電 原 設 第 3 号
令和４年５月２５日

原子力規制委員会　殿

広 島 市 中 区 小 町 ４ 番 ３ ３ 号
中 国 電 力 株 式 会 社
代表取締役社長執行役員　清水希茂

工事計画認可申請書の一部補正について

平成 25 年 12 月 25 日付け電原設第 69 号をもって申請いたしました島根原子力発電所第２号機の工事計画認可申請書（令和 3 年 10 月 1 日付け電原設第 17 号，令和 3 年 12 月 22 日付け電原設第 28 号及び令和 4 年 3 月 28 日付け電原設第 43 号にて一部補正）について，別紙のとおり一部補正いたします。

本資料のうち，枠囲みの
内容は機密に係る事項の
ため公開できません。

別　紙

# 目　次

1.　補正項目

2.　補正を必要とする理由を記載した書類

3.　補正内容を反映した書類

# 1.　補正項目

補正項目

補正項目は下表のとおり

| 補正項目 | 補正箇所 |
|---|---|
| Ⅵ　添付書類 | |
| Ⅵ-1　説明書 | |
| Ⅵ-1-1　各発電用原子炉施設に共通の説明書 | |
| Ⅵ-1-1-9　発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-1-1-9-4　溢水影響に関する評価 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-1-6　放射性廃棄物の廃棄施設の説明書 | |
| Ⅵ-1-6-1　排気筒の基礎に関する説明書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2　耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-2　耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-2-15　排気筒の基礎の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-2-34　緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-2-35　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-3　原子炉本体の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-3-1　原子炉本体の耐震計算結果 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-2-5　原子炉冷却系統施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-5-4　残留熱除去設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-5-4-1　残留熱除去系の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-5-5　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-5-5-1　高圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-5-5-2　低圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書 | |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-5-7　原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-5-7-1　原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-5-7-2　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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6　計測制御系統施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-6-4　ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-6-4-1　ほう酸水注入系の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-6-4-1-1　ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5　計測装置の耐震性についての計算書 | |

| 補正項目 | 補正箇所 |
|---|---|
| Ⅵ-2-6-5-2　出力領域計装の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-4　低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-7　残留熱除去ポンプ出口流量の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-8　原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-9　高圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-10　低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-16　原子炉圧力の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-18　原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-20　原子炉水位（狭帯域）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-22　ドライウェル圧力の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-23　サプレッションチェンバ圧力の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
|---|---|
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-28　ペデスタル温度（ＳＡ）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-29　ペデスタル水温度（ＳＡ）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-30　サ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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-41　サプレッションプール水位の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-43　サプレッションプール水位（ＳＡ）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-44　ペデスタル水位の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-5-50　主蒸気管流量大の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-7　その他の計測制御系統施設の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-6-7-1　その他の計測装置の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-7-1-8　高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-7-1-15　代替制御棒挿入機能用電磁弁の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-7-2　計測装置の盤の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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１） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-7-2-49　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） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-6-7-3　通信連絡設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-6-7-3-4　緊急時原子力発電所情報伝送システム（ＳＰＤＳ）の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-6-7-3-4-4　１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-7　放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-7-1　放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算結果 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-2-8　放射線管理施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-8-2　放射線管理用計測装置の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-8-2-3　格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-8-2-6　非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-8-2-9　燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-8-2-10　燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-8-3　換気設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-8-3-1　中央制御室空調換気系の耐震性についての計算書 | |
| 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） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-8-4　生体遮蔽装置の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-8-4-1　原子炉二次遮蔽の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-8-4-2　補助遮蔽の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-2-8-4-5　緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-9　原子炉格納施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-9-2　原子炉格納容器の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-9-2-2　サプレッションチェンバの耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-9-2-4　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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-9-3　原子炉建物の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-9-3-1　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-9-4　圧力低減設備その他安全設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-9-4-4　原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-9-4-4-3　ペデスタル代替注水系の耐震性についての計算書 | |
| 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） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10　その他発電用原子炉の附属施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-10-1　非常用電源設備の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-10-1-2　非常用発電装置の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-10-1-2-1　非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書 | |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-2-2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-2-3　ガスタービン発電機の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-2-10-1-2-4　緊急時対策所用発電機の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-10-1-2-4-1　緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4　その他のその他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4-9　動力変圧器の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4-16　SA 電源切替盤の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4-30　230V 系直流盤（RCIC）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-2-10-1-4-31　230V 系直流盤（常用）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4-39　原子炉中性子計装用分電盤の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4-40　SA 対策設備用分電盤（2）の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-1-4-41　SRV 用電源切替盤の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-2　浸水防護施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-10-2-13　堰の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-2-14　防水板の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-2-15　貫通部止水処置の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-10-4　緊急時対策所の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-10-4-1　緊急時対策所の耐震計算結果 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-11　波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する説明書 | |
| Ⅵ-2-11-2　波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-11-2-7　機器の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-11-2-10　耐火障壁の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添1　火災防護設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-別添1-1　火災防護設備の耐震計算の基本方針 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添1-2　火災感知設備の耐震性についての計算書 | |
| 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 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添1-3　消火設備の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-別添1-3-1　ボンベラックの耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添1-3-2　選択弁の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添1-3-3　制御盤の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添1-4　火災防護設備の水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-2-別添2　溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書 | |
| Ⅵ-2-別添2-3　通水扉の耐震性についての計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-2-別添 2-4　燃料プール冷却系弁の耐震性についての計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3　強度に関する説明書 | |
| Ⅵ-3-3　強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-3　原子炉冷却系統施設の強度に関する説明書 | |
| Ⅵ-3-3-3-3　残留熱除去設備の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-3-3-1　残留熱除去系の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-3-3-1-3　残留熱除去系ストレーナの強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-3-1-4　ストレーナ部ティーの応力計算書（残留熱除去系） | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-3-1-5　残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-3-1-6　残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-3-4-1　高圧炉心スプレイ系の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-3-4-1-2　高圧炉心スプレイ系ストレーナの強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-1-3　ストレーナ部ティーの応力計算書（高圧炉心スプレイ系） | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-1-4　高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-3-3-3-4-1-5　高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-2　低圧炉心スプレイ系の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-3-4-2-2　低圧炉心スプレイ系ストレーナの強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-2-3　ストレーナ部ティーの応力計算書（低圧炉心スプレイ系） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-2-4　低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-2-5　低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-3-4-2-6　管の強度計算書（低圧炉心スプレイ系） | |
| Ⅵ-3-3-3-4-2-6-2　管の応力計算書（低圧炉心スプレイ系） | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-3-7　原子炉格納施設の強度に関する説明書 | |
| Ⅵ-3-3-7-1　原子炉格納容器の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-3-7-1-3　サプレッションチェンバの強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-別添1　竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-別添1-10　排気筒の強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-別添1-13　波及的影響を及ぼす可能性がある施設の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-別添1-13-4　1号機排気筒の強度計算書 | 追加する。「3.補正内容を反映した書類」による。 |

