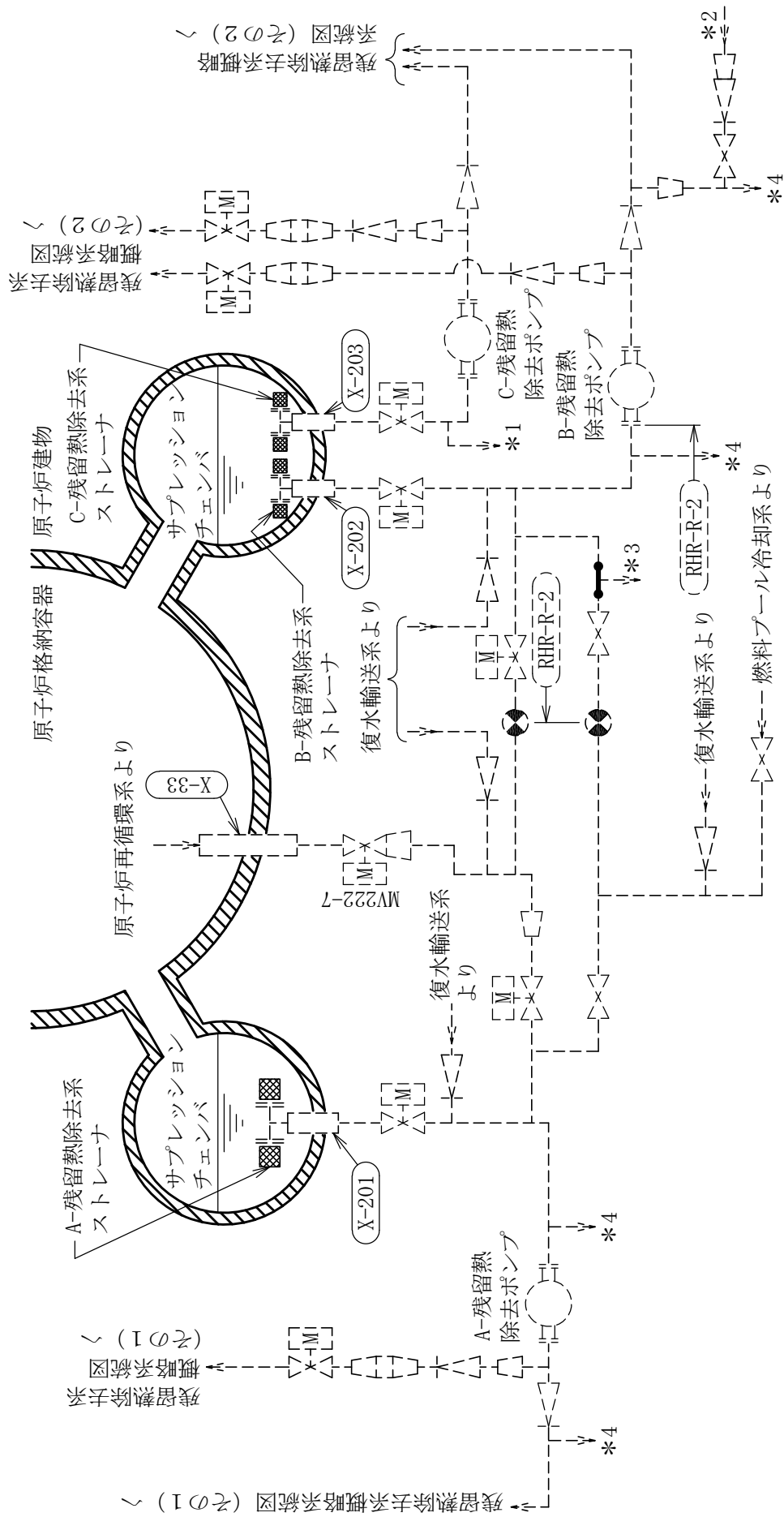
残留熱除去系概略系統図（その3）より

残留熱除去系概略系統図（その1）



残留熱除去系概略系統図 (その2)

[注] 太線範囲の管クラス : DB2



[注] 太線範囲の管クラス：DB2
 残留熱除去系概略系統図（その3）

注記*1：高圧原子炉代替注水系へ
 *2：残留熱代替除去系より
 *3：残留熱代替除去系へ
 *4：RHRフラッシング用サブタンクへ

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A					代表
			一次応力					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度		
1	RHR-PD-4	設計・建設規格	14	63	364	5.77	—	
		告示第501号	11	63	366	5.80		
2	RHR-PD-5	設計・建設規格	42N	62	364	5.87	—	
		告示第501号	42N	62	366	5.90		
3	RHR-PD-6	設計・建設規格	8	51	364	7.13	—	
		告示第501号	8	52	366	7.03		
4	RHR-R-1	設計・建設規格	109	54	364	6.74	—	
		告示第501号	109	54	366	6.77		
5	RHR-R-5A	設計・建設規格	18	52	364	7.00	—	
		告示第501号	18	53	366	6.90		
6	RHR-R-16	設計・建設規格	49	88	364	4.13	—	
		告示第501号	49	89	366	4.11		

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。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	RHR-PS-9	設計・建設規格	7	9	154	17.11	—	7	10	185	18.50	—
		告示第501号	7	9	103	11.44	—	7	9	123	13.66	—
2	RHR-PS-10	設計・建設規格	9	9	154	17.11	—	9	10	185	18.50	—
		告示第501号	9	9	103	11.44	—	9	9	123	13.66	—
3	RHR-R-1	設計・建設規格	29	96	150	1.56	○	29	99	180	1.81	○
		告示第501号	70	53	103	1.94	—	70	53	123	2.32	—
4	RHR-R-2	設計・建設規格	27	56	150	2.67	—	27	58	180	3.10	—
		告示第501号	35N	38	100	2.63	—	35N	38	120	3.15	—
5	RHR-R-3	設計・建設規格	27	76	150	1.97	—	27	78	180	2.30	—
		告示第501号	27	41	100	2.43	—	27	41	120	2.92	—
6	RHR-R-4	設計・建設規格	25	48	154	3.20	—	25	52	185	3.55	—
		告示第501号	24	48	103	2.14	—	24	48	123	2.56	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	RHR-R-5	設計・建設規格	81	72	154	2.13	—	81	75	185	2.46	—
		告示第501号	85	46	103	2.23	—	85	46	123	2.67	—
8	RHR-R-5A	設計・建設規格	10	40	154	3.85	—	10	42	185	4.40	—
		告示第501号	10	35	103	2.94	—	10	35	123	3.51	—
9	RHR-R-5B	設計・建設規格	20	44	154	3.50	—	20	46	185	4.02	—
		告示第501号	25	40	103	2.57	—	25	40	123	3.07	—
10	RHR-R-6	設計・建設規格	3	47	154	3.27	—	3	50	185	3.70	—
		告示第501号	12	41	103	2.51	—	12	41	123	3.00	—
11	RHR-R-7	設計・建設規格	13	41	154	3.75	—	13	41	185	4.51	—
		告示第501号	3001	32	103	3.21	—	3001	32	123	3.84	—
12	RHR-R-9	設計・建設規格	201	51	154	3.01	—	201	53	185	3.49	—
		告示第501号	43	44	103	2.34	—	43	44	123	2.79	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
13	RHR-R-10	設計・建設規格	28	78	154	1.97	—	28	83	185	2.22	—
		告示第501号	41	48	103	2.14	—	41	48	123	2.56	—
14	RHR-R-11	設計・建設規格	68	70	154	2.20	—	68	76	185	2.43	—
		告示第501号	122	45	103	2.28	—	122	45	123	2.73	—
15	RHR-R-12	設計・建設規格	7	58	154	2.65	—	7	64	185	2.89	—
		告示第501号	27	45	103	2.28	—	27	45	123	2.73	—
16	RHR-R-13	設計・建設規格	10	59	154	2.61	—	10	60	185	3.08	—
		告示第501号	1A	42	103	2.45	—	1A	42	123	2.92	—
17	RHR-R-14	設計・建設規格	34	29	154	5.31	—	34	30	185	6.16	—
		告示第501号	34	30	103	3.43	—	34	30	123	4.10	—
18	RHR-R-15	設計・建設規格	22	47	154	3.27	—	22	51	185	3.62	—
		告示第501号	22	51	103	2.01	—	22	51	123	2.41	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

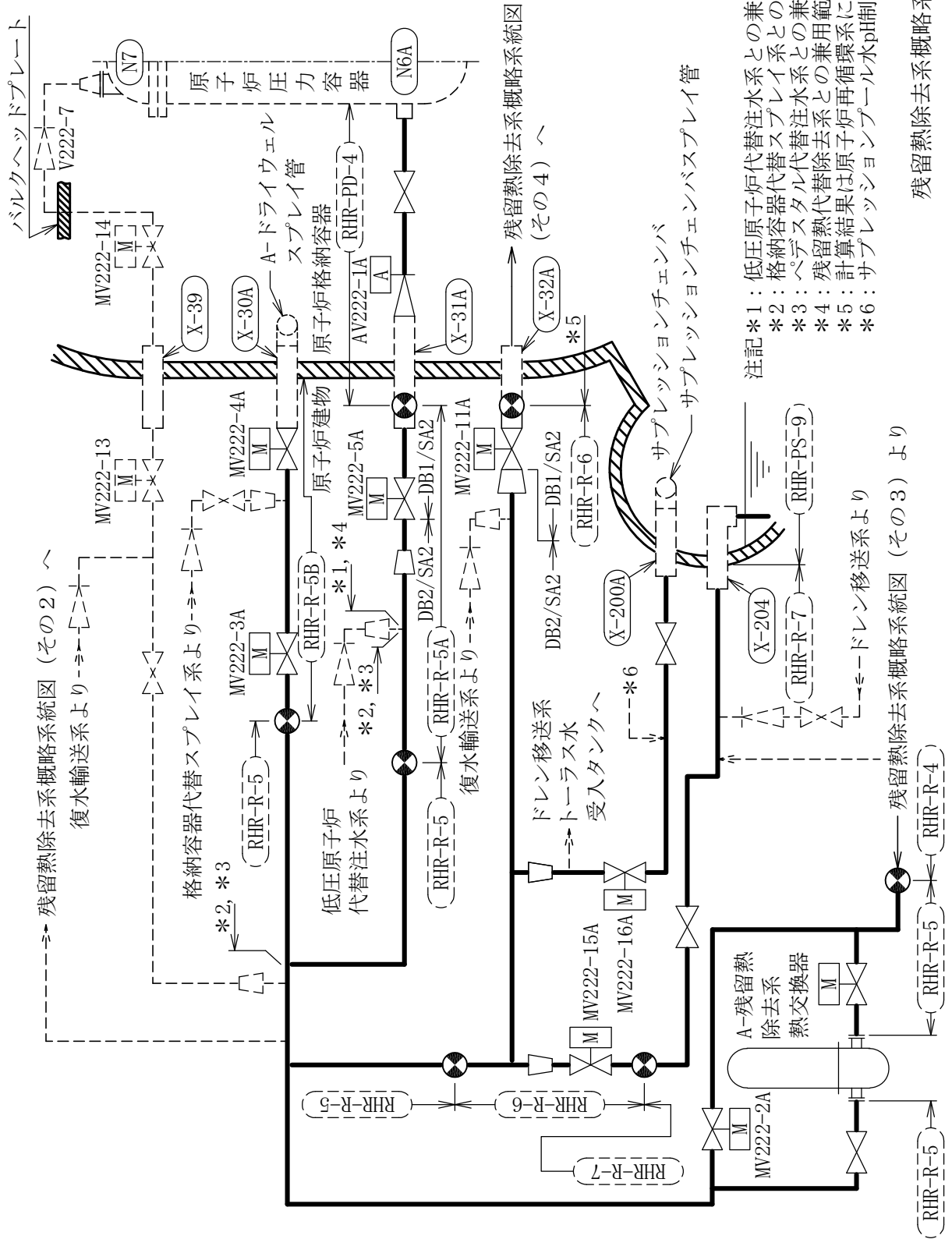
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
19	RHR-R-16	設計・建設規格 告示第501号	5	65	154	2.36	—	5	70	185	2.64	—
			6	45	103	2.28	—	6	45	123	2.73	—

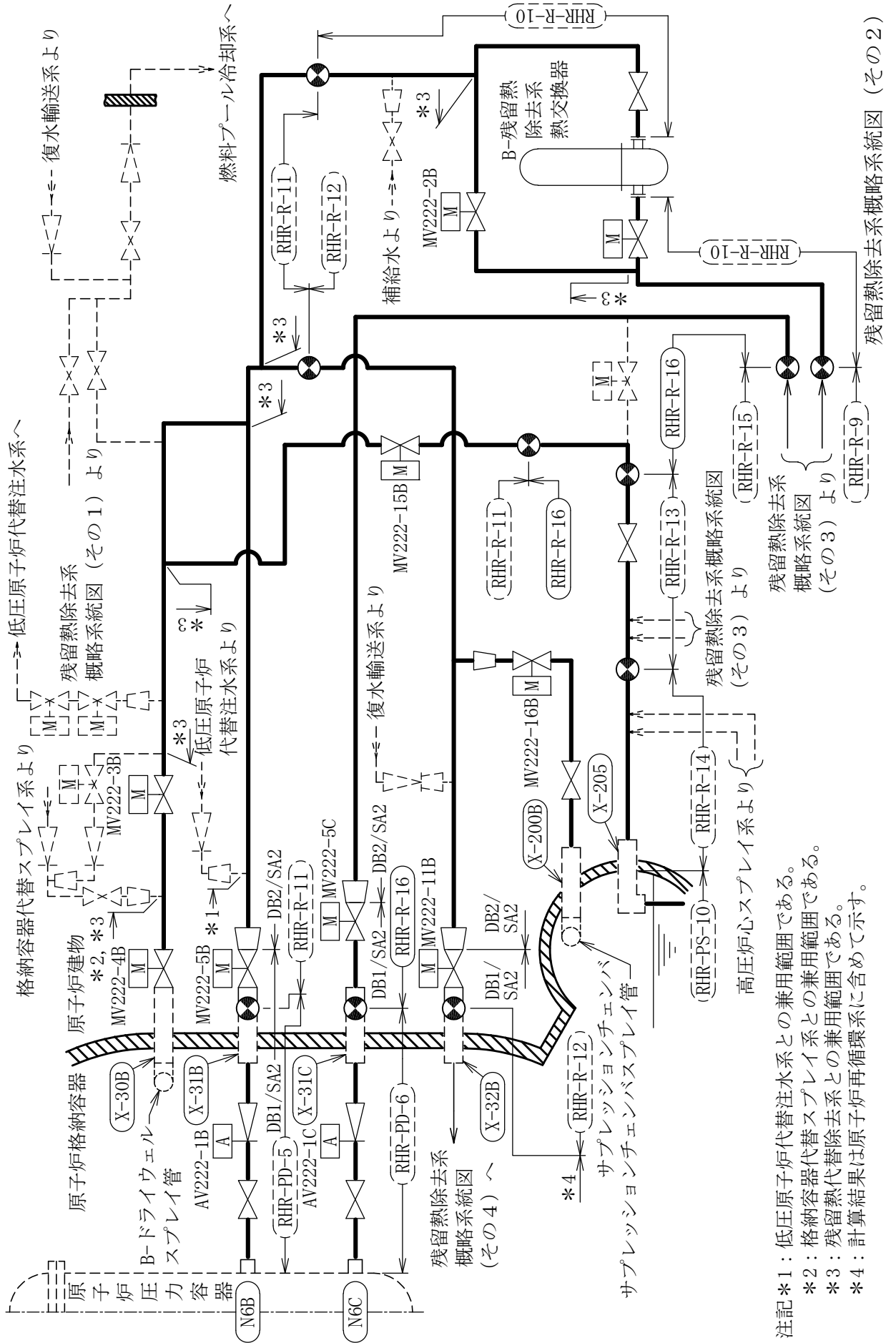
注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

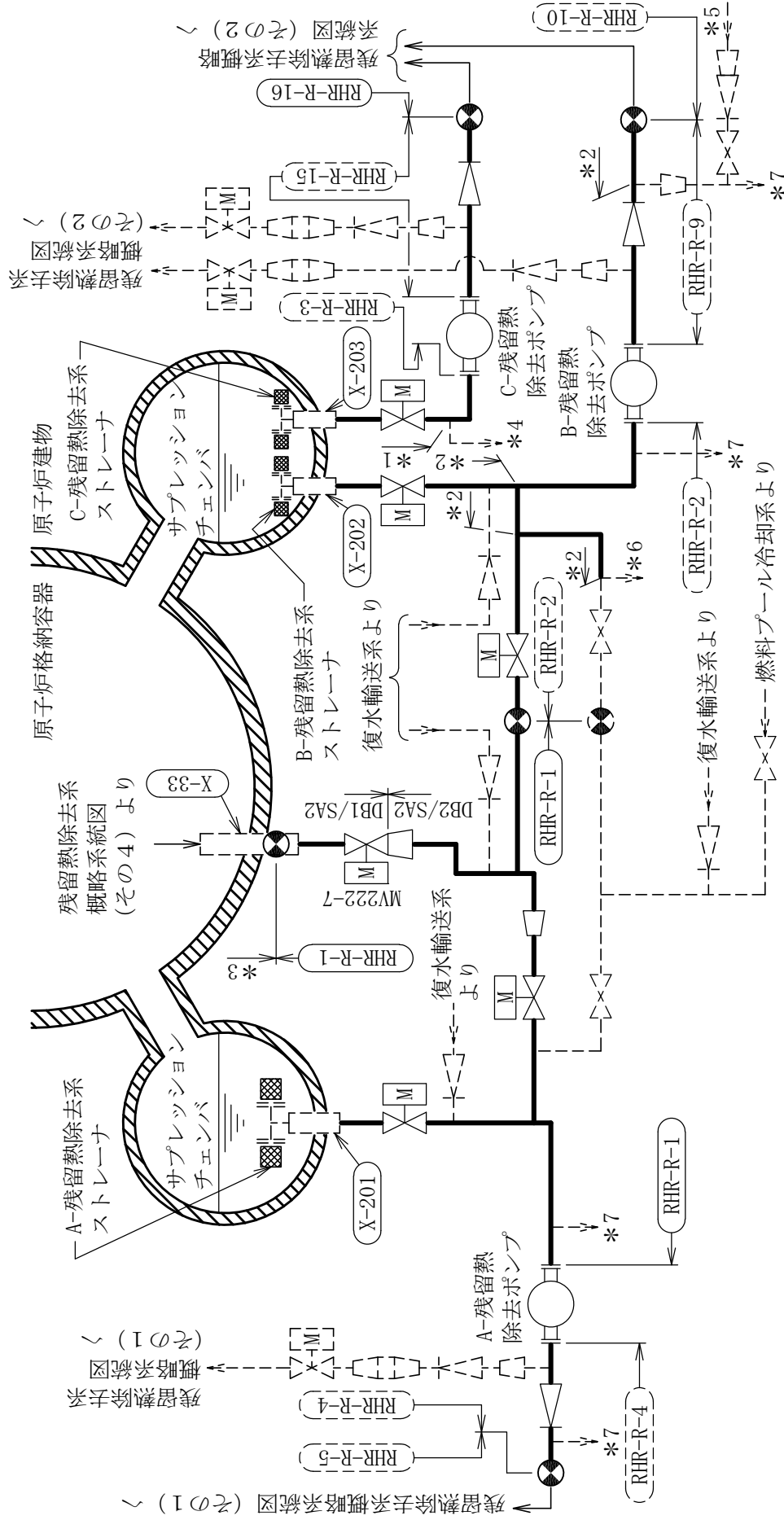


注記*1：低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2：格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *3：ベデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4：残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5：計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。
 *6：サブプレッションポンプ制御系より

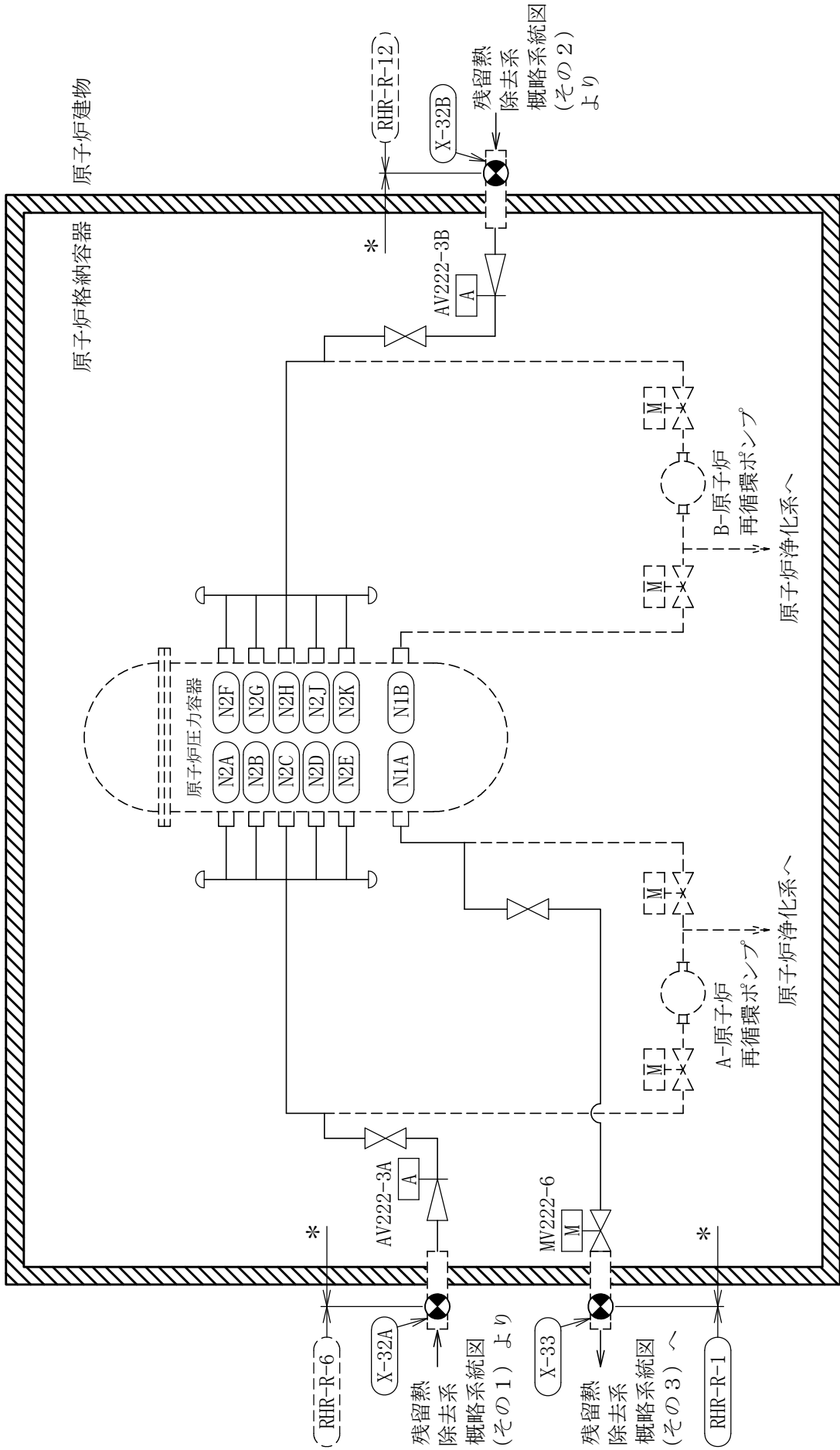
残留熱除去系概略系統図 (その1)



注記*1：低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2：格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *3：残留熱代替注水系との兼用範囲である。
 *4：計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。



- 注記*1： 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2： 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *3： 計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。
 *4： 高圧原子炉代替注水系へ
 *5： 残留熱代替除去系より
 *6： 残留熱代替除去系へ
 *7： RHRフラッシング用サンブタンクへ



注記* : 計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。

残留熱除去系概略系統図 (その4)

RHR-PS-9 (SA)

鳥瞰図

RHR-PS-10 (SA)

鳥瞰図

RHR-R-5A (SA) (2/2)

鳥瞰図

RHR-R-10 (SA)

鳥瞰図

7. 高圧炉心スプレイ系の計算モデル

- ・ VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系）

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1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				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPCS-PD-1	1401	79	274	3.46	○	11	155	366	2.36	○	36N	0.0041	○

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPCS-PD-1	1701	112	366	3.26	○	11	286	366	1.27	○	36N	0.0041	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価			一次＋二次応力評価				疲労評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPCS-PD-1	1701	112	366	3.26	○	11	286	366	1.27	○	36N	0.0041	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価			一次＋二次応力評価				疲労評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPCS-PD-1	1701	112	366	3.26	○	11	286	366	1.27	○	36N	0.0041	○

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Ⅲ _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	HPCS-R-1	20	67	219	3.26	○	2	125	438	3.50	—	○
2	HPCS-R-2	42	58	220	3.79	—	42	47	440	9.36	—	—

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 _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	HPCS-R-1	20	90	335	3.72	○	2	267	438	1.64	—	○
2	HPCS-R-2	36	96	364	3.79	—	42	108	440	4.07	—	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	HPCS-R-1	20	90	335	3.72	○	2	267	438	1.64	—	○
2	HPCS-R-2	36	96	364	3.79	—	42	108	440	4.07	—	—

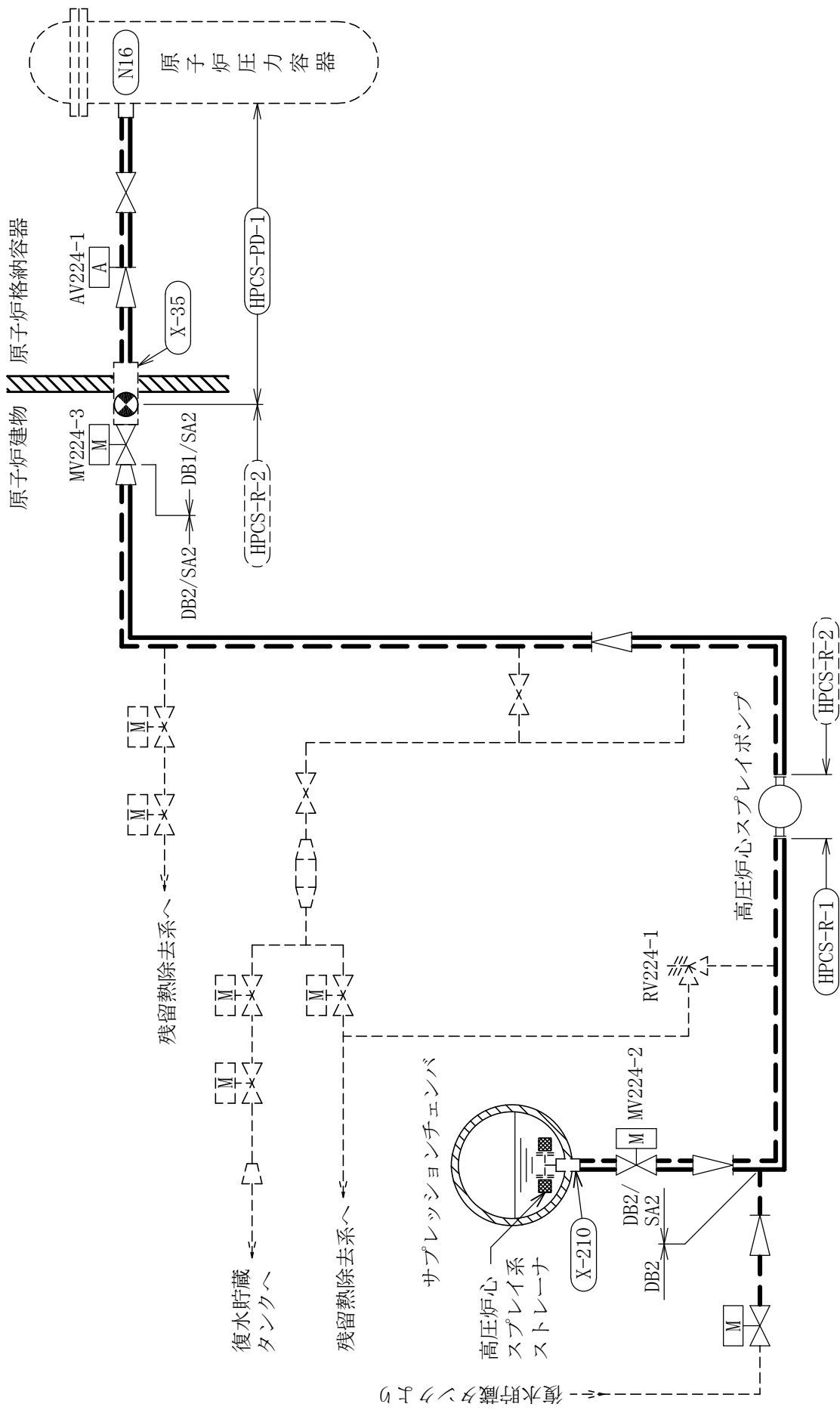
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	HPCS-R-1	20	90	335	3.72	○	2	267	398	1.49	—	○
2	HPCS-R-2	36	96	363	3.78	—	42	108	436	4.03	—	—



高圧炉心スプレイ系概略系統図

7. 高圧炉心スプレイ系の計算モデル

- ・VI-3-3-3-4-1-7-2 管の応力計算書（高圧炉心スプレイ系）

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				代表
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	HPCS-PD-1	設計・建設規格 告示第501号	6	47	364	7.74	○
			6	47	366	7.78	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

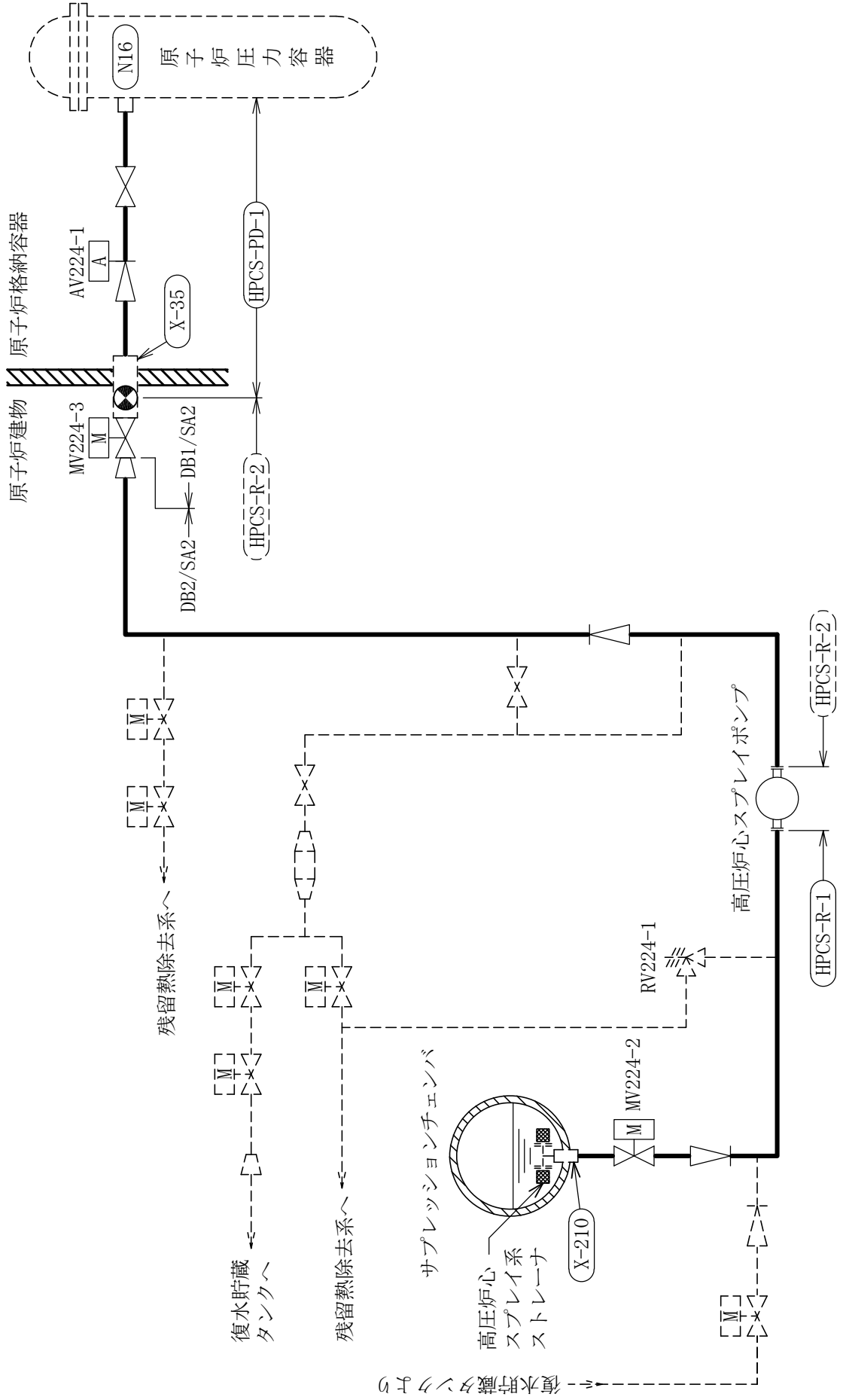
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	HPCS-R-1	設計・建設規格	20	94	150	1.59	○	20	98	180	1.83	○
		告示第501号	20	51	100	1.96	—	20	51	120	2.35	—
2	HPCS-R-2	設計・建設規格	30	45	154	3.42	—	30	48	185	3.85	—
		告示第501号	30	48	103	2.14	—	30	48	123	2.56	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



高圧炉心スプレイ系概略系統図

8. 低圧炉心スプレイ系の計算モデル

- ・ VI-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書（低圧炉心スプレイ系）

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1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				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	LPCS-PD-1	1701	89	274	3.07	○	1701	171	366	2.14	○	36N	0.0031	○

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	LPCS-PD-1	1701	131	366	2.79	○	1701	316	366	1.15	○	1701	0.0042	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価			一次＋二次応力評価				疲労評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	LPCS-PD-1	1701	131	366	2.79	○	1701	316	366	1.15	○	1701	0.0042	○

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価			一次＋二次応力評価				疲労評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	LPCS-PD-1	1701	131	366	2.79	○	1701	316	366	1.15	○	1701	0.0042	○

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Ⅲ _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	LPCS-R-1	9	41	219	5.34	—	5	107	438	4.09	—	○
2	LPCS-R-2	23	56	220	3.92	○	23	51	440	8.62	—	—

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 _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	LPCS-R-1	9	61	335	5.49	—	5	225	438	1.94	—	○
2	LPCS-R-2	23	80	364	4.55	○	55	101	440	4.35	—	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	LPCS-R-1	9	61	335	5.49	—	5	225	438	1.94	—	○
2	LPCS-R-2	23	80	364	4.55	○	55	101	440	4.35	—	—

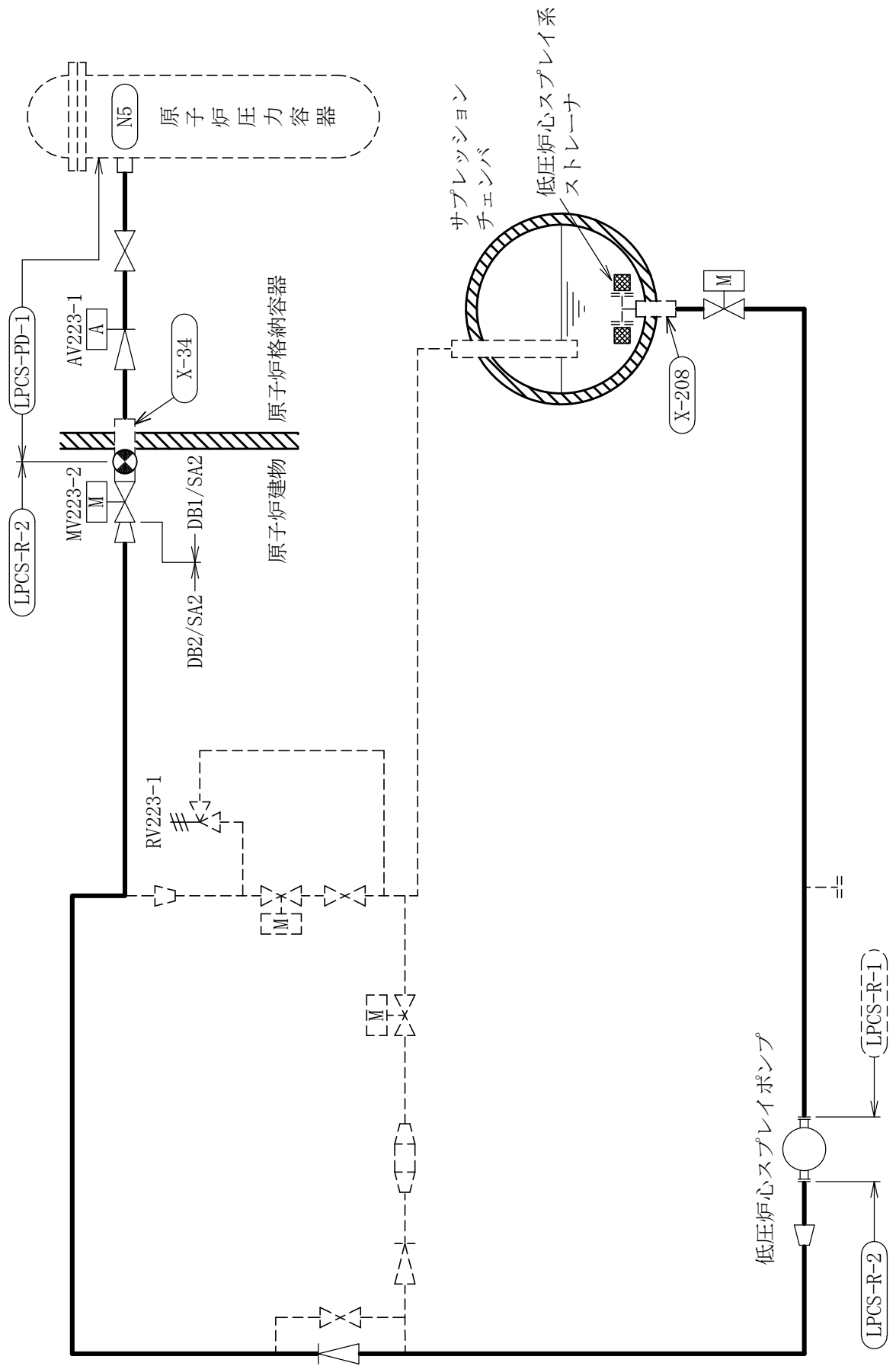
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	LPCS-R-1	9	67	335	5.00	—	5	225	398	1.76	—	○
2	LPCS-R-2	23	80	363	4.53	○	55	101	436	4.31	—	—



低圧炉心スプレー系概略系統図

LPCS-R-1 (SA)

鳥瞰図

8. 低圧炉心スプレイ系の計算モデル

- ・VI-3-3-3-4-2-6-2 管の応力計算書（低圧炉心スプレイ系）

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				代表
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	LPCS-PD-1	設計・建設規格 告示第501号	3501	48	364	7.58	○
			3501	48	366	7.62	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

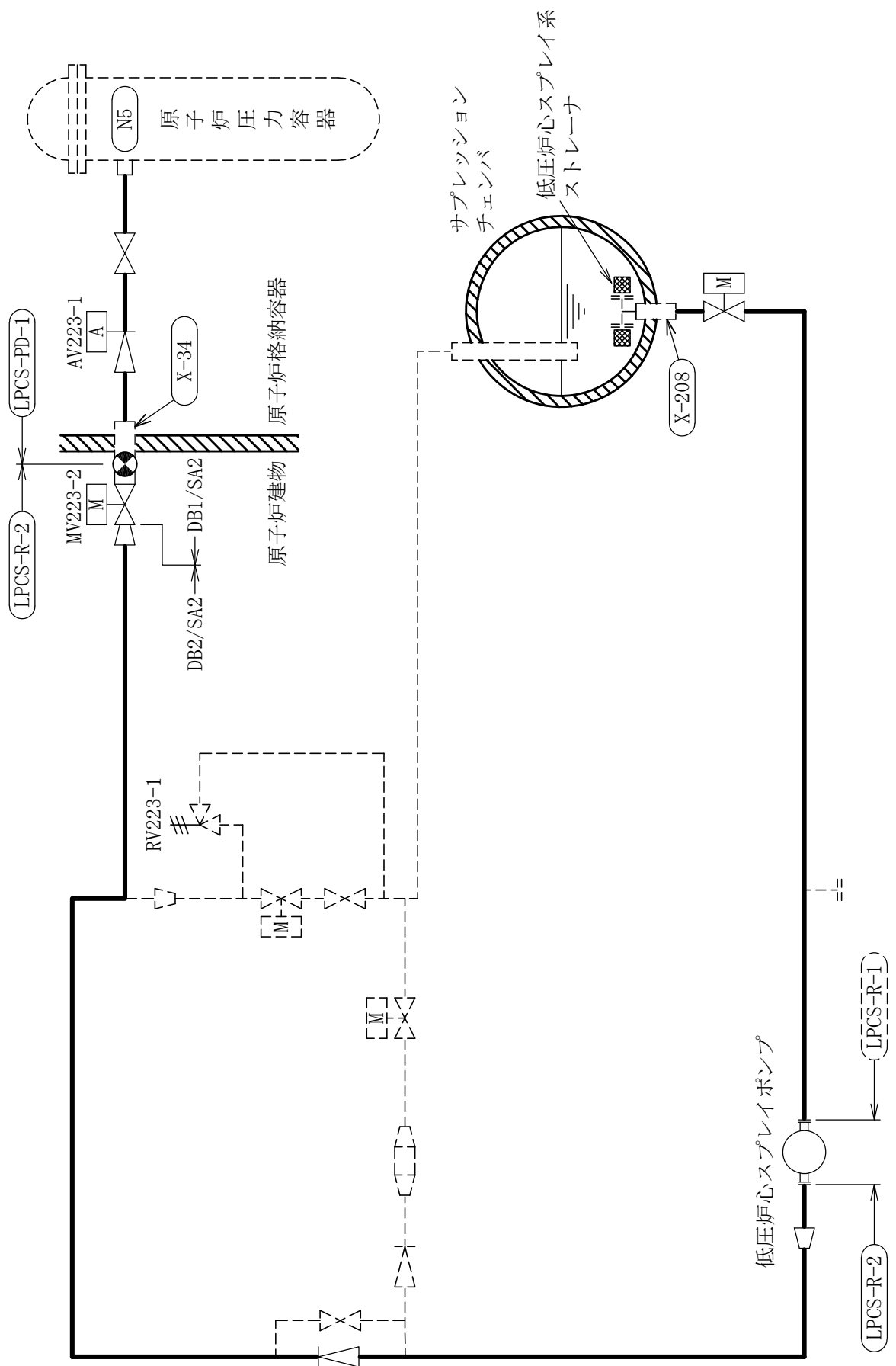
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	LPCS-R-1	設計・建設規格	19	41	150	3.65	—	19	44	180	4.09	—
		告示第501号	9	27	100	3.70	—	9	27	120	4.44	—
2	LPCS-R-2	設計・建設規格	14	59	154	2.61	○	14	64	185	2.89	○
		告示第501号	77	34	103	3.02	—	77	34	123	3.61	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



低圧炉心スプレー系概略系統図

9. 高圧原子炉代替注水系の計算モデル

- ・ VI-2-5-5-3-2 管の耐震性についての計算書（高圧原子炉代替注水系）

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。

重大事故等クラス2管

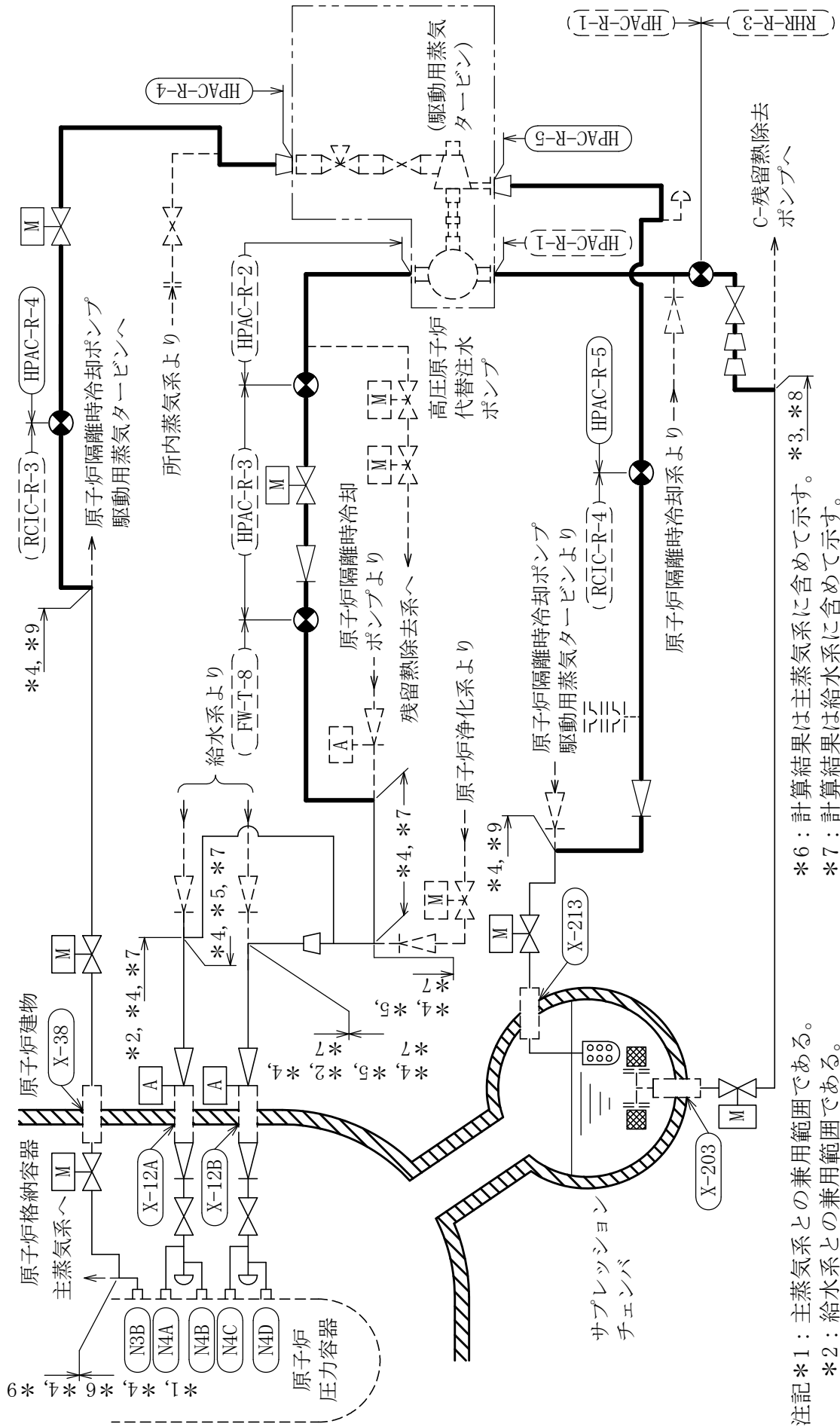
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S											
		一次応力評価						一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
1	HPAC-R-1	54	62	363	5.85	—	54	90	434	4.82	—	—	
2	HPAC-R-2	1N	131	363	2.77	—	1N	183	434	2.37	—	—	
3	HPAC-R-3	37	117	363	3.10	—	37	158	434	2.74	—	—	
4	HPAC-R-4	17	132	363	2.75	○	17	181	364	2.01	—	—	
5	HPAC-R-5	35	120	363	3.02	—	35	222	418	1.88	—	○	
6	RCIC-R-3	156A	86	363	4.22	—	156A	102	364	3.56	—	—	
7	RCIC-R-4	102	28	363	12.96	—	111	105	418	3.98	—	—	
8	RHR-R-3	44	71	363	5.11	—	44	95	434	4.56	—	—	
9	FW-T-8	506	57	363	6.36	—	506	52	364	7.00	—	—	

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 VAS										
		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	HPAC-R-1	54	62	363	5.85	—	54	90	434	4.82	—	—
2	HPAC-R-2	1N	131	363	2.77	—	1N	183	434	2.37	—	—
3	HPAC-R-3	37	117	363	3.10	—	37	158	434	2.74	—	—
4	HPAC-R-4	17	133	363	2.72	○	17	181	364	2.01	—	—
5	HPAC-R-5	35	120	363	3.02	—	35	222	418	1.88	—	○
6	RCIC-R-3	156A	87	363	4.17	—	156A	102	364	3.56	—	—
7	RCIC-R-4	102	28	363	12.96	—	111	105	418	3.98	—	—
8	RHR-R-3	44	71	363	5.11	—	44	95	434	4.56	—	—
9	FW-T-8	506	57	363	6.36	—	506	52	364	7.00	—	—



- 注記 *1 : 主蒸気系との兼用範囲である。
 *2 : 給水系との兼用範囲である。
 *3 : 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *4 : 原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。
 *5 : 原子炉浄化系との兼用範囲である。

- *6 : 計算結果は主蒸気系に含めて示す。 *3, *8
 *7 : 計算結果は給水系に含めて示す。
 *8 : 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *9 : 計算結果は原子炉隔離時冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス: SA2
 高圧原子炉代替注水系概略系統図

HPAC-R-1 (SA)

鳥瞰図

HPAC-R-2 (SA)

鳥瞰図

HPAC-R-3 (SA) (1/2)

鳥瞰図

HPAC-R-5 (SA)

鳥瞰図

9. 高圧原子炉代替注水系の計算モデル

- ・VI-3-3-3-4-3-3-2 管の応力計算書（高圧原子炉代替注水系）

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	HPAC-R-1	設計・建設規格	54	18	154	8.55	—	54	20	185	9.25	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	HPAC-R-2	設計・建設規格	16	42	154	3.66	—	16	46	185	4.02	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	HPAC-R-3	設計・建設規格	30	92	154	1.67	○	30	99	185	1.86	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	HPAC-R-4	設計・建設規格	20	80	154	1.92	—	20	82	185	2.25	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	HPAC-R-5	設計・建設規格	10	12	154	12.83	—	10	14	185	13.21	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	RCIC-R-3	設計・建設規格	156A	33	154	4.66	—	156A	35	185	5.28	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

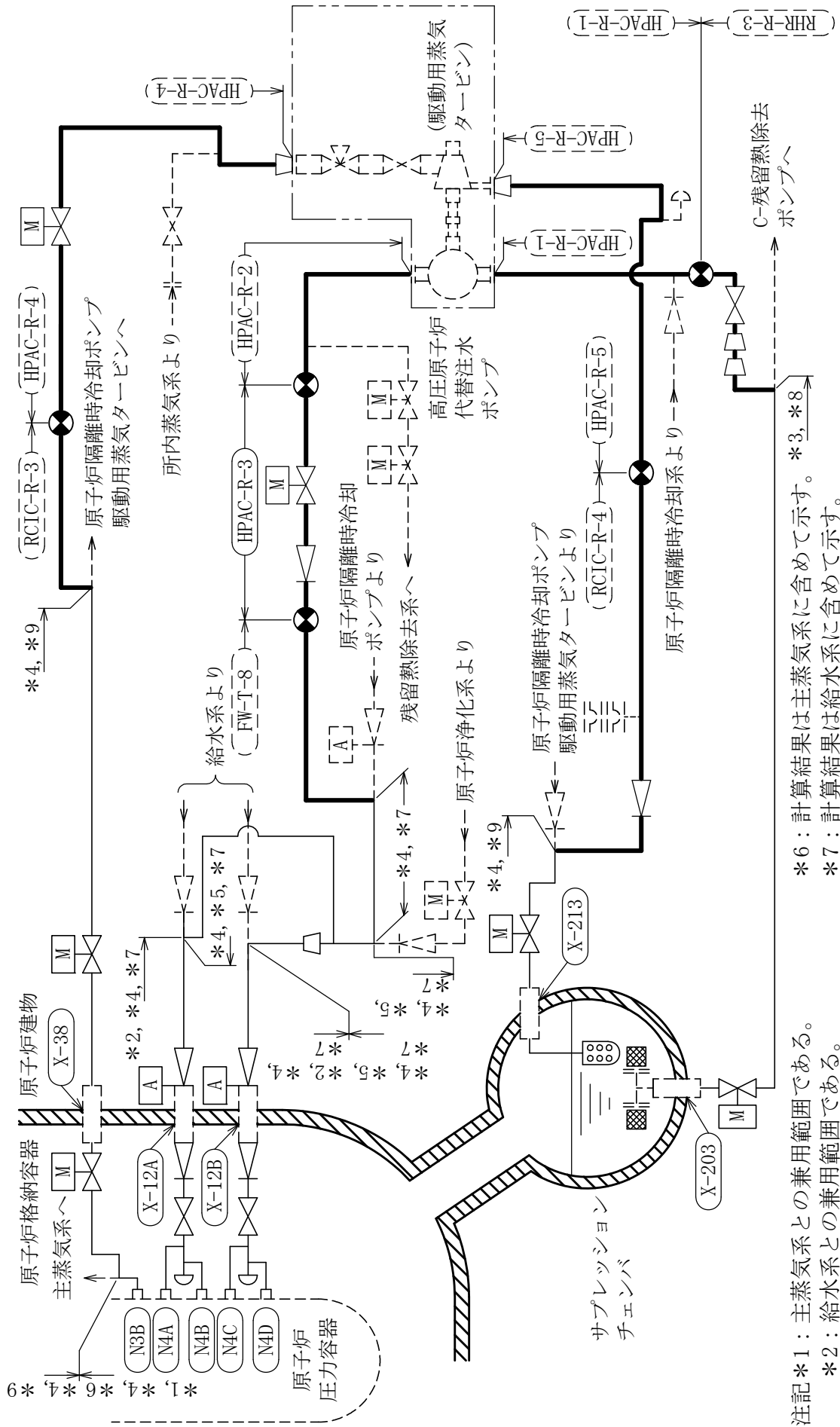
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	RCIC-R-4	設計・建設規格	108	17	154	9.05	—	108	18	185	10.27	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	RHR-R-3	設計・建設規格	32	23	150	6.52	—	32	24	180	7.50	—
		告示第501号	32	24	100	4.16	—	32	24	120	5.00	—
9	FW-T-8	設計・建設規格	520	36	154	4.27	—	520	40	185	4.62	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：給水系との兼用範囲である。
 *3：残留熱除去系との兼用範囲である。
 *4：原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。
 *5：原子炉浄化系との兼用範囲である。

*6：計算結果は主蒸気系に含めて示す。
 *7：計算結果は給水系に含めて示す。
 *8：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *9：計算結果は原子炉隔離時冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス:SA2
 高圧原子炉代替注水系概略系統図

HPAC-R-1 (SA)

鳥瞰図

HPAC-R-2 (SA)

鳥瞰図

HPAC-R-5 (SA)

鳥瞰図

RCIC-R-3 (SA) (1/2)

鳥瞰図

FW-T-8 (SA) (2/3)

鳥瞰図

10. 低圧原子炉代替注水系の計算モデル

- ・ 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）

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。

重大事故等クラス2管

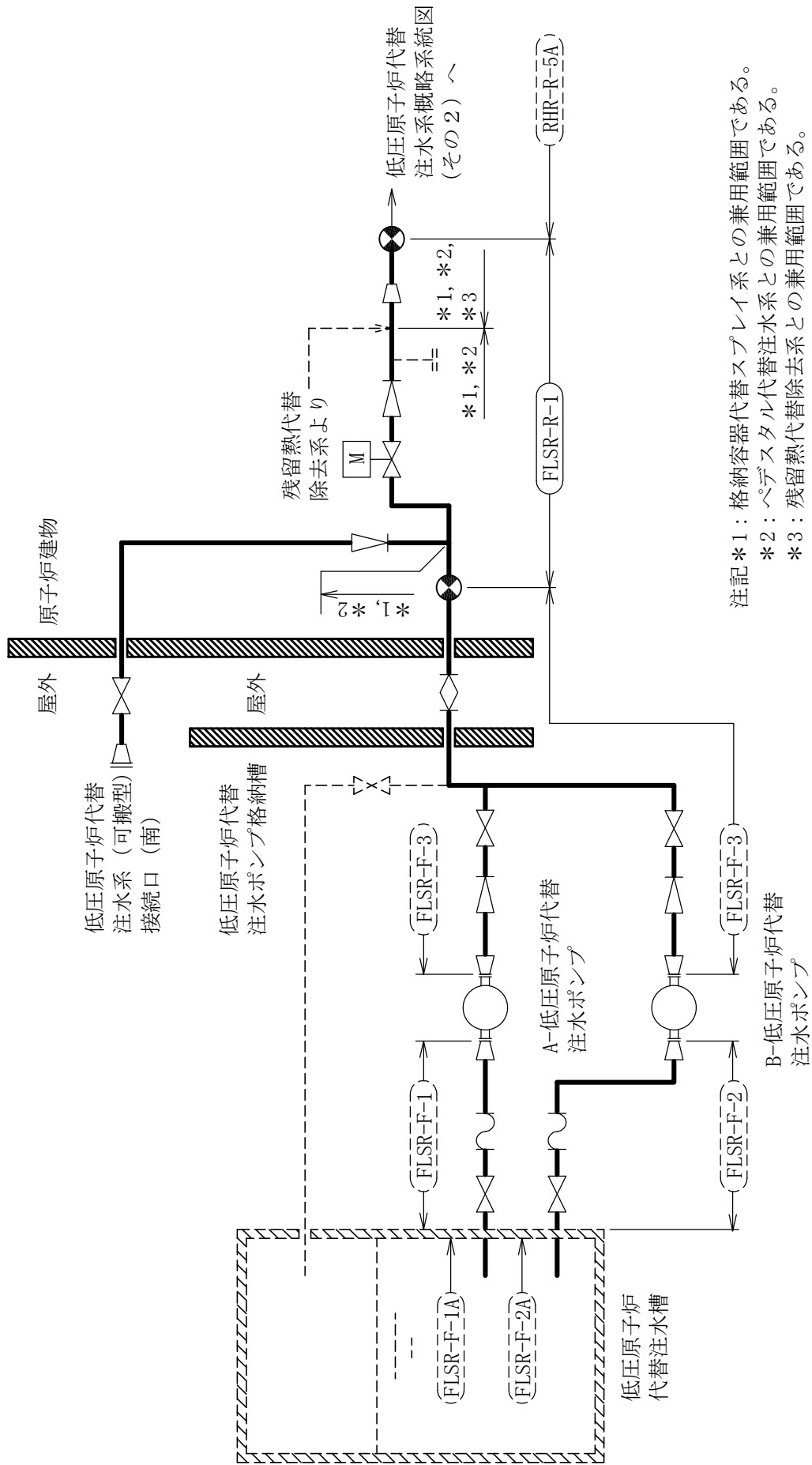
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S													
		一次応力評価							一次+二次応力評価						
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表			
1	FLSR-R-1	243	190	431	2.26	○	243	311	376	1.20	—	○			
2	FLSR-R-2	5	182	431	2.36	—	5	303	376	1.24	—	—			
3	FLSR-R-3	27	120	431	3.59	—	27	183	376	2.05	—	—			
4	RHR-R-5A	303	107	363	3.39	—	303	138	294	2.13	—	—			
5	RHR-R-11	506	58	363	6.25	—	506	62	418	6.74	—	—			
6	FLSR-F-1	2	26	431	16.57	—	2	32	376	11.75	—	—			
7	FLSR-F-1A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—			
8	FLSR-F-2	2	26	431	16.57	—	2	32	376	11.75	—	—			
9	FLSR-F-2A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—			
10	FLSR-F-3	64	94	431	4.58	—	64	95	376	3.95	—	—			

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

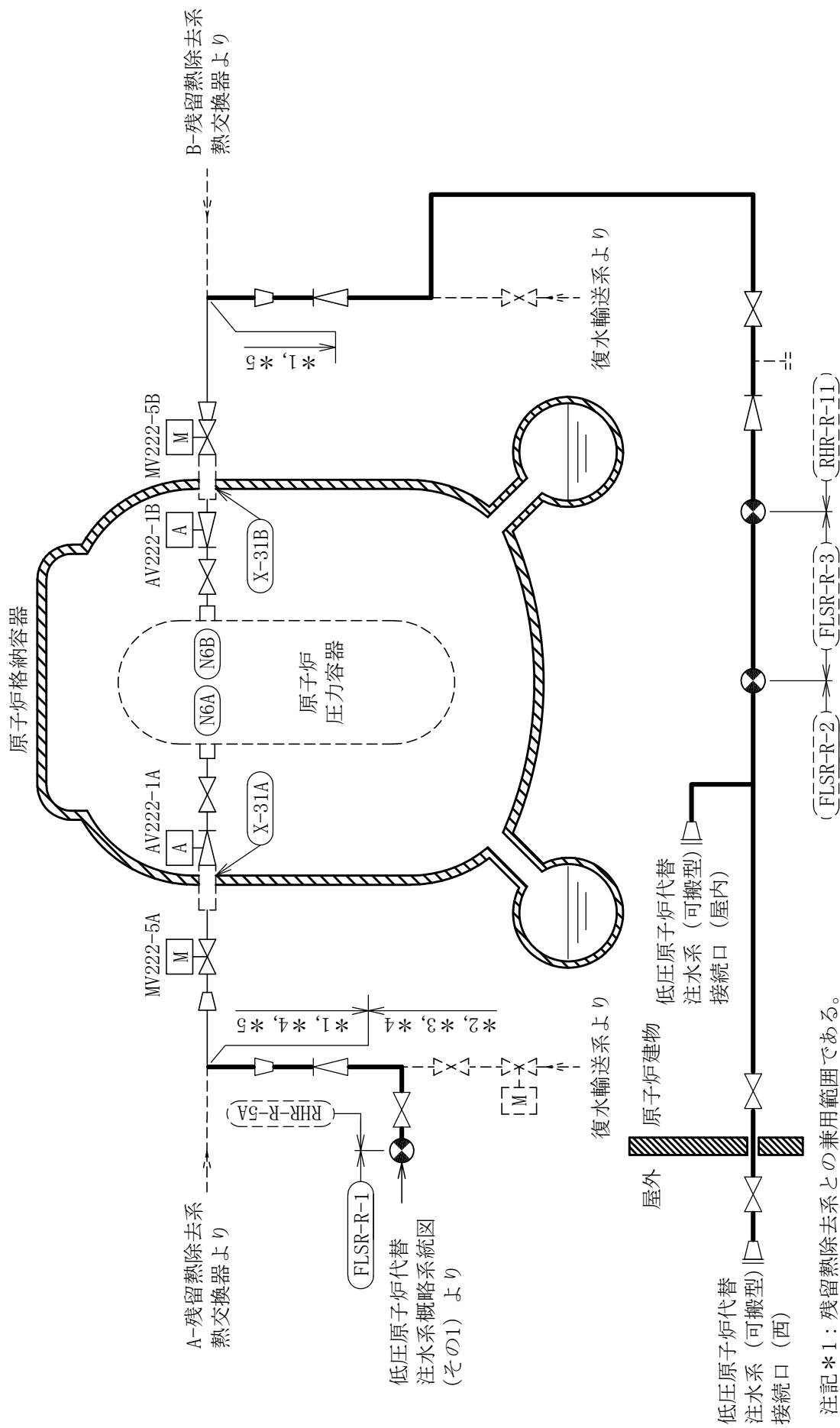
No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
1	FLSR-R-1	243	190	431	2.26	○	243	311	376	1.20	—	○	
2	FLSR-R-2	5	182	431	2.36	—	5	303	376	1.24	—	—	
3	FLSR-R-3	27	120	431	3.59	—	27	183	376	2.05	—	—	
4	RHR-R-5A	303	107	363	3.39	—	303	138	294	2.13	—	—	
5	RHR-R-11	506	58	363	6.25	—	506	62	418	6.74	—	—	
6	FLSR-F-1	2	26	431	16.57	—	2	32	376	11.75	—	—	
7	FLSR-F-1A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—	
8	FLSR-F-2	2	26	431	16.57	—	2	32	376	11.75	—	—	
9	FLSR-F-2A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—	
10	FLSR-F-3	64	94	431	4.58	—	64	95	376	3.95	—	—	



注記*1：格納容器代替スプレイス系との兼用範囲である。
 *2：ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *3：残留熱代替除去系との兼用範囲である。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

低圧原子炉代替注水系概略系統図 (その1)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 低圧原子炉代替注水系概略系統図（その2）

注記*1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 格納容器代替スプレイス系の兼用範囲である。
 *3： ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4： 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

FLSR-R-3 (SA)

鳥瞰図

RHR-R-5A (SA) (1/2)

鳥瞰図

FLSR-F-1 (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-1A (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-2 (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-2A (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-3 (SA) (1/2)

鳥瞰図

FLSR-F-3 (SA) (2/2)

鳥瞰図

10. 低圧原子炉代替注水系の計算モデル

- ・ VI-3-3-3-4-5-2-2 管の応力計算書（低圧原子炉代替注水系）

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A											
			一次応力(1) ^{*1}						一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表		
1	FLSR-R-1	設計・建設規格	119	66	189	2.86	○	119	74	226	3.05	○		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	FLSR-R-2	設計・建設規格	5	56	189	3.37	—	5	57	226	3.96	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3	FLSR-R-3	設計・建設規格	40	38	189	4.97	—	40	40	226	5.65	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
4	RHR-R-5A	設計・建設規格	303	48	154	3.20	—	303	50	185	3.70	—		
		告示第501号	113	27	103	3.81	—	113	27	123	4.55	—		
5	RHR-R-11	設計・建設規格	607	36	168	4.66	—	607	39	201	5.15	—		
		告示第501号	506	28	103	3.67	—	506	28	123	4.39	—		
6	FLSR-F-1	設計・建設規格	2	10	189	18.90	—	2	10	226	22.60	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

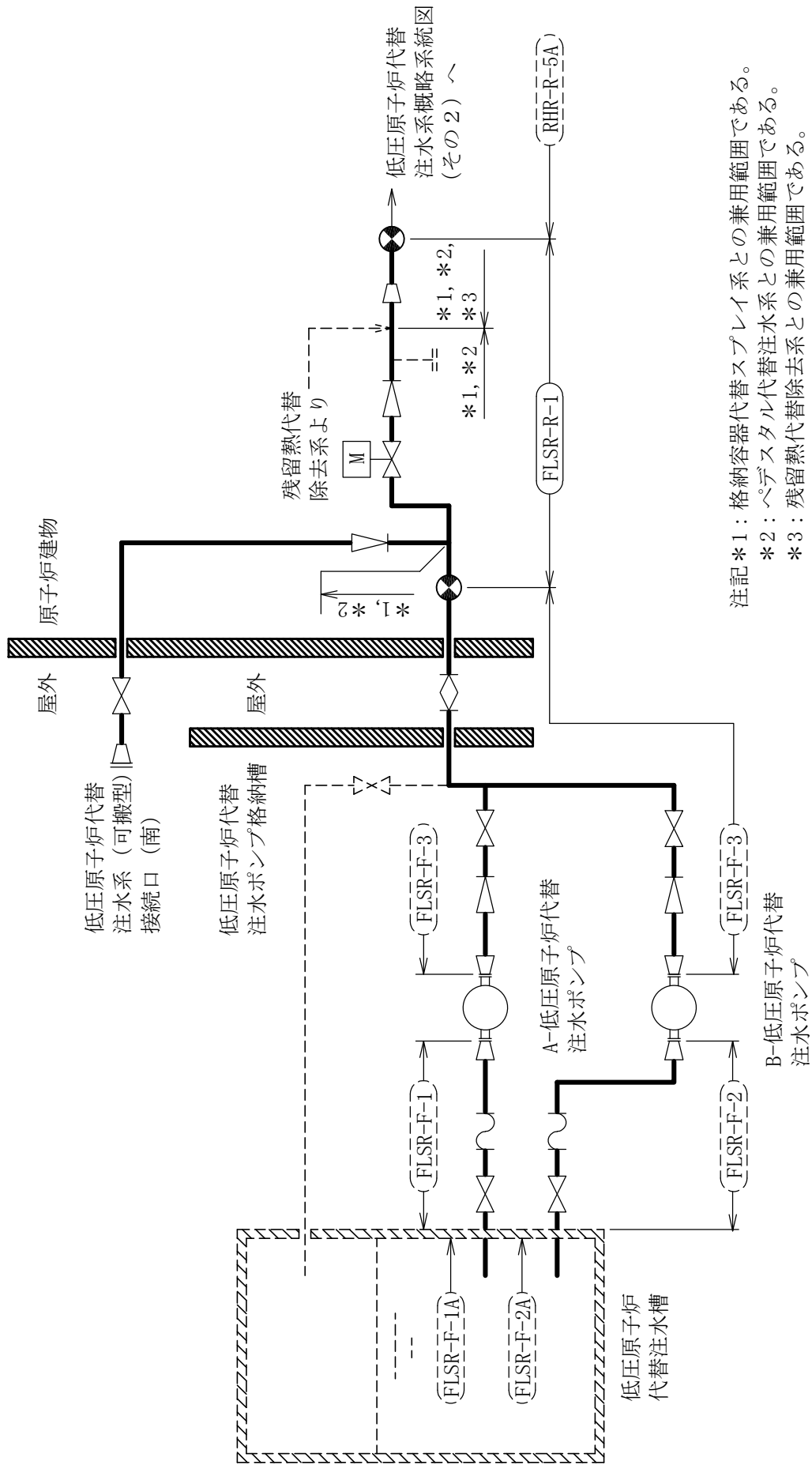
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	FLSR-F-1A	設計・建設規格	5	2	189	94.50	—	5	2	226	113.00	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	FLSR-F-2	設計・建設規格	2	10	189	18.90	—	2	10	226	22.60	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	FLSR-F-2A	設計・建設規格	5	2	189	94.50	—	5	2	226	113.00	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	FLSR-F-3	設計・建設規格	5401	62	189	3.04	—	5401	68	226	3.32	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

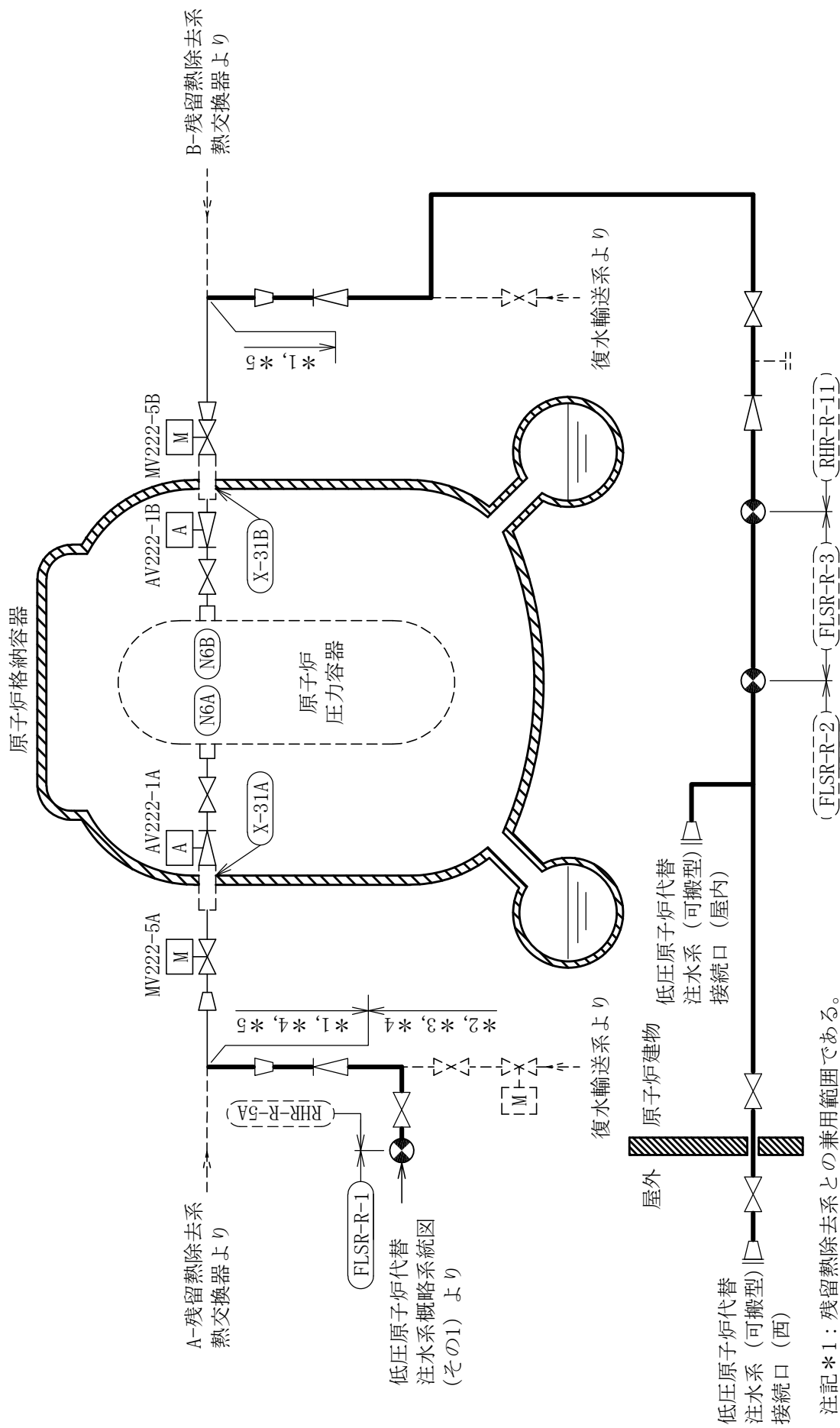
*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：格納容器代替スプレイス系との兼用範囲である。
 *2：ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *3：残留熱代替除去系との兼用範囲である。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

低圧原子炉代替注水系概略系統図 (その1)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 低圧原子炉代替注水系概略系統図（その2）

注記*1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 格納容器代替スプレイス系の兼用範囲である。
 *3： ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *5： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

FLSR-R-3 (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-1 (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-1A (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-2 (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-2A (SA)

鳥瞰図

FLSR-F-3 (SA) (1/2)

鳥瞰図

FLSR-F-3 (SA) (2/2)

鳥瞰図

11. 原子炉隔離時冷却系の計算モデル

- ・ VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）

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1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				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCIC-PD-1	30	89	274	3.07	○	31	264	366	1.38	○	31	0.0100	○
2	RCIC-R-3	6	78	274	3.51	—	6	66	366	5.54	—	6	0.0048	—

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	RCIC-PD-1	12	138	366	2.65	○	31	506	366	0.72	○	31	0.0868	○
2	RCIC-R-3	6	130	366	2.81	—	6	156	366	2.34	—	6	0.0058	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	RCIC-PD-1	12	138	366	2.65	○	31	506	366	0.72	○	31	0.0868	○
2	RCIC-R-3	6	130	366	2.81	—	6	156	366	2.34	—	6	0.0058	—

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（原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCIC-PD-1	12	138	366	2.65	○	31	506	366	0.72	○	31	0.0868	○
2	RCIC-R-3	6	130	366	2.81	—	6	156	366	2.34	—	6	0.0058	—

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	RCIC-PS-2	7	98	209	2.13	—	7	122	418	3.42	—	○
2	RCIC-R-1	37	51	188	3.68	—	10	101	438	4.33	—	—
3	RCIC-R-2	13	98	231	2.35	—	13	90	462	5.13	—	—
4	RCIC-R-3	11	103	182	1.76	○	11	94	364	3.87	—	—
5	RCIC-R-4	26	39	209	5.35	—	65	121	418	3.45	—	—

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 _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	RCIC-PS-2	7	146	363	2.48	—	7	253	418	1.65	—	—	
2	RCIC-R-1	37	78	431	5.52	—	10	208	438	2.10	—	—	
3	RCIC-R-2	13	137	366	2.67	—	13	187	462	2.47	—	—	
4	RCIC-R-3	11	147	363	2.46	○	11	183	364	1.98	—	—	
5	RCIC-R-4	26	64	363	5.67	—	65	260	418	1.60	—	○	

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。

重大事故等クラス2管（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	RCIC-PS-2	7	146	363	2.48	—	7	253	418	1.65	—	—
2	RCIC-R-1	37	78	431	5.52	—	10	208	438	2.10	—	—
3	RCIC-R-2	13	137	366	2.67	—	13	187	462	2.47	—	—
4	RCIC-R-3	11	147	363	2.46	○	11	183	364	1.98	—	—
5	RCIC-R-4	26	64	363	5.67	—	65	260	418	1.60	—	○

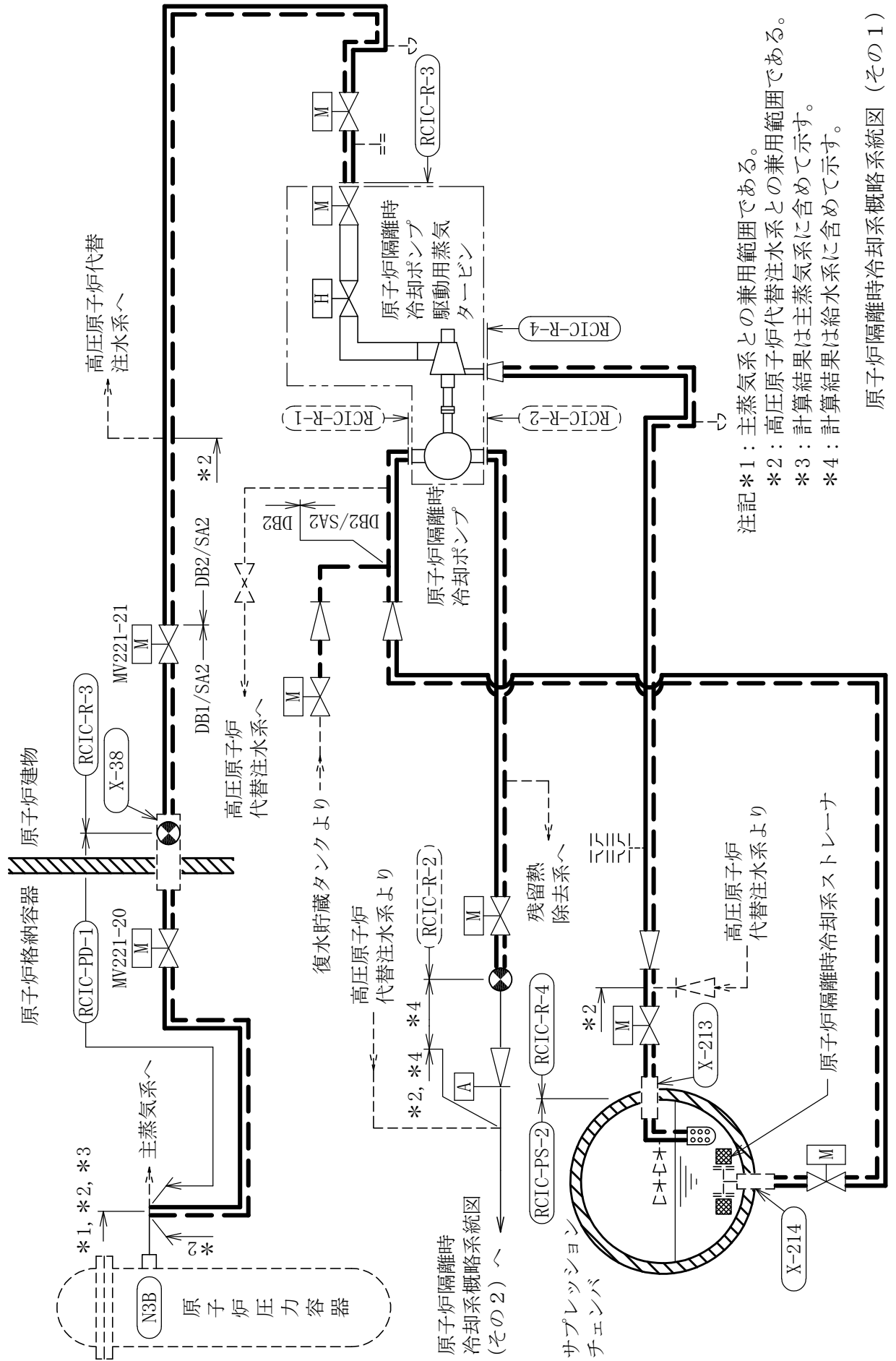
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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。

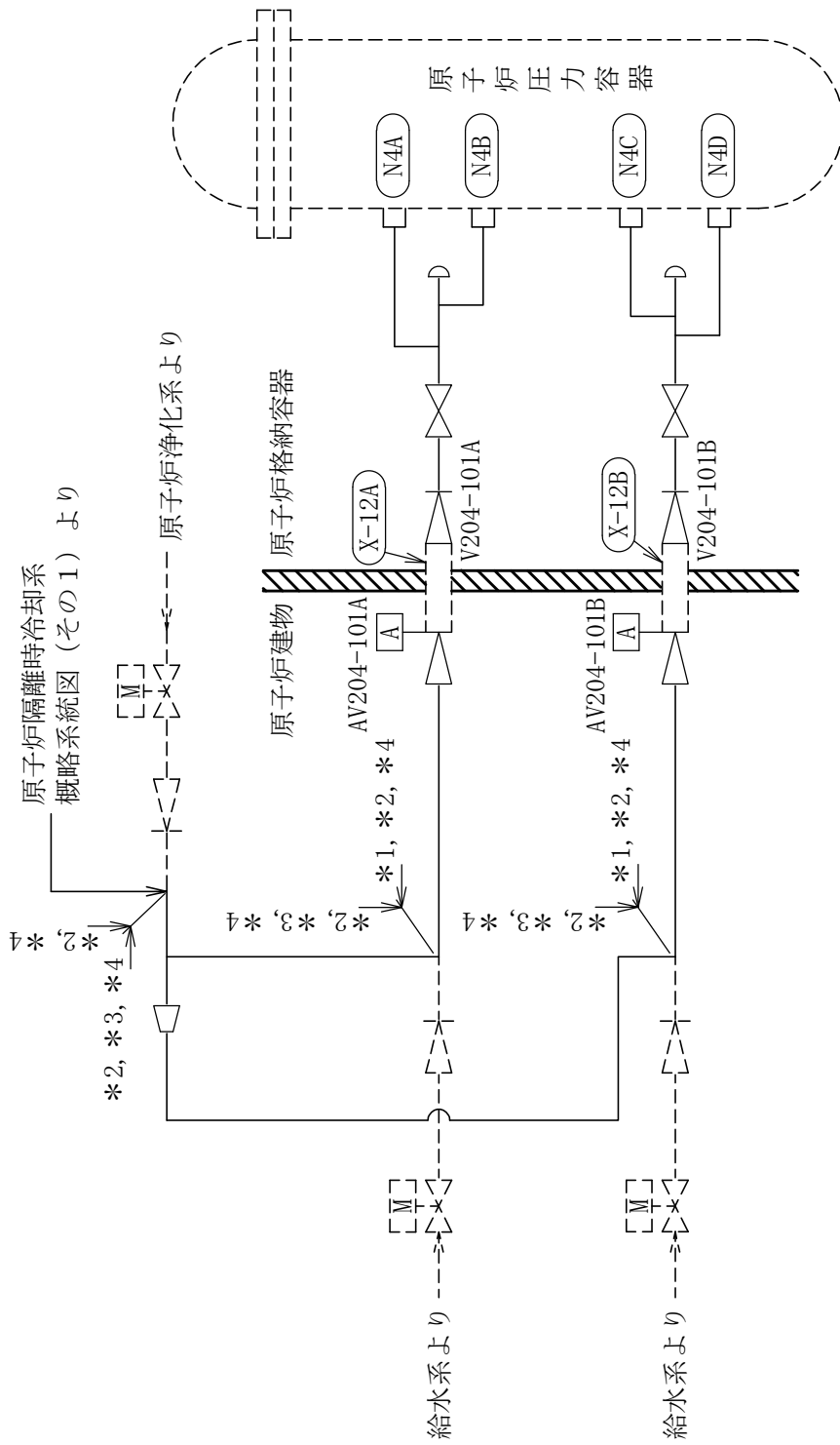
重大事故等クラス2管（原子炉冷却材圧力バウンダリを除く範囲）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	RCIC-PS-2	7	146	363	2.48	—	7	253	418	1.65	—	—
2	RCIC-R-1	37	78	396	5.07	—	10	208	438	2.10	—	—
3	RCIC-R-2	13	137	364	2.65	—	13	187	440	2.35	—	—
4	RCIC-R-3	11	148	363	2.45	○	11	183	364	1.98	—	—
5	RCIC-R-4	26	64	363	5.67	—	65	260	418	1.60	—	○



注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3：計算結果は主蒸気系に含めて示す。
 *4：計算結果は給水系に含めて示す。

原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その1)



- 注記 * 1 : 給水系との兼用範囲である。
 * 2 : 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 * 3 : 原子炉浄化系との兼用範囲である。
 * 4 : 計算結果は給水系に含めて示す。

原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その2)

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

鳥瞰図

11. 原子炉隔離時冷却系の計算モデル

- VI-3-3-3-5-1-3-2 管の応力計算書（原子炉隔離時冷却系）

設計基準対象施設

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2管）

No.	配管モデル	設計条件									
		一次応力($S_{pr m(1)}$)*1					一次応力($S_{pr m(2)}$)*2				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	RCIC-R-1	41	24	189	7.87	—	41	26	226	8.69	—
2	RCIC-R-3	622	32	154	4.81	○	622	34	185	5.44	○
3	FW-T-8	405	32	154	4.81	—	405	34	185	5.44	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

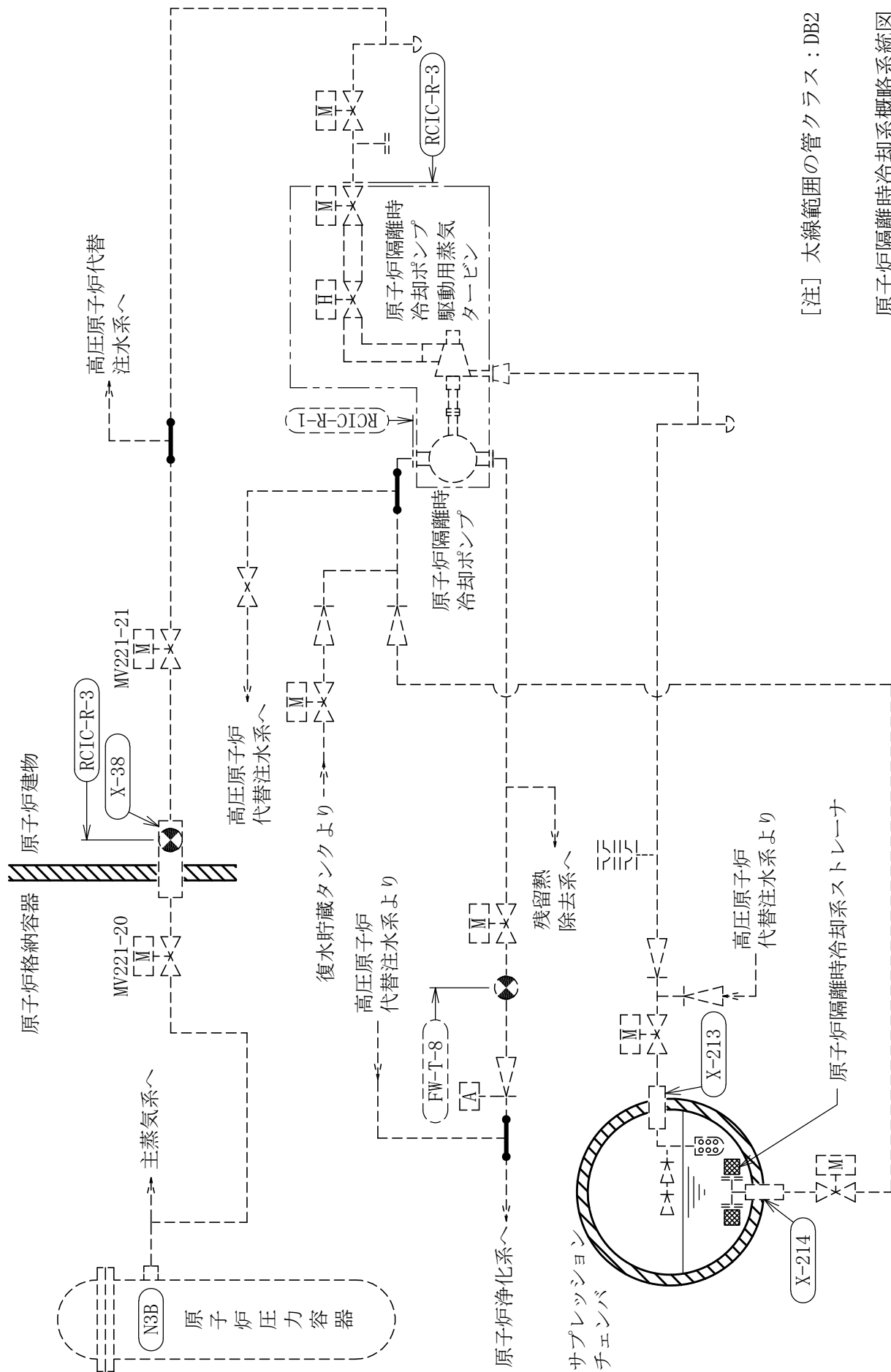
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2管）

No.	配管モデル	供用状態A, B									
		一次+二次応力($S_n(a)$)*1					一次+二次応力($S_n(b)$)*2				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	RCIC-R-1	41	118	318	2.69	—	41	119	343	2.88	—
2	RCIC-R-3	622	254	257	1.01	○	622	256	278	1.08	○
3	FW-T-8	405	69	257	3.72	—	405	71	278	3.91	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。



[注] 太線範囲の管クラス：DB2

原子炉隔離時冷却系概略系統図

RCIC-R-1 (DB)

鳥瞰図

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				代表
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	RCIC-PD-1	設計・建設規格	1N	62	374	6.03	—
		告示第501号	1N	62	366	5.90	○
2	RCIC-R-3	設計・建設規格	6	54	364	6.74	—
		告示第501号	6	54	366	6.77	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

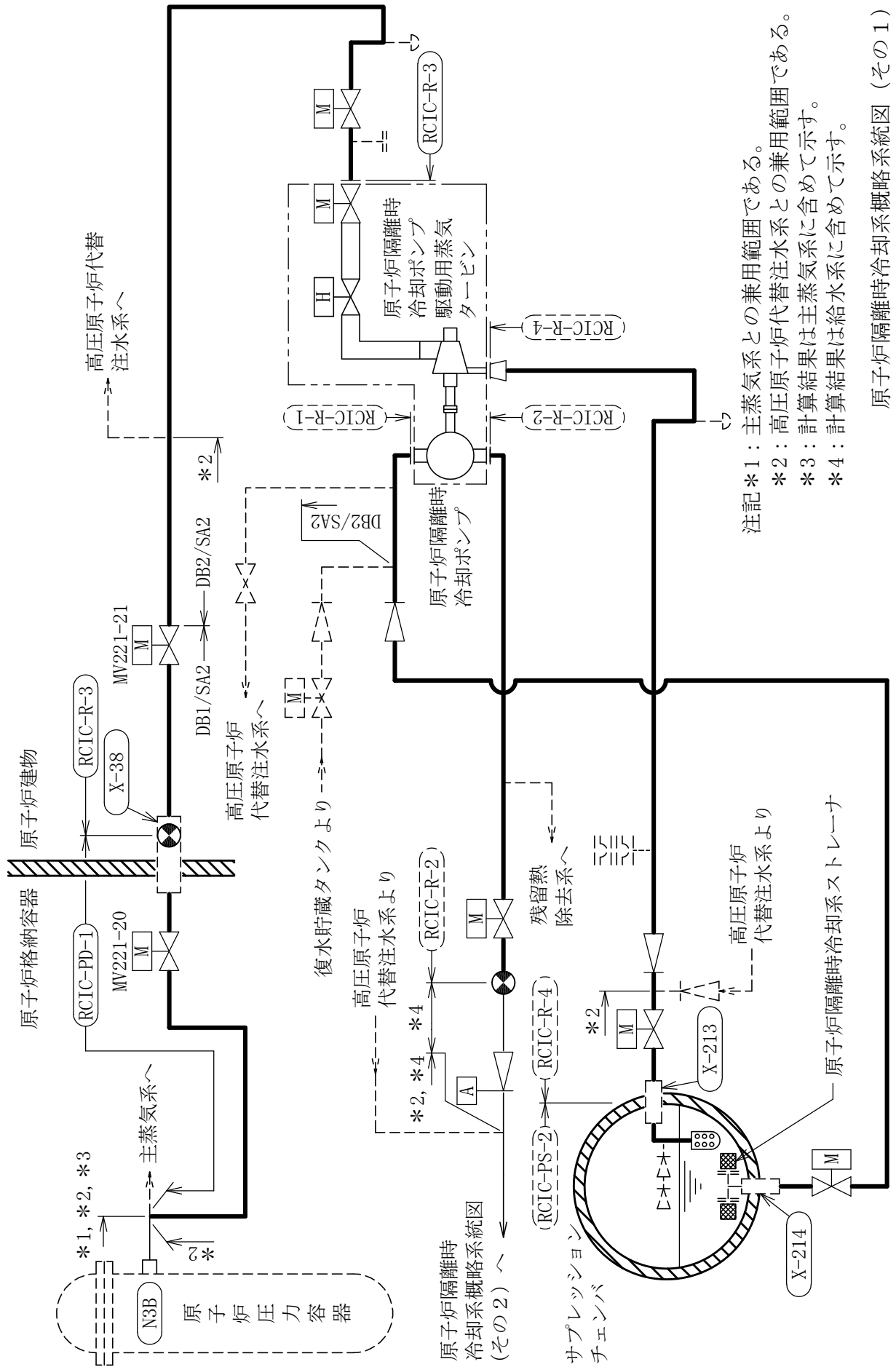
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	RCIC-PS-2	設計・建設規格	7	63	154	2.44	—	7	64	185	2.89	—
		告示第501号	7	28	103	3.67	—	7	28	123	4.39	—
2	RCIC-R-1	設計・建設規格	37	30	183	6.10	—	37	32	219	6.84	—
		告示第501号	28	21	103	4.90	—	28	21	123	5.85	—
3	RCIC-R-2	設計・建設規格	11	72	183	2.54	—	11	76	219	2.88	—
		告示第501号	11	63	122	1.93	—	11	63	146	2.31	—
4	RCIC-R-3	設計・建設規格	11	66	154	2.33	—	11	69	185	2.68	—
		告示第501号	11	69	103	1.49	○	11	69	123	1.78	○
5	RCIC-R-4	設計・建設規格	26	32	154	4.81	—	26	32	185	5.78	—
		告示第501号	26	21	103	4.90	—	26	21	123	5.85	—

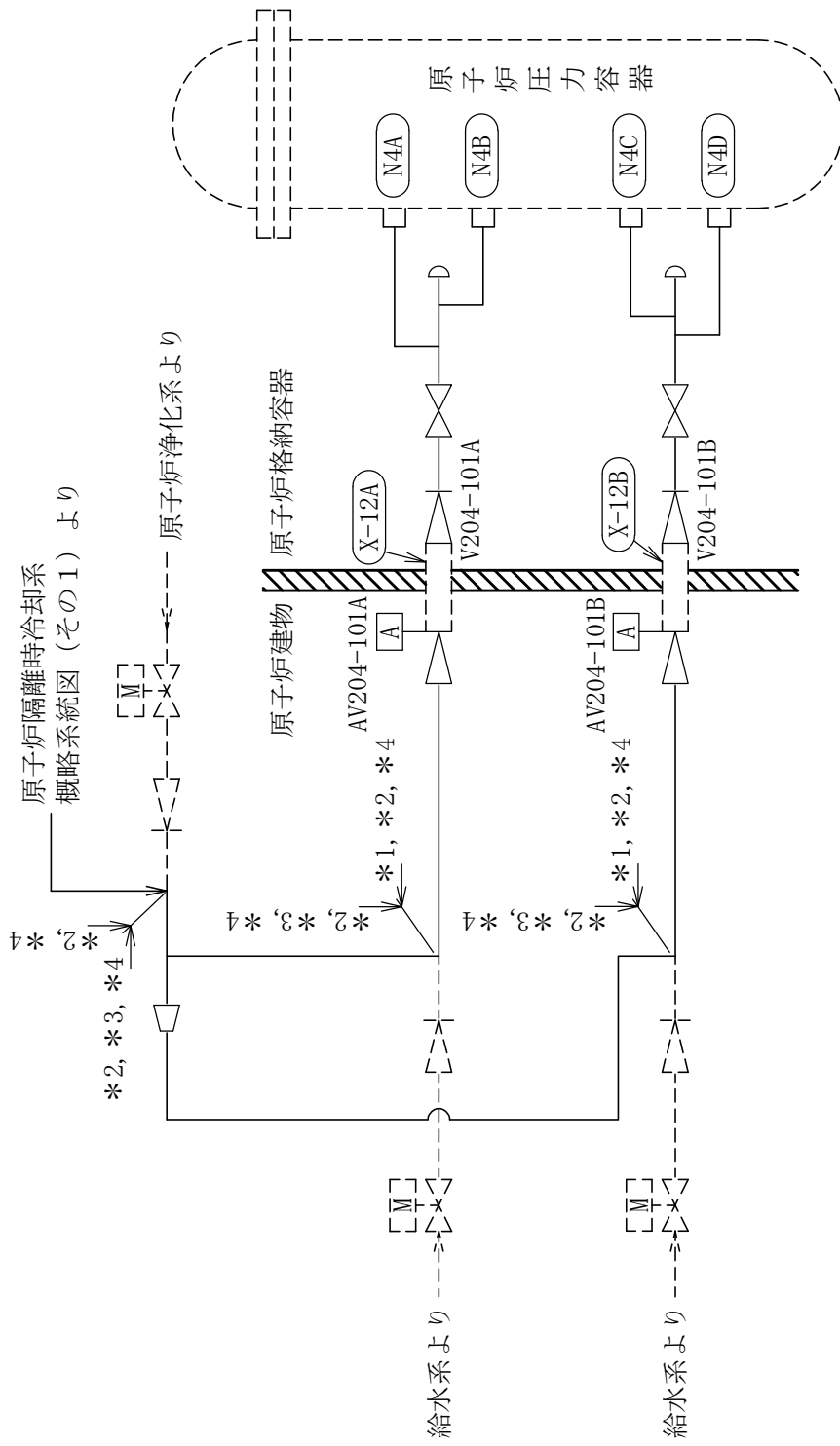
注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3：計算結果は主蒸気系に含めて示す。
 *4：計算結果は給水系に含めて示す。

原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その1)



- 注記 * 1 : 給水系との兼用範囲である。
 * 2 : 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 * 3 : 原子炉浄化系との兼用範囲である。
 * 4 : 計算結果は給水系に含めて示す。

原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その2)

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

12. 原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系の計算モデル

- ・ VI-2-5-7-1-6 管の耐震性についての計算書（原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系）

(1) 原子炉補機冷却系

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	RCW-R-1	45	117	227	1.94	—	79	159	436	2.74	—	—			
2	RCW-R-2	79	124	227	1.83	—	79	199	454	2.28	—	○			
3	RCW-R-3	31	125	227	1.81	—	31	196	454	2.31	—	—			
4	RCW-R-4	123	112	227	2.02	—	123	179	454	2.53	—	—			
5	RCW-R-5	17	116	227	1.95	—	17	149	454	3.04	—	—			
6	RCW-R-6	9	129	227	1.75	○	9	190	454	2.38	—	—			
7	RCW-R-7	76	105	218	2.07	—	76	165	436	2.64	—	—			
8	RCW-R-8	50	119	227	1.90	—	50	143	454	3.17	—	—			
9	RCW-R-9	101	106	227	2.14	—	24	156	454	2.91	—	—			
10	RCW-R-10	115	117	227	1.94	—	79	153	454	2.96	—	—			
11	RCW-R-11	66	82	224	2.73	—	66	108	448	4.14	—	—			
12	RCW-R-12	33	98	224	2.28	—	33	136	448	3.29	—	—			
13	RCW-R-13	126	118	224	1.89	—	126	179	448	2.50	—	—			
14	RCW-R-14	97	114	224	1.96	—	158	165	454	2.75	—	—			
15	RCW-R-15	95	113	227	2.00	—	95	143	454	3.17	—	—			

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
16	RCW-R-16	102	68	224	3.29	—	102	95	448	4.71	—	—
17	RCW-R-17	42A	126	227	1.80	—	42A	166	454	2.73	—	—
18	RCW-R-18	82	74	224	3.02	—	82	95	448	4.71	—	—
19	RCW-R-21	67A	102	224	2.19	—	67A	170	448	2.63	—	—
20	RCW-R-22	48	76	224	2.94	—	48	107	448	4.18	—	—
21	RCW-R-36	101	78	224	2.87	—	11	136	448	3.29	—	—
22	RCW-R-37	3	45	224	4.97	—	7	57	448	7.85	—	—
23	RCW-R-38	62	57	224	3.92	—	62	86	448	5.20	—	—
24	RCW-R-39	12	42	224	5.33	—	211	56	448	8.00	—	—
25	RCW-R-40	3	45	224	4.97	—	7	57	448	7.85	—	—
26	RCW-R-41	58	34	224	6.58	—	58	36	448	12.44	—	—

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 _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	RCW-R-1	79	200	339	1.69	—	79	362	436	1.20	—	—			
2	RCW-R-2	79	216	339	1.56	○	79	382	454	1.18	—	○			
3	RCW-R-3	31	216	339	1.56	—	31	378	454	1.20	—	—			
4	RCW-R-4	123	207	339	1.63	—	123	323	454	1.40	—	—			
5	RCW-R-5	17	174	339	1.94	—	17	270	454	1.68	—	—			
6	RCW-R-6	9	194	339	1.74	—	318A	353	448	1.26	—	—			
7	RCW-R-7	76	194	339	1.74	—	76	316	436	1.37	—	—			
8	RCW-R-8	50	192	339	1.76	—	50	291	454	1.56	—	—			
9	RCW-R-9	24	178	339	1.90	—	24	303	454	1.49	—	—			
10	RCW-R-10	115	189	339	1.79	—	115	285	454	1.59	—	—			
11	RCW-R-11	66	132	365	2.76	—	66	208	448	2.15	—	—			
12	RCW-R-12	33	161	365	2.26	—	33	261	448	1.71	—	—			
13	RCW-R-13	126	197	365	1.85	—	126	339	448	1.32	—	—			
14	RCW-R-14	89	183	365	1.99	—	158	305	454	1.48	—	—			
15	RCW-R-15	95	161	339	2.10	—	95	238	454	1.90	—	—			

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ⅣAS													
		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			
16	RCW-R-16	110	108	365	3.37	—	102	177	448	2.53	—	—			
17	RCW-R-17	42A	203	339	1.66	—	42A	320	454	1.41	—	—			
18	RCW-R-18	82	119	365	3.06	—	82	188	448	2.38	—	—			
19	RCW-R-21	67A	182	365	2.00	—	67A	329	448	1.36	—	—			
20	RCW-R-22	48	118	365	3.09	—	48	191	448	2.34	—	—			
21	RCW-R-36	101	144	365	2.53	—	11	267	448	1.67	—	—			
22	RCW-R-37	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—			
23	RCW-R-38	62	117	365	3.11	—	62	204	448	2.19	—	—			
24	RCW-R-39	211	65	365	5.61	—	211	102	448	4.39	—	—			
25	RCW-R-40	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—			
26	RCW-R-41	58	52	365	7.01	—	58	70	448	6.40	—	—			

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ⅣAS													
		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	RCW-R-1	79	200	339	1.69	—	79	362	436	1.20	—	—			
2	RCW-R-2	79	216	339	1.56	○	79	382	454	1.18	—	○			
3	RCW-R-3	31	216	339	1.56	—	31	378	454	1.20	—	—			
4	RCW-R-4	56	201	339	1.68	—	98	270	454	1.68	—	—			
5	RCW-R-6	9	194	339	1.74	—	318A	353	448	1.26	—	—			
6	RCW-R-7	76	194	339	1.74	—	76	316	436	1.37	—	—			
7	RCW-R-8	50	192	339	1.76	—	50	291	454	1.56	—	—			
8	RCW-R-9	24	178	339	1.90	—	24	303	454	1.49	—	—			
9	RCW-R-10	115	189	339	1.79	—	115	285	454	1.59	—	—			
10	RCW-R-11	66	132	365	2.76	—	66	208	448	2.15	—	—			
11	RCW-R-12	33	161	365	2.26	—	33	261	448	1.71	—	—			
12	RCW-R-13	126	197	365	1.85	—	126	339	448	1.32	—	—			
13	RCW-R-14	89	183	365	1.99	—	158	305	454	1.48	—	—			
14	RCW-R-15	95	161	339	2.10	—	95	238	454	1.90	—	—			
15	RCW-R-16	110	108	365	3.37	—	102	177	448	2.53	—	—			

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ⅣAS											
		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	
16	RCW-R-17	42A	203	339	1.66	—	42A	320	454	1.41	—	—	
17	RCW-R-18	82	119	365	3.06	—	82	188	448	2.38	—	—	
18	RCW-R-21	67A	182	365	2.00	—	67A	329	448	1.36	—	—	
19	RCW-R-22	48	118	365	3.09	—	48	191	448	2.34	—	—	
20	RCW-R-36	101	144	365	2.53	—	11	267	448	1.67	—	—	
21	RCW-R-37	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—	
22	RCW-R-38	62	117	365	3.11	—	62	204	448	2.19	—	—	
23	RCW-R-39	211	65	365	5.61	—	211	102	448	4.39	—	—	
24	RCW-R-40	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—	
25	RCW-R-41	58	52	365	7.01	—	58	70	448	6.40	—	—	

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 VAS													
		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	RCW-R-1	79	200	339	1.69	-	79	362	436	1.20	-	-	-		
2	RCW-R-2	79	216	339	1.56	○	79	382	454	1.18	-	-	○		
3	RCW-R-3	31	216	339	1.56	-	31	378	454	1.20	-	-	-		
4	RCW-R-4	56	201	339	1.68	-	98	270	454	1.68	-	-	-		
5	RCW-R-6	9	194	339	1.74	-	318A	353	448	1.26	-	-	-		
6	RCW-R-7	76	194	339	1.74	-	76	316	436	1.37	-	-	-		
7	RCW-R-8	50	192	339	1.76	-	50	291	454	1.56	-	-	-		
8	RCW-R-9	24	178	339	1.90	-	24	303	454	1.49	-	-	-		
9	RCW-R-10	115	189	339	1.79	-	115	285	454	1.59	-	-	-		
10	RCW-R-11	66	132	365	2.76	-	66	208	448	2.15	-	-	-		
11	RCW-R-12	33	161	365	2.26	-	33	261	448	1.71	-	-	-		
12	RCW-R-13	126	197	365	1.85	-	126	339	448	1.32	-	-	-		
13	RCW-R-14	89	183	365	1.99	-	158	305	454	1.48	-	-	-		
14	RCW-R-15	95	161	339	2.10	-	95	238	454	1.90	-	-	-		
15	RCW-R-16	110	108	365	3.37	-	102	177	448	2.53	-	-	-		

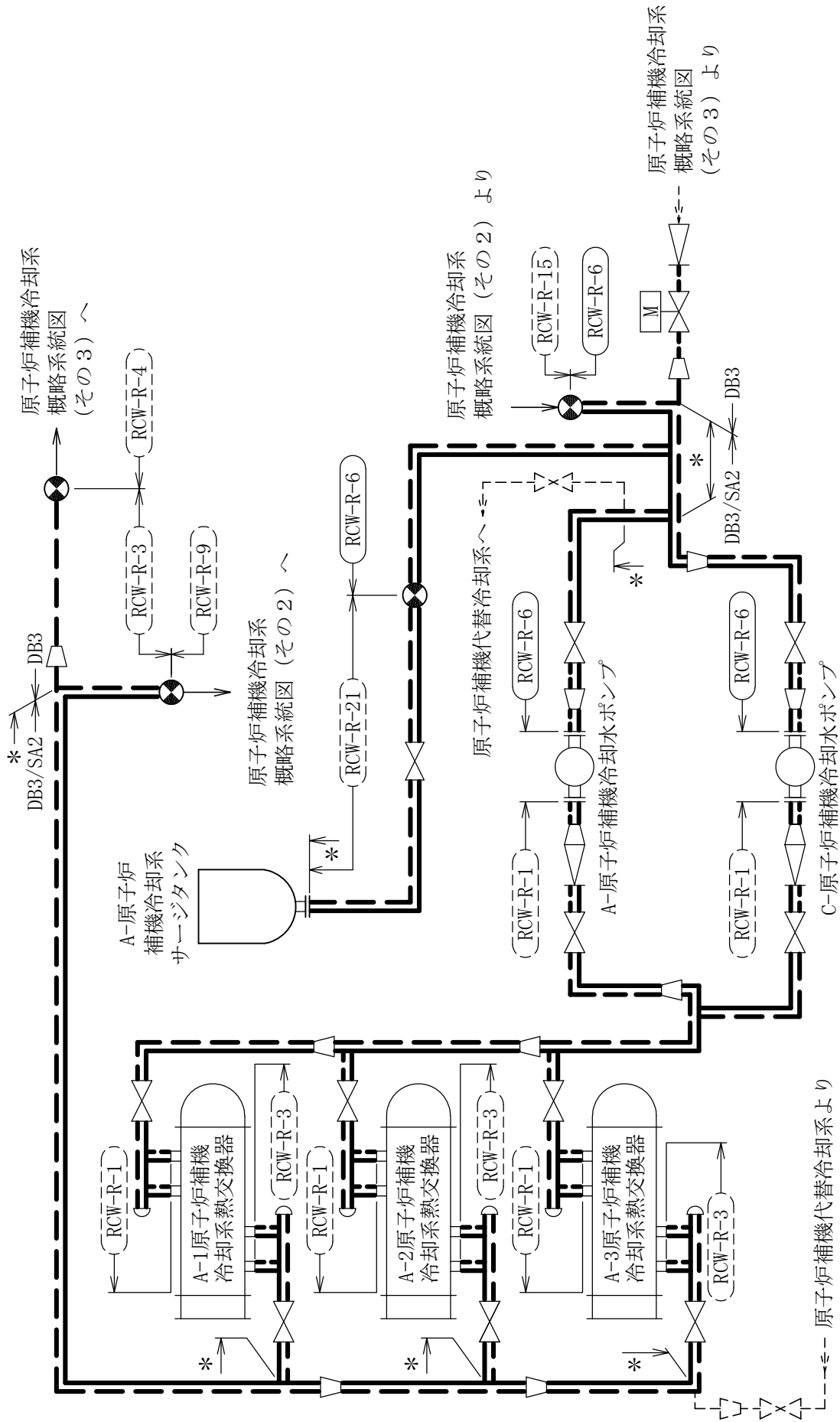
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

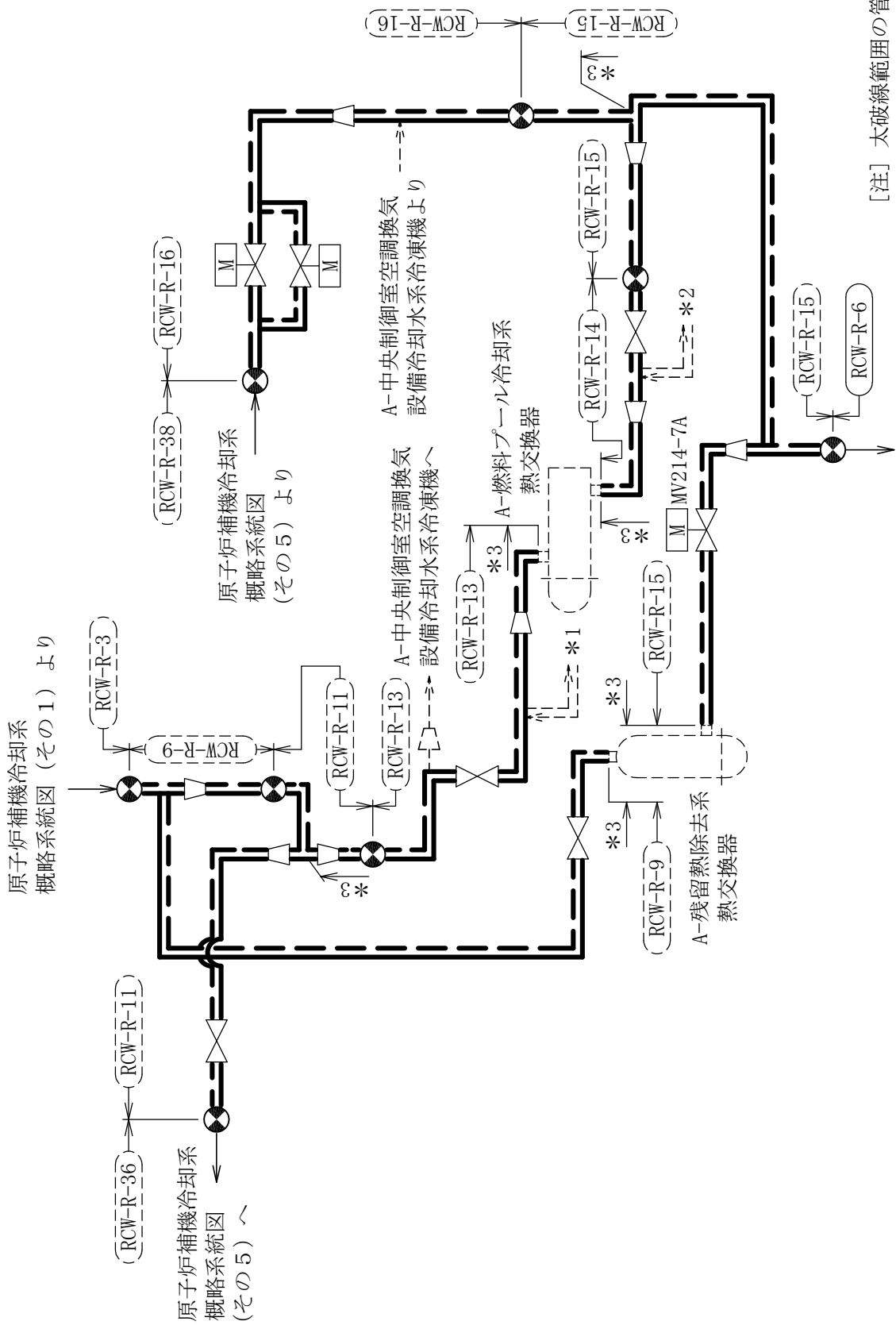
No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		一次応力評価						一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
16	RCW-R-17	42A	203	339	1.66	—	42A	320	454	1.41	—	—	
17	RCW-R-18	82	119	365	3.06	—	82	188	448	2.38	—	—	
18	RCW-R-21	67A	182	365	2.00	—	67A	329	448	1.36	—	—	
19	RCW-R-22	48	118	365	3.09	—	48	191	448	2.34	—	—	
20	RCW-R-36	101	144	365	2.53	—	11	267	448	1.67	—	—	
21	RCW-R-37	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—	
22	RCW-R-38	62	117	365	3.11	—	62	204	448	2.19	—	—	
23	RCW-R-39	211	65	365	5.61	—	211	102	448	4.39	—	—	
24	RCW-R-40	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—	
25	RCW-R-41	58	52	365	7.01	—	58	70	448	6.40	—	—	



--- 原子炉補機代替冷却系より

注記*：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。

原子炉補機冷却系概略系統図（その1）



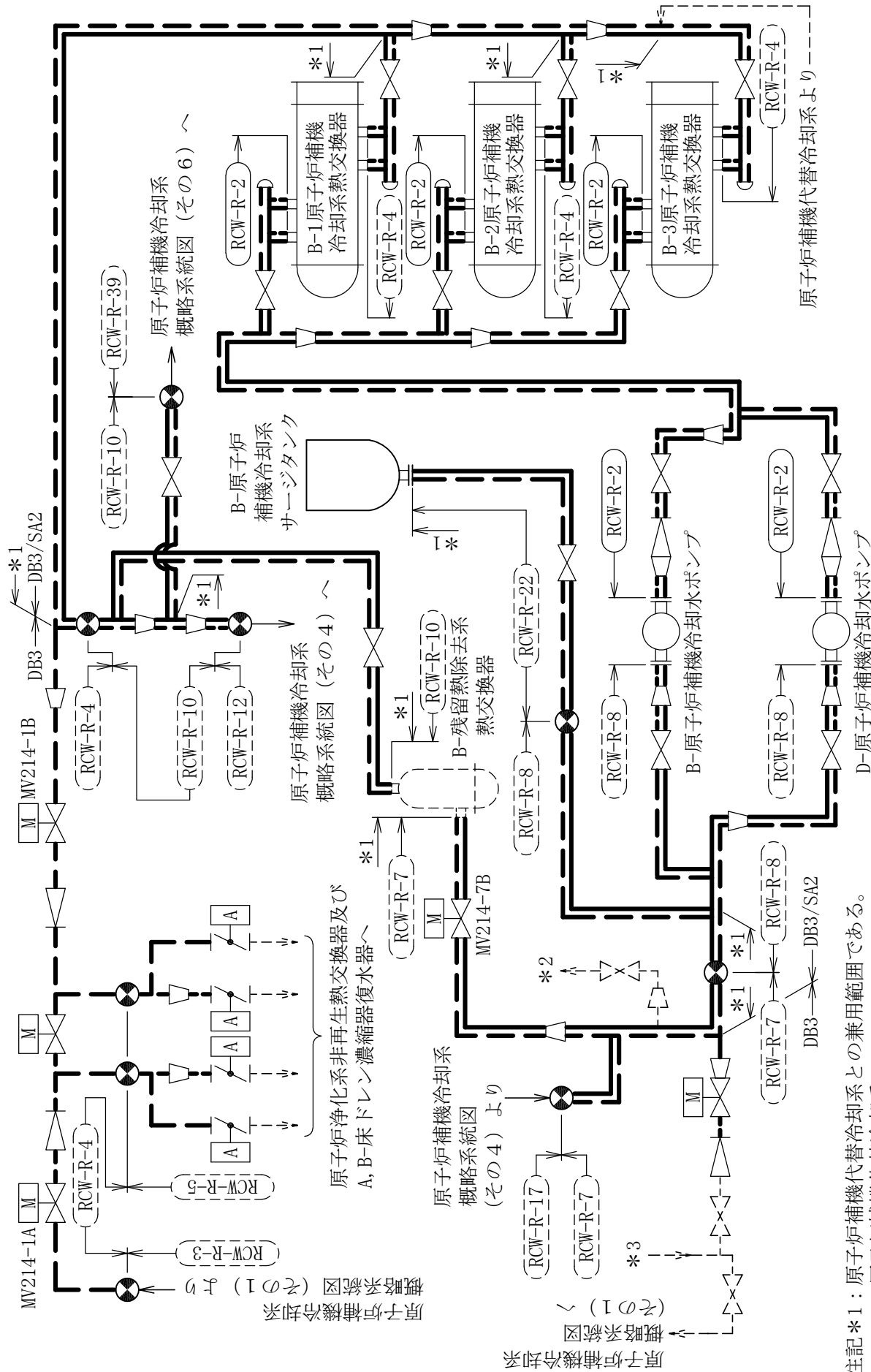
原子炉補機冷却系 概略系統図 (その1) より

原子炉補機冷却系 概略系統図 (その5) より

原子炉補機冷却系 概略系統図 (その1) ~ 原子炉補機冷却系概略系統図 (その2)

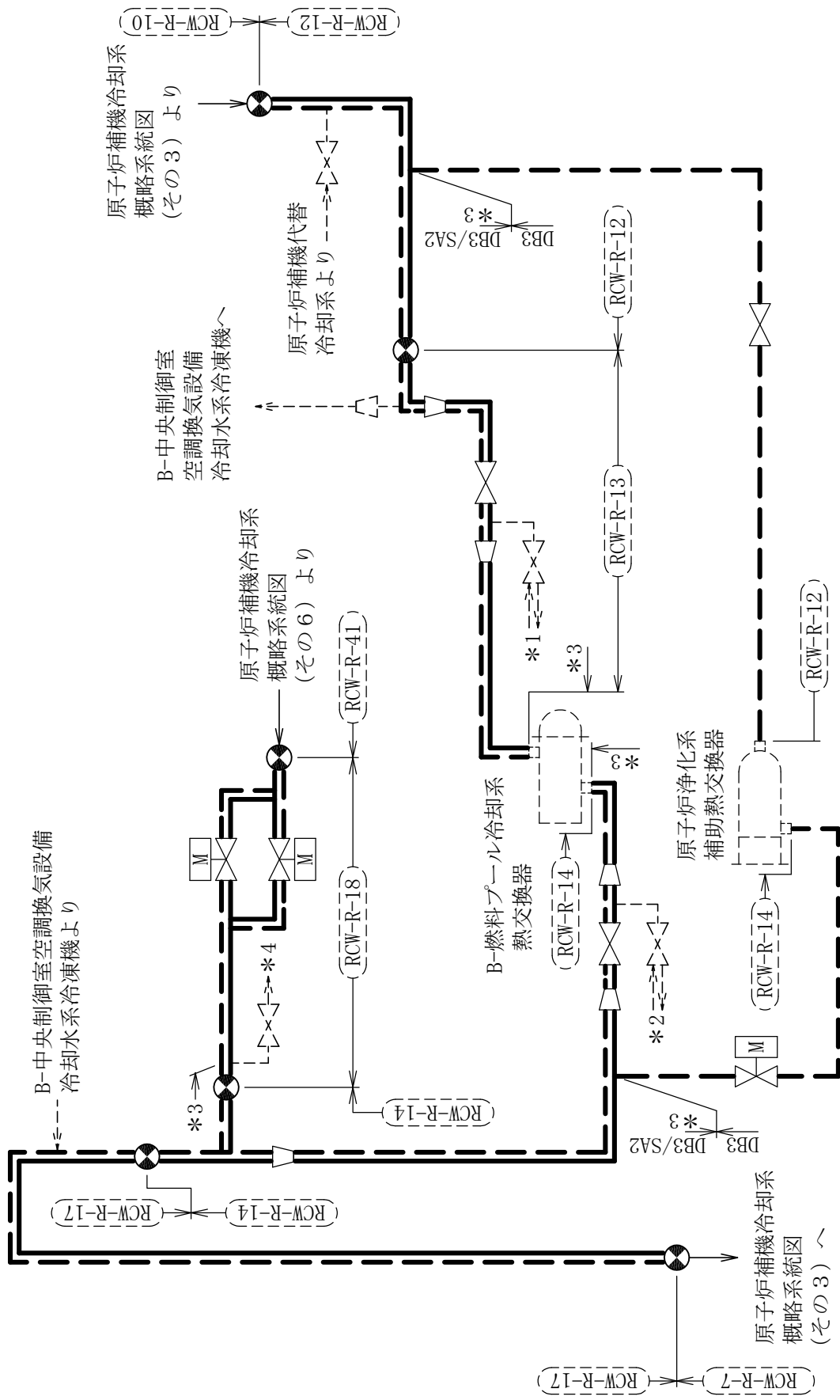
原子炉補機冷却系 概略系統図 (その1) ~ 原子炉補機冷却系概略系統図 (その2)

[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
太破線範囲の管クラス：SA2



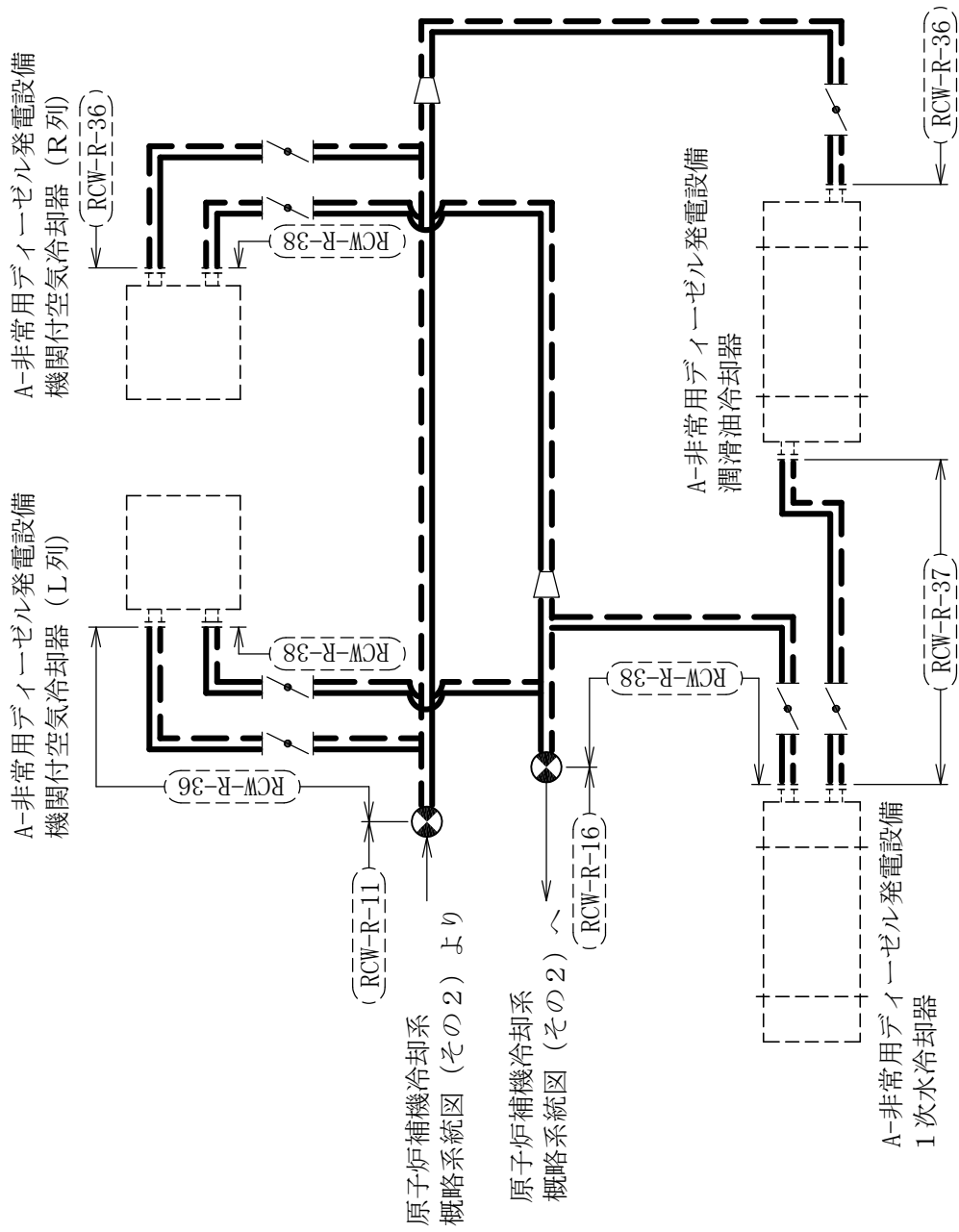
注記*1：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。
 *2：原子炉補機代替冷却系へ
 *3：原子炉浄化系非再生熱交換器及びA, B-床ドレン濃縮器復水器より

原子炉補機冷却系概略系統図 (その3)



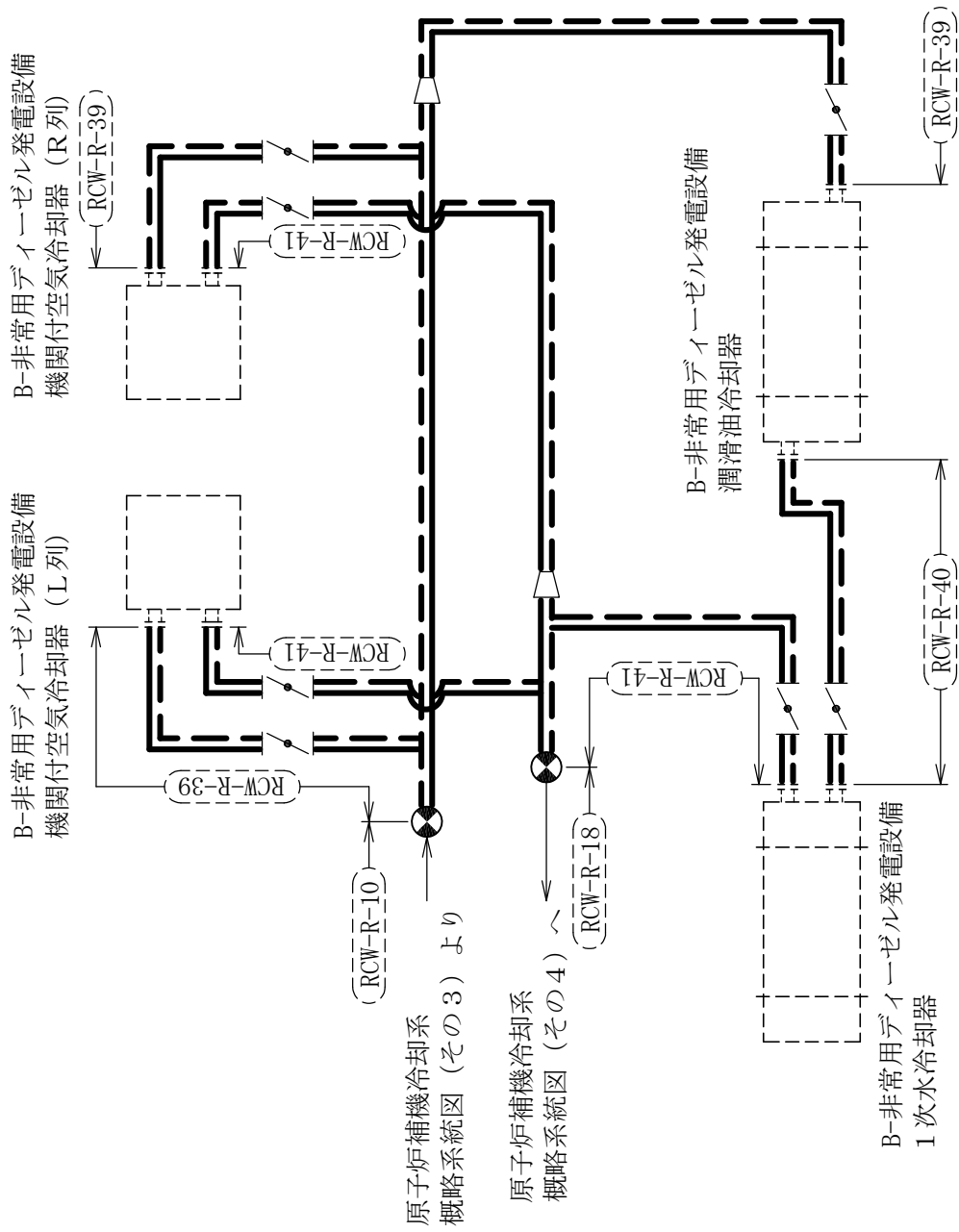
注記*1：原子炉補機冷却系概略系統図（その2）の*1より（～）
 *2：原子炉補機冷却系概略系統図（その2）の*2より（～）
 *3：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。
 *4：原子炉補機代替冷却系へ

原子炉補機冷却系概略系統図（その4）



[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
太線範囲の管クラス：SA2

原子炉補機冷却系概略系統図 (その5)



[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
太線範囲の管クラス：SA2

原子炉補機冷却系概略系統図 (その6)

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RCW-R-2 (DB) (2/2)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RCW-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-3 (SA) (3/3)

鳥瞰図

RCW-R-4 (SA) (1/4)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RCW-R-4 (SA) (4/4)

鳥瞰図

RCW-R-8 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-8 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-11 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-11 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-11 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-21 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-22 (DB)

鳥瞰図

RCW-R-22 (SA)

鳥瞰図

RCW-R-36 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-36 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-37 (DB)

鳥瞰図

RCW-R-37 (SA)

鳥瞰図

RCW-R-38 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-38 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-38 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-38 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-39 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-40 (DB)

鳥瞰図

RCW-R-40 (SA)

鳥瞰図

RCW-R-41 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-41 (SA) (2/2)

鳥瞰図

(2) 原子炉補機海水系

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Ⅲ _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	RSW-R-1	69	84	245	2.91	—	9	189	490	2.59	—	—	
2	RSW-R-2	59	93	245	2.63	—	9	224	490	2.18	—	○	
3	RSW-T-1	1N	101	245	2.42	○	1N	176	490	2.78	—	—	
4	RSW-T-2	26	59	245	4.15	—	1N	64	490	7.65	—	—	
5	RSW-I-1	15	82	245	2.98	—	15	66	490	7.42	—	—	
6	RSW-I-2	15	58	245	4.22	—	15	88	490	5.56	—	—	

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 _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	RSW-R-1	69	128	360	2.81	—	9	394	490	1.24	—	—
2	RSW-R-2	59	142	360	2.53	—	9	400	490	1.22	—	○
3	RSW-T-1	1N	159	360	2.26	○	1N	352	490	1.39	—	—
4	RSW-T-2	230F	87	360	4.13	—	7	137	490	3.57	—	—
5	RSW-I-1	15	107	360	3.36	—	15	122	490	4.01	—	—
6	RSW-I-2	15	90	360	4.00	—	15	152	490	3.22	—	—

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 _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	RSW-R-1	69	128	360	2.81	—	9	394	490	1.24	—	—	
2	RSW-R-2	59	142	360	2.53	—	9	400	490	1.22	—	○	
3	RSW-T-1	1N	159	360	2.26	○	1N	352	490	1.39	—	—	
4	RSW-T-2	230F	87	360	4.13	—	7	137	490	3.57	—	—	
5	RSW-I-1	15	107	360	3.36	—	15	122	490	4.01	—	—	
6	RSW-I-2	15	90	360	4.00	—	15	152	490	3.22	—	—	

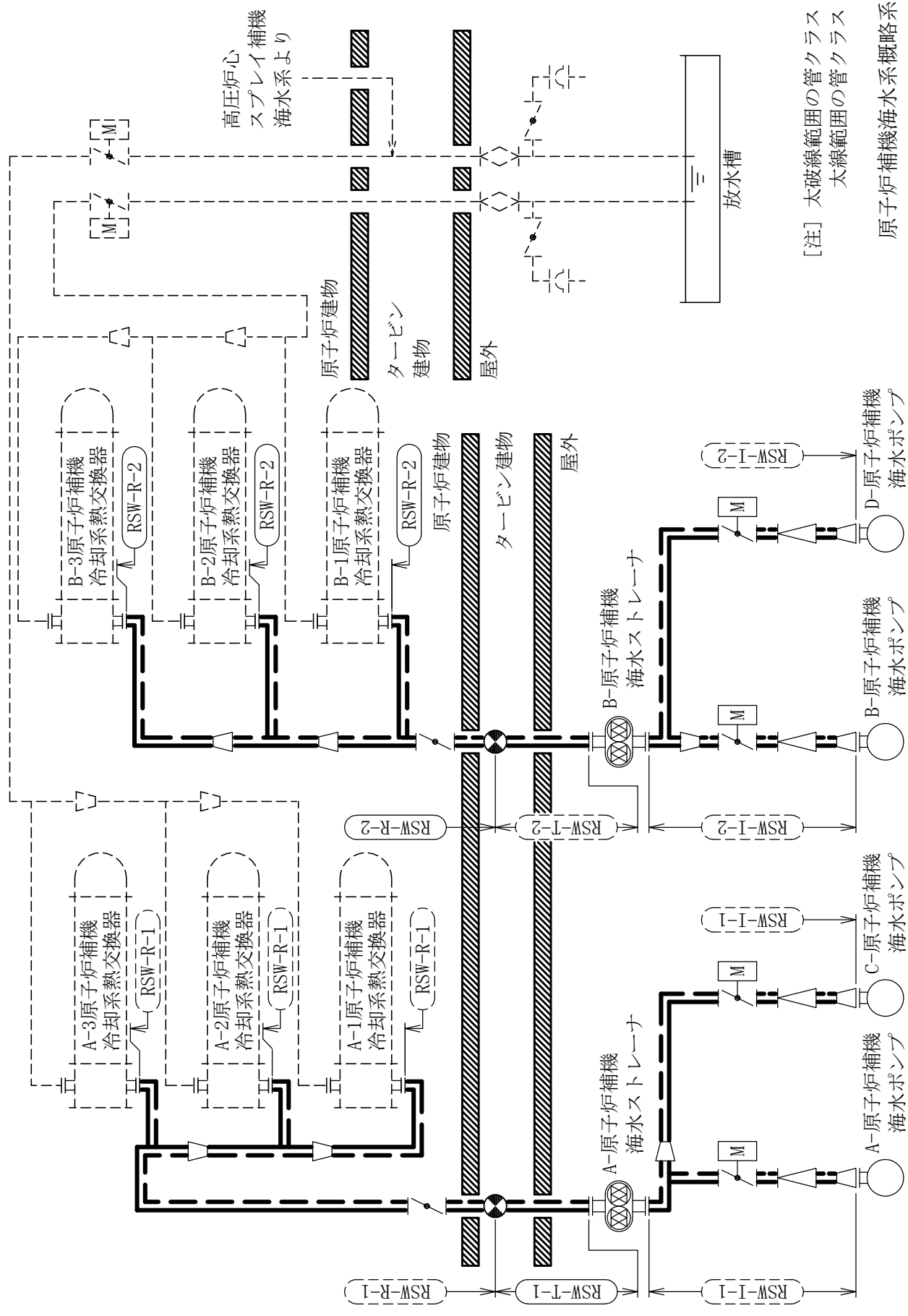
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS											
		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	RSW-R-1	69	128	360	2.81	—	9	394	490	1.24	—	—	
2	RSW-R-2	59	142	360	2.53	—	9	400	490	1.22	—	○	
3	RSW-T-1	1N	159	360	2.26	○	1N	352	490	1.39	—	—	
4	RSW-T-2	230F	87	360	4.13	—	7	137	490	3.57	—	—	
5	RSW-I-1	15	107	360	3.36	—	15	122	490	4.01	—	—	
6	RSW-I-2	15	90	360	4.00	—	15	152	490	3.22	—	—	



[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
太線範囲の管クラス：SA2
原子炉補機海水系概略系統図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RSW-T-1 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RSW-T-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-T-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RSW-T-2 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RSW-T-2 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RSW-T-2 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-T-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RSW-I-1 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RSW-I-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-I-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RSW-I-2 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RSW-I-2 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RSW-I-2 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-I-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

12. 原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系の計算モデル

- VI-3-3-3-6-1-6-2 管の応力計算書（原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系）

(1) 原子炉補機冷却系

重大事故等対応設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	RCW-R-1	設計・建設規格	18	76	150	1.97	—	18	80	180	2.25	—
		告示第501号	18	44	100	2.27	—	18	44	120	2.72	—
2	RCW-R-2	設計・建設規格	16	141	150	1.06	—	16	144	180	1.25	—
		告示第501号	16	62	100	1.61	—	16	62	120	1.93	—
3	RCW-R-3	設計・建設規格	31	87	150	1.72	—	31	90	180	2.00	—
		告示第501号	47	47	100	2.12	—	47	47	120	2.55	—
4	RCW-R-4	設計・建設規格	56	142	150	1.05	○	56	174	180	1.03	○
		告示第501号	56	75	100	1.33	—	56	75	120	1.60	—
5	RCW-R-6	設計・建設規格	9	120	150	1.25	—	9	148	180	1.21	—
		告示第501号	28	74	100	1.35	—	28	74	120	1.62	—
6	RCW-R-7	設計・建設規格	129	104	150	1.44	—	129	107	180	1.68	—
		告示第501号	76	51	100	1.96	—	76	51	120	2.35	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	RCW-R-8	設計・建設規格	50	112	150	1.33	—	50	114	180	1.57	—
		告示第501号	50	48	100	2.08	—	50	48	120	2.50	—
8	RCW-R-9	設計・建設規格	101	75	150	2.00	—	101	76	180	2.36	—
		告示第501号	101	51	100	1.96	—	101	51	120	2.35	—
9	RCW-R-10	設計・建設規格	37	90	150	1.66	—	37	93	180	1.93	—
		告示第501号	37	59	100	1.69	—	37	59	120	2.03	—
10	RCW-R-11	設計・建設規格	21	48	154	3.20	—	21	50	185	3.70	—
		告示第501号	24A	41	103	2.51	—	24A	41	123	3.00	—
11	RCW-R-12	設計・建設規格	33	51	154	3.01	—	33	52	185	3.55	—
		告示第501号	33	30	103	3.43	—	33	30	123	4.10	—
12	RCW-R-13	設計・建設規格	126	42	154	3.66	—	126	44	185	4.20	—
		告示第501号	174	34	103	3.02	—	174	34	123	3.61	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
13	RCW-R-14	設計・建設規格	89	65	154	2.36	—	89	66	185	2.80	—
		告示第501号	89	40	103	2.57	—	89	40	123	3.07	—
14	RCW-R-15	設計・建設規格	56	89	150	1.68	—	56	92	180	1.95	—
		告示第501号	56	46	100	2.17	—	56	46	120	2.60	—
15	RCW-R-16	設計・建設規格	110	27	154	5.70	—	110	28	185	6.60	—
		告示第501号	96	24	103	4.29	—	96	24	123	5.12	—
16	RCW-R-17	設計・建設規格	18	51	150	2.94	—	18	56	180	3.21	—
		告示第501号	42A	44	100	2.27	—	42A	44	120	2.72	—
17	RCW-R-18	設計・建設規格	74	29	154	5.31	—	74	30	185	6.16	—
		告示第501号	82	26	103	3.96	—	82	26	123	4.73	—
18	RCW-R-21	設計・建設規格	23	34	154	4.52	—	23	36	185	5.13	—
		告示第501号	58	26	103	3.96	—	58	26	123	4.73	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
19	RCW-R-22	設計・建設規格	38	34	154	4.52	—	38	34	185	5.44	—
		告示第501号	38	23	103	4.47	—	38	23	123	5.34	—
20	RCW-R-36	設計・建設規格	112N	18	154	8.55	—	33	21	185	8.80	—
		告示第501号	13	16	103	6.43	—	13	16	123	7.68	—
21	RCW-R-37	設計・建設規格	35	32	154	4.81	—	35	32	185	5.78	—
		告示第501号	35	23	103	4.47	—	35	23	123	5.34	—
22	RCW-R-38	設計・建設規格	27	26	154	5.92	—	27	28	185	6.60	—
		告示第501号	25	17	103	6.05	—	25	17	123	7.23	—
23	RCW-R-39	設計・建設規格	12	24	154	6.41	—	12	26	185	7.11	—
		告示第501号	12	21	103	4.90	—	12	21	123	5.85	—
24	RCW-R-40	設計・建設規格	35	32	154	4.81	—	35	32	185	5.78	—
		告示第501号	35	23	103	4.47	—	35	23	123	5.34	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

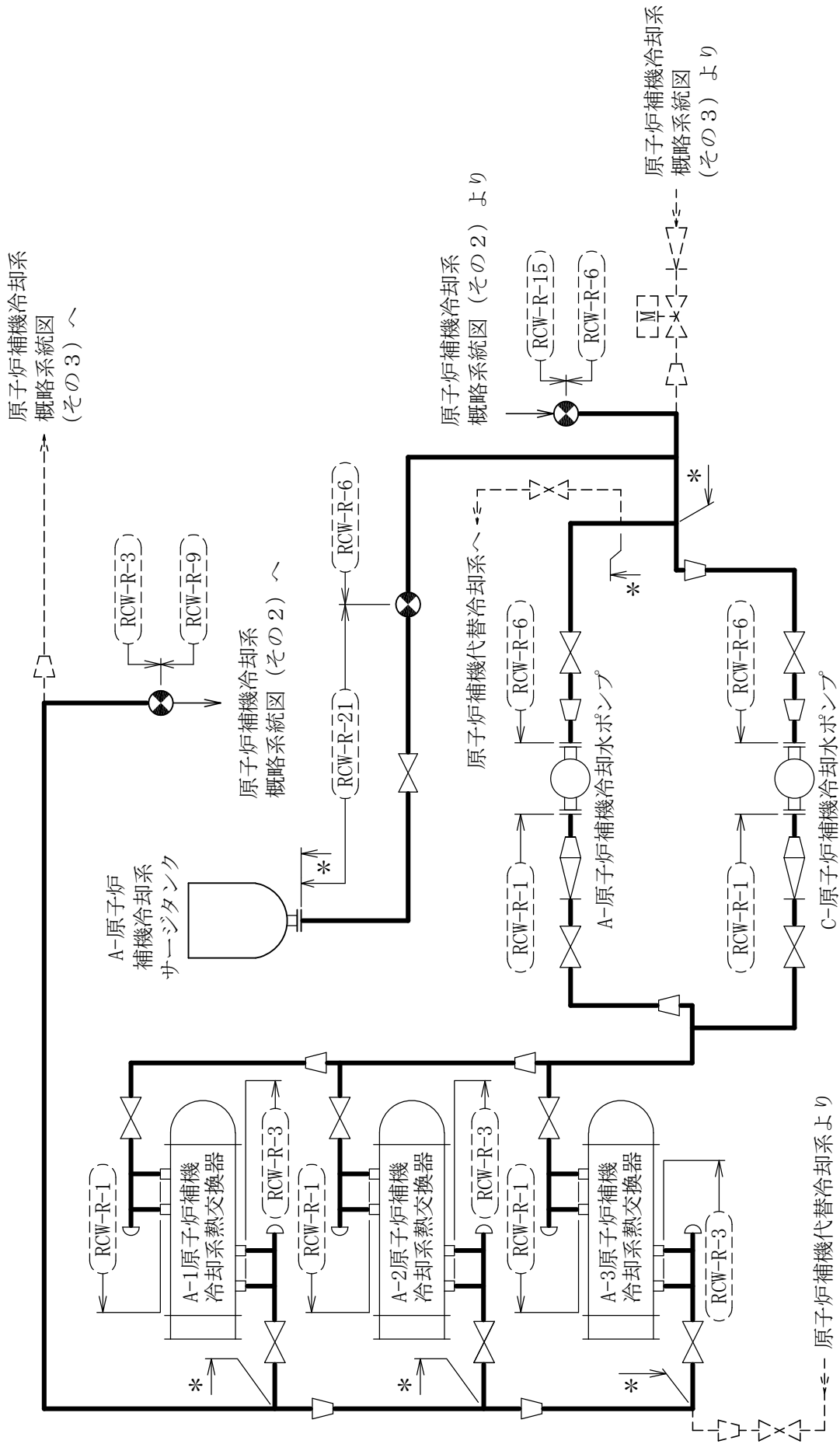
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
25	RCW-R-41	設計・建設規格 告示第501号	58	30	154	5.13	—	58	32	185	5.78	—
			73	21	103	4.90	—	73	21	123	5.85	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

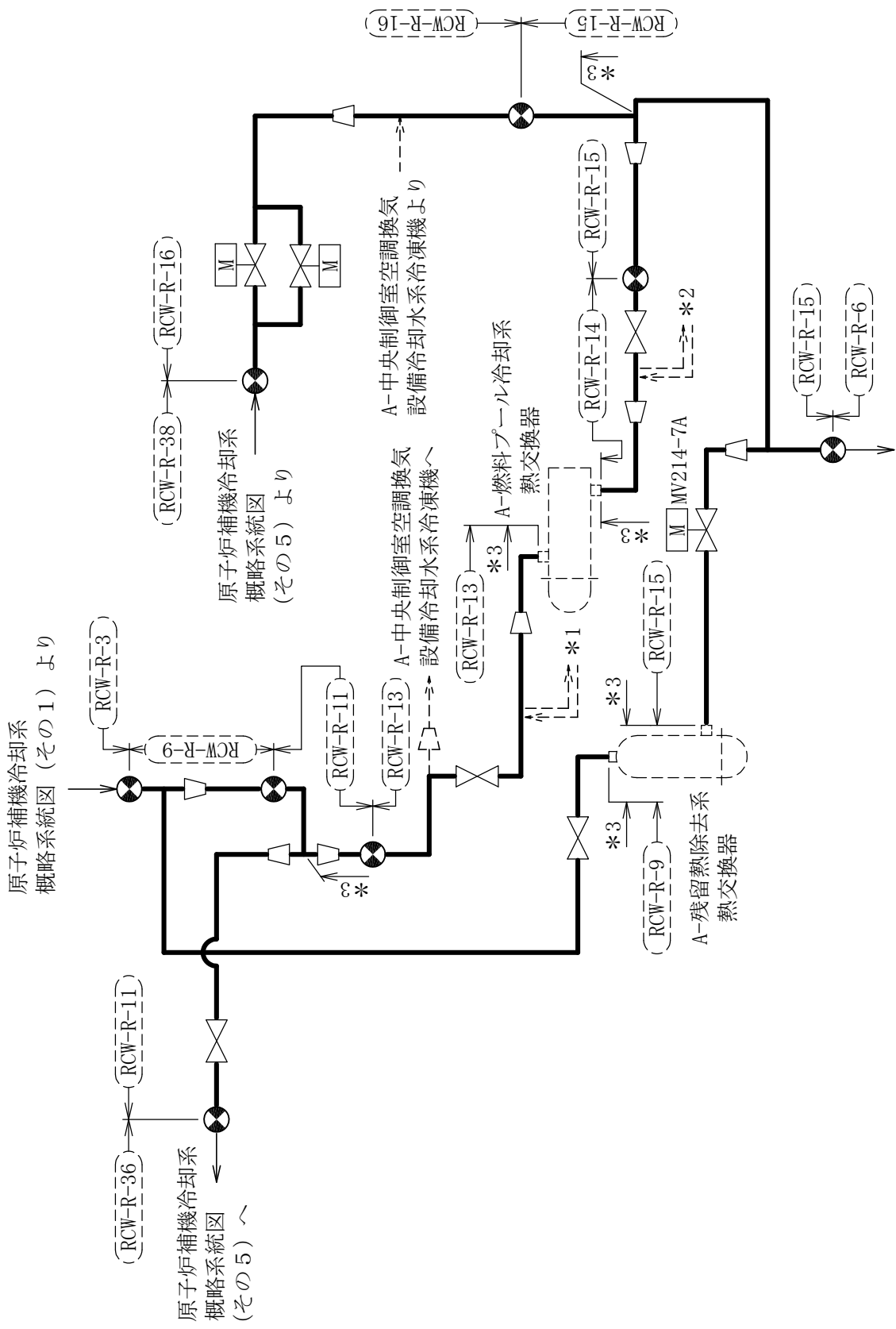
*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



[注] 太線範囲の管クラス：SA2

原子炉補機冷却系概略系統図 (その1)

注記*：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。



原子炉補機冷却系
概略系統図 (その1) より

原子炉補機冷却系
概略系統図 (その5) ~

原子炉補機冷却系
概略系統図 (その5) より

A-中央制御室空調換気
設備冷却水系冷凍機より

A-燃料プール冷却系
熱交換器

A-中央制御室空調換気
設備冷却水系冷凍機へ

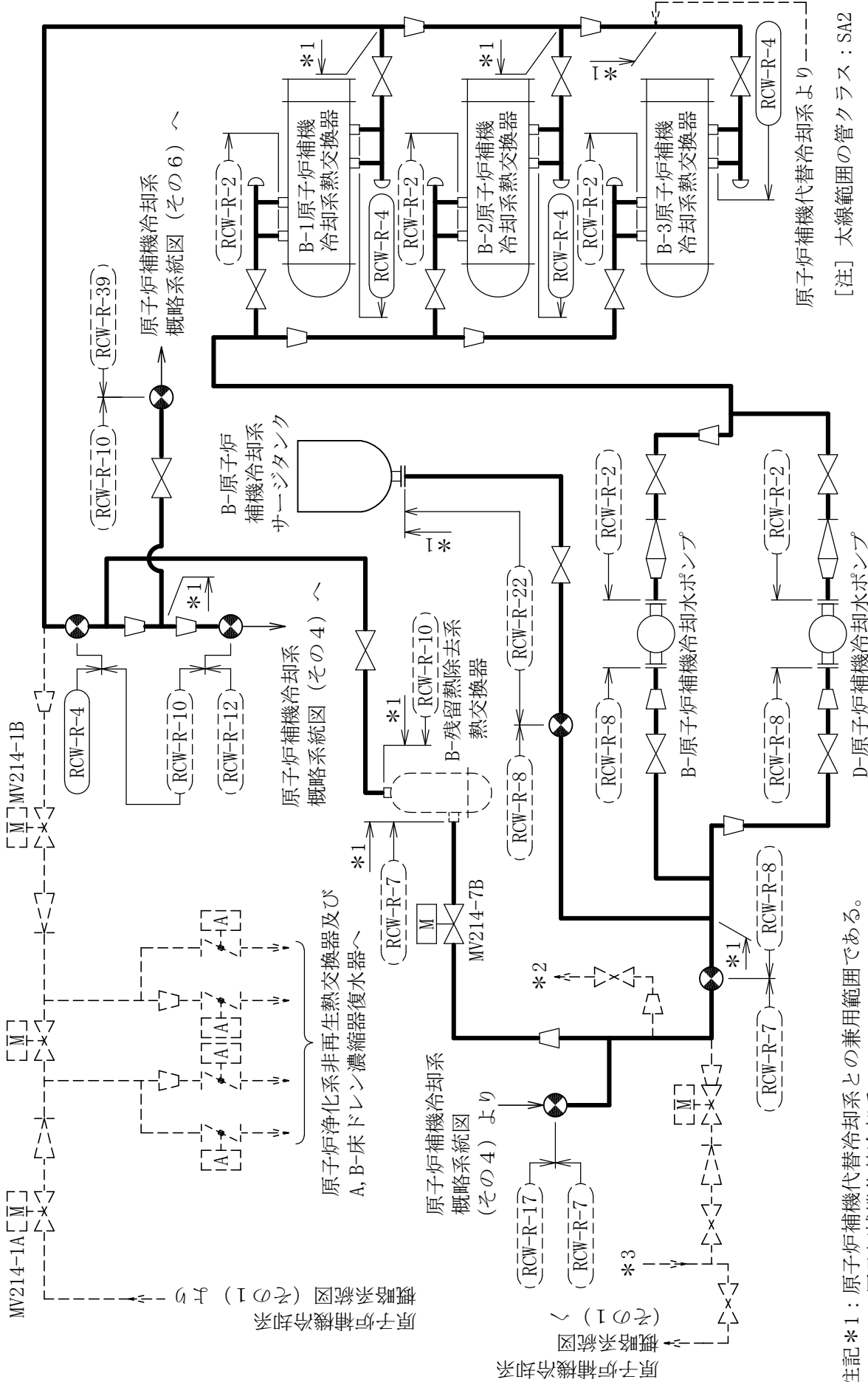
A-残留熱除去系
熱交換器

MV214-7A

原子炉補機冷却系
概略系統図 (その1) ~

原子炉補機冷却系
概略系統図 (その2) ~

[注] 太線範囲の管クラス：SA2



原子炉補機冷却系概略系統図 (その3)

原子炉補機代替冷却系より

原子炉補機冷却系 (その4)

原子炉補機冷却系 (その6)

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

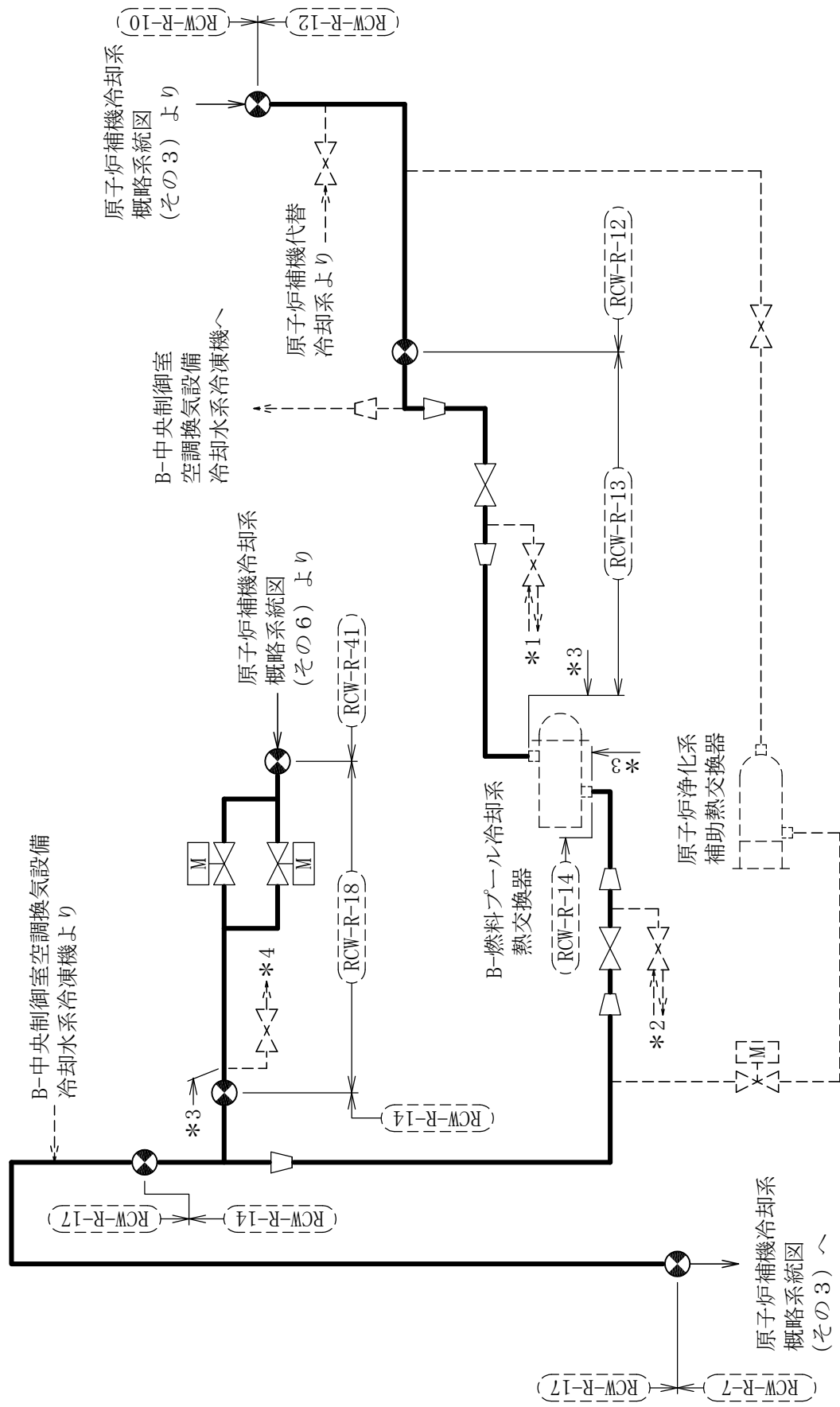
D-原子炉補機冷却水ポンプ

原子炉浄化系非再生熱交換器及びA, B-床ドレン濃縮器復水器より

原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。

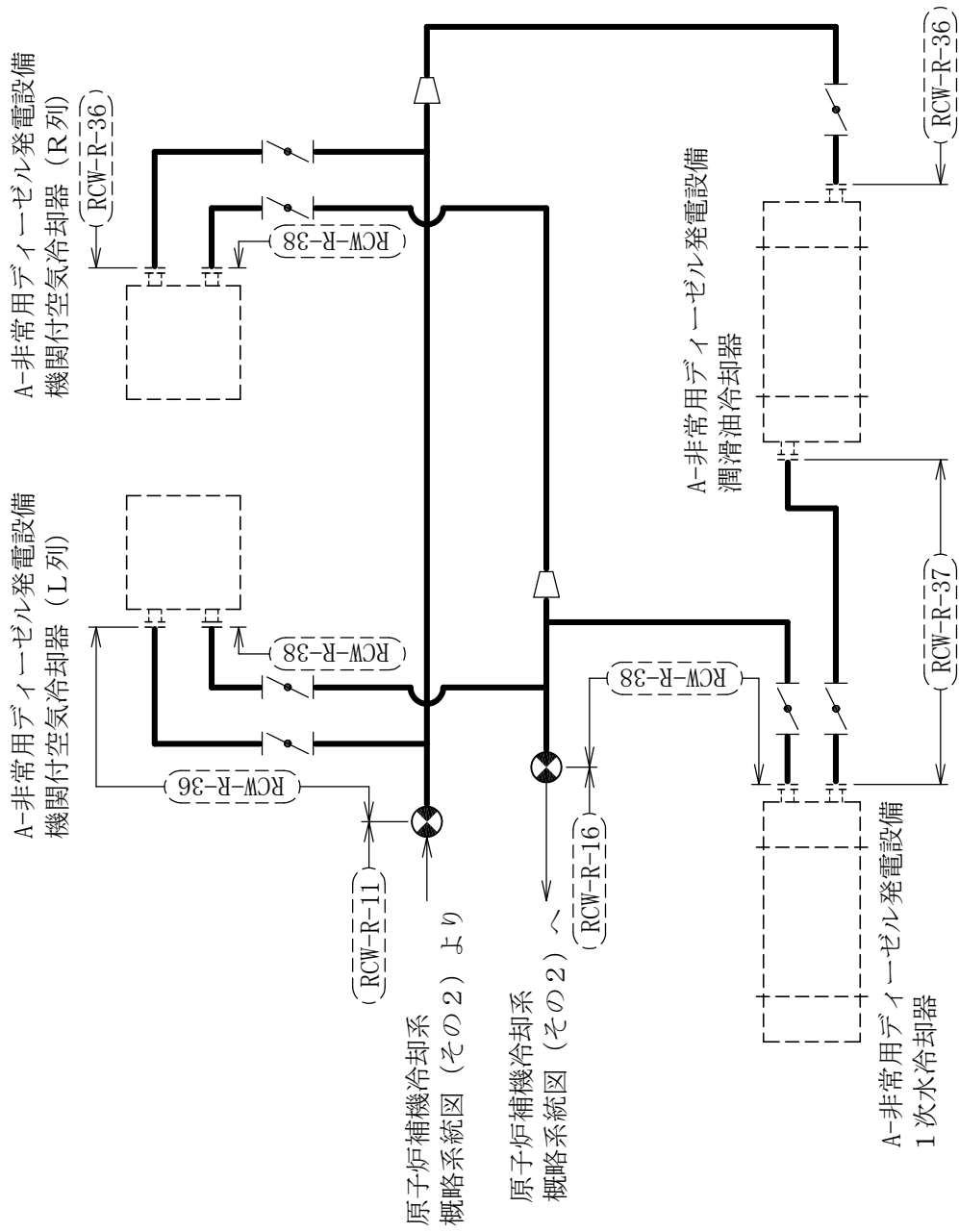
*2: 原子炉補機代替冷却系へ

*3: 原子炉浄化系非再生熱交換器及びA, B-床ドレン濃縮器復水器より



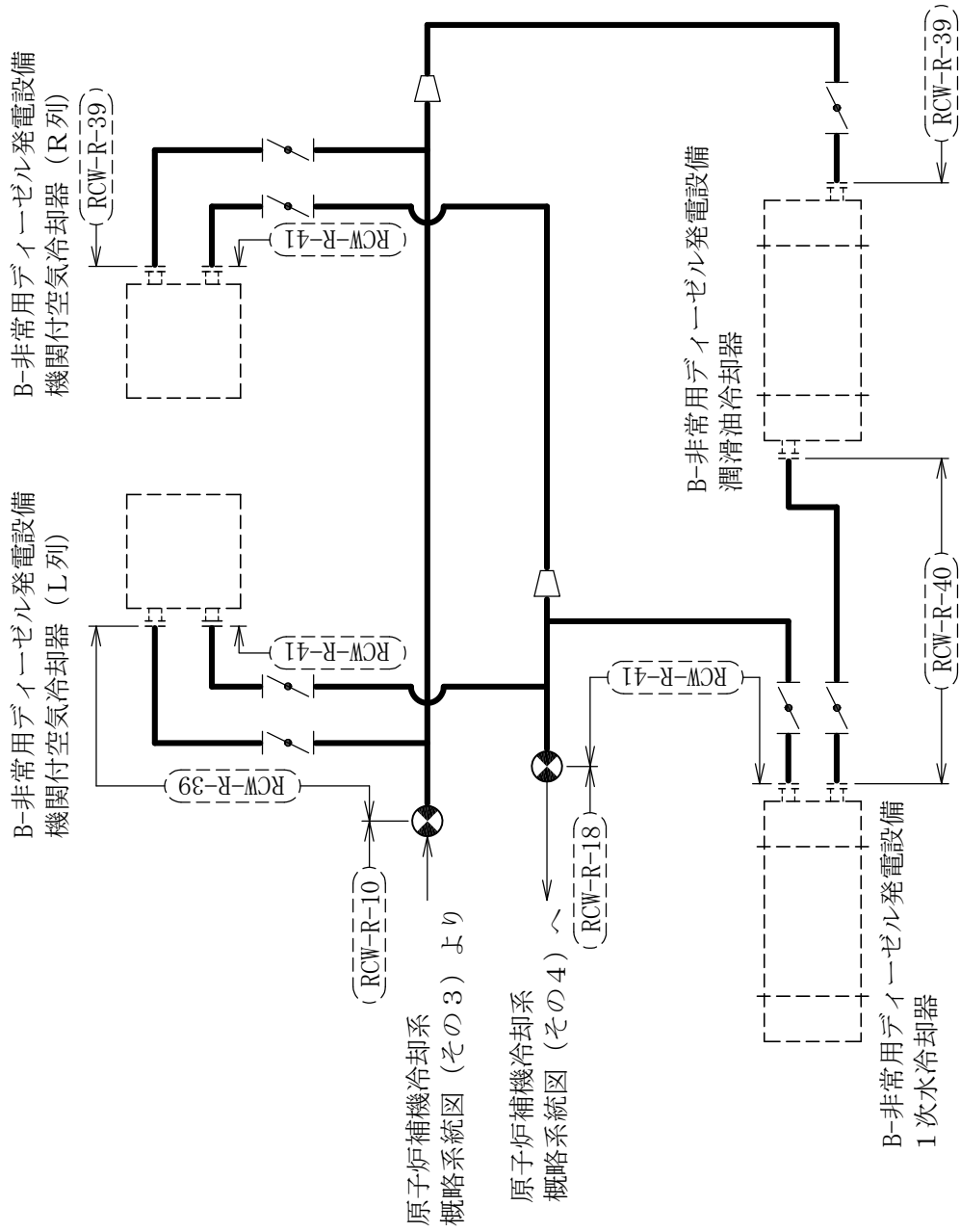
注記*1：原子炉補機冷却系概略系統図（その2）の*1より（～）
 *2：原子炉補機冷却系概略系統図（その2）の*2より（～）
 *3：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。
 *4：原子炉補機代替冷却系へ

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機冷却系概略系統図（その4）



[注] 太線範囲の管クラス：SA2

原子炉補機冷却系概略系統図 (その5)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2

原子炉補機冷却系概略系統図（その6）

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RCW-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-4 (SA) (1/4)

鳥瞰図

RCW-R-4 (SA) (4/4)

鳥瞰図

RCW-R-8 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-11 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-11 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-12 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-21 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-22 (SA)

鳥瞰図

RCW-R-36 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-36 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-37 (SA)

鳥瞰図

RCW-R-38 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-38 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-39 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCW-R-40 (SA)

鳥瞰図

RCW-R-41 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCW-R-41 (SA) (2/2)

鳥瞰図

(2) 原子炉補機海水系

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A										
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	
1	RSW-R-1	設計・建設規格	52	51	150	2.94	—	52	52	180	3.46	—	
		告示第501号	8	36	100	2.77	—	8	36	120	3.33	—	
2	RSW-R-2	設計・建設規格	59	63	150	2.38	—	59	65	180	2.76	—	
		告示第501号	59	39	100	2.56	—	59	39	120	3.07	—	
3	RSW-R-3	設計・建設規格	15	65	150	2.30	—	15	68	180	2.64	—	
		告示第501号	44	41	100	2.43	—	44	41	120	2.92	—	
4	RSW-R-4	設計・建設規格	55	81	150	1.85	—	55	83	180	2.16	—	
		告示第501号	55	56	100	1.78	—	55	56	120	2.14	—	
5	RSW-T-1	設計・建設規格	24	70	150	2.14	—	24	71	180	2.53	—	
		告示第501号	12	52	100	1.92	—	12	52	120	2.30	—	
6	RSW-T-2	設計・建設規格	250F	47	150	3.19	—	250F	51	180	3.52	—	
		告示第501号	26	42	100	2.38	—	26	42	120	2.85	—	

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	RSW-T-3	設計・建設規格	29	84	150	1.78	—	29	87	180	2.06	—
		告示第501号	28F	60	100	1.66	—	28F	60	120	2.00	—
8	RSW-T-4	設計・建設規格	10	59	150	2.54	—	10	62	180	2.90	—
		告示第501号	10	44	100	2.27	—	10	44	120	2.72	—
9	RSW-I-1	設計・建設規格	15	100	150	1.50	○	15	102	180	1.76	○
		告示第501号	15	54	100	1.85	—	15	54	120	2.22	—
10	RSW-I-2	設計・建設規格	25	41	150	3.65	—	31N	44	180	4.09	—
		告示第501号	25	34	100	2.94	—	25	34	120	3.52	—
11	RSW-Y-1	設計・建設規格	606	60	150	2.50	—	606	60	180	3.00	—
		告示第501号	802	30	70	2.33	—	802	30	84	2.80	—
12	RSW-Y-1A	設計・建設規格	503	36	105	2.91	—	503	36	126	3.50	—
		告示第501号	812	28	70	2.50	—	812	28	84	3.00	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

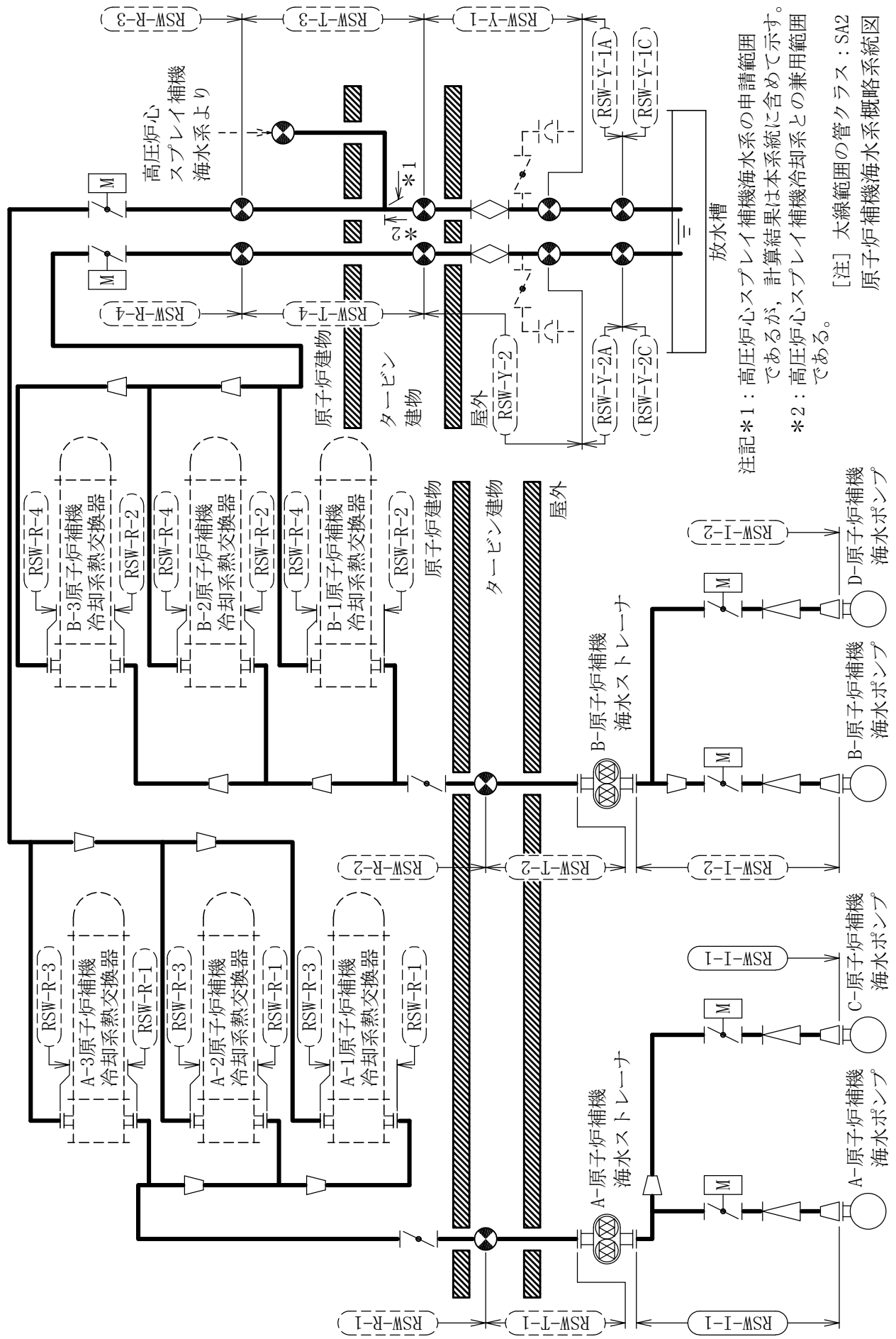
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
13	RSW-Y-1C	設計・建設規格	508	36	105	2.91	—	508	36	126	3.50	—
		告示第501号	6	28	70	2.50	—	6	28	84	3.00	—
14	RSW-Y-2	設計・建設規格	511	45	105	2.33	—	511	45	126	2.80	—
		告示第501号	511	35	70	2.00	—	511	35	84	2.40	—
15	RSW-Y-2A	設計・建設規格	506	38	105	2.76	—	506	38	126	3.31	—
		告示第501号	814	28	70	2.50	—	814	28	84	3.00	—
16	RSW-Y-2C	設計・建設規格	507	36	105	2.91	—	507	36	126	3.50	—
		告示第501号	6	28	70	2.50	—	6	28	84	3.00	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1: 高圧炉心スプレイ補機海水系の申請範囲であるが, 計算結果は本系統に含めて示す。
 *2: 高圧炉心スプレイ補機冷却系との兼用範囲である。

[注] 太線範囲の管クラス: SA2
 原子炉補機海水系概略系統図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RSW-R-3 (SA)

鳥瞰図

RSW-T-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-T-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RSW-T-2 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-T-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RSW-T-3 (SA) (1/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (SA) (2/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (SA) (3/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (SA) (4/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (SA) (5/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (SA) (6/6)

鳥瞰図

RSW-T-4 (SA) (3/3)

鳥瞰図

RSW-I-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-I-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RSW-I-2 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RSW-I-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

13. 高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系

の計算モデル

- ・VI-2-5-7-2-6 管の耐震性についての計算書
(高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系)

(1) 高圧炉心スプレイ補機冷却系

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	HPCW-R-1	14	63	231	3.66	—	1N	85	462	5.43	—	—	
2	HPCW-R-2	56A	55	231	4.20	—	56A	88	462	5.25	—	—	
3	HPCW-R-3	58	66	231	3.50	○	58	93	462	4.96	—	○	
4	HPCW-R-4	16	47	231	4.91	—	16	70	462	6.60	—	—	
5	HPCW-R-5	361	34	231	6.79	—	26	36	462	12.83	—	—	
6	HPCW-R-6	101	48	231	4.81	—	101	72	462	6.41	—	—	

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 _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	HPCW-R-1	1N	97	366	3.77	—	1N	179	462	2.58	—	○	
2	HPCW-R-2	56A	97	366	3.77	—	56A	171	462	2.70	—	—	
3	HPCW-R-3	58	108	366	3.38	○	58	177	462	2.61	—	—	
4	HPCW-R-4	16	101	366	3.62	—	16	177	462	2.61	—	—	
5	HPCW-R-5	361	47	366	7.78	—	26	68	462	6.79	—	—	
6	HPCW-R-6	57	81	366	4.51	—	57	146	462	3.16	—	—	

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ⅣAS											
		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	HPCW-R-1	1N	97	366	3.77	—	1N	179	462	2.58	—	○	
2	HPCW-R-2	56A	97	366	3.77	—	56A	171	462	2.70	—	—	
3	HPCW-R-3	58	108	366	3.38	○	58	177	462	2.61	—	—	
4	HPCW-R-4	16	101	366	3.62	—	16	177	462	2.61	—	—	
5	HPCW-R-5	361	47	366	7.78	—	26	68	462	6.79	—	—	
6	HPCW-R-6	57	81	366	4.51	—	57	146	462	3.16	—	—	

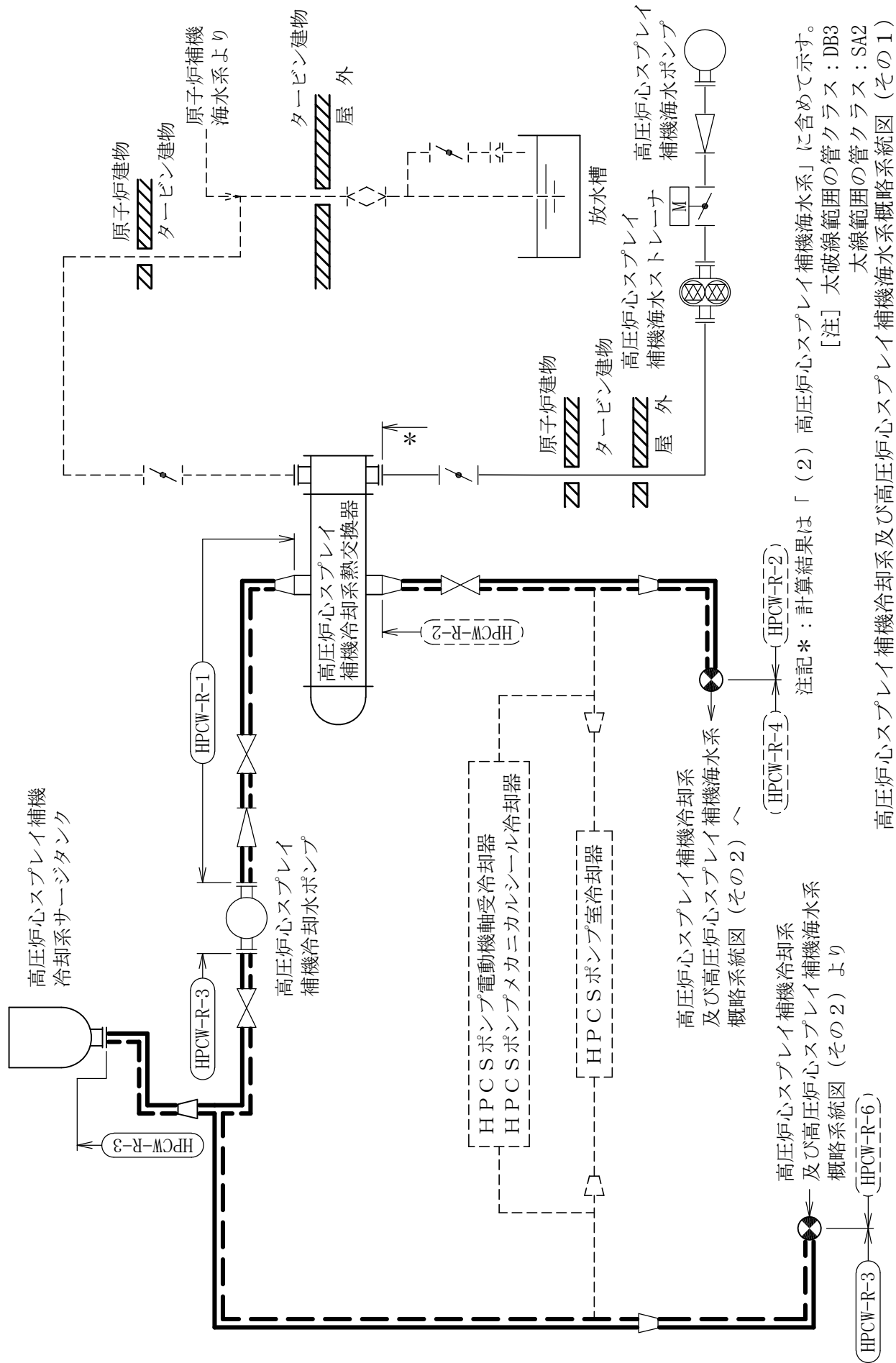
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

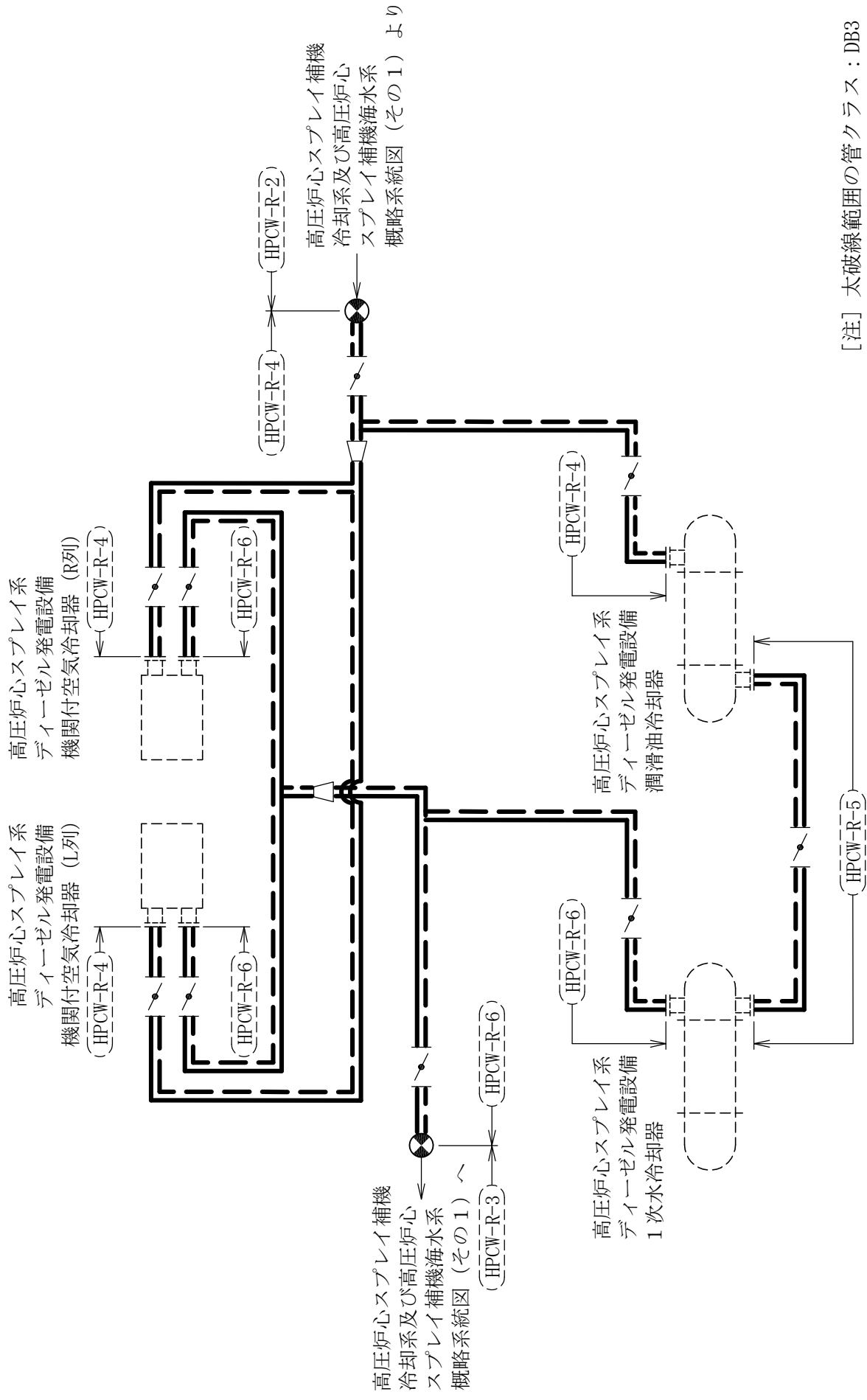
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰

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 VAS										
		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	HPCW-R-1	1N	97	366	3.77	—	1N	179	462	2.58	—	○
2	HPCW-R-2	56A	97	366	3.77	—	56A	171	462	2.70	—	—
3	HPCW-R-3	58	108	366	3.38	○	58	177	462	2.61	—	—
4	HPCW-R-4	16	101	366	3.62	—	16	177	462	2.61	—	—
5	HPCW-R-5	361	47	366	7.78	—	26	68	462	6.79	—	—
6	HPCW-R-6	57	81	366	4.51	—	57	146	462	3.16	—	—





[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
大線範囲の管クラス：SA2

高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系概略系統図 (その2)

HPCW-R-1 (DB)

鳥瞰図

HPCW-R-1 (SA)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

HPCW-R-2 (DB) (2/2)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

HPCW-R-5 (SA)

鳥瞰図

(2) 高圧炉心スプレイ補機海水系

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Ⅲ _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	HPSW-R-1	17	52	245	4.71	—	17	71	490	6.90	—	—
2	HPSW-T-1	2	100	245	2.45	○	2	199	490	2.46	—	○
3	HPSW-I-1	1701	83	245	2.95	—	1001	131	490	3.74	—	—

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 _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	HPSW-R-1	17	80	369	4.61	—	17	126	490	3.88	—	—
2	HPSW-T-1	104	154	369	2.39	○	104	323	490	1.51	—	○
3	HPSW-I-1	1001	142	369	2.59	—	1001	258	490	1.89	—	—

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 _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	HPSW-R-1	17	80	369	4.61	—	17	126	490	3.88	—	—
2	HPSW-T-1	104	154	369	2.39	○	104	323	490	1.51	—	○
3	HPSW-I-1	1001	142	369	2.59	—	1001	258	490	1.89	—	—

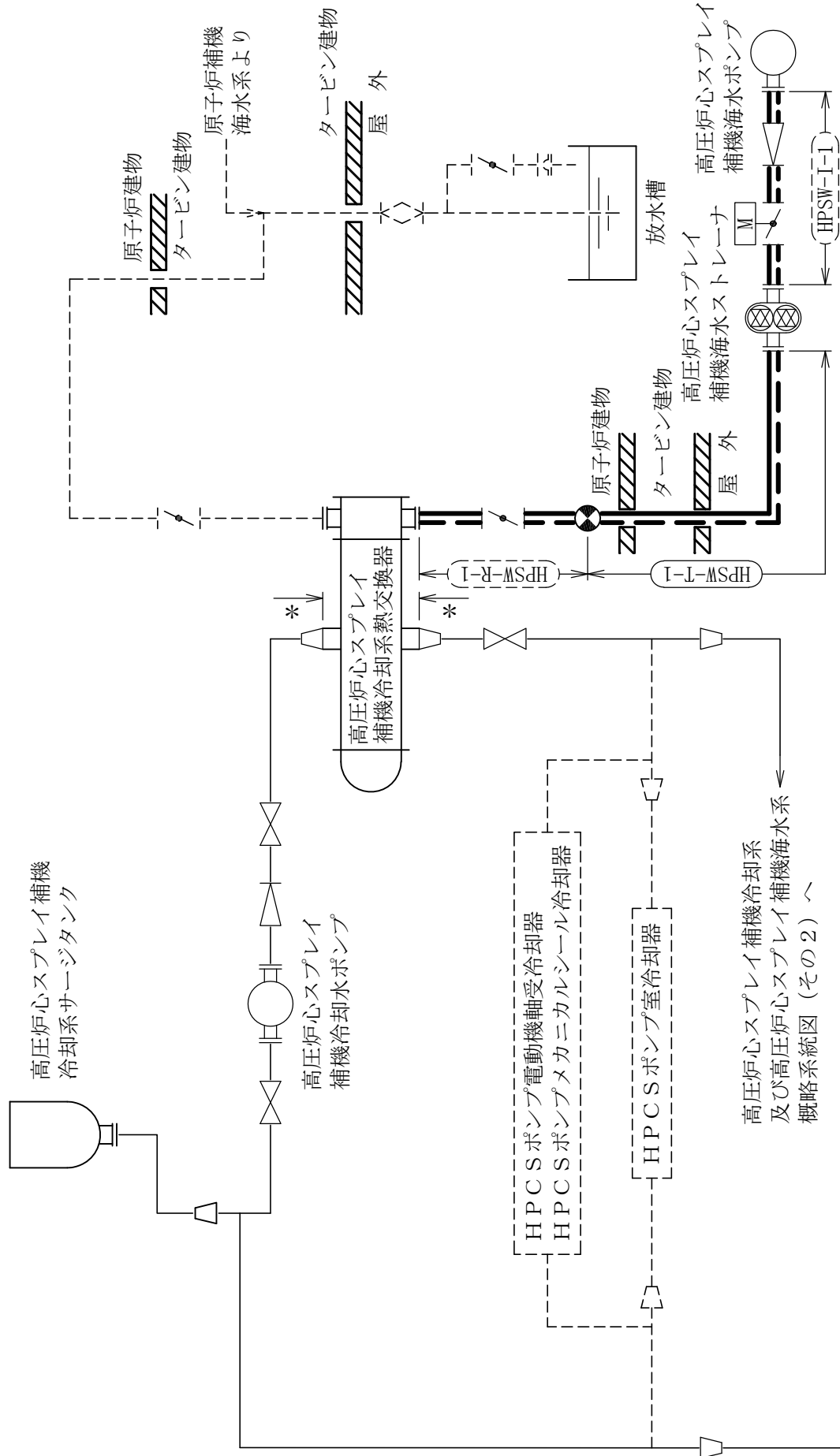
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

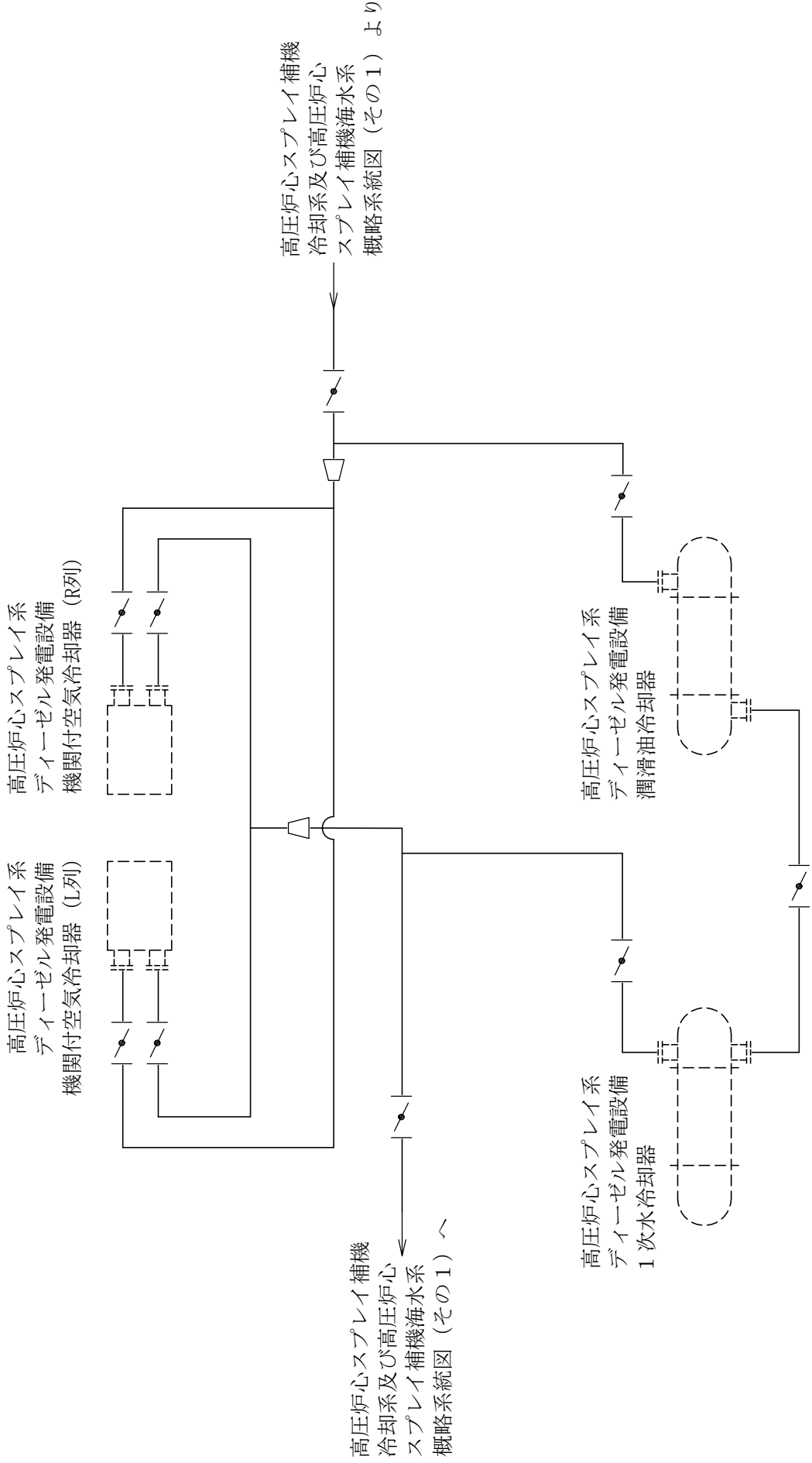
No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	HPSW-R-1	17	80	369	4.61	—	17	126	490	3.88	—	—
2	HPSW-T-1	104	154	369	2.39	○	104	323	490	1.51	—	○
3	HPSW-I-1	1001	142	369	2.59	—	1001	258	490	1.89	—	—



高圧炉心スプレー補機冷却系
及び高圧炉心スプレー補機海水系
概略系統図 (その2) より

注記*: 計算結果は「(1) 高圧炉心スプレー補機冷却系」に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス: DB3
太線範囲の管クラス: SA2
高圧炉心スプレー補機冷却系及び高圧炉心スプレー補機海水系概略系統図 (その1)



HPSW-R-1 (DB)

鳥瞰図

HPSW-R-1 (SA)

鳥瞰図

HPSW-I-1 (DB)

鳥瞰図

HPSW-I-1 (SA)

鳥瞰図

13. 高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系

の計算モデル

・ VI-3-3-3-6-2-6-2 管の応力計算書

(高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系)

(1) 高圧炉心スプレイ補機冷却系

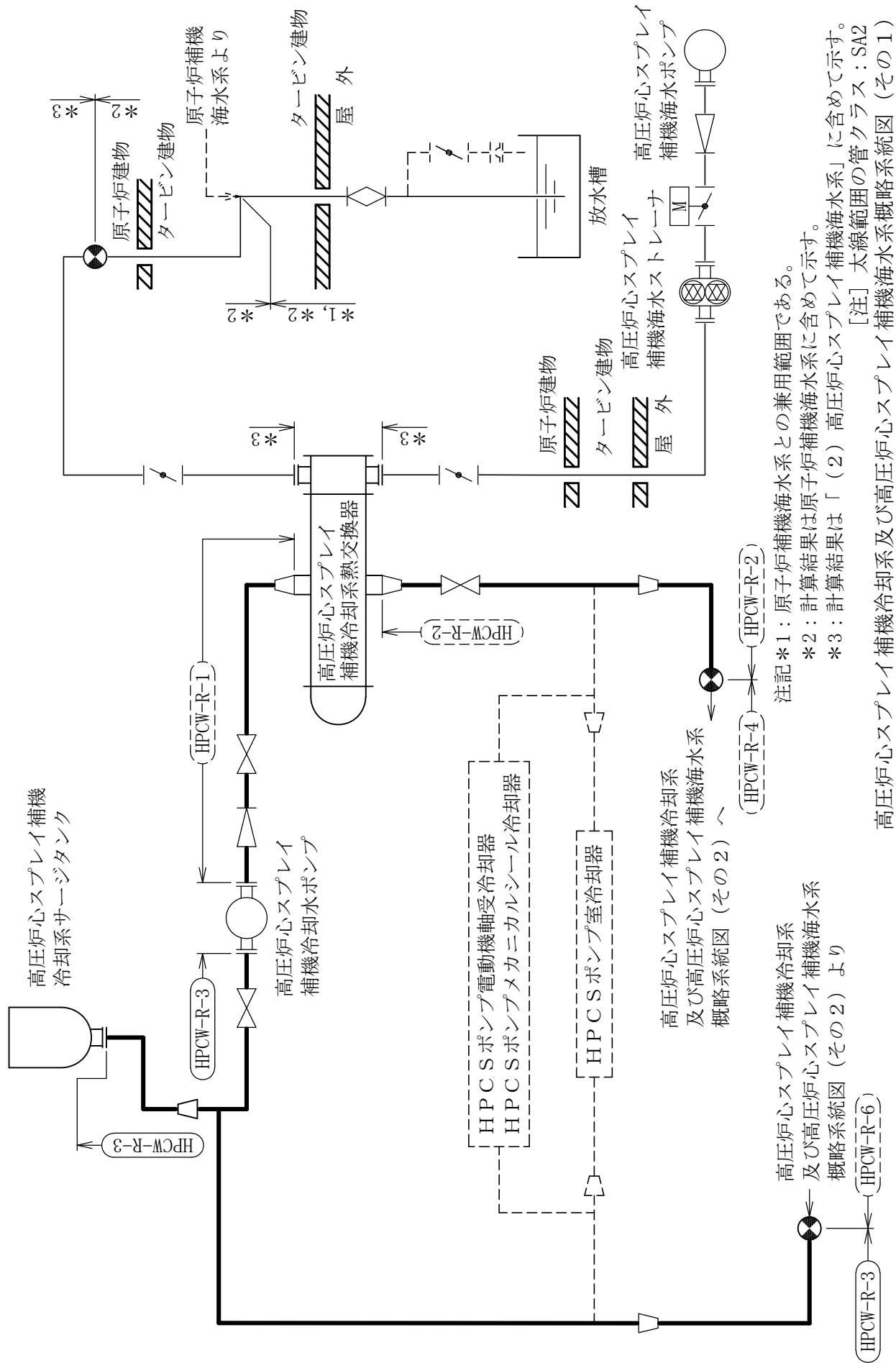
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	HPCW-R-1	設計・建設規格	14	22	154	7.00	—	14	23	185	8.04	—
		告示第501号	14	23	103	4.47	—	14	23	123	5.34	—
2	HPCW-R-2	設計・建設規格	22	39	154	3.94	—	22	39	185	4.74	—
		告示第501号	38	26	103	3.96	—	38	26	123	4.73	—
3	HPCW-R-3	設計・建設規格	59	39	154	3.94	—	59	39	185	4.74	—
		告示第501号	50	28	103	3.67	○	50	28	123	4.39	○
4	HPCW-R-4	設計・建設規格	16	17	154	9.05	—	16	17	185	10.88	—
		告示第501号	1A	17	103	6.05	—	1A	17	123	7.23	—
5	HPCW-R-5	設計・建設規格	38	26	154	5.92	—	38	27	185	6.85	—
		告示第501号	361	21	103	4.90	—	361	21	123	5.85	—
6	HPCW-R-6	設計・建設規格	39	17	154	9.05	—	39	17	185	10.88	—
		告示第501号	115A	17	103	6.05	—	115A	17	123	7.23	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



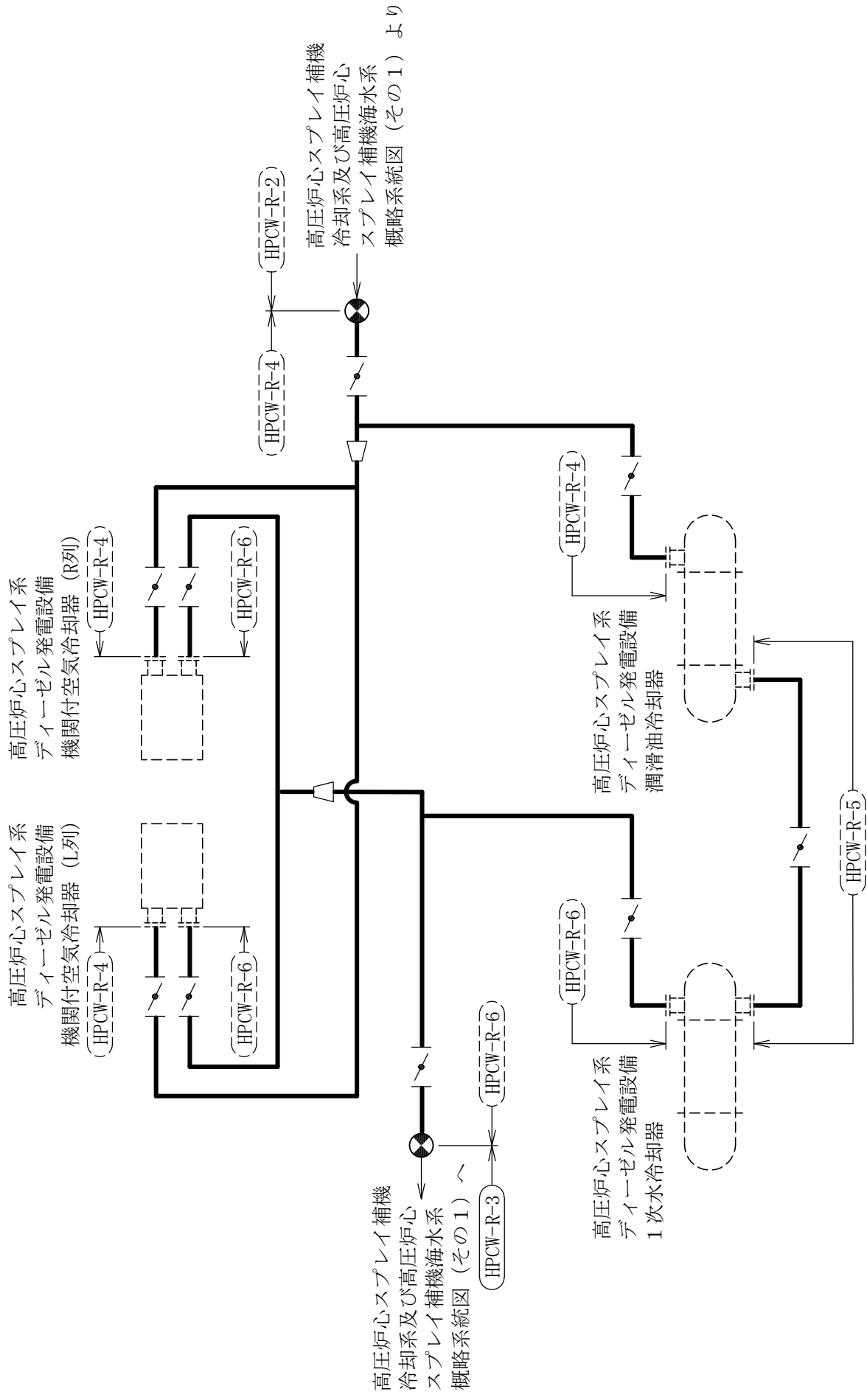
注記*1：原子炉補機海水系との兼用範囲である。

*2：計算結果は原子炉補機海水系に含めて示す。

*3：計算結果は「(2) 高圧炉心スプレー補機海水系」に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

高圧炉心スプレー補機冷却系及び高圧炉心スプレー補機海水系概略系統図（その1）



[注] 太線範囲の管クラス: SA2
高圧炉心スプレイ補機冷却系及び高圧炉心スプレイ補機海水系概略系統図 (その2)

HPCW-R-1 (SA)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

HPCW-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

(2) 高圧炉心スプレイ補機海水系

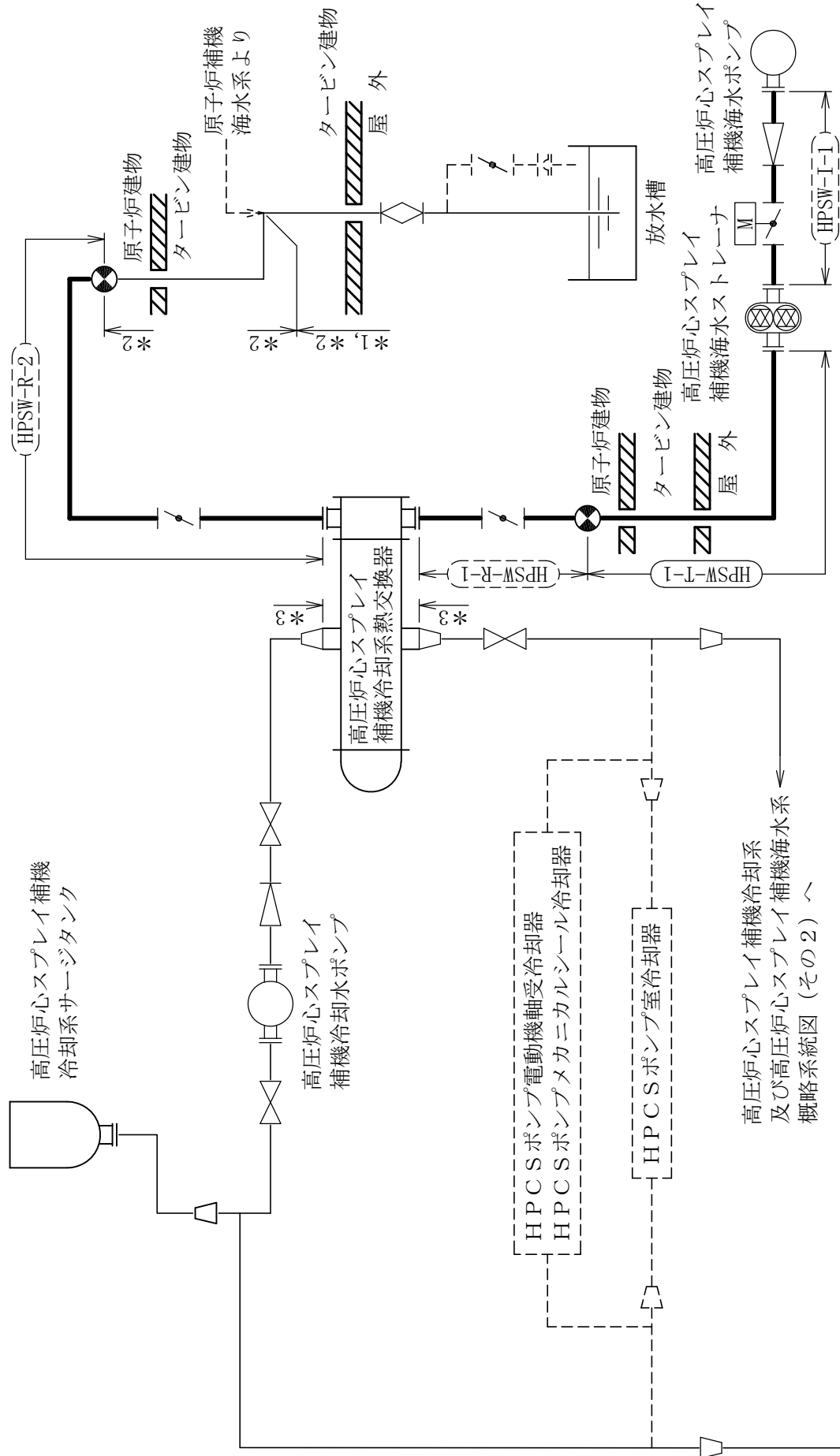
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	HPSW-R-1	設計・建設規格	16	23	154	6.69	—	16	24	185	7.70	—
		告示第501号	20	21	103	4.90	—	20	21	123	5.85	—
2	HPSW-R-2	設計・建設規格	20	27	139	5.14	—	35F	28	167	5.96	—
		告示第501号	20	28	93	3.32	—	20	28	111	3.96	—
3	HPSW-T-1	設計・建設規格	8001	34	154	4.52	—	8001	35	185	5.28	—
		告示第501号	8001	32	103	3.21	○	8001	32	123	3.84	○
4	HPSW-I-1	設計・建設規格	2	24	154	6.41	—	2	26	185	7.11	—
		告示第501号	1N	23	103	4.47	—	1N	23	123	5.34	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：原子炉補機海水系との兼用範囲である。

*2：計算結果は原子炉補機海水系に含めて示す。

*3：計算結果は「(1) 高圧炉心スプレー補機冷却系」に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

高圧炉心スプレー補機冷却系及び高圧炉心スプレー補機海水系概略系統図 (その1)

高圧炉心スプレー補機冷却系

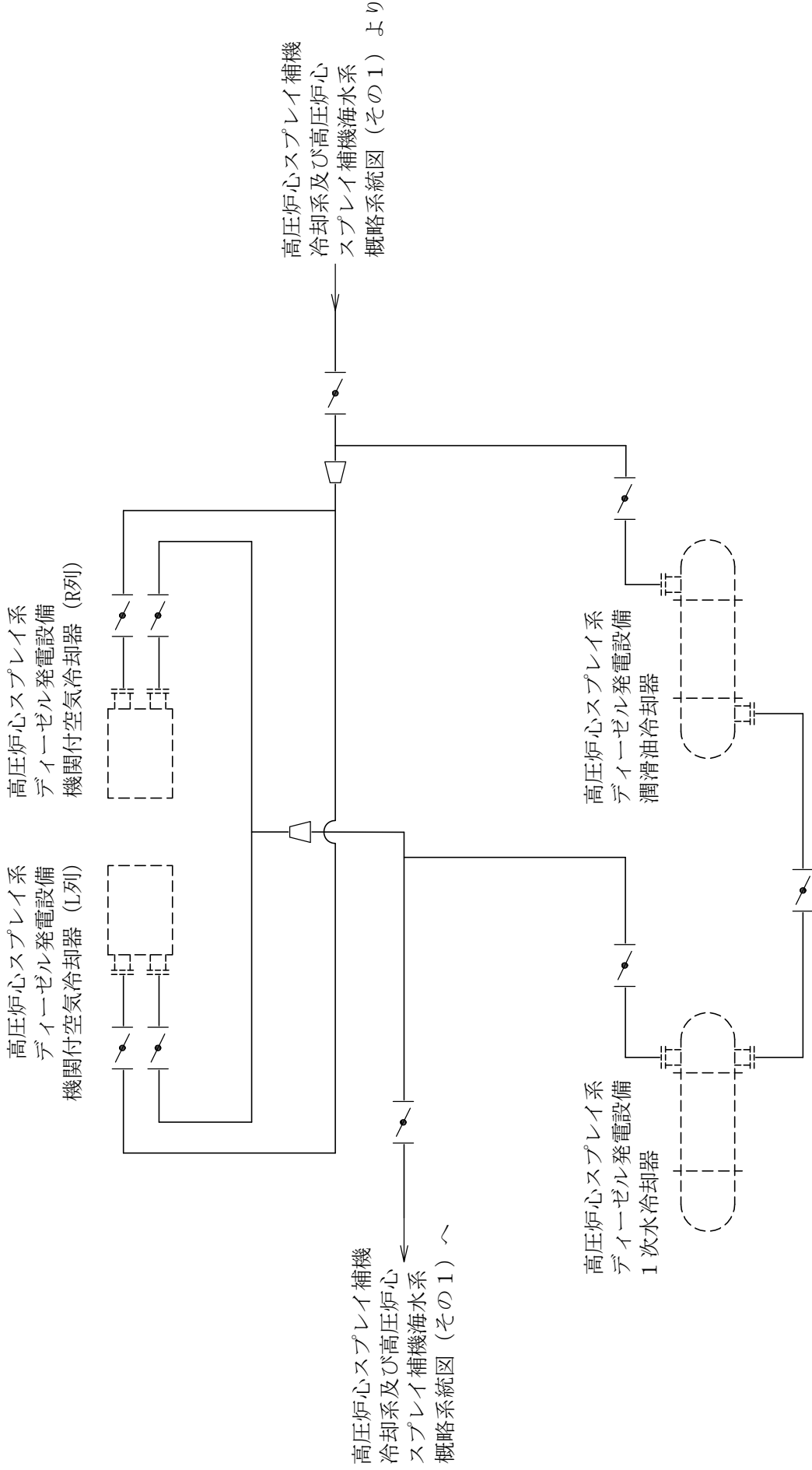
及び高圧炉心スプレー補機海水系

概略系統図 (その2) より

高圧炉心スプレー補機冷却系

及び高圧炉心スプレー補機海水系

概略系統図 (その2) へ



HPSW-R-1 (SA)

鳥瞰図

HPSW-R-2 (SA)

鳥瞰図

HPSW-I-1 (SA)

鳥瞰図

14. 原子炉補機代替冷却系の計算モデル

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

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	RCW-R-3	419	133	365	2.74	○	419	218	448	2.05	—	○	
2	RCW-R-4	211	83	365	4.39	—	211	134	448	3.34	—	—	
3	RCW-R-6	424	68	365	5.36	—	427	102	448	4.39	—	—	
4	RCW-R-7	197	75	365	4.86	—	189	114	448	3.92	—	—	
5	RCW-R-12	131	83	365	4.39	—	135	138	448	3.24	—	—	
6	RCW-R-18	142	77	365	4.74	—	142	125	448	3.58	—	—	

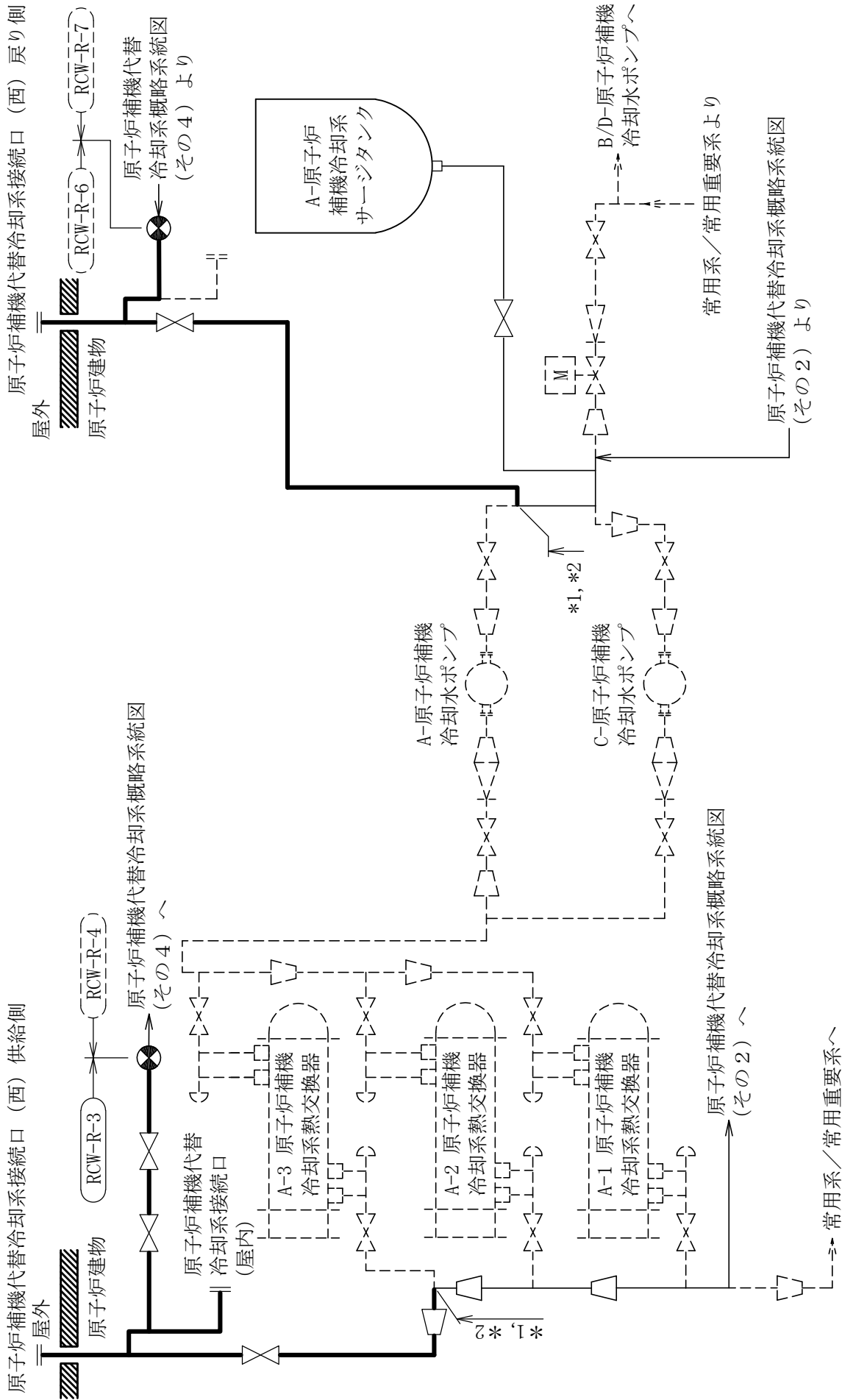
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS											
		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	RCW-R-3	419	133	365	2.74	○	419	218	448	2.05	—	○	
2	RCW-R-4	211	83	365	4.39	—	211	134	448	3.34	—	—	
3	RCW-R-6	424	68	365	5.36	—	427	102	448	4.39	—	—	
4	RCW-R-7	197	75	365	4.86	—	189	114	448	3.92	—	—	
5	RCW-R-12	131	83	365	4.39	—	135	138	448	3.24	—	—	
6	RCW-R-18	142	77	365	4.74	—	142	125	448	3.58	—	—	

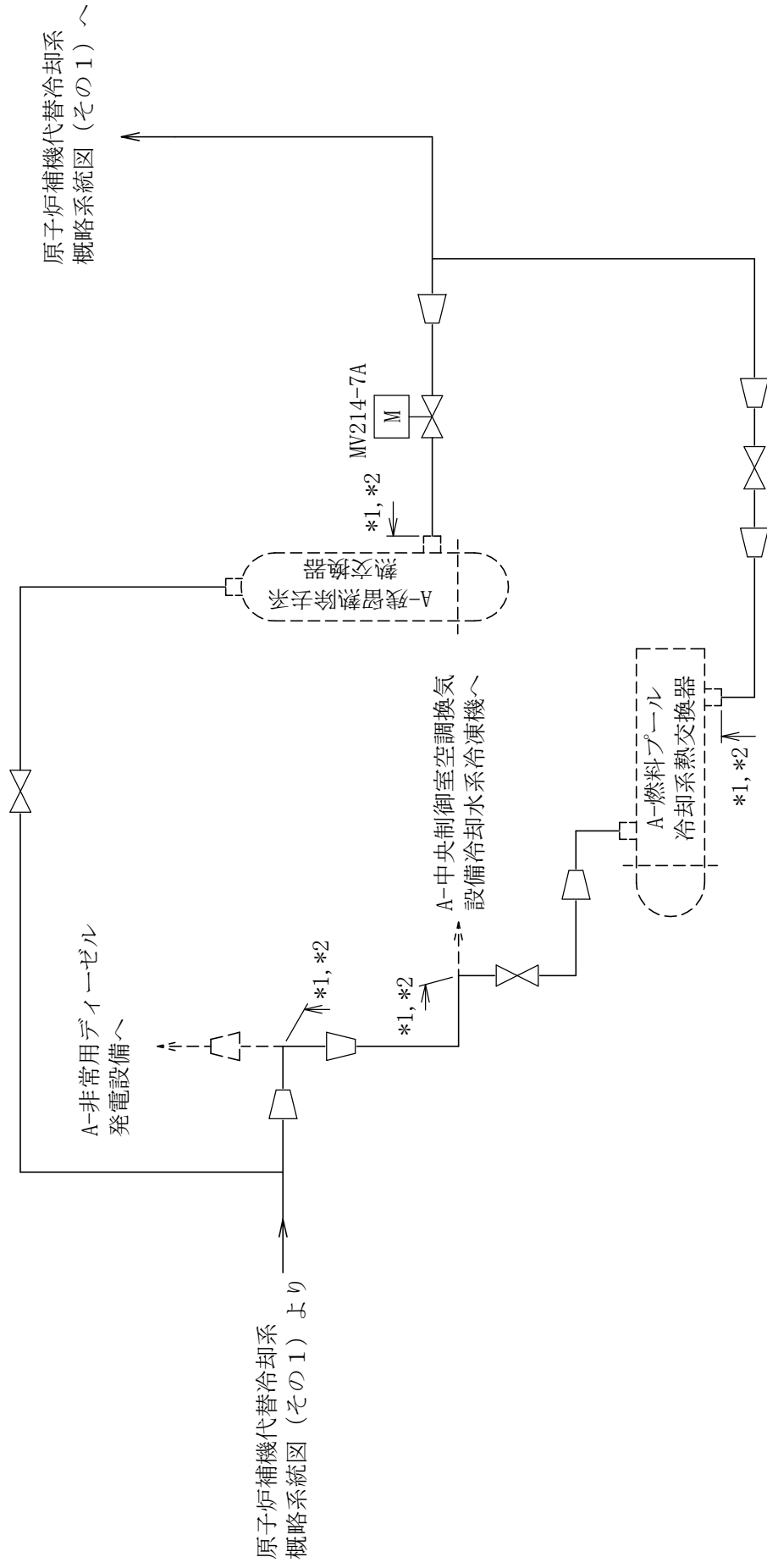


注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。

*2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

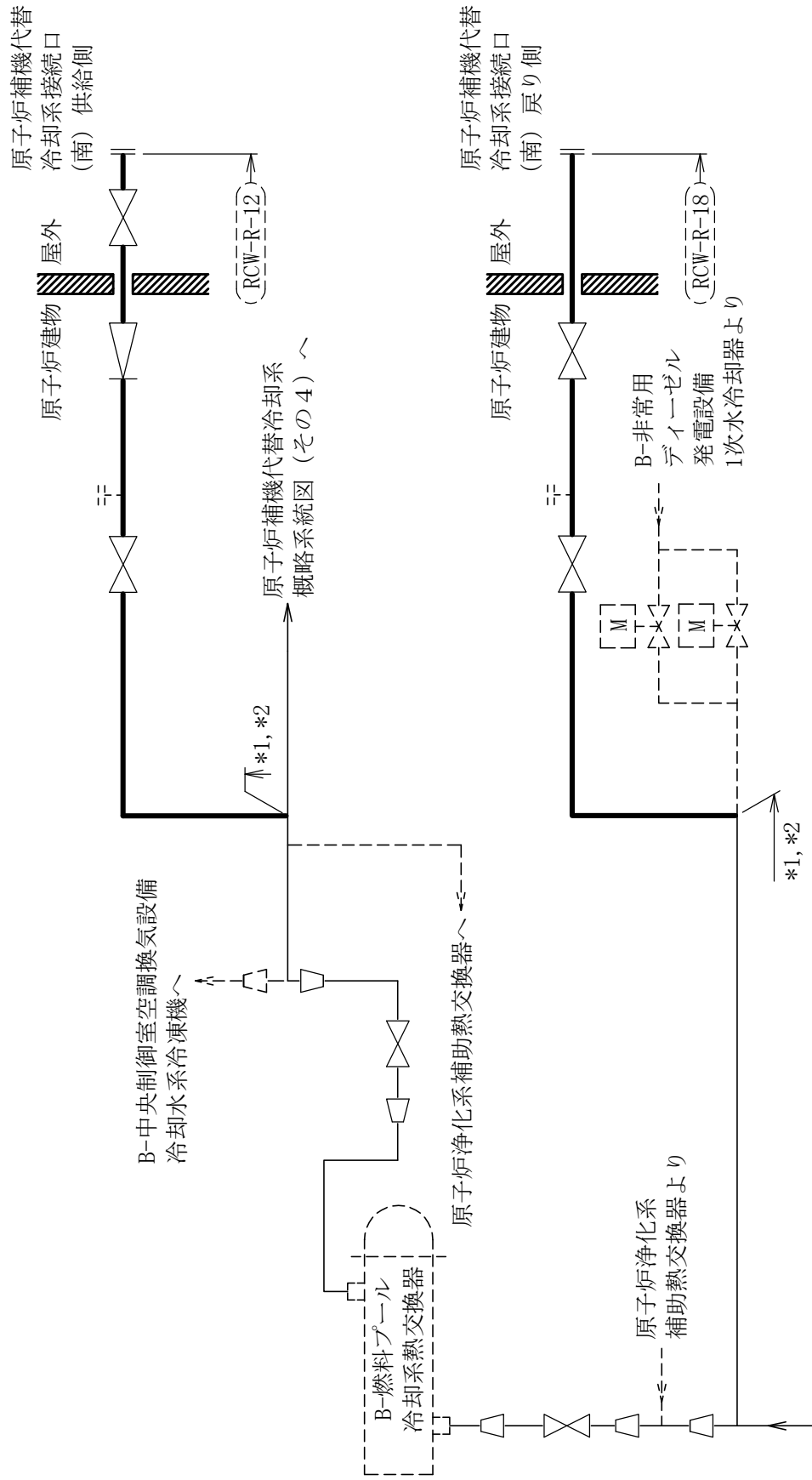
[注] 太線範囲の管クラス：SA2

原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その1)



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

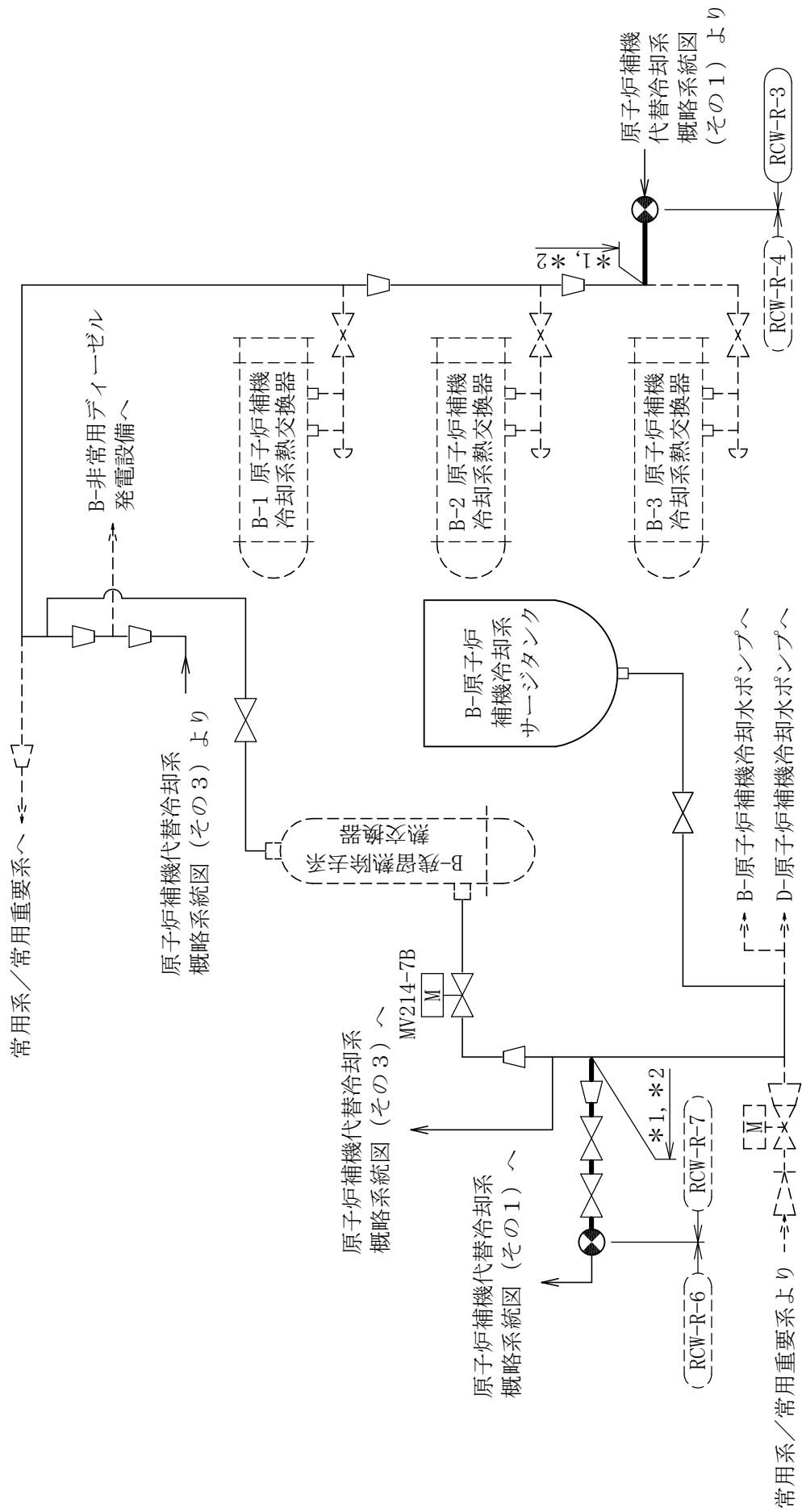
原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その2)



原子炉補機代替冷却系
概略系統図（その4）より

注記*1：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。
*2：計算結果は原子炉補機代替冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
原子炉補機代替冷却系概略系統図（その3）



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
*2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

〔注〕太線範囲の管クラス：SA2
原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その4)

14. 原子炉補機代替冷却系の計算モデル

- VI-3-3-3-6-3-5-2 管の応力計算書（原子炉補機代替冷却系）

重大事故等対処設備

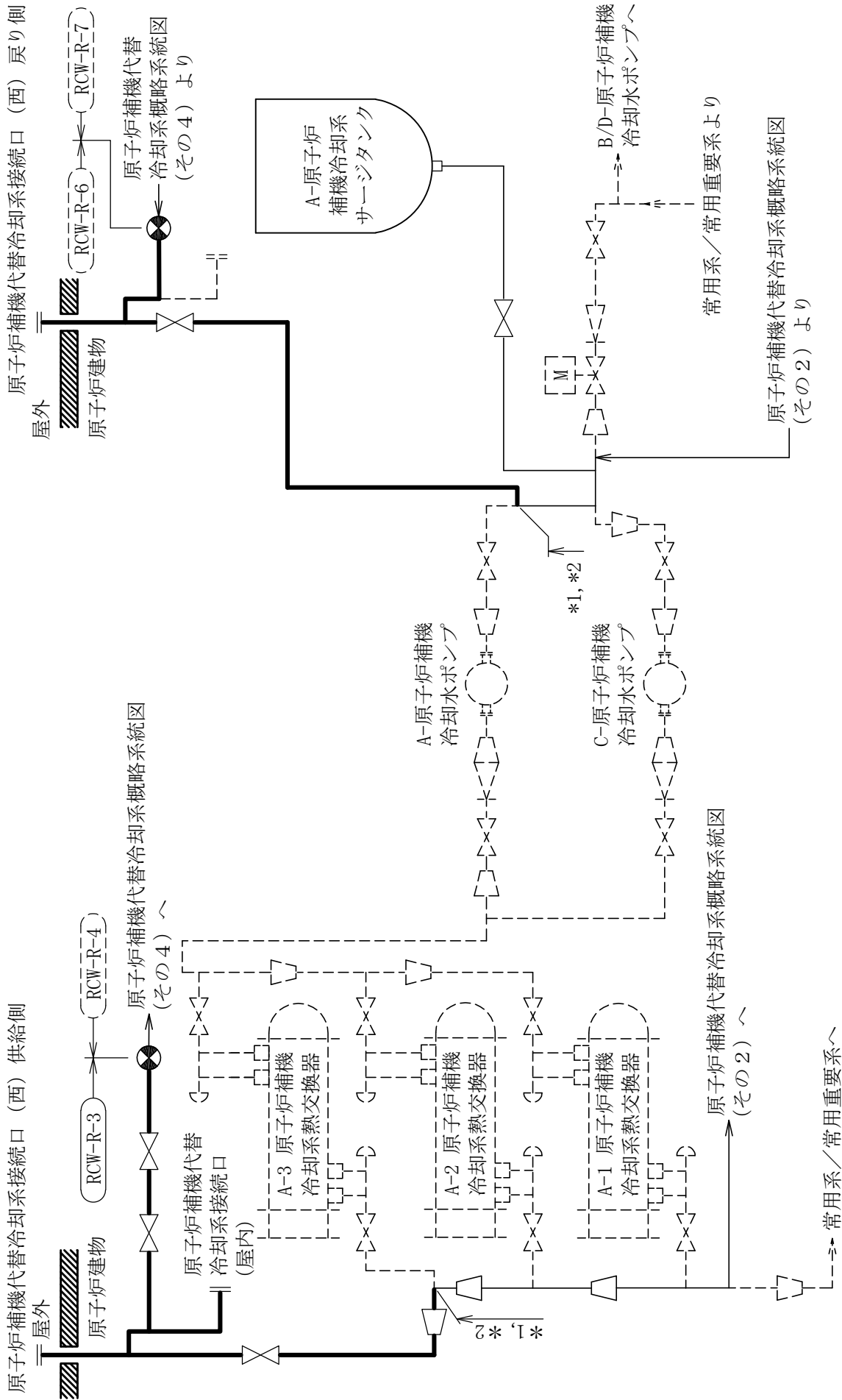
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A										
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	
1	RCW-R-3	設計・建設規格	419	42	154	3.66	○	419	44	185	4.20	○	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	RCW-R-4	設計・建設規格	197	32	154	4.81	—	197	34	185	5.44	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	RCW-R-6	設計・建設規格	436	32	154	4.81	—	436	34	185	5.44	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	RCW-R-7	設計・建設規格	197	24	154	6.41	—	197	26	185	7.11	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	RCW-R-12	設計・建設規格	162	40	154	3.85	—	162	42	185	4.40	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	RCW-R-18	設計・建設規格	1282	32	154	4.81	—	1282	33	185	5.60	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

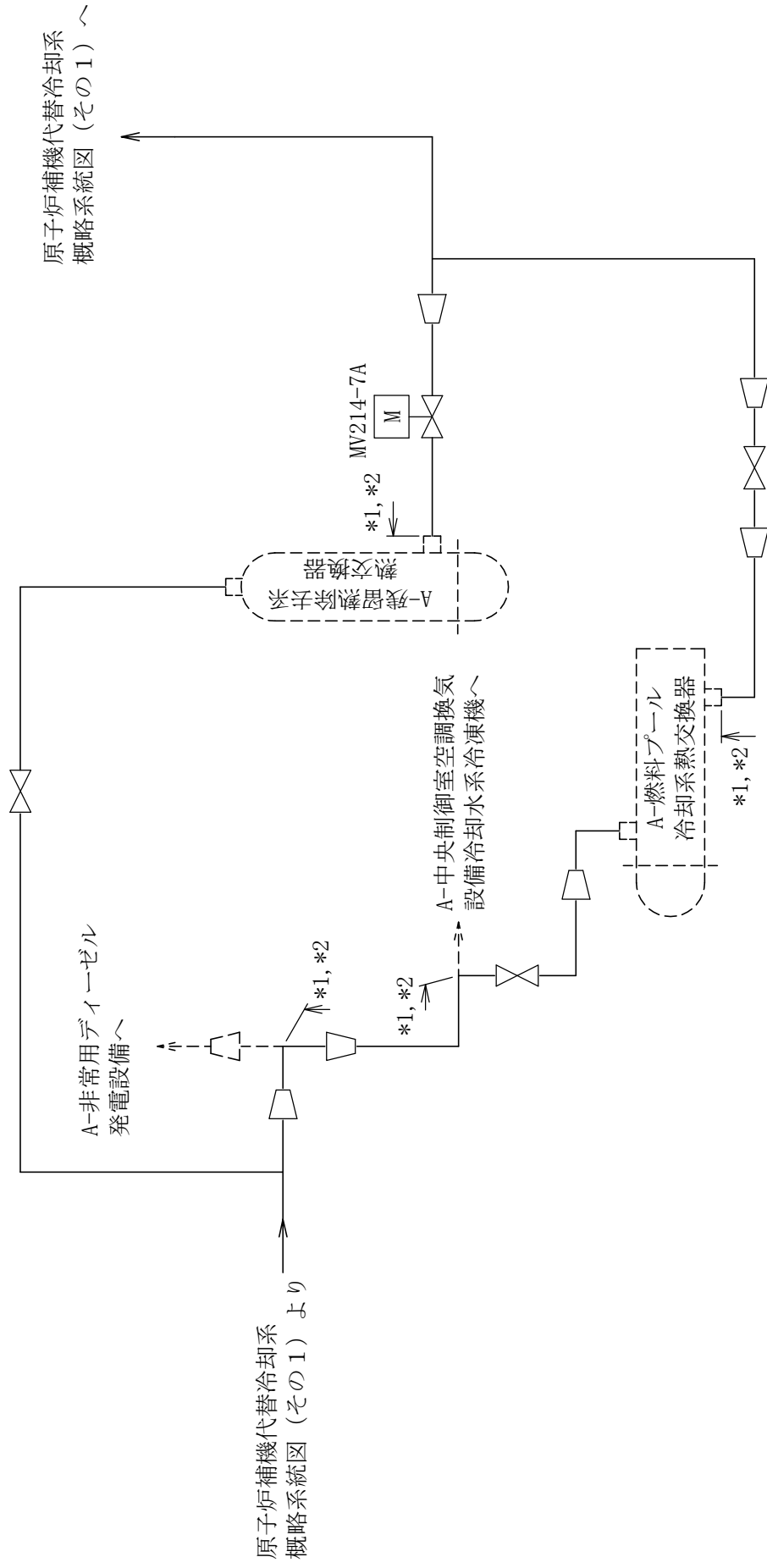
*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。

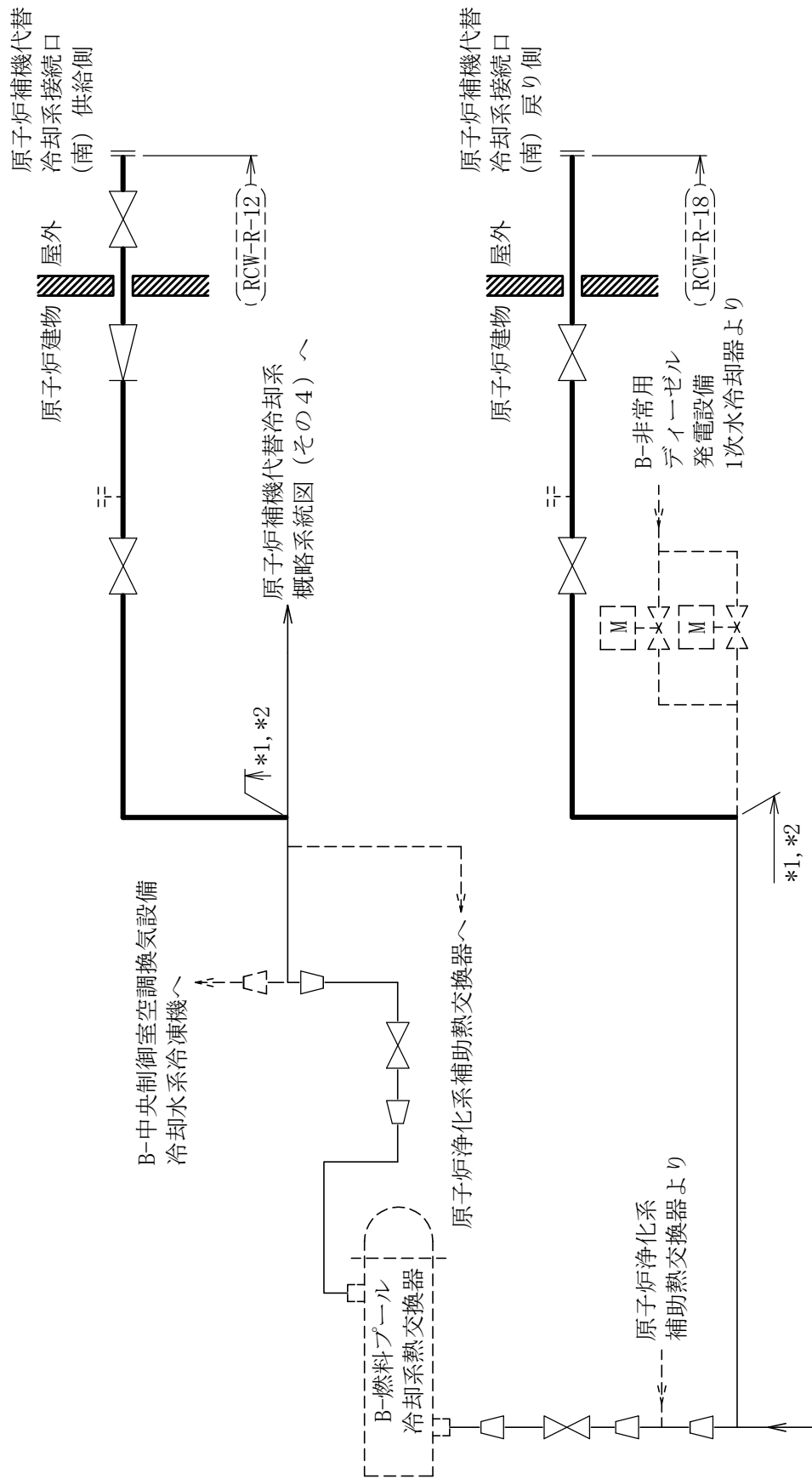
*2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その1)



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

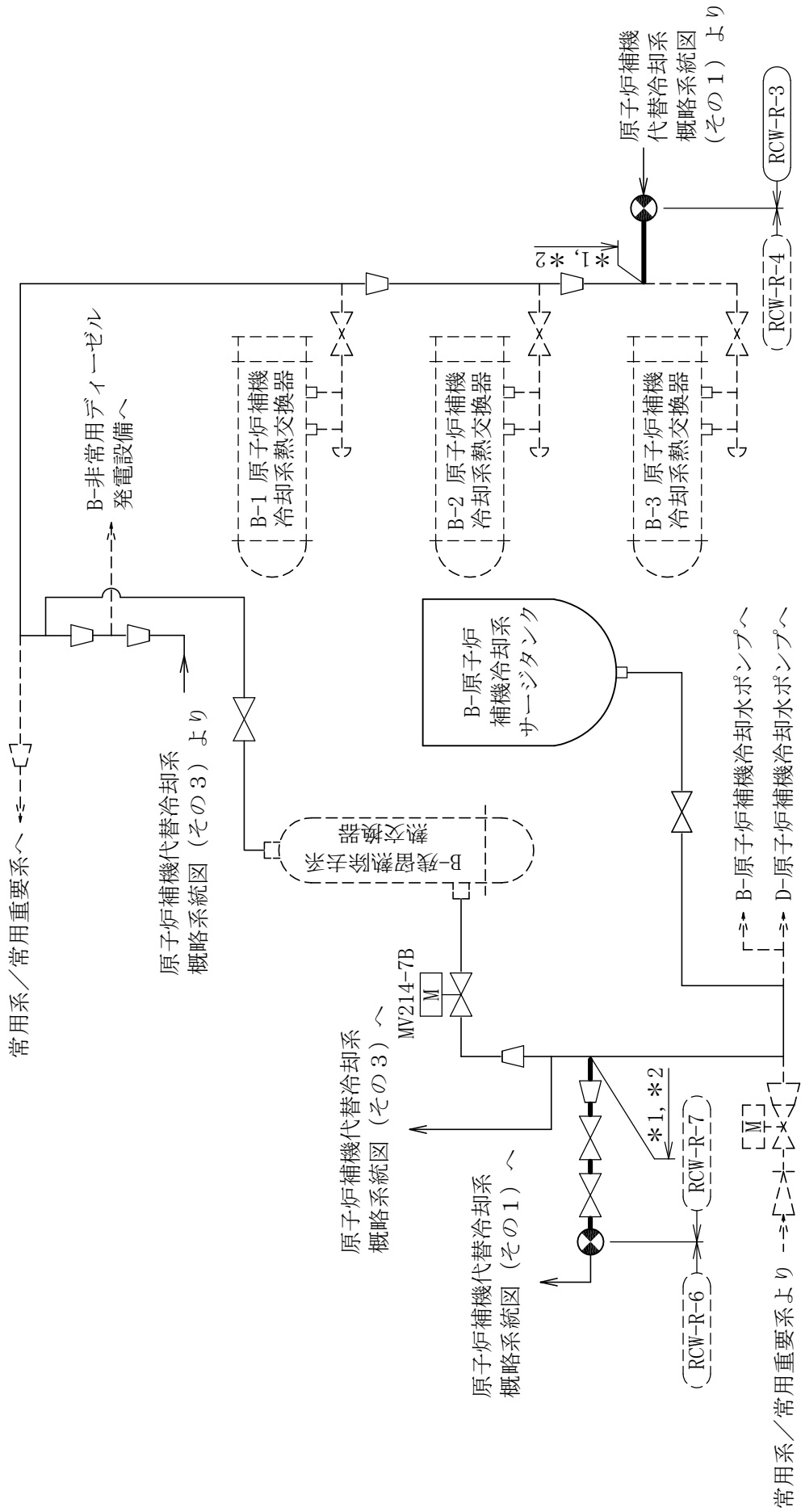
原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その2)



原子炉補機代替冷却系
概略系統図 (その4) より

注記*1: 原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。
*2: 計算結果は原子炉補機代替冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス: SA2
原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その3)



〔注〕太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機代替冷却系概略系統図（その4）

注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

RCW-R-6 (SA) (2/3)

鳥瞰図

RCW-R-6 (SA) (3/3)

鳥瞰図

15. 原子炉浄化系の計算モデル

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

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1管

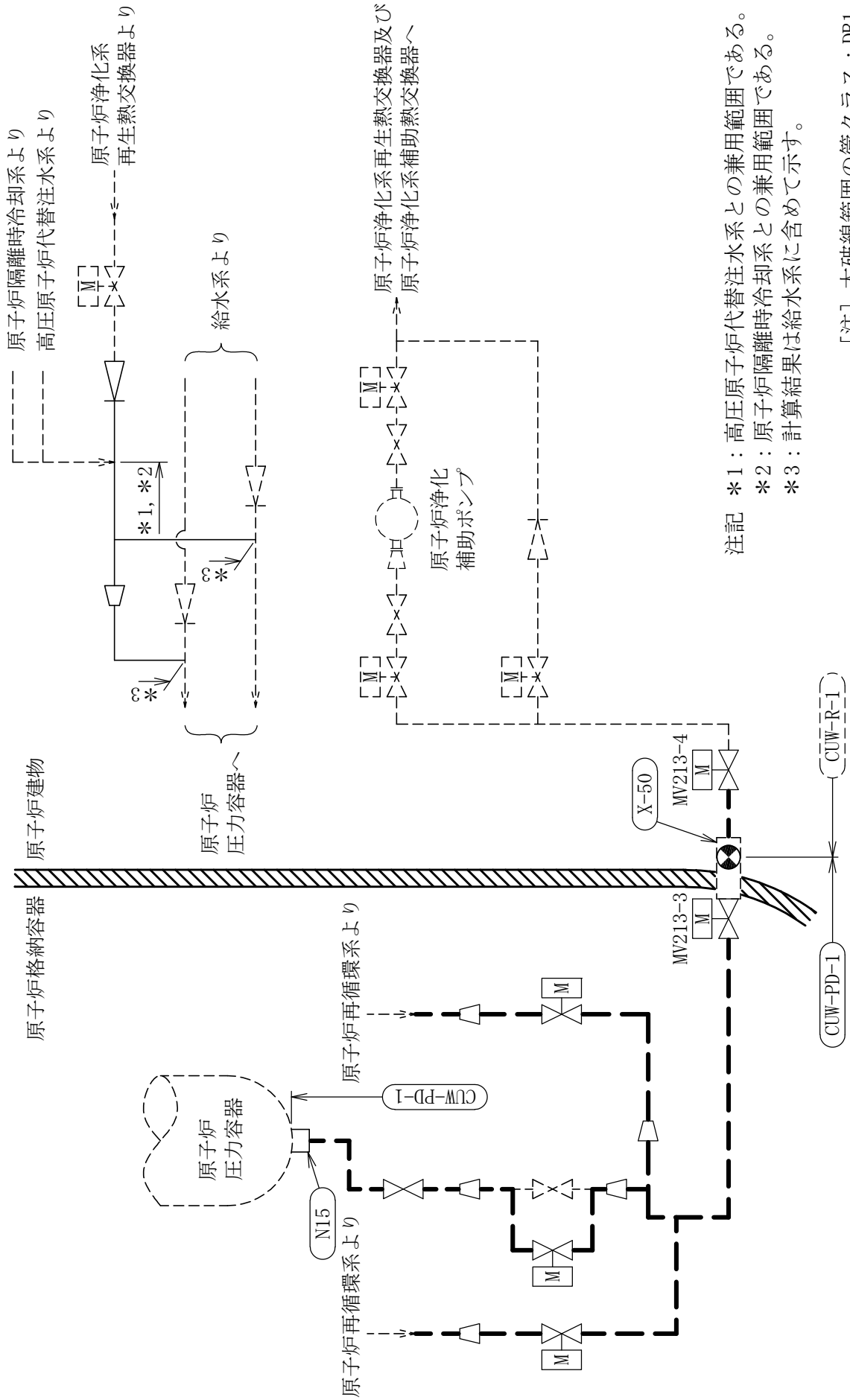
No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	CUW-PD-1	324	110	265	2.40	○	4	274	354	1.29	○	331	0.7792	○
2	CUW-R-1	2	74	265	3.58	—	2	35	354	10.11	—	2	0.0025	—

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1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	CUW-PD-1	324	161	354	2.19	○	4	460	354	0.76	○	331	0.7792	○
2	CUW-R-1	2	83	354	4.26	—	2	62	354	5.70	—	2	0.0025	—



注記 *1: 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2: 原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。
 *3: 計算結果は給水系に含めて示す。

[注] 太破線範囲の管クラス：DB1
 原子炉浄化系概略系統図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

15. 原子炉浄化系の計算モデル

- ・ VI-3-3-3-7-1-1-2 管の応力計算書（原子炉浄化系）

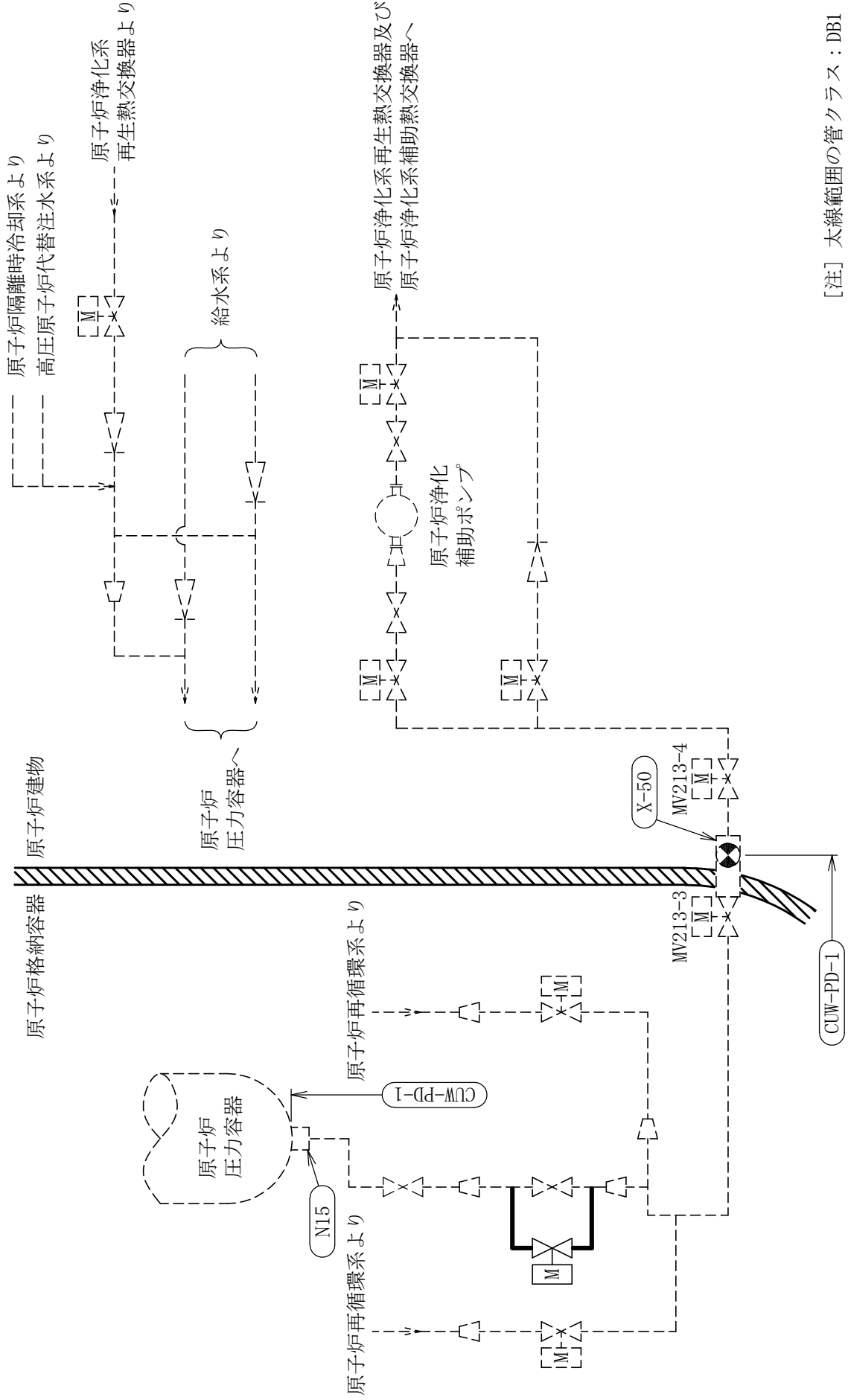
設計基準対象施設

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	設計条件				供用状態A, B 許容応力状態 I _A , II _A								
			一次応力		一次+二次応力(S _n)		一次+二次応力(S _n)			疲労評価					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	CUW-PD-1	設計・建設規格 告示第501号	402	45	177	3.93	○	409	81	354	4.37	—	401	0.0006	—
			402	45	177	3.93	—	409	351	354	1.00	○	401	0.0009	○

No.	配管モデル	適用規格	供用状態C 許容応力状態III _A				供用状態D 許容応力状態IV _A										
			一次応力		一次応力		一次応力			一次応力							
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	CUW-PD-1	設計・建設規格 告示第501号	402	48	234	4.87	○	402	45	260	5.77	○	402	45	354	7.86	—
			402	48	265	5.52	—	402	45	354	7.86	—	402	45	354	7.86	—



[注] 太線範囲の管クラス：DB1

原子炉浄化系概略系統図

16. 制御棒駆動水圧系の計算モデル

- ・ 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）

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Ⅲ _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	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ⅣAS													
		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ⅣAS													
		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	—	—			

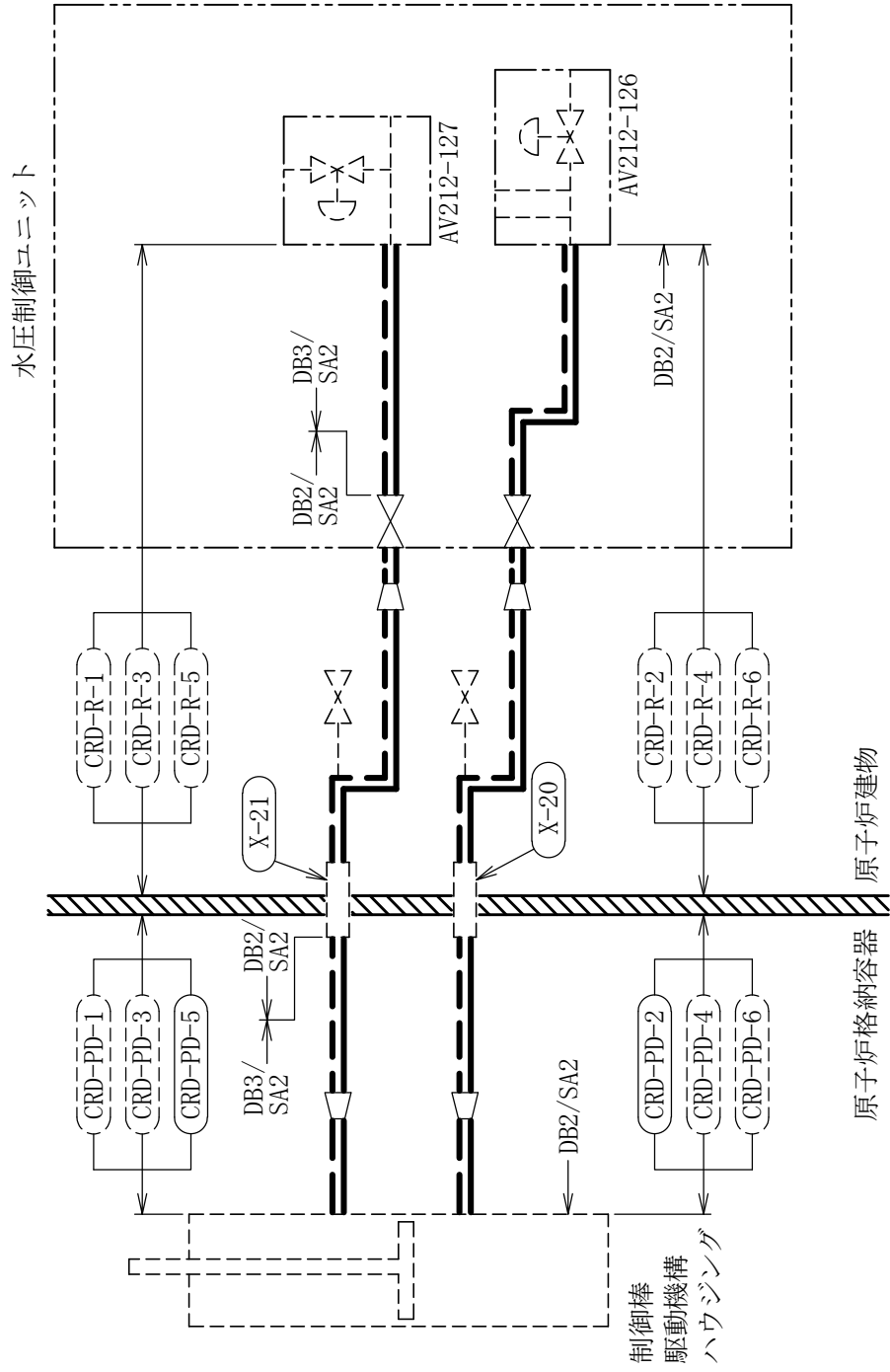
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS													
		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	—	—			



制御棒駆動水圧系概略系統図

CRD-PD-2 (DB) (1/2)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

CRD-R-5 (SA) (2/2)

鳥瞰図

16. 制御棒駆動水圧系の計算モデル

- VI-3-3-4-2-1-3-2 管の応力計算書（制御棒駆動水圧系）

重大事故等対処設備

5. 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。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	CRD-PD-1	設計・建設規格	32	46	162	3.52	—	32	50	194	3.88	—
		告示第501号	8	44	111	2.52	—	8	44	133	3.02	—
2	CRD-PD-2	設計・建設規格	32	51	162	3.17	—	32	55	194	3.52	—
		告示第501号	8	45	111	2.46	○	8	45	133	2.95	○
3	CRD-PD-3	設計・建設規格	31	47	162	3.44	—	31	51	194	3.80	—
		告示第501号	7	42	111	2.64	—	7	42	133	3.16	—
4	CRD-PD-4	設計・建設規格	31	52	162	3.11	—	31	56	194	3.46	—
		告示第501号	7	44	111	2.52	—	7	44	133	3.02	—
5	CRD-PD-5	設計・建設規格	32	45	162	3.60	—	32	48	194	4.04	—
		告示第501号	8	42	111	2.64	—	8	42	133	3.16	—
6	CRD-PD-6	設計・建設規格	32	50	162	3.24	—	32	55	194	3.52	—
		告示第501号	8	44	111	2.52	—	8	44	133	3.02	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

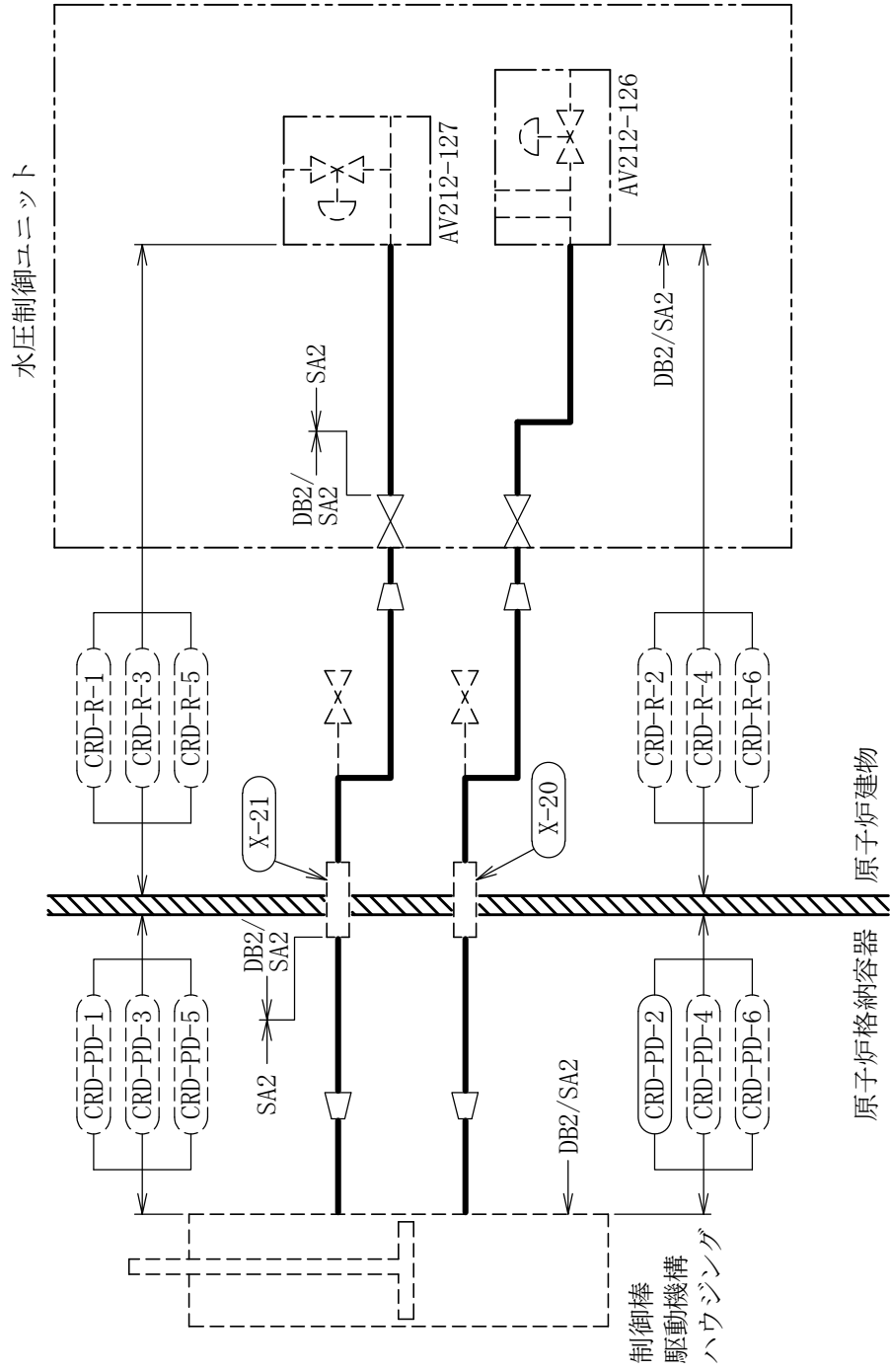
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A										
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	
7	CRD-R-1	設計・建設規格	7	50	160	3.20	—	7	54	192	3.55	—	
		告示第501号	34	41	107	2.60	—	34	41	128	3.12	—	
8	CRD-R-2	設計・建設規格	34	57	160	2.80	—	34	61	192	3.14	—	
		告示第501号	34	43	107	2.48	—	34	43	128	2.97	—	
9	CRD-R-3	設計・建設規格	52N	52	189	3.63	—	52N	56	226	4.03	—	
		告示第501号	52N	40	126	3.15	—	52N	40	151	3.77	—	
10	CRD-R-4	設計・建設規格	29	52	160	3.07	—	29	56	192	3.42	—	
		告示第501号	10	39	107	2.74	—	10	39	128	3.28	—	
11	CRD-R-5	設計・建設規格	32	48	160	3.33	—	32	51	192	3.76	—	
		告示第501号	10	37	107	2.89	—	10	37	128	3.45	—	
12	CRD-R-6	設計・建設規格	33	53	160	3.01	—	33	58	192	3.31	—	
		告示第501号	34	42	107	2.54	—	34	42	128	3.04	—	

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



制御棒駆動水圧系概略系統図

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

鳥瞰図

17. ほう酸水注入系の計算モデル

- ・ 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）

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Ⅲ _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	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 _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	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 _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	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	—	—

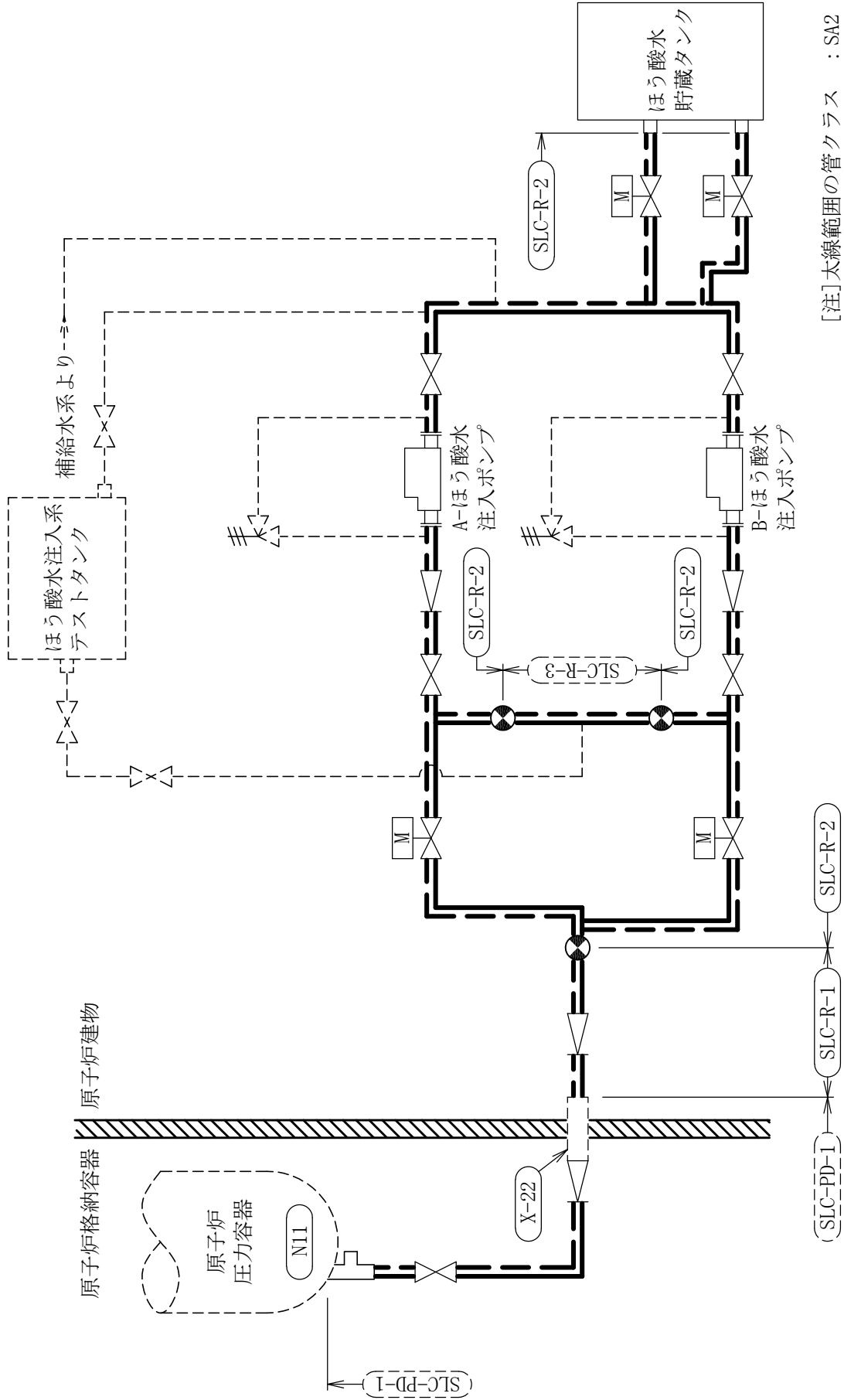
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS										
		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	—	—



[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

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

SLC-R-3 (DB) (1/2)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

17. ほう酸水注入系の計算モデル

- VI-3-3-4-3-1-3-2 管の応力計算書 (ほう酸水注入系)

重大事故等対処設備

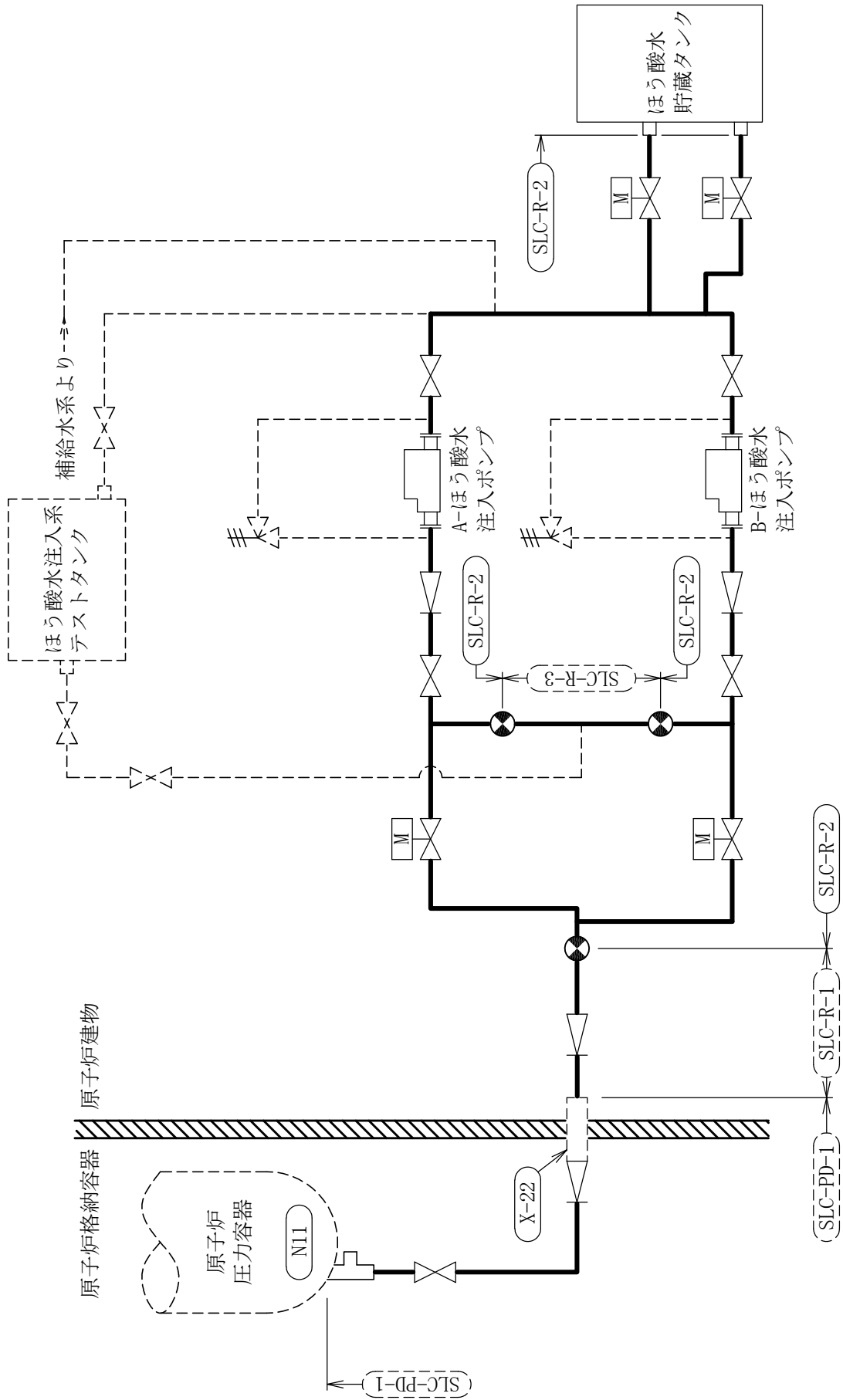
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	SLC-PD-1	設計・建設規格	58W	46	141	3.06	—	58W	49	169	3.44	—
		告示第501号	58W	33	94	2.84	—	58W	33	112	3.39	—
2	SLC-R-1	設計・建設規格	12W	39	165	4.23	—	12W	43	198	4.60	—
		告示第501号	15	36	110	3.05	—	15	36	132	3.66	—
3	SLC-R-2	設計・建設規格	93W	81	189	2.33	—	93W	86	226	2.62	—
		告示第501号	93W	64	126	1.96	○	93W	64	151	2.35	○
4	SLC-R-3	設計・建設規格	11	48	189	3.93	—	11	52	226	4.34	—
		告示第501号	10	36	126	3.50	—	10	36	151	4.19	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



[注]太線範囲の管クラス DB2/SA2

ほう酸水注入系概略系統図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

18. 逃がし安全弁窒素ガス供給系の計算モデル

- VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書（逃がし安全弁窒素ガス供給系）

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Ⅲ _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	ADS-PD-1SP	167N	50	150	3.00	—	7W	108	300	2.77	—	—
2	ADS-PD-2SP	372	38	150	3.94	—	10W	155	300	1.93	—	—
3	ADS-PD-3SP	637W	51	150	2.94	—	634W	110	250	2.27	—	—
4	ADS-PD-4SP	528W	41	150	3.65	—	528W	58	300	5.17	—	—
5	ADS-R-1SP	325	34	150	4.41	—	335W	184	300	1.63	—	—
6	ADS-R-2SP	118	40	150	3.75	—	129W	172	300	1.74	—	—
7	ADS-R-3SP	60	54	150	2.77	○	61W	192	300	1.56	—	○

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ⅣAS											
		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	ADS-PD-1SP	374N	84	371	4.41	—	7W	194	300	1.54	—	—	
2	ADS-PD-2SP	372	60	371	6.18	—	10W	278	300	1.07	—	—	
3	ADS-PD-3SP	637W	92	371	4.03	—	634W	208	250	1.20	—	—	
4	ADS-PD-4SP	528W	65	371	5.70	—	528W	106	300	2.83	—	—	
5	ADS-R-1SP	325	42	371	8.83	—	335W	279	300	1.07	—	—	
6	ADS-R-2SP	118	51	371	7.27	—	129W	260	300	1.15	—	—	
7	ADS-R-3SP	60	97	371	3.82	○	61W	361	300	0.83	0.1397	○	

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 _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	ADS-PD-3SP	68W	113	371	3.28	—	68W	222	300	1.35	—	—
2	ADS-PD-4SP	12A	82	371	4.52	—	53W	130	300	2.30	—	—
3	ADS-R-1SP	510	190	431	2.26	○	510	347	376	1.08	—	—
4	ADS-R-2SP	466W	178	431	2.42	—	133	250	376	1.50	—	—
5	ADS-R-3SP	432	143	431	3.01	—	61W	361	300	0.83	0.1397	○

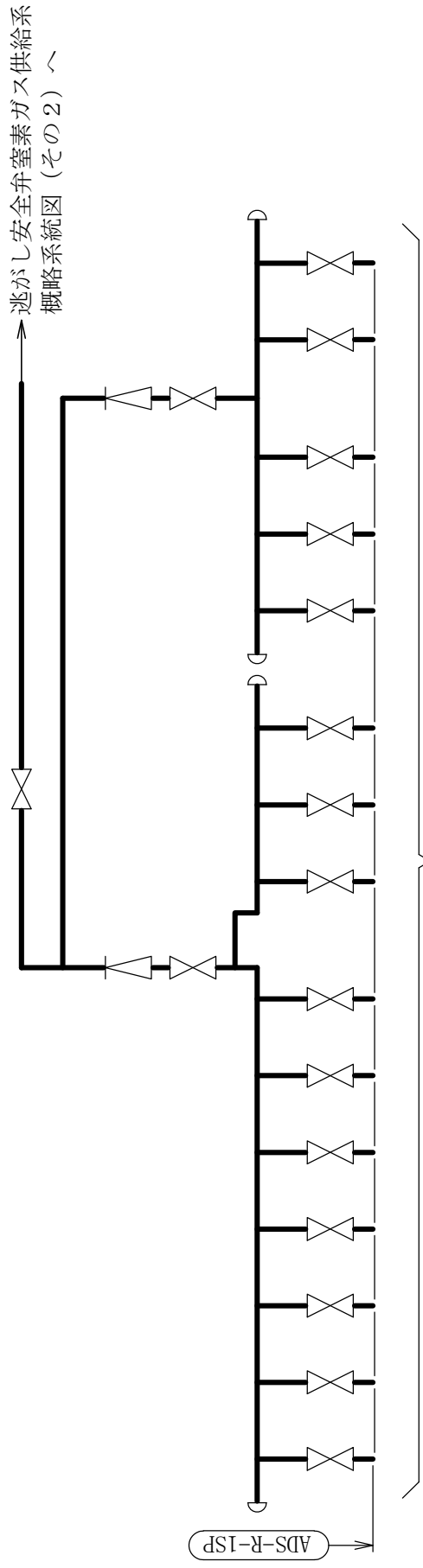
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

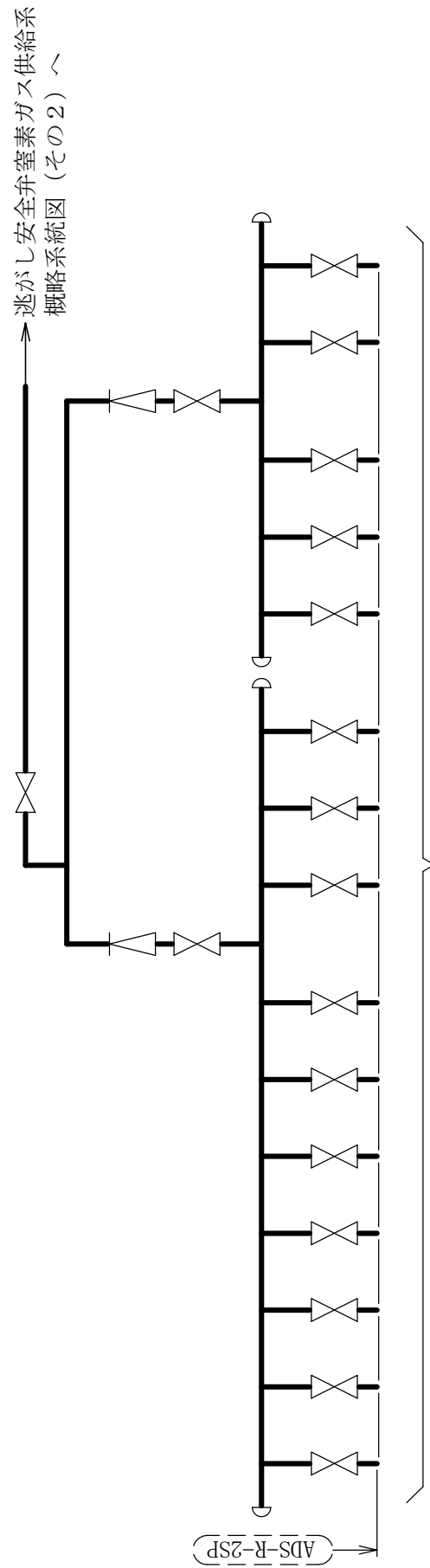
図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	ADS-PD-3SP	68W	116	361	3.11	—	68W	222	288	1.29	—	—
2	ADS-PD-4SP	12A	84	361	4.29	—	53W	130	288	2.21	—	—
3	ADS-R-1SP	510	190	431	2.26	○	510	347	376	1.08	—	—
4	ADS-R-2SP	466W	178	431	2.42	—	133	250	376	1.50	—	—
5	ADS-R-3SP	432	143	431	3.01	—	61W	361	288	0.79	0.1725	○

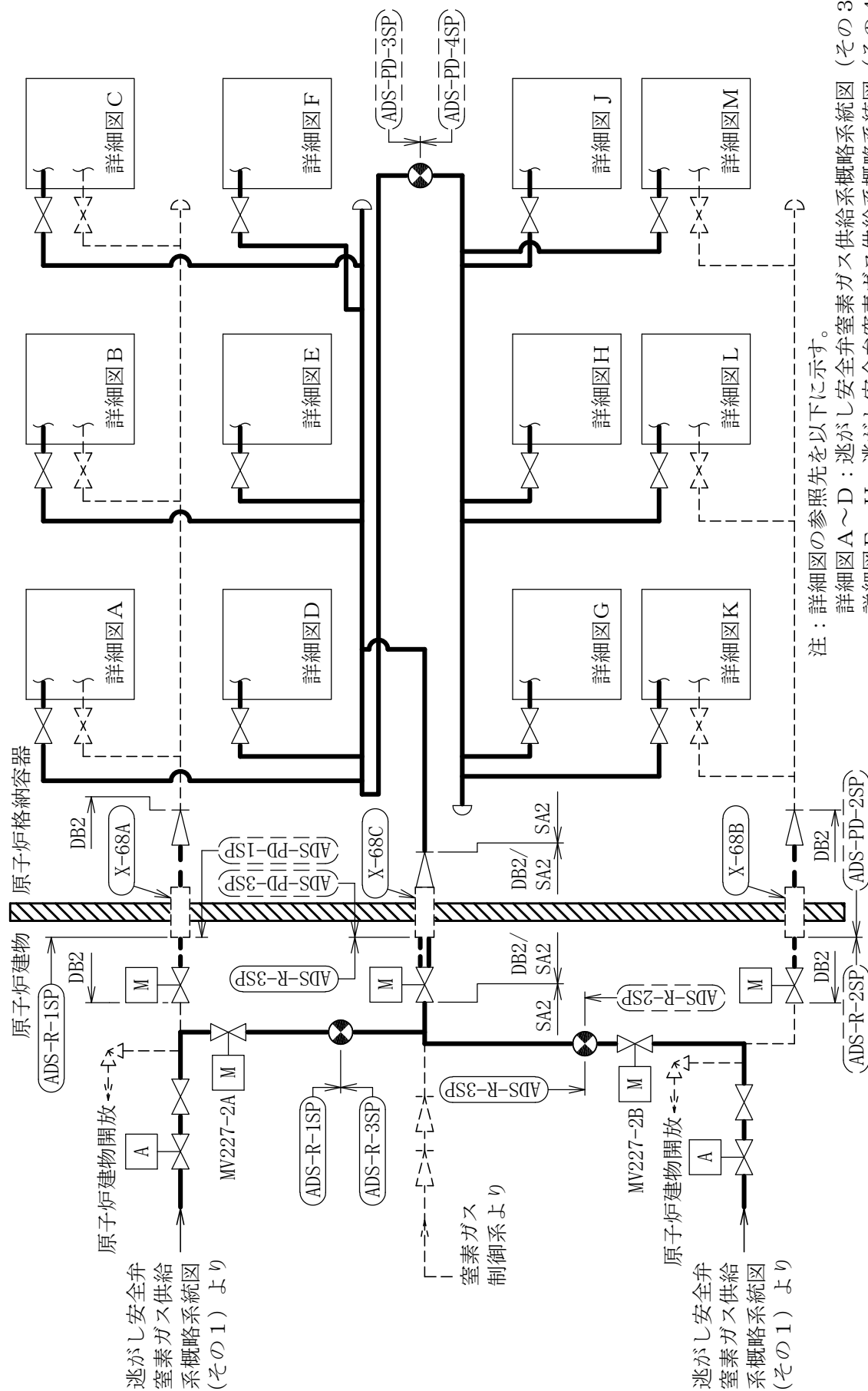


A-室素ガスボンベ連結管接続口
A-逃がし安全弁室素ガス供給装置



B-室素ガスボンベ連結管接続口
B-逃がし安全弁室素ガス供給装置

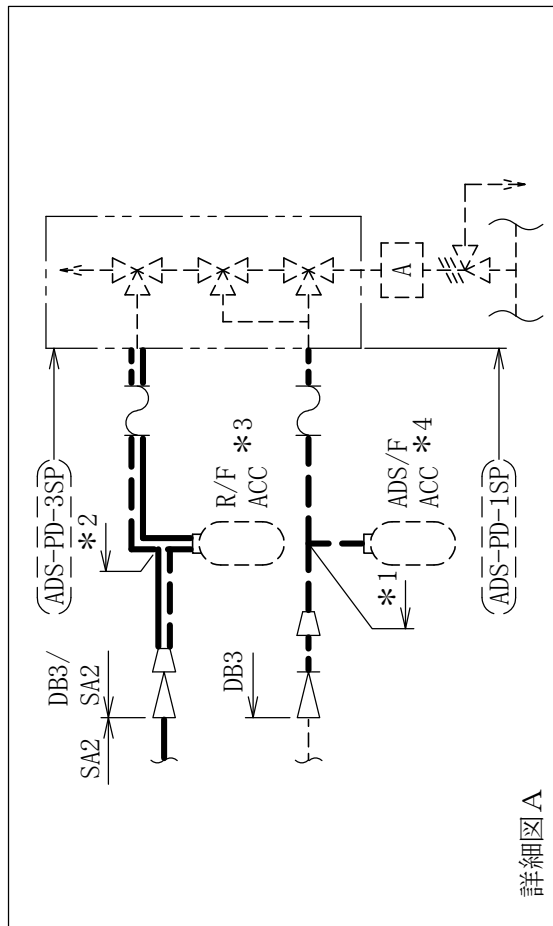
[注] 太線範囲の管クラス: SA2
逃がし安全弁室素ガス供給系概略系統図 (その1)



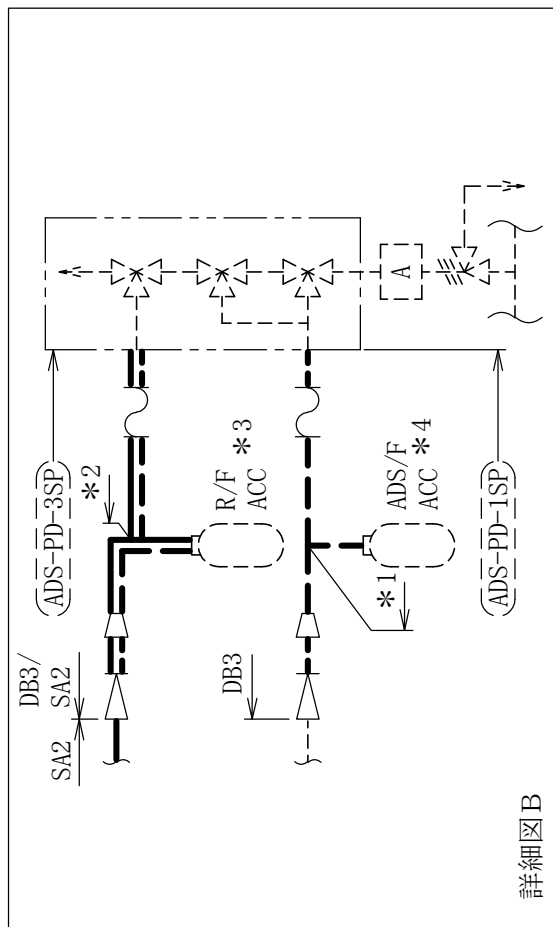
注：詳細図の参照先を以下に示す。

- 詳細図 A～D：逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その 3）
- 詳細図 E～H：逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その 4）
- 詳細図 J～M：逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その 5）

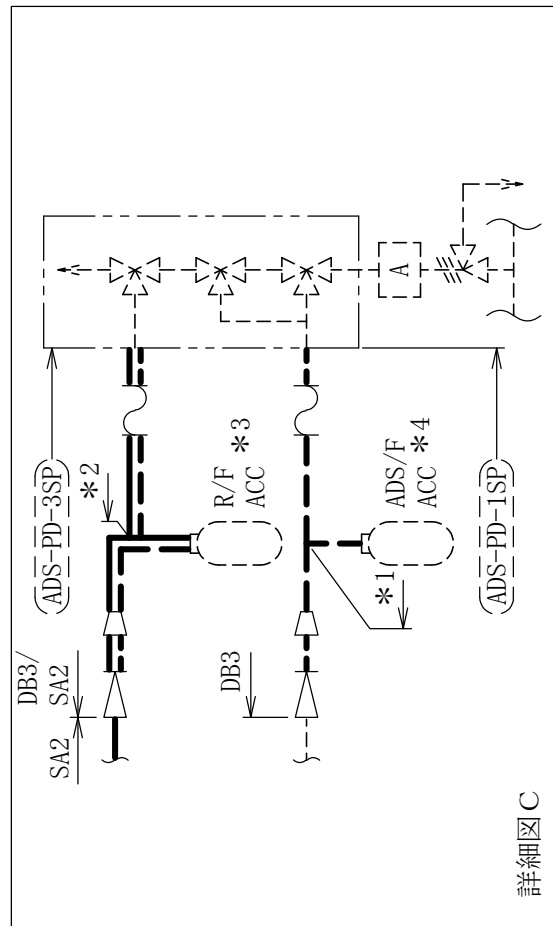
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その 2）



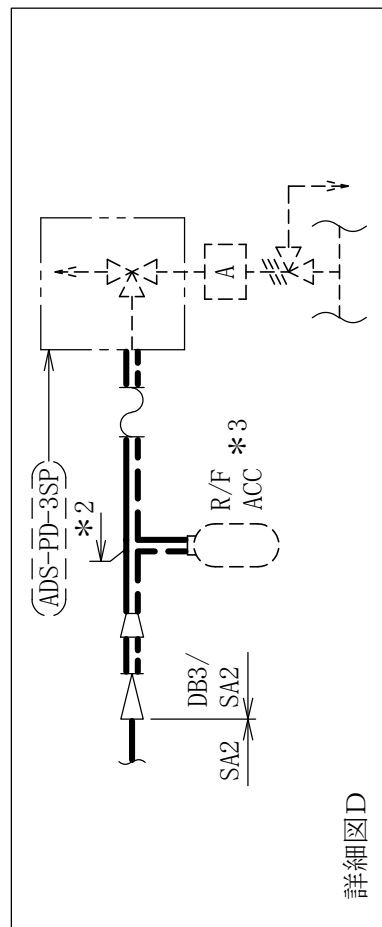
詳細図A



詳細図B



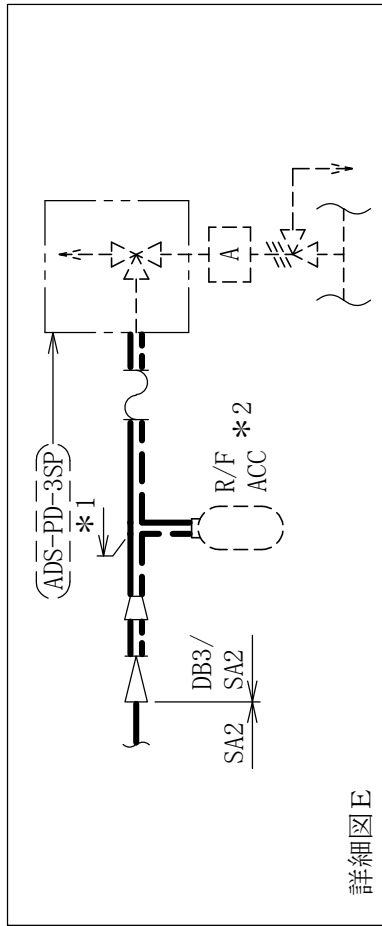
詳細図C



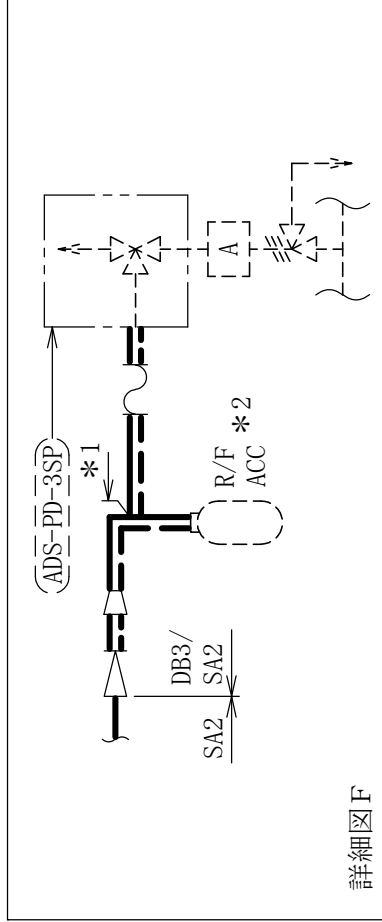
詳細図D

注記*1：主蒸気系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：主蒸気系との兼用範囲である。
 *3：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。
 *4：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

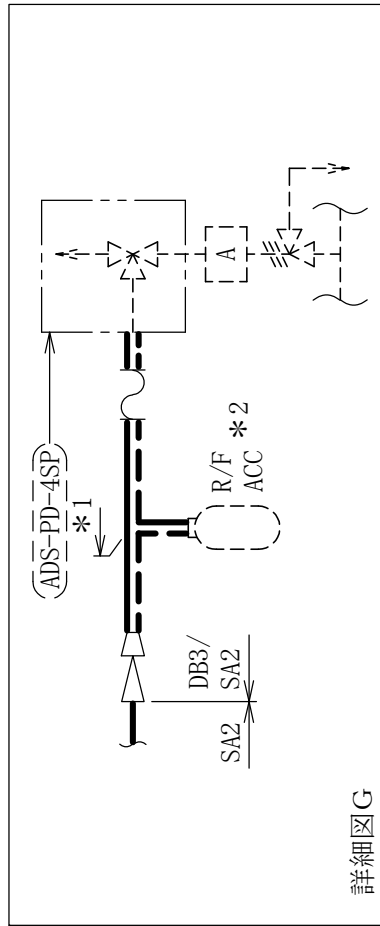
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その3）



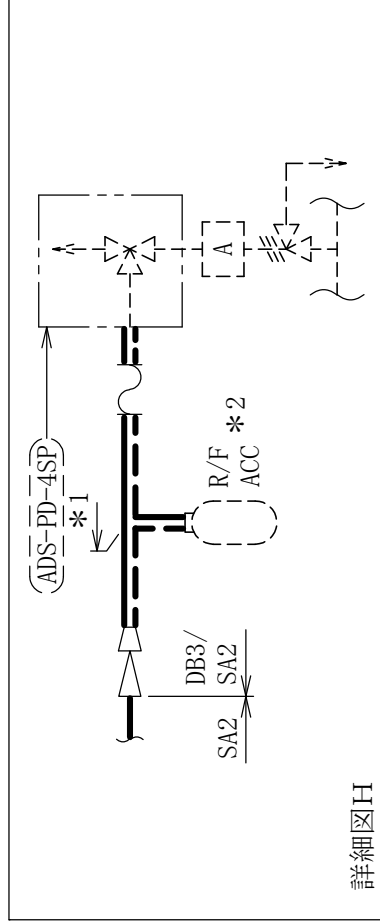
詳細図E



詳細図F



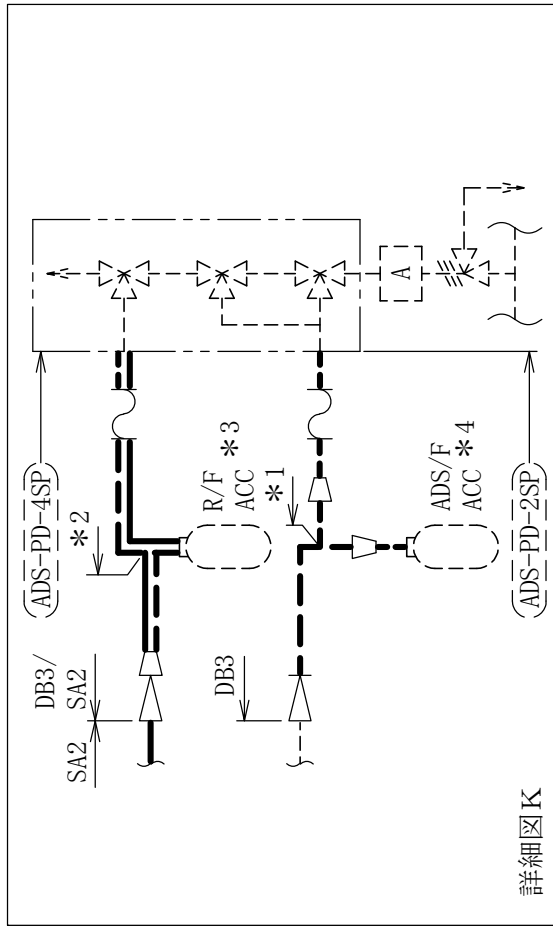
詳細図G



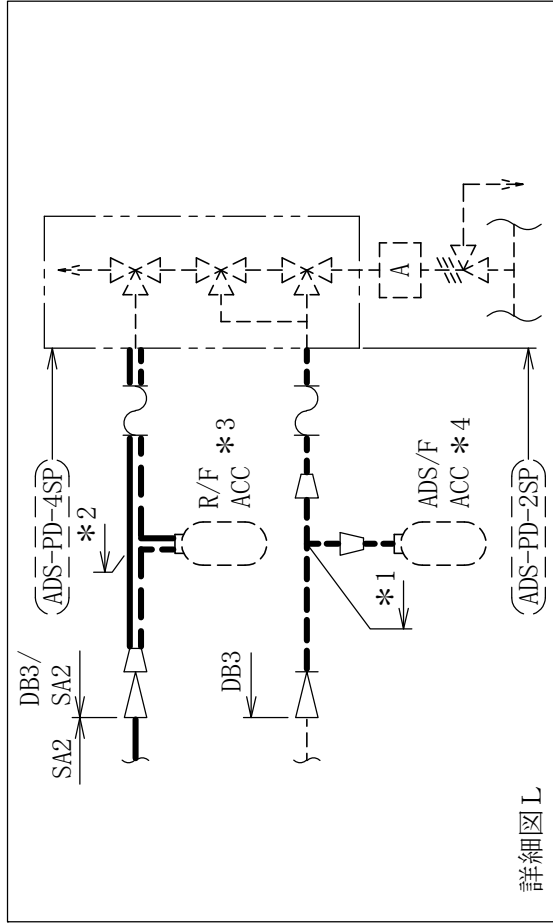
詳細図H

注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。

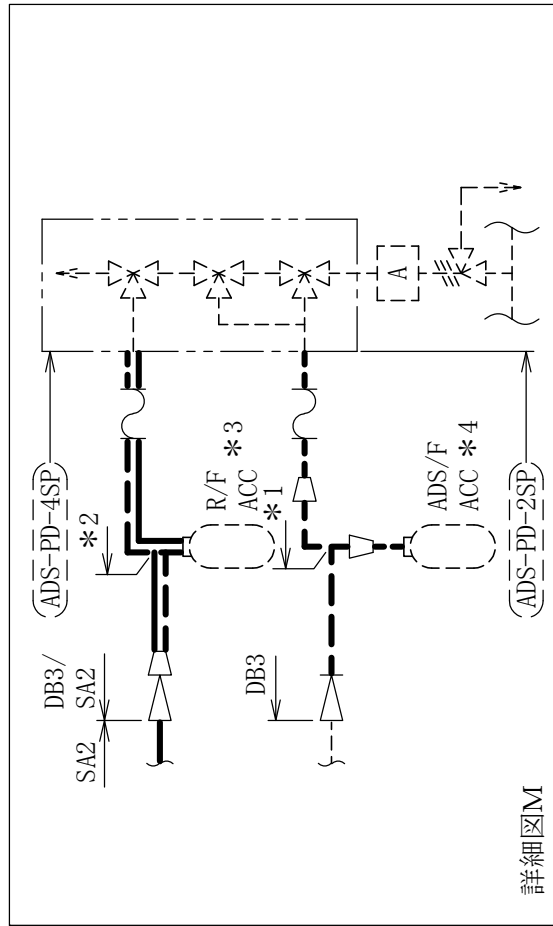
逃がし安全弁素ガス供給系概略系統図（その4）



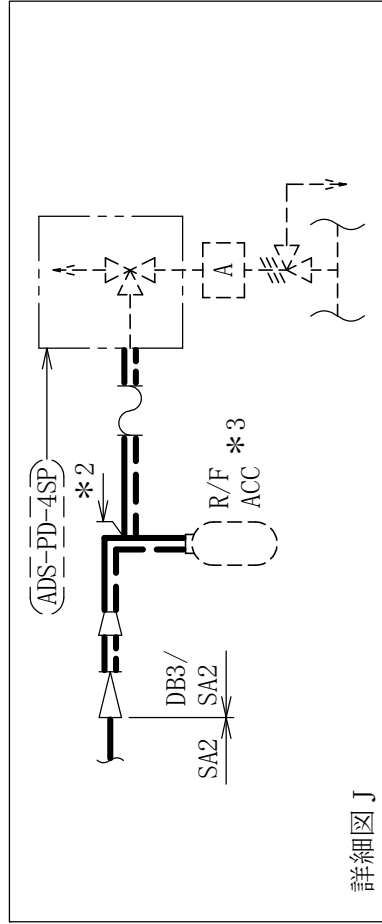
詳細図K



詳細図L



詳細図M



詳細図J

注記*1：主蒸気系の申請範囲であるが，計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：主蒸気系との兼用範囲である。
 *3：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。
 *4：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

18. 逃がし安全弁窒素ガス供給系の計算モデル

- ・ VI-3-3-4-4-1-2-2 管の応力計算書 (逃がし安全弁窒素ガス供給系)

重大事故等対処設備

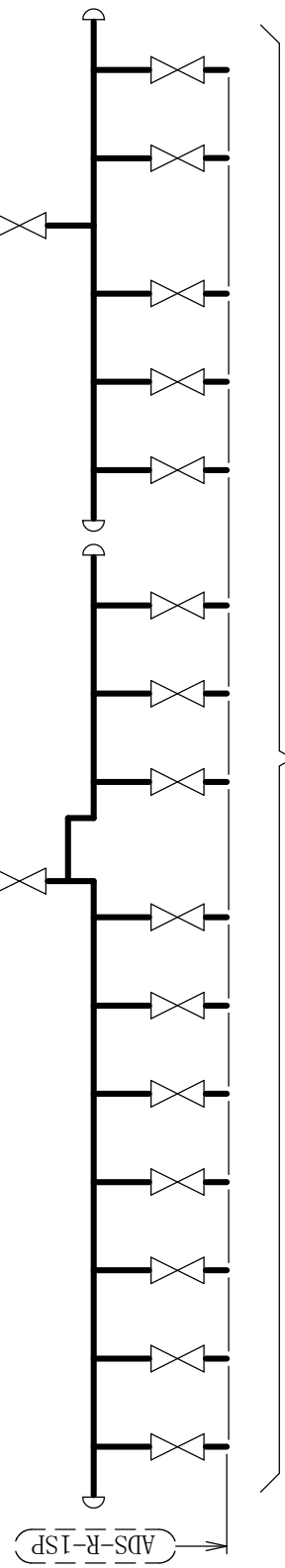
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	ADS-PD-3SP	設計・建設規格	76W	26	166	6.38	—	76W	28	199	7.10	—
		告示第501号	74	20	111	5.55	—	74	20	133	6.65	—
2	ADS-PD-4SP	設計・建設規格	54W	27	166	6.14	—	54W	28	199	7.10	—
		告示第501号	12A	22	111	5.04	—	12A	22	133	6.04	—
3	ADS-R-1SP	設計・建設規格	60W	89	189	2.12	—	60W	96	226	2.35	—
		告示第501号	59	68	126	1.85	—	59	68	151	2.22	—
4	ADS-R-2SP	設計・建設規格	266W	92	189	2.05	—	266W	99	226	2.28	—
		告示第501号	266W	69	126	1.82	○	266W	69	151	2.18	○
5	ADS-R-3SP	設計・建設規格	17W	27	189	7.00	—	17W	28	226	8.07	—
		告示第501号	439A	23	126	5.47	—	439A	23	151	6.56	—

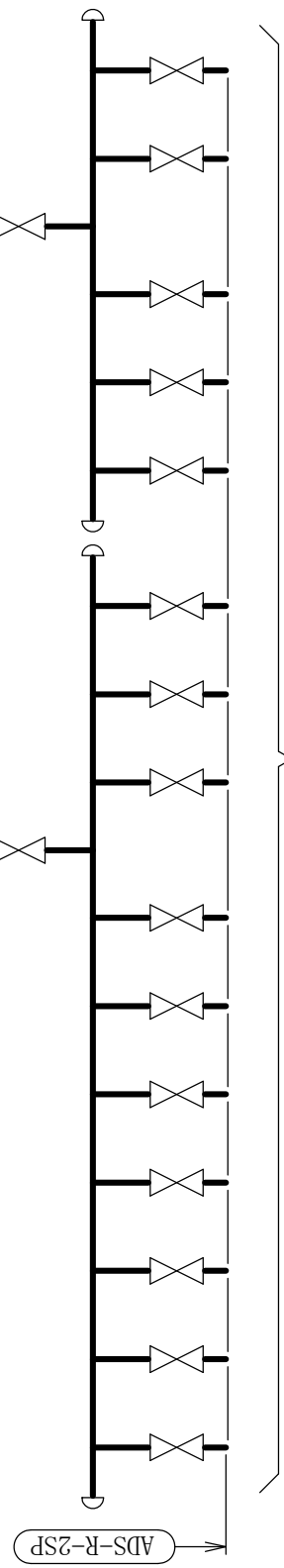
注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

逃がし安全弁素ガス供給系
概略系統図 (その2) へ



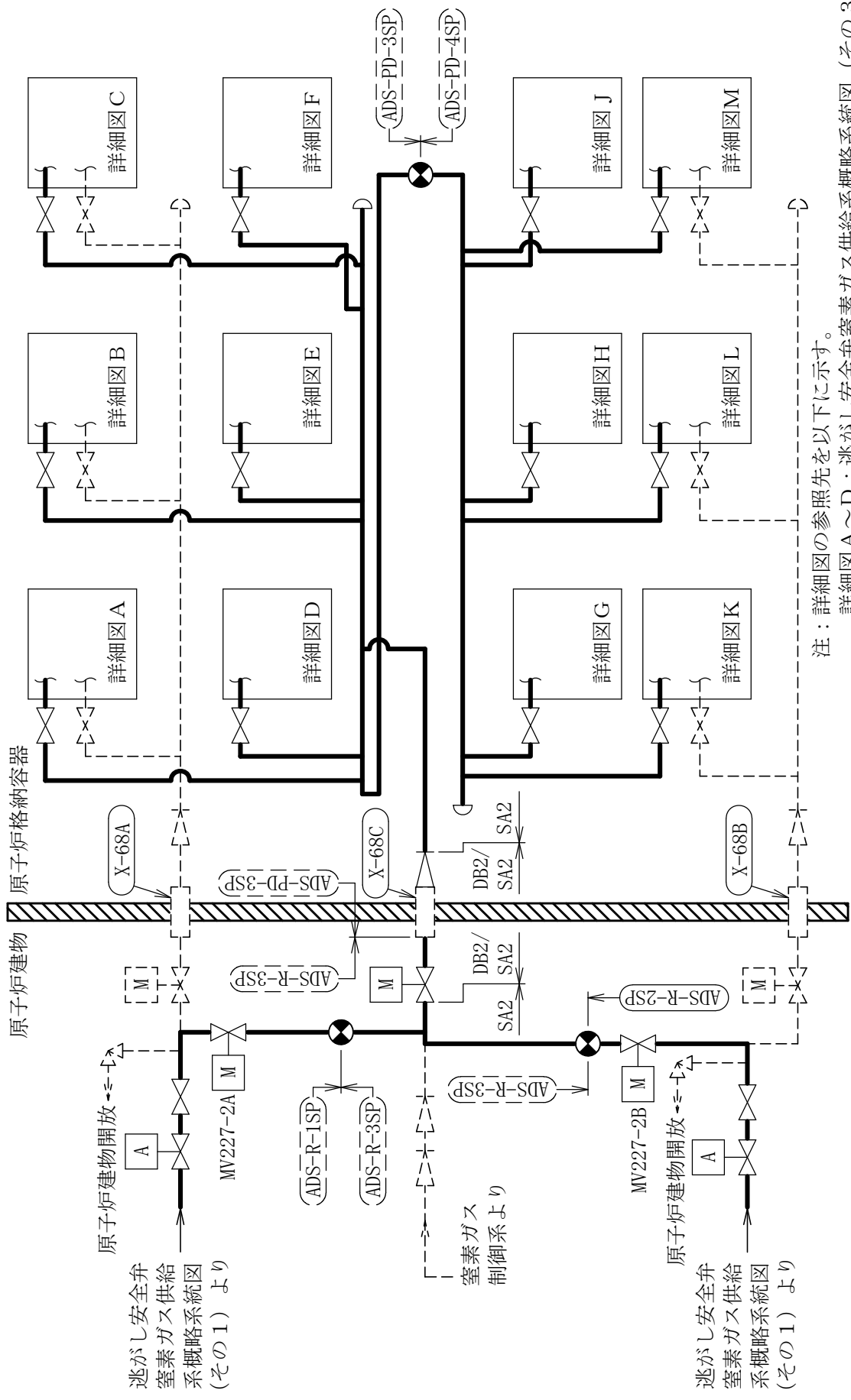
A-室素ガスボンベ連結管接続口
A-逃がし安全弁素ガス供給装置

逃がし安全弁素ガス供給系
概略系統図 (その2) へ



B-室素ガスボンベ連結管接続口
B-逃がし安全弁素ガス供給装置

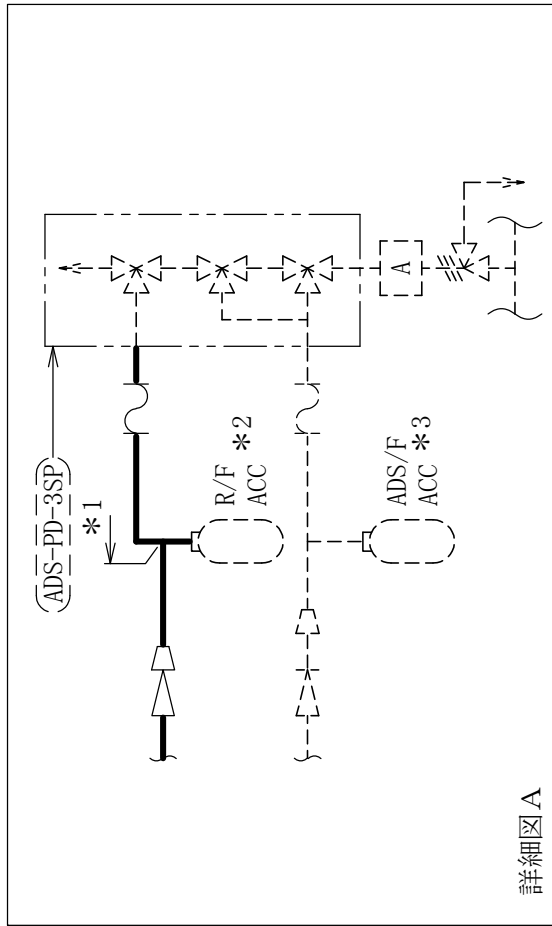
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
逃がし安全弁素ガス供給系概略系統図 (その1)



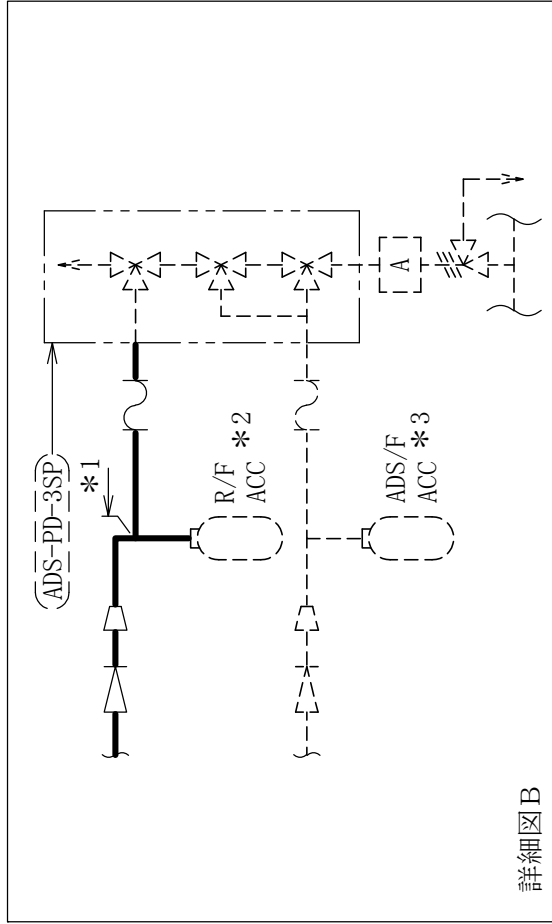
注：詳細図の参照先を以下に示す。

- 詳細図A～D：逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その3）
 - 詳細図E～H：逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その4）
 - 詳細図J～M：逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その5）
- 逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その2）

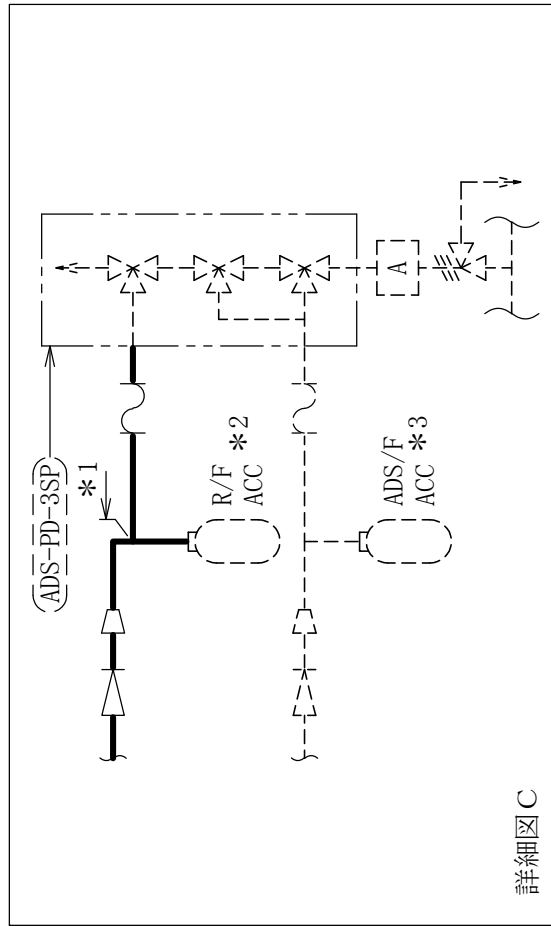
[注] 太線範囲の管クラス：SA2



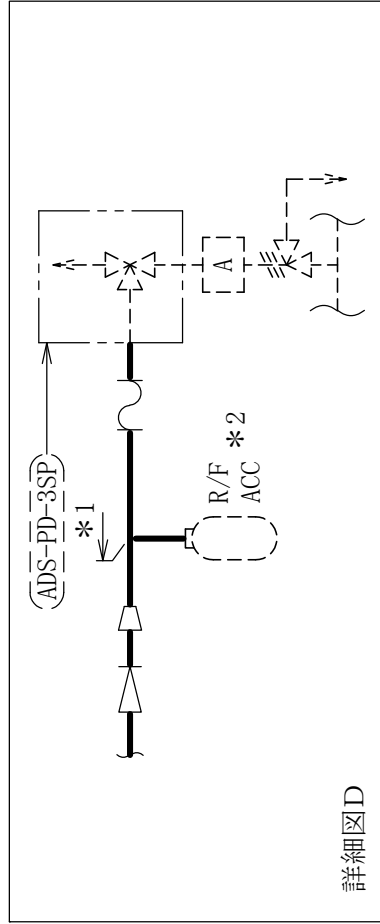
詳細図A



詳細図B



詳細図C



詳細図D

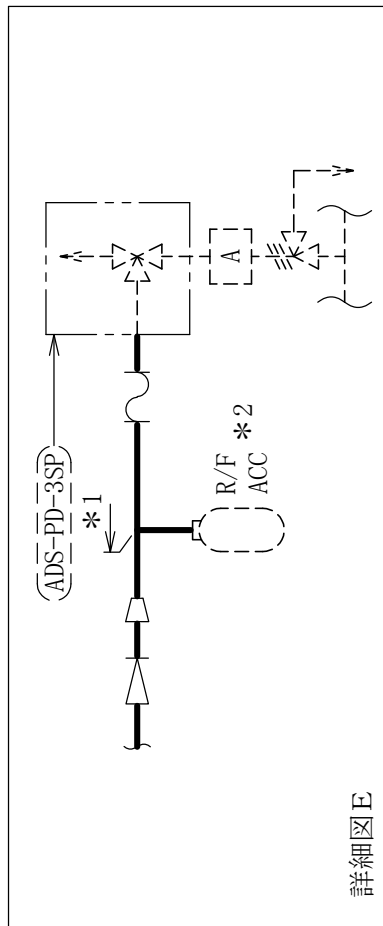
注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。

*2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。

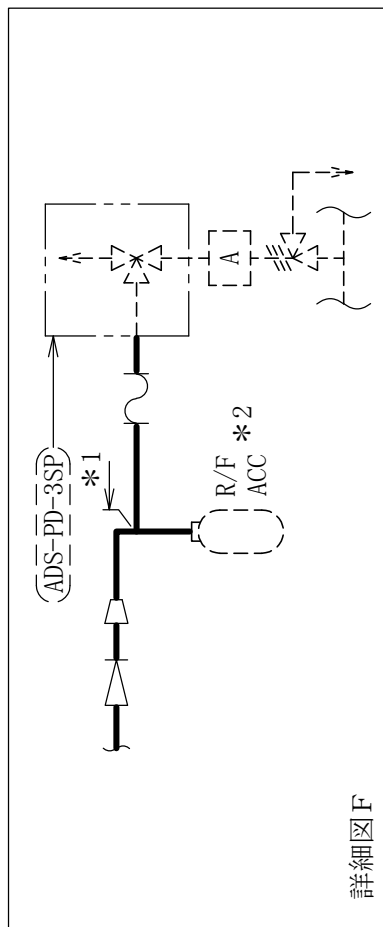
*3：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その3）

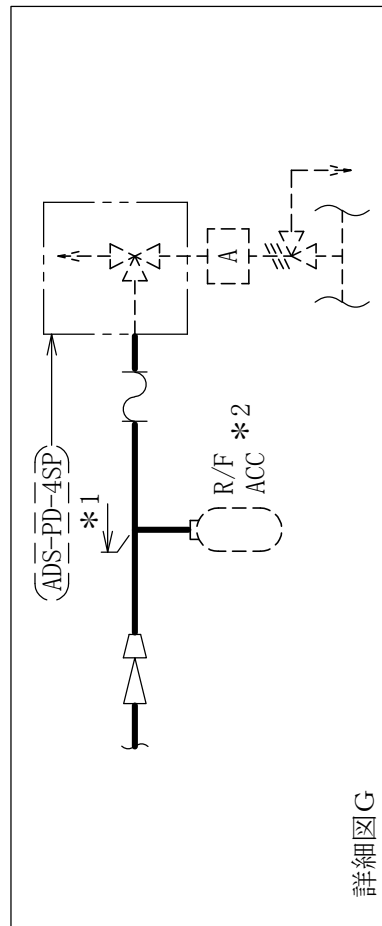
[注] 太線範囲の管クラス：SA2



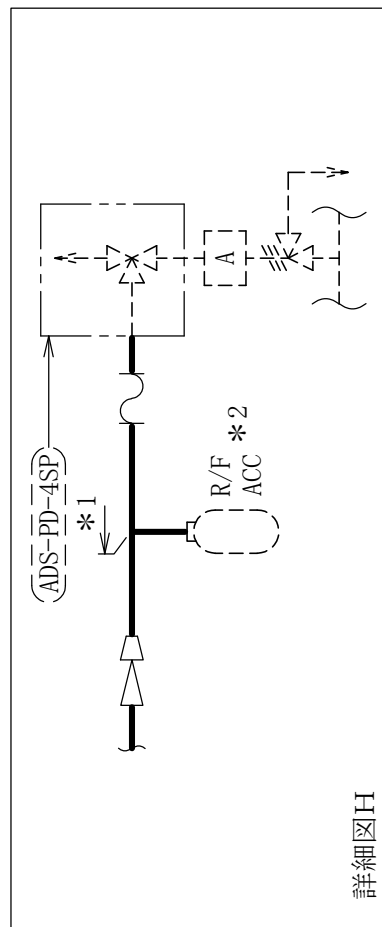
詳細図E



詳細図F

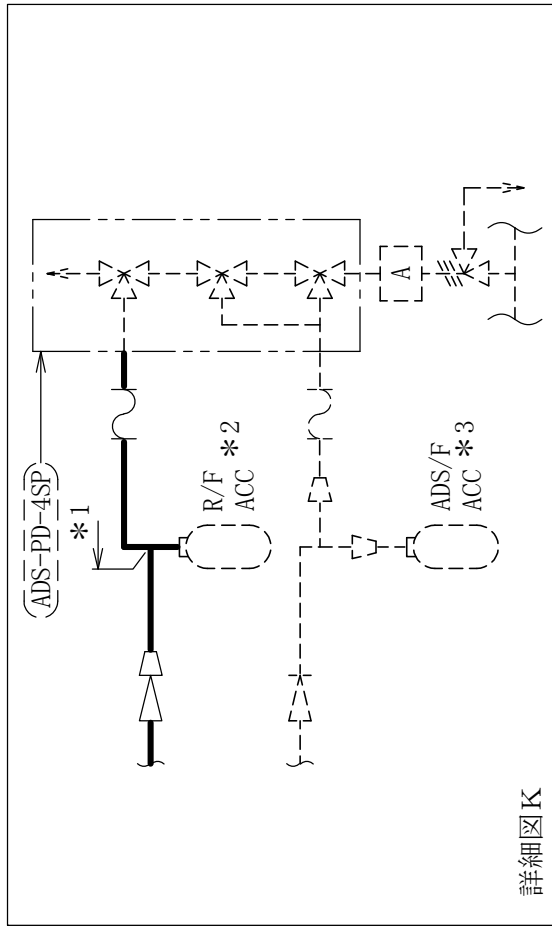


詳細図G

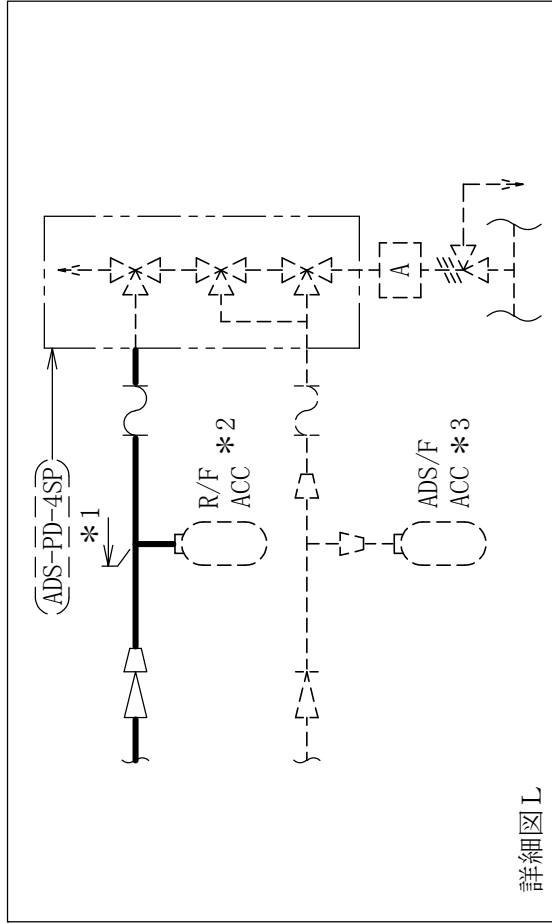


詳細図H

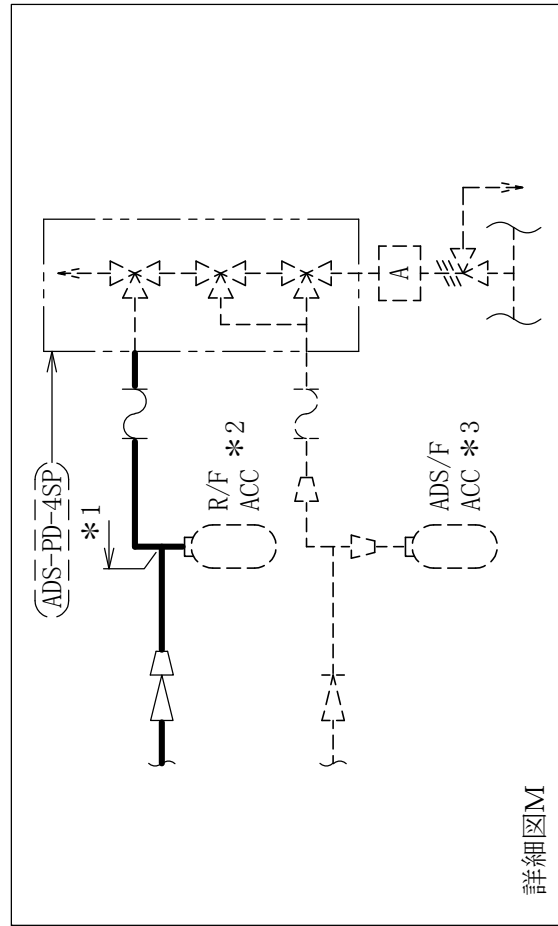
注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。



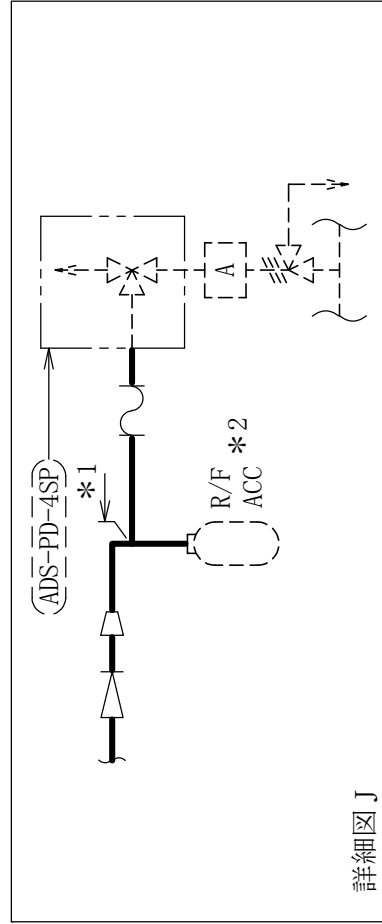
詳細図K



詳細図L



詳細図M



詳細図J

注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。
 *3：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

19. ドレン移送系の計算モデル

- ・ VI-2-7-2-1-1 管の耐震性についての計算書（ドレン移送系）

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

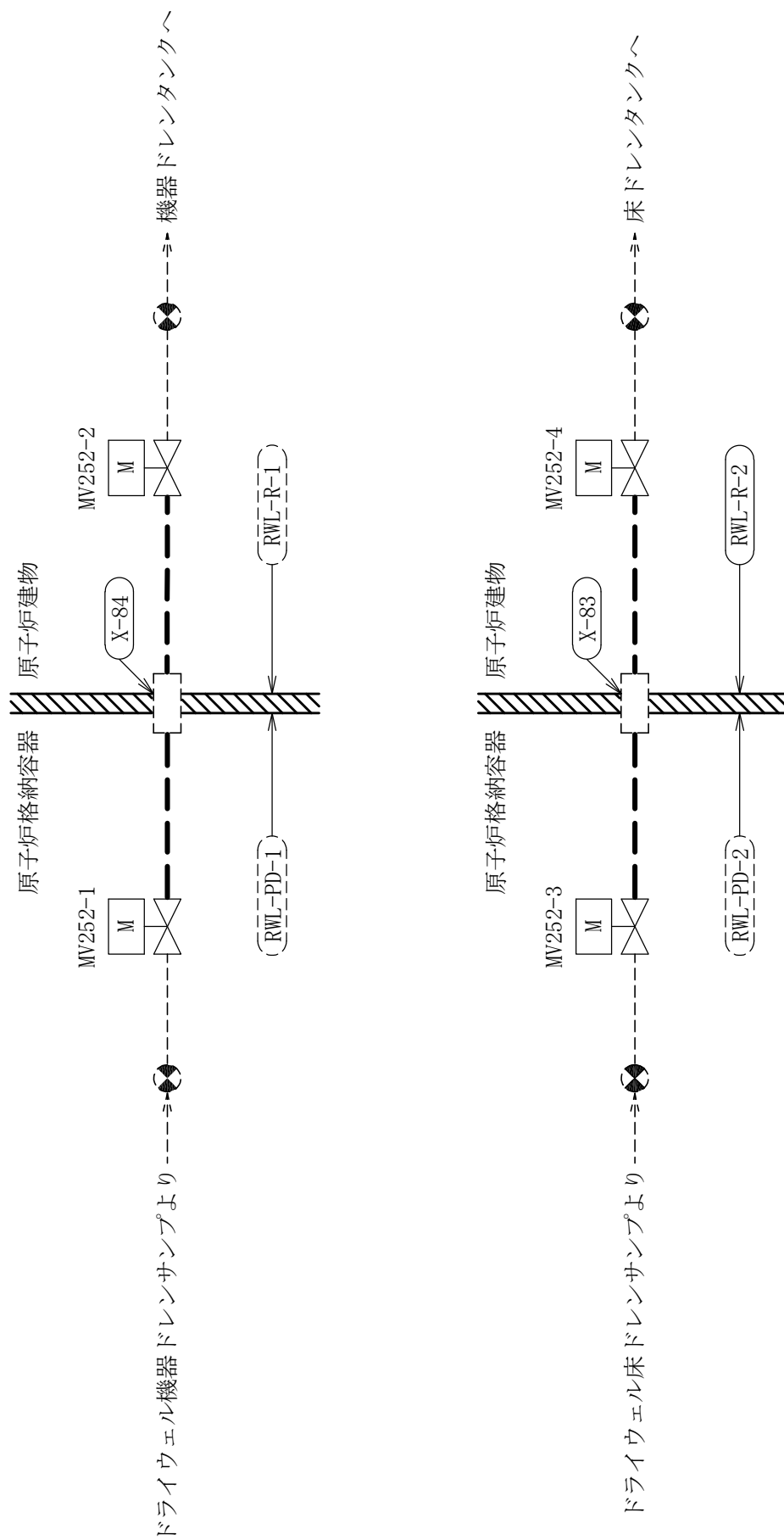
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅲ _A S											
		一次応力評価						一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表	
1	RWL-PD-1	13	32	211	6.59	—	13	75	422	5.62	—	—	
2	RWL-PD-2	17	64	211	3.29	—	18	110	422	3.83	—	—	
3	RWL-R-1	11	65	211	3.24	—	9	130	422	3.24	—	—	
4	RWL-R-2	900	96	211	2.19	○	900	174	422	2.42	—	○	

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 _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	RWL-PD-1	13	42	363	8.64	—	13	141	422	2.99	—	—
2	RWL-PD-2	17	96	363	3.78	—	18	189	422	2.23	—	—
3	RWL-R-1	11	112	363	3.24	—	9	282	422	1.49	—	—
4	RWL-R-2	900	171	363	2.12	○	900	340	422	1.24	—	○



[注] 太破線範囲の管クラス：DB2

ドレン移送系概略系統図

RWL-PD-1 (DB)

鳥瞰図

RWL-PD-2 (DB)

鳥瞰図

RWL-R-1 (DB)

鳥瞰図

RWL-R-2 (DB)

鳥瞰図

20. サイトバンカ設備の計算モデル

- ・VI-2-7-3-1-1 管の耐震性に関する説明書（サイトバンカ設備）

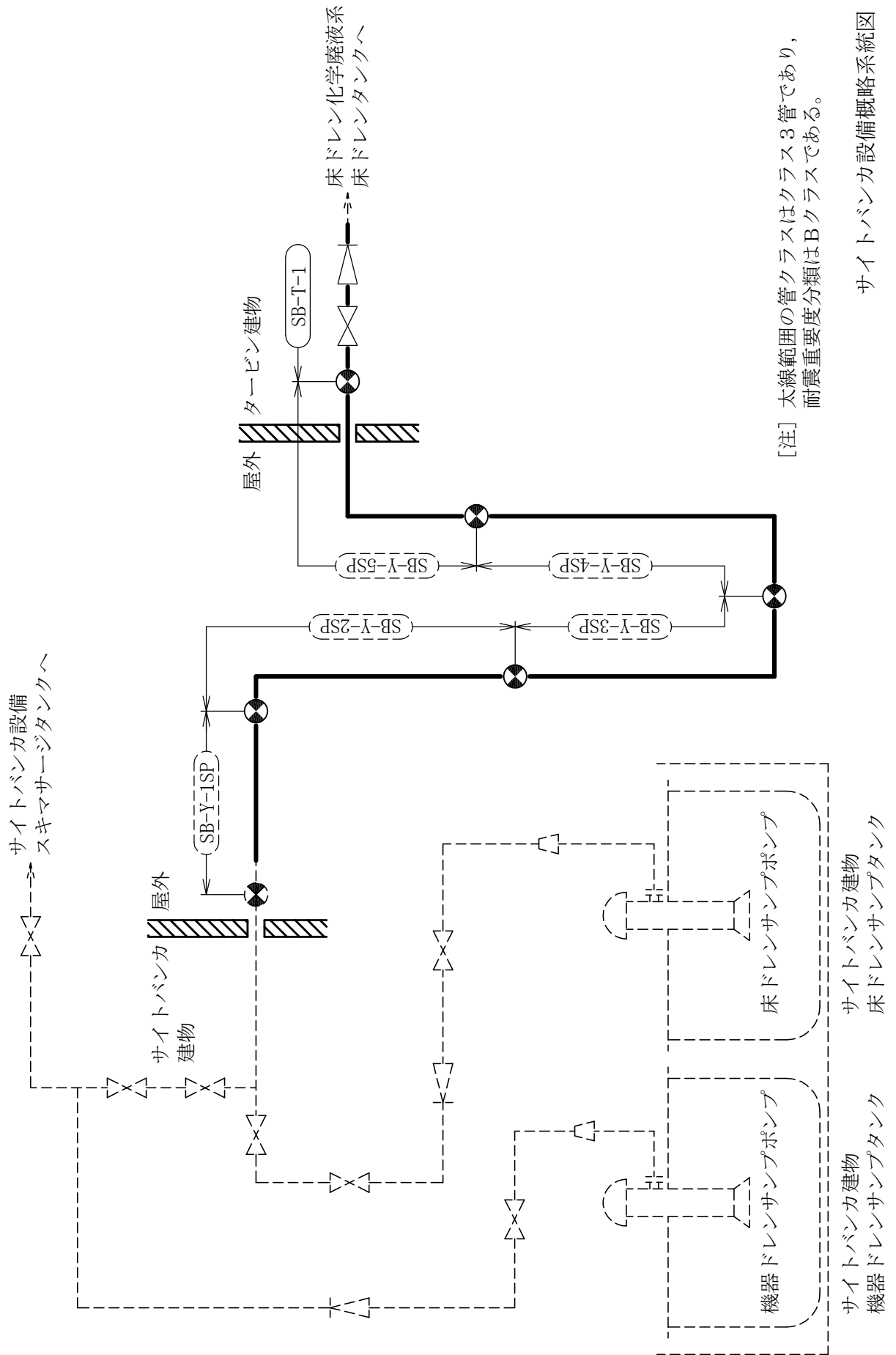
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 B A S				
		一次応力評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	SB-T-1	153	24	234	9.75	○
2	SB-Y-1SP	300W	18	234	13.00	—
3	SB-Y-2SP	19	10	234	23.40	—
4	SB-Y-3SP	25	11	234	21.27	—
5	SB-Y-4SP	204	12	234	19.50	—
6	SB-Y-5SP	200W	19	234	12.31	—



[注] 太線範囲の管クラスはクラス3管であり、耐震重要度分類はBクラスである。

サイトバンカ設備概略系統図

SB-T-1 (1/7)

鳥瞰図

SB-T-1 (2/7)

鳥瞰図

SB-T-1 (3/7)

鳥瞰図

SB-T-1 (4/7)

鳥瞰図

SB-T-1 (5/7)

鳥瞰図

SB-T-1 (6/7)

鳥瞰図

SB-T-1 (7/7)

鳥瞰図

SB-Y-2SP

鳥瞰図

SB-Y-3SP

鳥瞰図

21. 中央制御室空気供給系の計算モデル

- ・ VI-2-8-3-2-1 管の耐震性についての計算書（中央制御室空気供給系）

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	MCRS-W-1SP	175	119	468	3.93	—	175	133	410	3.08	—	—
2	MCRS-W-2SP	48	123	468	3.80	—	48	167	410	2.45	—	—
3	MCRS-W-3SP	150	168	468	2.78	—	150	213	410	1.92	—	—
4	MCRS-W-4SP	41	103	468	4.54	—	41	102	410	4.01	—	—
5	MCRS-W-5SP	20	239	468	1.95	○	80	351	410	1.16	—	—
6	MCRS-W-6SP	8	196	468	2.38	—	8	384	410	1.06	—	○
7	MCRS-W-7SP	41	44	468	10.63	—	26	256	410	1.60	—	—
8	MCRS-C-1SP	23	57	468	8.21	—	41	97	410	4.22	—	—
9	MCRS-C-2SP	16	73	468	6.41	—	16	141	410	2.90	—	—
10	MCRS-C-3SP	22	69	468	6.78	—	18	112	410	3.66	—	—

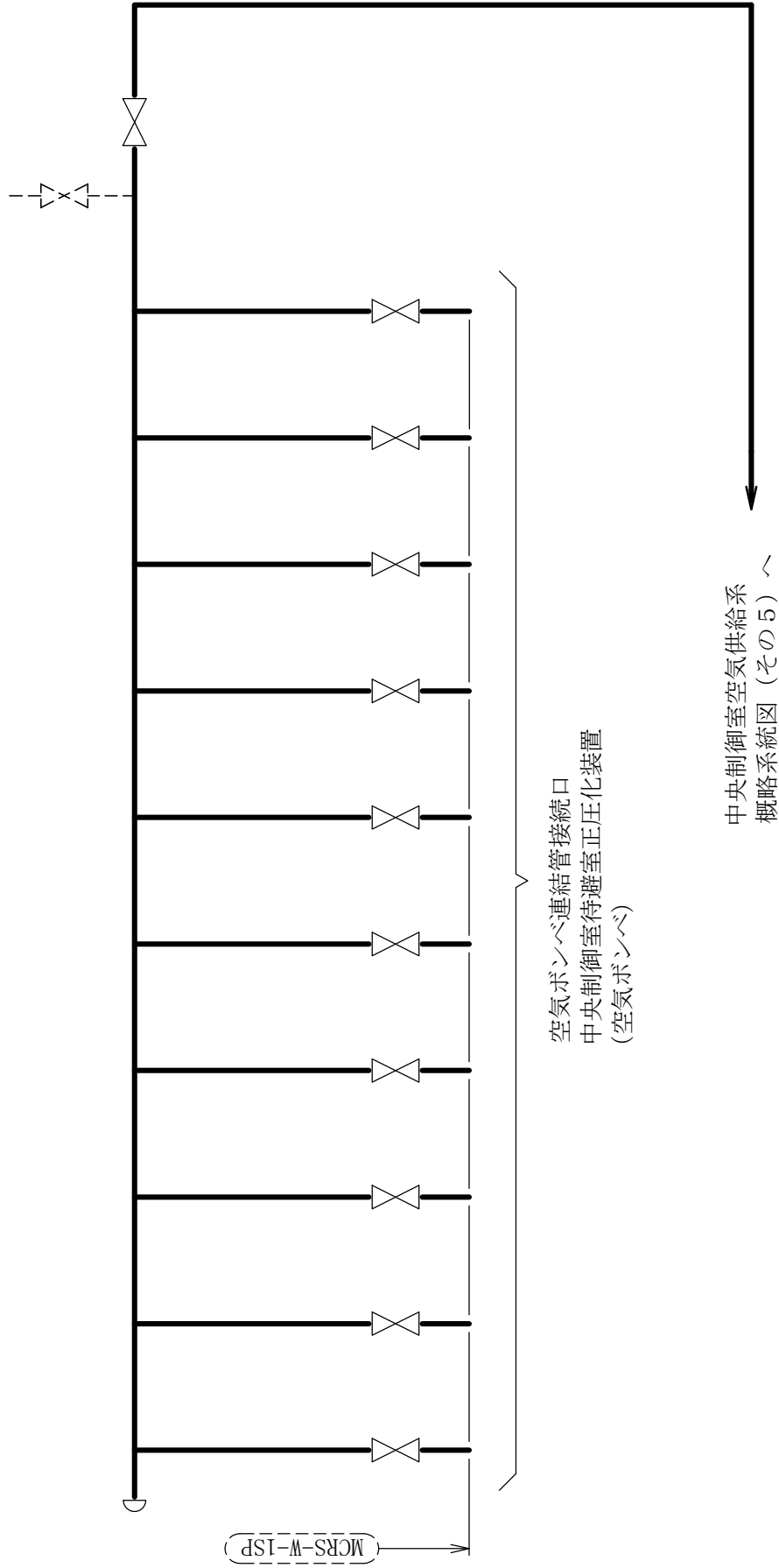
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

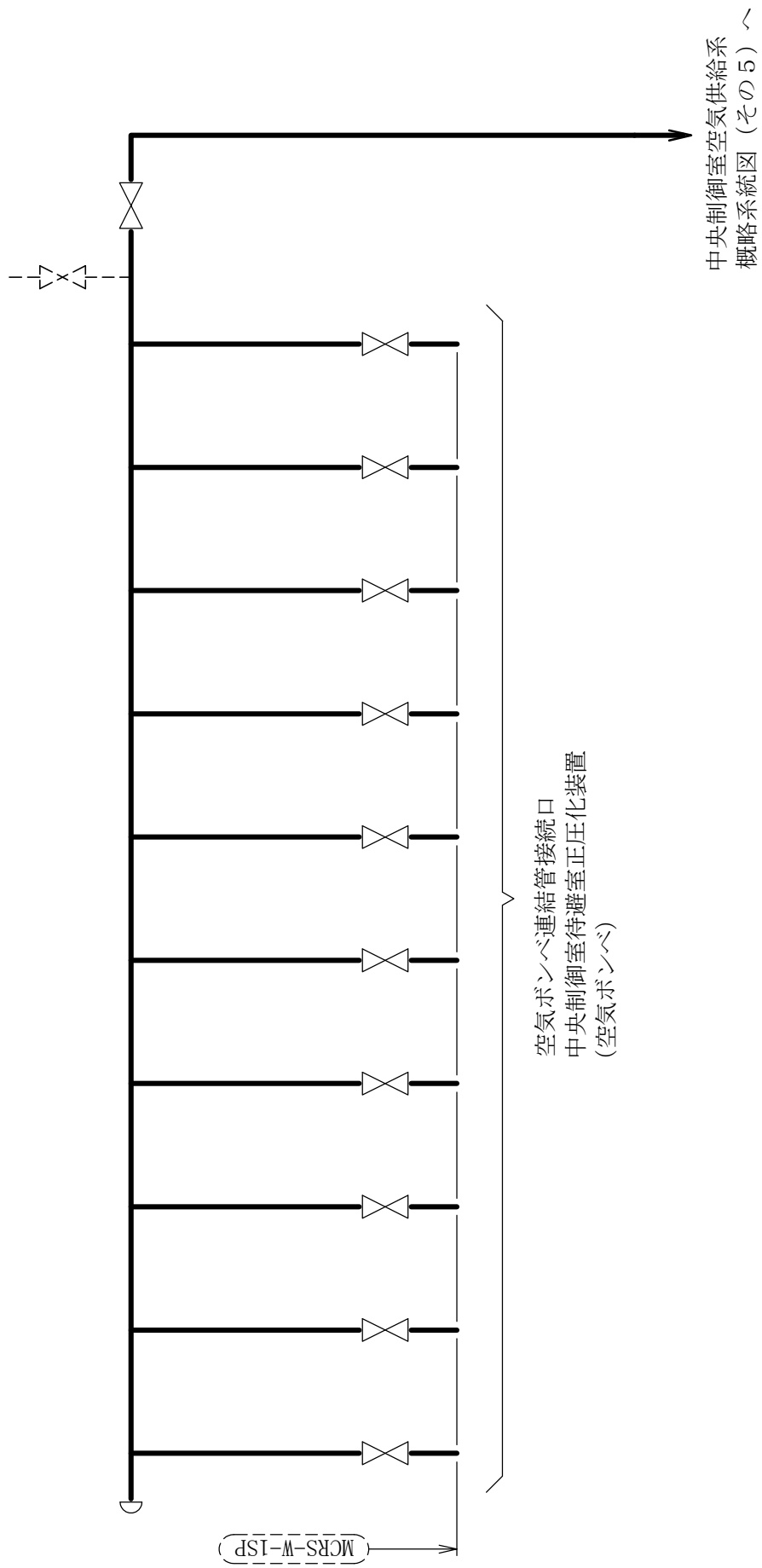
図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

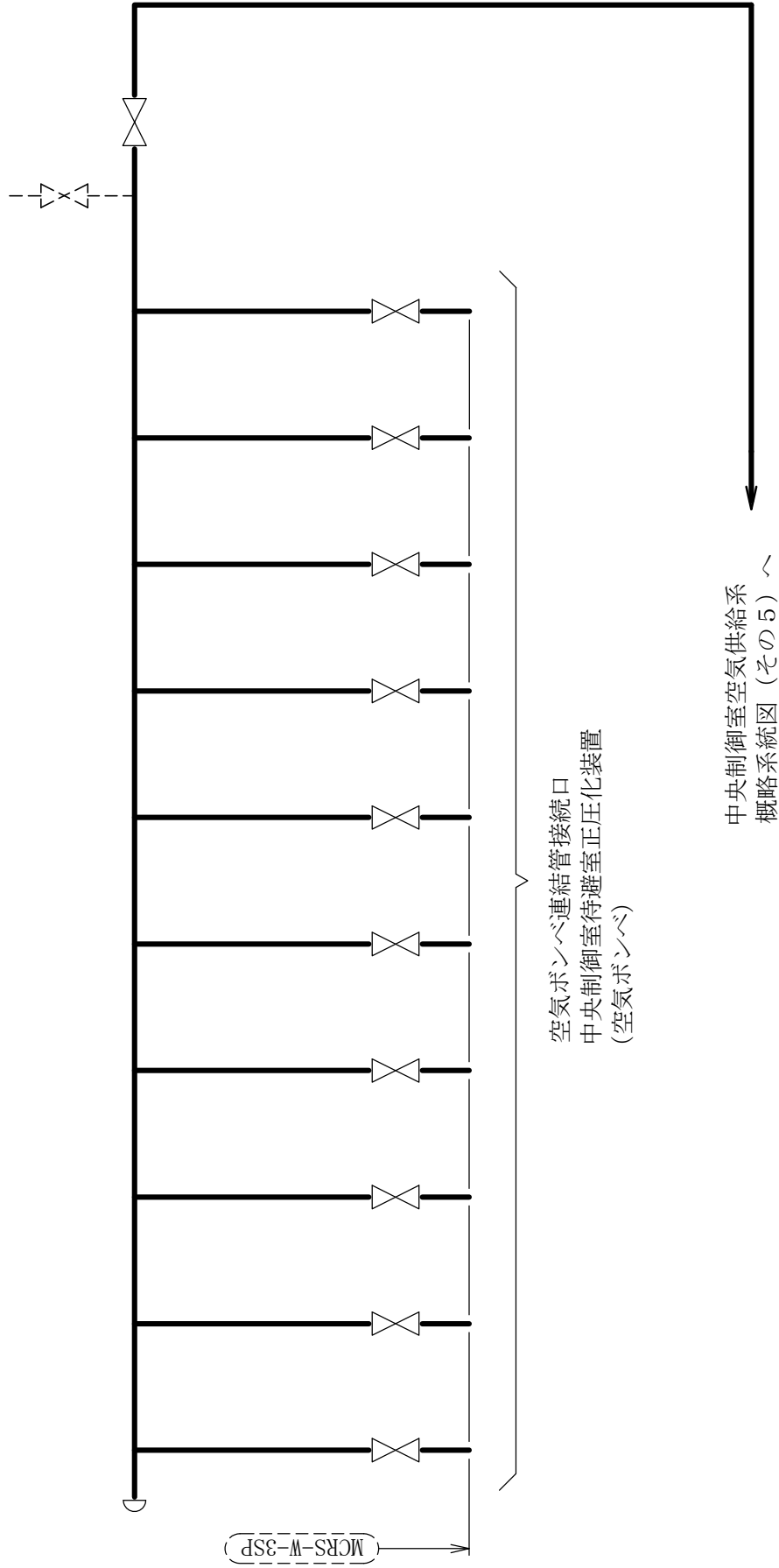
No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
1	MCRS-W-1SP	175	119	468	3.93	—	175	133	410	3.08	—	—	
2	MCRS-W-2SP	48	123	468	3.80	—	48	167	410	2.45	—	—	
3	MCRS-W-3SP	150	168	468	2.78	—	150	213	410	1.92	—	—	
4	MCRS-W-4SP	41	103	468	4.54	—	41	102	410	4.01	—	—	
5	MCRS-W-5SP	20	239	468	1.95	○	80	351	410	1.16	—	—	
6	MCRS-W-6SP	8	196	468	2.38	—	8	384	410	1.06	—	○	
7	MCRS-W-7SP	41	44	468	10.63	—	26	256	410	1.60	—	—	
8	MCRS-C-1SP	23	57	468	8.21	—	41	97	410	4.22	—	—	
9	MCRS-C-2SP	16	73	468	6.41	—	16	141	410	2.90	—	—	
10	MCRS-C-3SP	22	69	468	6.78	—	18	112	410	3.66	—	—	



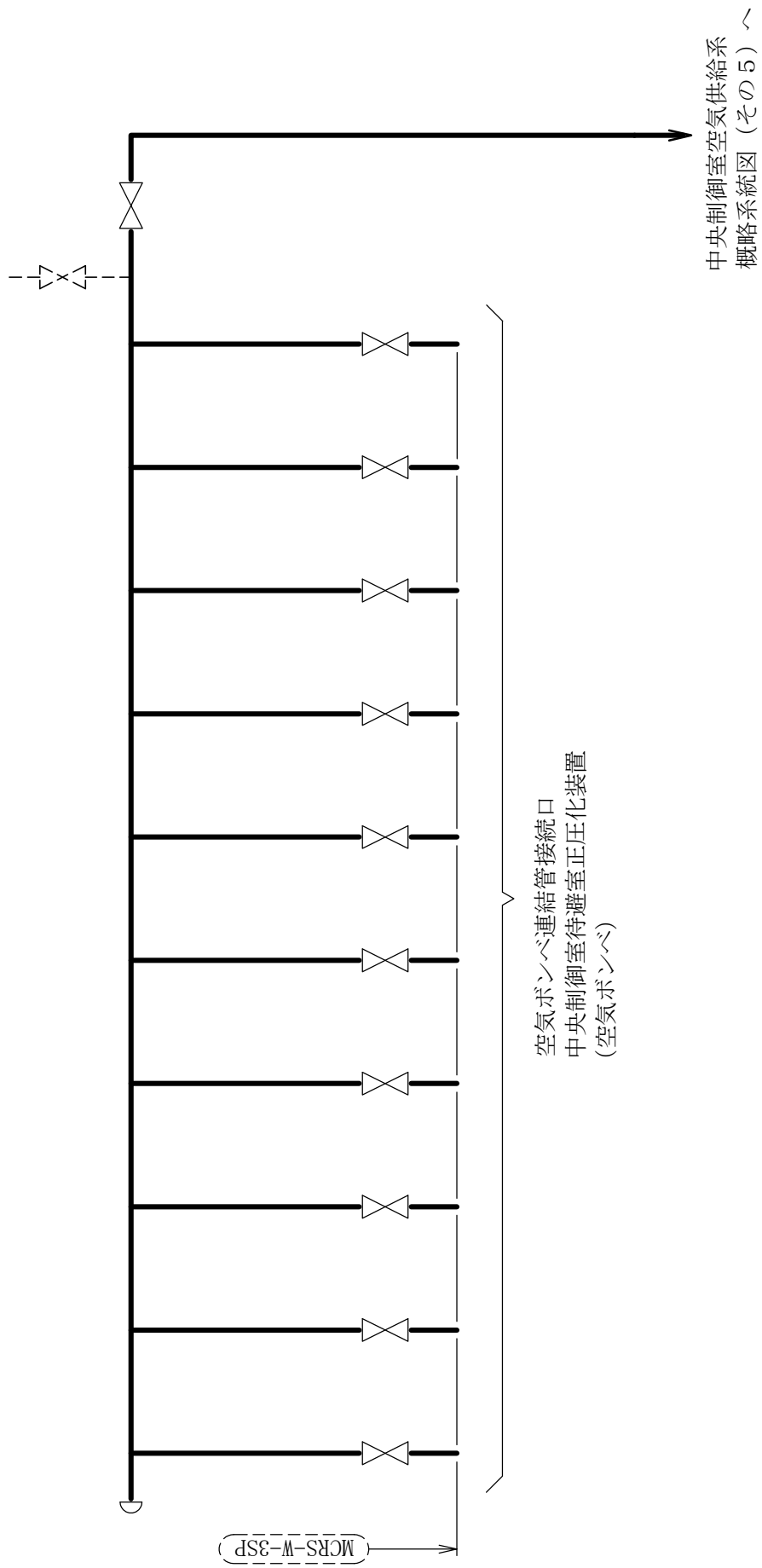
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
中央制御室空気供給系概略系統図 (その1)



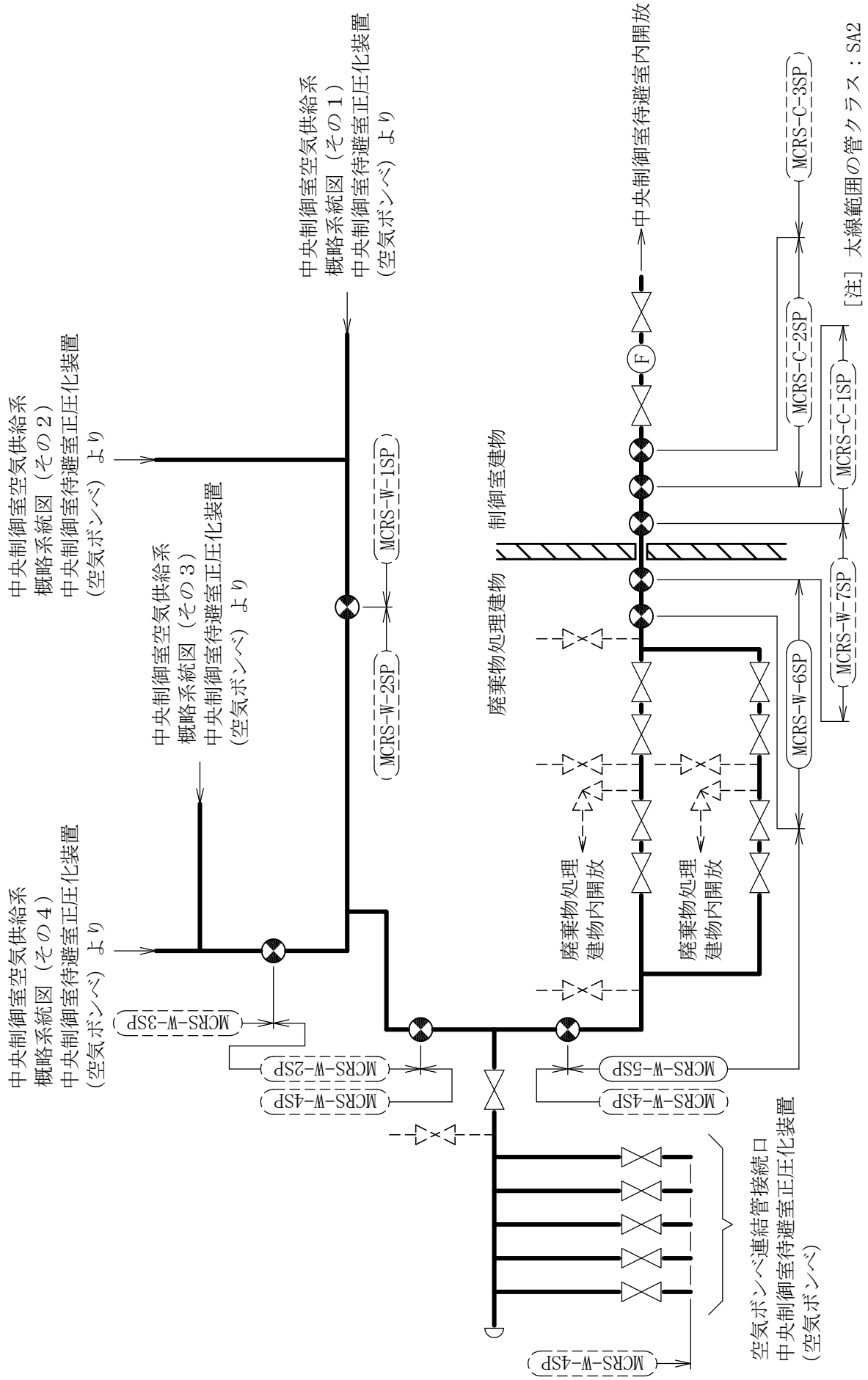
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
中央制御室空気供給系概略系統図 (その2)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
中央制御室空気供給系概略系統図 (その3)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
中央制御室空気供給系概略系統図 (その4)



中央制御室空気供給系概略系統図 (その5)

MCRS-W-6SP (SA) (2/2)

鳥瞰図

MCRS-W-7SP (SA)

鳥瞰図

MCRS-C-ISP (SA)

鳥瞰図

MCRS-C-2SP (SA)

鳥瞰図

21. 中央制御室空気供給系の計算モデル

- VI-3-3-6-1-2-2-2 管の応力計算書（中央制御室空気供給系）

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A											
			一次応力(1) ^{*1}						一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表		
1	MCRS-W-1SP	設計・建設規格	251	52	193	3.71	—	251	57	232	4.07	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	MCRS-W-2SP	設計・建設規格	23	43	193	4.48	—	23	47	232	4.93	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3	MCRS-W-3SP	設計・建設規格	150	58	193	3.32	—	150	61	232	3.80	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
4	MCRS-W-4SP	設計・建設規格	88	52	193	3.71	—	88	57	232	4.07	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
5	MCRS-W-5SP	設計・建設規格	20	67	193	2.88	○	20	70	232	3.31	○		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
6	MCRS-W-6SP	設計・建設規格	17	12	193	16.08	—	17	12	232	19.33	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

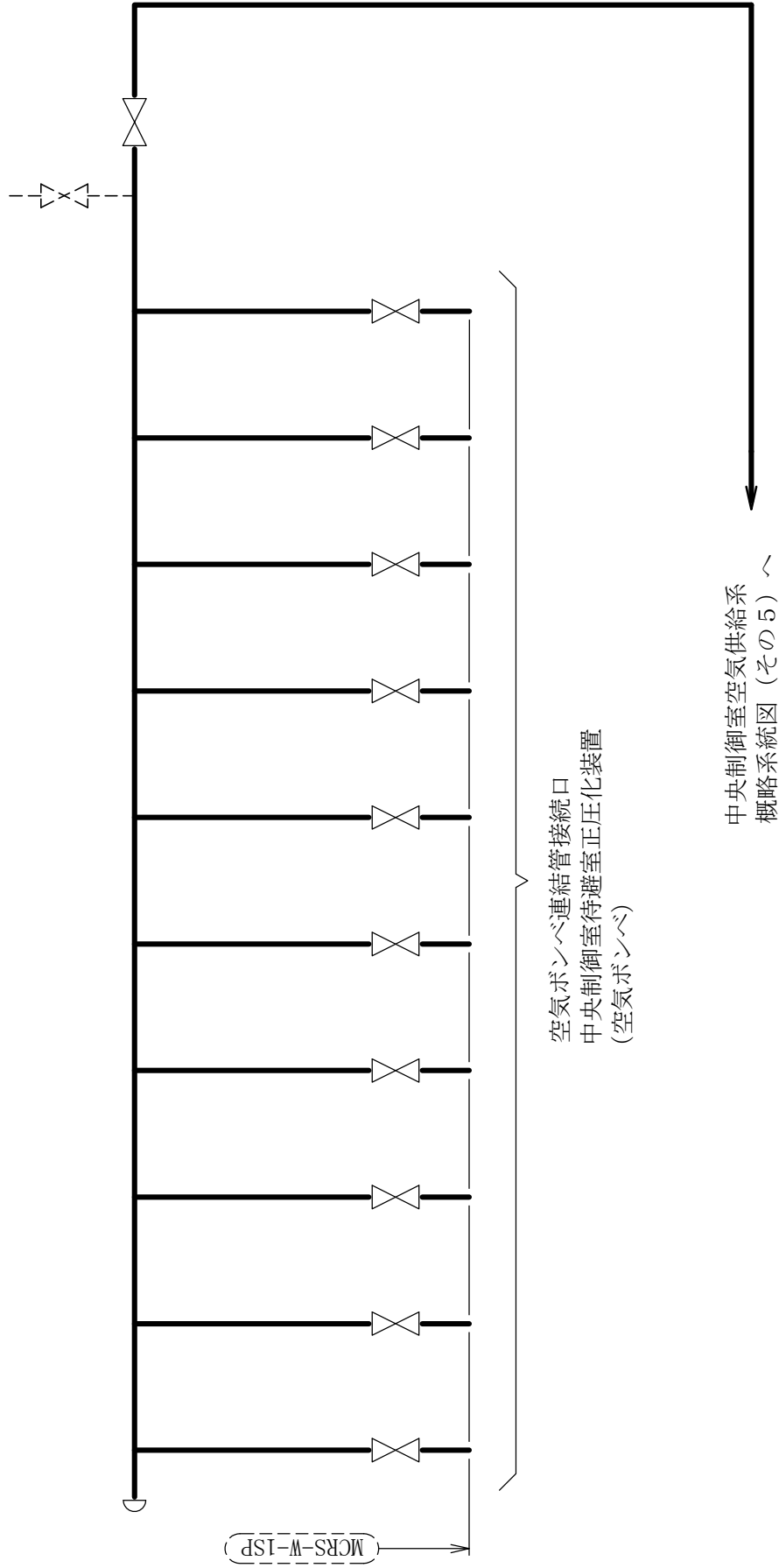
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

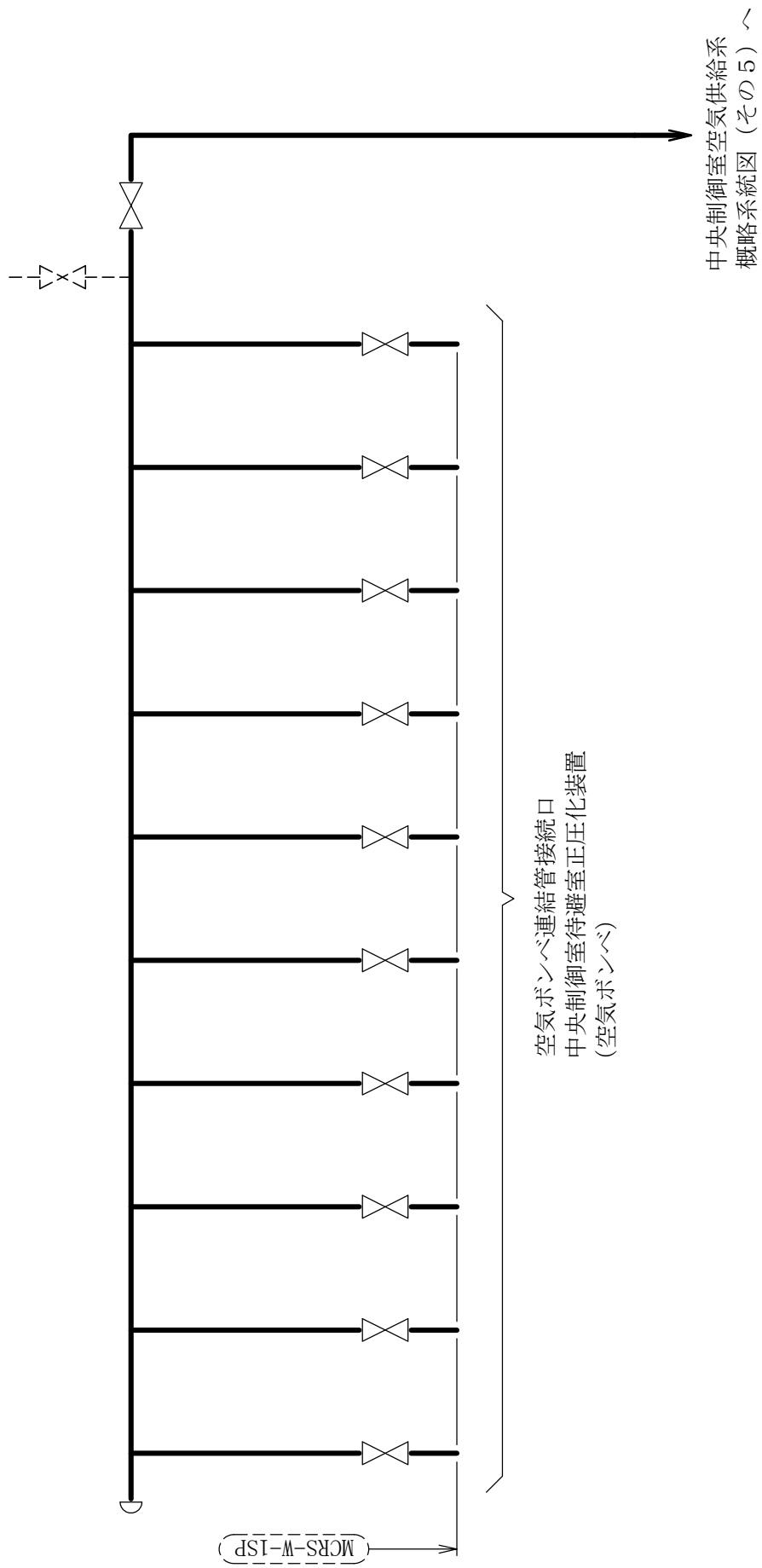
No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	MCRS-W-7SP	設計・建設規格	41	9	193	21.44	—	41	9	232	25.77	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	MCRS-C-1SP	設計・建設規格	23	13	193	14.84	—	23	13	232	17.84	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	MCRS-C-2SP	設計・建設規格	29	9	193	21.44	—	29	9	232	25.77	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	MCRS-C-3SP	設計・建設規格	22	13	193	14.84	—	22	13	232	17.84	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

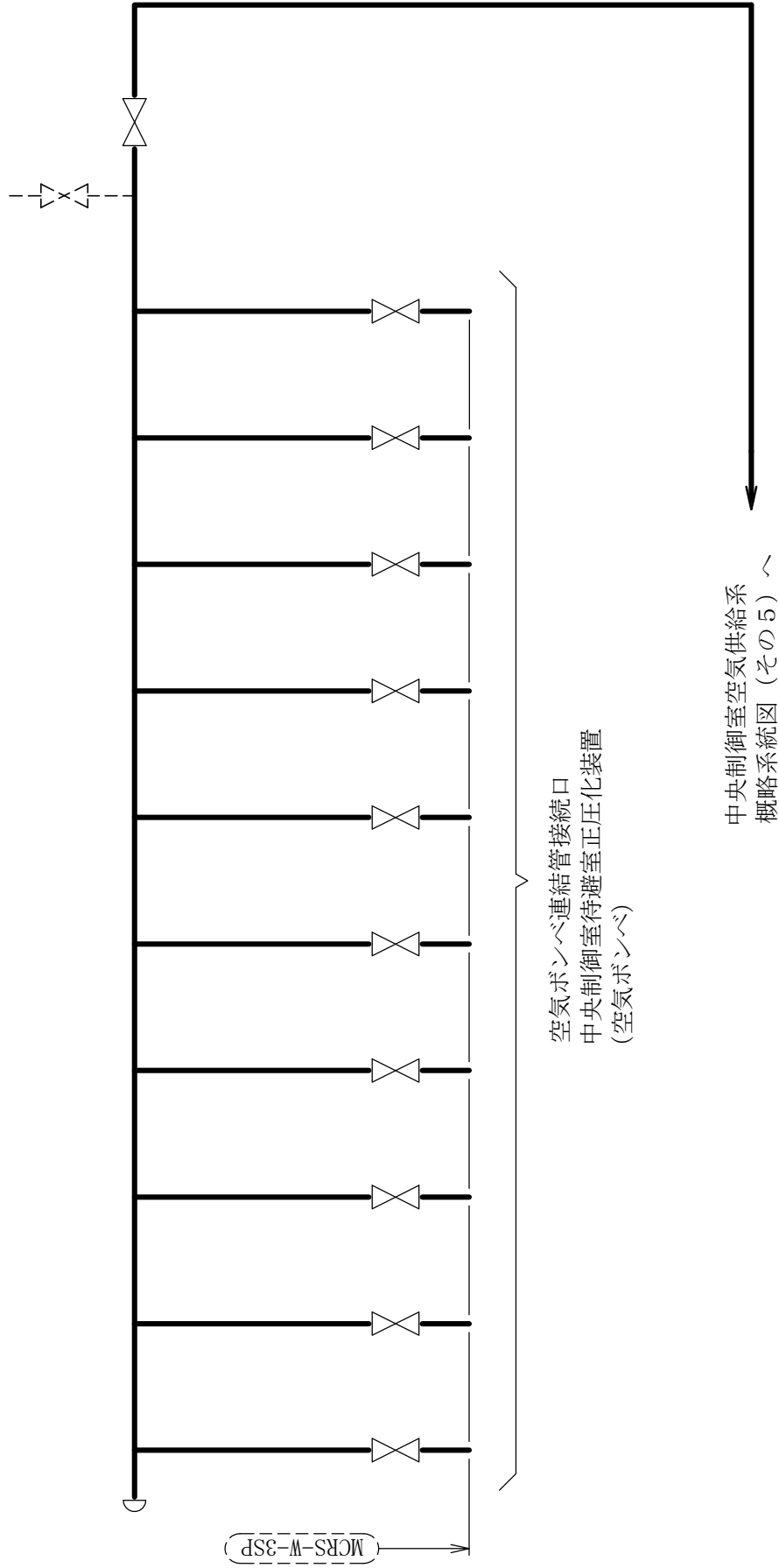
*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



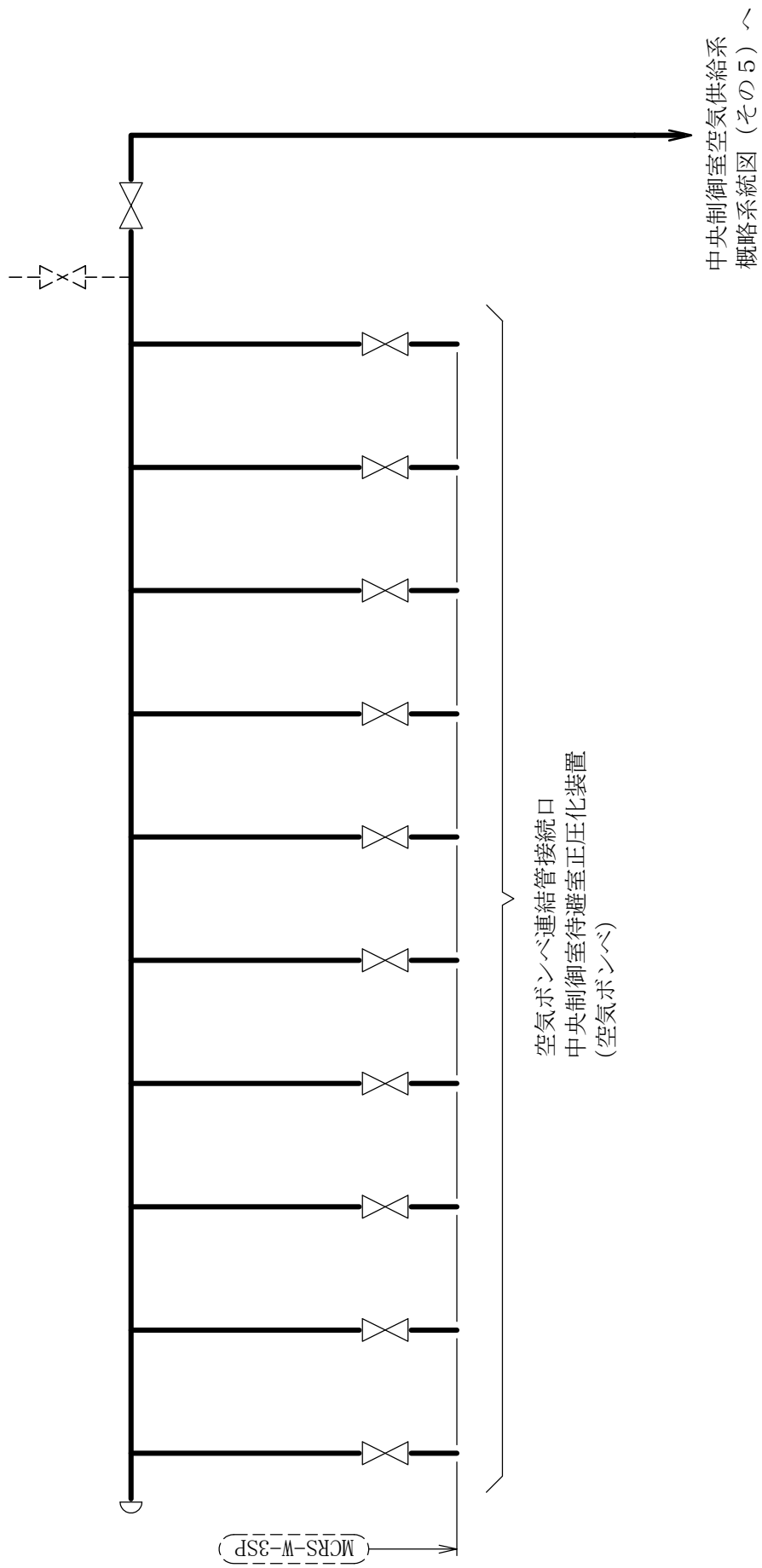
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 中央制御室空気供給系概略系統図 (その1)



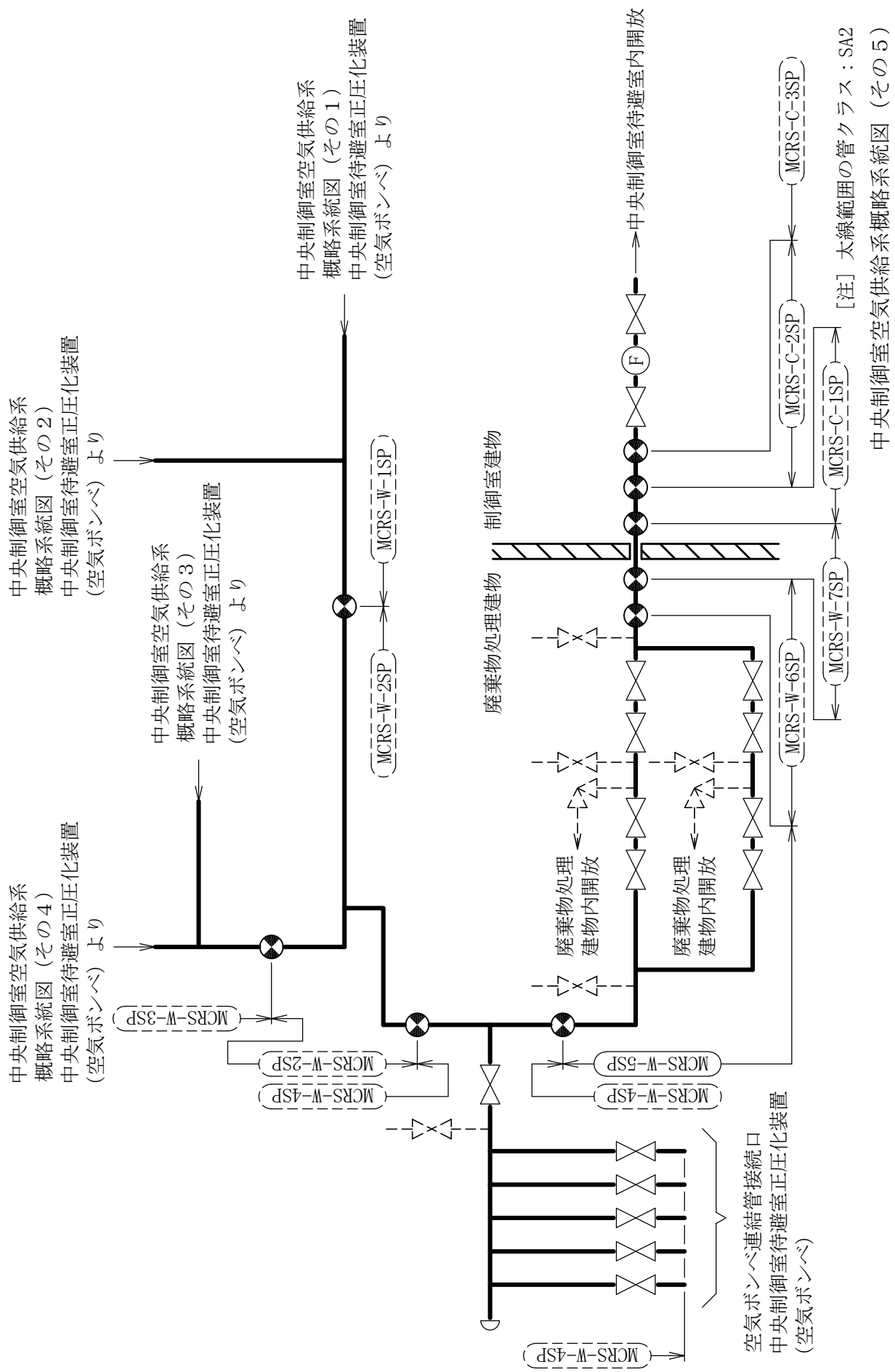
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
中央制御室空気供給系概略系統図 (その2)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 中央制御室空気供給系概略系統図（その3）



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
中央制御室空気供給系概略系統図 (その4)



中央制御室空気供給系概略系統図 (その5)

MCRS-W-7SP (SA)

鳥瞰図

MCRS-C-ISP (SA)

鳥瞰図

MCRS-C-2SP (SA)

鳥瞰図

22. 緊急時対策所換気空調系の計算モデル

- ・ VI-2-8-3-3-1 管の耐震性についての計算書（緊急時対策所換気空調系）

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	EMR HVAC-E-A1	42	69	468	6.78	—	42	128	410	3.20	—	—
2	EMR HVAC-E-H2	17	73	453	6.20	○	17	141	396	2.80	—	○

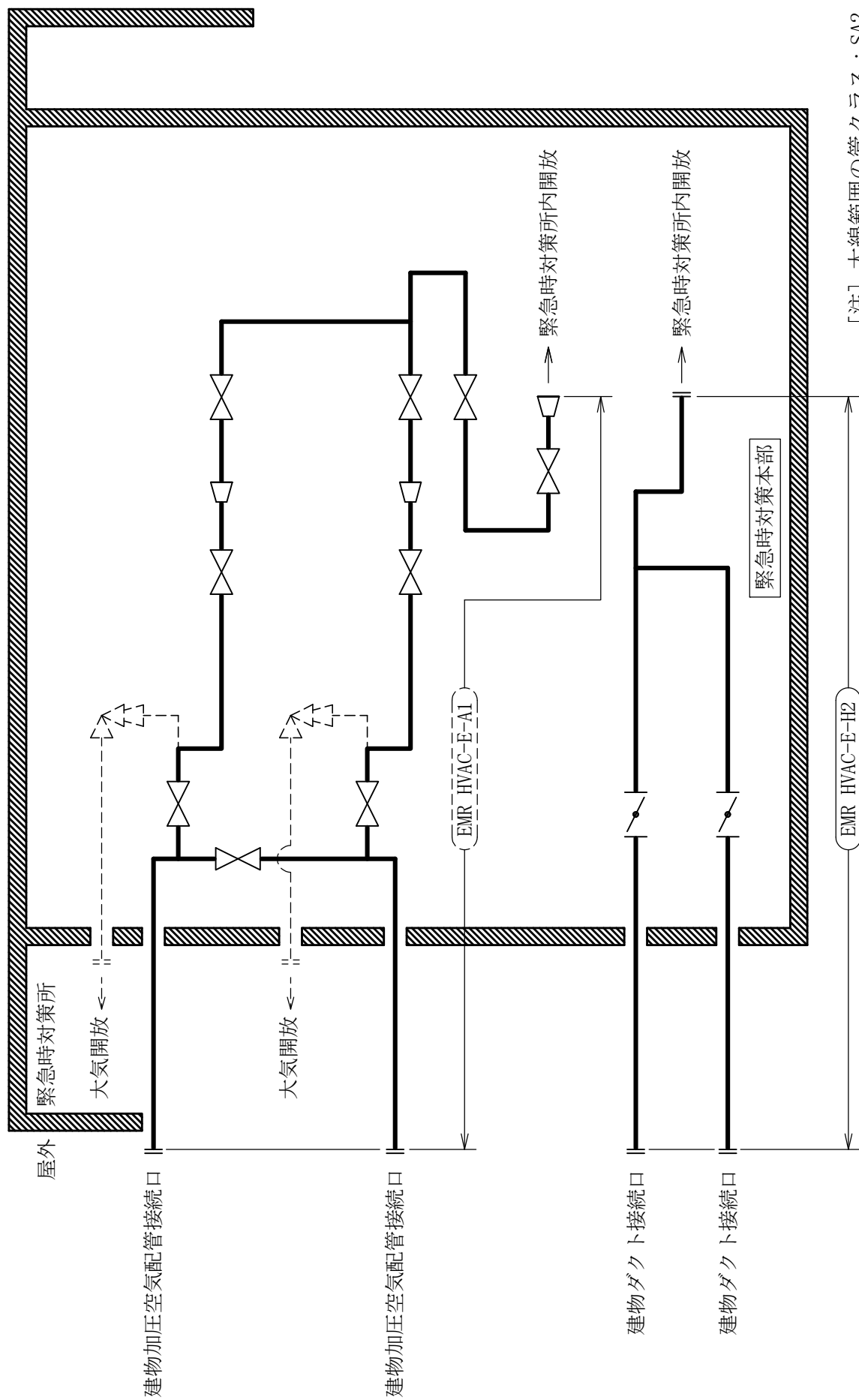
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS										
		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	EMR HVAC-E-A1	42	69	468	6.78	—	42	128	410	3.20	—	—
2	EMR HVAC-E-H2	17	73	453	6.20	○	17	141	396	2.80	—	○



[注] 太線範囲の管クラス：SA2

緊急時対策所換気空調系概略系統図

EMR HVAC-E-H2 (SA)

鳥瞰図

22. 緊急時対策所換気空調系の計算モデル

- ・ VI-3-3-6-1-3-2-2 管の応力計算書（緊急時対策所換気空調系）

重大事故等対処設備

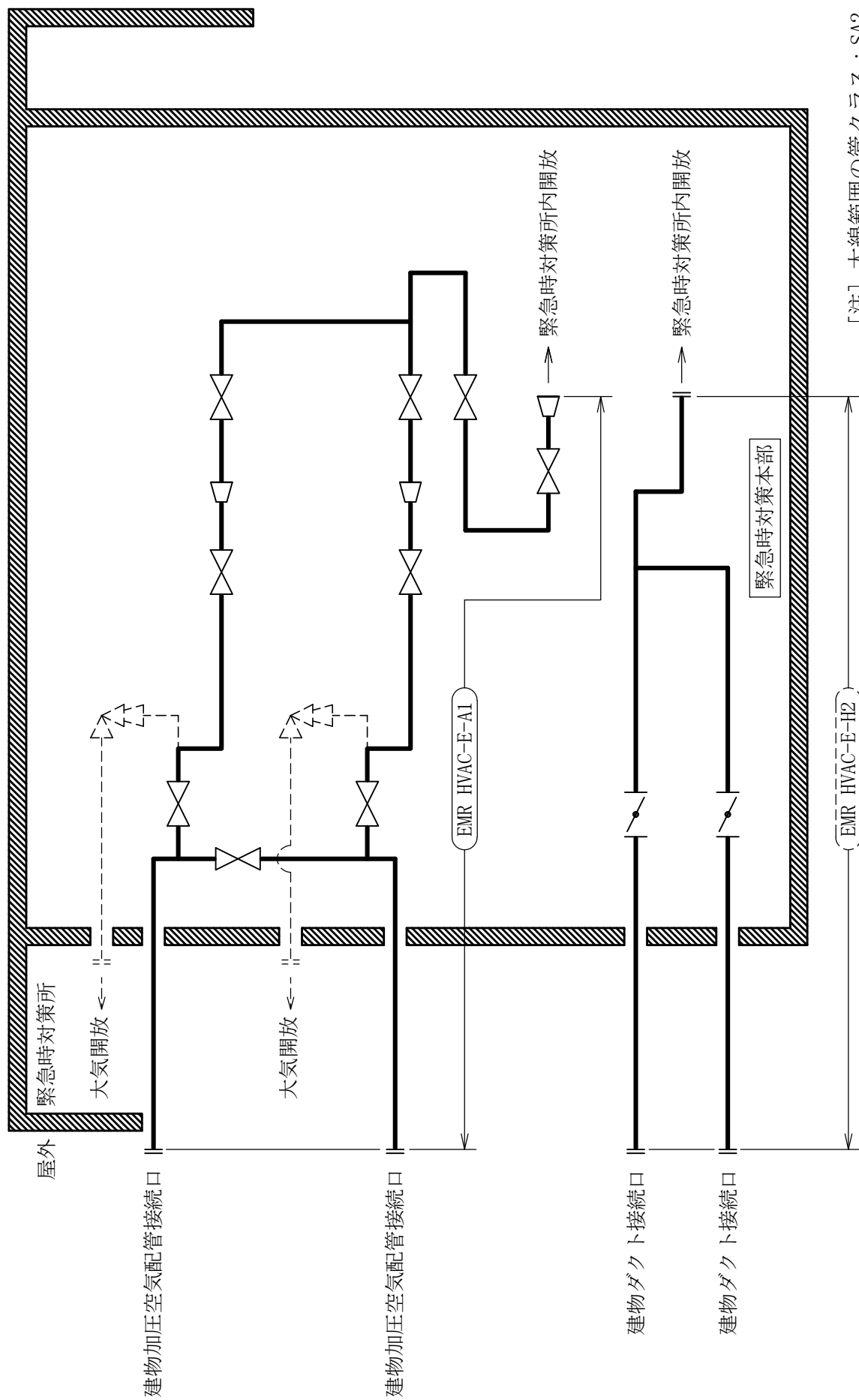
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	EMR HVAC-E-A1	設計・建設規格 告示第501号	46	12	193	16.08	○	46	13	232	17.84	○
2	EMR HVAC-E-H2	設計・建設規格 告示第501号	11	6	192	32.00	—	11	6	230	38.33	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



[注] 太線範囲の管クラス：SA2

緊急時対策所換気空調系概略系統図

EMR HVAC-E-H2 (SA)

鳥瞰図

23. 格納容器代替スプレイ系の計算モデル

- VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書（格納容器代替スプレイ系）

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	ACSS-R-1	9	155	431	2.78	○	9	251	376	1.49	—	○
2	ACSS-R-2	44	131	431	3.29	—	44	231	376	1.62	—	—
3	ACSS-R-3	34	117	431	3.68	—	34	201	376	1.87	—	—
4	ACSS-R-4	65	149	431	2.89	—	65	246	376	1.52	—	—
5	RHR-R-5B	114	60	367	6.11	—	107	195	294	1.50	—	—
6	RHR-R-11	700	118	365	3.09	—	700	261	442	1.69	—	—

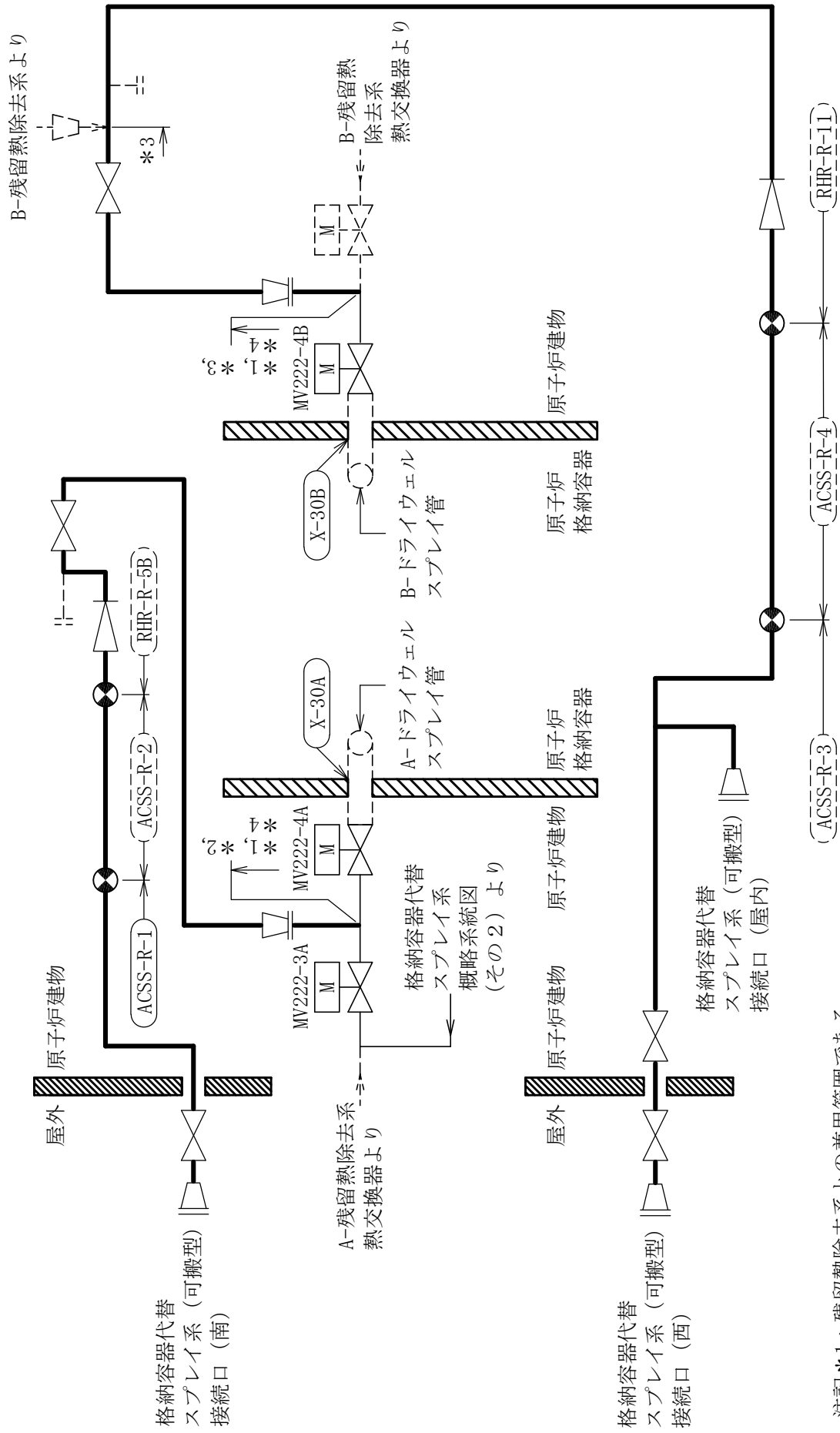
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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。

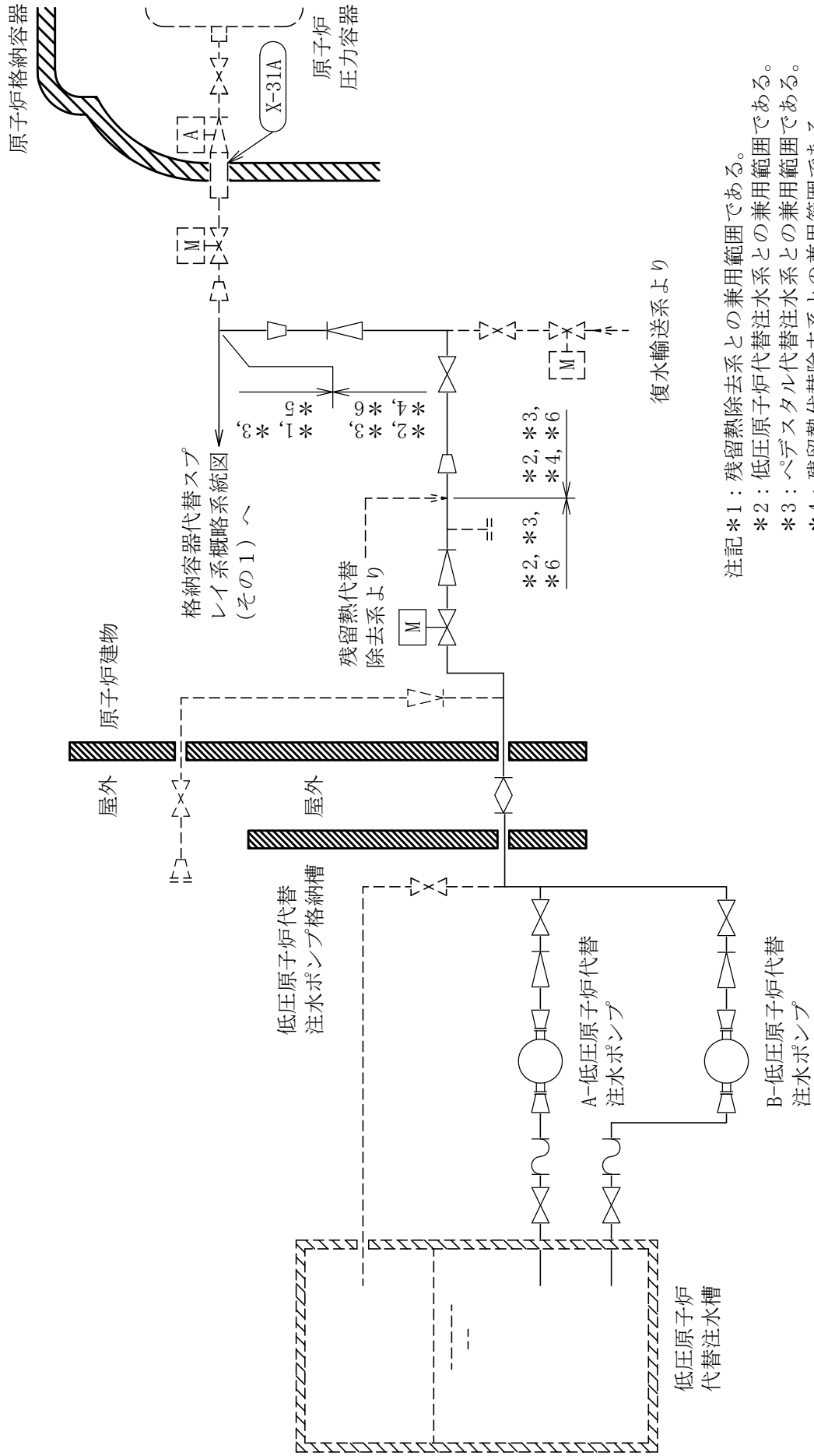
重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	ACSS-R-1	9	155	431	2.78	○	9	251	376	1.49	—	○
2	ACSS-R-2	44	131	431	3.29	—	44	231	376	1.62	—	—
3	ACSS-R-3	34	117	431	3.68	—	34	201	376	1.87	—	—
4	ACSS-R-4	65	149	431	2.89	—	65	246	376	1.52	—	—
5	RHR-R-5B	114	60	367	6.11	—	107	195	294	1.50	—	—
6	RHR-R-11	700	118	365	3.09	—	700	261	442	1.69	—	—



注記*1：残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2：ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *3：残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *4：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 格納容器代替スプレイ系概略系統図（その1）



- 注記 *1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3： ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4： 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *6： 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

格納容器代替スプレイ系概略系統図 (その2)

RHR-R-5B(SA) (1/2)

鳥瞰図

RHR-R-5B(SA) (2/2)

鳥瞰図

23. 格納容器代替スプレイ系の計算モデル

- ・ VI-3-3-7-2-2-2-1-2 管の応力計算書（格納容器代替スプレイ系）

重大事故等対処設備

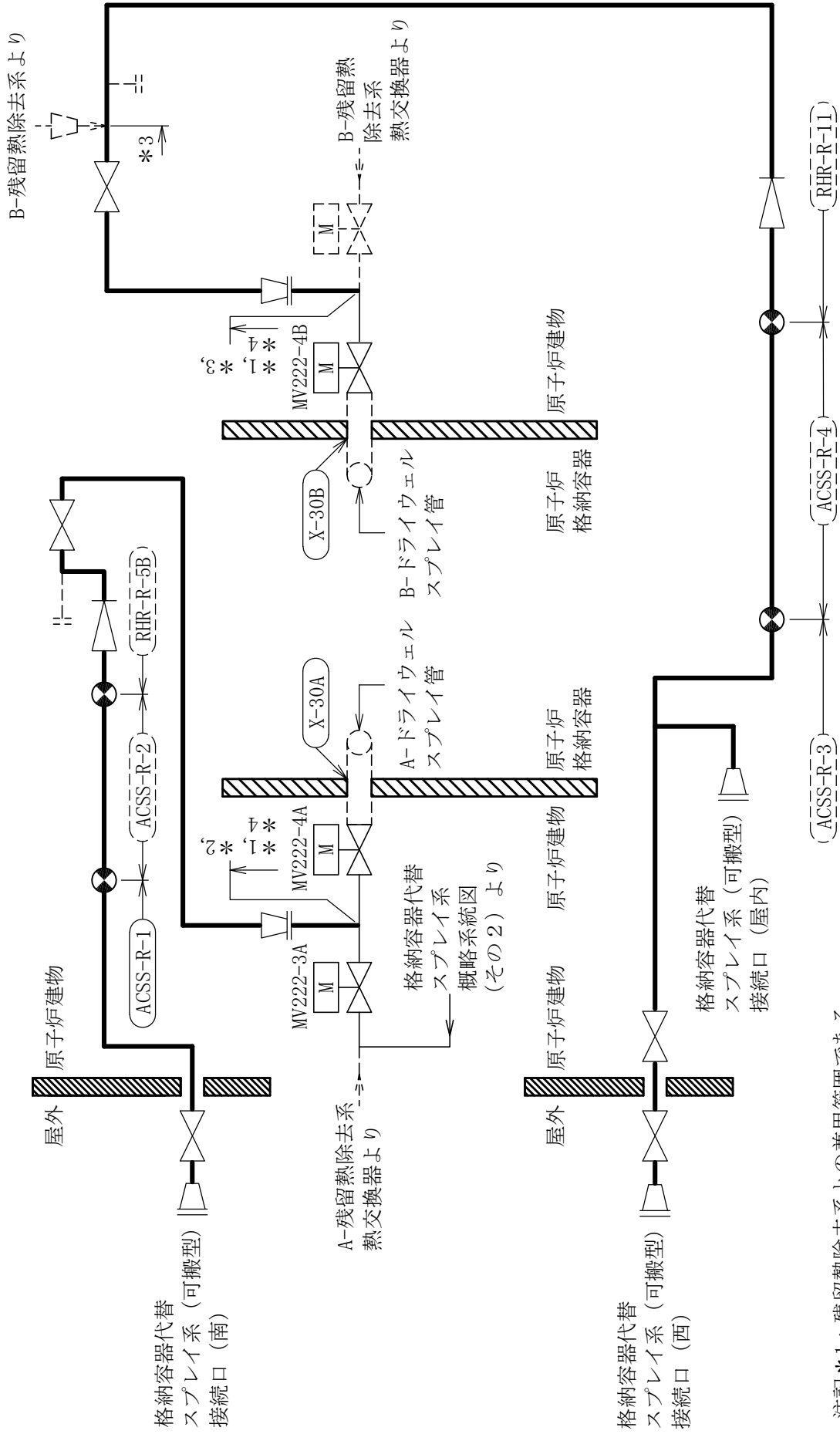
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A										
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	
1	ACSS-R-1	設計・建設規格	10	54	189	3.50	○	10	57	226	3.96	○	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	ACSS-R-2	設計・建設規格	33	29	189	6.51	—	33	30	226	7.53	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	ACSS-R-3	設計・建設規格	47	39	189	4.84	—	47	41	226	5.51	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	ACSS-R-4	設計・建設規格	84	38	189	4.97	—	84	39	226	5.79	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	RHR-R-5B	設計・建設規格	119	32	168	5.25	—	119	33	201	6.09	—	
		告示第501号	101	18	103	5.72	—	101	18	123	6.83	—	
6	RHR-R-11	設計・建設規格	719	38	168	4.42	—	719	40	201	5.02	—	
		告示第501号	700	18	103	5.72	—	700	18	123	6.83	—	

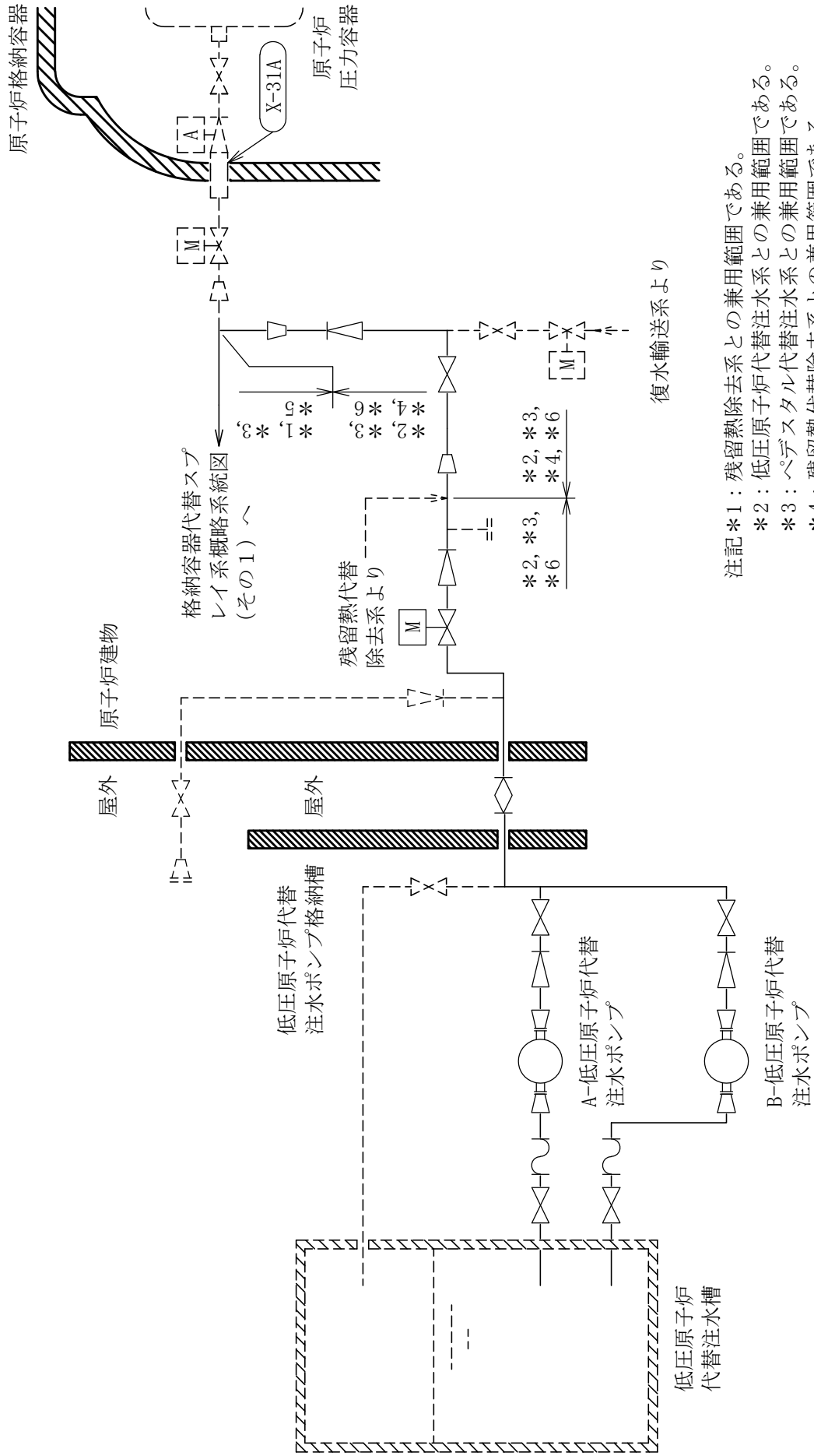
注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2：ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *3：残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *4：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 格納容器代替スプレイ系概略系統図 (その1)



- 注記 *1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3： ペズスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4： 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *6： 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

格納容器代替スプレイ系概略系統図 (その2)

24. ペデスタル代替注水系の計算モデル

- ・ VI-2-9-4-4-3-1 管の耐震性についての計算書 (ペデスタル代替注水系)

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	MUW-PD-1	32	59	468	7.93	—	28	113	410	3.62	—	—
2	APFS-R-1	40	146	431	2.95	—	40	232	376	1.62	—	—
3	APFS-R-2	139	156	431	2.76	○	139	262	376	1.43	—	○
4	APFS-R-3	90	111	431	3.88	—	90	185	376	2.03	—	—
5	APFS-R-4	96	141	431	3.05	—	96	238	376	1.57	—	—
6	MUW-R-1	2	107	431	4.02	—	57	206	300	1.45	—	—