| 補正項目 | 補正箇所 |
| --- | --- |
| Ⅵ-3-別添 3　津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-別添 3-2　津波への配慮が必要な施設の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-別添 3-2-9　貫通部止水処置の強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-別添 3-3　溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-別添 3-4　溢水への配慮が必要な施設の強度計算書 | |
| Ⅵ-3-別添 3-4-4　堰の強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-別添 3-4-5　防水板の強度計算書 | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-3-別添 3-4-6　貫通部止水処置の強度計算書（溢水） | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要 | |
| Ⅵ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＴＤＡＰⅢ | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-5-21　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＤＹＮＡ２Ｅ | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-5-41　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＮＸＮＡＳＴＲＡＮ | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-5-52　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＮＳＡＦＥ | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |
| Ⅵ-5-55　計算機プログラム（解析コード）の概要・ｄｍａｉｎ２ | 追加する。「3. 補正内容を反映した書類」による。 |

# 2.　補正を必要とする理由を記載した書類

補正を必要とする理由

平成 25 年 12 月 25 日付け電原設第 69 号にて申請した工事計画認可申請書（令和 3 年 10 月 1 日付け電原設第 17 号，令和 3 年 12 月 22 日付け電原設第 28 号及び令和 4 年 3 月 28 日付け電原設第 43 号にて一部補正）において，平成 25 年 12 月 25 日付け電安炉技第 14 号にて申請した発電用原子炉設置変更許可申請書の一部補正（令和 3 年 5 月 10 日付け電安炉技第 1 号，令和 3 年 6 月 14 日付け電安炉技第 7 号，令和 3 年 6 月 17 日付け電安炉技第 8 号及び令和 3 年 9 月 6 日付け電安炉技第 16 号）に伴い，変更が必要となった事項を反映するため及び表現の明確化，記載の適正化を行うことから，「Ⅴ　添付書類」を補正する。

# 3.　補正内容を反映した書類

# Ⅵ　添付書類

# Ⅵ-1　説明書

# Ⅵ-1-1　各発電用原子炉施設に共通の説明書

# Ⅵ-1-1-9　発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書

発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書は，以下の資料より構成されている。

VI-1-1-9-1　溢水等による損傷防止の基本方針
VI-1-1-9-2　防護すべき設備の設定
VI-1-1-9-3　溢水評価条件の設定
VI-1-1-9-4　溢水影響に関する評価
VI-1-1-9-5　溢水防護に関する施設の詳細設計

# Ⅵ-1-1-9-4　溢水影響に関する評価

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　溢水評価 ····· 1
2.1　防護すべき設備を内包する建物内及びエリア内の溢水に対する評価····· 1
2.1.1　没水影響に対する評価 ····· 1
2.1.2　被水影響に対する評価 ····· 2
2.1.3　蒸気影響に対する評価 ····· 4
2.2　燃料プール等のスロッシング後の機能維持に対する評価····· 5
2.3　防護すべき設備を内包する建物外及びエリア外からの溢水に対する評価····· 6
2.3.1　タービン建物からの溢水に対する評価····· 6
2.3.1.1　タービン建物（復水器を設置するエリア）からの溢水評価····· 6
2.3.1.2　タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））からの溢水に対する評価· 8
2.3.1.3　タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））からの溢水に対する評価· 9
2.3.2　取水槽循環水ポンプエリアからの溢水に対する評価····· 10
2.3.3　復水貯蔵タンクエリアからの溢水に対する評価····· 10
2.3.4　１号機タービン建物及び１号機廃棄物処理建物からの溢水に対する評価····· 11
2.3.5　屋外タンク等からの溢水に対する評価····· 12
2.3.6　地下水に対する評価 ····· 17
2.4　管理区域外への漏えい防止に対する評価····· 17

1. 概要

本資料は,防護すべき設備に対して,発電用原子炉施設内で発生を想定する溢水の影響により,防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。

また，放射性物質を含む液体を内包する容器，配管その他の設備からあふれ出ることを想定する放射性物質を含む液体が，管理区域外へ漏えいしないことを評価する。

2. 溢水評価

発電用原子炉施設内で発生を想定する溢水の影響により，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。また，燃料プールのスロッシングによる水位低下を考慮しても，燃料プールの冷却機能及び給水機能が確保でき，適切な水温及び遮蔽水位を維持できることを評価する。