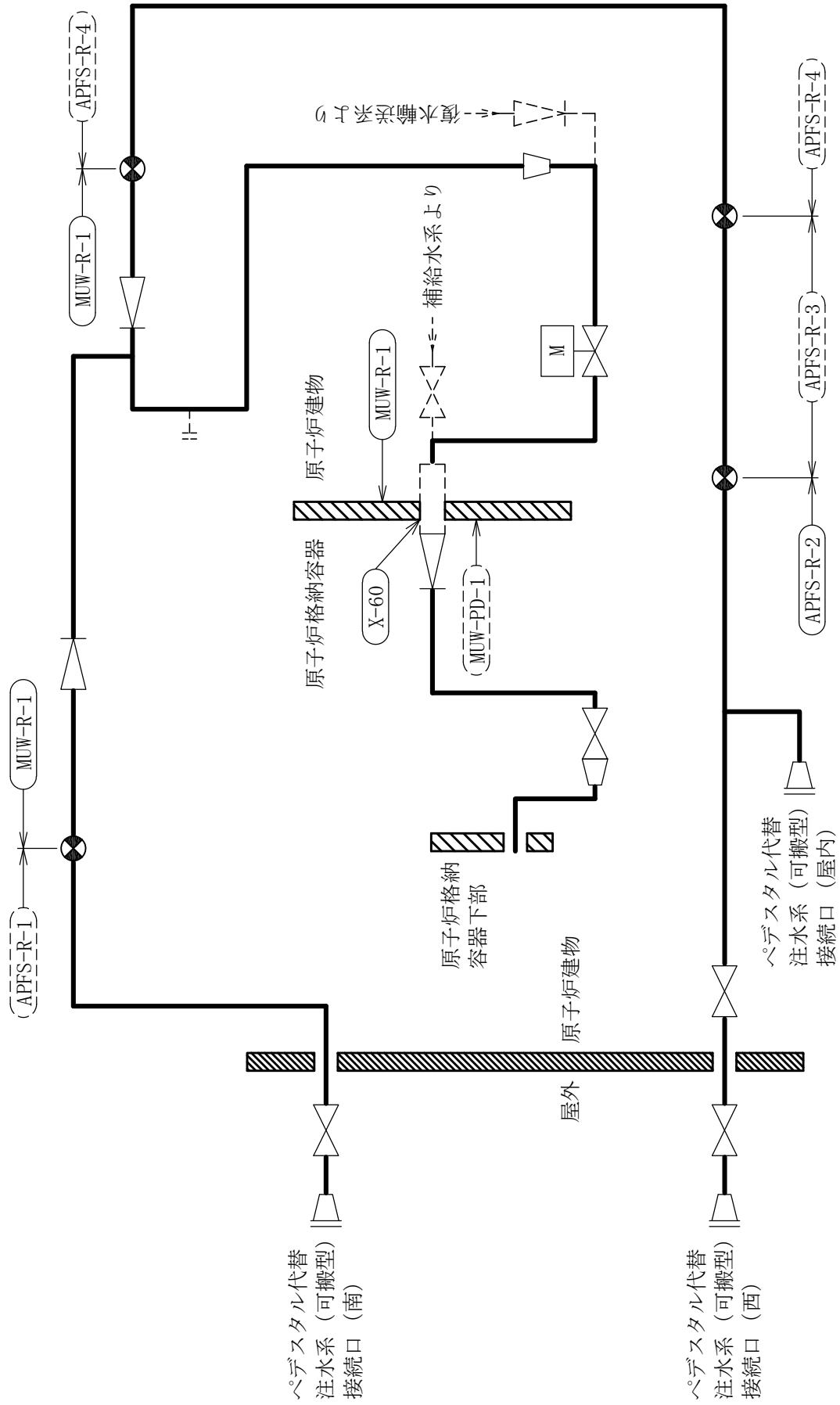
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

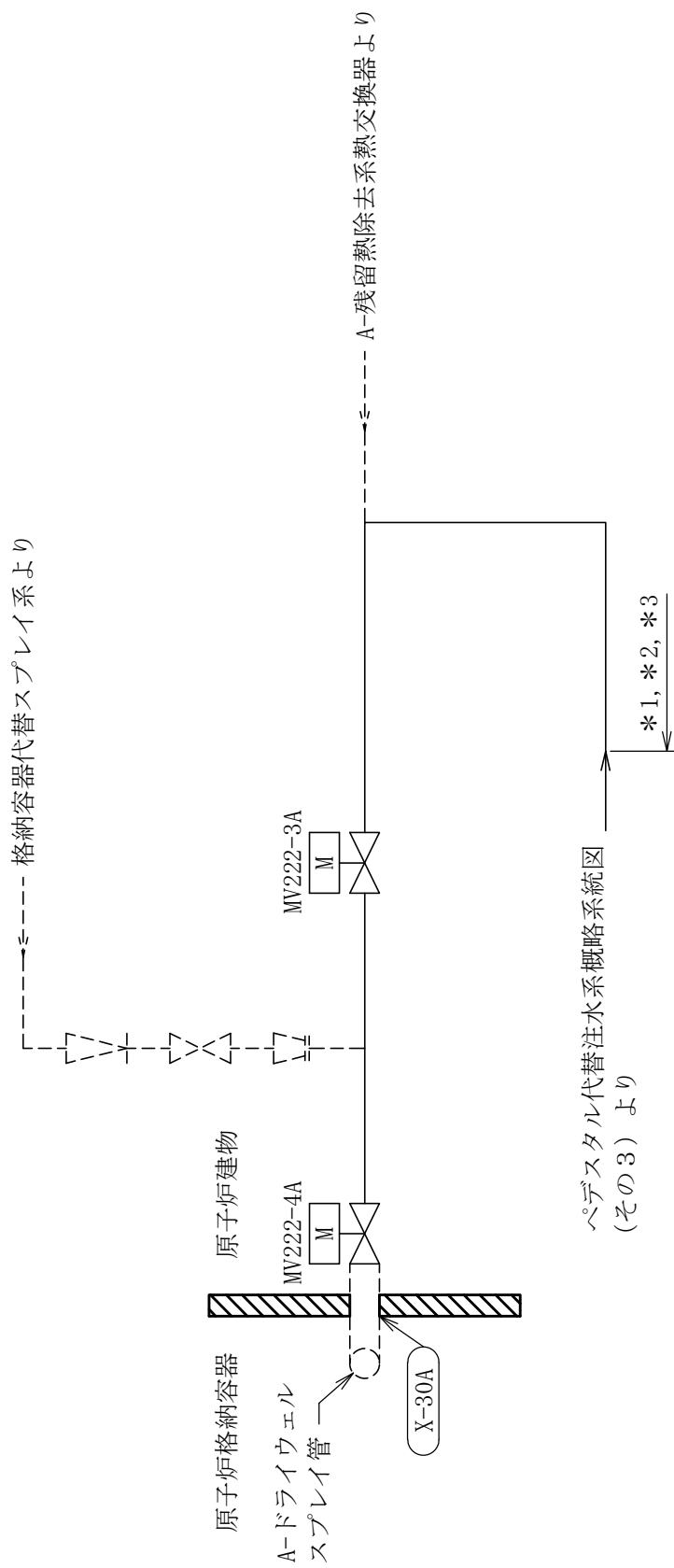
図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		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	MUW-PD-1	32	59	361	6.11	—	28	113	288	2.54	—	—	
2	APFS-R-1	40	146	431	2.95	—	40	232	376	1.62	—	—	
3	APFS-R-2	139	156	431	2.76	○	139	262	376	1.43	—	—	
4	APFS-R-3	90	111	431	3.88	—	90	185	376	2.03	—	—	
5	APFS-R-4	96	141	431	3.05	—	96	238	376	1.57	—	—	
6	MUW-R-1	2	107	431	4.02	—	57	206	288	1.39	—	○	

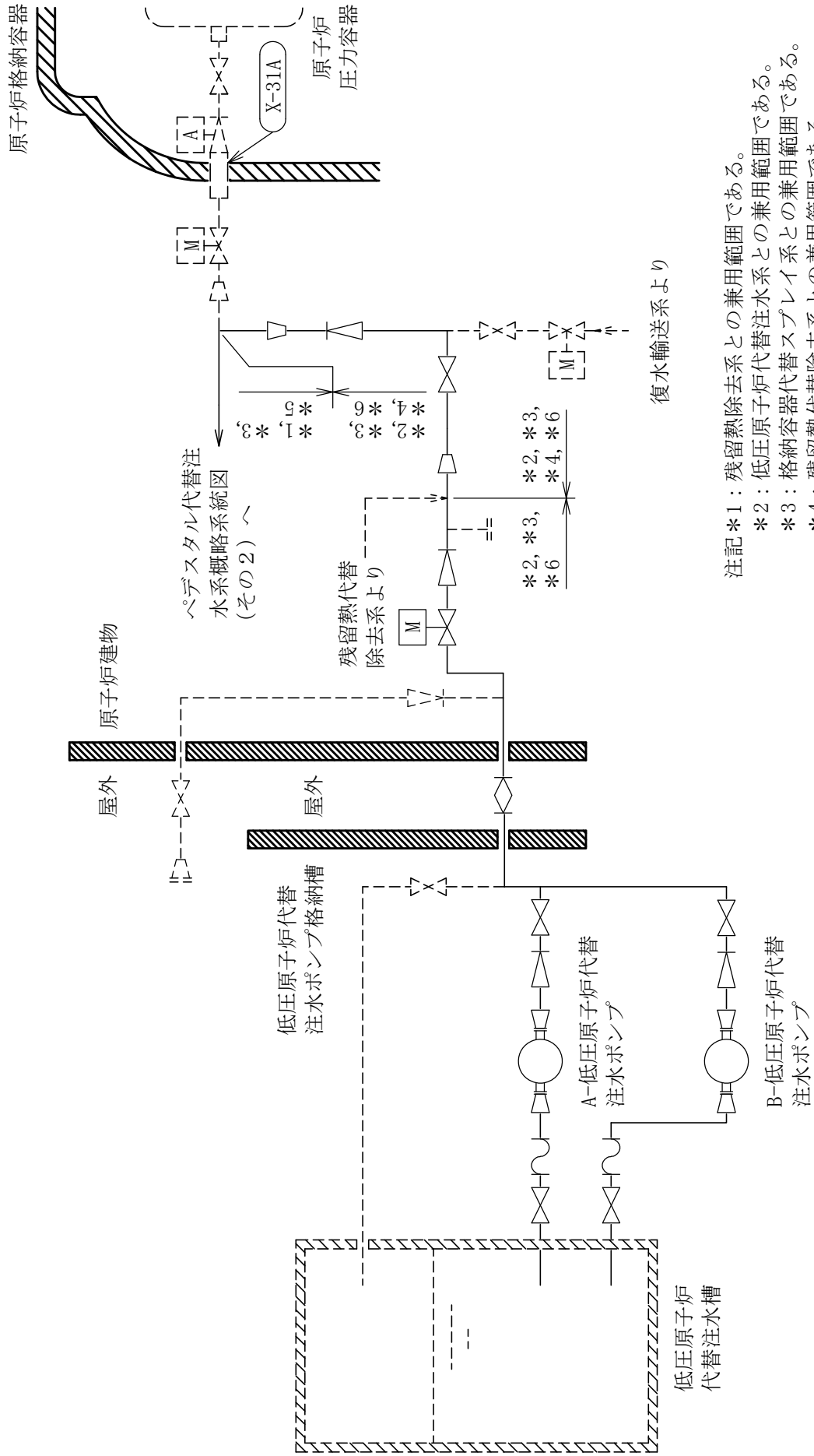


[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 ペDESTAL代替注水系概略系統図（その1）



注記*1：残留熱除去系の兼用範囲である。
 *2：格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *3：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

ペデスタル代替注水系概略系統図 (その2)



- 注記 *1: 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2: 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3: 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *4: 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5: 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *6: 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

ペDESTAL代替注水水系概略系統図 (その3)

APFS-R-4 (SA)

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

24. ペデスタル代替注水系の計算モデル

- ・VI-3-3-7-2-2-3-1-2 管の応力計算書（ペデスタル代替注水系）

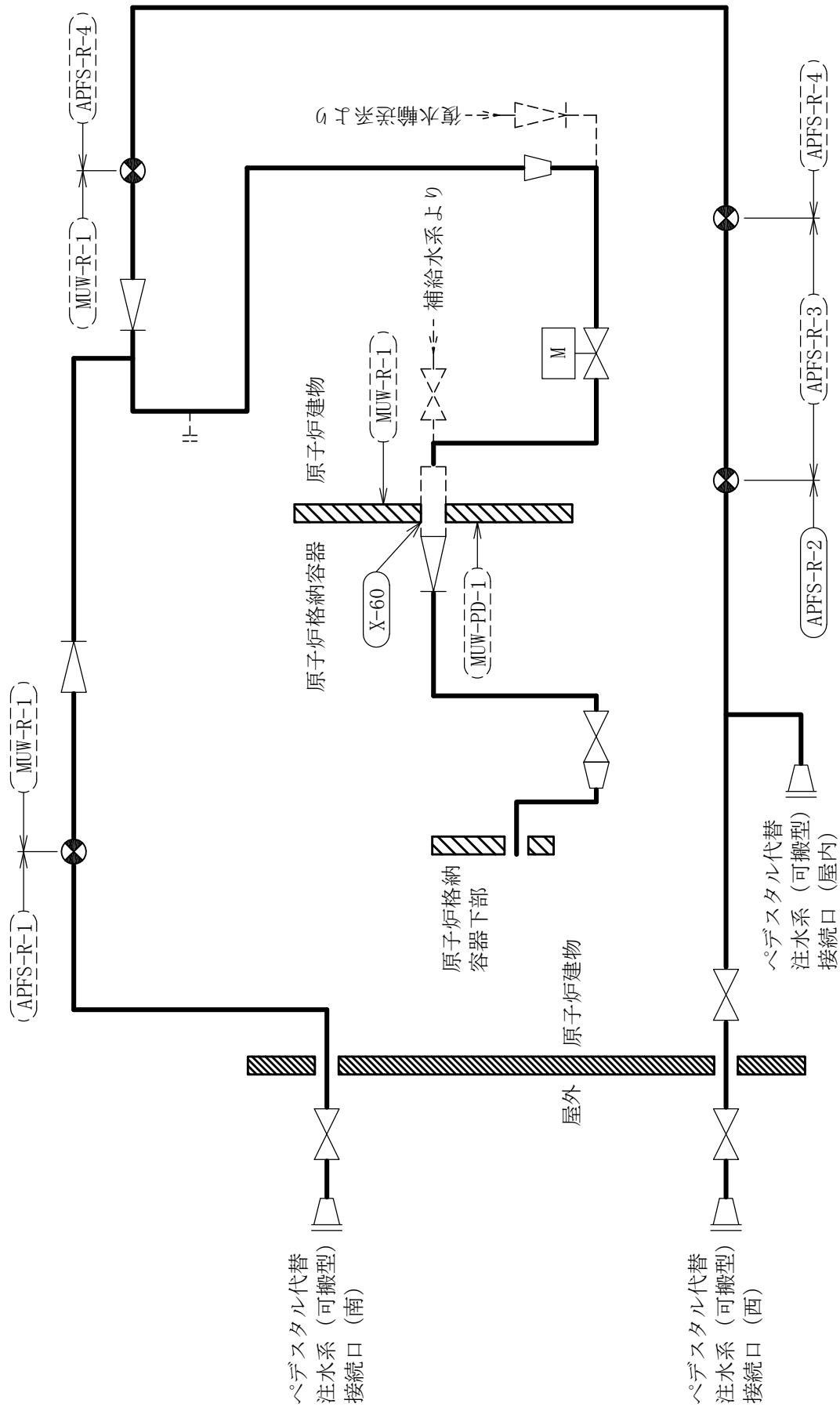
重大事故等対処設備

5. 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。

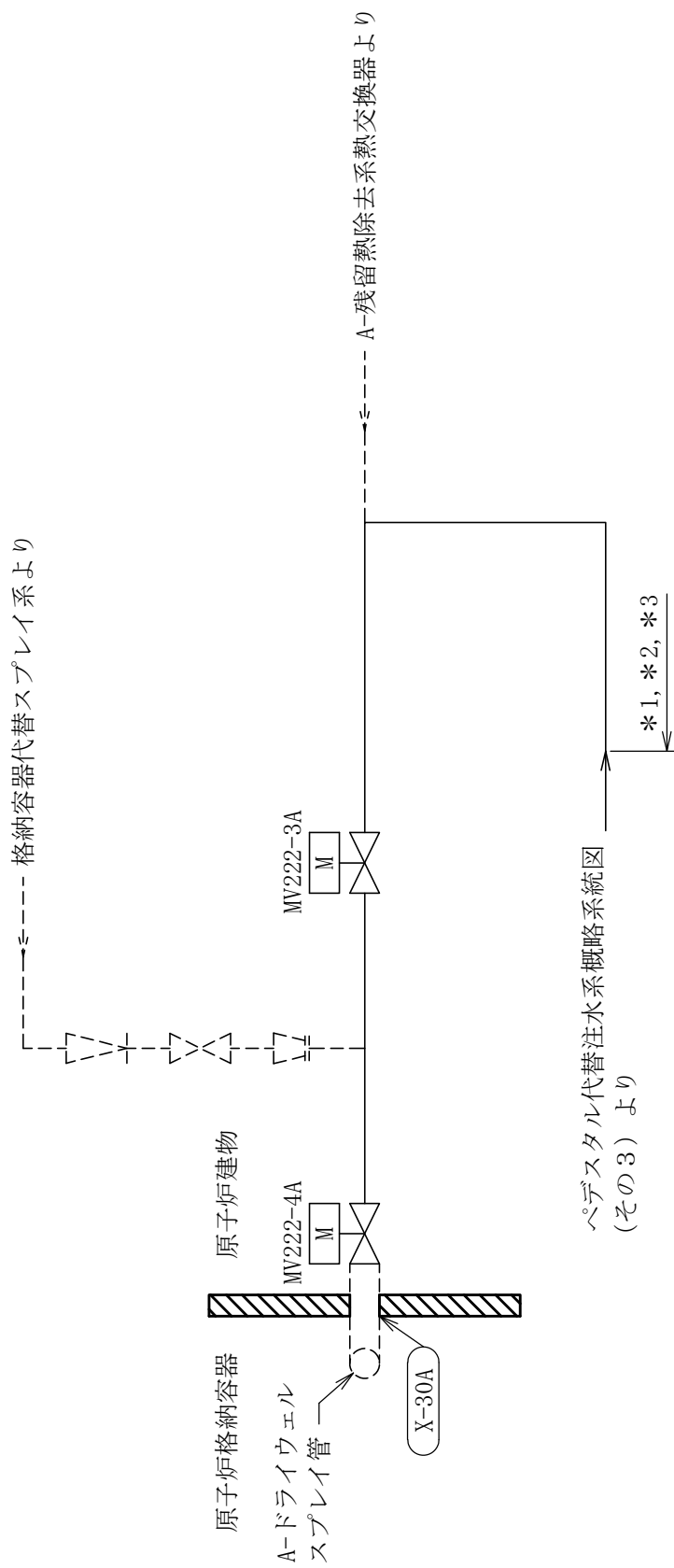
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A										
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	
1	MUW-PD-1	設計・建設規格	19	17	166	9.76	—	19	18	199	11.05	—	
		告示第501号	51	16	111	6.93	—	51	16	133	8.31	—	
2	APFS-R-1	設計・建設規格	36	44	189	4.29	—	36	46	226	4.91	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	APFS-R-2	設計・建設規格	140	56	189	3.37	○	140	59	226	3.83	○	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	APFS-R-3	設計・建設規格	49	39	189	4.84	—	49	42	226	5.38	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	APFS-R-4	設計・建設規格	95	27	189	7.00	—	95	28	226	8.07	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	MUW-R-1	設計・建設規格	122	36	189	5.25	—	122	39	226	5.79	—	
		告示第501号	48	17	111	6.52	—	48	17	133	7.82	—	

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

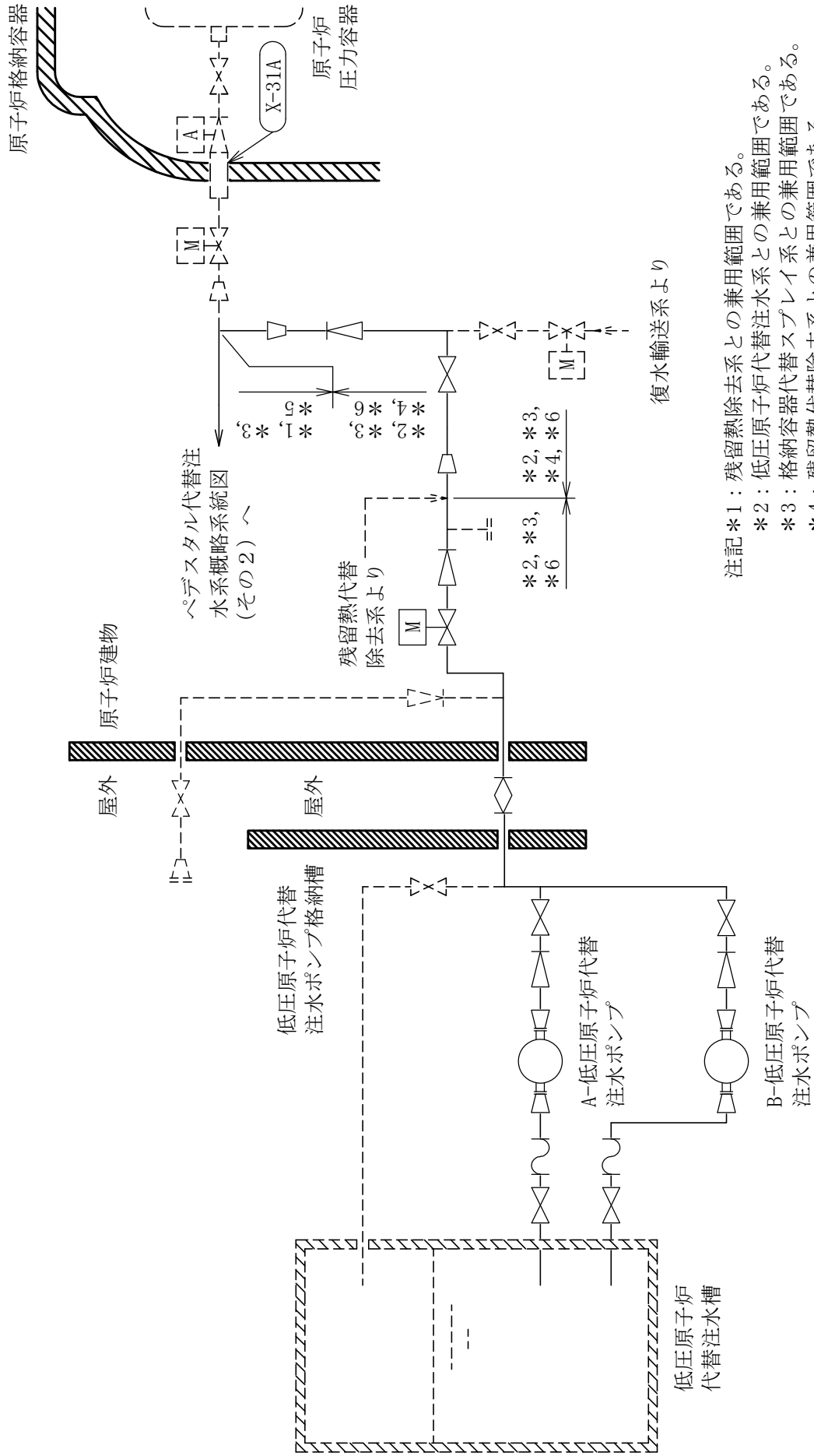


[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 ペDESTAL代替注水系概略系統図 (その1)



- 注記 *1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *3： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

ペデスタル代替注水系概略系統図 (その2)



- 注記 *1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3： 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *4： 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *6： 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

ペDESTAL代替注水系概略系統図 (その3)

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

25. 残留熱代替除去系の計算モデル

- ・ VI-2-9-4-4-4-2 管の耐震性についての計算書（残留熱代替除去系）

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	RHAR-R-1	26	123	363	2.95	—	26	198	418	2.11	—	—
2	RHAR-R-2	41	104	363	3.49	—	41	165	418	2.53	—	—
3	RHAR-R-3	34	70	363	5.18	—	34	78	418	5.35	—	—
4	FLSR-R-1	409	52	363	6.98	—	409	69	418	6.05	—	—
5	RHR-R-2	721	69	363	5.26	—	707	113	418	3.69	—	—
6	RHR-R-9	102	75	363	4.84	—	102	88	418	4.75	—	—
7	RHR-R-11	921	93	363	3.90	—	800	147	418	2.84	—	—
8	RHR-R-19	123	128	363	2.83	○	116	208	418	2.00	—	○

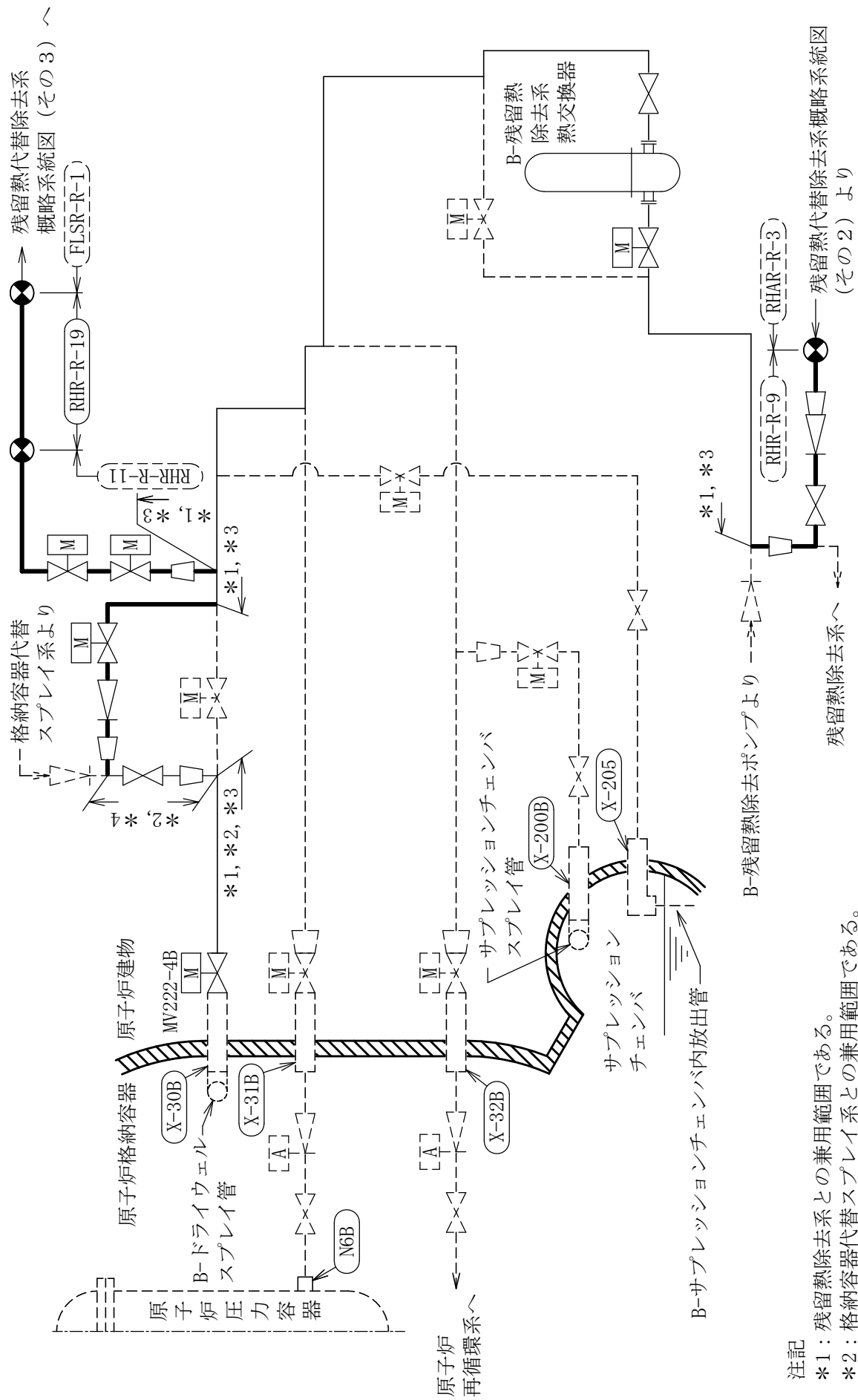
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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。

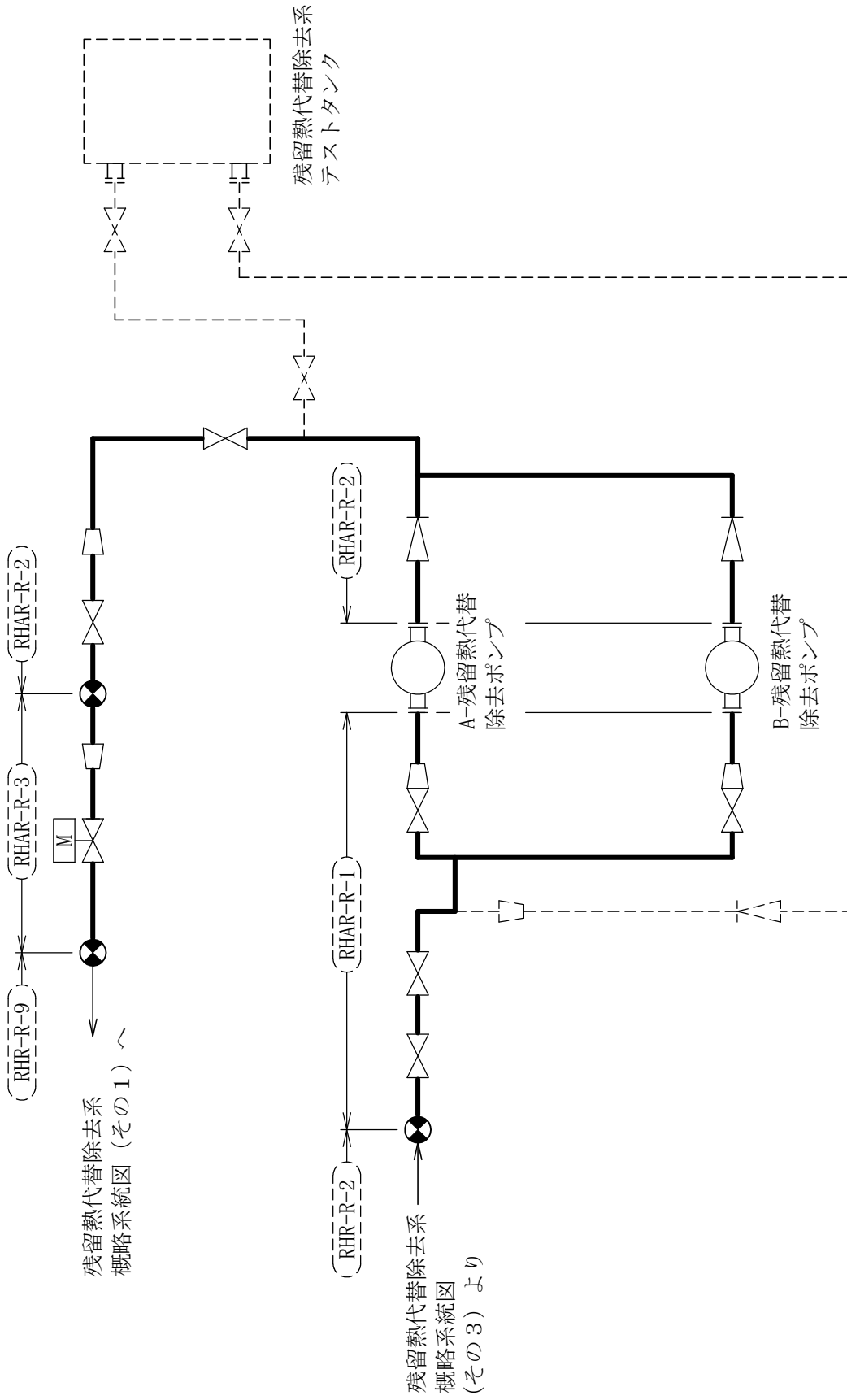
重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		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	許容応力 (MPa)	疲労累積係数	代表
1	RHAR-R-1	26	123	363	2.95	—	26	198	418	2.11	—	—	
2	RHAR-R-2	41	104	363	3.49	—	41	165	418	2.53	—	—	
3	RHAR-R-3	34	70	363	5.18	—	34	78	418	5.35	—	—	
4	FLSR-R-1	409	52	363	6.98	—	409	69	418	6.05	—	—	
5	RHR-R-2	721	69	363	5.26	—	707	113	418	3.69	—	—	
6	RHR-R-9	102	75	363	4.84	—	102	88	418	4.75	—	—	
7	RHR-R-11	921	93	363	3.90	—	800	147	418	2.84	—	—	
8	RHR-R-19	123	128	363	2.83	○	116	208	418	2.00	—	○	



[注] 太線範囲の管クラス：SA2 残留熱代替除去系概略系統図 (その1)

注記
 *1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 格納容器代替サブレーション系との兼用範囲である。
 *3： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *4： 計算結果は格納容器代替サブレーション系に含めて示す。

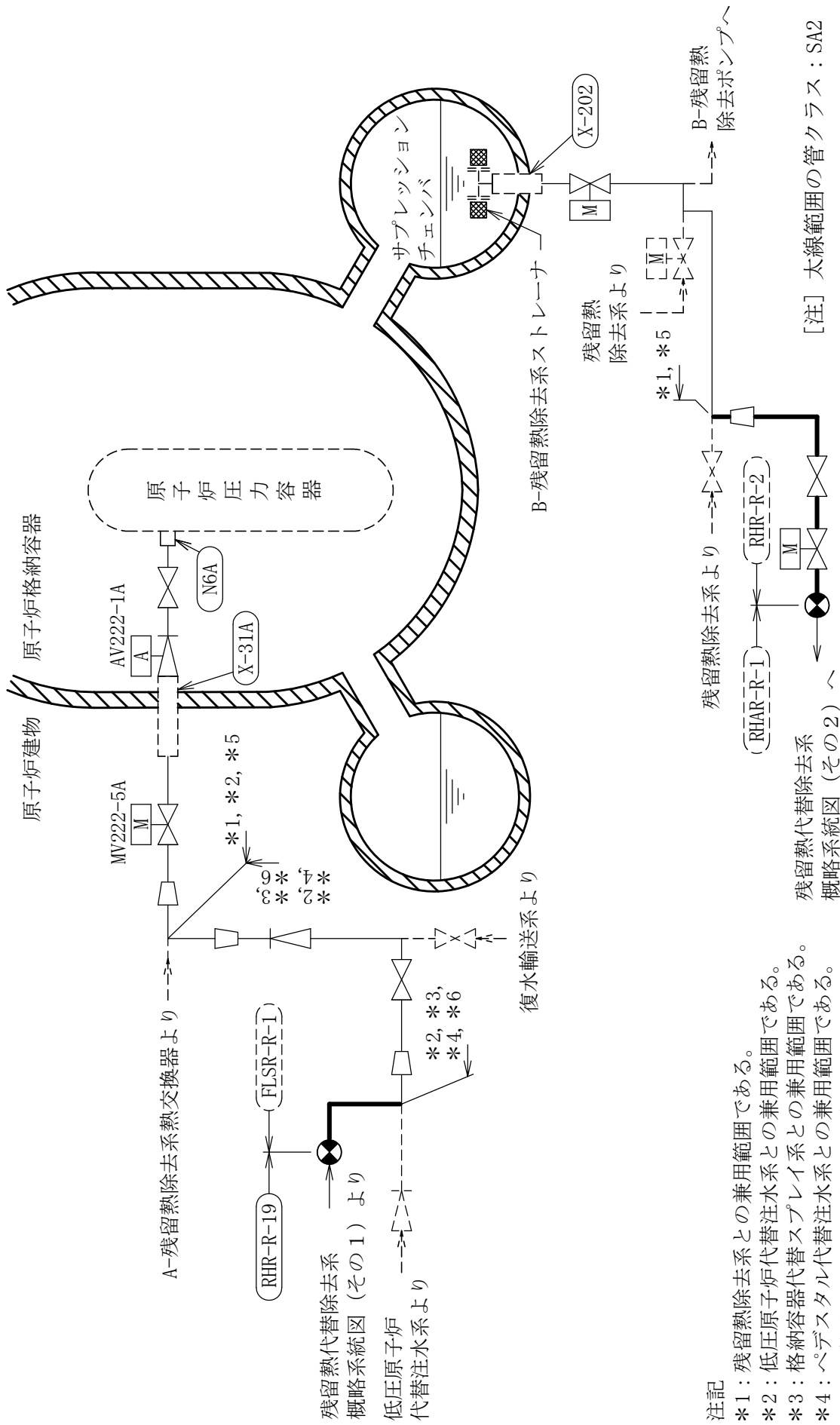


残留熱代替除去系
概略系統図 (その1) ~

残留熱代替除去系
概略系統図
(その3) より

[注] 太線範囲の管クラス : SA2

残留熱代替除去系概略系統図 (その2)



残留熱代替除去系概略系統図 (その3)

残留熱代替除去系
概略系統図 (その1) より
低圧原子炉
代替注水系より

注記
*1: 残留熱除去系との兼用範囲である。
*2: 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
*3: 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
*4: ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
*5: 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
*6: 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RHAR-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RHAR-R-3 (SA)

鳥瞰図

25. 残留熱代替除去系の計算モデル

- VI-3-3-7-2-2-4-3-2 管の応力計算書（残留熱代替除去系）

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A											
			一次応力(1) ^{*1}						一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表		
1	RHAR-R-1	設計・建設規格	28	42	154	3.66	—	28	45	185	4.11	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	RHAR-R-2	設計・建設規格	60	46	154	3.34	—	60	50	185	3.70	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3	RHAR-R-3	設計・建設規格	38	48	154	3.20	○	38	52	185	3.55	○		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
4	FLSR-R-1	設計・建設規格	402	34	168	4.94	—	402	36	201	5.58	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
5	RHR-R-2	設計・建設規格	725	27	154	5.70	—	725	29	185	6.37	—		
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
6	RHR-R-9	設計・建設規格	109	45	154	3.42	—	109	47	185	3.93	—		
		告示第501号	88	24	103	4.29	—	88	24	123	5.12	—		

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

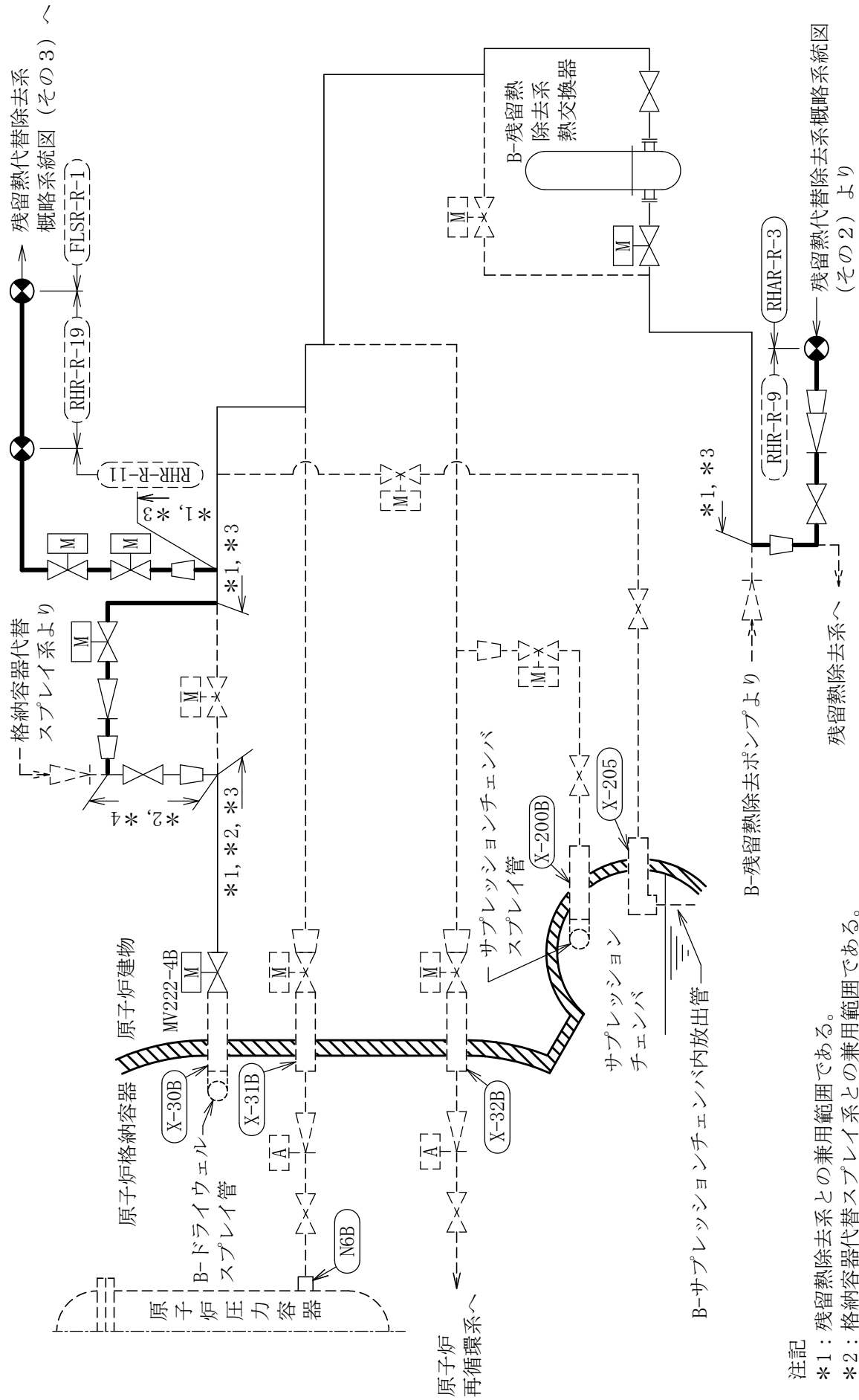
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	RHR-R-11	設計・建設規格	921	46	154	3.34	—	921	47	185	3.93	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	RHR-R-19	設計・建設規格	106	45	154	3.42	—	106	47	185	3.93	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

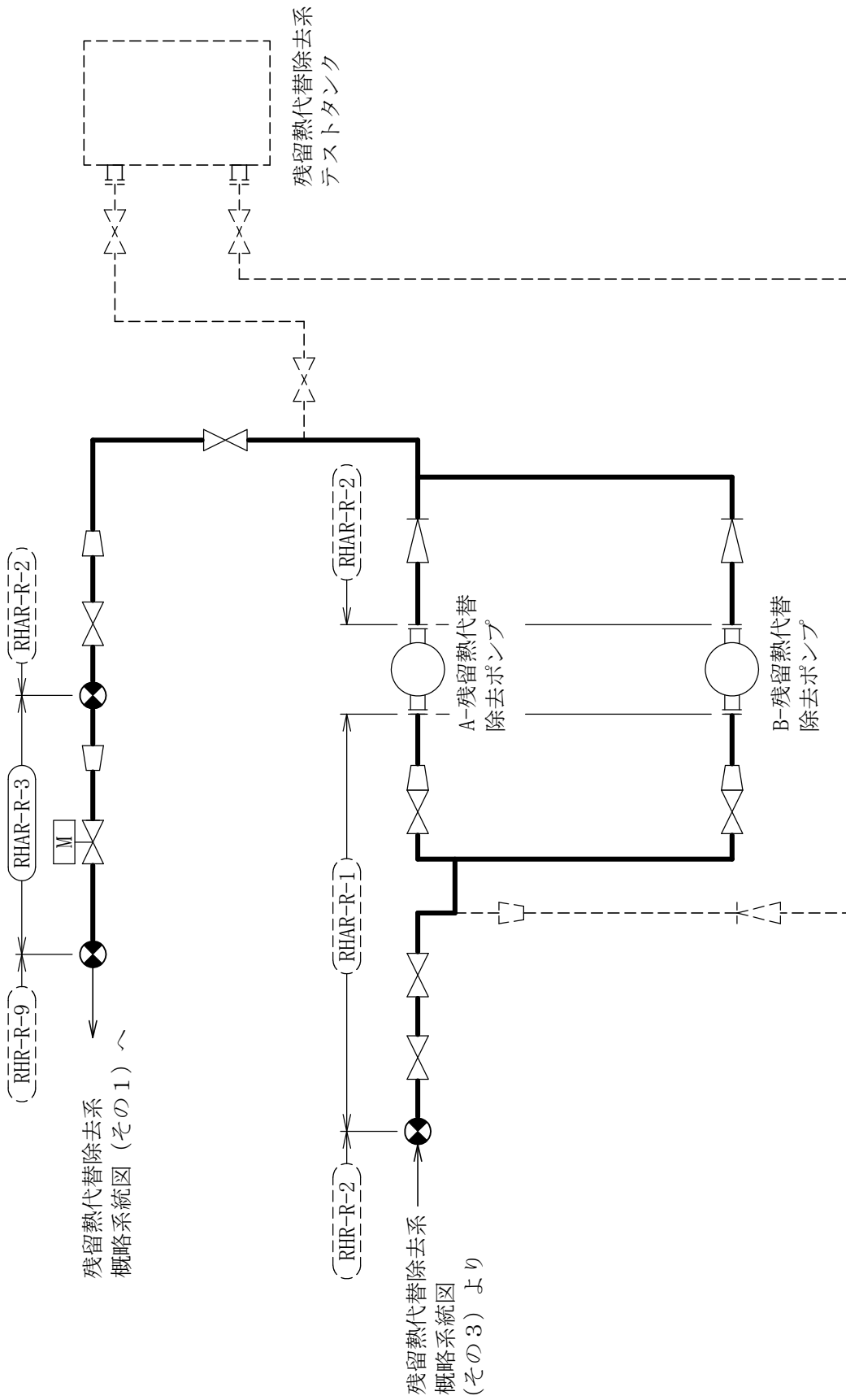
注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



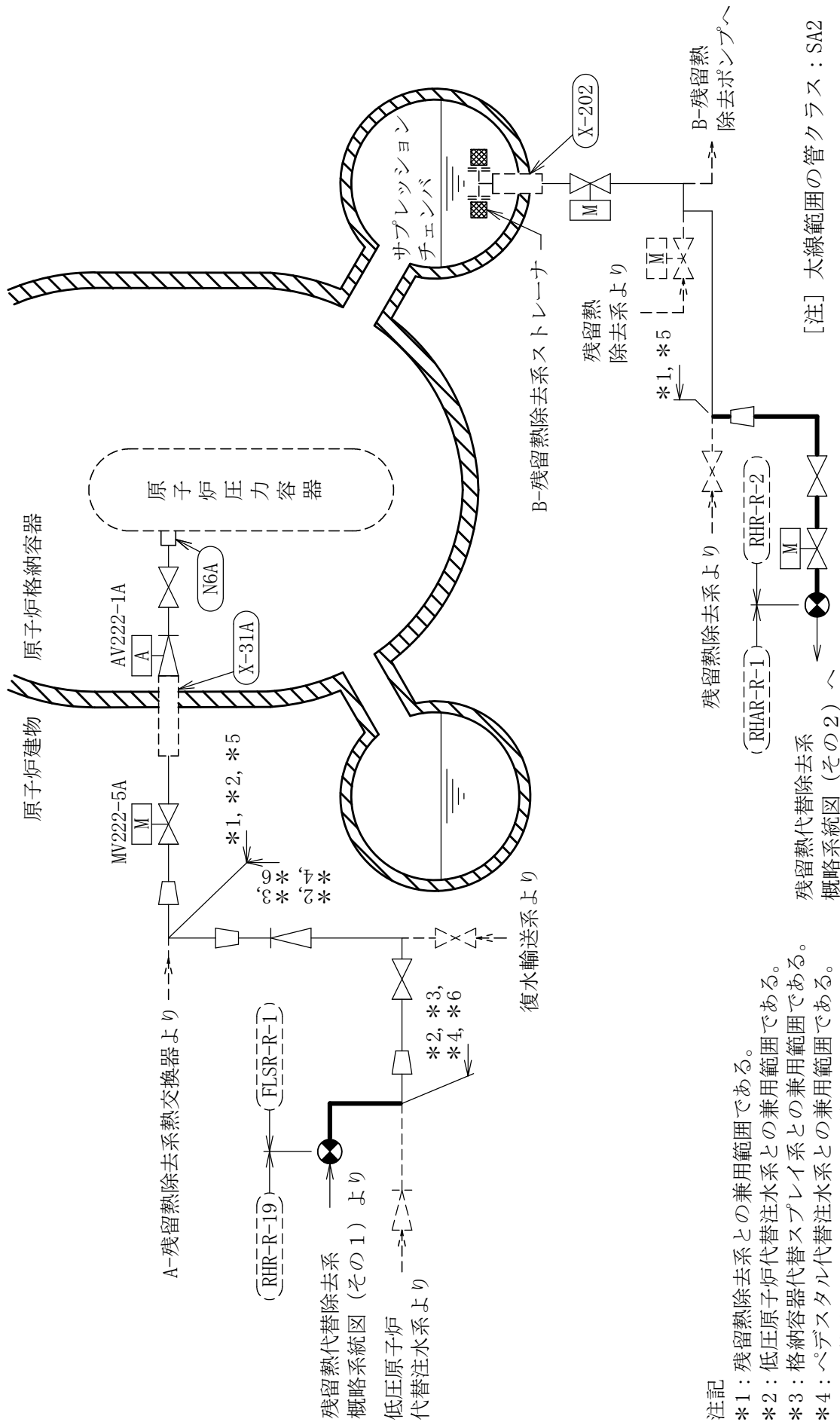
注記
 *1： 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2： 格納容器代替スプレイス系との兼用範囲である。
 *3： 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *4： 計算結果は格納容器代替スプレイス系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2 残留熱代替除去系概略系統図 (その1)



[注] 太線範囲の管クラス : SA2

残留熱代替除去系概略系統図 (その2)



注記

- *1：残留熱除去系との兼用範囲である。
- *2：低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
- *3：格納容器代替スプレイス系との兼用範囲である。
- *4：ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
- *5：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
- *6：計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

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

鳥瞰図

RHAR-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RHAR-R-3 (SA)

鳥瞰図

RHR-R-2 (SA) (2/6)

鳥瞰図

26. 非常用ガス処理系の計算モデル

- ・ VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書（非常用ガス処理系）

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Ⅲ _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	SGT-R-1	1081	77	211	2.74	○	7	177	402	2.27	—	—
2	SGT-R-2	3	9	231	25.66	—	3	12	462	38.50	—	—
3	SGT-R-3	3	9	231	25.66	—	3	12	462	38.50	—	—
4	SGT-R-4	12	59	217	3.67	—	12	99	434	4.38	—	—
5	SGT-R-5	12	59	217	3.67	—	12	99	434	4.38	—	—
6	SGT-R-6	31	70	217	3.10	—	31	117	434	3.70	—	—
7	SGT-R-8	43	70	217	3.10	—	43	123	434	3.52	—	—
8	SGT-T-1	8	69	217	3.14	—	8	166	434	2.61	—	—
9	SGT-Y-1	20	47	217	4.61	—	20	196	434	2.21	—	○

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ⅣAS											
		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	SGT-R-1	1081	118	363	3.07	—	7	312	402	1.28	—	○	
2	SGT-R-2	3	11	366	33.27	—	3	17	462	27.17	—	—	
3	SGT-R-3	3	11	366	33.27	—	3	17	462	27.17	—	—	
4	SGT-R-4	12	102	363	3.55	—	12	186	434	2.33	—	—	
5	SGT-R-5	12	102	363	3.55	—	12	186	434	2.33	—	—	
6	SGT-R-6	31	122	363	2.97	—	31	191	434	2.27	—	—	
7	SGT-R-8	43	105	363	3.45	—	43	234	434	1.85	—	—	
8	SGT-T-1	8	124	363	2.92	○	8	305	434	1.42	—	—	
9	SGT-Y-1	20	86	363	4.22	—	20	323	434	1.34	—	—	

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ⅣAS											
		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	SGT-R-1	1081	118	363	3.07	—	7	312	402	1.28	—	○	
2	SGT-R-2	3	11	366	33.27	—	3	17	462	27.17	—	—	
3	SGT-R-3	3	11	366	33.27	—	3	17	462	27.17	—	—	
4	SGT-R-4	12	102	363	3.55	—	12	186	434	2.33	—	—	
5	SGT-R-5	12	102	363	3.55	—	12	186	434	2.33	—	—	
6	SGT-R-6	31	122	363	2.97	—	31	191	434	2.27	—	—	
7	SGT-R-8	43	105	363	3.45	—	43	234	434	1.85	—	—	
8	SGT-T-1	8	124	363	2.92	○	8	305	434	1.42	—	—	
9	SGT-Y-1	20	86	363	4.22	—	20	323	434	1.34	—	—	

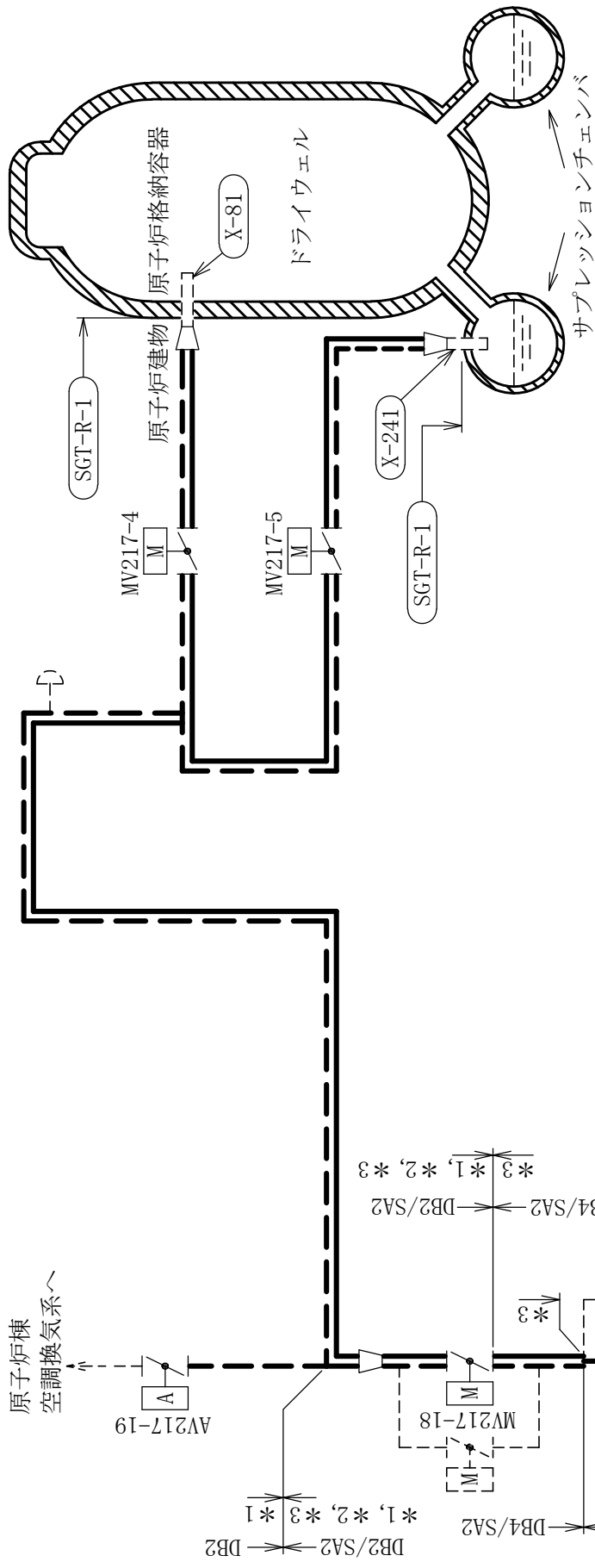
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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 VAS										
		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	SGT-R-1	1081	123	363	2.95	—	7	312	386	1.23	—	○
2	SGT-R-2	3	11	366	33.27	—	3	17	462	27.17	—	—
3	SGT-R-3	3	11	366	33.27	—	3	17	462	27.17	—	—
4	SGT-R-4	12	102	363	3.55	—	12	186	434	2.33	—	—
5	SGT-R-5	12	102	363	3.55	—	12	186	434	2.33	—	—
6	SGT-R-6	31	122	363	2.97	—	31	191	434	2.27	—	—
7	SGT-R-8	43	105	363	3.45	—	43	234	434	1.85	—	—
8	SGT-T-1	8	124	363	2.92	○	8	305	434	1.42	—	—
9	SGT-Y-1	20	86	363	4.22	—	20	323	434	1.34	—	—

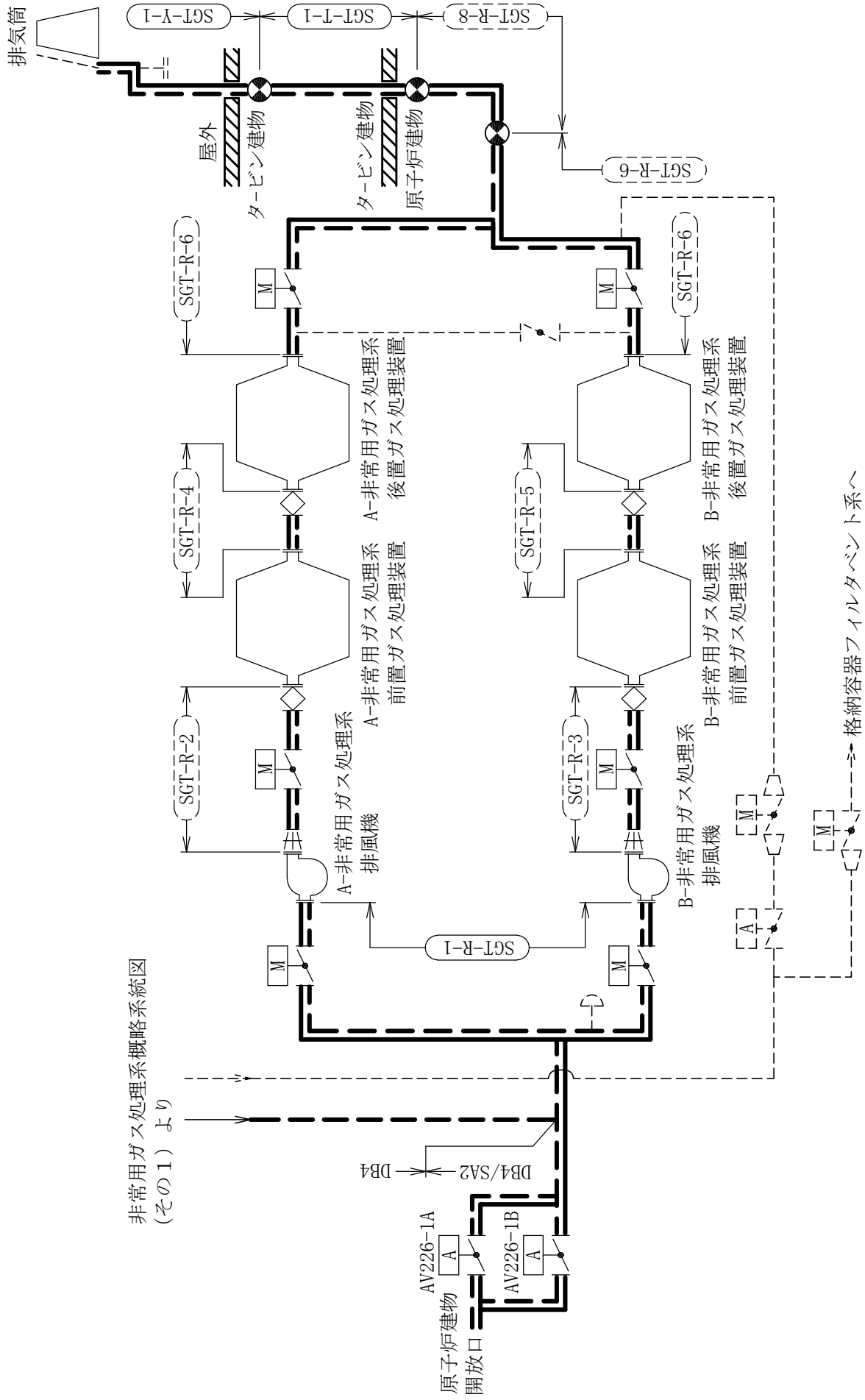


注記*1：窒素ガス制御系の申請範囲であるが、
計算結果は本系統に含めて示す。

*2：格納容器フィルタメント系の申請範囲であるが、
計算結果は本系統に含めて示す。

*3：格納容器フィルタメント系との兼用範囲を示す。

非常用ガス処理系概略系統図
(その2) へ



非常用ガス処理系概略系統図
(その1)より

非常用ガス処理系概略系統図 (その2)

SGT-R-1 (DB) (1/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (2/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (3/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (4/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (5/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (6/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (7/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (8/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (9/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (10/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (11/12)

鳥瞰図

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (12/12)

SGT-R-1 (SA) (1/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (2/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (3/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (4/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (5/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (6/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (7/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (8/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (9/12)

鳥瞰図

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (10/12)

SGT-R-1 (SA) (11/12)

鳥瞰図

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (12/12)

SGT-R-2 (DB)

鳥瞰図

SGT-R-2 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-3 (DB)

鳥瞰図

SGT-R-3 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-4 (DB)

鳥瞰図

SGT-R-4 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-5 (DB)

鳥瞰図

SGT-R-5 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (2/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (3/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (4/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (5/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (6/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (7/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (8/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (DB) (9/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (1/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (2/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (3/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (4/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (5/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (6/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (7/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (8/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (9/9)

鳥瞰図

SGT-R-8 (DB)

鳥瞰図

SGT-R-8 (SA)

鳥瞰図

SGT-T-1 (DB) (1/2)

鳥瞰図

SGT-T-1 (DB) (2/2)

鳥瞰図

SGT-T-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

SGT-T-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

SGT-Y-1 (DB)

鳥瞰図

SGT-Y-1 (SA)

鳥瞰図

26. 非常用ガス処理系の計算モデル

- VI-3-3-7-3-1-1-2 管の応力計算書（非常用ガス処理系）

重大事故等対処設備

5. 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。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	SGT-R-1	設計・建設規格	1081	82	154	1.87	○	1081	83	185	2.22	○
		告示第501号	58	39	100	2.56	—	58	39	120	3.07	—
2	SGT-R-2	設計・建設規格	3	3	154	51.33	—	3	3	185	61.66	—
		告示第501号	3	3	103	34.33	—	3	3	123	41.00	—
3	SGT-R-3	設計・建設規格	3	3	154	51.33	—	3	3	185	61.66	—
		告示第501号	3	3	103	34.33	—	3	3	123	41.00	—
4	SGT-R-4	設計・建設規格	12	18	154	8.55	—	12	18	185	10.27	—
		告示第501号	12	10	103	10.30	—	12	10	123	12.30	—
5	SGT-R-5	設計・建設規格	12	18	154	8.55	—	12	18	185	10.27	—
		告示第501号	12	10	103	10.30	—	12	10	123	12.30	—
6	SGT-R-6	設計・建設規格	31	62	154	2.48	—	31	62	185	2.98	—
		告示第501号	31	27	103	3.81	—	31	27	123	4.55	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

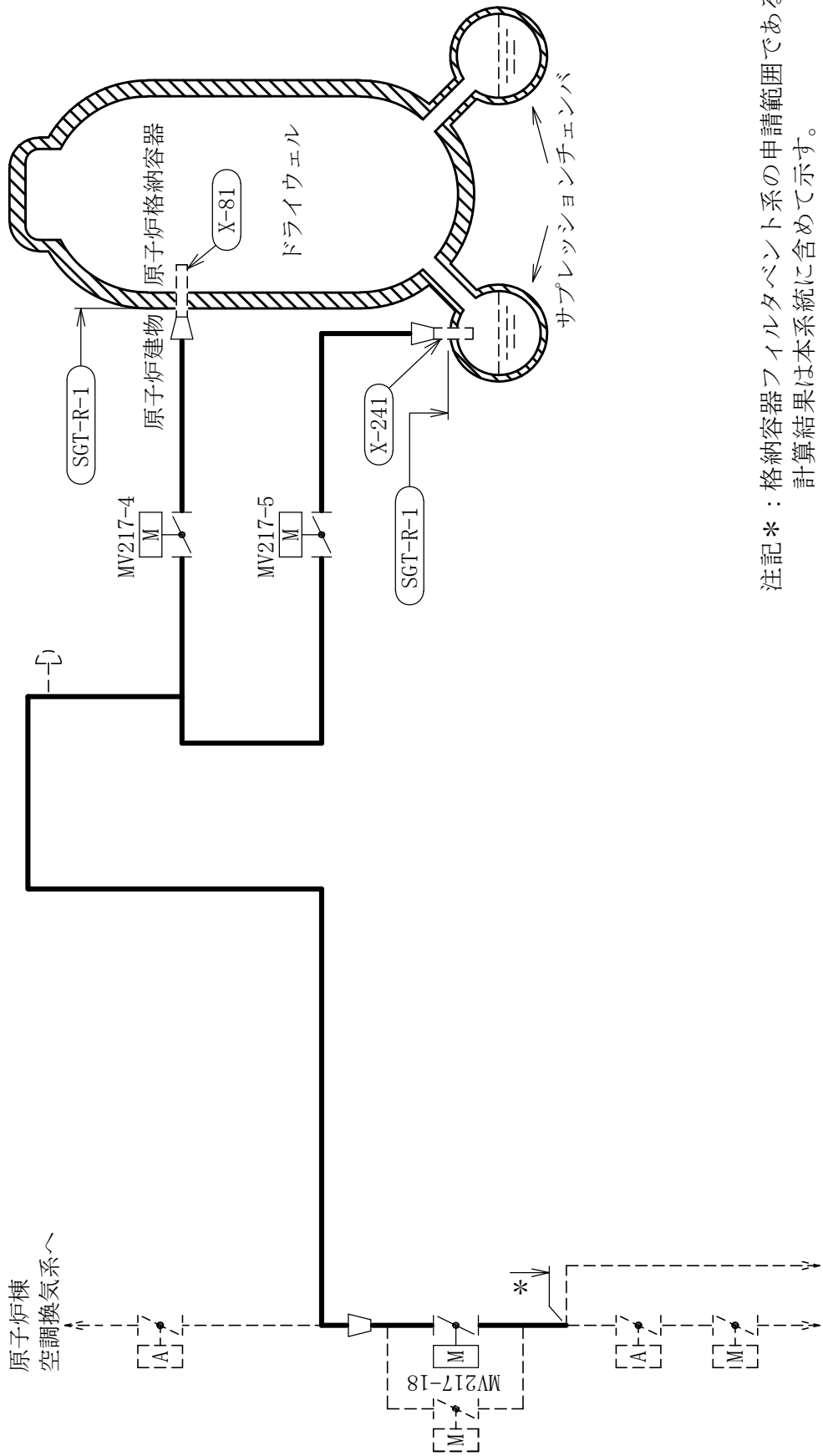
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

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

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	SGT-R-8	設計・建設規格	39	21	154	7.33	—	39	21	185	8.80	—
		告示第501号	23	14	103	7.35	—	23	14	123	8.78	—
8	SGT-T-1	設計・建設規格	11	15	154	10.26	—	11	15	185	12.33	—
		告示第501号	34	14	103	7.35	—	34	14	123	8.78	—
9	SGT-Y-1	設計・建設規格	30	40	154	3.85	—	30	40	185	4.62	—
		告示第501号	30	21	103	4.90	—	30	21	123	5.85	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

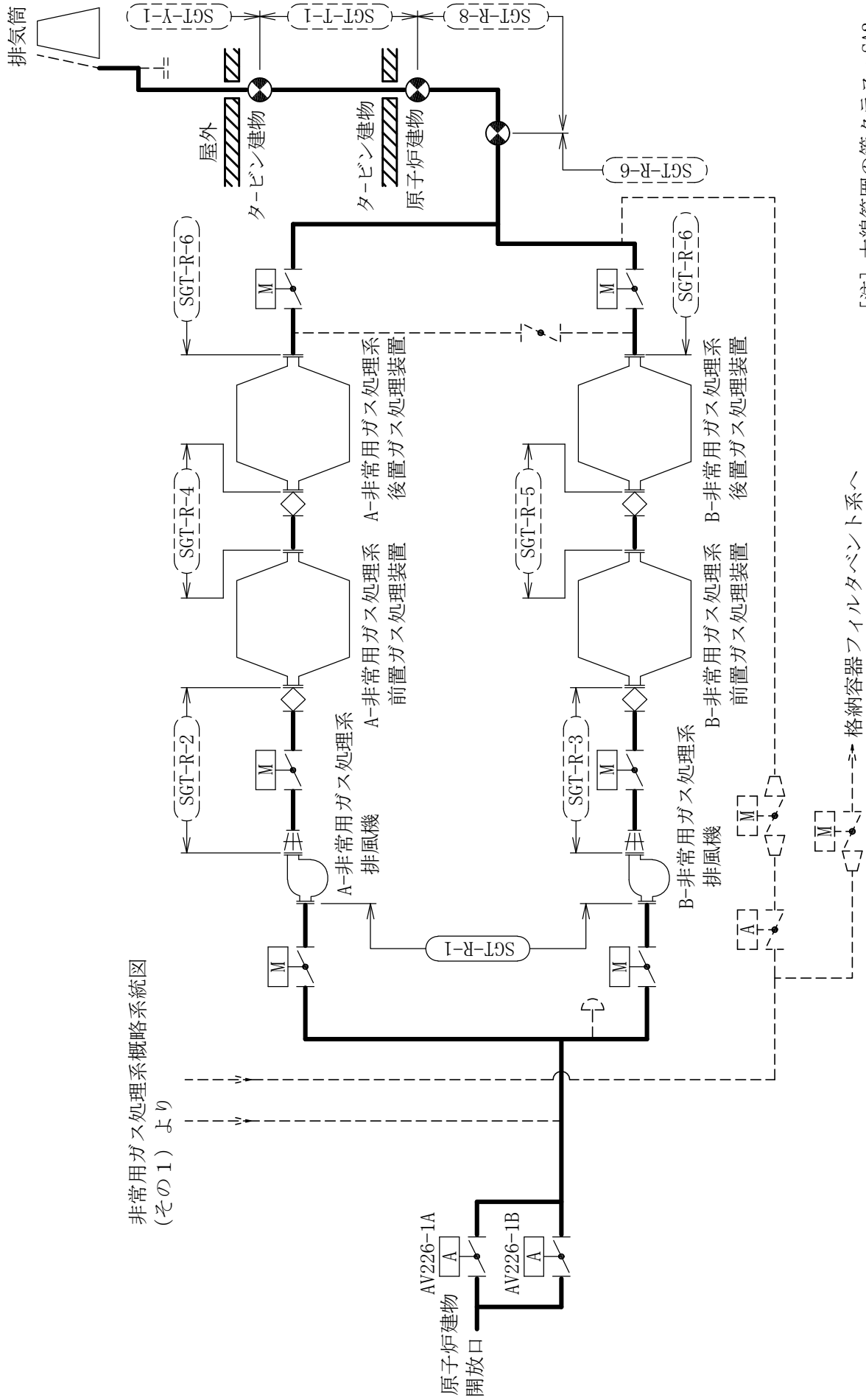
*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*：格納容器フィルタベント系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。

非常用ガス処理系概略系統図
(その2) へ

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
非常用ガス処理系概略系統図 (その1)



非常用ガス処理系概略系統図
(その1) より

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
非常用ガス処理系概略系統図（その2）

格納容器フィルタバント系へ

SGT-R-1 (SA) (1/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (2/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (3/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (4/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (5/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (6/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (7/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (8/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (9/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (10/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (11/12)

鳥瞰図

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (12/12)

SGT-R-2 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-3 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-4 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-5 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (1/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (2/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (3/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (4/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (5/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (6/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (7/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (8/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (9/9)

鳥瞰図

SGT-R-8 (SA)

鳥瞰図

SGT-T-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

SGT-T-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

SGT-Y-1 (SA)

鳥瞰図

27. 可燃性ガス濃度制御系の計算モデル

- ・ VI-2-9-4-5-2-1 管の耐震性についての計算書（可燃性ガス濃度制御系）

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

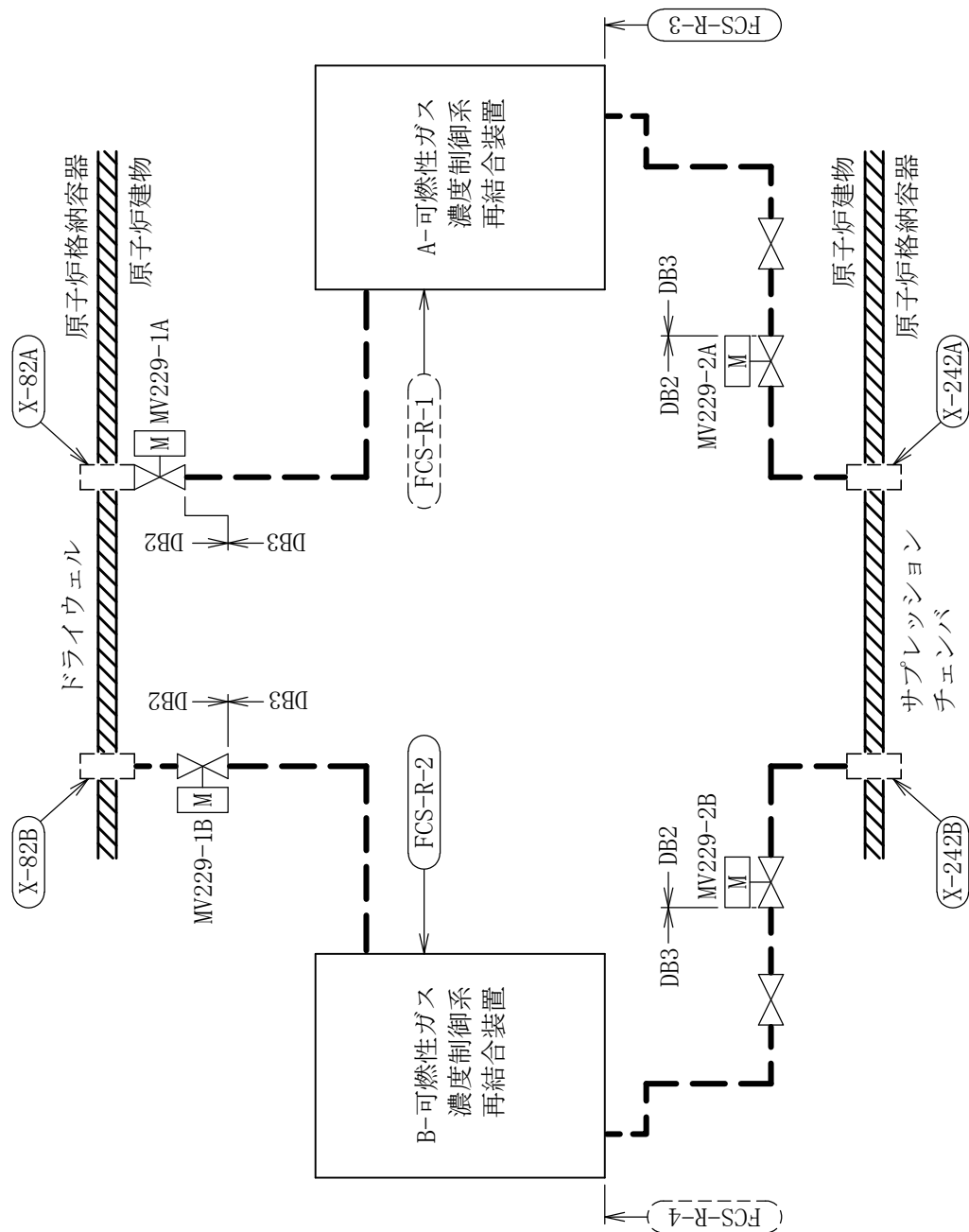
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅲ _A S											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
1	FCS-R-1	15	36	211	5.86	—	70	192	422	2.19	—	—	
2	FCS-R-2	3	44	211	4.79	○	10	156	422	2.70	—	—	
3	FCS-R-3	17	39	211	5.41	—	87	216	438	2.02	—	○	
4	FCS-R-4	44	40	211	5.27	—	85	98	438	4.46	—	—	

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 _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	FCS-R-1	15	65	363	5.58	—	70	290	422	1.45	—	—
2	FCS-R-2	10	75	363	4.84	○	10	268	422	1.57	—	—
3	FCS-R-3	40	72	363	5.04	—	87	466	438	0.93	0.6098	○
4	FCS-R-4	44	68	363	5.33	—	85	202	438	2.16	—	—



可燃性ガス濃度制御系概略系統図

FCS-R-1 (DB)

鳥瞰図

FCS-R-2 (DB)

鳥瞰図

28. 窒素ガス代替注入系の計算モデル

- ・ VI-2-9-4-5-4-1 管の耐震性についての計算書（窒素ガス代替注入系）

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。

重大事故等クラス2管

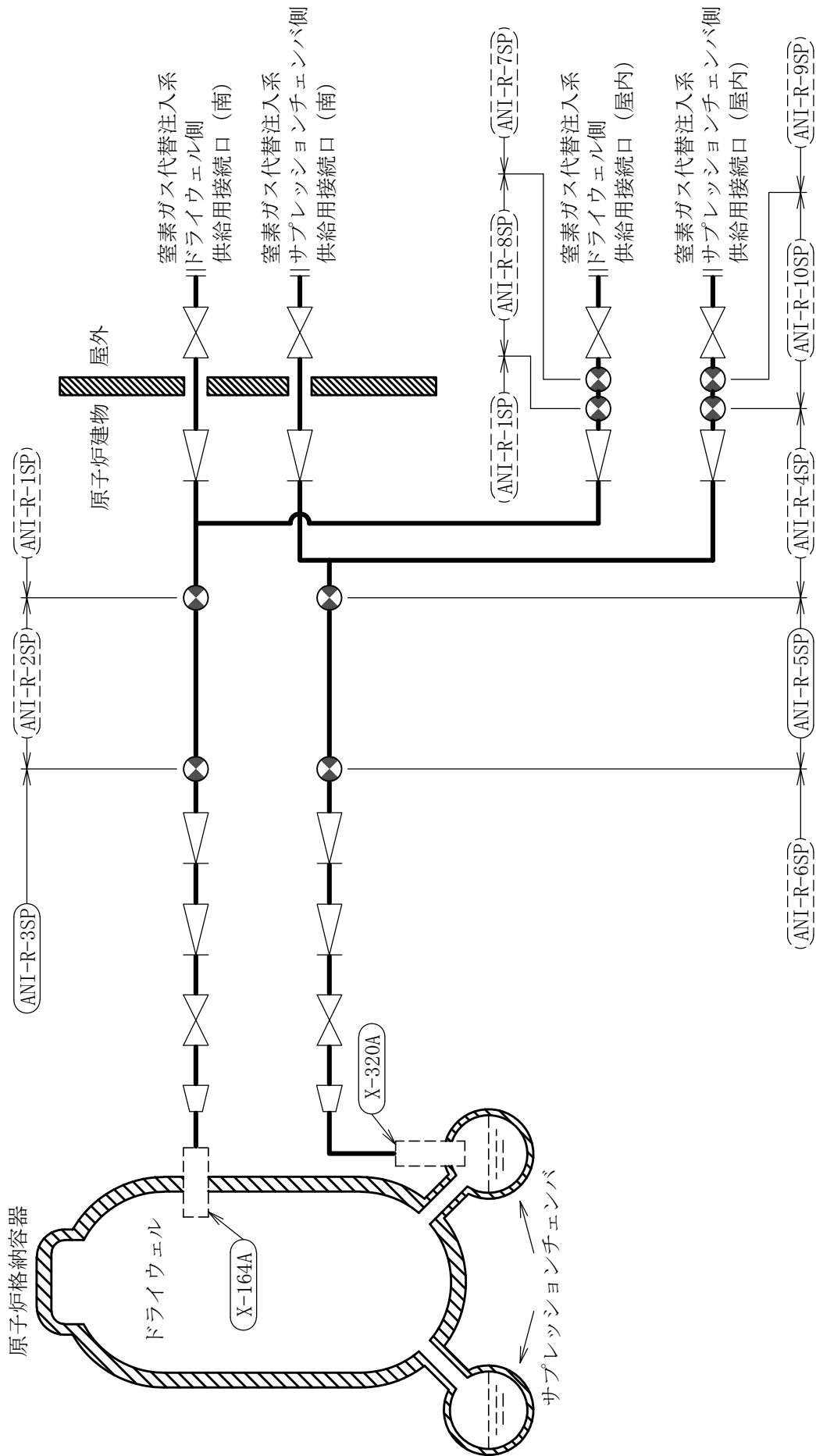
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S											
		一次応力評価						一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
1	ANI-R-1SP	74	106	366	3.45	—	74	201	462	2.29	—	—	
2	ANI-R-2SP	9W	98	366	3.73	—	9W	186	462	2.48	—	—	
3	ANI-R-3SP	13	38	366	9.63	—	35W	191	414	2.16	—	○	
4	ANI-R-4SP	72	95	366	3.85	—	72	179	462	2.58	—	—	
5	ANI-R-5SP	87W	114	366	3.21	○	87W	199	462	2.32	—	—	
6	ANI-R-6SP	7W	28	363	12.96	—	24W	175	414	2.36	—	—	
7	ANI-R-7SP	64W	95	366	3.85	—	64W	182	462	2.53	—	—	
8	ANI-R-8SP	141	97	366	3.77	—	141	186	462	2.48	—	—	
9	ANI-R-9SP	12	101	366	3.62	—	48	186	462	2.48	—	—	
10	ANI-R-10SP	198W	112	366	3.26	—	198W	209	462	2.21	—	—	

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 VAS										
		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	ANI-R-1SP	74	106	366	3.45	—	74	201	462	2.29	—	—
2	ANI-R-2SP	9W	98	366	3.73	—	9W	186	462	2.48	—	—
3	ANI-R-3SP	13	38	366	9.63	—	35W	191	414	2.16	—	○
4	ANI-R-4SP	72	95	366	3.85	—	72	179	462	2.58	—	—
5	ANI-R-5SP	87W	114	366	3.21	○	87W	199	462	2.32	—	—
6	ANI-R-6SP	7W	28	363	12.96	—	24W	175	414	2.36	—	—
7	ANI-R-7SP	64W	95	366	3.85	—	64W	182	462	2.53	—	—
8	ANI-R-8SP	141	97	366	3.77	—	141	186	462	2.48	—	—
9	ANI-R-9SP	12	101	366	3.62	—	48	186	462	2.48	—	—
10	ANI-R-10SP	198W	112	366	3.26	—	198W	209	462	2.21	—	—



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
室内ガス代替注入系概略系統図

ANI-R-3SP (SA)

鳥瞰図

ANI-R-6SP (SA)

鳥瞰図

ANI-R-9SP (SA) (1/2)

鳥瞰図

28. 窒素ガス代替注入系の計算モデル

- VI-3-3-7-3-2-1-2 管の応力計算書（窒素ガス代替注入系）

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A											
			一次応力(1) ^{*1}						一次応力(2) ^{*2}					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表		
1	ANI-R-1SP	設計・建設規格	20W	18	189	10.50	—	—	20W	20	226	11.30	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	ANI-R-2SP	設計・建設規格	96W	16	154	9.62	—	—	96W	17	185	10.88	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	ANI-R-3SP	設計・建設規格	7W	14	154	11.00	—	—	7W	14	185	13.21	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	ANI-R-4SP	設計・建設規格	10W	18	189	10.50	—	—	10W	20	226	11.30	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	ANI-R-5SP	設計・建設規格	87W	30	154	5.13	—	—	87W	30	185	6.16	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	ANI-R-6SP	設計・建設規格	13W	16	154	9.62	—	—	13W	17	185	10.88	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

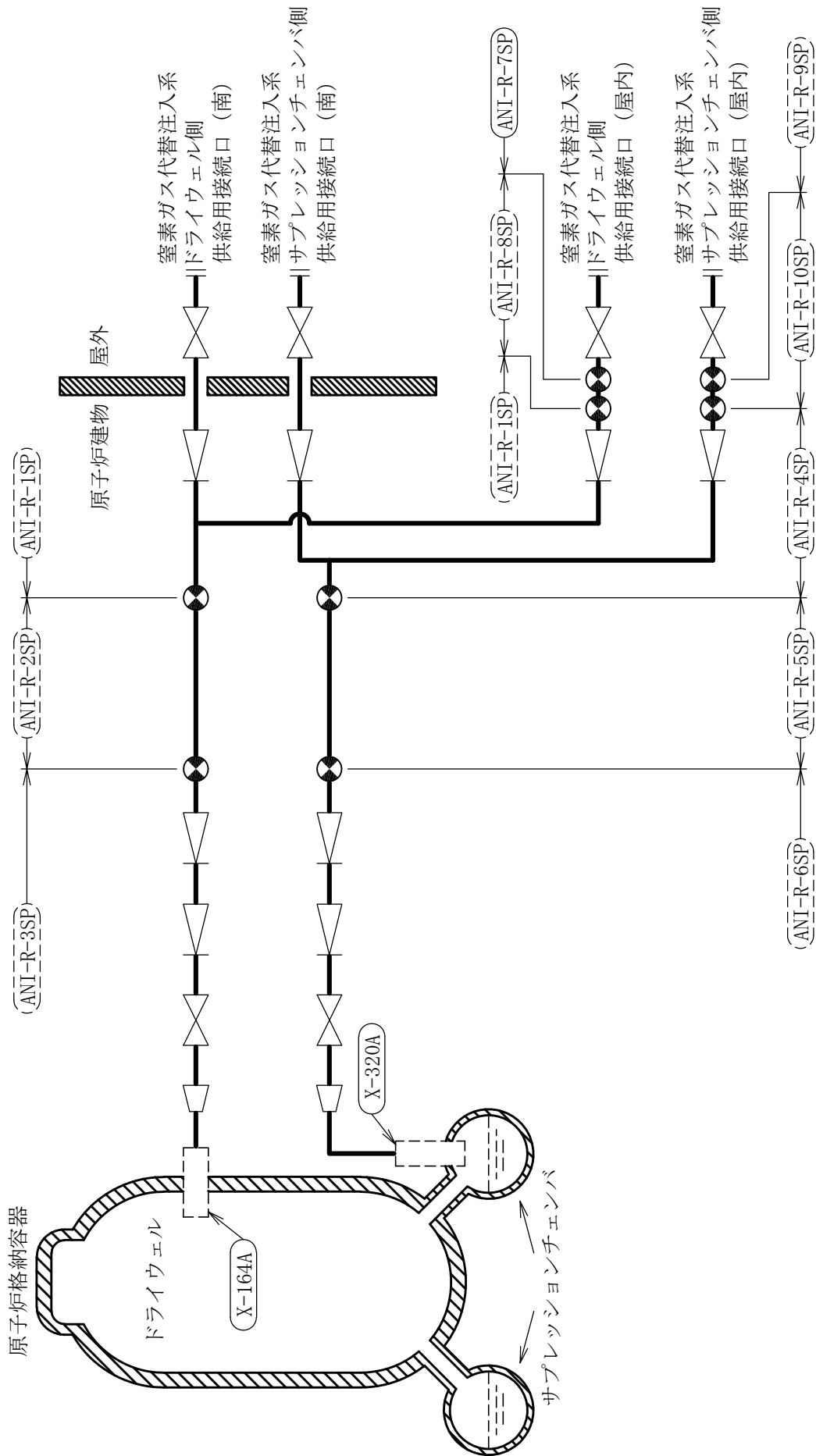
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	ANI-R-7SP	設計・建設規格	13W	34	154	4.52	○	13W	35	185	5.28	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	ANI-R-8SP	設計・建設規格	208	16	154	9.62	—	208	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	ANI-R-9SP	設計・建設規格	13W	33	154	4.66	—	13W	33	185	5.60	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	ANI-R-10SP	設計・建設規格	214	16	154	9.62	—	214	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
窒素ガス代替注入系概略系統図

ANI-R-2SP (SA) (1/4)

鳥瞰図

ANI-R-3SP (SA)

鳥瞰図

ANI-R-6SP (SA)

鳥瞰図

29. 窒素ガス制御系の計算モデル

- ・ VI-2-9-4-6-1-1 管の耐震性についての計算書（窒素ガス制御系）

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

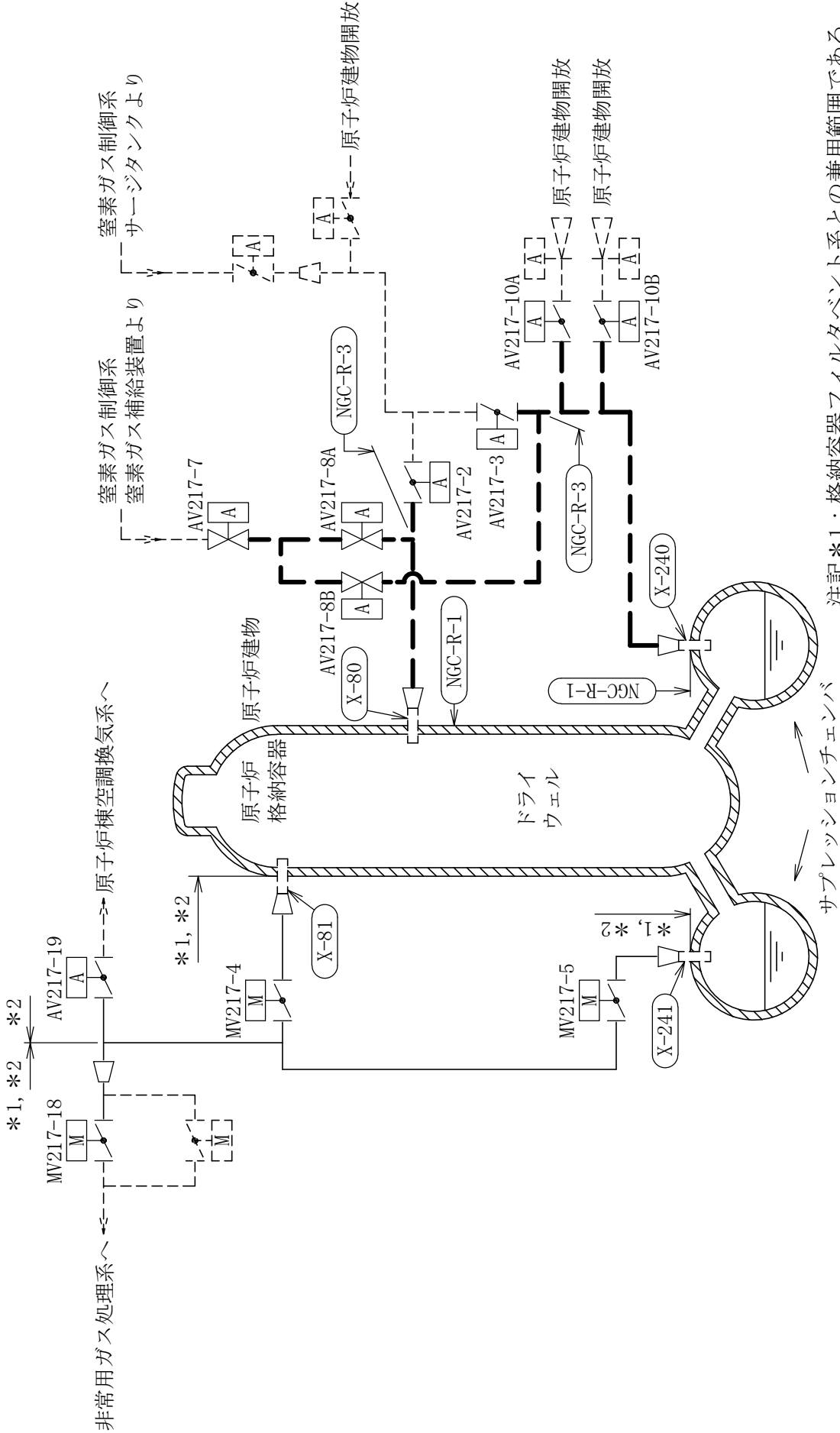
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅲ _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	NGC-R-1	71	39	219	5.61	—	79	175	438	2.50	—	○
2	NGC-R-3	67	66	219	3.31	○	67	125	438	3.50	—	—

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 _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	NGC-R-1	71	57	335	5.87	—	79	380	438	1.15	—	○
2	NGC-R-3	67	109	363	3.33	○	67	233	438	1.87	—	—



注記*1: 格納容器フィルターバント系との兼用範囲である。

*2: 計算結果は非常用ガス処理系に含めて示す。

[注] 太破線範囲の管クラス: DB2
窒素ガス制御系概略系統図

29. 窒素ガス制御系の計算モデル

- VI-3-3-7-4-1-2-2 管の応力計算書（窒素ガス制御系）

設計基準対象施設

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2管)

No.	配管 モデル	設計条件									
		一次応力($S_{pr m(1)}$)*1					一次応力($S_{pr m(2)}$)*2				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	SGT-R-1	1081	77	154	2.00	○	1081	77	185	2.40	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

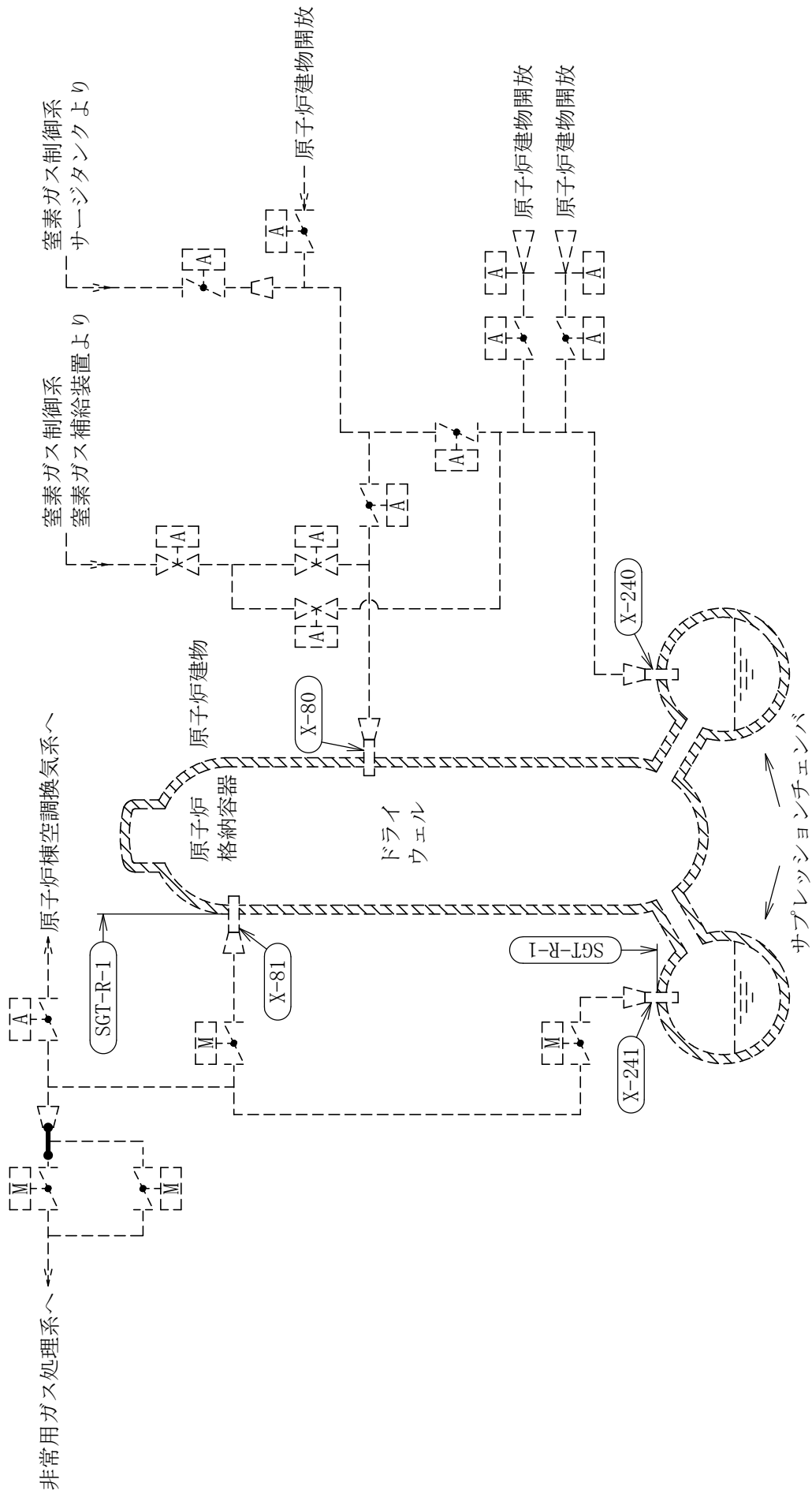
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2管)

No.	配管 モデル	供用状態A, B									
		一次＋二次応力($S_n(a)$)*1					一次＋二次応力($S_n(b)$)*2				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	SGT-R-1	1081	52	257	4.94	○	1081	53	278	5.24	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。



[注] 太線範囲の管クラス：DB2

窒素ガス制御系概略系統図

SGT-R-1 (DB) (2/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (3/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (7/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (8/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (9/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (12/12)

鳥瞰図

30. 格納容器フィルタベント系の計算モデル

- VI-2-9-4-7-1-1 管の耐震性についての計算書（格納容器フィルタベント系）

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	FCVS-R-1	65	147	363	2.46	○	65	257	414	1.61	—	○			
2	FCVS-R-2	2	81	363	4.48	—	3	132	414	3.13	—	—			
3	FCVS-R-3	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—			
4	FCVS-R-4	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—			
5	FCVS-R-5	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—			
6	FCVS-R-6	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—			
7	FCVS-R-7	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—			
8	FCVS-R-8	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—			
9	FCVS-R-9	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—			
10	FCVS-R-10	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—			
11	FCVS-R-11	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—			
12	FCVS-R-12	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—			
13	FCVS-R-13	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—			
14	FCVS-R-14	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—			
15	FCVS-R-15	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—			

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ⅣAS											
		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	
16	FCVS-R-16	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—	
17	FCVS-R-17	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—	
18	FCVS-R-18	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—	
19	FCVS-R-19	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—	
20	FCVS-R-20	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—	
21	FCVS-R-21	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—	
22	FCVS-R-22	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—	
23	FCVS-R-1SP	45	77	366	4.75	—	45	146	462	3.16	—	—	
24	FCVS-R-2SP	54W	128	366	2.85	—	54W	272	462	1.69	—	—	
25	FCVS-R-3SP	1A	124	366	2.95	—	1A	241	462	1.91	—	—	
26	FCVS-R-4SP	43W	136	366	2.69	—	43W	263	462	1.75	—	—	
27	FCVS-R-5SP	27W	113	366	3.23	—	64W	244	462	1.89	—	—	
28	FCVS-R-11SP	48	78	366	4.69	—	48	144	462	3.20	—	—	
29	FCVS-R-12SP	191W	132	366	2.77	—	234A	251	462	1.84	—	—	
30	SGT-R-1	1155	76	363	4.77	—	1155	104	414	3.98	—	—	

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ⅣAS											
		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	
31	SGT-R-6	424	116	363	3.12	—	424	170	414	2.43	—	—	
32	FCVS-F-1	40	62	363	5.85	—	40	94	414	4.40	—	—	
33	FCVS-F-2	39	66	361	5.46	—	39	94	288	3.06	—	—	
34	FCVS-F-3	50	53	361	6.81	—	41	83	288	3.46	—	—	
35	FCVS-F-4	65	71	361	5.08	—	63	107	288	2.69	—	—	
36	FCVS-F-5	10	53	361	6.81	—	10	82	288	3.51	—	—	
37	FCVS-F-6	414	83	363	4.37	—	177N	149	288	1.93	—	—	
38	FCVS-F-5SP	102	58	363	6.25	—	102	161	414	2.57	—	—	
39	FCVS-F-6SP	102	65	363	5.58	—	102	184	414	2.25	—	—	
40	FCVS-F-7SP	102	29	363	12.51	—	102	170	414	2.43	—	—	
41	FCVS-F-8SP	26	24	431	17.95	—	102	220	414	1.88	—	—	
42	FCVS-F-9SP	102	125	363	2.90	—	102	222	414	1.86	—	—	

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 VAS													
		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	FCVS-R-1	65	147	363	2.46	○	65	257	414	1.61	—	○			
2	FCVS-R-2	2	81	363	4.48	—	3	132	414	3.13	—	—			
3	FCVS-R-3	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—			
4	FCVS-R-4	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—			
5	FCVS-R-5	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—			
6	FCVS-R-6	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—			
7	FCVS-R-7	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—			
8	FCVS-R-8	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—			
9	FCVS-R-9	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—			
10	FCVS-R-10	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—			
11	FCVS-R-11	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—			
12	FCVS-R-12	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—			
13	FCVS-R-13	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—			
14	FCVS-R-14	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—			
15	FCVS-R-15	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—			

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 VAS											
		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	
16	FCVS-R-16	12A	21	363	17.28	-	12A	30	414	13.80	-	-	
17	FCVS-R-17	301	54	363	6.72	-	301	94	414	4.40	-	-	
18	FCVS-R-18	702	18	366	20.33	-	12A	15	414	27.60	-	-	
19	FCVS-R-19	702	18	366	20.33	-	12A	16	414	25.87	-	-	
20	FCVS-R-20	702	18	366	20.33	-	12A	22	414	18.81	-	-	
21	FCVS-R-21	12A	21	363	17.28	-	12A	30	414	13.80	-	-	
22	FCVS-R-22	301	54	363	6.72	-	301	94	414	4.40	-	-	
23	FCVS-R-1SP	45	77	366	4.75	-	45	146	462	3.16	-	-	
24	FCVS-R-2SP	54W	128	366	2.85	-	54W	272	462	1.69	-	-	
25	FCVS-R-3SP	1A	124	366	2.95	-	1A	241	462	1.91	-	-	
26	FCVS-R-4SP	43W	136	366	2.69	-	43W	263	462	1.75	-	-	
27	FCVS-R-5SP	27W	113	366	3.23	-	64W	244	462	1.89	-	-	
28	FCVS-R-11SP	48	78	366	4.69	-	48	144	462	3.20	-	-	
29	FCVS-R-12SP	191W	132	366	2.77	-	234A	251	462	1.84	-	-	
30	SGT-R-1	1155	76	363	4.77	-	1155	104	414	3.98	-	-	

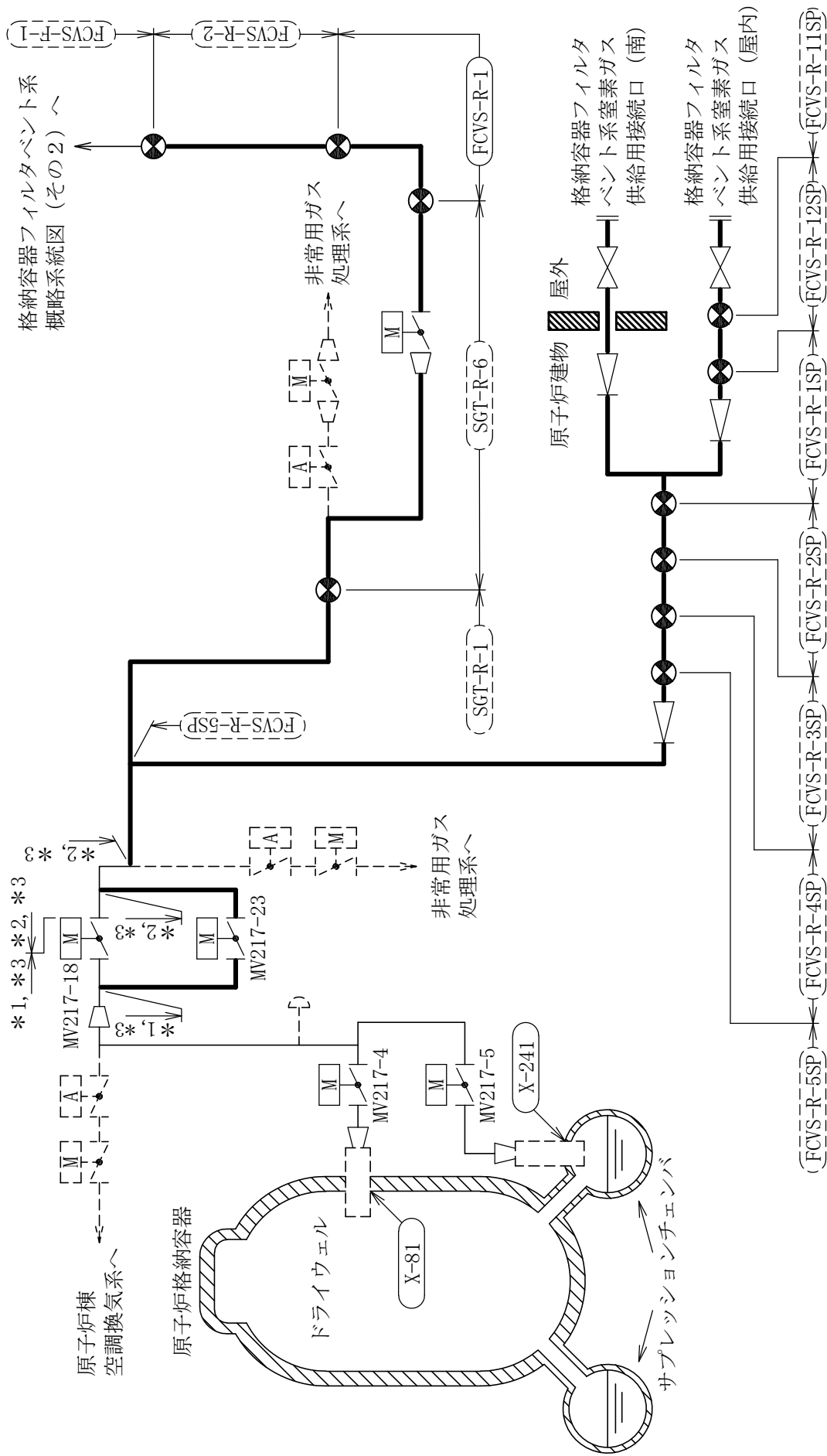
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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。

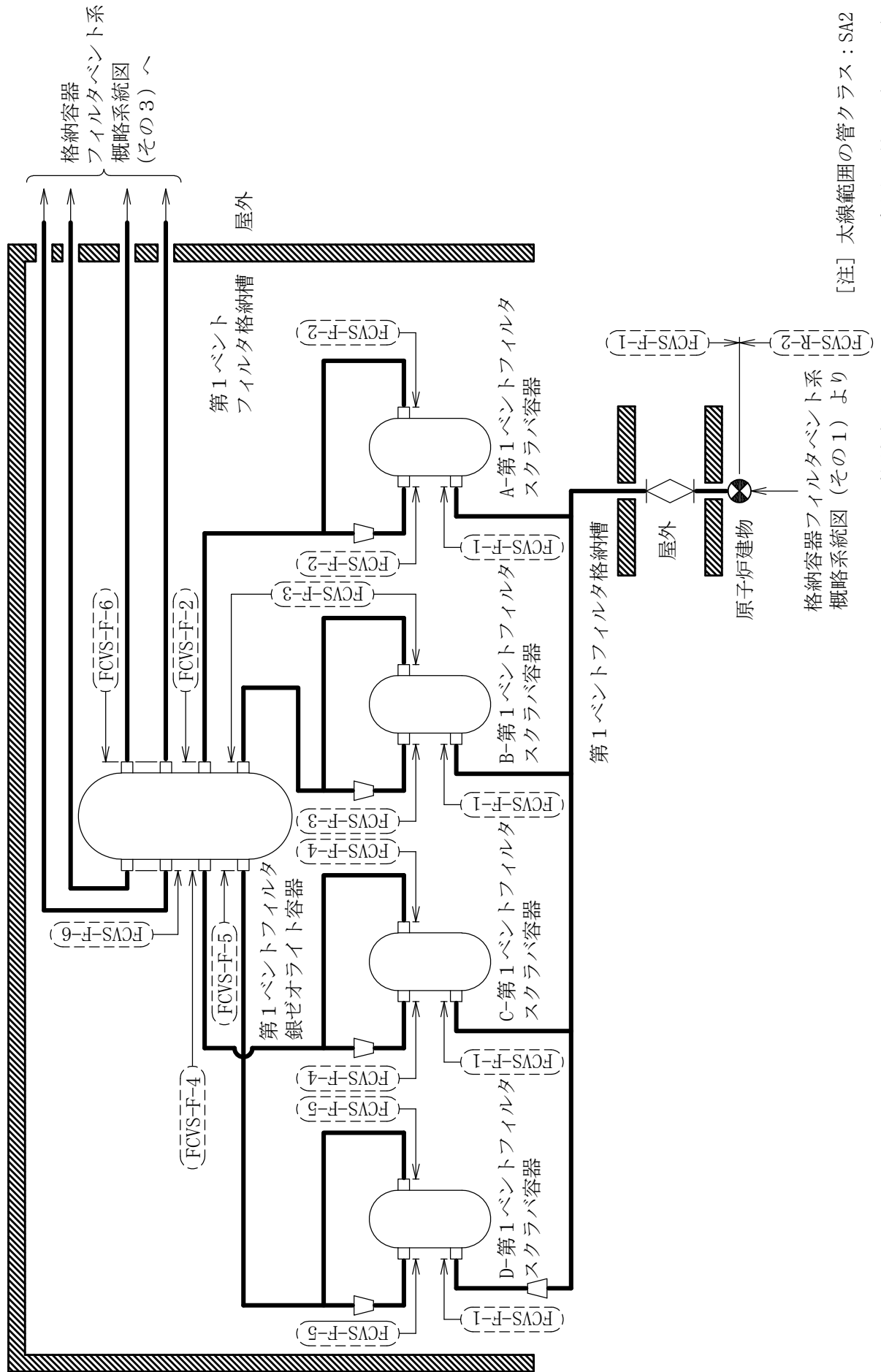
重大事故等クラス2管

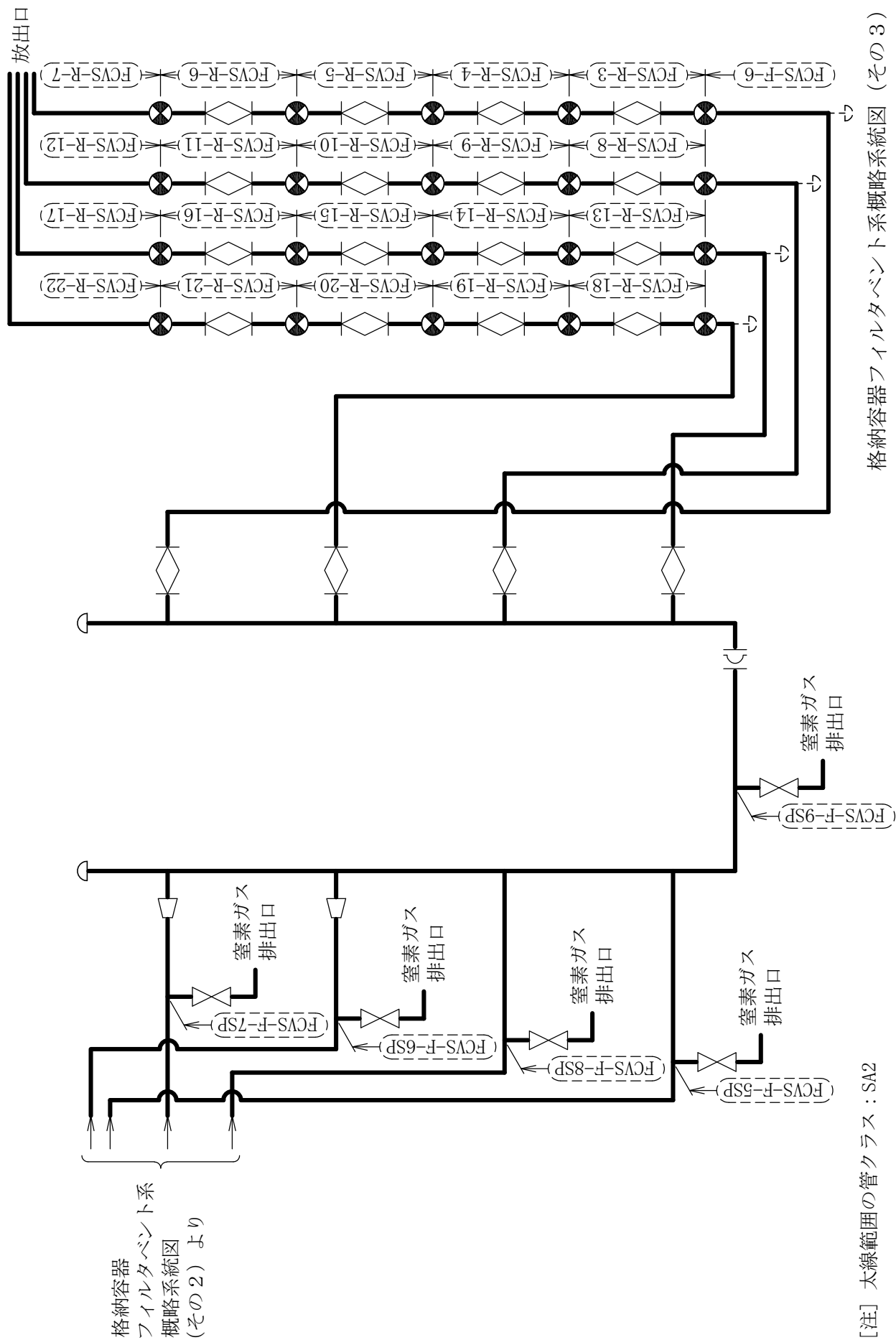
No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
31	SGT-R-6	424	116	363	3.12	—	424	170	414	2.43	—	—	
32	FCVS-F-1	40	62	363	5.85	—	40	94	414	4.40	—	—	
33	FCVS-F-2	39	66	361	5.46	—	39	94	288	3.06	—	—	
34	FCVS-F-3	50	53	361	6.81	—	41	83	288	3.46	—	—	
35	FCVS-F-4	65	71	361	5.08	—	63	107	288	2.69	—	—	
36	FCVS-F-5	10	53	361	6.81	—	10	82	288	3.51	—	—	
37	FCVS-F-6	414	83	363	4.37	—	177N	149	288	1.93	—	—	
38	FCVS-F-5SP	102	58	363	6.25	—	102	161	414	2.57	—	—	
39	FCVS-F-6SP	102	65	363	5.58	—	102	184	414	2.25	—	—	
40	FCVS-F-7SP	102	29	363	12.51	—	102	170	414	2.43	—	—	
41	FCVS-F-8SP	26	24	431	17.95	—	102	220	414	1.88	—	—	
42	FCVS-F-9SP	102	125	363	2.90	—	102	222	414	1.86	—	—	



注記*1：窒素ガス制御系との兼用範囲である。
 *2：非常用ガス処理系との兼用範囲である。
 *3：計算結果は非常用ガス処理系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 格納容器フィルタベント系概略系統図（その1）





格納容器
フィルタベン
ト系
概略系統図
(その2) より

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

格納容器フィルタベント系概略系統図 (その3)

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

鳥瞰図

FCVS-R-3 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-4 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-5 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-6 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-7 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-8 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-9 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-10 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-11 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-12 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-13 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-14 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-15 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-16 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-17 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-18 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-19 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-20 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-21 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-22 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (1/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (2/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (3/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (4/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (5/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (6/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (7/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (8/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (9/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (10/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (11/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (12/12)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (1/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (2/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (3/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (4/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (5/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (6/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (7/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (8/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (9/9)

鳥瞰図

FCVS-F-2 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-3 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-4 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-5 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-5SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-6SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-7SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-8SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-9SP (SA)

鳥瞰図

30. 格納容器フィルタベント系の計算モデル

- ・ VI-3-3-7-5-1-2-2 管の応力計算書（格納容器フィルタベント系）

重大事故等対処設備

5. 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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCVS-R-1	設計・建設規格	65	34	154	4.52	—	65	35	185	5.28	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	FCVS-R-2	設計・建設規格	3	22	154	7.00	—	3	23	185	8.04	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	FCVS-R-3	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	FCVS-R-4	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	FCVS-R-5	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	FCVS-R-6	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
7	FCVS-R-7	設計・建設規格	5	16	154	9.62	—	5	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	FCVS-R-8	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	FCVS-R-9	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	FCVS-R-10	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	FCVS-R-11	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	FCVS-R-12	設計・建設規格	5	16	154	9.62	—	5	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
13	FCVS-R-13	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	FCVS-R-14	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	FCVS-R-15	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	FCVS-R-16	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	FCVS-R-17	設計・建設規格	5	16	154	9.62	—	5	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	FCVS-R-18	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
19	FCVS-R-19	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	FCVS-R-20	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	FCVS-R-21	設計・建設規格	702	17	160	9.41	—	702	18	192	10.66	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	FCVS-R-22	設計・建設規格	5	16	154	9.62	—	5	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	FCVS-R-1SP	設計・建設規格	21W	14	189	13.50	—	21W	15	226	15.06	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	FCVS-R-2SP	設計・建設規格	54W	30	154	5.13	—	54W	32	185	5.78	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
25	FCVS-R-3SP	設計・建設規格	76W	14	154	11.00	—	76W	15	185	12.33	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	FCVS-R-4SP	設計・建設規格	76W	9	154	17.11	—	76W	9	185	20.55	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	FCVS-R-5SP	設計・建設規格	27W	24	154	6.41	—	27W	24	185	7.70	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	FCVS-R-11SP	設計・建設規格	13W	21	154	7.33	—	13W	22	185	8.40	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	FCVS-R-12SP	設計・建設規格	25W	20	154	7.70	—	25W	20	185	9.25	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	SGT-R-1	設計・建設規格	1155	35	154	4.40	—	1155	36	185	5.13	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
31	SGT-R-6	設計・建設規格	423	53	154	2.90	○	423	53	185	3.49	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	FCVS-F-1	設計・建設規格	110	42	160	3.80	—	110	44	192	4.36	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	FCVS-F-2	設計・建設規格	10	34	166	4.88	—	10	35	199	5.68	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	FCVS-F-3	設計・建設規格	12	40	166	4.15	—	12	41	199	4.85	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	FCVS-F-4	設計・建設規格	13	38	166	4.36	—	13	39	199	5.10	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	FCVS-F-5	設計・建設規格	59	27	166	6.14	—	59	27	199	7.37	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

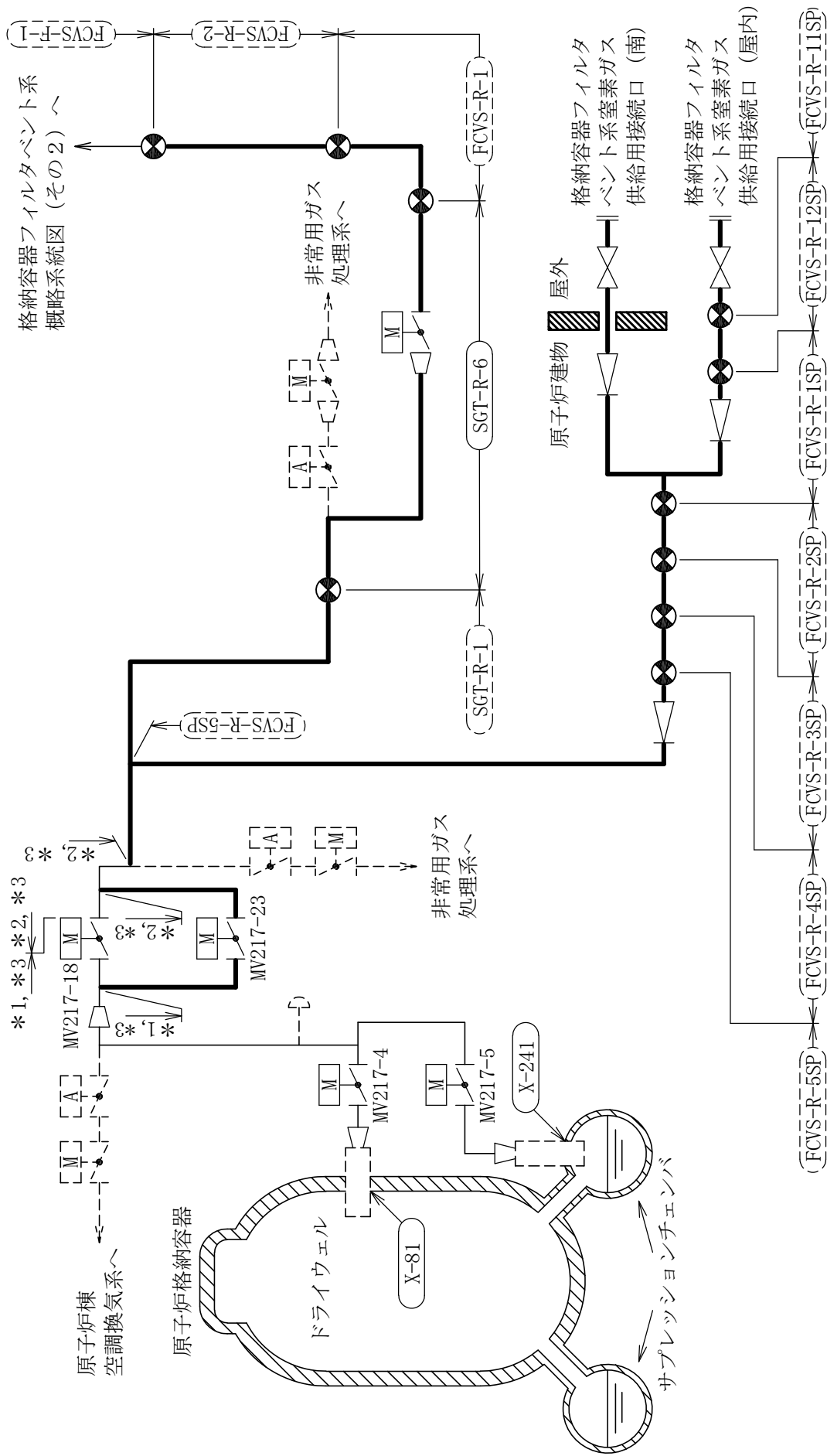
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
37	FCVS-F-6	設計・建設規格	314	24	154	6.41	—	314	26	185	7.11	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	FCVS-F-5SP	設計・建設規格	102	12	154	12.83	—	102	12	185	15.41	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	FCVS-F-6SP	設計・建設規格	102	12	154	12.83	—	102	12	185	15.41	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	FCVS-F-7SP	設計・建設規格	2W	10	154	15.40	—	2W	10	185	18.50	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41	FCVS-F-8SP	設計・建設規格	7W	8	160	20.00	—	7W	8	192	24.00	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	FCVS-F-9SP	設計・建設規格	3W	47	154	3.27	—	3W	47	185	3.93	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

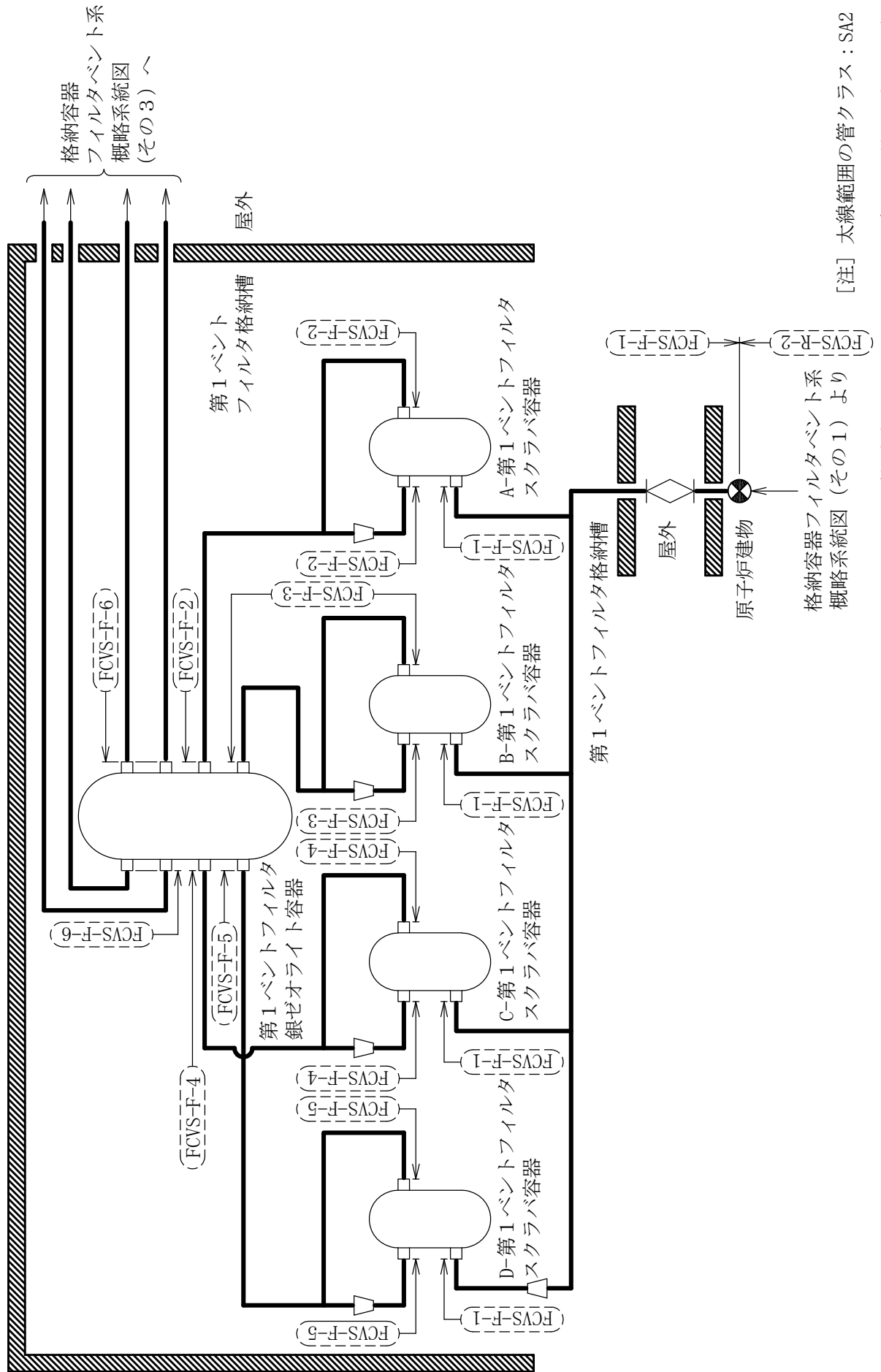
注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。



注記*1：窒素ガス制御系との兼用範囲である。
 *2：非常用ガス処理系との兼用範囲である。
 *3：計算結果は非常用ガス処理系に含めて示す。

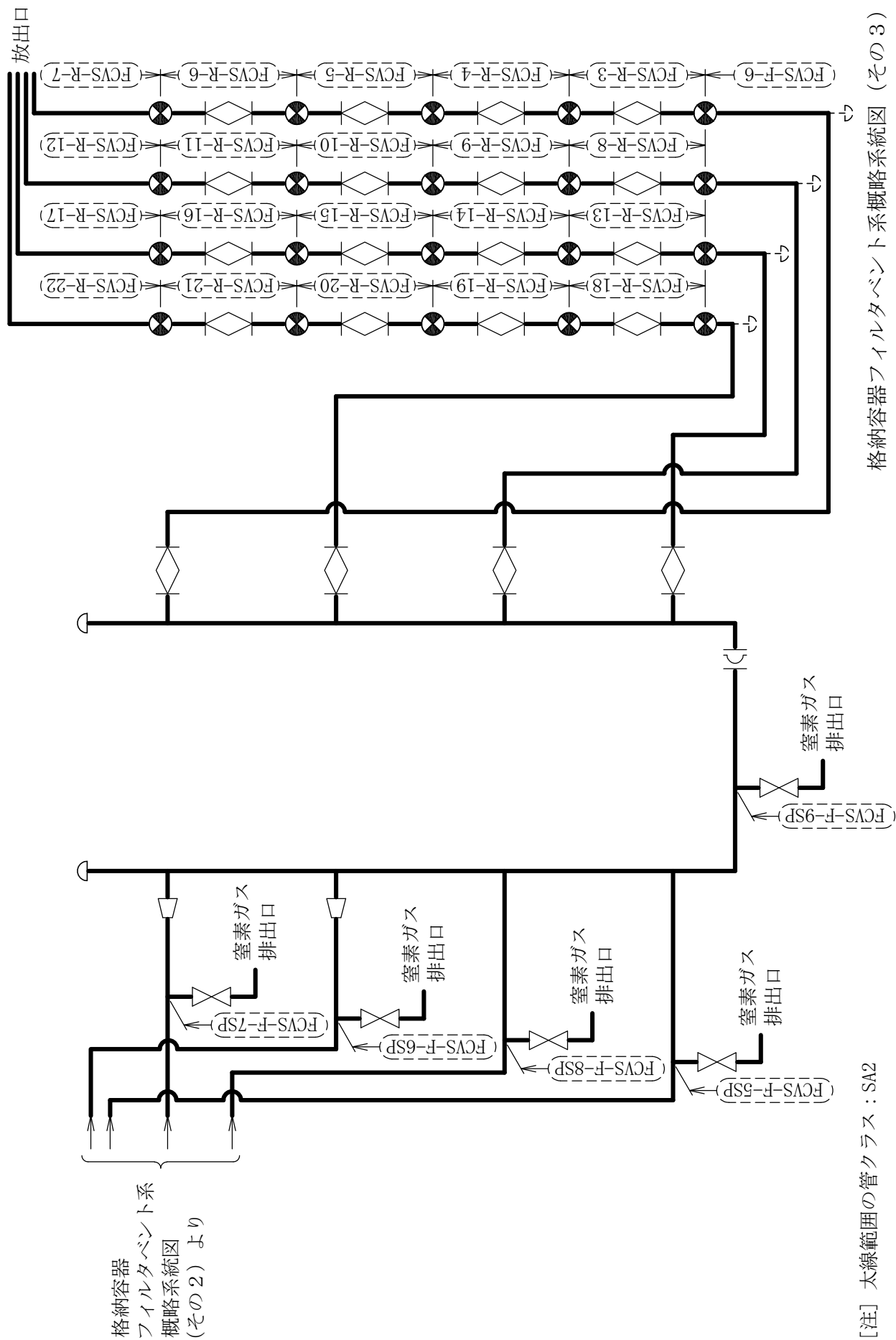
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 格納容器フィルタベント系概略系統図 (その1)



[注] 太線範囲の管クラス：SA2

格納容器フィルタベント系
概略系統図 (その1) より

格納容器フィルタベント系概略系統図 (その2)



格納容器
フィルタベント系
概略系統図
(その2) より

格納容器フィルタベント系概略系統図 (その3)

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

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

鳥瞰図

FCVS-R-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

FCVS-R-3 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-4 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-5 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-6 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-7 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-8 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-9 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-10 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-11 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-12 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-13 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-14 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-15 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-16 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-17 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-18 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-20 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-21 (SA)

鳥瞰図

FCVS-R-22 (SA)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (1/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (2/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (3/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (4/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (5/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (6/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (7/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (8/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (9/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (10/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (11/12)

鳥瞰図

SGT-R-1 (SA) (12/12)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (2/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (3/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (4/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (5/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (6/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (7/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (8/9)

鳥瞰図

SGT-R-6 (SA) (9/9)

鳥瞰図

FCVS-F-2 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-3 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-4 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-5 (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-5SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-6SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-7SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-8SP (SA)

鳥瞰図

FCVS-F-9SP (SA)

鳥瞰図

31. 非常用ディーゼル発電設備の計算モデル

- ・ VI-2-10-1-2-1-9 管の耐震性についての計算書（非常用ディーゼル発電設備）

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。

火力技術基準適用の管（設計基準対象施設）

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	DEG-R-1SP	292	92	245	2.66	—	2841	160	490	3.06	—	—
2	DEG-R-B1SP	83W	84	245	2.91	—	83W	123	490	3.98	—	—
3	DEG-T-2SP	269	63	245	3.88	—	269	112	490	4.37	—	—
4	DEG-Y-1	208	133	245	1.84	○	208	224	490	2.18	—	—
5	DEG-Y-B1	29	88	245	2.78	—	29	134	490	3.65	—	—
6	DEG-Y-1SP	100	131	245	1.87	—	462W	260	490	1.88	—	○
7	DEG-Y-B1SP	14	20	245	12.25	—	15W	26	490	18.84	—	—
8	DEG-Y-B2SP	61A	44	245	5.56	—	61A	119	490	4.11	—	—
9	DEG-Y-B3SP	38	48	245	5.10	—	38	62	490	7.90	—	—
10	DEG-Y-B4SP	32W	59	245	4.15	—	134W	96	490	5.10	—	—

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。

火力技術基準適用の管（設計基準対象施設）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	DEG-R-1SP	2841	160	369	2.30	—	2841	308	490	1.59	—	—	
2	DEG-R-B1SP	83W	141	369	2.61	—	83W	237	490	2.06	—	—	
3	DEG-T-2SP	179	110	369	3.35	—	243	184	490	2.66	—	—	
4	DEG-Y-1	208	231	369	1.59	○	208	382	490	1.28	—	○	
5	DEG-Y-B1	29	143	369	2.58	—	29	302	490	1.62	—	—	
6	DEG-Y-1SP	100	136	369	2.71	—	462W	348	490	1.40	—	—	
7	DEG-Y-B1SP	15W	32	369	11.53	—	15W	50	490	9.80	—	—	
8	DEG-Y-B2SP	61A	89	369	4.14	—	61A	258	490	1.89	—	—	
9	DEG-Y-B3SP	38	78	369	4.73	—	38	120	490	4.08	—	—	
10	DEG-Y-B4SP	32W	100	369	3.69	—	6W	222	490	2.20	—	—	

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。

火力技術基準適用の管（重大事故等対処設備）

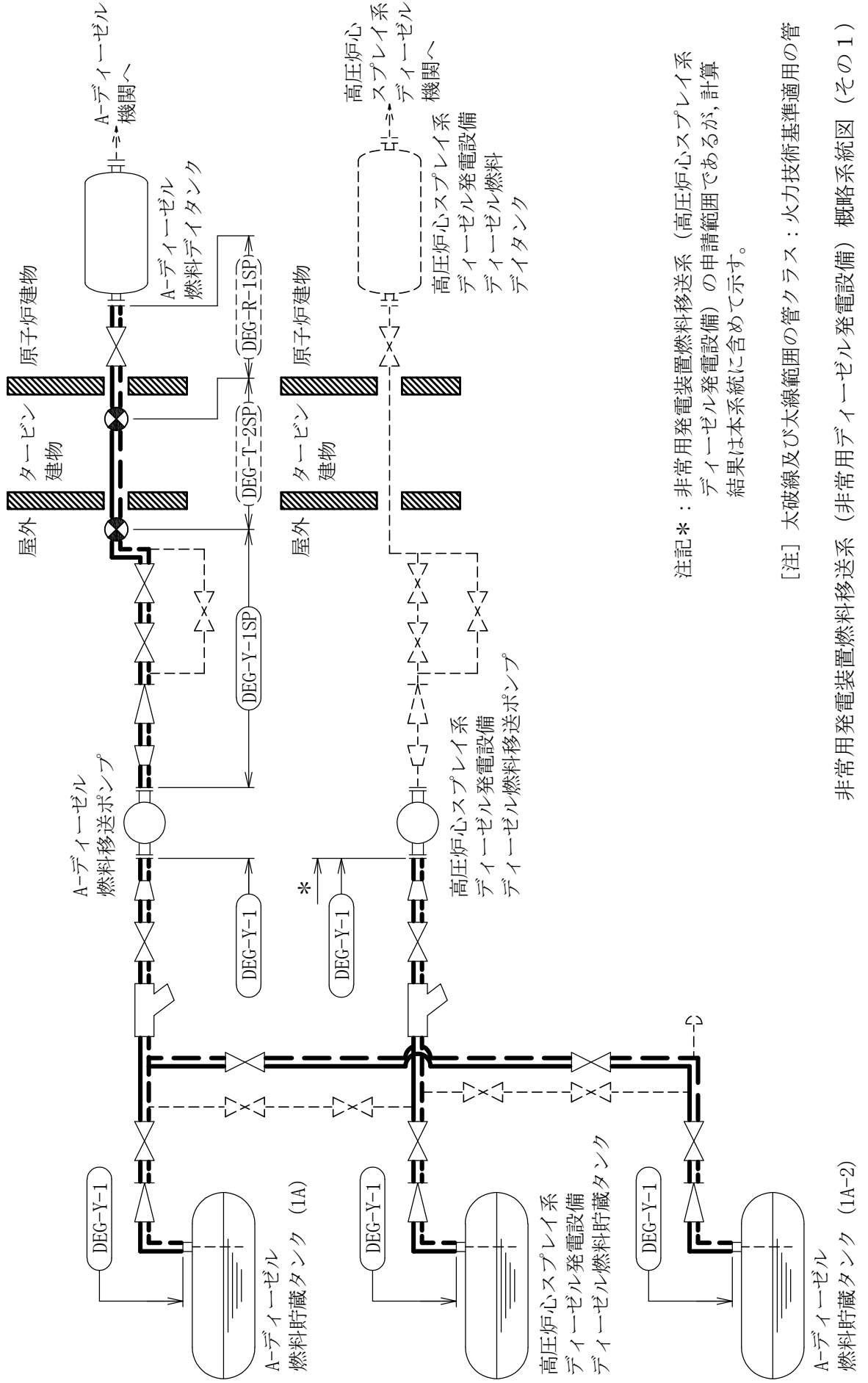
No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表	
1	DEG-R-1SP	2841	160	369	2.30	—	2841	308	490	1.59	—	—	
2	DEG-R-B1SP	83W	141	369	2.61	—	83W	237	490	2.06	—	—	
3	DEG-T-2SP	179	110	369	3.35	—	243	184	490	2.66	—	—	
4	DEG-Y-1	208	231	369	1.59	○	208	382	490	1.28	—	○	
5	DEG-Y-B1	29	143	369	2.58	—	29	302	490	1.62	—	—	
6	DEG-Y-1SP	100	136	369	2.71	—	462W	348	490	1.40	—	—	
7	DEG-Y-B1SP	15W	32	369	11.53	—	15W	50	490	9.80	—	—	
8	DEG-Y-B2SP	61A	89	369	4.14	—	61A	258	490	1.89	—	—	
9	DEG-Y-B3SP	38	78	369	4.73	—	38	120	490	4.08	—	—	
10	DEG-Y-B4SP	32W	100	369	3.69	—	6W	222	490	2.20	—	—	

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。

火力技術基準適用の管（重大事故等対処設備）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		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	DEG-R-1SP	2841	160	369	2.30	—	2841	308	490	1.59	—	—	
2	DEG-R-B1SP	83W	141	369	2.61	—	83W	237	490	2.06	—	—	
3	DEG-T-2SP	179	110	369	3.35	—	243	184	490	2.66	—	—	
4	DEG-Y-1	208	231	369	1.59	○	208	382	490	1.28	—	○	
5	DEG-Y-B1	29	143	369	2.58	—	29	302	490	1.62	—	—	
6	DEG-Y-1SP	100	136	369	2.71	—	462W	348	490	1.40	—	—	
7	DEG-Y-B1SP	15W	32	369	11.53	—	15W	50	490	9.80	—	—	
8	DEG-Y-B2SP	61A	89	369	4.14	—	61A	258	490	1.89	—	—	
9	DEG-Y-B3SP	38	78	369	4.73	—	38	120	490	4.08	—	—	
10	DEG-Y-B4SP	32W	100	369	3.69	—	6W	222	490	2.20	—	—	



注記*：非常用発電装置燃料移送系（高圧炉心スプレイ系
Deuterium発電設備）の申請範囲であるが、計算
結果は本系統に含めて示す。

[注] 太破線及び太線範囲の管クラス：火力技術基準適用の管

非常用発電装置燃料移送系（非常用Deuterium発電設備）概略系統図（その1）

DEG-Y-1 (DB) (2/5)

鳥瞰図

DEG-Y-1 (DB) (4/5)

鳥瞰図

DEG-Y-1 (SA) (3/5)

鳥瞰図

DEG-Y-1 (SA) (4/5)

鳥瞰図

DEG-Y-B1 (DB) (1/4)

鳥瞰図

DEG-Y-B1 (DB) (4/4)

鳥瞰図

DEG-Y-B2SP (DB)

鳥瞰図

DEG-Y-B2SP (SA)

鳥瞰図

DEG-Y-B3SP (DB) (2/2)

鳥瞰図

DEG-Y-B3SP (SA) (1/2)

鳥瞰図

DEG-Y-B3SP (SA) (2/2)

鳥瞰図

32. 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の計算モデル

- ・ VI-2-10-1-2-2-7 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備）

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。

火力技術基準適用の管（設計基準対象施設）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅲ _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	DEG-R-3SP	3540	92	245	2.66	○	3540	174	490	2.81	—	—
2	DEG-T-3SP	193	81	245	3.02	—	193	141	490	3.47	—	—
3	DEG-Y-3SP	77	63	245	3.88	—	88	270	490	1.81	—	○

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。

火力技術基準適用の管（設計基準対象施設）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	DEG-R-3SP	3540	187	369	1.97	○	3540	363	490	1.34	—	—
2	DEG-T-3SP	193	156	369	2.36	—	193	261	490	1.87	—	—
3	DEG-Y-3SP	77	117	369	3.15	—	88	449	490	1.09	—	○

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。

火力技術基準適用の管（重大事故等対処設備）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	DEG-R-3SP	3540	187	369	1.97	○	3540	363	490	1.34	—	—
2	DEG-T-3SP	193	156	369	2.36	—	193	261	490	1.87	—	—
3	DEG-Y-3SP	77	117	369	3.15	—	88	449	490	1.09	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

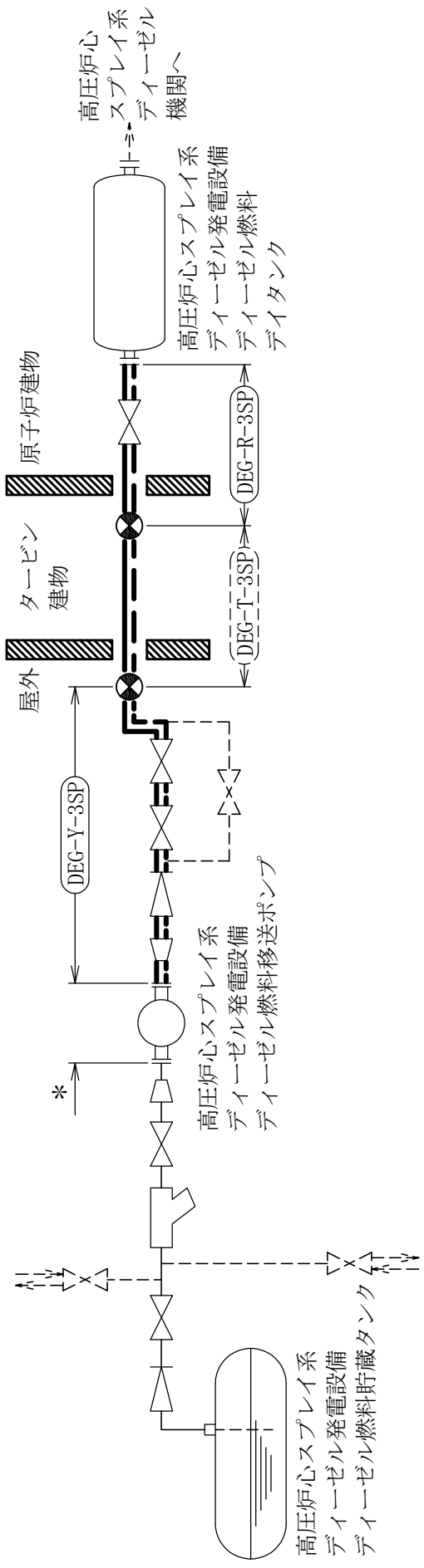
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰

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。

火力技術基準適用の管（重大事故等対処設備）

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		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	DEG-R-3SP	3540	187	369	1.97	○	3540	363	490	1.34	—	—
2	DEG-T-3SP	193	156	369	2.36	—	193	261	490	1.87	—	—
3	DEG-Y-3SP	77	117	369	3.15	—	88	449	490	1.09	—	○

非常用発電装置燃料移送系
(非常用ディーゼル発電設備)
より (へ)



非常用発電装置燃料移送系
(非常用ディーゼル発電設備)
より (へ)

注記*：計算結果は非常用発電装置燃料移送系
(非常用ディーゼル発電設備) に含めて示す。

[注] 太破線及び太線範囲の管クラス：火力技術基準適用の管

非常用発電装置燃料移送系 (高圧炉スプレイスレー系ディーゼル発電設備) 概略系統図

DEG-R-3SP (DB) (3/6)

鳥瞰図

DEG-Y-3SP (DB) (2/2)

鳥瞰図

DEG-Y-3SP (SA) (1/2)

鳥瞰図

DEG-Y-3SP (SA) (2/2)

鳥瞰図

33. ガスタービン発電機の計算モデル

- ・ VI-2-10-1-2-3-6 管の耐震性についての計算書（ガスタービン発電機）

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。

火力技術基準適用の管

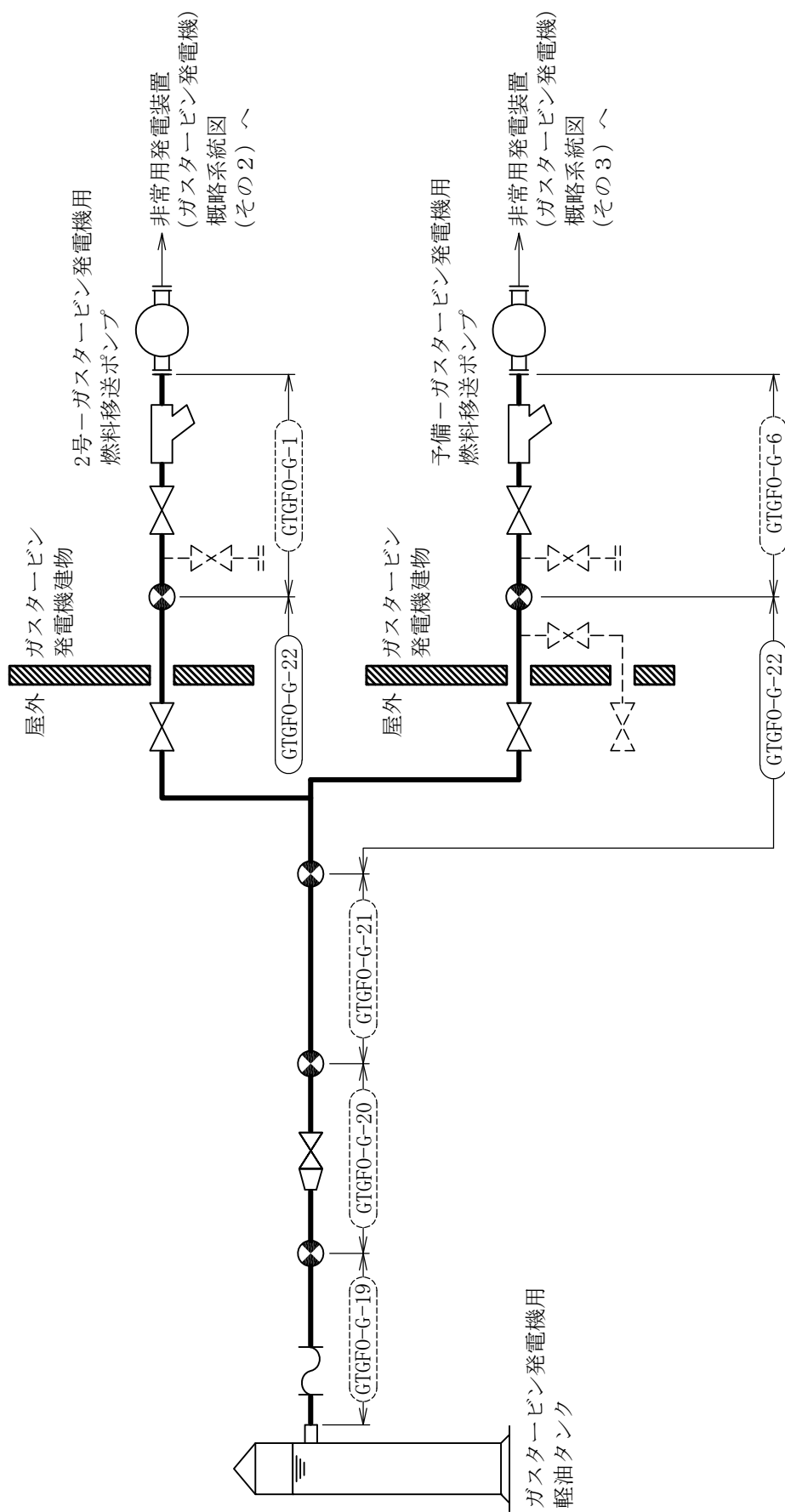
No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS													
		一次応力評価						一次＋二次応力評価							
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表			
1	GTGF0-G-1	37	32	366	11.43	—	37	58	462	7.96	—	—			
2	GTGF0-G-2	12	33	366	11.09	—	12	58	462	7.96	—	—			
3	GTGF0-G-3	67	35	366	10.45	—	67	57	462	8.10	—	—			
4	GTGF0-G-4	79	22	366	16.63	—	79	41	462	11.26	—	—			
5	GTGF0-G-5	29	42	366	8.71	—	29	82	462	5.63	—	—			
6	GTGF0-G-6	4	36	366	10.16	—	36	59	462	7.83	—	—			
7	GTGF0-G-7	65	26	366	14.07	—	65	40	462	11.55	—	—			
8	GTGF0-G-8	67	35	366	10.45	—	67	57	462	8.10	—	—			
9	GTGF0-G-9	79	28	366	13.07	—	79	52	462	8.88	—	—			
10	GTGF0-G-10	29	43	366	8.51	—	29	83	462	5.56	—	—			
11	GTGF0-G-19	3	10	366	36.60	—	3	14	462	33.00	—	—			
12	GTGF0-G-20	1	51	366	7.17	—	1	82	462	5.63	—	—			
13	GTGF0-G-21	9	10	366	36.60	—	9	13	462	35.53	—	—			
14	GTGF0-G-22	117	130	366	2.81	○	117	252	462	1.83	—	○			

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。

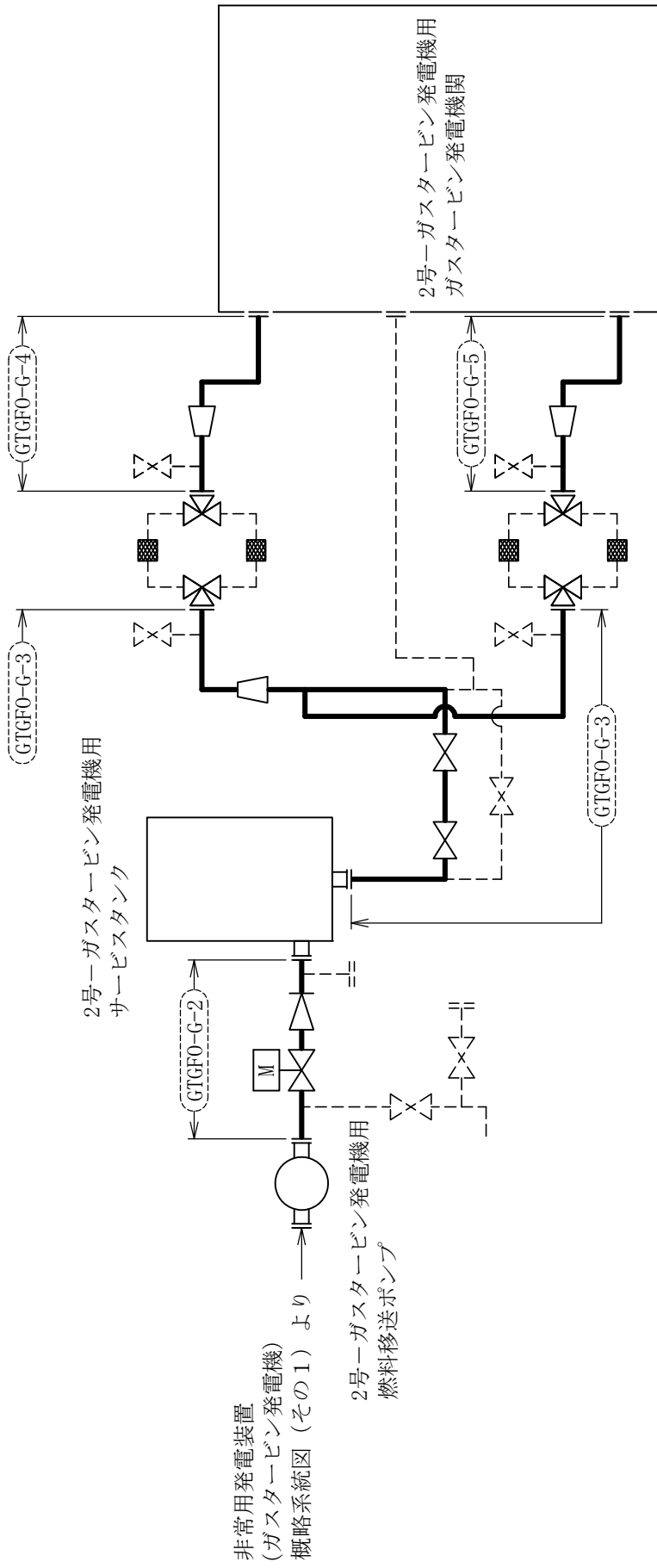
火力技術基準適用の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		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	GTGF0-G-1	37	32	366	11.43	—	37	58	462	7.96	—	—	
2	GTGF0-G-2	12	33	366	11.09	—	12	58	462	7.96	—	—	
3	GTGF0-G-3	67	35	366	10.45	—	67	57	462	8.10	—	—	
4	GTGF0-G-4	79	22	366	16.63	—	79	41	462	11.26	—	—	
5	GTGF0-G-5	29	42	366	8.71	—	29	82	462	5.63	—	—	
6	GTGF0-G-6	4	36	366	10.16	—	36	59	462	7.83	—	—	
7	GTGF0-G-7	65	26	366	14.07	—	65	40	462	11.55	—	—	
8	GTGF0-G-8	67	35	366	10.45	—	67	57	462	8.10	—	—	
9	GTGF0-G-9	79	28	366	13.07	—	79	52	462	8.88	—	—	
10	GTGF0-G-10	29	43	366	8.51	—	29	83	462	5.56	—	—	
11	GTGF0-G-19	3	10	366	36.60	—	3	14	462	33.00	—	—	
12	GTGF0-G-20	1	51	366	7.17	—	1	82	462	5.63	—	—	
13	GTGF0-G-21	9	10	366	36.60	—	9	13	462	35.53	—	—	
14	GTGF0-G-22	117	130	366	2.81	○	117	252	462	1.83	—	○	



[注]
太線範囲の管クラス：火力技術基準適用の管

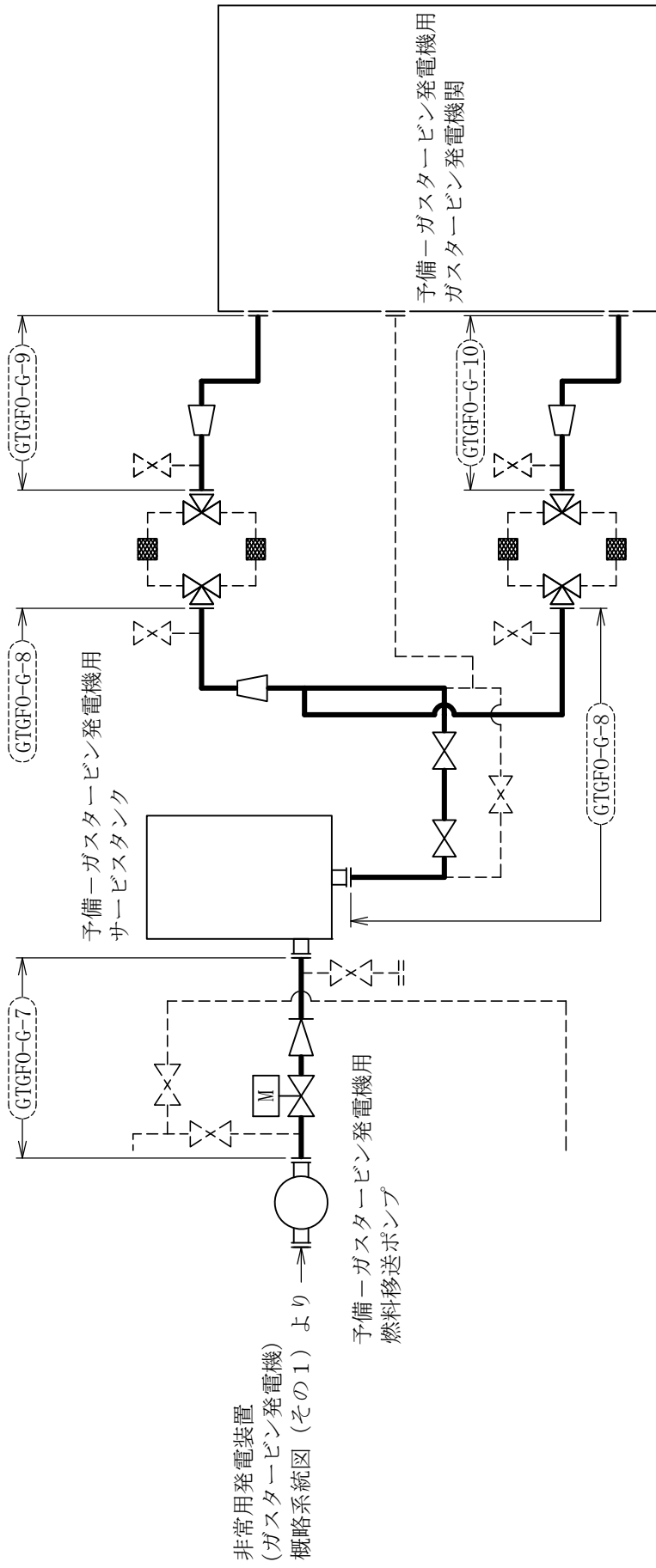
非常用発電装置（ガスタービン発電機） 概略系統図（その1）



非常用発電装置
(ガスタービン発電機)
概略系統図 (その1) より

2号-ガスタービン発電機用
燃料移送ポンプ

[注]
太線範囲の管クラス：火力技術基準適用の管
非常用発電装置 (ガスタービン発電機) 概略系統図 (その2)



非常用発電装置
(ガスタービン発電機)
概略系統図 (その1)

予備-ガスタービン発電機用
燃料移送ポンプ

[注]
太線範囲の管クラス：火力技術基準適用の管
非常用発電装置 (ガスタービン発電機) 概略系統図 (その3)

GTGFO-G-1 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-2 (SA) (2/2)

鳥瞰図

GTGFO-G-4 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-5 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-6 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-9 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-10 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-19 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-20 (SA)

鳥瞰図

GTGFO-G-21 (SA)

鳥瞰図

34. 浸水防護施設の計算モデル

- ・ VI-2-10-2-11 隔離弁, 機器・配管の耐震性についての計算書

- (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3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	RSW-R-3	22	148	245	1.65	○	22	253	490	1.93	—	○	
2	RSW-R-4	16	113	245	2.16	—	39	147	490	3.33	—	—	
3	RSW-T-3	66	92	215	2.33	—	66	179	430	2.40	—	—	
4	RSW-T-4	10	56	245	4.37	—	2F	123	490	3.98	—	—	
5	RSW-Y-1	411	50	245	4.90	—	8	35	490	14.00	—	—	
6	RSW-Y-1A	813	35	245	7.00	—	1	15	490	32.66	—	—	
7	RSW-Y-1B	816	47	245	5.21	—	816	34	490	14.41	—	—	
8	RSW-Y-2	511	48	245	5.10	—	802	32	490	15.31	—	—	
9	RSW-Y-2A	814	34	245	7.20	—	814	12	490	40.83	—	—	
10	RSW-Y-2B	2	35	245	7.00	—	2	32	490	15.31	—	—	
11	HPSW-R-2	36	71	215	3.02	—	36	94	430	4.57	—	—	
12	CSW-T-1A	8A	32	235	7.34	—	8A	20	470	23.50	—	—	
13	CSW-T-1B	8A	32	235	7.34	—	8A	20	470	23.50	—	—	
14	CSW-T-1C	8A	32	235	7.34	—	8A	20	470	23.50	—	—	
15	CSW-I-1A	1A	16	235	14.68	—	1A	6	470	78.33	—	—	

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3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
16	CSW-I-1B	1A	16	235	14.68	—	1A	6	470	78.33	—	—
17	CSW-I-1C	1A	16	235	14.68	—	1A	6	470	78.33	—	—
18	CSW-I-1PA	4A	33	235	7.12	—	4A	23	470	20.43	—	—
19	CSW-I-1PB	4A	33	235	7.12	—	4A	23	470	20.43	—	—
20	CSW-I-1PC	4A	33	235	7.12	—	4A	23	470	20.43	—	—
21	TSW-I-2-1	4A1	62	245	3.95	—	4A1	87	490	5.63	—	—
22	TSW-I-2-2	401	57	245	4.29	—	401	39	490	12.56	—	—
23	TSW-Y-2	7	63	245	3.88	—	7	77	490	6.36	—	—
24	RWL-Y-1	852	44	231	5.25	—	852	51	463	9.07	—	—

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3管

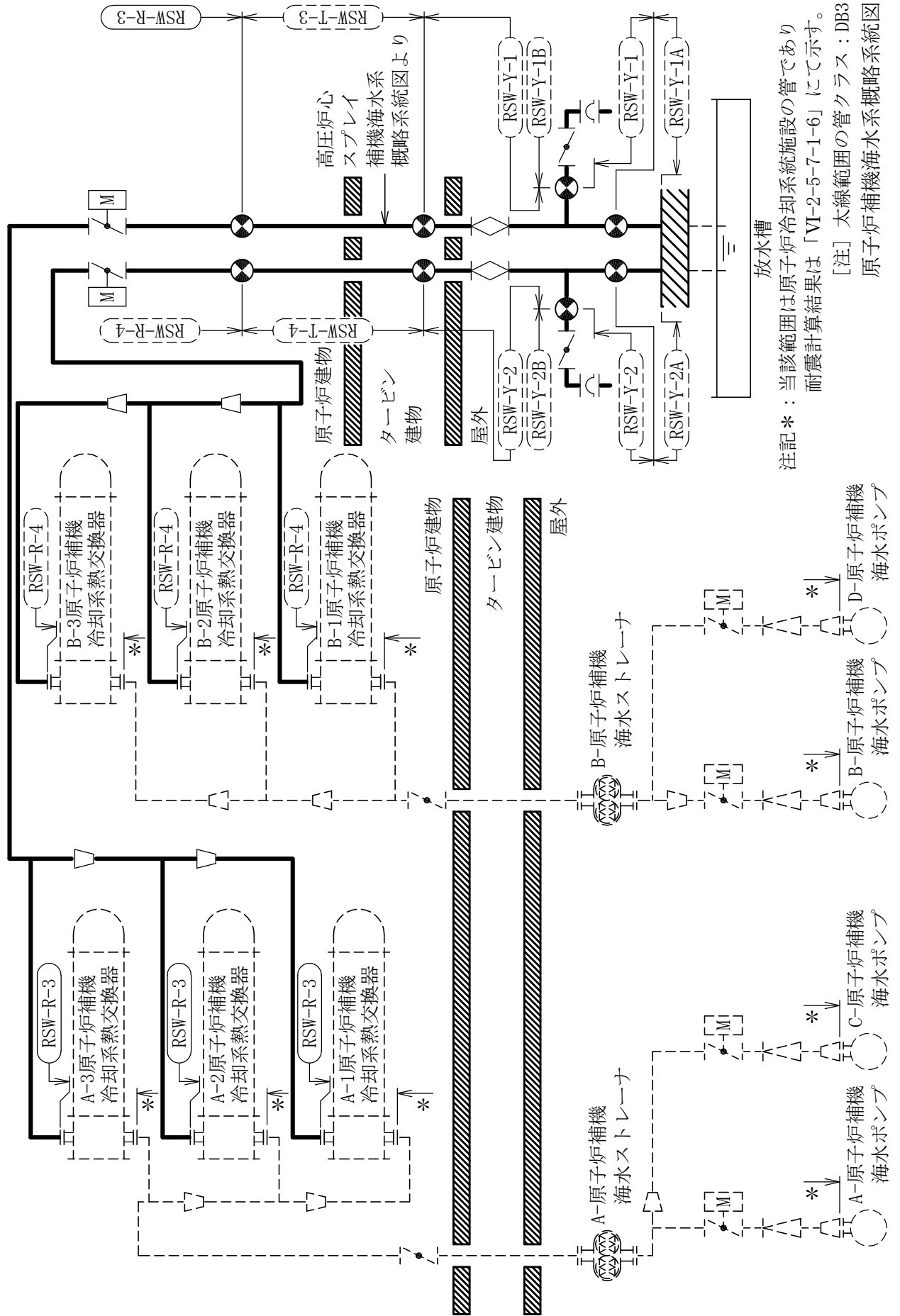
No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS													
		一次応力評価							一次+二次応力評価						
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表			
1	RSW-R-3	22	265	360	1.35	○	22	488	490	1.00	—	○			
2	RSW-R-4	16	183	360	1.96	—	16	285	490	1.71	—	—			
3	RSW-T-3	66	192	333	1.73	—	66	399	430	1.07	—	—			
4	RSW-T-4	10	69	360	5.21	—	15	246	490	1.99	—	—			
5	RSW-Y-1	8	69	360	5.21	—	802	81	490	6.04	—	—			
6	RSW-Y-1A	813	42	360	8.57	—	813	29	490	16.89	—	—			
7	RSW-Y-1B	816	66	360	5.45	—	816	74	490	6.62	—	—			
8	RSW-Y-2	511	77	360	4.67	—	511	86	490	5.69	—	—			
9	RSW-Y-2A	814	41	360	8.78	—	814	27	490	18.14	—	—			
10	RSW-Y-2B	2	50	360	7.20	—	2	59	490	8.30	—	—			
11	HPSW-R-2	36	143	333	2.32	—	36	240	430	1.79	—	—			
12	CSW-T-1A	8A	41	360	8.78	—	8A	39	470	12.05	—	—			
13	CSW-T-1B	8A	41	360	8.78	—	8A	39	470	12.05	—	—			
14	CSW-T-1C	8A	41	360	8.78	—	8A	39	470	12.05	—	—			
15	CSW-I-1A	1A	18	360	20.00	—	1A	10	470	47.00	—	—			

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

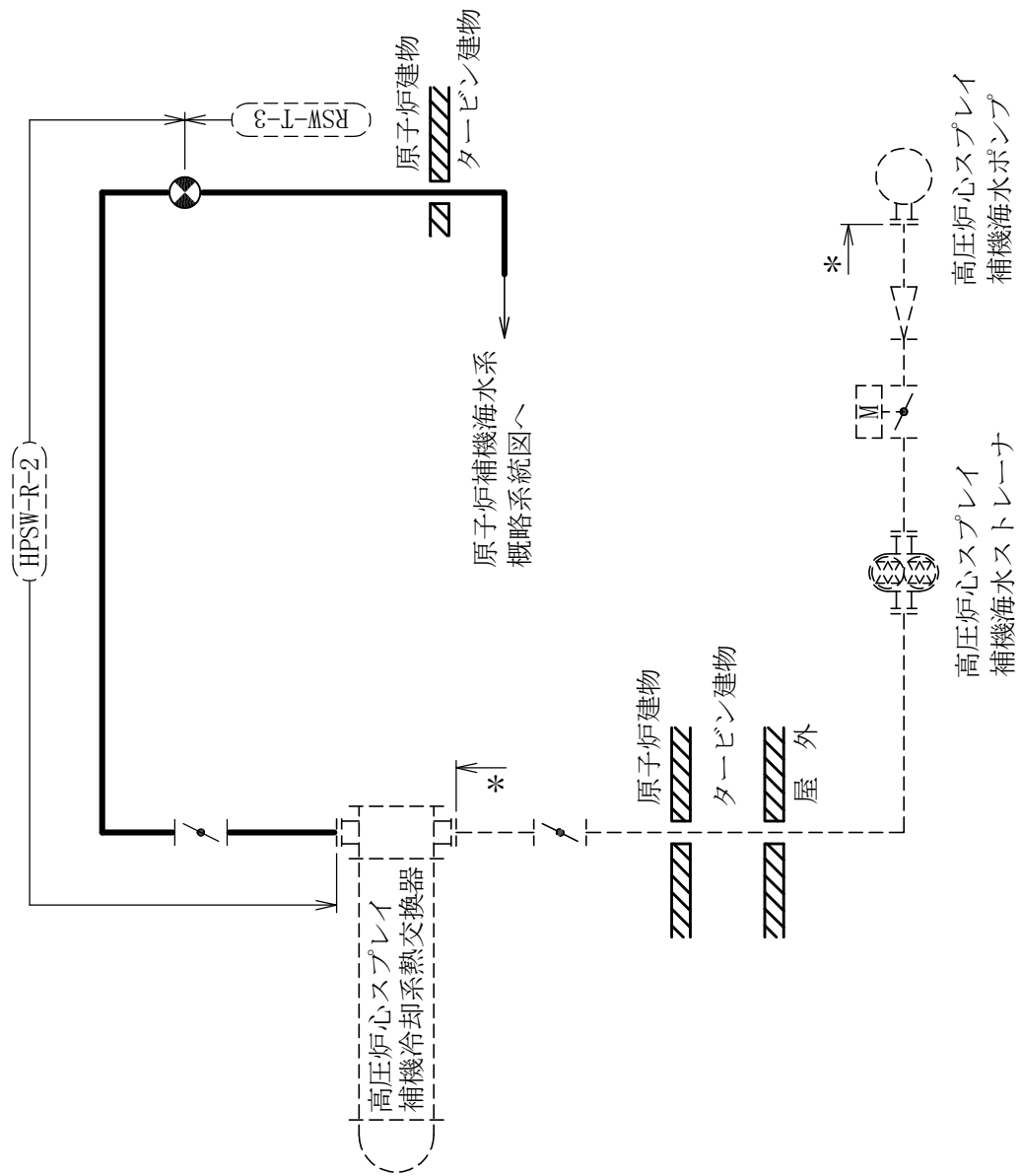
代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス3管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	
16	CSW-I-1B	1A	18	360	20.00	—	1A	10	470	47.00	—	—	
17	CSW-I-1C	1A	18	360	20.00	—	1A	10	470	47.00	—	—	
18	CSW-I-1PA	4A	45	360	8.00	—	4A	47	470	10.00	—	—	
19	CSW-I-1PB	4A	45	360	8.00	—	4A	47	470	10.00	—	—	
20	CSW-I-1PC	4A	45	360	8.00	—	4A	47	470	10.00	—	—	
21	TSW-I-2-1	4A1	92	360	3.91	—	4A1	147	490	3.33	—	—	
22	TSW-I-2-2	401	75	360	4.80	—	401	75	490	6.53	—	—	
23	TSW-Y-2	7	101	360	3.56	—	7	155	490	3.16	—	—	
24	RWL-Y-1	852	96	366	3.81	—	852	158	463	2.93	—	—	



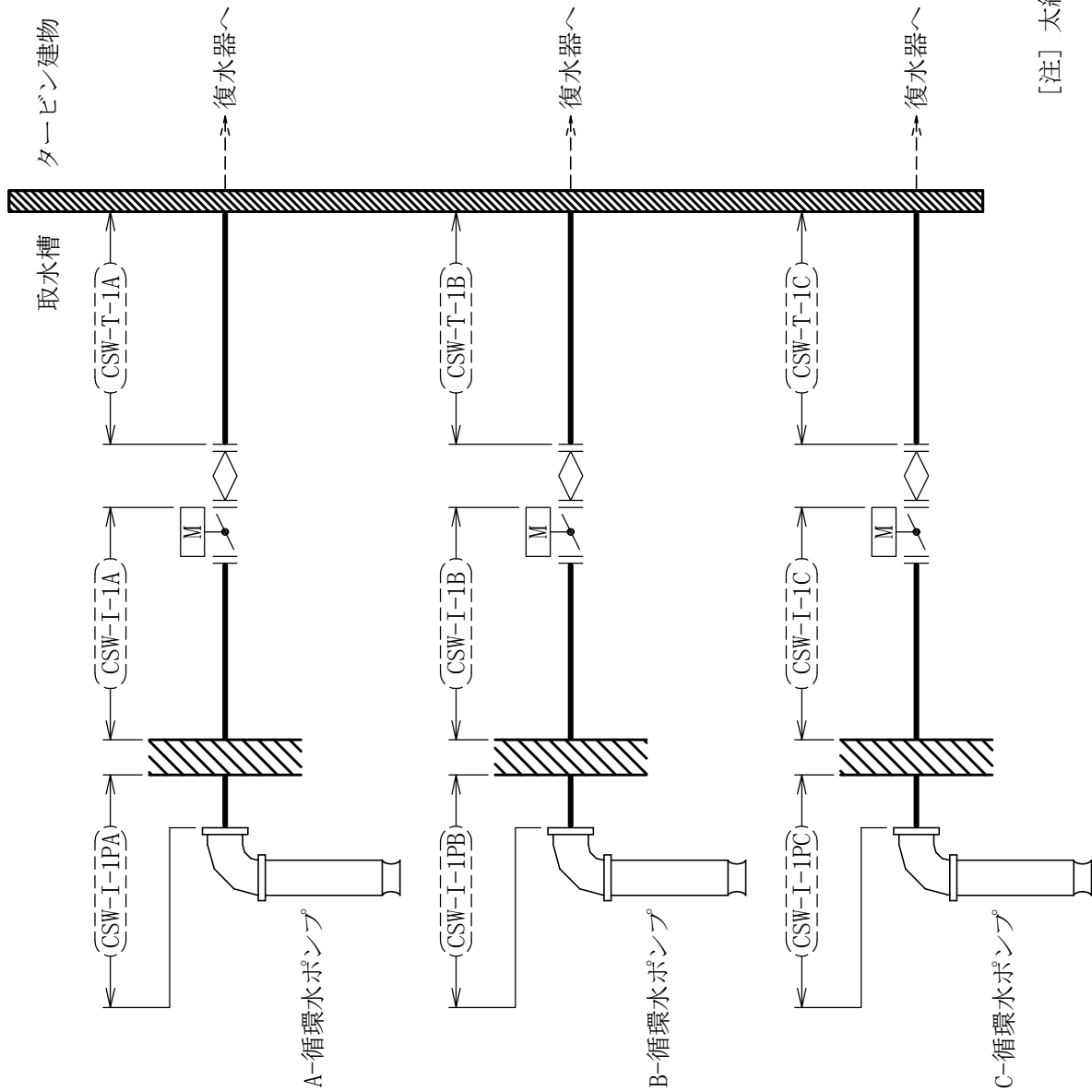
注記*：当該範囲は原子炉冷却系統施設の管であり
耐震計算結果は「VI-2-5-7-1-6」にて示す。
[注] 太線範囲の管クラス：DB3
原子炉補機海水系概略系統図



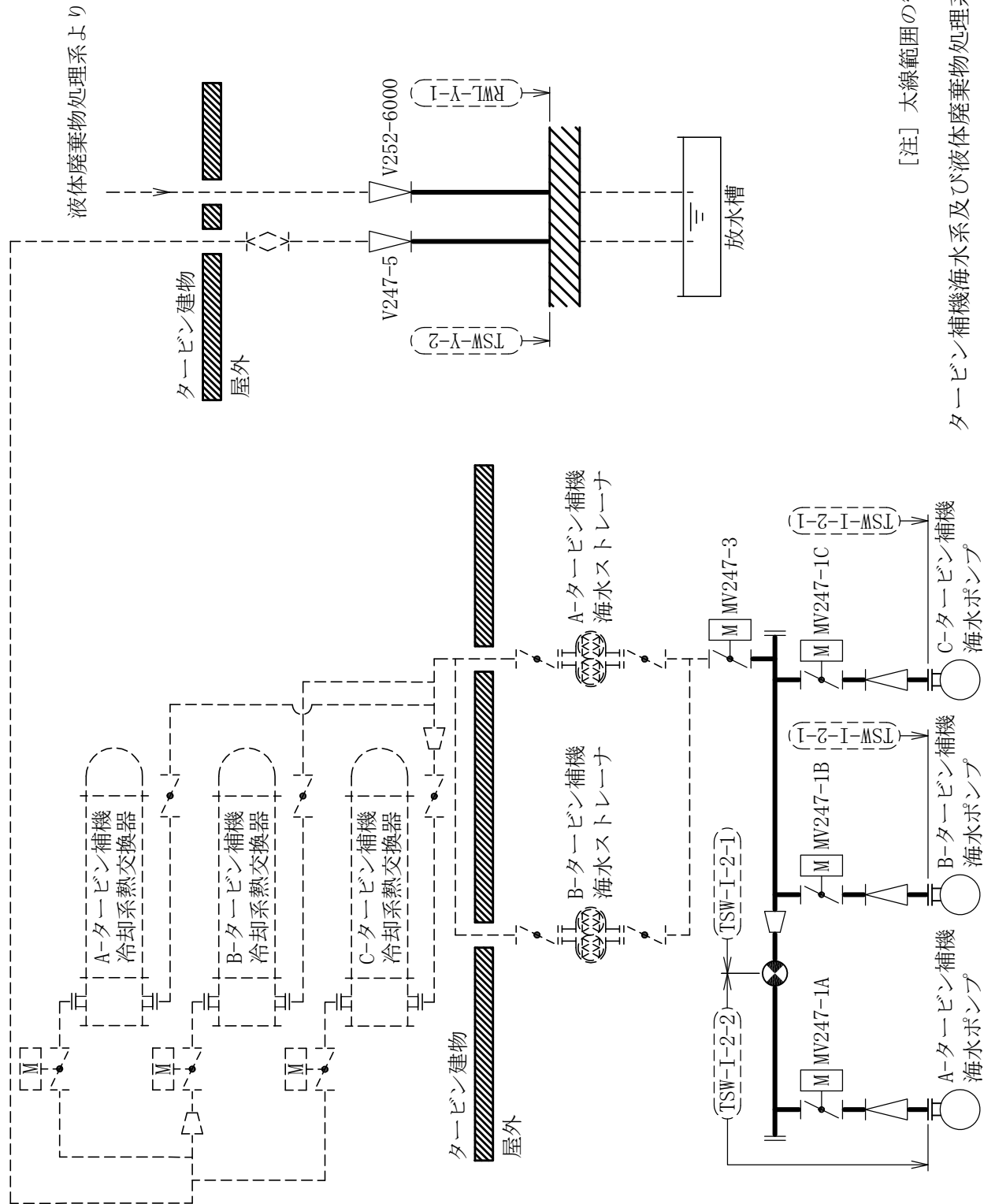
注記*：当該範囲は原子炉冷却系統施設の管であり耐震計算結果は「VI-2-5-7-2-6」にて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：DB3

高圧炉心スプレイ補機海水系概略系統図



[注] 太線範囲の管クラス：DB3
 循環水系概略系統図
 (取水槽廻り)



[注] 太線範囲の管クラス：DB3

タービン補機海水系及び液体廃棄物処理系概略系統図

RSW-R-3

鳥瞰図

RSW-R-4(1/3)

鳥瞰図

RSW-R-4(3/3)

鳥瞰図

RSW-T-3 (1/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (2/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (3/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (4/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (5/6)

鳥瞰図

RSW-T-3 (6/6)

鳥瞰図

RSW-T-4(1/3)

鳥瞰図

RSW-T-4(2/3)

鳥瞰図

RSW-T-4(3/3)

鳥瞰図

HPSW-R-2

鳥瞰図

CSW-T-1A

鳥瞰図

CSW-T-1B

鳥瞰図

CSW-T-1C

鳥瞰図

CSW-I-1A

鳥瞰図

CSW-I-1B

鳥瞰図

CSW-I-1C

鳥瞰図

CSW-I-1PA

鳥瞰図

CSW-I-1PB

鳥瞰図

35. 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の計算モデル

- ・ VI-2-11-2-8 管の耐震性についての計算書（波及的影響）

4.2.3 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3管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _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	CSW-T-H1	6	190	360	1.89	—	6	303	470	1.55	—	—			
2	TSW-T-1	812	106	360	3.39	—	812	167	490	2.93	—	—			
3	TSW-T-2	16	45	360	8.00	—	16	41	490	11.95	—	—			
4	TSW-Y-1	609	171	360	2.10	—	609	364	490	1.34	—	—			
5	FW-T-4	47N	119	382	3.21	—	47N	128	458	3.57	—	—			
6	THD-T-17	12	108	363	3.36	—	12	251	410	1.63	—	—			
7	CWT-T-1-2	7	118	252	2.13	—	7	172	280	1.62	—	—			
8	CWT-T-2	20	170	321	1.88	○	20	304	378	1.24	—	○			
9	CW-T-10	1N	171	386	2.25	—	1N	292	464	1.58	—	—			
10	FW-T-3	351	184	382	2.07	—	351	242	458	1.89	—	—			
11	FP-T-E1	48Z	153	321	2.09	—	48Z	297	378	1.27	—	—			
12	RWL-T-1	146	183	366	2.00	—	142	308	462	1.50	—	—			
13	DR-T-E1	26	143	310	2.16	—	26	278	346	1.24	—	—			
14	DR-T-E2	16	153	310	2.02	—	16	266	346	1.30	—	—			

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3管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS													
		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	TSW-T-1	812	106	360	3.39	-	812	167	490	2.93	-	-			
2	TSW-T-2	16	45	360	8.00	-	16	41	490	11.95	-	-			
3	TSW-Y-1	609	171	360	2.10	-	609	364	490	1.34	-	-			
4	FW-T-4	47N	119	382	3.21	-	47N	128	458	3.57	-	-			
5	THD-T-17	12	108	363	3.36	-	12	251	410	1.63	-	-			
6	CWT-T-1-2	7	118	252	2.13	-	7	172	280	1.62	-	-			
7	CWT-T-2	20	170	321	1.88	○	20	304	378	1.24	○	-			
8	CW-T-10	1N	171	386	2.25	-	1N	292	464	1.58	-	-			
9	FW-T-3	351	184	382	2.07	-	351	242	458	1.89	-	-			
10	FP-T-E1	48Z	153	321	2.09	-	48Z	297	378	1.27	-	-			
11	RWL-T-1	146	183	366	2.00	-	142	308	462	1.50	-	-			
12	DR-T-E1	26	143	310	2.16	-	26	278	346	1.24	-	-			
13	DR-T-E2	16	153	310	2.02	-	16	266	346	1.30	-	-			

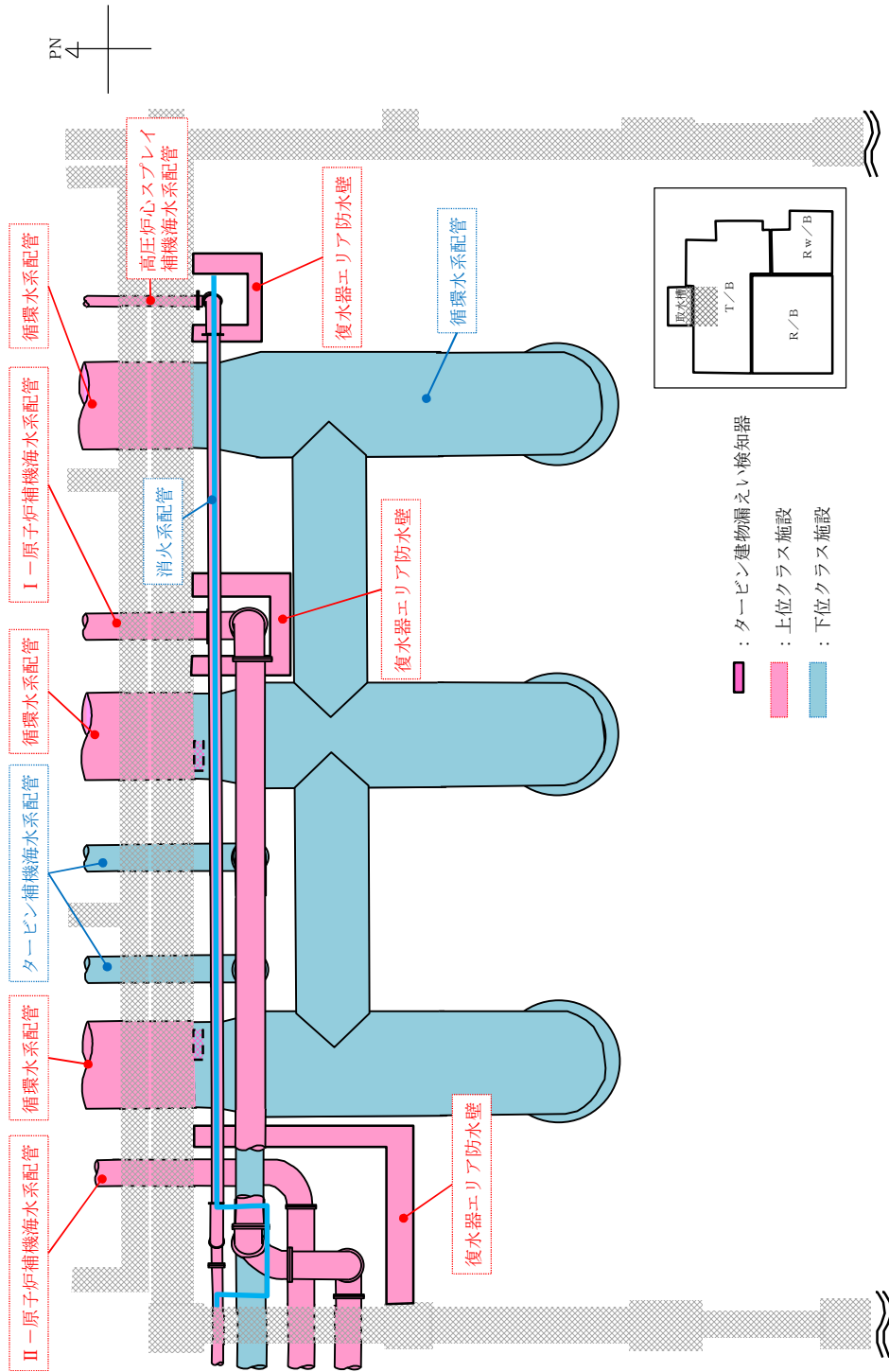


図 2-1-1-1 配置概要 (全体図 : タービン建物 EL. 2,000m, 5,500m)

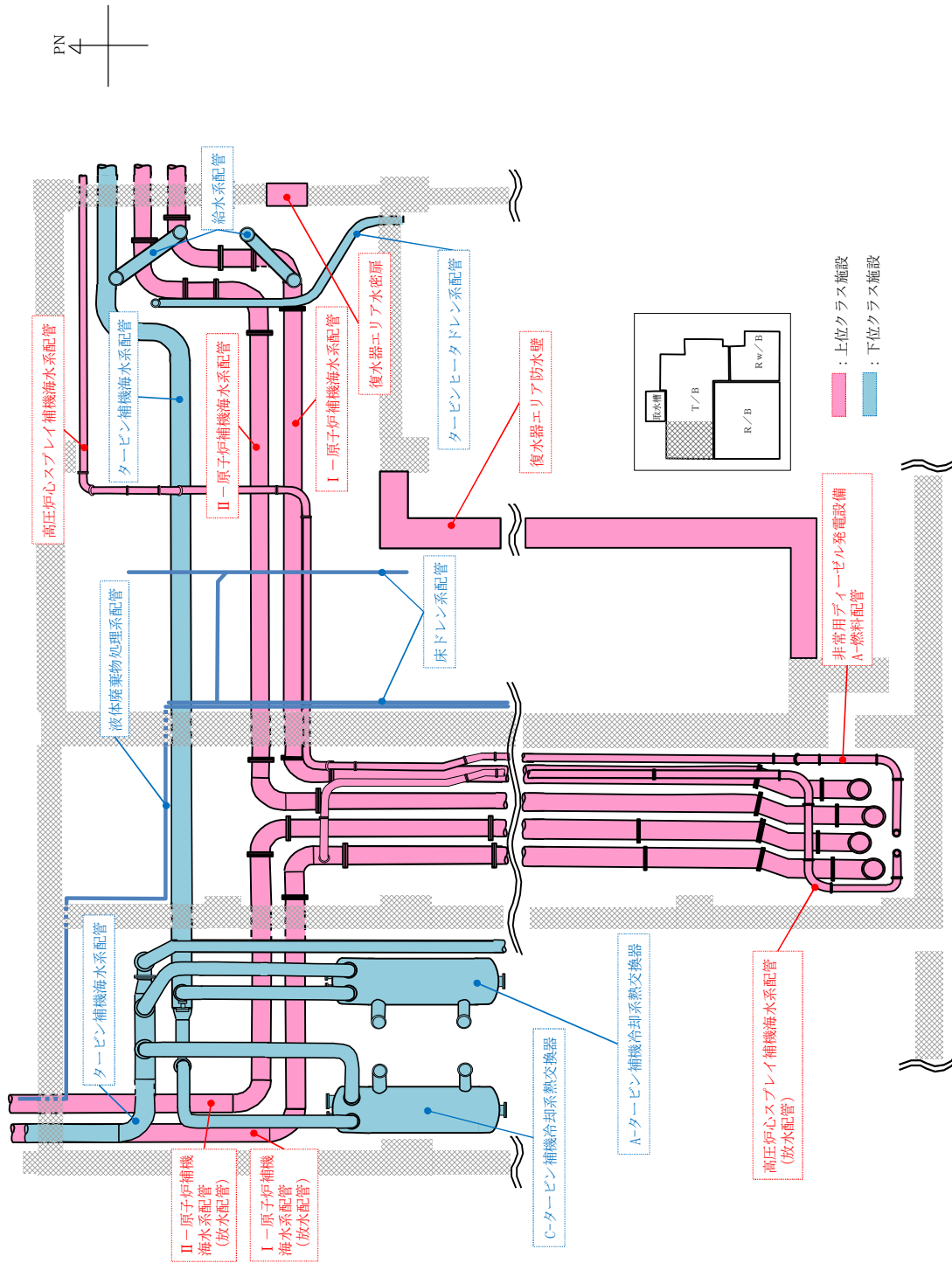


図 2-1-1-2 配置概要 (全体図：タービン建物 EL. 2.000m)

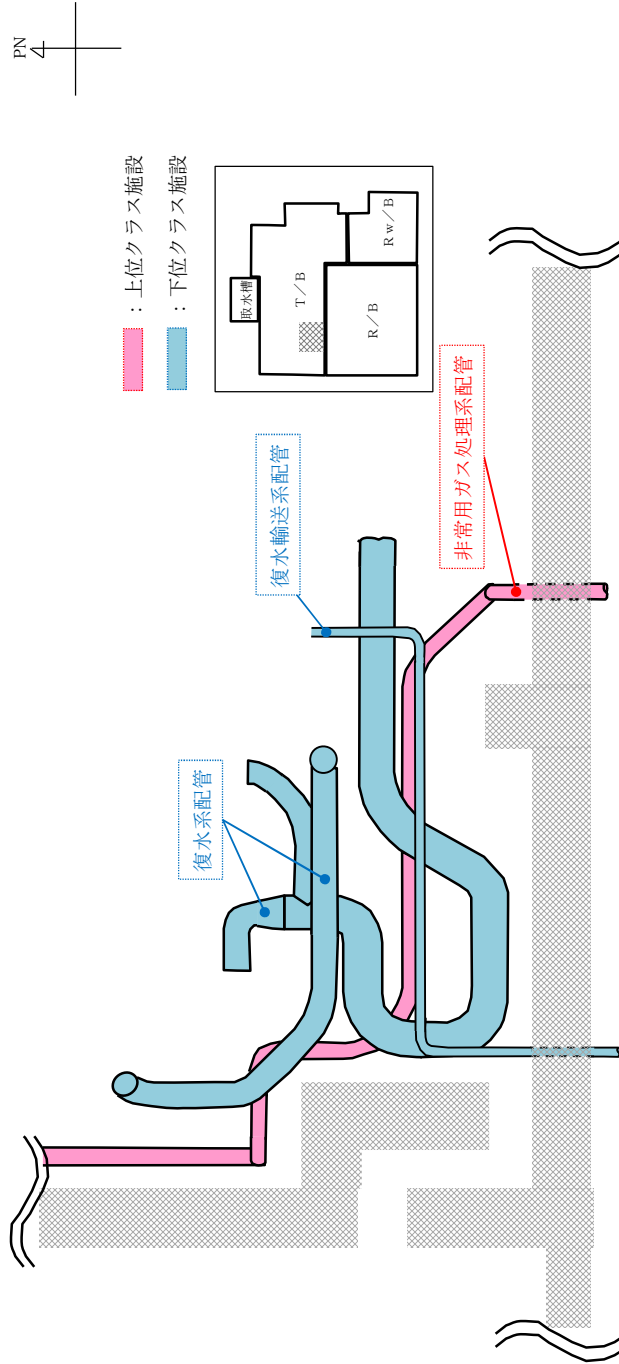


図 2-1-1-3 配置概要 (全体図：タービン建物 EL. 5.500m)

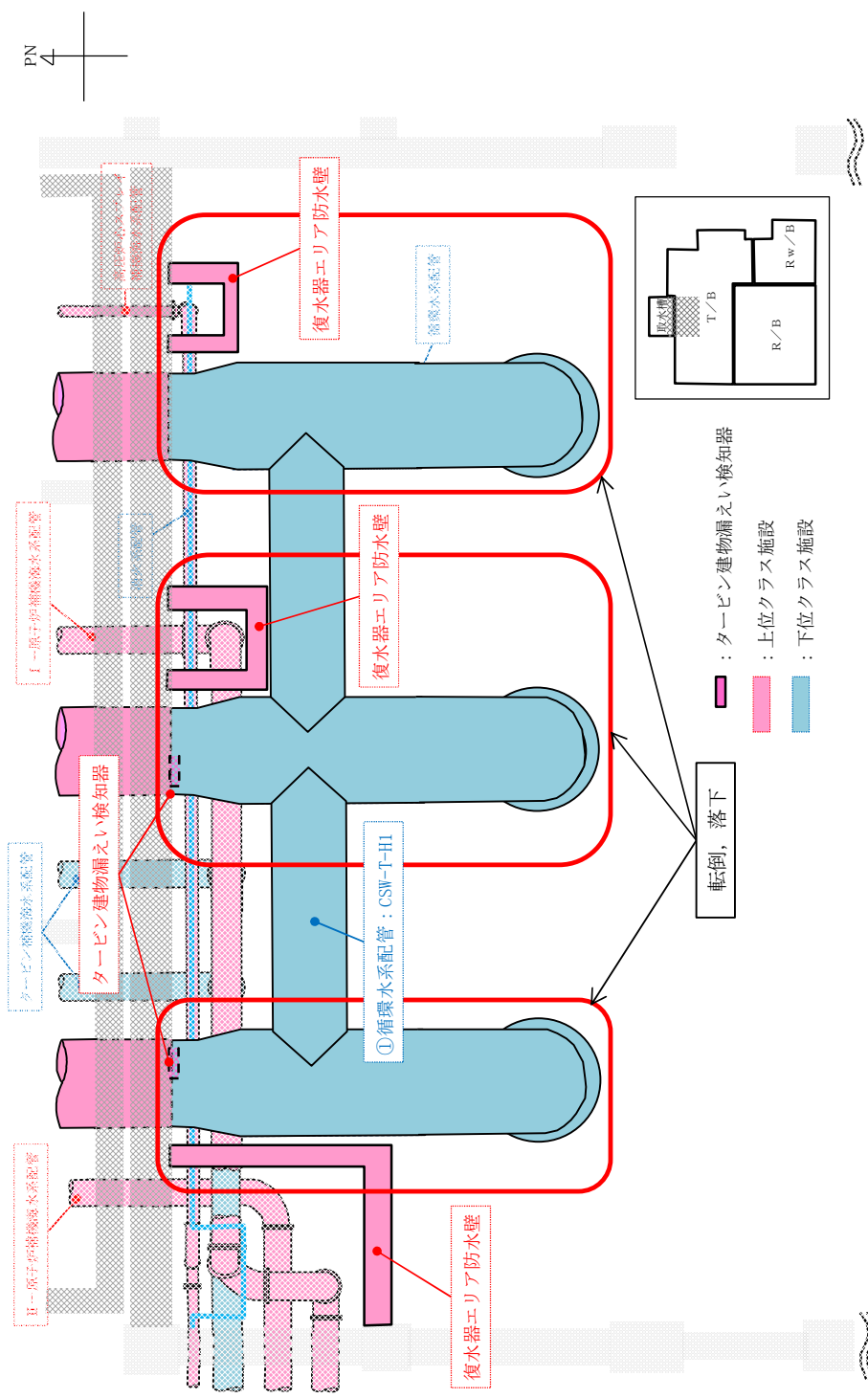


図 2-2-1 配置概要 (循環水系配管)

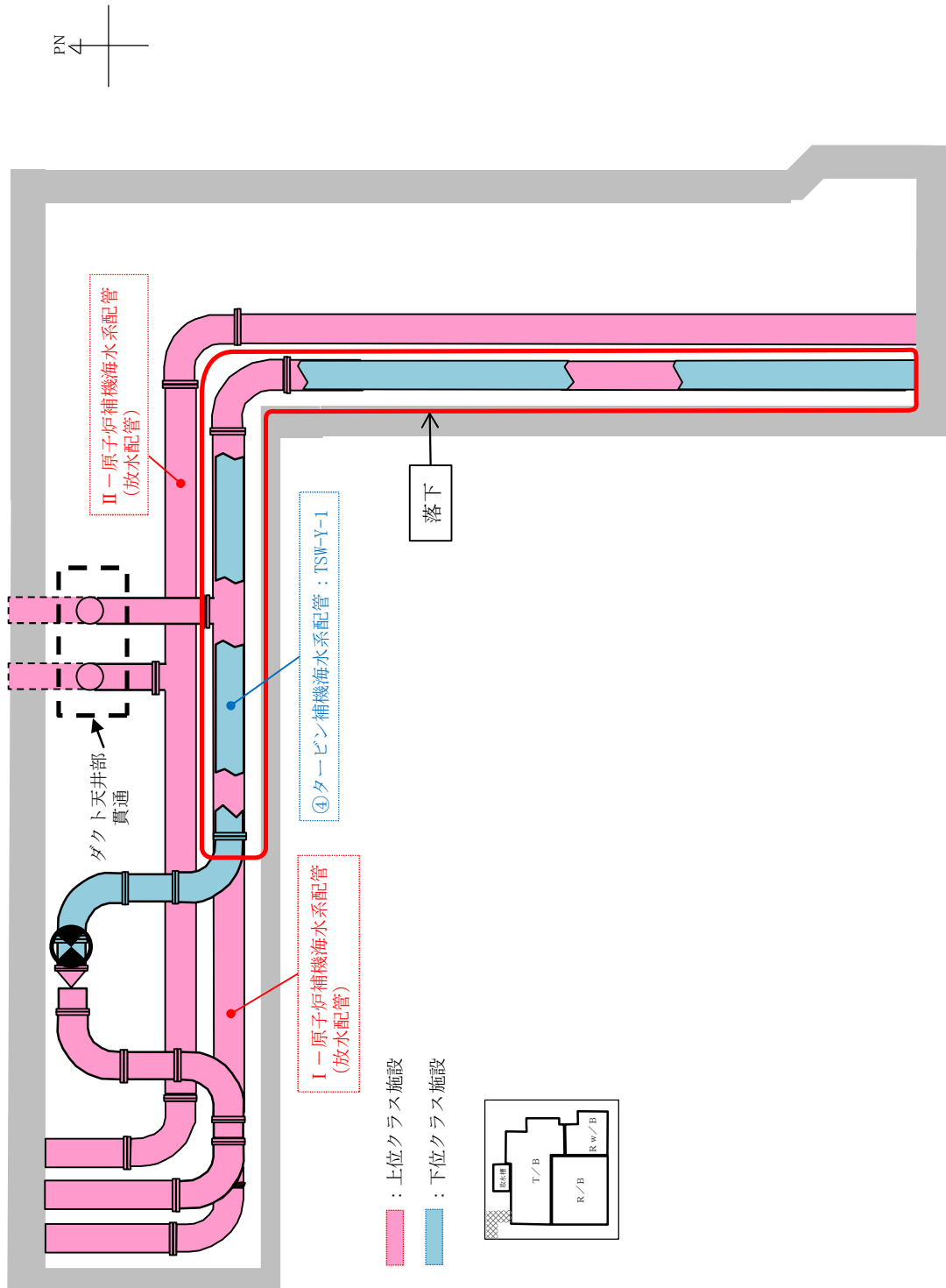


図 2-2-5 配置概要 (タービン補機海水系配管)

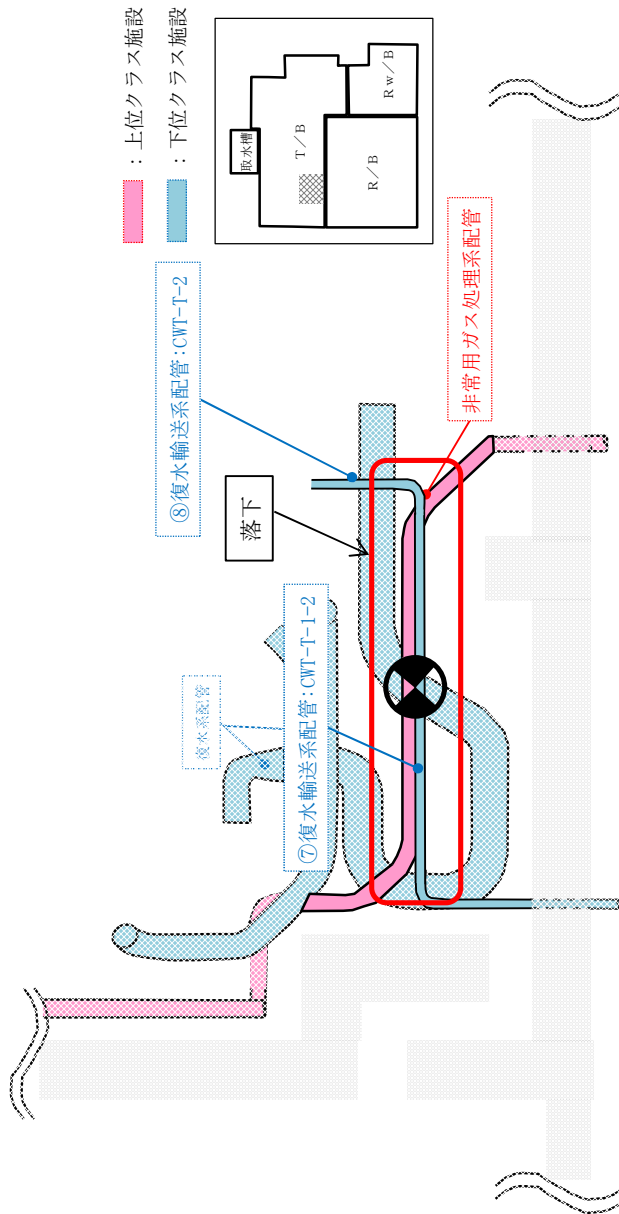


図 2-2-8 配置概要 (復水輸送系配管)

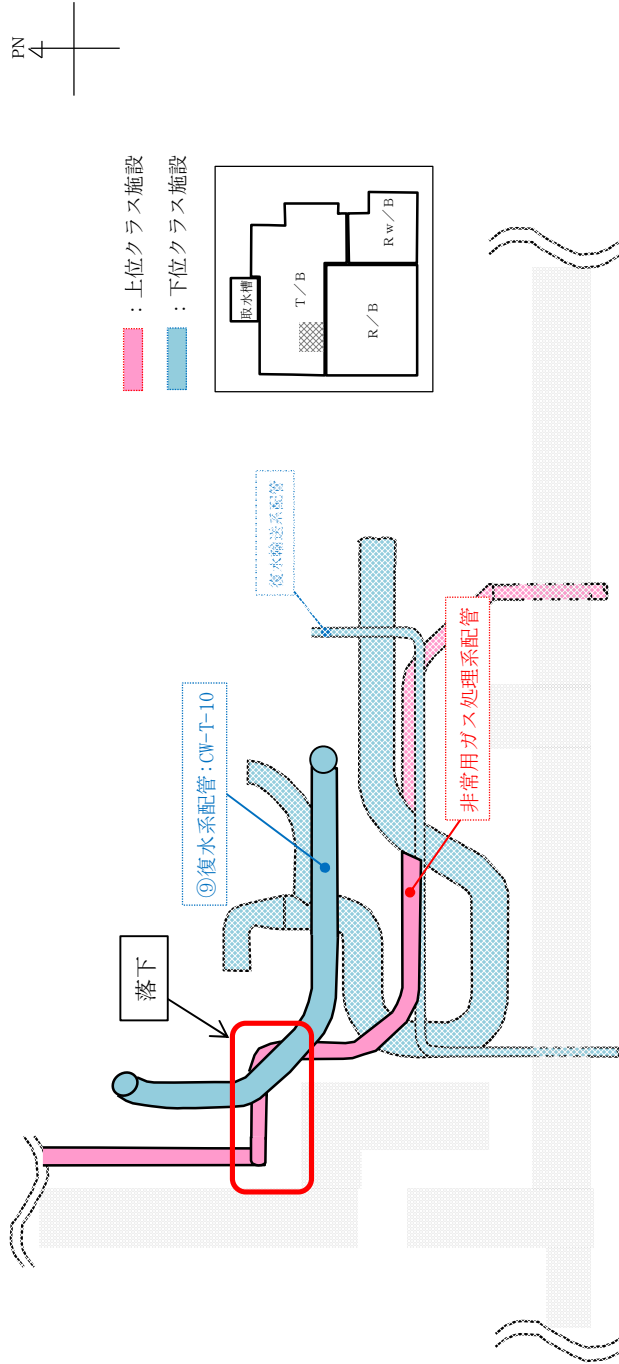


図 2-2-9 配置概要 (復水系配管)

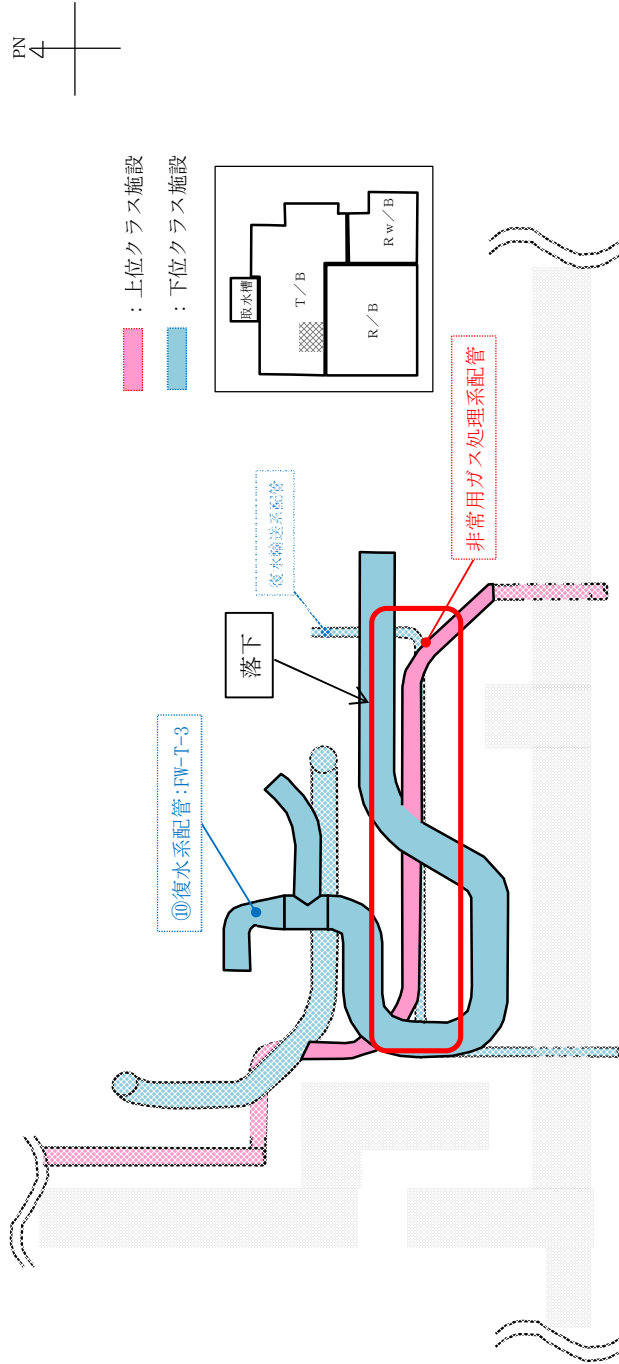


図 2-2-10 配置概要 (復水系配管)

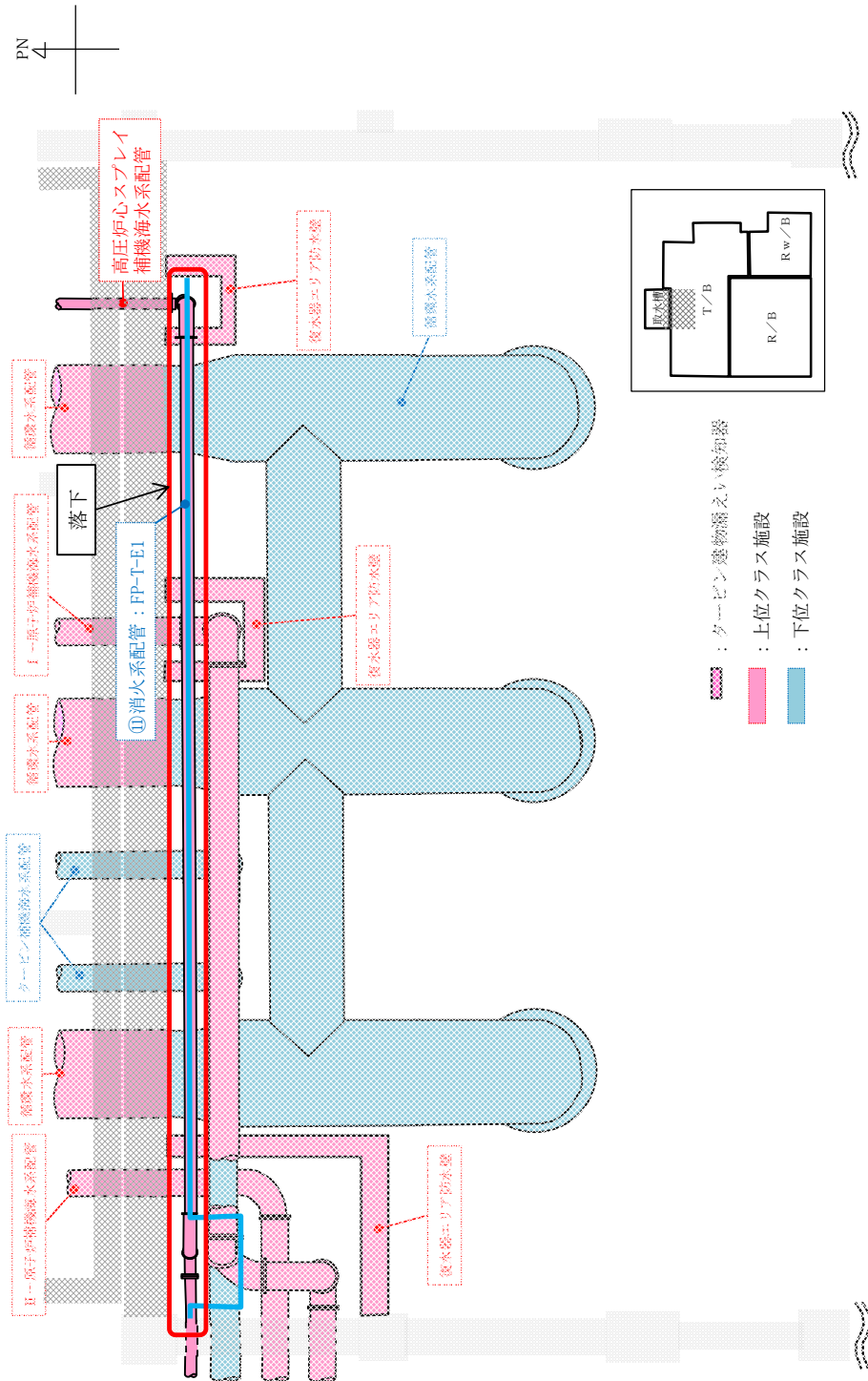


図 2-2-11 配置概要 (消火系配管)

CSW-T-H1

鳥瞰図

FW-T-4

鳥瞰図

THD-T-17 (1/2)

鳥瞰図

THD-T-17 (2/2)

鳥瞰図

CWT-T-1-2

鳥瞰図

CWT-T-2 (1/3)

鳥瞰図

CWT-T-2 (2/3)

鳥瞰図

CWT-T-2 (3/3)

鳥瞰図

CW-T-10

鳥瞰図

FW-T-3 (1/4)

鳥瞰図

FW-T-3 (2/4)

鳥瞰図

FW-T-3 (3/4)

鳥瞰図

FW-T-3 (4/4)

鳥瞰図

RWL-T-1 (2/3)

鳥瞰図

RWL-T-1 (3/3)

鳥瞰図

DR-T-E1 (2/2)

鳥瞰図

DR-T-E2 (1/2)

鳥瞰図

DR-T-E2 (2/2)

鳥瞰図

補足-027-10-5 電気盤等の水平方向の機能維持評価用加速度
の設定方法について

目 次

1. 概要	1
2. 影響検討対象	1
3. 電気盤等の水平方向応答増幅の影響確認方法	1
4. 影響確認結果	2

1. 概要

電気盤、計装ラック（以下「電気盤等」という。）は、独立行政法人原子力安全基盤機構で実施された電気盤等の加振試験*より、固有振動数 20Hz 以上であっても、器具取付位置での応答は、水平方向入力に対して応答増幅があることが確認されている。

当該事象を踏まえて島根原子力発電所 2 号機の電気盤等の電氣的機能維持評価結果への影響を確認する。

なお、電気盤等の鉛直方向については、構造上設置床から上下方向に梁があり水平方向に比べて固有振動数は高く、応答増幅の影響は小さいと考えられるため、水平方向を対象に影響を確認する。

注記*：独立行政法人原子力安全基盤機構平成 16 年度原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書その 1（横型ポンプ、電気品）

2. 影響検討対象

応答増幅が考えられるのは直立形の電気盤等であることから、直立形の電気盤等に分類される直立形、ベンチ形の盤及び直立形の計装ラックを影響検討の対象とする。なお、電気盤等の中で設備全体を試験対象として加振試験を実施している設備については、加振試験時に盤の応答増幅が考慮されているため、検討対象外とする。

3. 電気盤等の水平方向応答増幅の影響確認方法

電気盤等については、固有振動数 20Hz 以上の剛構造とすることを基本として設計している。

電気盤等の応答増幅の影響を確認するため、設計用床応答スペクトル I の 20Hz における加速度と電気盤等に取り付けられる器具の機能確認済加速度を比較し、応答増幅を考慮しても電氣的機能を維持できることを確認する。表 3-1 に電気盤等の設置場所での設計用床応答スペクトル I の 20Hz における加速度を設計用震度 I（1.0ZPA）と比較して示す。

表 3-1 設計用床応答スペクトル I の 20Hz における加速度

建物	床面高さ (m) *1	水平方向 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
		加速度*2	設計用震度 I (1.0ZPA)
原子炉建物	EL 34.800	1.82	1.17
	EL 30.500	1.81	1.46
	EL 23.800	1.97	1.02
	EL 15.300	2.05	0.92
	EL 8.800	1.55	0.88
	EL 1.300	1.45	0.81
制御室建物	EL 16.900	2.43	1.96
廃棄物処理建物	EL 22.100	2.41	1.10
	EL 16.900	1.97	1.07
	EL 12.300	1.78	1.03
ガスタービン発電機建物	EL 54.500	2.62	1.43
	EL 47.500	2.03	0.96
緊急時対策所	EL 50.250	2.25	1.22
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	EL 8.200	1.36	0.95
	EL 0.700	3.19	3.02

注記*1：電気盤等が設置される床面高さのみを示す。

*2：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用床応答スペクトル I のうち電気盤の減衰定数 4.0%の 20Hz における加速度を記載

4. 影響確認結果

表 4-1 に電気盤等の影響確認結果を示す。なお、影響確認結果については電気盤等の設置場所ごとに最も機能確認済加速度が小さい電気盤等を代表で記載する。

表 4-1 に示すとおり、水平方向の応答増幅を考慮した評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、電気的機能を維持できることを確認した。

表 4-1 電気盤等の応答増幅の影響確認結果

建物	床面高さ (m)	電気盤等名称	水平方向 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			評価用加速度*	機能確認済 加速度
原子炉建物	EL 34.800	HPAC 直流 コントロールセンタ	1.82	
	EL 30.500	燃料プール熱電対式 水位計制御盤	1.81	
	EL 23.800	2C-メタルクラッド 開閉装置	1.97	
	EL 15.300	原子炉水位 (広帯域) (計装ラック)	2.05	
	EL 8.800	2HPCS-メタルクラッド 開閉装置	1.55	
	EL 1.300	原子炉隔離時冷却ポン プ出口流量 (計装ラック)	1.45	
制御室建物	EL 16.900	起動領域モニタ盤	2.43	
廃棄物処理 建物	EL 22.100	1・2号SPDS伝送 用ゲートウェイ盤・デ ータ収集盤	2.41	
	EL 16.900	A-原子炉保護継電器盤	1.97	
	EL 12.300	B-115V 系直流盤	1.78	
ガスタービン 発電機建物	EL 54.500	2号緊急用メタクラ	2.62	
	EL 47.500	発電機制御盤	2.03	5.1
緊急時対策所	EL 50.250	緊急時対策所 低圧 受電盤・低圧母線盤	2.25	
低圧原子炉 代替注水 ポンプ格納槽	EL 8.200	SA ロードセンタ	1.36	
	EL 0.700	低圧原子炉代替注水槽 水位 (計装ラック)	3.19	

注記* : 表 3-1 に示す設計用床応答スペクトル I の 20Hz における加速度

補足-027-10-6 原子炉再循環ポンプの軸固着に対する評価について

目 次

1. 概要	1
2. P L Rポンプ及びモータ軸受の軸固着の検討方針	1
3. P L Rポンプ及びモータ軸受構造	1
4. P L Rポンプモータのスラスト軸受評価	2
4.1 スラスト軸受の評価方針	2
4.2 モータ軸受の構造概要	2
4.3 スラスト軸受の許容荷重	3
4.4 スラスト軸受の発生荷重	5
4.4.1 鉛直上向き	5
4.4.2 鉛直下向き	6
4.5 スラスト軸受の評価結果	6
5. P L Rポンプ及びモータのラジアル軸受評価	7
5.1 ラジアル軸受の評価方針	7
5.2 ポンプ軸受の構造概要	7
5.3 ラジアル軸受の許容値	8
5.4 ラジアル軸受の発生荷重	9
5.5 ラジアル軸受の評価結果	10
6. コーストダウン運転時の評価	12
6.1 評価方針	12
6.2 評価条件	12
6.3 評価結果	13
6.3.1 事象進展	13
6.3.2 評価項目等	13
7. 結論	14

1. 概要

クラス1ポンプである原子炉再循環ポンプ（以下「PLRポンプ」という。）については、JEAG4601・補-1984（重要度分類編 4. 添付資料B.7. 第1種ポンプについて）にて動的機能維持の要求はないが、地震により軸固着を生じないことを確認することが求められている。このため、軸固着が生じず、PLRポンプの回転機能が維持可能であることを確認した。以下に評価内容を示す。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・「VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉再循環系）」

2. PLRポンプ及びモータ軸受の軸固着の検討方針

PLRポンプ及びモータ軸受の軸固着の検討としては、JEAG4601・補-1984及びJEAG4601-1991 追補版に記載の動的機能維持評価のうち、軸受部の損傷がなければ回転機能は維持されるため、軸受評価を実施する。

3. PLRポンプ及びモータ軸受構造

PLRポンプ及びモータ軸受の構造概要図を図1に、支持構造物及び地震応答解析モデルを図2に示す。

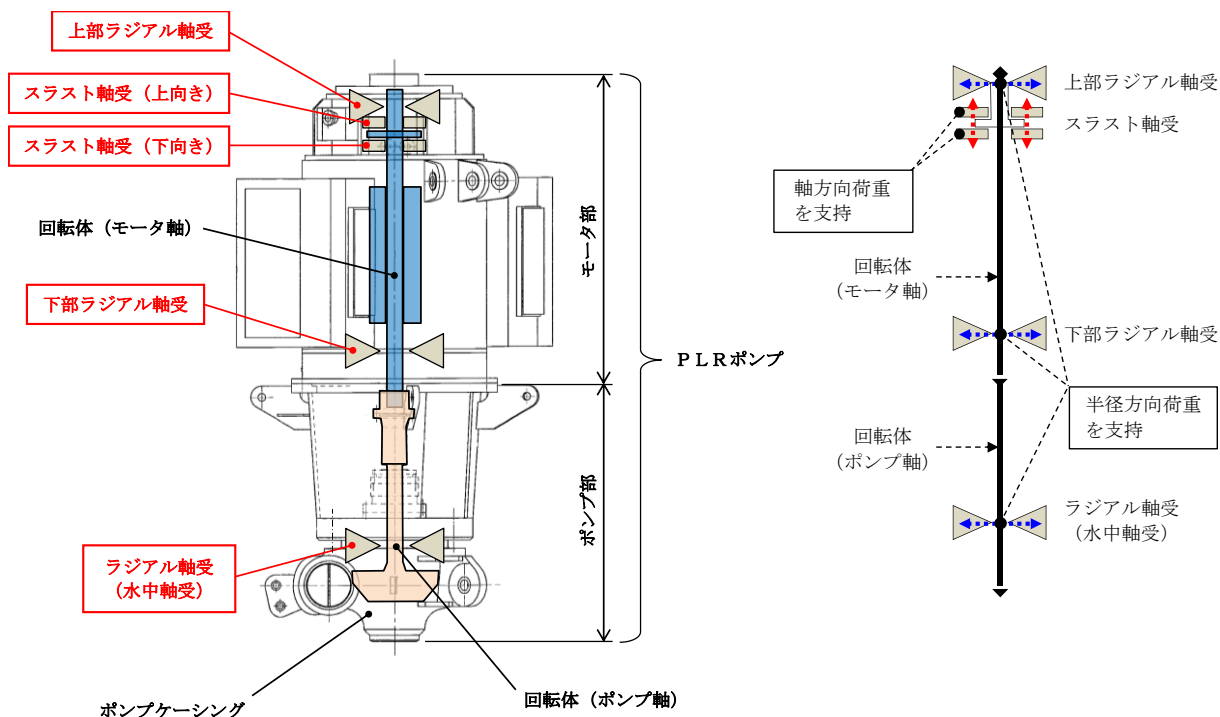


図1 PLRポンプ及びモータ軸受構造概要図

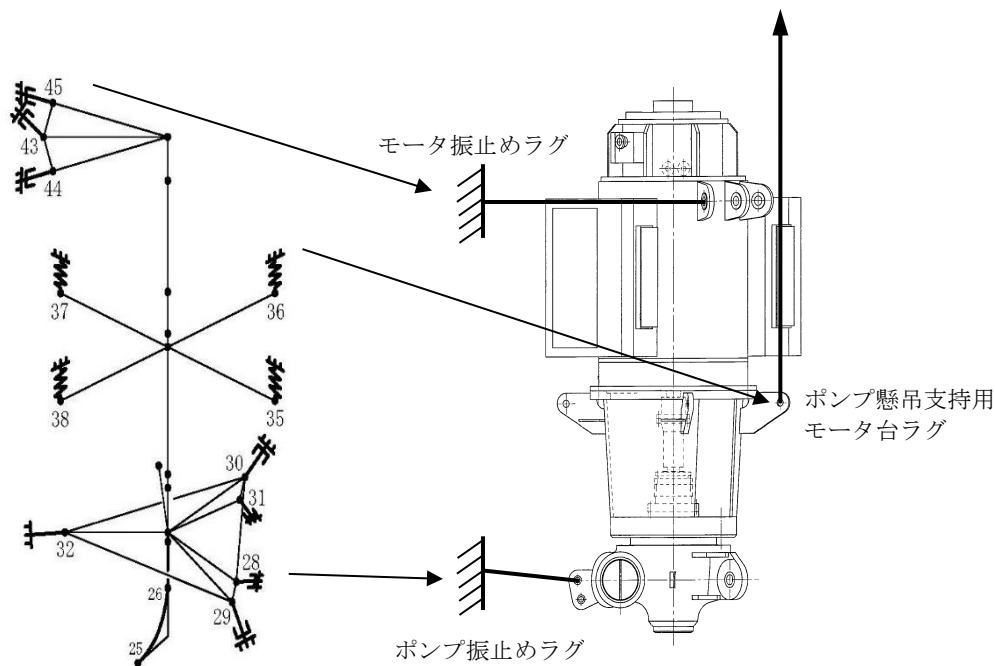


図2 PLRポンプ及びモータの支持構造物及び地震応答解析モデル

4. PLRポンプモータのスラスト軸受評価

4.1 スラスト軸受の評価方針

軸受評価は、スラスト軸受の許容荷重と、基準地震動 S_s による地震時にPLRポンプに発生する鉛直方向荷重の比較にて実施する。すなわち「許容荷重 > 発生する鉛直方向荷重」であればスラスト軸受の健全性は確保される。

4.2 モータ軸受の構造概要

PLRポンプモータ軸受の構造図を図3及び図4に示す。上部軸受は、スラスト軸受（上向き）、スラスト軸受（下向き）及び上部ラジアル軸受から構成されており、下部軸受は下部ラジアル軸受にて構成されている。上部軸受は回転体の上部シャフトカラーを上下で挟むようにスラスト軸受（上向き）とスラスト軸受（下向き）が設置されており、それぞれの軸受は上部軸受支持構造物で支えられている。また、スラスト軸受（上向き）とスラスト軸受（下向き）はレベリングプレート及びベースリングにて位置調整されている。上部ラジアル軸受は12本の取付ボルトにて上部軸受支持構造物で支えられている。

上部ラジアル軸受と同様に下部ラジアル軸受は8本の取付ボルトにて下部軸受支持構造物で支えられている。

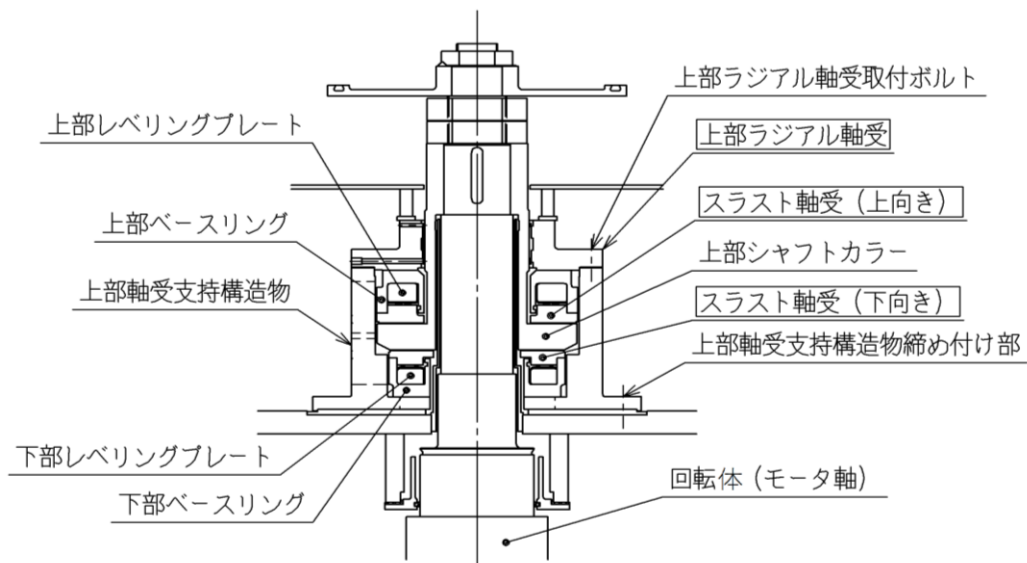


図3 PLRポンプモータ軸受構造図 (上部)

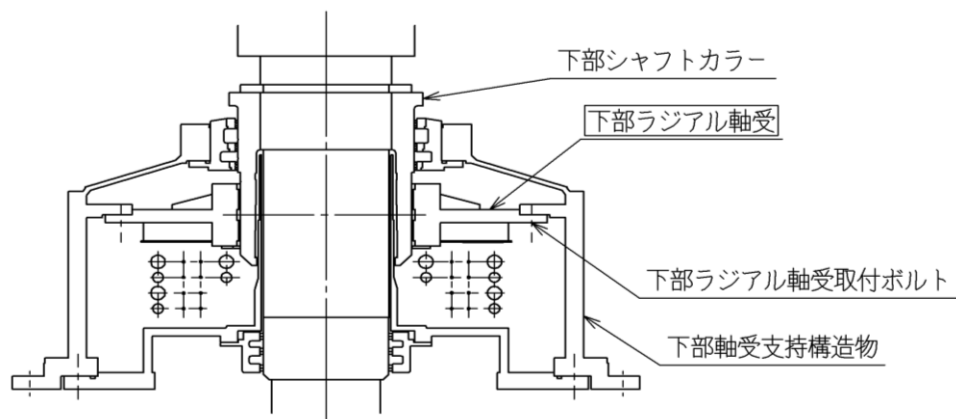


図4 PLRポンプモータ軸受構造図 (下部)

4.3 スラスト軸受の許容荷重

スラスト軸受の許容荷重については、軸受構造上の許容荷重と油膜形成上の許容荷重を比較することで求める。

a. 軸受構造上の許容荷重

軸受構造物については軸受を構成する各部品について、上向き及び下向きスラスト荷重に対する許容荷重を算出する。当該モータにおいては、構成部品のうちで最も低い許容荷重を有する箇所はベースリングであり、軸受が動作を継続できる最大の荷重を軸受構造物の許容荷重としている。

b. 油膜形成上の許容荷重

油膜形成上の許容荷重は軸受油膜特性（油膜厚さと軸受荷重の関係）と最小油膜厚さより求めている（図5参照）。

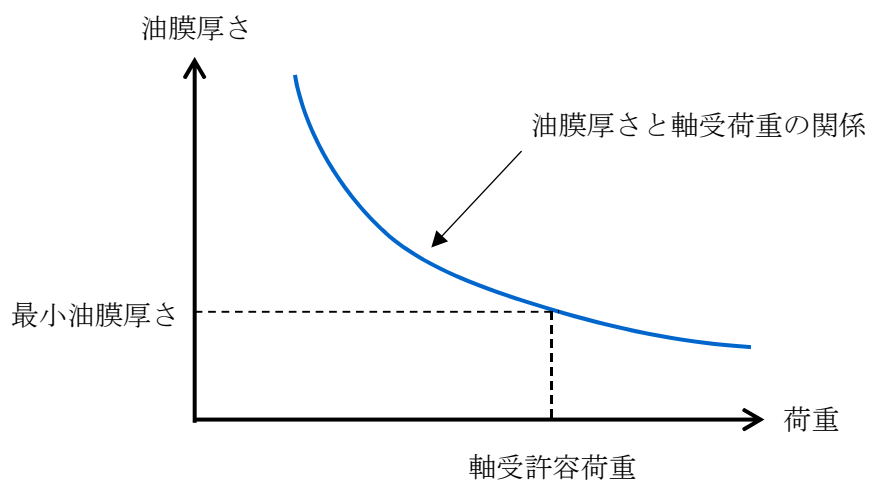


図5 軸受許容荷重算出概念図

c. 軸受の許容荷重

スラスト軸受の許容荷重を表1に示す。

表1 PLRポンプモータ軸受の許容荷重

種別	軸受構造上の許容荷重	油膜形成上の許容荷重	許容荷重
スラスト軸受 (上向き)			
スラスト軸受 (下向き)			

4.4 スラスト軸受の発生荷重

4.4.1 鉛直上向き

PLRポンプ軸には、再循環系の圧力等によるスラスト力が上向きに作用している。鉛直上向きの発生荷重については上向きに作用するスラスト力と基準地震動 S_s による鉛直方向加速度により発生する荷重を下式により算出する。また、上向きに作用するスラスト力には下向きに発生するスラスト流体力は考慮しない。

なお、評価で用いる加速度は、添付書類「VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉再循環系）」の解析を行った結果で得られた、A系及びB系の2系統あるPLRポンプ及びモータの質点に生じる鉛直方向加速度のうち最大の値を用いる。

$$\begin{aligned} \text{「発生荷重」} &= \text{「内圧等によるスラスト力」} + \text{「浮力」} \\ &+ \text{「回転体の質量」} \times \text{「鉛直方向地震加速度－重力加速度」} \end{aligned}$$

<算出方法>

以下の式により算出する。

$$A_1 = B_1 + C + D \times (E - g)$$

A_1 : 鉛直上向き方向発生荷重

B_1 : 内圧等によるスラスト力（上向き）（スラスト流体力除く）（= (kN)）*1

C : 浮力（= (kN)）*2

D : 回転体の質量（= (ton)）

E : 鉛直方向地震加速度（=24(m/s²））

g : 重力加速度（=9.80665(m/s²））

注記 *1 : PLRポンプ通常運転中は内圧等によるスラスト力が上向きに作用しているため、モータスラスト軸受（上向き）にてスラスト力を保持している。

*2 : PLRポンプ回転体の一部は水中にあるため浮力が作用する。

$$\begin{aligned} \text{「浮力」} &= \text{「PLRポンプ回転体接液部の体積(m}^3\text{)」} \\ &\times \text{「水密度(kg/m}^3\text{)」} \times g \times 10^{-3} \\ &= \text{} \times 755 \times 9.80665 \times 10^{-3} = \text{} \div \text{} \text{(kN)} \\ &\text{(水密度はプラント通常運転時における値)} \end{aligned}$$

以上より

$$A_1 = \text{} + \text{} + \text{} \times (24 - 9.80665) = \text{} \div \text{} \text{(kN)}$$

であるため鉛直上向き方向発生荷重は $A_1 = \text{}$ (kN)となる。

4.4.2 鉛直下向き

「4.4.1 鉛直上向き」と同様に、鉛直下向きに対して評価を行う。鉛直下向きの評価にあたっては、下向きに発生するスラスト流体力を考慮する。浮力については考慮しない。

$$\begin{aligned} \text{「発生荷重」} &= \text{「回転体の質量」} \times \text{「鉛直方向地震加速度} + \text{重力加速度」} \\ &\quad - \text{「内圧等によるスラスト力」} \end{aligned}$$

<算出方法>

以下の式により算出する。

$$A_2 = D \times (E + g) - B_2$$

A_2 : 鉛直下向き方向発生荷重

B_2 : 内圧等によるスラスト力 (上向き) (スラスト流体力含む)
(= (kN))

D : 回転体の質量 (= (ton))

E : 鉛直方向地震加速度 (= $24 \text{ (m/s}^2\text{)}$)

g : 重力加速度 (= $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$)

以上より

$$A_2 = \text{} \times (24 + 9.80665) - \text{} = \text{} \div \text{} = \text{} \text{ (kN)}$$

であるため鉛直下向き方向発生荷重は $A_2 = \text{} \text{ (kN)}$ となる。

4.5 スラスト軸受の評価結果

評価結果を表2に示す。評価の結果、PLRポンプモータのスラスト軸受部に発生する荷重は許容荷重以下であるため、PLRポンプモータのスラスト軸受の健全性は確保される。

表2 PLRポンプモータ軸受の評価結果

種別	発生荷重	許容荷重
スラスト軸受 (上向き)		
スラスト軸受 (下向き)		

5. P L Rポンプ及びモータのラジアル軸受評価

5.1 ラジアル軸受の評価方針

P L Rポンプ及びモータのラジアル軸受の評価方法は4項のスラスト軸受と同様，ラジアル方向の許容値と発生する水平方向荷重を比較することで行う。

なお，ラジアル軸受としては，P L Rポンプに1つ，P L Rポンプモータに2つある。

5.2 ポンプ軸受の構造概要

P L Rポンプ軸受の構造図を図6に示す。P L Rポンプのラジアル軸受は水中軸受であり，ポンプ軸と軸受の間に水膜を形成することで，ポンプの回転機能を維持している。P L Rポンプ軸受は，静止構造物であるケーシングカバーに8本の軸受取付ボルトにて取付けられている。

なお，P L Rポンプモータのラジアル軸受については図3及び図4に示すとおりである。

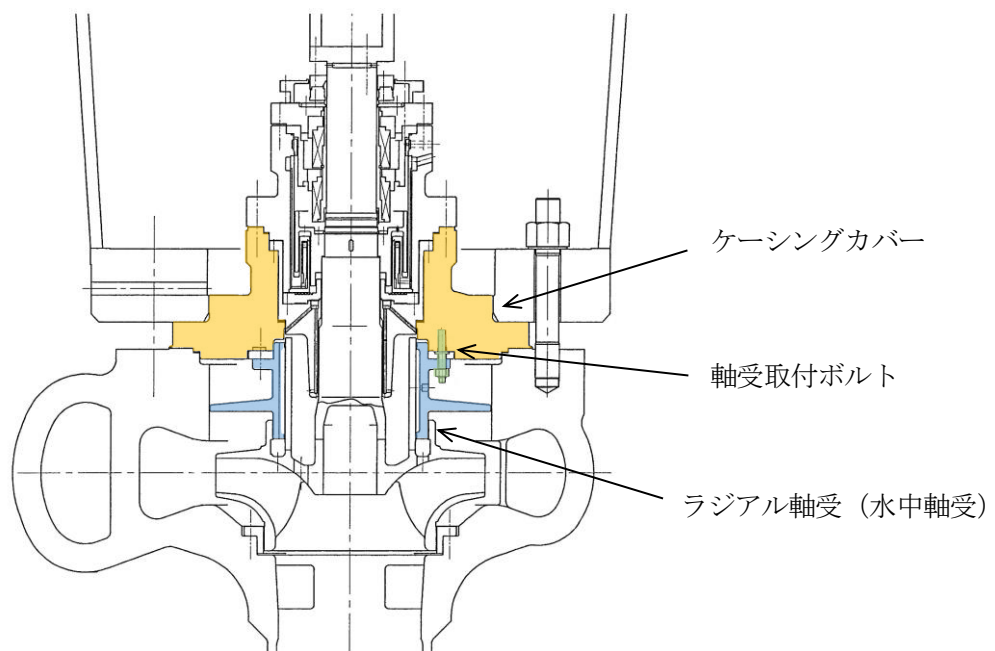


図6 P L Rポンプ軸受構造図

5.3 ラジアル軸受の許容値

4.3項のスラスト軸受と同様の考え方により P L R ポンプ及びモータのラジアル軸受の許容値としては、以下の2つの考え方に基づいて設定している。

【 P L R ポンプ】

a. 軸受構造上の許容応力

P L R ポンプ軸受の構造上の許容応力として、軸受を締結している軸受取付ボルトの許容応力として設定するもの。

b. 水膜形成上の許容荷重

P L R ポンプ軸と軸受間の水膜が維持される（ポンプ軸と軸受が接触しない）許容荷重として設定するもの。

【 P L R ポンプモータ】

a. 軸受構造上の許容荷重

P L R ポンプモータ軸受の構造上の許容荷重として、上部ラジアル軸受取付ボルトと下部ラジアル軸受取付ボルトの許容荷重として設定するもの。

b. 油膜形成上の許容荷重

P L R ポンプモータ軸と軸受間の油膜が維持される（モータ軸と軸受が接触しない）許容荷重として設定するもの。

P L R ポンプ軸受の許容値を表3に、 P L R ポンプモータ軸受の許容荷重を表4に示す。

表3 P L R ポンプ軸受の許容値

種別	軸受構造上の 許容応力	水膜形成上の 許容荷重
ラジアル軸受		

表4 P L R ポンプモータ軸受の許容荷重

種別	軸受構造上の 許容荷重	油膜形成上の 許容荷重	許容荷重
上部ラジアル軸受			
下部ラジアル軸受			

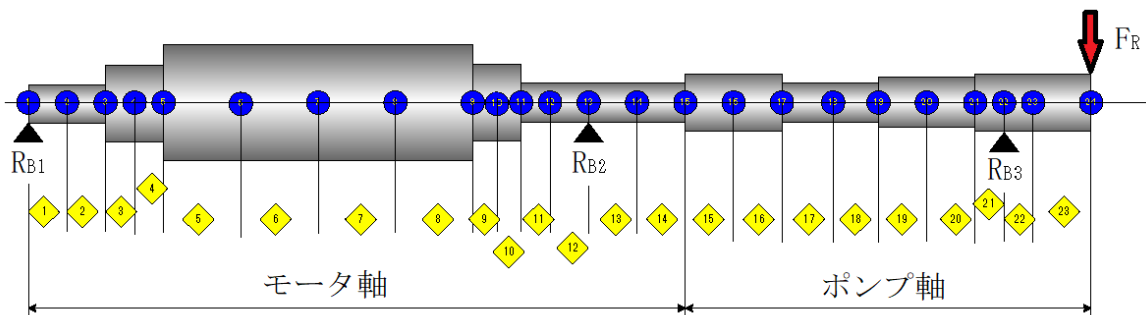
5.4 ラジアル軸受の発生荷重

ラジアル軸受の発生荷重については、ポンプ回転による半径方向荷重(ラジアル流体力)と基準地震動 S_s による地震荷重を考慮し、図7に示す P L R ポンプ及びモータの回転体系の荷重のつり合い解析にて求める。

$$\text{「発生荷重」} = \text{「ラジアル流体力」} + \text{「地震荷重」}$$

地震時の発生加速度は、添付書類「VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書(原子炉再循環系)」の解析を行った結果で得られた、A系及びB系の2系統ある P L R ポンプ及びモータの質点に生じる水平方向加速度のうち最大の値を用いる(下表参照)。

評価部位	水平方向加速度
ポンプ部	32 (m/s ²)
モータ部	41 (m/s ²)



記号の説明

記号	記号名称
R_{B1}	モータ上部ラジアル軸受部反力
R_{B2}	モータ下部ラジアル軸受部反力
R_{B3}	ポンプラジアル軸受部反力
F_R	ラジアル流体力

図7 回転体の荷重のつり合い解析モデル

図7のモデルによる荷重のつり合い解析を行い、各ラジアル軸受の反力 R_{B1} (モータ上部ラジアル軸受), R_{B2} (モータ下部ラジアル軸受), R_{B3} (ポンプラジアル軸受) を求め、これをラジアル軸受の発生荷重としている。解析結果を表5に示す。

表5 ラジアル軸受の発生荷重

種別	発生荷重
モータ上部ラジアル軸受	85 (kN)
モータ下部ラジアル軸受	136 (kN)
ポンプラジアル軸受	34 (kN)

5.5 ラジアル軸受の評価結果

P L R ポンプ軸受の評価結果を表6に、P L R ポンプモータ軸受の評価結果を表7に示す。評価の結果、P L R ポンプ及びモータのラジアル軸受部に発生する荷重は許容値以下であるため、P L R ポンプ及びモータのラジアル軸受の健全性は確保される。

表6 P L R ポンプ軸受の評価結果

種別	発生値	許容値
ラジアル軸受 (水膜形成上)		
ラジアル軸受 (軸受構造上)		

表7 P L R ポンプモータ軸受の評価結果

種別	発生荷重	許容荷重
上部ラジアル軸受		
下部ラジアル軸受		

4項及び5項の評価で考慮した各発生荷重について、表8「P L R ポンプ及びモータ軸受到作用する荷重」にまとめる。

表8 P L R ポンプ及びモータ軸受に作用する荷重

No.	P L R ポンプ及びモータ軸受に発生する荷重		荷重を受ける軸受	考慮する荷重の方向	補足説明
	分類	発生する荷重			
1	内圧による荷重	P L R 系統内圧により発生するスラスト力（上向き）	スラスト軸受（上向き，下向き）	鉛直上向き	運転中，軸受に定常的に作用する荷重であることから考慮している。
2	浮力	回転体接液部にかかる浮力（上向き）	スラスト軸受（上向き）	鉛直上向き	運転中，軸受に定常的に作用する鉛直上向きの荷重である。 保守的な評価として，スラスト軸受（下向き）に対しては考慮せず，スラスト軸受（上向き）に対しては考慮する。
			スラスト軸受（下向き）	考慮しない	
3	死荷重	回転体自重（下向き）	スラスト軸受（上向き，下向き）	鉛直下向き	運転中，軸受に定常的に作用する荷重であることから考慮している。
4	機械的荷重	機械の振動による荷重	ラジアル軸受	考慮しない	回転体の危険速度は定格回転速度よりも十分に高く，静止部材に対する相対振動は十分小さいことから考慮しない。
5		ラジアル流体力	ラジアル軸受	水平方向	運転中，軸受に定常的に作用する荷重であることから考慮している。
6		スラスト流体力	スラスト軸受（上向き）	考慮しない	スラスト流体力は，以下の2つの荷重が発生する。 ①ポンプヘッドによる荷重（鉛直下向き） ②羽根車の吸込口から出口に向かって水流が方向変化することによる荷重（鉛直上向き） それぞれを足し合わせたスラスト流体力は鉛直下向きの荷重となるため，保守的な評価として，スラスト軸受（上向き）に対しては考慮せず，スラスト軸受（下向き）に対しては考慮する。
7			スラスト軸受（下向き）	鉛直下向き	
8	地震荷重		スラスト軸受（上向き，下向き）	鉛直方向	地震時に鉛直方向加速度の影響を受けることから考慮している。
9			ラジアル軸受	水平方向	地震時に水平方向加速度の影響を受けることから考慮している。

6. コーストダウン運転時の評価

6.1 評価方針

前項までの評価により、PLRポンプ通常運転時には地震の影響で軸固着が生じることはないことを確認した。本項では、PLRポンプの電源（電源は耐震Cクラス）が遮断された後のコーストダウンによる降速状態について、地震の影響の評価を行う。

PLRポンプ通常運転時に対して、コーストダウンで回転速度が低下している状況では、水膜及び油膜形成上の許容荷重は低下していく。そのため、コーストダウンによってPLRポンプが降速する状態においては、地震の影響によって回転体と軸受の接触が生じ、摩擦抵抗が増加して降速の挙動に影響を及ぼし得ると考えられる。実際の地震応答は交番荷重であり、ある一定方向のみ連続して荷重が作用することではなく、2台のPLRポンプで同時に軸固着が生じることは考えにくい。以下においては保守的に、コーストダウン前のPLRポンプ通常運転時に同時に全台が軸固着するものと仮定して、原子炉へ及ぼす影響を解析により評価する。

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

6.2 評価条件

解析条件は、設置変更許可申請書記載の「原子炉冷却材流量の喪失」と起因事象以外は同じとする*。起因事象は「原子炉冷却材ポンプの軸固着」であり、PLRポンプ全台が時刻0秒で軸固着することを仮定する。解析結果の判断基準は、設置変更許可申請書記載の事故に対する判断基準である燃料被覆管最高温度 1200℃以下及び原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力 10.34(MPa [gage]) (最高使用圧力の 1.2 倍) 以下とする。

注記* : MOX燃料採用時の設置変更許可申請書（平成 20 年 10 月 28 日 平成 18・10・23 原第 12 号 許可）

6.3 評価結果

燃料被覆管温度の解析結果を図8に示す。

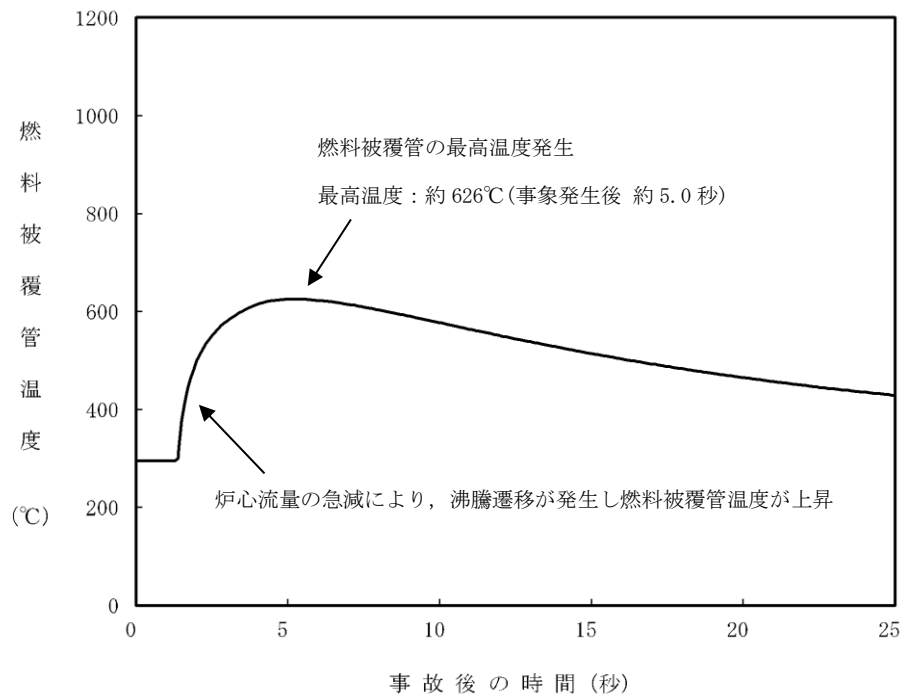


図8 P L R ポンプ全台軸固着 燃料被覆管温度変化

6.3.1 事象進展

P L R ポンプの全台軸固着により、炉心流量が急減するため、炉心のボイド率が上昇する。ボイド率の上昇により原子炉水位は上昇するため、約 1.5 秒でタービントリップに至り、原子炉はスクラムする。また、炉心流量急減により沸騰遷移が発生し、燃料被覆管温度が約 626°C まで上昇する。

なお、本解析は保守的にリウエットを考慮しないものとしていることから、ゆるやかに温度が低下しているが、実際にはリウエットすることにより急激に温度が低下すると考えられる。

6.3.2 評価項目等

燃料被覆管の温度は、P L R ポンプ全台軸固着による炉心流量の急減により、沸騰遷移が生じる期間が最も厳しく、事象発生から約 5.0 秒で最高の約 626°C に到達するが、判断基準である 1200°C に対して十分な余裕がある。

また、原子炉圧力の最大値は、逃がし安全弁の作動により、約 8.40 (MPa [gage]) までの上昇にとどまるため、原子炉圧力と圧力容器底部圧力との差 (0.3MPa 程度) を考慮しても、判断基準である 10.34 (MPa [gage]) を十分下回る。従って、保守的に通常運転時の P L R ポンプが全台同時に軸固着する事象を想定したとしても、安全上有意な影響が生じることはない。

7. 結論

クラス1ポンプであるPLRポンプについて、通常運転時に基準地震動 S_s により軸受に発生する荷重が許容値を満足し、軸固着が生じないことを確認した。また、コーストダウン運転時の評価として、PLRポンプ全台が同時に軸固着するものと仮定しても、原子炉の安全上の要求が満たされることを確認した。

補足-027-10-7 ダクトの支持点設計について

目 次

1. 概要	1
2. ダクトの支持点設計	1
3. 直管部の支持間隔について	1
3.1 振動数基準スパンにおける裕度	2
3.2 モーメント基準スパンにおける裕度	3
4. 曲管部の支持間隔について	4
4.1 曲管部の支持間隔縮小率	4
4.2 曲管部の支持間隔縮小率に対する直管部設計裕度の包絡性	4
5. 分岐部の支持間隔について	5
5.1 分岐部の支持間隔縮小率	5
5.2 分岐部の支持間隔縮小率に対する直管部設計裕度の包絡性	5
6. 集中質量部の支持間隔について	5

1. 概要

主配管範囲のダクト支持点設計における、直管部、曲管部、分岐部、集中質量部の考慮について考え方を示すものである。

なお、本資料が関連する図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-1-13 「ダクト及び支持構造物の耐震計算書について」

2. ダクトの支持点設計

ダクト系が適切な剛性を有するとともに、地震時に発生するモーメントが許容座屈曲げモーメントを満足するよう、定ピッチ支持方法により耐震性を確保している。ダクト系の直管部、曲管部、分岐部、集中質量部の標準的な構成要素の支持間隔について、固有振動数及び地震時の応力（モーメント）に対する裕度を検証した。

3. 直管部の支持間隔について

連続はりモデルを図3-1に示す。実機のダクトは連続はりであることから、ダクト1スパンに着目した場合は、隣接するスパンにより一定の拘束を受けるため両端固定はりに近似されるが、その支持間隔の算出を1スパン両端支持はりとして定ピッチ支持を算出することにより、裕度を有するものとしている。

両端固定はりを両端支持はりとしてモデル化することによる裕度について、各計算式の比較を行い、その検証を以下に示す。

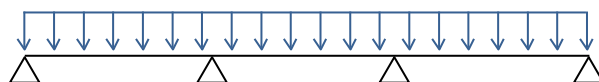


図3-1 連続はり

3.1 振動数基準スパンにおける裕度

両端支持はりモデルを図3-2に、両端固定はりモデルを図3-3に示す。固有振動数を一定としたときの、両端支持はりの支持間隔（設計値）と両端固定はりの支持間隔（実機近似値）の比較結果を下記に示す。

$$L_1 = \sqrt{\frac{\pi^2}{2 \cdot \pi \cdot f}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}} \dots \dots \dots (3. 1)$$

出典：機械工学便覧α2編 機械力学

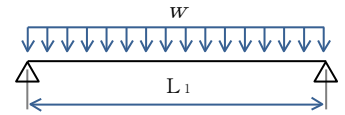


図3-2 両端支持はり

$$L_2 = \sqrt{\frac{4.730^2}{2 \cdot \pi \cdot f}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}} \dots \dots \dots (3. 2)$$

出典：機械工学便覧α2編 機械力学

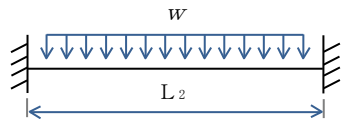


図3-3 両端固定はり

（記号の説明）

- π : 円周率
- f : 固有振動数
- E : 縦弾性係数
- L₁ : 等分布荷重を受ける両端支持はりの振動数基準支持間隔
- L₂ : 等分布荷重を受ける両端固定はりの振動数基準支持間隔
- I : 断面二次モーメント
- g : 重力加速度
- w : ダクト単位重量

(3. 1), (3. 2) 式より、同一断面、重量のダクトにおける支持間隔L₁はL₂の約0.67倍（約33%の設計裕度）である。したがって、振動数基準スパンにおける直管部の設計は、実機に対し保守的となる支持間隔が算出されることから振動数基準スパンは設計裕度を有している。

3.2 モーメント基準スパンにおける裕度

両端支持はりモデルを図3-4に、両端固定はりモデルを図3-5に示す。モーメントを一定とした時に、両端支持はりの支持間隔 L_3 （設計値）と両端固定はりの支持間隔 L_4 （実機近似値）の比較結果を以下に示す。

$$L_3 = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w}} \quad \dots \dots \dots (3. 3)$$

出典：機械工学便覧α3編 材料力学

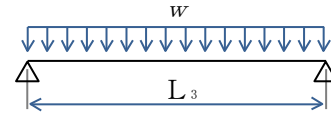


図3-4 両端支持はり

$$L_4 = \sqrt{\frac{12 \cdot M}{w}} \quad \dots \dots \dots (3. 4)$$

出典：機械工学便覧α3 材料力学

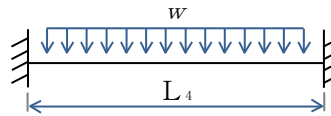


図3-5 両端固定はり

(記号の説明)

M : 許容座屈曲げモーメント

w : ダクト単位重量

L_3 : 等分布荷重を受ける両端支持はりの振動数基準支持間隔

L_4 : 等分布荷重を受ける両端固定はりの振動数基準支持間隔

(3. 3), (3. 4) 式より、同一断面、重量のダクトにおける支持間隔 L_3 は L_4 の約0.82倍（約18%の設計裕度）である。したがって、モーメント基準スパンにおける直管部は、実機に対し保守的となる支持間隔が算出されることからモーメント基準スパンは設計裕度を有している。

4. 曲管部の支持間隔について

ダクトの曲管部については、これらの近傍を支持することを原則とし、その支持間隔は直管部の支持間隔以内に収まるような設計を行っている。これは3.項で述べた直管部の支持間隔の設計法における裕度（以下「直管部設計裕度」という。）に曲管部の支持間隔縮小率が包絡されることに拠る。

曲管部の支持間隔縮小率に対する直管部設計裕度の包絡性について検証結果を以下に示す。

4.1 曲管部の支持間隔縮小率

曲管部は、直管部に比べ曲がり面と直角な方向（面外方向）の振動数が低下する。このため、曲管部の近くで面外振動を抑えるよう支持を行い、その支持間隔の長さは、図4-1の曲がり角 θ と振動数係数 λ の関係（曲管部の支持間隔縮小率）を考慮した基準支持間隔以内となるようにする必要がある。

4.2 曲管部の支持間隔縮小率に対する直管部設計裕度の包絡性

はりの理論式及び実験の平均値より得られた曲がり角 θ と振動数係数 λ の関係を図4-1に示す⁽¹⁾。図4-1より曲がり角 θ が π （=直管）の場合 $\lambda_{\pi}=4.73$ に対しては、 $l_1=l_2$ の場合に最も振動数係数 λ が低下し、曲がり角 θ が $\pi/2$ （=曲管）の場合は $\lambda_{\pi/2}=3.95$ まで低下することがわかる。

したがって、ダクトの振動数を低下させないようにするための支持間隔縮小率は次式のとおりとなる。

$$\frac{l_{\text{曲管}}}{l_{\text{直管}}} = \frac{\lambda_{\pi/2}}{\lambda_{\pi}} = \frac{3.95}{4.73} = 0.83 \dots (4.1)$$

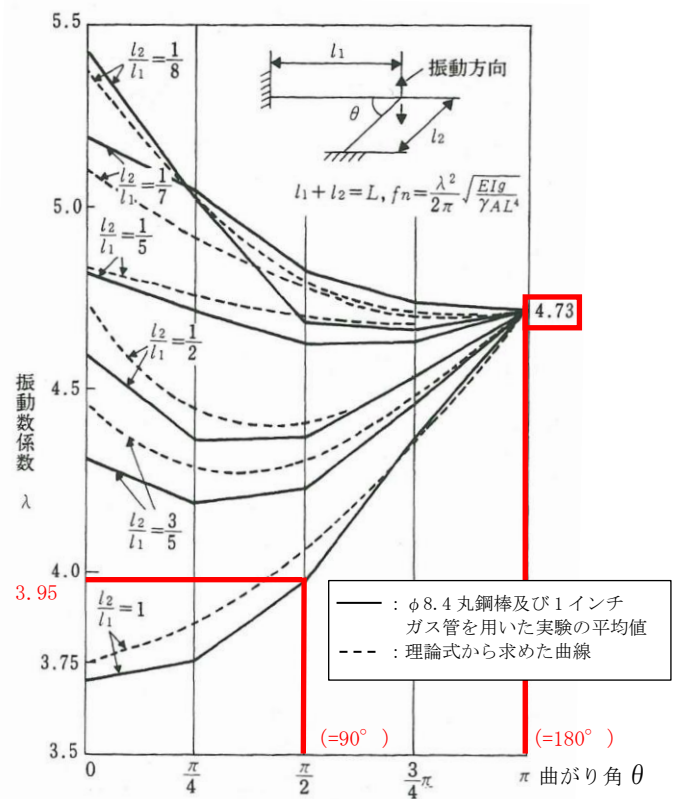


図4-1 曲がり角 θ と振動数係数 λ の関係（J E A G 4 6 0 1 - 1987 より引用）

(4.1)式より、直管部（実機近似値）に対する曲管部の支持間隔縮小率は約0.83倍（約17%の設計裕度）であり、直管部設計裕度である約0.82倍（約18%の設計裕度）に包絡される。実機に対し保守的となる支持間隔が算出されることからモーメント基準スパンは設計裕度を有している。

5. 分岐部の支持間隔について

ダクトの分岐部は、これらの近傍を支持することを原則とし、その支持間隔は直管部の支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔以内に収まる支持点設計を行っている。

分岐部の支持間隔縮小率に対する直管部設計裕度の包絡性についての検証結果を以下に示す。

5.1 分岐部の支持間隔縮小率

分岐部がある場合の支持間隔は、図 5-1 に示す同部支持区間振動数が、直管部の振動数以上となるように、直管部の支持間隔に縮小率を乗じる必要がある。

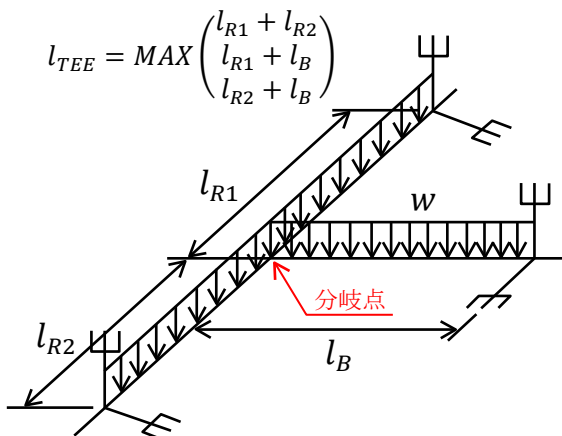


図 5-1 単純支持モデル (分岐部)
(J E A G 4 6 0 1 -1987 より引用)

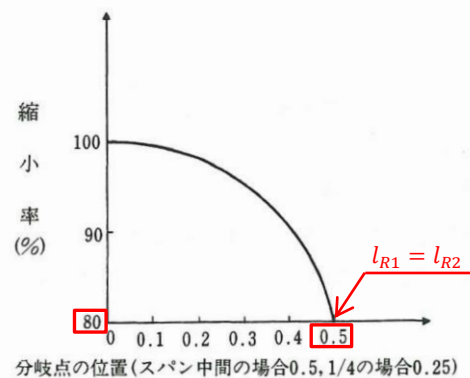


図 5-2 分岐部の支持間隔縮小率
(J E A G 4 6 0 1 -1987 より引用)

5.2 分岐部の支持間隔縮小率に対する直管部設計裕度の包絡性

分岐部の位置と支持間隔縮小率の関係を図 5-2 に示す。図 5-2 より分岐点の位置がスパン中間(=0.5)の場合に直管部(実機近似値)に対する支持間隔縮小率は 0.80 倍 (20%) であり、直管部設計裕度約 0.82 倍 (約 18%) を 2% 超過する。

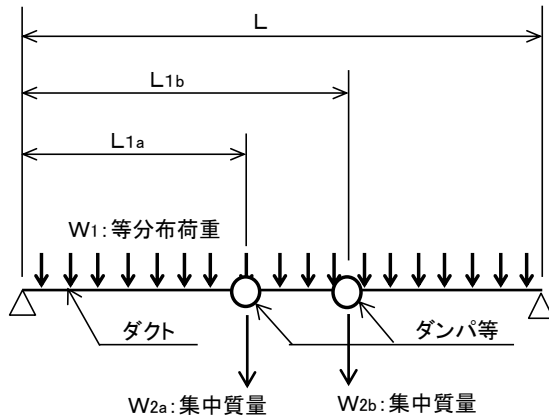
したがって、分岐部は、直管部の支持間隔を 2% 以上縮小した支持間隔によって支持点設計を行っている。

6. 集中質量部の支持間隔について

ダクトに自動ダンパ等の重量物を取り付く場合は、重量物自体又は近傍を支持する設計とする。近傍を支持する場合においては、当該集中重量を考慮した支持間隔を算定し、支持点設計を行う必要がある。

実機条件(実機のスパン/集中質量部配置)における発生曲げモーメント及びダクトの許容座屈曲げモーメントを算出し、許容値内に収まっている支持点設計とすることで、主配管範囲の集中質量の負担に対して設計裕度を確認している。

ここで、発生曲げモーメントについては、図 6-1 に示すモデルを用いて、以下のとおりに算出する。



(記号の説明)

記号	記号の説明	単位
f_n	固有振動数	Hz
ω_n	固有角振動数	rad/s
π	円周率	-
L	ダクト長さ	mm
L_{1a}	ダンパ位置	mm
L_{1b}	ダンパ位置	mm
λ_n	振動数方程式の根	-
ρ	ダクト材料密度	kg/mm ³
A	ダクト断面積	mm ²
E	縦弾性係数(ヤング率)	N/mm ²
g	重力加速度	mm/s ²
I	断面二次モーメント	mm ⁴
W_1	等分布荷重(ダクト)	N/mm
W_{2a}	集中重量(ダンパ等) (=m _{2a} · g)	N
W_{2b}	集中重量(ダンパ等) (=m _{2b} · g)	N
M_0	発生曲げモーメント	N · mm
α	設計震度	-
M	許容座屈曲げモーメント	N · mm

図 6-1 集中質量部を考慮した設計方法のモデル図

W_1 , W_{2a} , W_{2b} による発生曲げモーメントは、それぞれ (6.1), (6.2), (6.3) 式で表される。

$$W_1 \text{ が作用する両端支持はりの発生曲げモーメント} \quad \frac{W_1 \cdot L^2}{8} \quad \dots (6.1)$$

$$W_{2a} \text{ が作用する両端支持はりの発生曲げモーメント} \quad \frac{W_{2a} \cdot L_{1a} \cdot (L - L_{1a})}{L} \quad \dots (6.2)$$

出典：機械工学便覧 α3 3章 表 3.2

$$W_{2b} \text{ が作用する両端支持はりの発生曲げモーメント} \quad \frac{W_{2b} \cdot L_{1b} \cdot (L - L_{1b})}{L} \quad \dots (6.3)$$

出典：機械工学便覧 α3 3章 表 3.2

(6.1), (6.2), (6.3) 式より、発生曲げモーメント M_0 は (6.4) 式となる。

$$M_0 = \alpha \cdot \left(\frac{W_1 \cdot L^2}{8} + \frac{W_{2a} \cdot L_{1a} \cdot (L - L_{1a})}{L} + \frac{W_{2b} \cdot L_{1b} \cdot (L - L_{1b})}{L} \right) \quad \dots (6.4)$$

また、ここで、固有振動数 f は、以下のとおりに算出する。

$$\omega_n = 2 \cdot \pi \cdot f_n \quad \dots (6.5)$$

$$f_n = \frac{\lambda_n^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}} \quad \dots (6.6)$$

出典：機械工学便覧 α2 6.2.2項 自由振動, 12.2.4項 はりの横振動

$$\lambda_n = \pi \quad \dots (6.7)$$

出典：機械工学便覧 α2 12章 図 12.3 (λ_n ：振動数方程式の根 (一次振動モードを適用))

ここで、 $\rho \cdot A = W_1/g$ として整理すると、 W_1 による固有角振動数 ω_0 が得られる。

$$\omega_0 = \frac{\lambda_n^2}{L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{W_1/g}} \quad \dots (6.8)$$

はりに集中重量がある場合の固有角振動数は (6.9) 式で得られる。

$$\omega = \frac{1}{L_1 \cdot (L - L_1)} \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot L}{m}} \quad \dots (6.9)$$

出典：機械設計便覧 9章 表 9-7

(6.9) 式に、 $m = m_{2a}$, $L_1 = L_{1a}$ を代入すると、 W_{2a} による固有角振動数 ω_1 が、
 $m = m_{2b}$, $L_1 = L_{1b}$ を代入すると、 W_{2b} による固有角振動数 ω_2 が、それぞれ得られる。

$$\omega_1 = \frac{1}{L_{1a} \cdot (L - L_{1a})} \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot L}{m_{2a}}} \quad \dots (6.10)$$

$$\omega_2 = \frac{1}{L_{1b} \cdot (L - L_{1b})} \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot L}{m_{2b}}} \quad \dots (6.11)$$

(6.8), (6.10), (6.11) 式より、全体の固有角振動数 ω_c は (6.12) 式で得られる。

$$\frac{1}{\omega_c^2} = \frac{1}{\omega_0^2} + \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2}$$

出典：機械設計便覧 9章 9-3-6項 ダンカレー法 (9.84) 式

$$\omega_c = \sqrt{1 / \left(\frac{1}{\omega_0^2} + \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} \right)} \quad \dots (6.12)$$

固有振動数 f と固有角振動数 ω_c の関係から、固有振動数 f は (6.13) 式で得られる。

$$f = \frac{\omega_c}{2 \cdot \pi} \quad \dots (6.13)$$

【参考文献】

- (1) 斎藤良造, 小堀与一, 火力発電所配管の振動解析, 日立評論 別冊第 37 号, 火力発電機器特集号

補足-027-10-8 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書における
斜角ノズルの評価方針についての補足説明資料

目 次

1. 概要	1
2. 評価方法	1
3. 結論	1

1. 概要

本資料は、VI-2-3-3-1-1「原子炉压力容器の応力解析の方針」及びVI-2-3-3-1-2「原子炉压力容器の耐震性についての計算書」において評価を実施しているノズルのうち、斜角に取り付くもの（以下「斜角ノズル」という。）を垂直ノズルとして軸対称モデル化とすることの妥当性を説明する。

2. 評価方法

下鏡に取り付く斜角ノズルは、シュラウドサポート側接続部が高応力となる（図 1 参照）。解析においては、下鏡中央の垂直ノズルのモデルに対し解析を実施し、シュラウドサポート側の高応力は、応力集中係数で考慮している。応力集中係数については、形状変化部にコーナー（隅部の半径）Rを有する場合のステップバーモデルの式^[1]に基づき設定している。

なお、軸対称な垂直ノズルと同一寸法でコーナーRを有する斜角ノズルの下鏡接合部の応力は、過去に実施された解析等の結果^{*1, 2}から同程度であり、斜角ノズルに対する評価においても垂直ノズルでモデル化した結果により評価を行うことは問題ないものと考えられる。

また、上記のステップバーモデルは、接続傾斜角度がシュラウドサポート側接続部より緩やかなモデルであるが、設計・建設規格 解説 PVB-3114(1)に記載されるとおり、設計疲労線図は疲労試験を行って求めた応力と繰返し回数の関係に対し、応力に対して2倍、繰返し回数に対して20倍の安全率を考慮して作成されており、保守性を考慮した評価となる。

3. 結論

「2. 評価手法」より、工認評価において、下鏡に取り付く斜角ノズルを、垂直ノズルとして軸対称にモデル化した上で、さらに前述のステップバーモデルの式に基づき、各ノズルの形状に応じて設定する応力集中係数を考慮^{*3}して解析を行うことは、評価上問題ない手法であると言える。

注記*1：三次元応力解析^[2]

下鏡板に取り付くノズルのうち、最外周部の斜角ノズルと、中央部の垂直ノズルをそれぞれモデル化し、内圧 MPa に対する三次元応力解析を実施した結果、斜角ノズルのシュラウドサポート側接続部で MPa に対し、垂直ノズルで MPa となっており、発生応力は同程度であることが確認されている。

*2：光弾性実験^[3]

スケールモデルを用いた光弾性実験では、応力集中が生じる下鏡接合部近傍での応力は、斜角ノズルで MPa、垂直ノズルで MPa となっており同程度であることが確認されている。

*3：二次元軸対称応力解析における垂直ノズルの応力に対する応力集中係数有無の差については、一次+二次応力と一次+二次応力+ピーク応力の差として表れる。一例として、既に認可された工事計画の添付書類の「ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル（N11）の応力計算書」表 4-3 で、応力集中係数を考慮する評価点のうち

P10 において応力の大きな [] を確認すると、発生応力は [] で [] kg/mm² から [] kg/mm² へ [] に、 [] で [] kg/mm² から [] kg/mm² へ [] 増加している。

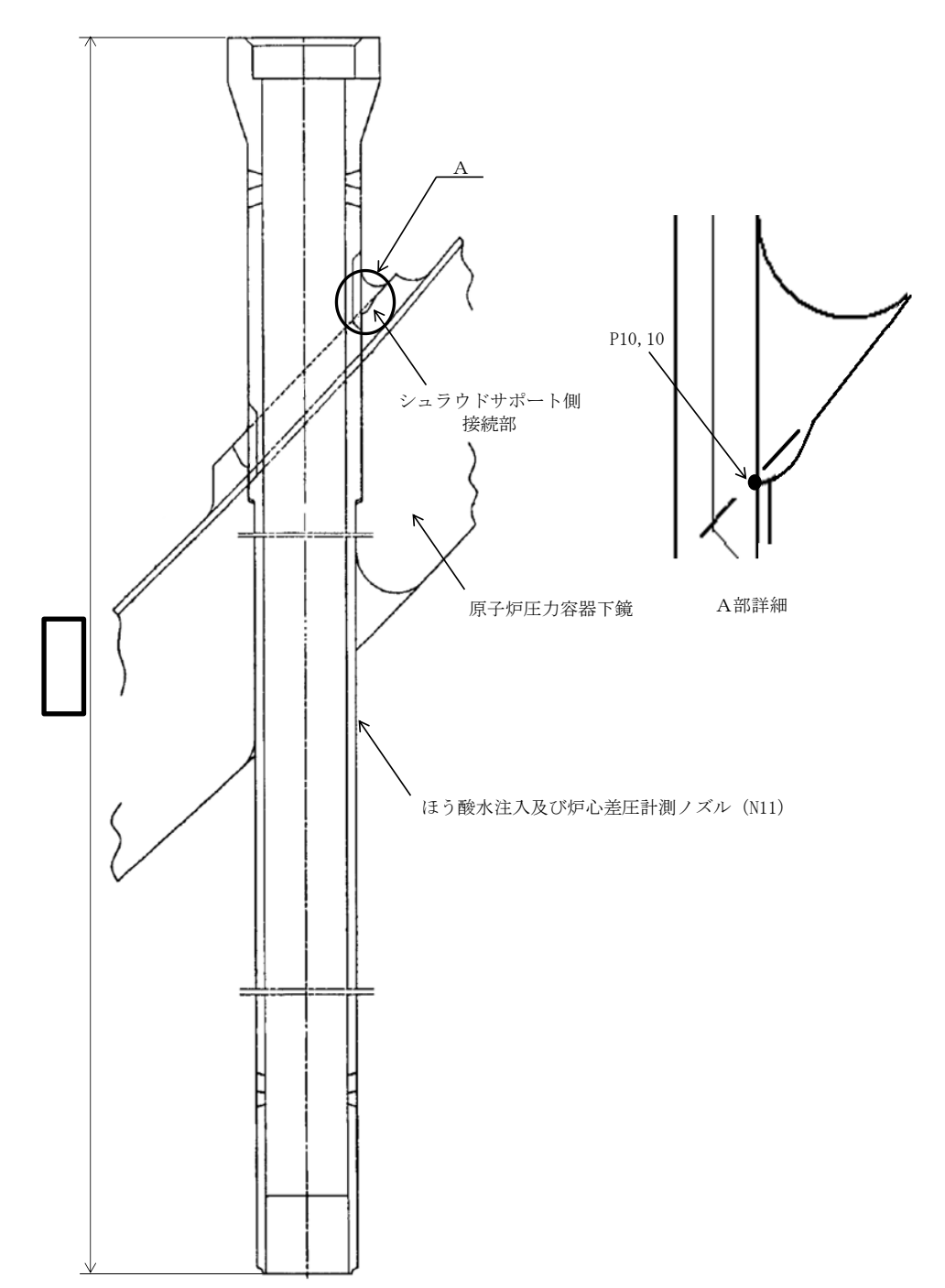


図1 ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11) の応力計算書構造図

引用文献

- [1]Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings
(K. R. Wichman, A. G. Hopper, J. L. Mershon, WRC Bulletin 107)
- [2]Experimental and Theoretical Study on Crack Growth Characteristics of the Full Size
Partial Penetration Welded Nozzle
(Y.Sakaguchi, T.Shindo, M.Kubo, T.Katori, S.Kimura, Structural Mechanics in
Reactor Technology)
- [3]Investigation of Stress Distribution in Normal and Oblique Partial Penetration
Welded Nozzles by 3-D Photoelastic Stress Freezing Method
(H.Miyamoto, Y.Shirota, M.Kubo, T.Katori, Structural Mechanics in Reactor
Technology)

以上

補足-027-10-9 ECCS ストレーナ等の地震応答解析モデルについて

目次

1. はじめに	1
2. 貫通部のモデル化について	1
3. 多孔プレートの設定について	7
4. フランジ部の評価について	9
5. ストレーナ部ティール及びストレーナ取付部コネクタの評価について	10

1. はじめに

本資料は、残留熱除去系ストレーナ、高圧炉心スプレイ系ストレーナ、及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ（以下「ECCS ストレーナ」という。）並びに原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震評価に適用する解析モデル等について説明するものである。

本書において対象とする図書を以下に示す。なお、高圧炉心スプレイ系及び低圧炉心スプレイ系は、残留熱除去系と同形状であることから、各系統で最大となる荷重条件を用いて、評価結果を残留熱除去系の計算書に代表して記載している。

- ・ VI-2-5-4-1-3 「残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-4-1-5 「ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（残留熱除去系）」
- ・ VI-2-5-4-1-6 「残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-4-1-7 「残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-5-4-1 「原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-6-1-4 「ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）」

2. 貫通部のモデル化について

ECCS ストレーナの地震応答解析では、サプレッションチェンバで増幅された地震動がストレーナに作用することから、サプレッションチェンバの主要な振動モードを表現するため、剛構造である原子炉隔離時冷却系を除くサプレッションチェンバ内側のストレーナ、ストレーナ取付部コネクタ、ストレーナ取付部サポート、ストレーナ部ティー及び貫通部スリーブの全5機をサプレッションチェンバに加えてモデル化した、はり要素による有限要素モデルを用いている。地震応答解析モデルを図 2-1 に示す。BWR MARK-I 型の原子炉格納容器貫通部は、原子炉格納容器壁面に貫通部スリーブが直接に取り付けられた構造であることから、ECCS ストレーナの地震応答解析モデルにおける貫通部スリーブとサプレッションチェンバの結合部は、サプレッションチェンバ胴の局部剛性を考慮したばね定数を設定している。原子炉格納容器貫通部の概略構造図を図 2-2 に示す。

サプレッションチェンバ胴に対して面外方向の並進ばね及び回転ばねについては、サプレッションチェンバ胴の補強リング間の範囲及び貫通部スリーブ取付部近傍をシェル要素による有限要素モデルとしてモデル化した解析結果に基づき、ばね定数を設定している。一般的に並進ばねは「荷重／変位量」であり、回転ばねは「モーメント／変位角」で求めることができるため、図 2-3 に示す解析モデルの貫通部スリーブ端部中央に単位荷重を負荷し、解析により得られた変位又は変位角の結果からばね定数を算出している。単位荷重による解析結果として得られる変位コンター図を図 2-4 に示す。サプレッションチェンバ胴に対して面内方向については、剛性が十分高いことから、局部剛性の影響は考慮していない。ECCS ストレーナの貫通部スリーブにおけるサプレッションチェンバ胴のばね定数を表 2-1 に示す。

地震応答解析では、スペクトルモーダル解析により ECCS ストレーナに作用する地震荷重を算出し、有限要素解析手法を適用した応力解析用モデルによる応力算出に用いる。剛構造である原子炉隔離時冷却系ストレーナについては、本地震応答解析モデルにおける貫通部スリーブ取付位置に相当する位置での応答加速度を上回る震度を設定し、ストレーナに作用する荷重を理論式により算出する。

参考として、既工認の地震応答解析モデルを図 2-5 に示す。既工認では外部配管を解析モデルに含んでいたが、ストレーナ取付部サポートの高剛性化のための耐震補強工事を行っており、ストレーナの応答に対する外部配管の影響は少ないと考えられるため、今回工認の解析モデルに外部配管は含んでいない。

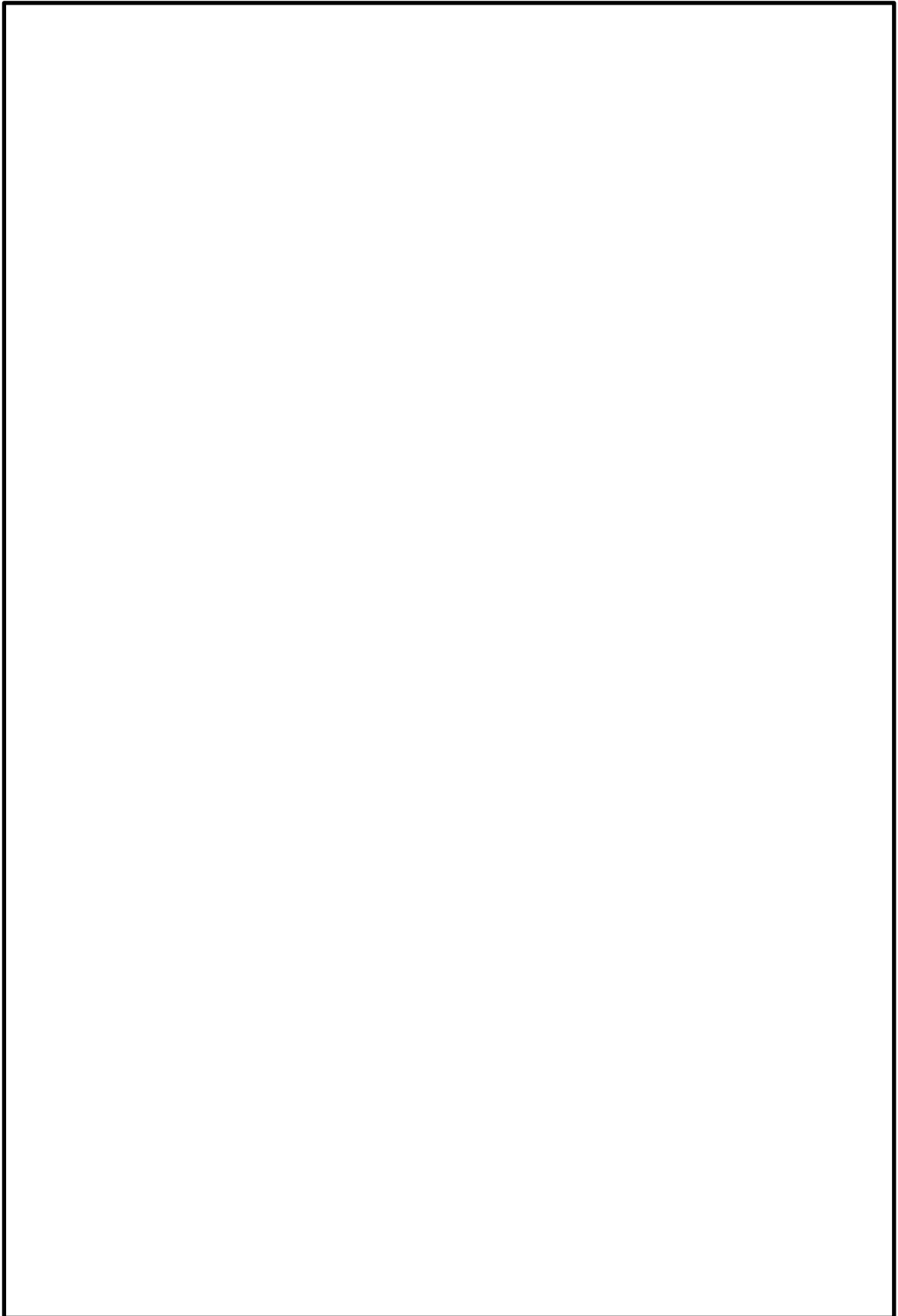


図 2-1 ECCS ストレーナの地震応答解析モデル

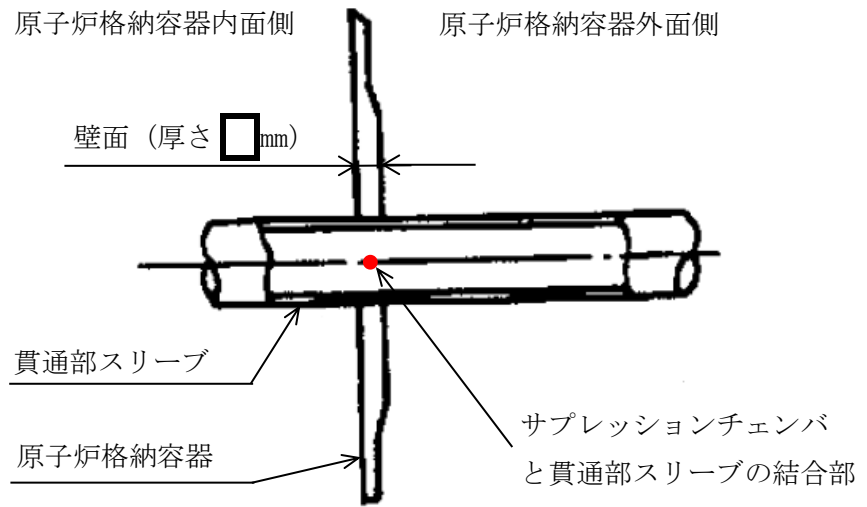


図 2-2 BWR MARK-I 型の原子炉格納容器貫通部の概略構造

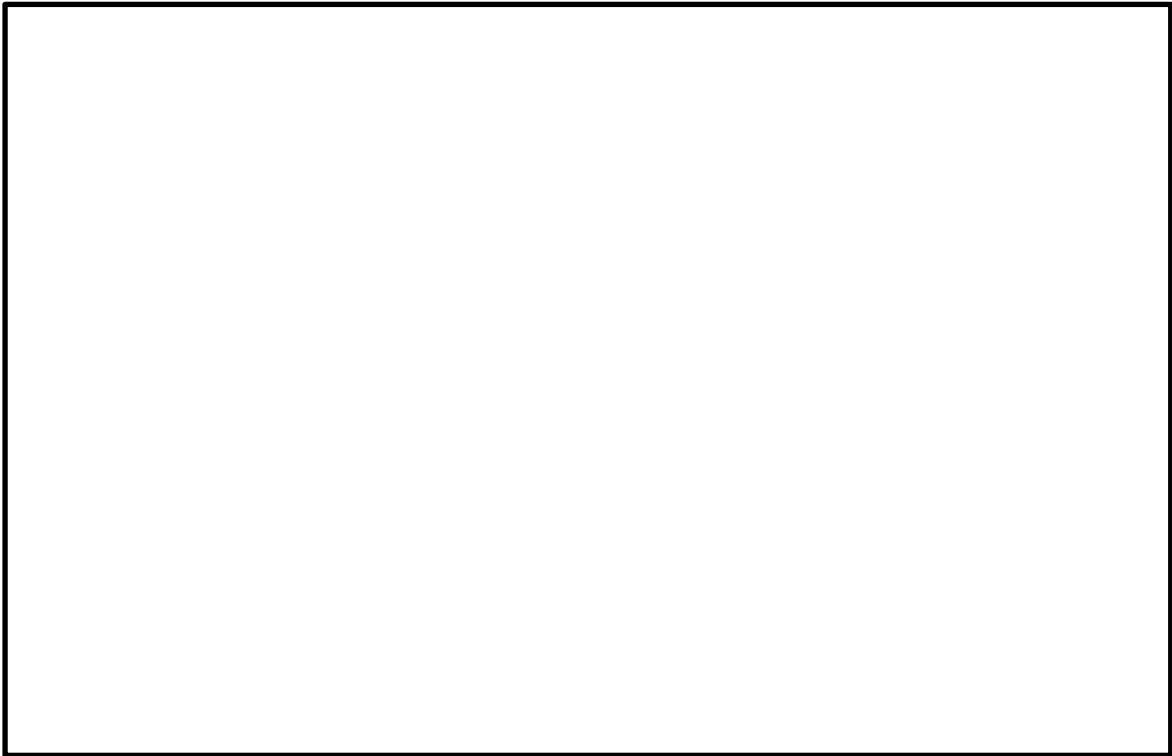


図 2-3 サプレッションチェンバ胴のばね定数算出モデル

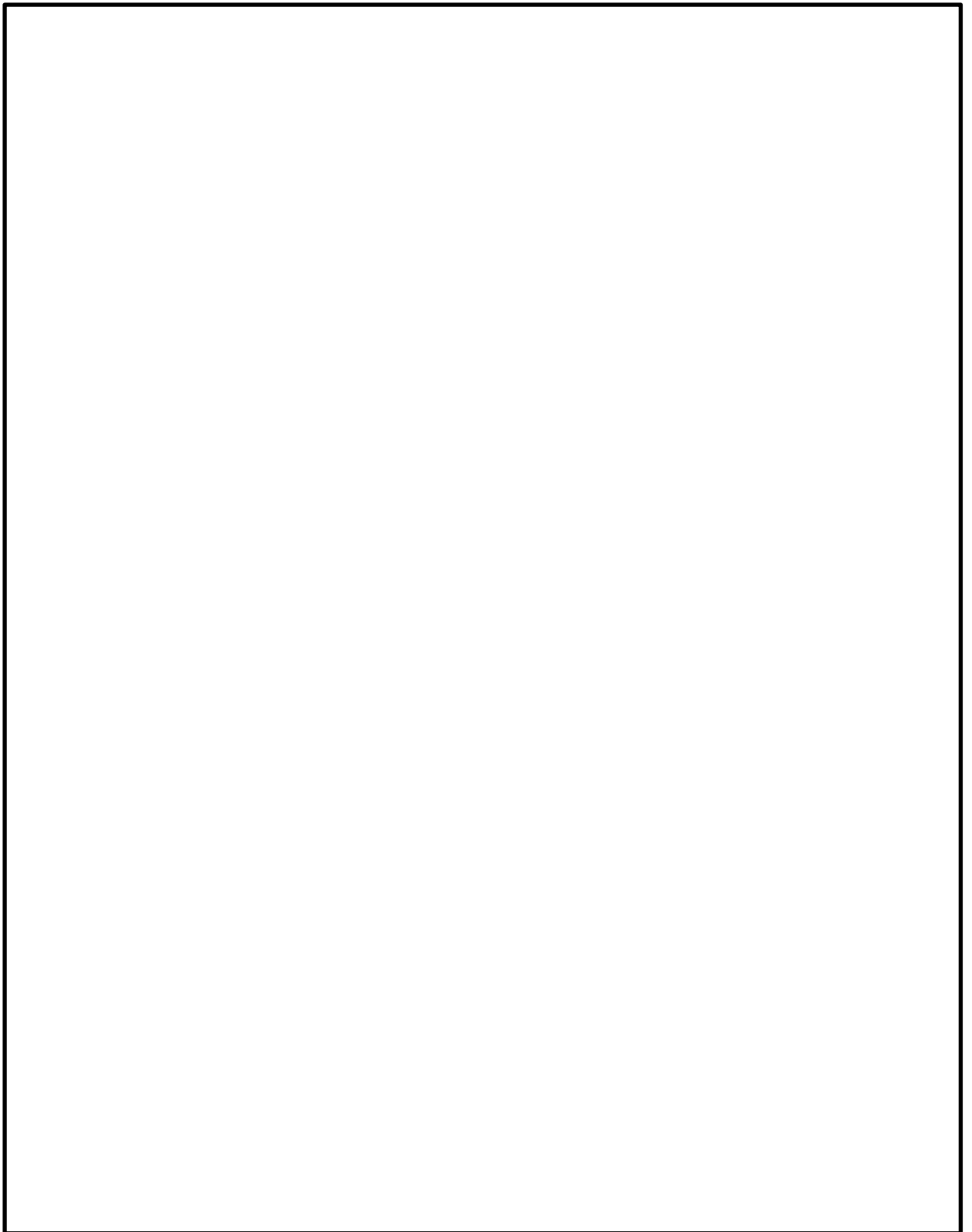


図 2-4 サプレッションチェンバ胴の変位コンター図

表 2-1 サプレッションチェンバ胴のばね定数

種類		ばね定数
並進剛性	原子炉格納容器に対して半径方向	3.540×10^4 N/mm
回転剛性	原子炉格納容器に対して周方向	5.287×10^9 N・mm/rad
	原子炉格納容器に対して軸方向	1.732×10^{10} N・mm/rad
上記以外 (サプレッションチェンバ胴に対して面内方向)		剛性が十分高いことから 局部剛性の影響は考慮しない

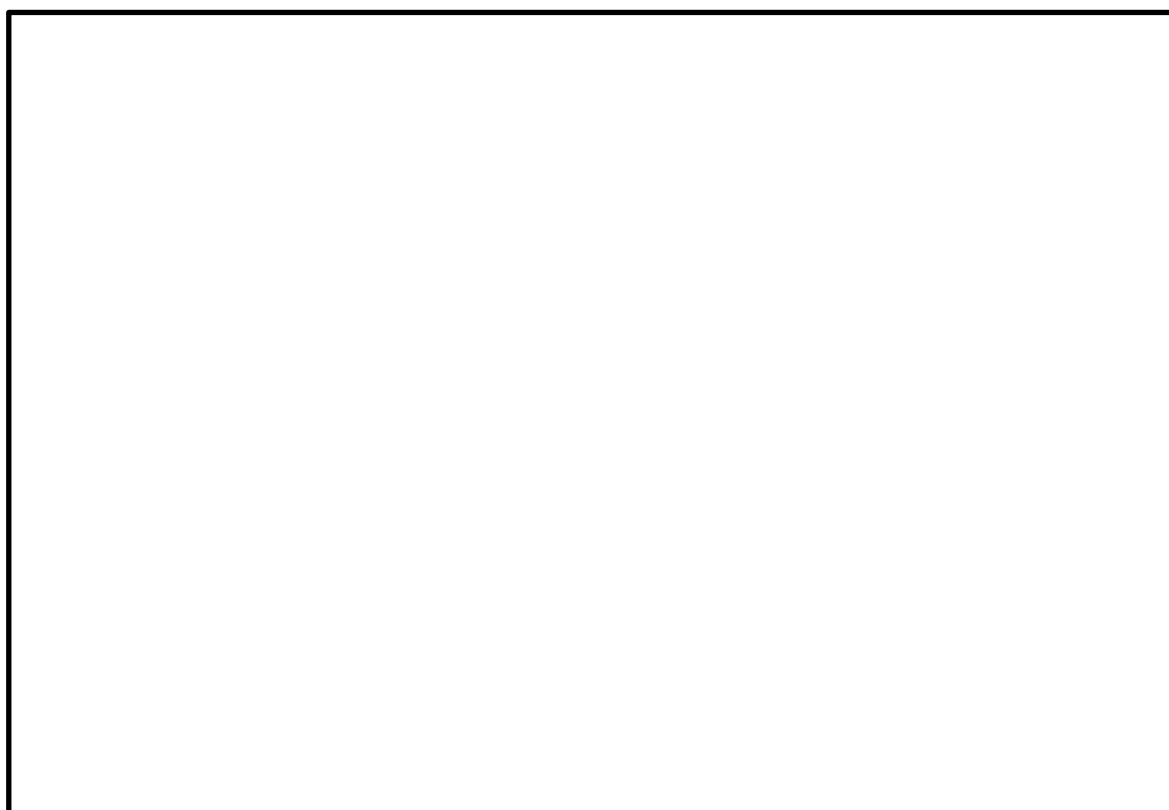


図 2-5 既工認の地震応答解析モデル

3. 多孔プレートの設定について

ECCS ストレーナの有限要素解析手法を適用した応力解析用モデルでは、ASME Section III Div.1 Appendices A-8131(a) (図3-1 参照) に記載の方針に基づき、多孔プレートは孔無し
の等価プレートにてモデル化しており、以下に示す等価係数を掛けることで計算を行っている。

・縦弾性係数

ASME Section III Div.1 Appendices A-8131(b) (図3-1 参照) に記載の「縦弾性係数 E と等価縦弾性係数の間にある係数はコンピューター演算により直接求めても良い」に基づき、FEM 解析により計算した変位から係数を算出し、設定している。等価縦弾性係数の係数は孔無しのプレートに対して計算された変位最大値と孔有りのプレートに対して計算された変位最大値の比により算出し、を用いる。

・ポアソン比

ASME Section III Div.1 Appendices A-8131(c) (図3-1 参照) 中の Figure A-8131-1 に示されるグラフから求め、設定している。なお、図中の h (孔の間の最小距離)、P (孔のピッチ) は図3-2 からそれぞれ mm と mm となり、 $h/P =$ より等価ポアソン比 ν^* は となる。

・応力増倍率

ASME Section III Div.1 Appendices A-8131(b) (図3-1 参照) に記載の「孔有りプレートの応力強さは、等価の孔無しプレートに対してコンピューター演算を行い求めた公称応力に倍率をかけることで、決定することができる」に基づき、FEM 解析により孔有りのプレートに対して計算された応力最大値と孔無しのプレートに対して計算された応力最大値の比により算出し、を用いている。



図 3-1 ASME Section III Div. 1 Appendices A-8131 抜粋

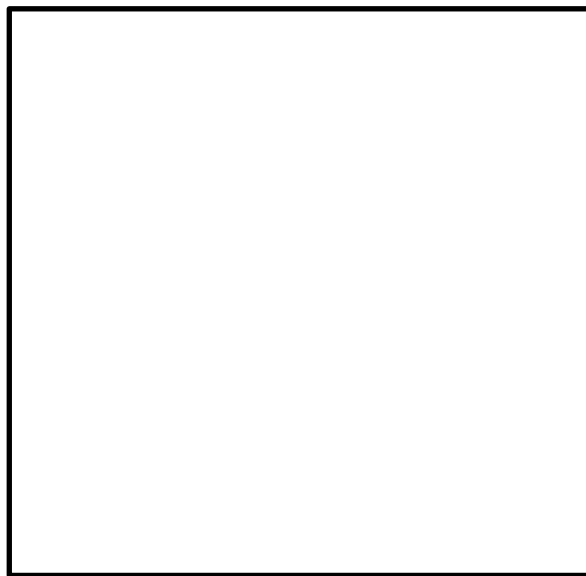


図 3-2 多孔プレート構造図

4. フランジ部の評価について

ストレナーはフランジ面にてボルトとナットにより締結されているため、WARREN C. YOUNG “ROAK’ S FORMULAS for Stress and Strain” 7th Editionに記載の式を用いて完全拘束を想定し、図 4-1 に示すとおりモデル化している。当該式は円板に支持されたトランニオンに曲げモーメントが作用した際に、フランジ面に発生する曲げ応力の最大値を算出する式であり、概略図を図 4-2 に示す。

また、応力評価式における β の計算過程について、残留熱除去系ストレナーを代表に、以下に示す。

β については、参考文献中に表として図 4-3 のように与えられているので、

$\beta =$

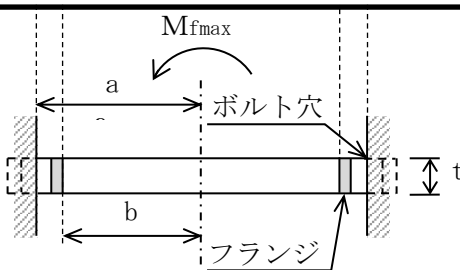
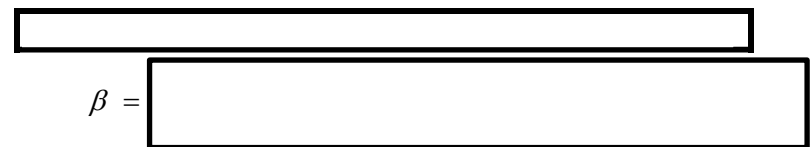


図 4-1 フランジ断面の計算モデル

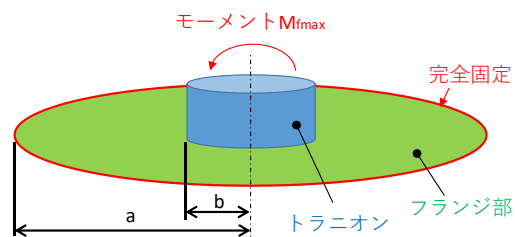


図 4-2 モデル概略図



図 4-3 “ROAK’ S FORMULAS for Stress and Strain” 抜粋

5. ストレーナ部ティー及びストレーナ取付部コネクタの評価について

1. の記載のとおり, ストレーナ部ティー及びストレーナ取付部コネクタは地震応答解析モデルの一部としてモデル化しており, ストレーナ部ティー及びストレーナ取付部コネクタに発生する応力は, 設計・建設規格 PPC-3520 に従い算出する。

補足-027-10-10 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての
計算書に関する補足説明資料

目 次

1. 試験概要	1
2. 振動特性把握試験	3
2.1 試験方法	3
2.2 試験結果	5
3. 加振試験	6
3.1 試験方法	6
3.2 試験結果	8
3.3 まとめ	8

1. 試験概要

高圧原子炉代替注水ポンプは横形のポンプであるが、原動機であるタービンと一体構造となっており、J E A G 4 6 0 1における適用形式とは異なることから、機能確認済加速度を用いた評価とすることができない。そのため、機能確認済加速度を設定することを目的とし、を用い、島根原子力発電所第2号機向けのポンプと同型式のポンプの加振試験を実施した。本ポンプはタービンと一体構造であるため、ガバナ等の付属品を含む形で試験を実施した。ポンプ断面イメージ図を図1-1に示す。試験方法としては振動特性把握試験を実施し固有振動数を求め、剛構造であることを確認した後、機器の据付位置における評価用加速度を包絡する加振波で加振試験を実施した。また、加振試験に加え、試験前後の性能比較及び試験後の部品目視検査を実施することで健全性を確認している。振動試験装置外観を図1-2に、加振台仕様を表1-1に示す。また、試験体と実機の主な仕様の比較を表1-2に示す。試験体は実機と同等の条件において加振試験を実施している。

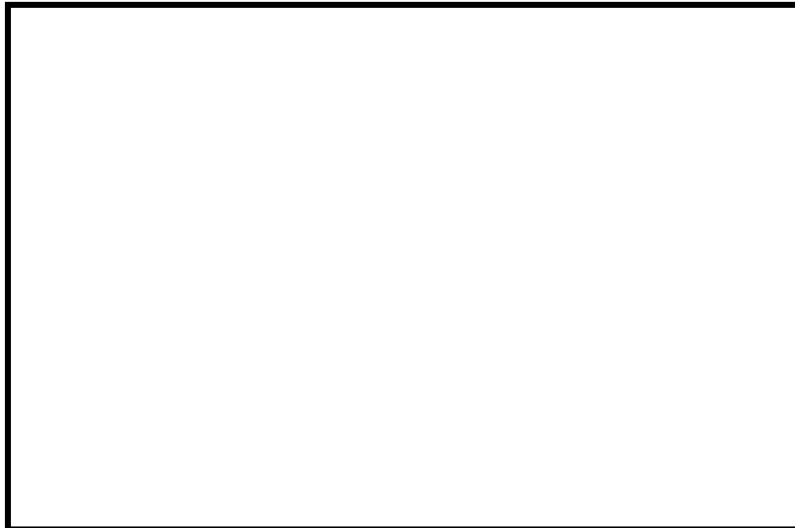


図1-1 ポンプ断面イメージ図



図1-2 振動試験装置外観

表 1-1 加振台仕様

寸法		
最大積載質量		
運転周波数帯域		
最大加速度 (10t 搭載時)	水平	$1.6 \times 9.8 \text{ m/s}^2$
	鉛直	$1.2 \times 9.8 \text{ m/s}^2$

表 1-2 高圧原子炉代替注水ポンプの主な仕様の比較

仕様		試験体	実機
外形寸法		1430 mm (長さ) 940 mm (幅) 1285 mm (高さ)	1394 mm (長さ) 850 mm (幅) 1251.5 mm (高さ)
質量		3740 kg (公称値)	3280 kg (公称値)
ポンプ	種類	ターボ形	同左
	容量	136 m ³ /h	93 m ³ /h
原動機	種類	背圧式蒸気タービン	同左
	出力	553 kW	567 kW

2. 振動特性把握試験

2.1 試験方法

ポンプに3軸加速度計を取り付け、加振波として までの範囲でランダム波を使用した各軸単独加振を実施し、3軸それぞれについて応答加速度から周波数応答関数を得て、固有周期を求める。計測センサー取付位置を図2-1に示す。

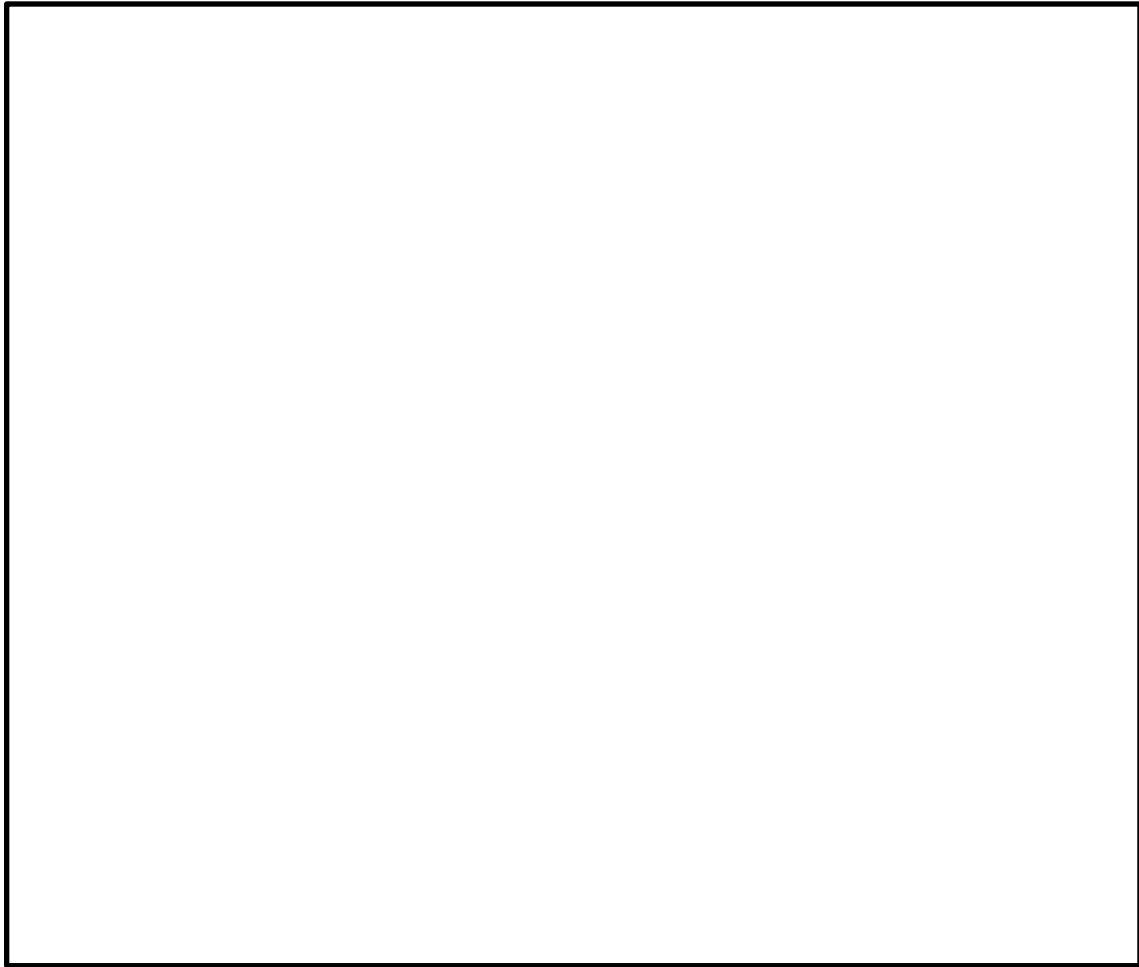


図2-1(1) 計測センサー取付位置

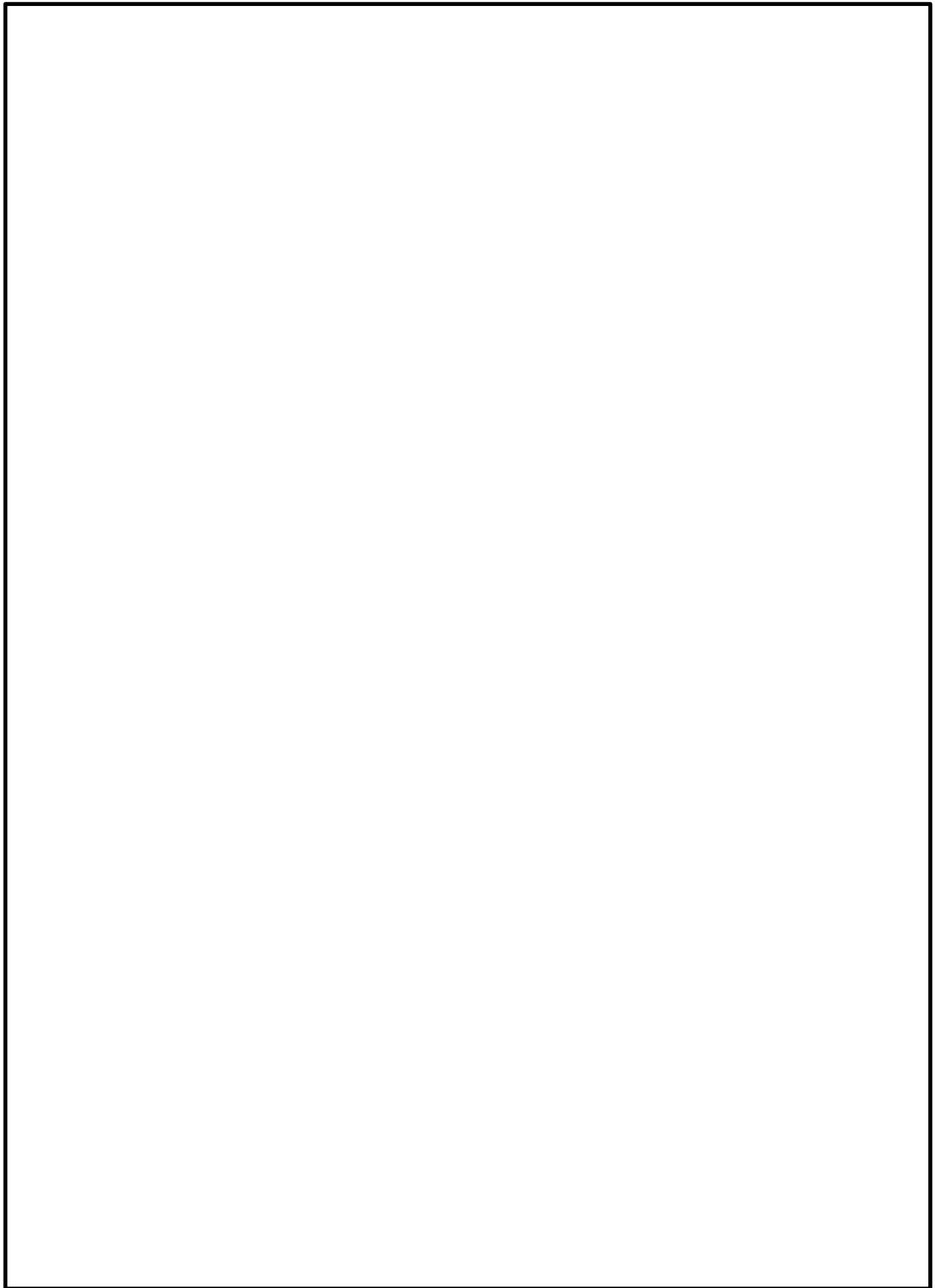
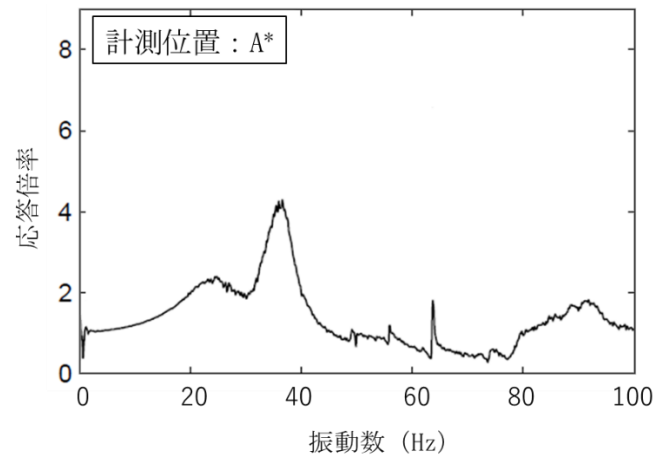


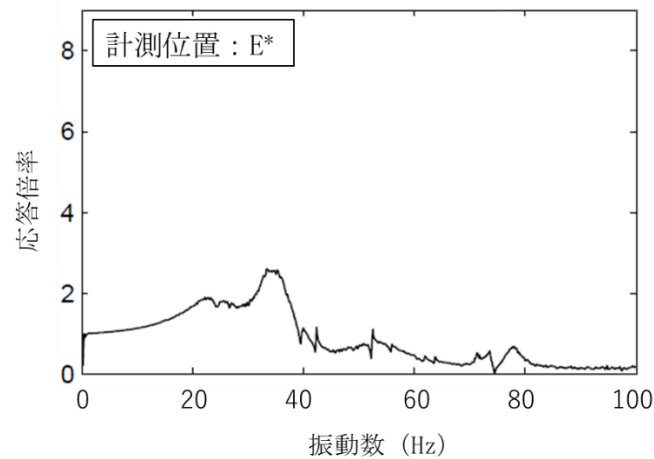
図 2-1(2) 計測センサー取付位置

2.2 試験結果

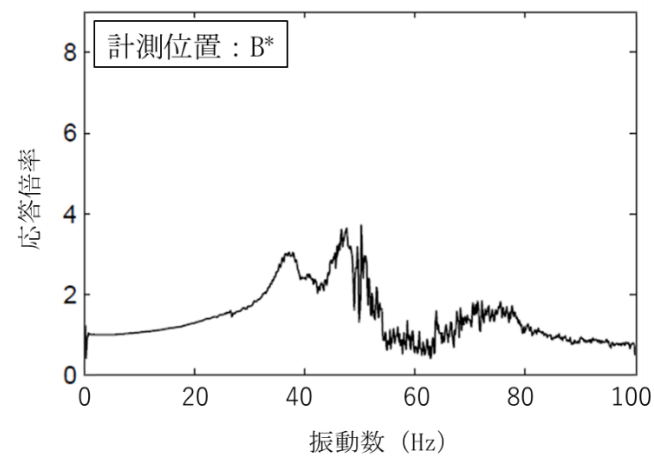
試験により得られた周波数応答関数を図 2-2 に、各軸方向の固有周期を表 2-1 に示す。固有振動数は、周波数応答関数の応答倍率を参照のうえ、位相も参考にして選定している。各軸方向について剛構造と見なせる固有周期 0.05 秒を十分に下回る結果が得られた。



a. 水平 X 方向



b. 水平 Y 方向



c. 鉛直 Z 方向

注記* : 各計測位置のうち、応答が卓越しているものを代表で記載

図 2-2 周波数応答関数

表 2-1 各方向での固有周期

方向	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
X		
Y		
Z		

3. 加振試験

3.1 試験方法

「2.2 試験結果」で示しているように、機器の固有周期は 0.05 秒を下回っており、剛構造と見なせることから、機器据付位置における床応答加速度 (1.0ZPA) を上回るような加振波を生成し、加振試験を実施する。加振波は水平 (前後) + 水平 (左右) + 鉛直方向を加振方向として、次のように生成される。

- ・機器据付位置における設計用床応答スペクトルを、機器の固有振動数以上の振動数範囲において上回る試験用床応答スペクトルを設定し、ランダム波を作成する。
- ・作成されたランダム波を入力とした加振試験を実施する。加振台の加速度時刻歴波形を床応答スペクトルに変換し、試験用床応答スペクトルを上回ることを確認する。

加振試験における試験条件を表 3-1 に、加振波を図 3-1 に示す。

表 3-1 加振試験条件

項目	試験条件
加振地震波	ランダム波
加振方向	水平 2 方向 + 鉛直方向の 3 軸同時加振試験
運転状態	停止中加振* (満水状態)
取付状態	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け
試験回数	1 回

注記*：重大事故等は「地震の独立事象」として扱っており、高圧原子炉代替注水ポンプの運転を想定する時間は、事象発生後約 8.3 時間であることから、地震荷重との組合せが不要な期間 (10^{-2} 年) より短時間であるため、加振試験条件として停止時を考慮する。

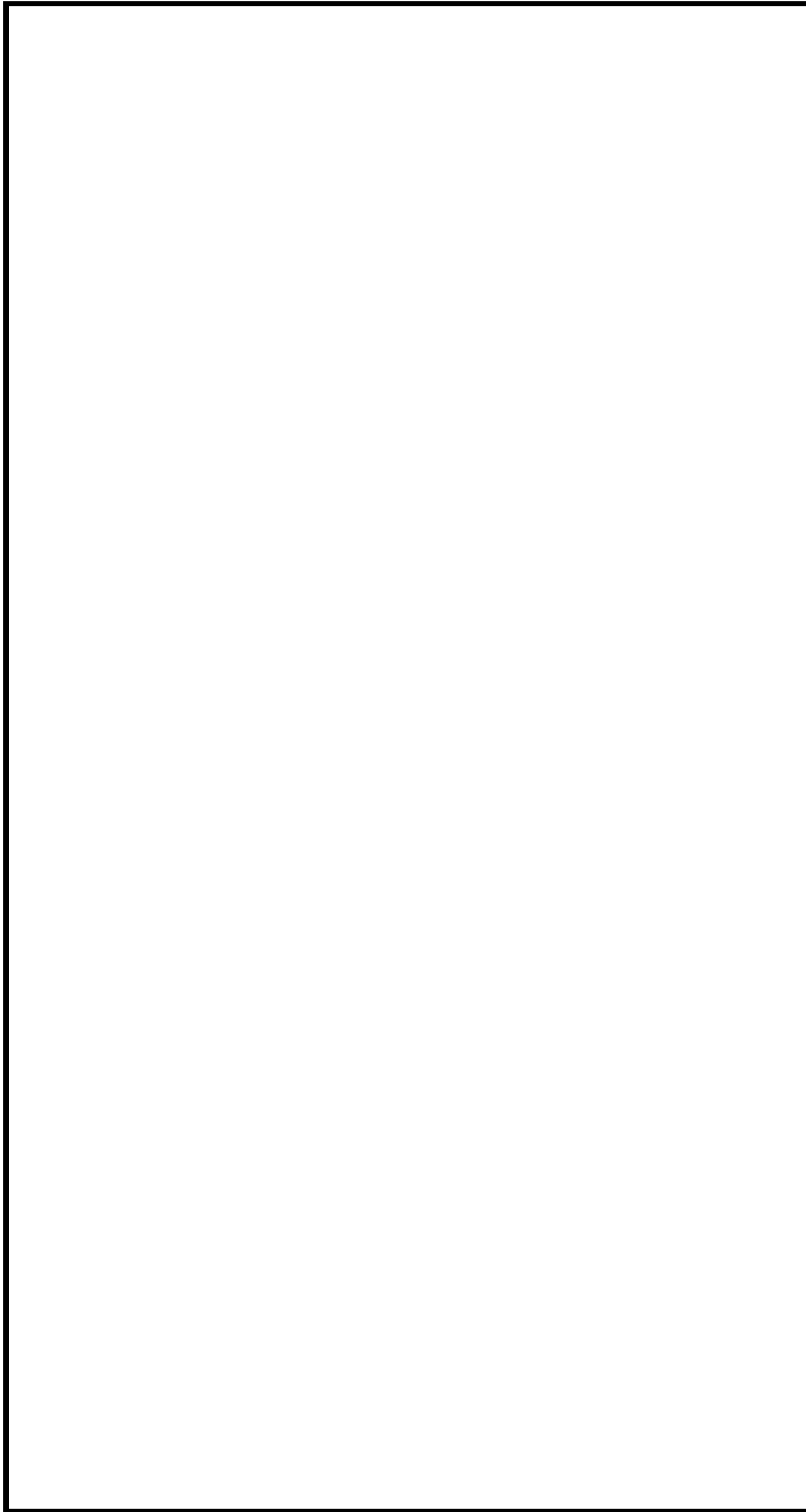


図 3-1 加振試験に用いた加振波（振動台上での計測データ）の加速度時刻歴波形

3.2 試験結果

加振中及び加振後に、以下の項目について確認し、異常のないことをもって、本試験における加振台での最大加速度を小数点以下第 2 位で切り捨てた値を機能確認済加速度とした。

図 3-2 に設計用床応答スペクトル及び加振台床応答スペクトルを示す。なお、加振台床応答スペクトルは振動台の影響により 50Hz 近傍にピークが生じている。

また、加振試験前後の性能試験結果を図 3-3 に示す。

- (1) 加振台の加速度時刻歴の最大加速度が機器据付位置における機能維持評価用加速度以上であること。(表 3-2 参照)
- (2) 漏えいのないこと。
- (3) 構造上損傷のないこと。
- (4) 加振中にガバナが 以上変位しないこと。
- (5) トリップ装置が誤作動しないこと。
- (6) 加振試験前後に性能試験を実施し、機器の健全性及び動作に異常のないこと。
 - a. 高圧及び低圧時における設計揚程の の範囲にあること。
 - b. 高圧時の性能試験で、定格流量点における必要揚程を下回らないこと。
 - c. 高圧時の性能試験で、設定締切揚程を上回らないこと。
 - d. 正常にトリップ機能が動作すること。
 - e. 漏えいのないこと。
- (7) 加振試験後に機器毎の部品に分解し、外観の目視点検により損傷のないこと。

表 3-2 機能維持評価用加速度と加振台の最大加速度との比較
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	機能維持 評価用加速度	機能確認済 加速度	加振台の 最大加速度
X	1.17	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Y	1.17	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z	0.87	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3.3 まとめ

加振試験で水平方向は $\times 9.8\text{m/s}^2$ 、鉛直方向は $\times 9.8\text{m/s}^2$ まで問題ないことを確認した。また、加振試験後の点検で損傷がないこと並びに性能試験において機器の健全性及び動作性に異常がないこと(図 3-3 参照)を確認し、高圧原子炉代替注水ポンプの動的機能が維持されることを確認した。

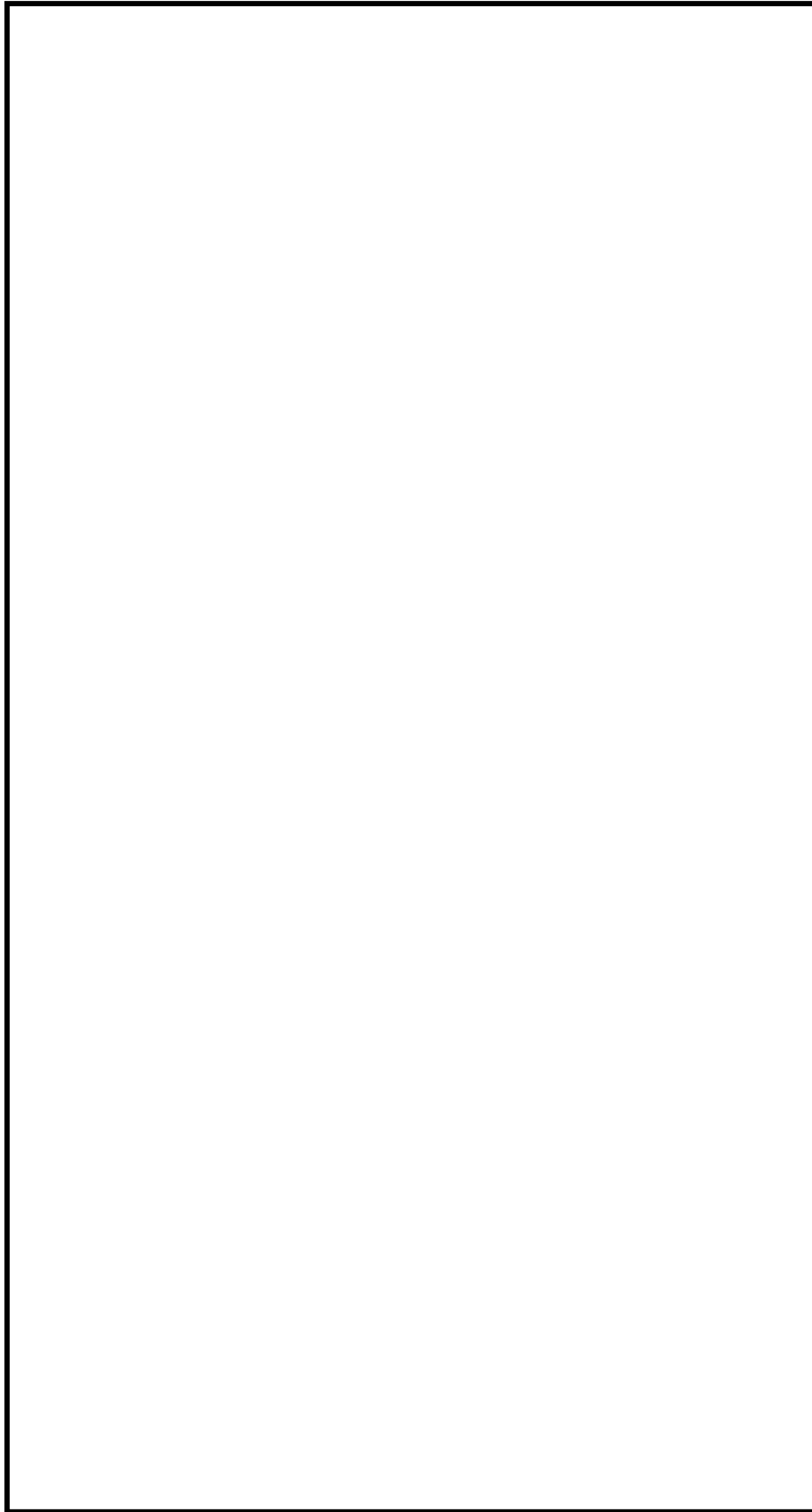


図 3-2 設計用床応答スペクトルと加振台床応答スペクトルとの比較

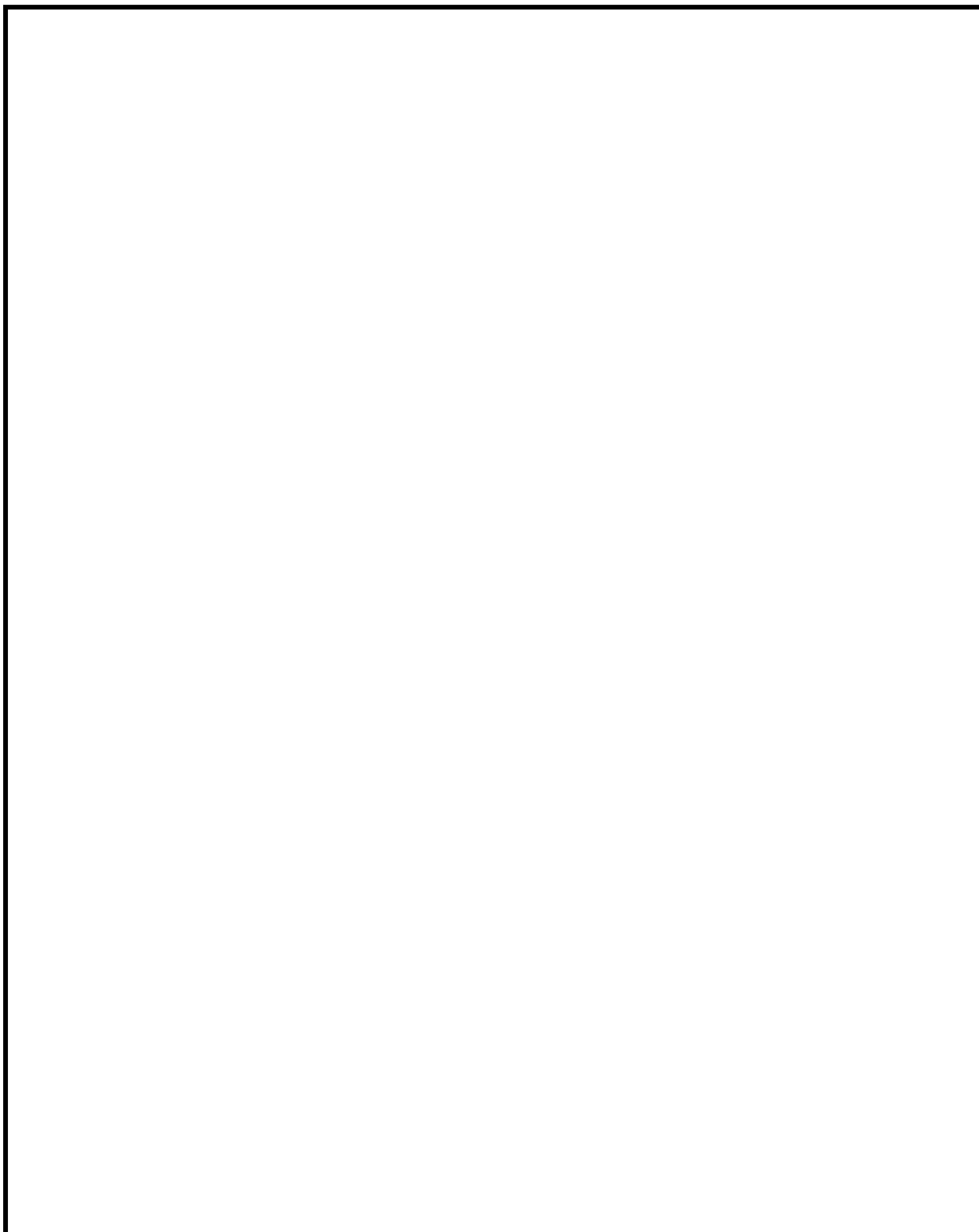


図 3-3(1) 加振試験前の性能試験結果

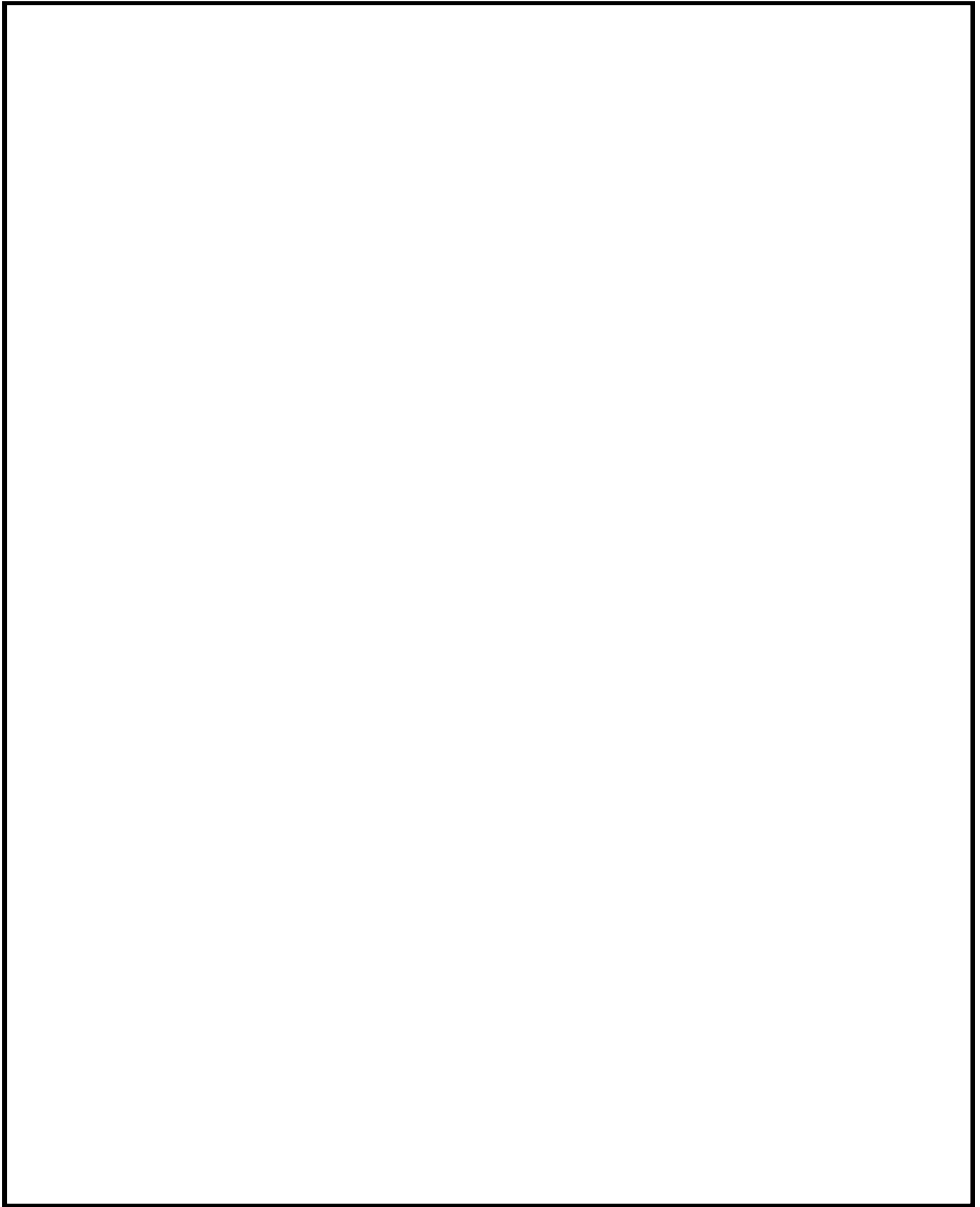


図 3-3(2) 加振試験後の性能試験結果

補足-027-10-11 制御棒の挿入性評価について

目 次

1. はじめに	1
2. 上下地震動の影響について	2
2.1 既往知見の適用性確認	2
2.2 上下地震動の影響評価	3
2.2.1 制御棒に作用する荷重	3
2.2.2 燃料集合体の浮き上がり	12
3. まとめ	16

1. はじめに

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、制御棒挿入性については水平地震動を考慮した挿入性試験により確認している。

一方で、制御棒挿入性への上下地震動の影響については、社団法人日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」（以下「耐専報告書」という。）並びに独立行政法人原子力安全基盤機構「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」（以下「機器耐力その2報告書」という。）及び「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」（以下「機器耐力その3報告書」という。）にて確認されている。これらの既往知見は、島根原子力発電所第2号機と同じBWR炉心を対象としていることから、上下地震動による制御棒挿入性への影響について、これらの既往知見に基づき評価を実施した。

本補足説明資料は、VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」の上下地震動に対する評価について補足するものである。

2. 上下地震動の影響について

2.1 既往知見の適用性確認

- (1) 耐専報告書では、制御棒挿入時に制御棒に作用する挿入力とその他作用力を算出し、その大小関係と方向から上下地震動に対する影響を評価し、 $1.0 \times 9.8\text{m/s}^2$ に対して影響は小さく無視できるとしている。なお、ここでは、水平地震力による燃料中央部のたわみ変位は 34mm である。
- (2) 機器耐力その 2 報告書では、 $1.0 \times 9.8\text{m/s}^2$ 以上の上下地震動の加速度が燃料集合体に作用する場合には、燃料集合体が浮き上がる可能性があることから、制御棒挿入性への影響として、制御棒の挿入現象・挿入時間及び燃料集合体の浮き上がりについて検討し、解析による制御棒挿入時間の評価及び $2.0 \times 9.8\text{m/s}^2$ が作用し仮に燃料集合体に浮き上がりが生じた場合でも、燃料支持金具から離脱することはないことを報告している。
- (3) 機器耐力その 3 報告書では、上下地震動の最大加速度 $2.0 \times 9.8\text{m/s}^2$ に対する検討を実施し、上下地震動による制御棒挿入性への影響はきわめて小さいことを報告している。
- (4) 既往知見の検討に関する燃料集合体等の機器仕様と島根原子力発電所第 2 号機の機器仕様についての比較結果を表 1 に示す。検討に関する機器仕様については、チャンネルボックス及び制御棒以外の機器仕様は同一条件である。また、一部制御棒（中性子吸収材）の仕様が異なるものの、ボロンカーバイド型制御棒における制御棒質量はハフニウム棒型制御棒と同等であることから、制御棒の型式の違いによる影響は軽微と考えられる。さらに、燃料集合体の鉛直方向の剛性も十分に高いことから、地震動の違いによる影響はないと考えられる。

以上より、既往知見の結果について、島根原子力発電所第 2 号機への適用性はあるものと判断できる。

表 1 機器仕様に係る既往知見との比較結果

機器	既往知見	島根原子力発電所第 2 号機	相違の有無
燃料集合体	9×9 燃料	9×9 燃料	無
チャンネルボックス	100mil	120mil	有
制御棒	ハフニウム型	ハフニウム棒型 ボロンカーバイド型	有
上部格子板	S 格子	S 格子	無
制御棒駆動機構	FSCRD	FSCRD	無

2.2 上下地震動の影響評価

制御棒挿入性に対する上下地震動による影響については、既往知見を踏まえ次の項目について評価する。

- ① 制御棒に作用する荷重
- ② 燃料集合体の浮き上がり

2.2.1 制御棒に作用する荷重

(1) 評価方針

耐専報告書における影響評価と同様に制御棒挿入時に制御棒に作用する荷重を静的荷重と扱い、また各荷重の作用方法は安全側の評価となるように設定する。ここで設定した条件において制御棒に作用する上下方向の荷重から、上下地震動が制御棒挿入性に与える影響を評価する。表2に、制御棒挿入性影響評価で考慮する荷重と設定方針を示す。

表2 制御棒挿入性影響評価で考慮する荷重と設定方針

No.	制御棒に作用する荷重の種類	設定方法
1	制御棒自重	下向きに働く力として設定
2	制御棒駆動機構の挿入力	定格炉圧時の炉圧スクラムでの挿入力として設定*1
3	炉水による浮力	制御棒に生じる浮力を制御棒の体積に基づき設定
4	上下地震動による抗力	炉心支持板位置の鉛直方向下向きに作用する力として設定
5	水平地震力による抗力 (摩擦力)	耐専報告書で算定された水平地震力による抗力 (摩擦力)を用いる。*2

注記*1：制御棒駆動機構による上向きの挿入力として、水圧制御ユニットアキュムレータによるスクラムよりも低い炉圧スクラム（6.93MPa）による挿入力を保守的に用いる。

*2：耐専報告書記載の文献（“BWR CONTROL ROD DRIVE SCRAMMABILITY DURING EARTHQUAKES”，ASME PVP Vol.182）における、水平方向加振中の制御棒挿入試験での計測結果から解析した制御棒に生じる水平力を基にしている。

(2) 評価結果

表 2 の設定方針により算出した制御棒に作用する各鉛直方向荷重を表 3, 表 4, 図 1 及び図 2 に示す。ボロンカーバイド型制御棒においては, 制御棒駆動機構の挿入力が主体の上向き力は [] N に対し, 自重や上下地震動による下向きの力は [] N であり, 方向性を考慮した荷重の総和は上向き力が [] N 上回っている。一方, ハフニウム棒型制御棒においては, 制御棒駆動機構の挿入力が主体の上向き力は [] N に対し, 自重や上下地震動による下向きの力は [] N であり, 方向性を考慮した荷重の総和は上向き力が [] N 上回っており, 制御棒に作用する荷重による制御棒の挿入性と健全性は確保される。なお, 今回の影響評価では, 下記に示すように保守性を有している。

- ① 交番荷重である上下地震動を常に下向きに作用することになっている。
- ② 制御棒駆動機構による上向きの挿入力として, 水圧制御ユニットアキュムレータによるスクラムよりも低い炉圧スクラム (6.93MPa) による挿入力をを用いている。

表 3 制御棒挿入性影響評価で考慮する鉛直方向荷重と算出根拠
(ボロンカーバイド型制御棒)

No.	制御棒に作用する荷重の種類	鉛直方向荷重 (N) *1	算出根拠 〔島根原子力発電所第2号機〕
1	制御棒自重	<input type="text"/>	制御棒質量： <input type="text"/> kg
2	制御棒駆動機構の挿入力	+ 5064	定格圧力 (6.93MPa) 時の炉圧スクラムによる挿入力
3	炉水による浮力	<input type="text"/>	制御棒体積に炉水密度を考慮
4	上下地震動による抗力 (別紙参照)	- 1841	鉛直方向加速度 $1.35 \times 9.8 \text{m/s}^2$ が制御棒及び制御棒駆動機構部に作用するとして算定 算出過程： <input type="text"/>
5	水平地震力による抗力 (摩擦力)	- 2264	耐専報告書を基に設定した、相対変位 34mm (島根原子力発電所第2号機の最大相対変位同等) における水平地震動による抵抗力 1509N に、制御棒の剛性 (断面二次モーメント) 比を乗じる。 算出過程： <input type="text"/>
作用力の合計		<input type="text"/>	—

注記*1：荷重の方向を、上向き+、下向き-とした。

*2：制御棒駆動機構駆動部質量

表 4 制御棒挿入性影響評価で考慮する鉛直方向荷重と算出根拠
(ハフニウム棒型制御棒)

No.	制御棒に作用する荷重の種類	鉛直方向荷重 (N) *1	算出根拠 〔島根原子力発電所第 2 号機〕
1	制御棒自重	<input type="text"/>	制御棒質量： <input type="text"/> kg
2	制御棒駆動機構の挿入力	+ 5064	定格圧力 (6.93MPa) 時の炉圧スクラムによる挿入力
3	炉水による浮力	<input type="text"/>	制御棒体積に炉水密度を考慮
4	上下地震動による抗力 (別紙参照)	- 1854	鉛直方向加速度 $1.35 \times 9.8 \text{m/s}^2$ が制御棒及び制御棒駆動機構部に作用するとして算定 算出過程： <input type="text"/>
5	水平地震力による抗力 (摩擦力)	- 1509	耐専報告書を基に設定した、相対変位 34mm (島根原子力発電所第 2 号機の最大相対変位同等) における水平地震動による抵抗力 1509N に、制御棒の剛性 (断面二次モーメント) 比を乗じる。 算出過程： <input type="text"/>
作用力の合計		<input type="text"/>	—

注記*1：荷重の方向を、上向き+、下向き-とした。

*2：制御棒駆動機構駆動部質量

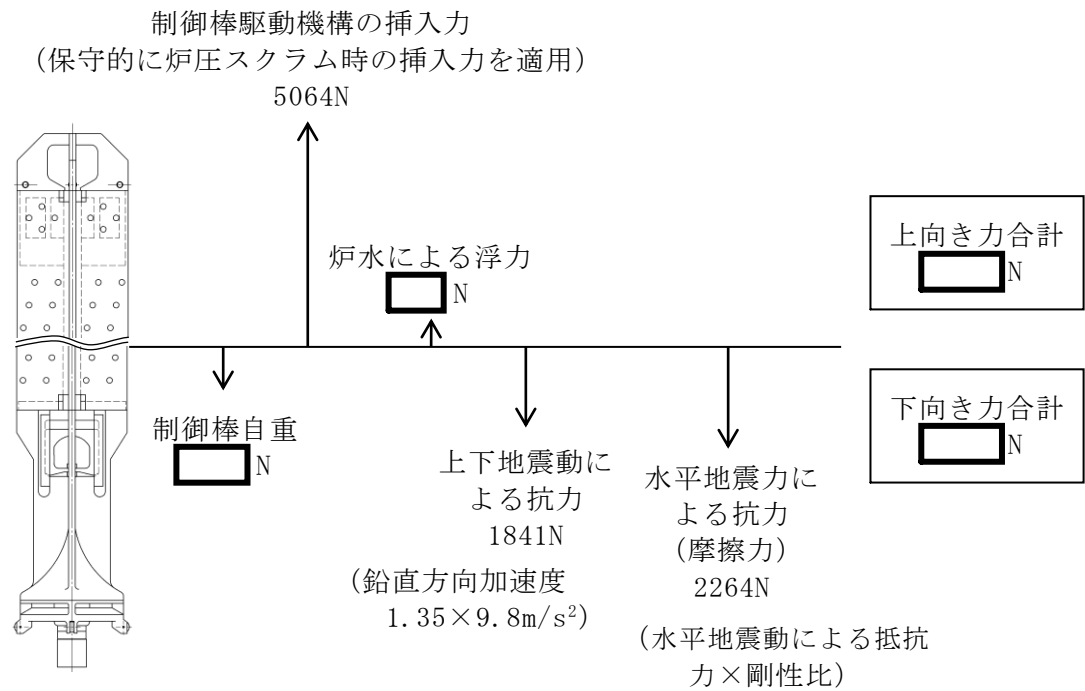


図1 制御棒に作用する鉛直方向荷重
(ボロンカーバイド型制御棒)

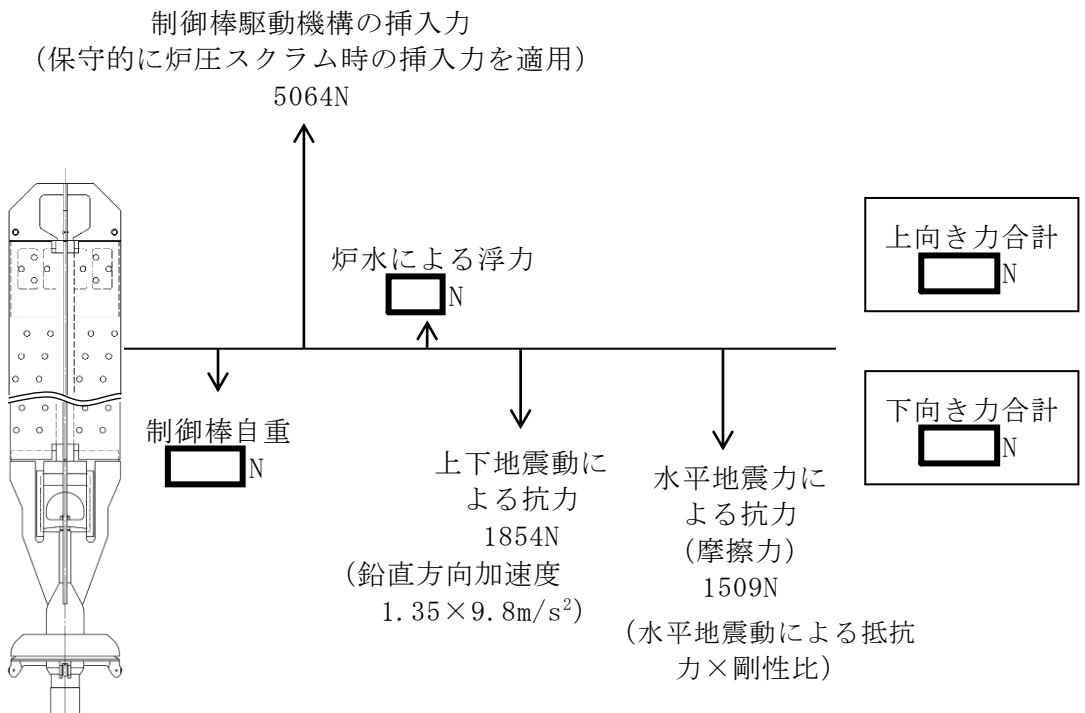


図2 制御棒に作用する鉛直方向荷重
(ハフニウム棒制御棒)

[上下地震動による抗力で生じるスクラム時間遅れ]

(1) 評価方針

上下地震動による抗力でスクラム時間に遅れが生じることから、燃料のたわみ変位によって生じる下向き抗力とスクラム遅れ時間との相関を仮定し、制御棒挿入性への影響を確認する。

(2) 評価結果

ボロンカーバイド型制御棒においては、VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」の「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）」（別図 1 参照）の通り、非加振時のスクラム時間は約 秒であるのに対し、相対変位 35.0 mm におけるスクラム時間は約 秒であり、スクラム時間は 秒増加している。一方、燃料中央部のたわみ変位 35.0mm での抗力（摩擦力）は 2264N と推定されることから、制御棒挿入に対する抗力（摩擦力）2264N が常時下向きに作用する場合、スクラム時間は 秒増加すると推定できる。

次に、「表 3 制御棒挿入性影響評価で考慮する荷重と算出根拠（ボロンカーバイド型制御棒）」より鉛直方向加速度 $1.35 \times 9.8 \text{m/s}^2$ 作用時には抗力 1841N が生じることから、この時のスクラム時間の遅れは、摩擦力と時間遅れが比例するとして $\text{} \times (1841/2264) = \text{}$ (秒) となる。

燃料集合体の相対変位 35.0mm に対するスクラム時間（75%ストローク）は、別図 1 より約 秒であることから、上下地震動による影響を考慮したスクラム時間は $\text{} + \text{} = \text{}$ (秒) となる。これは、75%ストロークスクラムの目安時間 1.62 秒以内である。

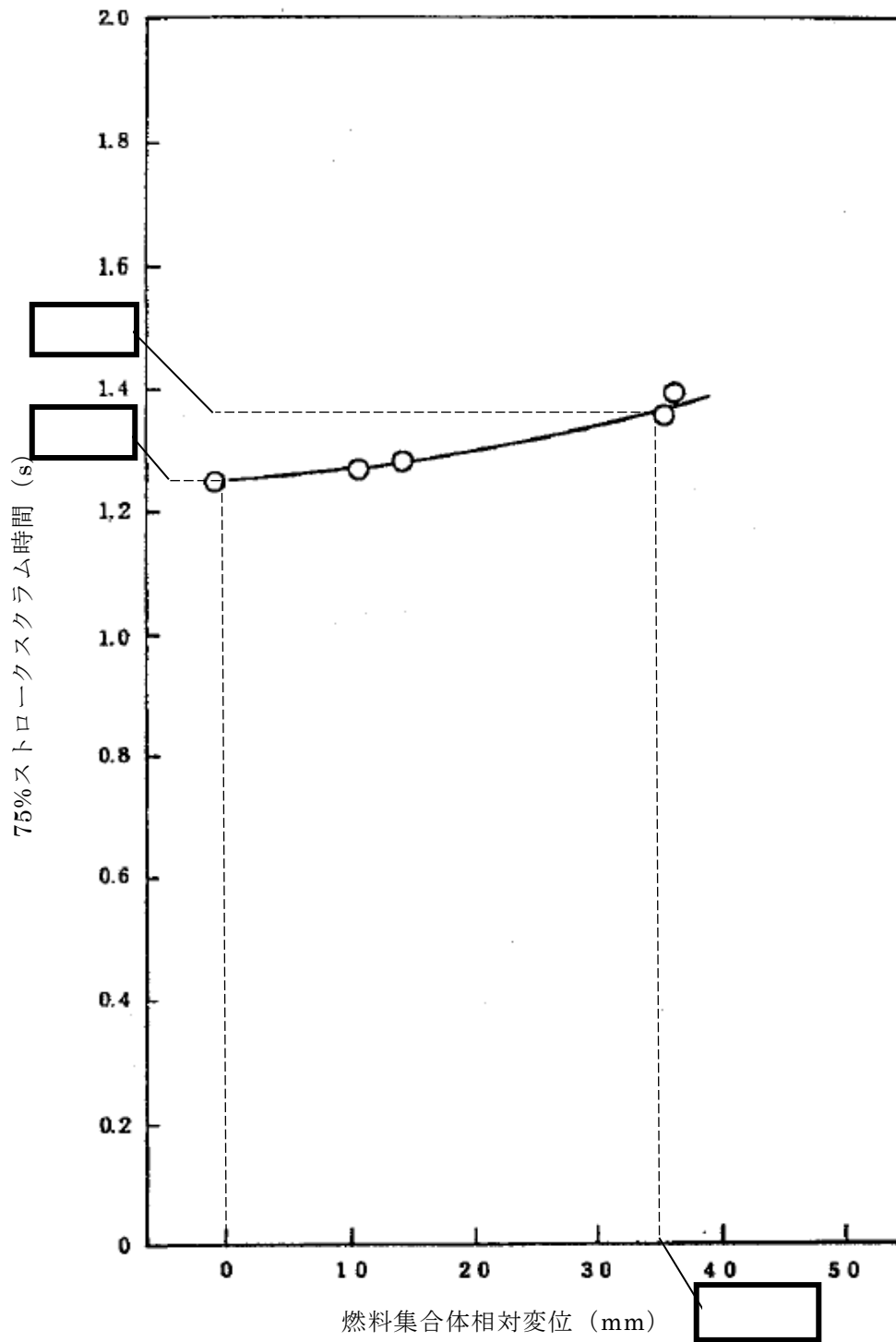
ハフニウム棒型制御棒においては、VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」の「図 4-4 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響（ハフニウム棒型制御棒）」（別図 2 参照）の通り、非加振時のスクラム時間は約 秒であるのに対し、相対変位 35.0 mm におけるスクラム時間は約 秒であり、スクラム時間は 秒増加している。一方、燃料中央部のたわみ変位 35.0mm での抗力（摩擦力）は 1509N と推定されることから、制御棒挿入に対する抗力（摩擦力）1509N が常時下向きに作用する場合、スクラム時間は 秒増加すると推定できる。

次に、「表 4 制御棒挿入性影響評価で考慮する荷重と算出根拠（ハフニウム棒型制御棒）」より鉛直方向加速度 $1.35 \times 9.8 \text{m/s}^2$ 作用時には抗力 1854N が生じることから、この時のスクラム時間の遅れは、摩擦力と時間遅れが比例するとして $\text{} \times (1854/1509) = \text{}$ (秒) となる。

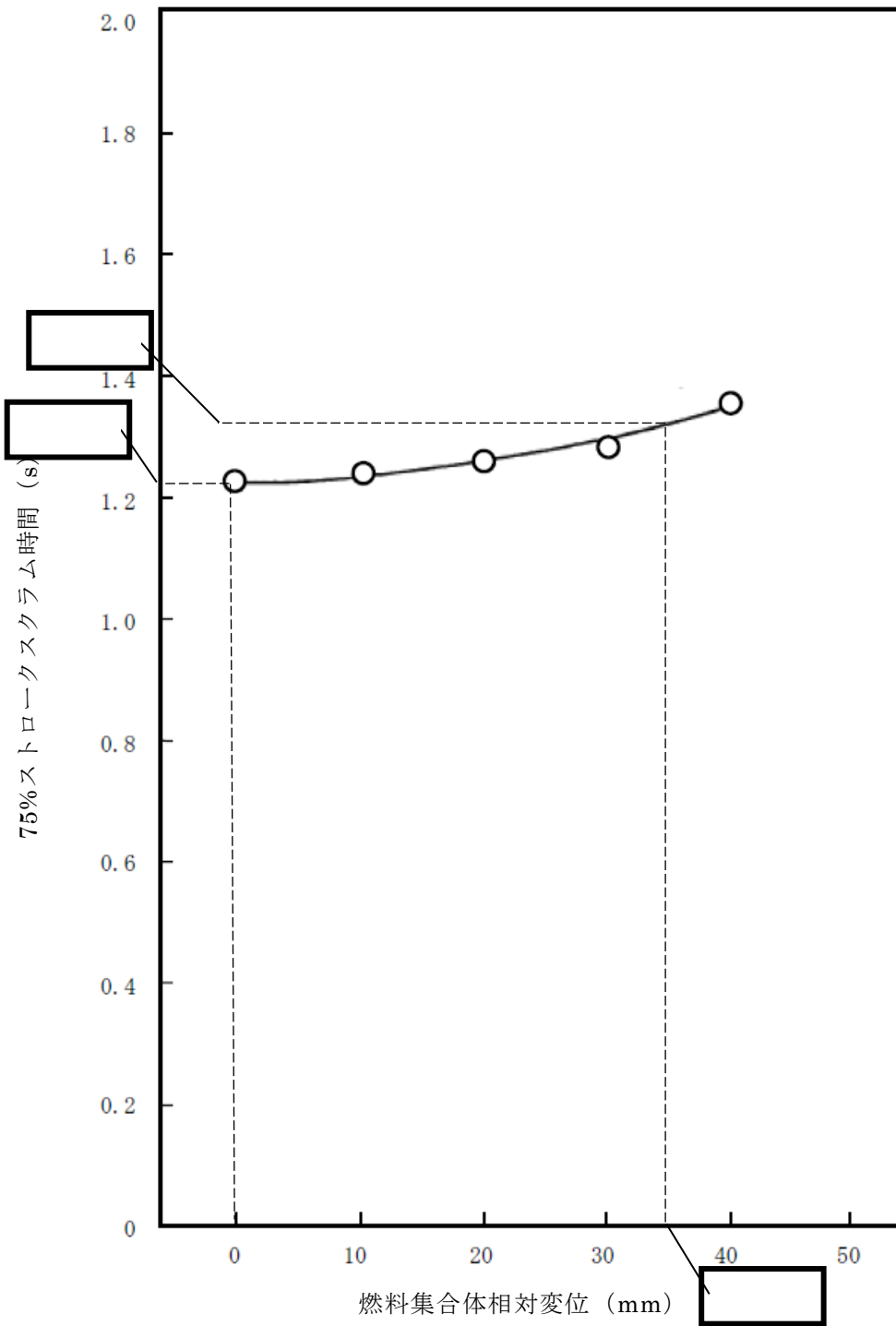
燃料集合体の相対変位 35.0mm に対するスクラム時間（75%ストローク）は、別図 2 より約 秒であることから、上下地震動による影響を考慮したスクラム時

間は□+□=□(秒)となる。これは、75%ストロークスクラムの目安時間1.62秒以内である。

これにより、ボロンカーバイド型制御棒及びハフニウム棒型制御棒においては、上下地震動による抗力が常時下向きに作用し、スクラム時間の遅れが発生したとしても目安時間を超えることはなく、また実際の上下地震動は交番荷重として作用することから、スクラム時間の遅れに対し影響はないと考えられる。



別図1 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響
 (VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」に加筆)
 (ボロンカーバイド型制御棒)



別図2 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響
(VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」に加筆)
(ハフニウム棒型制御棒)

2.2.2 燃料集合体の浮き上がり

(1) 評価方針

制御棒上部は、スクラム開始前の初期状態においても燃料集合体間に挿入されており、仮に上下地震動による浮き上がりが生じた場合でも燃料集合体下部の水平方向の移動は制御棒により拘束されるため、制御棒挿入が不可能になることはないと考えられる。

本項では機器耐力その2報告書を基に、仮に上下地震動により燃料集合体に浮き上がりが生じた場合として、次の2ケースについて検討する。

- ① 上下地震動による燃料集合体の浮き上がり
- ② 水平及び上下地震動による燃料集合体の浮き上がり

(2) 評価結果

a. 上下地震動による燃料集合体の浮き上がり

機器耐力その2報告書では、上下地震動による燃料集合体の燃料支持金具からの浮き上がり量について、1自由度1質点の簡易解析モデルに正弦波を入力する解析により検討している。モデルを図3に、解析結果を図4に示す。浮き上がり量の最大は、入力加速度 m/s²、振動数5Hzの場合で浮き上がり量は mm となっている。

島根原子力発電所第2号機の鉛直方向加速度は $1.35 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ であり、機器耐力その2報告書の解析結果における $1.5 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ での浮き上がり量37mmを超えることはなく、浮き上がり量は燃料支持金具設置深さ mm より小さい。

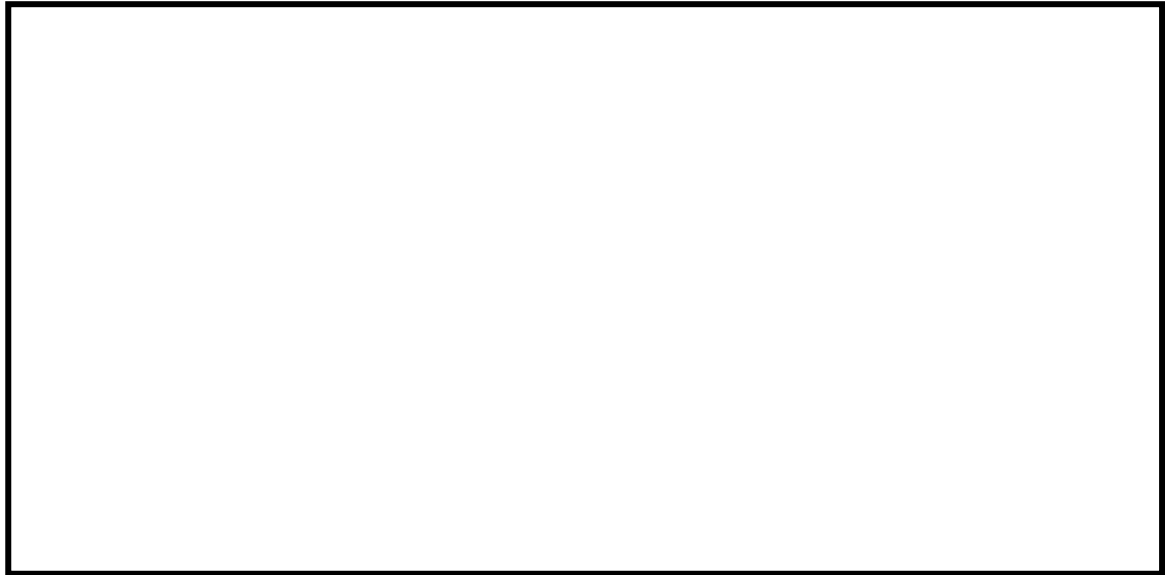


図3 燃料集合体の浮き上がり量解析モデルの概略図（機器耐力その2 報告書）

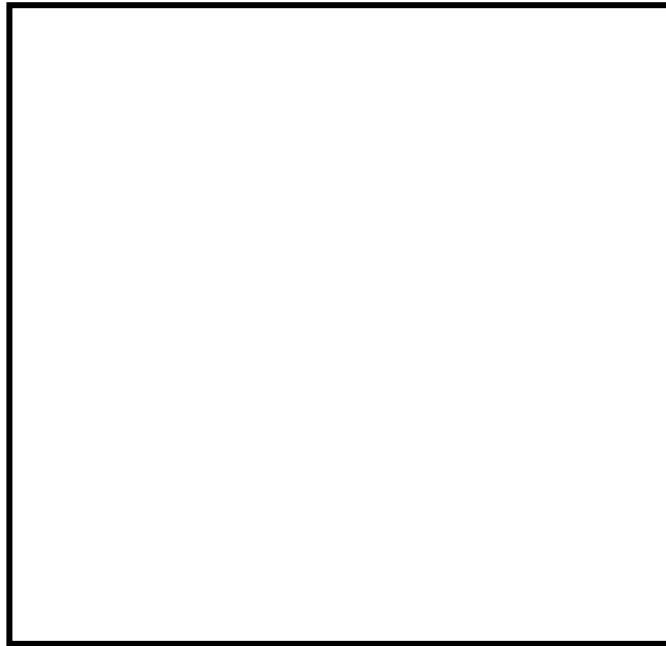


図4 浮き上がり量解析結果（正弦波）（機器耐力その2 報告書）

b. 水平及び上下地震動による燃料集合体の浮き上がり

機器耐力その2報告書では、上下方向に加えて水平方向の地震力を考慮し、燃料集合体が燃料支持金具から離脱する可能性について検討している。燃料集合体が上下地震動により浮き上がり、水平地震動の加速度により燃料支持金具の面に沿って上方向に移動する事象を考えている。概要図を図5に示す。

図5の条件において力学的検討を行い、上下地震動によって燃料集合体が浮き上がった状態で水平方向の地震動の影響を受けた場合の水平動による上方向の移動量を求めている。機器耐力その2報告書で検討した移動量評価条件を表5に示す。表5に示す条件における水平動に対する評価結果では、上下地震動の最大加速度が $1.5 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ のときの水平動による上方向の移動量は1.1mm、 $2.0 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ のときの移動量は1.3mmとなっている。結果として、水平及び上下地震動による上方向の移動量は、上下地震動の最大加速度が $1.5 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ のときは mm + 1.1mm = mm、上下地震動の最大加速度が $2.0 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ のときは mm + 1.3mm = mm となり、上下地震動に加え水平地震動を考慮した場合でも、燃料支持金具設置深さ mm に対し十分小さい値となることが確認されている。

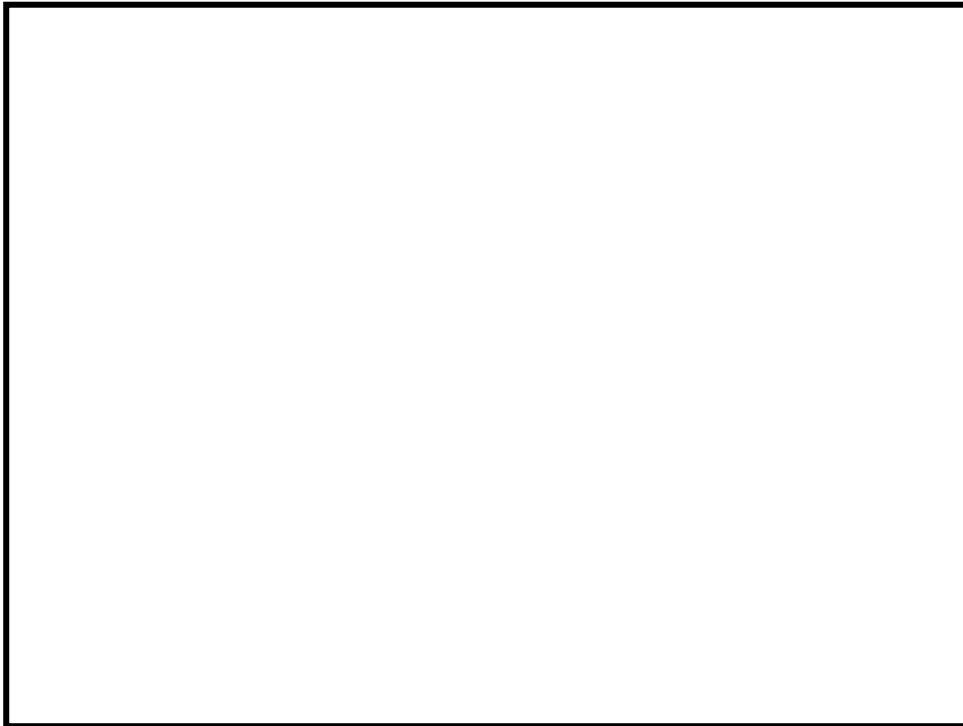


図5 水平・上下方向の地震動による浮き上がり検討概要図（機器耐力その2報告書）

表 5 $2.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ 及び $1.5 \times 9.8 \text{m/s}^2$ のときの移動量評価条件（機器耐力その 2 報告書）

--

次に島根原子力発電所第 2 号機の基準地震動 S_s の条件での移動量評価条件を確認し、機器耐力その 2 報告書の移動量評価条件と対比して、表 6 に示す。機器耐力その 2 報告書の検討条件に対し、島根原子力発電所第 2 号機の基準地震動 S_s の条件の方が、燃料集合体下端の加速度最大値及びせん断力最大値ともに小さい。このため、水平及び上下地震動による上方向の移動量は、機器耐力その 2 報告書で算出された 6.9mm ($1.5 \times 9.8 \text{m/s}^2$ の場合) より小さくなり、浮き上がりによる燃料支持金具からの離脱の影響はないと考える。

なお、燃料集合体の浮き上がりに伴い、一時的に燃料集合体と燃料支持金具の間の流量が増加し、燃料集合体内の流量低下が生じる可能性があるが、浮き上がり量も小さく、浮き上がり継続時間も短時間であることから、燃料集合体の冷却が著しく損なわれることはないと考える。

表 6 島根原子力発電所第 2 号機の移動量評価条件（機器耐力その 2 報告書と対比）

	上下地震動 最大加速度 (m/s^2)	燃料集合体下端 加速度最大値 (水平方向) (m/s^2)	燃料集合体下端 せん断力最大値 (水平方向) (N)
機器耐力その 2 報告書	[Redacted]		
島根原子力発電 所第 2 号機	1.35×9.8	1.30×9.8	2.21×10^6

3. まとめ

上下地震動が作用した場合を想定し、制御棒に作用する荷重、燃料集合体の浮き上がりについて影響を検討した。

まず、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作用力との大小関係の評価し、影響を検討した。その結果、ボロンカーバイド型制御棒及び hafnium 棒型制御棒において、鉛直方向加速度 $1.35 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ が、常時下向きに作用すると仮定した場合でも、制御棒の上向き挿入力とは下向きの力に対して、大きくなっている。なお、今回の影響評価では、下記に示すように保守性を有している。

- ① 交番荷重である上下地震動を常に下向きに作用することとしている。
- ② 制御棒駆動機構による上向きの挿入力として、水圧制御ユニットアキュムレータによるスクラムよりも低い炉圧スクラム (6.93MPa) による挿入力を用いている。

また、上下地震動による抗力で生じるスクラム時間の遅れについて、燃料のたわみ変位によって生じる下向き抗力とスクラム遅れ時間との相関を仮定し検討した。その結果、ボロンカーバイド型制御棒及び hafnium 棒型制御棒において、常時下向きの地震力によるスクラム時間の遅れを加算してもスクラム目安時間を超えることはなく、実際には上下地震動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し影響はないと考える。

さらに、燃料集合体に浮き上がりが生じるとした場合の評価について、機器耐力その2報告書を参照して検討した。燃料支持金具から燃料集合体が離脱する可能性は極めて小さいとしている機器耐力その2報告書における耐震評価条件と、島根原子力発電所第2号機の基準地震動 S_s の評価条件を比較し、島根原子力発電所第2号機の耐震評価条件は機器耐力その2報告書の耐震評価条件より小さいことから、燃料集合体の浮き上がりによる影響はないと考える。

以上のことから、制御棒の挿入性に対する上下地震動による影響は小さく問題ないと考える。

補足-027-10-12 制御棒駆動機構の耐震評価方針について

目 次

1. 制御棒駆動機構の耐震評価の概要	1
2. 「原子炉冷却材圧力バウンダリ」に対する耐震評価	1
3. 「スクラム機能」に対する耐震評価	1
4. 制御棒駆動機構の耐震評価方針	2

1. 制御棒駆動機構の耐震評価の概要

制御棒駆動機構（以下「CRD」という。）は、Sクラス設備であり、機能要求としては、「原子炉冷却材圧力バウンダリ」と「スクラム機能」を有する。「原子炉冷却材圧力バウンダリ」と「スクラム機能」に対するそれぞれの耐震評価方針について、以下に整理する。

2. 「原子炉冷却材圧力バウンダリ」に対する耐震評価

CRDは、原子炉冷却材圧力バウンダリの機能を有するCRDハウジングに取り付けられる。CRD本体の原子炉冷却材圧力バウンダリとしては、フランジ部がその機能を有することから、当該部に対してVI-2-6-3-1「制御棒駆動機構の耐震性についての計算書」において耐震評価を実施している。

3. 「スクラム機能」に対する耐震評価

スクラム機能要求に対する規格基準の要求としては、J E A G 4 6 0 1-1987 に示されており、以下記載となっている。

「制御棒及び制御棒駆動装置については、地震時に制御棒が安全上要求される時間内に炉心内に挿入されることをもって、機能維持を確認する。」

当該記載を踏まえ、従来より、地震時に制御棒が安全上要求される時間内に挿入されることを確認することにより、CRDのスクラム機能維持を確認している。具体的には、制御棒の挿入性試験において、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って応答させることにより、所定の変位と加振振動数を与え、地震を模擬した状態で制御棒をスクラム挿入させている。VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」において、燃料集合体の相対変位が約40mm及び加振振動数約5～6Hzにおける制御棒挿入性試験で、75%ストロークスクラム時間が、安全上要求される1.62秒以内であること及びCRDが健全であることを確認している。この燃料集合体の相対変位の約40mmを地震時における許容変位量とした場合、島根原子力発電所第2号機の地震時における燃料集合体の相対変位は、この値を満足することを確認している。

また、スクラム挿入試験においては、燃料集合体の相対変位に着目して実施している。この試験方法により、スクラム機能の評価を行っていることについては、既工認におけるスクラム機能の評価方法と今回の設工認間で同様である。

燃料集合体の相対変位について着目した試験を実施している理由は、燃料集合体は上端を上部格子板、下端を炉心支持板で支持されており、そのスパン長は約4mとなり柔構造であることに対して、その他の挿入経路である制御棒案内管及びCRDは、燃料集合体に比べて構造的に剛であり、地震により生じる変位が燃料集合体に比べて小さいため、制御棒案内管及びCRDにおける制御棒挿入時の接触による抵抗力は、燃料集合体部分と比べて小さく、地震時において制御棒の挿入経路に与える影響は軽微であるためである。

各構造物の固有周期を表1に示す。表1に示すとおり燃料集合体が最も固有周期が大きく、振動特性からも地震時に変位が生じやすい構造である。

表 1 各構造物の固有周期

構造物	固有周期 (秒)
燃料集合体	0.204
制御棒案内管	0.066
制御棒駆動機構 (制御棒駆動機構ハウジング)	0.05 以下

4. 制御棒駆動機構の耐震評価方針

CRDの機能要求である「原子炉冷却材圧力バウンダリ」及び「スクラム機能」のうち、「原子炉冷却材圧力バウンダリ」は2項のとおりVI-2-6-3-1「制御棒駆動機構の耐震性についての計算書」で、「スクラム機能」は3項のとおりVI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」で評価している。

補足-027-10-13 排除水質量の考慮による応答低減の考慮

目 次

1. 概要	1
2. 水中構造物の耐震計算における質量条件の考え方	1
2.1 付加質量について	1
2.2 付加質量及び排除水質量の概念	5
2.3 構造物に加わる力	6
2.4 固有振動数，応答加速度及び発生荷重の気中と水中との比較	8
3. 付加質量の計算について	9
3.1 付加質量のラックへの適用	9
3.2 ラック部	10
3.3 収納容器上部	11
3.4 収納容器上端（鉛直方向）	12
3.5 全体付加質量	13
4. 排除水質量の計算について	13
4.1 ラックの質量	13
5. まとめ	14
6. 参考文献	14
別紙1 耐震評価における水中構造物の付加質量及び応答低減効果の考慮について	15
別紙2 燃料プール水位・温度（S A）の低減係数の算定例	21
別紙3 ポンプにおける付加質量の算定方法について	26

1. 概要

今回工認では、一部の水中構造物における発生応力の算出にあたり、水と構造物の相互影響を精緻に評価するため、排除水質量の考慮による応答低減の効果を織り込んで、評価を実施する。

2. 水中構造物の耐震計算における質量条件の考え方

付加質量及び排除水質量の定義は、以下のとおりである。

(1) 付加質量

構造物が流体中で振動する場合において、あたかも質量が増加したような傾向（付加質量効果）を示すことから、流体による付加質量効果を模擬するための機器の形状により定まる仮想質量

(2) 排除水質量

機器が流体中にある場合に、機器の形状により排除する流体の質量

上記(1)、(2)の質量の概念は、後述する(2.2-1)式から展開する考え方であり、「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」の立形ポンプの例で引用されている二重円筒モデルの考え方によるものと同じ式で表される。なお、先行プラントにおいても、上記の考え方をを用いている。

以下に、水中構造物の耐震計算における水の影響について、付加質量及び排除水質量の考え方を示す。

2.1 付加質量について

構造物が流体中で振動する場合、構造物—流体間の相互作用により水中構造物は、流体の影響により、固有振動数及び応答が低下する。このような現象を理解するため、付加質量の概念が一般に用いられる。流体中にある物体が加速度を受けて運動する場合、構造物は流体を押し退けて進むことになり、流体を排除するのに必要な力 F_W が作用する。

F_W は、加速度 α に比例し、

$$F_W = m_V \cdot \alpha \quad (2.1-1)$$

m_V ：構造物の形状等によって決定される質量（付加質量）

で表される。

また、周囲に流体が存在しないとした場合に、質量 M の物体に加速度 α を与えるために必要な力 F_S は、

$$F_S = M \cdot \alpha \quad (2.1-2)$$

で表される。

したがって流体中の場合、同一の加速度を与えるために必要な力 F は、上述の力の和として下記にて表せる。

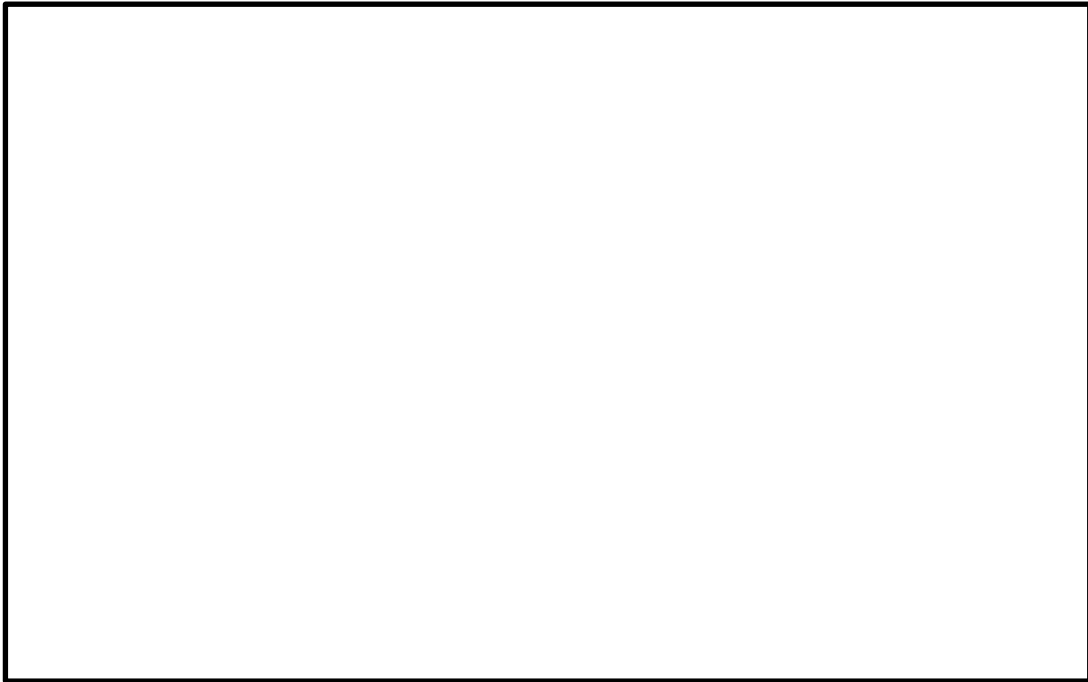
$$F = F_S + F_W = (M + m_V) \cdot \alpha \quad (2.1-3)$$

(2.1-3)式は、同一の加速度を与えるために流体中においては、あたかも質量が m_V だけ増加したような傾向を示すことを意味しており、 m_V を付加質量と呼び機械工学便覧（参考文献(1)）やA S M E「Table of Hydrodynamic Mass Factors for Translational Motion」（以下「A S M Eテーブル」という。）で構造物の形状ごとに、この付加質量を算出する方法がまとめられている。各種断面形状における機械工学便覧の抜粋を表 2.1-1 に、長方形断面におけるA S M Eテーブルの抜粋を表 2.1-2 に示す。

表 2.1-1 機械工学便覧 (抜粋)

--

表 2.1-2 ASME テーブル (抜粋)



2.2 付加質量及び排除水質量の概念

(1) 二重円筒モデル

水中構造物の耐震設計においては、前述のように付加質量を求めて計算するが、その考え方は、参考文献(2)において、二重円筒の流体連成振動のモデルとして説明されている。二重円筒モデルを図 2.2-1 に示す。ここで、二重円筒の間に流体が存在する系の振動は、(2.2-1)式にて表すことができ、付加質量の定義式から内筒の排除水質量については、(2.2-2)式にて表すことができる。

なお、 M_{11}, M_{12}, M_{22} は Fritz の論文 (参考文献(3)) に基づき算出される。

$$\left(\begin{bmatrix} M_1 & 0 \\ 0 & M_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 0 \quad (2.2-1)$$

ここに

M_1, M_2 : 内筒及び外筒の質量

$$M_{11} = \pi a^2 L \rho \left(\frac{a^2 + b^2}{b^2 - a^2} \right) \quad : \text{内筒の自己付加質量} \quad (2.2-1a)$$

$$M_{12} = M_{21} = -2\pi a^2 L \rho \left(\frac{b^2}{b^2 - a^2} \right) \quad : \text{相互影響による付加質量} \quad (2.2-1b)$$

$$M_{22} = \pi b^2 L \rho \left(\frac{a^2 + b^2}{b^2 - a^2} \right) \quad : \text{外筒の自己付加質量} \quad (2.2-1c)$$

a = 内筒の外半径

b = 外筒の内半径

\ddot{u}_1, \ddot{u}_2 = 内筒, 外筒の絶対加速度

x_1, x_2 = 内筒, 外筒の相対変位

k_1, k_2 = 内筒, 外筒の剛性

L = 内筒及び外筒の長さ

ρ = 流体の密度

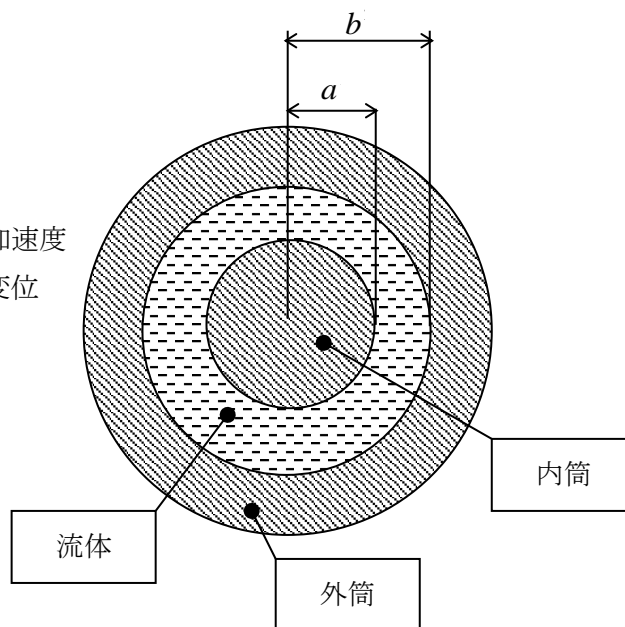


図 2.2-1 二重円筒モデル

ここで、上記の式の定義により、二重円筒の外筒が内筒に対して十分に大きいとすると、(2.2-1a)式及び(2.2-1b)式は下式になることから、 $M_{11} + M_{12}$ は(2.2-2)式となる。

$$M_{11} = \pi a^2 L \rho \quad (2.2-1a')$$

$$M_{12} = -2\pi a^2 L \rho \quad (2.2-1b')$$

$$M_{11} + M_{12} = -\pi a^2 L \rho (= -M_d) \quad (2.2-2)$$

(2.2-2)式は、内筒の排除水質量に相当する。これを $-M_d$ と表現する。

(2) 二重円筒モデルの拡張

「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」の立形ポンプの例において、「なお、バレルがない立形斜流ポンプの場合には、 d_2 を無限大にして用いる。」

(d_2 は図 2.2-1 の外筒内側直径 $2b$ に相当)とあり、これはポンプと取水槽壁（一般に矩形）との間の広い流体部分に対して、二重円筒モデルを適用することに相当する。この例において、このような取り扱いが可能であるのは、理論の前提である「①相対変位は微小である。②軸方向流れは無視できる。③ポテンシャル流れである。」を逸脱しないためである。同様に、矩形ラックや矩形プールからなる体系の場合も理論の前提を逸脱しない。

また、排除水質量は、二重円筒モデルの(2.2-2)式のとおり、単に機器体積と流体密度の積であることから、内筒をラック、外筒をプールとみなすことで矩形ラックや矩形プールの場合にも応用が可能である。

2.3 構造物に加わる力

付加質量及び排除水質量を用いて、構造物に加わる力を求める。

\ddot{u}_g を地震による入力加速度とすると

$$\ddot{u}_1 = \ddot{u}_g + \ddot{x}_1$$

$$\ddot{u}_2 = \ddot{u}_g + \ddot{x}_2$$

これを用いて、(2.2-1)式は以下に書き換えられる。

$$\begin{bmatrix} M_1 + M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_2 + M_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} M_1 + M_{11} + M_{12} \\ M_2 + M_{21} + M_{22} \end{bmatrix} \ddot{u}_g \quad (2.3-1)$$

ここで、外筒の剛性が非常に大きい場合には、 $x_2 = 0$ となり、(2.3-1)式は下式のように書き換えられる。

$$(M_1 + M_{11}) \cdot \ddot{x}_1 + k_1 x_1 = -(M_1 + M_{11} + M_{12}) \cdot \ddot{u}_g \quad (2.3-2)$$

上記(2.3-2)式は、水中において質量($M_1 + M_{11}$)の振動は、外筒からの相互影響による付加質量 M_{12} の影響を受けて、加振されていることを表している。

ここで、(2.3-2)式の右辺質量を左辺と同様に($M_1 + M_{11}$)で代表して、これを補正する

ために、右辺について比率 β を用いて書き換えると(2.3-3)式を得る。

(2.3-3)式は、気中において質量($M_1 + M_{11}$)が β 倍に低減された応答加速度で、振動することと同様であると考えることができる。

$$(M_1 + M_{11}) \cdot \ddot{x}_1 + k_1 x_1 = -\beta \cdot (M_1 + M_{11}) \cdot \ddot{u}_g \quad (2.3-3)$$

この係数 β は各質量を用いて下式で与えられ、これを低減係数と呼ぶこととする。

$$\beta = \frac{M_1 + M_{11} + M_{12}}{M_1 + M_{11}} \quad (2.3-4)$$

ここで、(2.2-2)式より、

$$\beta = \frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}} \quad (2.3-5)$$

と表される。よって、(2.1-3)式の α は β 倍に応答低減されることから、(2.3-5)式を用いて構造物に加わる力 F として下記(2.3-6)式が得られる。

$$F = (M_1 + M_{11}) \left\{ \frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}} \alpha \right\} = (M_1 - M_d) \cdot \alpha \quad (2.3-6)$$

一方、固有振動数については、(2.3-3)式から水中の場合が求められ、気中の場合については自己付加質量 M_{11} が無いとして下記のとおり求められる。

$$\text{水中：} \quad \omega_w^2 = \frac{k_1}{M_1 + M_{11}} \quad (2.3-7)$$

$$\text{気中：} \quad \omega_a^2 = \frac{k_1}{M_1} \quad (2.3-8)$$

両者の比を取って整理すると固有振動数の比として下記を得る。

$$\frac{\omega_w}{\omega_a} = \sqrt{\frac{M_1}{M_1 + M_{11}}} \quad (2.3-9)$$

2.4 固有振動数，応答加速度及び発生荷重の気中と水中との比較

構造物が，気中で振動する場合の固有振動数，応答加速度及び発生荷重と，水中で振動する場合の固有振動数，応答加速度及び発生荷重とを比較した結果を表 2.4-1 に示す。なお，水の付加質量を考慮する場合 (②) については，現実的評価として水の付加質量による慣性力を考慮していない場合 (A) と，保守的にこれを考慮している場合 (B) がある。

構造物が，気中で振動する場合に比べて水中で振動する場合には，固有振動数は付加質量の効果で小さくなる。また，応答加速度は応答低減効果によって低下することとなり，その結果，発生荷重も低下する (表 2.4-1 の比率 (③/①))。

また，水中の構造物の評価においては，水の付加質量を考慮する場合と付加質量及び排除水による応答低減効果を考慮する場合があるため，これらの条件を比較すると，固有振動数に差はないが，応答加速度は排除水による応答低減効果によって低下することとなり，その結果，発生荷重も低下する (表 2.4-1 の比率 (③/②))。

構造物が，気中で振動する場合と水中で振動する場合の応答加速度のイメージを図 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 気中で振動する場合と水中で振動する場合での固有振動数等の比較

	気中 (①)	水中		比率	
		付加質量を考慮 (②)	付加質量及び排除水による応答低減効果を考慮 (③)	(③/①)	(③/②)
固有振動数	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1}{M_1}}$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1}{M_1 + M_{11}}}$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1}{M_1 + M_{11}}}$	$\sqrt{\frac{M_1}{M_1 + M_{11}}}$	1.0
構造物の 応答加速度	α	(A) $\left(\frac{M_1}{M_1 + M_{11}}\right) \cdot \alpha$	$\left(\frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}}\right) \cdot \alpha$	$\frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}}$	(A) $\frac{M_1 - M_d}{M_1}$
		(B) α			(B) $\frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}}$
発生荷重	$F = M_1 \cdot \alpha$	(A) $F = M_1 \cdot \alpha$	$F = (M_1 - M_d) \cdot \alpha$	$\frac{M_1 - M_d}{M_1}$	(A) $\frac{M_1 - M_d}{M_1}$
		(B) $F = (M_1 + M_{11}) \cdot \alpha$			(B) $\frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}}$

M_1 : 内筒の質量

M_{11} : 付加質量

M_d : 排除水質量

k_1 : 内筒の剛性

α : 構造物の応答加速度

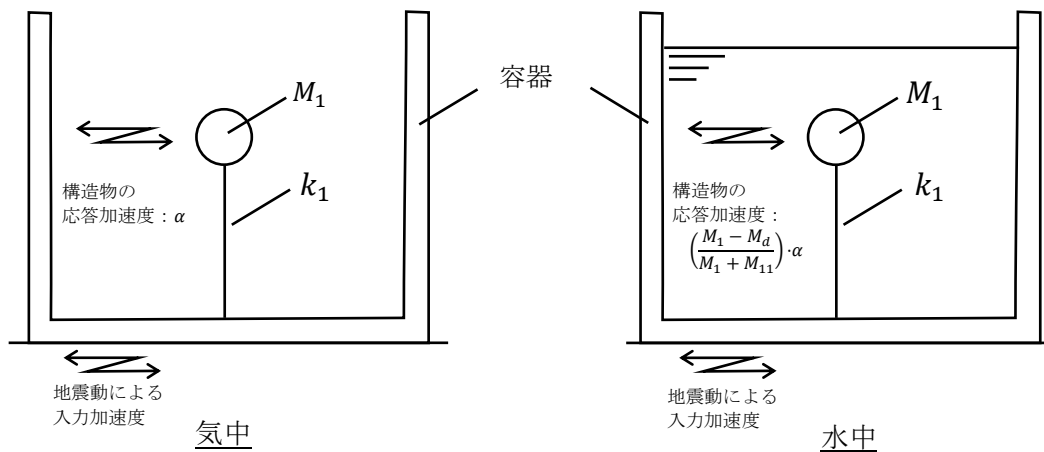


図 2.4-1 気中で振動する場合と水中で振動する場合の応答加速度のイメージ

3. 付加質量の計算について

制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）を例に、付加質量の計算例を示す。

3.1 付加質量のラックへの適用

(1) 付加質量係数の設定方法

ラックにおける付加質量係数の設定方法を図 3.1-1 に示す。

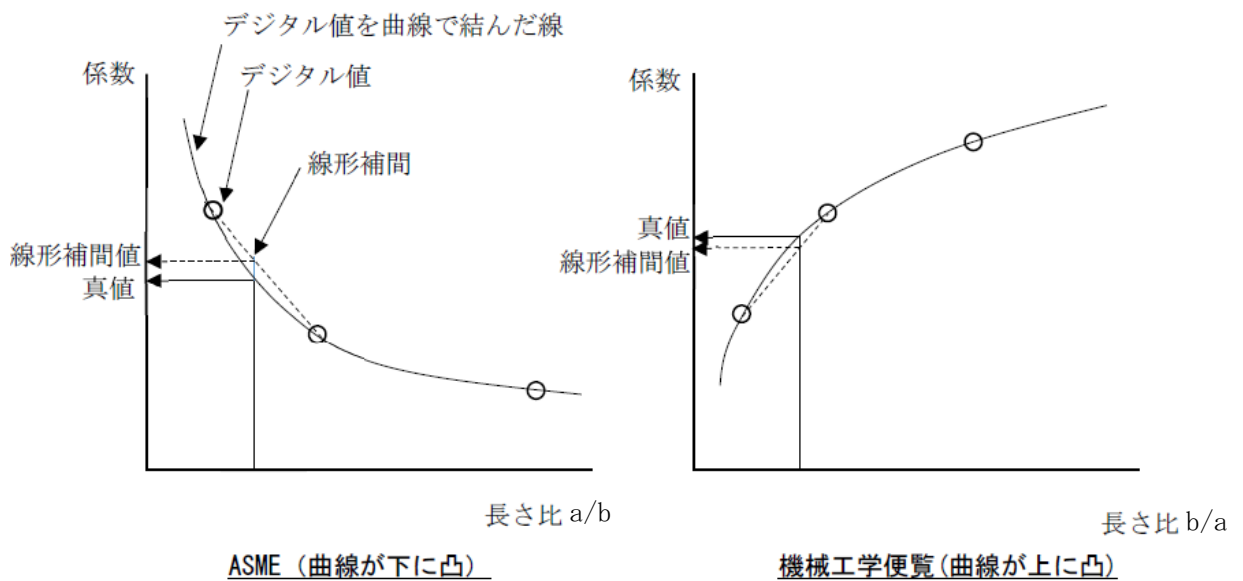


図 3.1-1 付加質量係数の設定方法（ASME と機械工学便覧の比較）

注：付加質量の算出

図 3.1-1 のデジタル値は表 2.1-1, 2.1-2 の値をプロットしたものである。付加質量係数を線形補間して求める場合、機械工学便覧と比較して付加質量係数が大きくなる ASME に記載の係数を準用している。

(2) 二重円筒モデルの矩形ラックへの適用

図 2.2-1 の二重円筒モデルと比較して、矩形ラックと使用済燃料貯蔵プールからなる体系は、流体部分が多いこと、内筒及び外筒の形状が矩形であることが相違している。それでも、2.2(2)に示したとおり二重円筒モデルの矩形ラックへの適用が可能である。

3.2 ラック部

(1) 長辺方向

ラック長辺方向時 $a = \square$ mm

ラック長辺方向時 $b = \square$ mm

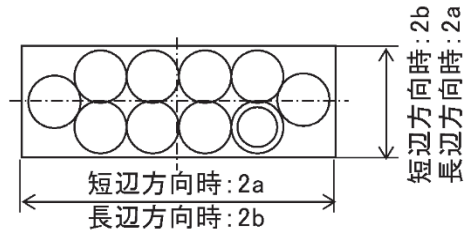


図 3.2-1 計算モデル図 (ラック上面)

$$\frac{a}{b} = 0.3704$$

A S M E テーブルより $a/b=0.5$ の時 付加質量係数 $k_1 = \square$

$a/b=0.2$ の時 付加質量係数 $k_2 = \square$

$\therefore a/b=0.3704$ の時

$$k = k_1 + \frac{(k_2 - k_1)}{(0.2 - 0.5)} \cdot (0.3704 - 0.5)$$

付加質量係数 $k = 1.8210$

ラック高さ $h_1 = \square$ mm

水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6}$ kg/mm³

付加質量 $mv\theta_1 = k \cdot \pi \cdot \rho \cdot a^2 \cdot h_1$

$$= \square \text{ kg}$$

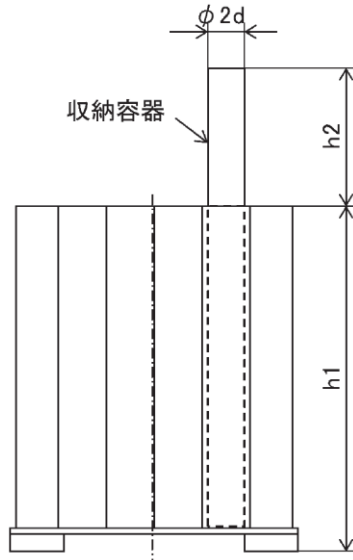


図 3.2-2 計算モデル図 (ラック側面)

(2) 短辺方向

ラック短辺方向時 $a = \square$ mm

ラック短辺方向時 $b = \square$ mm

$$\frac{a}{b} = 2.7000$$

A S M E テーブルより $a/b=5$ の時 付加質量係数 $k_1 = \square$

$a/b=2$ の時 付加質量係数 $k_2 = \square$

$\therefore a/b=2.7000$ の時

$$k = k_1 + \frac{(k_2 - k_1)}{(2 - 5)} \cdot (2.7000 - 5)$$

付加質量係数 $k = 1.3250$

ラック高さ $h_1 = \square$ mm

水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6}$ kg/mm³

付加質量 $m_{vs1} = k \cdot \pi \cdot \rho \cdot a^2 \cdot h_1$

$$= \square \text{ kg}$$

3.3 収納容器上部

円形断面のためラック長辺、短辺で付加質量は同じ。

円形断面の時 付加質量係数 $k = 1.00$

収納容器径 $d = \square$ mm

収納容器上部高さ $h_2 = \square$ mm

水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6}$ kg/mm³

付加質量 (長辺方向) $m_{v\ell 2} = k \cdot \pi \cdot \rho \cdot d^2 \cdot h_2 \times 10$

$$= \square \text{ kg}$$

付加質量 (短辺方向) $m_{vs2} = m_{v\ell 2} = \square$ kg

3.4 収納容器上端（鉛直方向）

収納容器 10 体が装填されている場合、収納容器上端に mm (2d) の平板が 10 面構成されるが、保守的評価として、シートプレートと同じ寸法の長方形平板に置き換えて付加質量を算出した。

平板の時 付加質量係数 $k=1.00$

収納容器上端 $a=$ mm

収納容器上端 $b=$ mm

収納容器長辺 $h=2 \cdot b$

水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

付加質量 $mvz = k \cdot \pi \cdot \rho \cdot a^2 \cdot h$

$=$ kg

評価上仮定した長方形平板
(ハッチング範囲: シートプレート外形寸法を収納容器上端に仮想して置き換え)

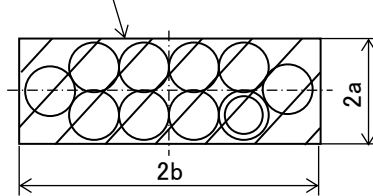


図 3.4-1 収納容器上端（鉛直方向）の計算モデル図（ラック上面）

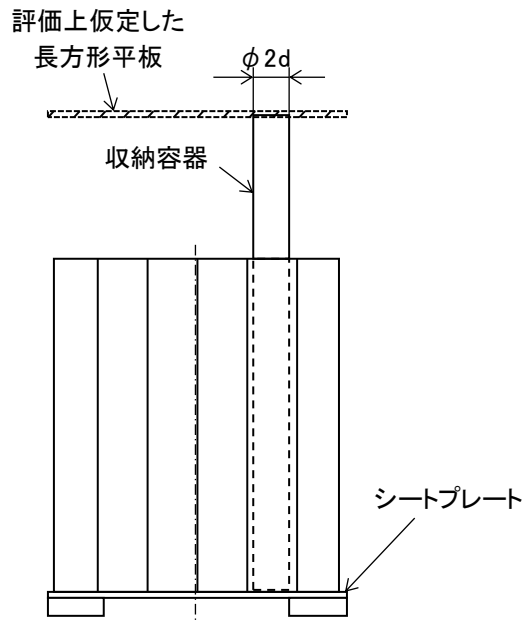


図 3.4-2 収納容器上端（鉛直方向）の計算モデル図（ラック側面）

3.5 全体付加質量

- (1) 長辺方向 : $mv_x = mv_{01} + mv_{02} = \boxed{\quad}$ kg
- (2) 短辺方向 : $mv_y = mv_{s1} + mv_{s2} = \boxed{\quad}$ kg
- (3) 鉛直方向 : $mv_z = \boxed{\quad}$ kg

4. 排除水質量の計算について

4.1 ラックの質量

(1) 質量内訳

- (a) ラック本体 : $m_R = \boxed{\quad}$ kg
- (b) 破損燃料 (燃料集合体) : $m_F = \boxed{\quad}$ kg ($\boxed{\quad}$ kg/体 \times 10 体)
- (c) 収納容器 : $m_C = \boxed{\quad}$ kg ($\boxed{\quad}$ kg/体 \times 10 体)

収納容器質量の内訳は以下のとおり

$$\boxed{\quad} : m_{C1} = \boxed{\quad} \text{ kg}$$

$$\boxed{\quad} : m_{C2} = \boxed{\quad} \text{ kg}$$

- (d) 内部水 1 (ラックパイプ-収納容器間) : $mw_1 = \boxed{\quad}$ kg
- (e) 内部水 2 (収納容器-燃料集合体間) : $mw_2 = \boxed{\quad}$ kg
- (f) 内部水 3 (ラックパイプ間) : $mw_3 = \boxed{\quad}$ kg

(2) 密度

- 水 : $\rho_w = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
- SUS304 : $\rho_{sus} = 7.93 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
- $\boxed{\quad}$: $\rho_{\boxed{\quad}} = \boxed{\quad} \text{ kg/mm}^3$

(3) 破損燃料 (燃料集合体) 排除水体積

$$v_F = \boxed{\quad} \text{ mm}^3$$

(4) 排除水質量内訳

- (a) ラック本体体積分 : $m_{Rth} = \left(\frac{m_R}{\rho_{sus}} \right) \cdot \rho_w = \boxed{\quad} \text{ kg} \div \boxed{\quad} \text{ kg}$
- (b) 破損燃料 (燃料集合体) 体積分 : $m_{Fth1} = v_F \cdot \rho_w = \boxed{\quad} \text{ kg}$
 (10 本分) $m_{Fth} = m_{Fth1} \times 10 = \boxed{\quad} \text{ kg}$
- (c) 収納容器体積分 : $m_{cth1} = \boxed{\quad} = \boxed{\quad} \text{ kg}$
 (10 本分) $m_{cth} = m_{cth1} \times 10 = \boxed{\quad} \text{ kg} \div \boxed{\quad} \text{ kg}$
- (d) 内部水 1 (ラックパイプ-収納容器間) : $mw_{1th} = \boxed{\quad} \text{ kg}$
- (e) 内部水 2 (収納容器-燃料集合体間) : $mw_{2th} = \boxed{\quad} \text{ kg}$
- (f) 内部水 3 (ラックパイプ間) : $mw_{3th} = \boxed{\quad} \text{ kg}$

(5) ラック全体排除水質量

$$m_{th} = m_{Rth} + m_{Fth} + m_{cth} + m_{w1th} + m_{w2th} + m_{w3th} = \boxed{\quad} \text{kg}$$

5. まとめ

既工認では、(2.3-5)式において排除水質量 $M_d = 0$ とし、安全側の評価として排除水質量の考慮による応答低減の効果を織り込んでいなかった水中構造物の一部について、評価の精緻化のため、付加質量及び排除水質量の両方を考慮することとした。これまで述べたとおり排除水質量の考慮による応答低減は、理論式から求められるものであることから、解析方法の種類に係わらず適用可能であると考えられる。

よって、一部の水中構造物の今回工認では、(2.3-5)式による低減係数 β を用いて、発生応力の評価時に排除水質量の考慮による応答低減の効果を織り込んで評価を実施する。

流体中の構造物の耐震評価における付加質量及び応答低減効果について、既工認及び今回工認における考慮の有無を別紙1に示す。

6. 参考文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α 2 機械力学
- (2) ASCE, 2000, Seismic Analysis of Safety Related Nuclear Structures (ASCE 4-98)
- (3) R.J.FRITZ, 1972, 「The Effect of Liquids on the Dynamic Motions of Immersed Solids」, Journal of Engineering for Industry.