溢水評価において，放射性物質を含む液体を内包する容器，配管その他の設備からあふれ出ることを想定する放射性物質を含む液体が,管理区域外へ漏えいするおそれがないことを評価する。

評価で期待する溢水防護に関する施設は，VI-1-1-9-1「溢水等による損傷防止の基本方針」に記載する設備とし，溢水源及び溢水量の設定並びに溢水防護区画及び溢水経路の設定は，VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」によるものとする。

また,重大事故等対処設備のうち可搬設備については,保管場所における溢水影響を評価する。

溢水評価を行うに当たり防護対策として期待する溢水防護に関する施設の設計方針については,VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す。

2.1 防護すべき設備を内包する建物内及びエリア内の溢水に対する評価

2.1.1 没水影響に対する評価

(1) 評価方法

溢水源，溢水量，溢水防護区画及び溢水経路から算出される溢水水位と機能喪失高さを比較し評価する。没水影響評価に用いる溢水水位の算出は，評価ガイドを踏まえ，漏えい発生区画とその経路上の溢水防護区画のすべてに対して行う。

溢水水位(H)は，以下の式に基づいて算出する。水上高さ*が溢水防護区画にある場合には，保守的に水上高さ分の滞留量は考慮せず，溢水水位に水上高さ分を加えた高さを機能喪失高さと比較する。

注記＊：床勾配（最大 50mm）及び建築施工公差（25mm）

$H = Q/A$

H：溢水水位(m)

Q：流入量($m^3$)

設定した溢水量及び溢水経路に基づき評価対象区画への流入量を算出する。

A：滞留面積($m^2$)

評価対象区画内と溢水経路に存在する区画の総面積を滞留面積として評価する。滞留面積は，壁及び床の盛り上がり（コンクリート基礎等）範囲を除く有効面積を滞留面積とする。

(2) 判定基準

没水影響に関する判定基準は，以下に示すいずれかを満足していることで要求される機能を損なわない。

a. 発生した溢水による水位が，防護すべき設備の機能喪失高さを上回らないこと。このとき，溢水による水位の算出に当たっては，溢水の流入状態，溢水源からの距離，溢水の滞留した領域を人員が移動すること等による一時的な水位変動を考慮し，保有水量や伝播経路の設定において十分な保守性を確保するとともに，人員のアクセスルートにおいて発生した溢水による水位に対して 50㎜ 以上の裕度を確保する。さらに，溢水防護区画への資機材の持ち込み等による滞留面積への影響を考慮する。

機能喪失高さについては，防護すべき設備の各付属品の設置状況も踏まえ，没水によって要求される機能を損なうおそれのある最低の高さを設定する。

b. 防護すべき設備のうち溢水防護対象設備については，多重性又は多様性を有しており，各々が同時に溢水の影響を受けないような別区画に設置され，同時に要求される機能を損なうおそれがないこと。その際，溢水の影響により原子炉に外乱が及び，かつ，安全保護系，原子炉停止系の作動を要求される場合には，その溢水の影響を考慮した上で，安全評価指針に基づき必要な機器の単一故障を考慮し，発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故について安全解析を行うこと。

c. 防護すべき設備のうち重大事故防止設備については，没水影響により設計基準対象施設の要求される機能と同時にその機能を損なうおそれがないこと，重大事故等対処設備であって重大事故防止設備ではない設備は，修復性等も考慮の上，できる限り内部溢水に対する頑健性を確保すること及び設計基準対処施設の機能に期待せずに，重大事故等対処設備によりプラントの安全性に関する主要な機能（未臨界移行，燃料冷却，格納容器除熱及び燃料プール注水）を損なうおそれがないこと。

(3) 評価結果

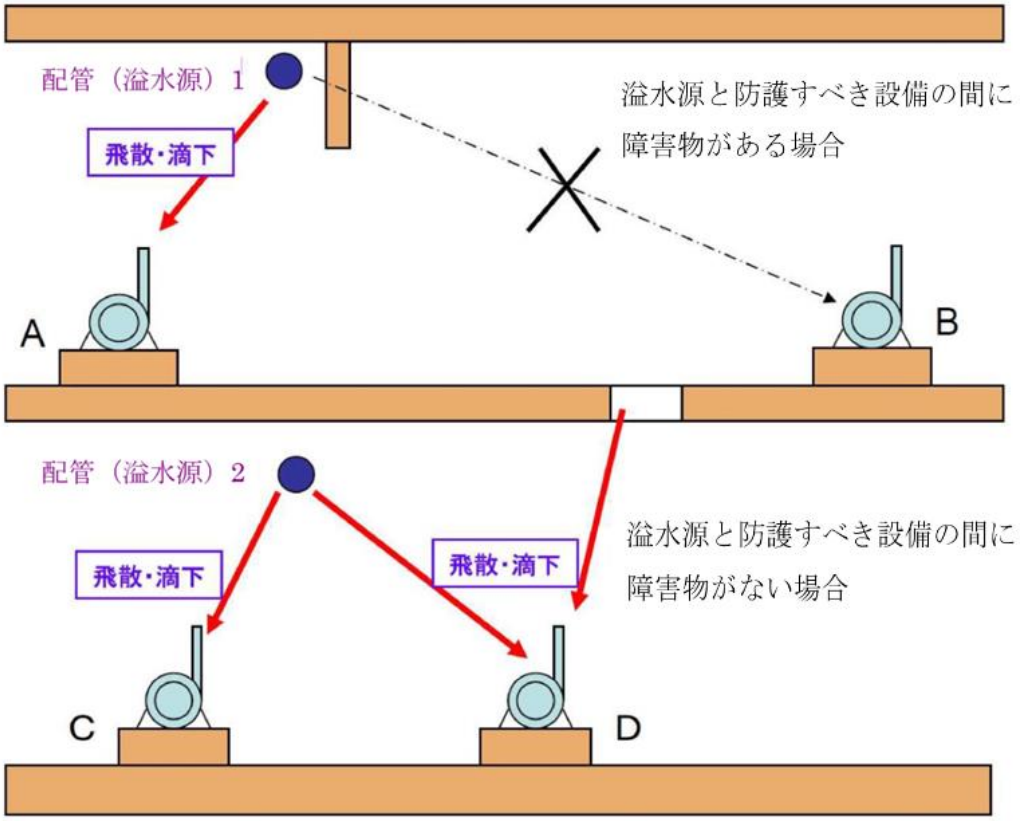
防護すべき設備が，没水影響に関する判定基準のいずれかを満足することから，要求される機能を損なうおそれはない。

2.1.2 被水影響に対する評価

(1) 評価方法

被水影響については，溢水源からの直線軌道及び放物線軌道の飛散による被水並びに天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲内にある防護すべき設備が，被水により要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。

なお，飛散距離については，評価ガイドでは管内圧力及び重力を考慮した弾道計算モデルが示されているが，本評価では防護すべき設備から直視できる範囲に溢水源となりうる機器が存在する場合は，この機器からの飛散距離内にあるものとする。被水影響範囲の考え方を図 2－1 に示す。




| 防護すべき設備 | 配管（溢水源）1 | 配管（溢水源）2 |
|---|---|---|
| A | 機能喪失 | 機能喪失せず |
| B | 機能喪失せず | 機能喪失せず |
| C | 機能喪失せず | 機能喪失 |
| D | 機能喪失 | 機能喪失 |

図 2－1　被水影響範囲の考え方

(2)　判定基準

被水影響に関する判定基準を以下に示す。

a.　ＪＩＳ　Ｃ　０９２０-2003「電気機械器具の外郭による保護等級（IP コード)」における第二特性数字 4 以上相当の保護等級を有すること。

b.　防護すべき設備のうち溢水防護対象設備については，多重性又は多様性を有しており，各々が同時に溢水の影響を受けないような別区画に設置され，同時に要求される機能を損なうおそれがないこと。

その際，溢水の影響により原子炉に外乱が及び，かつ，安全保護系，原子炉停止系の作動を要求される場合には，その溢水の影響を考慮した上で，安全評価指針に基づき必要な機器の単一故障を考慮し，発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故について安全解析を行うこと。

c.　実機での被水条件を考慮しても，要求される機能を損なわないことを被水試験等によ

り確認した保護カバーやパッキン等による被水防護措置がなされていること。

d. 防護すべき設備のうち重大事故防止設備については，被水影響により設計基準対象施設の要求される機能と同時にその機能を損なうおそれがないこと，重大事故等対処設備であって重大事故防止設備ではない設備は，修復性等も考慮の上，できる限り内部溢水に対する頑健性を確保すること及び設計基準対処施設の機能に期待せずに，重大事故等対処設備によりプラントの安全性に関する主要な機能（未臨界移行，燃料冷却，格納容器除熱及び燃料プール注水）を損なうおそれがないこと。

(3) 評価結果

防護すべき設備が判定基準のいずれかを満足することから， 被水影響を受けて要求される機能を損なうおそれはない。

2.1.3 蒸気影響に対する評価

(1) 評価方法

発生を想定する蒸気が，防護すべき設備に与える影響を評価する。

蒸気影響を及ぼす可能性のある高温配管は，Ⅵ-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて抽出された高エネルギ配管のうち，防護すべき設備が設置されている建物に設置されており配管内に流れる溢水源が蒸気の状態である以下の系統からの発生を想定する。漏えい蒸気による影響に対する防護すべき設備への影響を評価する。

イ． 主蒸気系

ロ． 復水・給水系

ハ． 原子炉浄化系

ニ． 原子炉隔離時冷却系

なお，安全解析にて実施する主蒸気配管破断事故による影響評価に包絡される系統については，建設時に設定した環境条件が蒸気影響を考慮した条件となっていることから，溢水評価における蒸気影響に対する評価は，建設時に設定した各建物の環境条件に適合していることを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」にて確認する。

(2) 判定基準

蒸気影響に関する判定基準を以下に示す。

a. 漏えい蒸気による環境条件（温度及び湿度）が，机上評価によって防護すべき設備の健全性が確認されている条件を超えないこと。

b. 防護すべき設備のうち溢水防護対象設備については，多重性又は多様性を有しており，各々が同時に溢水の影響を受けないような別区画に設置され，同時に要求される機能を損なうおそれがないこと。

その際，溢水の影響により原子炉に外乱が及び，かつ，安全保護系，原子炉停止系の作動を要求される場合には，その溢水の影響を考慮した上で，安全評価指針に基づき必要な機器の単一故障を考慮し，発生が想定される運転時の異常な過渡変化又は設計基準