耐震評価における水中構造物の付加質量及び応答低減効果の考慮について

1. 概要

水中構造物の耐震評価における付加質量及び応答低減効果について、既工認及び今回工認における考慮の有無及びその手法を整理した。

2. 既工認及び今回工認における付加質量及び応答低減効果の考慮の有無について

水中構造物の耐震評価における付加質量及び応答低減効果について、既工認及び今回工認における考慮の有無及びその手法を表 1 に示す。なお、付加質量及び排除水質量の定義並びに手法は、以下のとおりである。

付加質量：構造物が流体中で振動する場合において、あたかも質量が増加したような傾向（付加質量効果）を示すことから、流体による付加質量効果を模擬するための機器の形状により定まる仮想質量

排除水質量：機器が流体中にある場合に、機器の形状により排除する流体の質量

- ・手法 1-1：理論式で求めた付加質量を考慮して、解析コードにより固有値解析、地震応答解析等を実施する方法
- ・手法 1-2：理論式で求めた付加質量を用いた固有値解析に加えて、排除水質量による応答低減を考慮し、入力に低減係数をかけて、解析コードにより地震応答解析等を実施する方法
- ・手法 1-3：理論式で求めた付加質量及び排除水質量を考慮した質量マトリクスを、運動方程式に組み込んで、解析コードにより評価を実施する方法
- ・手法 2：解析コードの機能（Virtual Mass 法：仮想質量法）を用いて、水中構造物の付加質量の効果を考慮して解析する方法
- ・手法 3：理論式で求めた付加質量、又は付加質量に加えて排除水質量による応答低減を考慮して、理論式による応力計算を実施する方法

表1 既工認及び今回工認における付加質量及び応答低減効果の考慮の有無について (1/4)

図書番号	図書名	既工認		今回工認		既工認と 今回工認の 相違点	手法	低減 係数*2	備考
		付加 質量*1	応答 低減	付加 質量*1	応答 低減				
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	有	有	有	有	無	手法 1-3	— *3	原子炉本体地震応答解析モデルにおい て，付加質量，排除水質量を考慮
VI-2-3-3-2-5	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） の耐震性についての計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-5	ジェットポンプの耐震性について の計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-6	給水スパーージャの耐震性について の計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-7	高圧及び低圧炉心スプレイスパー ージャの耐震性についての計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-8	低圧注水系配管（原子炉圧力容器 内部）の耐震性についての計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-9	高圧及び低圧炉心スプレイ系配管 （原子炉圧力容器内部）の耐震性に ついての計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-10	差圧検出・ほう酸水注入系配管 （原子炉圧力容器内部）の耐震性 についての計算書	有*4	無	有*4	無	無	手法 1-1	—	剛構造であるため，今回工認では既工認 の解析結果に荷重比等に乗じて評価
VI-2-3-3-3-11	原子炉中性子計装案内管の耐震性 についての計算書	有*4	無	有	有	有	手法 1-2	0.74	
VI-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性に ついての計算書	有(A)	無	有	有	有	手法 1-2	0.577	今回工認の応力評価において，排除水 質量を考慮

表1 既工認及び今回工認における付加質量及び応答低減効果の考慮の有無について (2/4)

図書番号	図書名	既工認		今回工認		既工認と 今回工認の 相違点	手法	低減 係数*2	備考
		付加 質量*1	応答 低減	付加 質量*1	応答 低減				
VI-2-4-2-3	制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性 についての計算書	有(A)	無	有	有	有	手法3	—	今回工認の応力評価において、排除 水質量を考慮
VI-2-4-2-4	燃料プール水位・温度(SA)の耐震性 についての計算書	—	—	有	有	—	手法1-2	0.24	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-4-2-5	燃料プール水位(SA)の耐震性につ いての計算書	—	—	有	有	—	手法1-2		今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-5-4-1-2	残留熱除去ポンプの耐震性についての 計算書	有	有	有	有	無	手法1-3	—*3	
VI-2-5-4-1-3	残留熱除去系ストレーナの耐震性につ いての計算書	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	
VI-2-5-4-1-5	ストレーナ部ティーの耐震性について の計算書(残留熱除去系)	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	
VI-2-5-4-1-6	残留熱除去系ストレーナ取付部コネク タの耐震性についての計算書	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	
VI-2-5-4-1-7	残留熱除去系ストレーナ取付部サポー トの耐震性についての計算書	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	
VI-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイポンプの耐震性につ いての計算書	有	有	有	有	無	手法1-3	—*3	
VI-2-5-5-1-2	高圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性 についての計算書	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	残留熱除去系で代表して評価を実施
VI-2-5-5-1-4	ストレーナ部ティーの耐震性について の計算書(高圧炉心スプレイ系)	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	残留熱除去系で代表して評価を実施
VI-2-5-5-1-5	高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部 コネクタの耐震性についての計算書	有(B)	無	有(B)	無	無	手法1-1	—	残留熱除去系で代表して評価を実施
VI-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイポンプの耐震性につ いての計算書	有	有	有	有	無	手法1-3	—*3	

表1 既工認及び今回工認における付加質量及び応答低減効果の考慮の有無について (3/4)

図書番号	図書名	既工認		今回工認		既工認と 今回工認の 相違点	手法	低減 係数*2	備考
		付加 質量*1	応答 低減	付加 質量*1	応答 低減				
VI-2-5-5-4-1	原子炉隔離時冷却系ストレナーナの耐震性 についての計算書	—	—	有(B)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-5-7-1-3	原子炉補機海水ポンプの耐震性について の計算書	有	有*5	有	有*6	有	手法 1-3	—*3	
VI-2-5-7-2-3	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性 についての計算書	有	有*5	有	有*6	有	手法 1-3	—*3	
VI-2-5-6-1-4	ストレナーナ部ティーの耐震性についての 計算書 (原子炉隔離時冷却系)	—	—	有(B)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
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	有(B)	無	有(B)	無	無	手法 1-1	—	
VI-2-6-5-2	出力領域計装の耐震性についての計算書	有(B)	無	有	有	有	手法 1-2	0.68	
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	—	—	有(A)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-6-5-31	サプレッションプール水温度 (S A) の 耐震性についての計算書	—	—	有(A)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-9-4-3	ベント管の耐震性についての計算書	無	無	無	無	無	—	—	ベント管は水没しないが、一部水没 するダウンカメラ、ベントヘッダと一 体モデルで解析のため対象とした。
VI-2-9-4-2-1	ダウンカメラの耐震性についての計算書	無	無	有(B)	無	有	手法 1-1 手法 2	—	はり要素では手法 1-1, シェル要素 では手法 2 にて付加質量を考慮して いる。
VI-2-9-4-2-2	ベントヘッダの耐震性についての計算書	無	無	有(B)	無	有	手法 2	—	

表1 既工認及び今回工認における付加質量及び応答低減効果の考慮の有無について (4/4)

図書番号	図書名		既工認		今回工認		既工認と 今回工認の 相違点	手法	低減 係数*2	備考
			付加 質量*1	応答 低減	付加 質量*1	応答 低減				
VI-2-10-2-11	隔離弁、機 器・配管の耐 震性について の計算書	循環水ポンプ	—	—	有	有*6	—	手法 1-3	—*3	今回工認での新規申請対象の機器
		T SWポンプ	—	—	有	有*6	—	手法 1-3	—*3	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-10-2-16	取水槽水位計の耐震性についての計算書		—	—	有(A)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-11-2-7-3	チャンネル着脱装置の耐震性についての計算書		—	—	有(A)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-11-2-7-5	制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書		有(A)	無	有	有	有	手法 1-2	0.801	今回工認の応力評価において、排除水質量を考慮
VI-2-11-2-7-15	除じん機の耐震性についての計算書		—	—	有(B)	無	—	手法 1-1	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-11-2-7-18	循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての計算書		—	—	有(A)	無	—	手法 3	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-別添 4-3-1	揚水ポンプの耐震性についての計算書		—	—	有(B)	無	—	手法 3	—	今回工認での新規申請対象の機器
VI-2-別添 4-3-3	地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書		—	—	有(B)	無	—	手法 3	—	今回工認での新規申請対象の機器

注記*1：有(A)は補足説明資料 表 2.4-1 における②の(A)，有(B)は同(B)にて評価したことを示す。

*2：低減係数は、構造物の軸方向の断面形状で決まるが、断面形状に軸直交方向の方向性がある場合には1次振動モードの振動方向の低減係数を代表して記載

*3：付加質量及び排除水質量を考慮した質量マトリクスを組み込んだ運動方程式により評価を実施した。

*4：既工認の解析結果に荷重比等に乗じて耐震評価を実施。表 2.4-1 における②の(A)，(B)のどちらで評価しているかについては、既工認の耐震計算書に記載なし。

*5：コラムパイプと内側構造間は水の付加質量と応答低減を考慮し，コラムパイプの外側は水の付加質量を考慮した。

*6：コラムパイプと内側構造間は水の付加質量と応答低減を考慮し，コラムパイプの外側は水の付加質量と応答低減を考慮した。

燃料プール水位・温度（SA）の低減係数の算定例

1. はじめに

本資料では，燃料プール水位・温度（SA）を対象に，水平方向の付加質量及び排除水質量による低減係数の算定例を示す。

別紙 1 の表 1(2/4)に示すとおり，VI-2-4-2-4「燃料プール水位・温度（SA）の耐震性についての計算書」において適用している低減係数は，他設備の値より比較的小さい。以下に，燃料プール水位・温度（SA）における低減係数の算定内容について示す。

2. 付加質量の算定について

燃料プール水位・温度（SA）の構造概略図を図 1 に示す。付加質量の算定範囲は，燃料プール水面レベルから架構下端までの mm とする。

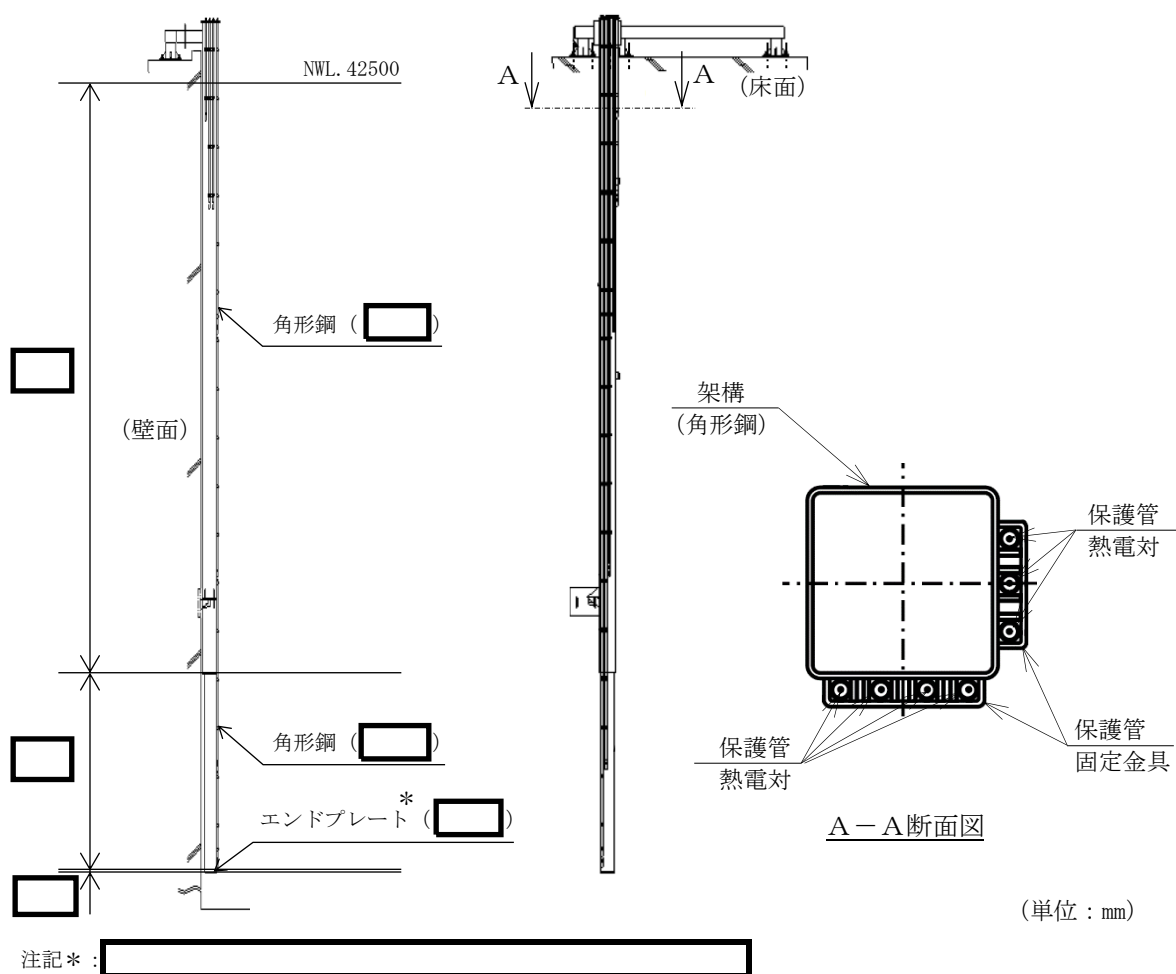


図 1 架構の概略構造図

(1) 角形鋼 ()

角形鋼 () の付加質量の算定範囲は、保守的評価として保護管を含む範囲での正方形として考える。

a = mm

b = mm

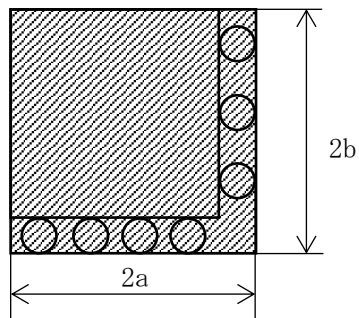


図 2 計算モデル図 (架構)

$$\frac{a}{b} = 1$$

表 2.1-1 機械工学便覧又は表 2.1-2 ASME テーブルより $a/b=1$ の時 付加質量係数

$$k =$$

付加質量係数 $k =$

架構高さ $h1 = \text{ mm}$

水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

付加質量 $mv\theta1 = k \cdot \pi \cdot \rho \cdot a^2 \cdot h1$

$$= \text{ kg}$$

(2) 角形鋼 ()

角形鋼 () の付加質量の算定範囲は、保守的評価として保護管を含む範囲での正方形として考える。

a = mm

b = mm

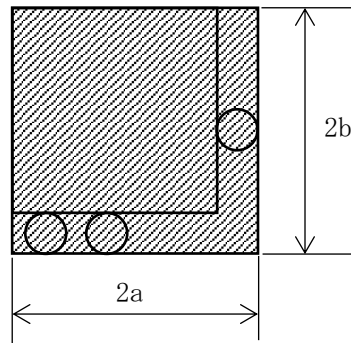


図 3 計算モデル図 (架構)

$$\frac{a}{b} = 1$$

表 2.1-1 機械工学便覧又は表 2.1-2 ASME テーブルより a/b=1 の時 付加質量係数

$$k = \text{}$$

付加質量係数 k =

架構高さ h1 = mm

水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

付加質量 $mv\phi 2 = k \cdot \pi \cdot \rho \cdot a^2 \cdot h1$

$$= \text{} \text{ kg}$$

(3) 全体付加質量

$$M11 = mv\phi 1 + mv\phi 2 = \text{} \text{ kg}$$

3. 排除水質量の算定について

燃料プール水位・温度（S A）の構造概略図及び排除水質量の算定範囲を図4に示す。

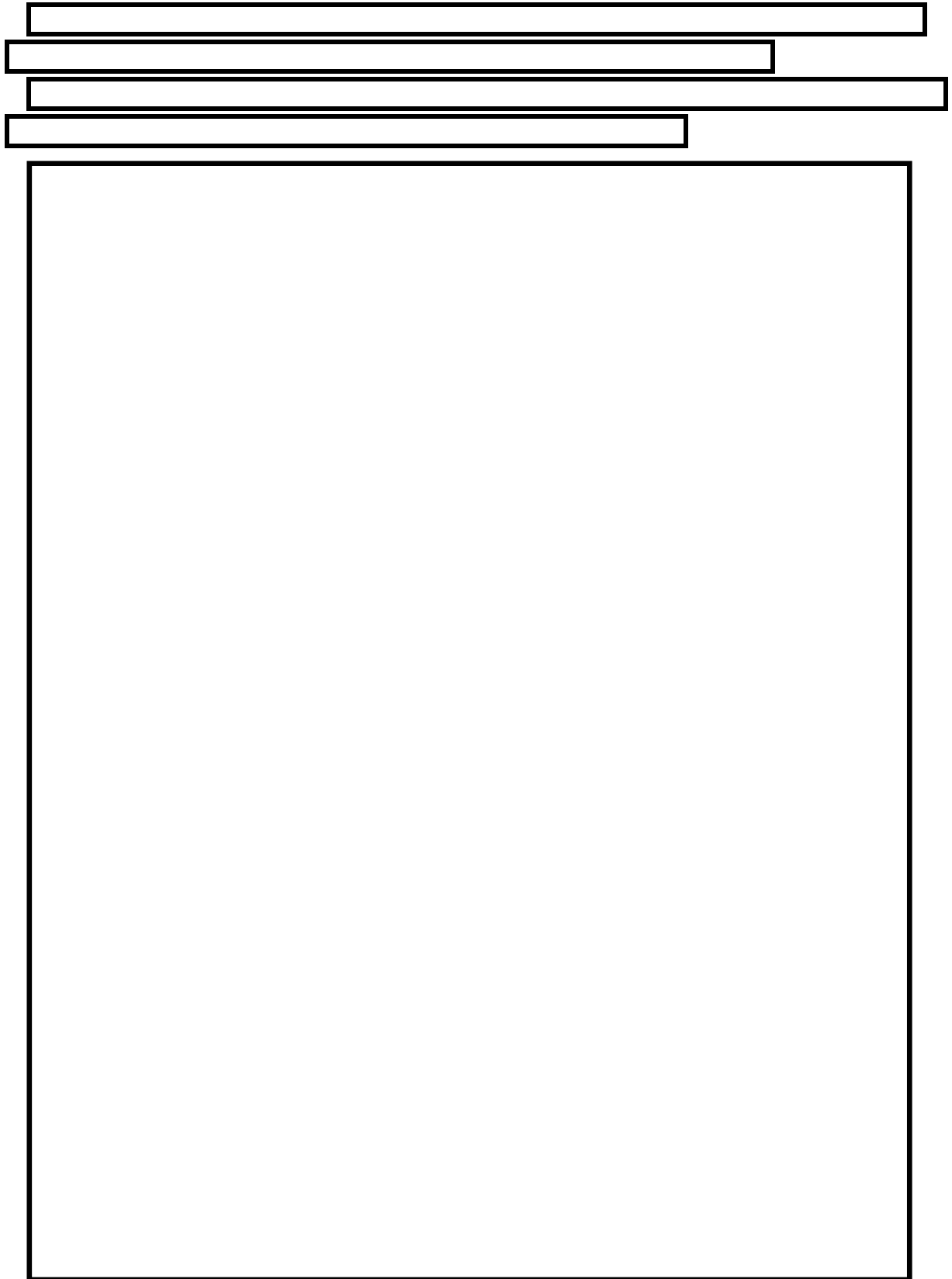


図4 計算モデル図

(1) 角形鋼 () の排除水質量
 角形鋼高さ $h1 =$ mm
 角形鋼排除面積 $A1 =$ mm^2
 水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
 $M d 1 = h1 \cdot A1 \cdot \rho =$ kg

(2) 角形鋼 () の排除水質量
 角形鋼高さ $h2 =$ mm
 角形鋼排除面積 $A2 =$ mm^2
 水の密度 $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
 $M d 2 = h2 \cdot A2 \cdot \rho =$ kg

(3) 架構全体の排除水質量
 $M d = M d 1 + M d 2 =$ kg

4. 低減係数の算定について

燃料プール水位・温度 (S A) の低減係数は、架構の質量と前項までに示した付加質量及び排除水質量により算定する。

(1) 架構の質量

(a) 架構本体 (鋼材, サポート) : $M1 a =$ kg
 (b) 計器 : $M1 b =$ kg
 (c) 内包水 (保護管) : $M1 c =$ kg
 $M1 = M1 a + M1 b + M1 c =$ kg

(2) 低減係数

$$\beta = \frac{M1 - M d}{M1 + M1 1} \doteq 0.24$$

5. まとめ

VI-2-4-2-4 「燃料プール水位・温度 (S A) の耐震性についての計算書」の評価対象である燃料プール水位・温度 (S A) において適用している低減係数は、4. 項に示すとおり、

 他設備と比較して小さい値となる。

ポンプにおける付加質量の算定方法について

1. はじめに

本資料では、理論式で求めた付加質量及び排除水質量を考慮した質量マトリクスを、運動方程式に組み込んで、解析コードにより評価を実施するポンプにおける付加質量の算定方法について示す。

2. 付加質量の算定について

「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」の立形ポンプの例で引用されている二重円筒モデルの考え方により、図 1 に示す二重円筒構造において、外筒と内筒の間に相対変位を生ずるとき、単位長さあたりの付加質量は式(2-1)で表される。ポンプの場合、内筒に相当するコラムパイプの外側はプールになるため、外筒内径を無限大として付加質量を算定する。また、付加質量をモデルに設定するため、図 2 に示す立形ポンプの例のようにコラムパイプ外側に、外筒に相当するダミー節点を設ける。

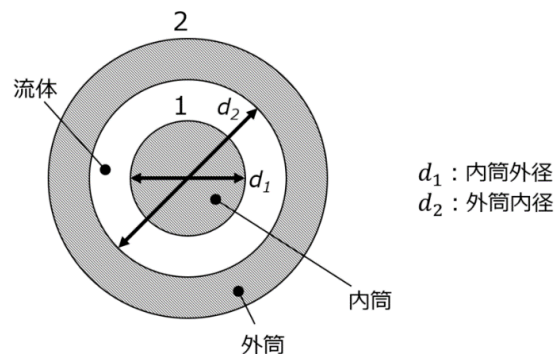


図 1 二重円筒モデル

$$m_{11} = \frac{1}{4} \pi \rho d_1^2 \left(\frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} \right) \quad (2-1a)$$

$$m_{12} = m_{21} = -\frac{\pi}{2} \rho d_1^2 d_2^2 \left(\frac{1}{d_2^2 - d_1^2} \right) \quad (2-1b)$$

$$m_{22} = \frac{1}{4} \pi \rho d_2^2 \left(\frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} \right) \quad (2-1c)$$

ここで

d_1 : 内筒外径 d_2 : 外筒内径 ρ : 流体密度

m_{ij} : 流体による付加質量 (i, j は 1 が内筒, 2 が外筒を表す)

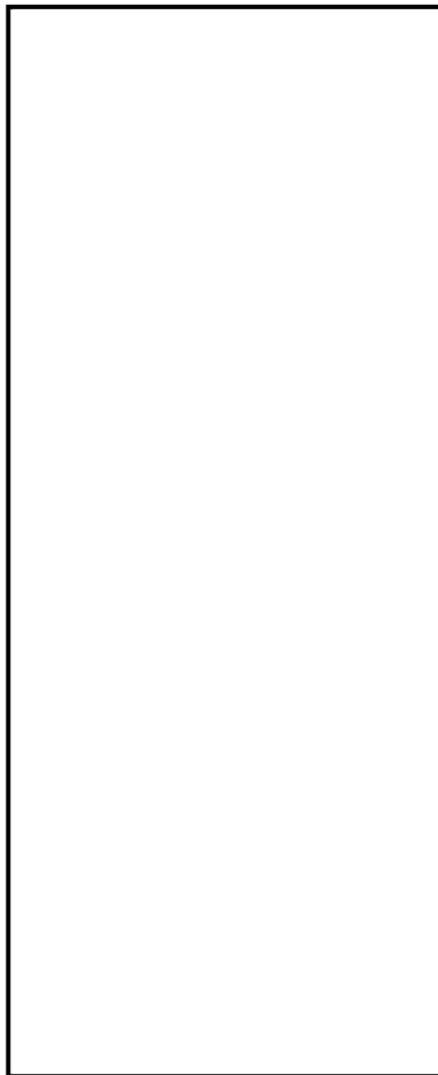
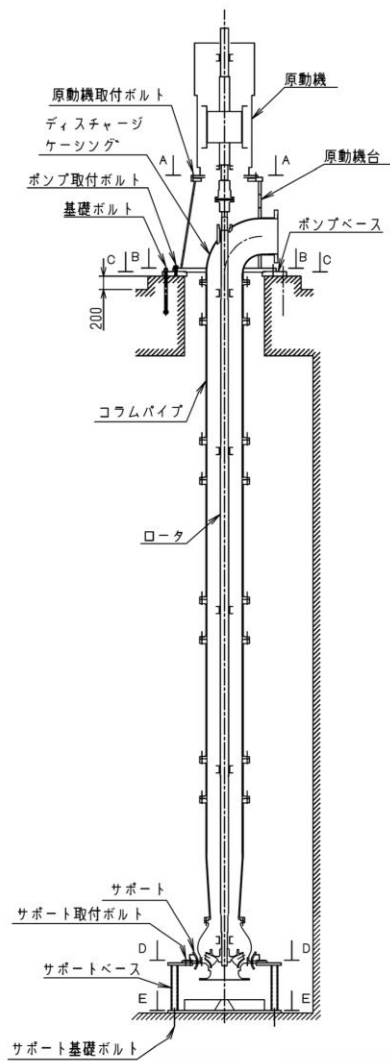


図2 立形ポンプの解析モデル図

3. まとめ

理論式で求めた付加質量及び排除水質量を考慮した質量マトリクスを、運動方程式に組み込んで、解析コードにより評価を実施するポンプにおける付加質量の算定方法を示した。

補足-027-10-14 配管解析における重心位置スペクトル法の適用について

1. 概要

配管のスペクトルモーダル解析において、配管モデルの重心位置の上階の床応答スペクトルを単一入力で用いる手法（以下「重心位置スペクトル法」という。）は、従来から適用しており、今回の管の耐震性についての計算書の配管解析についても適用している。本資料にその手法の妥当性を示す。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-1-1 「耐震設計の基本方針」

2. 重心位置スペクトル法について

配管系は、同じ建物内の複数階、あるいは異なる建物の上に渡って設置されることが多く、各支持点では異なった地震入力を受けるため、複数の床応答スペクトルを入力に用いる多入力解析法を適用することにより実現に近い結果が算出される。しかしながら、実設計においては計算量低減等の観点より、床応答スペクトルの単一入力による解析を実施している。重心位置スペクトル法では、配管モデルの重心位置を求め、その重心位置レベルの上階の床応答スペクトルを単一入力で適用することを原則とする。

なお、複数建物を渡る配管の入力震度は、配管モデルの重心位置を求め、その重心位置の上階となる主たる建物*の床応答スペクトルを適用する。

注記*：主たる建物とは、配管物量及び支持点が多い建物をいう。

3. 重心位置スペクトル法を適用する妥当性

上記重心位置スペクトル法を適用することの妥当性を示すものとして、J E A Gでの記載及び（財）原子力工学試験センターにおける検討を示す。

(1) J E A G 4 6 0 1-1987⁽¹⁾の記載

J E A G 4 6 0 1-1987 には以下の記載があり、重心位置スペクトル法が適用できると判断される。

「設計用床応答スペクトルは、当該系の重心位置に近い或いは耐震支持点の最も多い床のもの等最も適切な床のものを採用することを基本とするが、耐震安全性評価上必要ある場合は関連する床応答スペクトルによる多入力解析又はそれと同等の近似解析法を用いることができる。」（添付-1 参照）

(2) （財）原子力工学試験センターにおける耐震設計の高度化に関する調査報告書^{(2), (3)}

参考文献に示す（財）原子力工学試験センターにおける、耐震設計の高度化に関する調査報告書にて、重心位置の床応答スペクトルを用いた耐震解析が、実現象に対して保守性を有していることが確認されている。（添付-2 参照）

4. 参考文献

- (1) 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 電気技術基準調査委員会 昭和 62 年 8 月)
- (2) 昭和 63 年度 耐震設計の高度化に関する調査報告書 別冊 2 (機器系) ((財) 原子力工学試験センター 平成元年 3 月)

- (3) 平成 2 年度 耐震設計の高度化に関する調査報告書 別冊 2 (機器系) ((財) 原子力工学試験センター 平成 3 年 3 月)

電気技術指針
原子力編

原子力発電所耐震設計技術指針

JEAG 4601-1987

社団法人 日本電気協会
電気技術基準調査委員会

6.1.3 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界についての原則を以下に示すが、^{(6.1.1-1)、(6.2.1-1)}詳細は参考文献を参照のこと。

(1) 荷重の組合せ

- a. 地震動によって引き起こされるおそれのある事象については、その荷重を組合せる。
- b. 地震動によって引き起こされるおそれのない事象については、その事象の発生確率と荷重の継続時間及び地震の発生確率を考え、同時に発生する確率が高い場合にはその組合せを考慮するものとする。

(2) 許容限界

a. As クラス

- (a) 基準地震動 S_1 又は静的震度による地震力と他の荷重とを組合せた場合には、原則として弾性状態にあるようにする。
- (b) 基準地震動 S_2 による地震力と他の荷重とを組合せた場合には、原則として過大な変形がないようにする。

b. A クラス

上記 a. (a)と同じ

c. B 及び C クラス

静的震度による地震力と他の荷重と組合せた場合には、原則として弾性状態にあるようにする。

6.1.4 設計用地震力

設計用地震力は、設備の耐震重要度に対応した基準地震動及び静的震度に基づき算定するものとする。

6.1.5 地震応答解析

(1) 応答解析法一般

機器・配管系は、その耐震重要度に応じた静的地震力に耐えられるように設計するが、耐震 As、A クラスは静的地震力と共に動的地震力に対しても耐えられるように設計する。また、B クラスであって、建屋を含む支持構造物の振動と共振するおそれのあるものは、B クラス相当の動的地震力によってその安全性を検討する。

動的地震力は、地震応答解析によって算定されるが、機器・配管系の地震応答解析は、据付床の設計用床応答スペクトルに基づいたスペクトルモーダル解析法を採用することを基本とする。

設計用床応答スペクトルは、当該系の重心位置に近い或いは耐震支持点の最も多い床のもの等最も適切な床のものを採用することを基本とするが、耐震安全評価上必要ある

場合は関連する床応答スペクトルによる多入力解析又はそれと同等の近似解析法を用いることができる。

スペクトルモーダル解析に当たっては、考慮すべきモードは、その刺激係数が無視し得ない程度のものでとし、その重畳法は加速度、変位、応力、支点反力等の算定必要応答に対してそれぞれ Square Root of the Sum of the Squares 法（以下「SRSS」法という。）とする。

鉛直震度による応答と水平動的応答の組合せは絶対和法を採用するものとする。

原子炉格納容器、原子炉圧力容器、炉内構造物は、その構造体の規模、多様な耐震支持法、応答相対変位解析の重要性により原子炉建屋と連成した解析モデル又は分離したサブストラクチャー法に類似したモデルによる時刻歴応答解析法の採用を原則とする。ただし、上記のような特殊な重要構造物でなくても、据付点、耐震支持点の地震応答加速度波形、変位波形を入力として対象機器系の時刻歴応答解析法に基づいた動的地震力を算定することは差支えない。

耐震 As クラスのもので、基準地震動 S_2 による解析には、 S_2 設計用床応答スペクトルに基づいた線形スペクトルモーダル解析法を用いて弾性設計することは差支えないが、適切に当該系の靱性を評価して、上に示したような据付点、耐震支持点からの入力による非線形時刻歴応答解析法を採用することもできる。

耐震 B クラスのもので、その基本固有振動数から共振のおそれがあるものと判断されるものは、 S_1 設計用床応答スペクトルの $1/2$ のスペクトルに基づいて動的検討を行い、その耐震安全性を確認するものとする。

なお、地震応答解析には、安全上支障がないことを示した上で近似法又は簡便法を用いることができる（定ピッチスパン法、1 次固有振動数のみによる応答評価法等）。

(2) 解析モデル

容器類は、1 次元多質点-曲げせん断ビーム系、配管類は 3 次元多質点-曲げ振りせん断ビーム系、その他の機器はこれに類似したモデルを原則とする。ただし、格納容器等でそのオーバル振動の解析が必要なもの、大型貯水タンクで水の揺動の解析が必要なもの等では、その特性を解析するのに十分なモデルとしなければならない。多質点系（集中定数系）の代わりに連続体（分布定数系）又はその複合した系とすること、あるいは有限要素によるモデルとすることは差支えない。

耐震支持構造系は、剛構造設計を基本としているので通常の場合は剛支点と仮定して差支えないが、相当規模の架構骨組構造等で、支持した機器・配管系の剛性に比較して必ずしも高い剛性を有していないもの場合は、その支持剛性を考慮するものとする。アンカー部等でもその力学的特性から判断して必要あればその剛性（例えば基礎ボルトの伸び、アンカープレートの局部曲げ等）を考慮するものとする。

質点系モデルの場合の質点の位置は、系の細分割した各要素の重心とすることを基本とし、物理的に集中質量がある場合（配管系のポンプ等）はその点とする。質点の数は

昭和 63 年 度

耐震設計の高度化に関する調査報告書

別 冊 2 (機器系)

平成元年 3 月

(財)原子力工学試験センター

5.3. 実機配管モデルによる試解析

5.3.1 目的

多入力解析における柔設計化の効果の検討に際し、実機配管系モデルによる時刻歴による多入力解析と応答スペクトル法による多入力解析法及び従来の単一スペクトルによる応答結果を比較し、多入力解析の結果を検討する。

5.3.2 検討概要

多床支持される実機配管系モデルの1次振動数を予め、建屋1次固有周期に対し、剛、共振、柔の3つの振動数領域に設定し、時刻歴多入力解析及び多入力応答スペクトル解析を行い、配管系柔設計化における影響を検討する。

5.3.3 解析条件

(1) 対象配管モデル

- ・前年度使用モデルをベースに上下差が明確になるように修正を加える。
- ・配管口径：250A、配管材質：STS42
- ・質点数は98質点程度とし、サポート数を増減させることにより、1次振動数が剛、共振、柔となるように設定する。図5-43～5-45にモデル図を示す。

(2) 建屋モデル及び地盤定数等

前年度において、建屋2次の振動性状が現われにくい、MARK-I建屋を選定したが、単純はりモデルによる試解析結果により、MARK-II建屋においては、剛領域の応答が建屋2次の振動性状により応答増巾され、柔設計時にその応答低減が顕著であることより、本年度はMARK-II建屋を用いるものとし、地盤定数等は次のように設定した。

- ・建屋モデル : BWR MARK-II
- ・地盤定数 : $V_s = 1500 \text{ m/s}$ における剛性及び減衰
- ・地震波 : 改良標準化 $S_1, M8.4$

(3) 解析手法

- ・時刻歴応答解析：直接積分法（ニューマーク β 、 $\beta = 1/4$ ）
- ・応答スペクトル法
 - a. SRSS法による多入力スペクトル解析
 - b. SRSS法による単一入力スペクトル解析

なお、SRSS法による単一入力は、重心位置近傍のEL24.3mの床応答スペクトルと包絡スペクトルとしてEL31.8mの床応答スペクトルを用いた2ケースについて実施する。

(4) 入力条件

単純はりモデルによる試解析の検討に用いた、MARK-II建屋の応答波EL18.0m、EL24.3m、EL31.8mを用いる。

応答スペクトル解析に際しては、固有周期に対する拡大は行わない。また、時刻歴多入力応答解析の手法としては、手法2により解析した。

5.3.4 解析結果

各振動数領域モデルの固有値解析結果を表5-15~5-17に示す。図5-46には固有値解析結果と応答スペクトルの関係を示す。図5-47-1~図5-47-10に剛領域モデルの振動モード図を、図5-48-1~図5-48-10に共振領域モデルの振動モード図を、図5-49-1~図5-49-10に柔領域モデルの振動モード図を示す。

表5-18-1~表5-20-3には主要節点での減衰定数による応力の変化を各解析モデル各解析手法ごとに示しており、図5-50-1~図5-52-3は、この結果を図示したものである。

また、表5-21には時刻歴多入力解析法による結果を示し、表5-22はこれらの結果をまとめ、最大発生応力の比較を示す。

表5-23は、時刻歴多入力解析の各振動数領域 $h = 2.5\%$ の応力値を〔1〕とした場合の各解析手法の減衰定数による応力値の変化率を示す。表5-23はこの変化率を時刻歴多入力解析の剛領域 $h = 2.5\%$ を〔1〕とした場合である。

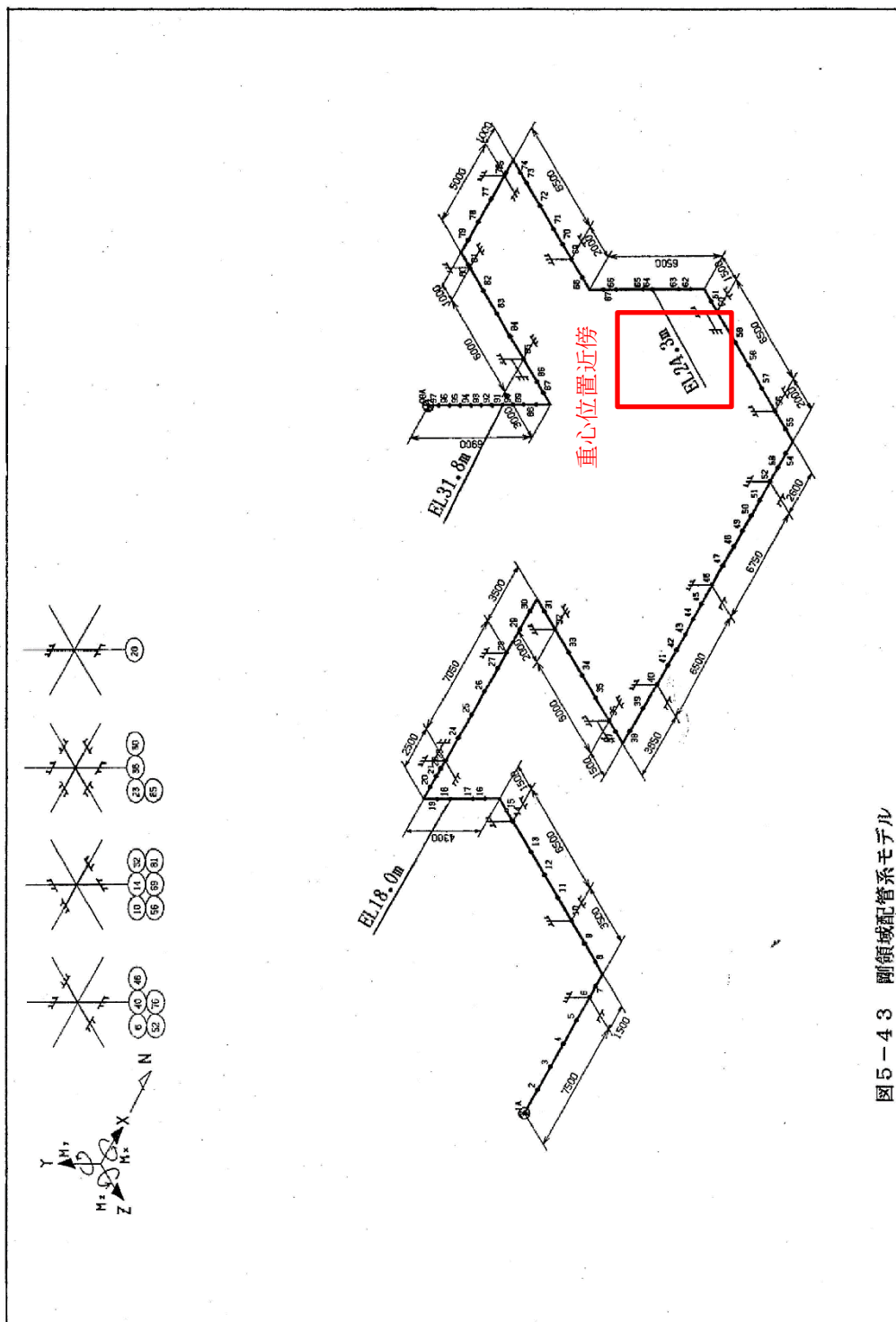


図5-43 剛領域配管系モデル

表5-15 固有値解析結果(剛領域モデル)

モード 次数	固有周期(秒)	刺 激 係 数			備 考
		P _x	P _y	P _z	
1	0.137	0.015	-0.014	0.163	
2	0.111	0.212	-0.003	-0.040	
3	0.102	-0.293	-0.011	-0.087	
4	0.093	0.269	-0.017	-0.129	
5	0.092	0.036	0.004	0.385	
6	0.091	-0.272	-0.010	0.012	
7	0.080	0.035	0.054	-0.238	
8	0.074	0.075	-0.011	-0.055	
9	0.073	-0.030	0.030	0.110	
10	0.066	-0.011	-0.056	-0.052	
11	0.065	-0.020	-0.215	-0.106	
12	0.062	-0.062	0.193	0.115	
13	0.059	0.165	0.020	-0.048	
14	0.058	-0.048	0.078	0.026	
15	0.056	-0.241	-0.029	0.006	
16	0.054	-0.114	-0.034	0.090	
17	0.052	0.035	-0.102	-0.263	
18	0.050	0.156	-0.100	-0.167	

標高: 31.0M
 減速: 5, 10, 15, 20

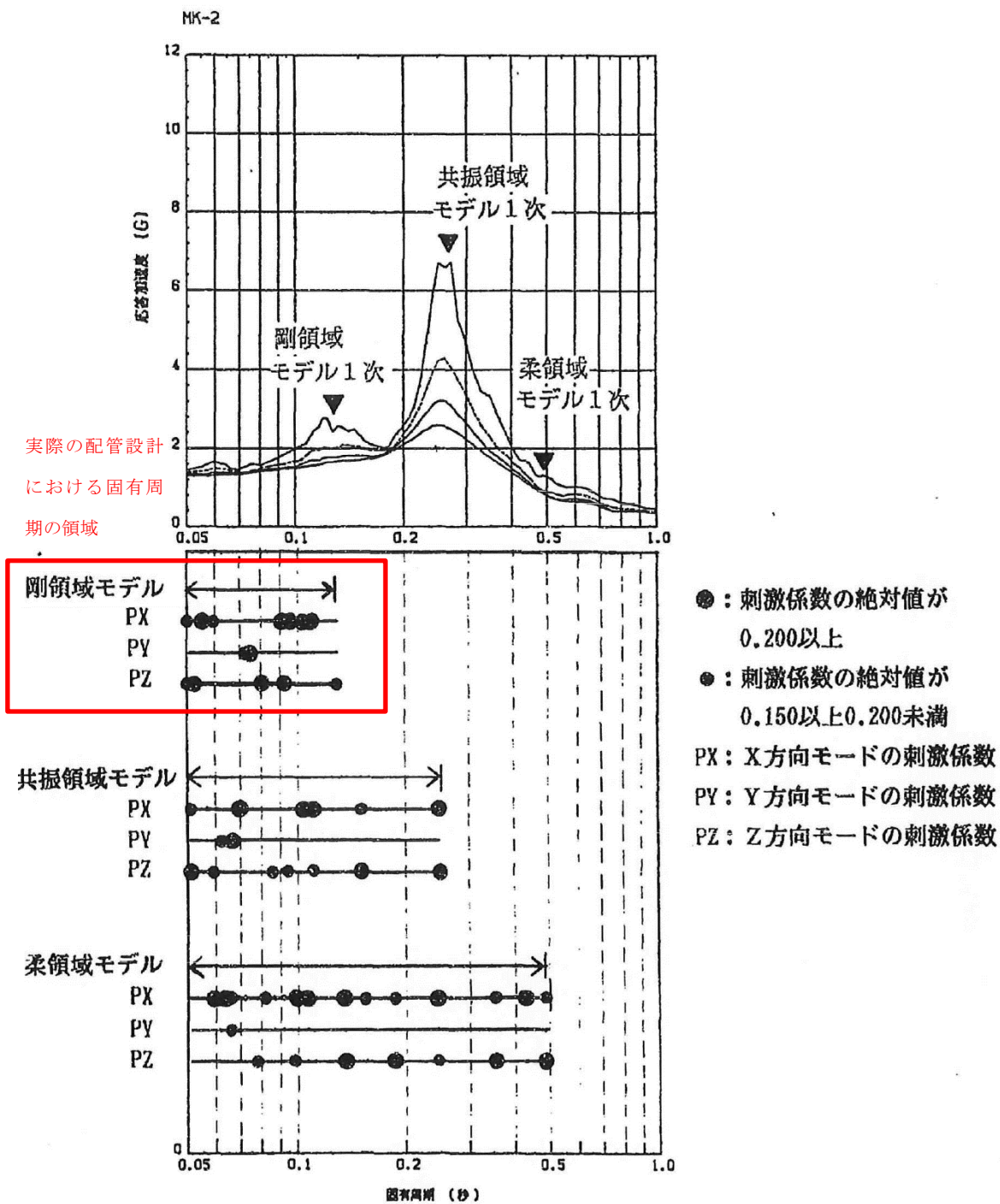


図5-46 固有値とスペクトルの関係

表5-22 最大発生応力比較

(単位: kg/mm²)

	時刻歴多入力解析	スペクトル多入力解析	重心位置スペクトル法 (重心位置近傍) スペクトル単一入力(EL24.3)	包絡スペクトル法 (包絡スペクトルと同等) スペクトル単一入力(EL31.8)
剛領域モデル	2.5%	2.3	2.9	2.9
	5.0%	—	2.3	2.2
	10.0%	—	1.9	1.7
	20.0%	—	1.6	1.5
共振領域モデル	2.5%	18.5	19.0	27.5
	5.0%	—	12.5	12.6
	10.0%	—	8.2	8.3
	20.0%	—	5.4	5.4
柔領域モデル	2.5%	12.1	12.1	13.0
	5.0%	—	8.5	9.1
	10.0%	—	5.9	6.3
	20.0%	—	4.5	5.0

実現象に近い解析方法である時刻歴多入力解析と比較して重心位置スペクトル法は、最大発生応力が大きくなるため、保守性を有している。

平成 2 年度

耐震設計の高度化に関する調査報告書

別 冊 2 (機器系)

平成 3 年 3 月

(財)原子力工学試験センター

3.1 単純配管モデルによる応答比較

(1) 解析方法

本解析においては、主として応答スペクトル法により単一入力解析及び多入力解析を行う。更に、一部モデル(直管モデル)において確認の意味で時刻歴法による多入力解析を一部追加実施する。尚、いずれの手法共に20Hz未満のモード次数を考慮し、SRSS法によるモード重畳により応答を算出した。

(2) 入力スペクトルの組合せ

単一入力解析及び多入力解析には、平成元年度と同様、図3.1に示す解析モデルでの応答解析により得られた応答スペクトルを適用する。

入力スペクトルの組合せを表3.2に、使用する応答スペクトルを図3.2～図3.4に示す。

(3) 配管モデルの選定

単純配管系の基本モデルは図3.5に示すように、(a)直管モデル、(b)Z管モデル①、(c)Z管モデル②の3種とした。

これら選定モデルを入力する応答スペクトルにより、剛、共振、柔な領域に設定するために目標固有周期を定め、これに対応するように配管長あるいは、サポート剛性を設定する。

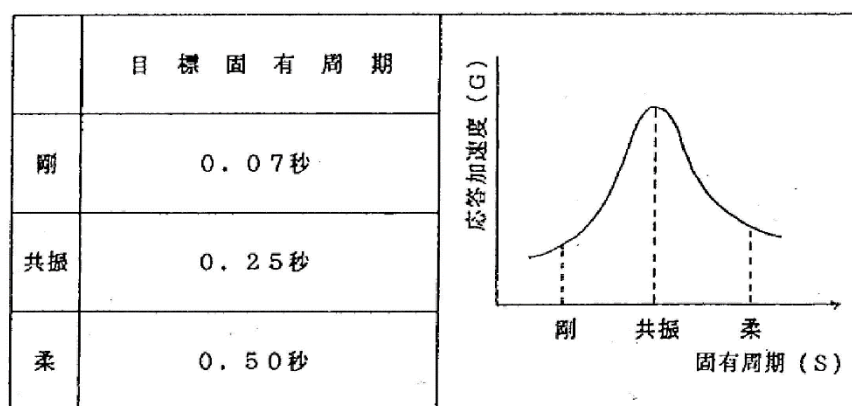


表3.2 入力スペクトルの組合せ

配管ルート	入力方法	入力スペクトル(節点)		備考
		I 端	J 端	
上下階間	多入力	49	51	入力点の標高差考慮
	単一入力	49&51		入力スペクトルの包絡
	単一入力	50		重心位置近傍スペクトル ^{註2)}
同異一種建屋内物間	多入力	16	51	入力点の異種構造物特性考慮
	単一入力	16&51		入力スペクトルの包絡
	単一入力	19		重心位置近傍スペクトル ^{註2)}
異建種屋間	多入力	51	51* ^{註1)}	入力点の異種建屋特性考慮
	単一入力	51&51* ^{註1)}		入力スペクトルの包絡

注1) 節点51での加速度波の時間軸を1/1.5に短縮し、スペクトルのピーク発生周期をシフトさせたスペクトル(加速度振幅幅は変更せず)

注2) 対象配管系の重心位置近傍に取付けられているサポート位置における応答スペクトルで代表させるもの

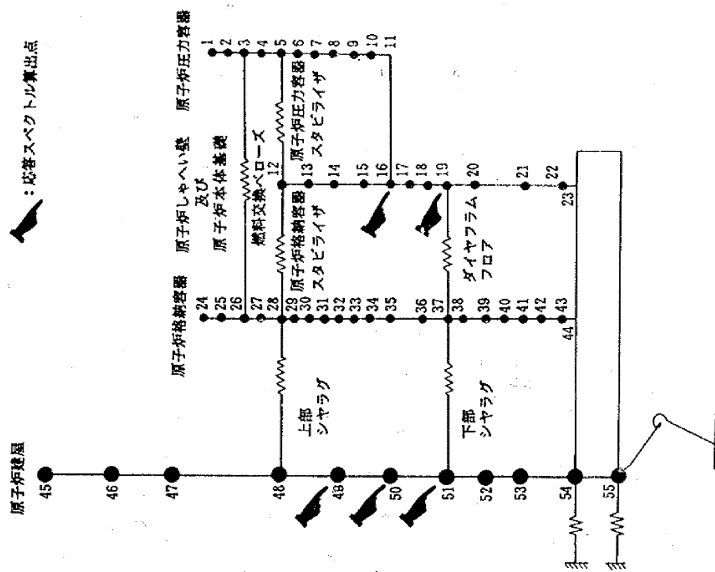


図3.1 原子炉建屋-原子炉格納容器等連成モデル

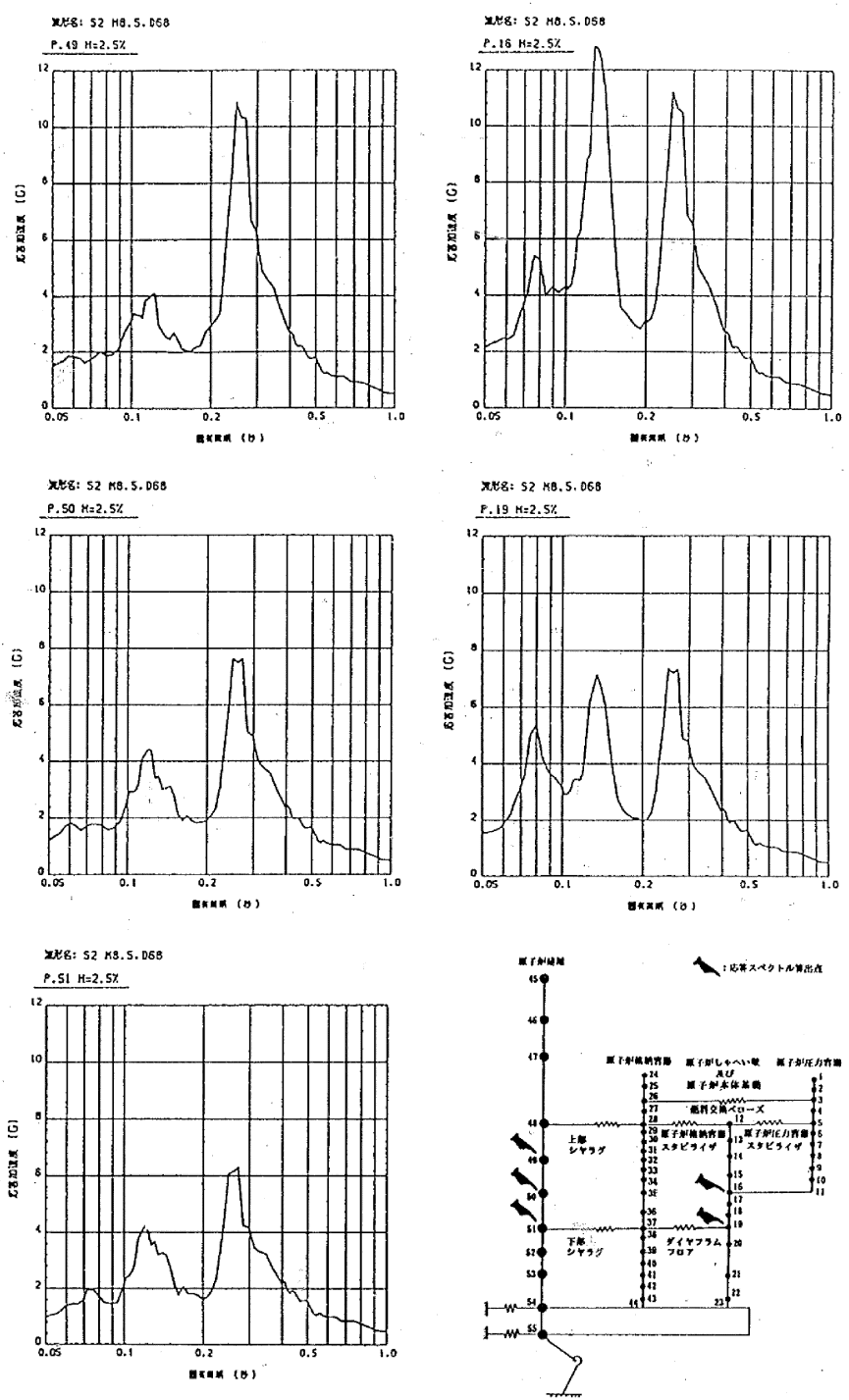


図3.2 屋内配管用入力スペクトル (h = 2.5%)

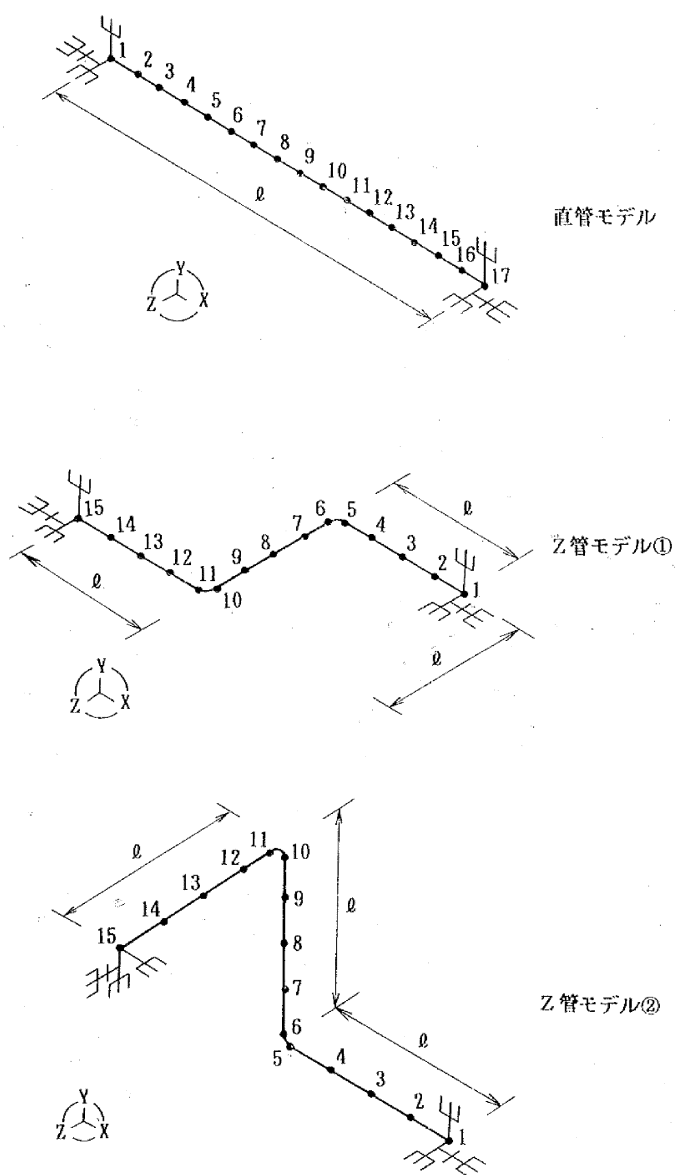


図 3. 5 単純配管モデル (加振方向, Z方向)

表3.4 固有値解析結果 (直管モデル)

目標剛性	配管長 (ℓ)	サポート剛性 (kg/mm)	固有振動数 (Hz)			
			1次	2次	3次	4次
剛領域	短 (6.11)	高($K=1.0 \times 10^4$)	15.01	56.43	—	—
共振領域	中 (11.94)		4.00	15.83	35.01	—
柔領域	長 (16.90)		2.00	7.98	17.82	31.36
共振領域	短 (6.11)	中($K=3.0 \times 10$)	4.08	7.22	35.11	—
柔領域	短 (6.11)	低($K=7.5$)	2.08	3.62	34.36	—

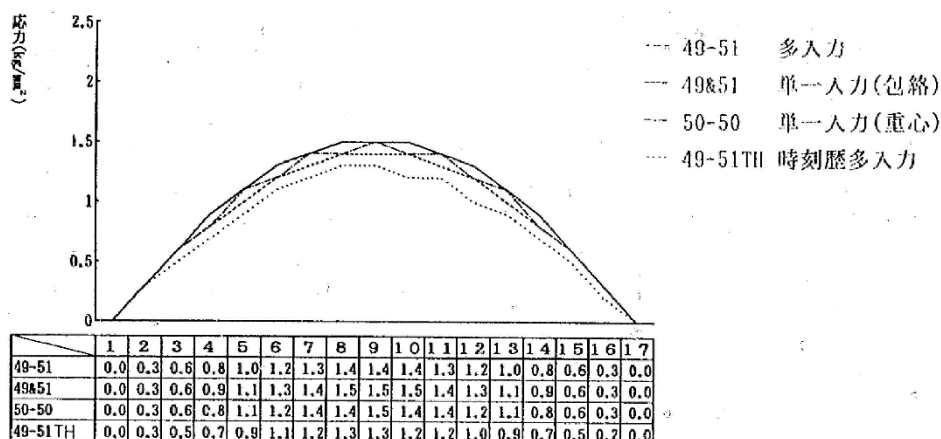
表3.5 固有値解析結果 (Z管モデル①)

目標剛性	配管長 (ℓ)	サポート剛性 (kg/mm)	固有振動数 (Hz)			
			1次	2次	3次	4次
剛領域	短 (1.80)	高($K=1.0 \times 10^4$)	14.98	17.28	41.76	—
共振領域	中 (3.69)		4.02	4.27	9.50	43.33
柔領域	長 (5.36)		2.01	2.06	4.49	21.23
共振領域	短 (1.80)	中($K=2.5 \times 10$)	4.08	4.11	8.49	32.09
柔領域	短 (1.80)	低($K=6.0$)	2.05	2.05	4.18	31.09

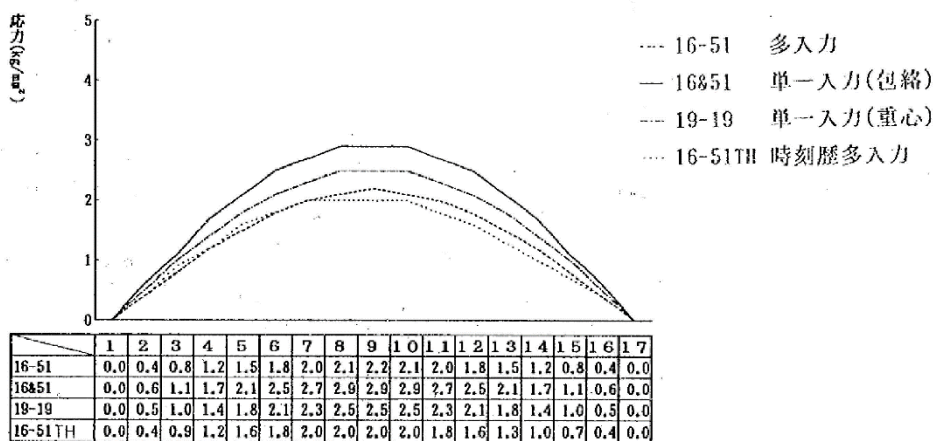
表3.6 固有値解析結果 (Z管モデル②)

目標剛性	配管長 (ℓ)	サポート剛性 (kg/mm)	固有振動数 (Hz)			
			1次	2次	3次	4次
剛領域	短 (1.38)	高($K=1.0 \times 10^4$)	15.02	51.88	—	—
共振領域	中 (2.74)		3.99	13.76	14.04	71.58
柔領域	長 (3.90)		2.00	7.02	7.15	38.03
共振領域	短 (1.38)	中($K=1.8 \times 10$)	4.02	8.16	17.05	25.24
柔領域	短 (1.38)	低($K=4.5$)	2.05	4.10	16.26	24.74

上下階間ルート



異種構造物間ルート



異種建屋間ルート

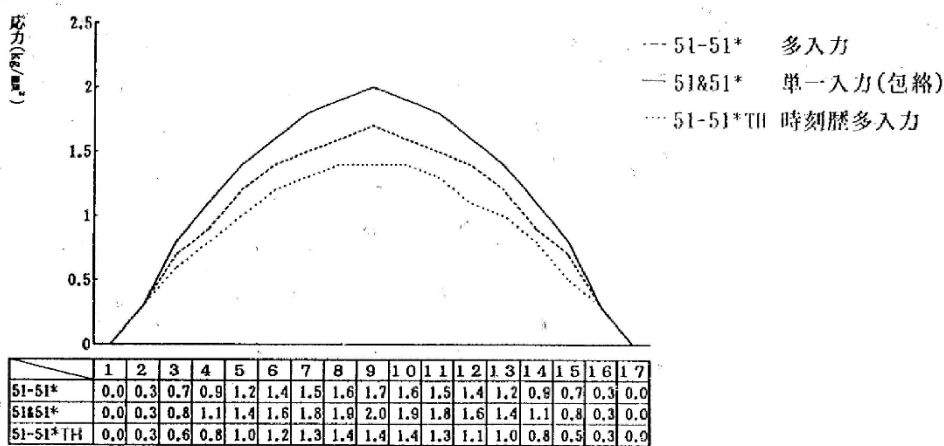


図3.12 直管モデルの応力分布
(剛領域(配管長:短, サポート剛性:高), h=2.5%)

実際の配管設計における固有周期の領域の評価結果を抜粋

3.2 多入力を受ける配管系について柔設計導入のための合理的な解析手法の検討

(1) 現行設計ベースにおける検討

昨年度までの各種試解析結果及び本年度実施した単純配管モデルによる検討結果より、各種解析法による応答の大小関係は以下の通りであることがわかった。

包絡応答スペクトルを用いた単一入力解析 (1.00~1.49)

V

重心位置近傍応答スペクトルを用いた単一入力解析 (1.00~1.25)

重心位置スペクトル法

V

各支持点の応答スペクトルを用いた多入力解析 (1.0)

IV

各支持点の時刻歴波を用いた多入力解析 (0.79~1.00) 実現象に近い解析方法

カッコ内には、本調査で実施した試解析結果に基づき、多入力スペクトルによる応答を1.0に基準化した各種解析の相対応答値を示した。

実現象に近い解析方法である時刻歴多入力解析と比較して重心位置スペクトル法は、最大発生応力が大きくなるため、保守性を有している。

補足-027-10-15 剛な設備の固有周期の算出について

目 次

1. はじめに	1
2. 代表設備	1
3. 算出方針	2
4. 固有周期の算出	2
4.1 燃料プール冷却ポンプ	2
4.1.1 固有周期の計算方法	2
4.1.2 固有周期の算出	5
4.2 中央制御室送風機	7
4.2.1 固有周期の計算方法	7
4.2.2 固有周期の算出	11
4.3 燃料プール冷却系ポンプ室冷却機のコイルチャンバ	13
4.3.1 固有周期の計算方法	13
4.3.2 固有周期の算出	15
5. まとめ	16

添付資料1 既往知見の調査結果

1. はじめに

耐震設計においては、横形ポンプ及びファンについて、固有周期は十分に小さく計算は省略している。本資料では、これらの代表設備に対して固有周期の算出を行い、固有周期は十分に小さく、剛構造であることの確認を行った。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・「VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-5-3-1 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-5-5-1 低圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-6-1-1 原子炉隔離時冷却ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-6-1-2 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-1-2 原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-8-3-1-2 中央制御室送風機の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-8-3-1-3 中央制御室非常用再循環送風機の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-4-4-4-1 残留熱代替除去ポンプの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-11-2-7-6 燃料プール冷却ポンプ室冷却機の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-11-2-7-9 格納容器空気置換排風機の耐震性についての計算書」

2. 代表設備

1項に示す横形ポンプは、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（(社)日本電気協会）」（以下「JEAG 4601」という。）に定義されている横形ポンプに該当するか若しくは類似するポンプであり、いずれも重心は低く、十分な剛性を有したケーシングや脚で構成されているため、ポンプ全体の剛性に大きな差はなく剛構造であると判断している。そのため、本検討においては、以下の横形ポンプを代表として固有周期の算出を行った。

- ・燃料プール冷却ポンプ（横形ポンプ）

1項に示すファンは、JEAG 4601に定義されているファンであり、いずれも十分な剛性を有しているが、本検討においては、1項に示すファンのうち最も高さ寸法が大きくなっている以下の設備を代表として固有周期の算出を行った。

- ・中央制御室送風機（ファン）

また、燃料プール冷却系ポンプ室冷却機はファンをコイルチャンバの上に固定する構造であるため、コイルチャンバについても固有周期の算出を行い、剛構造であることを確認した。

3. 算出方針

J E A G 4 6 0 1 に準拠し固有周期の算出を行った。

4. 固有周期の算出

4.1 燃料プール冷却ポンプ

4.1.1 固有周期の計算方法

燃料プール冷却ポンプ（図 4-1-1）の固有周期は、ポンプ本体及びロータの 2 質点にて算出を行う（図 4-1-2 及び図 4-1-3 参照）。

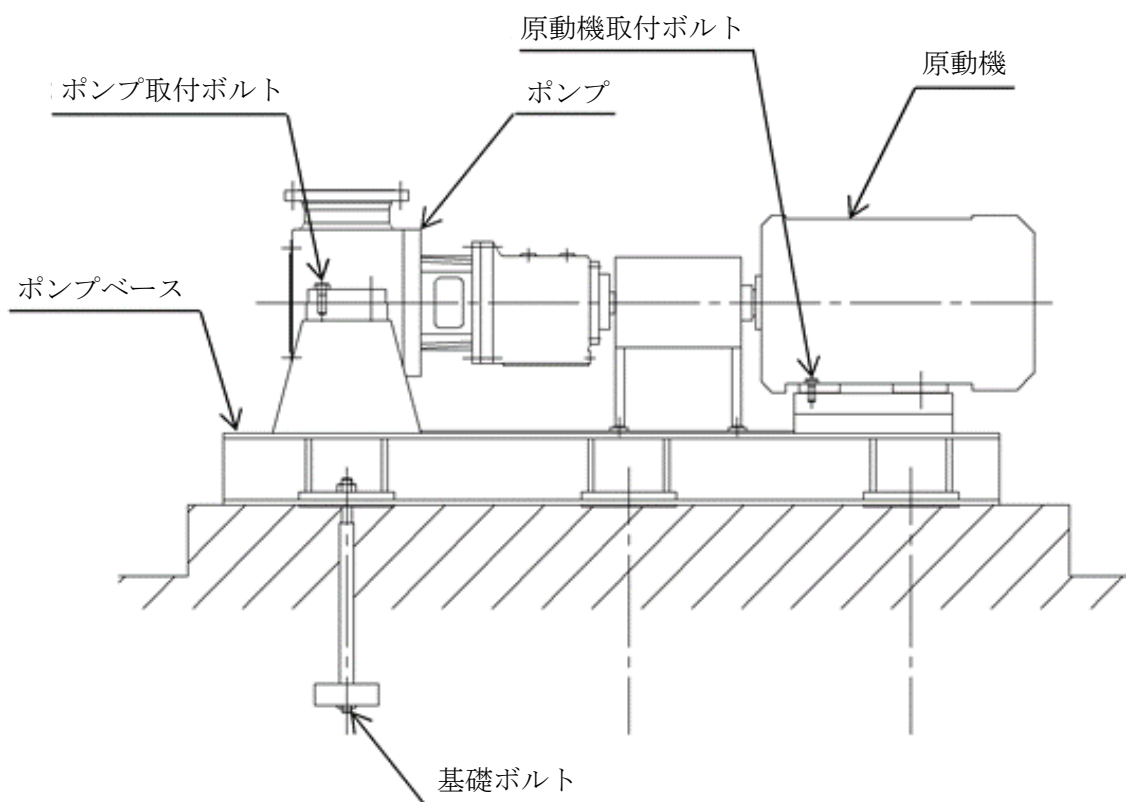
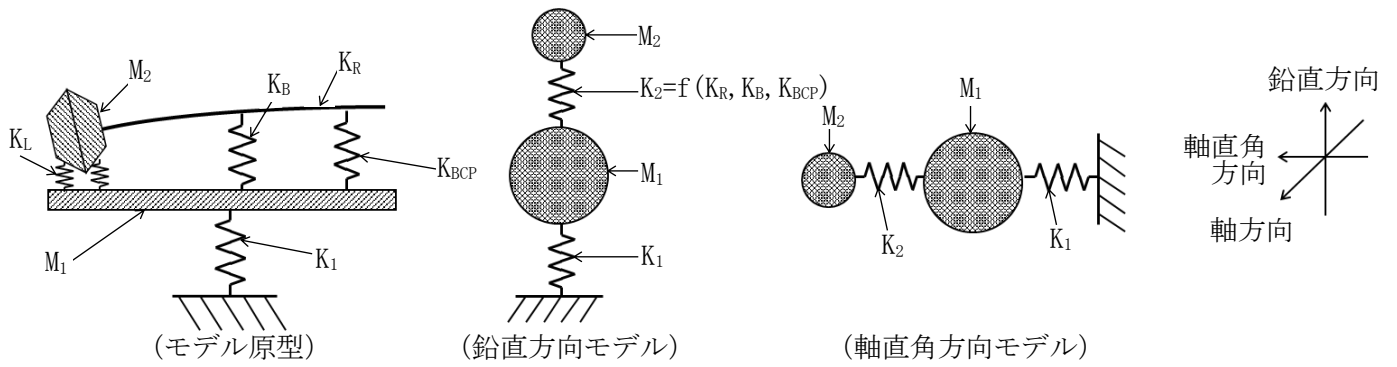
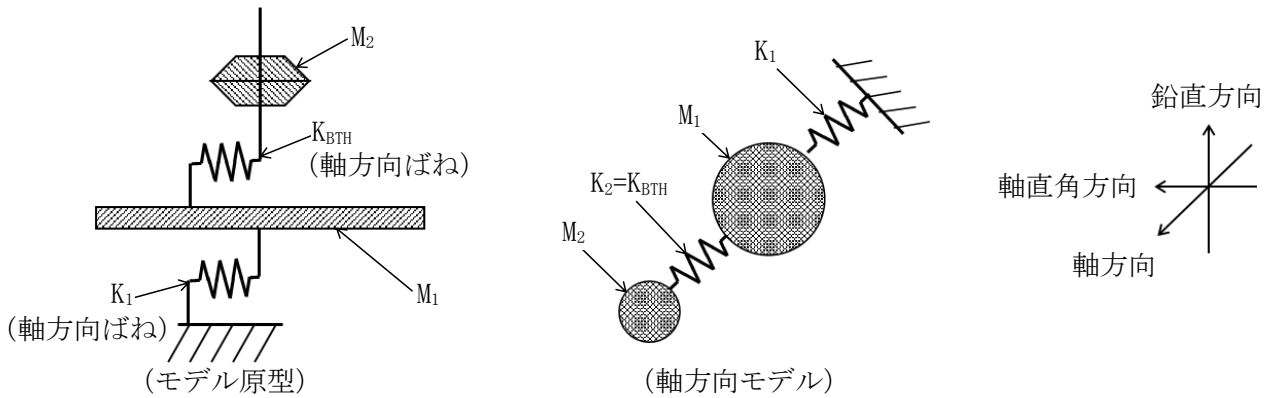


図 4-1-1 燃料プール冷却ポンプ外形図



- K_R : ロータ曲げ剛性
 K_B : ラジアル軸受反カップリング側ばね定数
 K_{BCP} : ラジアル軸受カップリング側ばね定数
 K_L : ライナーリング剛性 (保守的評価のため考慮しない)
 K_1 : ポンプ支持部ばね定数
 M_1 : ポンプ質量 (ベース, ケーシング, 水質量含む)
 M_2 : ポンプロータ質量 (水質量含む)
- K_2 : ロータ等価ばね定数

図 4-1-2 計算モデル (鉛直方向, 軸直角方向)



- K_{BTH} : スラスト軸受ばね定数 (軸方向ばね)
 K_1 : ポンプ支持部ばね定数 (軸方向ばね)
 M_1 : ポンプ質量 (ベース, ケーシング, 水質量含む)
 M_2 : ポンプロータ質量 (水質量含む)
- K_2 : スラスト軸受ばね定数

図 4-1-3 計算モデル (軸方向)

ポンプ全体系の固有振動数は以下の式により求める。

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a+e}{2} - \sqrt{\left(\frac{a-e}{2}\right)^2 + b \cdot e}}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a+e}{2} + \sqrt{\left(\frac{a-e}{2}\right)^2 + b \cdot e}}$$

ここで,

$$a = \frac{K_1 + K_2}{M_1}$$

$$b = \frac{K_2}{M_1}$$

$$e = \frac{K_2}{M_2}$$

$$K_2 = 1 / \left(\frac{1}{K_R} + \frac{1}{K_B + K_{BCP}} \right) \quad (\text{鉛直方向, 軸直角方向})$$

$$K_2 = K_{BTH} \quad (\text{軸方向})$$

よって, ポンプ全体系の固有周期は以下のとおりとなる。

$$T_{1P} = \frac{1}{f_1}$$

$$T_{2P} = \frac{1}{f_2}$$

原動機全体系の固有振動数は以下の式により求める。

$$f_{1M} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{1M}}{M_{1M}}}$$

よって, 原動機全体系の固有周期は以下のとおりとなる。

$$T_{1M} = \frac{1}{f_{1M}}$$

4.1.2 固有周期の算出

機器要目及び計算結果を表 4-1-1, 表 4-1-2 及び表 4-1-3 に示す。

表 4-1-1 軸直角方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
M_1	ポンプ質量 (ベース, ケーシング及び水質量含む)		kg
M_{1M}	原動機質量 (ベース質量含む)		kg
M_2	ポンプロータ質量 (水質量含む)		kg
K_R	ロータ曲げ剛性		N/m
K_{BCP}	ラジアル軸受カップリング側ばね定数		N/m
K_B	ラジアル軸受反カップリング側ばね定数		N/m
K_2	ロータ等価ばね定数		N/m
K_1	ポンプ支持部ばね定数		N/m
K_{1M}	原動機支持部ばね定数		N/m
f_1	ポンプ全体系固有振動数 (1次)		Hz
f_2	ポンプ全体系固有振動数 (2次)		Hz
f_{1M}	原動機全体系固有振動数		Hz
T_{1P}	ポンプ全体系固有周期 (1次)		s
T_{2P}	ポンプ全体系固有周期 (2次)		s
T_{1M}	原動機全体系固有周期		s

表 4-1-2 軸方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
M_1	ポンプ質量 (ベース, ケーシング及び水質量含む)		kg
M_{1M}	原動機質量 (ベース質量含む)		kg
M_2	ポンプロータ質量 (水質量含む)		kg
K_2	スラスト軸受ばね定数		N/m
K_1	ポンプ支持部ばね定数		N/m
K_{1M}	原動機支持部ばね定数		N/m
f_1	ポンプ全体系固有振動数 (1次)		Hz
f_2	ポンプ全体系固有振動数 (2次)		Hz
f_{1M}	原動機全体系固有振動数		Hz
T_{1P}	ポンプ全体系固有周期 (1次)		s
T_{2P}	ポンプ全体系固有周期 (2次)		s
T_{1M}	原動機全体系固有周期		s

表 4-1-3 鉛直方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
M_1	ポンプ質量 (ベース, ケーシング及び水質量含む)		kg
M_{1M}	原動機質量 (ベース質量含む)		kg
M_2	ポンプロータ質量 (水質量含む)		kg
K_R	ロータ曲げ剛性		N/m
K_{BCP}	ラジアル軸受カップリング側ばね定数		N/m
K_B	ラジアル軸受反カップリング側ばね定数		N/m
K_2	ロータ等価ばね定数		N/m
K_1	ポンプ支持部ばね定数		N/m
K_{1M}	原動機支持部ばね定数		N/m
f_1	ポンプ全体系固有振動数 (1次)		Hz
f_2	ポンプ全体系固有振動数 (2次)		Hz
f_{1M}	原動機全体系固有振動数		Hz
T_{1P}	ポンプ全体系固有周期 (1次)		s
T_{2P}	ポンプ全体系固有周期 (2次)		s
T_{1M}	原動機全体系固有周期		s

4.2 中央制御室送風機

4.2.1 固有周期の計算方法

中央制御室送風機（図 4-2-1）の固有周期は、ケーシング系及び軸系のそれぞれについて算出を行う。なお、図 4-2-1 及び図 4-2-2 に示すようにファン軸は軸受によって支持されており、ケーシングのファン軸貫通部にはクリアランスが存在するため、ケーシングはファン軸及びインペラの質量を負担しない。

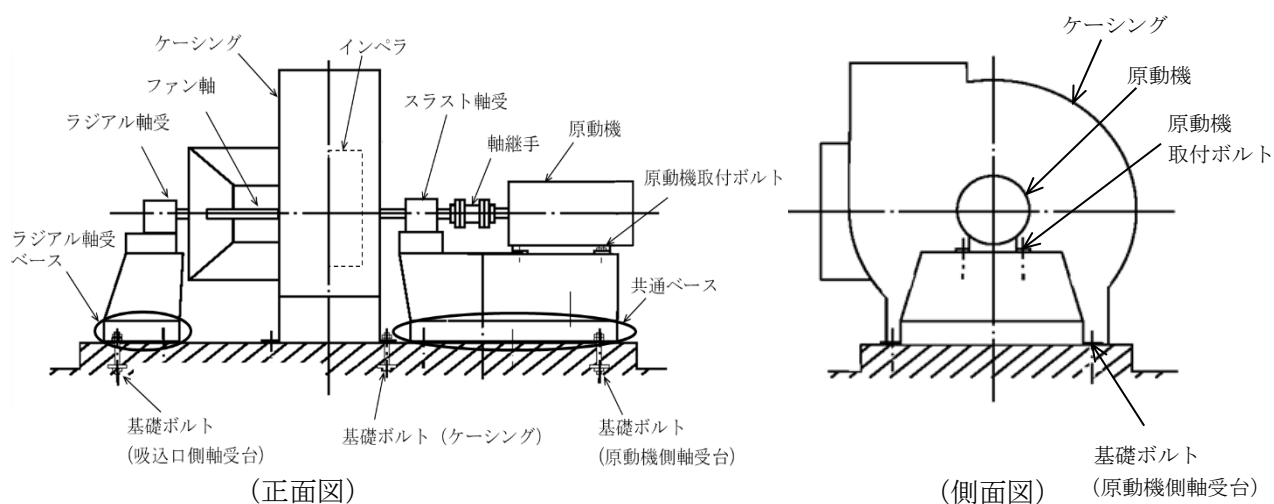


図 4-2-1 中央制御室送風機外形図

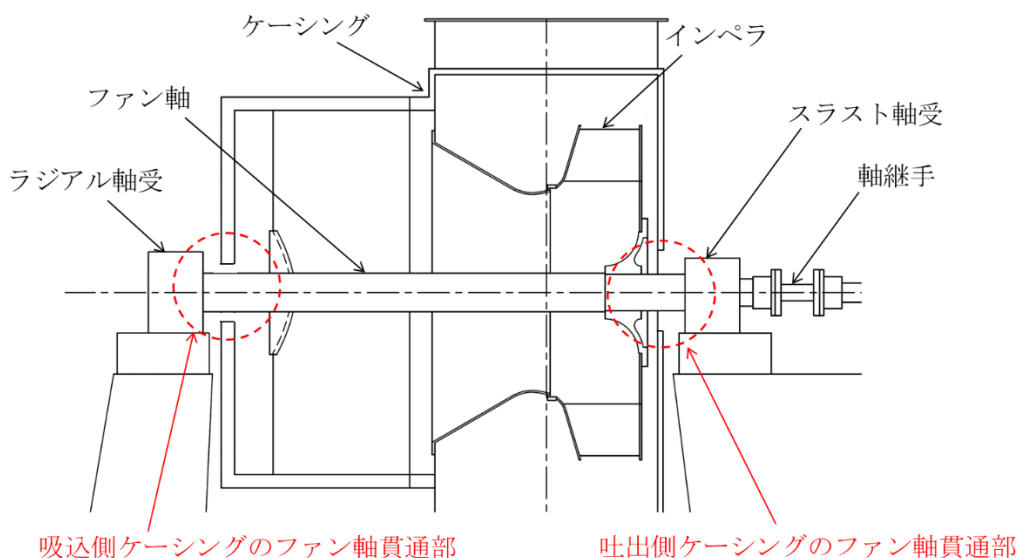


図 4-2-2 ケーシングのファン軸貫通部

(1) ケーシング系

ケーシング自体は図 4-2-3 に示すとおり固定部に比べて剛性が高く、ケーシング全体系の振動特性は固定部剛性に依存することから、ケーシング系の固有周期は、ケーシング全体を剛体として 1 質点でモデル化し、算出を行う（図 4-2-4 参照）。

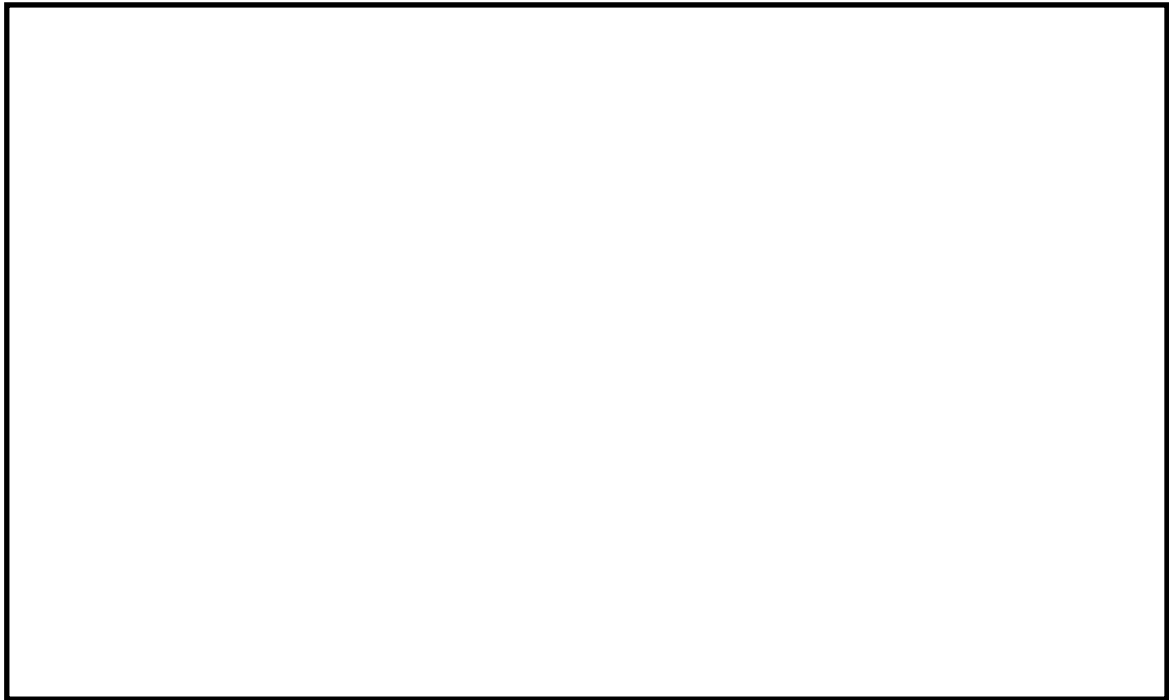
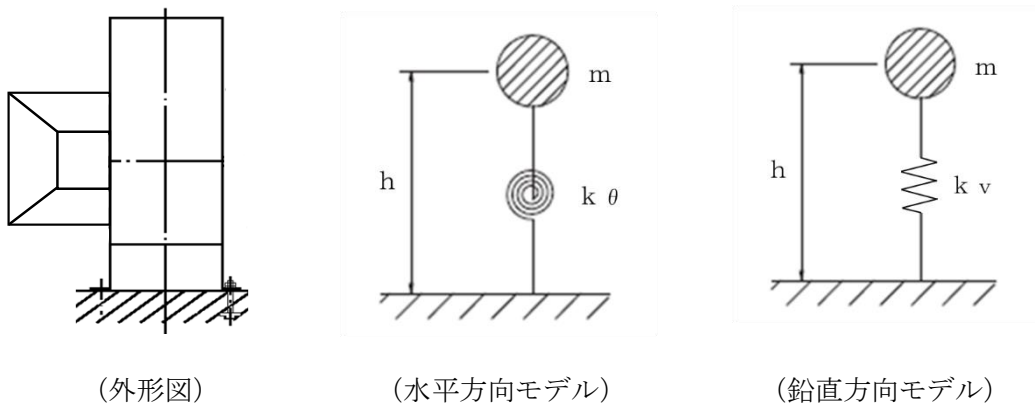


図 4-2-3 ケーシング詳細図



(外形図)

(水平方向モデル)

(鉛直方向モデル)

図 4-2-4 ケーシング系モデル

ケーシング系の固有振動数は以下の式により求める。

$$\text{軸・軸直角方向} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k\theta \cdot 1000}{m \cdot h^2}}$$

$$\text{鉛直方向} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_v \cdot 1000}{m}}$$

ケーシング系の固有周期は以下のとおりとなる。

$$T = \frac{1}{f}$$

ここで、固定部の鉛直方向剛性及び回転剛性（軸方向及び軸直角方向）の算出について以下に示す。算出に使用した記号の説明は表 4-2-2 に示す。

固定部の鉛直方向剛性については、固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性 κ を用いて以下のとおり算出する。

固定部剛性

$$k_v = \kappa \cdot n$$

なお、固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性 κ は以下のとおり各部剛性の直列ばねとして算出する。

固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\kappa_1} + \frac{1}{\kappa_2}}$$

ここで、 κ_1 はケーシングフランジの曲げ剛性、 κ_2 は基礎ボルトの引張剛性であり、J E A G 4 6 0 1 に示される算出式により算出する。

固定部の回転剛性（軸方向及び軸直角方向）については、固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性 κ と図 4-2-5 図に示すボルト間距離を用いて、ケーシングの転倒を考慮した際のモーメントの釣り合いから以下のとおり算出する。なお、軸直角方向については吐出側への転倒と反吐出側への転倒で回転剛性が異なるが、より剛性が低くなる反吐出側への転倒を想定した場合の回転剛性について示す。

固定部回転剛性（軸方向）

$$k_\theta = \kappa \cdot l^2 \cdot n_f$$

固定部回転剛性（軸直角方向）

$$k_\theta = \kappa \cdot l_{c1}^2 + \kappa \cdot l_{c2}^2 + \kappa \cdot l_{c3}^2 + \kappa \cdot l_{c4}^2 + 2 \cdot \kappa \cdot l_{c5}^2$$

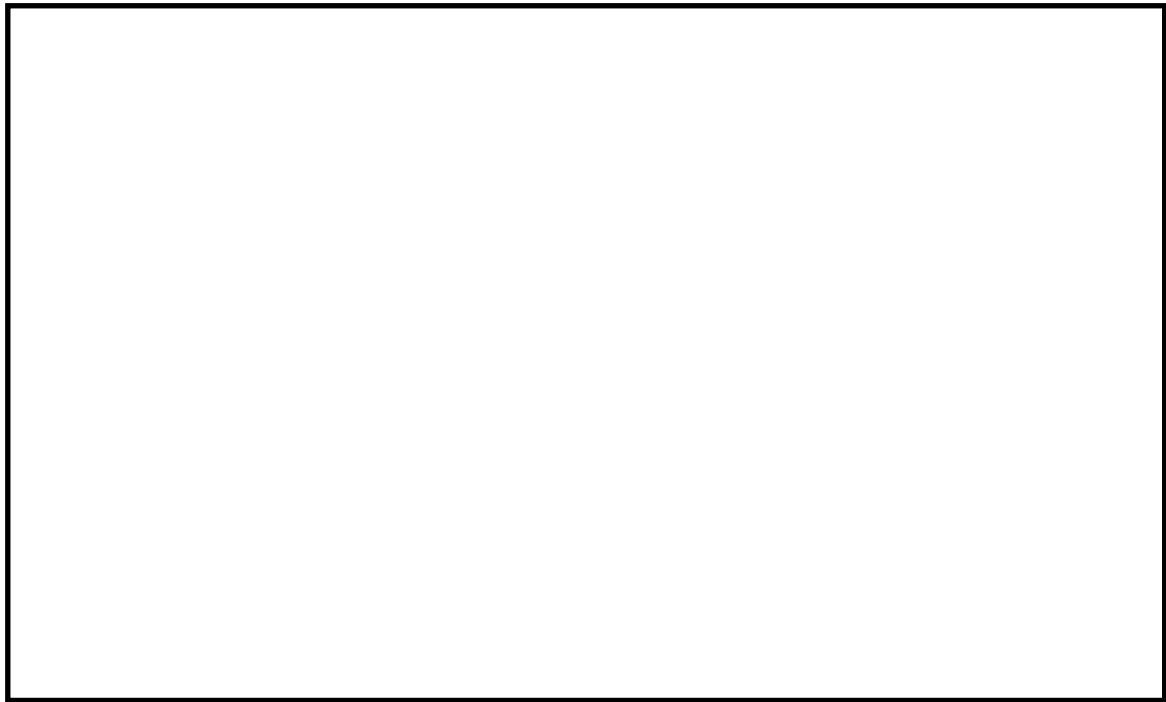


図 4-2-5 基礎ボルト位置図

(2) 軸系

軸系は、ファン軸、電動機、共通ベース及びラジアル軸受ベースをそれぞれビーム要素として解析モデルを作成し、固有周期の算出を行う（図 4-2-6 参照）。算出に使用した記号の説明を表 4-2-1 に示す。なお、軸受のばね定数はラジアル荷重と変位量から、共通ベース固定部、ラジアル軸受ベース固定部及び原動機固定部の鉛直方向のばね定数はケーシング系と同様の考え方により算出する。解析コードは、「NSAFE」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。

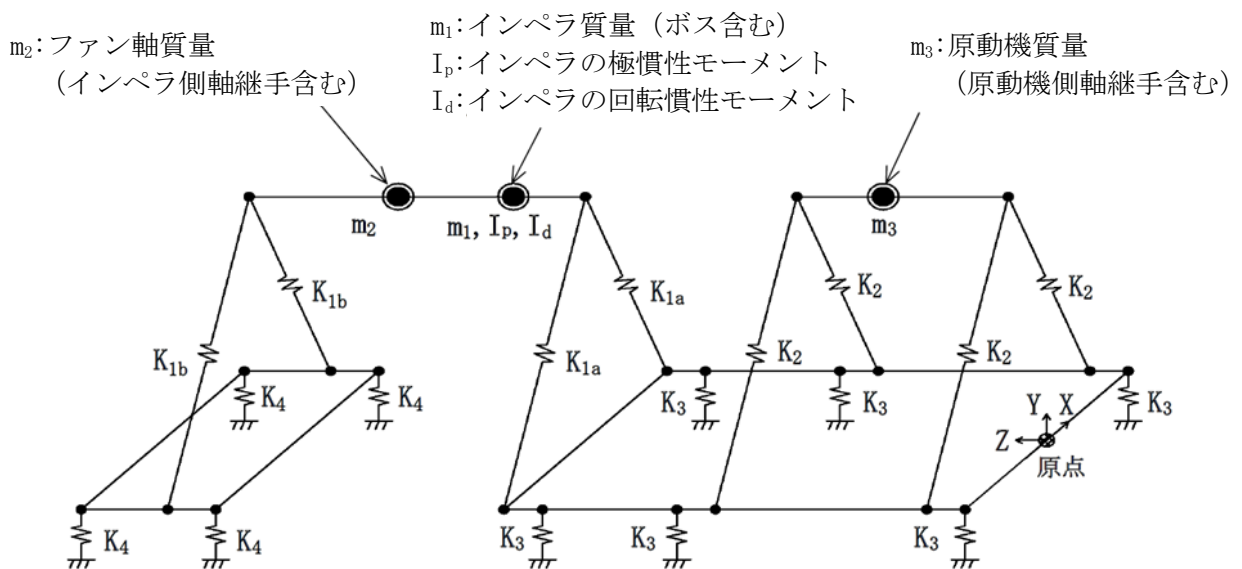


図 4-2-6 軸系モデル

表 4-2-1 軸系 記号の説明

記号	記号説明	値	単位
I_P	インペラの極慣性モーメント		$\text{kg}\cdot\text{mm}^2$
I_d	インペラの回転慣性モーメント		$\text{kg}\cdot\text{mm}^2$
K_{1a}	スラスト軸受の水平方向 (X 方向) 及び鉛直方向 (Y 方向) のばね定数		N/mm
K_{1b}	ラジアル軸受の水平方向 (X 方向) 及び鉛直方向 (Y 方向) のばね定数		N/mm
K_2	原動機固定部の鉛直方向 (Y 方向) のばね定数		N/mm
K_3	共通ベース固定部の鉛直方向 (Y 方向) のばね定数		N/mm
K_4	ラジアル軸受ベース固定部の鉛直方向 (Y 方向) のばね定数		N/mm
m_1	インペラ質量 (ボス含む)		kg
m_2	ファン軸質量 (インペラ側軸継手含む)		kg
m_3	原動機質量 (原動機側軸継手含む)		kg

4.2.2 固有周期の算出

機器要目及び計算結果を表 4-2-2、表 4-2-3、表 4-2-4、表 4-2-5 及び図 4-2-7 に示す。

表 4-2-2 ケーシング系 軸直角方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	ケーシング質量		kg
h	ケーシング重心高さ		mm
k_θ	固定部回転剛性		$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{rad}$
κ	固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性		N/mm
κ_1	ケーシングフランジの曲げ剛性		N/mm
κ_2	基礎ボルトの引張剛性		N/mm
l_i	転倒支点からの引張を受ける基礎ボルトまでの距離		mm
f	ケーシング系固有振動数		Hz
T	ケーシング系固有周期		s

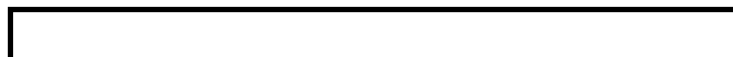
表 4-2-3 ケーシング系 軸方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	ケーシング質量		kg
h	ケーシング重心高さ		mm
k_{θ}	固定部回転剛性		N・mm/rad
κ	固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性		N/mm
κ_1	ケーシングフランジの曲げ剛性		N/mm
κ_2	基礎ボルトの引張剛性		N/mm
l	転倒支点から引張を受ける 基礎ボルトまでの距離		mm
n_f	引張を受ける基礎ボルトの本数		-
f	ケーシング系固有振動数		Hz
T	ケーシング系固有周期		s

表 4-2-4 ケーシング系 鉛直方向 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	ケーシング質量		kg
k_v	固定部剛性		N/mm
κ	固定部 1 箇所当たりの鉛直方向剛性		N/mm
κ_1	ケーシングフランジの曲げ剛性		N/mm
κ_2	基礎ボルトの引張剛性		N/mm
n	基礎ボルトの本数		-
f	ケーシング系固有振動数		Hz
T	ケーシング系固有周期		s

表 4-2-5 軸系 機器要目及び計算結果



記号	記号説明	値	単位
f	軸系固有振動数		Hz
T	軸系固有周期		s

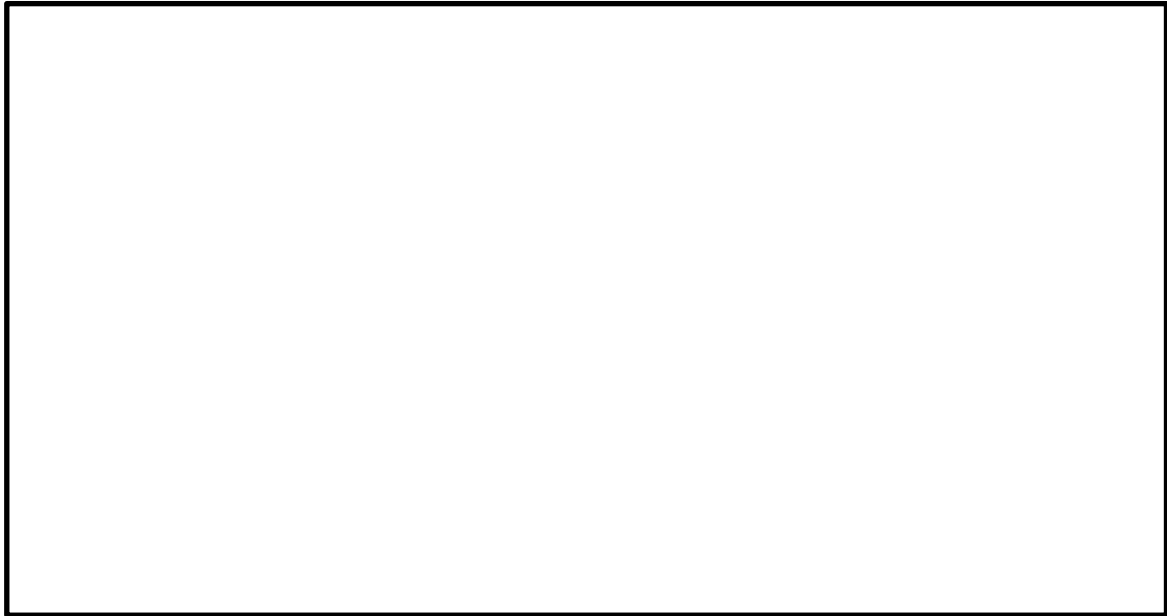


図 4-2-7 軸系 計算結果 (振動モード図)

4.3 燃料プール冷却系ポンプ室冷却機のコイルチャンバ

4.3.1 固有周期の計算方法

燃料プール冷却系ポンプ室冷却機 (図 4-3-1) のコイルチャンバの固有周期は、1 質点振動モデルを用いて算出を行う (図 4-3-2 参照)。算出に使用した記号の説明を表 4-3-1 に示す。

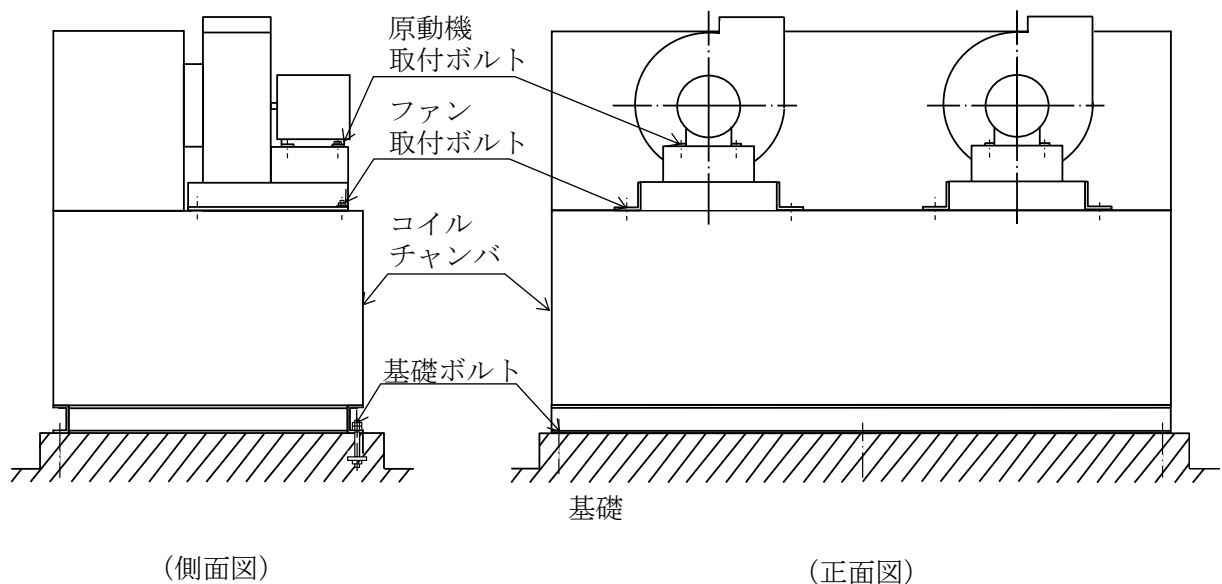


図 4-3-1 燃料プール冷却系ポンプ室冷却機外形図

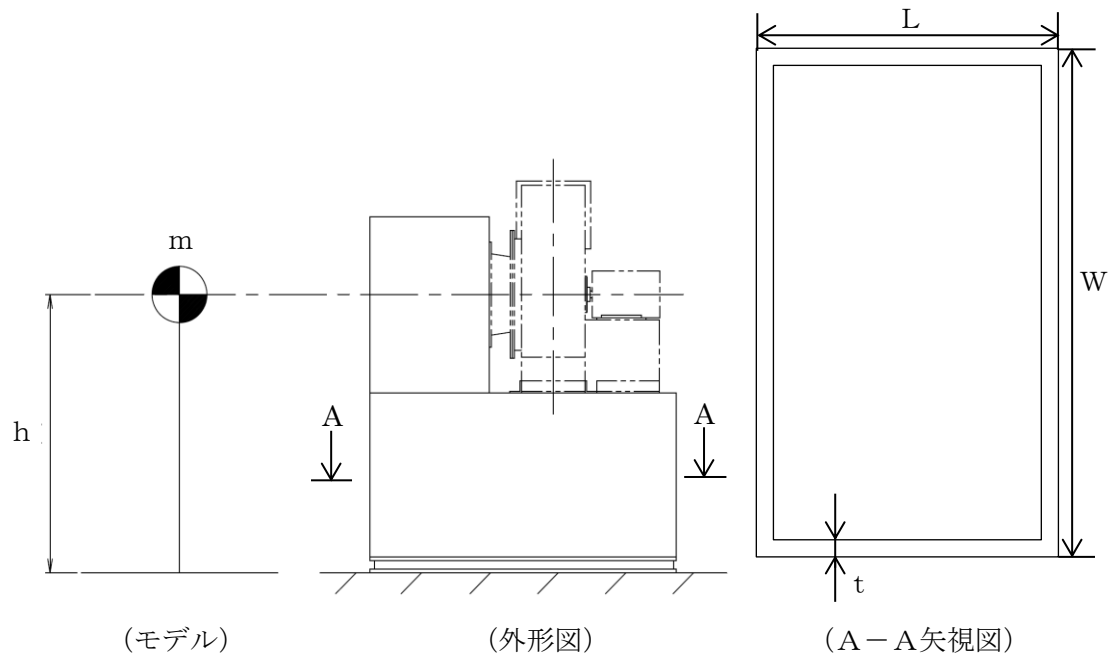


図 4-3-2 燃料プール冷却系ポンプ室冷却機モデル図及びコイルチャンバ詳細図

コイルチャンバの固有振動数は以下の式により求める。

$$\text{水平方向} \quad f_H = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{K_H}{m}}$$

$$\text{鉛直方向} \quad f_V = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{K_V}{m}}$$

よって、コイルチャンバの固有周期は以下のとおりとなる。

$$\text{水平方向} \quad T_H = \frac{1}{f_H}$$

$$\text{鉛直方向} \quad T_V = \frac{1}{f_V}$$

なお、曲げ及びせん断変形によるばね定数、断面二次モーメント、せん断断面積及び有効せん断断面積は以下の式により求める。

$$\text{水平方向} \quad K_H = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{G \cdot A_e}}$$

$$\text{鉛直方向 } K_v = \frac{1000}{\frac{h}{E \cdot A}}$$

$$\text{断面二次モーメント } I = \frac{1}{12} \cdot (WL^3 - (W - 2 \cdot t) \cdot (L - 2 \cdot t)^3)$$

$$\text{せん断断面積 } A = 2 \cdot L \cdot t + 2 \cdot (W - 2 \cdot t) \cdot t$$

$$\text{有効せん断断面積 } A_e = 2 \cdot L \cdot t$$

4.3.2 固有周期の算出

機器要目及び計算結果を表 4-3-1 に示す。

表 4-3-1 コイルチャンバ 機器要目及び計算結果

記号	記号説明	値	単位
m	燃料プール冷却系ポンプ室冷却機の総質量 (ファン, 原動機及びコイルチャンバ含む)	2100	kg
K_H	コイルチャンバの水平方向ばね定数	1.01598×10^8	N/mm
K_v	コイルチャンバの鉛直方向ばね定数	1.05708×10^9	N/mm
h	コイルチャンバの重心高さ	1504	mm
I	断面二次モーメント	2.02298×10^9	mm ⁴
A	せん断断面積	7933.44	mm ²
A_e	有効せん断断面積	2769.60	mm ²
E	縦弾性係数	200400	N/mm ²
G	せん断弾性係数	77076.6	N/mm ²
L	コイルチャンバの長さ	1154	mm
W	コイルチャンバの幅	2154	mm
t	コイルチャンバの板厚	1.2	mm
f_H	コイルチャンバの水平方向固有振動数	35	Hz
f_v	コイルチャンバの鉛直方向固有振動数	112	Hz
T_H	コイルチャンバの水平方向固有周期	0.029	s
T_v	コイルチャンバの鉛直方向固有周期	0.009	s

5. まとめ

燃料プール冷却ポンプ及び中央制御室送風機について、固有周期の算出を行い、固有周期は十分に小さく（0.05s 以下）、剛構造であることを確認した。燃料プール冷却ポンプは J E A G 4 6 0 1 に定義されている「横形ポンプ（単段遠心式）」に該当すること、中央制御室送風機は「ファン（遠心直結型）」に該当することから、J E A G 4 6 0 1 の型式に該当するその他の横形ポンプ及びファンについても同様に、固有周期は十分に小さく剛構造であると判断し、固有周期の計算は省略する。また、燃料プール冷却系ポンプ室冷却機について、コイルチャンバの固有周期の算出を行い、固有周期は十分に小さく剛構造であることを確認した。

なお、既往知見*において BWR プラントの原子炉補機冷却水ポンプ（横形ポンプ（単段遠心式））を対象として、ポンプ全体系に対するランダム波による加振試験と軸系に対する打撃試験が行われており、加振試験及び打撃試験によって固有振動数を確認した結果、剛構造であることが実機大の試験体においても確認されている。既往知見の調査結果を添付資料 1 に示す。

注記*：(独) 原子力安全基盤機構「平成 16 年度 原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書 機器耐力その 1（横形ポンプ，電気品）（平成 17 年 7 月）」

既往知見の調査結果

横形ポンプの固有周期について、試験等によって検討している既往知見として、「平成 16 年度原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書 機器耐力その 1 (横形ポンプ, 電気品) (平成 17 年 7 月) (独) 原子力安全基盤機構」を確認したことから、以下にその概要を整理する。

1. ポンプ全体系の固有周期の確認

BWR プラントの原子炉補機冷却水ポンプ (横形ポンプ (単段遠心式)) を対象として、ポンプ全体系に対するランダム波による加振試験を実施している (添付 1-1 図参照)。ポンプ頂部の計測データよりポンプ全体系として、60Hz 以下の範囲で固有振動数は確認されておらず剛構造であることが確認されている (添付 1-2 図参照)。

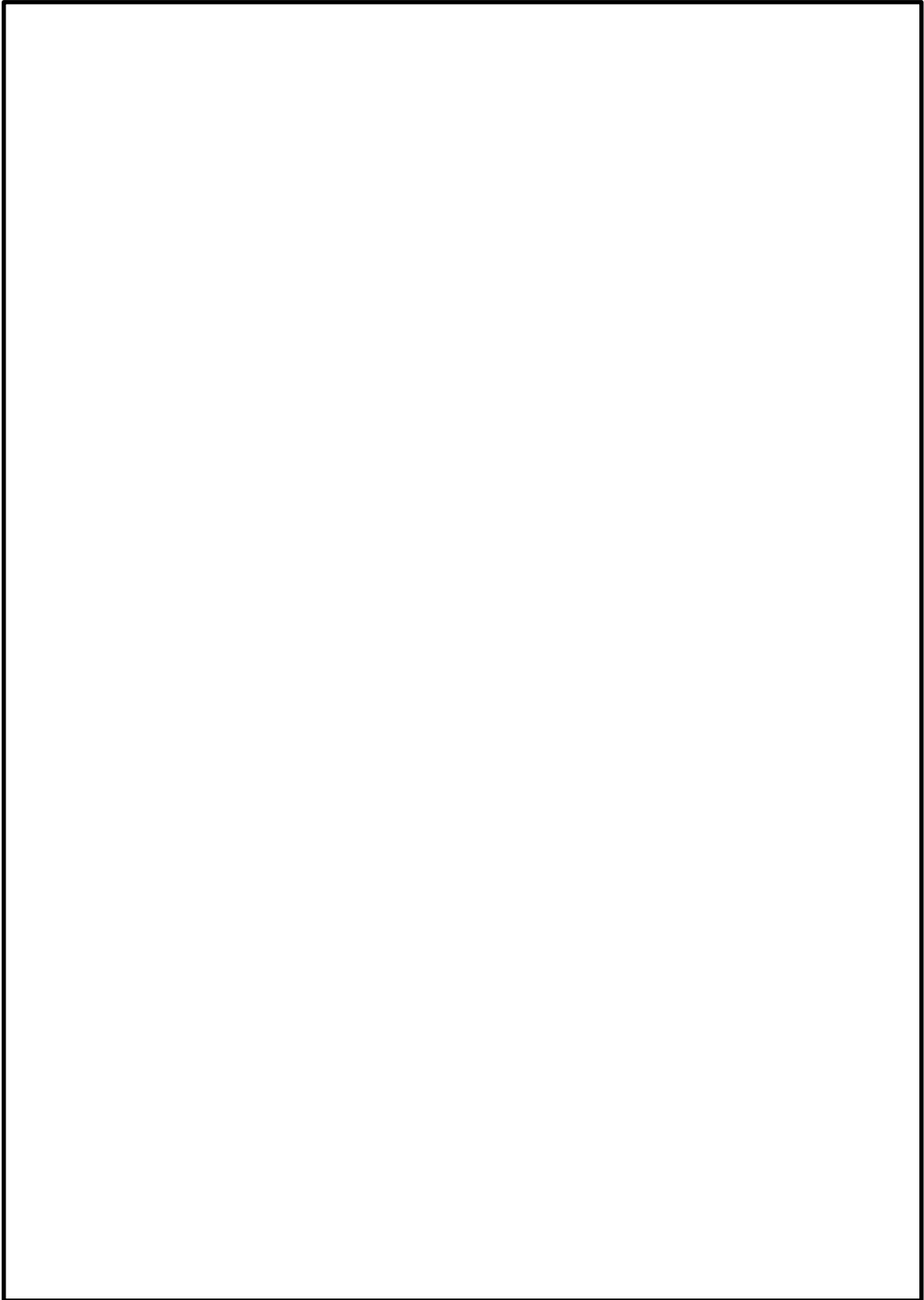
2. ポンプ軸系の固有周期の確認

1 項の確認と同様に、BWR プラントの原子炉補機冷却水ポンプ (横形ポンプ (単段遠心式)) を対象として、ポンプ軸系に対する打撃試験*が行われている。打撃試験によって算出された軸系の固有振動数は、ライナーリング部の軸直角方向の固有振動数が 62Hz (0.016 秒)、軸端部の軸方向の固有振動数が 43Hz (0.023 秒) となっており、剛構造であることが確認されている (添付 1-3 図参照)。

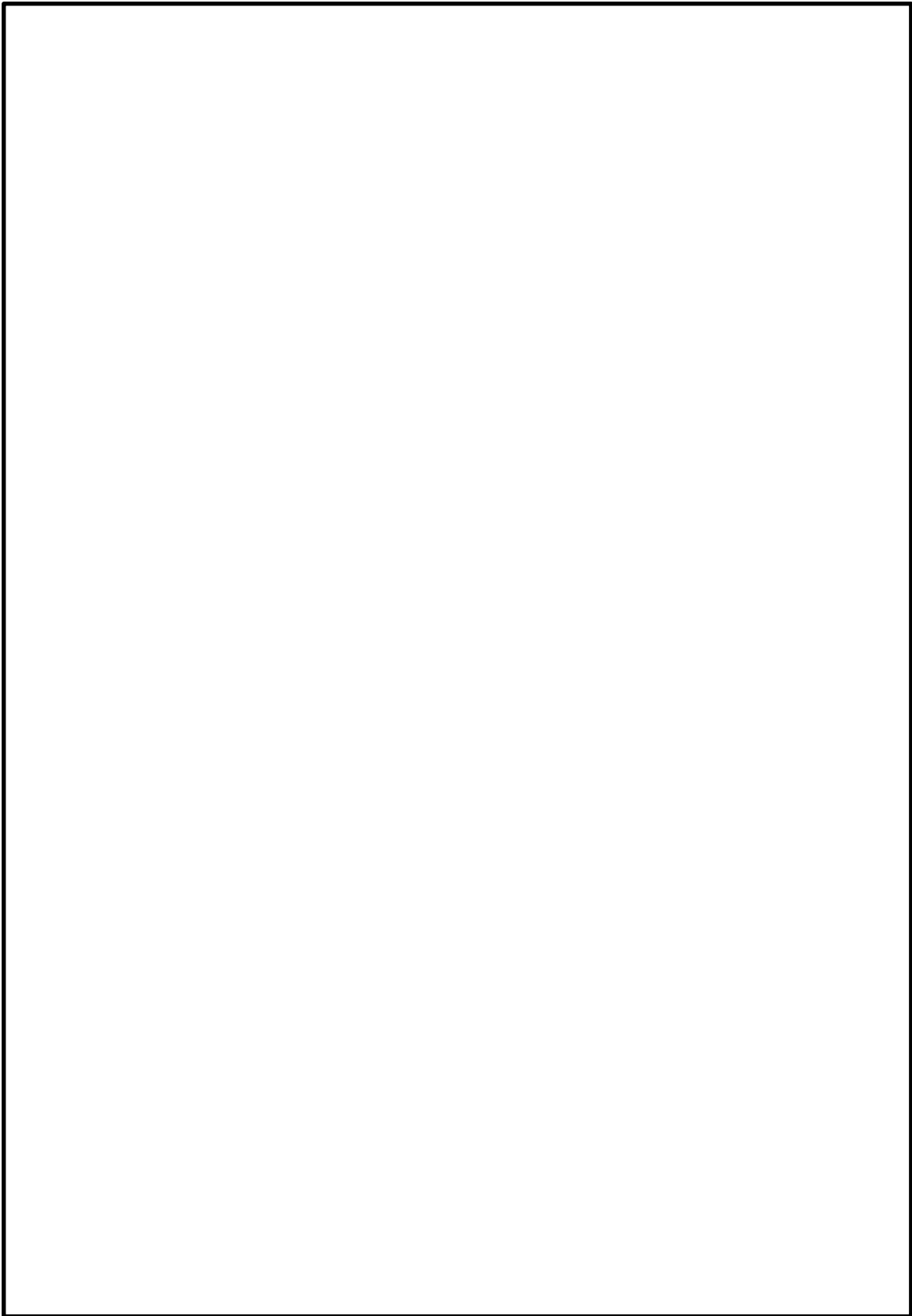
注記* : 打撃試験はポンプ完成品に対して、試験用の計器を取り付けるために設けた穴を利用して軸径を打撃しデータを計測している。なお、打撃位置は記載のとおりとし、ライナーリング部と軸端部を打撃することで固有振動数を計測している。



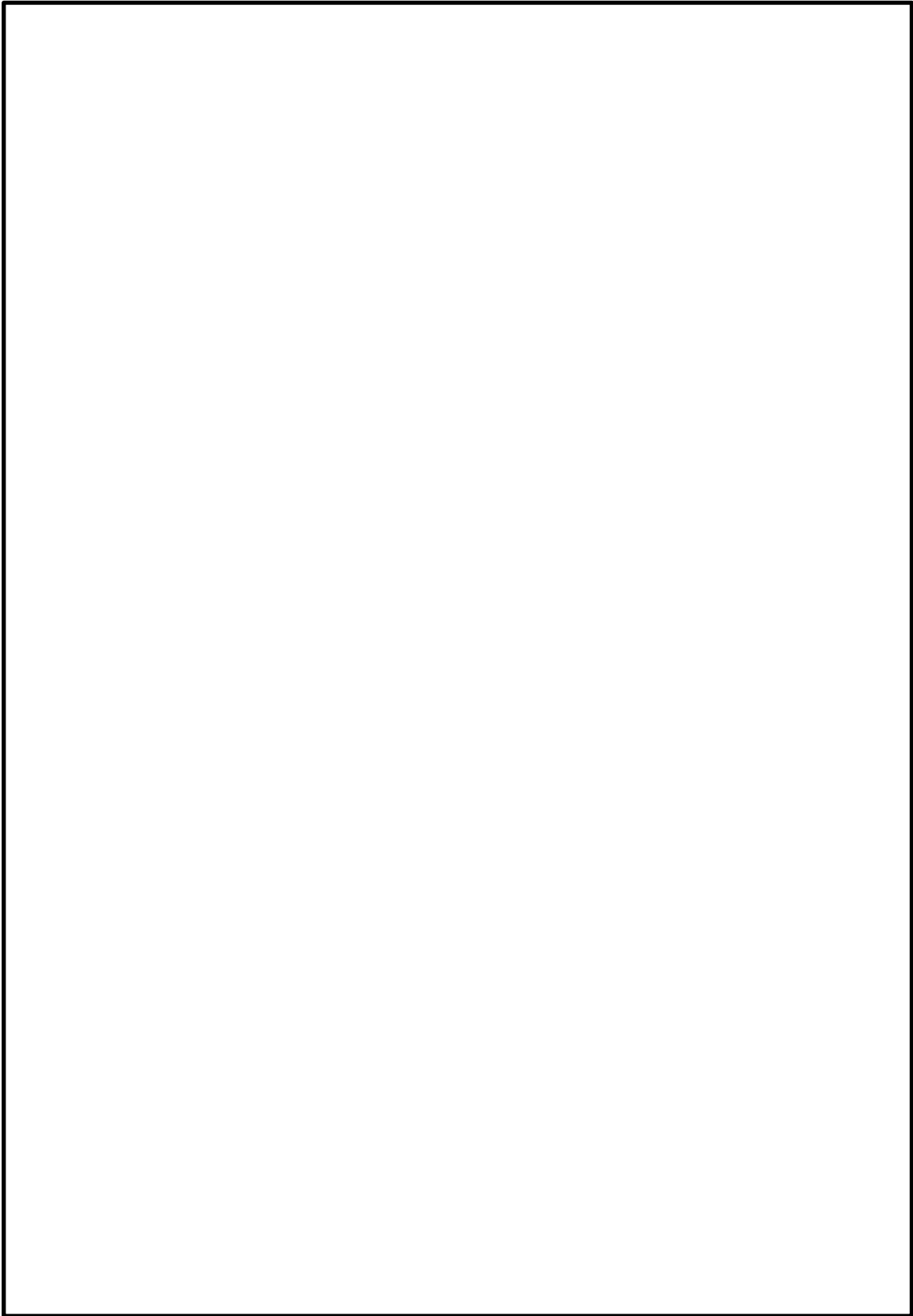
添付 1-1 図 既往知見における加振試験実施状況



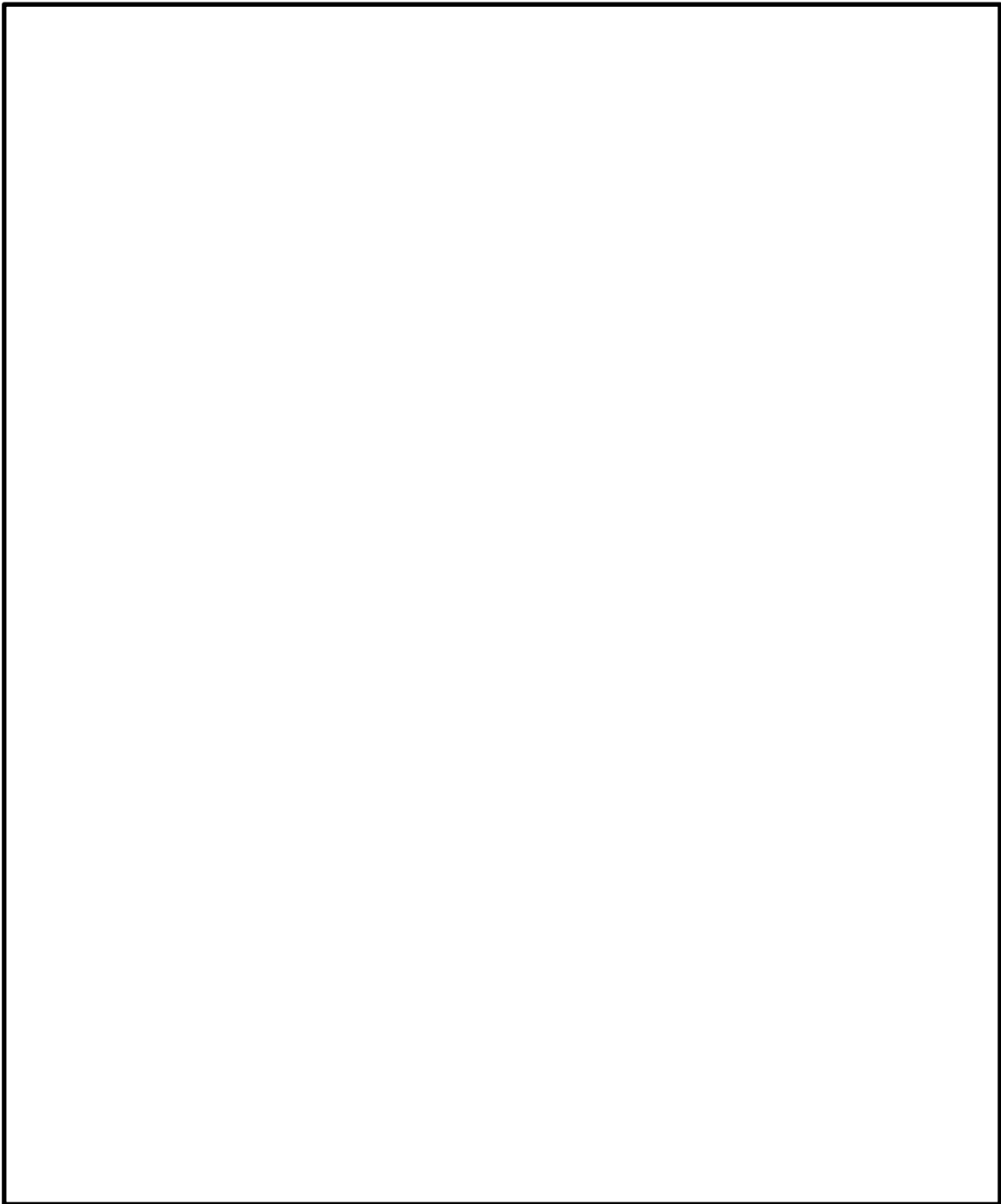
添付 1-2 図 既往知見におけるポンプ全体系のランダム波加振試験による
固有振動数の確認結果 (1/2)



添付 1-2 図 既往知見におけるポンプ全体系のランダム波加振試験による
固有振動数の確認結果 (2/2)



添付 1-3 図 既往知見におけるポンプ軸系の打撃試験による
固有振動数の確認結果 (1/2)



添付 1-3 図 既往知見におけるポンプ軸系の打撃試験による
固有振動数の確認結果 (2/2)

補足-027-10-16 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の
耐震性について

目次

1.	概要	1
2.	BOP閉止装置の全体構造図	1
3.	BOP閉止装置の構造	3
4.	評価部位	5
4.1	考慮する荷重	5
4.2	評価部位	5
5.	評価条件	6
5.1	荷重の組合せ及び許容応力	6
5.2	設計条件	7
5.3	各評価部位の許容応力	9
6.	評価	10
6.1	BOP閉止装置の固有周期の計算方法	10
6.2	応力計算方法	14
7.	評価結果	30
添付 1	加振試験により得られた加速度による評価用加速度の評価結果	31
添付 2	ボルトの応力算出過程について	38

1. 概要

本資料は、ブローアウトパネル関連設備のうち、ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）の耐震評価手法について説明するものである。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-9-4-5-1-4 「ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書」

2. BOP閉止装置の全体構造図

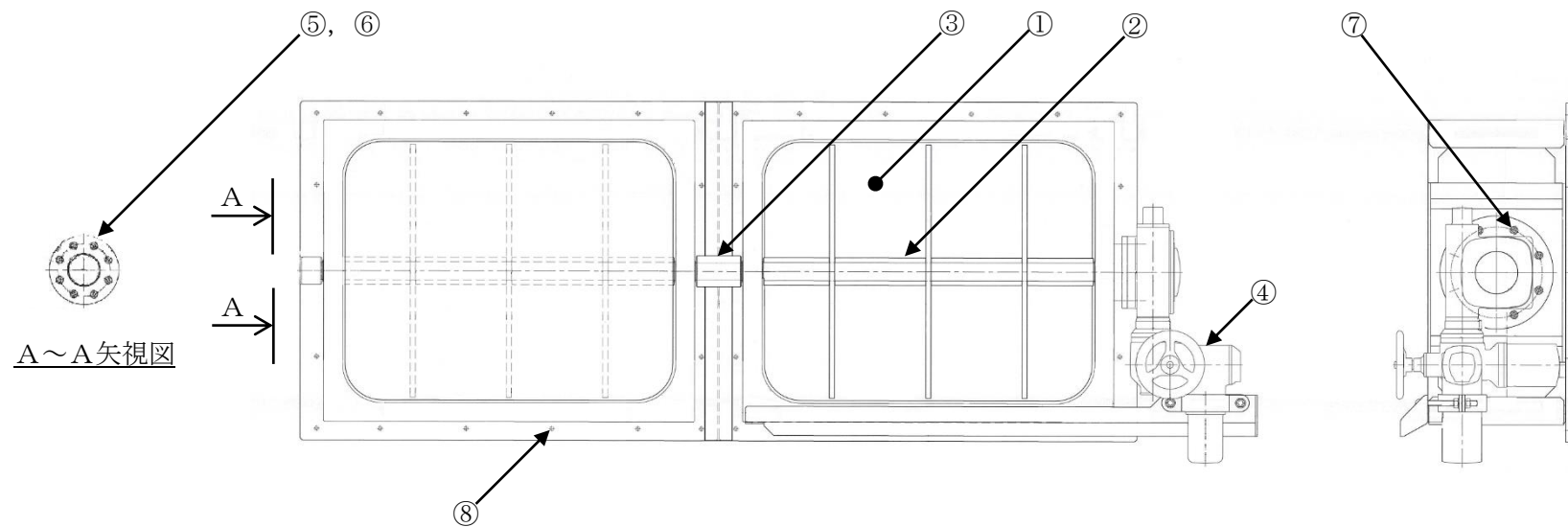
BOP閉止装置は、原子炉建物原子炉棟に装置取付架台を介して、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロBOP」という。）の開口部1つに対し24台（2連ユニット6台、3連ユニット4台）設置しており、BOP閉止装置のケーシングは取付ボルトにより装置取付架台に固定される。BOP閉止装置の全体構造を図2-1に示す。BOP閉止装置と装置取付架台から構成される全体構造の固有周期は0.05s以下であり、全体構造が剛構造であることを確認している。そのため、全体構造におけるBOP閉止装置の振動特性とBOP閉止装置1台の振動特性に差異はないため、以下ではBOP閉止装置1台に対する評価結果を代表として記載する。



図2-1 BOP閉止装置の全体構造

3. BOP閉止装置の構造

BOP閉止装置は、オペフロBOPが開放された状態で炉心損傷した場合において、羽根を電動機又は手動により動作させ、オペフロBOP開口部を閉止する装置である。図3-1にBOP閉止装置の構造を示す。



- ①羽根 ②シャフト ③コネクタ ④駆動部 ⑤軸受
 ⑥軸受取付ボルト ⑦駆動部取付ボルト ⑧取付ボルト

図3-1 BOP閉止装置構造 (2連ユニットを示す)

4. 評価部位

評価部位は、耐震評価上厳しくなる箇所を選定する。評価部位の選定に当たっては、BOP閉止装置の構造が空調ダンパと同等であることから、J E A C 4 6 0 1-2008における空調ダンパの評価部位を参考として選定する。

以下に考慮する荷重及び評価部位を示す。

4.1 考慮する荷重

BOP閉止装置は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」及び VI-1-1-6-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき、表4-1に示す荷重を考慮する。

表4-1 BOP閉止装置に考慮する荷重

状態	死荷重	差圧	地震	台風	竜巻		津波	火山の影響	積雪
				風 (30 m/s)	風 (92 m/s)	飛来物			
開	○	—	○	—	—	—	—	—	—
閉	○	○	○	○	—	—	—	—	—

4.2 評価部位

4.2.1 応力評価部位

耐震評価上厳しくなる箇所について実施する。評価部位は、BOP閉止装置の構造が空調ダンパと同等であることから J E A C 4 6 0 1-2008の空調ダンパの評価部位のうちBOP閉止装置において相当する部位を評価部位とする。加えて耐震評価上厳しくなるボルト類についても評価部位とする。

5. 評価条件

5.1 荷重の組合せ及び許容応力

各部位の許容応力の考え方を以下に示す。BOP閉止装置に作用する荷重は、死荷重、地震荷重、圧力荷重及び風荷重による機械的荷重が主であることから、一次応力について評価を実施する。

5.1.1 シャフト及びコネクタ

BOP閉止装置のうち、シャフト及びコネクタは、重大事故等対処施設（耐震クラス：－）としてその他の支持構造物の許容応力を適用する。耐震評価のための荷重の組合せ及び許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表5-1に示すとおりとする。

5.1.2 ボルト等

BOP閉止装置のうち、ボルト等は、重大事故等対処施設（耐震クラス：－）としてその他の支持構造物の許容応力を適用する。耐震評価のための荷重の組合せ及び許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表5-1に示すとおりとする。

表5-1 BOP閉止装置の荷重の組合せ及び許容応力

状態	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容応力 (ボルト等以外)			許容応力 (ボルト等)	
			引張	せん断	組合せ	引張*2	せん断
開	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
閉	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*1}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：

D : 死荷重

P_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合はこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重（BOP閉止装置では開状態において圧力荷重は作用しないため考慮しない。）

M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合はこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械荷重（BOP閉止装置では風荷重を考慮する。）

S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

P_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態を考慮して当該設備に設計上定

- P_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態V）における運転状態を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重（BOP閉止装置では内外差圧とする。）
- M_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態V）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重（BOP閉止装置では風荷重を考慮する。）
- IV_{AS} : 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）））J S M E S N C 1 - 2005/2007（日本機械学会 2007年9月）の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- V_{AS} : 運転状態V相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- f_t^* : 許容応力状態 IV_{AS} 及び V_{AS} での許容引張応力
- f_s^* : 許容応力状態 IV_{AS} 及び V_{AS} での許容せん断応力

注記*1 : V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。

*2 : せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は、以下から算出する。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

ここで、

τ : せん断応力

5.2 設計条件

5.2.1 温度条件

評価する際の温度条件（許容値算出条件）は以下とする。

開状態 : 100°C

閉状態 : 100°C

5.2.2 死荷重

死荷重（D）として考慮するシャフトの単位質量は kg/m である，駆動部を含めたダンプユニット単体の質量は kg である。

5.2.3 圧力荷重

閉状態において，非常用ガス処理系による原子炉建物内外差圧である63Pa（負圧）を圧力荷重（ P_{SAD} ）として考慮する。

「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき30m/sとする。

5.2.5 地震荷重

地震荷重（基準地震動 S_s ）は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」のうち「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に基づく設計用地震力によりBOP閉止装置に作用する震度を用いて算定する。地震荷重の算出の際に考慮する質量は「5.2.2 死荷重」で示す数値と同一のものを使用する。

(1) 固有周期

取付架台を含めた固有周期の計算結果を表5-2に示す。固有周期の計算方法は「6.1 BOP閉止装置の固有周期の計算方法」に示す。

表5-2 固有周期 (単位：s)

固有周期	水平方向	鉛直方向
	0.019	0.008

注：加振試験によりBOP閉止装置自体が剛構造であることを確認している。固有周期は取付架台を含めた値である。

(2) 評価用震度

評価用震度を表5-3に示す。

表5-3 評価用震度（設計震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ(m)	地震動	水平方向*2	鉛直方向*2
BOP閉止装置	原子炉建物 EL42.800 (EL63.500*1)	S_s	4.97	2.66

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 ）

5.3 各評価部位の許容応力

各評価部位の許容応力は、各部位の材質及び設計・建設規格 付録図表 Part5に規定される各温度の設計降伏点 (S_y) 及び設計引張強さ (S_u) から設定する。材料及び許容応力を表5-4に示す。

表5-4 許容応力

評価部位	材料	温度 (°C)	許容 応力 状態	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)	許容限界	
							$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$
シャフト	<input type="checkbox"/> *1	100	IV _A S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—
コネクタ	<input type="checkbox"/> *1	100	IV _A S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>
軸受取付 ボルト	<input type="checkbox"/> *2	100	IV _A S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
駆動部取付 ボルト	<input type="checkbox"/> *3	100	IV _A S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
取付ボルト	<input type="checkbox"/> *3	100	IV _A S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
基礎ボルト	<input type="checkbox"/>	100	IV _A S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

注記*1：DIN規格材料。JSME規格材料では相当

*2：DIN規格材料。JSME規格材料では相当

*3：DIN規格材料。JSME規格材料では相当

6. 評価

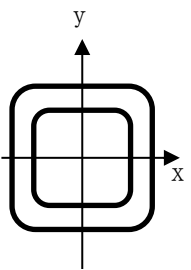
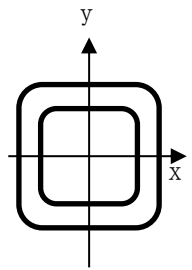
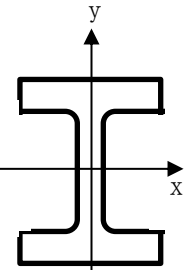
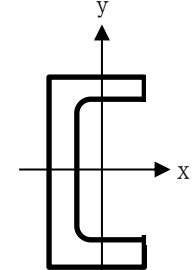
6.1 BOP閉止装置の固有周期の計算方法

6.1.1 解析モデル

固有周期は、解析コード「NX Nastran」を使用し、有限要素法（FEM）解析により図6-1に示す解析モデルにて算出する。取付架台の部材要素を表6-1に示し、解析モデルの概要は以下に示す。

- (1) BOP閉止装置の取付架台をはり要素で、BOP閉止装置自体は取付架台への付加質量として質点でモデル化した有限要素法モデルによって固有周期を求める。
- (2) 2連及び3連の各ユニットの質量は、重心位置に集中する。また、取付架台の質量は、梁要素の密度として模擬する。
- (3) 2連及び3連ユニットの重心位置は、公称位置とする。
- (4) 拘束条件は、BOP閉止装置取付ボルト部をピン拘束とする。なお、基礎ボルト部は完全固定として評価する。
- (5) 2連ユニット及び3連ユニット自体は、加振試験により剛構造であることを確認している。
- (6) 解析に使用した機器諸元を表6-2に示す。

表6-1 解析モデル図 部材要素

部材	サポート1	サポート2	フレーム1	フレーム2
部材名	B200×200×12	B175×175×6	H200×200×8	C200×90×8
材料	SS400/ STKR400	SS400/ STKR400	SS400	SS400
断面積 (cm ²)	86.53	39.63	63.53	38.65
断面二次モーメント x軸 (cm ⁴)	4980	1860	4720	2490
断面二次モーメント y軸 (cm ⁴)	4980	1860	1600	277
断面係数 x軸 (cm ³)	498	213	472	249
断面係数 y軸 (cm ³)	498	213	160	44.2
断面形状	 200×200×12	 175×175×6	 200×200×8	 200×90×8

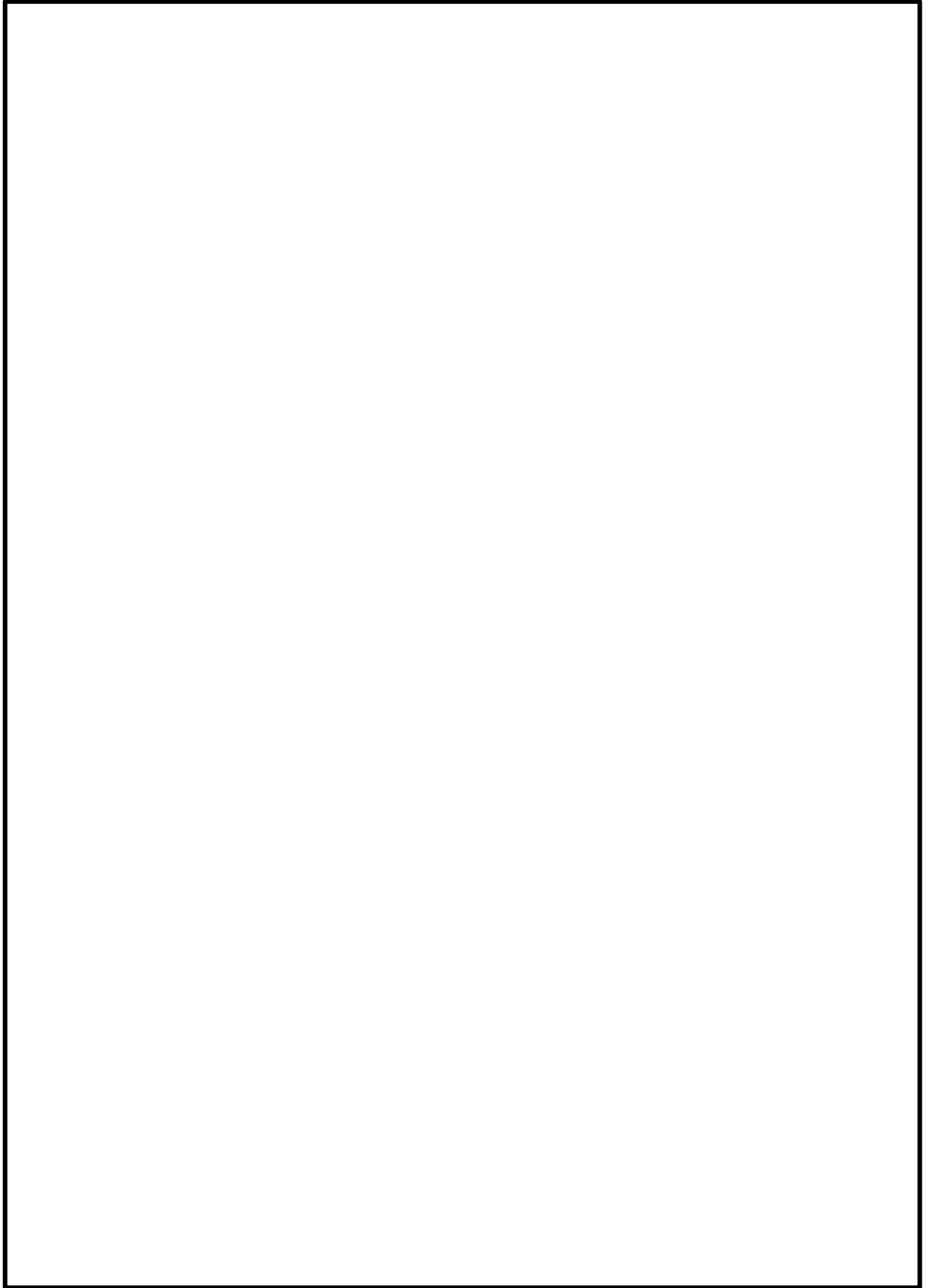



図6-1 解析モデル

表6-2 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材料 (取付架台)	—	—	
質量 (2連ユニット)	m_{BOS2}	kg	
質量 (3連ユニット)	m_{BOS3}	kg	
質量 (取付架台)	m_{SP}	kg	
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	100
縦弾性係数	E	MPa	198000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	
節点数	—	個	

6.1.2 固有周期の算出結果

固有周期の解析結果を表6-3、振動モード図を図6-2に示す。

表6-3 固有周期

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1次	0.019	—

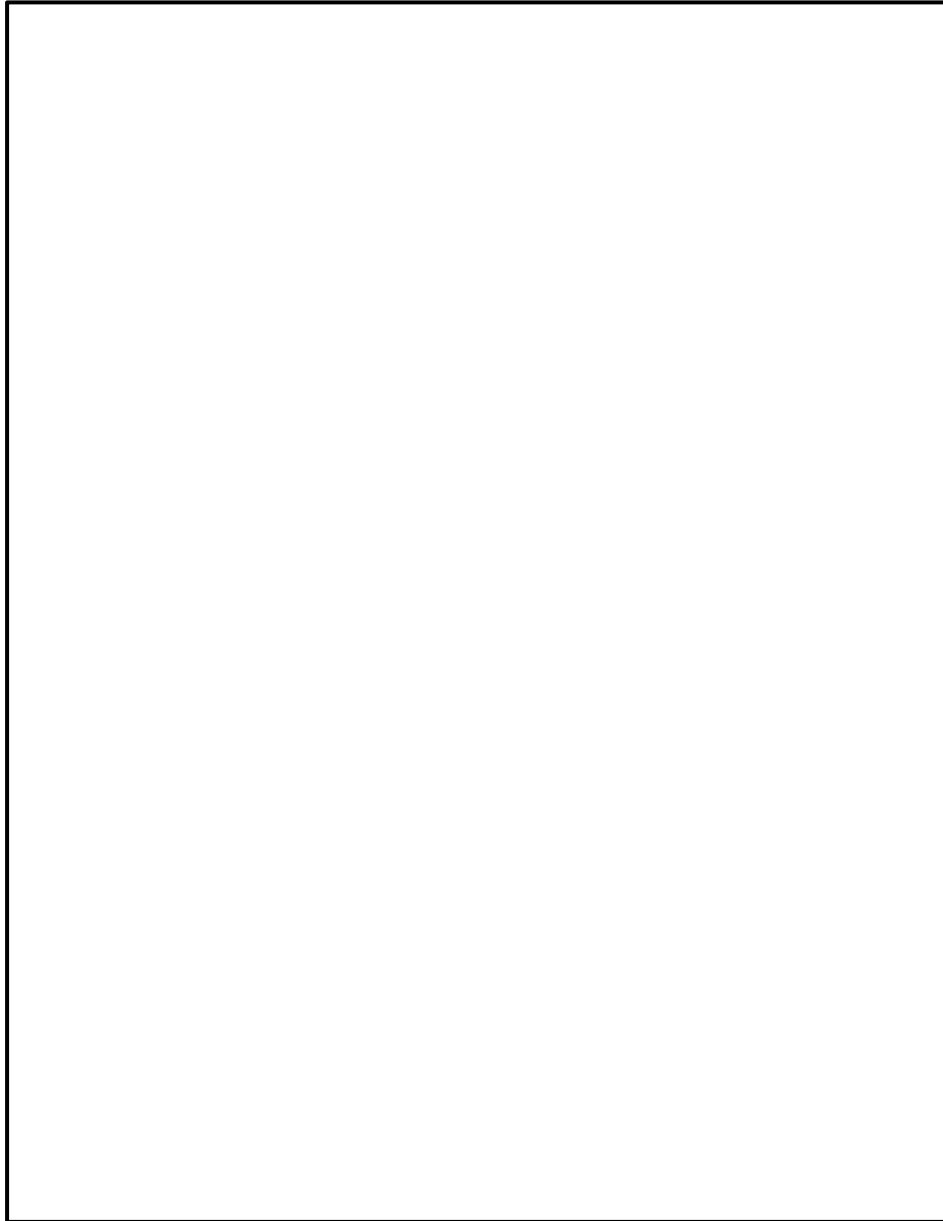


図6-2 振動モード図 (1次)

6.2 応力計算方法

4.2項で述べた評価部位に対し、それぞれの荷重条件における応力を算出する。ここで、後述する応力計算の詳細においては、開状態と閉状態で条件が同じものについては統一することとし、開状態もしくは閉状態のみで用いる条件については、その旨をのべることとする。

6.2.1 シャフトの応力計算

a. 計算モデル

シャフトに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し、シャフトに生じる応力を計算する。計算モデルは図6-3に示すとおり、等分布荷重がシャフト全体に作用する両端支持梁モデルとする。

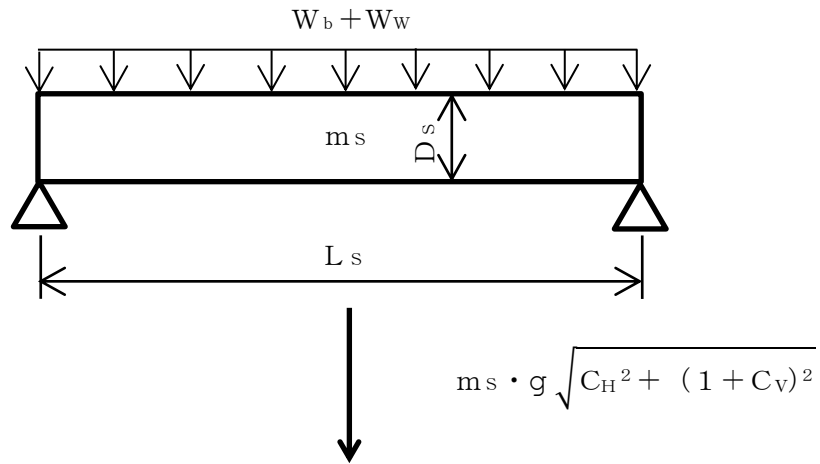


図6-3 シャフトの計算モデル

b. 応力計算

(a) せん断応力

設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_s = (m_s \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \cdot g + F_{bBOS} + F_{WBOS}) / 2 \quad \dots (6.2.1.1)$$

ここで、

m_s : シャフト及び羽根の質量

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

F_{bBOS} : 差圧による荷重 = B_b (羽根の幅) $\cdot H_b$ (羽根の高さ)
 $\cdot P$ (差圧による圧力)

$$F_{WBOS} : \text{風による荷重} = B_b (\text{羽根の幅}) \cdot H_b (\text{羽根の高さ}) \\ \cdot P_w (\text{風圧力})$$

設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_s = Q_s / A_s \quad \dots \dots \dots (6.2.1.2)$$

ここで、

$$A_s : \text{シャフトの断面積} = D_s^2 \cdot \pi / 4$$

$$D_s : \text{シャフトの外径}$$

(b) 曲げ応力

設計震度により作用するモーメントは次式により求める。

$$M_s = (W_s \cdot L_s^2 \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \cdot g + W_b \cdot L_s^2 \\ + W_w \cdot L_s^2) / 8 \quad \dots \dots \dots (6.2.1.3)$$

ここで、

$$W_s : \text{シャフト及び羽根の単位質量} = m_s / L_s$$

$$W_b : \text{差圧による単位荷重} = (B_b \cdot H_b \cdot P) / (L_s)$$

$$W_w : \text{風圧力による単位荷重} = (B_b \cdot H_b \cdot P_w) / (L_s)$$

$$L_s : \text{シャフトの長さ}$$

設計震度により作用する曲げ応力は次式により求める。

$$\sigma_s = M_s / Z_s$$

ここで、

$$Z_s : \text{シャフトの断面係数} = D_s^3 \cdot \pi / 32$$

$$D_s : \text{シャフトの径}$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{SC} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \quad \dots \dots \dots (6.2.1.4)$$

6.2.2 コネクタの応力計算

a. 計算モデル

コネクタに作用する荷重によるせん断力を算出し、コネクタに生じる応力を計算する。計算モデルは図6-4 に示すとおりとする。

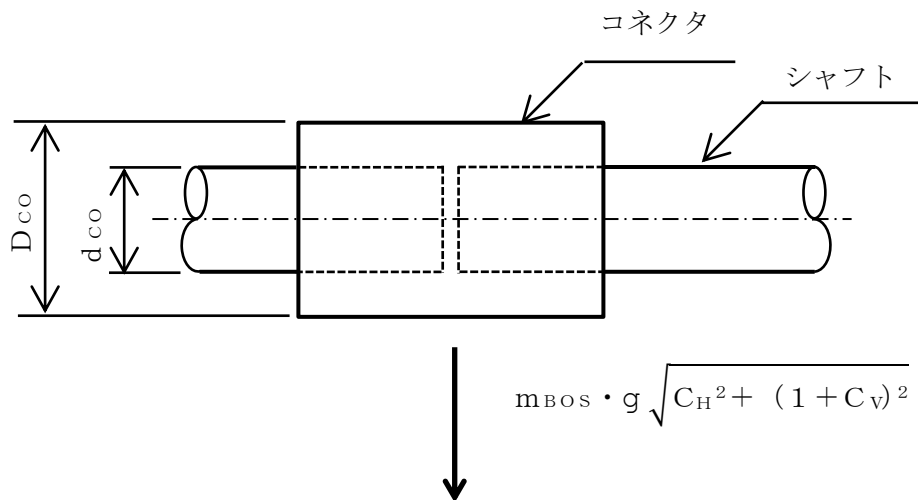


図6-4 コネクタの計算モデル

b. 応力計算

(a) せん断応力

設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{CO} = m_{BOS} \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \cdot g \quad \dots \dots \dots (6.2.2.1)$$

ここで、

m_{BOS} : BOP閉止装置の質量

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

設計震度によるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{CO} = Q_{CO} / A_{CO} \quad \dots \dots \dots (6.2.2.2)$$

ここで、

A_{CO} : コネクタの断面積 = $(D_{CO}^2 - d_{CO}^2) \cdot \pi / 4$

D_{CO} : コネクタの外径

d_{CO} : コネクタの内径

6.2.3 軸受取付ボルトの応力計算

a. 計算モデル

軸受取付ボルトに作用する荷重による引張力とせん断力を算出し、軸受取付ボルトに生じる応力を計算する。計算モデルは図6-5 に示すとおりとする。

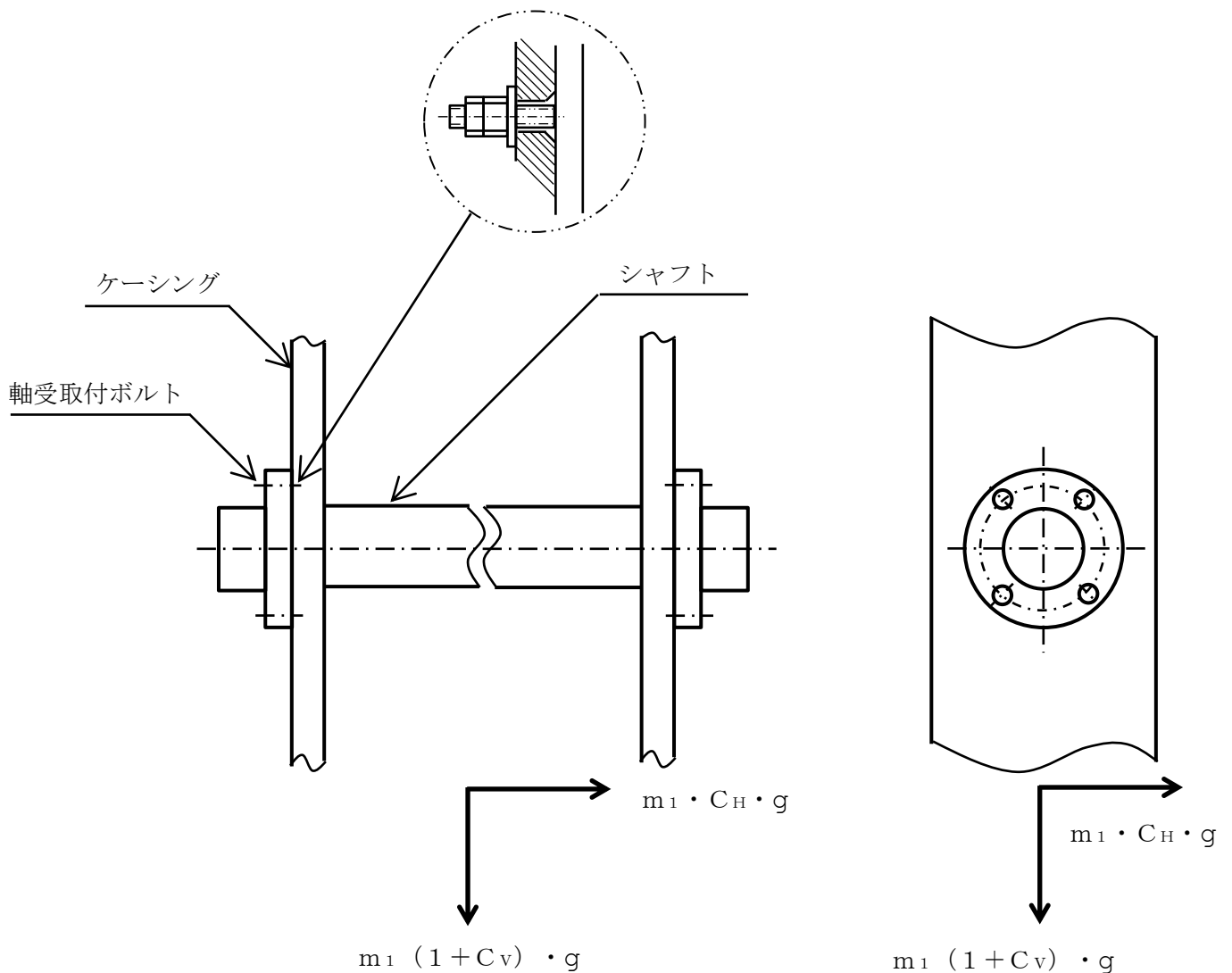


図6-5 軸受取付ボルトの計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

軸受取付ボルトに対する引張力は、シャフト片端の軸受取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$F_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g / n_1 \quad \dots \dots \dots (6.2.3.1)$$

ここで、

m_1 : 軸受取付ボルトに加わる質量

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

n_1 : 軸受取付ボルトの本数

設計震度による引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{b1} = F_{b1} / A_{b1} \quad \dots \dots \dots (6.2.3.2)$$

ここで、

A_{b1} : 軸受取付ボルトの断面積 = $d_1^2 \cdot \pi / 4$

d_1 : 軸受取付ボルトの呼び径

(b) せん断応力

軸受取付ボルトに対するせん断力は、シャフト両端の軸受取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{b1} = \frac{(m_1 \cdot \sqrt{C_H^2 + C_V^2} (1 + C) \cdot \sqrt{g^2 + F_{bBOS} + F_{wBOS}})}{(2 \cdot n_1)} \quad \dots \dots \dots (6.2.3.3)$$

ここで、

m_1 : 軸受取付ボルトに加わる質量

F_{bBOS} : 差圧による荷重 = $B_b \cdot H_b \cdot P$

F_{wBOS} : 風による荷重 = $B_b \cdot H_b \cdot P_w$

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

n_1 : 軸受取付ボルトの本数

設計震度によるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{b1} = Q_{b1} / A_{b1} \quad \dots \dots \dots (6.2.3.4)$$

ここで、

A_{b1} : 軸受取付ボルトの断面積 = $d_1^2 \cdot \pi / 4$

d_1 : 軸受取付ボルトの呼び径

6.2.4 駆動部取付ボルトの応力計算

a. 計算モデル

駆動部取付ボルトに作用する荷重による引張力とせん断力を算出し、駆動部取付ボルトに生じる応力を計算する。計算モデルは図6-6及び図6-7に示すとおりとする。

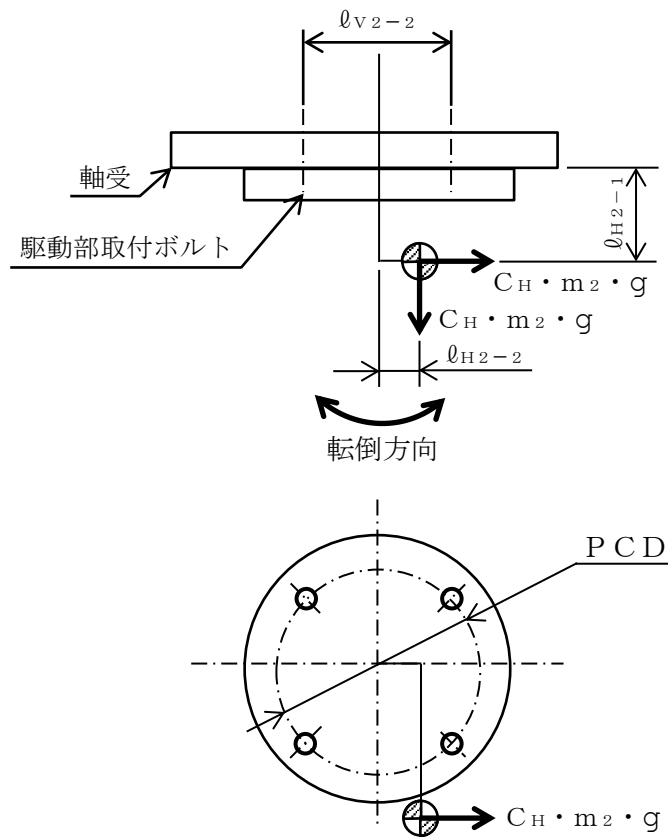


図6-6 駆動部取付ボルトの計算モデル (正面方向転倒)

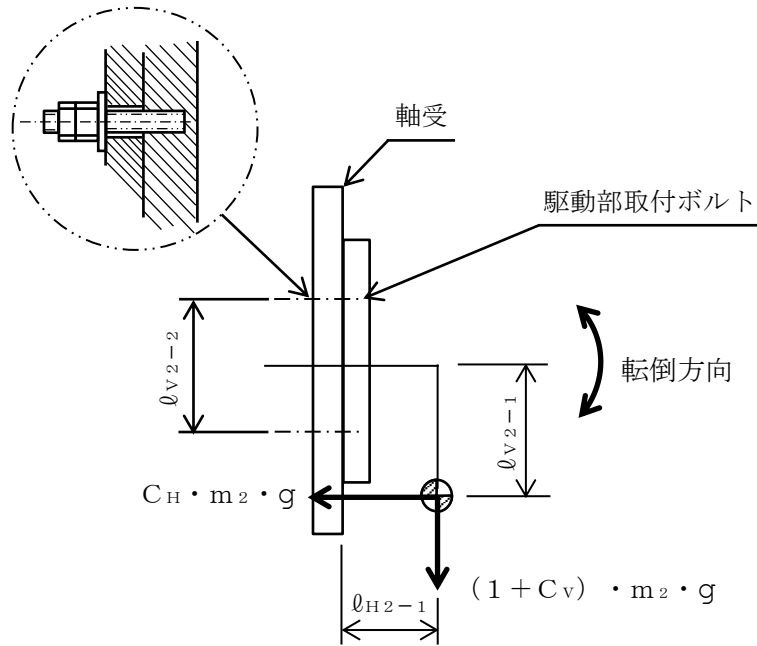


図6-7 駆動部取付ボルトの計算モデル（側面方向転倒）

b. 応力計算

(a) 引張応力

駆動部取付ボルトに対する引張力は、転倒支点から正比例した力が作用するものとし、最も厳しい条件として転倒支点から最も離れたボルトについて計算する。

設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$F_{b2-1} = (8 \cdot m_2 \cdot g) / (3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}) \cdot (C_H \cdot (\ell_{V2-2} / 2 - \ell_{H2-2}) + C_H \cdot \ell_{H2-1}) \dots \dots \dots (6.2.4.1)$$

$$F_{b2-2} = (8 \cdot m_2 \cdot g) / (3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}) \cdot (C_H \cdot (\ell_{V2-2} / 2 + \ell_{H2-2}) + C_H \cdot \ell_{H2-1}) \dots \dots \dots (6.2.4.2)$$

$$F_{b2-3} = (8 \cdot m_2 \cdot g) / (3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}) \cdot ((1 + C_V) \cdot \ell_{H2-1} + C_H \cdot (\ell_{V2-1} - \ell_{V2-2} / 2)) \dots \dots \dots (6.2.4.3)$$

$$F_{b2-4} = (8 \cdot m_2 \cdot g) / (3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}) \cdot ((C_V - 1) \cdot \ell_{H2-1} + C_H \cdot (\ell_{V2-1} + \ell_{V2-2} / 2)) \dots \dots \dots (6.2.4.4)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b2-1}, F_{b2-2}, F_{b2-3}, F_{b2-4}) \dots \dots \dots (6.2.4.5)$$

ここで,

m_2 : 駆動部取付ボルトに加わる質量

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

PCD : 軸受取付ボルトのピッチ直径

n_{t2} : 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数

l_{H2-1}, l_{H2-2} : 重心と駆動部取付ボルトの水平方向距離

l_{V2-1} : 重心と駆動部取付ボルトの鉛直方向距離

$$l_{V2-2} = \cos(\pi/4) \cdot PCD$$

: 駆動部取付ボルトのボルトピッチ

設計震度により作用する引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{b2} = F_{b2} / A_{b2} \dots \dots \dots (6.2.4.6)$$

ここで,

$$A_{b2} : \text{駆動部取付ボルトの断面積} = d_2^2 \cdot \pi / 4$$

d_2 : 駆動部取付ボルトの呼び径

(b) せん断応力

駆動部取付ボルトに対するせん断力は、駆動部取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{b2} = (m_2 \cdot \sqrt{C_H^2(1+C_V)^2 g}) / n_2 \dots \dots \dots (6.2.4.7)$$

ここで,

m_2 : 駆動部取付ボルトに加わる質量

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

n_2 : 軸受取付ボルトの本数

設計震度によるせん断応力

設計震度により作用するせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{b2} = Q_{b2} / A_{b2} \quad \dots \dots \dots (6.2.4.8)$$

ここで、

A_{b2} : 駆動部取付ボルトの断面積 = $d_2^2 \cdot \pi / 4$

d_2 : 駆動部取付ボルトの呼び径

6.2.5 取付ボルトの応力計算

a. 計算モデル

取付ボルトに作用する荷重による引張力とせん断力を算出し、取付ボルトに生じる応力を計算する。計算モデルは図6-8及び図6-9に示すとおりとする。

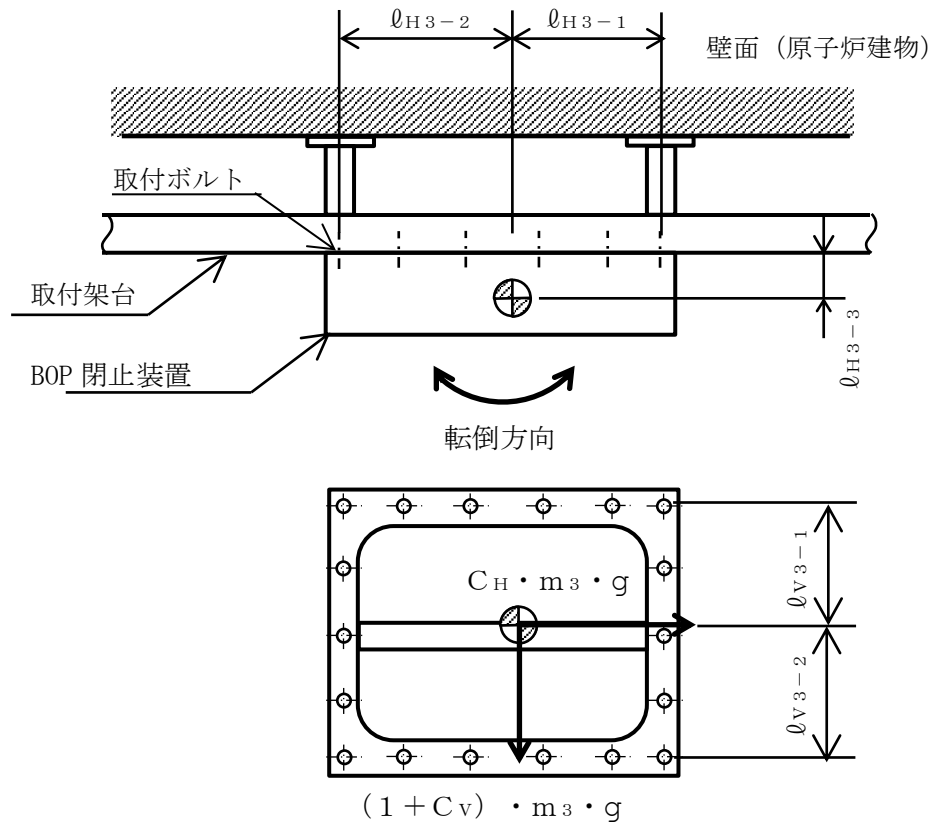


図6-8 取付ボルトの計算モデル (正面方向転倒)

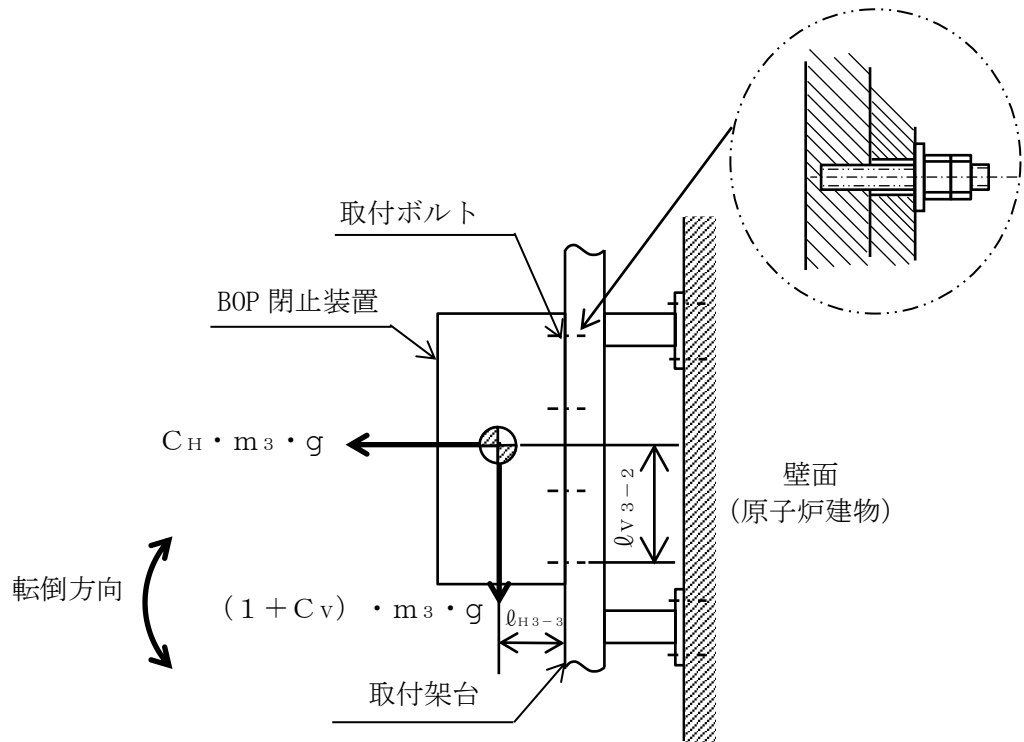


図6-9 取付ボルトの計算モデル（側面方向転倒）

b. 応力計算

(a) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、片側のボルト列を支点とする転倒を考え、これを逆側の最外列の取付ボルトで受けるものとして計算する。

設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$F_{b3-1} = (m_3 \cdot (1 + C_V) \cdot l_{H3-3} \cdot g) / (n_{V3} \cdot (l_{V3-1} + l_{V3-2})) + (m_3 \cdot C_H \cdot l_{H3-3} \cdot g) / (n_{H3} \cdot (l_{H3-1} + l_{H3-2})) + (F_{bBOS} + F_{wBOS}) / n_3 \quad \dots \dots \dots (6.2.5.1)$$

$$F_{b3-2} = (m_3 \cdot (1 + C_V) \cdot l_{H3-3} \cdot g + m_3 \cdot C_H \cdot l_{V3-2} \cdot g) / (n_{V3} \cdot (l_{V3-1} + l_{V3-2})) + (F_{bBOS} + F_{wBOS}) / n_3 \quad \dots \dots \dots (6.2.5.3)$$

$$F_{b3} = \text{Max} (F_{b3-1}, F_{b3-2}) \quad \dots \dots \dots (6.2.5.4)$$

ここで、

m_3 : 取付ボルトに加わる質量

F_{bBOS} : 差圧による荷重 = $B_b \cdot H_b \cdot P$

F_{wBOS} : 風による荷重 = $B_b \cdot H_b \cdot P_w$

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

n_{H3} : 水平方向の引張力を受ける取付ボルトの本数

n_{V3} : 鉛直方向の引張力を受ける取付ボルトの本数

l_{H3-1} , l_{H3-2} , l_{H3-3} : 重心と取付ボルトの水平方向距離

l_{V3-1} , l_{V3-2} : 重心と取付ボルトの鉛直方向距離

設計震度により作用する引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{b3} = F_{b3} / A_{b3} \quad \dots \dots \dots (6.2.5.5)$$

ここで,

A_{b3} : 取付ボルトの断面積 = $d_3^2 \cdot \pi / 4$

d_3 : 取付ボルトの呼び径

設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{b3} = (m_3 \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \cdot g) / n_3 \quad \dots \dots \dots (6.2.5.6)$$

ここで,

m_3 : 取付ボルトに加わる質量

C_H : 水平方向の設計震度

C_V : 鉛直方向の設計震度

n_3 : 取付ボルトの本数

設計震度により作用するせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{b3} = Q_{b3} / A_{b3} \quad \dots \dots \dots (6.2.5.7)$$

ここで,

A_{b3} : 取付ボルトの断面積 = $d_3^2 \cdot \pi / 4$

d_3 : 取付ボルトの呼び径

6.2.6 基礎ボルトの応力計算

a. 計算モデル

基礎ボルトに作用する荷重による引張力とせん断力を算出し，基礎ボルトに生じる応力を計算する。計算モデルは図6-10及び図6-11に示すとおりとする。

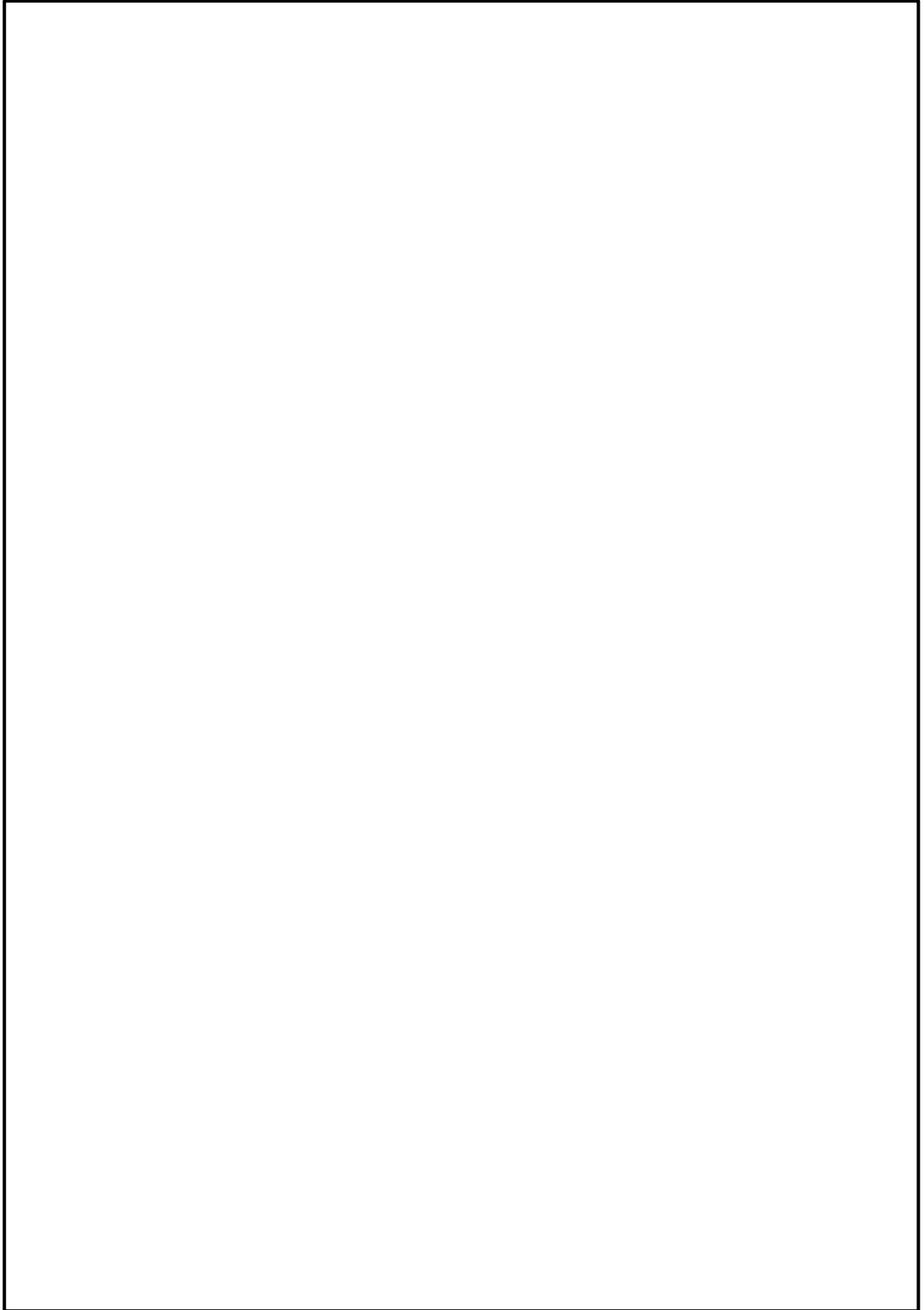


図6-10 基礎ボルトの計算モデル（側面方向転倒）

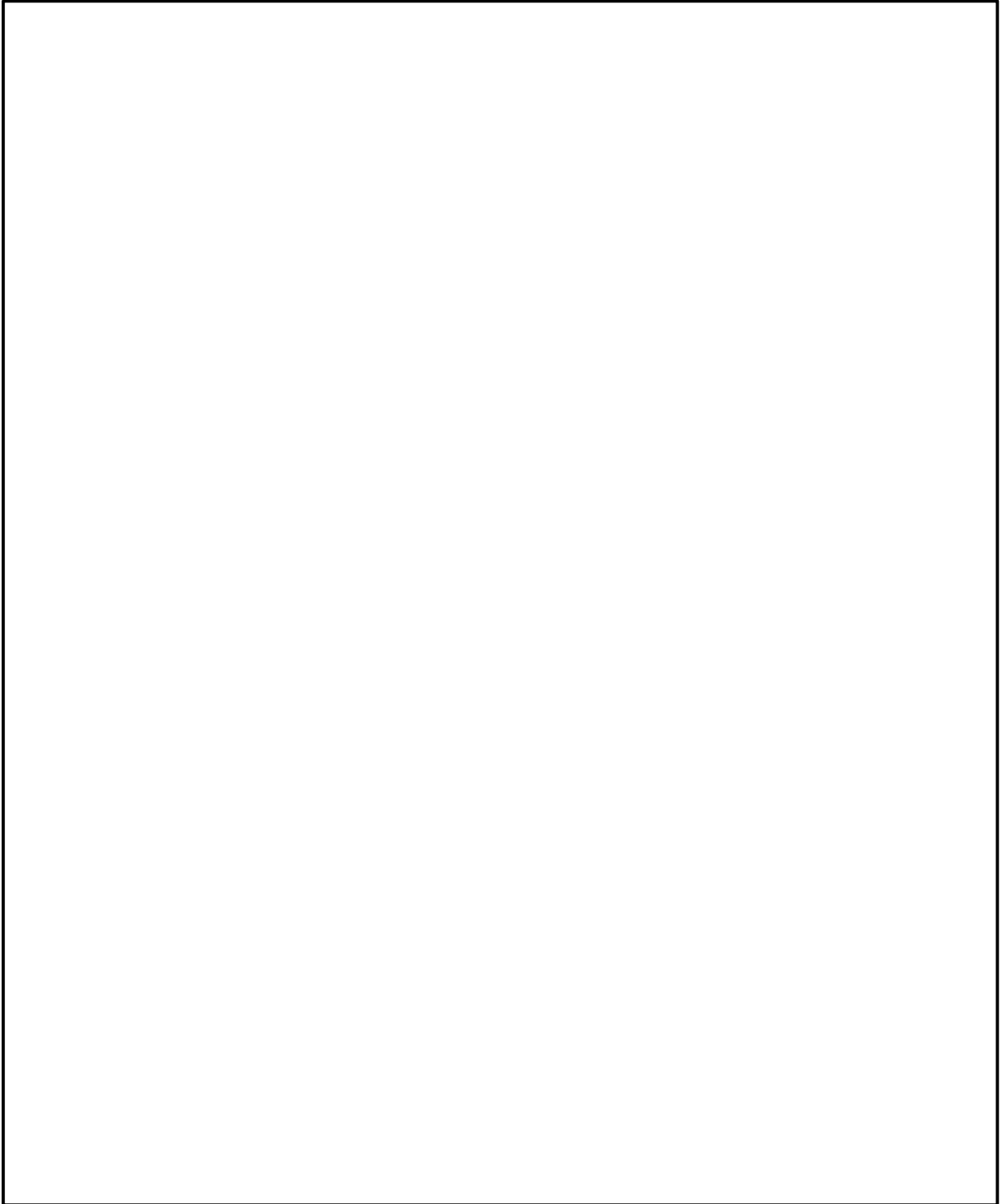


図6-11 基礎ボルトの計算モデル（側面方向転倒）

b. 応力計算

基礎ボルトに作用する荷重によるせん断力及び引張力を算出し、基礎ボルトに生じる応力を計算する。重心は、前後方向はフレームの中心に、左右方向はフレームの中心にまた鉛直方向は下端から5900mmとする。

荷重には差圧及び風による荷重も考慮する。差圧及び風による圧力荷重は、方向を考慮して引張荷重として地震荷重と組み合わせる。荷重は転倒支点からの距離に比例して配分し、計算結果は最も厳しいものを記載する。

また、ボルトに作用する荷重を考慮する際に、架台の側面転倒時に引張力を受けるボルトを正面ボルト、せん断力を受けるボルトを側面ボルトと分けて考えた場合、それぞれのボルトが受ける応力は以下の通りになる。ボルトごとに各応力を合計し評価する。

正面ボルト：側面方向の転倒モーメントによる引張応力 σ_{b4-1} 、水平方向の地震力によるせん断応力 τ_{b4-2} 、自重によるせん断応力 τ_{b4-3}

側面ボルト：水平方向の地震力による引張応力 σ_{b4-2} 、側面方向の転倒モーメントによるせん断応力 τ_{b4-1} 、自重によるせん断応力 τ_{b4-3}

(1) 引張応力

正面ボルトにかかる引張応力

側面方向の転倒モーメントが働いた場合に、転倒支点を除く k 段目の正面の基礎ボルト1本あたりの引張力と支点からの距離には次の関係が成り立つ。

$$F_{b4-k} = \frac{\ell_{V4-k}}{\ell_{V4-1}} \cdot F_{b4-1} \quad \dots (6.2.6.1)$$

$$M = \sum (n_{bt4-k} \cdot F_{b4-k} \cdot \ell_{V4-k}) = \sum (n_{bt4-k} \cdot \frac{\ell_{V4-k}^2}{\ell_{V4-1}} \cdot F_{b4-1}) \quad \dots (6.2.6.2)$$

$$F_{b4-1} = \frac{M}{\sum (n_{bt4-k} \cdot \frac{\ell_{V4-k}^2}{\ell_{V4-1}})} \quad \dots (6.2.6.3)$$

ここで、側面方向の転倒モーメントは

$$M = m_4 \cdot (1+C_V) \cdot g \cdot \ell_{H4} + m_4 \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_{V4} + (F_{bSP} + F_{wSP}) \cdot \ell_{VSP} \quad \dots (6.2.6.4)$$

また、差圧及び風圧による荷重は次式により求める。

$$F_{bSP} = A_{SP} \cdot P \quad \dots (6.2.6.5)$$

$$F_{wSP} = A_{SP} \cdot P_w \quad \dots \dots \dots (6.2.6.6)$$

よって、引張応力は

$$\sigma_{b4-1} = \frac{F_{b4-1}}{A_{b4}} \quad \dots \dots \dots (6.2.6.7)$$

側面ボルトにかかる引張応力

水平方向の地震力が働いた場合の、側面ボルトにかかる引張応力は

$$\sigma_{b24} = \frac{m_4 \cdot C_H \cdot g}{\sum n_{bt4-k} \cdot A_{b4}} \quad \dots \dots (6.2.6.8)$$

以上より

$$\sigma_{b4} = \text{Max}(\sigma_{b4-1}, \sigma_{b4-2}) \quad \dots \dots (6.2.6.9)$$

(2)せん断応力

側面ボルトにかかるせん断応力

側面方向の転倒モーメントが働いた場合に、転倒支点を除く k 段目の側面の基礎ボルト1本あたりの引張力と支点からの距離には次の関係が成り立つ。

また、基礎ボルトの配置上、側面ボルトの最上段は2段目となる。

$$Q_{b4-k} = \frac{\ell_{V4-k}}{\ell_{V4-2}} \cdot Q_{b14-2} \quad \dots \dots (6.2.6.10)$$

$$M = \sum (n_{bs4-k} \cdot Q_{b4-k} \cdot \ell_{V4-k}) = \sum (n_{bs4-k} \cdot \frac{\ell_{V4-k}^2}{\ell_{V4-2}} \cdot Q_{b4-2}) \quad \dots \dots (6.2.6.11)$$

$$Q_{b4-2} = \frac{M}{\sum (n_{bs4-k} \cdot \frac{\ell_{V4-k}^2}{\ell_{V4-2}})} \quad \dots \dots (6.2.6.12)$$

ここで、側面方向の転倒モーメントは

$$M = m_4 \cdot (1+C_V) \cdot g \cdot \ell_{H4} + m_4 \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_{V4} + (F_{bSP} + F_{wSP}) \cdot \ell_{VSP} \quad \dots \dots (6.2.6.13)$$

また、差圧及び風圧による荷重は

$$F_{bSP} = A_{SP} \cdot P \quad \dots \dots \dots (6.2.6.14)$$

$$F_{wSP} = A_{SP} \cdot P_w \quad \dots \dots \dots (6.2.6.15)$$

よって、せん断応力は

$$\tau_{b4-1} = \frac{Q_{b4-2}}{A_{b4}} \quad \dots \dots \dots (6.2.6.16)$$

正面ボルトにかかるせん断応力

水平方向の地震力が働いた場合の、正面ボルトにかかるせん断応力は

$$\tau_{b4-2} = \frac{m_4 \cdot C_H \cdot g}{\sum n_{bs4-k} \cdot A_{b4}} \quad \dots \dots (6.2.6.17)$$

全ボルトにかかる自重及び鉛直方向の地震力によるせん断応力

ボルト全本数により荷重を受けるものとし、自重及び鉛直方向の地震力によるせん断応力は

$$\tau_{b4-4} = \frac{m_4 \cdot (1 + C_V) \cdot g}{n_4 \cdot A_{b4}} \quad \dots \dots (6.2.6.18)$$

以上より

$$\tau_{b4} = \text{Max} (\tau_{b4-1} + \tau_{b4-3}, \tau_{b4-2} + \tau_{b4-3}) \quad \dots \dots (6.2.6.19)$$

7. 評価結果

BOP閉止装置の基準地震動S_sによる応力評価結果を表7-1に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

表 7-1 応力評価結果（基準地震動S_s）

評価対象設備	評価部位	開閉状態	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*
BOP閉止装置	シャフト	羽根開	組合せ	75	305	4.06
		羽根閉	組合せ	89	305	3.42
	コネクタ	—	せん断	5	176	35.20
	軸受取付ボルト	羽根開	引張	7	153	21.85
			せん断	5	118	23.60
		羽根閉	引張	7	153	21.85
			せん断	5	118	23.60
	駆動部取付ボルト	—	引張	30	153	5.10
			せん断	4	118	29.50
	取付ボルト	羽根開	引張	18	153	8.50
			せん断	11	118	10.72
		羽根閉	引張	19	153	8.05
			せん断	11	118	10.72
	基礎ボルト	羽根開	引張	46	116	2.52
			せん断	61	117	1.91
		羽根閉	引張	46	104	2.26
せん断			69	117	1.69	

注記*：裕度＝（許容応力）／（応力値）

加振試験により得られた加速度による評価用加速度の評価結果

1. 概要

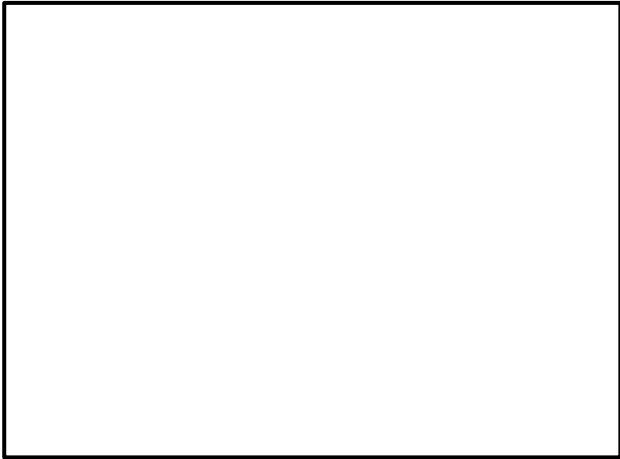
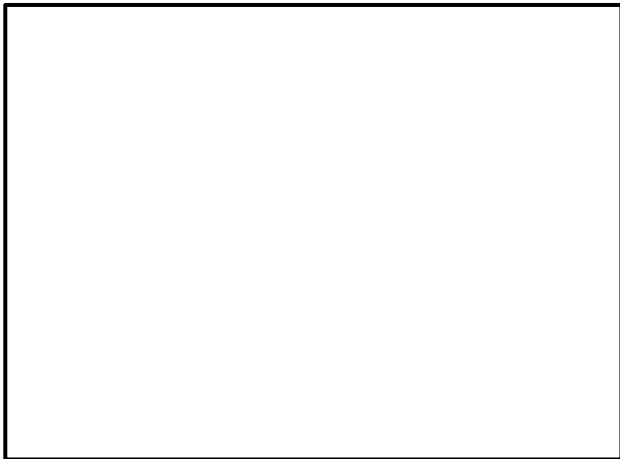
本資料は、BOP閉止装置の加振試験の結果から得られた荷重に対する強度評価結果について纏めたものである。

加振試験による荷重の算出については、BOP閉止装置の羽根に取り付けた加速度計の計測値から算出した荷重をBOP閉止装置の慣性力として設定する方法を採用した。なお、加振試験方法及び結果についてはVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」の補足説明資料「補足4-18 ブローアウトパネル閉止装置の機能確認試験要領について」及び「補足4-19 ブローアウトパネル閉止装置の機能確認試験結果について」に示す。

2. 加速度計設置位置

羽根に設置する加速度計は、BOP閉止装置の羽根各部に配置した。各加速度計の設置位置について表2-1に示す。

表2-1 加速度計設置位置

試験体	羽根慣性力	加速度計設置位置
2 連 ユ ニ ツ ト	<p>羽根の慣性力は以下の式により震度に換算する。</p> <p>水平：</p> $\text{Max} \left[\frac{A13X+A21X+A18X+A24X+A19X}{5 \cdot g}, \frac{A13Y+A21Y+A18Y+A24Y+A19Y}{5 \cdot g} \right]$ <p>鉛直：$\frac{A13Z+A21Z+A18Z+A24Z+A19Z}{5 \cdot g}$</p>	
3 連 ユ ニ ツ ト	<p>羽根の慣性力は以下の式により震度に換算する。</p> <p>水平：</p> $\text{Max} \left[\frac{A13X+A21X+A18X+A24X+A19X+A27X+A20X}{7 \cdot g}, \frac{A13Y+A21Y+A18Y+A24Y+A19Y+A27Y+A20Y}{7 \cdot g} \right]$ <p>鉛直：$\frac{A13Z+A21Z+A18Z+A24Z+A19Z+A27Z+A20Z}{7 \cdot g}$</p>	

3. 羽根の慣性力の算出

加振試験において、羽根に取付けた加速度計による計測結果（最大加速度）から、羽根に作用した慣性力を算出する。

3.1 計測データによる最大加速度

加振試験で計測された羽根各部の最大加速度を表3-1及び表3-2に示す。

表3-1 羽根の最大加速度一覧（2連ユニット） （単位：m/s²）

試験体	方向	計測位置	記号	$\alpha \times S_s$ 加振	
				羽根開	羽根閉
2連 ユニット	水平X (NS) (1.15倍加振)	ギアボックス	A13X		
		Aダンパパネル中央	A21X		
		パネル軸継手 (A-B)	A18X		
		Bダンパパネル中央	A24X		
		パネル回転軸端	A19X		
	水平Y (EW) (1.20倍加振)	ギアボックス	A13Y		
		Aダンパパネル中央	A21Y		
		パネル軸継手 (A-B)	A18Y		
		Bダンパパネル中央	A24Y		
		パネル回転軸端	A19Y		
	鉛直Z (UD) (1.25倍加振)	ギアボックス	A13Z		
		Aダンパパネル中央	A21Z		
		パネル軸継手 (A-B)	A18Z		
		Bダンパパネル中央	A24Z		
		パネル回転軸端	A19Z		

表3-2 羽根の最大加速度一覧 (3連ユニット)

(単位: m/s²)

試験体	方向	計測位置	記号	$\alpha \times S_s$ 加振	
				羽根開	羽根閉
3連 ユニット	水平X (NS) (1.15倍加振) 水平X (NS)	ギアボックス	A13X		
		Aダンパパネル中央	A21X		
		パネル軸継手 (A-C)	A18X		
		Cダンパパネル中央	A24X		
		パネル軸継手 (C-B)	A19X		
		Bダンパパネル中央	A27X		
		パネル回転軸端	A20X		
	水平Y (EW) (1.20倍加振)	ギアボックス	A13Y		
		Aダンパパネル中央	A21Y		
		パネル軸継手 (A-C)	A18Y		
		Cダンパパネル中央	A24Y		
		パネル軸継手 (C-B)	A19Y		
		Bダンパパネル中央	A27Y		
		パネル回転軸端	A20Y		
	鉛直Z (UD) (1.25倍加振)	ギアボックス	A13Z		
		Aダンパパネル中央	A21Z		
		パネル軸継手 (A-C)	A18Z		
		Cダンパパネル中央	A24Z		
		パネル軸継手 (C-B)	A19Z		
		Bダンパパネル中央	A27Z		
		パネル回転軸端	A20Z		

3.2 羽根の相当震度

羽根の慣性力は以下のように、羽根全体応答として平均的な応答加速度を求め、震度に換算する。

以下の式により、羽根両端軸受部、コネクタ部及び羽根中央部の補正加速度から平均的な加速度（震度）を求める。水平方向については、X方向、Y方向のうち大きい方を選定する。

①2連ユニット

水平方向

$$a = \text{Max} \left[\frac{(A13X + A21X + A18X + A24X + A19X)}{5/g}, \frac{(A13Y + A21Y + A18Y + A24Y + A19Y)}{5/g} \right]$$

鉛直方向

$$a = \frac{(A13Z + A21Z + A18Z + A24Z + A19Z)}{5/g}$$

②3連ユニット

水平方向

$$a = \text{Max} \left[\frac{(A13X + A21X + A18X + A24X + A19X + A27X + A20X)}{7/g}, \frac{(A13Y + A21Y + A18Y + A24Y + A19Y + A27Y + A20Y)}{7/g} \right]$$

鉛直方向

$$a = \frac{(A13Z + A21Z + A18Z + A24Z + A19Z + A27Z + A20Z)}{7/g}$$

ここで、

a : 羽根の相当震度 (—)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)



注：図は3連ユニットを示す。（A20及びA27は3連ユニットのみ）

図3-1 加速度計設置位置

算出結果を表3-3に示す。

表3-3 羽根の相当震度 (単位：-)

試験体	方向	$\alpha \times S_s$ 加振	
		羽根開	羽根閉
2連ユニット	水平		
	鉛直		
3連ユニット	水平		
	鉛直		

注：小数点以下第3位を切上げ

4. 結果

3項で算出した羽根の相当震度を用いて強度評価を実施した。結果は表4-1に示す通りで、算出応力は許容応力を満足しており、加振試験による羽根の相当震度に対して構造強度を有していることを確認した。

表4-1 応力評価結果

試験体	評価部位	開閉状態	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*
2連ユニット	シャフト	羽根開	組合せ	79	305	3.86
		羽根閉	組合せ	92	305	3.32
	コネクタ	—	せん断	19	176	9.26
	軸受取付ボルト	羽根開	引張	7	153	21.86
			せん断	5	118	23.60
		羽根閉	引張	7	153	21.86
			せん断	6	118	19.67
	駆動部取付ボルト	—	引張	27	153	5.67
			せん断	4	118	29.50
	取付ボルト	羽根開	引張	10	153	15.30
			せん断	12	118	9.83
		羽根閉	引張	11	153	13.91
			せん断	12	118	9.83
	3連ユニット	シャフト	羽根開	組合せ	79	305
羽根閉			組合せ	92	305	3.32
コネクタ		—	せん断	19	176	9.26
軸受取付ボルト		羽根開	引張	7	153	21.86
			せん断	5	118	23.60
		羽根閉	引張	7	153	21.86
			せん断	6	118	19.67
駆動部取付ボルト		—	引張	27	153	5.67
			せん断	4	118	29.50
取付ボルト		羽根開	引張	10	153	15.30
			せん断	12	118	9.83
		羽根閉	引張	11	153	13.91
			せん断	12	118	9.83

注記*：裕度 = (許容応力) / (算出応力)

ボルトの応力の算出過程に関する補足説明資料

1. 概要

本資料は、ブローアウトパネル関連設備のうち、ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）の耐震評価における、ボルトの応力計算手法のうち、比較的計算式が複雑となる駆動部取付ボルト及び取付ボルトの引張応力及び基礎ボルトの引張応力及びせん断応力の算出過程について説明するものである。

2. 駆動部取付ボルトの引張応力

駆動部取付ボルトは円形配列であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」の「添付資料-2 立形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」を準用し評価する。計算式で使用する記号は表2-1のとおり。

表2-1 駆動部取付ボルトの計算式で使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_{b2}	駆動部取付ボルトの断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D	円形配列のボルトのピッチ径	mm
F_{b2}	駆動部取付ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
F_k	転倒支点からk番目のボルトに生じる引張力	N
F_{kmax}	転倒支点から最も離れたボルトに生じる引張力	N
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
l_{H2-1}, l_{H2-2}	重心と駆動部取付ボルトの水平方向距離	mm
l_k	転倒支点からk番目のボルトまでの距離	mm
l_{V2-1}, l_{V2-2}	重心と駆動部取付ボルトの鉛直方向距離	mm
M	転倒モーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
m_2	駆動部取付ボルトに加わる質量	kg
n	円形配列のボルトの本数	—
n_{t2}	評価上引張力を受けるとして期待する駆動部取付ボルトの本数	—
σ_{b2}	駆動部取付ボルトに生じる引張応力	MPa
θ_k	転倒支点からk番目のボルトまでの回転角	°

円形配列のボルトに作用する引張力の概要を図2-1に示す。

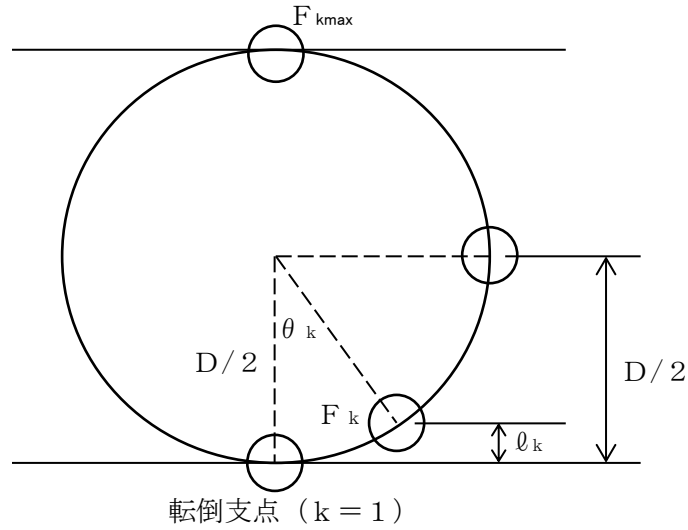


図2-1 円形配列のボルトに作用する引張力の概要

円形配列されたボルトに対する引張力は一点のボルトを支点とする転倒を考え、k番目のボルト(k=1を転倒支点とする)に作用する引張力 F_k は転倒支点からの距離に比例するとし、転倒支点から最も離れたボルトに作用する引張力を F_{kmax} とする。

$$F_k = \frac{l_k}{D} \cdot F_{kmax} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$l_k = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cos \theta_k = \frac{D}{2} (1 - \cos \theta_k) \dots\dots\dots (2.2)$$

転倒モーメントをMとすると

$$\begin{aligned} M &= \Sigma (F_k \cdot l_k) = \Sigma \left(\frac{l_k^2}{D} \cdot F_{kmax} \right) = \frac{F_{kmax}}{D} \Sigma \frac{D^2}{4} (1 - \cos \theta_k)^2 \\ &= \frac{F_{kmax} \cdot D}{4} \Sigma (1 - 2 \cos \theta_k + \cos^2 \theta_k) \dots\dots\dots (2.3) \end{aligned}$$

ここで $\cos^2 \theta_k = (1 + \cos (2 \theta_k)) / 2$ より

$$M = \frac{F_{kmax} \cdot D}{4} \Sigma \left(\frac{3}{2} - 2 \cos \theta_k + \frac{1}{2} \cos (2 \theta_k) \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

ここで $\Sigma \cos \theta_k = 0, \Sigma \cos (2 \theta_k) = 0$ より

$$M = \frac{3}{8} \cdot F_{kmax} \cdot D \cdot n \dots\dots\dots (2.5)$$

よって

$$F_{kmax} = \frac{8}{3 \cdot D \cdot n} \cdot M \dots\dots\dots (2.6)$$

(2.6) 式を用い、円形配列された駆動部取付ボルトの引張応力を算出する。

計算モデルを図2-2、図2-3に示すとおりとし、それぞれ①～④の転倒軸による転倒を考え、転倒モーメントによりボルトに生じる引張力を算出する。

なお、(2.6) 式におけるD及びnは保守的に ℓ_{V2-2} 及び n_{t2} を適用して評価を実施する。評価条件の保守性の整理は表2-2のとおり。

表2-2 評価条件の保守性の整理結果

	円形配列のボルト	駆動部取付ボルト	備考
転倒支点からの距離	D : PCD	$\ell_{V2-2} : PCD/\sqrt{2}$	ℓ_{V2-2} はDより小さく荷重を大きく算出するため保守的
ボルト本数	n : 4本	$n_{t2} : 2$ 本	n_{t2} はnより小さく荷重を大きく算出するため保守的

(1) ①列を転倒軸とした場合に②列に生じる引張力

$$F_{b2-1} = \frac{8 \cdot m_2 \cdot g}{3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}} \cdot \left(C_H \cdot \left(\frac{\ell_{V2-2}}{2} - \ell_{H2-2} \right) + C_H \cdot \ell_{H2-1} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

(2) ②列を転倒軸とした場合に①列に生じる引張力

$$F_{b2-2} = \frac{8 \cdot m_2 \cdot g}{3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}} \cdot \left(C_H \cdot \left(\frac{\ell_{V2-2}}{2} + \ell_{H2-2} \right) + C_H \cdot \ell_{H2-1} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

(3) ③列を転倒軸とした場合に④列に生じる引張力

$$F_{b2-3} = \frac{8 \cdot m_2 \cdot g}{3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}} \cdot \left((1 + C_V) \cdot \ell_{H2-1} + C_H \cdot \left(\ell_{V2-1} - \frac{\ell_{V2-2}}{2} \right) \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

(4) ④列を転倒軸とした場合に③列に生じる引張力

$$F_{b2-4} = \frac{8 \cdot m_2 \cdot g}{3 \cdot n_{t2} \cdot \ell_{V2-2}} \cdot \left((C_V - 1) \cdot \ell_{H2-1} + C_H \cdot \left(\ell_{V2-1} + \frac{\ell_{V2-2}}{2} \right) \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b2-1}, F_{b2-2}, F_{b2-3}, F_{b2-4}) \dots\dots\dots (2.11)$$

よって、引張応力は

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (2.12)$$

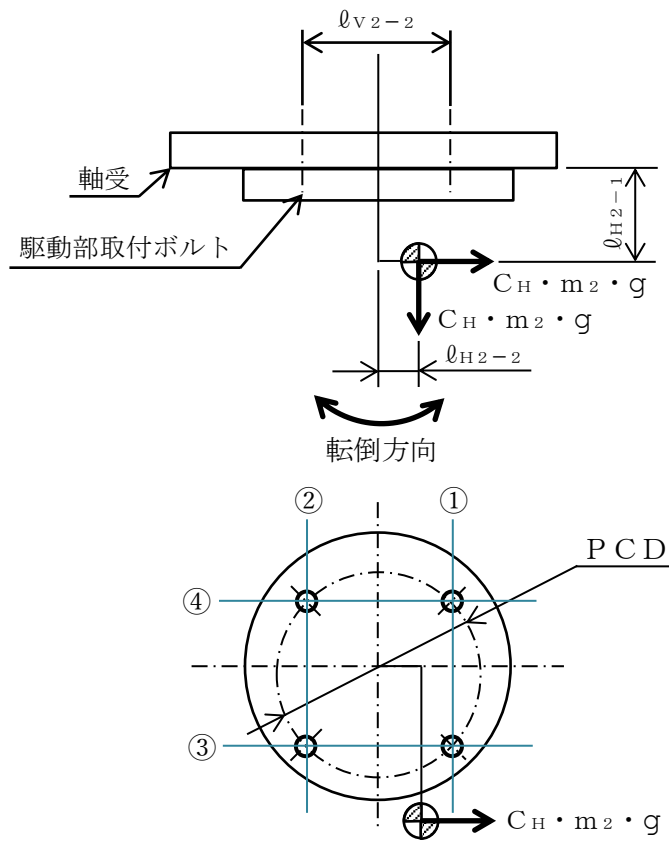


図2-2 駆動部取付ボルトの計算モデル（正面方向転倒）

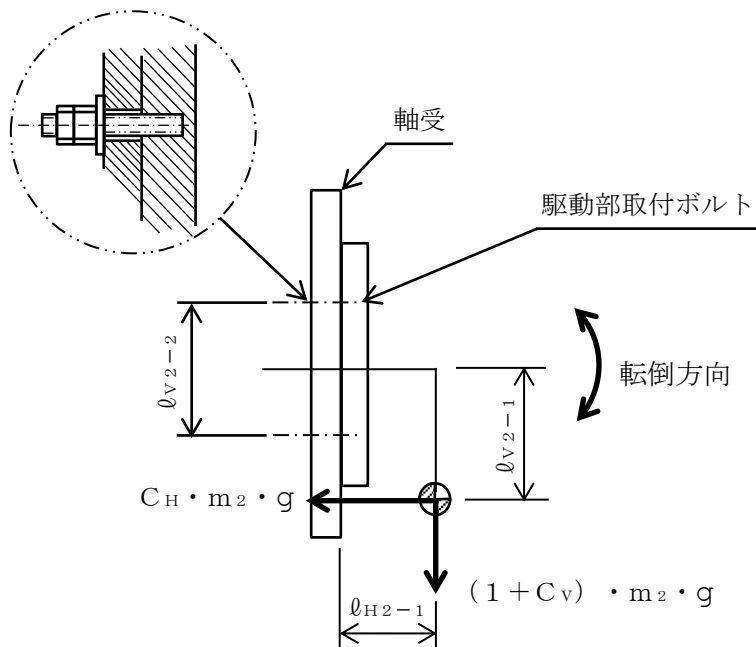


図2-3 駆動部取付ボルトの計算モデル（側面方向転倒）

3. 取付ボルトの引張応力

取付ボルトは矩形配列であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」の「添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」を準用し評価する。

取付ボルト（1本あたり）に対する引張力は片側のボルト列を支点とする転倒を考え、これを逆側の最外列の取付ボルトで受けるものとする。正面方向転倒と側面方向転倒のそれぞれについて評価する。

計算式で使用する記号は表3-1のとおり。

表3-1 取付ボルトの計算式で使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_{b3}	取付ボルトの断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F_{bBOS}	差圧によってBOP閉止装置に生じる荷重	N
F_{b3}	取付ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
F_{WBOS}	風によってBOP閉止装置に生じる荷重	N
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
$\ell_{H3-1}, \ell_{H3-2}, \ell_{H3-3}$	重心と取付ボルトの水平方向距離	mm
ℓ_{V3-1}, ℓ_{V3-2}	重心と取付ボルトの鉛直方向距離	mm
m_3	取付ボルトに加わる質量	kg
n_{H3}	水平方向の引張力を受ける取付ボルトの本数	—
n_3	取付ボルトの本数	—
n_{V3}	鉛直方向の引張力を受ける取付ボルトの本数	—
P	差圧による圧力	Pa
P_w	風圧力	Pa
σ_{b3}	取付ボルトに生じる引張応力	MPa