事故について安全解析を行うこと。

c. 実機での蒸気条件を考慮しても，要求される機能を損なわないことを蒸気曝露試験により確認した保護カバーやパッキン等による蒸気防護措置がなされていること。

d. 防護すべき設備のうち重大事故防止設備については，蒸気影響により設計基準対象施設の要求される機能と同時にその機能を損なうおそれがないこと，重大事故等対処設備であって重大事故防止設備ではない設備は，修復性等も考慮の上，できる限り内部溢水に対する頑健性を確保すること及び設計基準対象施設の機能に期待せずに，重大事故等対処設備によりプラントの安全性に関する主要な機能（未臨界移行，燃料冷却，格納容器除熱及び燃料プール注水）を損なうおそれがないこと。

(3) 評価結果

蒸気漏えい発生区画内での漏えい蒸気による影響，区画間を拡散する漏えい蒸気による影響及び漏えい蒸気の直接噴出による影響に対し，防護すべき設備は，判定基準のいずれかを満足することから，要求される機能を損なうおそれはない。



2.2 燃料プール等のスロッシング後の機能維持に対する評価

(1) 評価方法

基準地震動Ｓｓによる地震力によって生じる燃料プール等のスロッシングによる燃料プール水位の低下が，燃料プールの冷却機能及び給水機能が確保でき，適切な水温及び遮蔽水位を維持する機能に与える影響を評価する。

スロッシングによって燃料プール外へ流出する溢水等により，燃料プールの冷却機能及び燃料プールへの給水機能を有する系統の防護すべき設備については，「2.1.1 没水影響に対する評価」及び「2.1.2 被水影響に対する評価」における溢水評価において，機能喪失しないことを確認している。燃料プール等のスロッシングによる溢水量は，VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて算出した溢水量とする。

(2) 判定基準

燃料プールの機能維持に関する判定基準を以下に示す。

a. スロッシング後の燃料プール水位が，燃料プールの冷却機能（水温 65℃以下）及び使用済燃料の放射線に対する遮蔽水位（燃料取替機床面での線量率が設計基準線量当量率(≦0.06mSv/h)を満足する水位）を満足するために必要な水位を維持すること。

b. 燃料プールの冷却機能及び給水機能を有する系統の防護すべき設備が設置されている溢水防護区画において，スロッシングによる溢水等による水位が，防護すべき設備の機能喪失高さを上回らないこと。その際，溢水の流入状態，溢水源からの距離，人員のアクセス等による一時的な水位変動を考慮し，発生した溢水による水位に対して 50mm 以上の裕度が確保されていること。さらに，溢水防護区画への資機材の持ち込み等による滞留面積の影響を考慮すること。

(3) 評価結果

スロッシング後の燃料プール水位は，一時的にオーバーフロー水位を下回るが，プール水温が 65℃となるまでに燃料プールの冷却機能及び燃料プールへの給水機能を有する系統による給水，冷却が可能であり，冷却機能維持への影響がないことを確認した。また，スロッシング後の燃料プール水位は，燃料体等からの放射線に対する遮蔽に必要な水位が維持されていることを確認した。燃料プールのスロッシング後の評価結果を表 2－1 に，給水機能及び冷却機能に関する設備の評価結果は「2.1.1　没水影響に対する評価」，「2.1.2　被水影響に対する評価」及び「2.1.3　蒸気影響に対する評価」に示す。

表 2－1　燃料プールのスロッシング後の評価結果

| | |
|---|---|
| 地震前の燃料プール水位<br>（初期水位）(m) | 11.67*1<br>(EL42.50)<br>(Normal Water Level)*2 |
| 地震後の燃料プール水位(m)<br>（燃料プール単独のスロッシングを考慮した場合） | 10.59*1<br>(EL41.42) |
| 地震後の燃料プール水位(m)<br>（原子炉ウェル，DSP のスロッシングを考慮した場合） | 10.65*1<br>(EL41.48) |
| 燃料有効長頂部(m) | 4.24*1<br>(EL35.07) |
| 遮蔽に必要な水位(m)*3 | 9.94*1<br>(EL40.77) |
| 評価結果 | ○*4 |

注記＊1：燃料プール底部からの高さ

＊2：スキマサージタンクへのオーバーフロー水位

＊3：燃料取替機床面での線量率が設計基準線量当量率(≦0.06mSv/h)を満足する水位

＊4：燃料プール水温が 65℃となるまでに燃料プールの冷却機能及び燃料プールへの給水機能を有する系統による給水，冷却が可能であるため

2.3　防護すべき設備を内包する建物外及びエリア外からの溢水に対する評価

Ⅵ-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」にて設定した防護すべき設備を内包する建物外及びエリア外で発生を想定する溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

2.3.1　タービン建物からの溢水に対する評価

2.3.1.1　タービン建物（復水器を設置するエリア）からの溢水評価

(1) 評価方法

タービン建物（復水器を設置するエリア）からの溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水については，想定破損による

溢水として循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し，配管破断箇所の隔離に要する時間までの溢水量を算出する。

(2) 判定基準

タービン建物（復水器を設置するエリア）から発生を想定する溢水がタービン建物内に滞留でき，隣接する防護すべき設備を設置する原子炉建物に伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3) 評価結果

タービン建物（復水器を設置するエリア）で発生する溢水水位は，Ⅵ-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」のうち「2.1 想定破損による溢水」において設定される溢水量より算出する。

タービン建物（復水器を設置するエリア）の溢水量は 14,452m$^3$ となり，タービン建物（復水器を設置するエリア）の滞留容積(6,866m$^3$）より大きいことから，タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））へ伝播し，溢水水位は EL5.89m となる。タービン建物（復水器を設置するエリア）からの溢水評価結果を表 2－2 に示す。

タービン建物と隣接する防護すべき設備を設置する原子炉建物の境界には，EL8.80m までⅥ-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，復水器を設置するエリアの溢水は防護すべき設備を設置する原子炉建物へ伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