3.1 正面方向転倒

正面方向転倒では図3-1のとおり自重及び地震力によって取付ボルトに作用する引張力を算出する。

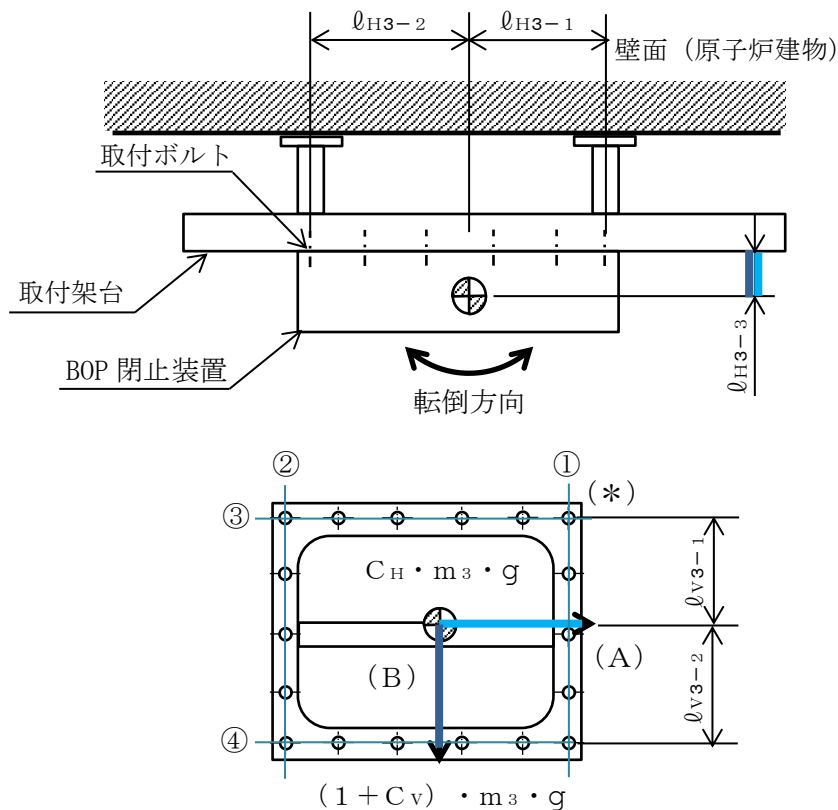


図3-1 取付ボルトの計算モデル（正面方向転倒）

自重及び地震力により取付ボルトに生じる引張力として、以下を算出する。

- (A) 自重及び鉛直方向の地震力により発生するモーメントについて、④を転倒軸とした場合に③列に生じる引張力
- (B) 水平方向の地震力により発生するモーメントについて、②を転倒軸とした場合に①列に生じる引張力

(A) について取付ボルトにかかる引張力 $F_{b3-1(B)}$ は次式により求める。

$$F_{b3-1(A)} = (m_3 \cdot (1 + C_v) \cdot l_{H3-3} \cdot g) / (n_{V3} \cdot (l_{V3-1} + l_{V3-2})) \cdots (3.1)$$

(B) について取付ボルトにかかる引張力 $F_{b3-1(A)}$ は次式により求める。

$$F_{b3-1(B)} = (m_3 \cdot C_H \cdot l_{H3-3} \cdot g) / (n_{H3} \cdot (l_{H3-1} + l_{H3-2})) \cdots \cdots (3.2)$$

上記の自重及び地震力による引張力に加えて、差圧及び風によって取付ボルト全体に対して引張力が発生するため、差圧及び風による荷重をボルト全数で除した取付ボルト1本あたりの引張力 $F_{b3-1(C)}$ を算出する。

$$F_{b3-1(C)} = (F_{bBOS} + F_{wBOS}) / n_3 \cdots \cdots \cdots (3.3)$$

ここで、差圧による荷重 F_b は次式により求める。

$$F_{bBOS} = B_b \cdot H_b \cdot P \cdots \cdots \cdots (3.4)$$

ここで、風による荷重 F_w は次式により求める。

$$F_{wBOS} = B_b \cdot H_b \cdot P_w \cdots \cdots \cdots (3.5)$$

よって、取付ボルト1本に対する正面方向転倒による引張力は次式により求める。

$$\begin{aligned} F_{b3-1} &= F_{b3-1(A)} + F_{b3-1(B)} + F_{b3-1(C)} \\ &= (m_3 \cdot (1 + C_v) \cdot \ell_{H3-3} \cdot g) / (n_{v3} \cdot (\ell_{v3-1} + \ell_{v3-2})) \\ &\quad + (m_3 \cdot C_H \cdot \ell_{H3-3} \cdot g) / (n_{H3} \cdot (\ell_{H3-1} + \ell_{H3-2})) \\ &\quad + (F_b + F_w) / n_3 \cdots \cdots \cdots (3.6) \end{aligned}$$

3.2 側面方向転倒

側面方向転倒では図3-2のとおり自重及び地震力によって取付ボルトに作用する引張力を算出する。

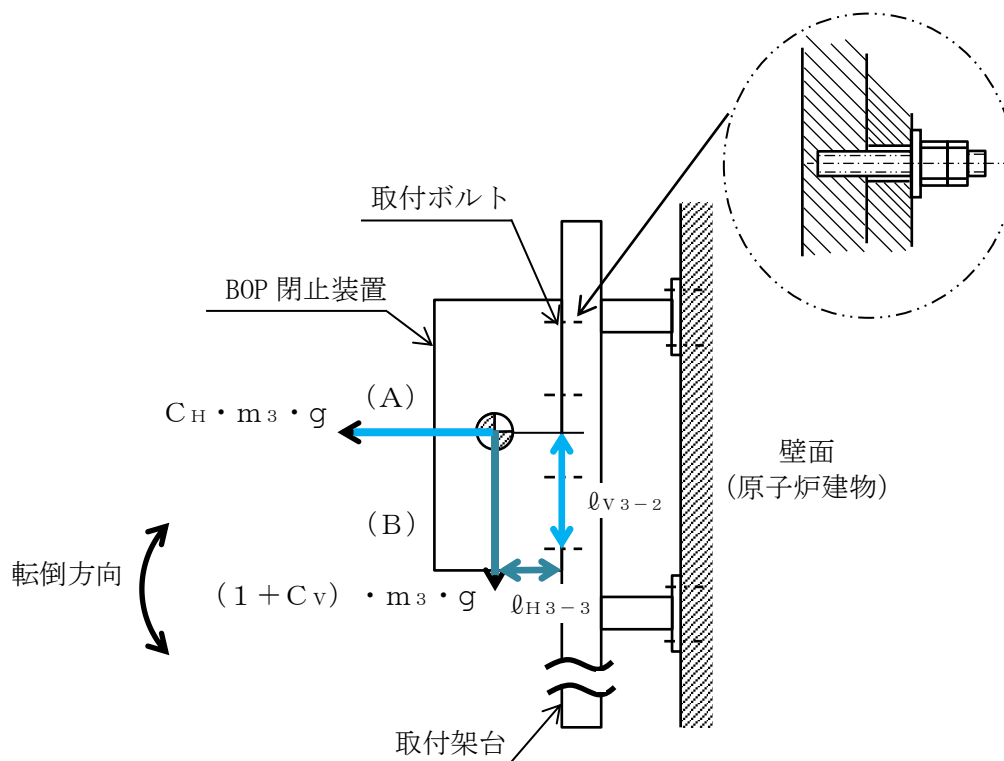


図3-2 取付ボルトの計算モデル (側面方向転倒)

自重及び地震力により取付ボルトに生じる引張力として、以下を算出する。

- (A) 自重及び鉛直方向の地震力により発生するモーメントについて、④を転倒軸とした場合に③列に生じる引張力
- (B) 水平方向の地震力により発生するモーメントについて、④を転倒軸とした場合に③列に生じる引張力

(A) について取付ボルトにかかる引張力 $F_{b3-1(B)}$ は次式により求める。

$$F_{b3-2(A)} = (m_3 \cdot (1 + C_V) \cdot \ell_{H3-3} \cdot g) / (n_{V3} \cdot (\ell_{V3-1} + \ell_{V3-2})) \cdots (3.7)$$

(B) について取付ボルトにかかる引張力 $F_{b13(A)}$ は次式により求める。

$$F_{b3-2(B)} = (m_3 \cdot C_H \cdot \ell_{V3-2} \cdot g) / (n_{V3} \cdot (\ell_{V3-1} + \ell_{V3-2})) \cdots (3.8)$$

上記の自重及び地震力による引張力に加えて、差圧及び風によって取付ボルト全体に対して引張力が発生するため、差圧及び風による荷重をボルト全数で除した取付ボルト1本あたりの引張力 $F_{b3-2(C)}$ を算出する。

$$F_{b3-2(C)} = (F_{bBOS} + F_{wBOS}) / n_3 \dots \dots \dots (3.9)$$

ここで、差圧による荷重 F_b は次式により求める。

$$F_{bBOS} = B_b \cdot H_b \cdot P \dots \dots \dots (3.10)$$

ここで、風による荷重 F_w は次式により求める。

$$F_{wBOS} = B_b \cdot H_b \cdot P_w \dots \dots \dots (3.11)$$

よって、取付ボルト1本に対する正面方向転倒による引張力は次式により求める。

$$\begin{aligned} F_{b3-2} &= F_{b3-2(A)} + F_{b3-2(B)} + F_{b3-2(C)} \\ &= (m_3 \cdot (1 + C_v) \cdot \ell_{H3-3} \cdot g + m_3 \cdot C_H \cdot \ell_{V3-2} \cdot g) \\ &\quad / (n_{V3} \cdot (\ell_{V3-1} + \ell_{V3-2})) + (F_b + F_w) / n_3 \dots \dots \dots (3.12) \end{aligned}$$

3.3 引張応力

引張応力算出に用いる引張力は3.1項及び3.2項でそれぞれ求めた側面方向転倒及び正面方向転倒による引張力の最大値とする。

$$F_{b3} = \text{Max} (F_{b3-1}, F_{b3-2}) \dots \dots \dots (3.13)$$

よって、引張応力は

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}} \dots \dots \dots (3.14)$$

4. 基礎ボルトの引張応力及びせん断応力

基礎ボルトに作用するせん断力及び引張力を算出し、それらにより生じる応力を算出する。

なお、転倒による基礎ボルトへの引張力は駆動部取付ボルトでの評価と同様に転倒支点から距離に比例して配分する。

計算式で使用する記号は表4-1のとおり。

表4-1 基礎ボルトの計算式で使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_{b4}	基礎ボルトの断面積	mm^2
A_{SP}	取付架台の受圧面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F_{bSP}	差圧によって取付架台に生じる荷重	N
F_{b4-k}	k段目の基礎ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
F_{WSP}	風によって取付架台に生じる荷重	N
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
l_{H4}	重心と基礎ボルトの水平方向距離	mm
l_{V4}	重心と基礎ボルトの鉛直方向距離	mm
l_{V4-k}	転倒支点からk段目の基礎ボルトの鉛直方向距離	mm
l_{VSP}	取付架台の鉛直方向距離	mm
m_4	取付架台の質量	kg
n_{H4}	水平方向の引張力を受けるボルトの本数	—
n_4	基礎ボルトの総本数	—
n_{bt4-k}	取付架台正面のk段目の基礎ボルトの本数	—
n_{bs4-k}	取付架台側面のk段目の基礎ボルトの本数	—
P	差圧による圧力	Pa
P_w	風圧力	Pa
Q_{b4-k}	k段目の基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり）	N
σ_{b4}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_{b4}	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

また、ボルトに作用する荷重を考慮する際に、架台の側面転倒時に引張力を受けるボルトを正面ボルト、せん断力を受けるボルトを側面ボルトと分けて考えた場合、それぞれのボルトが受ける応力は以下のとおりになる。

正面ボルト：側面方向の転倒モーメントによる引張応力 σ_{b4-1} ，水平方向の地震力によるせん断応力 τ_{b4-2} ，自重によるせん断応力 τ_{b4-3}

側面ボルト：水平方向の地震力による引張応力 σ_{b4-2} ，側面方向の転倒モーメントによるせん断応力 τ_{b4-1} ，自重によるせん断応力 τ_{b4-3}

また、k段目における正面ボルトの本数を n_{bt4-k} ，側面ボルトの本数を n_{bs4-k} ，基礎ボルト全数を n_4 とする。計算モデルを図4-1及び図4-2に示す。

4.1 引張応力

(1) 正面ボルトにかかる側面方向の転倒モーメントによる引張応力

側面方向の転倒モーメントが働いた場合に、転倒支点を除く k 段目の正面の基礎ボルト 1 本あたりの引張力 F_{b4-k} と支点からの距離 l_{V4-k} には次の関係が成り立つ。

$$F_{b4-k} = \frac{l_{V4-k}}{l_{V4-1}} \cdot F_{b4-1} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$M = \Sigma (n_{bt4-k} \cdot F_{b4-k} \cdot l_{V4-k}) = \Sigma (n_{bt4-k} \cdot \frac{l_{V4-k}^2}{l_{V4-1}} \cdot F_{b4-1}) \dots \dots (4.2)$$

$$F_{b4-1} = \frac{M}{\Sigma (n_{bt4-k} \cdot \frac{l_{V4-k}^2}{l_{V4-1}})} \dots \dots \dots (4.3)$$

ここで、側面方向の転倒モーメントは

$$M = m_4 \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot l_{H4} + m_4 \cdot C_H \cdot g \cdot l_{V4} + (F_{bSP} + F_{wSP}) \cdot l_{VSP} \dots (4.4)$$

また、差圧による荷重 F_b は次式により求める。

$$F_{bSP} = A_{SP} \cdot P \dots \dots \dots (4.5)$$

また、風による荷重 F_w は次式により求める。

$$F_{wSP} = A_{SP} \cdot P_w \dots \dots \dots (4.6)$$

よって、引張応力は

$$\sigma_{b4-1} = \frac{F_{b4-1}}{A_{b4}} \dots \dots \dots (4.7)$$

(2) 側面ボルトにかかる水平方向の地震力による引張応力

水平方向の地震力が働いた場合の、側面ボルトにかかる引張応力は

$$\sigma_{b4-2} = \frac{m_4 \cdot C_H \cdot g}{\Sigma n_{bt4-k} \cdot A_{b4}} \dots \dots \dots (4.8)$$

以上より、

$$\sigma_{b4} = \text{Max} (\sigma_{b4-1}, \sigma_{b4-2}) \dots \dots \dots (4.9)$$

4.2 せん断応力

(1) 側面ボルトにかかる側面方向の転倒モーメントによるせん断応力

側面方向の転倒モーメントが働いた場合に、転倒支点を除く k 段目の側面の基礎ボルト1本あたりのせん断力 $Q_{b\ 4-k}$ と支点からの距離 $l_{V\ 4-k}$ には次の関係が成り立つ。

また、基礎ボルトの配置上、側面ボルトの最上段は2段目である。

$$Q_{b\ 4-k} = \frac{l_{V\ 4-k}}{l_{V\ 4-2}} \cdot Q_{b\ 4-2} \cdots \cdots \quad (4.10)$$

$$M = \sum (n_{bs\ 4-k} \cdot Q_{b\ 4-k} \cdot l_{V\ 4-k}) = \sum (n_{bs\ 4-k} \cdot \frac{l_{V\ 4-k}^2}{l_{V\ 4-2}} \cdot Q_{b\ 4-2}) \cdots \cdots \quad (4.11)$$

$$Q_{b\ 4-2} = \frac{M}{\sum (n_{bs\ 4-k} \cdot \frac{l_{V\ 4-k}^2}{l_{V\ 4-2}})} \cdots \cdots \quad (4.12)$$

ここで、側面方向の転倒モーメントは

$$M = m_4 \cdot (1+C_V) \cdot g \cdot l_{H4} + m_4 \cdot C_H \cdot g \cdot l_{V4} + (F_{b\ SP} + F_{w\ SP}) \cdot l_{VSP} \quad (4.13)$$

また、差圧による荷重 F_b は次式により求める。

$$F_{b\ SP} = A_s \cdot P \cdots \cdots \quad (4.14)$$

また、風による荷重 F_w は次式により求める。

$$F_{w\ SP} = A_s \cdot P_w \cdots \cdots \quad (4.15)$$

よって、せん断応力は

$$\tau_{b\ 4-1} = \frac{Q_{b\ 4-2}}{A_{b\ 4}} \cdots \cdots \quad (4.16)$$

(2) 正面ボルトにかかるせん断応力

水平方向の地震力が働いた場合の、正面ボルトにかかるせん断応力は

$$\tau_{b\ 4-2} = \frac{m_4 \cdot C_H \cdot g}{\sum n_{bs\ 4-k} \cdot A_{b\ 4}} \cdots \cdots \quad (4.17)$$

(3) 自重及び鉛直方向の地震力によるせん断応力

ボルト全本数により荷重を受けるものとし、自重及び鉛直方向の地震力によるせん断応力は

$$\tau_{b4-3} = \frac{m_4 \cdot (1 + C_v) \cdot g}{n_4 \cdot A_{b4}} \dots\dots\dots (4.18)$$

以上より、

$$\tau_{b4} = \text{Max} (\tau_{b4-1} + \tau_{b4-3}, \tau_{b4-2} + \tau_{b4-3}) \dots\dots\dots (4.19)$$

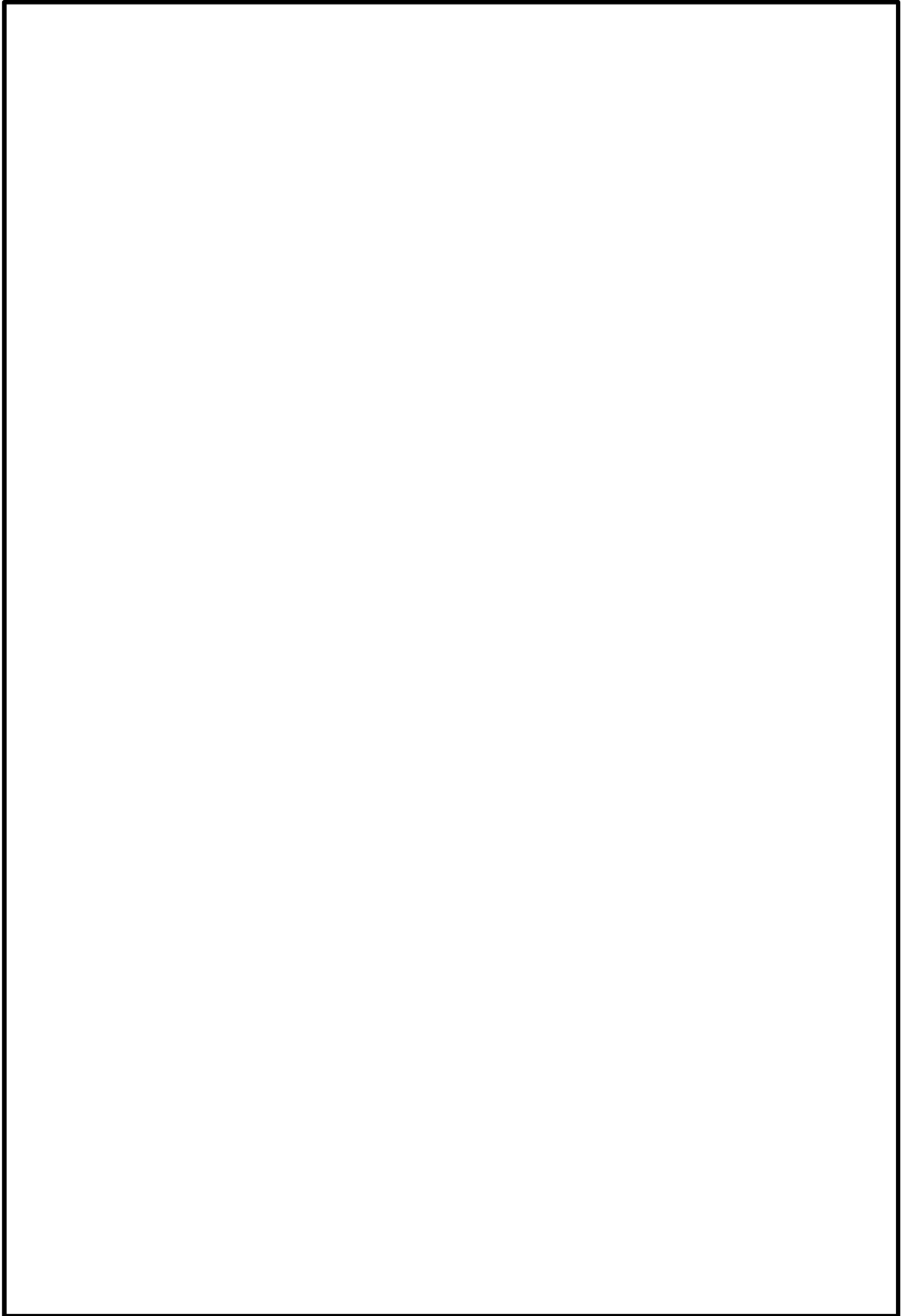


図 4-1 基礎ボルト部の計算モデル

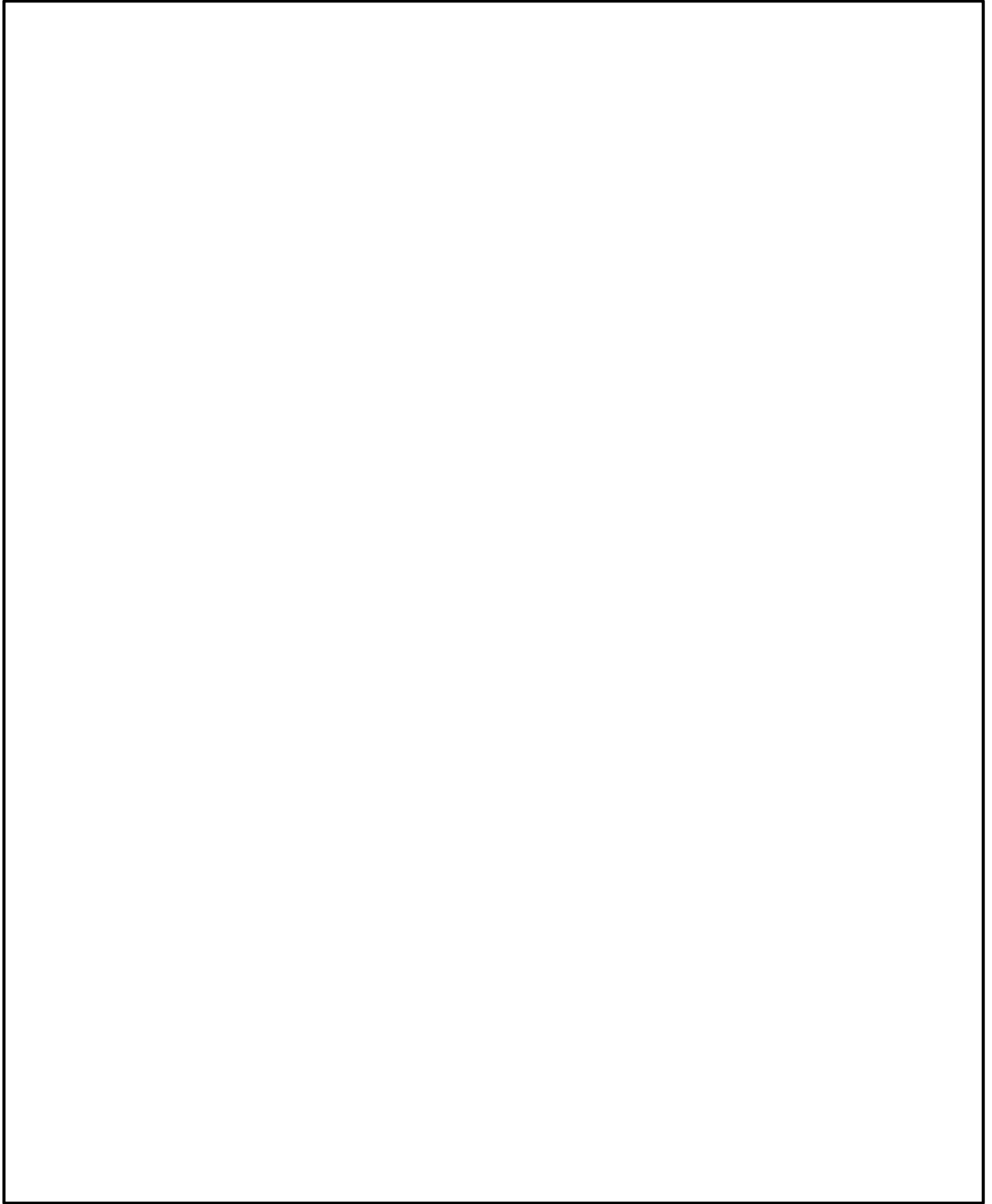


図4-2 基礎ボルト部の計算モデル（側面方向転倒）

補足-027-10-17 容器のスロッシングによる屋根への影響評価について

目 次

1. 概要	1
2. 評価対象の選定	1
3. 評価方法	2
3.1 評価方針	2
4. 影響評価	5
4.1 屋根への波面の到達について（評価フロー①）	5
4.2 水平面に対する屋根角度の有無について（評価フロー②）	7
5. 影響評価結果	8

参考資料

- (1) 円筒形タンクのスロッシング評価 抜粋（日本保全学会第7回学術講演 2010.7.15 予稿集）
- (2) 容器構造設計指針・同解説 抜粋（日本建築学会（2010））
- (3) 固定屋根を有する円筒液体タンクの耐震設計（第2報） 抜粋（圧力技術 17 巻（1979）4号）
- (4) 設計用床応答スペクトル（原子炉補機冷却系サージタンク）
- (5) スロッシング評価用床応答スペクトル（ガスタービン発電機用軽油タンク）

1. 概要

容器の内包流体には、水平方向の地震によりスロッシングが発生し、内包流体が容器の屋根に到達する場合には、スロッシングによる荷重が屋根に作用する。本資料では、スロッシングで内包流体が容器の屋根に与える影響について説明する。

本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-5-7-1-4 「原子炉補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-5-7-2-4 「高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算書」
- ・ 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」
- ・ VI-2-10-1-2-3-4 「ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-別添 2-2 「溢水源としない耐震 B，C クラス機器の耐震性についての計算書」

2. 評価対象の選定

スロッシングによる影響評価の対象は、S クラス機器、溢水源としない B，C クラス機器及び重大事故等対処設備から、スロッシングによる溢水等のおそれがあるものを選定する。なお、VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」において、地震時に溢水源とする容器（基準地震動 S_s に対する耐震性を確認していない機器）は、本評価の対象外とする。表 1 に影響評価の対象とした容器を示す。

表 1 影響評価の対象容器

名称	形状	耐震 重要度 分類	設備分類	内径 (mm)	全高 (mm)	胴高さ (mm)	液位 (mm)
原子炉補機冷却系 サージタンク	スカート支持 たて置円筒形 容器	S	常設／防止 (DB拡張)	2500	3500	2800	2060
高圧炉心スプレイ 補機冷却系 サージタンク	スカート支持 たて置円筒形 容器	S	常設／防止 (DB拡張)	1500	3100	1800	1339
ほう酸水 貯蔵タンク	平底たて置 円筒形容器	S	常設耐震／防止 常設／緩和	3000	3858	3840	3316
ガスタービン発電 機用軽油タンク	平底たて置 円筒形容器	—	常設耐震／防止 常設／緩和	9800	11503	10500	7438
3号復水貯蔵 タンク	平底たて置 円筒形容器	B	—	15500	13757	12180	8500
3号補助復水 貯蔵タンク	平底たて置 円筒形容器	B	—	15500	13757	12180	8500
1号復水貯蔵 タンク	平底たて置 円筒形容器	B	—	15200	15684	13000	2770

3. 評価方法

3.1 評価方針

容器のスロッシングについては、地震動の増加により波高が大きくなり、波面が屋根に衝突することで屋根に荷重が作用するが、波面衝突によってスロッシング形状の乱れが大きくなり、衝突圧力が抑えられる傾向がある。この波面衝突による荷重は、内包流体の上部（自由質量）が屋根に沿って上昇することによるものである。

一方、スロッシングによる波は、衝突により砕けること及び発生する荷重のうち瞬間的な荷重は、屋根の変形に与える影響は限定的であることが参考資料（1）（電力共同研究「円筒形タンクのスロッシング評価」）に示されている。

また、参考資料（2）（容器構造設計指針・同解説）より水平面に対する屋根の角度が \square より小さい場合、固定屋根によるスロッシングの影響が拘束され、スロッシングを起こした内包流体が上昇できず腰掛圧が生じないことが示されているとともに、参考資料（3）（固定屋根を有する円筒液体タンクの耐震設計（第2報））においても、腰掛圧は受圧点における最高液位からの静水圧におおよそ等しいので、平板及び平板に近い屋根の場合は無視してもよいと示されている。

上記を踏まえ、下記の手順により容器のスロッシングによる影響について確認する。評価フローを図1に示す。

- ①屋根に波面が到達するか*1。
- ②水平面に対する屋根角度があるか*2。
- ③波面が屋根に到達する場合は、解析等による評価を実施。

なお、①における屋根への波面到達の有無は、評価に用いる応答加速度を考慮し、以下に示す速度ポテンシャル理論に基づき評価を実施する。

【速度ポテンシャル理論に基づく1次固有周期（T）及び波高（ ζ_s ）の算出方法】

・円筒形容器の場合

T : スロッシングの1次固有周期 [s]

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{1.841 \cdot g}{R} \operatorname{tanh}\left(1.841 \frac{H}{R}\right)$$

ζ_s : スロッシングの波高 [m]

$$\zeta_s = 0.837 R \cdot S_a$$

ここで、

g : 重力加速度 [m/s²]

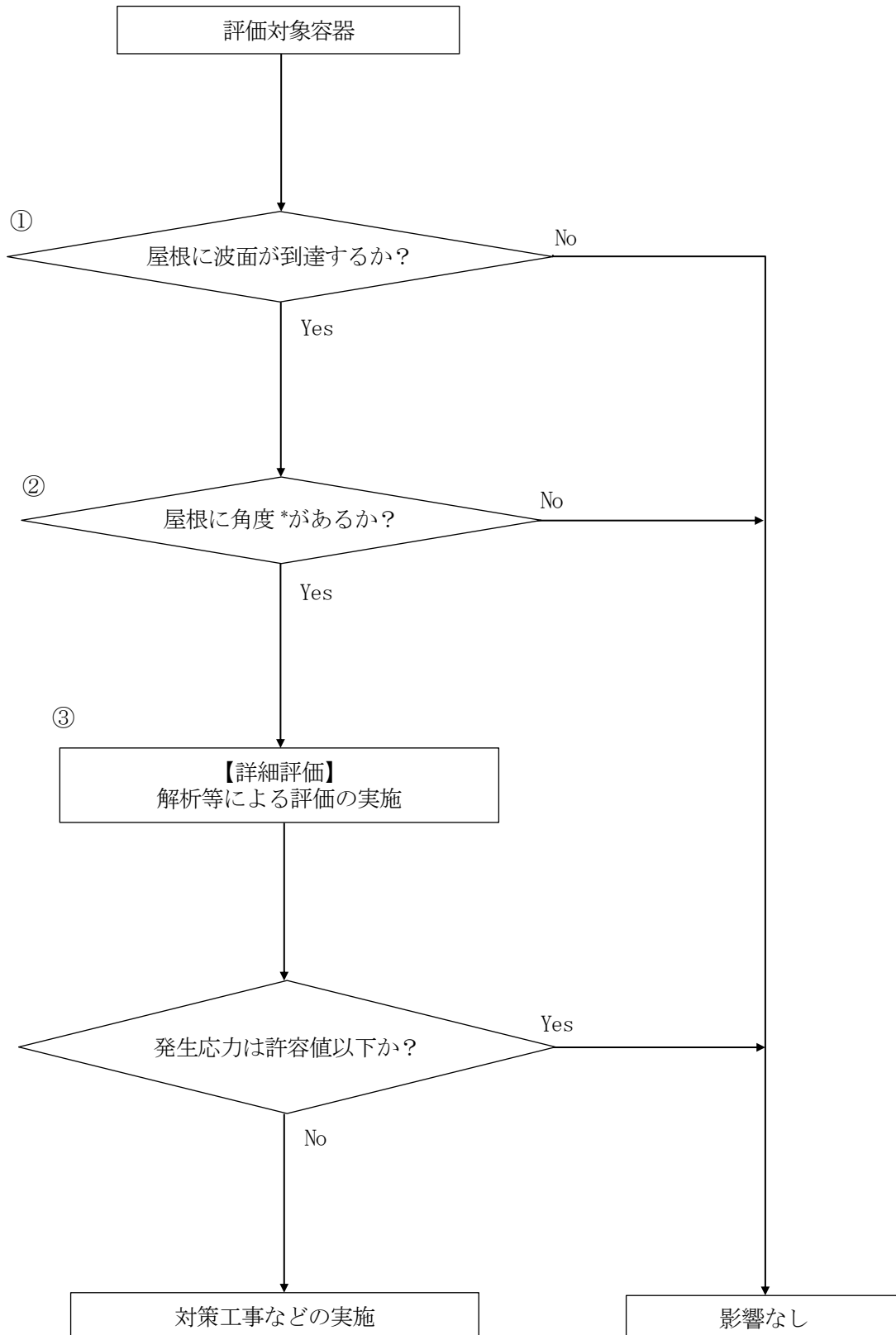
R : 円筒形容器内半径 [m]

H : 液位 [m]

S_a : 応答加速度 [G]

注記*1：屋根に波面が到達しない場合は、②以降の評価を対象外とする。

*2：水平面に対する屋根角度がない場合には、③以降の評価の対象外とする。



注記*：水平面に対する屋根の角度

図1 容器のスロッシングによる影響評価フロー

4. 影響評価

図 1 に示す評価フローに基づく各評価の結果を以下に示す。

4.1 屋根への波面の到達について（評価フロー①）

屋根への波面の到達の有無に係る評価結果を表 2 に示す。表 2 に示すとおり、ガスタービン発電機用軽油タンク、3号復水貯蔵タンク、3号補助復水貯蔵タンク及び1号復水貯蔵タンクについては屋根へ波面が到達しない。よって、ガスタービン発電機用軽油タンク、3号復水貯蔵タンク、3号補助復水貯蔵タンク及び1号復水貯蔵タンクについてはスロッシングによる影響はないと判断し、その他の容器について評価フローに基づき容器の屋根角度の有無について評価を実施する。

表2 屋根への波面の到達の有無に係る評価結果

	容器内半径 R [m]	液位 H [m]	応答加速度 S a [G]	スロッシングの 1次固有周期 T [s]	液位から屋根 までの高さ ζ [m]	スロッシング の波高 ζ_s [m]	屋根への波面 到達の有無 (有： $\zeta \leq \zeta_s$) (無： $\zeta > \zeta_s$)
原子炉補機冷却系 サージタンク	1.250	2.060	2.07*1	1.657	0.740	2.166	有
高圧炉心スプレイ補機冷却系 サージタンク	0.750	1.339	1.93*1	1.282	0.461	1.212	有
ほう酸水貯蔵タンク	1.500	3.316	2.04*1	1.812	0.524	2.562	有
ガスタービン発電機用 軽油タンク	4.900	7.438	0.53*2	3.286	3.062	2.174	無
3号復水貯蔵タンク	7.750	8.500	0.41*2	4.190	3.680	2.660	無
3号補助復水貯蔵タンク	7.750	8.500	0.41*2	4.190	3.680	2.660	無
1号復水貯蔵タンク	7.600	2.770	0.42*2	5.327	10.23	2.672	無

注記*1：1次固有周期が1s以上の容器について、周期1s以上の応答加速度は単純減少であるため、保守的に周期1sの応答加速度を適用する。代表として、原子炉補機冷却系サージタンクの評価に用いた設計用床応答スペクトルを参考資料(4)に示す(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」の基準地震動S_sにおける原子炉建屋EL 42.800m(減衰定数0.5%)の地震応答解析による)。

*2：1次固有周期に対応した地震応答解析から得られる応答加速度を適用する。代表して、ガスタービン発電機用軽油タンクの評価に用いたスロッシング評価用床応答スペクトルを参考資料(5)に示す。

4.2 水平面に対する屋根角度の有無について（評価フロー②）

水平面に対する屋根角度の有無に係る評価結果を表3に示す。表3に示すとおり，評価対象とした全容器については，水平面に対する屋根角度がないことを確認した。よって，評価対象とした全容器については，スロッシングによる影響はないと判断する。

表3 水平面に対する屋根角度の有無に係る評価結果

名称	形状	屋根形状	水平面に対する屋根角度の有無
原子炉補機冷却系 サージタンク	スカート支持 たて置円筒形容器 (図2)	平板	無
高圧炉心スプレイ 補機冷却系サージ タンク	スカート支持 たて置円筒形容器 (図2)	平板	無
ほう酸水貯蔵 タンク	平底たて置円筒形容器 (図3)	平板	無

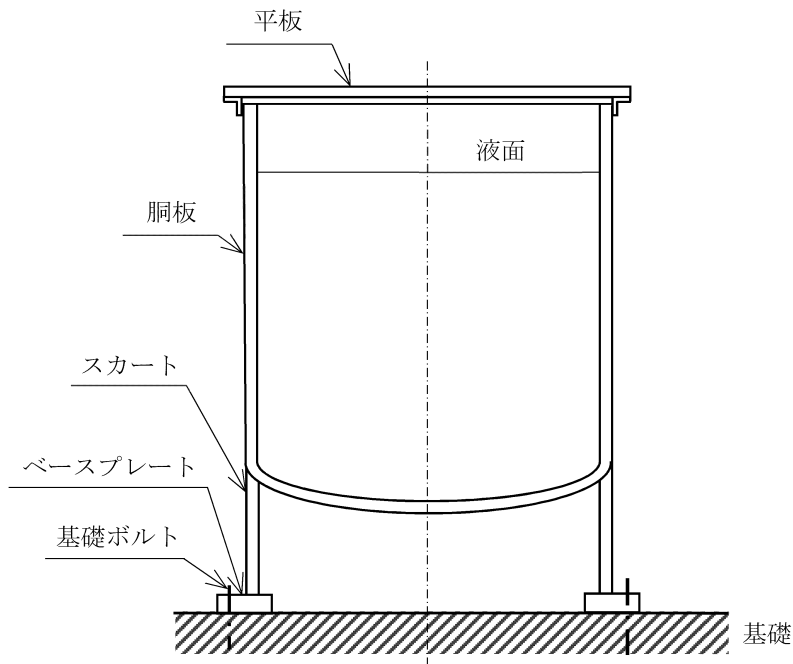


図2 構造概要図（スカート支持たて置円筒形容器）

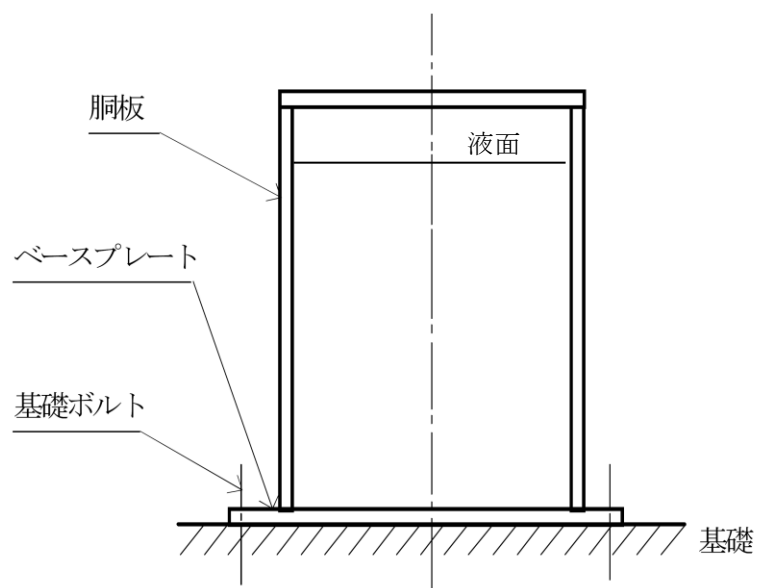


図3 構造概要図（平底たて置円筒形容器）

5. 影響評価結果

以上の結果から、評価の対象となる全容器についてスロッシングによる影響がないことを確認した。

円筒形タンクのスロッシング評価 抜粋
 (日本保全学会第7回学術講演 2010.7.15 予稿集)

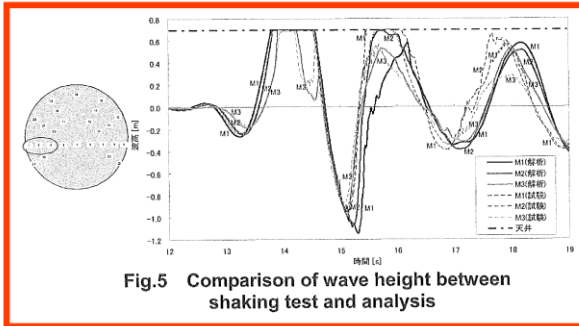


Fig.5 Comparison of wave height between shaking test and analysis

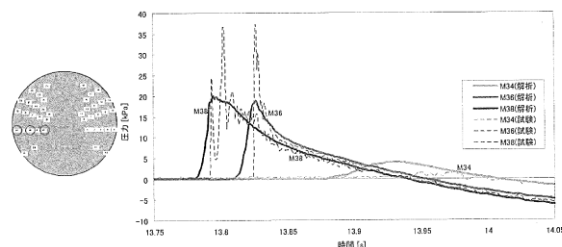


Fig.6 Comparison of pressure between shaking test and analysis

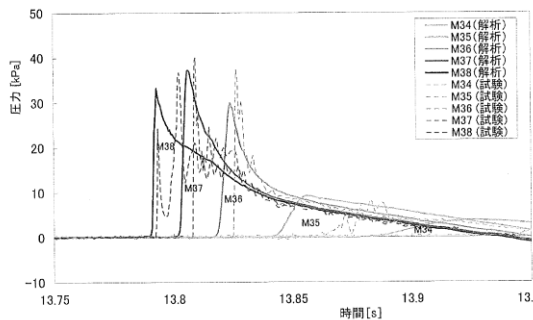


Fig.7 Analysis with segmentalized model

それぞれのひずみの時刻歴結果を Fig.9 に示す。応答解析結果は周期的な振動が発生しているが平均的には試験結果をほぼ再現している。また、20000Pa 以上をカットした応答解析結果においては、振動の各ピークで若干小さくなっているものの、衝撃圧を含む結果とほとんど変わらない。よって瞬間的な衝撃圧が変形に与える影響は限定的であり全体的なひずみはそれ以外の圧力の影響が支配的であると言える。

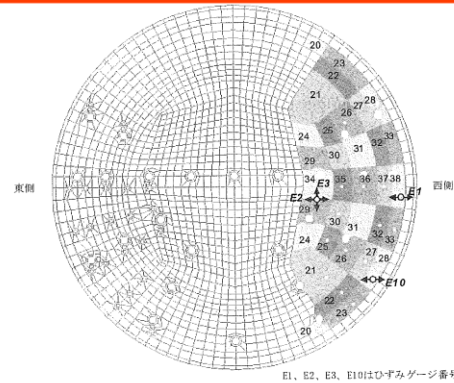


Fig.8 Analysis model to calculate strain on top board

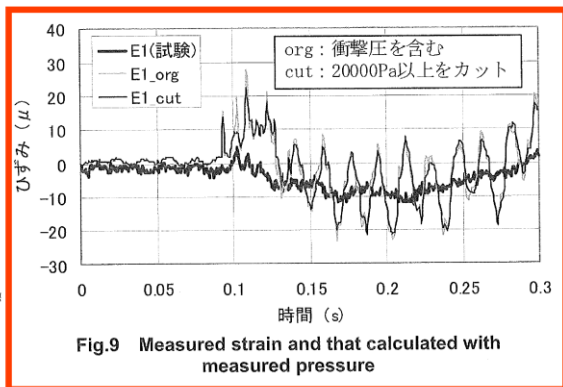


Fig.9 Measured strain and that calculated with measured pressure

3.3 天板の健全性評価

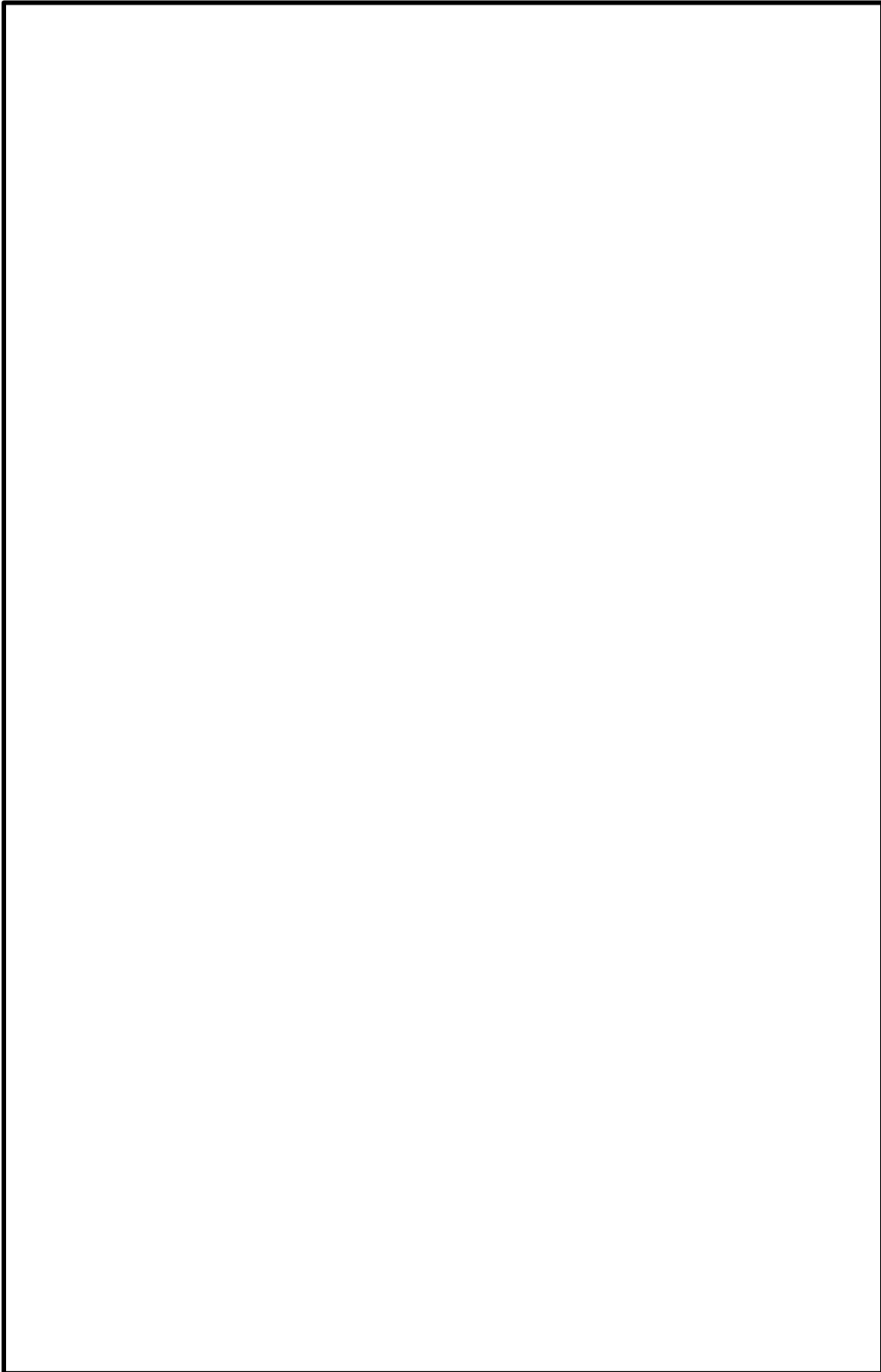
スロッシングによる波面衝突が天板強度へ与える影響を確認することにより、天板健全性の合理的な評価手法を検討した。

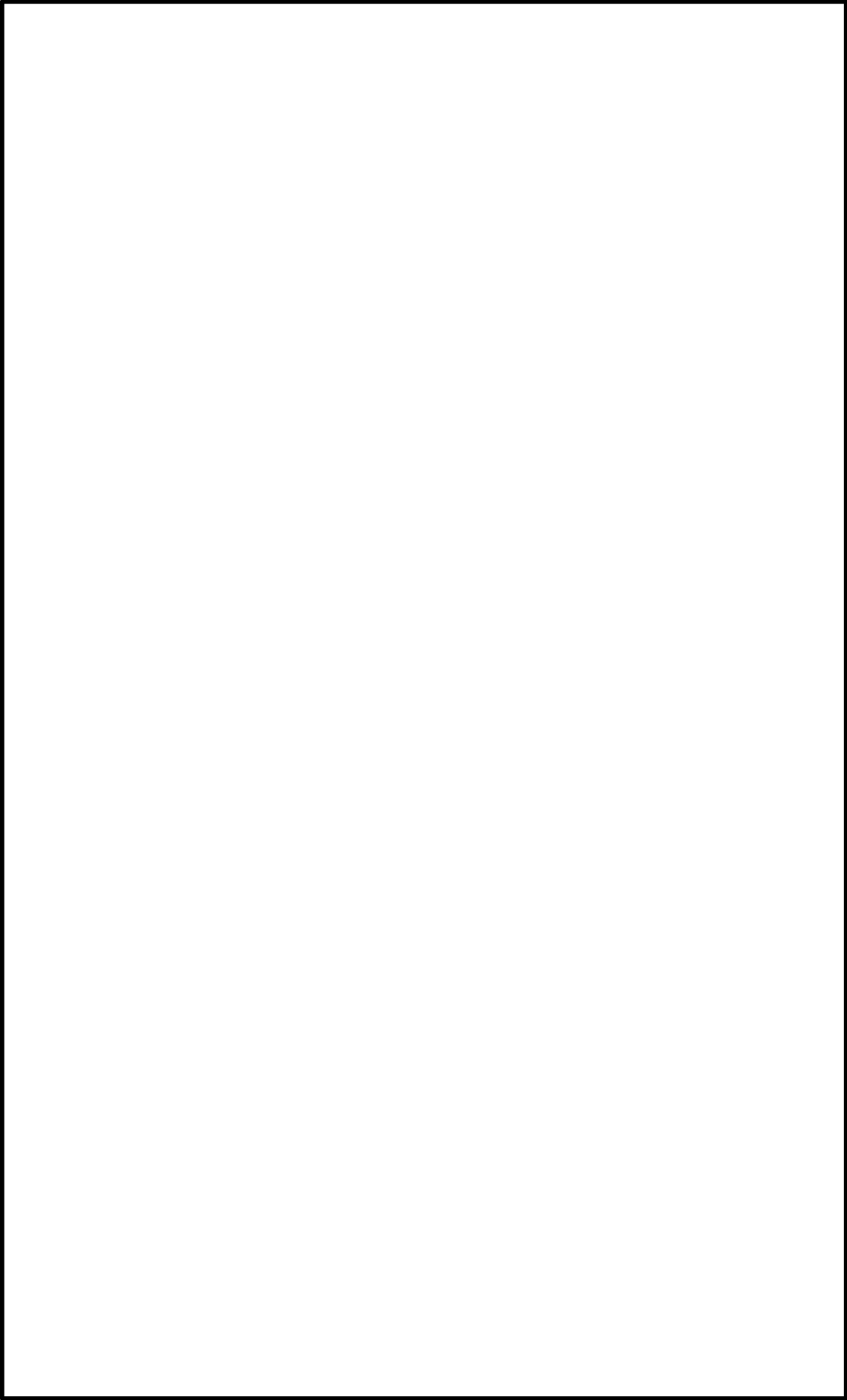
天板の健全性評価に必要な変形量は、振動試験においてひずみデータとして取得している。また先述のとおり天板の圧力データも得られているため、Fig.8 に示すように天板をモデル化し、各圧力計の周囲の領域に圧力時刻歴を与えて応答解析を実施し、発生するひずみを試験により計測されたひずみと比較した。さらに、瞬間的な圧力のピークが天板の変形に与える影響を評価するため、20000Pa 以上の衝撃圧をカットした圧力時刻歴による応答解析結果も合わせて確認した。

また、流動解析により得られた圧力時刻歴を用いたひずみを Fig.10 に示す。衝撃圧に相当する部分はないが、全体として試験圧力による応答解析およびひずみを模擬しており、流動解析で得られた圧力時刻歴を用いた天板の動的応答解析によっても、天板の変形挙動を模擬できることが分かった。

最後に、試験で計測された圧力時刻歴および、流動解析で得られた圧力時刻歴それぞれの最大値を静的に加えた結果を Fig.11 に示す。いずれの結果も試験で計測されたひずみに対し大きく、これらの評価が安全側の評価であることが分かった。

容器構造設計指針・同解説 抜粋 (日本建築学会 (2010))





固定屋根を有する円筒液体タンクの耐震設計 (第2報) 抜粋
(圧力技術 17 卷 (1979) 4 号)

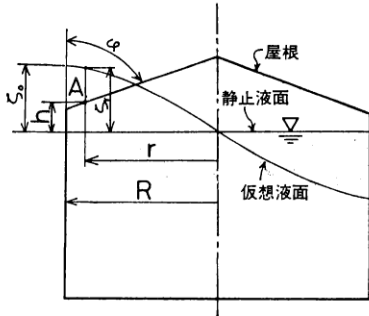


図1 衝撃圧力

る。文献(6)ではこの問題について充分検討を加えていない。平板の落下衝撃に関する2,3の研究例^{(4),(5)}を参考にして、第3章にて実験式を考える。

腰掛圧 P_h は、図1の受圧点Aにおける最高液位からの静水圧に大略等しいので、(2)式から求められる。

$$P_h = \rho g (\zeta_0 - h) \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (2)$$

平板及び平板に近い屋根の場合 P_h は無視してよいと考えられる。

又、 ζ_0 及び ζ_r は次のようにして求められる。

屋根により波高の成長がきまげられないときの円筒容器内のスロッシング波高 ζ は速度ポテンシャルから求められ^{(3),(4),(5)}、特に正弦波過渡応答については簡略計算式がある。 n 波目の応答波高 $\zeta_r(n)$ は

$$\zeta_r(n) = \frac{\alpha}{g} RA_{(n)} \beta_p \frac{J_1\left(1.841 \frac{r}{R}\right)}{J_1(1.841)} \quad (\text{cm}) \quad (3)$$

となる。ここで

α : 加振加速度 (cm/sec^2)

R : タンク半径 (cm)

r : タンク中心からの距離 (cm)

$A_{(n)}$: n 波目の応答倍率 (図12)

J_1 : 第1種1次の Bessel 関数 (図13)

β_p : 刺激係数 0.8371

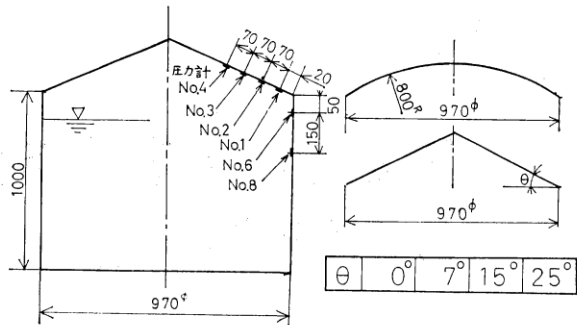


図2 円筒タンク、圧力計配置図

ζ_0 は(3)式で $r=R$ とおけば求まる。 ζ_r は加振力と同じ振動数で正弦振動しているので、その円振動数を ω_f 、静止液面と屋根の受圧点Aの間隔を h とすれば

$$h = \zeta_r \sin \omega_f t \quad (\text{cm}) \quad (4)$$

と近似できるから、タンク屋根に到達した時の液面速度 $\dot{\zeta}_r$ は(5)式で示される。

$$\dot{\zeta}_r = \zeta_r \omega_f \cos^{-1}\left(\sin \frac{h}{\zeta_r}\right) \quad (\text{cm/sec}) \quad (5)$$

(5)式で、 r を変えて液面速度を計算することにより、衝撃圧の分布は定まる。

共振時の ω_f は次式で示される。

$$\omega_f = \sqrt{1.841 \frac{g}{R} \tanh 1.841 \frac{H}{R}} \quad (\text{rad/sec}) \quad (6)$$

ここで

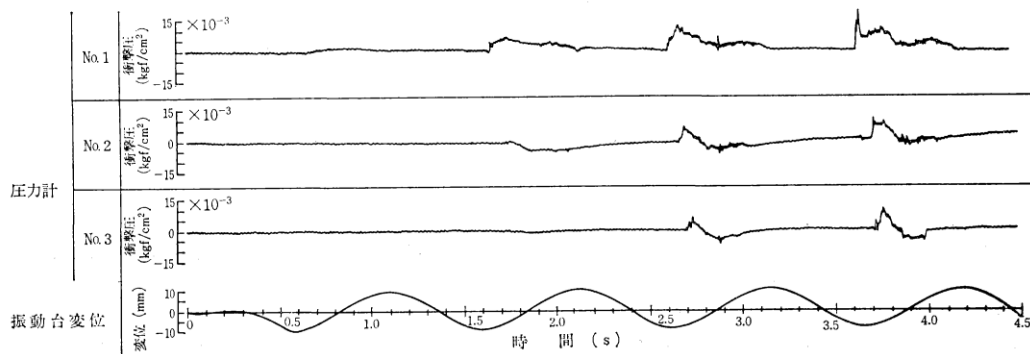
H : 液位 (cm)

3. 実験

3.1 ドーム及び円錐屋根

スロッシング時、タンク屋根に作用する荷重を調べるため、アクリル製の直径1m×高さ1mの円筒模型タンクによる実験を行った。⁽⁶⁾ 模型タンク及び圧力計配置を図2に示す。

実験はタンク内容液の一次固有振動数にて、変位振巾



液位 100 cm: 変位 10 mm

図3 ドーム屋根圧力波形

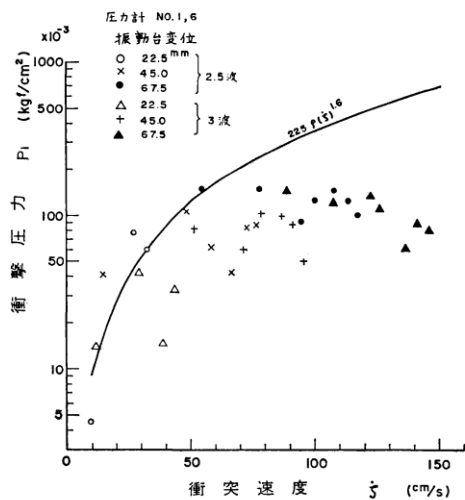


図 11 衝撃圧力と衝突速度 (3波までの最大値)

4. 応答計算

3章までの実験結果を用いて応力計算をする上での留意すべきことは衝撃圧力と腰掛圧力の作用時間の違いである。

腰掛圧は、その圧力値としては衝撃圧より小さいことも多いが、作用時間が長いいため静的な力として取り扱って良い。他方、衝撃圧は、圧力値としては大きい、作用時間が短いため、力積としては小さい。そこで、この場合は動的な応答を考えてやる必要がある。

又、作用時間の特性から、腰掛圧はタンクの全体応力解析の荷重として用いるべきであり、衝撃圧は屋根の局所的な応力解析に用いるべきであろう。

5. 結言

地震時、円筒形液体タンクが受ける流体力のうち、スロッシング時に固定屋根に作用する力について実験を行い、次のことを明らかにした。

- 1) 固定屋根に作用する圧力には衝撃圧力と腰掛圧力がある。
 - 2) 衝撃圧力は圧力値は大きいことが多いが、作用時間は短い。
 - 3) 腰掛圧力は、ある程度角度がある屋根で発生し、平板又は平板に近い屋根では発生しない。
 - 4) 腰掛圧は、圧力値は衝撃圧より小さいことが多いが作用時間が長い。
 - 5) 衝撃圧および腰掛圧力の簡略計算式を提案した。
- なお、本報告の実験には、内容液として水を用いた。

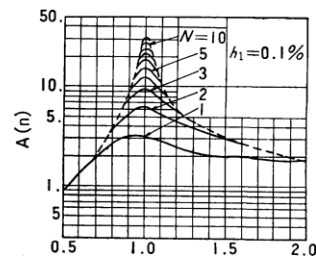


図 12 応答倍率

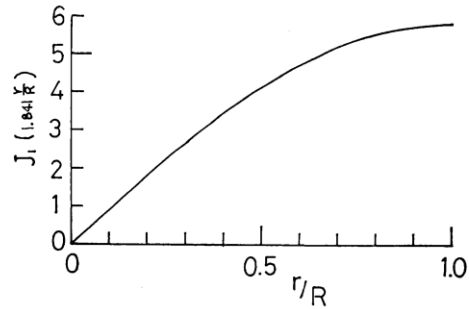


図 13 J1 の値

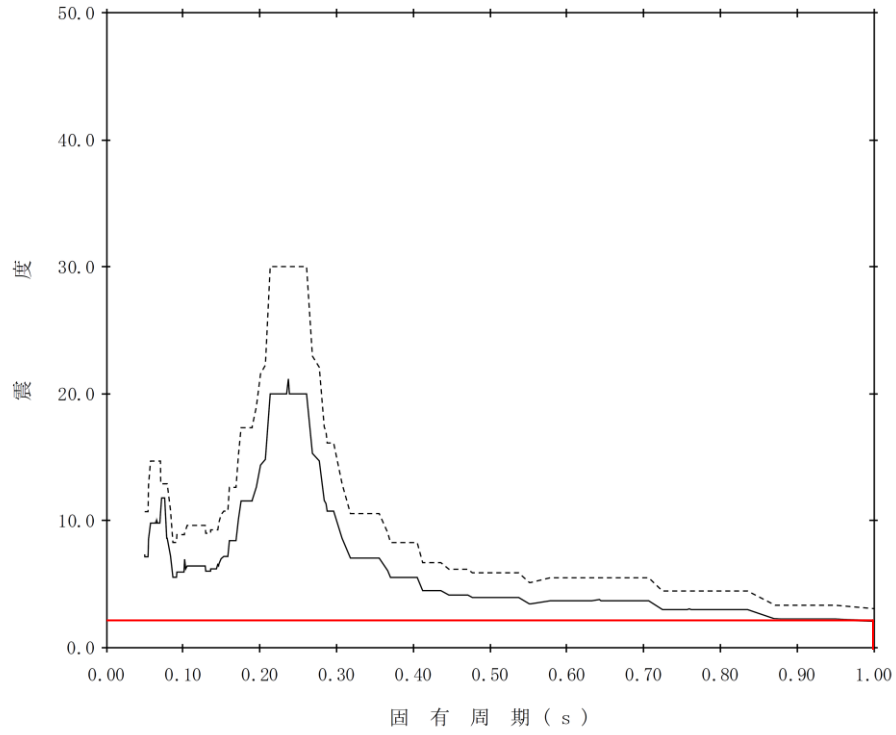
実際のタンクにおいて水と異なる貯蔵液の場合、空気の捲込み等が水と異なれば (9) 式は若干の修正を要することも考えられる。これについては機会を見つけて確認したい。

参考文献

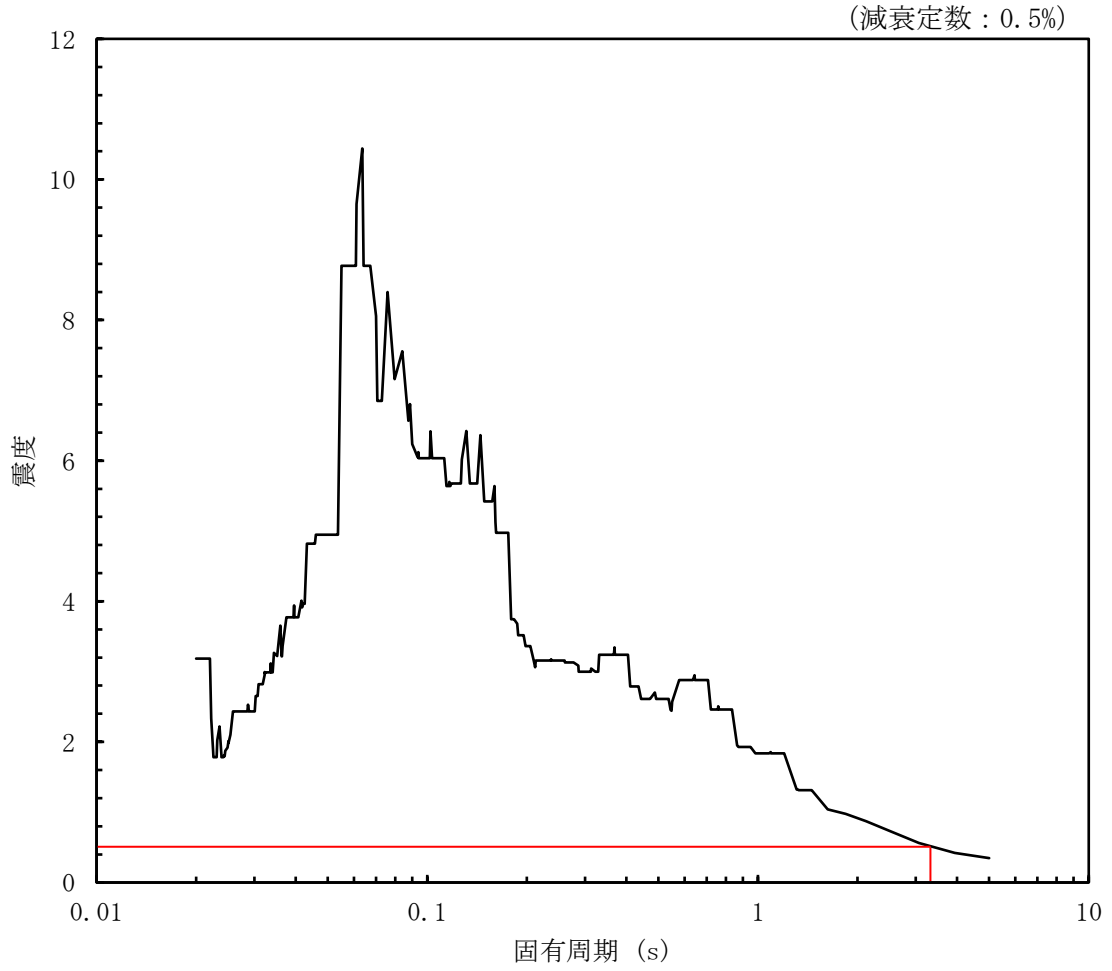
- (1) 浅井修, 内藤潔, 石田和雄, 越智義夫, 小林信之, “固定屋根を有する円筒液体タンクの耐震設計 (その1)” 圧力技術, Vol. 17, No3 (1979)
- (2) 例えば 曾我部潔, 柴田碧, “円筒液体貯槽の液面動揺の応答 第2報”, 生産研究, 第26巻4号, (1974.4) pp 22~25
- (3) K. Senda & K. Nakagawa, “On the Vibration of an Elevated Water Tank (I)” Tech. Rep. of Osaka Univ. Vol. 4 No 17 (1954)
- (4) 曾我部潔, 柴田碧, “円筒液体貯槽の液面動揺の応答 第3報” 生産研究, 第26巻8号, (1976.8) pp 1~4
- (5) 山本鎮男, “貯槽類 (円筒) の耐震設計”, コンビナート保安防災技術指針 (資料編) (1974)
- (6) 越智義夫, 小林信之, “円筒形タンクのスロッシング実験”, 石川島播磨技報, 17巻6号 (1977) pp 607~615
- (7) 山本善之, “地震による石油タンクの液面の動揺と衝撃圧力”, 高圧力, 3巻1号 (1965) pp 370~376
- (8) S. L. Chuang, “Investigation of Impact of Rigid and Elastic Bodies with Water” Naval Ship Research and Development Center AD 702 727 (1970)
- (9) 安藤良夫, 藤田譲, 山口勇男, “平板の水面衝撃について”, 造船協会論文集, 90号 (1956) pp 69~75

設計用床応答スペクトル (原子炉補機冷却系サージタンク)

構造物名: 原子炉建物 標高: EL42.800m ——— 設計用床応答スペクトル I (NS方向)
 減衰定数: 0.5% 波形名: 基準地震動 S s - - - - - 設計用床応答スペクトル II (NS方向)



スロッシング評価用床応答スペクトル (ガスタービン発電機用軽油タンク)



補足-027-10-18 原子炉压力容器，炉心支持構造物及び

原子炉压力容器内部構造物の重大事故時等における耐震評価について

目 次

1. はじめに	1
2. 今回工認における基準及び耐震評価状況	1
3. 原子炉圧力容器、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価方針	2
3.1 原子炉圧力容器	2
3.2 炉心支持構造物	2
3.3 原子炉圧力容器内部構造物	3
4. 原子炉圧力容器の耐震評価方法	4
4.1 確認内容	4
4.1.1 荷重の組合せ及び許容限界	4
4.1.2 評価条件	4
5. 炉心支持構造物の耐震評価方法	7
5.1 確認内容	7
5.1.1 荷重の組合せ及び許容限界	7
5.1.2 評価条件	7
6. 原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価方法	10
6.1 確認内容	10
6.1.1 荷重の組合せ及び許容限界	10
6.1.2 評価条件	10
7. 参照図書	13

1. はじめに

原子炉圧力容器、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物は、重大事故等対処設備であることから、設計基準対象施設としての耐震評価と同様に、重大事故等時の条件下における耐震評価においても十分な構造強度を有することを確認する必要がある。

本書では、島根原子力発電所第2号機において重大事故等時に機能要求のある原子炉圧力容器、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物について、今回工認における設計基準対象施設としての耐震評価に適用する基準及び耐震評価状況の整理を行い、重大事故等時の条件下における耐震評価においても機器が十分な構造強度を有することを示すための方針を記載する。

本書に関連する工認図書を「7. 参照図書」に示す。

2. 今回工認における基準及び耐震評価状況

原子炉圧力容器、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物について、今回工認における基準及び耐震評価状況を表2-1に示す。

今回工認における設計基準対象施設としての耐震評価は、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（(社)日本電気協会）（以下「J E A G」という。）に基づくこととしており、各運転状態での圧力及び温度条件に対して、原子炉圧力容器及び炉心支持構造物に対してそれぞれ地震動 S 1 * 及び S 2 並びに原子炉圧力容器内部構造物に対して地震動 S 1 * を組み合わせた応力評価が要求されている。

ここで、耐震評価の条件として考慮する地震動 S 1 * 及び S 2 は、S d *（弾性設計用地震動 S d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力）及び基準地震動 S s に読み替えることで評価を実施している。ここで、既工認では原子炉圧力容器内部構造物は J E A G に基づき耐震 A クラスに分類されていたことに対して、今回工認では耐震 S クラスに分類されるため、S d * 及び基準地震動 S s を適用し評価を実施している。

なお、運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳは、事象の継続時間が短く、地震動との組合せの確率的評価において、発生確率が 10^{-7} 以下となることから、地震との組合せは省略され、運転状態Ⅰ及びⅡと地震動とを組み合わせで評価を実施している。

表 2-1 今回工認における基準及び耐震評価状況

	原子炉压力容器	炉心支持構造物	原子炉压力容器 内部構造物
基準 (J E A G 要求)	各運転状態における圧力及び温度条件に対して、地震動 S 1 * 及び S 2 を組み合わせた応力評価	同左	各運転状態における圧力及び温度条件に対して、地震動 S 1 * を組み合わせた応力評価
耐震評価状況	運転状態 I 及び II における圧力及び温度条件に対して、地震動 S d * 及び S s による地震荷重を含む外荷重を組み合わせた応力評価	同左	同左*

注記* : 既工認では原子炉压力容器内部構造物は J E A G に基づき耐震 A クラスに分類されていたことに対して、今回工認では耐震 S クラスに分類されるため、S d * 及び基準地震動 S s を適用し評価を実施している。

3. 原子炉压力容器、炉心支持構造物及び原子炉压力容器内部構造物の耐震評価方針

前章に記載の状況を踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉压力容器、炉心支持構造物及び原子炉压力容器内部構造物の耐震評価方針を表 3-1 に示す。なお、本方針は、補足-023-06「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」の検討結果を踏まえ、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び全般施設に適用する重大事故等時の荷重と地震の組合せの検討結果を踏まえた内容である。

3.1 原子炉压力容器

原子炉压力容器は、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年以降、 2×10^{-1} 年未満 (運転状態 V (L))」及び「 2×10^{-1} 年以降 (運転状態 V (LL))」における圧力及び温度条件に対して、地震荷重を含む外荷重を考慮して耐震評価を行う必要がある。

原子炉压力容器の耐震評価は、重大事故等時における評価条件が、設計基準対象施設としての評価条件に包絡されるため、参照図書(1)h. ~ j. では設計基準対象施設としての評価結果を示し、重大事故等時における評価結果の記載を省略する。

3.2 炉心支持構造物

炉心支持構造物は、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年以降、 2×10^{-1} 年未満 (運転状態 V (L))」及び「 2×10^{-1} 年以降 (運転状態 V (LL))」における圧力及び温度条件に対して、地震荷重を含む外荷重を考慮して耐震評価を行う必要がある。

炉心支持構造物の耐震評価は、重大事故等時における評価条件が、設計基準対象施設としての評価条件に包絡されるため、参照図書(1)b. ~ g. では設計基準対象施設としての評価結果を示し、重大事故等時における評価結果の記載を省略する。

3.3 原子炉压力容器内部構造物

原子炉压力容器内部構造物は、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年未満（運転状態 V (S)）」を含む重大事故等時の運転状態等を考慮した圧力及び温度条件に対して、地震荷重を含む外荷重を考慮して耐震評価を行う。

原子炉压力容器内部構造物の耐震評価は、設計・建設規格における最高使用圧力及び最高使用温度を下記のとおり読み替えることで定義する重大事故等時の評価条件が、設計基準対象施設としての評価条件に包絡されないため、参照図書(1)k. ～t. に設計基準対象施設としての評価結果と重大事故等時における評価結果を示す。

重大事故等時の評価条件（圧力及び温度）の定義：

重大事故等時の評価条件（圧力及び温度）は、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年未満」を含む重大事故等時の運転状態において機器が受ける最高の圧力及び温度以上の圧力及び温度とする。

表 3-1 原子炉压力容器，炉心支持構造物及び原子炉压力容器内部構造物の耐震評価方針

対象機器	設計基準対象施設として要求される評価	重大事故等対処設備としての耐震評価方針
原子炉压力容器	運転状態 I 及び II における圧力及び温度に対して、地震動 S_d^* 及び S_s を組み合わせた応力評価	重大事故等時の評価条件が、設計基準対象施設としての評価条件に包絡されることを本書で確認したうえで、参照図書(1) h. ～j. では重大事故等時の評価結果の記載を省略する。
炉心支持構造物	同上	重大事故等時の評価条件が、設計基準対象施設としての評価条件に包絡されることを本書で確認したうえで、参照図書(1) b. ～g. では重大事故等時の評価結果の記載を省略する。
原子炉压力容器内部構造物	同上	重大事故等時の評価条件が、設計基準対象施設としての評価条件に包絡されないため、参照図書(1) k. ～t. に重大事故等時における評価結果を示す。

4. 原子炉圧力容器の耐震評価方法

原子炉圧力容器の耐震評価は、以下の確認内容のとおり、設計基準対象施設の評価として実施する許容応力状態Ⅳ_ASの評価結果を用いることにより、重大事故等時の評価結果が包絡されることを確認する。

4.1 確認内容

4.1.1 荷重の組合せ及び許容限界

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」及び補足-023-06「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」に示される許容応力状態Ⅳ_AS及びⅤ_ASにおける荷重の組合せ及び許容限界を表4-1に示す。

表4-1に示すとおり、許容応力状態Ⅴ_ASにおける許容限界には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従い、J E A Gに規定される許容応力状態Ⅳ_ASにおける許容限界を用いることから、許容応力状態Ⅴ_ASにおける評価条件が、許容応力状態Ⅳ_ASにおける評価条件に包絡されることを確認する。

4.1.2 評価条件

重大事故等事象は、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないよう設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が喪失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。

ここで、評価対象とする重要事故シーケンスについては、技術基準規則第54条に基づき、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第五号)第37条における炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故シーケンスグループから有効性評価にて選定された重要事故シーケンスとする。重大事故等時の事故時荷重、使用圧力及び使用温度を表4-2に、設計基準事象時(運転状態Ⅰ及びⅡ)の事故時荷重を表4-3に示す。

(1) 事故時荷重

表4-2及び表4-3に示すとおり、原子炉圧力容器において、重大事故等時に地震と組み合わせられる長期間作用する事故時荷重は生じない。

(2) 圧力及び温度

表4-2及び表4-3に示すとおり、重大事故等時において、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年以降、 2×10^{-1} 年未満(運転状態Ⅴ(L))」及び「 2×10^{-1} 年以降(運転状態Ⅴ(LL))」の使用圧力及び使用温度は、設計基準事象時(運転状態Ⅰ及びⅡ)の評価圧力及び評価温度に包絡されている。

表 4-1 許容応力状態 IV_{AS} 及び V_{AS} における荷重の組合せ（原子炉圧力容器）

施設分類	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉圧力容器	$D + P + M + S_s$ $(D + P_L + M_L + S_d^*)$	IV_{AS}
	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ $(D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d)$	V_{AS} $(V_{AS}$ として IV_{AS} の 許容限界を用いる)

【記号の説明】

- D : 死荷重
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態 IV 、 V は除く）で設備に作用している機械的荷重
- M_L : 地震との組合せが独立な運転状態 IV の事故の直後を除き、その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
- M_{SAL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））に作用する機械的荷重
- M_{SALL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））より更に長期的（長期（ LL ））に作用する機械的荷重
- P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態 IV 、 V は除く）における圧力荷重
- P_L : 地震との組合せが独立な運転状態 IV の事故の直後を除き、その後に生じている圧力荷重
- P_{SAL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））に作用する圧力荷重
- P_{SALL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））より更に長期的（長期（ LL ））に作用する圧力荷重
- S_d : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力
- S_d^* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

表 4-2 重大事故等事象に対する荷重の整理表（原子炉压力容器）

重大事故等事象			運転状態 I 及び II の評価 (表 4-3) との関係		
重要事故 シーケンス	事故発生後の 期間	事故時荷重*	事故時 荷重の 包絡性	ピーク圧力の 包絡性	温度の 包絡性
全重要事故 シーケンス	1×10 ⁻² 年以降, 2×10 ⁻¹ 年未満	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	原子炉給水ポン プ停止のピーク 圧力 □ MPa に包絡される。	原子炉給水ポン プ停止の温度 □ °C に包絡さ れる。
	2×10 ⁻¹ 年以降	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	原子炉給水ポン プ停止のピーク 圧力 □ MPa に包絡される。	原子炉給水ポン プ停止の温度 □ °C に包絡さ れる。

注記*：事故時に発生する機械的荷重

表 4-3 設計基準事故事象に対する事故時荷重（原子炉压力容器）

事象	事故時荷重*		ピーク圧力 (MPa[gage])	温度 (°C)	耐震評価上の取扱い
運 転 状 態 I 及 び II	原子炉給水ポ ンプ停止	配管破断を伴 わない事象で あり、事故時 荷重は生じな い。	□	□	ピーク圧力及び差圧 に機械的荷重及び自 重を加えた荷重を用 いる。

注記*：事故時に発生する機械的荷重

5. 炉心支持構造物の耐震評価方法

炉心支持構造物の耐震評価は、以下の確認内容のとおり、設計基準対象施設の評価として実施する許容応力状態Ⅳ_ASの評価結果を用いることにより、重大事故等時の評価結果が包絡されることを確認する。

5.1 確認内容

5.1.1 荷重の組合せ及び許容限界

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」及び補足-023-06「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」に示される許容応力状態Ⅳ_AS及びⅤ_ASにおける荷重の組合せ及び許容限界を表5-1に示す。

表5-1に示すとおり、許容応力状態Ⅴ_ASにおける許容限界には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従い、J E A Gに規定される許容応力状態Ⅳ_ASにおける許容限界を用いることから、許容応力状態Ⅴ_ASにおける評価条件が、許容応力状態Ⅳ_ASにおける評価条件に包絡されることを確認する。

5.1.2 評価条件

重大事故等事象は、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないよう設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が喪失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。

ここで、評価対象とする重要事故シーケンスについては、技術基準規則第54条に基づき、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）第37条における炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故シーケンスグループから有効性評価にて選定された重要事故シーケンスとする。重大事故等時の事故時荷重、使用圧力及び使用温度を表5-2に、設計基準事象時（運転状態Ⅰ及びⅡ）の事故時荷重を表5-3に示す。

(1) 事故時荷重

表5-2及び表5-3に示すとおり、炉心支持構造物において、重大事故等時に地震と組み合わせられる長期間作用する事故時荷重は生じない。

(2) 圧力及び温度

表5-2及び表5-3に示すとおり、重大事故等時において、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年以降、 2×10^{-1} 年未満（運転状態Ⅴ（L）」及び「 2×10^{-1} 年以降（運転状態Ⅴ（LL）」の使用圧力及び使用温度は、設計基準事象時（運転状態Ⅰ及びⅡ）の評価圧力及び評価温度に包絡されている。

表 5-1 許容応力状態 IV_{AS} 及び V_{AS} における荷重の組合せ（炉心支持構造物）

施設分類	荷重の組合せ	許容応力状態
炉心支持構造物	$D + P + M + S_s$ $(D + P_L + M_L + S_d^*)$	IV_{AS}
	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ $(D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d)$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる)

【記号の説明】

- D : 死荷重
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態 IV 、 V は除く）で設備に作用している機械的荷重
- M_L : 地震との組合せが独立な運転状態 IV の事故の直後を除き、その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
- M_{SAL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））に作用する機械的荷重
- M_{SALL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））より更に長期的（長期（ LL ））に作用する機械的荷重
- P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態 IV 、 V は除く）における圧力荷重
- P_L : 地震との組合せが独立な運転状態 IV の事故の直後を除き、その後に生じている圧力荷重
- P_{SAL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））に作用する圧力荷重
- P_{SALL} : 重大事故等時の状態（運転状態 V ）で長期的（長期（ L ））より更に長期的（長期（ LL ））に作用する圧力荷重
- S_d : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力
- S_d^* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

表 5-2 重大事故等事象に対する荷重の整理表 (炉心支持構造物)

重大事故等事象			運転状態 I 及び II の評価 (表 5-3) との関係		
重要事故 シーケンス	事故発生後の 期間	事故時荷重*	事故時 荷重の 包絡性	ピーク差圧の 包絡性	温度の 包絡性
全重要事故 シーケンス	1×10 ⁻² 年以降, 2×10 ⁻¹ 年未満	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	定格出力運転の 差圧に包絡され る。	原子炉給水ポン プ停止の温度 □°Cに包絡さ れる。
	2×10 ⁻¹ 年以降	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	定格出力運転の 差圧に包絡され る。	原子炉給水ポン プ停止の温度 □°Cに包絡さ れる。

注記* : 事故時に発生する機械的荷重

表 5-3 設計基準事故事象に対する事故時荷重 (炉心支持構造物)

事象	事故時荷重*		ピーク差圧 (MPa)	温度 (°C)	耐震評価上の取扱い
運 転 状 態 I 及 び II	原子炉給水ポ ンプ停止	配管破断を伴 わない事象で あり, 事故時 荷重は生じな い。	定格出力運 転の差圧	□	ピーク差圧に自重を 加えた荷重を用いる。

注記* : 事故時に発生する機械的荷重

6. 原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価方法

原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価は、補足-023-06「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」に従い、「全般施設」の重大事故等時の耐震評価として許容応力状態 V_{AS} の評価を実施する。

6.1 確認内容

6.1.1 荷重の組合せ及び許容限界

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」及び補足-023-06「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」に示される許容応力状態 IV_{AS} 及び V_{AS} における荷重の組合せ及び許容限界を表6-1に示す。

表6-1に示すとおり、許容応力状態 V_{AS} における許容限界には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に従い、J E A Gに規定される許容応力状態 IV_{AS} における許容限界を用いる。

6.1.2 評価条件

重大事故等事象は、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないよう設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が喪失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。

ここで、評価対象とする重要事故シーケンスについては、技術基準規則第54条に基づき、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）第37条における炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故シーケンスグループから有効性評価にて選定された重要事故シーケンスとする。

(1) 事故時荷重

表6-2及び表6-3に示すとおり、原子炉圧力容器内部構造物において、重大事故等時の事故時荷重は生じない。

(2) 圧力及び温度

表6-2及び表6-3に示すとおり、地震との組合せが必要となる事故発生時から「 1×10^{-2} 年未満（運転状態 $V(S)$ ）」を含む重大事故等時の運転状態等を考慮した評価圧力及び評価温度は、設計基準事象時（運転状態 I 及び II ）の評価圧力及び評価温度に包絡されないため、重大事故等時における評価として、許容応力状態 V_{AS} の評価を実施する。

表 6-1 許容応力状態 IV_{AS} 及び V_{AS} における荷重の組合せ
(原子炉压力容器内部構造物)

施設分類	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉压力容器 内部構造物	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる)

【記号の説明】

- D : 死荷重
- M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ(運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。)又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
- M_{SAD} : 重大事故等時の状態(運転状態Ⅴ)における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重
- P_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ(運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。)又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- P_{SAD} : 重大事故等時の状態(運転状態Ⅴ)における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

表 6-2 重大事故等事象に対する荷重の整理表（原子炉圧力容器内部構造物）

重大事故等事象			運転状態 I 及び II の評価 (表 6-3) との関係		
重要事故 シーケンス	事故発生後の 期間	事故時荷重*	事故時 荷重の 包絡性	ピーク差圧の 包絡性	温度の 包絡性
全重要事故 シーケンス	1×10^{-2} 年未満	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	機器毎に事象を 考慮すること で定められた 差圧に包絡さ れない。	原子炉給水ポン プ停止の温度 <input type="checkbox"/> °Cに包絡さ れない。
	1×10^{-2} 年以降, 2×10^{-1} 年未満	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	機器毎に事象を 考慮すること で定められた 差圧に包絡さ れない。	原子炉給水ポン プ停止の温度 <input type="checkbox"/> °Cに包絡さ れる。
	2×10^{-1} 年以降	左記の期間 において配 管破断によ る事故時荷 重は生じな い。	—	機器毎に事象を 考慮すること で定められた 差圧に包絡さ れない。	原子炉給水ポン プ停止の温度 <input type="checkbox"/> °Cに包絡さ れる。

注記*：事故時に発生する機械的荷重

表 6-3 設計基準事故事象に対する事故時荷重（原子炉圧力容器内部構造物）

事象	事故時荷重*		ピーク差圧 (MPa)	温度 (°C)	耐震評価上の取扱い
運転状態 I 及び II	原子炉給水ポ ンプトリップ	配管破断を伴 わない事象で あり、事故時 荷重は生じな い。	機器毎に事 象を考慮す ること で定められた 差 圧	<input type="checkbox"/>	ピーク差圧に自重を 加えた荷重を用いる。

注記*：事故時に発生する機械的荷重

7. 参照図書

(1) 島根原子力発電所第2号機 補正工認 添付書類

- a. VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」
- b. VI-2-3-2-2-2 「炉心シュラウドの耐震性についての計算書」
- c. VI-2-3-2-2-3 「シュラウドサポートの耐震性についての計算書」
- d. VI-2-3-2-2-4 「上部格子板の耐震性についての計算書」
- e. VI-2-3-2-2-5 「炉心支持板の耐震性についての計算書」
- f. VI-2-3-2-2-6 「燃料支持金具の耐震性についての計算書」
- g. VI-2-3-2-2-7 「制御棒案内管の耐震性についての計算書」
- h. VI-2-3-3-1-2 「原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」
- i. VI-2-3-3-2-4 「ジェットポンプ計測配管貫通部シールの耐震性についての計算書」
- j. VI-2-3-3-2-5 「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）の耐震性についての計算書」
- k. VI-2-3-3-3-2 「蒸気乾燥器の耐震性についての計算書」
- l. VI-2-3-3-3-3 「気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書」
- m. VI-2-3-3-3-4 「シュラウドヘッドの耐震性についての計算書」
- n. VI-2-3-3-3-5 「ジェットポンプの耐震性についての計算書」
- o. VI-2-3-3-3-6 「給水スパージャの耐震性についての計算書」
- p. VI-2-3-3-3-7 「高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの耐震性についての計算書」
- q. VI-2-3-3-3-8 「低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書」
- r. VI-2-3-3-3-9 「高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書」
- s. VI-2-3-3-3-10 「差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書」
- t. VI-2-3-3-3-11 「原子炉中性子計装案内管の耐震性についての計算書」

補足-027-10-19 地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能
の維持について

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
1	VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」	<ol style="list-style-type: none"> 1. ジルカロイ設計疲労曲線の高燃焼度燃料への適用性について 2. 下部端栓溶接部の応力評価に使用する有限要素法解析コードについて 3. 下部端栓溶接部の有限要素法を用いた解析モデルについて 4. 燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理について 5. 9×9燃料（B型）における地震時鉛直方向加速度の考慮方法について 6. 9×9燃料（A型）と9×9燃料（B型）の応力評価における相違点について 7. 燃料被覆管の応力評価に用いる各評価手法の保守性について 	

燃料集合体の耐震性についての計算書に係る補足説明資料

目 次

1. ジルカロイ設計疲労曲線の高燃焼度燃料への適用性について	
1.1 はじめに	1
1.2 ジルカロイ設計疲労曲線の適用性	1
1.3 検討結果	2
1.4 引用文献	2
2. 下部端栓溶接部の応力評価に使用する有限要素法解析コードについて	
2.1 概要	3
2.2 ANSYSの概要	3
2.3 下部端栓溶接部の応力評価の方法	4
2.4 再現解析の条件	5
2.5 再現解析の結果	5
2.6 検討結果	6
2.7 引用文献	6
3. 下部端栓溶接部の有限要素法を用いた解析モデルについて	
3.1 概要	13
3.2 下部端栓溶接部の応力解析モデルの設定の考え方	13
3.2.1 9×9燃料（A型）	13
3.2.1.1 熱解析モデル	13
3.2.1.2 機械解析モデル	14
3.2.1.3 解析モデルにおける要素の形状及び大きさについて	14
3.2.2 9×9燃料（B型）	15
3.2.2.1 解析モデル	15
3.2.2.2 解析モデルにおける要素の形状及び大きさについて	16
4. 燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理について	
4.1 概要	21
4.2 燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理について	21
5. 9×9燃料（B型）における地震時鉛直方向加速度の考慮方法について	
5.1 概要	27
5.2 9×9燃料（B型）における地震時鉛直方向加速度の考慮方法について	27

6. 9×9燃料(A型)と9×9燃料(B型)の応力評価における相違点について	
6.1 概要	29
6.2 9×9燃料(A型)と9×9燃料(B型)の応力評価における相違点について	29
7. 燃料被覆管の応力評価に用いる各評価手法の保守性について	
7.1 概要	32
7.2 モンテカルロ法と決定論的手法の保守性の考え方	32

1. ジルカロイ設計疲労曲線の高燃焼度燃料への適用性について

1.1 はじめに

地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能維持の評価項目として、下部端栓溶接部応力解析より得られた応力振幅と Langer-0' Donnell のジルカロイ設計疲労曲線⁽¹⁾に基づく疲労評価を実施している。このジルカロイ設計疲労曲線は、ジルカロイ-2 の未照射材及び照射材についての疲労試験結果に基づくものであるが、試験に供された照射材の照射量は $1.5 \times 10^{21} \text{cm}^{-2} \sim 5.5 \times 10^{21} \text{cm}^{-2} (>0.625 \text{eV}^*1)$ であり、疲労特性の照射量依存性は小さいと報告されている。

その後に実施された研究⁽²⁾において、高速中性子照射量 $1.3 \times 10^{22} \text{cm}^{-2}$ までのジルカロイ-2 被覆管の疲労試験データが採取されている。

本資料は、Langer-0' Donnell のジルカロイ設計疲労曲線の 9×9 燃料の被覆管疲労評価への適用性について、過去の研究で実施されたジルカロイ-2 被覆管の疲労試験のデータに基づいて検討した結果を示すものである。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-3-2-1 「燃料集合体の耐震性についての計算書」

1.2 ジルカロイ設計疲労曲線の適用性

Langer-0' Donnell のジルカロイ設計疲労曲線⁽¹⁾は、ジルカロイ-2 の未照射材及び照射材の疲労試験結果をベースに、未照射材及び照射材のベストフィット曲線について最大平均応力の補正^{*2}を施した上で、応力を 1/2 倍した曲線及びサイクル数を 1/20 倍した曲線の 4 つの曲線の包絡線を設計疲労曲線としたものである。(図 1.2-1)

未照射材の疲労試験では室温及び 316°C (600°F) における、ジルカロイ-2 平滑材(圧延・焼鈍材及び溶接材)を用いた軸方向引張・圧縮及び曲げの完全交番試験(平均ひずみが 0)による定ひずみ振幅データ(ひずみの負荷方向は圧延方向, 圧延直角方向, 溶接方向及び溶接直角方向)が得られている。ここで、疲労試験結果の縦軸は、仮想的な弾性挙動を仮定した下記の式を用いて、疲労試験におけるひずみ振幅から応力振幅に換算されたものである。

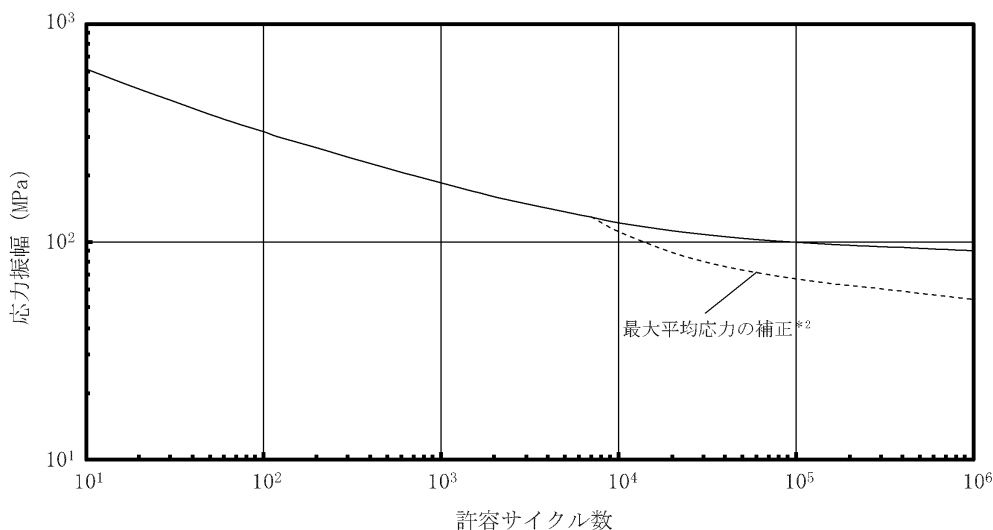


図 1.2-1 ジルカロイ設計疲労曲線

$$S_a = E \cdot \varepsilon_a = E \cdot \varepsilon_t / 2$$

ここで、 S_a : 応力振幅 (psi)

E : ヤング率(室温 ; 14.0×10^6 psi, 316°C ; 11.5×10^6 psi)

ε_a : 全ひずみ振幅 (-)

ε_t : ひずみ範囲(ピーク-ピークの変化幅)

照射材の疲労試験は、照射量 $1.5 \times 10^{21}\text{cm}^{-2} \sim 5.5 \times 10^{21}\text{cm}^{-2} (>0.625\text{eV}^*1)$ の供試材を用いて、 316°C における軸方向引張・圧縮及び曲げの完全交番試験が行われており、約 $1.0 \times 10^{21}\text{cm}^{-2}$ 以上では照射による疲労特性への影響は小さいと報告されている。

また、過去の研究⁽²⁾において、実機的设计条件を超える高速中性子照射量約 $1.3 \times 10^{22}\text{cm}^{-2}$ までのジルカロイ-2 燃料被覆管の疲労試験データが採取され、Langer-0' Donnell の照射材疲労試験データに包絡されることが確認されている。なお、 9×9 燃料の燃料被覆管応力解析に係わる設計パラメータの高速中性子照射量は $1.2 \times 10^{22}\text{cm}^{-2}$ (9×9 燃料(A型))⁽³⁾ 及び $1.3 \times 10^{22}\text{cm}^{-2}$ (9×9 燃料(B型))⁽⁴⁾ であり、上記疲労試験^{(1),(2)} の範囲内にある。

1.3 検討結果

9×9 燃料の燃料被覆管応力解析に係わる設計パラメータの高速中性子照射量 $1.2 \times 10^{22}\text{cm}^{-2}$ (9×9 燃料(A型))⁽³⁾ 及び $1.3 \times 10^{22}\text{cm}^{-2}$ (9×9 燃料(B型))⁽⁴⁾ 以上の $1.3 \times 10^{22}\text{cm}^{-2}$ まで照射されたジルカロイ-2 被覆管を用いた疲労試験データを Langer-0' Donnell のジルカロイ設計疲労曲線⁽¹⁾ と比較し、ジルカロイ設計疲労曲線は、高照射量の被覆管の疲労試験データに対して十分な余裕を有しており、 9×9 燃料に適用可能と判断された。

1.4 引用文献

- (1) W. J. O' Donnell and B. F. Langer, "Fatigue Design Basis for Zircaloy Components", Nuclear Science and Engineering, 20, 1-12 (1964)
- (2) S. Ishimoto, et al., "Improved Zr Alloys for High Burnup BWR Fuel", Top_Fuel 2006 (2006 International Meeting on LWR Fuel Performance, 22-26 October 2006, Salamanca, Spain)
- (3) 「沸騰水型原子力発電所 9×9 燃料について」, 株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン, G L R-001, 平成 15 年 4 月
- (4) 「BWR の 9×9 燃料について」, 原子燃料工業株式会社, N L R-15 改訂 4, 平成 22 年 2 月

注記*1 : 熱中性子を除く高エネルギー領域 ($>0.625\text{eV}$ の中性子束は、高速中性子束 ($\geq 1\text{MeV}$) の約 4 倍)

*2 : 疲労強度は平均応力により変化するため、応力振幅が降伏応力以下となる範囲について、最大平均応力を中心に繰返し応力が作用するとした保守的な補正を行う。

2. 下部端栓溶接部の応力評価に使用する有限要素法解析コードについて

2.1 概要

下部端栓溶接部の応力評価は、端栓溶接部が切欠き形状を含む複雑形状のため有限要素法を用いる。9×9燃料（A型）の下部端栓溶接部の応力評価に使用する有限要素法解析コードについては、既認可の評価⁽¹⁾ではMARCを使用しているが、VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」に記載した応力評価においては、ANSYSを使用している。MARCとANSYSの概要を比較して、表 2.1-1 に示す。MARCとANSYSは、ほぼ同年代に開発され、その後40年以上の実績を有した汎用の有限要素法解析コードである。また、両者とも伝熱解析や構造解析だけでなく幅広い解析機能を有した同等の解析が可能な解析コードである。いずれのコードも様々な分野の構造解析に広く使用されている汎用の解析コードであり、ANSYSは9×9燃料（B型）の下部端栓溶接部の応力評価や工事計画認可申請書の応力解析等、これまで多くの構造解析に対し使用実績がある。

本資料は、9×9燃料（A型）の評価にANSYSを適用するにあたり、既認可の9×9燃料（A型）の下部端栓溶接部応力解析に使用されたMARCと同等な入力条件（有限要素モデル、ペレットやジルカロイ被覆管の物性値、荷重条件及び境界条件）を設定可能なこと、MARCとANSYSとで同等な解析結果となることを説明する。

2.2 ANSYSの概要

ANSYSは、スワンソン・アナリシス・システムズ(現、アンシス)により開発された有限要素法による解析コードである。

ANSYSは広範囲にわたる多目的有限要素法解析コードであり、伝熱、構造、流体、電磁界及びマルチフィジックス解析を実施するものである。

ANSYSは、ISO9001及びASME NQA-1の認証を受けた品質保証システムのもとで開発され、アメリカ合衆国原子力規制委員会による10CFR50及び10CFR21の要求を満たしており、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されている。また、9×9燃料（B型）の原子炉設置(変更)許可申請書や燃料体設計認可申請書における下部端栓溶接部の応力評価に対し使用実績がある。

ANSYSを適用するにあたり、以下の確認を行っている。

- ・開発元のリリースノートの例題集において、多くの解析例に対する理論解と解析結果との比較により検証されている。
- ・ANSYS配布時に同梱されたANSYS Mechanical APDL Verification Testing Packageを入力とした解析により、上記例題集の検証を再現できることを確認している。
- ・ANSYSの運用環境について、開発元から提示された要件を満足していることを確認している。

2.3 下部端栓溶接部の応力評価の方法

MARCによる既認可の解析結果とANSYSによる解析結果を比較するため、MARCによる下部端栓溶接部応力評価と同等の入力条件に基づきANSYSによる解析（再現解析）を実施し、MARCとANSYSの設計比の比較を行った。

(1) 下部端栓溶接部の応力評価モデル

図 2.3-1 に、下部端栓溶接部の応力評価のフローを示す。また図 2.3-2 に、ANSYSの熱解析及び機械解析のモデルを示す。

下部端栓溶接部の応力評価では、最初に下部端栓溶接部近傍の下部端栓、被覆管及びペレットをモデル化し、有限要素法を用いた熱解析により下部端栓溶接部近傍での温度分布を評価する。次に、熱解析で得られた下部端栓溶接部近傍の温度分布を読み込み、熱膨張差による熱応力の分布、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における荷重条件に基づき発生する応力分布を、有限要素法を用いた機械解析により評価する。

なお、ペレット及び被覆管等の物性値については、燃料棒熱・機械設計コードPRIMEに組み込まれている物性モデル(以下「PRIMEモデル」という。)を用い、物性値以外の燃料棒特性については、PRIMEにより別途解析される燃料棒熱・機械設計解析における統計解析結果に基づいて入力値を設定する。

(2) 下部端栓溶接部の熱解析での入力データ

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における下部端栓溶接部近傍の温度分布を評価するため、以下の項目を入力している。

- ・ペレットの発熱
- ・ジルカロイ部材の γ 発熱
- ・ペレットー被覆管ギャップ熱伝達
- ・被覆管表面熱伝達係数
- ・ペレット及びジルカロイ部材の熱伝導率

なお、解析モデル上下端は断熱の境界条件とし、ペレットー下部端栓接触面には熱抵抗がないものとして、上記の保守側の入力と合わせて、下部端栓溶接部近傍の温度分布による熱応力が大きくなるような解析を実施する。

(3) 下部端栓溶接部の機械解析での入力データ

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に下部端栓溶接部に作用する荷重として、以下を考慮する。

- ・下部端栓及び被覆管部における温度分布(熱解析結果を読み込む)
- ・燃料棒内圧
- ・冷却材圧力
- ・内外圧力差による軸方向荷重(軸方向応力)

- ・被覆管周方向温度差及び端栓取付角公差による初期曲がりに基づく曲げ荷重(曲げ応力)

(4) 設計比の評価

設計比の評価では、燃料被覆管温度、燃料棒内圧、炉心条件、燃料棒寸法及び許容応力の統計的分布を考慮し、それぞれの 95%確率上下限值に基づき解析結果が保守的となるように設定した入力値を用いて決定論的評価を実施する。応力計算は、下部端栓溶接部に発生する三軸方向(半径方向、円周方向及び軸方向)の応力を解析し、それらより相当応力を計算する。また、許容応力については下部端栓溶接部の温度及び照射の影響を考慮した保守側の 95%確率下限値を用いる。

2.4 再現解析の条件

以下に、再現解析の条件を示す。また、MARC及びANSYSによる下部端栓溶接部の応力評価における解析入力値の比較を表 2.4-1 にまとめる。同表に示すとおり、MARCとANSYSの解析入力値は、一部の物性値について温度依存性を関数式で入力するかテーブル形式で入力するかの差があることを除いてはすべて同一であり、同等な入力条件を設定可能である。

- (1) 燃料タイプ：9×9燃料 (A型)
- (2) 評価部位：下部端栓溶接部
- (3) 解析コード：
 - ①有限要素法解析コードMARC ver. K4
 - ②有限要素法解析コードANSYS ver. 14
- (4) 評価点：燃料寿命初期，中期，末期*¹
- (5) 運転状態：圧力過渡 (冷却材圧力 MPa[abs] (公称値)) *²
- (6) 考慮する荷重：2.3(3)のとおり。
- (7) 許容応力：引張強さ (Su)

注記*1：燃料寿命初期，中期，末期は燃料棒熱・機械解析で設定された評価点を引き継ぎ、炉内滞在期間がそれぞれ0年，2.2年，8.0年に相当する評価点。

*2：下部端栓部の燃料棒の出力は低く、出力過渡時に発生する応力は圧力過渡時の応力より小さいため、圧力過渡時を評価対象とした。

2.5 再現解析の結果

表 2.5-1 に再現解析結果を示す。MARCとANSYSによる同等な入力条件に基づく解析結果の設計比の差は最大でも 0.02 であり、判定基準(設計比が 1 以下であること)に対し十分小さく同等な結果が得られた。

2.6 検討結果

MARCとANSYSによる同等な入力条件が設定可能であり、同等な入力条件に基づく再現解析で、下部端栓溶接部の解析モデルに負荷した温度分布と機械的荷重の重畳した変形挙動に基づく応力について同等な結果が得られた。

これらの解析の機械的荷重には地震時の荷重は含まれていないが、被覆管周方向温度差及び端栓取付角公差による初期曲りに基づく曲げ荷重及び内外圧力差による軸方向荷重が地震時の荷重と同様に解析モデル上端に負荷されていることから、負荷する荷重は増大するが地震時の荷重についても同様に解析可能と考えられる。

以上のことから、下部端栓溶接部の地震時の応力評価へのANSYSの適用は支障ないものとする。

2.7 引用文献

- (1) 島根原子力発電所第2号機「燃料体設計認可申請書」(GNF燃設認第30号,平成21年1月7日認可)

表 2.1-1 MARCとANSYSの概要

項目	MARC	ANSYS	
開発元	ペドロ・マサル(Pedro Marcal) 博士 MARC Co. →MSC Software Co. (米国)	Swanson Analysis Systems, Inc. →ANSYS, Inc. (米国)	
開発時期	1960年代後半	1970年	
離散化手法	有限要素法	同左	
解析機能	伝熱解析	定常／非定常解析	同左
	構造解析	線形／非線形静解析, 動解析	同左
	その他	電磁場, 流体, 音響及び連成解析等	同左

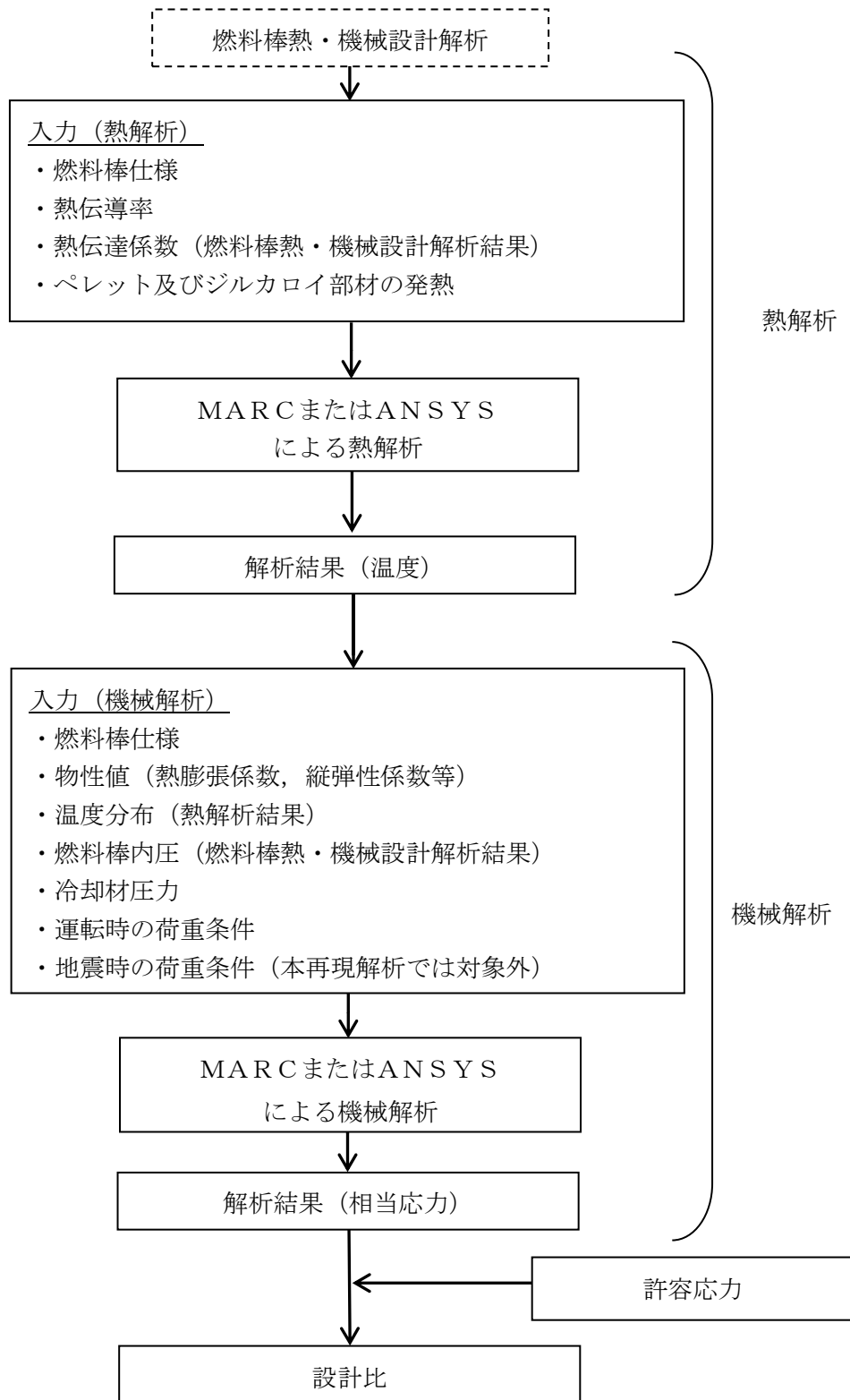
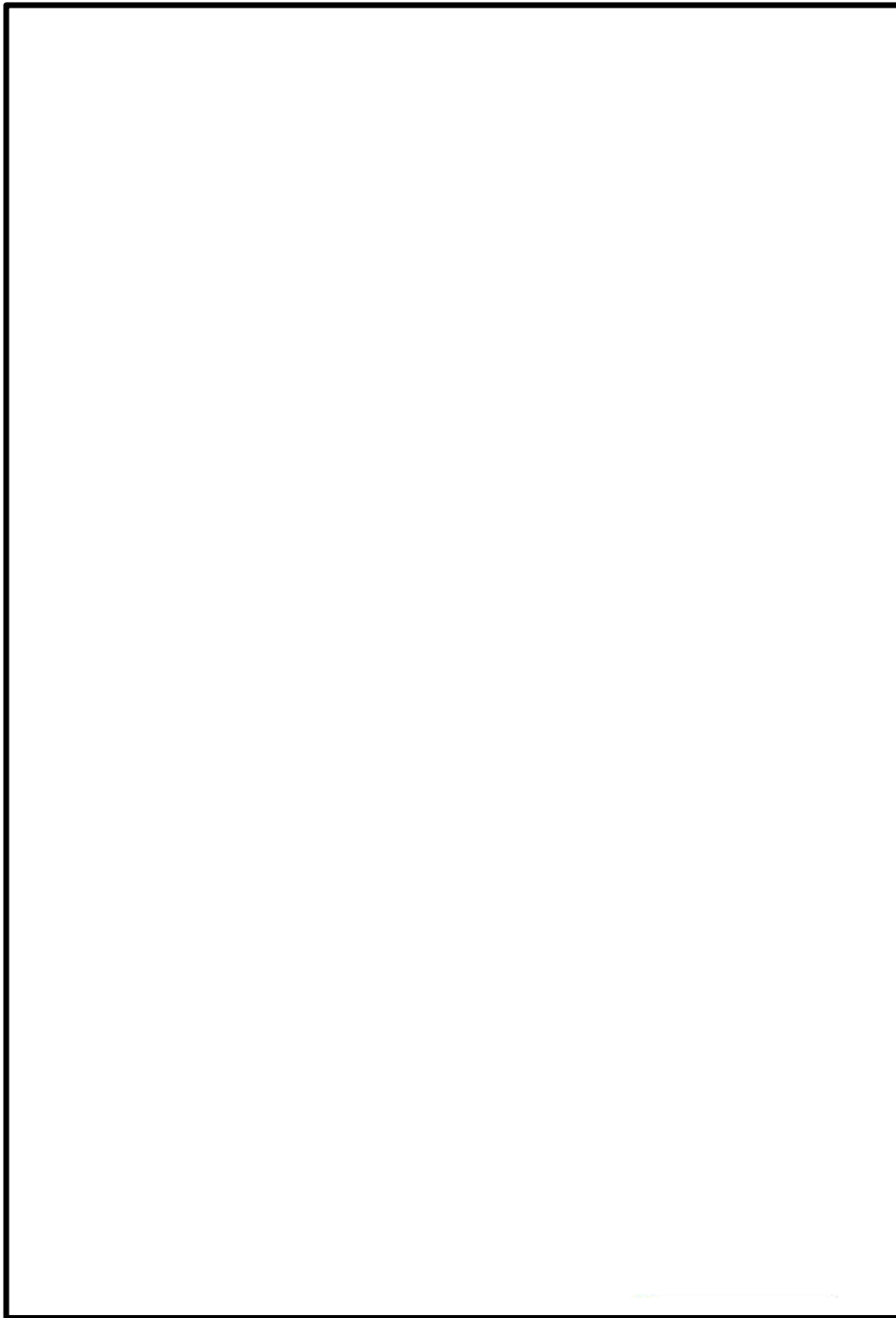


図 2.3-1 下部端栓溶接部の応力評価のフロー



(1) 熱解析

(2) 機械解析

図 2.3-2 ANSYS の熱解析及び機械解析の解析モデル

表 2. 4-1 MARC及びANSYSによる下部端栓溶接部の応力評価における解析入力値(1/2)

解 析	項 目	MARCへの 入力	ANSYSへの 入力

表 2. 4-1 MARC及びANSYSによる下部端栓溶接部の応力評価における解析入力値(2/2)

解 析	項 目	MARCへの 入力	ANSYSへの 入力

表 2.5-1 下部端栓溶接部の再現解析結果

解析コード	運転条件	許容応力	設計比		
			寿命初期	寿命中期	寿命末期
MARC	圧力過渡	S u	0.39	0.42	0.28
ANSYS	同上	同上	0.40	0.40	0.27

3. 下部端栓溶接部の有限要素法を用いた解析モデルについて

3.1 概要

VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」の燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する下部端栓溶接部の燃料被覆管応力評価においては、図 3.1-1 に示すように、下部端栓溶接部が切り欠き形状を含む複雑な形状であることから有限要素法による解析を実施している。

本資料は、有限要素法を用いた下部端栓溶接部の応力解析モデルの設定の考え方について説明するものである。

3.2 下部端栓溶接部の応力解析モデルの設定の考え方

図 3.1-1 に示すように、下部端栓のペDESTAL部はペレットと直接接触しており、ペレットで発生した熱がペDESTAL部に流入するため燃料被覆管の溶接部より高温となる。このため、下部端栓の熱膨張量は燃料被覆管より大きく、下部端栓が燃料被覆管を内側から押し広げるため、熱応力が発生する。また、下部端栓溶接部は切欠き形状を有しており、熱応力だけでなく種々の機械的荷重に起因する応力についても応力集中が発生する。このような特徴を考慮し、下部端栓溶接部近傍の温度分布及び応力分布を詳細に解析するため、有限要素法による熱解析及び機械解析を実施している。以下に、下部端栓溶接部の有限要素法を用いた解析モデルの設定の考え方を説明する。

3.2.1 9×9燃料（A型）

3.2.1.1 熱解析モデル

図 3.2-1 に 9×9燃料（A型）の下部端栓溶接部の応力評価における熱解析モデルの概要を示す。熱解析では、

[Redacted text block]

熱解析における有限要素モデルの作成においては、

[Redacted text block]

また、熱解析における有限要素モデルの範囲は

[Redacted text block]

[Redacted]

3.2.1.2 機械解析モデル

図 3.2-2 に 9 × 9 燃料 (A 型) の下部端栓溶接部の応力評価における機械解析モデルの概要を示す。機械解析では、

[Redacted]

機械解析における有限要素モデルの作成においては、

[Redacted]

注記* [Redacted]

3.2.1.3 解析モデルにおける要素の形状及び大きさについて

燃料棒下部端栓溶接部の応力評価における解析モデルでは、

[Redacted]

[Redacted text block]

3.2.2 9×9燃料（B型）

3.2.2.1 解析モデル

図 3.2-3 に 9×9 燃料（B 型）の下部端栓溶接部の応力評価における熱解析モデル及び機械解析モデルの概要を示す。

熱解析では、 [Redacted text]

熱解析における有限要素モデルの作成においては、 [Redacted text]

また、熱解析における有限要素モデルの範囲は、 [Redacted text]

機械解析では、 [Redacted text]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

機械解析における有限要素モデルの作成においては、 [Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

注記* : [Redacted]

[Redacted]

3.2.2.2 解析モデルにおける要素の形状及び大きさについて

燃料棒下部端栓溶接部の応力評価における解析モデルでは、 [Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

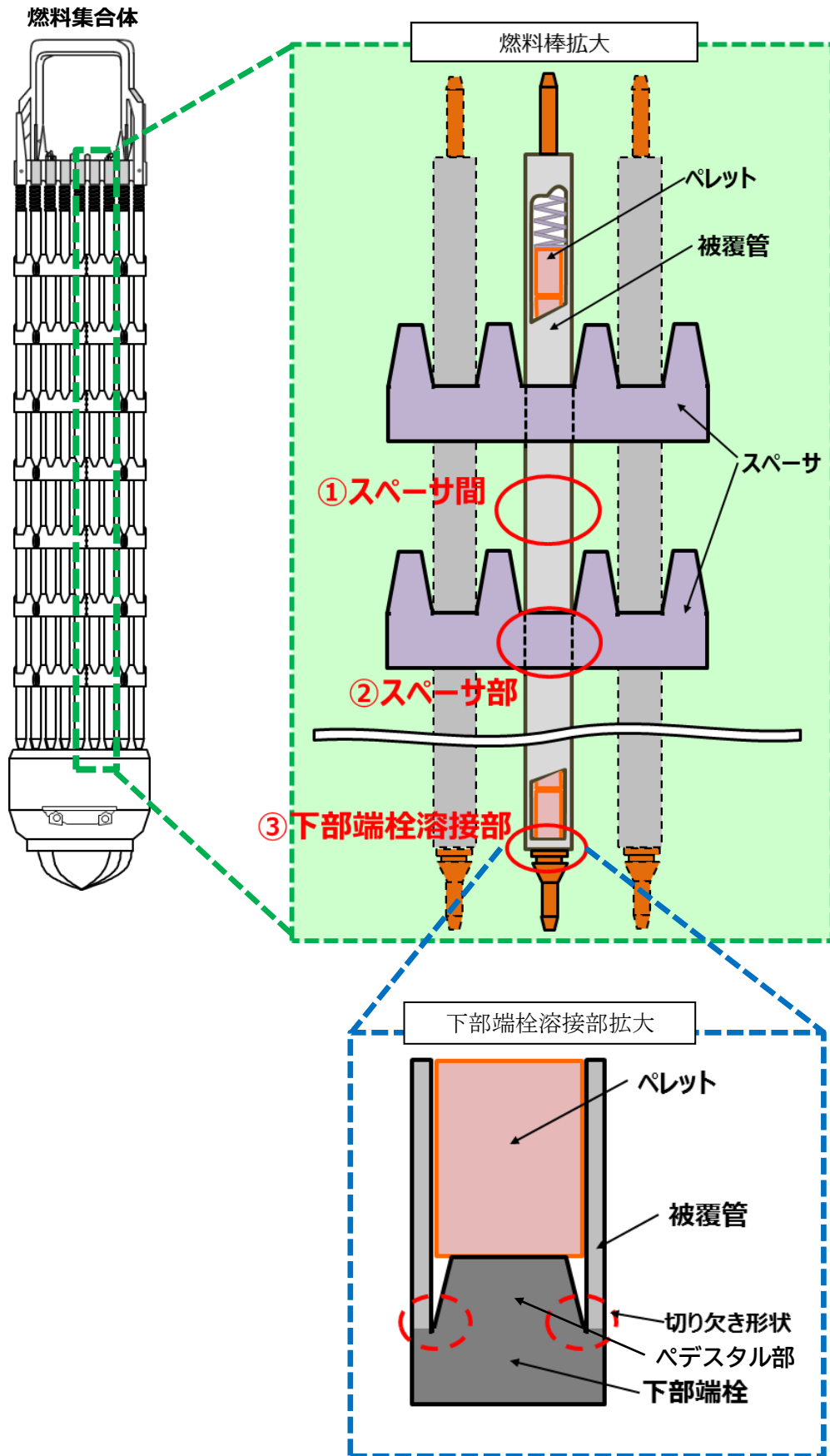


図 3.1-1 下部端栓溶接部の拡大図

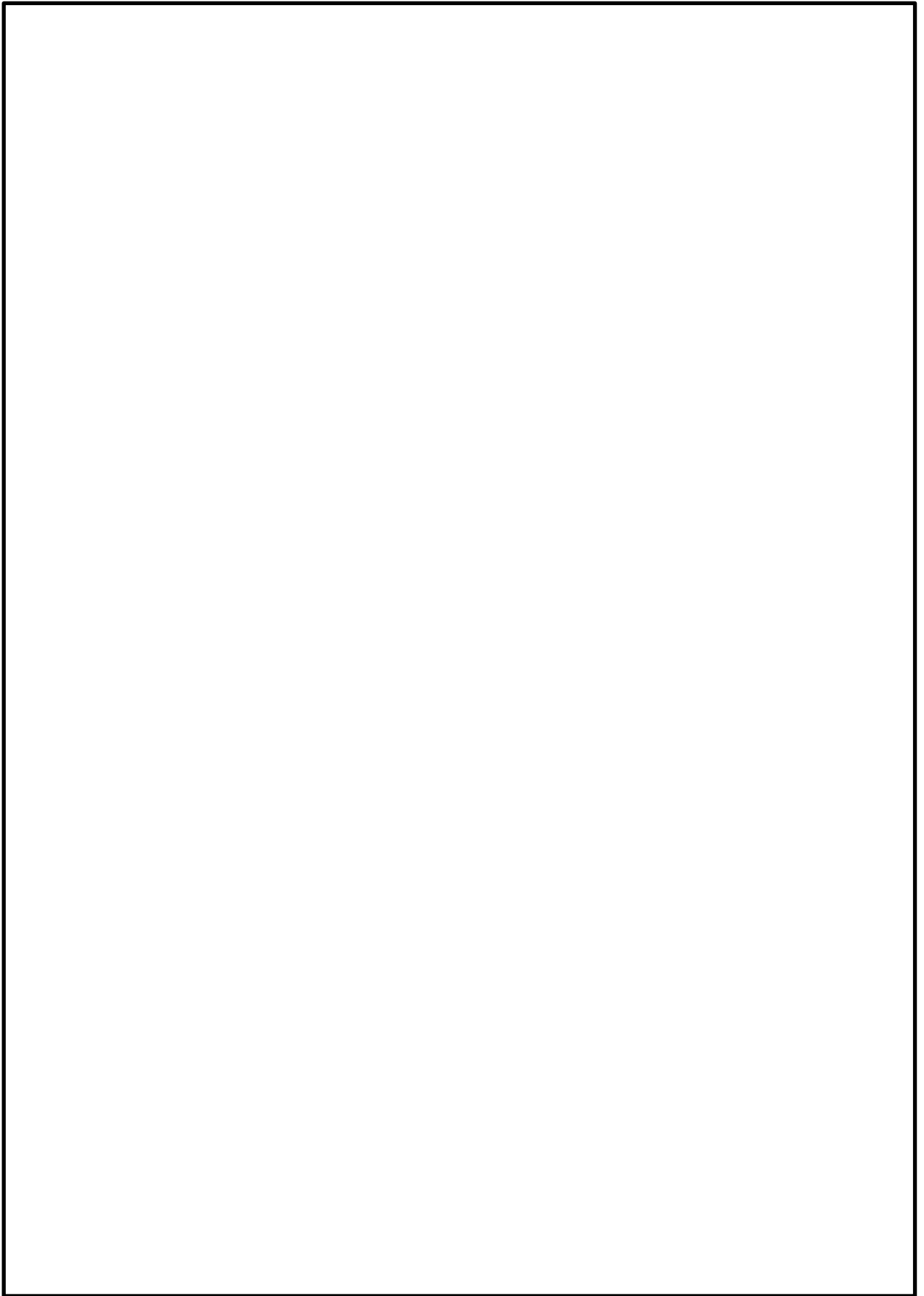


図 3.2-1 9 × 9 燃料 (A 型) の下部端栓溶接部の応力評価における熱解析モデルの概要

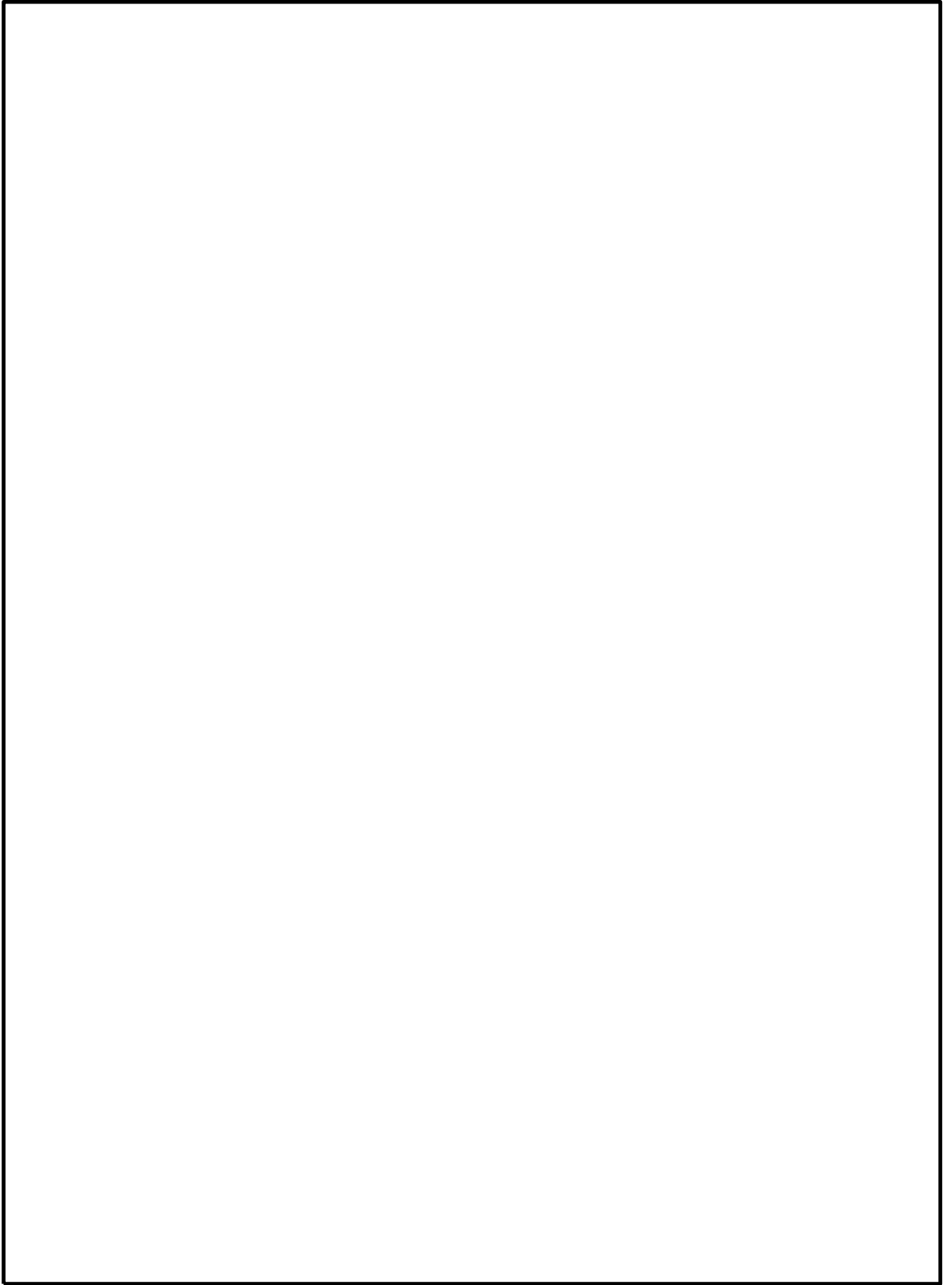


図 3.2-2 9 × 9 燃料 (A型) の下部端栓溶接部の応力評価における機械解析モデルの概要

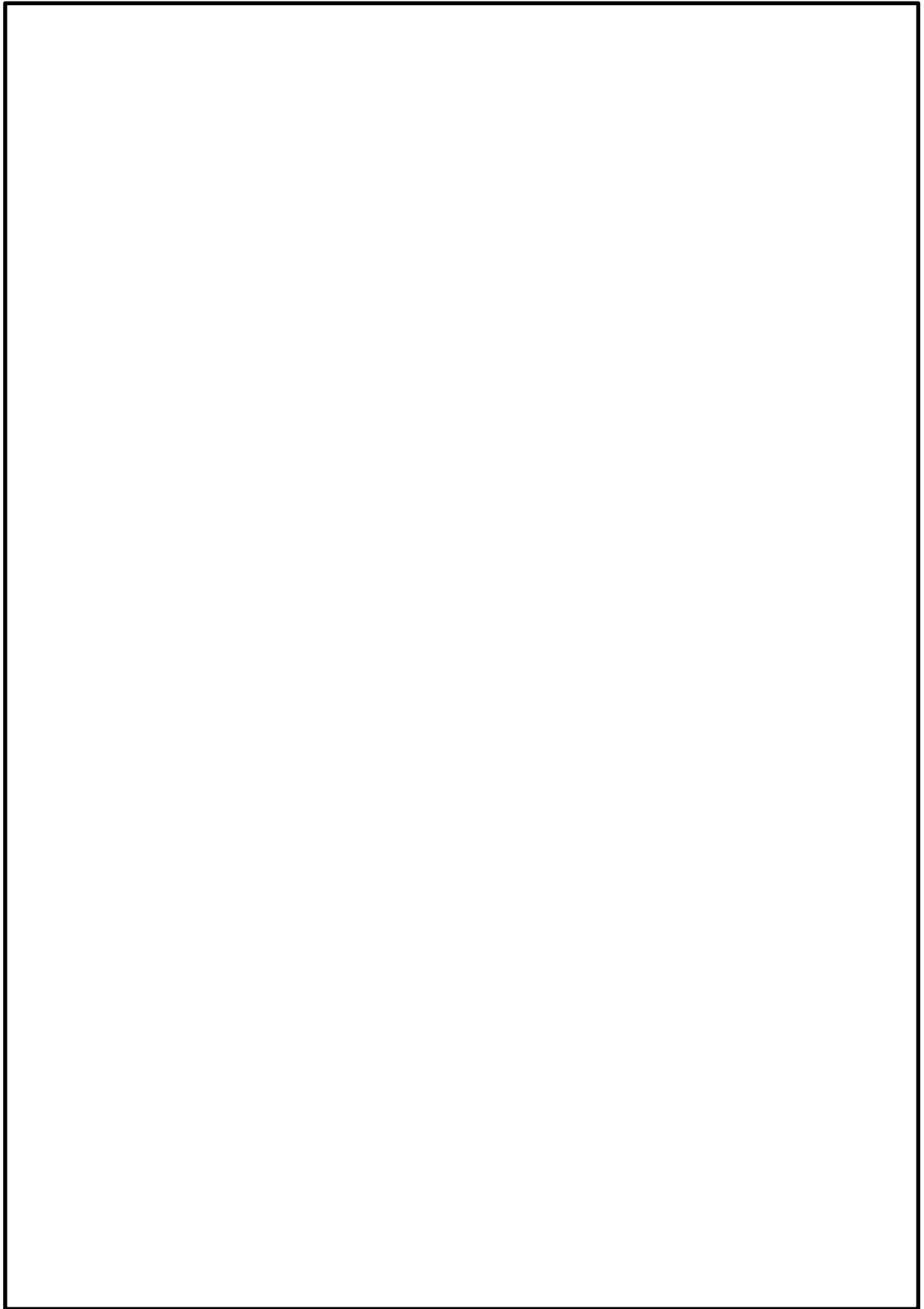


図 3.2-3 9 × 9 燃料 (B型) の下部端栓溶接部の応力評価における熱解析
及び機械解析モデルの概要

4. 燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理について

4.1 概要

VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」で実施している崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関するスペーサ間及びスペーサ部の燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理について説明するものである。

4.2 燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理について

燃料被覆管応力評価におけるモンテカルロ法による統計処理の概要フローを図 4.2-1 に示す。モンテカルロ法による統計処理では、入力変数に公称値と標準偏差を定め、一回の試行ごとに統計的分布に従った入力データセットを乱数により作成し、設計比を求める。入力変数の分布形状、公称値及び標準偏差を表 4.2-1 及び表 4.2-2 に示す。統計分布は、製造時の寸法仕様、燃料棒熱・機械設計解析の解析結果、試験データ等に基づいて設定しており、各入力変数の設定根拠を表 4.2-1 及び表 4.2-2 に示す。本試行を繰り返すことで設計比の統計的分布を求め、95%確率上限値が1以下であることを確認する。

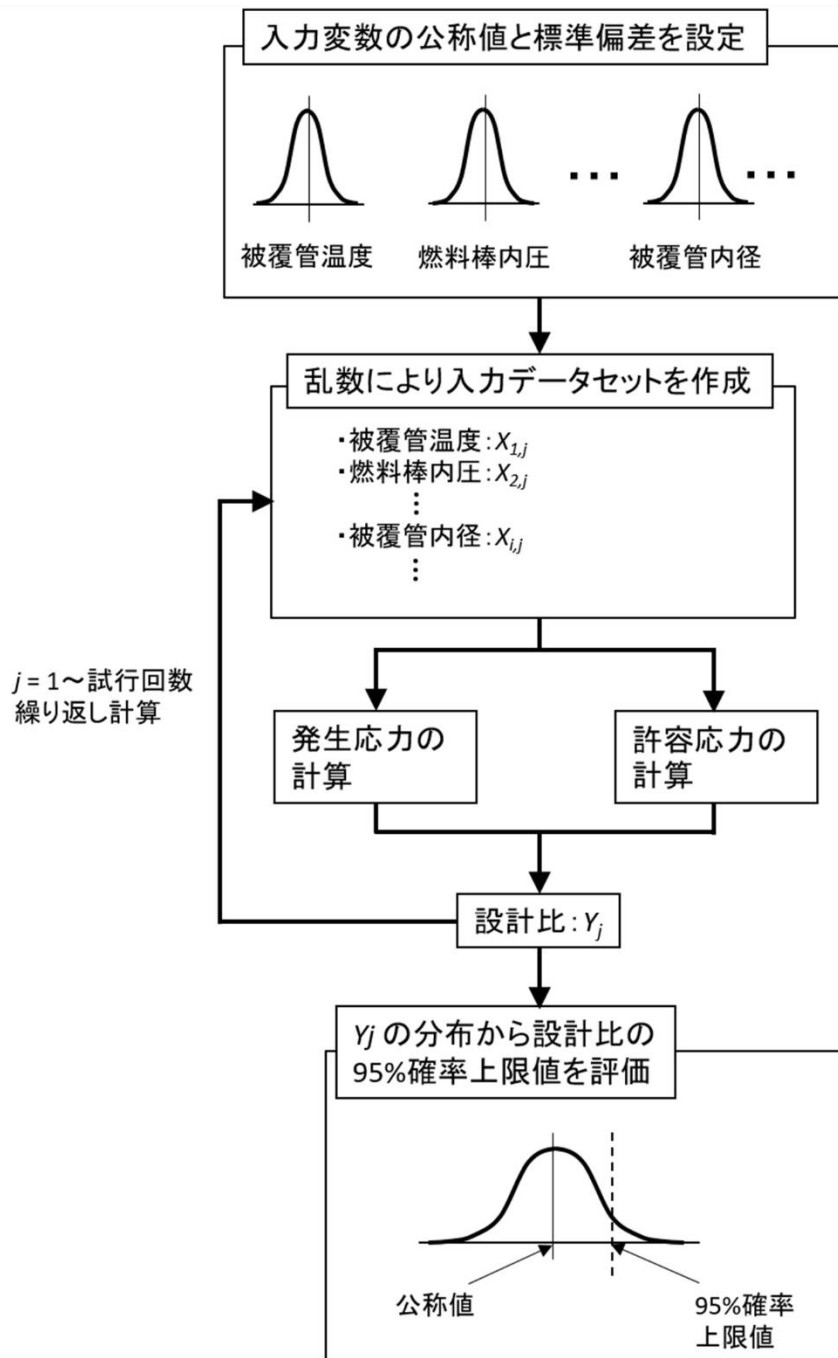


図 4.2-1 モンテカルロ法による統計処理の概要フロー

表 4.2-1 入力変数の分布形状, 公称値及び標準偏差(9 × 9 燃料 (A型))

入力変数	分布形状	公称値	標準偏差	単位	統計分布の 設定根拠

表 4.2-2 入力変数の分布形状, 公称値及び標準偏差(9 × 9 燃料 (B型))

入力変数	分布形状	公称値	標準偏差	単位	統計分布の 設定根拠

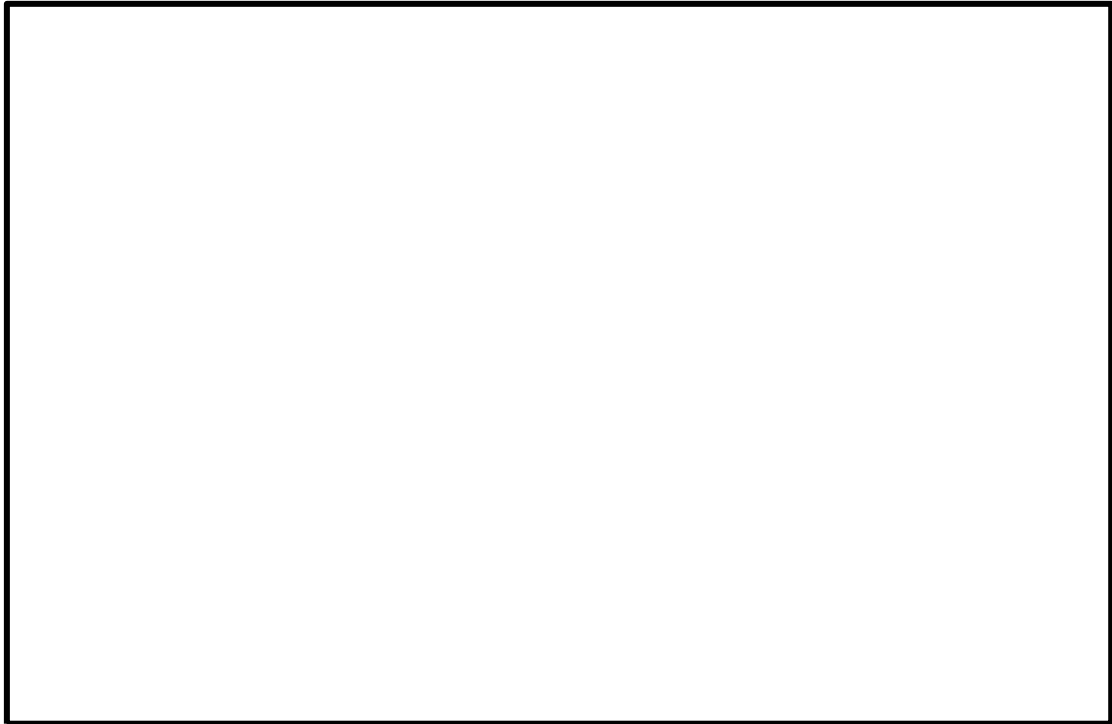


図 4.2-2 ジルカロイ-2 降伏応力の設計値（公称値*）（9×9燃料（A型））

注記*：データ分布上の公称値を示す。



図 4.2-3 ジルカロイ-2 引張強さの設計値（公称値*）（9×9燃料（A型））

注記*：データ分布上の公称値を示す。

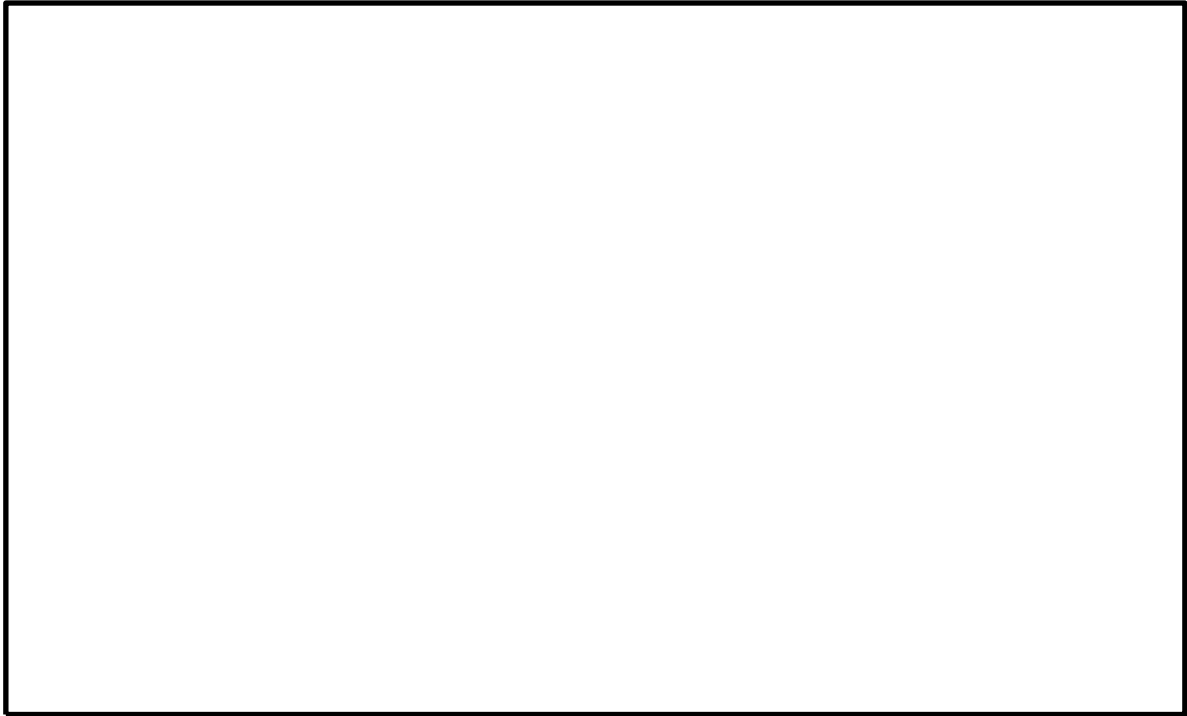


図 4.2-4 ジルカロイ-2 降伏応力の設計値（公称値*）
（9×9燃料（B型）スペーサ間及びスペーサ部）

注記*：データ分布上の公称値を示す。



図 4.2-5 ジルカロイ-2 引張強さの設計値（公称値*）
（9×9燃料（B型）スペーサ間及びスペーサ部）

注記*：データ分布上の公称値を示す。

5. 9×9燃料（B型）における地震時鉛直方向加速度の考慮方法について

5.1 概要

VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」で実施している9×9燃料（B型）の地震時鉛直方向加速度の考慮方法について、地震時鉛直方向加速度を地震時水平方向加速度によるスペーサ間たわみにより発生する軸方向応力における質量増加として考慮する評価手法（9×9燃料（B型）の評価手法）が、地震時鉛直方向加速度を慣性力として取扱う評価手法（9×9燃料（A型）の評価手法）と比べてより保守的な評価手法であることを説明するものである。

5.2 9×9燃料（B型）における地震時鉛直方向加速度の考慮方法について

9×9燃料（B型）では、地震時鉛直方向加速度を地震時水平方向加速度によるスペーサ間たわみにより発生する軸方向応力 σ_2 （式(1)）における質量増加として考慮している。

$$\boxed{\phantom{\sigma_2 = \frac{W_0}{I} (l^2 G_h + D_0)}} \dots (1)$$

ただし、 W_0 :燃料要素単位長質量、 l :スペーサ間距離、 G_h :地震時水平方向最大加速度、 I :燃料被覆管の断面二次モーメント、 D_0 :燃料被覆管外径とする。

なお、地震時鉛直方向加速度による見かけの質量増加を式(2)のように定めている。

$$\boxed{\phantom{\Delta W = W \frac{G_v}{g}}} \dots (2)$$

ただし、 W :実際の燃料要素単位長質量、 G_v :地震時の鉛直方向最大加速度、 g :重力加速度とする。

式(1)及び式(2)より、式(3)が得られる。

$$\boxed{\phantom{\sigma_2 = \frac{W_0}{I} (l^2 G_h + D_0) + \Delta W}} \dots (3)$$

式(3)の右辺第二項が地震時鉛直方向加速度による応力に相当する。

一方で、地震時鉛直方向加速度が慣性力として直接軸方向応力 σ_1 として作用すると考えると式(4)の計算式となる（9×9燃料（A型）の評価方法）。

$$\boxed{} \dots (4)$$

ただし、 W_r :燃料棒の総質量、 D_1 :燃料被覆管の内径とする。

9×9燃料（B型）の地震時鉛直方向加速度の考慮方法（式(3)右辺第二項）では、地震時水平方向加速度が約 を超える条件において、直接軸方向応力として考慮する場合（式(4)）よりも保守的な評価となる（図 5.2-1）。島根原子力発電所第2号機では、評価に用いた炉心内の燃料集合体の地震時水平方向加速度が 40.2m/s^2 （基準地震動 Ss）、 38.9m/s^2 （基準地震動 Sd）、であり よりも十分大きいことから、地震時鉛直方向加速度に対する評価として十分保守的な評価となっていることを確認した。



図 5.2-1 9×9燃料（B型）の地震時鉛直方向加速度考慮方法の保守性

6. 9×9燃料(A型)と9×9燃料(B型)の応力評価における相違点について

6.1 概要

VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」で実施している応力評価において、9×9燃料(A型)と9×9燃料(B型)の燃料タイプの違いにより、応力評価手法に相違点がみられる。

本資料は、9×9燃料(A型)と9×9燃料(B型)における応力評価の相違点及びその相違理由を説明するものである。

6.2 9×9燃料(A型)と9×9燃料(B型)の応力評価における相違点について

(1) 地震期間中の繰返し荷重による応力振幅の算出方法

9×9燃料(A型)では、地震荷重の反転による主応力方向の変化を考慮した応力強さ振幅の評価方法として、日本産業規格 J I S B 8266「圧力容器の構造—特定規格 附属書 8(規定) 圧力容器の応力解析及び疲労解析」の 3.2.1 a) 2)の主応力方向が変動する場合の応力強さ振幅の算出手法に基づいて応力強さの振幅を評価している。なお、9×9燃料(A型)の日本産業規格 J I S B 8266「圧力容器の構造—特定規格 附属書 8(規定) 圧力容器の応力解析及び疲労解析」の 3.2.1 a) 2)の主応力方向が変動する場合の応力強さの振幅の算出手法は先行プラント(柏崎7号, 東海第二, 女川2号)で適用実績のある手法である。

9×9燃料(B型)では、相当応力の評価結果が実験値とよく一致することから、せん断歪エネルギー説(von Mises 理論)に基づいて燃料被覆管の相当応力の振幅を評価している。

(2) スペーサ間及びスペーサ部の応力評価で考慮する応力

9×9燃料(A型)のみで考慮する応力として、スペーサ部における水力振動に基づく応力がある。9×9燃料(B型)では、水力振動に基づく応力の寄与が小さいことに加えて、

_____ 考慮していない。

9×9燃料(B型)のみで考慮する応力として、スペーサ間及びスペーサ部におけるウォータチャンネルと燃料被覆管の熱膨張差による応力がある。9×9燃料(A型)では、ウォータロッドと燃料棒が独立して熱膨張でき、熱膨張差による応力の寄与が非常に小さいため、考慮していない。

(3) スペーサ間及びスペーサ部の応力計算式

地震時の燃料棒たわみによる応力の計算式について、9×9燃料(A型)ではスペーサ間とスペーサ部で別の計算式を用いており、9×9燃料(B型)ではスペーサ間とスペーサ部で同じ計算式を用いている。

9×9燃料(A型)では

スペーサ間とスペーサ部で別の計算式を用いている。

9×9燃料(B型)では

スペーサ間とスペーサ部で同じ計算式を用いている。

(4) 下部端栓溶接部の熱解析で考慮する項目

9×9燃料(A型)のみで考慮する項目として、ジルカロイ部材の γ 発熱がある。また、9×9燃料(A型)では

9×9燃料(B型)ではペレットの発熱量に対して γ 発熱量が十分小さく寄与が非常に小さいものとして、ジルカロイ部材の γ 発熱を考慮していない。また

に差異がみられるのは、9×9燃料(A型)では
のに対し、9×9燃料(B型)では
ためである。

(5) 下部端栓溶接部の応力評価で考慮する項目

9×9燃料(A型)では、燃料棒内圧にを用いている。また、9×9燃料(A型)のみで考慮する荷重として、膨張スプリング等による軸方向荷重(軸方向応力)及び燃料被覆管の周方向温度差及び端栓取付角公差による初期曲がりに基づく曲げ荷重(曲げ応力)がある。

燃料棒内圧については、燃料の燃焼に従って燃料棒内部にFPガスが発生する影響で、寿命初期で最も燃料棒内圧が小さくなり内外圧力差による応力が大きくなるため、9×9燃料(A型)ではで保守的な取扱いとしている。なお、9×9燃料(B型)では
でより保守的な評価としている。

膨張スプリング等による軸方向荷重(軸方向応力)及び燃料被覆管の周方向温度差及び端栓取付角公差による初期曲がりに基づく曲げ荷重(曲げ応力)について、9×9燃料(B型)では、発生応力が小さく寄与が非常に小さいものとして、考慮していない。

(6) 許容応力における照射影響の考慮方法

燃料被覆管(ジルカロイ-2)の許容応力には照射影響を考慮した値を使用しているが、下部端栓溶接部の許容応力について、9×9燃料(A型)では寿命中期と寿命末期を分けており、9×9燃料(B型)では同一の値としている。

9×9燃料(A型)では、下部端栓溶接部において寿命中期では照射硬化が飽和しないため寿命中期と寿命末期で許容応力の値が異なっている。9×9燃料(B型)においても、下部端栓溶接部において寿命中期で照射硬化は飽和しないものの、寿命中期の方が寿命末期よりも許容応力が小さく保守的な取扱いとなることから、スペーサ間及びスペーサ部の許容応力の取扱いとあわせる観点で、寿命末期についても寿命中期の値を用いている。

なお、9×9燃料(B型)のスペーサ間及びスペーサ部について、寿命中期及び寿命末期の降伏応力と引張強さがほぼ同等の値となっているが、これは照射硬化により両者の差が小さくなるためである。

(7) スペーサ間及びスペーサ部の応力評価において統計分布を考慮する入力変数

9×9燃料(A型)のみで統計分布を考慮する項目として []
[]がある。9×9燃料(B型)では []
[]統計分布を考慮する項目として扱っていない。

9×9燃料(B型)のみで統計分布を考慮する項目として []
[]がある。9×9燃料(A型)では []
[]統計分布を考慮する項目として扱っていない。

7. 燃料被覆管の応力評価に用いる各評価手法の保守性について

7.1 概要

VI-2-3-2-1「燃料集合体の耐震性についての計算書」で実施している応力評価においては、スペーサ間及びスペーサ部の弾性解析にモンテカルロ法を、下部端栓溶接部の有限要素解析に決定論的手法をそれぞれ用いて設計比を評価している。

本資料は、モンテカルロ法及び決定論的手法における評価の保守性を説明するものである。

7.2 モンテカルロ法と決定論的手法の保守性の考え方

燃料被覆管（スペーサ間、スペーサ部、下部端栓溶接部）の応力評価における設計比は、燃料被覆管寸法、燃料被覆管温度、燃料棒内圧、炉心条件、許容応力等を入力変数とした関数となっている。また、これらの入力変数の不確かさを考慮するため、製造実績、実機運転データ等を考慮し、それぞれの公称値を中央値として統計的分布を設定している。

(1) スペーサ間及びスペーサ部

モンテカルロ法では、1回の試行ごとに乱数を用いて、各入力変数の統計的分布から各入力条件を選定し、厚肉円筒式による弾性解析を行い、設計比を評価する。この試行を繰り返し実施することにより設計比の統計的分布を求め、95%確率上限値における設計比が1以下であることで当該部位の健全性を確認するとともに、評価結果に保守性を持たせている（図 7.2-1 参照）。

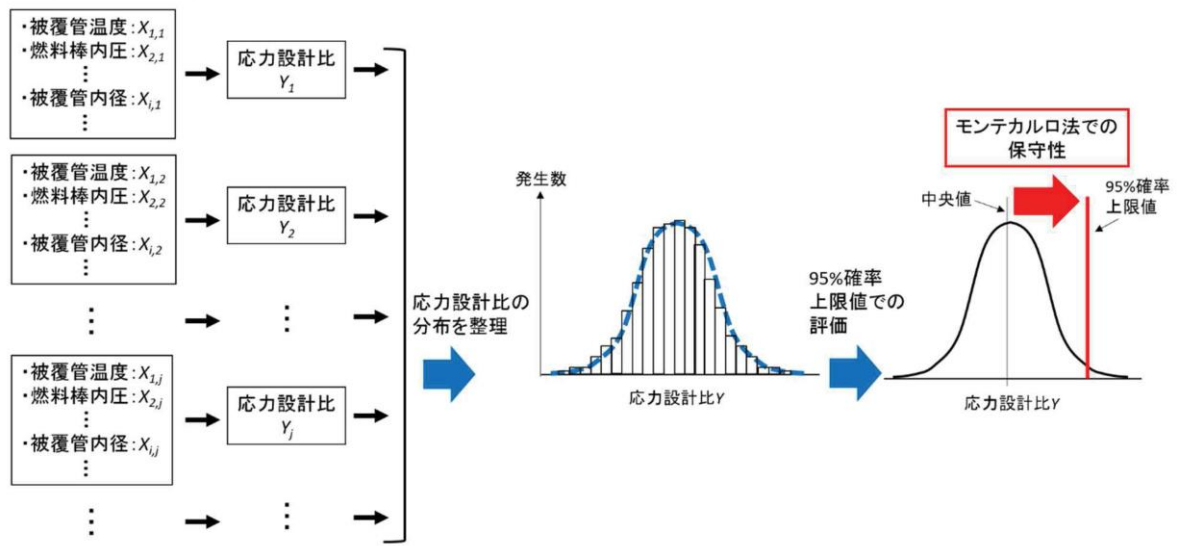
(2) 下部端栓溶接部

下部端栓溶接部は、切り欠き形状を含んだ複雑形状のため、有限要素解析により設計比を評価する。ここで、スペーサ間及びスペーサ部と同様にモンテカルロ法を用いるとすると、入力変数となる燃料被覆管寸法等を変動させる都度、有限要素解析モデルの修正が必要であり、対応が膨大となるため現実的ではない。よって、下部端栓溶接部の設計比の評価については、決定論的手法を適用することとし、各入力変数に統計的分布における95%確率上下限値を用いることで保守性を持たせている（図 7.2-1 参照）。

以上のとおり、スペーサ間及びスペーサ部、下部端栓溶接部ともに結果が保守的になるような評価を行っている。

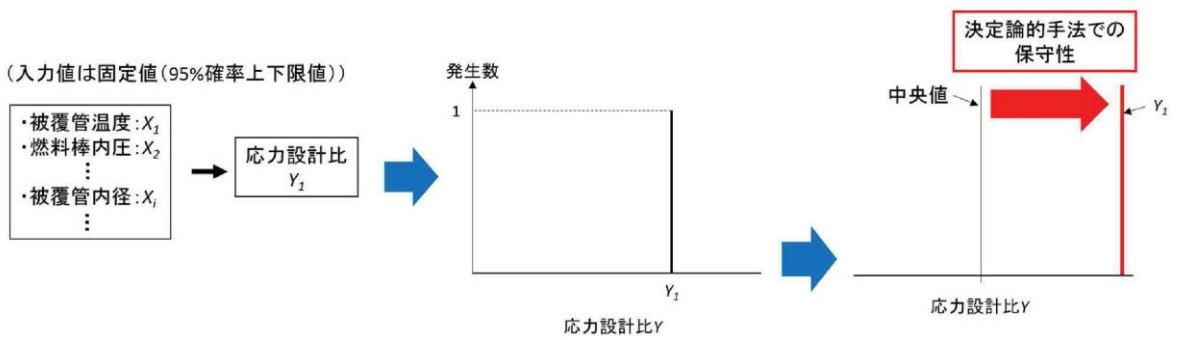
なお、スペーサ間及びスペーサ部の弾性解析にモンテカルロ法、下部端栓溶接部の有限要素解析に決定論的手法をそれぞれ用いることは、「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について（昭和63年5月12日、原子力安全委員会了承）」において妥当と判断されており、原子炉設置（変更）許可申請書添付書類Ⅷ及び燃料体設計認可申請書添付書類Ⅱ（応力解析）において許認可実績を有している。

(入力値は統計分布に従いランダムに生成)



(a) モンテカルロ法 (スペーサ間及びスペーサ部)

(入力値は固定値(95%確率上下限值))



(b) 決定論的手法 (下部端栓溶接部)

図 7.2-1 モンテカルロ法及び決定論的手法における保守性の概念図

補足-027-10-21 原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書に
関する補足説明資料

1. はじめに

島根 2 号機の原子炉建物天井クレーン (Bクラス施設) は、下部に設置された上位クラス施設である燃料プール、使用済燃料貯蔵ラック等に対して、波及的影響を及ぼさないことを確認する必要があるため、VI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」において耐震評価結果を示している。

本書は、VI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」に関する補足説明資料として、時刻歴解析における材料物性の不確かさ等に関する検討、原子炉建物天井クレーンガーダ鉄骨の基準地震動 S_s による地震力に対する検討結果等についてまとめたものである。

2. 添付資料

- 添付1 原子炉建物天井クレーンの耐震評価の基本方針
- 添付2 時刻歴解析における材料物性の不確かさ等に関する検討
- 添付3 ワイヤロープの長さや吊荷の速度変化及び発生荷重との関係
- 添付4 原子炉建物天井クレーンの地震時におけるすべり量
- 添付5 走行レール及び車輪つばの耐震評価結果
- 添付6 主巻ワイヤのブレーキ制動力
- 添付7 側面の接触による摩擦荷重の影響
- 添付8 クレーンガーダの基準地震動 S_s による地震力に対する検討
- 添付9 地震時における吊荷の揺動影響
- 添付10 時刻歴加速度波の位相による耐震評価への影響
- 添付11 トロリストッパ評価における非線形時刻歴応答解析から求めた水平力適用の影響

原子炉建物天井クレーンの耐震評価の基本方針

1. 構造の概要

原子炉建物天井クレーンは、クレーン本体ガーダ及びトロリなどの構造体で構成されている。全体構造図を図1-1に示す。

原子炉建物EL51.70mのクレーンガーダ上に設けた走行レール上をクレーン本体ガーダが走行し、クレーン本体ガーダ上部の横行レール上をトロリが横行する。クレーン本体ガーダは落下防止ラグ、トロリはトロリストoppaを走行部付近に備えており、各々浮上り代を設けた（鉛直方向の浮上りを拘束しない）構造である。

また、吊荷はトロリに設置されたワイヤロープ及びフックを介して吊上げ・吊下げ・移動の作業を行う。

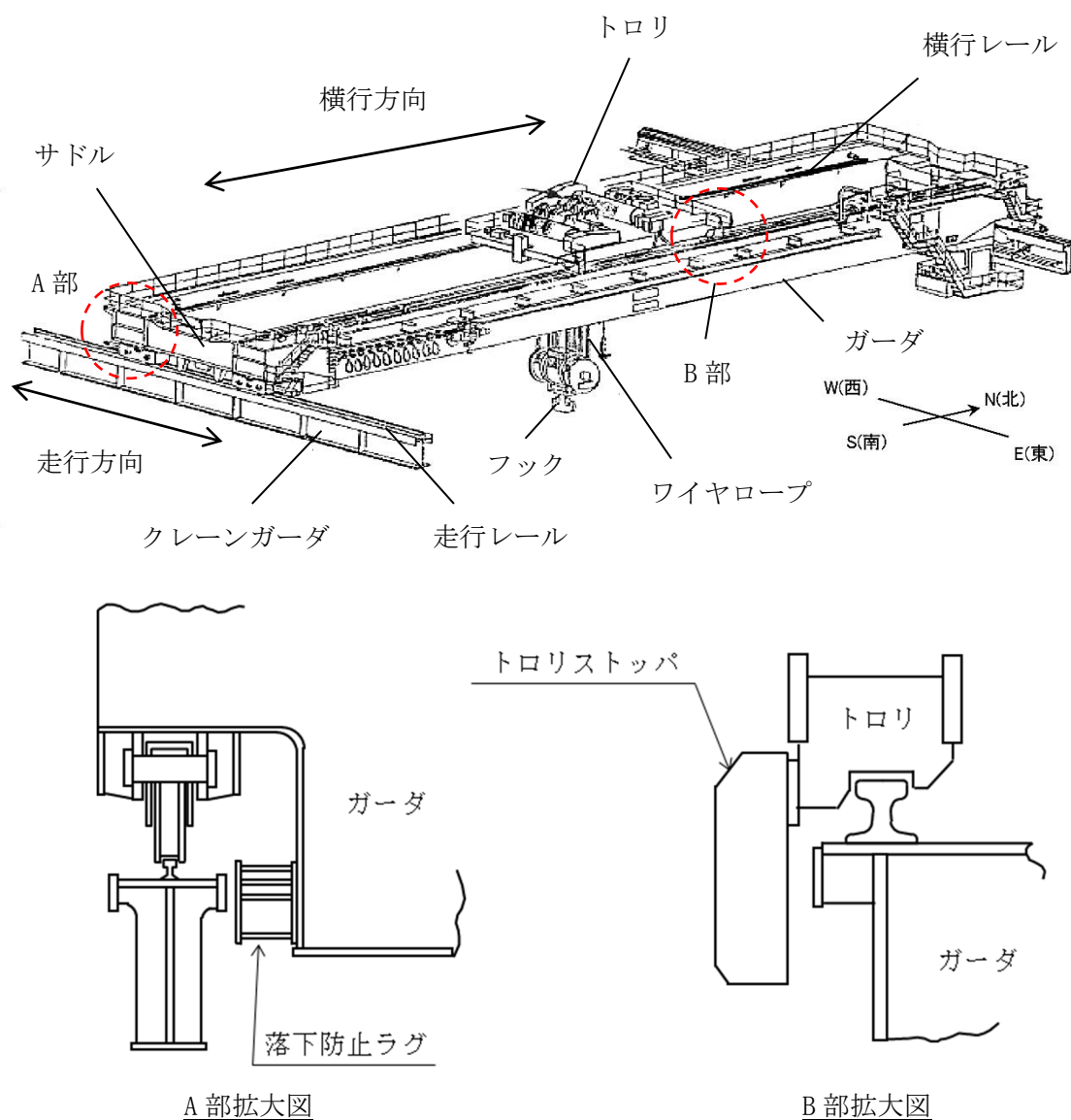


図 1-1 原子炉建物天井クレーン全体構造図

2. 耐震評価方法

2.1 解析方法及び解析モデル

原子炉建物天井クレーンの応力評価に用いる地震荷重及び荷重評価に用いる加速度を算定するための地震応答解析について以下に示す。

2.1.1 解析方法の詳細

- (1) 原子炉建物天井クレーンは、地震加速度によって浮上りが発生する可能性があるため、その浮上り状況を適切に評価するために、多質点はりモデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。
- (2) 地震応答解析に用いる減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、水平方向及び鉛直方向ともに2.0%を用いる。

なお、減衰定数はRayleigh減衰により、減衰定数2.0%となる固有周期点を原子炉建物天井クレーンの固有周期に合わせて設定することで与える。この固有周期点は、原子炉建物天井クレーンの鉛直方向1次固有周期が最長で であることを踏まえて設定している。

Rayleigh減衰の減衰定数 ζ と振動数 f の関係式は、係数 α 及び β を用いて以下の式で与えられる。

$$\zeta = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{f} + f \cdot \beta \right)$$

減衰定数2.0%となる固有周期点との関係より、係数 α 及び β は、それぞれ $\alpha =$, $\beta =$ とする。

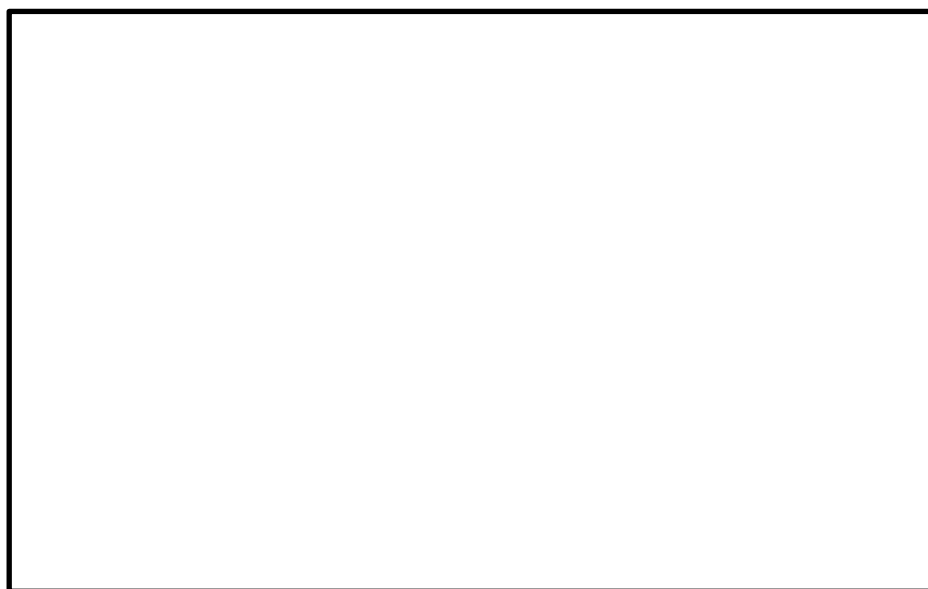


図1-2 原子炉建物天井クレーンのRayleigh減衰設定における減衰定数 ζ と振動数 f の関係

- (3) クレーン本体及びトロリの車輪部はレール上に乗っており固定されていないため、すべりが発生する構造であることから、解析に当たっては車輪、レールのすべり状況を考慮する。
- (4) 吊具の評価を行う場合は、トロリにワイヤロープを模擬したトラス要素と吊荷を模擬した質点を設けて地震応答解析を実施し、吊具に発生する加速度を算出し、これを用いて評価を行う。また、ワイヤロープについては、引張方向（鉛直下向き）にのみ荷重を受け、圧縮方向（鉛直上向き）の荷重を受けない設定とする。

2.1.2 解析モデル及び諸元

解析モデルはクレーン本体をはり要素及び非線形要素でモデル化した FEM モデルとする。解析モデル概要図を図 1-3 に示す。

なお、トロリは剛な構造物であり、トロリストッパを除く構造物は評価対象部位としておらず、モデル上は、質量としてクレーン本体に付加することを目的としているため、単純なはり要素としてモデル化している。

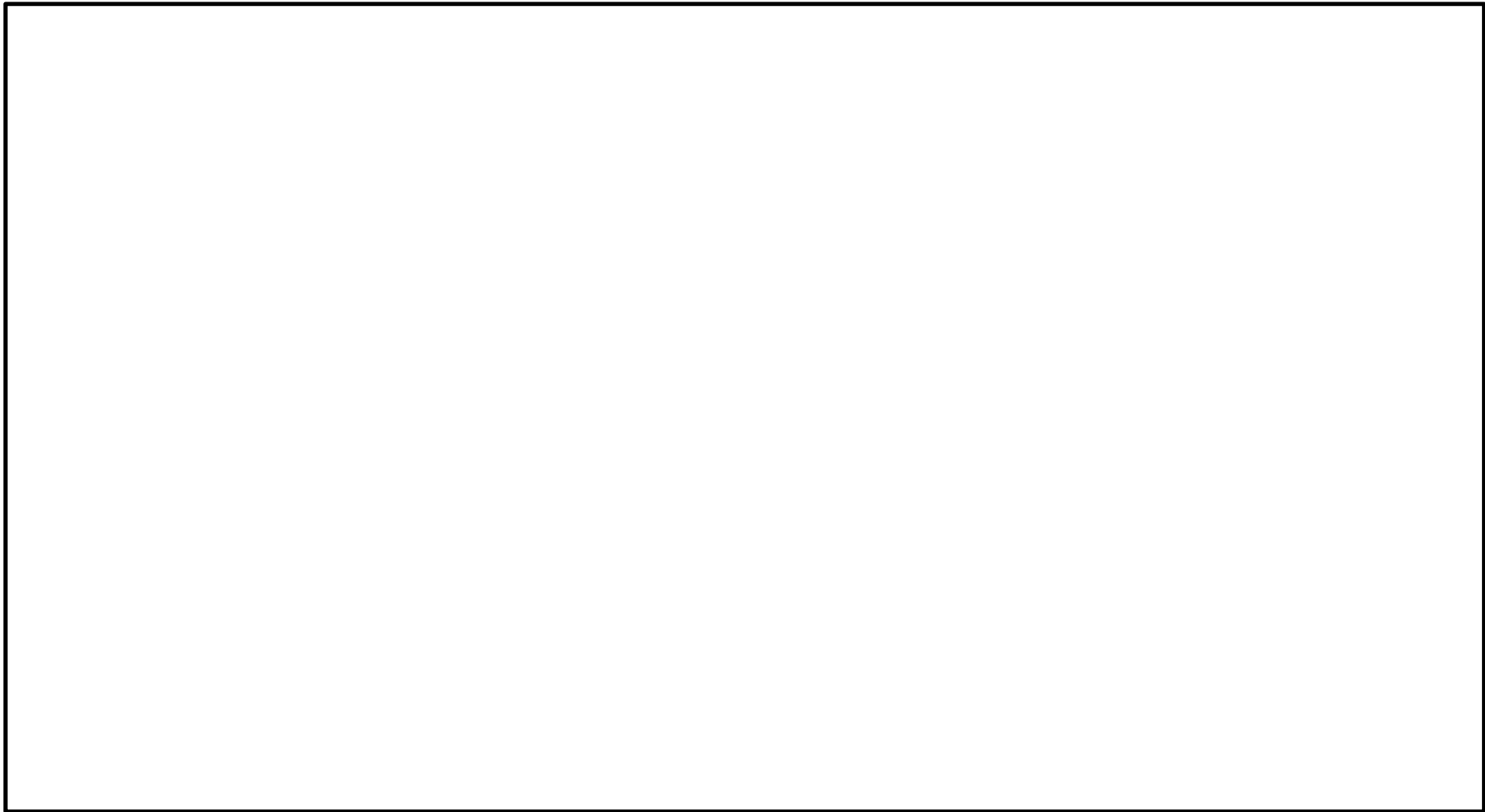


図 1-3(1) 原子炉建物天井クレーン解析モデル (固有値解析時)

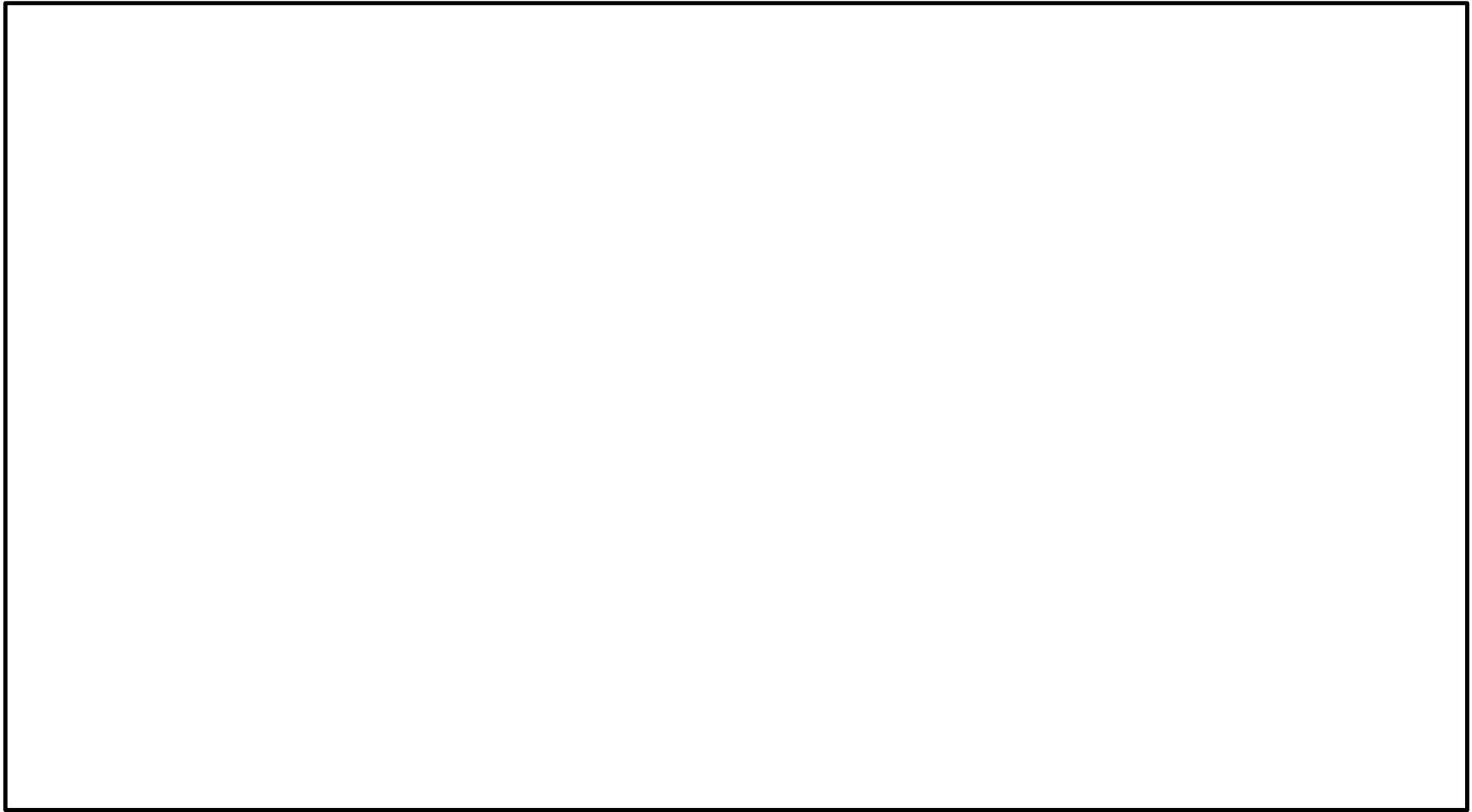


図 1-3(2) 原子炉建物天井クレーン解析モデル (地震応答解析時)

2.1.3 解析モデルの境界条件

クレーン本体車輪部（駆動輪，従動輪）と走行レール，トロリ車輪部（駆動輪，従動輪）と横行レールにおける解析モデルの境界条件を表 1-1 及び表 1-2 に示す。

また，クレーン本体車輪部及びトロリ車輪部の概要図について，図 1-4 に示す。

固有値解析時は，クレーン本体車輪部及びトロリ車輪部において，水平方向及び鉛直方向ともに拘束条件としている。

地震応答解析時は，クレーン本体車輪部においては，EW 方向（クレーン本体走行方向）及びUD 方向（鉛直方向）について，それぞれすべり，浮上りを考慮しているため，非拘束条件としている。また，NS 方向（クレーン本体走行方向の直交方向）についてはクレーン本体車輪部と走行レールとの間隙（片側約 12.5mm）及び落下防止ラグと走行レールの間隙（片側約 35mm）は非常に狭く，地震時には，クレーン本体車輪部と走行レールが接触して荷重が伝達されるため，拘束条件としている。

トロリ車輪部においては，NS 方向（トロリ走行方向）及びUD 方向（鉛直方向）について，それぞれすべり，浮上りを考慮して非拘束条件としている。また，EW 方向（トロリ走行方向の直交方向）については，トロリ車輪部と横行レールの間隙（片側約 12.5mm），トロリストoppaと躯体の間隙（片側約 35mm）が非常に狭く，地震時には，トロリ車輪部と横行レールが接触し，荷重が伝達されることから，すべりを生じない拘束条件としている。

表 1-1 境界条件（クレーン本体車輪部と走行レール）

解析内容	部位*		NS 方向 (クレーン本体 走行方向の 直交方向)	EW 方向 (クレーン本体 走行方向)	UD 方向 (鉛直方向)
固有値 解析	クレーン 本体車輪 部と走行 レール	①(駆動輪)	並進：拘束 回転：非拘束	並進：拘束 回転：非拘束	並進：拘束 回転：非拘束
		②(駆動輪)			
		③(従動輪)			
		④(従動輪)			
地震応 答解析	クレーン 本体車輪 部と走行 レール	①(駆動輪)	並進：拘束 ・走行レール及 び脱線防止ラグ による拘束 回転：非拘束	並進：非拘束 ・すべり考慮 $\mu=0.15$ 回転：非拘束 並進：非拘束 ・追従移動 $\mu=0$ 回転：非拘束	並進：非拘束 ・浮上り考慮 回転：非拘束
		②(駆動輪)			
		③(従動輪)			
		④(従動輪)			

注記*：部位欄の番号①～④は，図 1-3 中の①～④に対応

μ ：摩擦係数

表 1-2 境界条件 (トロリ車輪部と横行レール)

解析内容	部位*	NS 方向 (クレーン本体 走行方向の 直交方向)	EW 方向 (クレーン本体 走行方向)	UD 方向 (鉛直方向)
固有値 解析	⑤(駆動輪)	並進：拘束 回転：非拘束	並進：拘束 回転：非拘束	並進：拘束 回転：非拘束
	⑥(駆動輪)			
	⑦(従動輪)			
	⑧(従動輪)			
地震応 答解析	⑤(駆動輪)	並進：非拘束 ・すべり考慮 $\mu=0.3$ 回転：非拘束	並進：拘束 ・横行レール及 びトロリストッ パによる拘束 回転：非拘束	並進：非拘束 ・浮上り考慮 回転：非拘束
	⑥(駆動輪)			
	⑦(従動輪)	並進：非拘束 ・追従移動 $\mu=0$ 回転：非拘束		
	⑧(従動輪)			

注記*：部位欄の番号⑤～⑧は、図 1-3 中の⑤～⑧に対応

μ ：摩擦係数

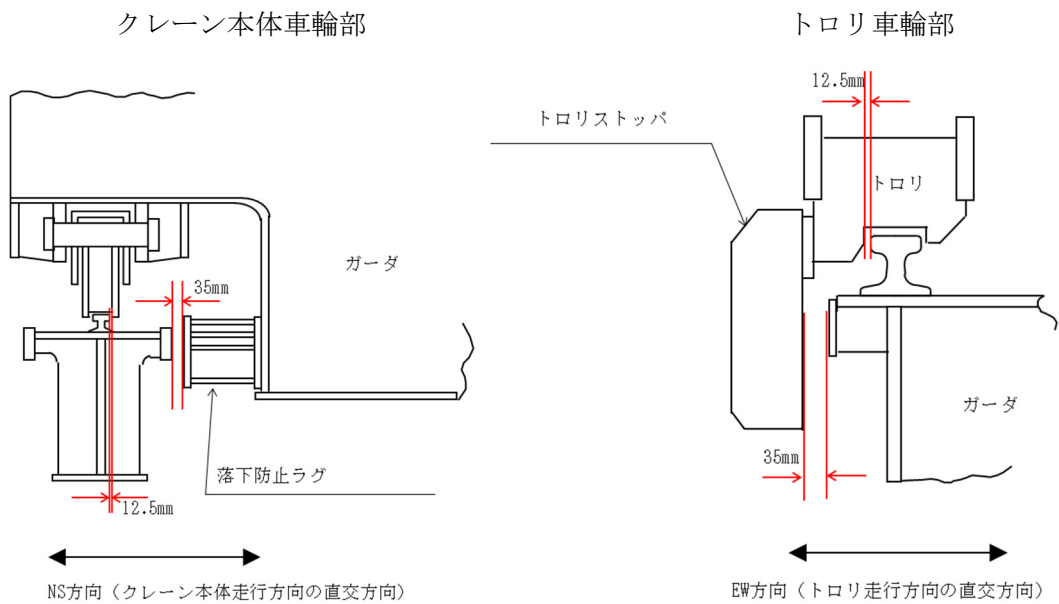


図 1-4 落下防止ラグ及びトロリストッパ概要図

2.1.4 クレーン車輪部の非線形要素の設定

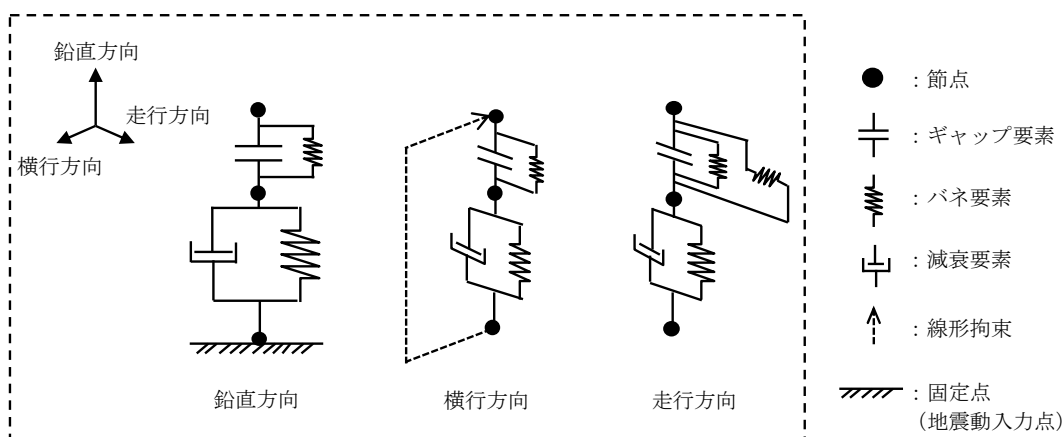
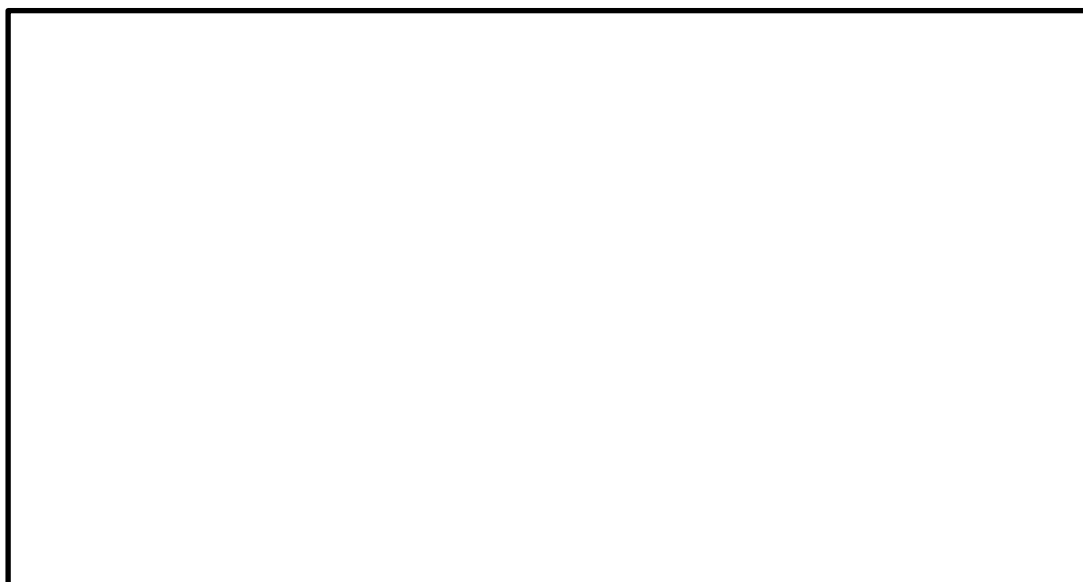
(1) 車輪部の非線形要素の考え方

クレーン全体モデル図及び車輪部の非線形要素図を図1-5に示す。

クレーン車輪部のモデル化では、すべり、鉛直方向の浮上り及び衝突の挙動を模擬するためギャップ要素を用いる。鉛直方向は、接触部位の局所変形による接触剛性をばね要素で、衝突による減衰効果を減衰要素で模擬し、ギャップ要素と直列に配置する。

また、クレーン横行方向については、線形要素によって剛拘束とし、クレーン走行方向は、ギャップ要素に設定した摩擦係数と十分に柔なばね要素によりすべりの挙動を模擬する。

なお、各要素（ギャップ要素、ばね要素、減衰要素）の詳細設定については(2)以降に記載する。



車輪部モデル

図1-5 クレーン全体モデル図及び車輪部の非線形要素図

(2) 車輪とレール間の摩擦特性（ギャップ要素）

クレーンの車輪には電動機及び減速機等の回転部分と連結された駆動輪と回転部分と連結されていない従動輪の2種類がある。このうち駆動輪は回転が拘束されているため、地震力が車輪部に加わると回転部分が追従できず最大静止摩擦力以上の水平力が加われればレール上をすべる。

摩擦係数は実機の縮小試験体を用いて加振試験を行った既往研究(1)を踏まえ、0.3と設定した。既往研究においては、摩擦係数として0.11～0.19の値が確認されているが、摩擦係数の大きい方がクレーン本体へ加わる水平力が大きくなるため、保守的に0.3とした。

なお、摩擦係数0.3は、島根2号機原子炉建物天井クレーンの既工認（静的評価）及び先行実績（大間1号機（動的解析））においても同様に適用されている。

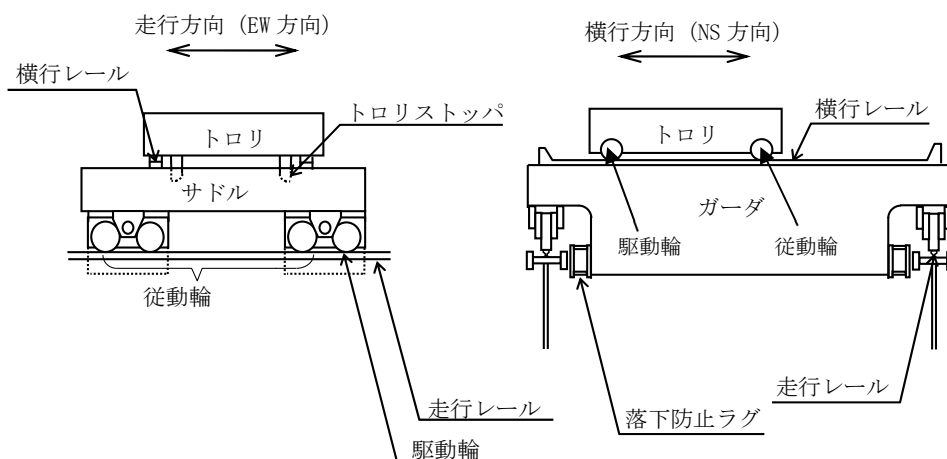


図 1-6 島根 2 号機原子炉建物天井クレーン概要図

(3) 車輪とレールの接触剛性（ばね要素）

接触剛性はクレーン類の非線形応答挙動を検討した既往研究(2)を踏まえ、接触剛性を考慮したばね要素とクレーン質量で構成される1自由度系の固有振動数が20Hzになるように設定した。既往研究においては、今回の設定方法のほか、ヘルツの接触理論により荷重に着目して設定する方法、荷重やトロリ浮上り量等の試験結果と同等になるようにパラメータスタディを行って設定する方法などを検討しているが、いずれの設定方法でも接触剛性（ばね要素）の差異がほとんどないことが確認されている。

なお、今回の接触剛性（ばね要素）の設定方法は、先行実績（大間1号機）においても同様に適用されている。

(4) 車輪とレール間の衝突による減衰（減衰要素）

減衰は、クレーン類の非線形応答挙動を検討した既往研究(3)を踏まえ、車輪の反発係数から換算される減衰比を設定した。既往研究においては、車輪及びレールを模擬した試験体を用いて、重力加速度を利用した反発試験（図 1-7）を実施し、車輪とレール間の反発係数から減衰比を確認している。

なお、反発係数と減衰比の関係式は次式のとおり。また、反発係数と減衰比の関係を図 1-8 に示す。

$$e = \exp\left(-\frac{h\pi}{\sqrt{1-h^2}}\right)$$

e : 反発係数, h : 減衰比

既往研究の反発係数試験から得られた反発係数は、0.6~0.65 であり、減衰比に換算すると となるため、下限値となる を適用する。

なお、今回の減衰の設定方法は、先行実績（大間 1 号機）においても同様に適用されている。

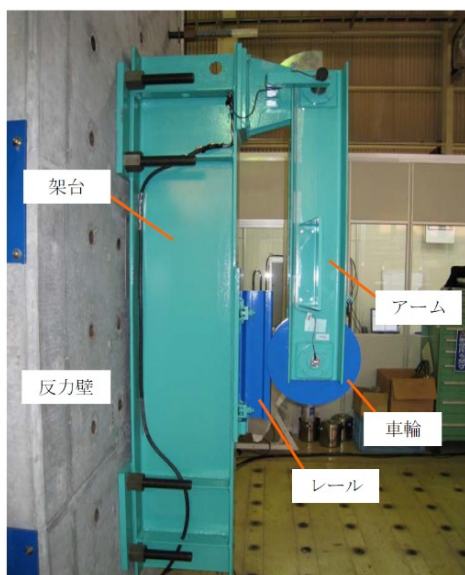


図 1-7 車輪反発係数試験体*

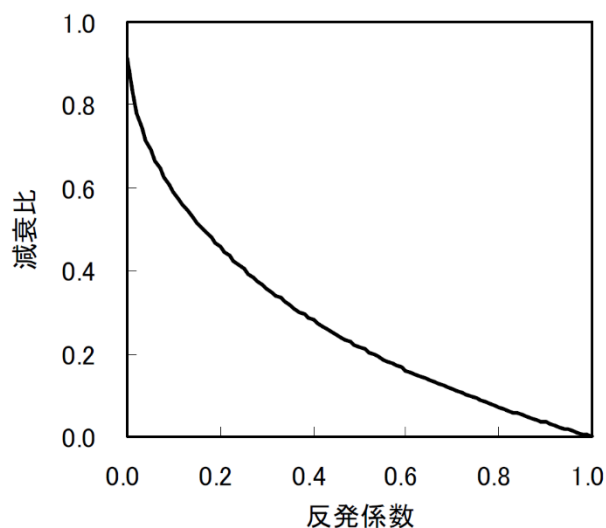


図 1-8 反発係数と減衰比の関係*

注記*：『平成 19 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 動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書（08 耐部報-0021,（独）原子力安全基盤機構）』より一部引用

3. 固有周期

設計基準対象施設としての検討ケース時における固有値解析結果を表 1-3 に、重大事故等対処設備としての検討ケース時における固有値解析結果を表 1-4 に示す。なお、設計基準対象施設としての検討ケース時における固有値解析結果は、評価結果の厳しくなるトロリ位置中央、吊荷有の評価ケースについて記載する。

固有値解析結果より、各方向の卓越モードの選定方針を以下に示し、その時の振動モード図を図 1-9 及び図 1-10 示す。

【卓越モードの選定方針】

- ・鉛直方向 : 主要評価部位であるクレーン本体ガーダ及び吊具は、支配的となる鉛直方向に最も卓越するモードを選定する。
- ・走行 (EW) 方向 : クレーン全体が走行レール上をすべる方向のため、クレーン全体が走行 (EW) 方向に最も卓越するモードを選定する。
- ・横行 (NS) 方向 : 落下防止ラグへの算出荷重に用いる設計震度を算定するための固有周期を確認するため、落下防止ラグが設置されているクレーン本体ガーダが最も横行方向 (NS 方向) へ卓越するモードを選定する。

表 1-3 設計基準対象施設の検討ケース時の固有値解析結果 (トロリ位置中央, 吊荷有)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*1			有効質量(t)		
			NS	EW	UD	NS	EW	UD
1	水平 (EW) 方向	0.645						
2	鉛直方向	0.442						
3	水平 (EW) 方向	0.279						
4	水平 (NS) 方向	0.206						
5	水平 (EW) 方向	0.187						
6	水平 (NS) 方向	0.118						
7	鉛直方向	0.116						
8	水平 (EW) 方向	0.095						
9	水平 (EW) 方向	0.091						
34*2	水平 (NS) 方向	0.016						

注記*1 : モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

*2 : 10 次以降の固有周期は剛領域のため、横行 (NS) 方向の卓越モードを代表で記載した。

*3 : 各方向の卓越モードは、地震応答に寄与する有効質量の観点から、以下の通り選定した。

- ・鉛直方向 : 2 次
- ・走行 (EW) 方向 : 3 次
- ・横行 (NS) 方向 : 34 次 (有効質量が最大且つ横行 (NS) 方向にクレーン本体ガーダが卓越するモード。なお、6 次の横行 (NS) 方向へのモードは、固有値解析モデルでは、非線形要素を無効化 (線形化) しているため、トロリ車輪とレールが拘束されることで、トロリが卓越するモードが生じているが、地震応答解析ではトロリ車輪はレールと拘束されず、トロリはレール上をすべるため、落下防止ラグが設置されているクレーン本体ガーダへの影響は軽微であり、卓越するモードには選定しない。)

表 1-4 重大事故等対処設備の検討ケース時の固有値解析結果（トロリ位置端部，吊荷無）

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数* ¹			有効質量(t)		
			NS	EW	UD	NS	EW	UD
1	鉛直方向	0.379						
2	水平 (EW) 方向	0.373						
3	水平 (EW) 方向	0.239						
4	水平 (EW) 方向	0.223						
5	水平 (NS) 方向	0.173						
6	鉛直方向	0.150						
7	水平 (EW) 方向	0.132						
8	水平 (EW) 方向	0.122						
9	水平 (EW) 方向	0.099						
10	鉛直方向	0.072						
11	水平 (EW) 方向	0.072						
34* ²	水平 (NS) 方向	0.016						
35* ²	水平 (NS) 方向	0.016						

注記*1：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

*2：12 次以降の固有周期は剛領域のため，横行 (NS) 方向の卓越モードを代表で記載した。

34 次と 35 次のモードは，それぞれのガーダがモード毎に横行 (NS) 方向へ各々卓越するモード

*3：各方向の卓越モードは，地震応答に寄与する有効質量の観点から，以下の通り選定した。

- ・鉛直方向 ：6 次
- ・走行 (EW) 方向：2 次
- ・横行 (NS) 方向：34 次（近接モードである 34 次と 35 次は固有周期がほぼ同値であり，各々の有効質量の和を考慮すると有効質量が最大且つ横行 (NS) 方向にクレーン本体ガーダが卓越するモード。なお，5 次の横行 (NS) 方向へのモードは，固有値解析モデルでは，非線形要素を無効化（線形化）しているため，トロリ車輪とレールが拘束されることで，トロリが卓越するモードが生じているが，地震応答解析ではトロリ車輪はレールと拘束されず，トロリはレール上をすべるため，落下防止ラグが設置されているクレーン本体ガーダへの影響は軽微であり，卓越するモードには選定しない。）