なお，地震起因による溢水量(5,967m$^3$）及び消火水の放水による溢水により発生する溢水量(46.8m$^3$)は，想定破損による溢水量より少ないことから，想定破損による溢水評価に包含される。

表 2－2 タービン建物（復水器を設置するエリア）からの溢水評価結果*1

| エリア | 床高さ (m) | 滞留面積 (m$^2$) | 滞留容積 (m$^3$) | 溢水量 (m$^3$) | 溢水水位*2 (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 復水器を設置するエリア | EL0.25～EL2.00 | 1,027 | 1,798 | 1,798 | 満水 |
| | EL2.00～EL4.90 | 1,535 | 4,452 | 4,452 | 満水 |
| | EL4.90～EL5.50 | 1,027 | 616 | 616 | 満水 |
| Ｓクラスの設備を設置するエリア（東） | EL-4.80～EL0.25 | 65 | 333 | 333 | 満水 |
| | EL0.25～EL2.00 | 687 | 1,203 | 1,203 | 満水 |
| | EL2.00～EL4.90 | 1,732 | 5,024 | 5,024 | 満水 |
| | EL4.90～EL5.50 | 633 | 380 | 380 | 満水 |
| タービン建物１階 | EL5.50～EL8.80 | 2,084 | 6,879 | 646 | 0.39 (EL5.89) |
| 合計 | | | 20,685 | 14,452 | |
| 判定 | | | | | ○ |

注記＊1：表の値は，算出結果に対して小数点以下を切り捨てた値を示す

＊2：水上高さ(0.075m)を加えた値を示す

2.3.1.2　タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））からの溢水に対する評価

(1)　評価方法

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））からの溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））における溢水については，想定破損による溢水として復水・給水系配管の破損を想定する。

(2)　判定基準

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））から発生を想定する溢水がタービン建物内に滞留でき，隣接する防護すべき設備を設置する原子炉建物に伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3)　評価結果

タービン建物内で発生する溢水水位は，VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」のうち「2.1　想定破損による溢水」において設定される溢水量により算出する。

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））の溢水量は1,646m$^3$となり，タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））の滞留容積(3,281m$^3$）より小さいことから，タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））に滞留可能で，溢水水位はEL3.54mとなる。タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））からの溢水評価結果を表2－3に示す。

タービン建物と防護すべき設備を設置する原子炉建物の境界には，EL8.80mまでVI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，タービン建物（Ｓクラスエリア（西））の溢水は防護すべき設備を設置する原子炉建物へ伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

なお，地震起因による溢水量(1,061m$^3$）及び消火水の放水による溢水により発生する溢水量(46.8m$^3$)は，想定破損による溢水量より少ないことから，地震起因による溢水評価に包含される。

表2－3　タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（西））からの溢水評価結果*1

| 床高さ (m) | 滞留面積 (m$^2$) | 滞留容積 (m$^3$) | 溢水量 (m$^3$) | 溢水水位*2 (m) |
|---|---|---|---|---|
| EL2.00～EL4.90 | 1,131 | 3,281 | 1,646 | 1.54 (EL3.54) |
| 判定 | | | | ○ |

注記＊1：表の値は，算出結果に対して小数点以下を切り捨てた値を示す

＊2：水上高さ(0.075m)を加えた値を示す

2.3.1.3　タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））からの溢水に対する評価

(1)　評価方法

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））からの溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））における溢水については，地震起因による溢水としてＢ，Ｃクラス機器の破損に伴う溢水量を算出する。

(2)　判定基準

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））から発生を想定する溢水がタービン建物内に滞留でき，隣接する防護すべき設備を設置する原子炉建物に伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3)　評価結果

タービン建物内で発生する溢水水位は，VI-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」のうち「2.3　地震起因による溢水」において設定される溢水量より算出する。

タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））の溢水量は 2,818m$^3$ となり，タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））の滞留容積(6,560m$^3$)より小さいことから，タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））に滞留可能で，溢水水位は EL2.82m となる。タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））からの溢水評価結果を表 2－4 に示す。

タービン建物と防護すべき設備を設置する原子炉建物の境界には，EL8.80m までVI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））の溢水は防護すべき設備を設置する原子炉建物へ伝播せず，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

なお，想定破損による溢水量(1,646m$^3$)及び消火水の放水による溢水により発生する溢水量(46.8m$^3$)は，地震起因による溢水量より少ないことから，地震起因による溢水評価に包含される。

表 2－4　タービン建物（Ｓクラスの設備を設置するエリア（東））からの溢水評価結果*1

| 床高さ (m) | 滞留面積 (m$^2$) | 滞留容積 (m$^3$) | 溢水量 (m$^3$) | 溢水水位*2 (m) |
|---|---|---|---|---|
| EL-4.80～EL0.25 | 65 | 333 | 333 | 満水 |
| EL0.25～EL2.00 | 687 | 1,203 | 1,203 | 満水 |
| EL2.00～EL4.90 | 1,732 | 5,024 | 1,282 | 0.82 (EL2.82) |
| 合計 | | 6,560 | 2,818 | |
| 判定 | | | | ○ |

注記＊1：表の値は，算出結果に対して小数点以下を切り捨てた値を示す

＊2：水上高さ(0.075m)を加えた値を示す

2.3.2　取水槽循環水ポンプエリアからの溢水に対する評価

(1)　評価方法

取水槽循環水ポンプエリアからの溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水については，想定破損による溢水として循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し，取水槽循環水ポンプエリアが満水となり，取水槽循環水ポンプエリア天端(EL8.8m)を越流することを前提とする。

(2)　判定基準

取水槽循環水ポンプエリアから発生を想定する溢水が隣接する防護すべき設備を設置する取水槽海水ポンプエリアに伝播せず，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3)　評価結果

取水槽循環水ポンプエリアで発生する溢水により，取水槽循環水ポンプエリアは満水となり,取水槽循環水ポンプエリア天端(EL8.80m)を越流して他区画へ伝播する。越流水深は,循環水系の溢水流量(15,590$m^3$/h)から Govinda Rao の式を用いて算出した結果,EL9.04m となる。

取水槽循環水ポンプエリアと防護すべき設備を設置する取水槽海水ポンプエリアとの境界には，EL10.80m までⅥ-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，取水槽循環水ポンプエリアの溢水は防護すべき設備を設置する取水槽海水ポンプエリアへ伝播せず，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

なお，地震起因による溢水により発生する溢水流量(10,704$m^3$/h)及び消火水の放水による溢水流量(42$m^3$/h)は，想定破損による溢水流量より少ないことから，想定破損による溢水評価に包含される。

2.3.3　復水貯蔵タンクエリアからの溢水に対する評価

(1)　評価方法

復水貯蔵タンクエリアからの溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

復水貯蔵タンクエリアにおける溢水については，地震起因による溢水として復水貯蔵タンク，補助復水貯蔵タンク及びトーラス水受入タンクの全保有水量を溢水量とする。

(2)　判定基準

復水貯蔵タンクエリアから発生を想定する溢水が復水貯蔵タンクエリア内に滞留でき，隣接する防護すべき設備を設置する原子炉建物に伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3)　評価結果

復水貯蔵タンクエリアで発生する溢水水位は，Ⅵ-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」のうち「2.3　地震起因による溢水」において設定される溢水量により算出する。

復水貯蔵タンクエリアの溢水量は6,000m³となり，溢水水位はEL23.76mとなる。復水貯蔵タンクエリアからの溢水評価結果を表2－5に示す。

復水貯蔵タンクエリアと隣接する防護すべき設備を設置する原子炉建物の境界には，EL24.10mまでⅥ-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，復水貯蔵タンクエリアの溢水は防護すべき設備を設置する原子炉建物へ伝播せず，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

表2－5　復水貯蔵タンクエリアからの溢水評価結果*1

| 床高さ (m) | 滞留面積 (m²) | 滞留容積 (m³) | 溢水量 (m³) | 溢水水位*2 (m) |
|---|---|---|---|---|
| EL11.56～EL15.30 | — | 386 | 386 | 満水 |
| EL15.30～EL19.00 | — | 2,574 | 2,574 | 満水 |
| EL19.00～EL24.10 | 649 | 3,311 | 3,040 | 4.76 (EL23.76) |
| 合計 | | 6,271 | 6,000 | |
| 判定 | | | | ○ |

注記＊1：表の値は，算出結果に対して小数点以下を切り捨てた値を示す

＊2：水上高さ(0.075m)を加えた値を示す

2.3.4　1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物からの溢水に対する評価

(1)　評価方法

1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物からの溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物の溢水については，地震起因による溢水として各建物の系統の全保有水量に1号機復水貯蔵タンクの保有水量を合算して算出する。

(2)　判定基準

1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物の溢水が各建物内に滞留でき，隣接する防護すべき設備を設置する制御室建物及び廃棄物処理建物に伝播することはなく，防護すべき設備に要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3)　評価結果

1号機タービン建物の溢水量は 2,700m³ となり，1号機タービン建物の滞留容積（11,170m³）より小さいことから，1号機タービン建物に滞留可能である。また，1号機廃棄物処理建物の溢水量は4,400m³となり，1号機廃棄物処理建物の滞留容積(4,920m³)より小さいことから，1号機廃棄物処理建物に滞留可能である。1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物からの溢水評価結果を表2－6に示す。

１号機タービン建物と防護すべき設備を設置する制御室建物の境界にはEL8.80mまで，１号機廃棄物処理建物と防護すべき設備を設置する制御室建物及び廃棄物処理建物の境界にはEL15.30mまで，Ⅵ-1-1-9-5　「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，１号機タービン建物及び１号機廃棄物処理建物の溢水は防護すべき設備を設置する制御室建物及び廃棄物処理建物へ伝播することはなく，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

表２－６　１号機タービン建物及び１号機廃棄物処理建物からの溢水評価結果

| 建物境界 | 床高さ (m) | 滞留容積 ($m^3$) | 溢水量 ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| １号機タービン建物 | EL-1.50～EL8.80 | 11,170 | 2,700 |
| １号機廃棄物処理建物 | EL6.50～EL15.30 | 4,920 | 4,400 |
| 判定 | | | ○ |

2.3.5　屋外タンク等からの溢水に対する評価

(1)　評価方法

屋外タンク等の破損により生じる溢水による防護すべき設備への影響を評価する。

屋外タンク等の地震起因による溢水としては，図２－２及び表２－７に示す屋外タンク等の複数同時破損を想定した溢水影響を評価する。

また，想定破損による溢水については，破損を想定する各タンクの溢水量に対して，表２－７に示す合計溢水量の方が大きいことから屋外タンク等の地震起因による溢水に包含される。評価に用いる流体解析コードＦｌｕｅｎｔの検証，妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5-7「計算機プログラム（解析コード）の概要・Ｆｌｕｅｎｔ」に示す。