図 1-9(1) 設計基準対象施設の検討ケース時の振動モード図

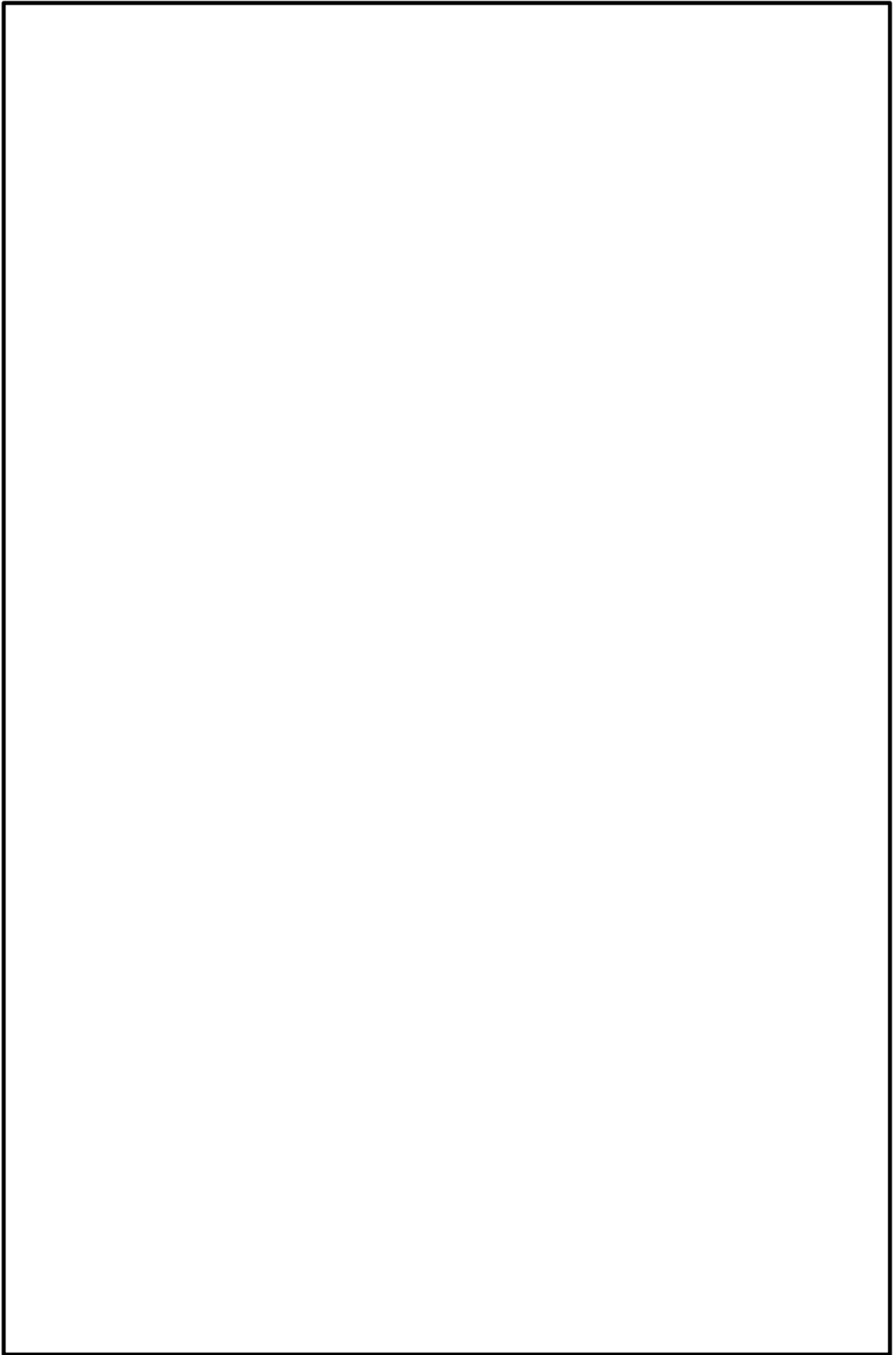


図 1-9(2) 設計基準対象施設の検討ケース時の振動モード図

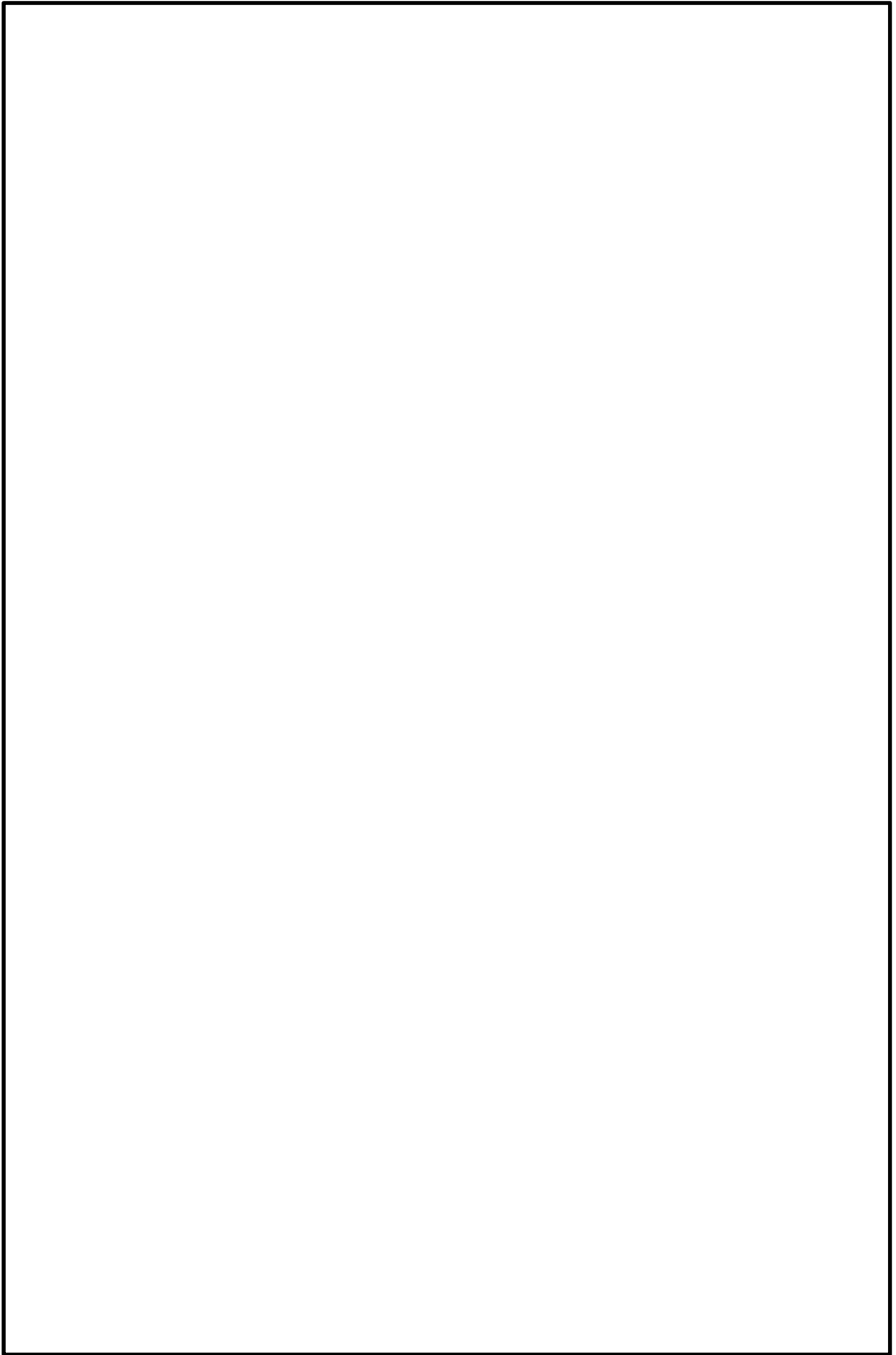


図 1-9(3) 設計基準対象施設の検討ケース時の振動モード図

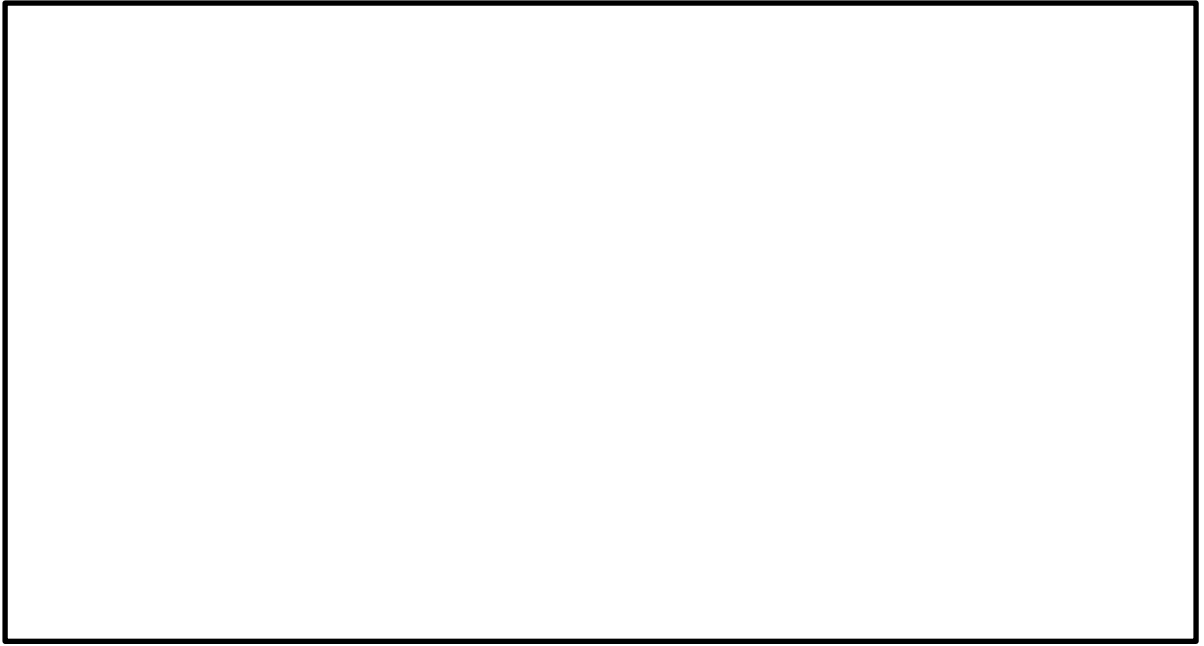


図 1-9(4) 設計基準対象施設の検討ケース時の振動モード図

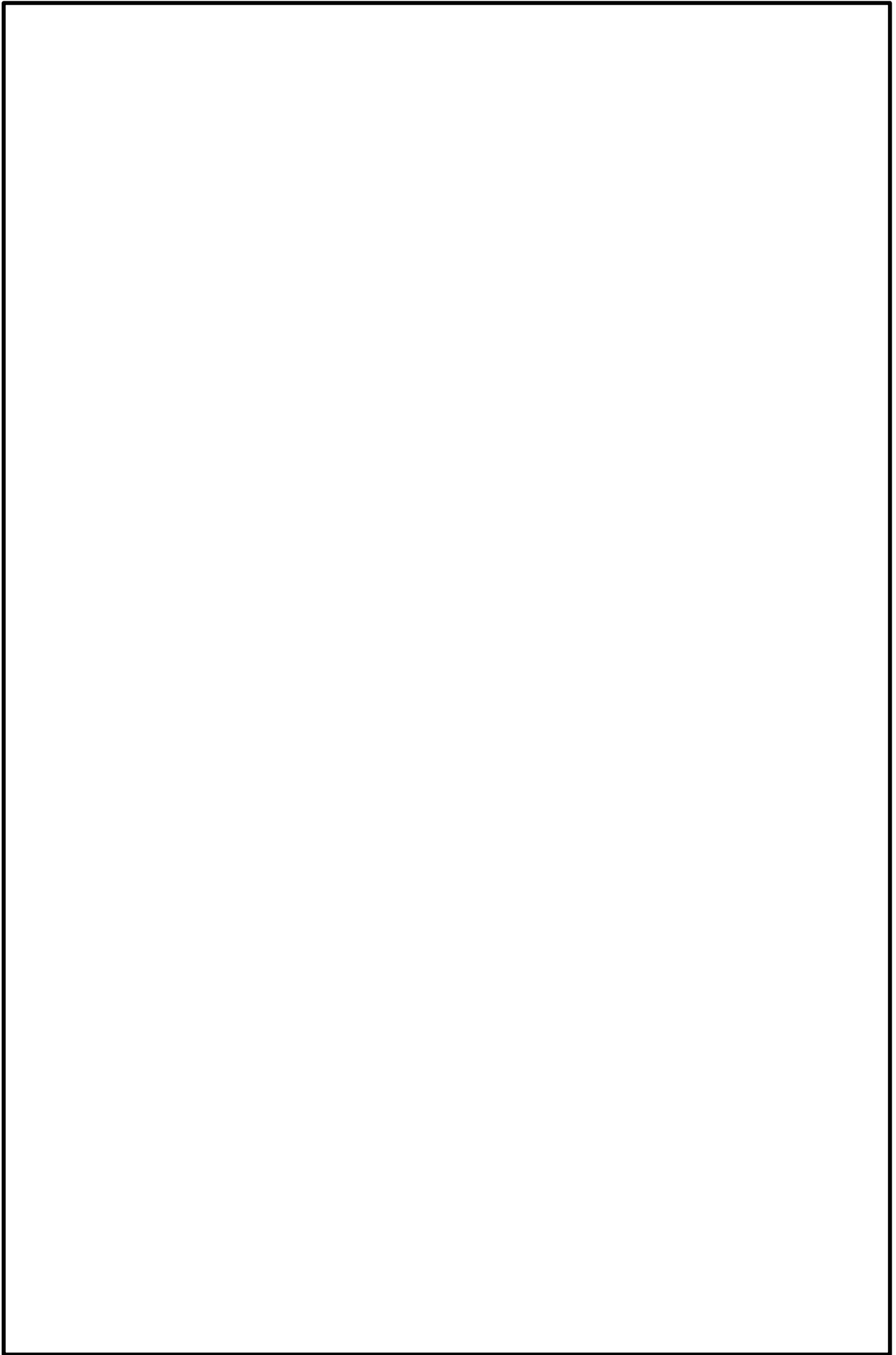


図 1-10(1) 重大事故等対処設備の検討ケース時の振動モード図

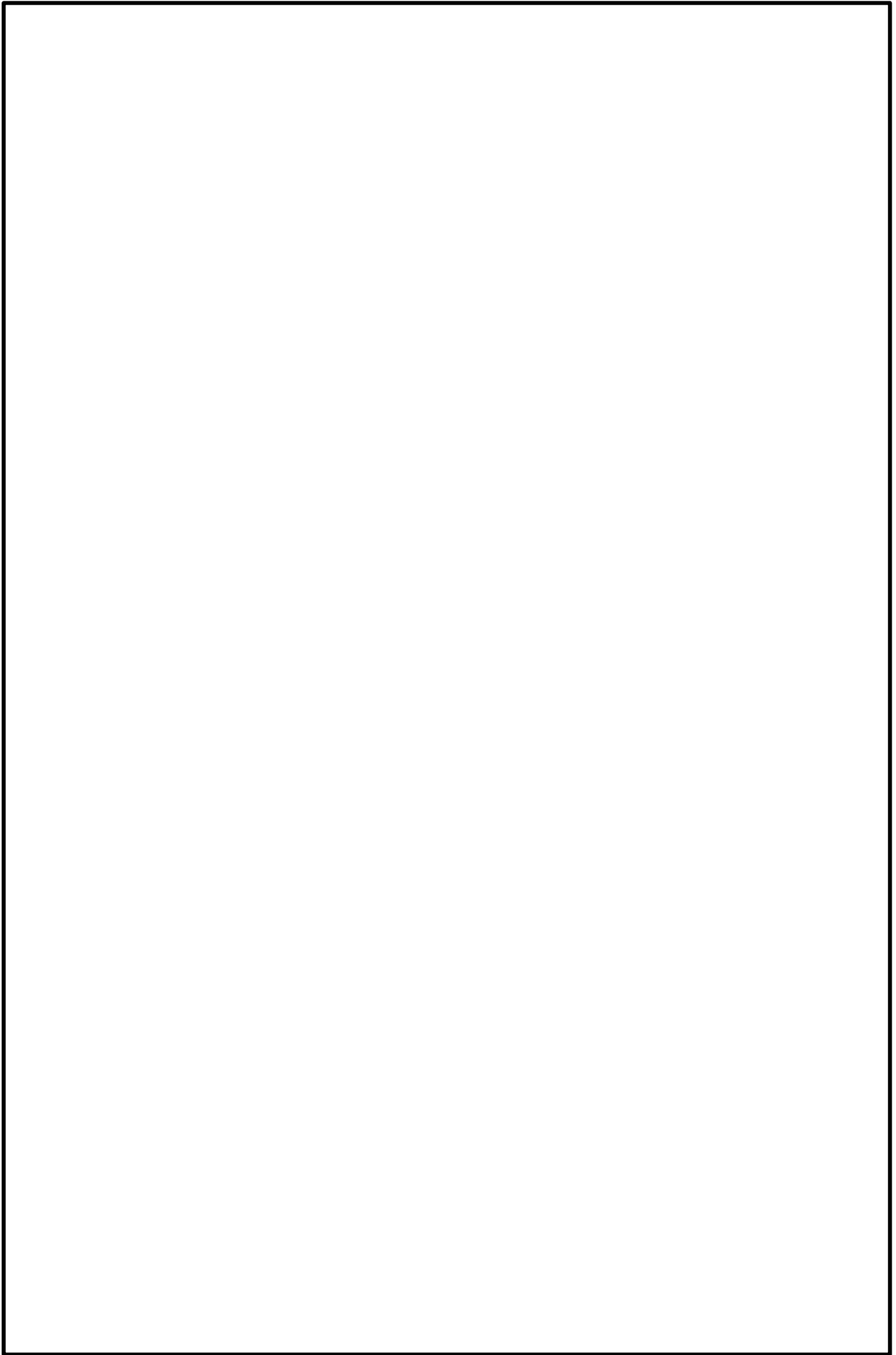


図 1-10(2) 重大事故等対処設備の検討ケース時の振動モード図

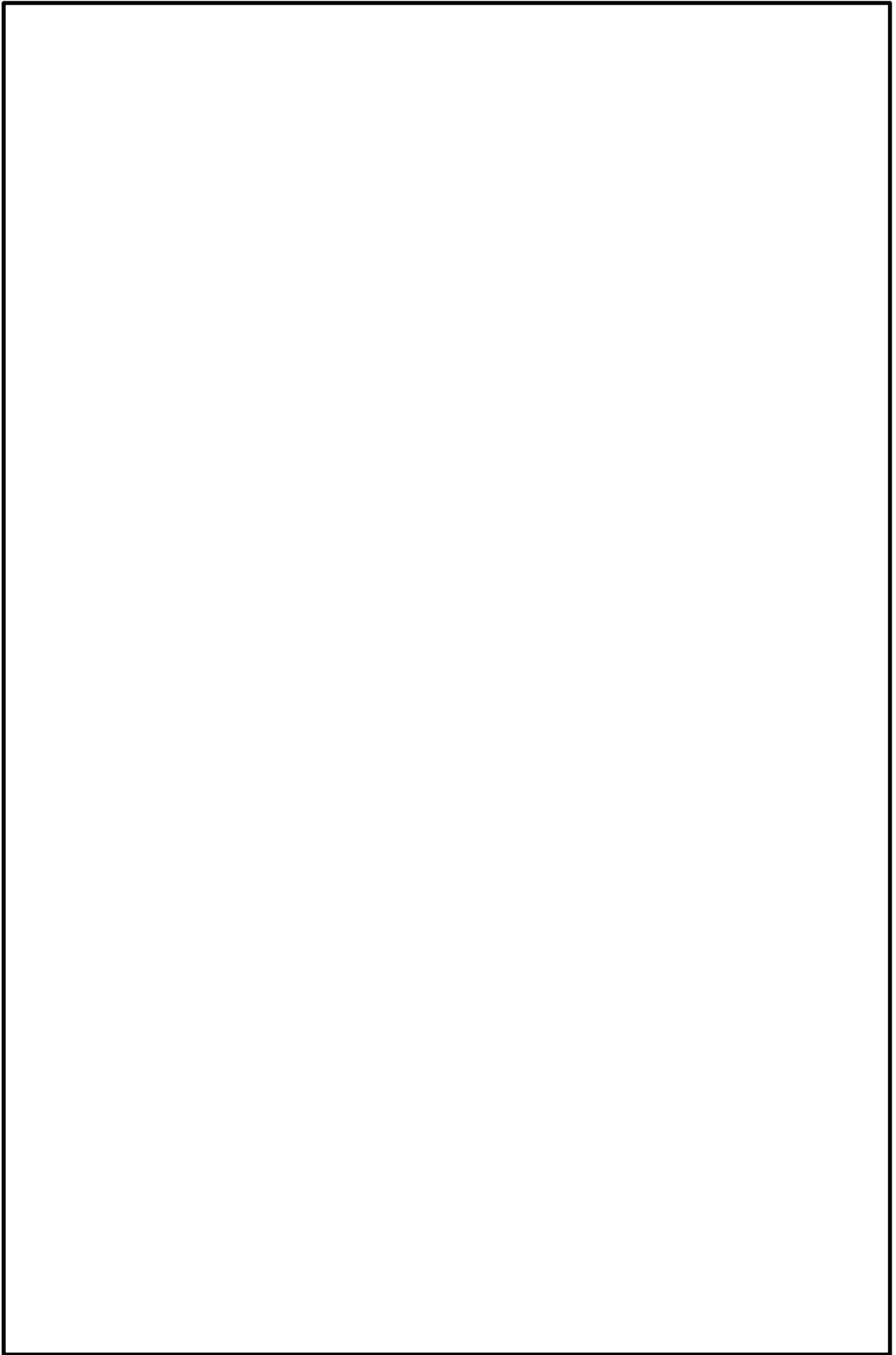


図 1-10(3) 重大事故等対処設備の検討ケース時の振動モード図

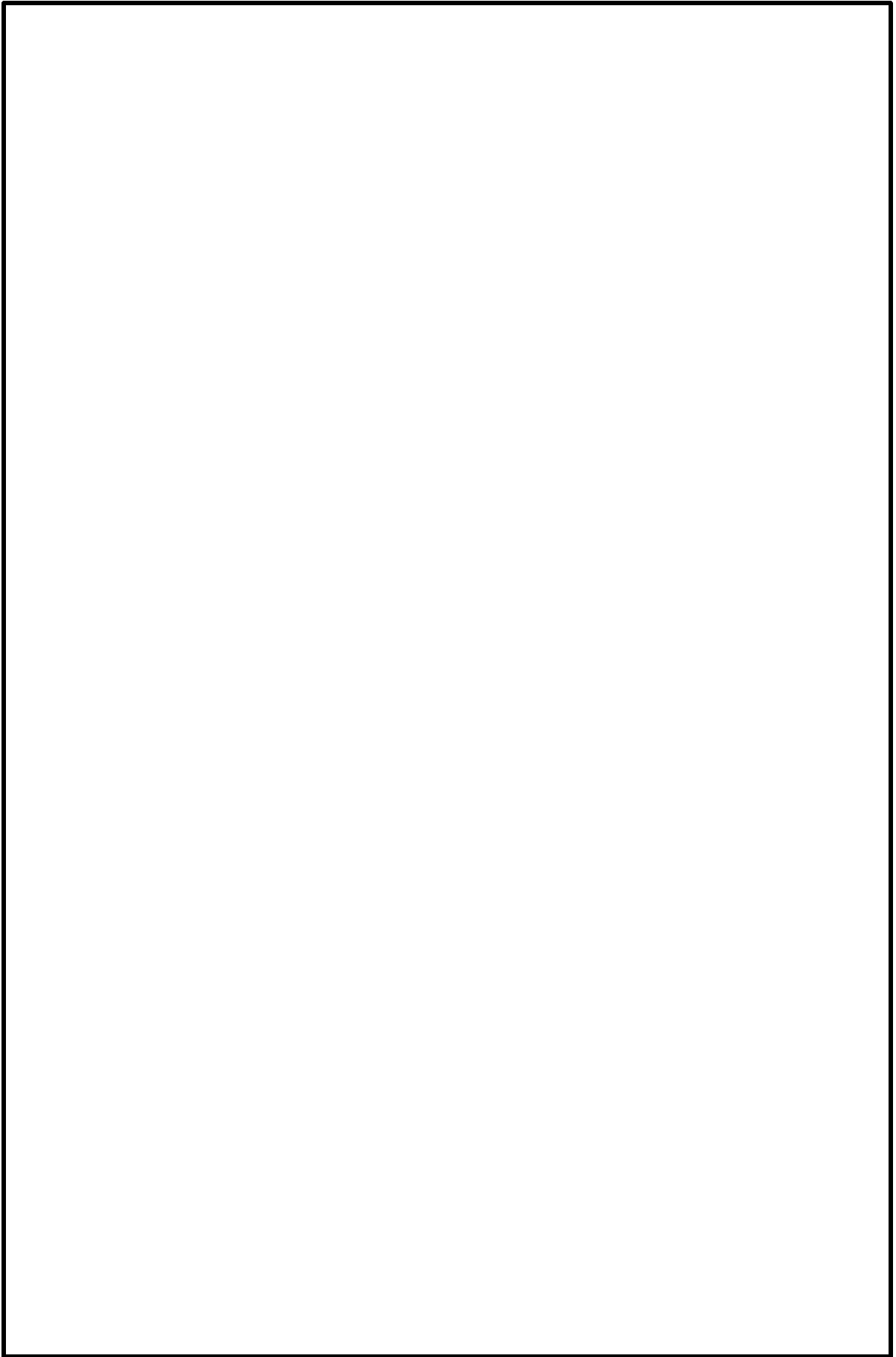


図 1-10(4) 重大事故等対処設備の検討ケース時の振動モード図

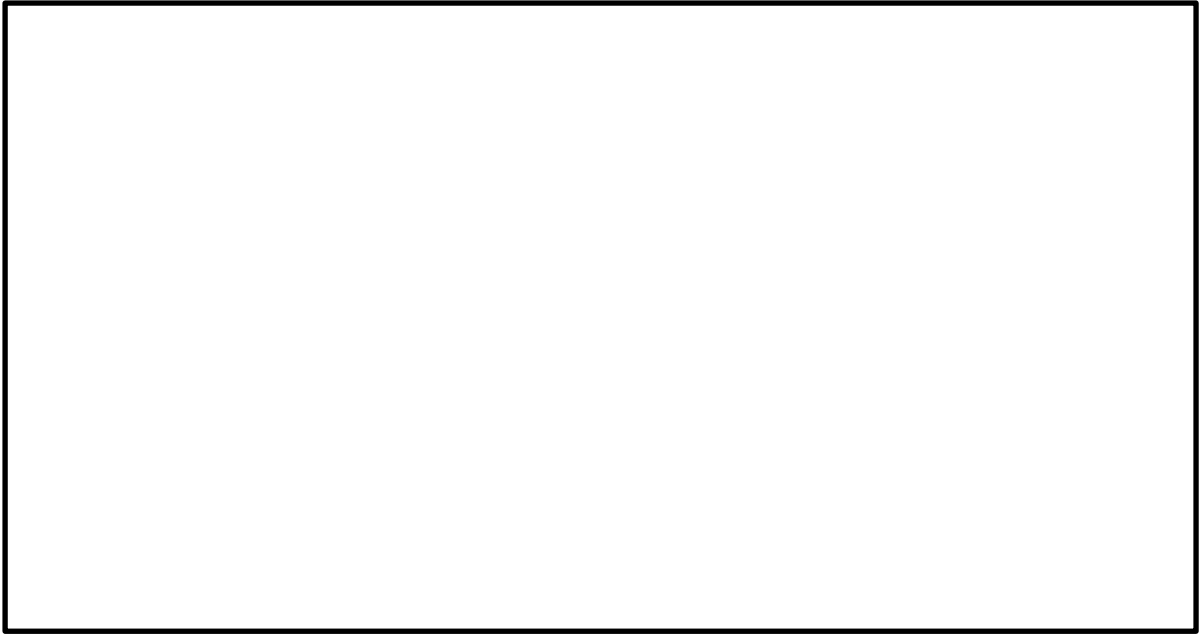


図 1-10(5) 重大事故等対処設備の検討ケース時の振動モード図

4. 参考文献

- (1) 天井クレーンのすべりを伴う地震時挙動（火力原子力発電 Vo1. 40 No. 6 小森ほか）
- (2) 「平成 20 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 動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書（09 耐部報-0008,（独）原子力安全基盤機構）」
- (3) 「平成 19 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 動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書（08 耐部報-0021,（独）原子力安全基盤機構）」

時刻歴解析における材料物性の不確かさ等に関する検討

1. 目的

設計用床応答スペクトルは、機器の固有周期のずれや地盤物性、建物剛性、地盤ばね定数、減衰定数、模擬地震波の位相特性等といった因子の変動に伴う応答スペクトルの変動の影響を考慮することを目的として、周期軸方向に $\pm 10\%$ 拡幅したものをを用いている。原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）の評価は、設計用床応答スペクトルを適用せず、多質点はりモデルを用いて時刻歴加速度波を 3 方向同時に入力した非線形時刻歴応答解析を適用していることから、機器の固有周期のずれや地盤物性、建物剛性、地盤ばね定数、減衰定数、模擬地震波の位相特性等といった因子の変動の影響を時刻歴応答解析において考慮する必要がある。

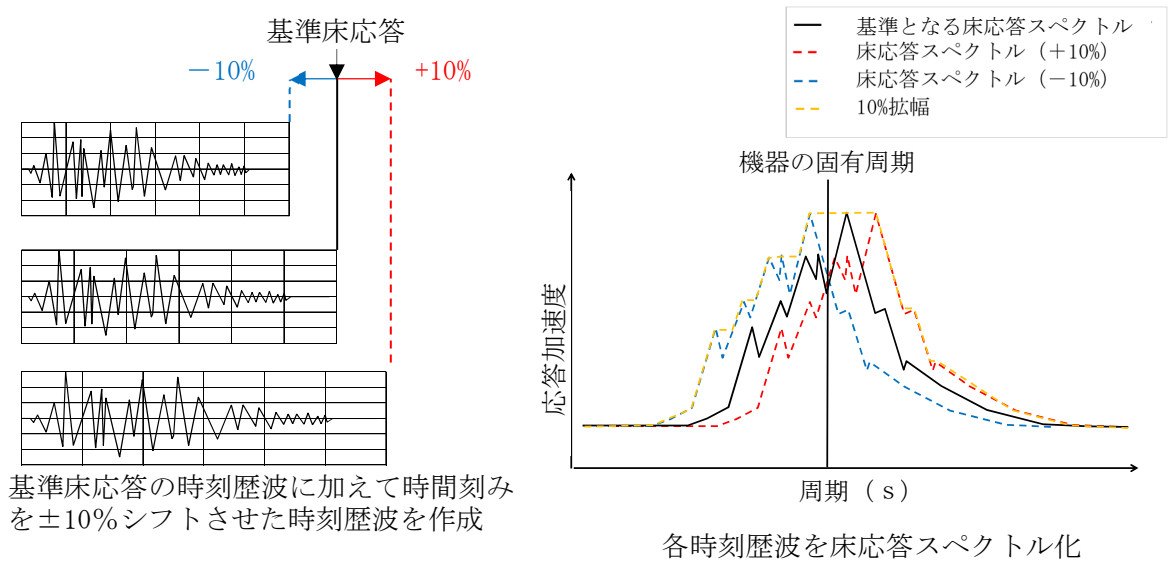
本評価では、上記不確かさの考慮として基準となる時刻歴加速度波（固有周期シフトを考慮していないもの）による解析以外に、ASME Boiler Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadening の規定を準用できると考え時刻歴加速度波を時間軸方向に設計用床応答スペクトルの拡幅の考慮分として時間刻みを $\pm 10\%$ シフトさせた時刻歴加速度波による解析で評価する。また、 $\pm 10\%$ シフトさせた設計用床応答スペクトルの間にピークが存在する場合は、ASMEの規定に基づきピーク位置を考慮した評価も行う。

なお、非線形時刻歴応答解析におけるASMEのTime History Broadeningの規定の準用については、傾向分析による確認を行う。

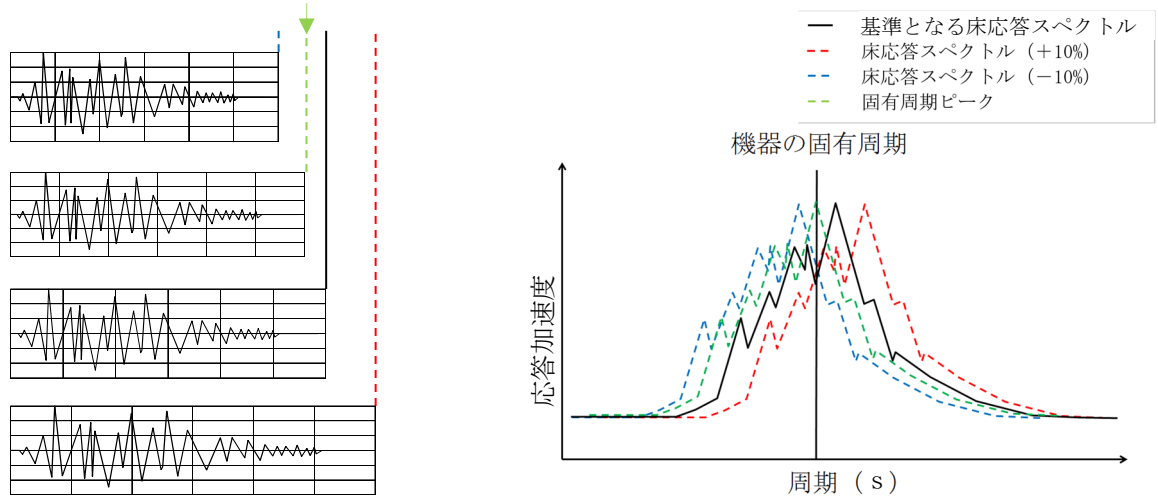
Time History Broadening の概念を図 2-1 に示す。

ASME Boiler Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadening より引用





固有周期と合致するよう調整した時刻歴波



機器の固有周期が床応答スペクトルピークの谷間に存在する場合、ピークと合うような時刻歴波を作成し、時刻歴応答解析を実施する。

図 2-1 Time History Broadening 概念図

2. 時刻歴解析の保守性の評価フロー

評価部位は、クレーンの主要構造であり耐震計算書で評価しているクレーン本体ガーダで検討する。この時の計算方法は、耐震計算書と同様に非線形挙動を考慮した時刻歴解析で評価する。また、時刻歴解析の保守性の評価フローを図 2-2 に示す。なお、解析モデルはVI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」に基づくものである。

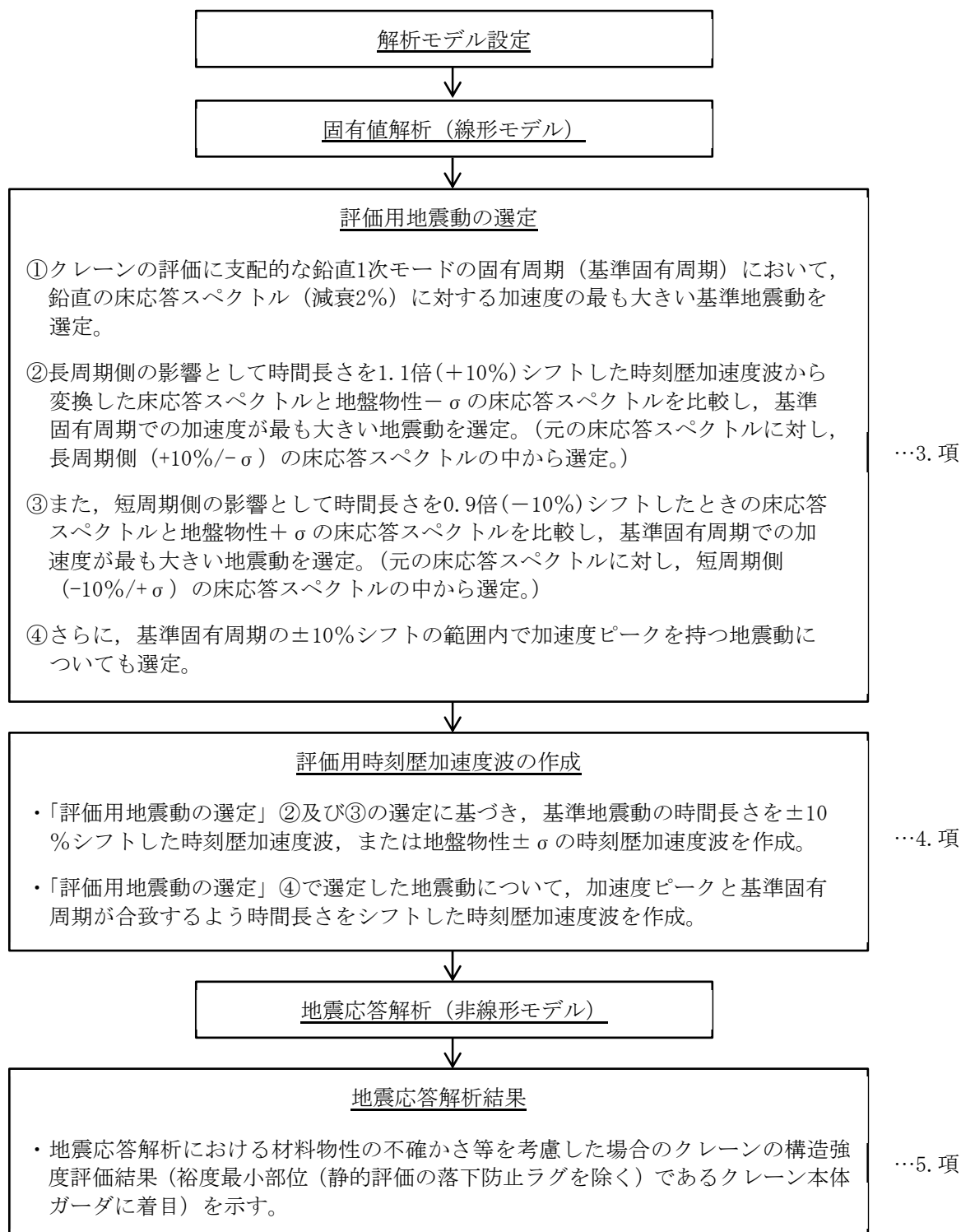


図 2-2 時刻歴解析の保守性の評価フロー

3. 評価用地震動の選定

クレーンは、走行車輪部で支持された両端支持はりの構造をしていることから、鉛直動の影響を受けやすいため、クレーンにとって支配的となる鉛直方向の地震条件から、評価に用いる地震動を選定した。

クレーンの耐震評価に用いる地震動の解析ケースを表 2-1、クレーンの鉛直方向モードの固有値解析結果を表 2-2、設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期を重ね書きした結果を図 2-3～図 2-5 に示す。

クレーンは、トロリ位置（中央、端部）と吊荷の有無の組合せで固有周期が異なるため、組合せの各パターンで固有値解析（非線形要素を無効化した解析モデル）を行い、基準固有周期（クレーンの評価に支配的な鉛直 1 次モード）を求めている。

地震動の選定ではまず、表 2-1(1)～(3)の解析ケースのうち各々No. 1 に関し、基準となる地震動（±10%シフトしていないもの）に対し、各々の固有周期で加速度が最大となる地震動を選定している。

また、表 2-1(1)～(3)の解析ケースのうち各々No. 2～No. 3 に関し、時刻歴応答解析における不確かさ（固有周期シフト）の考慮では、図 2-3～図 2-5 に示すとおり時刻歴加速度波の時間刻みを±10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性 $\pm\sigma$ の床応答スペクトルの両方に対し、各々の固有周期で加速度が最大となる地震動を選定している。

さらに、表 2-1(1)～(3)の解析ケースのうち各々No. 4 に関し、固有周期シフトの範囲内に加速度ピークが存在する場合には、加速度ピークとなる地震動も選定している。

表 2-1(1) クレーンの耐震評価に用いる地震動の解析ケース一覧
(トロリ位置中央, 吊荷有)

No	解析ケース	地震動 (鉛直方向)					選定方法
		Ss-D	Ss-F1	Ss-F2	Ss-N1	Ss-N2	
1	基本ケース (シフト無し)	○	—	—	—	—	*1
2	基本ケース (+10%シフト)	—	—	—	—	—	*2
	- σ 地震ケース	○	—	—	—	—	
3	基本ケース (-10%シフト)	—	—	—	—	—	*3
	+ σ 地震ケース	○	—	—	—	—	
4	基本ケース (ピークシフト)	○	—	—	—	—	*4

注記*1 : Ss-D~Ss-N2 の 5 波のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*2 : Ss-D~Ss-N2 の各 5 波(計 10 波 : 時刻歴加速度波の時間刻みを+10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性- σ の床応答スペクトルの両方)のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*3 : Ss-D~Ss-N2 の各 5 波(計 10 波 : 時刻歴加速度波の時間刻みを-10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性+ σ の床応答スペクトルの両方)のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*4 : Ss-D~Ss-N2 の 5 波のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

表 2-1(2) クレーンの耐震評価に用いる地震動の解析ケース一覧
(トロリ位置端部, 吊荷有)

No	解析ケース	地震動 (鉛直方向)					選定方法
		Ss-D	Ss-F1	Ss-F2	Ss-N1	Ss-N2	
1	基本ケース (シフト無し)	○	—	—	—	—	*1
2	基本ケース (+10%シフト)	○	—	—	—	—	*2
	- σ 地震ケース	—	—	—	—	—	
3	基本ケース (-10%シフト)	○	—	—	—	—	*3
	+ σ 地震ケース	—	—	—	—	—	
4	基本ケース (ピークシフト)	—	—	—	—	—	*4

注記*1 : Ss-D~Ss-N2 の 5 波のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*2 : Ss-D~Ss-N2 の各 5 波(計 10 波 : 時刻歴加速度波の時間刻みを+10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性- σ の床応答スペクトルの両方)のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*3 : Ss-D~Ss-N2 の各 5 波(計 10 波 : 時刻歴加速度波の時間刻みを-10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性+ σ の床応答スペクトルの両方)のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*4 : Ss-D~Ss-N2 の 5 波のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

表 2-1(3) クレーンの耐震評価に用いる地震動の解析ケース一覧
(トロリ位置端部, 吊荷無)

No	解析ケース	地震動 (鉛直方向)					選定方法
		Ss-D	Ss-F1	Ss-F2	Ss-N1	Ss-N2	
1	基本ケース (シフト無し)	○	—	—	—	—	*1
2	基本ケース (+10%シフト)	—	○	—	—	—	*2
	- σ 地震ケース	—	—	—	—	—	
3	基本ケース (-10%シフト)	—	—	○	—	—	*3
	+ σ 地震ケース	—	—	—	—	—	
4	基本ケース (ピークシフト)	—	○	—	—	—	*4

注記*1 : Ss-D~Ss-N2 の 5 波のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*2 : Ss-D~Ss-N2 の各 5 波(計 10 波 : 時刻歴加速度波の時間刻みを+10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性- σ の床応答スペクトルの両方)のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*3 : Ss-D~Ss-N2 の各 5 波(計 10 波 : 時刻歴加速度波の時間刻みを-10%シフトさせた床応答スペクトル及び地盤物性+ σ の床応答スペクトルの両方)のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

*4 : Ss-D~Ss-N2 の 5 波のうち, FRS 震度が最大となる地震動を選定する。

表 2-2(1) 原子炉建物天井クレーン鉛直モードの固有値解析結果
(トロリ位置中央, 吊荷有)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			NS	EW	UD
2	鉛直方向	0.442			
7	鉛直方向	0.116			

注記* : モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

表 2-2(2) 原子炉建物天井クレーン鉛直モードの固有値解析結果
(トロリ位置端部, 吊荷有)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			NS	EW	UD
1	鉛直方向	0.343			
3	鉛直方向	0.191			

注記* : モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

表 2-2(3) 原子炉建物天井クレーン鉛直モードの固有値解析結果
(トロリ位置端部, 吊荷無)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			NS	EW	UD
1	鉛直方向	0.379			
6	鉛直方向	0.150			
10	鉛直方向	0.072			

注記* : モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

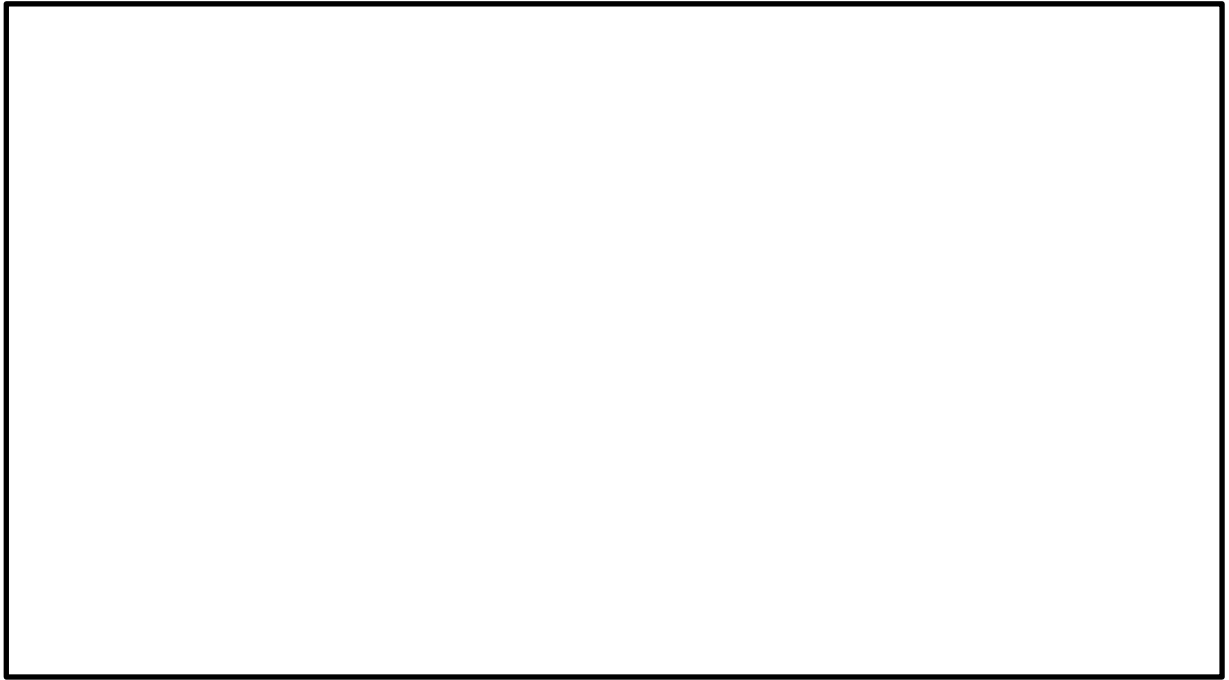


図 2-3(1) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置中央/吊荷有, シフト無し)

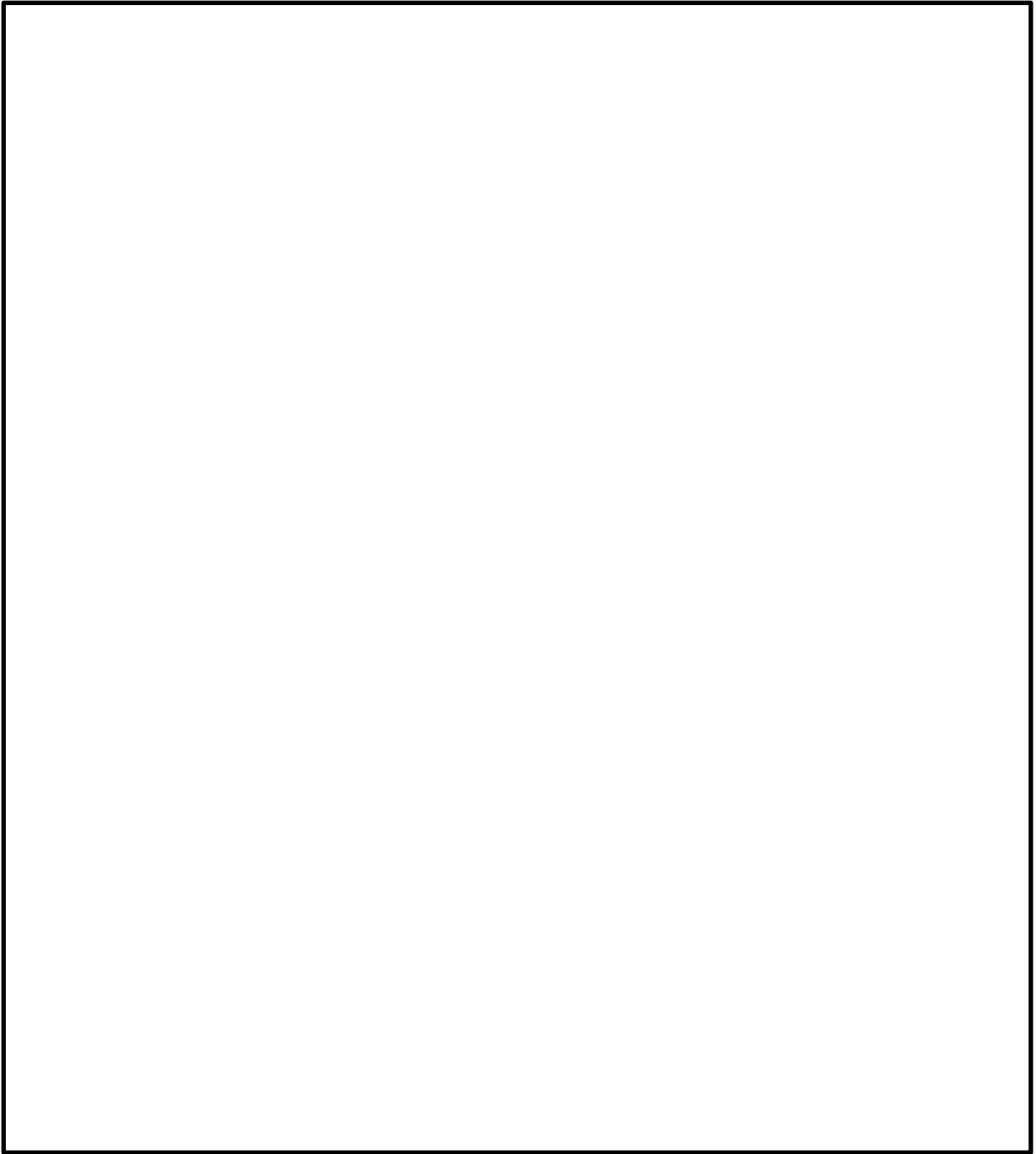


図 2-3(2) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置中央/吊荷有, +10%シフト/ $-\sigma$ 地震)

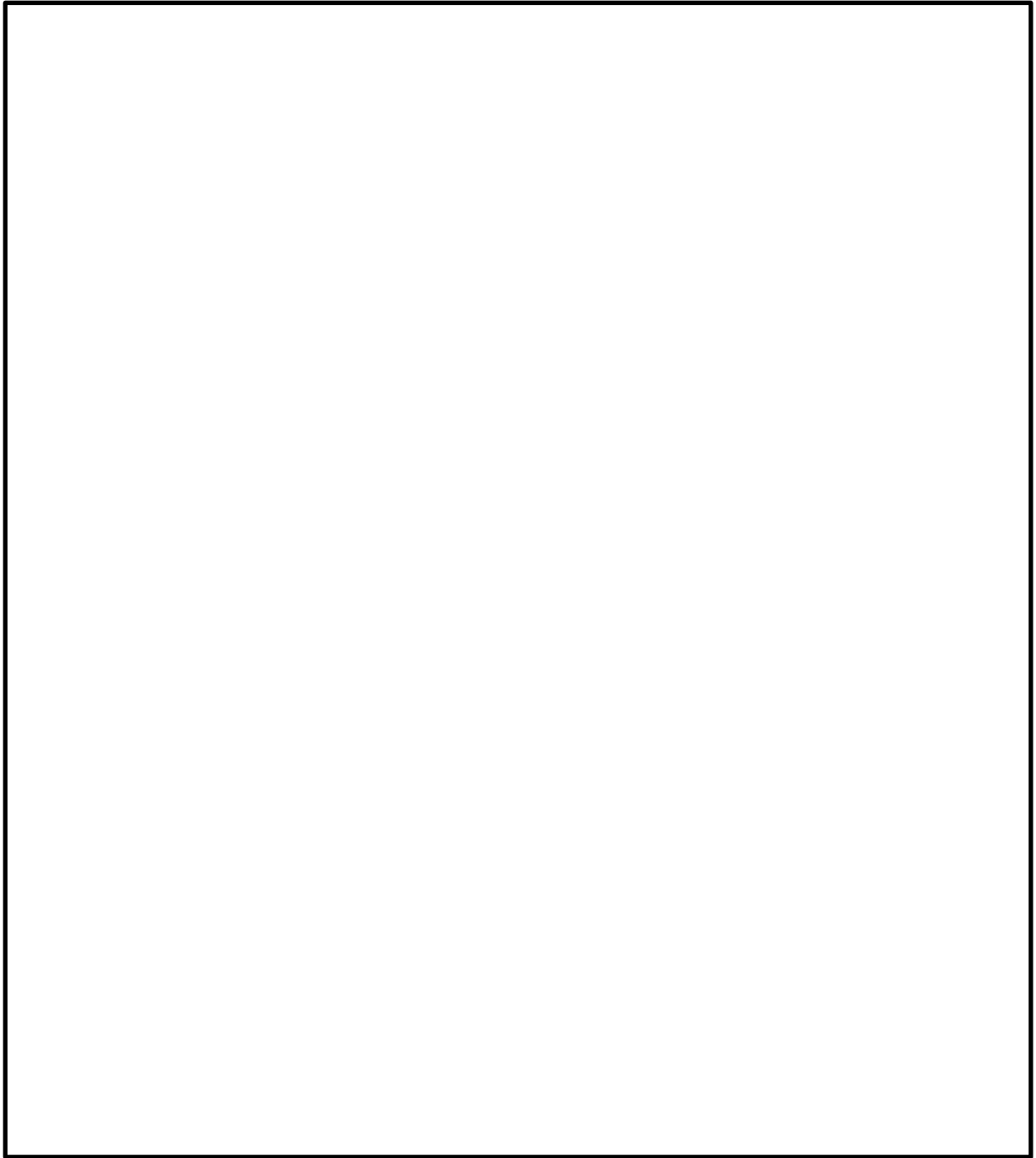


図 2-3(3) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置中央/吊荷有, -10%シフト/+ σ 地震)



図 2-3(4) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置中央/吊荷有, ピークシフト)

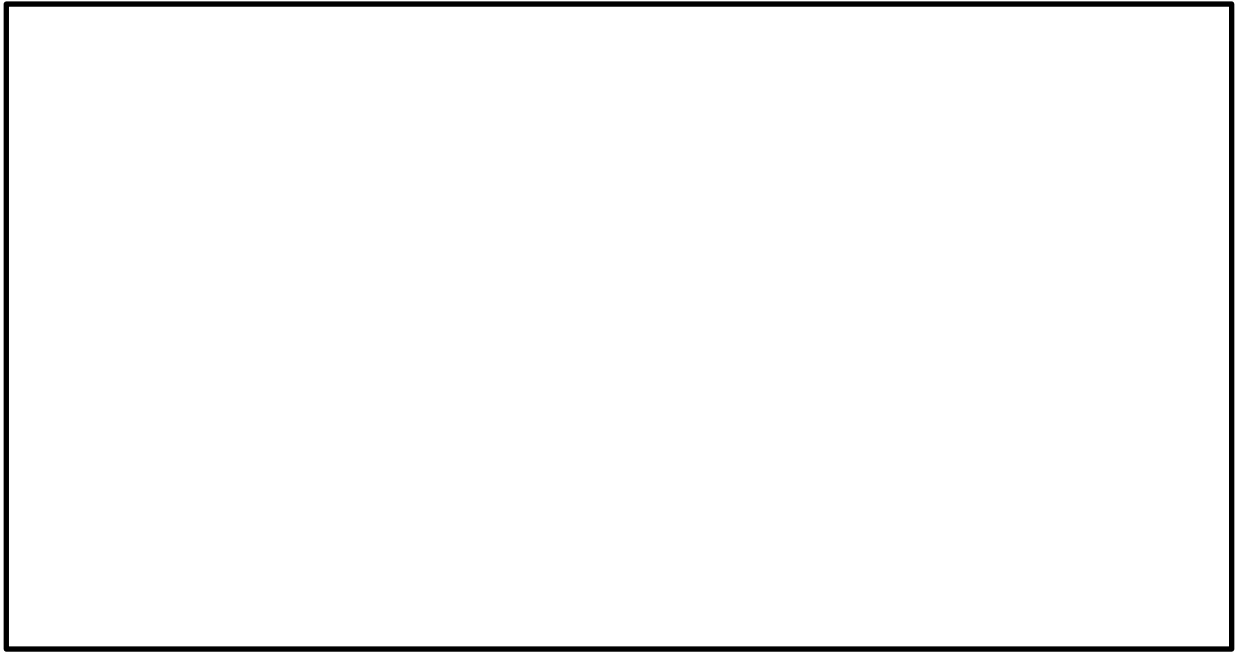


図 2-4(1) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷有, シフト無し)

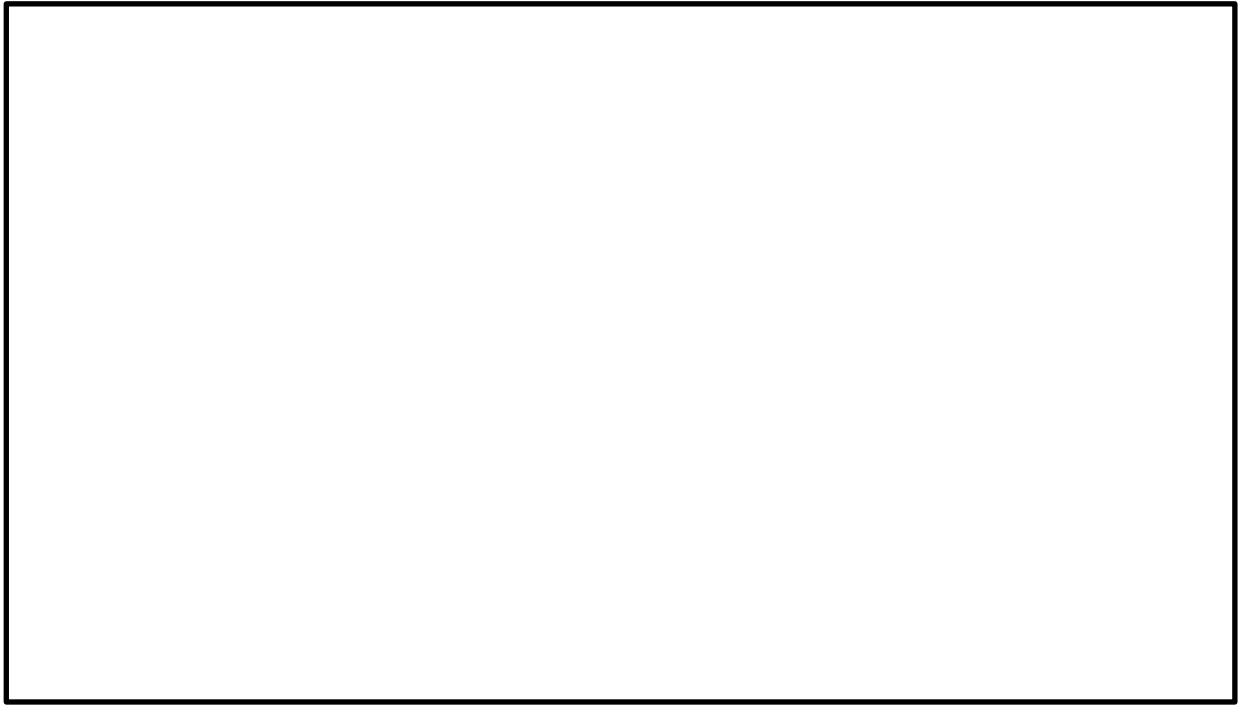


図 2-4(2) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷有, +10%シフト/ $-\sigma$ 地震)

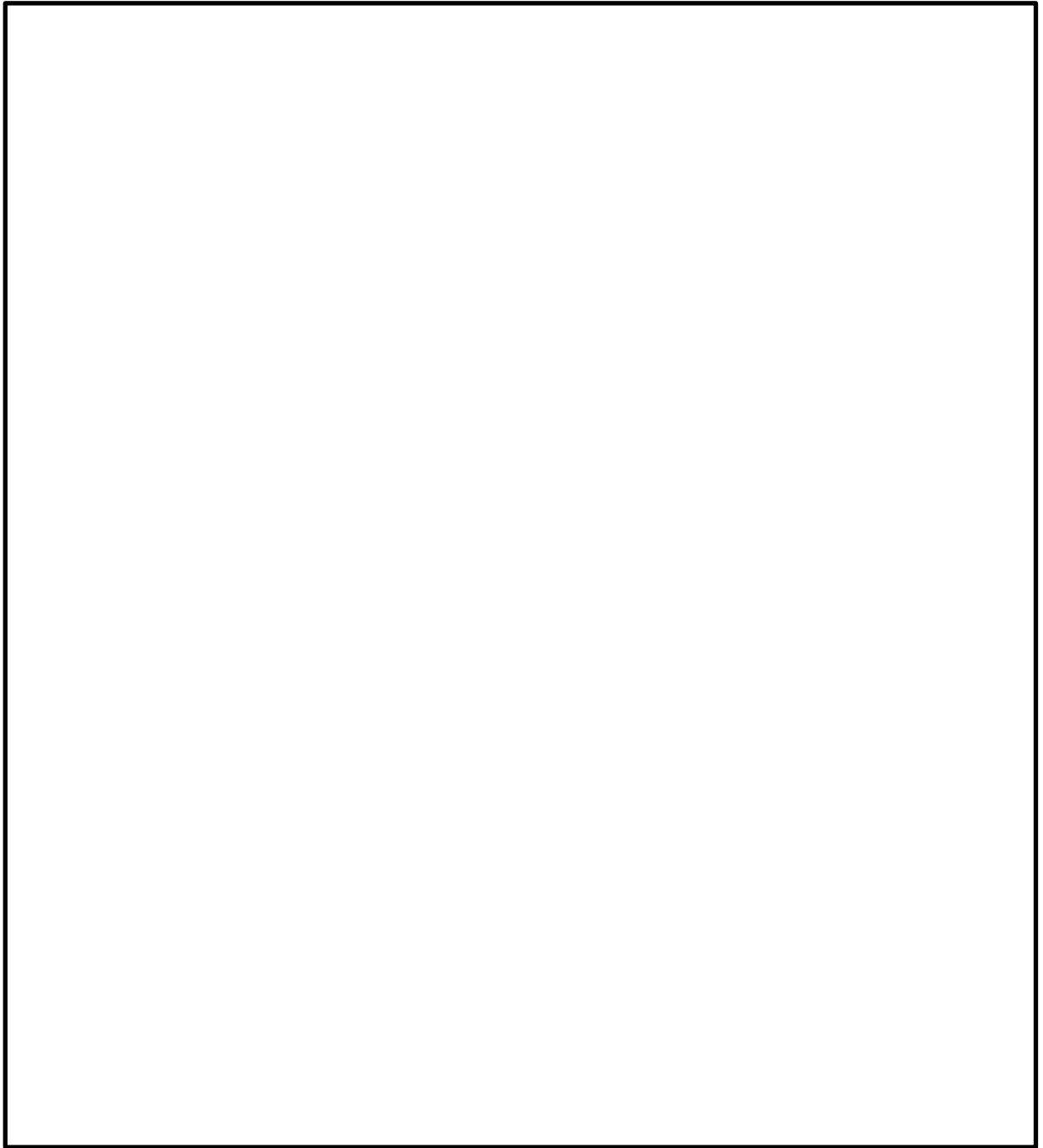


図 2-4(3) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷有, -10%シフト/+ σ 地震)

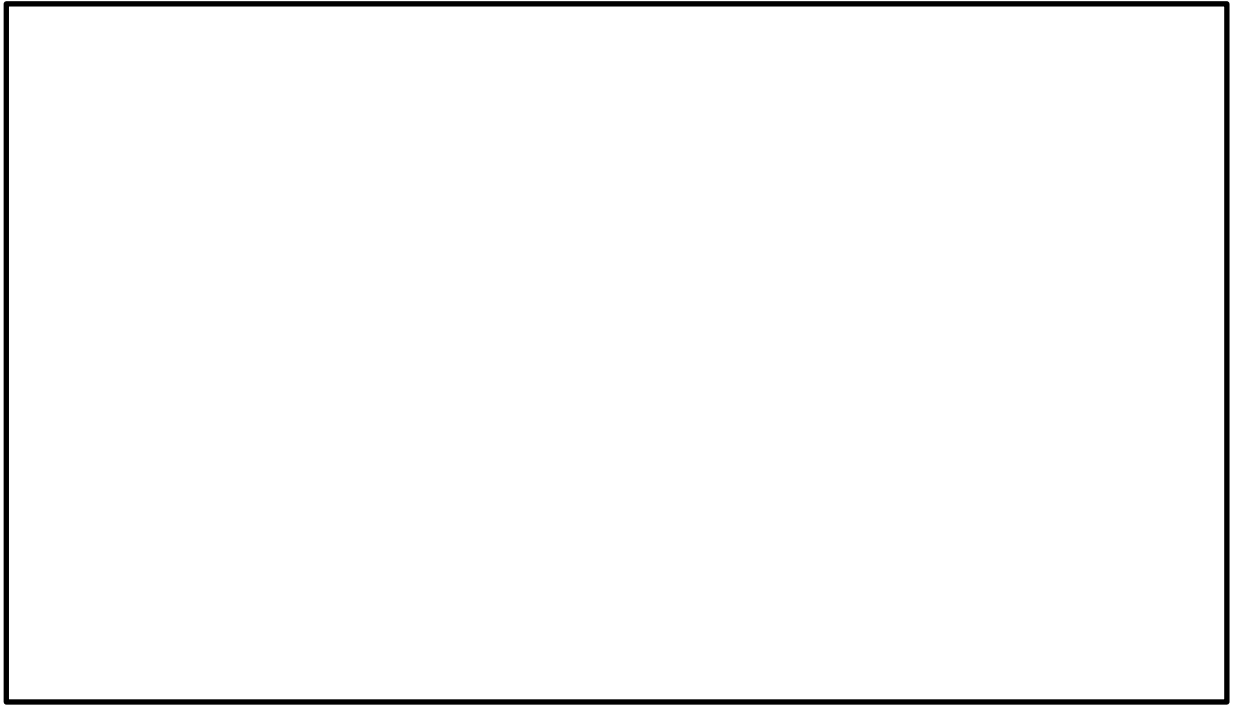


図 2-5(1) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷無, シフト無し)

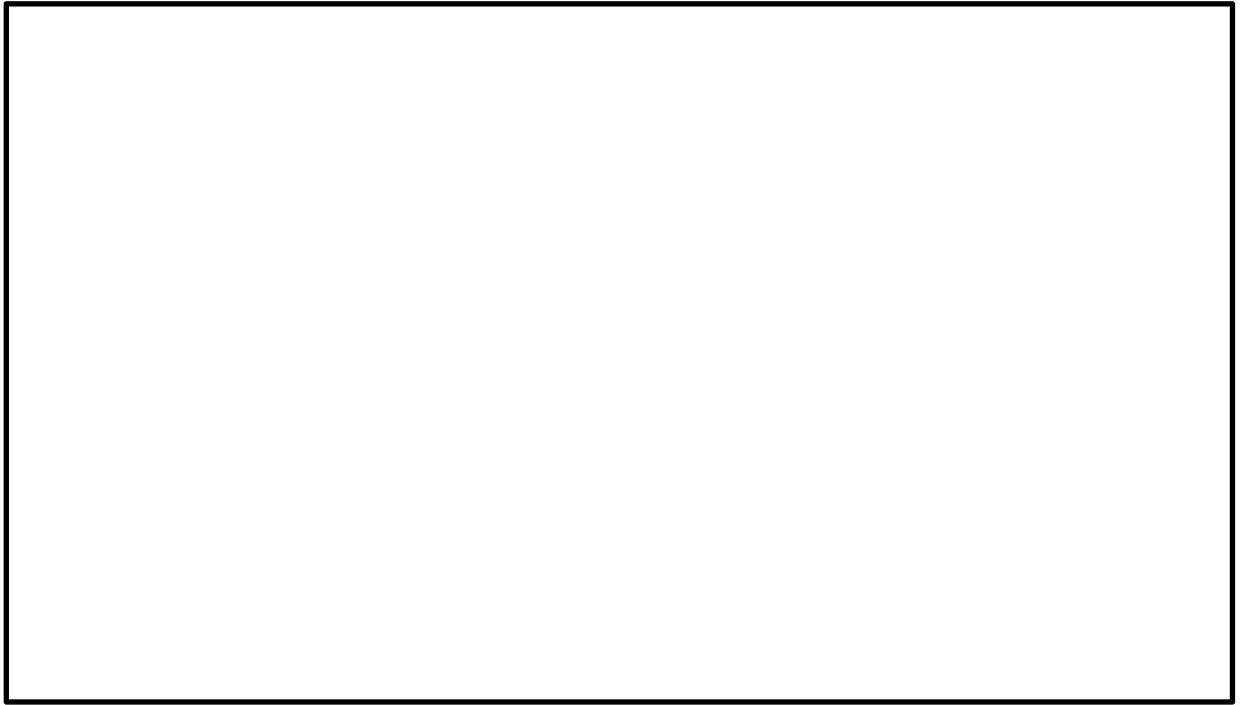


図 2-5(2) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷無, +10%シフト/ $-\sigma$ 地震)

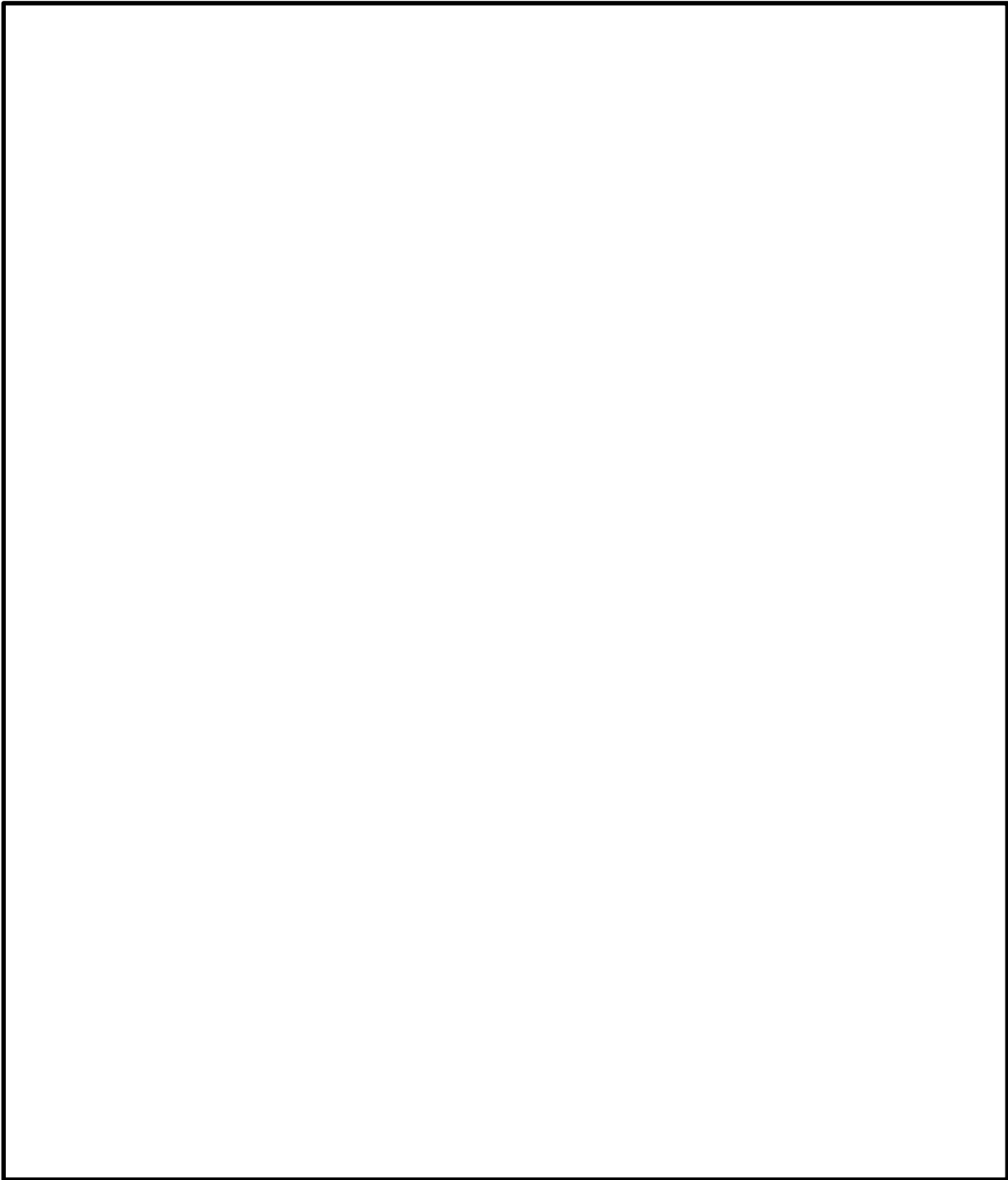


図 2-5(3) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷無, -10%シフト/+ σ 地震)

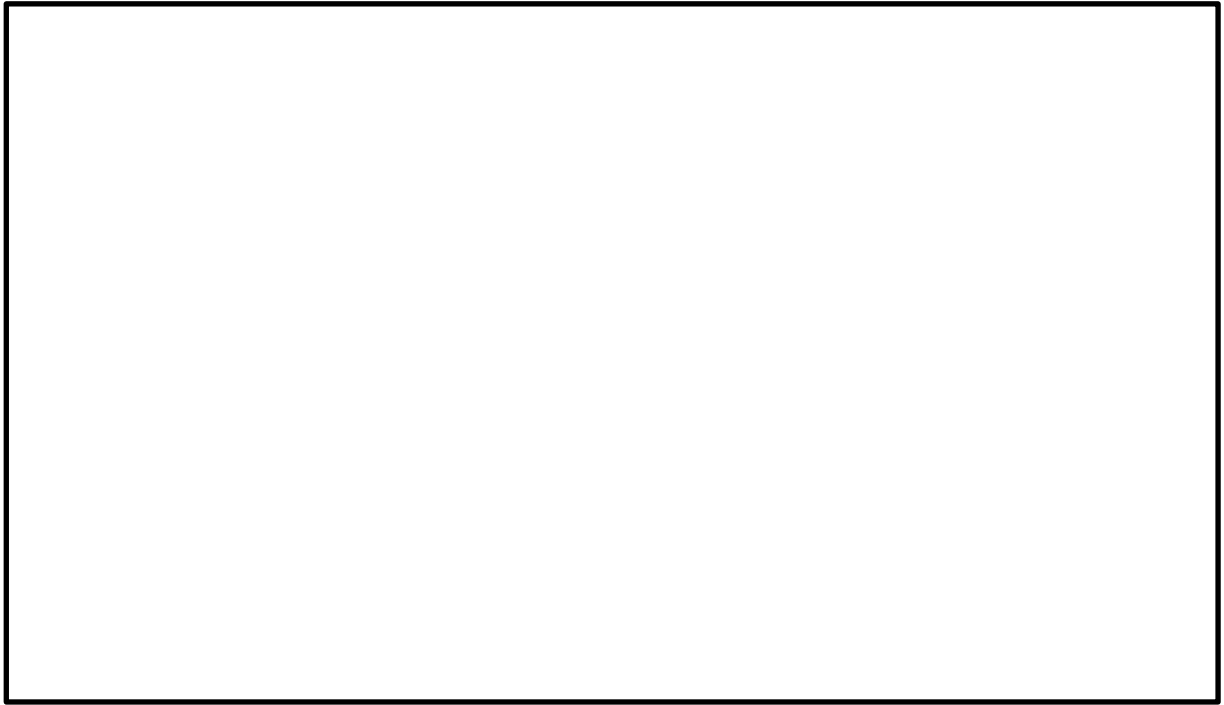


図 2-5(4) 設計用床応答スペクトルとクレーン固有周期との重ね書き図
(トロリ位置端部/吊荷無, ピークシフト)

各解析ケースに対して、地震動の選定結果を以下に示す。

【地震動の選定結果】

トロリ位置中央／吊荷有 <図 2-3(1)～(4)>

- ・シフト無し : S_s-D . . . 図2-3(1)
- ・+10%シフト/− σ 地震 : S_s-D (− σ) . . . // (2)
- ・−10%シフト/+ σ 地震 : S_s-D (+ σ) . . . // (3)
- ・ピークシフト : S_s-D . . . // (4)

トロリ位置端部／吊荷有 <図 2-4(1)～(3)>

- ・シフト無し : S_s-D . . . 図2-4(1)
- ・+10%シフト/− σ 地震 : S_s-D (+10%シフト) . . . // (2)
- ・−10%シフト/+ σ 地震 : S_s-D (−10%シフト) . . . // (3)

トロリ位置端部／吊荷無 <図 2-5(1)～(4)>

- ・シフト無し : S_s-D . . . 図2-5(1)
- ・+10%シフト/− σ 地震 : S_s-F1 (+10%シフト) . . . // (2)
- ・−10%シフト/+ σ 地震 : S_s-F2 (−10%シフト) . . . // (3)
- ・ピークシフト : S_s-F1 . . . // (4)

トロリ位置中央／吊荷有, 及びトロリ位置端部／吊荷無の解析ケースは, $\pm 10\%$ 間の設計用床応答スペクトルにピークを有することから, ピークシフトを考慮した地震動も評価用として選定した。

4. 時刻歴波の時間刻み±10%シフト，及び地盤物性± σ

クレーンの耐震評価にはVI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき算定された時刻歴加速度波を用いる。

図2-3で選定した地震動に対し，時間刻み±10%シフトした例及び地盤物性± σ の例を図2-6に示す。+10%シフトについては各地震動の時刻歴波の時間刻みを1.1倍，-10%シフトについては時間刻みを0.9倍したものを用いている。なお，この時間シフトは，選定した地震動の3方向全てに対して適用している。

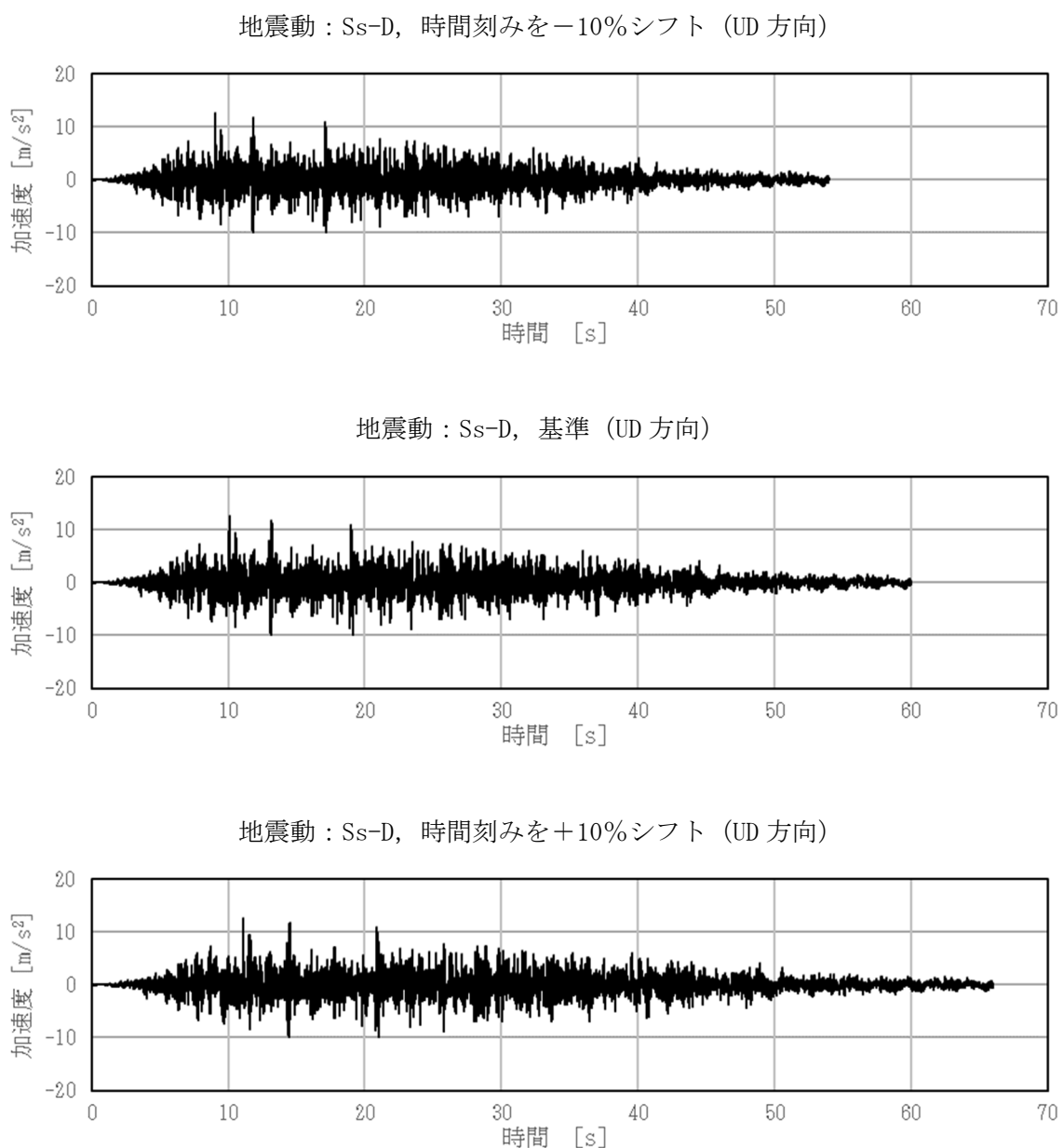
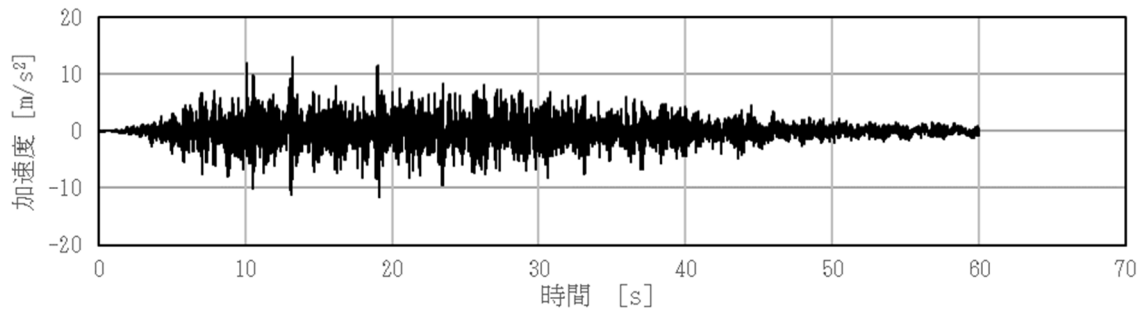
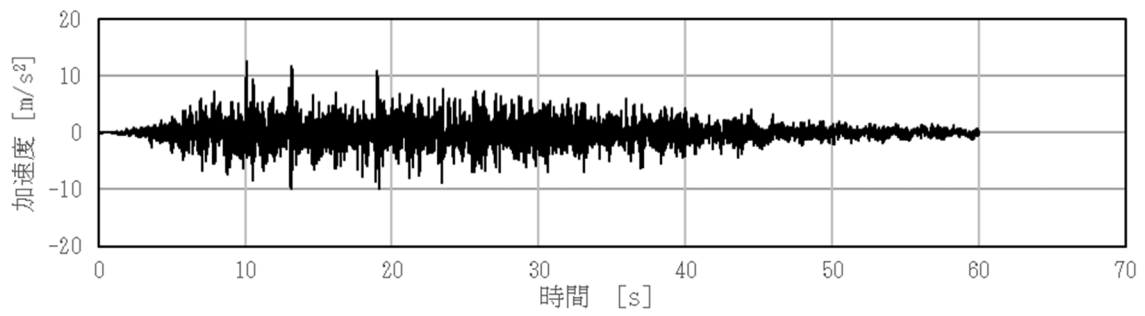


図2-6(1) 時刻歴波の時間刻み±10%シフト

地震動：Ss-D, 地盤物性+ σ (UD方向)



地震動：Ss-D, 基準 (UD方向)



地震動：Ss-D, 地盤物性- σ (UD方向)

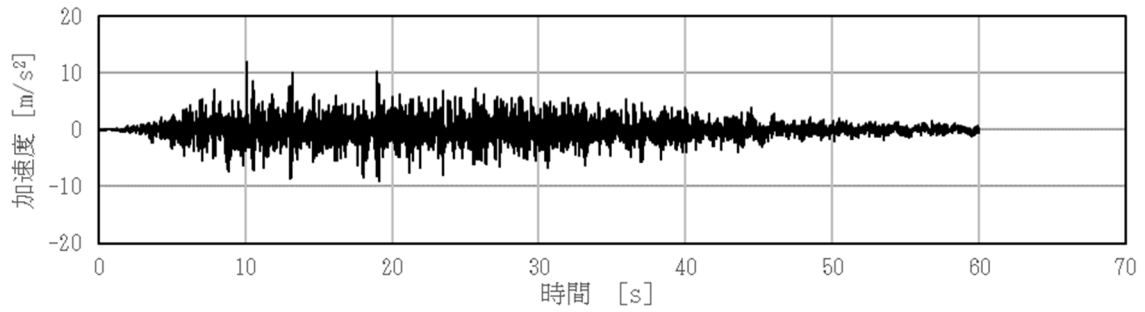


図 2-6(2) 時刻歴波の地盤物性 $\pm\sigma$

5. 地震応答解析結果

クレーン本体ガーダに対する±10%シフト, 及び地盤物性± σ の考慮による非線形時刻歴応答解析結果を表 2-3 に示す。

クレーンの地震応答にとって支配的なガーダの走行方向軸周りのモーメントに着目したとき, 評価結果は, シフト無し, +10%シフト/ $-\sigma$, -10%シフト/ $+\sigma$, ピークシフトでの床応答スペクトルの震度と比例関係にはなっていない。これは, クレーンが車輪部を非線形要素でモデル化している(クレーン本体やトロリが浮上りなどの複雑な挙動を示す)ことによると考えられる。ただし, 解析ケースごとのモーメント荷重に大きな差は無く, 非線形性による極端な応答の変動はないため, ASME の Time History Broadening の規定を準用しても問題ないと考える。また, 発生応力に対して支配的なモーメント荷重の最大となるケースにおいて, 発生応力に対し許容応力に十分な裕度があり, 地震応答解析における材料物性の不確かさ等に関して問題無いことを確認した。

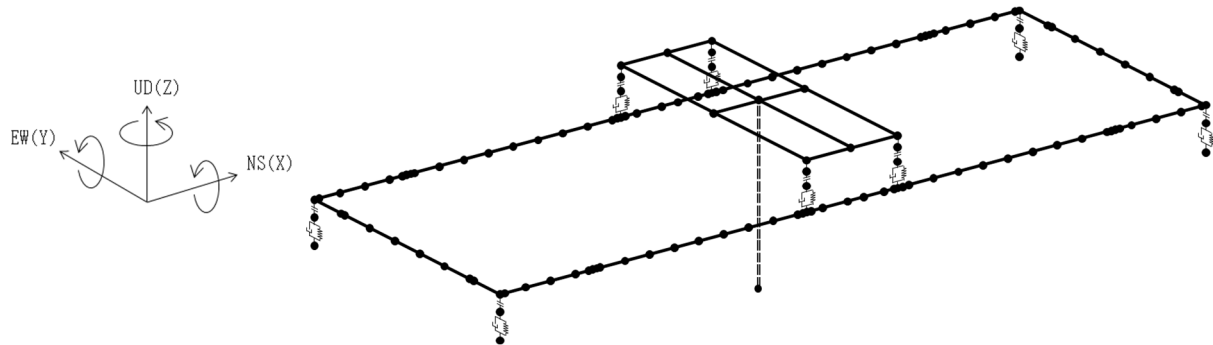
表 2-3 クレーン本体ガーダに対する±10%ピークシフトによる非線形時刻歴応答解析結果

No	区分	解析ケース				震度*1	発生荷重(N・mm)*2			応力分類	発生応力*3 (MPa)	許容応力 (MPa)
		トロリ位置	吊荷	地震動			My	Mz	Mx			
1	DB	中央	有	Ss-D	シフト無し	1.28	2.033E+10	1.819E+09	1.453E+06	曲げ	—	275
2				Ss-D	+10%/−σ	1.29	2.027E+10	1.748E+09	1.847E+06		—	
3				Ss-D	−10%/+σ	1.26	2.058E+10	1.925E+09	1.747E+06		237	
4				Ss-D	ピークシフト	1.28	1.957E+10	1.607E+09	1.653E+06		—	
5		有	Ss-D	シフト無し	1.26	7.574E+09	1.057E+09	7.393E+05	—			
6			Ss-D	+10%/−σ	1.56	8.967E+09	6.173E+08	1.036E+06	—			
7			Ss-D	−10%/+σ	1.40	7.159E+09	9.861E+08	8.106E+05	—			
8	SA	端部	無	Ss-D	シフト無し	2.84	5.791E+09	4.814E+08	1.832E+05	—	261	
9				Ss-F1	+10%/−σ	4.15	6.266E+09	3.709E+08	1.954E+05	—		
10				Ss-F2	−10%/+σ	2.36	5.309E+09	4.235E+08	1.403E+05	—		
11				Ss-F1	ピークシフト	3.46	6.626E+09	3.605E+08	2.051E+05	73		

注記*1：加速度応答スペクトルの値を重力加速度で除した値

*2：地震応答に対する寄与度の観点からモーメント荷重に着目

*3：VI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」の値であり DB, SA それぞれの最大値を記載する。



ワイヤロープの長さ と 吊荷の速度変化及び発生荷重との関係

1. 目的

解析では、運用上可能な範囲でワイヤロープの長さを短くして、モデル化している。ワイヤロープの長さを短くすれば、固有周期が短くなるため吊荷の速度変化が大きくなり、ワイヤロープ及びフックの評価において、発生荷重が大きくなる。

解析モデルの妥当性の観点から、「ワイヤロープの長さが短くなれば固有周期が短くなる理由」と「吊荷の速度変化が大きくなると発生荷重が大きくなる理由」について述べる。

2. ワイヤロープの長さを短くすれば固有周期が短くなる理由

吊荷とワイヤの系による発生荷重を検討する際に、ワイヤをばねとみなした 1 自由度の質量-ばね振動系を考える。

ここで固有周期は、ワイヤの長さ方向の伸縮運動の周期になり、質量-ばね系として、固有周期はワイヤのばね定数 k と質量 m に依存し、固有周期 T は、以下のとおりとなる。

$$T = 2\pi\sqrt{m/k}$$

ばね定数 k は、ばね（ここではワイヤ）の長さに依存し、

$$k = E \cdot A/L$$

これより、

$$T = 2\pi\sqrt{m \cdot L/(E \cdot A)}$$

表 3-1 計算諸元

項目		単位	数値
質量（主巻定格+フック）	m	kg	
ワイヤの縦弾性係数	E	MPa	
ワイヤの断面積	A	mm ²	
ワイヤ長さ	L	mm	

したがって、ワイヤ長さ L を短くすれば、固有周期 T は短くなる。

なお、上記式により算定される固有周期は、 となる。

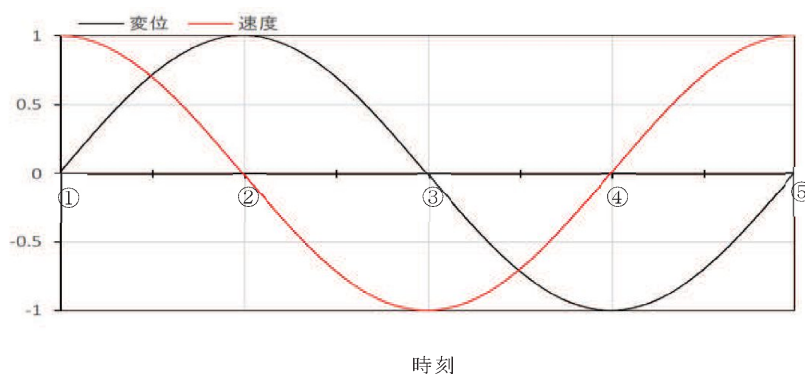
3. 吊荷の速度変化（単位時間当たり）が大きくなると発生荷重が大きくなる理由

ワイヤをばねとみなした場合の質量－ばね系の1自由度振動系において、変位波形は、正弦波となる。

時刻が、固有周期の（①時刻0）→（②1/4周期）→（③半周期）→（④3/4周期）→（⑤1周期）にあたる点において、

変位は、初期位置（①時刻0）→最上点（②1/4周期）→初期位置（③半周期）→最下点（④3/4周期）→初期位置（⑤1周期）を繰り返すことになり、

速度は、上向き最大（①時刻0）→速度0（②1/4周期）→下向き最大（③半周期）→速度0（④3/4周期）→上向き最大（⑤1周期）を繰り返すこととなる。



発生荷重は、吊荷の質量に、時間当たりの吊荷の速度変化（加速度）を乗じたものとなる。また、加速度 α （＝時間当たりの吊荷の速度変化）は、（③半周期）から（④3/4周期）の間（＝0.25T）で、下向き最大速度 V_{max} が、速度0に減速していることから、

$$\alpha = (V_{max}-0) / (0.25T)$$

となる。

つまり、時間当たりの吊荷の速度変化は、固有周期の大きさに反比例する。したがって、固有周期が短くなると、時間当たりの吊荷の速度変化（加速度）が大きくなり、発生荷重が大きくなる。

地震応答解析においても「ワイヤロープの長さは、短くすれば固有周期が短くなり、吊荷の速度変化が大きくなることから、発生荷重が大きくなる。」

地震応答解析においてクレーンのワイヤロープは非線形トラスでモデル化しており、引張方向に荷重が作用する場合のみ引張ばねとして作用するよう設定し、圧縮方向の荷重を受けないよう設定している。

ここで、ワイヤロープは解析では非線形要素として扱っているが、引張り側には線形ばねとして扱われる。このばねが初期位置（③）から引張りを受けて、最下点（④）に到達し、初期位置に戻るまで（上図では③→⑤までの1/2周期）は、線形ばねの挙動を示す。なお、その後の初期位置（⑤）→最上点（②）→初期位置（③）への挙動は、ばねの振動周期とは異なる。

荷重を発生させる加速度は、初期位置（③）から、最下点（④）に到達するまでの1/4周期期間中の速度変化であるため、地震応答解析であっても、同様の説明になる。

原子炉建物天井クレーンの地震時におけるすべり量

1. 目的

VI-1-3-3「燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書」において、原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）の待機状態においては地震時に想定されるすべり量を考慮した運用としていることから、地震時のすべり量を、水平方向の時刻歴加速度波から算出した。

2. 手計算によるすべり量

2.1 算出方針

クレーンのすべり量は、クレーンが走行方向の水平地震動によって受ける力が、自重による摩擦力を上回ることにより、クレーン自体が走行レール上でずれ、このずれ量が地震継続中に累積されたものである。

すべり量の算出では、クレーンの走行方向（EW 方向）地震動の時刻歴加速度波が、クレーンの摩擦力相当の加速度以上となる時刻の間は、クレーンがすべるものとする。

クレーンがすべるときに受ける加速度は、建物との相対加速度となり、時刻歴加速度から摩擦力相当の加速度を引いた値となる。一方、時刻歴加速度が摩擦力相当の加速度未満のときは、クレーンはすべらないので、加速度は 0 とする。

ここではクレーンがすべっている時刻間は、上記の加速度により等加速度運動をしているものとみなす。各時刻間での等加速度運動時の移動距離（ずれ量）を算出し、時刻歴波の終了時刻まで、ずれ量を逐次積算していく。このずれ量の逐次積算値の中で、最大となるものを、クレーンのすべり量とする。

2.2 算出内容

(1) 地震動

使用する水平地震動の時刻歴波は、以下とし、各々の地震動に対してすべり量を算出する。

- 地震動：ケース 1（基本ケース） …6 波
 ケース 2（地盤物性+ σ ） …6 波
 ケース 3（地盤物性- σ ） …6 波
- 方向：EW 方向（走行方向）
- 標高：EL 51.700m（クレーン設置位置）

(2) 算出条件

すべり量の算出に使用する条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 すべり量の算出に使用する条件

記号	名称	単位	数値	説明
g	重力加速度	m/s ²	9.80665	—
μ_c	車輪とレールの 静止摩擦係数	—	0.075	クレーンの走行車輪は 8 個のうち 2 個は駆動輪，他の 6 個が従動輪である。 また最大静止摩擦係数を $\mu = 0.3$ から算出した値とする。 ・ $\mu_c = \mu \times 2 / 8 = 0.075$
dt	微小時間 (時間刻み)	s	0.001	時刻歴加速度波の時間刻みとする。

(3) 算出方法

図 4-1 にすべり量算出方法の概略を示す。

(a) 時刻歴波の交番に対する扱い

時刻歴加速度波は正負に交番するものであり，それに伴いクレーンのずれもレール長手方向に対して，行き/戻りが発生する。ここでは正負の影響を考慮し，正值のみ，負値のみの積算とはしないものとする。

(b) 計算方法

時刻歴波の各時刻の加速度を確認し，クレーンの摩擦力に相当する加速度以上となる時刻を，時刻歴データより選定する。選定された時刻の加速度は，その加速度からクレーンの摩擦力相当の加速度を引いた値とする。

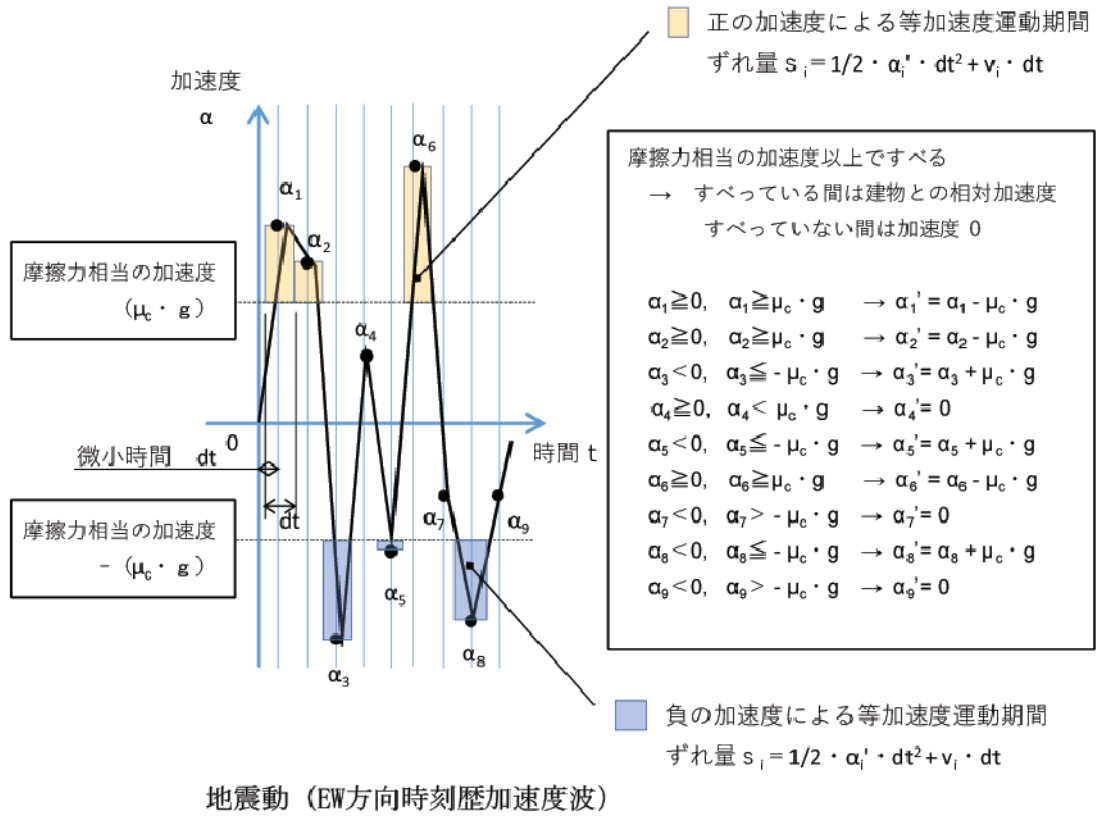
速度は，時刻歴波の時間刻み間隔に上記の加速度を乗じた値と，前時刻の速度の和とする。(クレーンは摩擦力相当の加速度未満ではすべらないため，加速度が摩擦力相当の加速度未満となる時点で前時刻の速度は 0 となるものとする。)

この加速度および速度から，等加速度運動による移動距離を求める。得られる各時刻の移動量を，地震継続中において逐次積算し，この積算値の中で絶対値の最大となるものを当該時刻歴波でのすべり量とする。

すべての時刻歴波に対してこの計算を行い，最大となるすべり量をクレーンのすべり量とする。

2.3 すべり量算出結果

表 4-2 にすべり量算出結果を示す。手計算による最大すべり量は，Ss-D (ケース 1) で 215mm となる。



等加速度運動による微小時間のずれ量 s_i

$$s_i = 1/2 \cdot \alpha_i' \cdot dt^2 + v_i \cdot dt$$

ここで、速度 v_i は以下とする。

$$v_i = \alpha_i' \cdot dt + \sum v_{i-1}$$

(摩擦力を上回らなければすべらないため、速度 v_i の計算式うち、それまでの累積速度を示す $\sum v_{i-1}$ は、加速度が摩擦力未満となる時点で0となるものとする。)

上記の微小時間のずれ量 s_i を逐次積算していくと、その積算値 S_i は地震加速度の交番に伴い、正值、負値へ交番する。(ルール上での行き/戻りの挙動に相当する。)

$$S_i = s_i + \sum s_{i-1}$$

したがって、最大のすべり量 S は、ずれ量逐次積算値 S_i のうち、絶対値の最大となるものとする。

$$S = \max (|S_i|)$$

図 4-1 すべり量算出方法の概略

表 4-2 手計算により算出したすべり量

解析ケース	地震波	すべり量【mm】
ケース 1 (基本ケース) 地盤物性：標準地盤	Ss-D	215*
	Ss-F1	47
	Ss-F2	23
	Ss-N1	92
	Ss-N2_EW	37
	Ss-N2_NS	49
ケース 2 地盤物性：地盤物性 + σ	Ss-D	115
	Ss-F1	49
	Ss-F2	24
	Ss-N1	93
	Ss-N2_EW	28
	Ss-N2_NS	43
ケース 3 (基本ケース) 地盤物性：地盤物性 - σ	Ss-D	149
	Ss-F1	45
	Ss-F2	27
	Ss-N1	90
	Ss-N2_EW	29
	Ss-N2_NS	34

注記*：最大すべり量

3. 時刻歴解析によるすべり量

3.1 算出方針

時刻歴解析によるすべり量の算出においては、工事計画認可申請書耐震計算で使用している解析モデルを使用する。クレーンのすべり量はクレーンの待機状態を想定した評価のため、解析ケースには「トロリ位置端部／吊荷無」を適用する。

また、時刻歴解析で適用する地震動は、手計算でのすべり量が最大となった「ケース1 Ss-D」とする。

3.2 すべり量算出結果

時刻歴解析による最大すべり量は、図4-2のとおり492mmとなる。

なお、2.3項の手計算により算出した最大すべり量(215mm)との差異の要因は、本評価では鉛直方向も考慮しており、その結果として、クレーンの瞬間的な浮上りの繰り返しのよって入力波に偏りが発生したり、水平方向にクレーンが振られた際に一方向側に継続的に入力波を受けることでクレーンが加速され、すべり量が大きくなったと考えられる。

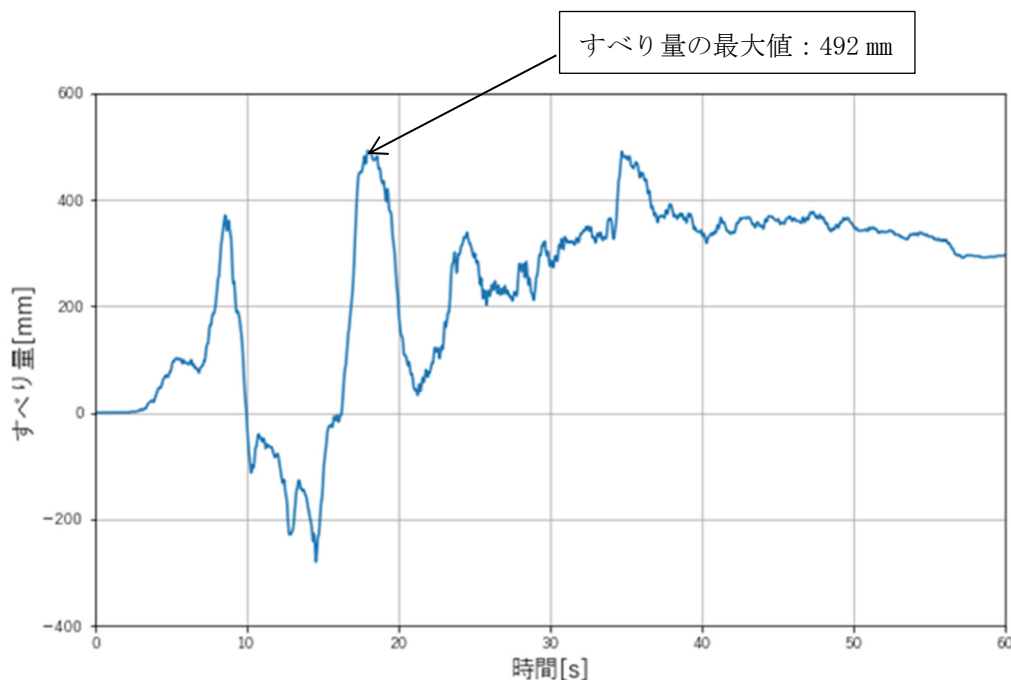


図4-2 時刻歴解析により算出したすべり量

4. まとめ

すべり量の算出結果は、クレーンの最大すべり量が492mmとなることを確認した。また、地震荷重は交番荷重であり、図4-2のように両方向へのすべりを繰り返しながら移動するため、同一方向への一度の最大移動量は400mm程度であることを確認した。

したがって、クレーンは地震時に想定されるすべり量を考慮して、レール端部のストoppから最大すべり量以上の離隔距離を取った運用とすることから、クレーンが転倒・落下して上位クラス施設に波及的影響を及ぼすことは考えにくい。

走行レール及び車輪つばの耐震評価結果

1. 目的

原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）は、走行レールから車輪が脱線もしくは、走行レール及び車輪つばが破損したとしても落下防止ラグにより落下を防止する構造であるが、念のため走行レール及び車輪つばの耐震評価を行う。

2. 算定条件

2.1 評価用地震力

走行レール及び車輪つばの評価に用いる地震力は、基準地震動 S_s に基づき以下の値とする。

水平震度：ガーダ部 2.27， トロリ部 0.15（摩擦係数より算出した値）

2.2 評価断面

走行レール及び車輪つばの耐震評価断面を図 5-1 に示す。

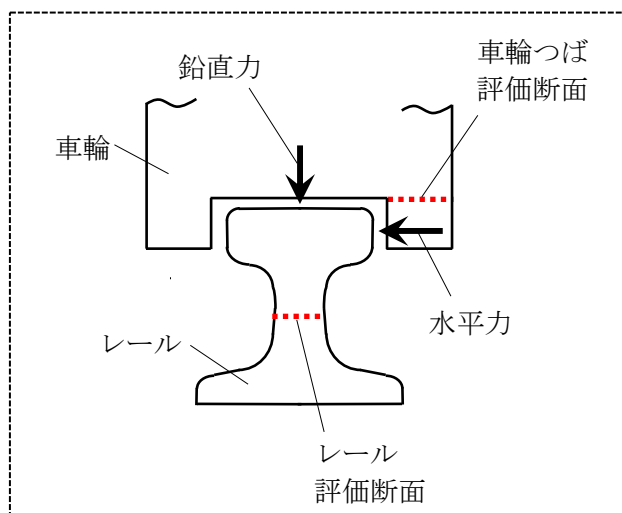


図 5-1 走行レール及び車輪つばの耐震評価断面

2.3 構造材料及び許容応力

走行レール及び車輪つばの材料及び許容応力を表 5-1 に示す。

なお、波及的影響の観点から走行レールと車輪つばが破断しないことを確認することを目的に S_u 値を適用して評価を実施した。

表 5-1 材料及び許容応力

部位	材料	S_u (MPa)	許容応力 (MPa)	
			曲げ	せん断
走行レール	[]	[]	780	450
車輪つば			532	307

2.4 計算諸元

走行レールの計算諸元及び説明図を表 5-2 及び図 5-2 に、車輪つばの計算諸元及び説明図を表 5-3 及び図 5-3 に示す。

表 5-2 走行レールの計算諸元

項目		単位	数値
作用幅	b_{1H}	mm	
	b_{2H}	mm	
	b_{3H}	mm	
アーム長さ	h_1	mm	
高さ	L_1	mm	
	L_2	mm	
ウェブ厚さ	t_1	mm	
ウェブ断面積	A_1	mm^2	
水平力	F_H	N	
曲げモーメント	M	$\text{N} \cdot \text{mm}$	
ウェブ断面係数	Z	mm^3	

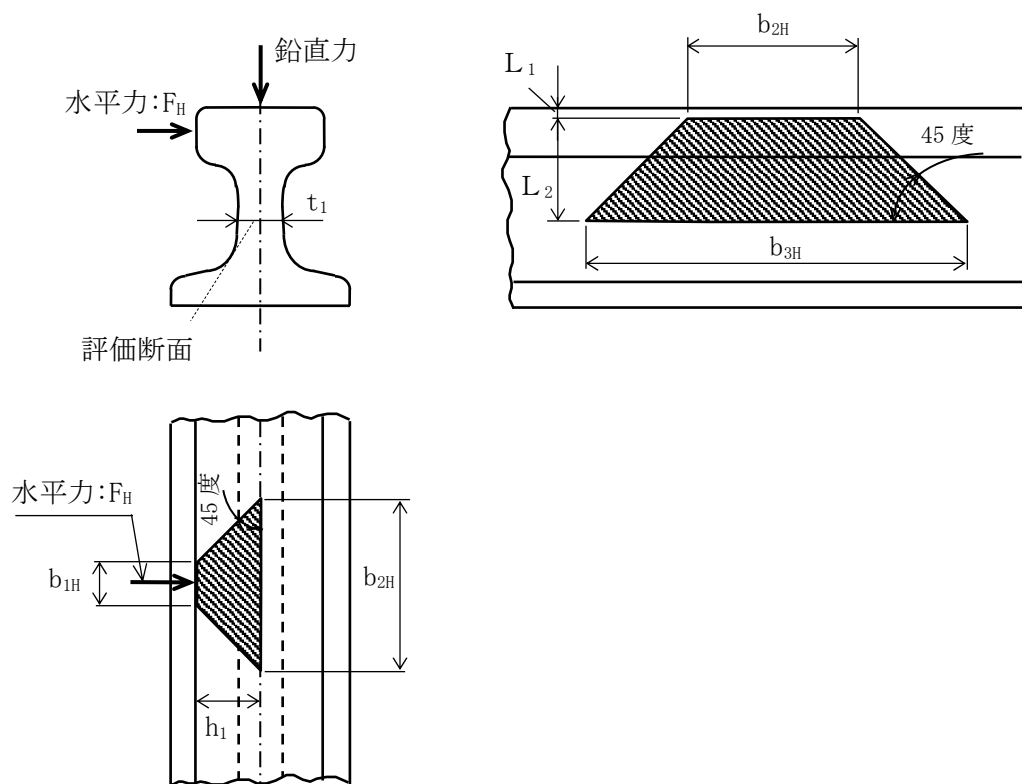


図 5-2 走行レールの計算諸元説明図

表 5-3 車輪つば計算諸元

項目		単位	数値
車輪径 (つば)	D_f	mm	
車輪径 (踏面)	D_w	mm	
車輪つばの厚さ	t	mm	
車輪つばの受け長さ	ℓ	mm	
アーム長さ	h	mm	
水平力	F_H	N	
断面積	A	mm^2	
曲げモーメント	M	$\text{N} \cdot \text{mm}$	
断面係数	Z	mm^3	

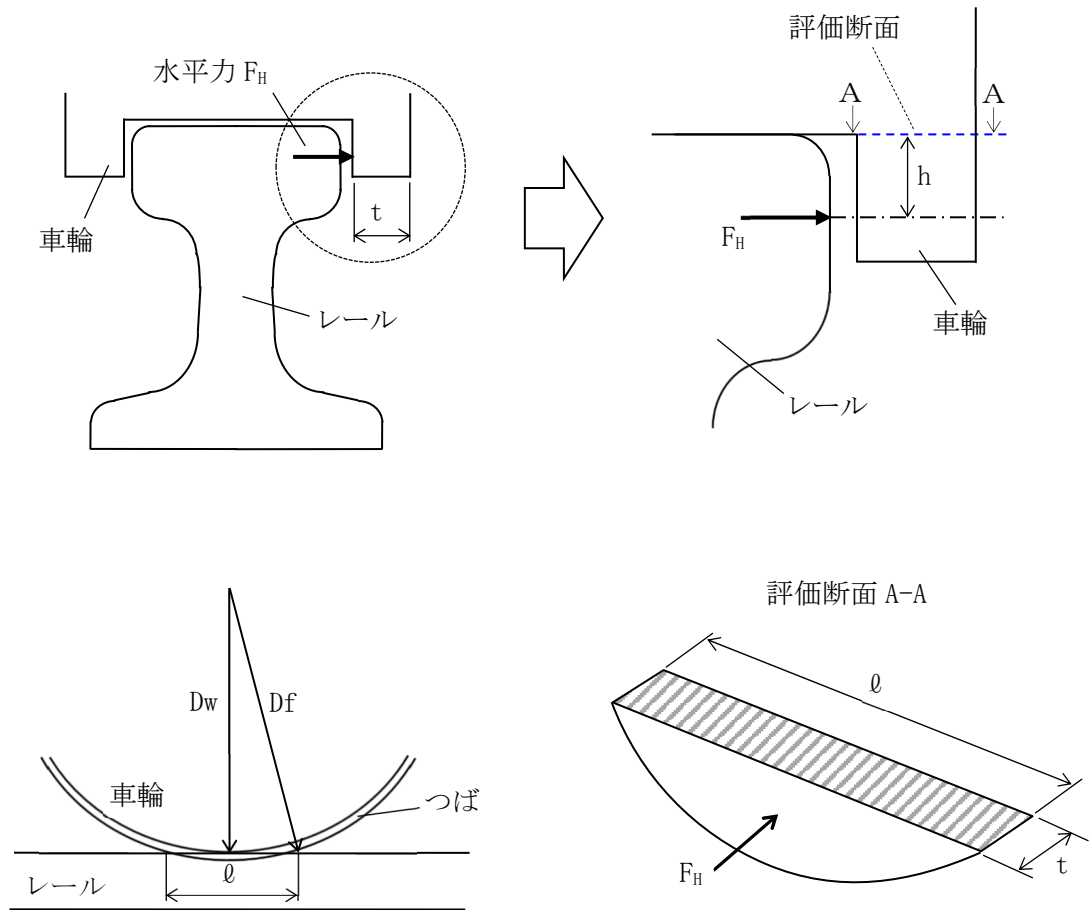


図 5-3 車輪つばの計算諸元説明図

3. 走行レール及び車輪つばの耐震評価結果

耐震評価結果を表 5-4 に示す。

基準地震動 S_s における，クレーンの走行レール及び車輪つばに発生する応力値は，ともに許容応力以内であることを確認した。

表 5-4 クレーンの走行レール及び車輪つばの耐震評価結果

部位	材料	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
走行レール		曲げ	562	780
		せん断	28	450
		組合せ	564	780
車輪つば		曲げ	219	532
		せん断	61	307
		組合せ	242	532

注記* : S_u 値を適用した許容応力。

(IV_{AS} 評価で許容応力の算出に用いる F 値 (設計・建設規格 SSB-3121.1(1) により規定される値) を S_u 値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値。)

主巻ワイヤのブレーキ制動力

1. 目的

原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）の主巻ワイヤのブレーキ制動力の評価を行い、地震時のすべりによる影響評価を行う。

2. ブレーキ制動力の評価

主巻ワイヤのブレーキによる制動力の評価結果を表 6-1 に示す。基準地震動 S_s によりワイヤに発生する荷重は、許容荷重であるブレーキ制動力（吊荷を保持している力）を下回り、吊荷はすべらないことを確認した。

表 6-1 原子炉建物天井クレーンの主巻ワイヤのブレーキ制動力の評価結果

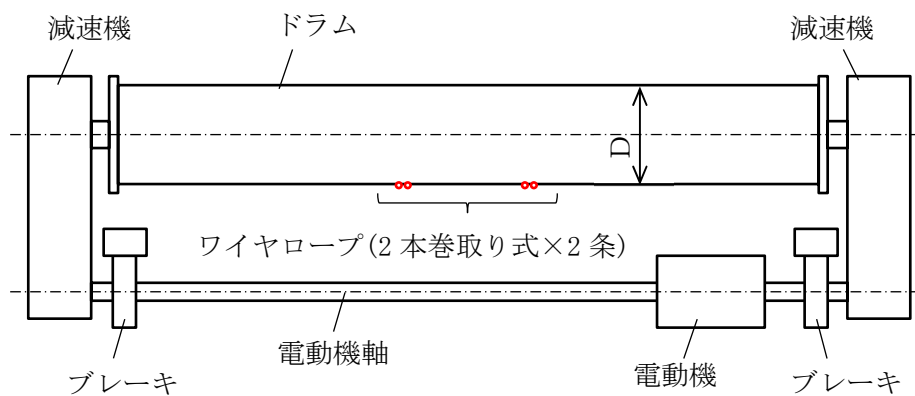
基準地震動 S_s により ワイヤに発生する荷重 (N)	許容荷重 (N)
5.200×10^6	6.058×10^6

【算定条件】

- (1) ワイヤに発生する荷重 $5.200 \times 10^6 \text{N}$
(基準地震動 S_s による地震応答解析結果)
- (2) ブレーキ制動力の算定
ブレーキ制動力の算定に用いる計算条件を表 6-2 に、算出説明図を図 6-1 に示す。

表 6-2 ブレーキ制動力の計算条件

項目		単位	数値	備考
ドラム径	D	mm		
定格質量	m_L	kg		
フック質量	m_H	kg		
ロープ掛数	N	本		
ドラムの巻取本数	N'	本		
ブレーキ台数	n	個		
ブレーキ容量	T_B	$\text{N} \cdot \text{mm}$		
重力加速度	g	m/s^2		
シーブ効率	η	—		
減速機減速比	i	—		
ロープ荷重	F	N		$(m_L + m_H) \cdot g / (N \cdot \eta)$
負荷トルク	T	$\text{N} \cdot \text{mm}$		$N' \cdot F \cdot D / (2 \cdot i)$
安全率	S	—		$n \cdot T_B / T$
許容荷重	—	N		$(m_L + m_H) \cdot g \cdot S$



〈主巻上装置の構成〉

図 6-1 ブレーキ制動力算出説明図

側面の接触による摩擦荷重の影響

1. 目的

原子炉建物天井クレーンの評価においては、「各方向地震力の非同時性を考慮することにより側面摩擦を考慮しない」ことについて、側面の接触による摩擦荷重の影響を評価し、クレーン本体ガーダの曲げ応力への影響を確認した。

2. 算定条件

2.1 検討対象部位

側面摩擦の影響確認においては、工事計画認可申請書評価部位のうち発生応力が大きく、側面摩擦による荷重増加の影響を受けると考えられ、裕度の小さい「クレーン本体ガーダの曲げ応力」に着目し、検討する。

2.2 検討対象ケース

原子炉建物天井クレーンに水平力が加わった際、図 7-1 に示す寸法関係より、落下防止ラグがクレーンガーダに接触するよりも先に車輪つばとレール側面が接触する。このため、「車輪つばとレール側面が接触する場合」を側面接触による摩擦荷重の影響を検討するケースとして選定する。

また、車輪が走行レールに乗り上げた場合には、落下防止ラグとクレーンガーダが接触することから「落下防止ラグとクレーンガーダが接触する場合」についても検討を行う。

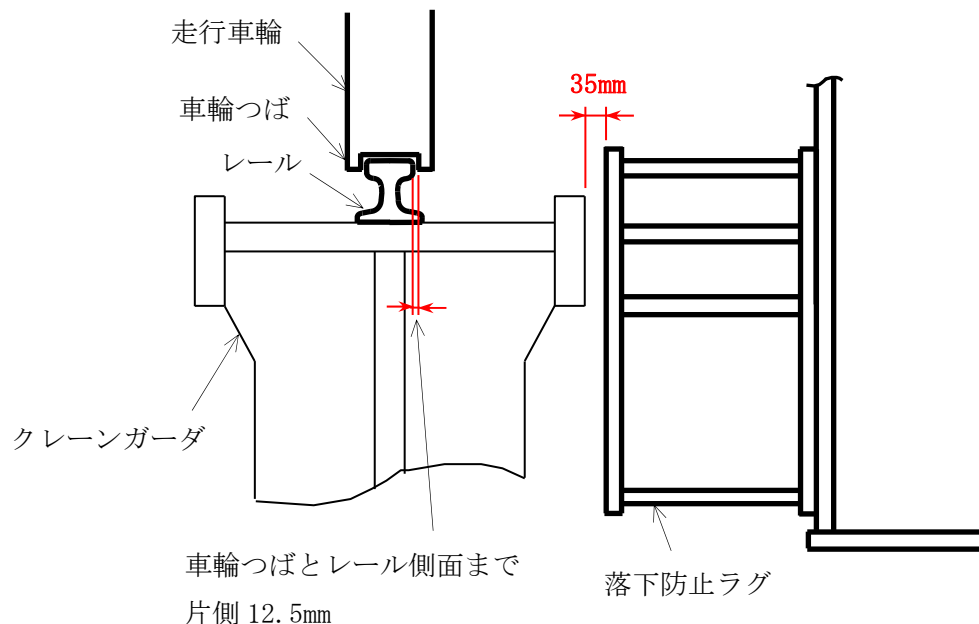


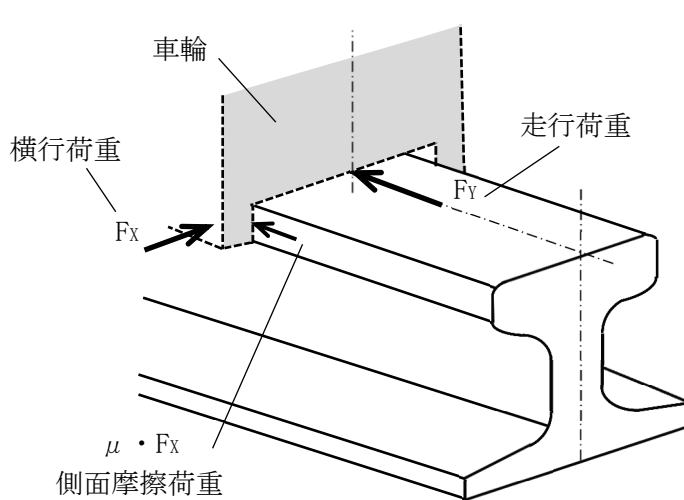
図 7-1 走行車輪と落下防止ラグの隙間関係

2.3 影響試算方法

a. 車輪つばとレール側面が接触する場合

図 7-2 に示すとおり，横行荷重から側面摩擦の荷重を試算し，側面摩擦による走行荷重の増加分をクレーン本体ガーダ応力に考慮した評価を行う。

なお，側面摩擦を考慮した場合のクレーン本体ガーダ応力は走行荷重（摩擦あり）と走行荷重（摩擦なし）の比率を基に算出する。



$$F_x = \quad (N)$$

$$F_y = \quad (N)$$

$$\mu = 0.3$$

走行荷重 (F_y): 車輪部 4 箇所合計の最大荷重

横行荷重 (F_x): 走行荷重の最大発生時刻と同時刻の横行荷重 (車輪部 4 箇所合計)

$$\text{走行荷重 (摩擦あり)} = F_y + \mu \cdot F_x \cdot 2/8$$

車輪つばとレール側面の接触時の側面摩擦荷重は，駆動輪には摩擦荷重が発生し，従動輪には，摩擦荷重が発生しないものとし，走行車輪の数 (8 輪) と駆動輪の数 (2 輪) の関係から $F_x \cdot 2/8$ で評価*1, 2, 3

水平曲げモーメントによる曲げ応力: σ_{Hb}

鉛直曲げモーメントによる曲げ応力: σ_{Vb}

クレーン本体ガーダに発生する曲げ応力 (摩擦なし): $\sigma_t = \sigma_{Vb} + \sigma_{Hb}$

クレーン本体ガーダに発生する曲げ応力 (摩擦あり): $\sigma_t' = (F_y + \mu \cdot F_x \cdot 2/8) / F_y \cdot \sigma_{Hb} + \sigma_{Vb}$

注記*1: 車輪部には地震時に交番荷重が加わり，車輪つばとレール側面の接触は短時間であるため，従動輪の摩擦荷重の影響は軽微と考えられる。また，摩擦係数は添付 1-9 (2.1.4(2) 項) に記載の通り，既往研究にて確認された摩擦係数 0.11~0.19 に設計裕度を持たせて $\mu = 0.3$ と設定していることから，摩擦荷重の影響は軽微と考えられる。

*2: 従動輪が仮にすべらなかった場合，接触時の摩擦係数は $\mu = 0.3$ となる。このとき車輪つばとレール側面は次頁の b. 項と同じ接触状態となるため，クレーン本体ガーダの評価に及ぼす影響は b. 項の結果から確認できる。

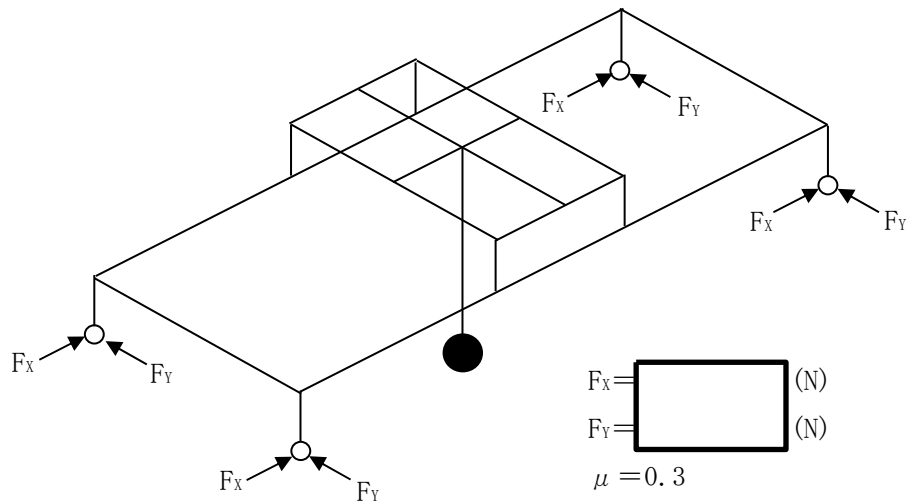
*3: 非線形時刻歴解析より求めた横行荷重は全車輪部の合計荷重であり，側面摩擦荷重は摩擦荷重が発生する駆動輪のみに作用するため，側面摩擦荷重には，走行車輪の数 (8 輪) と駆動輪の数 (2 輪) の関係を考慮する。

図 7-2 側面摩擦の影響試算 (車輪つばとレール側面が接触する場合)

b. 落下防止ラグとクレーンガーダが接触する場合

図 7-3 に示すとおり，横行荷重から側面摩擦の荷重を試算し，側面摩擦による走行荷重の増加分をクレーン本体ガーダ応力に考慮した評価を行う。

なお，側面摩擦を考慮した場合のクレーン本体ガーダ応力は走行荷重（摩擦あり）と走行荷重（摩擦なし）の比率を基に算出する。



走行荷重 (F_y): 車輪部 4 箇所合計の最大荷重

横行荷重 (F_x): 走行荷重の最大発生時刻と同時刻の横行荷重(車輪部 4 箇所合計)

走行荷重（摩擦あり） $= F_y + \mu \cdot F_x$

落下防止ラグとクレーンガーダの接触時の摩擦係数は $\mu = 0.3$ で評価

水平曲げモーメントによる曲げ応力: σ_{Hb}

鉛直曲げモーメントによる曲げ応力: σ_{Vb}

クレーン本体ガーダに発生する曲げ応力（摩擦なし）: $\sigma_t = \sigma_{Vb} + \sigma_{Hb}$

クレーン本体ガーダに発生する曲げ応力（摩擦あり）: $\sigma_t' = (F_y + \mu \cdot F_x) / F_y \cdot \sigma_{Hb} + \sigma_{Vb}$

図 7-3 側面摩擦の影響試算（落下防止ラグとクレーンガーダが接触する場合）

3. 影響検討結果

側面の接触による摩擦荷重がクレーン本体ガーダの評価に及ぼす影響について、確認結果を表 7-1 に示す。

「車輪つばとレール側面が接触する場合」及び「落下防止ラグとクレーンガーダが接触する場合」のどちらのケースにおいてもクレーン本体ガーダの曲げ応力は許容応力以下であることを確認した。

表 7-1 側面摩擦の影響確認結果

検討ケース	側面摩擦有無	クレーン本体ガーダの曲げ応力 (MPa)	
		発生値	許容値
側面摩擦なし		237	275
車輪つばとレール側面が 接触する場合	側面摩擦あり	244	
落下防止ラグとクレーン ガーダが接触する場合	側面摩擦あり	265	

クレーンガーダの基準地震動 S_s による地震力に対する検討

1. 検討概要

原子炉建物天井クレーンを支持するクレーンガーダについて、基準地震動 S_s に対して健全性を有していることを確認する。

図 8-1 に天井クレーン概要を、図 8-2 にクレーンガーダの断面図を、図 8-3 に上フランジ及び下フランジの平面図並びに断面図を、図 8-4 にクレーンガーダ支持部断面図をそれぞれ示す。

クレーンガーダの評価は、支持スパンが最も大きくなる RH 通り側の R10-R11 通り間（実部材長：8230 mm）について検討を実施する。

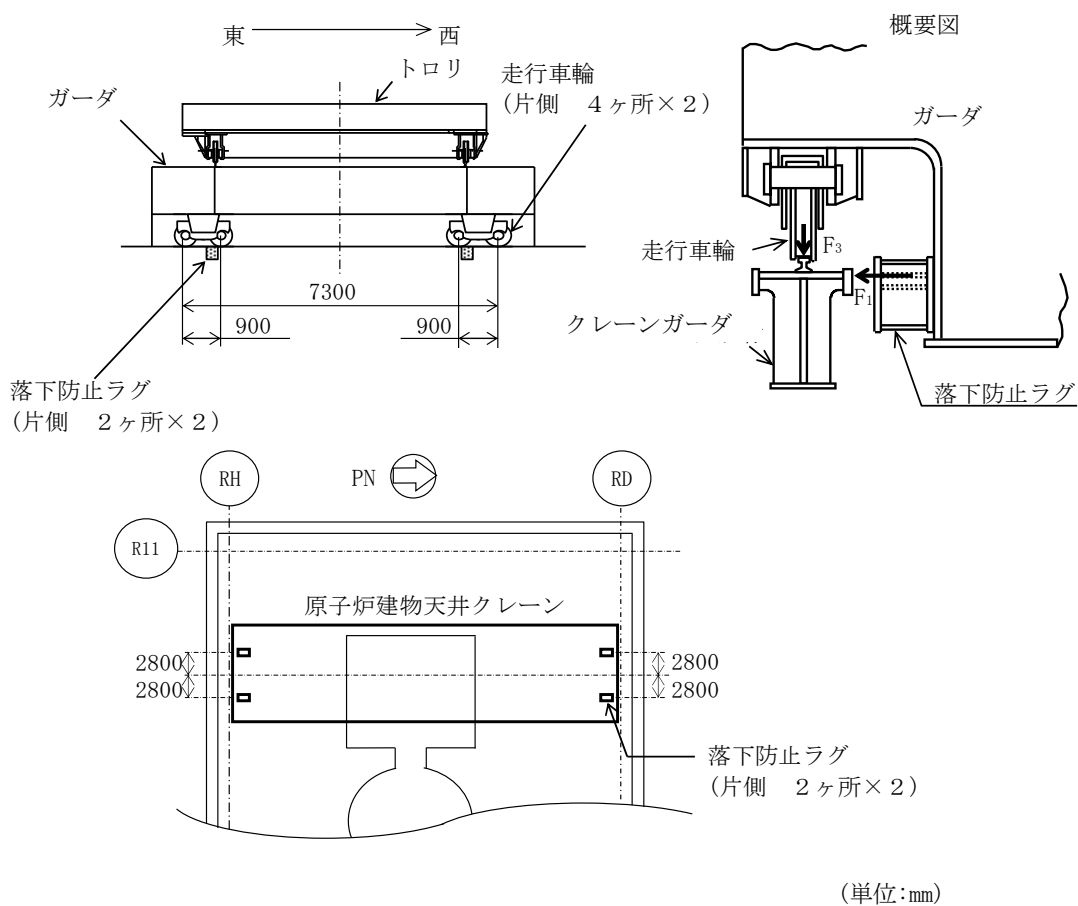


図 8-1(1) 天井クレーン概要

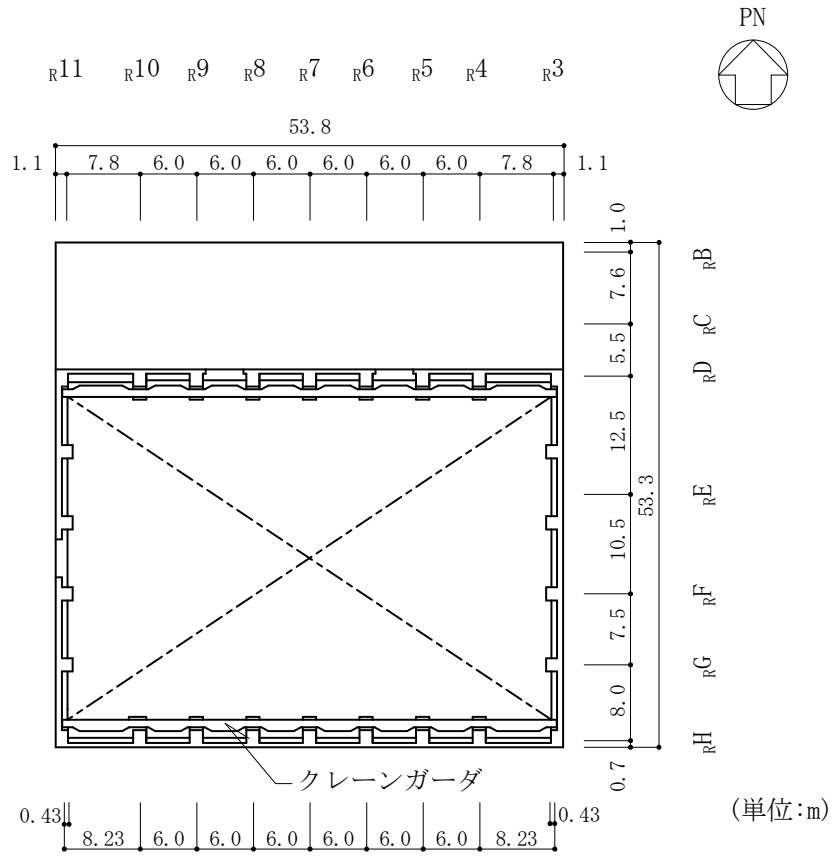
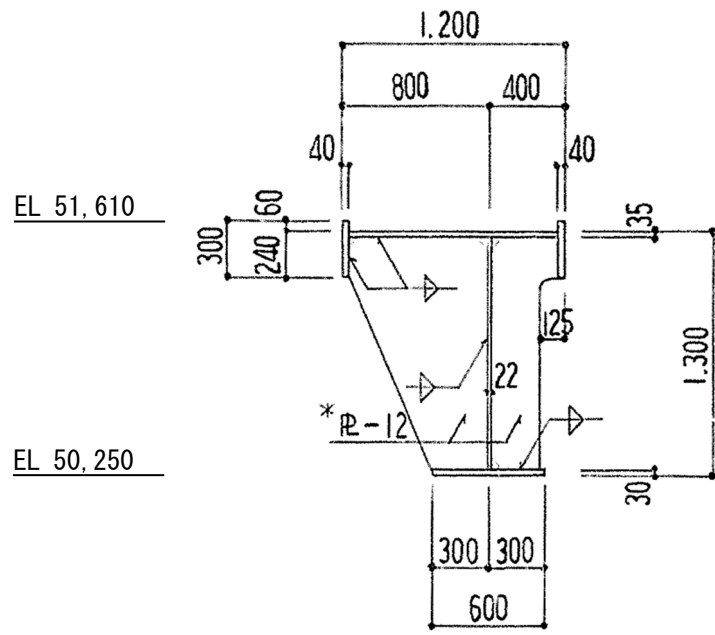
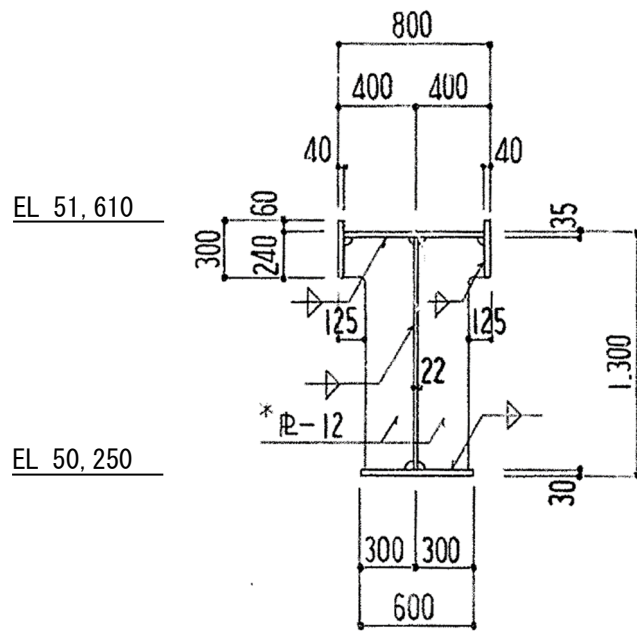


図 8-1(2) 天井クレーン概要



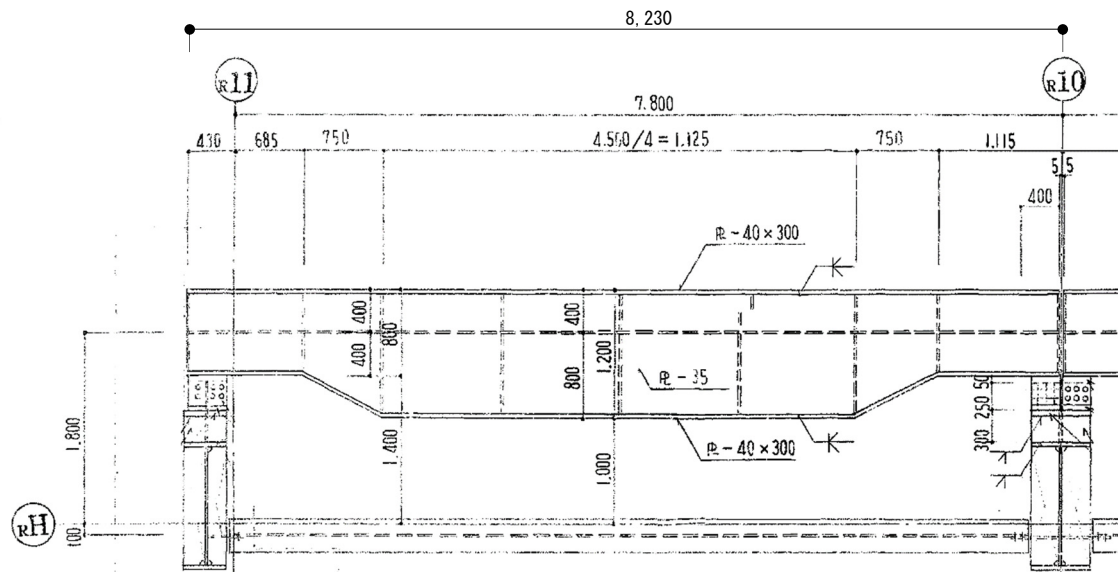
(a) 中央部



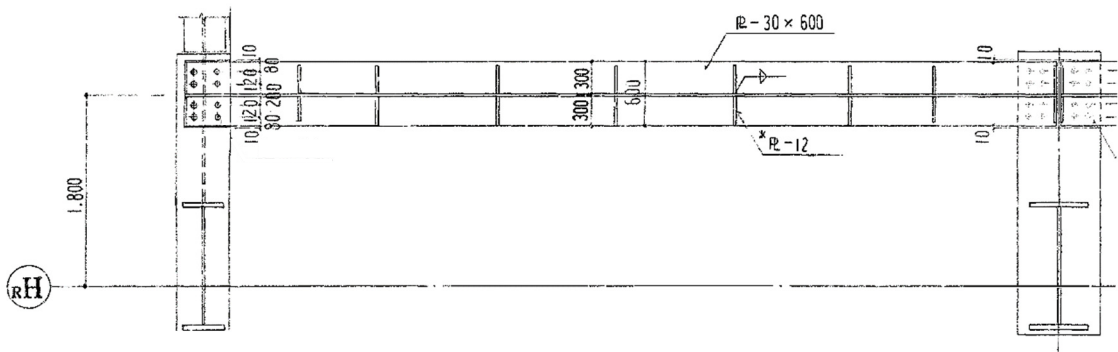
(b) 端部

(単位:mm)

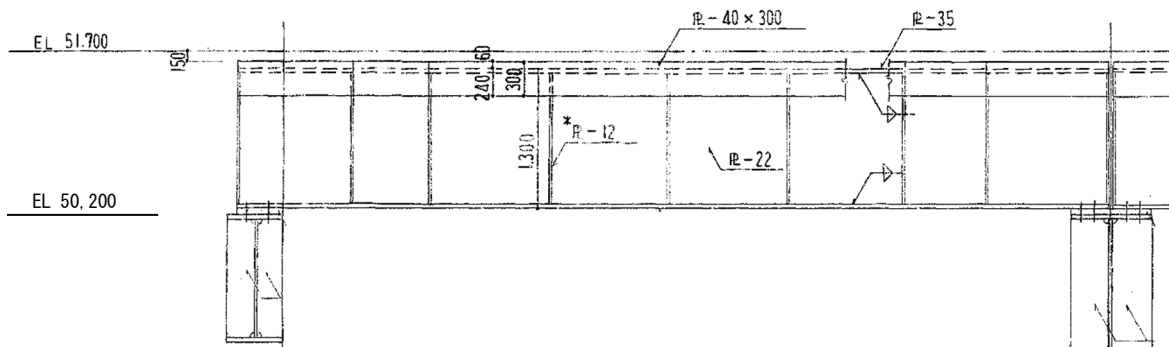
図 8-2 クレーンガーダの断面図



(a) 上フランジ平面



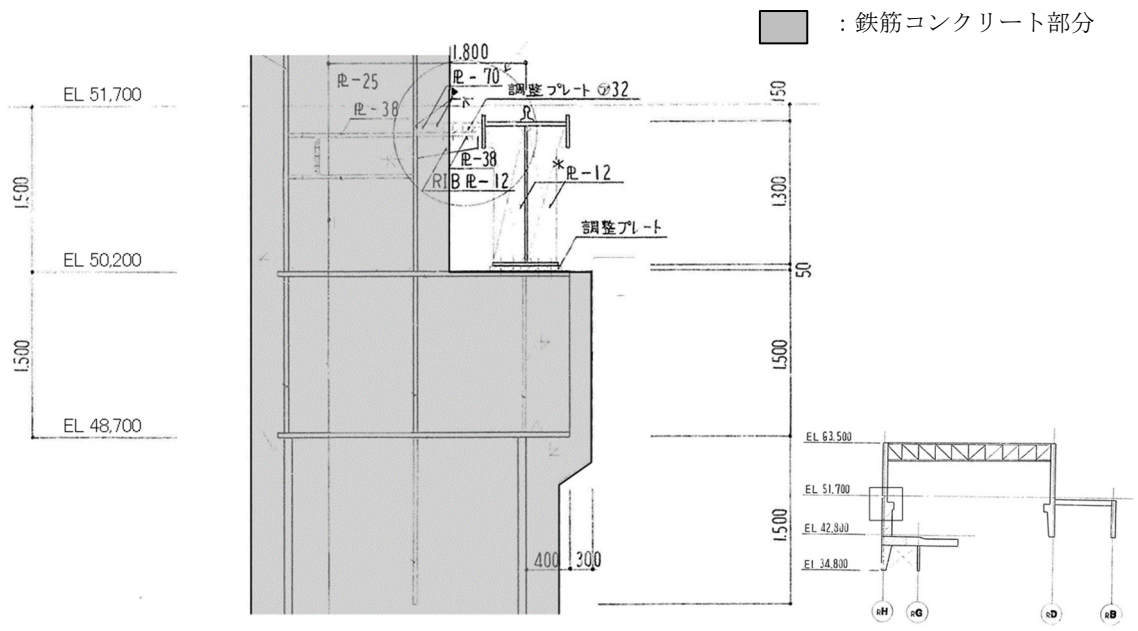
(b) 下フランジ平面



(c) 断面

(単位:mm)

図 8-3 クレーンガーダの代表平面図及び断面図



(単位: mm)

図 8-4 クレーンガーダ支持部断面図

2. 使用材料の許容応力度

使用する鋼材の基準強度及び材料強度を表 8-1 に示す。鋼材の材料強度については、「平 12 建告第 2464 号」に基づき、F 値を 1.1 倍して用いる。また、鋼材の許容応力度は、「鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー（社）日本建築学会，2005 改訂）」に従い、表 8-1 中の材料強度より求める。

表 8-1 使用鋼材の材料強度

材料		板厚	基準強度 F (N/mm ²)	材料強度
構造用鋼材	SM50A (SM490A相当)	$t \leq 40\text{mm}$	325	$F \times 1.1$

3. 荷重組合せ

水平動と鉛直動の地震荷重の組合せについては、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1-2008（社）日本電気協会）」を参考に下式で示される組合せ係数法を用いる。

組合せ係数法による地震時応力

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} (1.0 \times \text{水平地震力による応力} + 0.4 \times \text{鉛直地震力による応力}), \\ (0.4 \times \text{水平地震力による応力} + 1.0 \times \text{鉛直地震力による応力}) \end{array} \right\}$$

4. 応力算定

(1) クレーンガーダに作用する地震荷重

クレーンガーダに作用する荷重を図8-5に示す。また、表8-2に荷重値を示す。

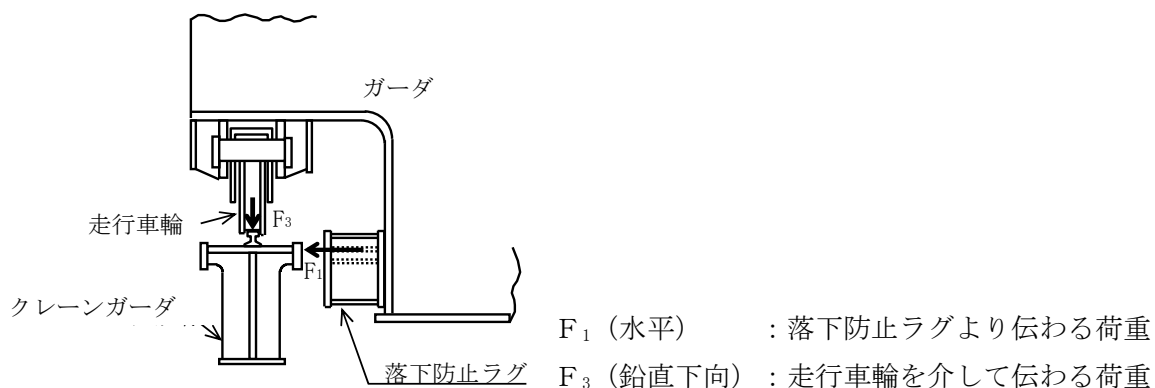


図8-5 クレーンガーダに作用する荷重

表8-2 クレーンガーダ検討用荷重

方向	基準地震動 S_s による地震荷重 (kN) *3
水平 (F_1) *1	2345
鉛直 (F_3) *2	1414

注記*1: F_1 は落下防止ラグ1箇所当たりの荷重

*2: F_3 は走行車輪1箇所当たりの荷重(自重分を含む)

*3: VI-2-11-2-7-1 原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書にて使用した地震条件より得られた荷重(水平(F_1) = 2282(kN), 鉛直(F_3) = 1409(kN))を上回る荷重

(2) クレーンガーダの自重による地震荷重

クレーンガーダの自重による地震力は、原子炉建物の質点系モデルの基準地震動 S_s による地震応答解析結果（VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」）に基づく材料物性の不確かさを考慮した水平及び鉛直地震動より算定する。

クレーンガーダの自重による地震荷重は、クレーンガーダの重量に震度を乗じることにより算定する。クレーンガーダの自重による地震荷重を表 8-3 に示す。

表 8-3 クレーンガーダの自重による地震荷重

荷重方向	クレーンガーダ	震度*1	地震荷重 (kN/m)
	重量 (kN/m)		
鉛直（全断面）	10	2.48*2	25
水平（全断面）	10	1.89	19

注記*1：原子炉建物の質点系モデルの基準地震動 S_s による地震応答解析結果（VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」）に基づく材料物性の不確かさを考慮した水平及び鉛直地震動より算定する。

*2：鉛直震度は、鉛直下向きを考慮し $1+1.48=2.48$ としている。

(3) 解析ケース

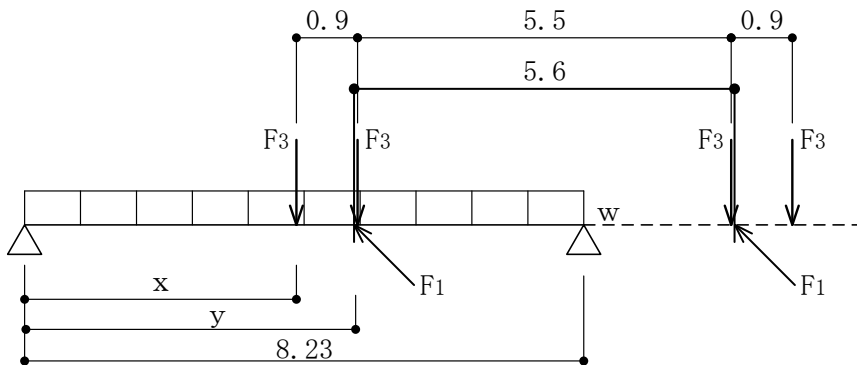
クレーンガーダの応力解析ケースを表 8-4 に示し、荷重作用の概念図と荷重作用位置を図 8-6、表 8-5 に示す。

表 8-4 応力解析ケース

荷重状態	荷重ラベル	内容	車輪位置 x (m)	落下防止ラグ位置 y (m)
基準地震動 S s	SL1	鉛直曲げモーメント最大 (中央部)	3.890	—
	SL2	鉛直せん断力最大 (端部* ¹)	7.330	—
	SL3	水平曲げモーメント最大 (中央部)	—	4.115
	SL4	水平せん断力最大 (端部* ¹)	—	8.230
	SL5	鉛直曲げモーメント最大 (端部* ²)	6.215	—
	SL6	水平曲げモーメント最大 (端部* ²)	—	7.115

注記*1：せん断力最大 (端部) の端部とは、支点位置

*2：曲げモーメント最大 (端部) の端部とは、支点から 1.115m 位置



- F_1 (水平) : 落下防止ラグより伝わる荷重
- F_3 (鉛直下向) : 走行車輪を介して伝わる荷重
- w (水平・鉛直下向) : クレーンガーダの自重による地震荷重

(単位:m)

図 8-6 荷重作用の概念図 (車輪位置 x, 落下防止ラグ位置 y の場合)

表 8-5 荷重作用位置

方向	荷重ラベル	入力荷重	
鉛直	S L 1 鉛直曲げモーメント最大 (中央部)		$w_1 = 25 \text{ kN/m}$ $F_3 = 1414 \text{ kN}$
	S L 2 鉛直せん断力最大 (端部)		
水平	S L 3 水平曲げモーメント最大 (中央部)		$w_2 = 19 \text{ kN/m}$ $F_1 = 2345 \text{ kN}$
	S L 4 水平せん断力最大 (端部)		
鉛直	S L 5 鉛直曲げモーメント最大 (端部)		$w_1 = 25 \text{ kN/m}$ $F_3 = 1414 \text{ kN}$
水平	S L 6 水平曲げモーメント最大 (端部)		$w_2 = 19 \text{ kN/m}$ $F_1 = 2345 \text{ kN}$

(4) 部材応力

基準地震動 S_s におけるクレーンガータの部材応力を表 8-6 に示す。

表 8-6 部材応力一覧

組合せ 係数	部位	荷重 状態	荷重 方向	曲げ最大部				せん断最大部*	
				荷重 ラベル	曲げ モーメント (kN・m)	せん 断力 (kN)	位置 (m)	荷重 ラベル	せん 断力 (kN)
鉛直 0.4	中央部	短期	鉛直	S L 1	3849	958	3.890	—	—
			水平	S L 3	4986	1173	4.115	—	—
水平 1.0	端部	短期	鉛直	S L 5	1887	1702	7.115	SL2	1975
			水平	S L 6	2336	2105	7.115	SL4	2423
鉛直 1.0	中央部	短期	鉛直	S L 1	5411	1342	3.890	—	—
			水平	S L 3	1998	469	4.115	—	—
水平 0.4	端部	短期	鉛直	S L 5	2653	2393	7.115	SL2	2776
			水平	S L 6	936	844	7.115	SL4	971

注記*：せん断最大部は支点位置

(5) 断面算定

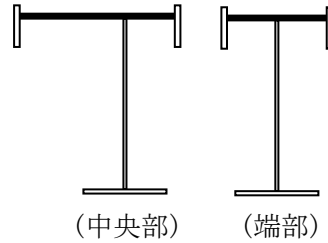
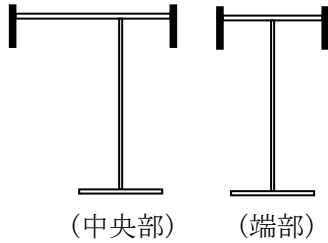
クレーンガーダの断面算定に用いる断面性能を表 8-7 に示す。

なお、クレーンガーダの断面算定に当たっては、以下に示す各部位ごとに検討を行う。

①上フランジ (2 軸曲げ)

②上フランジ (2 軸曲げ+水平せん断力)

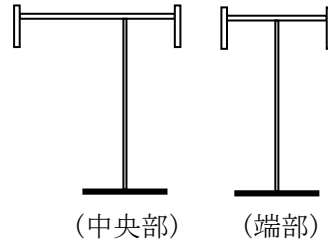
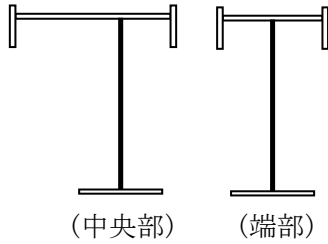
水平方向最大せん断力の検定 (端部)



③ウェブ (鉛直曲げ+鉛直せん断力)

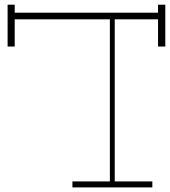
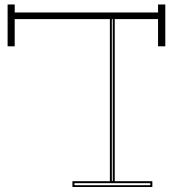
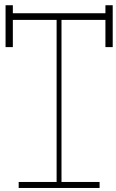
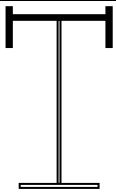
鉛直方向最大せん断力の検定 (端部)

④下フランジ (鉛直曲げ)



注：黒塗り部は有効断面ではなく、応力評価位置を示している。

表 8-7 クレーンガーダの断面性能

部材	荷重 方向	せん断断面積 ($\times 10^2 \text{ mm}^2$)	断面二次モーメント ($\times 10^8 \text{ mm}^4$)		断面係数 ($\times 10^6 \text{ mm}^3$)			
			A_s	I_x	I_y	Z_x		Z_y
						${}_U Z_x^*$	${}_B Z_x^*$	
中央部	 鉛直	271.7	275.0	—	59.4	30.7	—	
	 水平	392.0	—	122.0	—	—	20.3	
端部	 鉛直	271.7	251.0	—	48.3	29.9	—	
	 水平	252.0	—	45.6	—	—	11.4	

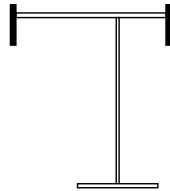
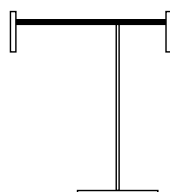
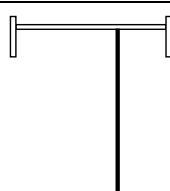
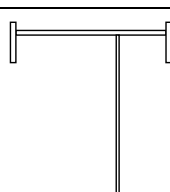
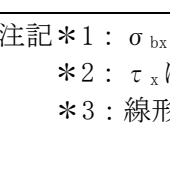
注：表中の黒塗り部は、断面性能として評価する部分を示す。

注記*：断面中心から上端側(U)及び下端側(B)の断面係数

5. 評価結果

クレーンガーダの断面算定結果を表 8-8 及び表 8-9 に示す。クレーンガーダにおける基準地震動 S_s による地震力に対する断面算定の評価結果は、許容応力に対する算出応力の比が全て 1.0 以下となり、健全性を有していることを確認した。

表 8-8 断面算定結果（中央部）

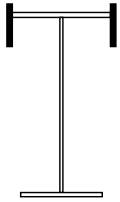
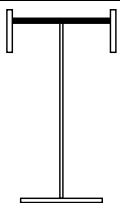
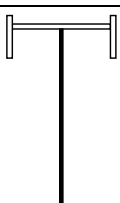
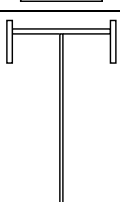
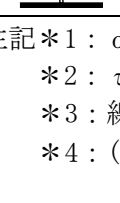

部材位置	荷重ケース	組合せ係数	許容応力度 (N/mm ²)			応力度 (N/mm ²)		$\frac{\sigma_{bx}}{f_b}, \frac{\sigma_{by}}{f_b}$	$\frac{\tau_x}{f_s}, \frac{\tau_y}{f_s}$	$\frac{\sigma_{bx} + \sigma_{by}}{f_t}$	$\frac{\sqrt{(\sigma_{bx} + \sigma_{by})^2 + 3\tau_y^2}}{f_t}$	$\frac{\sqrt{\sigma_{bx}^2 + 3\tau_x^2}}{f_t}$
			引張 f_t	曲げ f_b	せん断 f_s	曲げ (σ_{bx}, σ_{by})*1	せん断 (τ_x, τ_y)*2					
中央部		鉛直 0.4	357	357	-	64.8	-	0.19	-	0.87	-	-
		水平 1.0				245.7	-	0.69	-			
		鉛直 1.0	357	357	-	91.1	-	0.26	-	0.54	-	-
		水平 0.4				98.5	-	0.28	-			
		鉛直 0.4	357	357	206	56.4*3	-	0.16	-	-	0.82	-
		水平 1.0				229.3*3	29.9	0.65	0.15			
		鉛直 1.0	357	357	206	79.3*3	-	0.23	-	-	0.49	-
		水平 0.4				91.9*3	12.0	0.26	0.06			
		鉛直 0.4	357	357	206	121.3*3	35.3	0.34	0.18	-	-	0.39
		水平 1.0				-	-	-	-			
		鉛直 1.0	357	357	206	170.6*3	49.4	0.48	0.24	-	-	0.54
		水平 0.4				-	-	-	-			
		鉛直 0.4	-	357	-	125.5	-	0.36	-	-	-	-
		水平 1.0				-	-	-	-			
		鉛直 1.0	-	357	-	176.4	-	0.50	-	-	-	-
		水平 0.4				-	-	-	-			

注記*1： σ_{bx} は鉛直方向の曲げモーメント， σ_{by} は水平方向の曲げモーメントにより生じる応力度をそれぞれ示す。

*2： τ_x は鉛直方向のせん断力， τ_y は水平方向のせん断力により生じる応力度をそれぞれ示す。

*3：線形補間により応力度を算定していることを示す。

表 8-9 断面算定結果 (端部)

部材位置	荷重 ケース	組合せ 係数	許容応力度 (N/mm ²)			応力度 (N/mm ²)		$\frac{\sigma_{bx}}{f_b}, \frac{\sigma_{by}}{f_b}$	$\frac{\tau_x}{f_s}, \frac{\tau_y}{f_s}$	$\frac{\sigma_{bx} + \sigma_{by}}{f_t}$	$\frac{\sqrt{(\sigma_{bx} + \sigma_{by})^2 + 3\tau_y^2}}{f_t}$	$\frac{\sqrt{\sigma_{bx}^2 + 3\tau_x^2}}{f_t}$
			引張 f_t	曲げ f_b	せん断 f_s	曲げ (σ_{bx}, σ_{by})*1	せん断 (τ_x, τ_y)*2					
端部		鉛直 0.4	357	357	—	39.1	—	0.11	—	0.69	—	—
		水平 1.0				205.0	—	0.58	—			
		鉛直 1.0	357	357	—	55.0	—	0.16	—	0.39	—	—
		水平 0.4				82.1	—	0.23	—			
		鉛直 0.4	357	357	206	34.6*3	—	0.10	—	—	0.74 (0.78)	—
		水平 1.0				184.5*3	83.5 (96.2)*4	0.52	0.41 (0.47)			
		鉛直 1.0	357	357	206	48.7*3	—	0.14	—	—	0.38 (0.40)	—
		水平 0.4				73.9*3	33.5 (38.5)*4	0.21	0.17 (0.19)			
		鉛直 0.4	357	357	206	60.8*3	62.6 (72.7)*4	0.18	0.31 (0.36)	—	—	0.35 (0.40)
		水平 1.0				—	—	—	—			
		鉛直 1.0	357	357	206	85.5*3	88.1 (102.2)*4	0.24	0.43 (0.50)	—	—	0.49 (0.56)
		水平 0.4				—	—	—	—			
		鉛直 0.4	—	357	—	63.1	—	0.18	—	—	—	—
		水平 1.0				—	—	—	—			
		鉛直 1.0	—	357	—	88.7	—	0.25	—	—	—	—
		水平 0.4				—	—	—	—			

注記*1: σ_{bx} は鉛直方向の曲げモーメント, σ_{by} は水平方向の曲げモーメントにより生じる応力度をそれぞれ示す。

*2: τ_x は鉛直方向のせん断力, τ_y は水平方向のせん断力により生じる応力度をそれぞれ示す。

*3: 線形補間により応力度を算定していることを示す。

*4: ()内は最大せん断力による評価値を示す。

地震時における吊荷の揺動影響

1. 目的

地震時における原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）の吊荷の揺動影響を確認する。

2. 吊荷の振動

吊荷の水平方向の振動モードは、単振り子の振動モードとして模擬することができ、その固有周期は下式で計算することができる。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

T : 固有周期 (s)

g : 重力加速度

L : 振り子の長さ

クレーンの主巻ワイヤ長さが最短の m ~ 最長の m の場合、振り子としての固有周期は、 s ~ s となる。

クレーンの1次固有周期（トロリ位置中央，吊荷有）は、 s であり、振り子の振動モードと固有周期が離れていること、また、短周期帯と比較して長周期帯の加速度が低い島根2号機の地震動の特性を踏まえると、吊荷が揺動するモードが励起される可能性は低い。

以上より、地震時における吊荷の揺動により上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすおそれはないと考えられる。

時刻歴加速度波の位相による耐震評価への影響

1. 目的

原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）については、3方向入力の変形非線形時刻歴応答解析による耐震評価を実施しており、各方向において時刻歴加速度波の位相（+及び-）を考慮した場合、2（NS方向）×2（EW方向）×2（UD方向）=8通りの組合せが考えられる。

本項では、非線形時刻歴応答解析に用いた時刻歴加速度波の位相によるクレーンの耐震評価への影響を確認した。

2. 検討方針

2.1 検討対象部位

工事計画認可申請書の評価部位のうち、クレーンの地震応答（曲げ応力）にとって支配的な走行方向軸周りのモーメントに着目し、検討する。

2.2 検討条件

添付2の5頁に示す解析ケースのうち基本ケース（シフト無し）において、非線形時刻歴応答解析に用いる時刻歴加速度波の位相を反転させた場合の影響を検討する。

なお、時刻歴加速度波は3方向（NS、EW、UD）入力を行うが、添付2の3頁に記載するとおりクレーンの地震応答にとって支配的な方向は鉛直方向であるため、鉛直方向に入力する時刻歴加速度波の位相を反転させた評価を実施する。

解析条件を表10-1に示す。

表10-1 解析条件

項目		解析条件① (入力する3方向の時刻歴加速度波の位相を全て+とした場合)	解析条件② (入力する3方向の時刻歴加速度波のうち、鉛直方向の時刻歴加速度波の位相のみ反転させた場合)
地震動		Ss-D (基本ケース、シフト無し)	Ss-D (基本ケース、シフト無し)
トロリ位置		中央	中央
吊荷		有	有
入力する加速度 時刻歴波の位相	NS	+	+
	EW	+	+
	UD	+	-

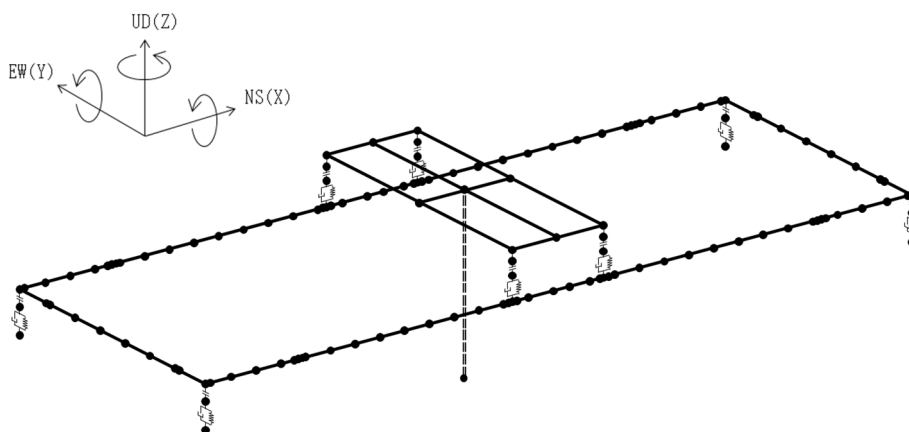
3. 検討結果

鉛直方向に入力する時刻歴加速度波の位相を反転した場合の評価結果を表 10-2 に示す。

クレーンの地震応答にとって支配的な走行方向軸周りのモーメント荷重は、鉛直方向の時刻歴加速度波の位相差を考慮しても発生値に有意な差が生じないことを確認した。

表 10-2 位相影響確認結果

項目		解析条件① (NS+, EW+, UD+)	解析条件② (NS+, EW+, UD-)
発生荷重 (N・mm)	My	2.033E+10	1.996E+10
	Mz	1.819E+09	1.323E+09
	Mx	1.453E+06	1.210E+06



トロリストッパ評価における非線形時刻歴応答解析から求めた水平力適用の影響

1. 目的

原子炉建物天井クレーン（以下「クレーン」という。）のトロリストッパについては、最大静止摩擦力以上の水平力がクレーンに加えられた場合、すべりが生じ、クレーン走行方向（トロリ横行方向）にはレールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらないことから、摩擦係数より求めた水平方向設計震度を用いて計算した設計用地震力による評価を実施している。

本項では、トロリストッパの耐震評価において、非線形時刻歴応答解析の水平力を適用した場合の影響について確認を行う。

2. 評価方法

トロリストッパには、自重及び水平方向地震（EW 方向）によって水平力が作用する。図 11-1 にトロリストッパの構造概要図を示す。

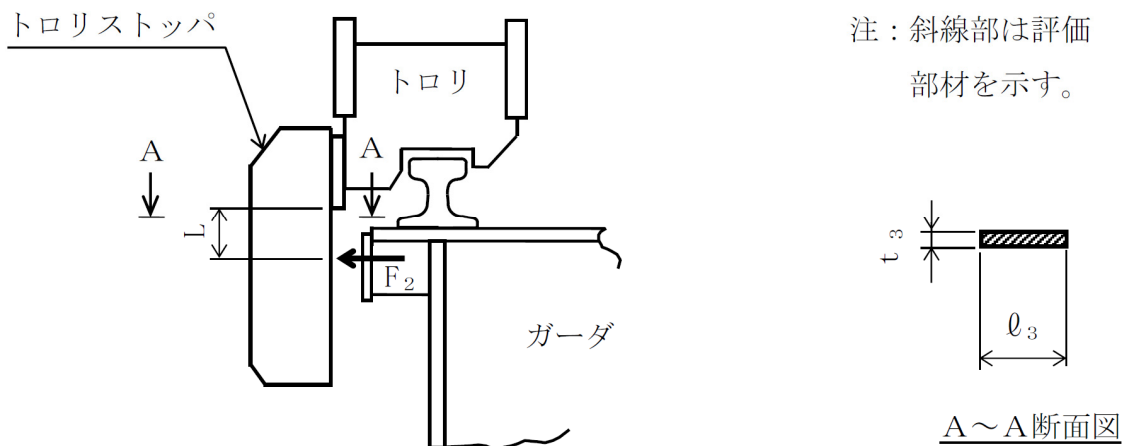


図 11-1 トロリストッパの構造概要図

トロリストッパに生じる応力を以下の式により計算する。

トロリストッパの曲げモーメント：M

なお、曲げモーメントについては、横行方向の反力（F₂）と浮上り量が考慮されたモーメントアーム（L）の同時刻同士を組合せることで、最大となる曲げモーメントを計算する。

$$M = F_2 \cdot L$$

トロリストッパの断面係数：Z

$$Z = \frac{t_3 \cdot \ell_3^2}{6}$$

トロリストッパの曲げ（引張）応力：σ_{t1}

$$\sigma_{t1} = \frac{M}{Z}$$

トロリストッパの断面積：A₂

$$A_2 = t_3 \cdot \ell_3$$

トロリストッパのせん断応力：τ₁

$$\tau_1 = \frac{F_2}{A_2}$$

トロリストッパの組合せ応力：σ_{t2}

$$\sigma_{t2} = \sqrt{\sigma_{t1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2}$$

表 11-1 計算諸元

項目		単位	数値
非線形時刻歴応答解析から求めたトロリ車輪部における横行方向の最大反力	F ₂	kN	
トロリストッパの断面係数	Z ₁	mm ³	
トロリストッパの断面積	A ₂	mm ²	

3. 評価結果

表 11-2 にトロリストッパの評価結果を示す。

非線形時刻歴解析結果から求めた水平力を適用してトロリストッパの耐震評価を行った場合、摩擦係数より求めた水平方向設計震度を用いて計算した水平力を適用した場合と比較して算出応力は増加するが、応力値は許容応力状態Ⅳ_ASでの許容値を下回っており、トロリストッパの機能に影響を及ぼさないことを確認した。

図 11-2 に示すクレーンの非線形時刻歴応答解析モデルでは、トロリとクレーン本体ガーダ間の拘束条件をEW（トロリ横行）方向に剛拘束としている。これにより、地震時のクレーン本体ガーダの変形による反力をトロリストッパが受けることになるため、非線形時刻歴応答解析から求めた水平力が摩擦係数より求めた水平方向設計震度を用いて計算した水平力より大きな値になったと推測される。

これに対し、実際の構造は、図 11-3 に示すとおりクレーン本体ガーダとトロリストッパ間及び横行車輪と横行レール間にそれぞれ間隙があり、クレーン本体ガーダの変形による反力の影響を受け難いため、トロリストッパに加わる実際の水平力は、非線形時刻歴応答解析から求めた水平力より小さくなると考えられる。

表 11-2 トロリストッパの評価結果

部位	材料	応力	評価手法	算出応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
トロリ ストッパ		曲げ	非線形時刻歴応答解析 から求めた水平力適用	225	275
			摩擦係数より求めた水平方向設計震度を用いて計算した設計用地震力適用	28	
		せん断	非線形時刻歴応答解析 から求めた水平力適用	50	158
			摩擦係数より求めた水平方向設計震度を用いて計算した設計用地震力適用	5	
		組合せ	非線形時刻歴応答解析 から求めた水平力適用	240	275
			摩擦係数より求めた水平方向設計震度を用いて計算した設計用地震力適用	29	

注記*：許容応力状態Ⅳ_ASでのF値（設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値）から求まる値

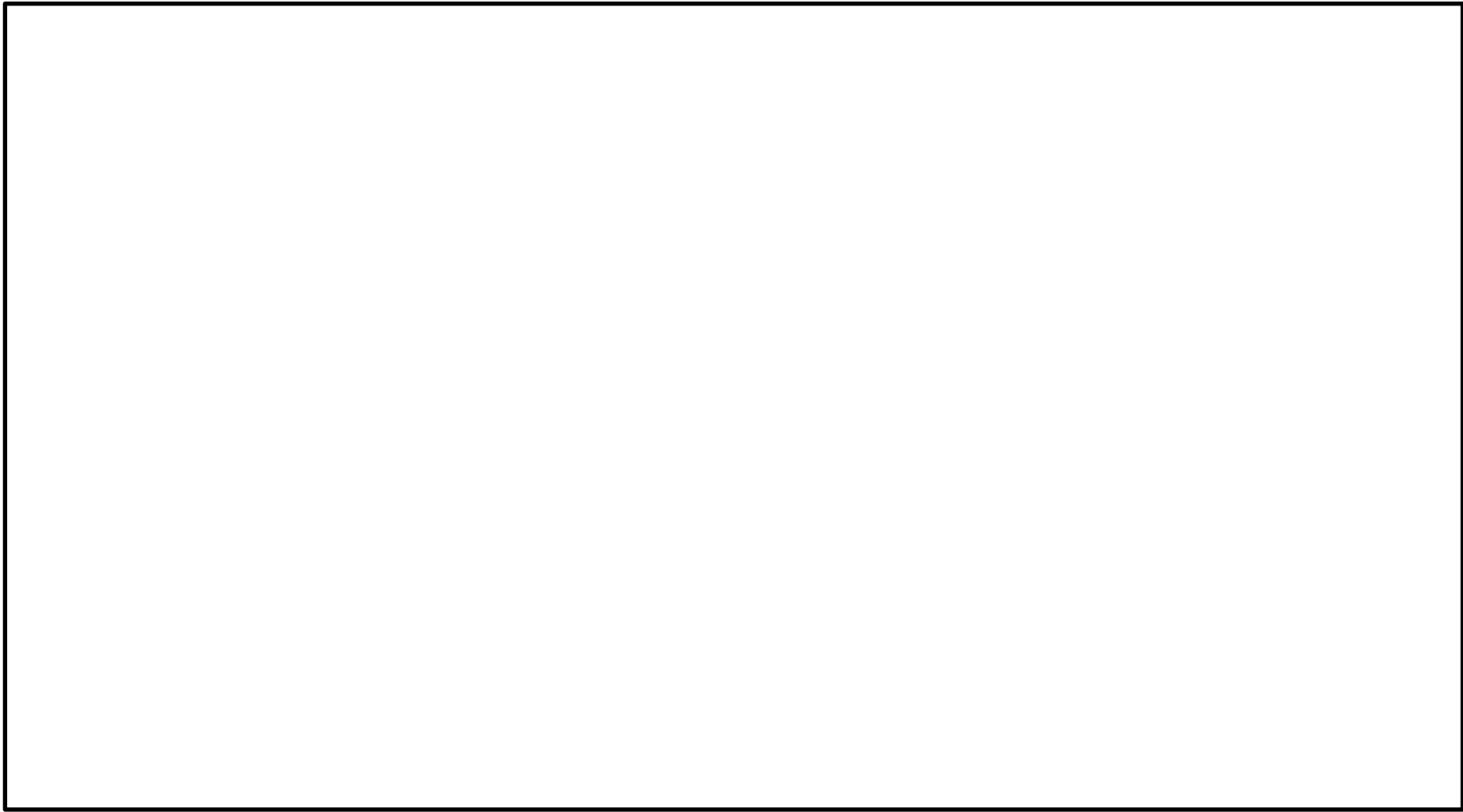


図 11-2 クレーンの非線形時刻歴応答解析モデル

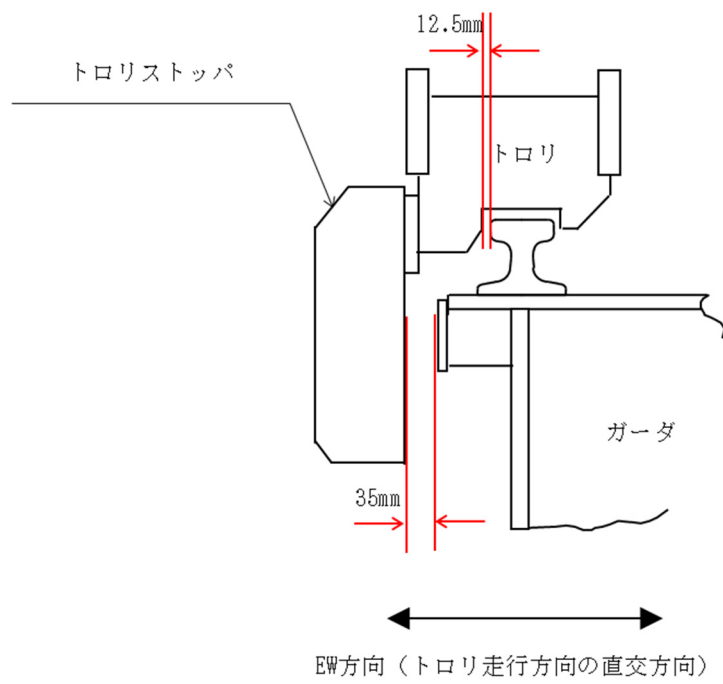


図 11-3 トロリストッパ拡大図

補足-027-10-22 燃料取替機の耐震性についての計算書に関する

補足説明資料

1. はじめに

島根2号機の燃料取替機（Bクラス施設）は、下部に設置された上位クラス施設である燃料プール、使用済燃料貯蔵ラック等に対して、波及的影響を及ぼさないことを確認する必要があるため、VI-2-11-2-7-2「燃料取替機の耐震性についての計算書」において耐震評価結果を示している。

本書は、VI-2-11-2-7-2「燃料取替機の耐震性についての計算書」に関する補足説明資料として、燃料取替機に積載している大型構成部品の落下物評価や燃料プールのスロッシングに対する影響検討等についてまとめたものである。

2. 添付資料

添付1 燃料取替機の大型構成品の落下評価に対する検討

添付2 燃料取替機の地震時におけるストッパへの影響評価

添付3 燃料取替機に対するスロッシングの影響評価

添付4 燃料取替機の吊具荷重算出時における吊荷位置選定の考え方

添付5 燃料取替機の改造概要

添付6 燃料取替機のせん断応力の算出で考慮する評価断面の影響検討

燃料取替機の大型構成品の落下評価に対する検討

1. 目的

燃料プールへの重量物落下に対する燃料プールの健全性について、燃料取替機に積載される大型構成品の落下評価に対する検討を行う。

2. 検討内容

図 1-1 に、落下評価に対する健全性評価フローを示す。

概要は下記 (1)～(5) の流れであり、これに従い検討を行うものである。

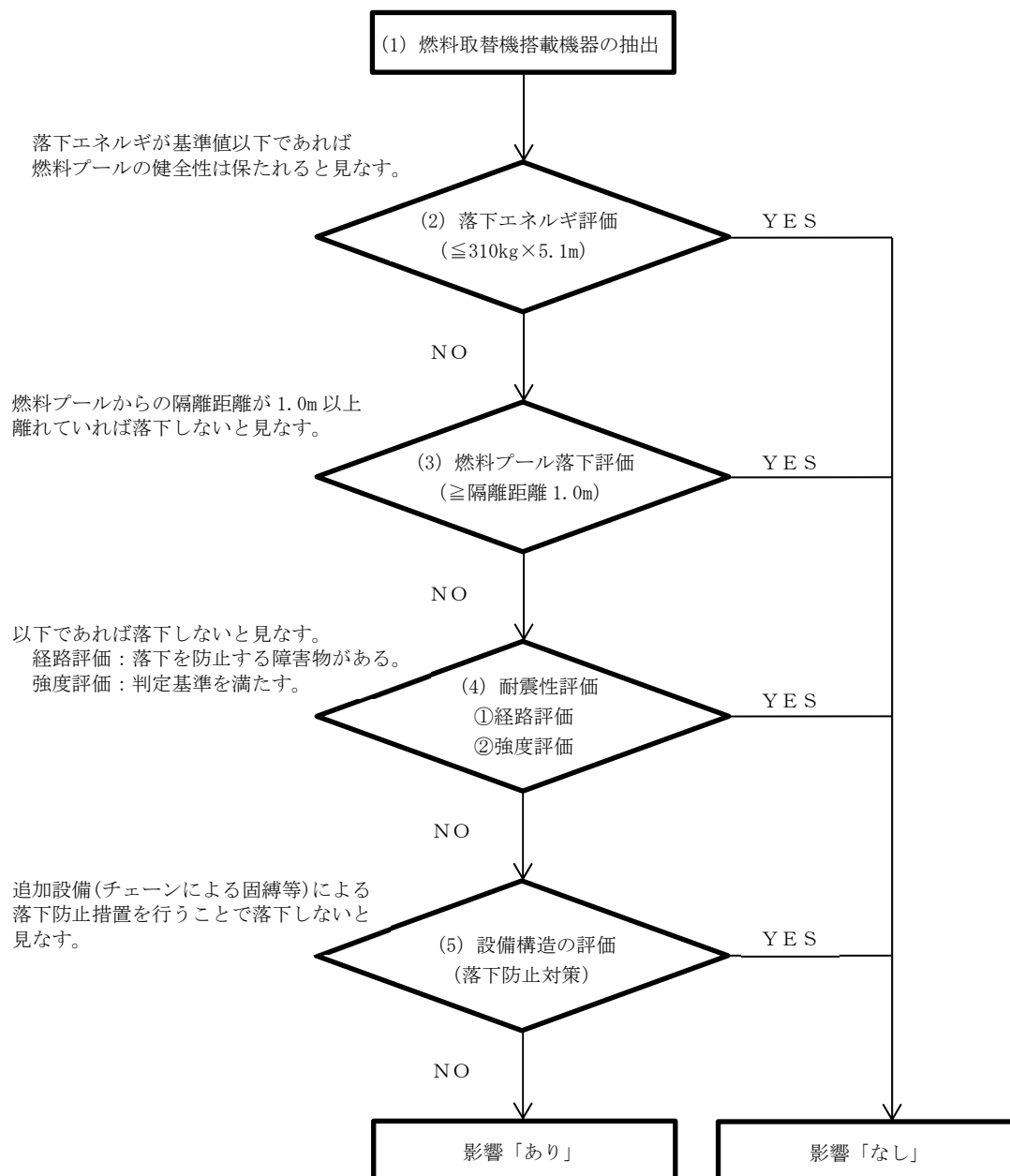


図 1-1 落下評価に対する健全性評価フロー

2.1 落下物のスクリーニング

(1) 燃料取替機の搭載機器の抽出

燃料取替機の搭載機器については、構造図から抽出する。

なお、燃料取替機本体（構造物フレーム）及び吊荷（吊具）については、VI-2-11-2-7-2「燃料取替機の耐震性についての計算書」において耐震評価をしていることから、ここでは評価対象外とする。

(2) 落下エネルギー評価

上記(1)で抽出した機器に関し、燃料プールの健全性が確認されている落下エネルギー(310kg×5.1m×9.8m/s², 気中落下)を判定基準*として各機器の落下エネルギーを算出し、判定基準*を満たす機器については、仮に燃料プールへ落下したとしても燃料プールの健全性に影響を及ぼさないと判断し、その時点で評価対象外とする。判定基準に満たない機器については次ステップで評価する。

なお、落下エネルギーの算出については、燃料プールの最深位置である EL 30.83m への落下（気中落下）を想定し、判定基準は下記とする。

【判定基準】

落下エネルギーが 15.5kJ(310kg×5.1m×9.8m/s²)以下 ⇒ 「影響なし」

注記*：VI-1-3-3「燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書」に記載の落下試験を参照

(3) 燃料プール落下評価（離隔距離）

落下エネルギー評価で次ステップとなった搭載機器について、落下評価（離隔距離）を行う。

落下評価に関し、各機器に対する離隔距離：1m 以上を判定基準とし、基準に満たない機器については次ステップで評価する。具体的には、プールサイドから 1m 以上離れた場所にある機器は燃料プールへ落下しないものと判断し、機器の外径から 1m 以上離れた場所に燃料プールがあるかを確認する。

なお、当該評価は平面距離での評価とし、高さ方向の条件は含まないものとする。

【判定基準】

搭載機器の燃料プールまでの離隔距離が 1m 以上 ⇒ 「影響なし」(落下しない)

2.2 耐震性評価

(1) 経路評価

上記スクリーニング評価で次ステップとなった機器について、経路評価を行う。

燃料プール落下評価は平面距離での評価であるが、ここでは手摺等、機器落下を防止する障害物となるものを拾い出し、改めて落下評価を行うものである。

(2) 強度評価

手摺により落下防止が見込まれる機器について、障害物となる手摺の取付ボルト評価を行う。その結果、判定基準を満足しなかった機器については既に強度評価対象となっている機器と同様、機器の取付ボルト又は部材の評価を行う。

なお、波及的影響の観点から機器の取付ボルト又は部材が破断しないことを確認することを目的にS_u値を許容応力に適用した評価を実施する。

2.3 設備構造評価

耐震性評価で落下の可能性を否定できない機器は、固縛等の追加設備による落下防止対策の検討を行う。

3. 検討結果

3.1 落下物のスクリーニング

表1-1及び図1-2に、燃料取替機における落下物のスクリーニング結果を示す。

なお、2.1(3)燃料プール落下評価（離隔距離）において、離隔距離が1m以上となる機器はなかったため、表1-1における離隔距離によるスクリーニング結果の記載は省略する。

搭載機器に関し、落下エネルギー評価及び燃料プール落下評価を行った結果、以下の機器が判定基準を満足せず、次ステップでの評価を実施する。

- ・ブリッジ： 走行駆動系，走行電動機，ケーブルダクト，機上盤類，
ケーブルベア，手摺等
- ・トロリ1階： 横行駆動軸，横行電動機，盤類等
- ・トロリ2階： 主ホイスト，盤類，補助ホイスト等
- ・トロリ3階： 伸縮管，補助ホイスト等

3.2 耐震性評価

(1) 経路評価

表1-2及び図1-3に、経路評価結果を示す。

落下物のスクリーニング評価で次ステップとなった搭載機器に関し、燃料プール落下に至る経路上に障害物となるものがあるかを評価した結果、以下の搭載機器が判定基準を満足せず、次ステップでの評価を実施する。

- ・ブリッジ : 機上電源盤, 手摺
- ・トロリ 1 階 : 機上操作盤
- ・トロリ 2 階 : 固定補助ホイスト
- ・トロリ 3 階 : 回転ジブクレーン

これら判定基準を満足しなかった搭載機器は, 機器の取付ボルト又は部材の強度評価を行う。また, 手摺により落下防止となった搭載機器については, 手摺の取付ボルト強度評価を行うこととする。

(2) 強度評価

表 1-3 及び図 1-4 に, 強度評価の結果を示す。

手摺の取付ボルト評価については, 手摺が障害物となり燃料プールへ落下しないとした搭載機器の中から, 機器質量が大きいものを代表機器として評価した。その結果, 手摺の取付ボルトが破断することはなく, 燃料プール落下の障害物となり, 損傷を防止できる。

経路評価で次ステップとなった搭載機器についても, 強度評価の結果, 機器の取付ボルトが破断することはなく, 燃料プール落下には至らない見通しである。

3.3 設備構造評価

上述の強度評価結果を受けて, 健全性評価が必要な燃料取替機搭載機器は全て落下しない見通しであることから, 追加設備 (チェーンによる固縛等) による落下防止対策の検討は不要である。

4. まとめ

表 1-4 に, 重量物落下評価のまとめを示す。

燃料取替機の搭載機器について健全性評価フローに基づき, 燃料プール落下の可能性及び燃料プールの健全性に影響を及ぼす可能性が高い機器の強度評価結果から耐震成立性の確認が得られ, 燃料プールの健全性に影響を及ぼす燃料取替機の搭載機器の落下はないという結果が得られた。

表 1-1(1/3) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, ブリッジ〉

搭載位置		機器名称		落下エネルギー評価			
				評価値 (kJ)	許容値 (kJ)	判定	
ブリッジ	ガーダ	No. 1	走行駆動系	186.5	15.5	×	
		No. 2	走行電動機	26.3		×	
		No. 3	走行ケーブルダクト(ケーブル)	54.8		×	
		No. 4	A-機上補助盤	36.1		×	
		No. 5	A-機上電源盤	40.8		×	
		No. 6	B-機上電源盤	36.1		×	
	プラットフォーム	No. 7	手摺			1.7	○
		No. 8		1.7		○	
		No. 9		1.7		○	
		No. 10		6.2		○	
		No. 11		横行ケーブルベア(ケーブル)		56.5	×
		No. 12				2.3	○
		No. 13		走行検出装置		13.1	○
		No. 14		1.9		○	
		No. 15		11.2		○	
	ギャラリー	No. 16	手摺			20.8	×
		No. 17		15.9		×	
		No. 18		19.2		×	
		No. 19		1.4		○	
		No. 20		1.9		○	
		No. 21		5.3		○	
		No. 22		1.9		○	
		No. 23		3.5		○	
		No. 24		20.7		×	
		No. 25		3.5		○	
	その他	No. 26	梯子	3.1		○	
		No. 27	走行ケーブルベア(ケーブル)	274.7		×	
		No. 28	走行ケーブルベアレール	468.6		×	

○ : 評価完了 (評価値 ≤ 許容値)
 × : 次ステップ (評価値 > 許容値)

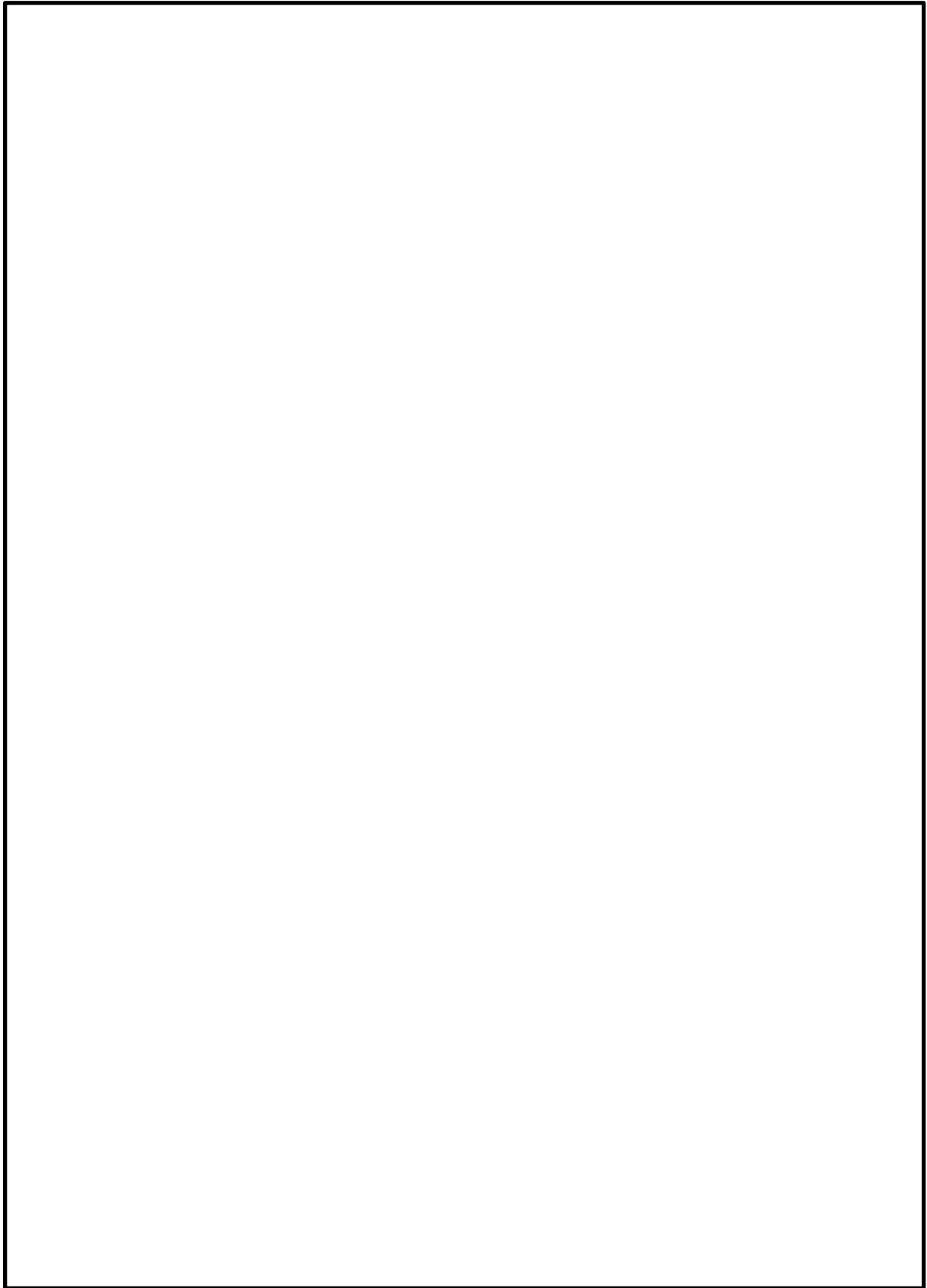


図 1-2(1/3) 搭載機器位置 <ブリッジ>

表 1-1(2/3) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, トロリ 1 階〉

搭載位置		機器名称	落下エネルギー評価			
			評価値 (kJ)	許容値 (kJ)	判定	
トロリ	1 階	No.				
		29		6.4	○	
		30		1.0	○	
		31		4.5	○	
		32	手摺	1.6	○	
		33		1.6	○	
		34		6.4	○	
		35		4.0	○	
		36		3.4	○	
		37		横行駆動軸	106.0	×
		38		横行従動軸	13.1	○
		39		横行電動機	15.6	×
		40	振れ止め装置	14.1	○	
		41	B-機上補助盤	35.5	×	
		42	機上操作盤	35.5	×	
		43		2.4	○	
		44		12.7	○	
45	横行検出装置	2.4	○			
46		12.7	○			
47		4.4	○			

○ : 評価完了 (評価値 ≤ 許容値)
 × : 次ステップ (評価値 > 許容値)

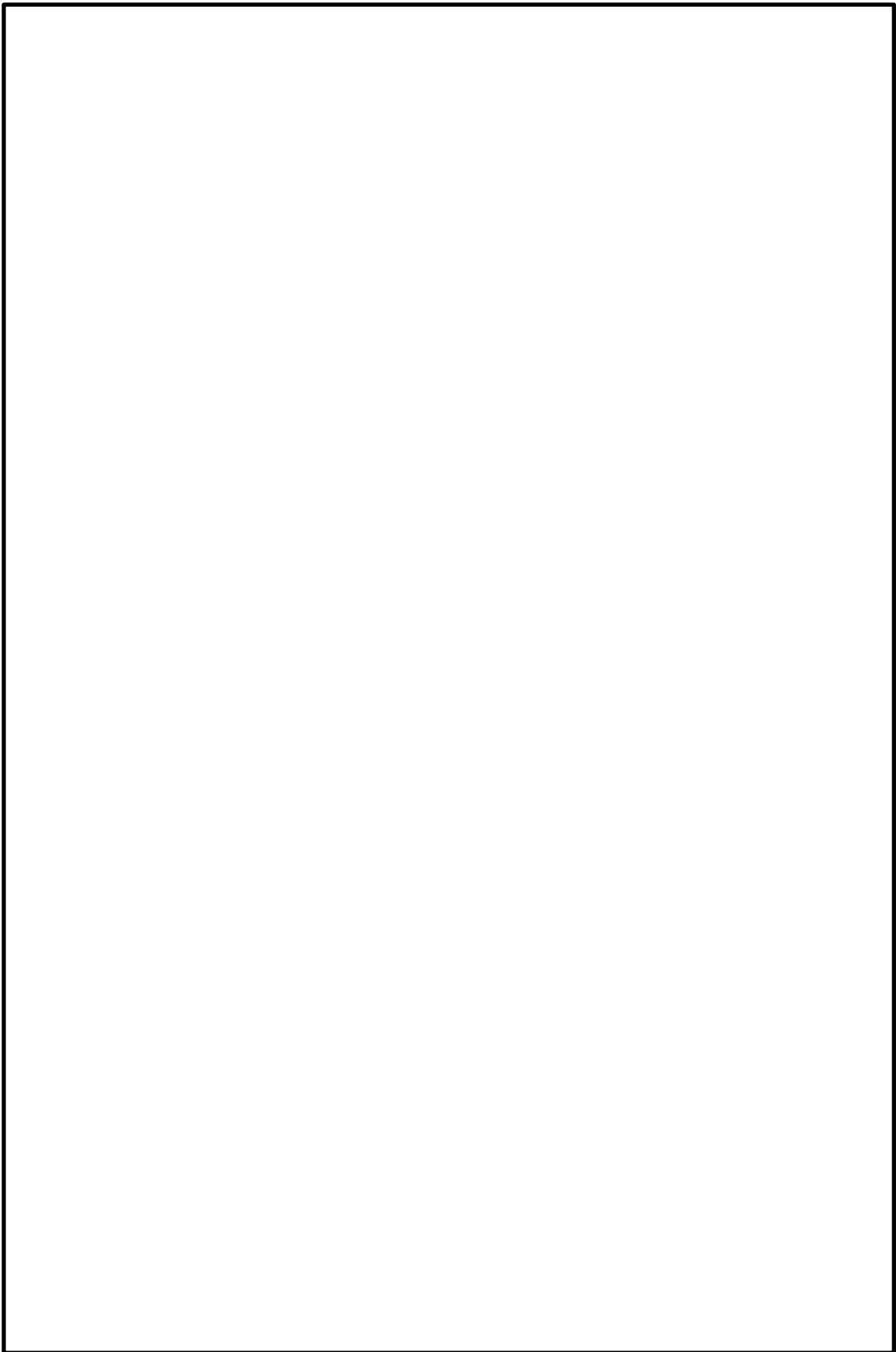


図 1-2(2/3) 搭載機器位置 <トロリ 1階>

表 1-1(3/3) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, トロリ 2階, 3階〉

搭載位置		機器名称		落下エネルギー評価		
				評価値 (kJ)	許容値 (kJ)	判定
トロリ	2階	No.				
		48		2.4	15.5	○
		49		10.1		○
		50		1.5		○
		51	手摺	2.4		○
		52		9.6		○
		53		1.0		○
		54		5.9		○
		55	主ホイス	146.6		×
		56	空気圧縮機	15.0		○
		57	荷重検出制御盤	35.7		×
	58	昇降検出装置	6.9	○		
	59		10.7	○		
	60	固定補助ホイス(補助ホイス)	100.3	×		
	61	ホースリール	22.0	×		
	3階	62		11.2	○	
		63		9.1	○	
		64	手摺	4.0	○	
		65		7.6	○	
		66		9.7	○	
		67	梯子	3.9	○	
		68	伸縮管	123.1	×	
		69	グラップル	2.9	○	
70		回転ジブクレーン(補助ホイス)	345.0	×		
71		ガイド機構	212.5	×		
72		ホースリール	28.1	×		
73		〃	22.8	×		

○ : 評価完了 (評価値 ≤ 許容値)
 × : 次ステップ (評価値 > 許容値)

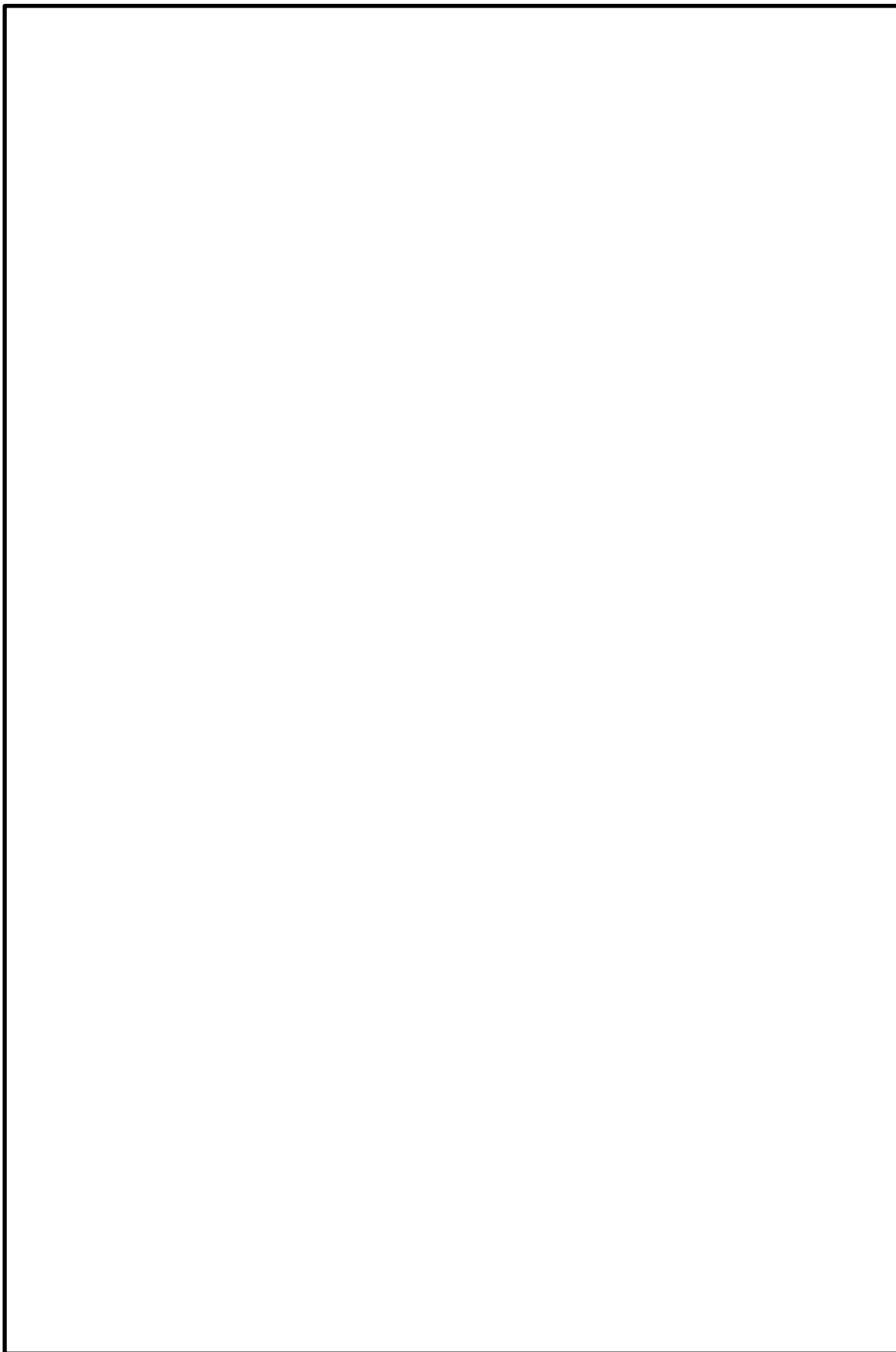


図 1-2(3/3) 搭載機器位置 <トロリ 2階, 3階>

表 1-2 耐震性評価〈経路評価〉

搭載位置	機器名称	質量 (kg)	障害物		判定	備考	
			No.	有			無
ブリッジ	ガーダ	1	走行駆動系	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
		2	走行電動機	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
		3	走行ケーブルダクト(ケーブル)	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
		4	A-機上補助盤	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
		5	A-機上電源盤		◇	×	
		6	B-機上電源盤	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
	プラットフォーム	11	横行ケーブルベア(ケーブル)	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
	ギャラリー	16	手摺		◇	×	
		17			◇	×	
		18			◇	×	
24				◇	×		
その他	27	走行ケーブルベア(ケーブル)	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。	
	28	走行ケーブルベアレール	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。	
トロリ	1階	37	横行駆動軸	◇		○	トロリフレームにより落下し難いと考えられる。
		39	横行電動機	◇		○	トロリフレームにより落下し難いと考えられる。
		41	B-機上補助盤	◇		○	本体フレームより落下し難いと考えられる。
		42	機上操作盤		◇	×	
	2階	55	主ホイスト	◇		○	トロリフレームにより落下し難いと考えられる。
		57	荷重検出制御盤	◇		○	手摺により落下し難いと考えられる。
		60	固定補助ホイスト(補助ホイスト)		◇	×	
		61	ホースリール	◇		○	手摺により落下し難いと考えられる。
	3階	68	伸縮管	◇		○	落下防止機構により落下し難いと考えられる。
		70	回転ジブクレーン(補助ホイスト)		◇	×	
71		ガイド機構	◇		○	トロリフレームにより落下し難いと考えられる。	
72		ホースリール	◇		○	手摺により落下し難いと考えられる。	
	73	〃	◇		○	手摺により落下し難いと考えられる。	

○：評価完了（落下しない）

×：次ステップ

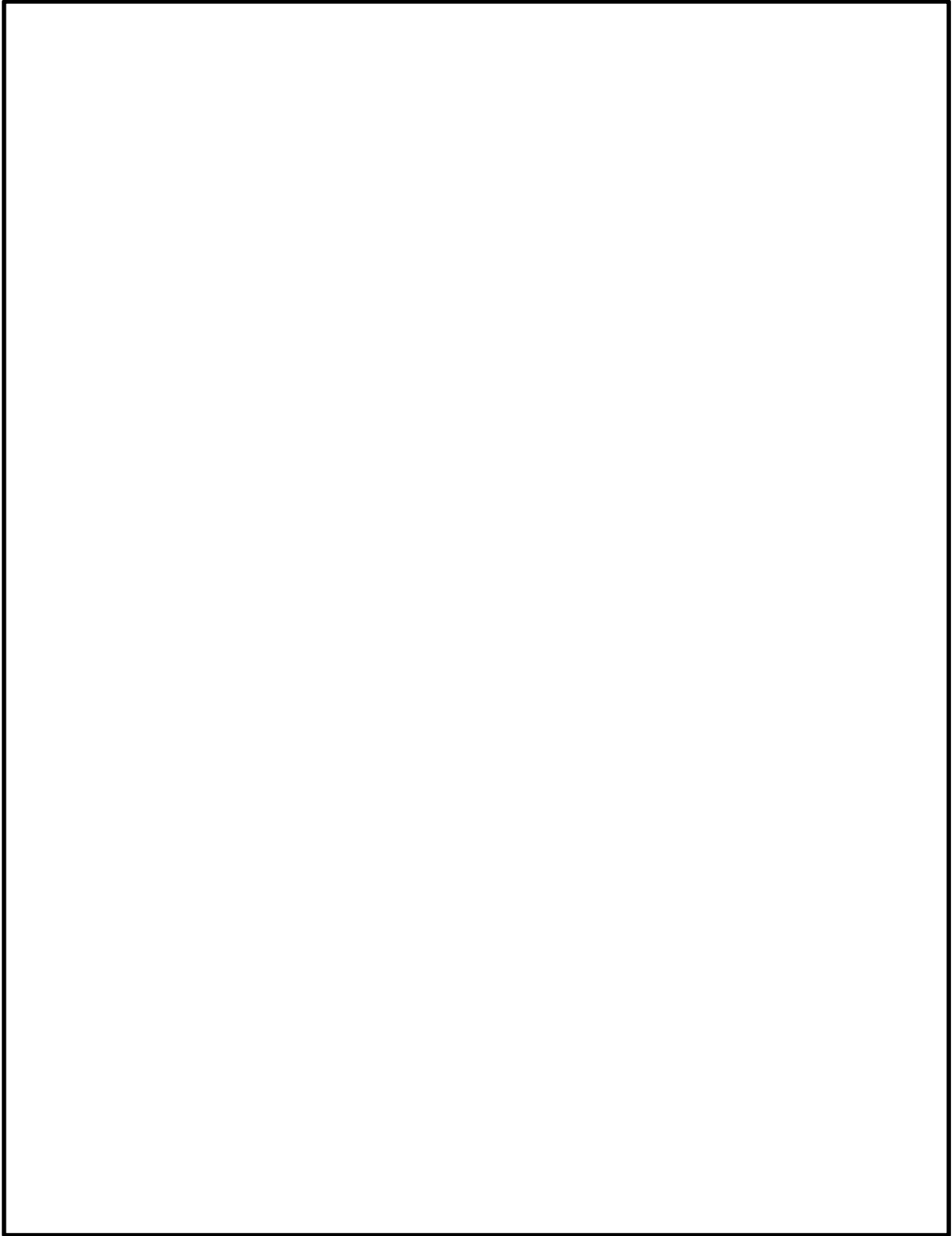


図 1-3 搭載機器位置 <ブリッジ, トロリ各階>

表 1-3(1/3) 耐震性評価 <強度評価結果 (手摺: ストップ及び取付ボルト)>

搭載位置	機器名称	質量 (kg)	手摺の強度評価					備考	
			No.	部位	種類	算出応力 (MPa)	評価応力* ¹ (MPa)		判定
ブリッジ	ギャラリ	手摺	16	-	-	-		○	
			17	-	-	-		○	
			18	-	-	-		○	
			24	-	-	-		○	
トロリ	2階	荷重検出制御盤	ストップ	引張		21		○	代表評価* ²
				せん断		1		○	
				組合せ		21		○	
			取付ボルト	引張		36		○	
	61	ホースリール	-	-	-	○			
3階	72	ホースリール	-	-	-	○			
	73	ホースリール	-	-	-	○			

注記*1: Su値を適用した許容応力

(IVAS評価で許容応力の算出に用いるF値(設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値)をSu値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値)

*2: 対象機器のうち、手摺の評価として最も厳しいと考えられる(機器質量が最も重い)ものを代表として評価を実施

○: 評価完了 (算出応力 ≤ 許容応力)

×: 次ステップ (算出応力 > 許容応力)

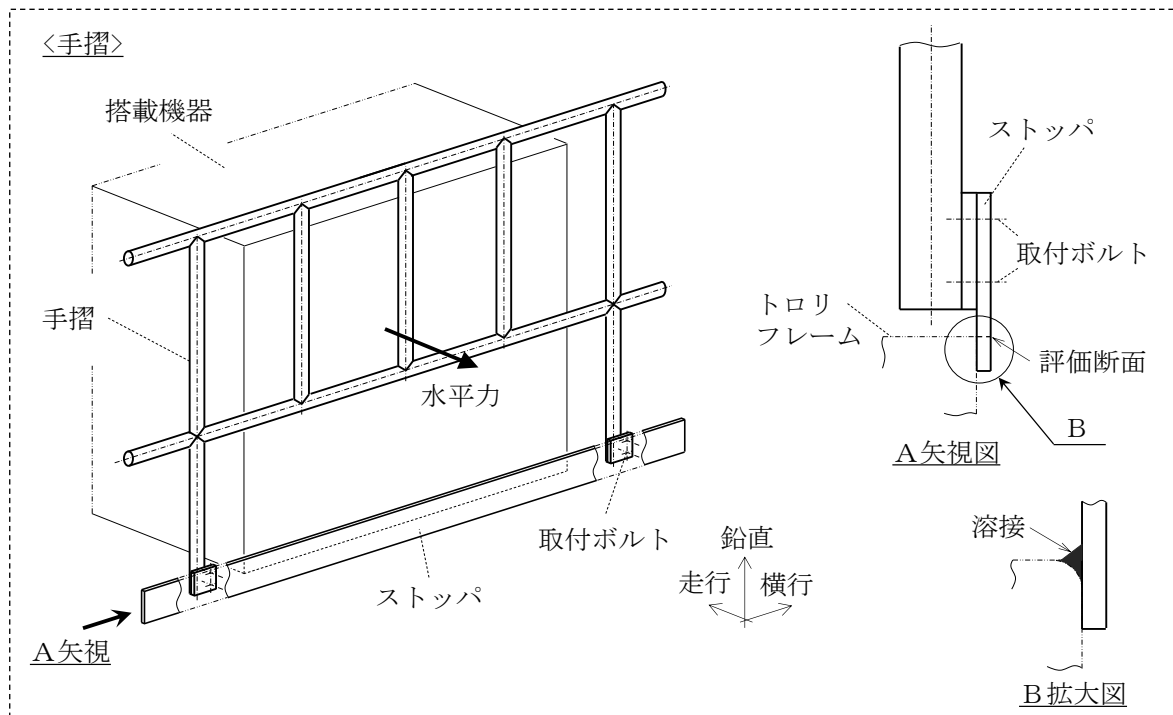


図 1-4(1/3) 強度評価対象 <手摺>

表 1-3(2/3) 耐震性評価 <強度評価結果 (搭載機器：盤類)>

搭載位置		機器名称	質量 (kg)	取付部(ボルト)の強度評価				
				種類	算出応力 (MPa)	評価応力*1 (MPa)	判定	
ブリッジ	ガーダ	5	A-機上電源盤		引張	51		○
					せん断	6		○
トロリ	1階	42	機上操作盤		引張	53		○
					せん断	2		○

注記*1：Su値を適用した許容応力
(IVAS評価で許容応力の算出に用いるF値（設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値）をSu値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値）

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

○：評価完了（算出応力 ≤ 許容応力）
×：次ステップ（算出応力 > 許容応力）

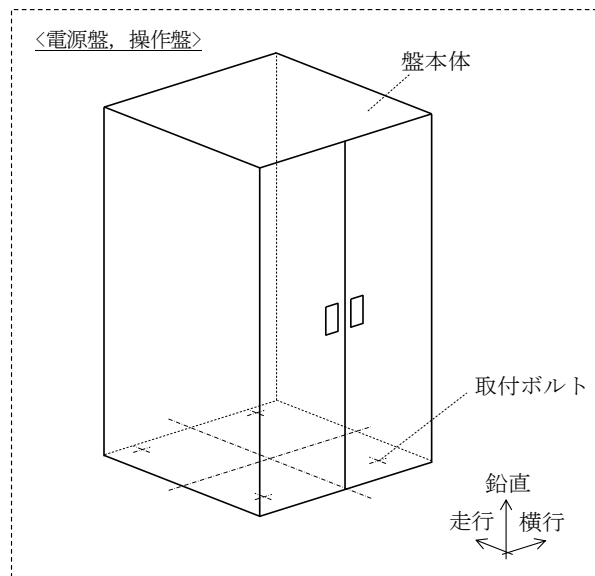


図 1-4(2/3) 強度評価対象 <盤類>

表 1-3(3/3) 耐震性評価 <強度評価結果 (搭載機器: 補助ホイスト)>

搭載位置	No.	機器名称	質量 (kg)	種類	算出応力 (MPa)	評価応力*1 (MPa)	判定	
トロリ	2階	61		固定補助ホイスト (補助ホイスト)	引張		○	
				せん断	3		○	
	3階	71		回転ジブクレーン (補助ホイスト)	引張		231	○
				せん断	2		○	

注記*1: S u値を適用した許容応力

(IV_AS評価で許容応力の算出に用いるF値 (設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値) を S u値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値)

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

○: 評価完了 (算出応力 ≤ 許容応力)

×: 次ステップ (算出応力 > 許容応力)

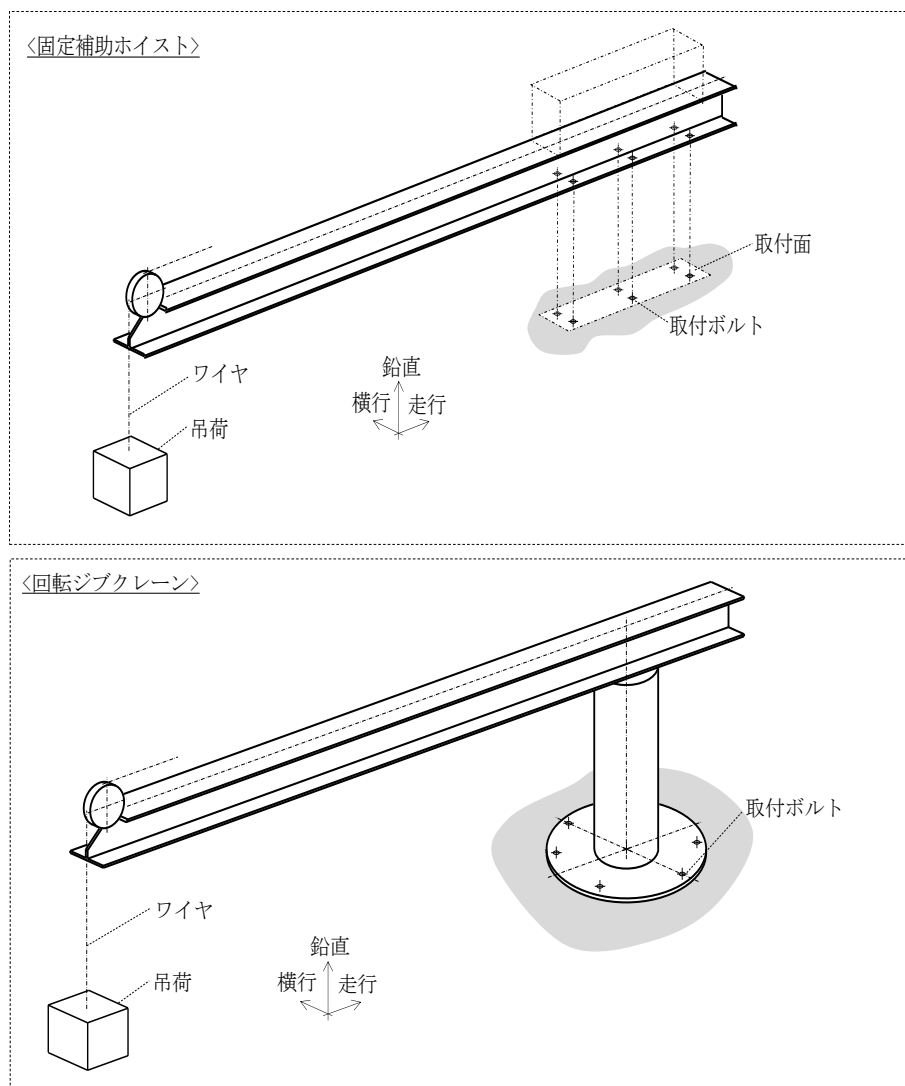


図 1-4(3/3) 強度評価対象 <補助ホイスト>

表 1-4(1/2) 重量物落下評価まとめ (搭載機器, ブリッジ)

搭載位置	No.	機器名称	評価項目				最終結果
			落下エネルギー評価	離隔距離	耐震性評価		
					経路評価	強度評価	
ガーダ	1	走行駆動系	×	×	○	-	○
	2	走行電動機	×	×	○	-	○
	3	走行ケーブルダクト(ケーブル)	×	×	○	-	○
	4	A-機上補助盤	×	×	○	-	○
	5	A-機上電源盤	×	×	×	○	○
	6	B-機上電源盤	×	×	○	-	○
プラットフォーム	7		○	-	-	-	○
	8	手摺	○	-	-	-	○
	9		○	-	-	-	○
	10		○	-	-	-	○
	11	横行ケーブルヘア(ケーブル)	×	×	○	-	○
	12	走行検出装置	○	-	-	-	○
	13		○	-	-	-	○
14	○		-	-	-	○	
15	○		-	-	-	○	
ギャラリー	16		×	×	×	○	○
	17		×	×	×	○	○
	18		×	×	×	○	○
	19	手摺	○	-	-	-	○
	20		○	-	-	-	○
	21		○	-	-	-	○
	22		○	-	-	-	○
	23		○	-	-	-	○
	24		×	×	×	○	○
	25	梯子	○	-	-	-	○
26	○		-	-	-	○	
その他	27	走行ケーブルヘア(ケーブル)	×	×	○	-	○
	28	走行ケーブルヘアレール	×	×	○	-	○

○ : SFPの健全性に影響を及ぼさない
 × : SFPの健全性に影響を及ぼす可能性あり

表 1-4(2/2) 重量物落下評価まとめ (搭載機器, トロリ)

搭載位置	No.	機器名称	評価項目				最終結果	
			落下エネルギー評価	離隔距離	耐震性評価			
					経路評価	強度評価		
トロリ 1階	29	手摺	○	-	-	-	○	
	30		○	-	-	-	○	
	31		○	-	-	-	○	
	32		○	-	-	-	○	
	33		○	-	-	-	○	
	34		○	-	-	-	○	
	35		○	-	-	-	○	
	36		○	-	-	-	○	
	37	横行駆動軸	×	×	○	-	○	
	38	横行従動軸	○	-	-	-	○	
	39	横行電動機	×	×	○	-	○	
	40	振れ止め装置	○	-	-	-	○	
	41	B-機上補助盤	×	×	○	-	○	
	42	機上操作盤	×	×	×	○	○	
	43	横行検出装置	○	-	-	-	○	
	44		○	-	-	-	○	
	45		○	-	-	-	○	
46	○		-	-	-	○		
47	○		-	-	-	○		
トロリ 2階	48		手摺	○	-	-	-	○
	49			○	-	-	-	○
	50	○		-	-	-	○	
	51	○		-	-	-	○	
	52	○		-	-	-	○	
	53	○		-	-	-	○	
	54	○		-	-	-	○	
	55	主ホイスト		×	×	○	-	○
	56	空気圧縮機	○	-	-	-	○	
	57	荷重検出制御盤	×	×	(○)	○	○	
	58	昇降検出装置	○	-	-	-	○	
59	固定補助ホイスト(補助ホイスト)	○	-	-	-	○		
60		×	×	×	○	○		
61		×	×	(○)	○	○		
トロリ 3階	62	手摺	○	-	-	-	○	
	63		○	-	-	-	○	
	64		○	-	-	-	○	
	65		○	-	-	-	○	
	66		○	-	-	-	○	
	67		梯子	○	-	-	-	○
	68	伸縮管	×	×	○	-	○	
	69	グラップル	○	-	-	-	○	
	70	回転ジブクレーン(補助ホイスト)	×	×	×	○	○	
	71	ガイド機構	×	×	○	-	○	
	72	ホースリール	×	×	(○)	○	○	
	73	〃	×	×	(○)	○	○	

- : SFPの健全性に影響を及ぼさない
- (○) : SFPの健全性に影響を及ぼさない
(手摺の強度評価で落下しないことを確認するもの)
- ×

燃料取替機の地震時におけるストップへの影響評価

1. 目的

VI-1-3-3「燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書」において、燃料取替機は走行方向に対する脱線を防止するために走行ストップが設置されており、燃料プールへ落下することはないとしていることから、走行ストップに対する評価を行う。

2. 評価方法

図 2-1 の計算モデルに基づき、地震時に燃料取替機がすべり、走行ストップに衝突したときの荷重を算出する。また、図 2-2 の計算モデルに基づき、ストップ断面に加わる曲げモーメントおよびせん断力を算出し、応力評価にて走行ストップへの影響を評価する。

表 2-1 に評価諸元を示す。

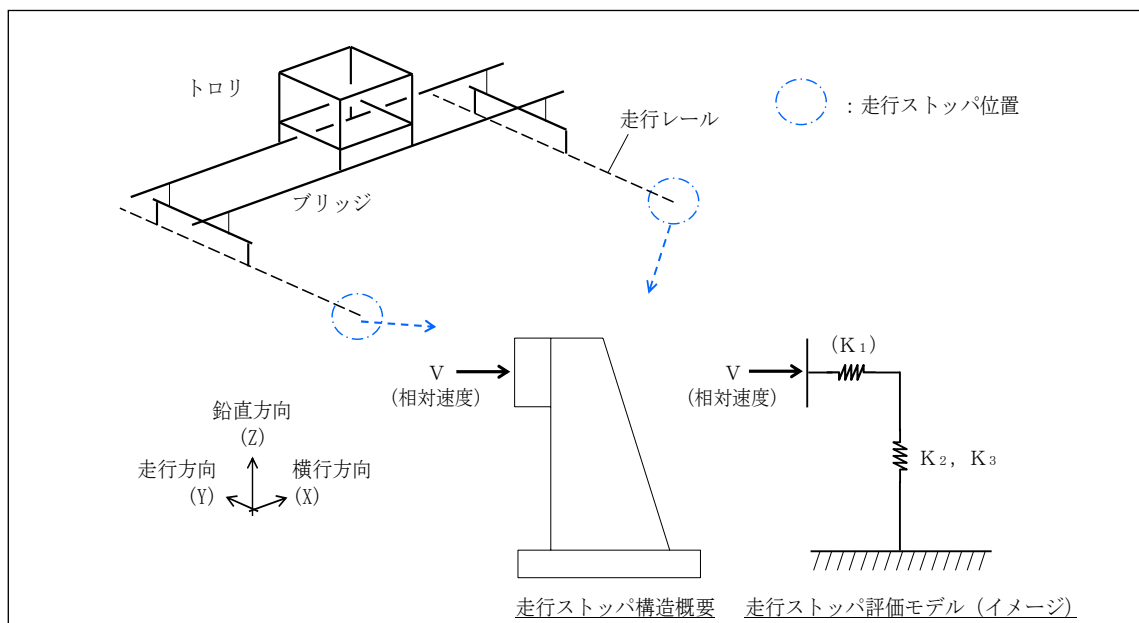


図 2-1 計算モデル (ストップへの衝突荷重算出)

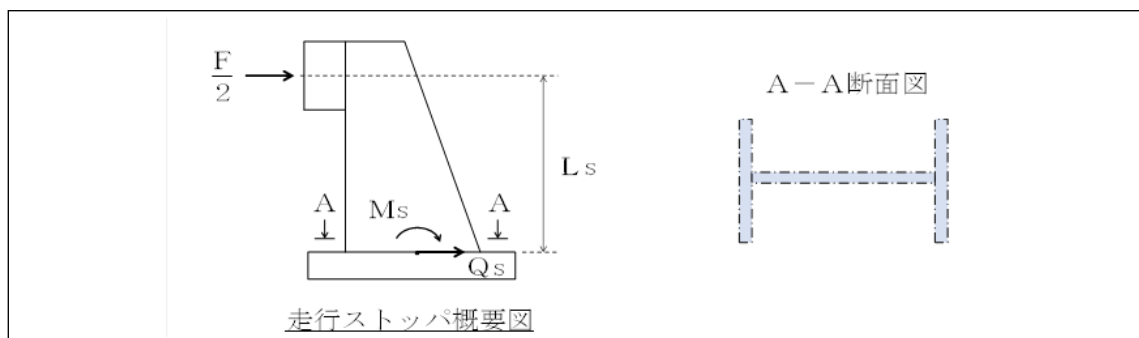
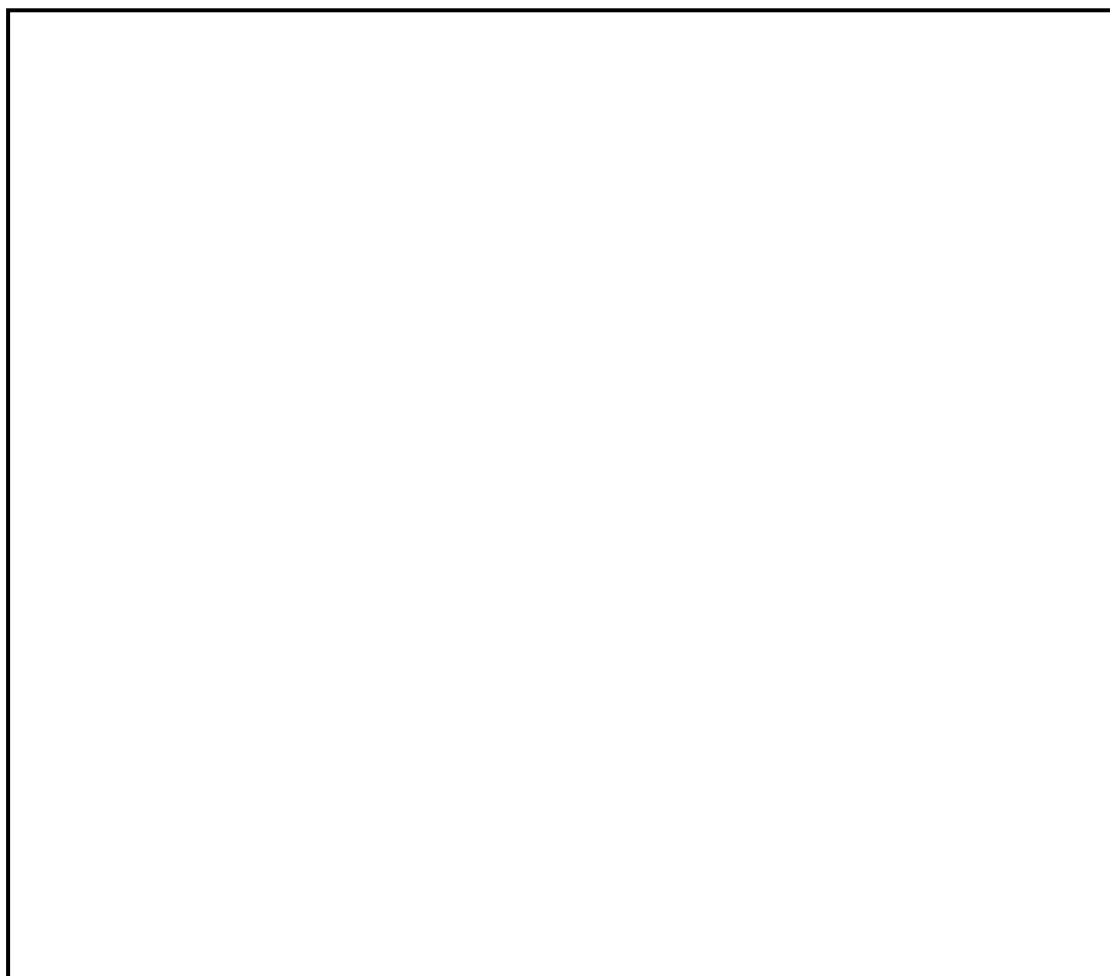
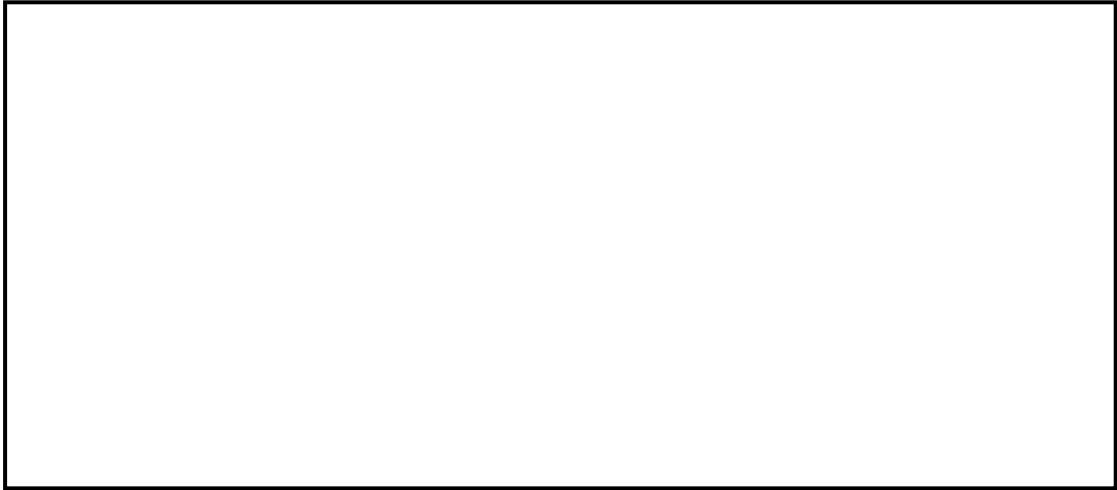


図 2-2 計算モデル (ストップ応力評価)

表 2-1 評価諸元

記号	記号の説明	入力値	単位
m	燃料取替機質量	<input type="text"/>	kg
T_f	燃料取替機走行方向卓越 周期	トロリ位置中央： <input type="text"/> トロリ位置端部： <input type="text"/>	s
α_f	燃料取替機走行方向応答 震度	0.15	—
V_B	建物応答速度	0.00	mm/s
g	重力加速度	9806.65	mm/s ²
L_s	ストッパ高さ	345	mm
A_s	ストッパ断面積	6.848×10^3	mm ²
Z_s	ストッパ断面係数	4.309×10^5	mm ³
I_s	断面二次モーメント	4.524×10^7	mm ⁴
E_s	縦断性係数	<input type="text"/>	MPa
G_s	せん断弾性係数	77,300	MPa





3. 評価結果

波及的影響の観点から走行ストッパが破断しないことを確認することを目的に S_u 値を許容応力に適用して評価を実施した。

表 2-2 のとおり、トロリ位置によらず許容応力を満足することを確認し、ストッパ機能へ影響を及ぼさないことを確認した。

表 2-2 走行ストッパ応力評価結果まとめ

・トロリ位置中央

材料	応力分類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa) *	裕度	判定
	引張 σ	87			○
	せん断 τ	16			○
	組合せ σ_c	91			○

・トロリ位置端部

材料	応力分類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa) *	裕度	判定
	引張 σ	59			○
	せん断 τ	11			○
	組合せ σ_c	62			○

注記* : S_u 値を適用した許容応力

($IV_A S$ 評価で許容応力の算出に用いる F 値 (設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値) を S_u 値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値。)

判定

○ : $1.0 \leq$ 裕度

× : $1.0 >$ 裕度

燃料取替機に対するスロッシングの影響評価

1. 検討概要

地震による燃料プールの液面揺動（以下「スロッシング」という。）が発生した場合における燃料取替機に対する影響評価結果を示す。

スロッシング荷重は、VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」に示す評価条件を用いて実施した三次元流動解析の結果に基づき設定する。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。

評価対象部位となるブリッジガーダ及び脱線防止ラグは、燃料プール表面の水の鉛直速度成分から荷重を算出し、伸縮管は、燃料プール水中の水の水平速度成分から荷重を算出して、地震による荷重を加えて構造強度を評価する。

2. 評価条件

2.1 検討対象地震動

燃料プールの三次元流動解析では燃料プールの固有周期に対する震度が最大となる地震波を用いることとし、図 3-1 に示す設計用床応答スペクトルより、NS 方向及び EW 方向ともに固有周期に対する震度が最大となる基準地震動 S_s-D とする。また、地震入力は、NS 方向、EW 方向及び鉛直方向の地震動を同時に入力する。

NS 方向



EW 方向

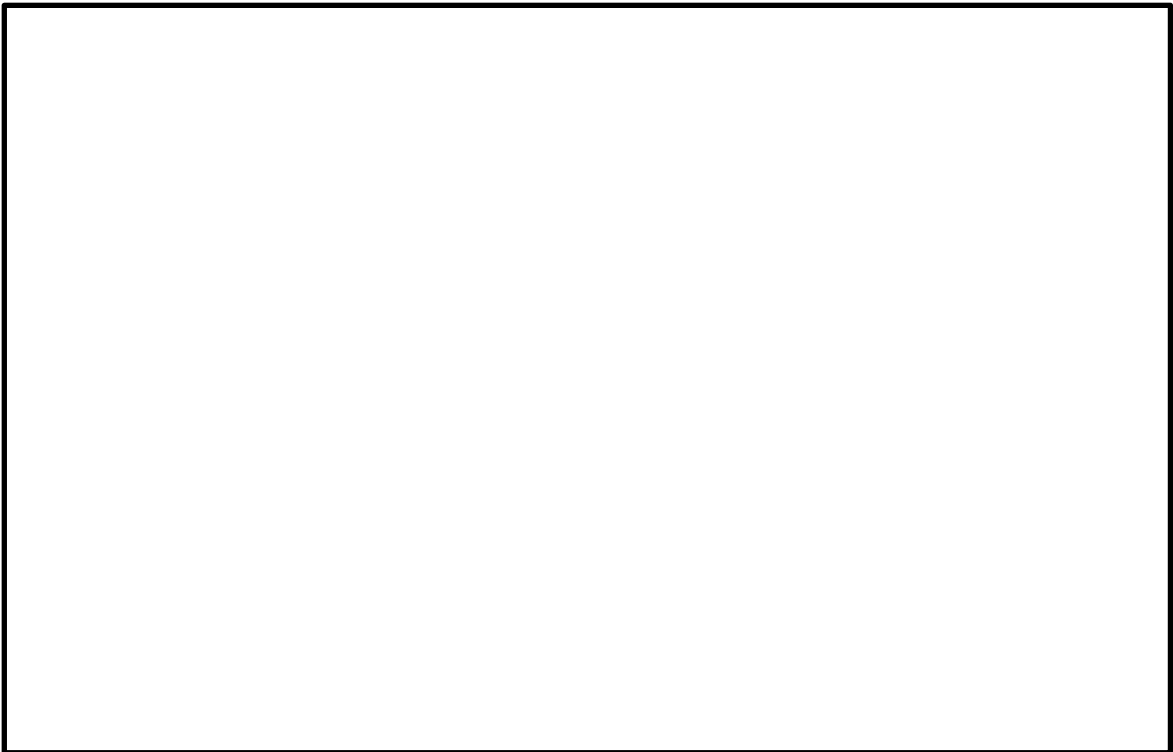


図 3-1 設計用床応答スペクトル (EL 42.80m, 減衰 0.5%)

2.2 スロッシング流動解析

燃料プールの三次元流動解析では、図 3-2 に示すとおり燃料プール及び上部空間をモデル化しており、このときの解析条件を表 3-1 に示す。

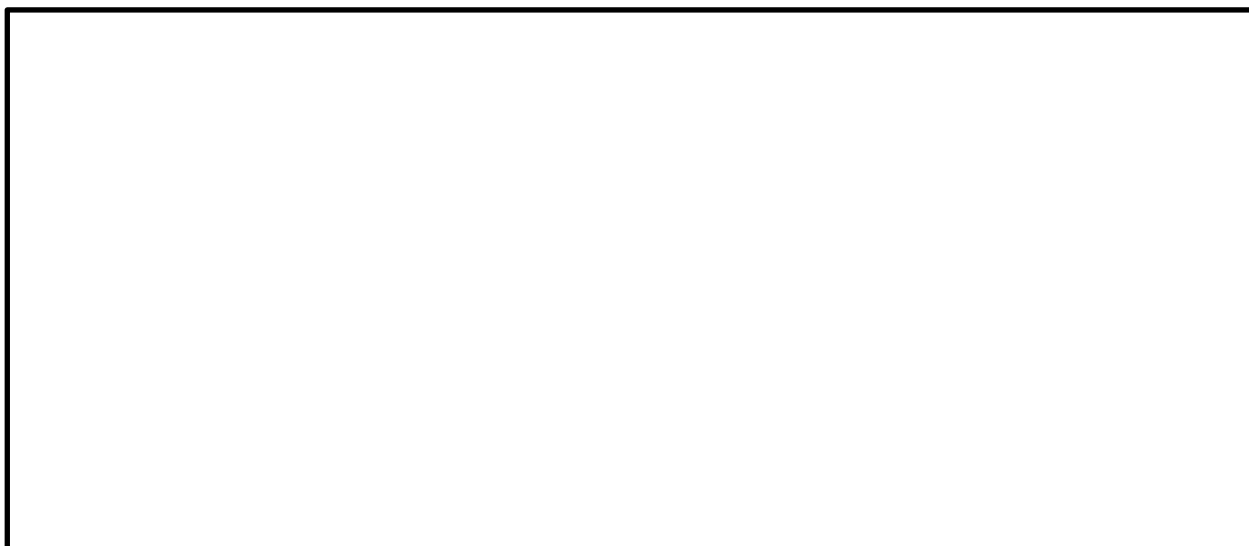


図 3-2 解析モデル図及び解析メッシュ図

表 3-1 解析条件

項目	内容
モデル化範囲	燃料プール, キャスク置場, 上部空間
境界条件	プール上部は開放とし, 他は壁による境界を設定する。解析範囲外に流出した水は戻らないものとする。壁面での水の流速は 0 となるように設定する。
初期水位	EL42.56m (HWL: High Water Level) (底面より 11.73m, プール壁上端より -0.34m)
評価用地震動	基準地震動 S s - D による燃料プール位置 (EL42.8m) の床応答波
解析コード	汎用熱流体解析コード Fluent Ver. 18.1.0 VOF (Volume Of Fluid) 法を用いた流体解析
解析時間	100 秒*
物性値	密度 (kg/m ³): 1.190 (空気), 998.2 (水) 粘性係数 (Pa·s): 1.827 × 10 ⁻⁵ (空気), 1.094 × 10 ⁻³ (水)
プール寸法	14000 mm (NS) × 13500 mm (EW) × 12070 mm (UD) (プール壁上端 EL42900mm)
解析メッシュサイズ	50~163 mm (水平方向), 20~150 mm (鉛直方向)
プール内部構造物	内部構造物が流体の運動を障害しないように, 保守的な条件として燃料ラック等のプール内構造物はモデル化しない。
その他	プール周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮しない。

注記*: 溢水量に有意な増加が確認できなくなった時間

2.2.1 ブリッジガーダ及び脱線防止ラグに適用するスロッシング速度評価点

スロッシング時にプール水が燃料取替機に達した場合、燃料取替機はプール水により押し上げられる可能性が考えられる。従って、スロッシング速度評価点は、燃料プールの全メッシュの中から燃料取替機のブリッジガーダ下面高さ (EL43.800m) における鉛直方向の流速が最大となる位置及び時刻を確認する。次に、その評価点を含む水平方向 (燃料取替機のブリッジガーダ長手方向) について、約 1m 間隔で同時刻での鉛直方向の流速を抽出・整理する。

図 3-3(1/2) にスロッシング解析に基づく EL43.800m レベル (最大速度発生時刻) での速度分布、図 3-3(2/2) にスロッシング速度評価点の位置及び出力結果を示す。

2.2.2 伸縮管に適用するスロッシング速度評価点

燃料取替機の伸縮管はスロッシング時にプール水の影響を受けるため、スロッシング速度評価点は、燃料プールの全メッシュの中から水平方向の流速が最大となる位置及び時刻を確認する。次に、その評価点を含む鉛直方向 (伸縮管の軸方向) について、約 1m 間隔で同時刻での水平方向の流速を抽出・整理する。

図 3-4(1/2) にスロッシング解析に基づく最大速度発生点のレベル/時刻での速度分布、図 3-4(2/2) にスロッシング速度評価点の位置及び出力結果を示す。

2.3 燃料取替機の評価対象部位

燃料取替機のブリッジガーダ及び脱線防止ラグの構造概要を図 3-5、伸縮管の構造概要を図 3-6、伸縮管の評価対象部位を図 3-7 に示す。

スロッシングの影響評価では、燃料プール上の水面に近いブリッジガーダと脱線防止ラグ、プール水中で水平方向荷重を受ける伸縮管とその支持部に対して実施する。

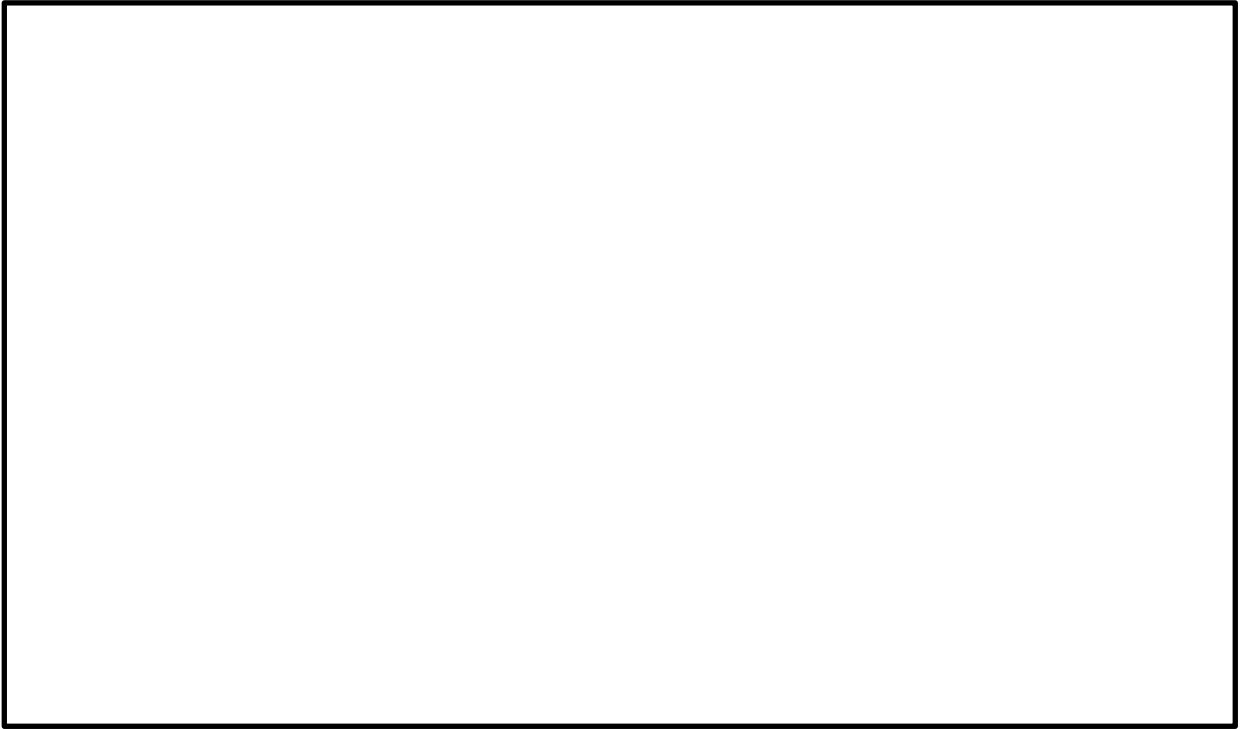


図 3-3(1/2) スロッシング解析結果

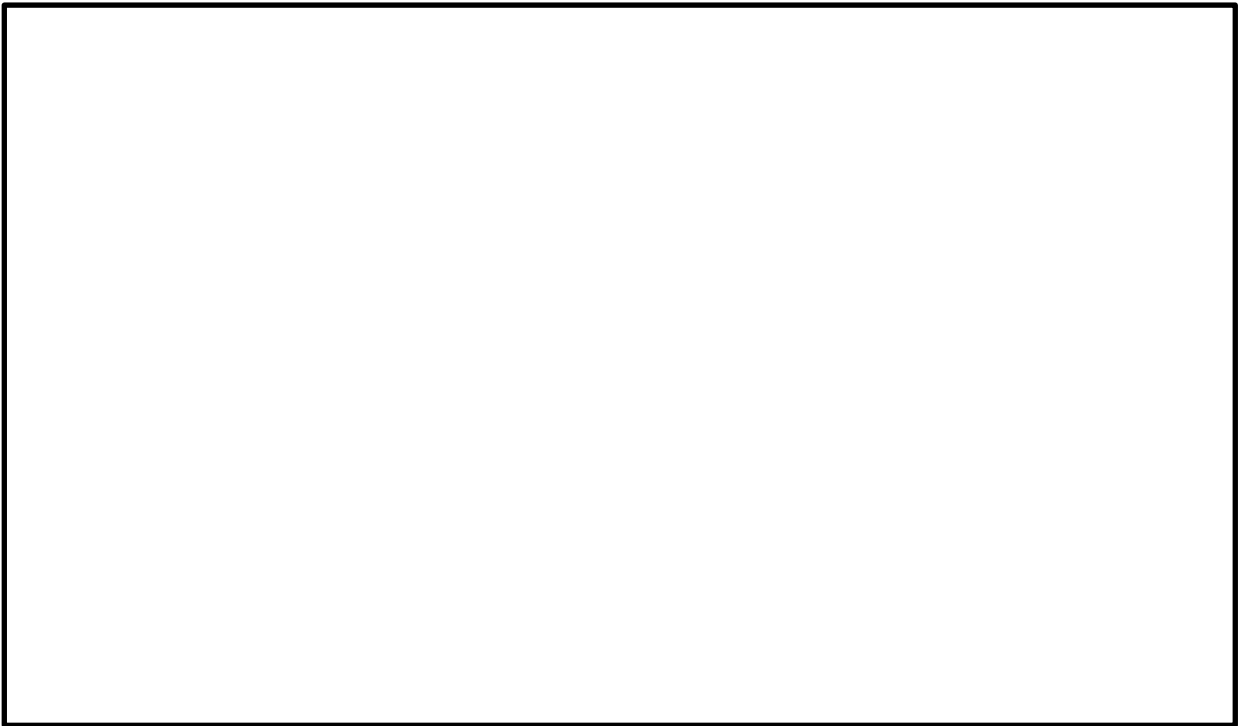


図 3-3(2/2) 水平方向のスロッシング速度(鉛直成分)評価点及び出力結果 <平面図>

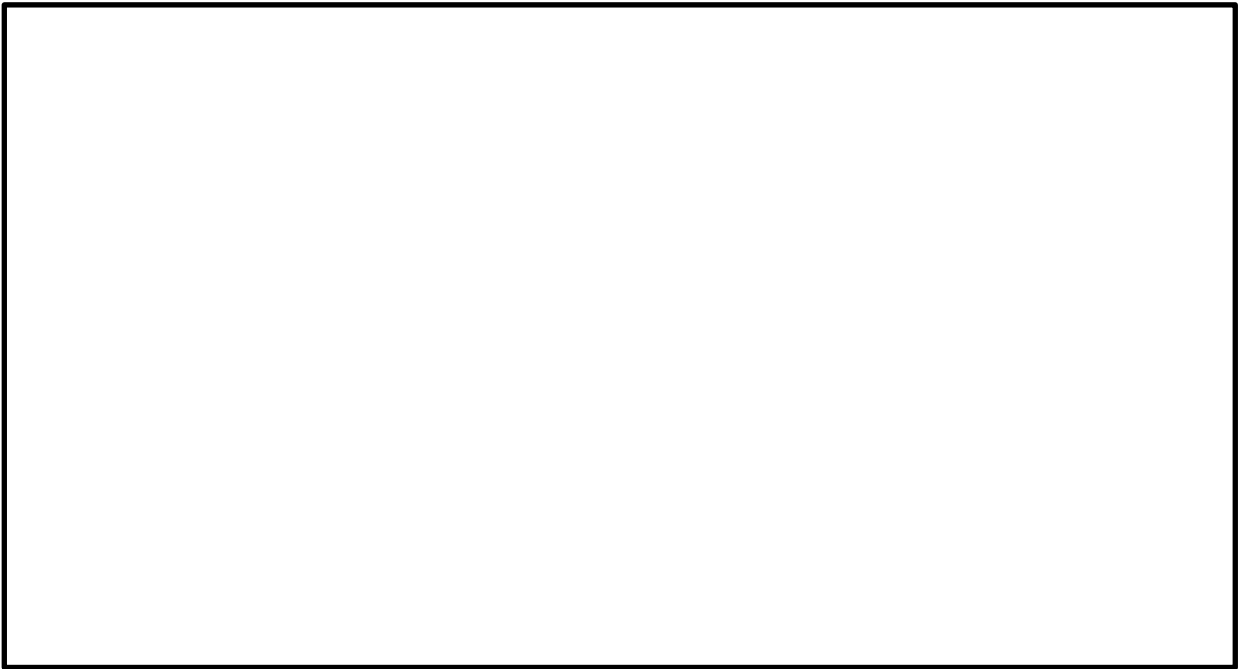


図 3-4(1/2) スロッシング解析結果

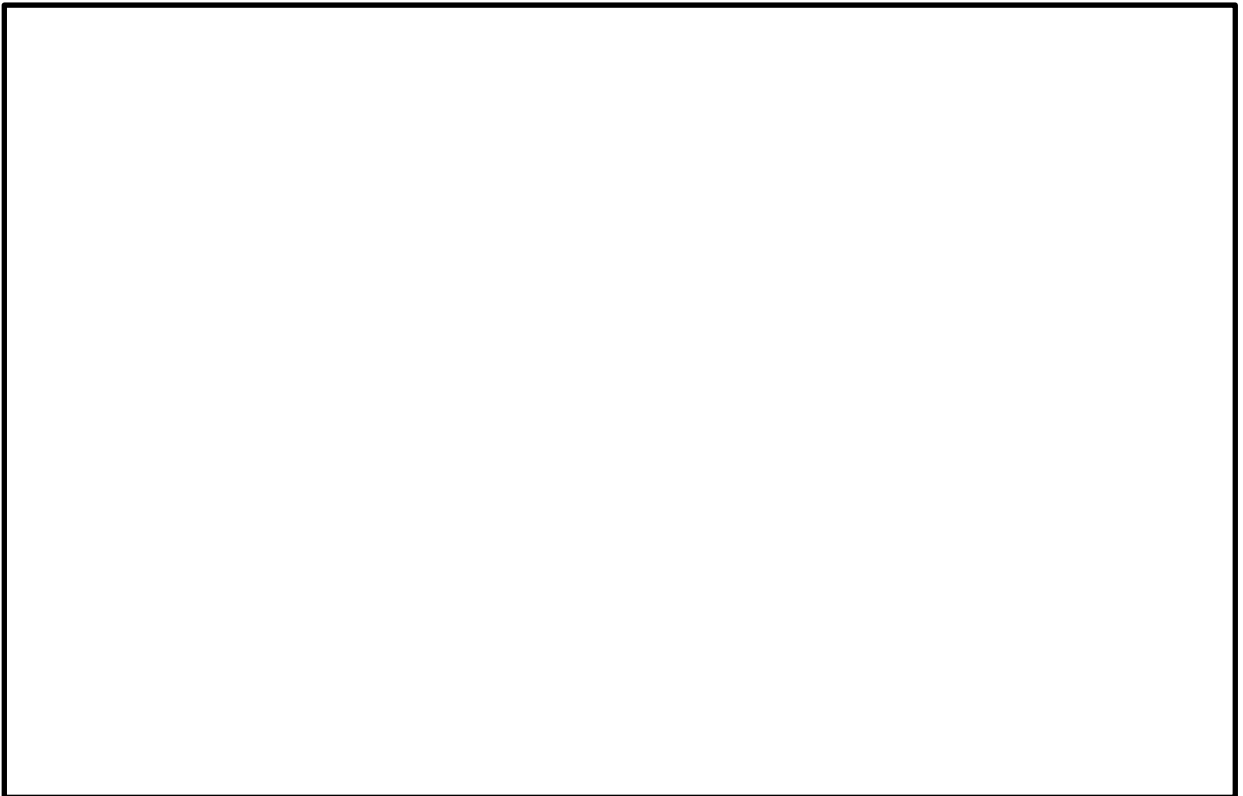


図 3-4(2/2) 鉛直方向のスロッシング速度(水平成分)評価点及び出力結果 <断面図>

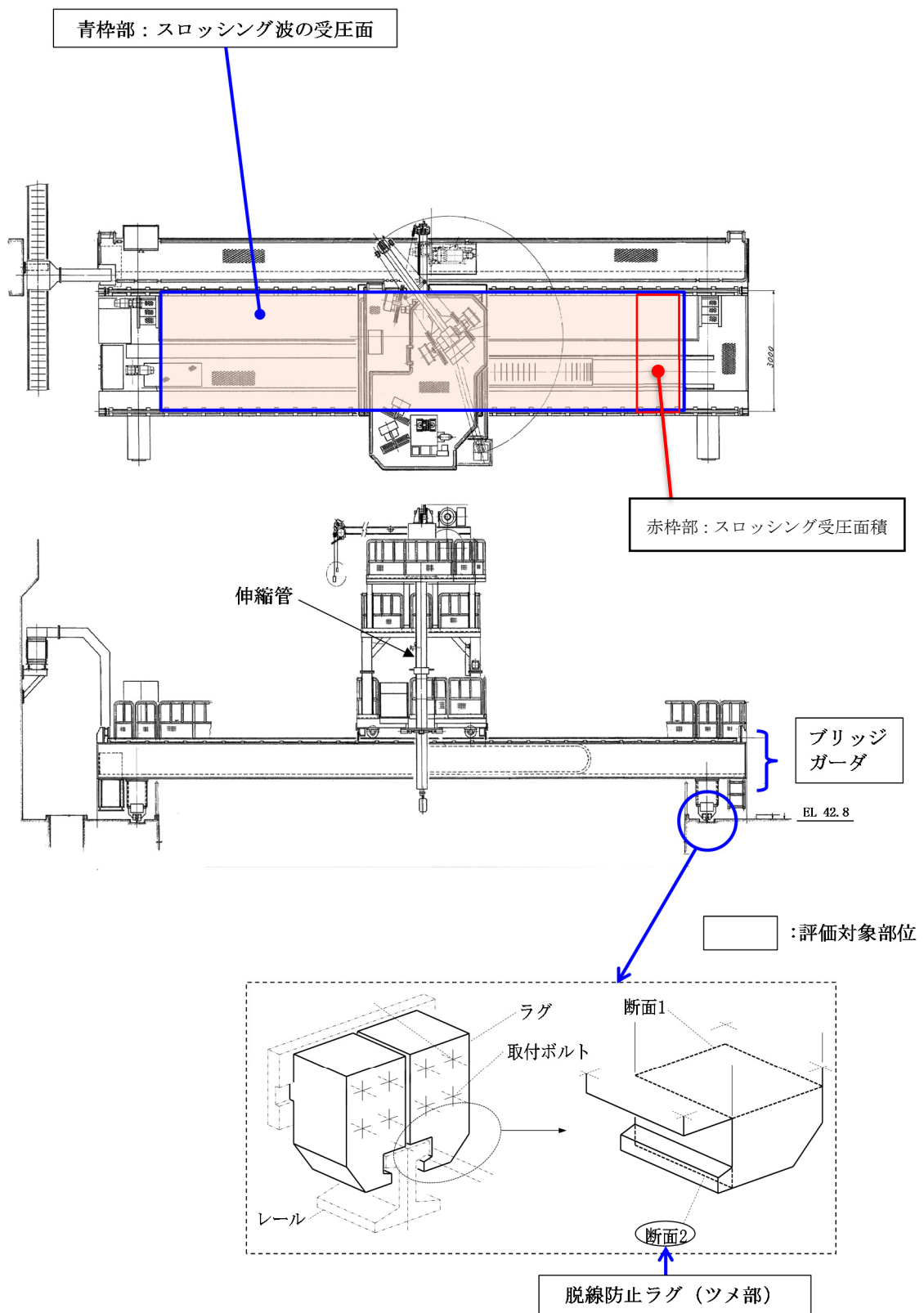


図 3-5 ブリッジガーダ及び脱線防止ラグの構造概要図

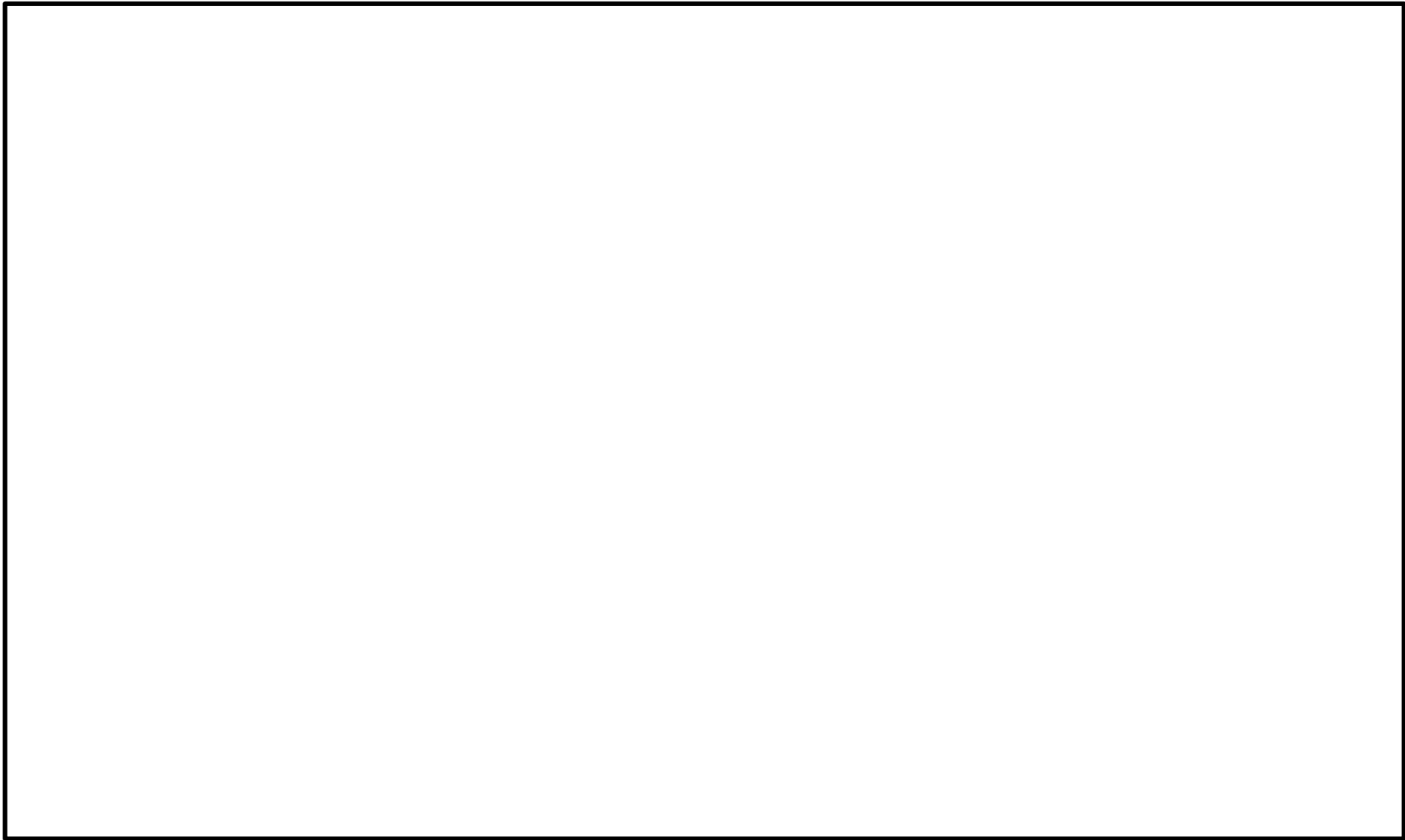


図 3-6 伸縮管の構造概要図

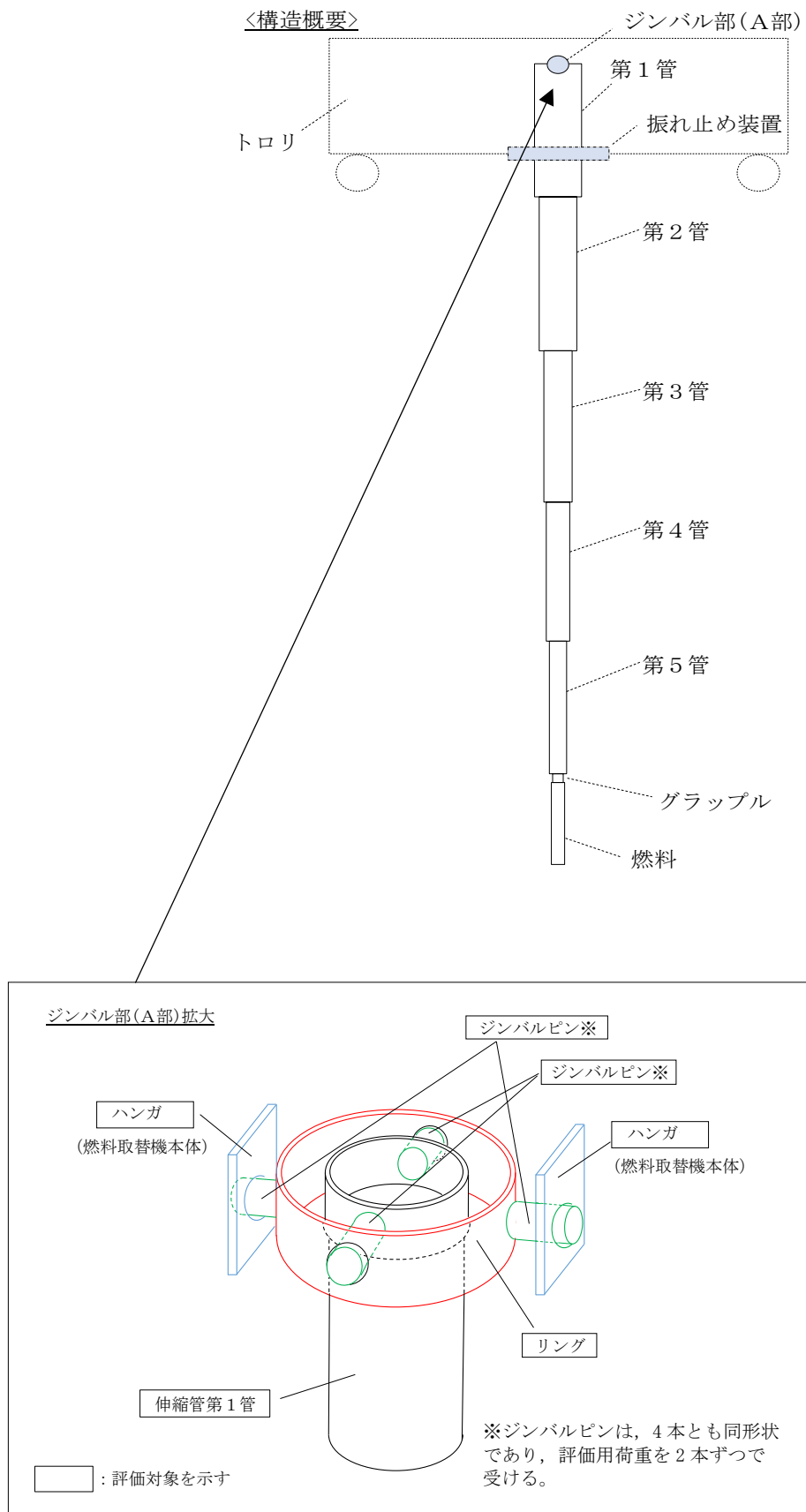


図 3-7 伸縮管の評価対象部位

3. 評価方法

燃料取替機に対するスロッシングの影響評価では、地震により燃料取替機に生じる応力とスロッシング影響の重畳を考慮する。

3.1 ブリッジガーダ及び脱線防止ラグの影響評価

スロッシング時にプール水が燃料取替機の下面に達した場合、燃料取替機はプール水により押し上げられる可能性が考えられる。従って、ここでは以下の観点から評価対象をブリッジガーダと脱線防止ラグとする。

なお、水平方向のスロッシングによる影響は、仮にプール水をブリッジガーダの側面で受けたとしても、燃料取替機は走行レール上を移動することができるため、本評価では考慮しない。

- ・ブリッジガーダ：燃料取替機の主要部位
- ・脱線防止ラグ：燃料取替機の浮き上がりを防止する部位

(1) 荷重算出

2.2.1 項の各評価点から得られるスロッシングの流動解析結果（プール水のスロッシング速度）から動水圧を算出し、その動水圧を負荷させた条件で燃料取替機の当該箇所（燃料プール幅とブリッジガーダに囲まれた図 3-5 に示す範囲）の受圧面積に乗じてスロッシング荷重を算出する。

$$F_B = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A_B \cdot v_B^2 \quad \dots (3.1)$$

F_B ：ブリッジガーダ（2本）に作用するスロッシング荷重 [N]

C_d ：抗力係数（=2.0）〈機械工学便覧 α4編 流体工学 より〉

ρ ：流体（水）の質量密度 [kg/m³]

A_B ：ブリッジ底部のスロッシング受圧面積 [m²]

v_B ：プール EW 方向の同一列上に並んだ各評価点の鉛直スロッシング速度の最大値 [m/s]

鉛直スロッシング速度については、 v_B の発生時刻以降、流速は下がりながらその領域は広がるが、その面積は評価に用いているスロッシング受圧面積 A_B と比較して十分小さい。鉛直スロッシング速度の最大値発生以降の速度と領域面積を表 3-2 に示す。

表 3-2 鉛直スロッシング速度の最大値発生以降の速度と領域面積

	速度最大時	領域面積 最大時	スロッシング荷重評価用
鉛直スロッシング速度 [m/s]	4.659	0.09	4.659 (スロッシング速度 v_B)
領域面積 [m ²]	0.11	0.36	3.3 (受圧面積 A_B)

なお、脱線防止ラグが負担するスロッシング荷重は、両サイドのラグのうち反力が
 大きい側となる脱線防止ラグを評価する。

(2) 応力評価

ブリッジガーダ及び脱線防止ラグとも、スロッシングによる発生応力と地震による
 発生応力を足し合わせ、波及的影響の観点から部材が破断しないことを確認する目的
 で S_u 値を適用した許容応力と比較する。

3.2 伸縮管の影響評価

伸縮管は図 3-7 に示すとおり、ジンバル機構（構造）を介してトロリと取り合っており、この取り合い構造により、伸縮管は水平方向に荷重が作用してもジンバル機構を支点として可動することで、荷重を逃す構造となっている。従って、ここでの評価対象は、荷重伝達経路となる伸縮管（第 1 管）、ジンバル機構からジンバルピン、リング、及びハンガとする。

(1) 荷重算出

伸縮管の評価用荷重は、2.2.2 項の各評価点から得られるスロッシングの流動解析結果（プール水のスロッシング速度）に沿って伸縮管（各管）を分割し、各々分割された伸縮管の高さ方向の中間位置にスロッシング速度から算出した動水圧を負荷した場合を想定する。それら動水圧は、負荷位置に対応した伸縮管の投影面積を乗じることで荷重に変換されるため、各伸縮管の荷重負荷位置におけるモーメントを考慮して伸縮管（第 1 管）位置における荷重を算出する。

伸縮管の投影面積（受圧面積）は、燃料プール内での伸縮量及び燃料集合体の寸法を考慮する。

地震による水平荷重の影響については、燃料取替機が水平方向にすべることを考慮した 0.15G*相当の荷重を、鉛直方向は評価上厳しくなるトロリ位置中央での卓越周期を考慮した荷重を、伸縮管質量から算出して重畳させる。

プール水のスロッシングにより伸縮管に作用する荷重を 3.2 式により求める。

注記*：最大静止摩擦力より求めた水平方向設計震度

$$F_m = P_{tm} \cdot A_m \quad \dots (3.2)$$

F_m ：伸縮管に作用するスロッシング荷重 [N]

P_{tm} ：伸縮管に作用する動水圧 [N/m²]

$$P_{tm} = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot (v_m + v_f)^2$$

A_m ：伸縮管の水平投影面積 [m²]

C_d ：抗力係数 (=1.0) <機械工学便覧 α4 編 流体力学 より>

ρ ：流体（水）の質量密度 [kg/m³]

v_m ：プール同一標高における各評価点の水平スロッシング速度の最大値 [m/s]

v_f ：燃料取替機のすべり速度 [m/s]

なお、鉛直方向荷重については、図 3-6 に示す伸縮管の構造概要のとおり、二重のワイヤロープにより燃料集合体を吊り下げる構造となっており、吊荷である燃料集合体の質量が伸縮管に直接は掛からないことから、鉛直方向荷重の算出では伸縮管質量のみ考慮する。

図 3-8 に伸縮管に対するスロッシング及び地震による荷重負荷の模式図を示す。

(2) 応力評価

全ての評価対象部位について、スロッシング及び地震による荷重から算出した応力を、波及的影響の観点から部材が破断しないことを確認する目的で Su 値を適用した許容応力と比較する。

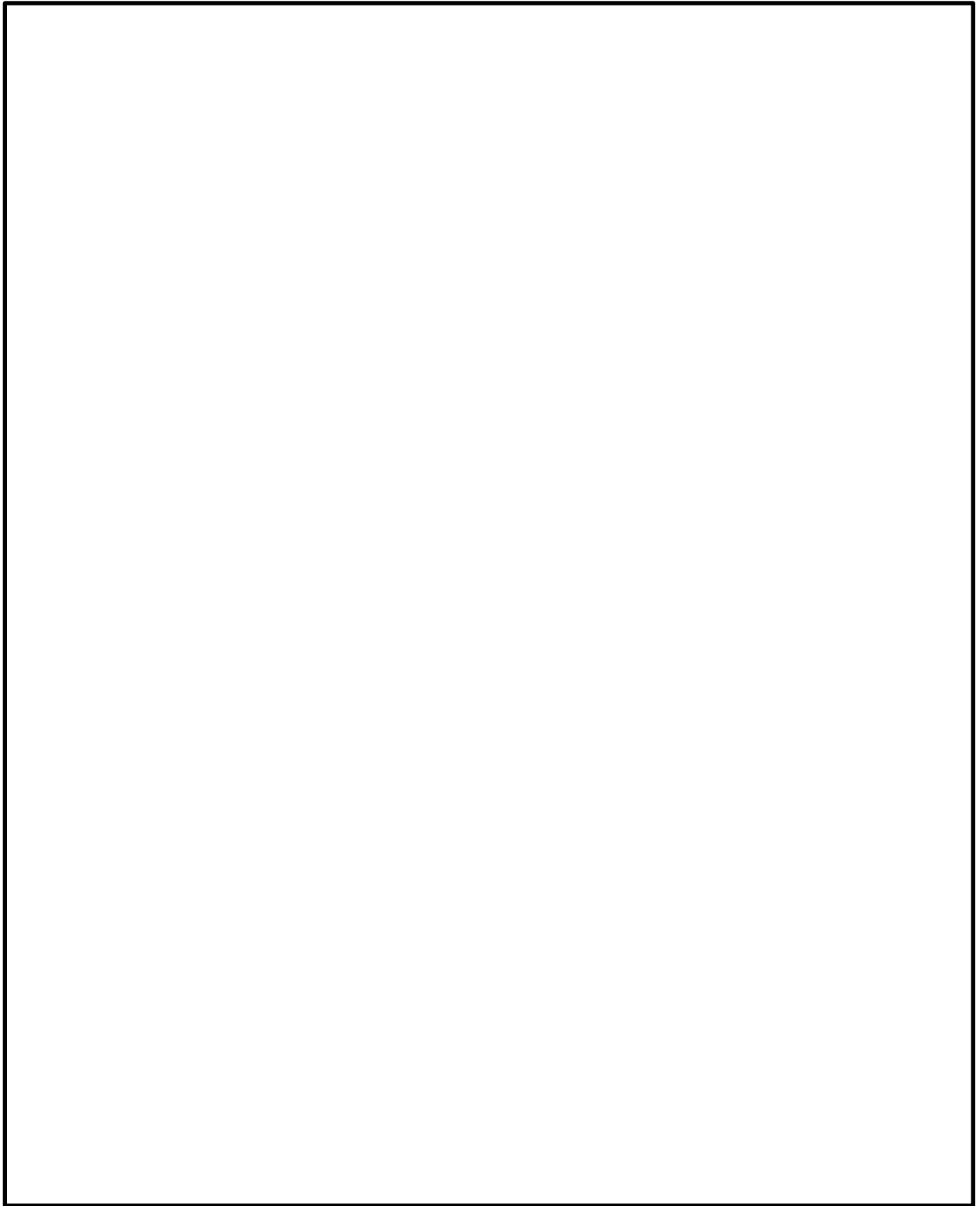


図 3-8 伸縮管に対するスロッシング及び地震による荷重負荷の模式図

4. 評価結果

4.1 ブリッジガーダ及び脱線防止ラグ

表 3-3 に示すとおり、ブリッジガーダ及び脱線防止ラグともにスロッシングを考慮した算出応力が、許容応力を下回っていることを確認した。

表 3-3 ブリッジガーダ及び脱線防止ラグの評価結果

評価対象部位	材料	応力分類	算出応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
ブリッジガーダ		引張	240	
		せん断	20	
		組合せ	242	
脱線防止ラグ		引張	160	
		せん断	48	
		組合せ	180	

注記*：S u 値を適用した許容応力（IV_AS 評価で許容応力の算出に用いる F 値（設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値）を S u 値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値。）

4.2 伸縮管

表 3-4 に示すとおり、伸縮管の評価対象部位においてスロッシングを考慮した算出応力が、許容応力を下回っていることを確認した。

表 3-4 伸縮管の評価結果

評価対象部位	材料	応力分類	算出応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
伸縮管第 1 管		引張	49	
		せん断	2	
		組合せ	50	
ジンバルピン		引張	452	
		せん断	87	
		組合せ	477	
リング		引張	200	
		せん断	61	
		組合せ	226	
ハンガ	引張	59		
	せん断	4		
	組合せ	60		

注記*：S u 値を適用した許容応力（IV_AS 評価で許容応力の算出に用いる F 値（設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値）を S u 値に置き換えて各応力分類の許容応力を算出した値。）

5. 結論

燃料取替機のブリッジガーダ、脱線防止ラグ及び伸縮管について、地震時における燃料プールのスロッシング影響を考慮した場合でも十分な強度を有していることを確認した。よって、地震時に燃料プールでスロッシングが生じた場合でも、燃料取替機に対する影響はない。

燃料取替機の吊具荷重算出時における吊荷位置選定の考え方

1. 目的

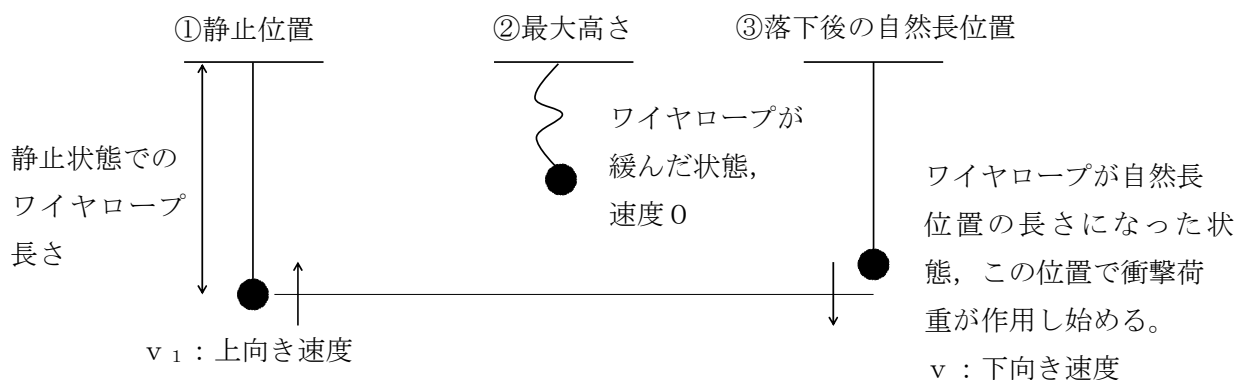
燃料取替機は、VI-2-11-2-7-2「燃料取替機の耐震性についての計算書」において吊具に発生する荷重を算出しているが、吊荷位置によって吊具荷重が変動することから吊具荷重算出時における吊具位置選定の考え方について述べる。

2. 吊具荷重の算出方法

耐震計算書に示すとおり、吊具の荷重算出は燃料取替機本体の鉛直方向固有周期及び吊荷の固有周期に対応した震度を用いて速度を算出し、吊具に作用する衝撃荷重を求めている。荷重の算出手順を以下に示す。

2.1 吊荷の浮上り後の落下速度の算出

吊荷は、図 4-1 に示すように、鉛直方向に浮き上がって再び自然長位置に戻った瞬間から、吊具の衝撃荷重を与える。



○ 下向き速度 v

②, ③まではエネルギー保存則より

下向き速度 v は

$$v < v_1$$

となるが、保守的に

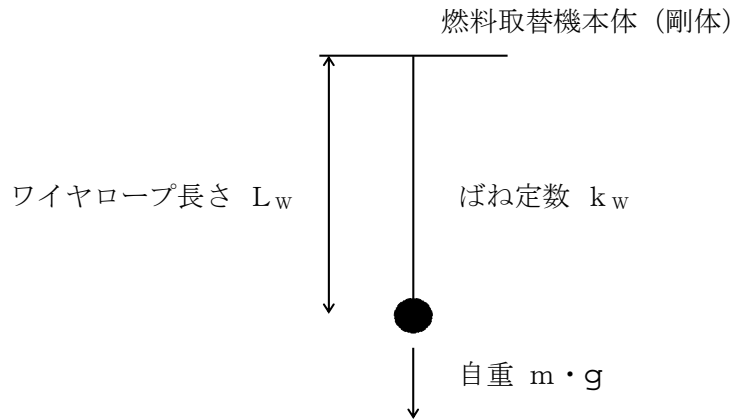
$$v = v_1$$

として評価を行う。

図 4-1 吊荷の浮上りの様子

2.2 吊荷の固有周期

図 4-2 に示すとおり，燃料取替機本体を剛体としたときの吊荷の固有周期 T_w を算出する。



$$\text{固有周期： } T_w = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_w}}$$

ここで、
 T_w : 吊荷の固有周期
 m : 吊荷の質量
 k_w : ワイヤロープのばね定数

図 4-2 吊荷の固有周期の算出

2.3 吊荷，燃料取替機本体の速度の算出

以下の式に従い，吊荷及び燃料取替機本体に作用する最大加速度による速度を算出する。

$$v_1 = a_w \cdot g \cdot T_w / (2 \cdot \pi)$$

$$v_2 = a_f \cdot g \cdot T_f / (2 \cdot \pi)$$

ここで、
 v_1 : 吊荷の最大速度
 v_2 : 燃料取替機本体の最大速度
 a_w : 吊荷に作用する震度
 a_f : 燃料取替機本体に作用する震度
 g : 重力加速度
 T_w : 吊荷の固有周期
 T_f : 燃料取替機本体の鉛直方向固有周期

2.4 吊具に作用する衝撃荷重

以下のとおり、吊具に作用する荷重Fを算出する。

図4-3及び図4-4に示すように、ワイヤロープの下端にある吊荷の運動量の変化は吊荷と燃料取替機本体の質量や固有値が異なることから v_1 と v_2 が同値にならないが、保守的に吊具の減衰がなく完全弾性衝突を仮定して反発係数を1とすれば以下となる。

$$(\text{力積}) : \int_0^{\frac{T}{4}} F \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_w}\right) \cdot dt$$

$$(\text{吊荷の運動量の変化}) : m \cdot (v_1 + v_2)$$

ここで、
 F : 吊具に作用する荷重
 T_w : 吊荷の固有周期
 m : 吊荷の質量
 v_1 : 吊荷の最大速度
 v_2 : 燃料取替機本体の最大速度

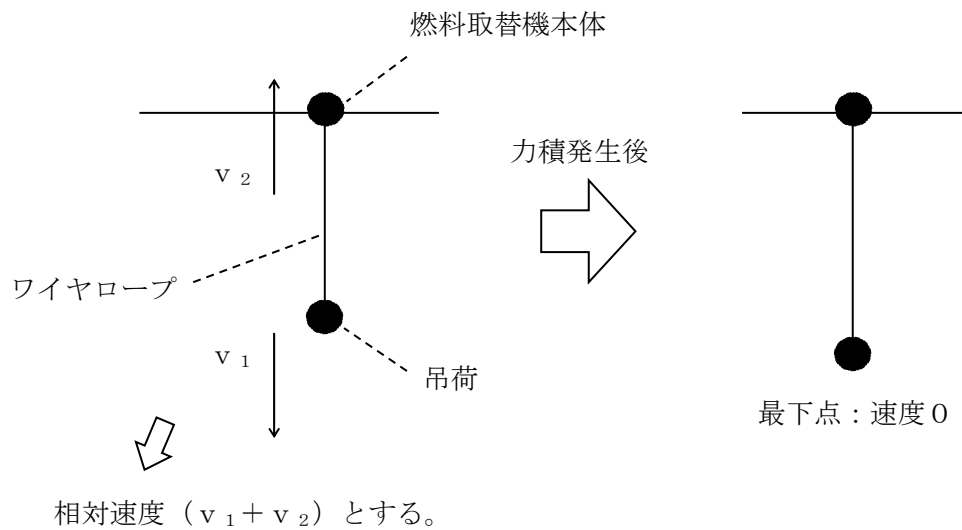


図4-3 吊荷落下後の速度変化

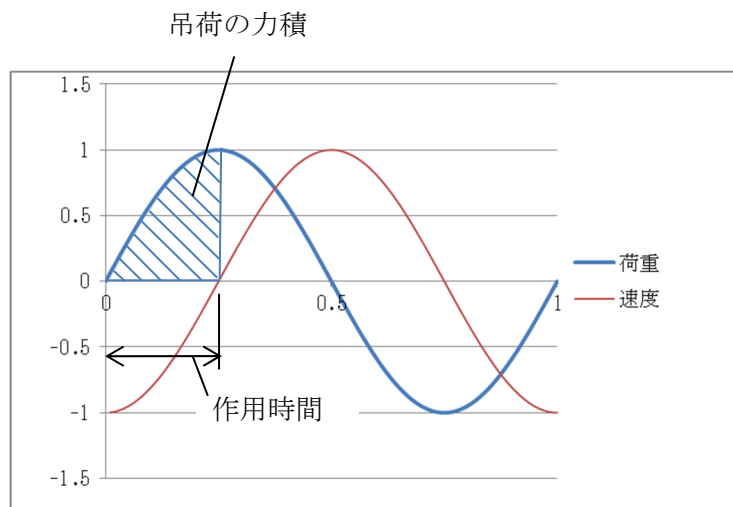


図 4-4 吊荷の力積の概念図

吊荷の運動方向が変化する時間については、ワイヤロープが完全弾性体で、吊荷と燃料取替機本体の運動が自由振動系であることを仮定すれば、吊荷の固有周期 T_w の 4 分の 1 となる。

以上から、運動量変化及び作用時間をもとに荷重は、自重分を追加して吊具に作用する荷重を以下のとおり計算する。

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot (v_1 + v_2)}{T_w} + m \cdot g$$

- ここで、
- F : 吊具に作用する荷重
 - m : 吊荷の質量
 - v_1 : 吊荷の最大速度
 - v_2 : 燃料取替機本体の最大速度
 - T_w : 吊荷の固有周期
 - g : 重力加速度

3. 吊荷位置選定の考え方

2. 項に示す方法で吊具の評価を実施するにあたり、吊具の固有周期は吊荷の位置によって変動することから、固有周期と床応答スペクトルの関係から評価が厳しくなるような吊荷位置とする。吊荷位置選定の考え方を以下に示す。

燃料取替機では、吊荷位置が吊上げ上限、及び吊上げ下限における検討を実施している。吊荷に作用する震度を求める際に用いる設計用床応答スペクトルを図 4-5 に、燃料取替機各吊荷位置における固有周期、震度、速度及び吊具に作用する荷重を表 4-1 に示す。

図 4-5 に示すとおり震度が最大となる吊荷位置である吊上げ上限時において、表 4-1 に示すとおり吊具に作用する荷重 F が最大となることから、VI-2-11-2-7-2「燃料取替機の耐震性についての計算書」においては、吊上げ上限のケースを代表として、吊具評価結果を記載する。



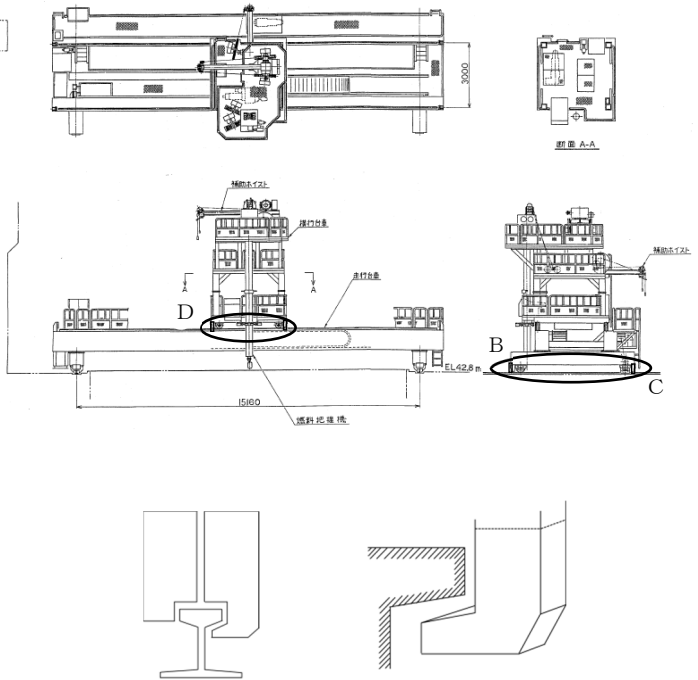
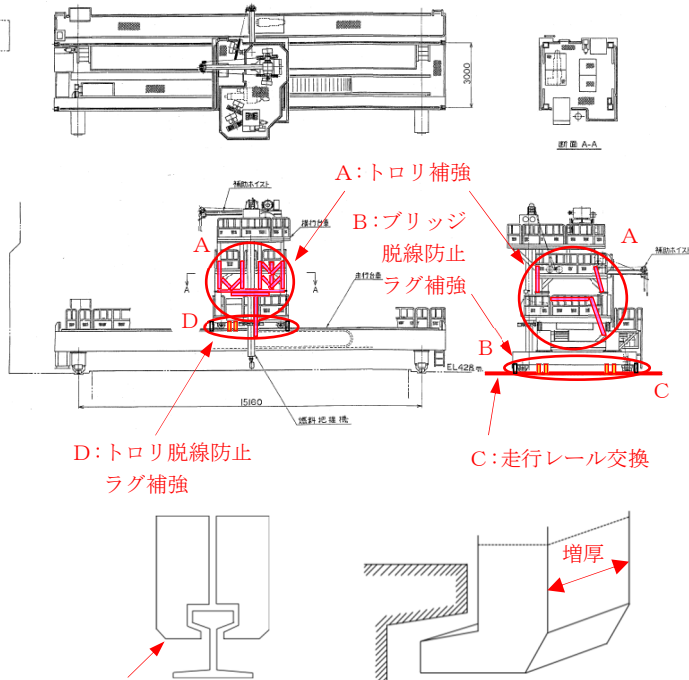
図 4-5 燃料取替機各吊荷位置における震度算出に用いた設計用床応答スペクトル

表 4-1 燃料取替機各吊荷位置における緒元整理表

吊荷位置	m (kg)	L_w (mm)	T_f (s)	T_w (s)	a_f (-)	a_w (-)	v_1 (mm/s)	v_2 (mm/s)	F (N)
吊上げ上限									2.962×10^4
吊上げ下限									1.897×10^4

燃料取替機の改造概要

既工認からの主要な変更箇所を以下に示す。

変更前	変更後	備考
 <p>B, D:ブリッジおよびトロリ 脱線防止ラグ</p>	 <p>A:トロリ補強 B:ブリッジ脱線防止 ラグ補強 C:走行レール交換 D:トロリ脱線防止 ラグ補強 増厚 ラグ (両フック化) B, D:ブリッジおよびトロリ 脱線防止ラグ補強</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ A:トロリ補強 〔一階柱, 二階柱, 二階床はりの追加および補強〕 ・ B:ブリッジ脱線防止ラグ補強 〔片側 2 箇所から 4 箇所追加して計 6 箇所 (図中赤部のラグを追加) ラグ形状変更 (増厚, 両フック化)〕 ・ C:走行レール交換 〔レールサイズ増〕 ・ D:トロリ脱線防止ラグ補強 〔片側 2 箇所から 2 箇所追加して計 4 箇所 (図中赤部のラグを追加) ラグ形状変更 (増厚, 両フック化)〕

燃料取替機構造物のせん断応力の算出で考慮する評価断面の影響検討

1. 概要

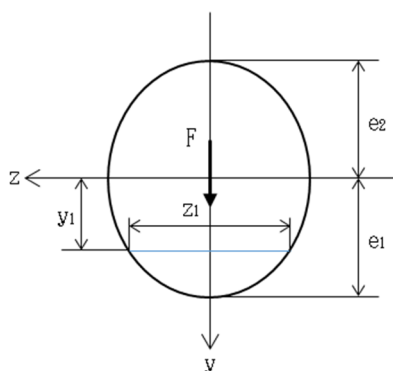
燃料取替機構造物フレーム（ギャラリ及びガーダ）の組合せ応力の算出時に用いるせん断応力について、耐震計算書に記載する全断面積を用いて算出したせん断応力を用いた場合と評価断面の形状から選定した各点のせん断応力を用いた場合との比較結果を示す。

なお、比較対象については、耐震計算書の記載に沿って「曲げ」、「せん断」、「組合せ」の各応力とする。

2. 算出方法

評価断面の形状から選定する評価点のせん断応力は、「機械工学便覧 α3 編 材料力学」より以下の計算式で算出する。

<各評価点のせん断応力（y 軸方向： τ_y 及び z 軸方向： τ_z ）計算>

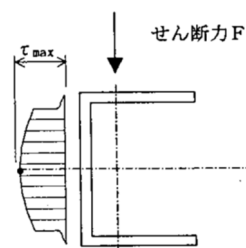
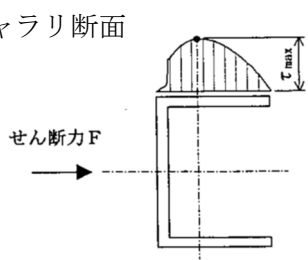


$$\tau = \frac{F}{z_1 \cdot I} \int_{y_1}^{e_1} zy \, dy \quad \dots \quad (1)$$

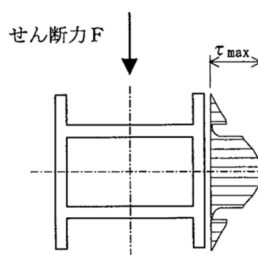
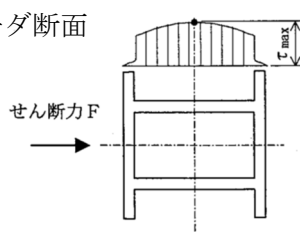
- F ; せん断力
- I ; 断面二次モーメント
- y_1 ; 中立軸から評価断面までの距離
- z_1 ; 評価断面の幅
- e_1, e_2 ; 中立軸から最外角までの距離

<せん断応力分布図>

ギャラリ断面



ガーダ断面



<各応力計算式>

以下のうち、 x 軸方向の引張応力(σ_x)、 x 軸周りのせん断応力(τ_x)、曲げ(引張) 応力の組合せ、せん断応力の組合せ、及び組合せ応力の算出方法については耐震計算書記載の算出方法と同様である。

並進力 F_x 、 F_y 、 F_z 、モーメント力 M_x 、 M_y 、 M_z による応力成分は次式となる。
 なお、このとき A は全断面積、 A_1 及び A_2 は評価断面の断面積とする。

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{Z_y}, \quad \sigma_z = \frac{M_z}{Z_z} \quad \dots \quad (2)$$

$$\tau_x = \frac{M_x}{Z_p}, \quad \tau_y = \frac{F_x}{A_1}, \quad \tau_z = \frac{F_x}{A_2} \quad \dots \quad (3)$$

ここで、 y 軸周りの断面係数(Z_y)は、 y 軸周りの断面二次モーメント(I_y)を図心 y 軸から各評価点までの距離(z)で除して算出する。

$$Z_y = \frac{I_y}{z} \quad \dots \quad (4)$$

また、 z 軸周りの断面係数(Z_z)は、 z 軸周りの断面二次モーメント(I_z)を図心 z 軸から各評価点までの距離(y)で除して算出する。

$$Z_z = \frac{I_z}{y} \quad \dots \quad (5)$$

曲げ(引張)応力は次式となる。

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \quad \dots \quad (6)$$

せん断応力は次式となる。

$$\tau = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_x + \tau_y)^2 + \tau_z^2} \\ \sqrt{\tau_y^2 + (\tau_x + \tau_z)^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \quad \dots \quad (7)$$

組合せ応力

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \dots \quad (8)$$

3. 各評価点での応力算出結果

以下の部位について各応力を算出する。

3.1 ギャラリ

図 6-1 に、ギャラリ断面の各評価点を示す。

表 6-1 に、ギャラリ評価点ごとの応力算出結果を示す。

①～⑨の評価点ごとに応力を算出し設工認評価結果と比較した。個々の結果は、高さ方向の中間位置（評価点⑧及び⑨）において「せん断応力」が最大となっており設工認評価結果を上回るが、「曲げ応力」及び「組合せ応力」が最大となる部材角部（評価点②）を含め、いずれも設工認評価結果の組合せ応力以下となることを確認した。

3.2 ガーダ

図 6-2 に、ガーダ断面の各評価点を示す。

表 6-2 に、ガーダ評価点ごとの応力算出結果を示す。

ギャラリと同様に①～⑭の評価点ごとに応力を算出し設工認評価結果と比較した。個々の評価結果は、高さ方向の中間位置（評価点⑩）において「せん断応力」が最大となっており設工認評価結果を上回るが、「曲げ応力」及び「組合せ応力」が最大となる部材角部（評価点②）を含め、いずれも設工認評価結果の組合せ応力以下となることを確認した。

4. 結論

ギャラリ及びガーダの各評価点での応力算出結果は、いずれも組合せ応力が耐震計算書記載の評価結果以下となることを確認した。したがって、曲げが支配的である燃料取替機の構造を踏まえると、構造物フレームの評価において「せん断応力」の算出に全断面積を用いた設工認評価結果は保守側の結果となっていることを確認した。

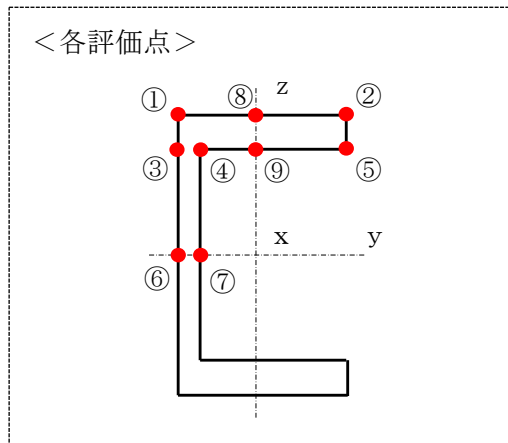


図 6-1 ギャラリー断面の各評価点

表 6-1 ギャラリー各評価点の応力評価結果

評価点	引張及び曲げ (MPa)			せん断 (MPa)			各組合せ		組合せ σ_c (MPa)
	σ_x (x 軸方向)	σ_y (y 軸周り)	σ_z (z 軸周り)	τ_x (x 軸周り)	τ_y (y 軸方向)	τ_z (z 軸方向)	曲げ σ (MPa)	せん断 τ (MPa)	
①	3.67	6.08	107.79	1.41	0.00	0.00	117.55	1.41	117.57
②	3.67	6.08	221.84	1.41	0.00	0.00	221.60	1.41	221.62
③	3.67	5.17	107.79	1.41	0.00	0.84	116.64	2.25	116.70
④	3.67	5.17	75.83	1.41	5.05	0.84	84.67	6.51	85.42
⑤	3.67	5.17	211.84	1.41	0.00	0.08	220.69	1.49	220.70
⑥	3.67	0.00	107.79	1.41	0.00	1.05	111.47	2.46	111.55
⑦	3.67	0.00	75.83	1.41	5.05	1.05	79.50	6.54	80.31
⑧	3.67	6.08	0.00	1.41	5.79	0.00	9.76	7.20	15.83
⑨	3.67	5.17	0.00	1.41	5.79	0.08	8.84	7.20	15.29
設工認評価	3.67	6.08	211.84	1.41	2.64	0.38	221.60	4.07	221.71

注： 評価点①～⑨の中から各応力の最大値を示す。

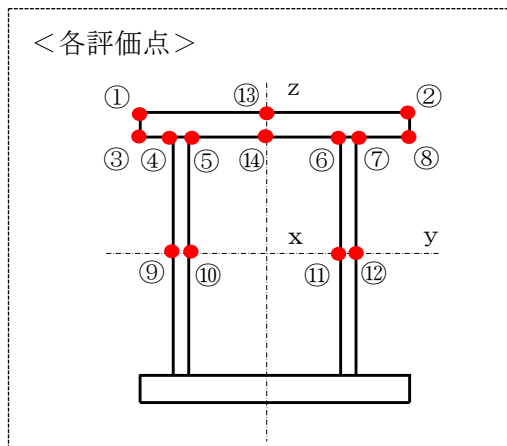


図 6-2 ガーダ断面の各評価点

表 6-2 ガーダ各評価点の応力評価結果

評価点	引張及び曲げ (MPa)			せん断 (MPa)			各組合せ		組合せ σ_c (MPa)
	σ_x (x 軸方向)	σ_y (y 軸周り)	σ_z (z 軸周り)	τ_x (x 軸周り)	τ_y (y 軸方向)	τ_z (z 軸方向)	曲げ σ (MPa)	せん断 τ (MPa)	
①	32.77	148.09	52.97	3.70	0.00	0.00	233.83	3.70	233.92
②	32.77	148.09	58.57	3.70	0.00	0.00	239.43	3.70	239.51
③	32.77	139.88	52.97	3.70	0.00	1.29	225.62	4.99	225.79
④	32.77	139.88	48.33	3.70	0.46	27.56	220.97	31.27	227.51
⑤	32.77	139.88	45.72	3.70	4.75	27.56	218.37	31.62	225.13
⑥	32.77	139.88	38.67	3.70	5.32	27.56	211.32	31.71	218.34
⑦	32.77	139.88	41.28	3.70	1.68	27.56	213.92	31.31	220.69
⑧	32.77	139.88	58.57	3.70	0.00	1.29	231.21	4.99	231.37
⑨	32.77	0.00	48.33	3.70	0.46	38.18	81.09	41.89	108.81
⑩	32.77	0.00	45.72	3.70	4.75	38.18	78.49	42.15	107.20
⑪	32.77	0.00	38.67	3.70	5.32	38.18	71.44	42.22	102.23
⑫	32.77	0.00	41.28	3.70	1.68	38.18	74.04	41.92	103.70
⑬	32.77	148.09	0.00	3.70	6.78	0.00	180.86	10.48	181.77
⑭	32.77	139.88	0.00	3.70	6.78	1.29	172.65	10.56	173.61
設工認評価	32.77	148.09	58.57	3.70	2.77	15.69	239.43	19.58	241.82

注： 評価点①～⑭の中から各応力の最大値を示す。

補足-027-10-23 遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書に
関する補足説明資料

目 次

1. はじめに	1
2. 試験概要	1
3. 振動特性把握試験	8
4. 加振試験	15

別紙 加振試験を行う構成要素毎の代表機器選定の考え方について

1. はじめに

本資料は、遠隔手動弁操作設備の動的機能維持を確認するために実施した加振試験について説明するものである。なお、本資料が関連する図書は以下のとおり。

- ・VI-2-9-4-7-1-4 遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書

2. 試験概要

遠隔手動弁操作設備は、既往の研究において動的機能維持が確認されている設備ではないことから、遠隔手動弁操作設備の構成要素毎の機能確認済加速度を設定することを目的とし、遠隔手動弁操作設備の構成要素毎の代表機器を加振した。

遠隔手動弁操作設備の外観図を図 2-1 に、構成要素の構造図を図 2-2 から図 2-7 に示す。試験方法としては振動特性把握試験を実施し、固有振動数を求め、柔構造又は剛構造であることを確認した後、機器の据付位置における機能維持評価用加速度を包絡する加振波での加振試験を実施した。また、加振試験に加え、加振試験後の構成要素毎の動作試験及び外観試験を実施することで健全性を確認している。振動試験装置レイアウトを図 2-8 から図 2-11 に、加振台仕様を表 2-1 から表 2-3 に、試験体と実機の仕様比較を表 2-4 示す。

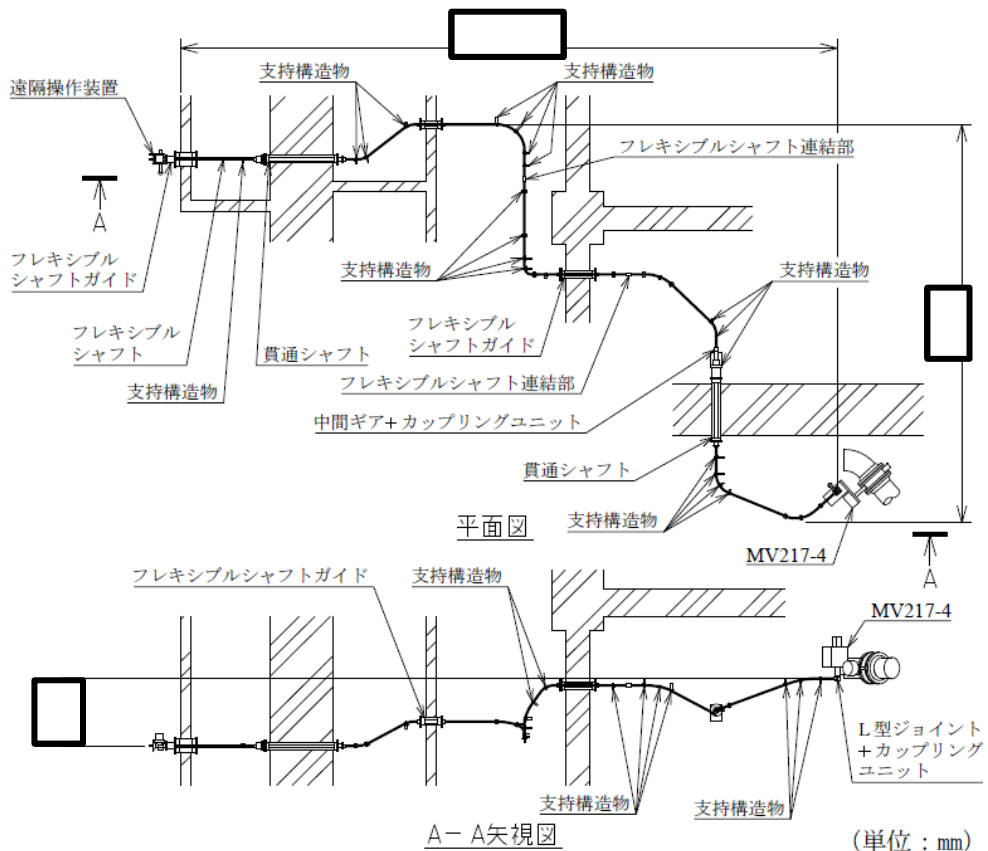


図 2-1 遠隔手動弁操作設備の外観図 (MV217-4 の場合)



図 2-2 L型ジョイント付貫通シャフトの構造図



図 2-3 中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフトの構造図



図 2-4 中間ギアの構造図



図 2-5 カップリングユニットの構造図



図 2-6 フレキシブルシャフトの構造図

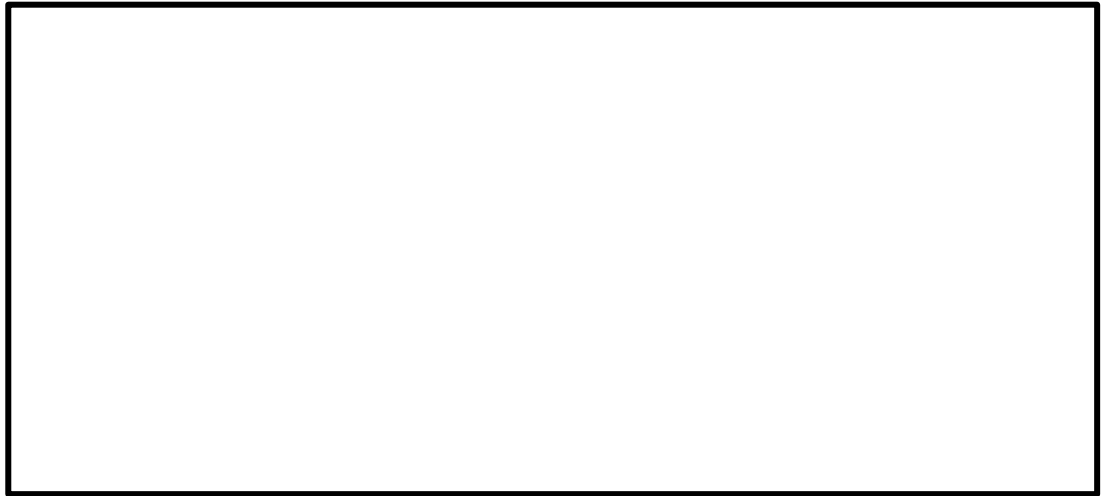


図 2-7 L型ジョイントの構造図

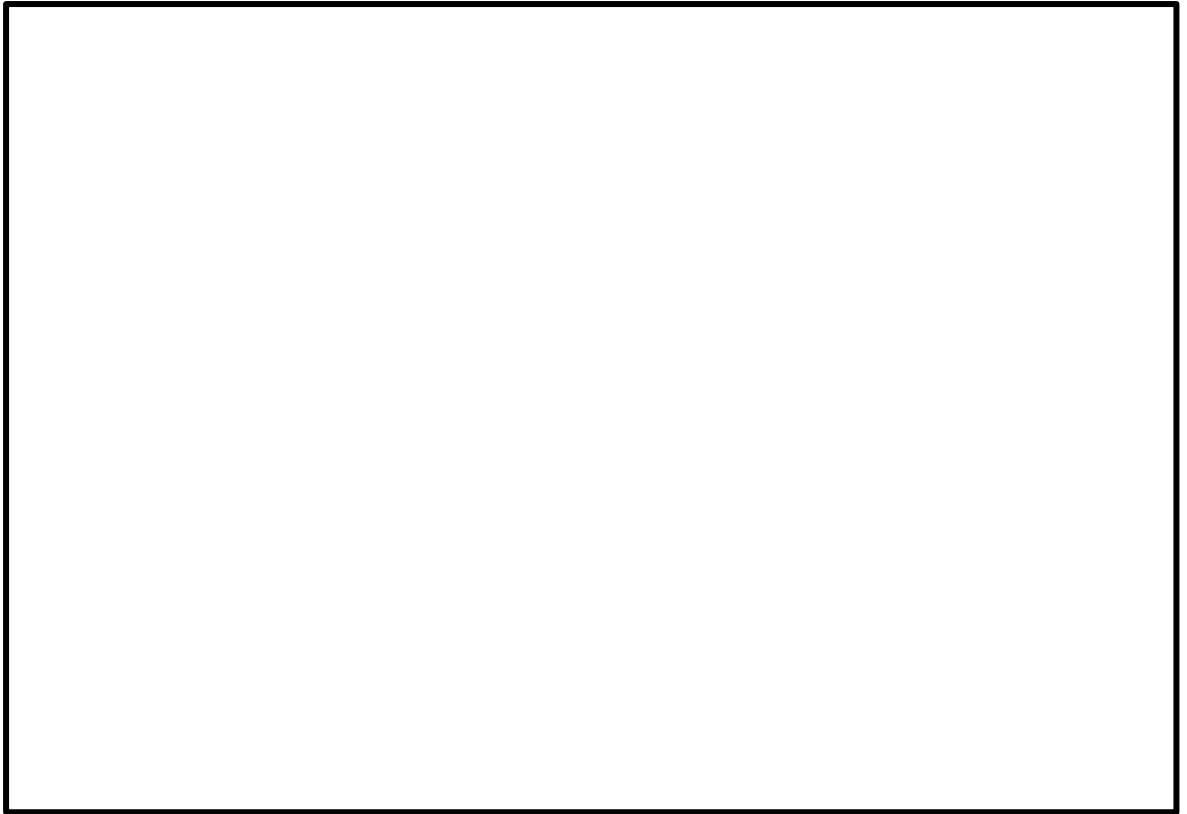


図 2-8 振動試験装置レイアウト (L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト)

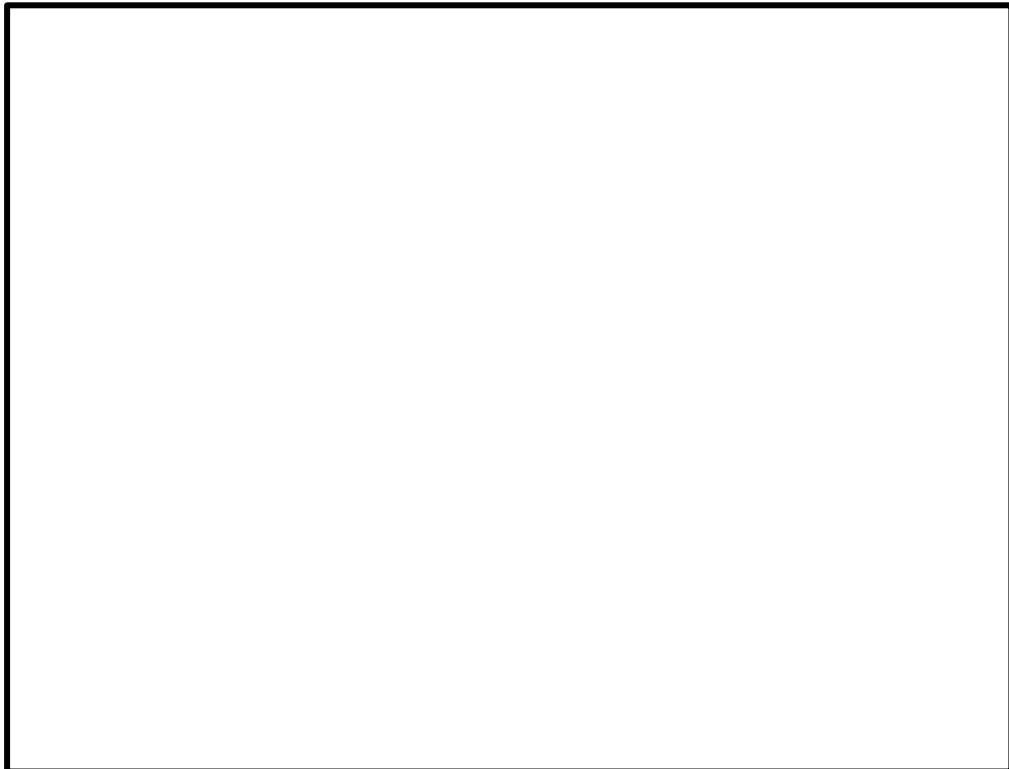


図 2-9 振動試験装置レイアウト (中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト)

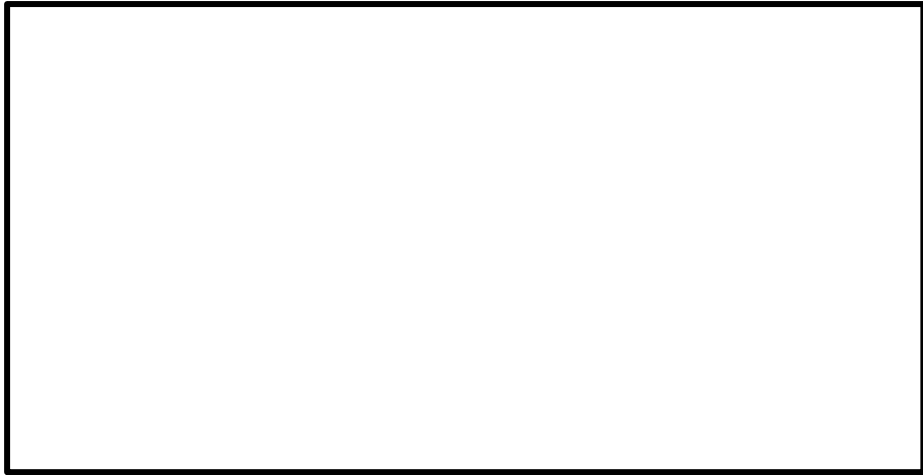


図 2-10 振動試験装置レイアウト (L型ジョイント)

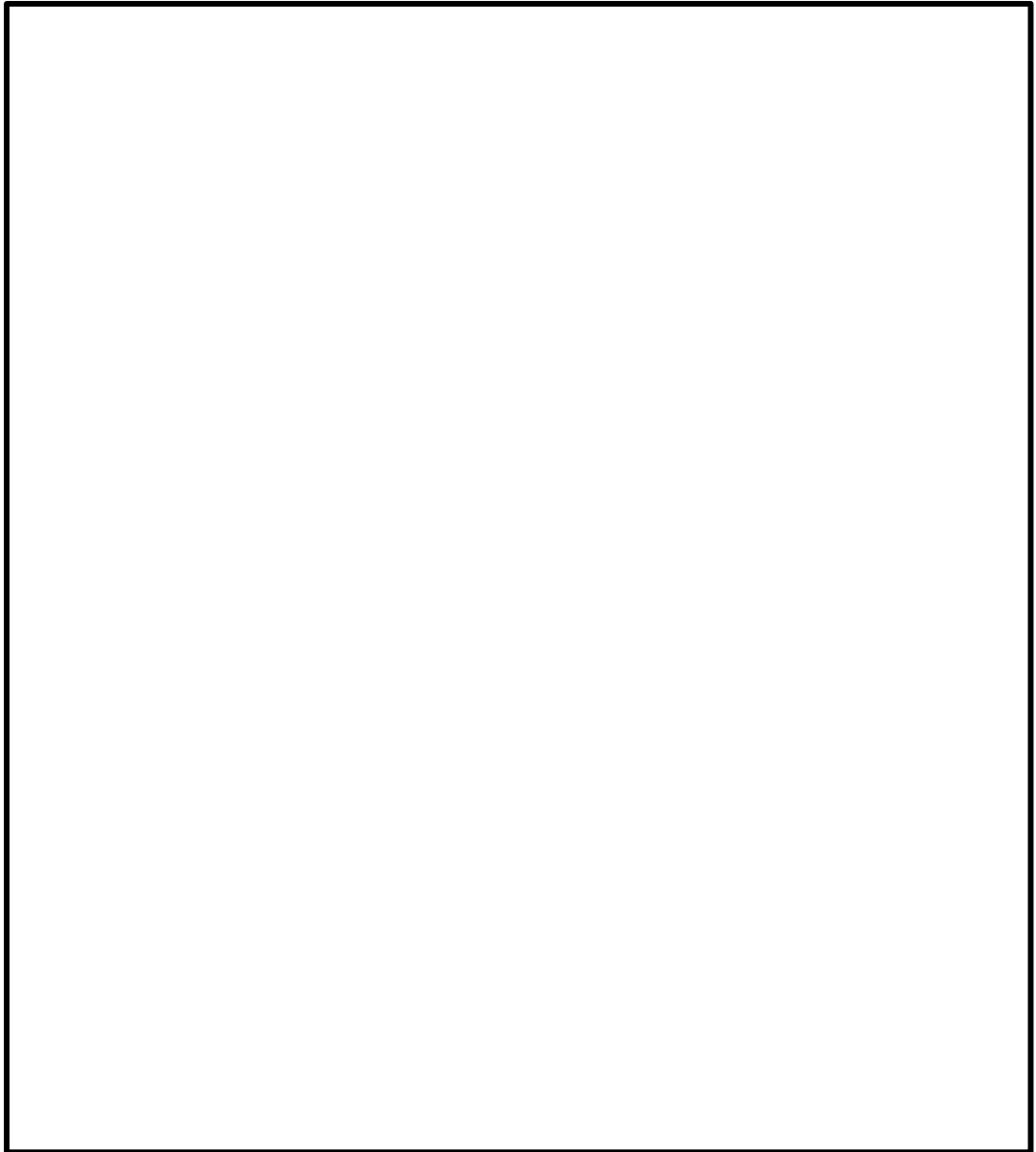


図 2-11 振動試験装置レイアウト (フレキシブルシャフト)

表 2-1 加振台仕様 (L 型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト
及び中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト)

試験場	エミック株式会社
寸法	2.8 [m]×2.8 [m]
最大積載質量	2 [t]
加振振動数範囲	2~2100 [Hz]
最大加速度	27 [m/s ²] (X, Y), 30 [m/s ²] (Z)

表 2-2 加振台仕様 (L 型ジョイント)

試験場	エミック株式会社
寸法	水平テーブル:1.2 [m]×1.2 [m] 鉛直テーブル:1.1 [m]×1.1 [m]
最大積載質量	1.6 [t]
加振振動数範囲	2~2100 [Hz]
最大加速度	1000 [m/s ²]

表 2-3 加振台仕様 (フレキシブルシャフト連結部)

試験場	エミック株式会社
寸法	水平テーブル:2.0 [m]×2.0 [m] 鉛直テーブル:1.5 [m]×1.5 [m]
最大積載質量	6.0 [t]
加振振動数範囲	5~1700 [Hz]
最大加速度	1000 [m/s ²]

表 2-4 遠隔手動弁操作設備の主な仕様の比較

構成要素	仕様	試験体	実機
貫通シャフト	仕様	15030028-13000(中間ギア+ カップリングユニット付) 15030028-14000 (L型ジョイント付)	15030028-13000(中間ギア+ カップリングユニット付) 15030028-14000 (L型ジョイント付) 15030028-15000 15030028-16000
	質量	220kg	約 100~220kg
	長さ	1980mm(中間ギア+ カップリングユニット付) 2702.5mm(L型ジョイント付)	約 1900mm~3100mm
中間ギア	型式	PA-1	同左
	質量	約 120kg	同左
L型ジョイント (カップリングユ ニット含む)	仕様	15030028-32000	同左
	質量	55kg	同左
フレキシブル シャフト 連結部	型式	F-18B	同左
	質量	約 27kg (5m, 支持装置除く)	同左

3. 振動特性把握試験

3.1 試験方法

貫通シャフト，中間ギア，L型ジョイント及びフレキシブルシャフト連結部に3軸加速度計を取付け，加振波として5Hzから100Hzまでの範囲で，掃引速度1[オクターブ/min]の連続正弦波を使用した各軸単独加振を実施し，固有振動数を求める。なお，剛柔判定は20Hzを閾値とし，加振加速度に対する応答倍率が2倍以上となる加振振動数を共振点（固有振動数）と定義する。計測取付位置を図3-1から図3-4に示す。

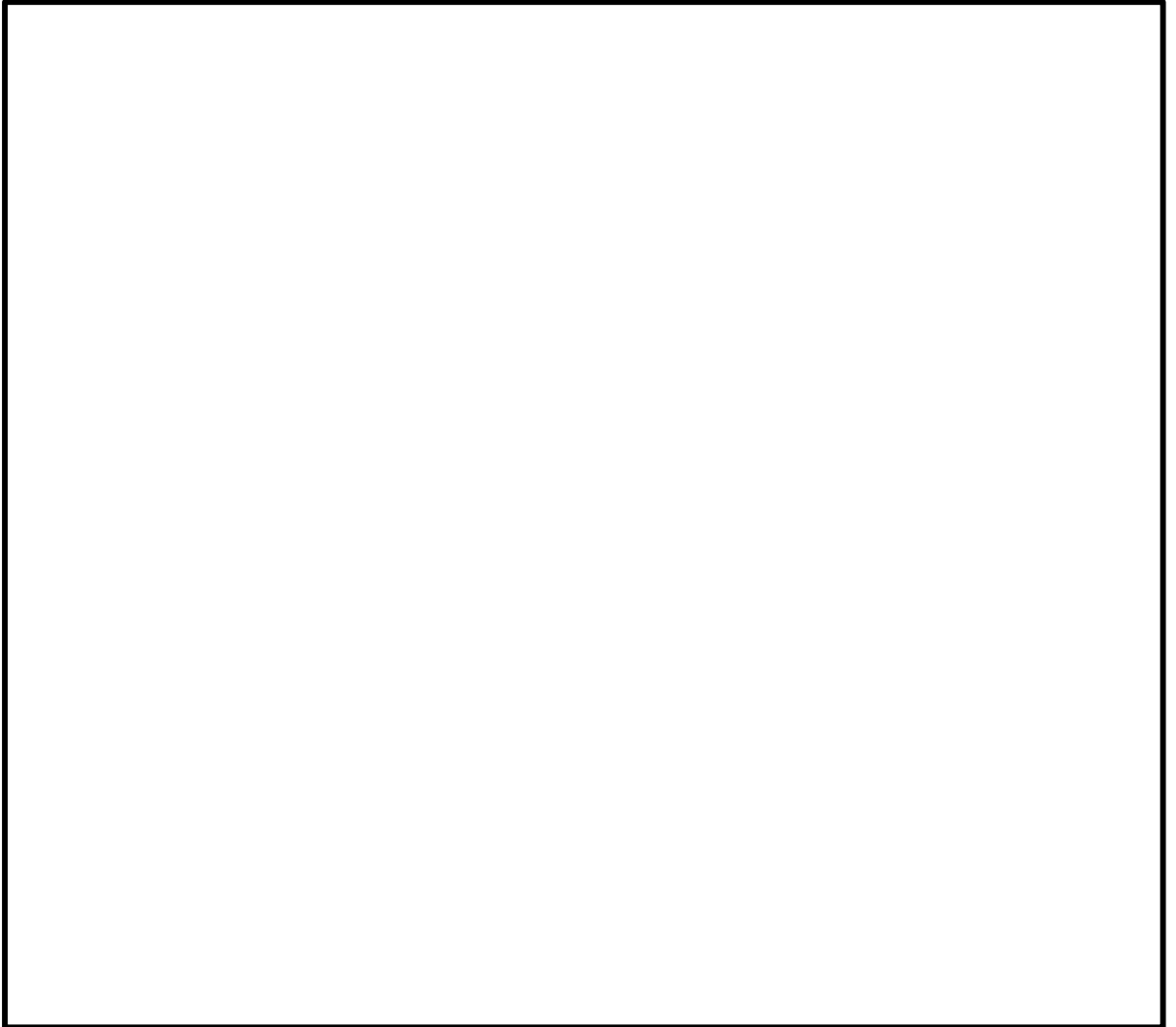


図3-1 計測センサー取付位置（L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト）



図 3-2 計測センサー取付位置 (中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト)



図 3-3 計測センサー取付位置 (L型ジョイント)



図 3-4 計測センサー取付位置 (フレキシブルシャフト連結部)

3.2 試験結果

試験により得られた振動特性及び位相を図 3-5 から図 3-8 に、各軸方向の固有振動数を表 3-1 から表 3-4 に示す。

フレキシブルシャフト連結部及び中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト Y 方向の固有振動数は 20Hz 未満であり、柔構造であることを確認した。その他構成要素は剛構造とみなせる固有振動数 20Hz 以上の結果が得られた。なお、各軸最も応答倍率が高い値が計測された計測点を代表で示している。

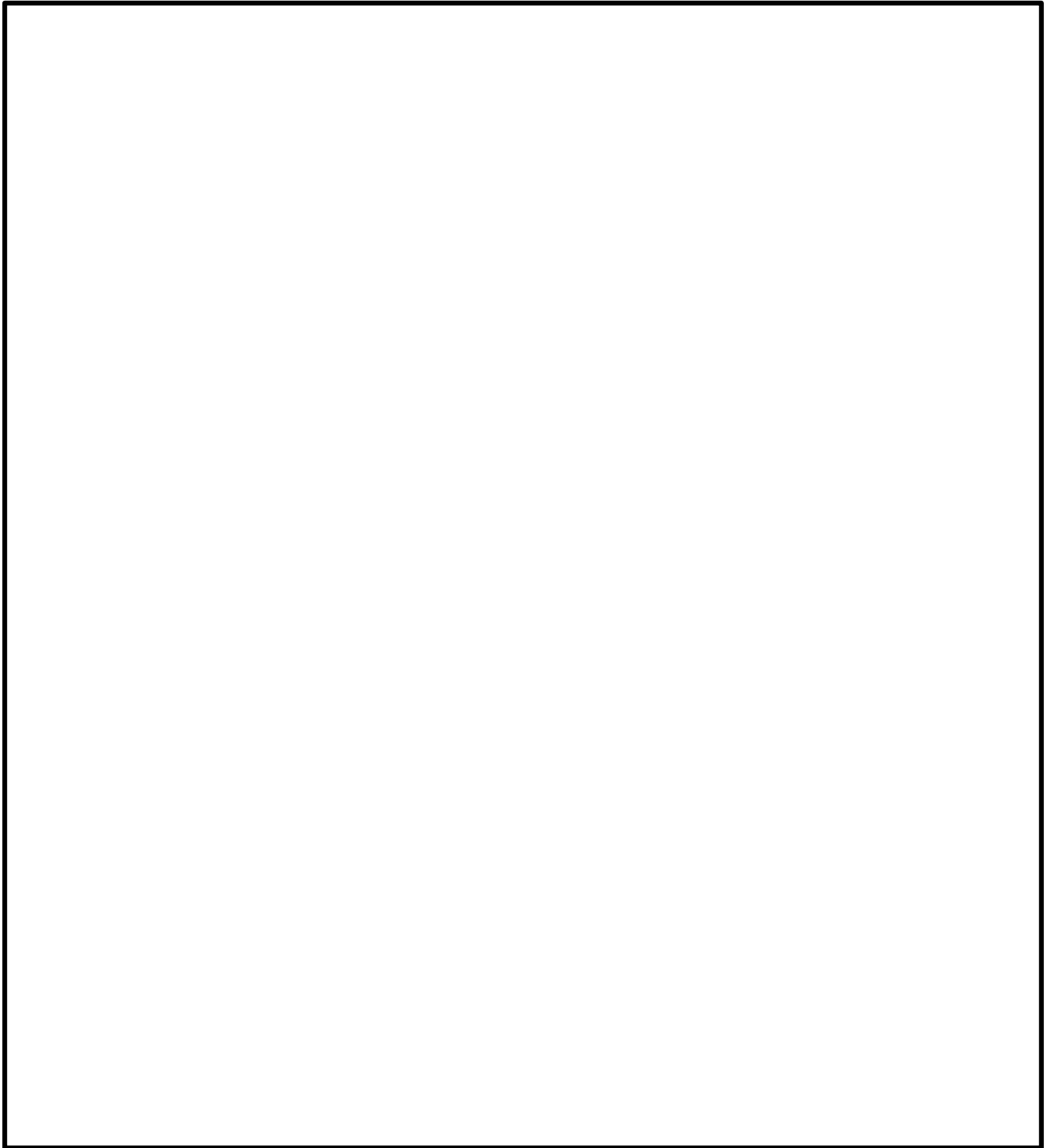


図 3-5 L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフトの振動特性

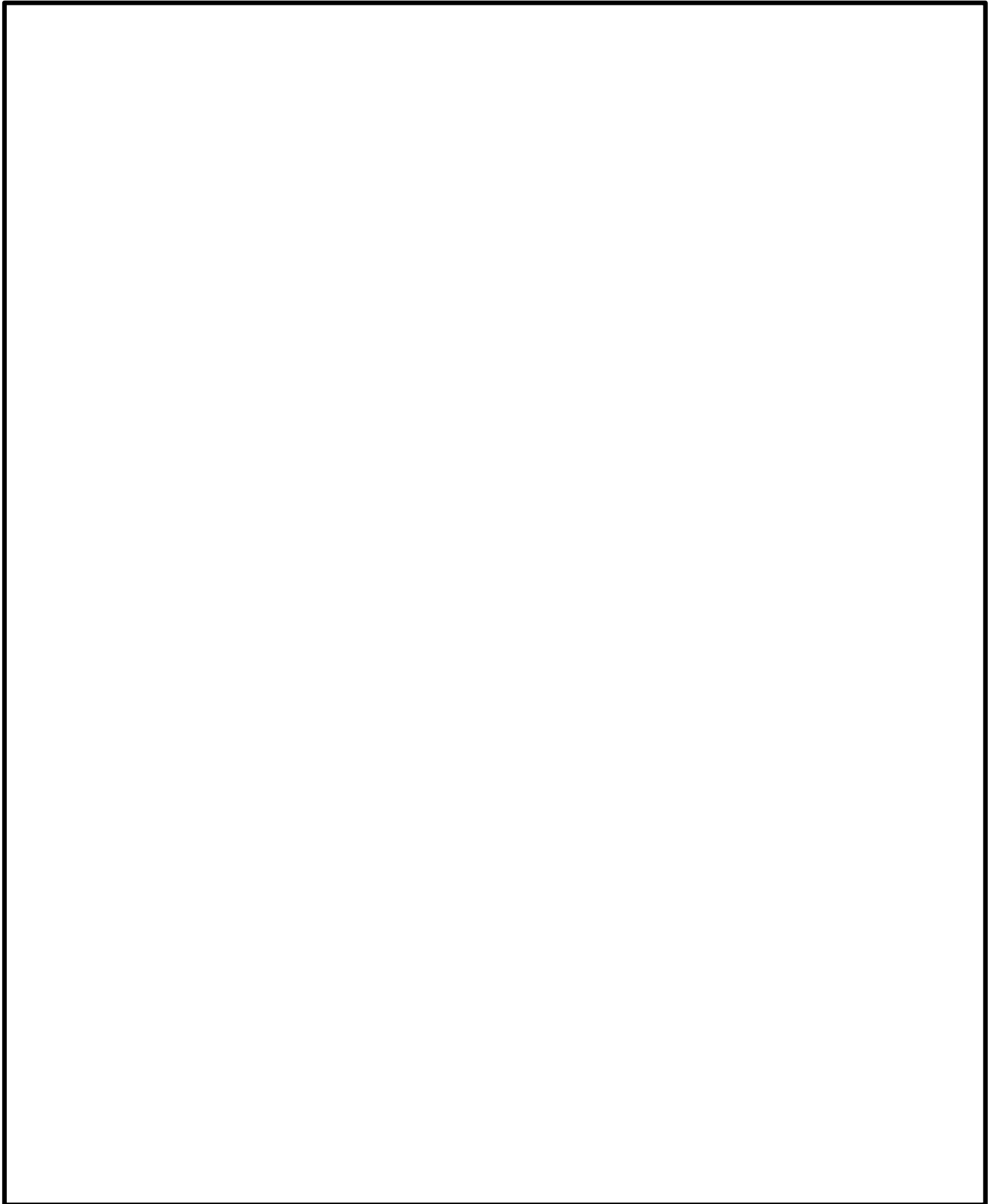


図 3-6 中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフトの振動特性

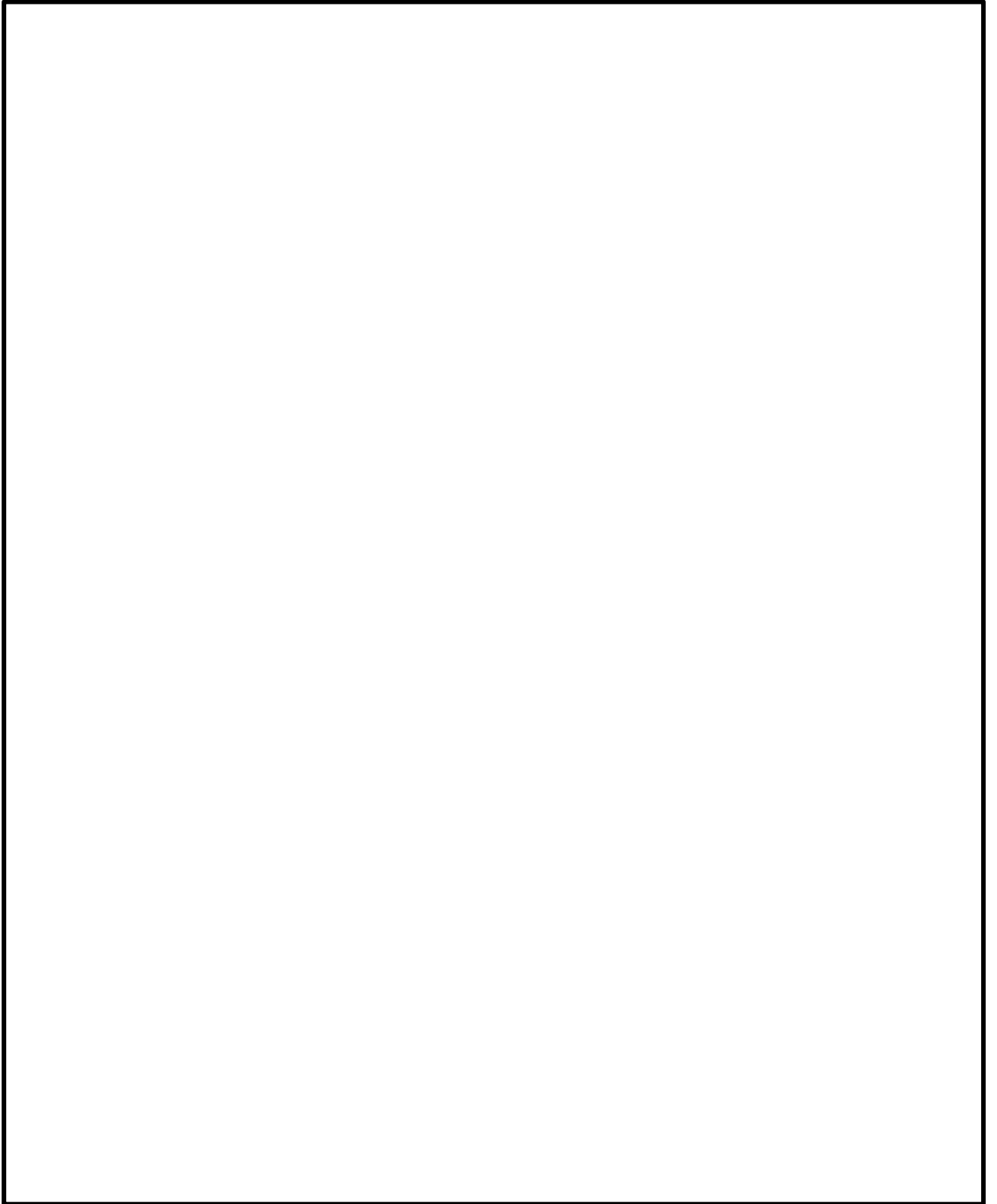


図 3-7 L 型ジョイントの振動特性

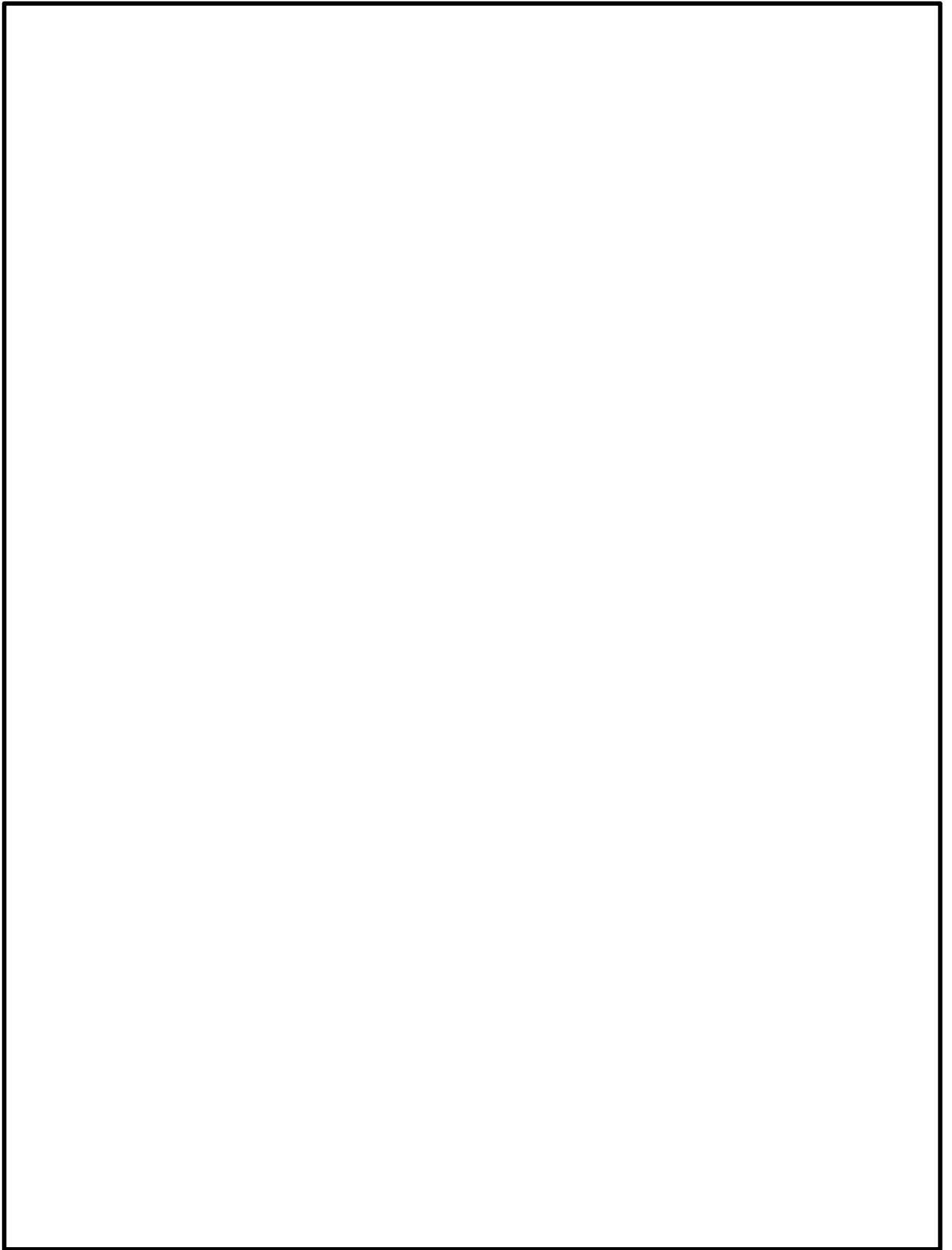


図 3-8 フレキシブルシャフト連結部の振動特性

表 3-1 各軸方向での 1 次固有周期

(L 型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト)

方向	固有周期[s]	固有振動数[Hz]
X		
Y		
Z		

表 3-2 各軸方向での 1 次固有周期 (中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト)

方向	固有周期[s]	固有振動数[Hz]
X		
Y		
Z		

表 3-3 各軸方向での 1 次固有周期 (L 型ジョイント)

方向	固有周期[s]	固有振動数[Hz]
X		
Y		
Z		

注記* : 5Hz から 100Hz までの範囲に共振点無し

表 3-4 各軸方向での 1 次固有周期 (フレキシブルシャフト連結部)

方向	固有周期[s]	固有振動数[Hz]
X		
Y		
Z		

注記* : 自由振動の計測の結果より固有振動数を確認した。

4. 加振試験

4.1 試験方法

加振試験は、振動特性把握試験にて得られた固有振動数が 20Hz 以上で剛構造とみなせるものであっても、33Hz 以下に固有振動数があるものについては、固有振動数での加振を実施した。

(1) L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト

「3.2 試験結果」で示しているように、L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフトの固有振動数が 20Hz 以上で剛構造であることから、供試体を加振テーブルに対し水平方向に 45° 傾けた状態での設置とし、水平方向は加振装置の合成波、鉛直方向は単軸で加振試験を実施する。

加振試験における試験条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 加振試験条件

項目	試験条件
加振地震波	正弦波
加振方向	水平 直交 2 方向に設置された水平方向用の加振機の合成波で単独加振* 鉛直 単独加振
運転状態	停止中加振
取付状態	加振台上に設置された台板にボルトにて取付け
試験回数	1 回

注記*：加振装置の設置可能範囲の関係上、水平方向に 45° 傾けた状態で設置し、X 方向及び Y 方向に同じ正弦波を入力して加振試験を実施した。

(2) 中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト

「3.2 試験結果」で示しているように、中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフトの X, Z 方向の固有振動数が 20Hz 以上で剛構造であるが、Y 方向の固有振動数が 20Hz 未満で柔構造であることから、振動特性把握試験で確認された振動数にて供試体を加振テーブルに対し水平方向に 45° 傾けた状態での設置とし、水平方向は加振装置の合成波、鉛直方向は単軸で加振試験を実施する。

加振試験における試験条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 加振試験条件

項目	試験条件
加振地震波	正弦波
加振方向	水平 直交 2 方向に設置された水平方向用の加振機の合成波 で単独加振* 鉛直 単独加振
運転状態	停止中加振
取付状態	加振台上に設置された台板にボルトにて取付け
試験回数	1 回

注記*：加振装置の設置可能範囲の関係上、水平方向に 45° 傾けた状態で設置し、X 方向及び Y 方向に同じ正弦波を入力して加振試験を実施した。

(3) L 型ジョイント

「3.2 試験結果」で示しているように、L 型ジョイントの固有振動数が 20Hz 以上で剛構造であることから、振動数 33Hz にて各軸単独加振試験を実施する。

加振試験における試験条件を表 4-3 に示す。

表 4-3 加振試験条件

項目	試験条件
加振地震波	正弦波
加振方向	水平 2 方向，鉛直方向の各軸単独加振
運転状態	停止中加振
取付状態	加振台上に設置された台板にボルトにて取付け
試験回数	1 回

(4) フレキシブルシャフト連結部

「3.2 試験結果」で示しているように、フレキシブルシャフト連結部の固有振動数が 20Hz 未満で柔構造であることから、振動特性把握試験で確認された振動数にて各軸単独加振試験を実施する。

加振試験における試験条件を表 4-4 に示す。

表 4-4 加振試験条件

項目	試験条件
加振地震波	正弦波
加振方向	水平 2 方向，鉛直方向の各軸単独加振
運転状態	停止中加振
取付状態	加振台上に設置された台板にボルトにて取付け
試験回数	1 回

4.2 試験結果

(1) L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト

以下について機器に異常がないことを確認し、本試験において加振台での最大加速度を小数点以下第2位で切捨てた値を機能確認済加速度とした。表4-5に機能確認済加速度を示す。

- ・変形、破損がないこと（外観検査）
- ・試験体の軸を回転させ、試験前後で変化がないこと（動作確認）

表4-5 機能維持評価用加速度と試験時の機能確認済加速度との比較
(L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト)
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
X	1.5	
Y	1.5	
Z	1.6	

(2) 中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト

以下について機器に異常がないことを確認し、本試験において加振台での最大加速度を小数点以下第2位で切捨てた値を機能確認済加速度とした。表4-6に機能確認済加速度を示す。

- ・変形、破損がないこと（外観検査）
- ・試験体の軸を回転させ、試験前後で変化がないこと（動作確認）

表4-6 機能維持評価用加速度と試験時の機能確認済加速度との比較
(中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト)
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
X	1.5	
Y	1.5	
Z	1.6	

(3) L型ジョイント

以下について機器に異常がないことを確認し、本試験において加振台での最大加速度を小数点以下第2位で切捨てた値を機能確認済加速度とした。表4-7に機能確認済加速度を示す。

- ・変形、破損がないこと（外観検査）
- ・試験体の軸を回転させ、試験前後で変化がないこと（動作確認）

表4-7 機能維持評価用加速度と試験時の機能確認済加速度との比較（L型ジョイント）

(×9.8m/s²)

方向	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
X	5.1	
Y	5.1	
Z	5.3	

(4) フレキシブルシャフト連結部

以下について機器に異常がないことを確認し、本試験において加振台での最大加速度を小数点以下第2位で切捨てた値を機能確認済加速度とした。表4-8に機能確認済加速度を示す。

- ・変形、破損がないこと（外観検査）
- ・試験体の軸を回転させ、試験前後で変化がないこと（動作確認）

表4-8 機能維持評価用加速度と試験時の機能確認済加速度との比較（フレキシブルシャフト連結部）

(×9.8m/s²)

方向	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
X	1.5	
Y	1.5	
Z	1.6	

4.3 まとめ

加振試験の結果、L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフトは、水平方向 ×9.8m/s²、鉛直方向 ×9.8m/s² まで、中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフトは、水平方向 ×9.8m/s²、鉛直方向 ×9.8m/s² まで、L型ジョイントは、水平方向 ×9.8m/s²、鉛直方向 ×9.8m/s² まで、フレキシブルシャフト連結部は、水平方向 ×9.8m/s²、鉛直方向 ×9.8m/s² まで問題ないことをそれぞれ確認した。また、加振試験後の外観検査、動作確認において機器の健全性及び動作性に異常のないことを確認し、遠隔手動弁操作設備の動的機能が維持されることを確認した。

加振試験を行う構成要素毎の代表機器選定の考え方について

1. 概要

本資料では、加振試験を行う遠隔手動弁操作設備の構成要素毎の代表機器選定の考え方について示す。

2. 遠隔手動弁操作設備の構成要素

遠隔手動弁操作設備は、原子炉格納容器隔離弁を格納施設外から人力により開閉操作するための設備である。

遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち駆動力を伝達するフレキシブルシャフトは、貫通シャフト、L型ジョイント、カップリングユニット、支持構造物、中間ギアを經由して対象弁に接続されている。中間ギア、L型ジョイント、支持構造物は、基礎ボルトにより原子炉建物の床又は壁に固定されている。また、貫通シャフトは原子炉建物の床又は壁に埋設され固定されている。

隔離弁の遠隔手動弁操作設備の構成要素は基本的に同じであるが、隔離弁から操作位置までの経路は各々の遠隔手動弁操作設備で異なることから、構成要素の寸法や個数が異なる。

遠隔手動弁操作設備の構成要素を表 2-1 に示す。

表 2-1 遠隔手動弁操作設備の構成要素

フレキシブルシャフト
貫通シャフト
中間ギア
L型ジョイント
フレキシブルシャフト連結部
カップリングユニット
支持構造物

3. 構成要素毎の加振試験

遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち、支持構造物については、原子炉建物と共振しないように十分な剛性を持たせた設計としている。そのため、遠隔手動操作設備の原子炉建物への固定部はアンカとみなすことができる。このことを踏まえ、遠隔手動弁操作設備の加振試験は、構成要素を実機の設置状態に合わせて適切に組み合わせて実施する。

なお、遠隔手動弁操作設備のうちフレキシブルシャフトは可撓性を有しており、地震時に損傷し操作に影響を受ける設備ではないが、フレキシブルシャフト連結部は、弱部と考えられるため、加振試験の対象とする。また、支持構造物は、静的機器であるため加振試験の対象外とする。

4. 構成要素毎の代表選定の考え方

遠隔手動弁操作設備の構成要素（支持構造物を除く）は、寸法、重量が異なるものの、基本的な構造は同じであることから、遠隔手動弁操作設備毎の構成要素を抽出し、構成要素の種類ごとに寸法、重量を整理することで評価上最も厳しくなる代表を選定する。

遠隔手動弁操作設備の構成要素毎の代表選定の考え方を以下に示す。

(1) L型ジョイント付貫通シャフト+フレキシブルシャフト

貫通シャフトは、壁や床の躯体貫通部に使用し、構造は貫通シャフトを軸受で支えており、ハンドルやフレキシブルシャフトを連結し回転させることで、回転力を壁や床の逆側に伝達する。遠隔手動弁操作設備では、躯体厚さによって長さが異なるが、基本構造は全て同一となる。本加振試験においては、実機の設置状態に合わせて選定し、貫通シャフトとの連結部の確認を行った。

なお、実機において使用する貫通シャフトに対しては、地震荷重により発生する軸受部に対する貫通シャフトからの反力が、軸受の定格荷重内であり問題ないことを確認している（表 4-1 参照）。また、地震荷重により貫通シャフトに発生する応力が貫通シャフトの許容値内であり問題ないことを確認している（表 4-2 参照）。

表 4-1 軸受に加わる反力と定格荷重の関係

貫通シャフト反力	1700 [N]
軸受定格荷重	11500 [N]

表 4-2 シャフトに発生する応力と許容応力の関係

貫通シャフトに発生する応力	23 [MPa]
貫通シャフト許容応力*	324 [MPa]

注記*：許容応力は、設置される環境温度での S_y 、 $0.6 S_u$ のうち小さい方の値とした。

(2) 中間ギア+カップリングユニット付貫通シャフト

中間ギアは、ウォームギアを用いて高効率に減速を行うギアボックスである。振動特性把握試験において固有振動数が X, Z 方向は 20Hz 以上だったが、Y 方向が 20Hz 未満であり柔構造であることから共振に対する考慮が必要となる。遠隔手動弁操作設備では、全て中間ギアと貫通シャフトが一体となっている同一構造のものを使用していることから代表の選定は不要である。

(3) L型ジョイント

L型ジョイントは、2つのかき歯車により駆動力の軸方向を変えるためのギアボックスである。遠隔手動弁操作設備では、全て同一構造のものを使用していることから、代表の選定は不要である。

(4) フレキシブルシャフト連結部

フレキシブルシャフト連結部の固有振動数は、振動特性把握試験において20Hz未満であり、柔構造であることから共振に対する考慮が必要となる。フレキシブルシャフト連結部は差込継手と中間カップリングを接続する構造であり、接続部中心から両端それぞれ500mm（支持構造物間隔1000mm）で支持構造物によりフレキシブルシャフトを固定する配置となっている。そのため、フレキシブルシャフト連結部の支持構造物を含めた配置はすべて同一であることから、代表の選定は不要である。

補足-027-10-25 機器・配管系の設備の既工認からの構造変更について

1. 機器・配管系の設備の既工認からの構造変更について

本資料では、島根原子力発電所第2号機の建設工認又は改造工認で認可されている構造からの変更点のうち、耐震性に影響のあるものをまとめている。

既工認から構造変更した設備の一覧を表1に示す。また、これらの変更の概要を2項に示す。

表1 既工認からの構造変更実績のある設備の一覧表

施設・設備名称		構造変更の概要	備考
原子炉格納容器	スタビライザ	・フランジボルトの材質変更	添付図 1
	電気配線貫通部	・支持構造物を追設	添付図 2
残留熱除去系ストレーナ 高圧炉心スプレイ系ストレーナ 低圧炉心スプレイ系ストレーナ		・サポートに補強リブを追設	添付図 3
残留熱除去系熱交換器		・ラグ周辺に支持構造物を追設 ・下部サポートを追設	添付図 4
燃料プール冷却系熱交換器		・胴の脚付け根部の当板を拡張	添付図 5
原子炉補機冷却系熱交換器		・胴の脚付け根部の当板を拡張 ・脚底板の周囲に耐震補強サポートを追設	添付図 6
高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器		・胴の脚付け根部の当板を拡張	添付図 7
非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料 デイトンク		・胴の脚付け根部の当板を拡張	添付図 8
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備デ ィーゼル燃料デイトンク		・胴の脚付け根部の当板を拡張	添付図 9
制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット		・架構部に補強部材を追設	添付図 10
原子炉補機海水ポンプ		・長尺化（引き波対策） ・支持構造物の構造及び位置変更	添付図 11
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ		・長尺化（引き波対策） ・支持構造物の構造及び位置変更	添付図 12
圧力低減設備	ダウンコマ	・補強リブを追設	添付図 13
	ベントヘッダ	・支持構造物を取替	添付図 14
	ベント管	・補強リブを追設	添付図 15
サプレッションチェンバースプレイ管		・補強リブを追設	添付図 16
燃料取替機		・トロリ補強 ・ブリッジ及びトロリ脱線防止 ラグ補強 ・走行レール交換	添付図 17
原子炉建物天井クレーン		・落下防止ラグ及びトロリスト ツパの形状変更	添付図 18
配管系 ・配管：格納容器フィルタベント系配管（配 管改造の例） ・サポート：残留熱除去系配管 （サポート補強の例）		・配管の追設 ・弁の追設	添付図 19
		・サポートの追設及び強化	添付図 20
原子炉浄化系補助熱交換器		・胴の脚付け根部の当板を拡張 ・脚へのサポート追設	添付図 21

なお、建設時に工認対象外の設備で今回工認の耐震計算書対象（別添含む）となっている設備のうち、構造を変更している設備については以下のとおり。

○サブプレッションチェンバアクセスハッチ（図書目録番号：VI-2-9-2-8）

Sクラス施設及び重大事故等対処設備として構造健全性を担保するため改造を実施する（補強リブを追設）。添付図 22 参照。

○非常用ディーゼル発電設備A-ディーゼル燃料貯蔵タンク（図書目録番号：VI-2-10-1-2-1-7）

Sクラス施設及び重大事故等対処設備として構造健全性を担保するため改造を実施する（胴の脚付け根部の当板を拡張）。添付図 23 参照。

○高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク（図書目録番号：VI-2-10-1-2-2-6）

Sクラス施設及び重大事故等対処設備として構造健全性を担保するため改造を実施する（胴の脚付け根部の当板を拡張）。添付図 24 参照。

○チャンネル着脱装置（図書目録番号：VI-2-11-2-7-3）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するためリプレースを実施する。

○チャンネル取扱ブーム（図書目録番号：VI-2-11-2-7-4）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するためリプレースを実施する。

○制御棒貯蔵ハンガ（図書目録番号：VI-2-11-2-7-5）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するため改造を実施する。添付図 25 参照。

○中央制御室天井照明（図書目録番号：VI-2-11-2-7-10）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するためリプレースを実施する。

○タービン補機冷却系熱交換器（図書目録番号：VI-2-11-2-7-11）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するため改造を実施する（固定脚底板に耐震補強サポートを追設）。添付図 26 参照。

○主排気ダクト（図書目録番号：VI-2-11-2-7-13）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するため改造を実施する。添付図 27 参照。

○取水槽ガントリクレーン（図書目録番号：VI-2-11-2-7-14）

波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するため改造を実施する。添付図 28 参照。

○除じん機（図書目録番号：VI-2-11-2-7-15）

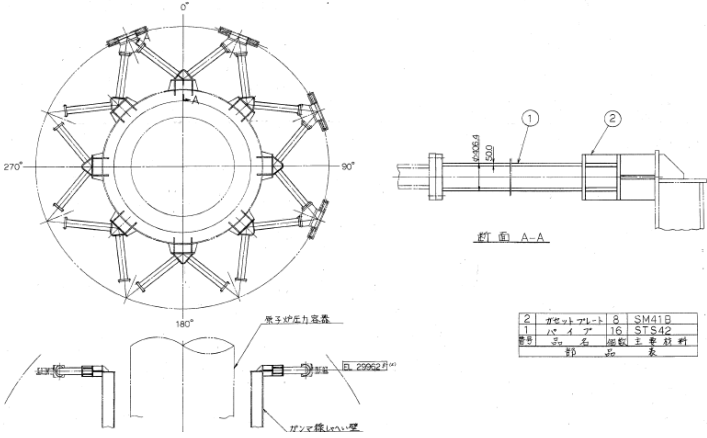
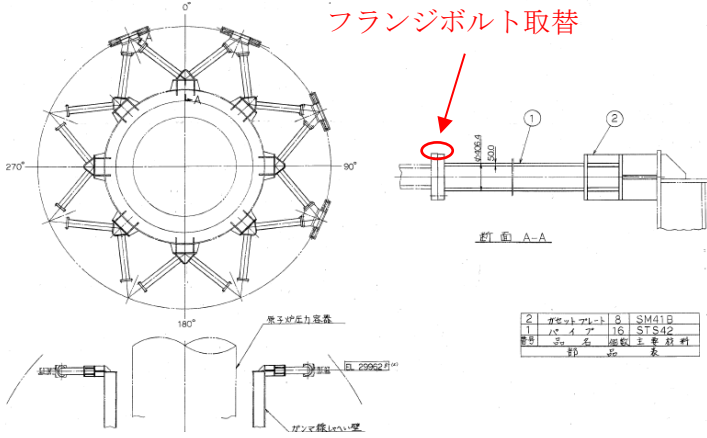
波及的影響の対象設備として基準地震動S_sに対する構造健全性を担保するためリプレースを実施する。

2. 添付資料

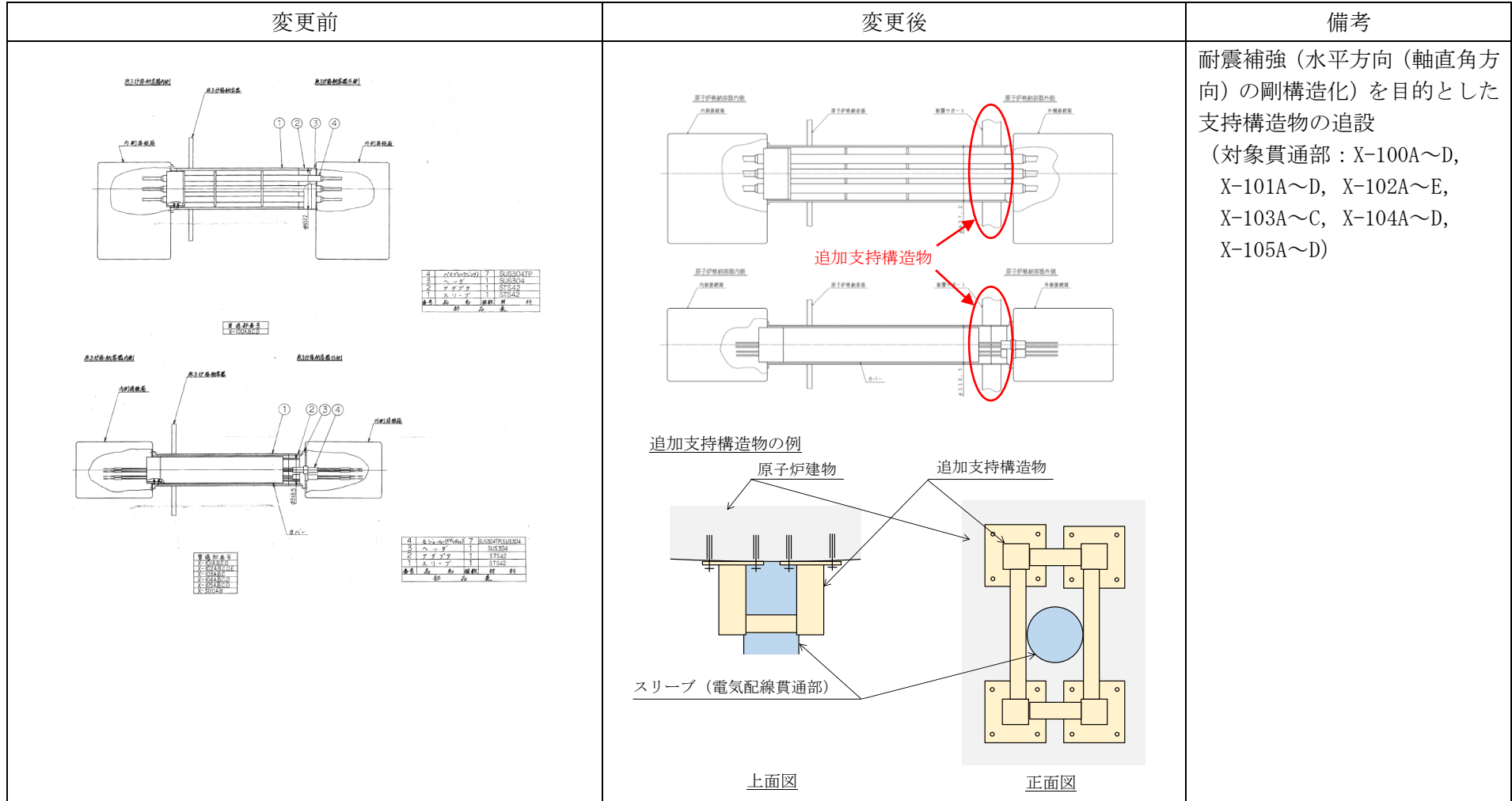
構造変更した設備の変更の概要について添付－1に示す。

構造変更した設備の変更の概要

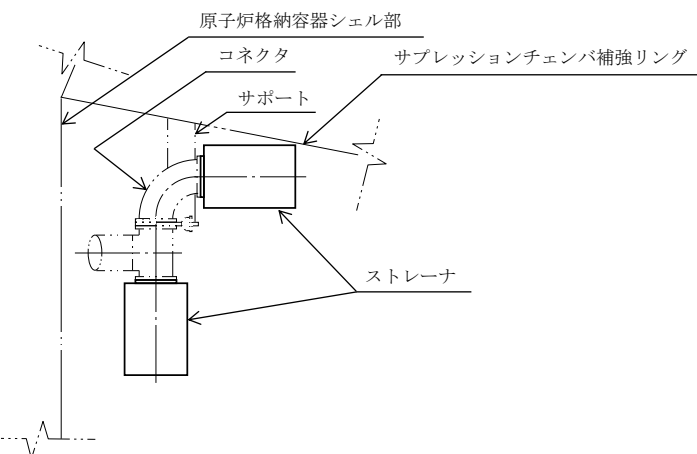
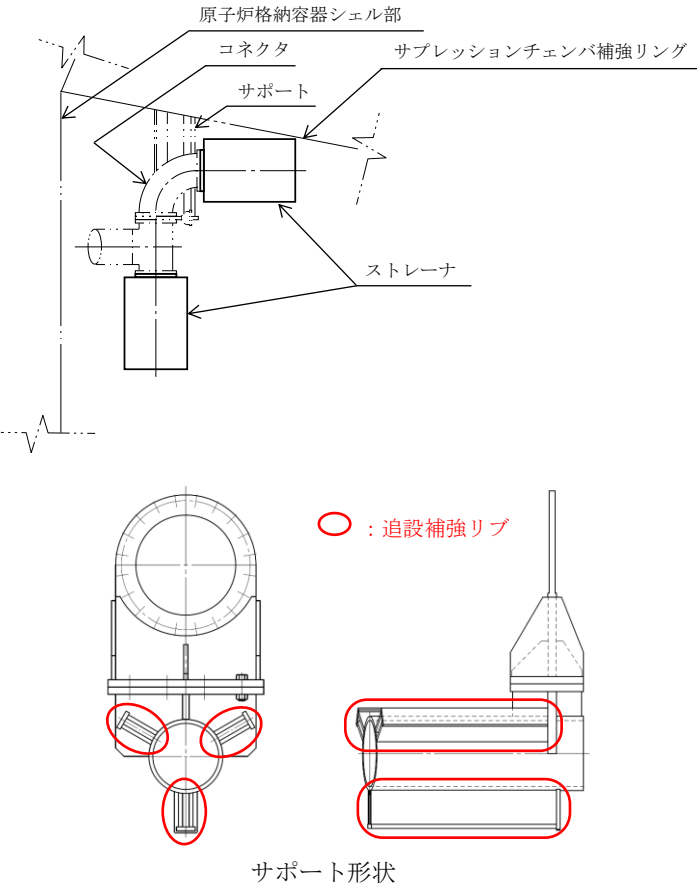
添付図1. 原子炉格納容器 (スタビライザ)

変更前	変更後	備考																								
 <table border="1" data-bbox="689 798 869 845"> <tr> <td>2</td> <td>ガスケット</td> <td>8</td> <td>SM41B</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ボルト</td> <td>16</td> <td>STS42</td> </tr> <tr> <td colspan="4">部品名 数量 主要材料</td> </tr> </table>	2	ガスケット	8	SM41B	1	ボルト	16	STS42	部品名 数量 主要材料				<p style="color: red; text-align: center;">フランジボルト取替</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>図中変更なし</p> </div> <table border="1" data-bbox="1438 798 1617 845"> <tr> <td>2</td> <td>ガスケット</td> <td>8</td> <td>SM41B</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ボルト</td> <td>16</td> <td>STS42</td> </tr> <tr> <td colspan="4">部品名 数量 主要材料</td> </tr> </table>	2	ガスケット	8	SM41B	1	ボルト	16	STS42	部品名 数量 主要材料				<p>耐震補強 (フランジボルトの強度向上) を目的とし、フランジボルトを材質変更 (SNCM439→SNB24-1)</p>
2	ガスケット	8	SM41B																							
1	ボルト	16	STS42																							
部品名 数量 主要材料																										
2	ガスケット	8	SM41B																							
1	ボルト	16	STS42																							
部品名 数量 主要材料																										

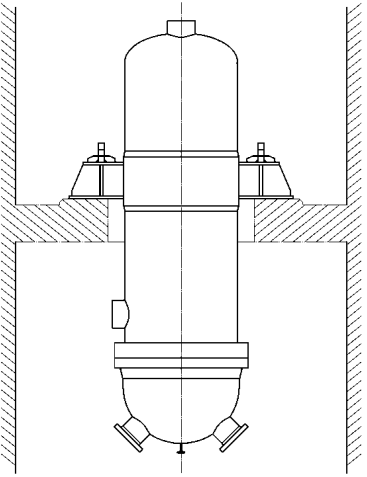
添付図 2. 原子炉格納容器（電気配線貫通部）



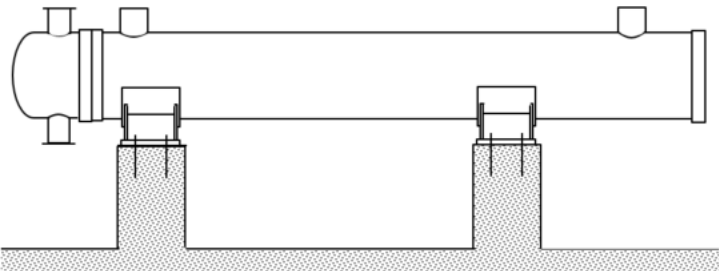
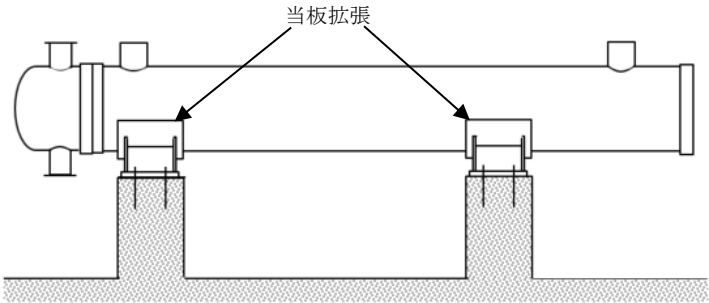
添付図 3. 残留熱除去系ストレーナ， 高圧炉心スプレイ系ストレーナ， 低圧炉心スプレイ系ストレーナ

変更前	変更後	備考
	 <p style="text-align: center;">サポート形状</p>	<p>耐震補強（サポートの強度向上）を目的とし，サポートに補強リブを追設</p>

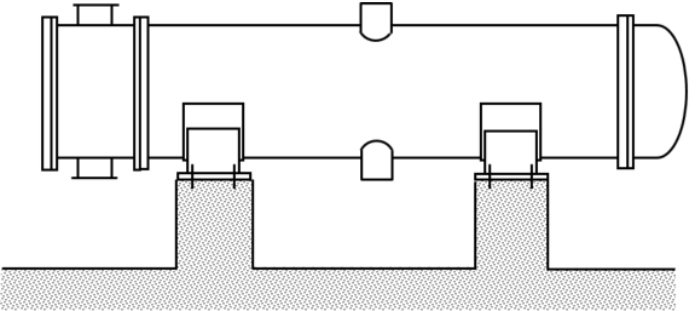
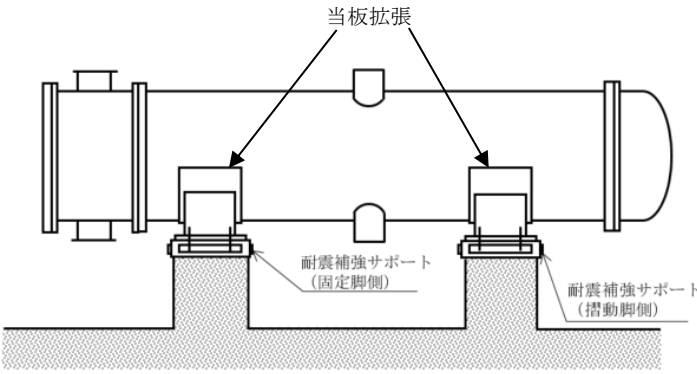
添付図4. 残留熱除去系熱交換器

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強を目的とし, 以下の構造変更を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラグ周辺に耐震補強サポートを追設 (剛性向上及びラグの回転拘束) ・下部サポートを追設 (水平方向の変位拘束)

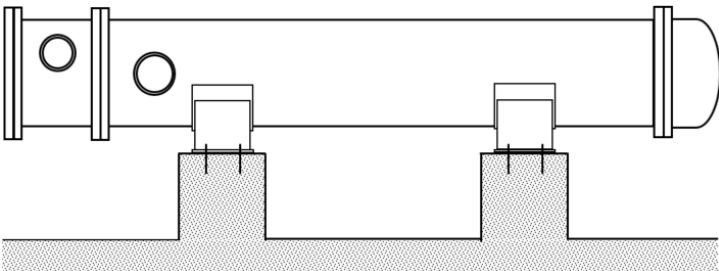
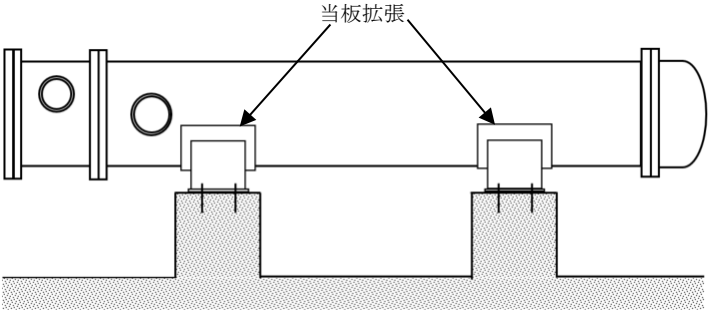
添付図5. 燃料プール冷却系熱交換器

変更前	変更後	備考
		<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震補強（胴の脚付け根部の応力低減）を目的とし、胴の脚付け根部の当板を拡張

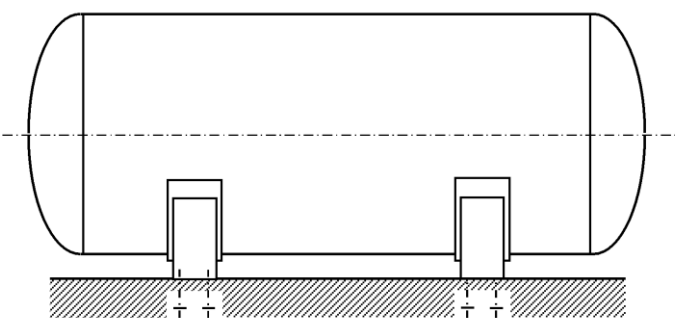
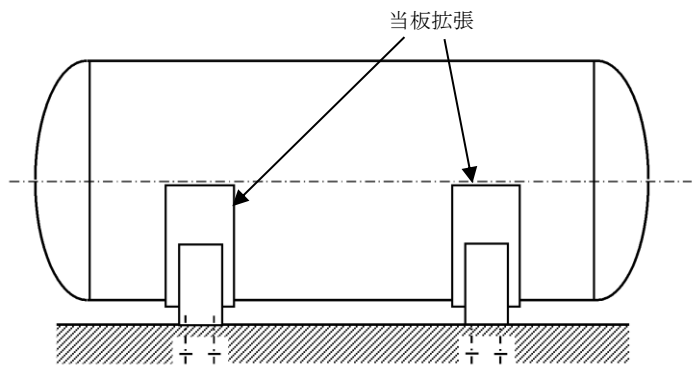
添付図6. 原子炉補機冷却系熱交換器

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強を目的とし、以下の構造変更を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 胴の脚付け根部の当板を拡張 (胴の脚付け根部の応力低減) ・ 脚底板の周囲に耐震補強サポートを追設 (脚底面のせん断荷重を基礎ボルトに作用させないための補強)

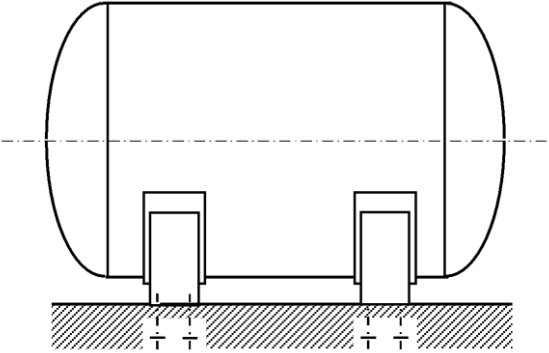
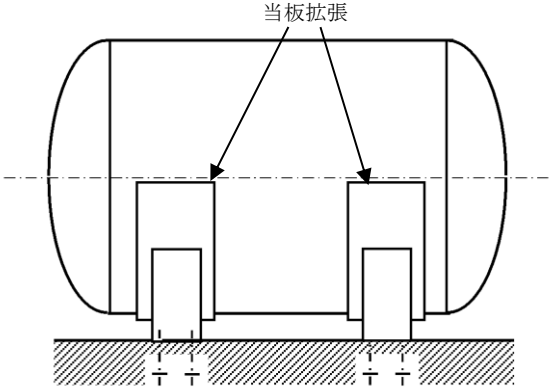
添付図 7. 高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強（胴の脚付け根部の応力低減）を目的とし、胴の脚付け根部の当板を拡張</p>

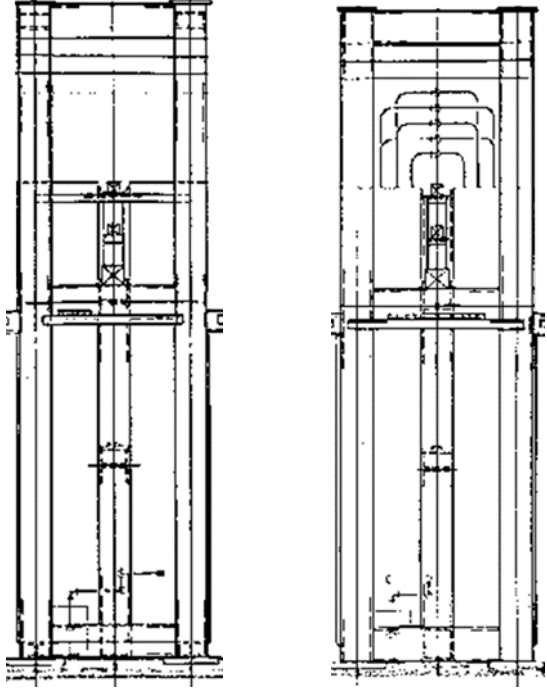
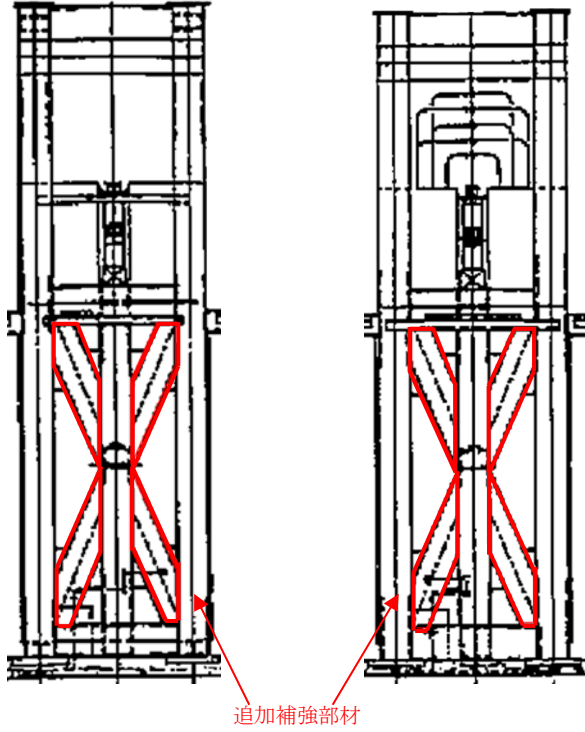
添付図 8. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンク

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強（胴の脚付け根部の応力低減）を目的とし、胴の脚付け根部の当板を拡張</p>

添付図9. 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンク

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強（胴の脚付け根部の応力低減）を目的とし、胴の脚付け根部の当板を拡張</p>

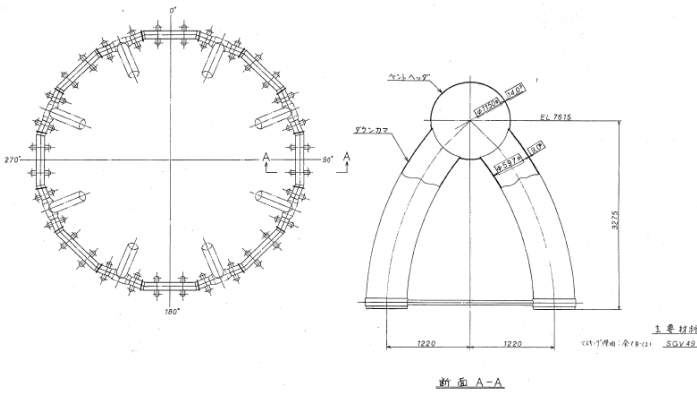
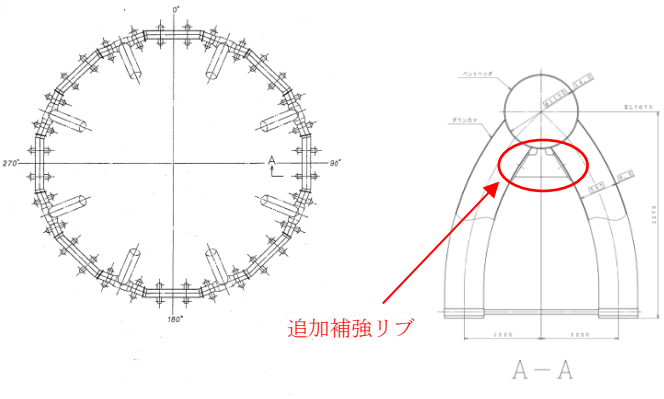
添付図 10. 制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット

変更前	変更後	備考
	 <p data-bbox="1205 1098 1346 1129">追加補強部材</p>	<p data-bbox="1653 320 2033 395">耐震補強（剛構造化）を目的とした補強部材の追設</p>

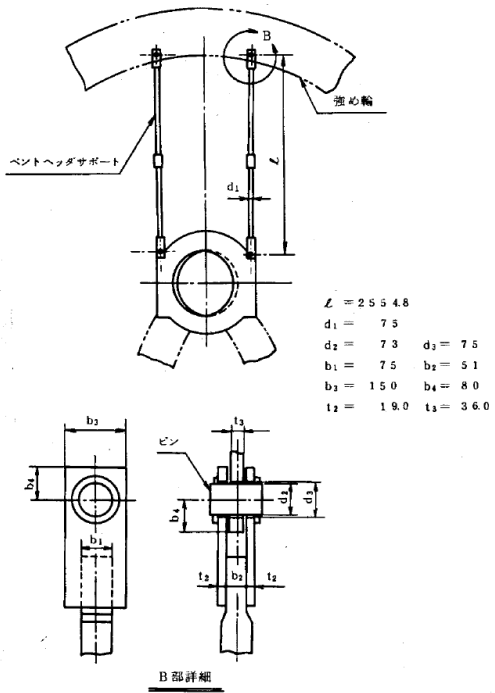
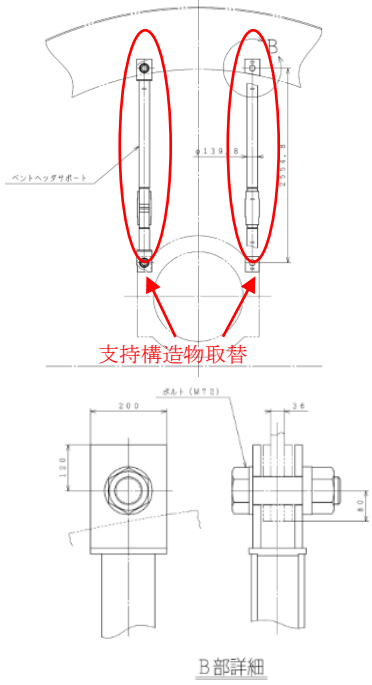
添付図 12. 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

変更前	変更後	備考
		<ul style="list-style-type: none"> 引き波対策に伴うポンプの長尺化 ポンプ棚撤去及び支持構造物の構造及び位置変更

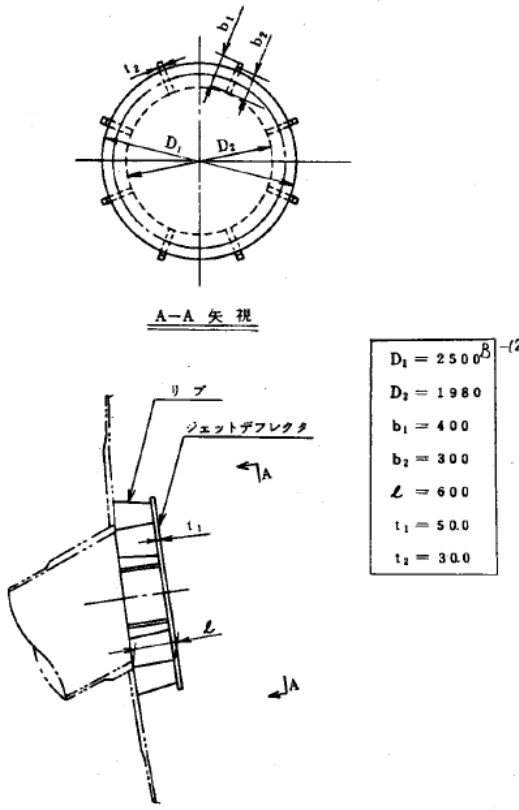
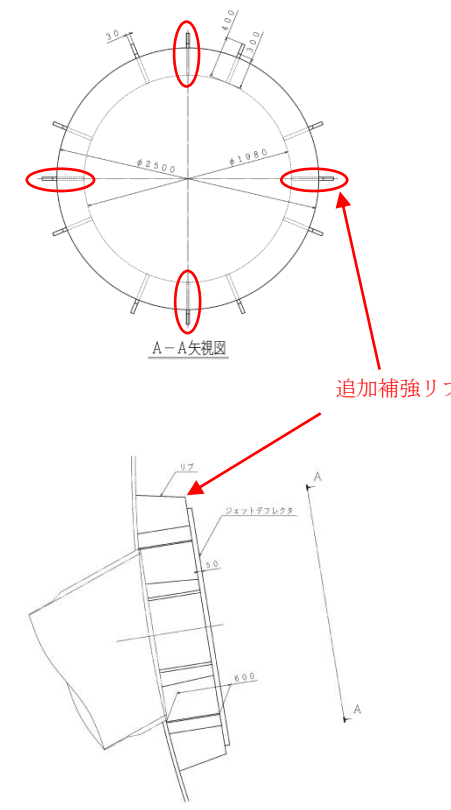
添付図 13. 圧力低減設備 (ダウンカマ)

変更前	変更後	備考
 <p>断面 A-A</p>	 <p>追加補強リブ</p> <p>断面 A-A</p>	<p>耐震補強を目的とし、補強リブを追設 (ダウンカマに加わる荷重の低減、「補足-027-10-54 原子炉格納容器ベント系設備の地震応答解析モデルの精緻化等に関する補足説明資料」参照)</p>

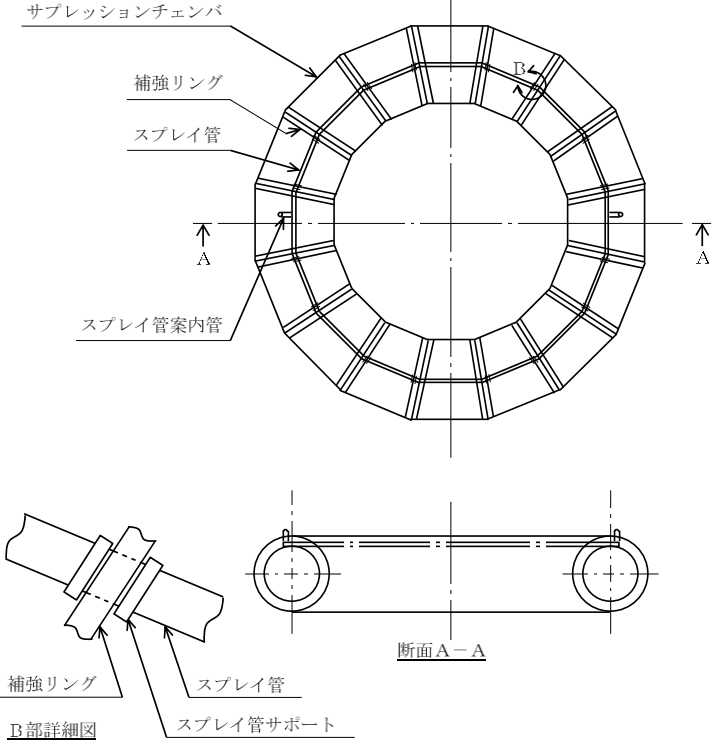
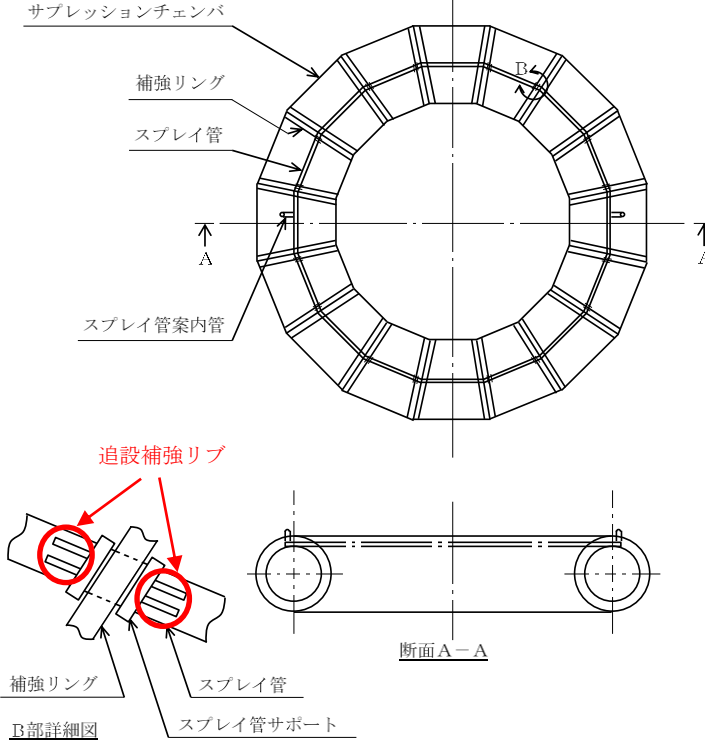
添付図 14. 圧力低減設備 (ベントヘッド)

変更前	変更後	備考
 <p> $L = 2554.8$ $d_1 = 75$ $d_2 = 73$ $d_3 = 75$ $b_1 = 75$ $b_2 = 51$ $b_3 = 150$ $b_4 = 80$ $t_2 = 19.0$ $t_3 = 36.0$ </p> <p>B部詳細</p>	 <p>支持構造物取替</p> <p>B部詳細</p>	<p>備考</p> <p>耐震補強を目的とし、支持構造物を取替</p> <p>(強度向上、「補足-027-10-54 原子炉格納容器ベント系設備の地震応答解析モデルの精緻化等に関する補足説明資料」参照)</p>

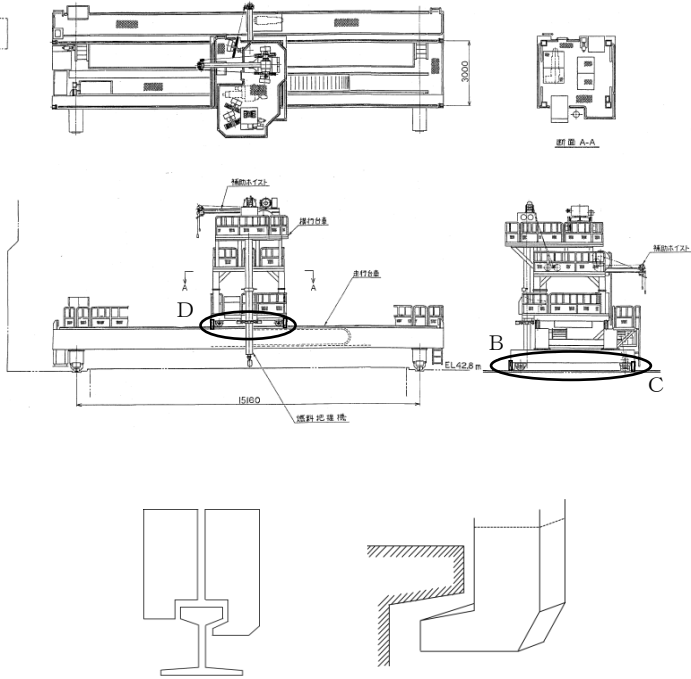
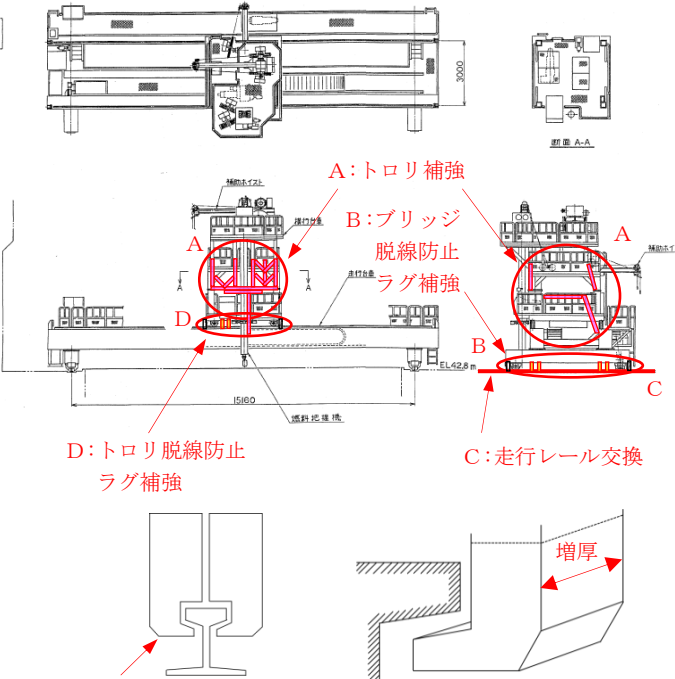
添付図 15. 圧力低減設備 (ベント管)

変更前	変更後	備考														
 <p style="text-align: center;">A-A 矢視</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$D_1 = 2500^B$</td> <td>(2)</td> </tr> <tr> <td>$D_2 = 1980$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$b_1 = 400$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$b_2 = 300$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$L = 600$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$t_1 = 50.0$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$t_2 = 30.0$</td> <td></td> </tr> </table>	$D_1 = 2500^B$	(2)	$D_2 = 1980$		$b_1 = 400$		$b_2 = 300$		$L = 600$		$t_1 = 50.0$		$t_2 = 30.0$		 <p style="text-align: center;">A-A 矢視</p> <p style="text-align: center;">追加補強リブ</p>	<p>耐震補強を目的とし、補強リブを追設 (強度向上, 「補足-027-10-54 原子炉格納容器ベント系設備の地震応答解析モデルの精緻化等に関する補足説明資料」参照)</p>
$D_1 = 2500^B$	(2)															
$D_2 = 1980$																
$b_1 = 400$																
$b_2 = 300$																
$L = 600$																
$t_1 = 50.0$																
$t_2 = 30.0$																

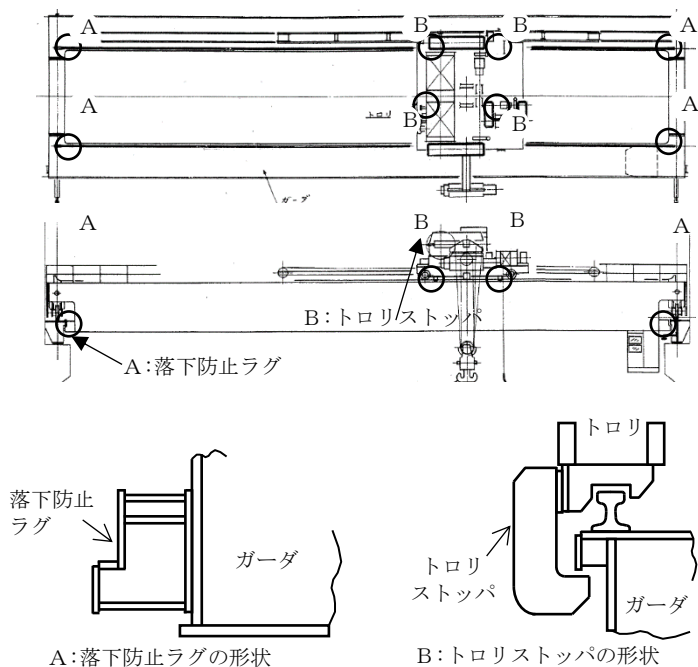
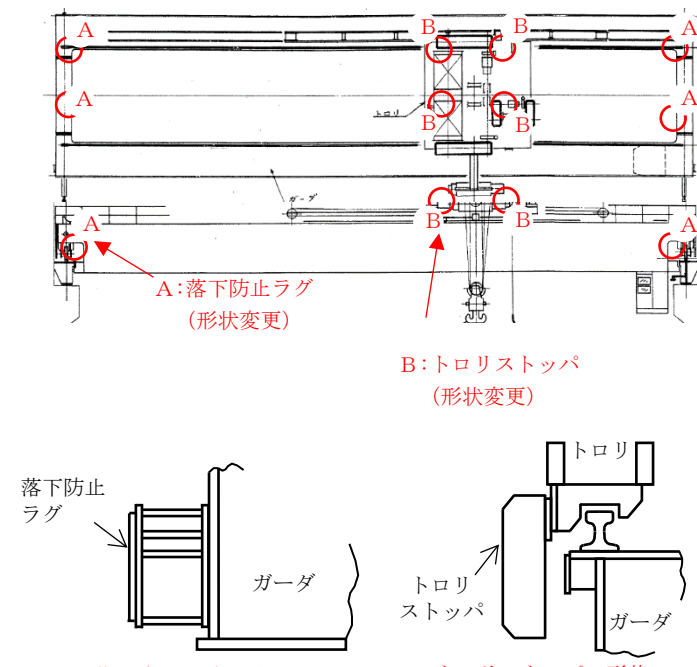
添付図 16. サプレッションチェンバースプレイ管

変更前	変更後	備考
 <p>サプレッションチェンバ</p> <p>補強リング</p> <p>スプレイ管</p> <p>スプレイ管案内管</p> <p>断面A-A</p> <p>B部詳細図</p> <p>補強リング</p> <p>スプレイ管</p> <p>スプレイ管サポート</p>	 <p>サプレッションチェンバ</p> <p>補強リング</p> <p>スプレイ管</p> <p>スプレイ管案内管</p> <p>追設補強リブ</p> <p>断面A-A</p> <p>B部詳細図</p> <p>補強リング</p> <p>スプレイ管</p> <p>スプレイ管サポート</p>	<p>耐震補強を目的とし、補強リブを追設 (スプレイ管サポートの強度向上)</p>

添付図 17. 燃料取替機（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

変更前	変更後	備考
 <p>B, D:ブリッジおよびトロリ 脱線防止ラグ</p>	 <p>A:トロリ補強 B:ブリッジ脱線防止ラグ補強 C:走行レール交換 D:トロリ脱線防止ラグ補強</p> <p>増厚</p> <p>ラグ(両フック化)</p> <p>B, D:ブリッジおよびトロリ 脱線防止ラグ補強</p>	<p>耐震補強を目的とし、以下の構造変更を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ A:トロリ補強 〔一階柱, 二階柱, 二階床はりの追加および補強〕 ・ B:ブリッジ脱線防止ラグ補強 〔片側2箇所から4箇所追加して計6箇所(図中赤部のラグを追加) ラグ形状変更(増厚, 両フック化)〕 ・ C:走行レール交換 〔レールサイズ増〕 ・ D:トロリ脱線防止ラグ補強 〔片側2箇所から2箇所追加して計4箇所(図中赤部のラグを追加) ラグ形状変更(増厚, 両フック化)〕

添付図 18. 原子炉建物天井クレーン（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

変更前	変更後	備考
 <p>A: 落下防止ラグ</p> <p>B: トロリストップ</p> <p>落下防止ラグ</p> <p>ガード</p> <p>トロリ</p> <p>トロリストップ</p> <p>ガード</p> <p>A: 落下防止ラグの形状</p> <p>B: トロリストップの形状</p>	 <p>A: 落下防止ラグ (形状変更)</p> <p>B: トロリストップ (形状変更)</p> <p>落下防止ラグ</p> <p>ガード</p> <p>トロリ</p> <p>トロリストップ</p> <p>ガード</p> <p>A: 落下防止ラグの形状</p> <p>B: トロリストップの形状</p>	<p>備考</p> <p>耐震補強を目的とし、脱線防止ラグ及びトロリストップの形状を変更（鉛直荷重が作用しない構造へ変更）</p>

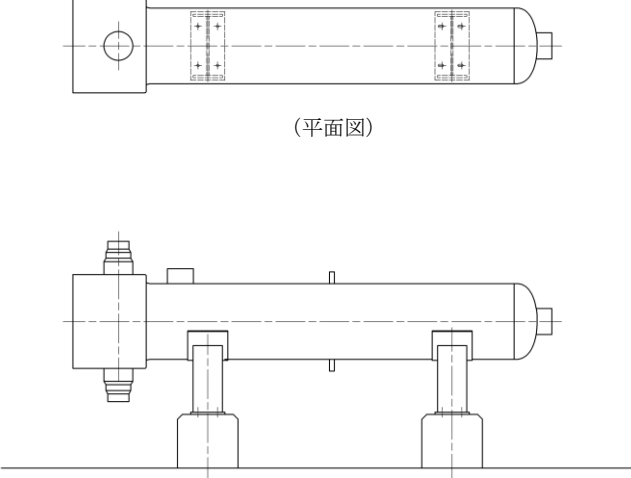
添付図 19. 配管系：配管

変更前	変更後	備考
		<p>配管系に対し、以下の改造を実施</p> <ul style="list-style-type: none">・窒素ガス制御系と非常用ガス処理系の連絡部を改造し、フィルタ装置に向かう配管を追設・弁の新設 (例として格納容器フィルタベント系配管を示す)

添付図 20. 配管系：サポート

変更前	変更後	備考
		耐震補強を目的とし、配管系のサポート強化及びサポート追設を実施 (配管の応力低減及びサポートの強度向上) (例として残留熱除去系配管を示す)

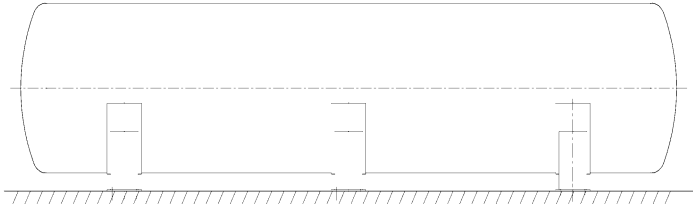
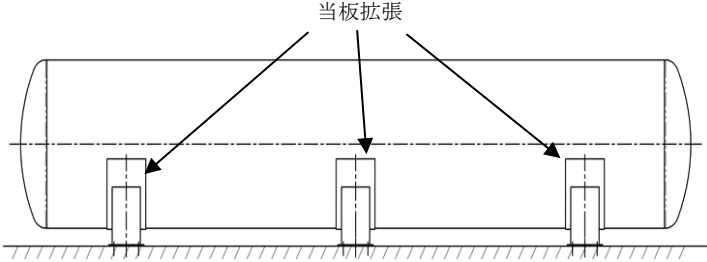
添付図 21. 原子炉浄化系補助熱交換器（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

変更前	変更後	備考
 <p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p>		<p>耐震補強を目的とし、以下の構造変更を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 胴の脚付け根部の当板を拡張（胴の脚付け根部の応力低減） ・ 脚への耐震補強サポート追設（基礎ボルトの荷重低減）

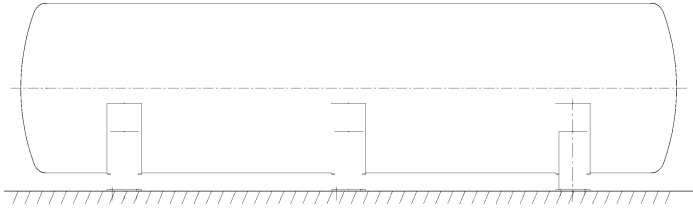
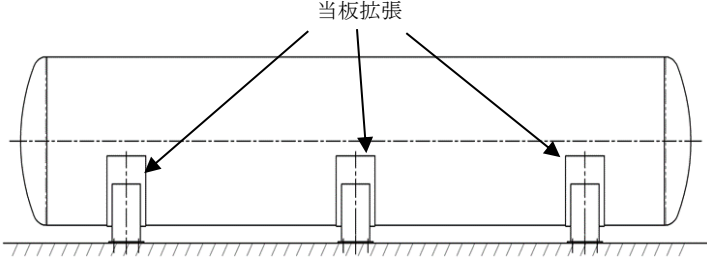
添付図 22. サプレッションチェンバアクセスハッチ

変更前	変更後	備考
<p>ボルト</p> <p>ふた板</p> <p>フランジ</p> <p>スリーブ</p> <p>サプレッションチェンバ</p>	<p>ボルト</p> <p>ふた板</p> <p>フランジ</p> <p>スリーブ</p> <p>補強リブ</p> <p>サプレッションチェンバ</p> <p>補強リブ</p> <p>スリーブ</p> <p>A-A矢視図</p> <p>○ : 追設補強リブ</p>	<p>備考</p> <p>耐震補強 (サプレッションチェンバアクセスハッチの剛構造化) を目的とし、補強リブを追設</p>

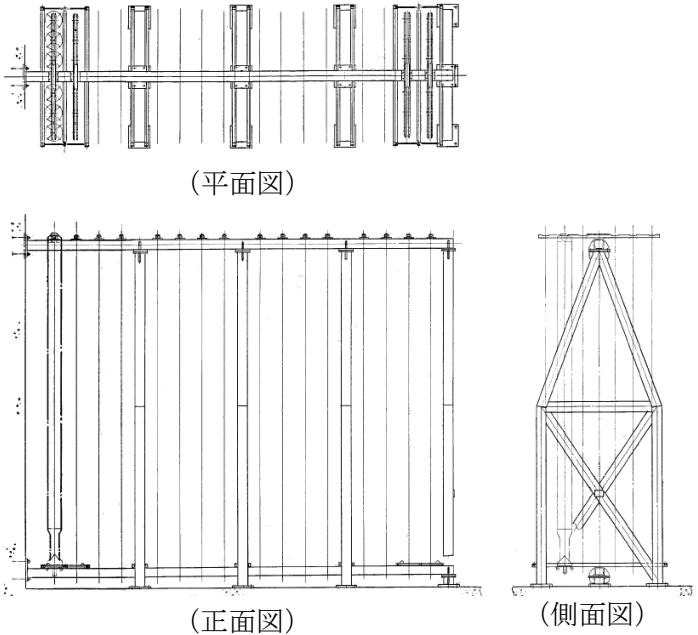
添付図 23. 非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンク

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強（胴の脚付け根部の応力低減）を目的とし、胴の脚付け根部の当板を拡張</p>

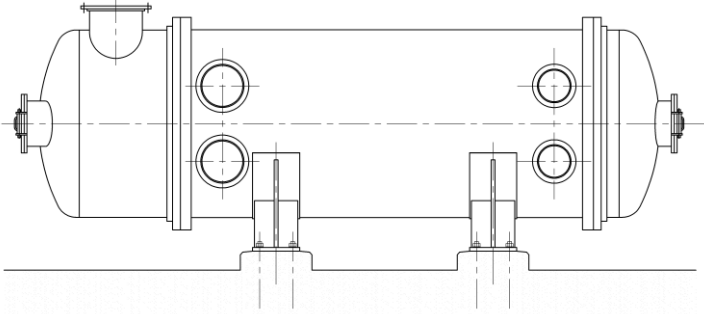
添付図 24. 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強（胴の脚付け根部の応力低減）を目的とし、胴の脚付け根部の当板を拡張</p>

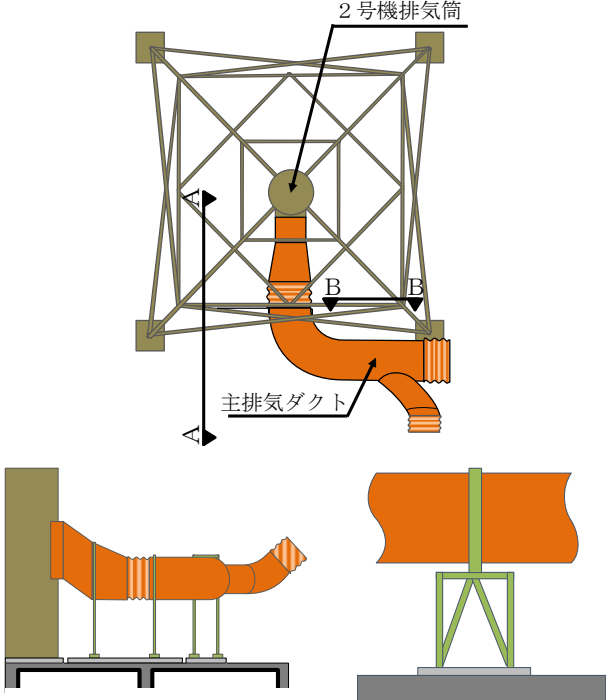
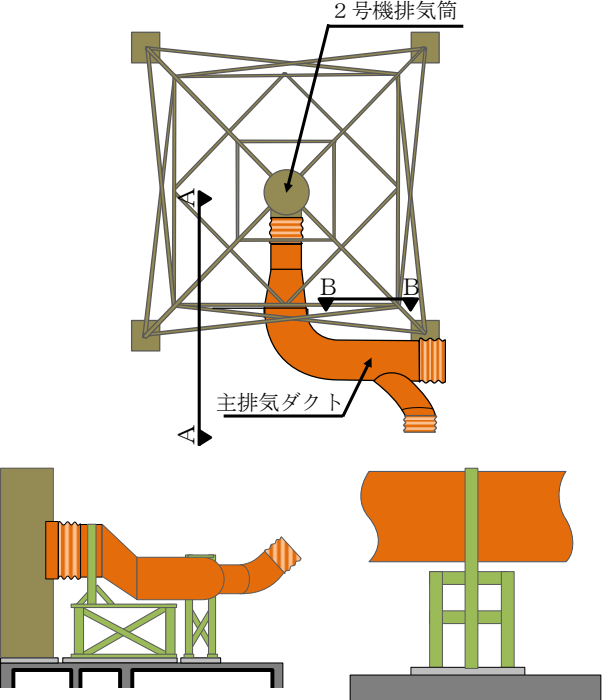
添付図 25. 制御棒貯蔵ハンガ（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

変更前	変更後	備考
 <p>(平面図)</p> <p>(正面図) (側面図)</p>		<p>制御棒落下防止を目的とし、治具を追設</p>

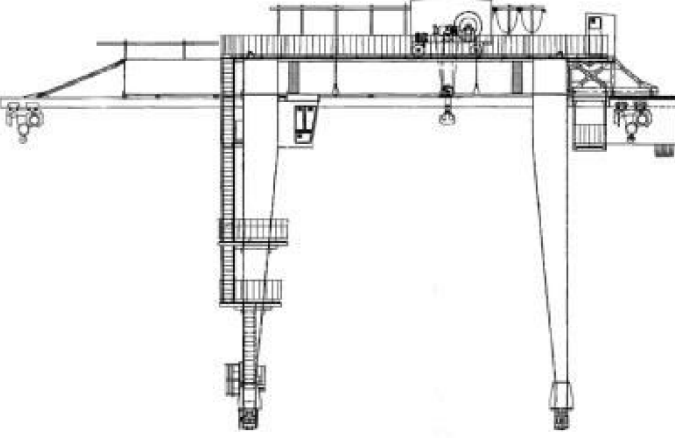
添付図 26. タービン補機冷却系熱交換器（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

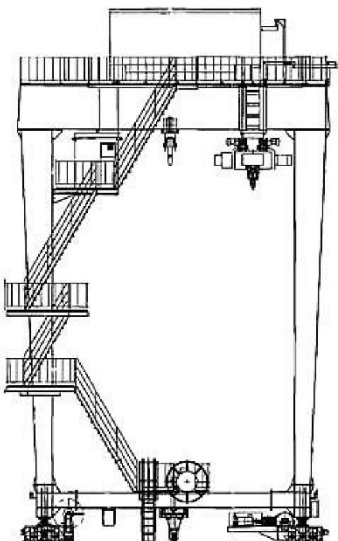
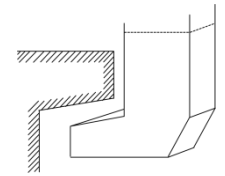
変更前	変更後	備考
		<ul style="list-style-type: none"> ・耐震補強（基礎ボルトの荷重低減）を目的とし、固定脚底板に耐震補強サポートを追設 ・波及的影響防止（転倒防止）の観点から胴は評価対象外

添付図 27. 主排気ダクト（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

変更前	変更後	備考
 <p>2号機排気筒</p> <p>主排気ダクト</p> <p>A-A 矢視図</p> <p>B-B 矢視図</p>	 <p>2号機排気筒</p> <p>主排気ダクト</p> <p>A-A 矢視図</p> <p>B-B 矢視図</p>	<p>耐震補強を目的とし，以下の構造変更を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サポートの強化 ・伸縮継手位置の変更

添付図 28. 取水槽ガントリクレーン（波及的影響を及ぼすおそれのある設備）

変更前	変更後	備考
		<p>耐震補強を目的とし、以下の構造変更を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ガーダと脚の間にブレースを介して単軸粘性ダンパを制震装置として設置 （「補足-027-10-87「取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパの概要及び設計方針」参照） ・ 脚の下部に補強板を取付け

変更前	変更後	備考
 		<ul style="list-style-type: none">・脚下部継ぎに補強板を取付・部材の板厚等と材質の変更により耐震性を向上させたホイストに取替・走行レールとの取り付け部（爪部）を補強した転倒防止装置に取替