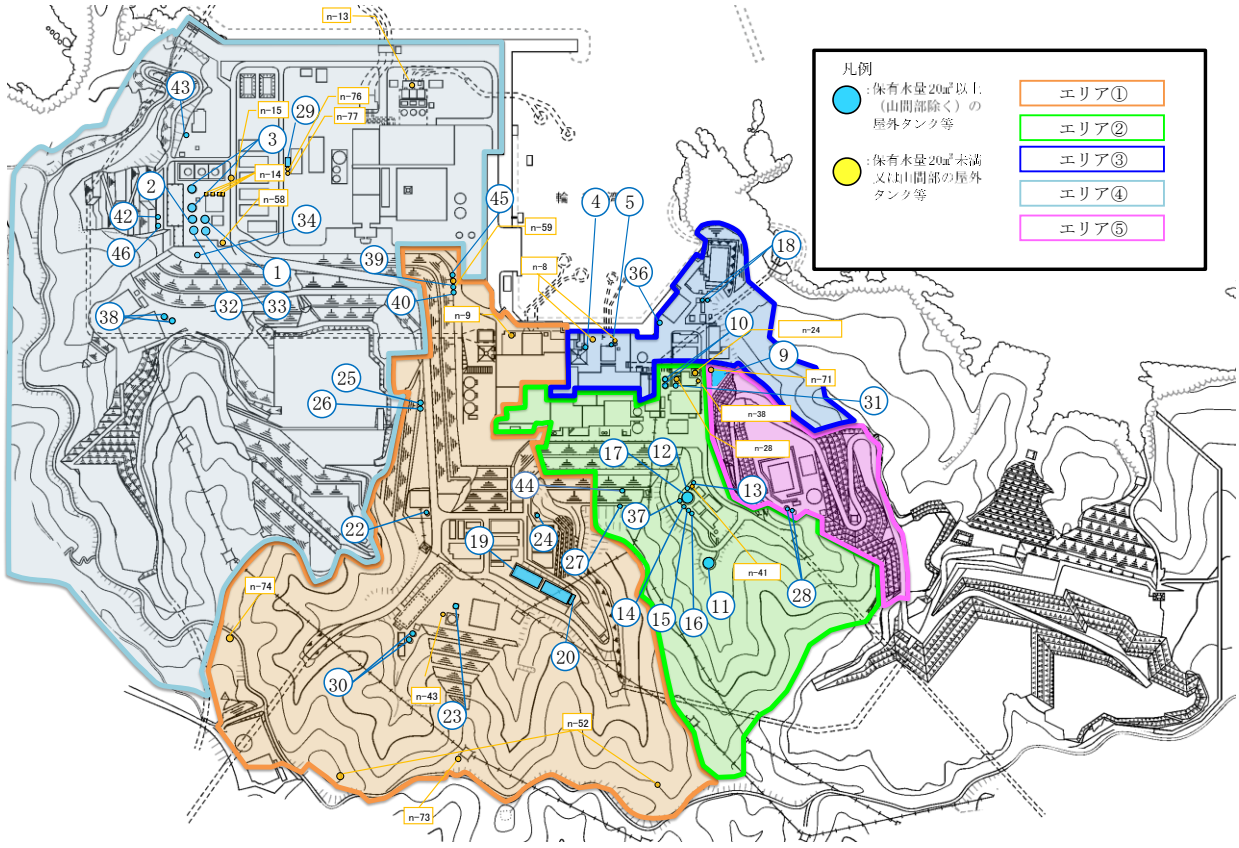



図 2－2　屋外タンク等の配置

# 表 2－7　溢水源とする屋外タンク等

| No | 名称 | 保有水量 [$m^3$] | 溢水伝播挙動評価に用いる溢水量 [$m^3$]*1 | 配置No | 保有水量20$m^3$以上（山間部除く）の屋外タンク等 | エリアNo | 合計保有水量 [$m^3$] | 溢水伝播挙動評価に用いる合計溢水量 [$m^3$]*2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 雑用水タンク | 33 | 49 | 25 | ○ | エリア① | 2,832 | 3,366 (2,994) |
| 2 | 宇中系統中継水槽（西山水槽） | 30 | 45 | 26 | ○ | | | |
| 3 | 碍子水洗タンク | 146 | 161 | 22 | ○ | | | |
| 4 | ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油タンク用消火タンク | 49 | 73 | 23 | ○ | | | |
| 5 | A-44m盤消火タンク | 155 | 171 | 30 | ○ | | | |
| 6 | B-44m盤消火タンク | 155 | 171 | 30 | ○ | | | |
| 7 | 輪谷貯水槽（東側）沈砂池 | 260 | 286 | 20 | ○ | | | |
| 8 | 原水80ｔ水槽 | 80 | 120 | 24 | ○ | | | |
| 9 | 仮設水槽-1(2号西側法面付近) | 20 | 30 | 39 | ○ | | | |
| 10 | 仮設水槽-2(2号西側法面付近) | 20 | 30 | 40 | ○ | | | |
| 11 | 仮設水槽-3(2号西側法面付近) | 20 | 30 | 45 | ○ | | | |
| 12 | 輪谷貯水槽（東側） | 1,864*3 | 2,200 | 19 | ○ | | | |
| 13 | 泡消火薬剤貯蔵槽（ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油タンク） | 1 | － | n-43 | － | | 162 | |
| 14 | 山林用防火水槽（スカイライン） | 50 | － | n-52 | － | | | |
| 15 | 山林用防火水槽（スカイライン） | 50 | － | n-52 | － | | | |
| 16 | 仮設水槽(2号西側法面付近) | 2 | － | n-59 | － | | | |
| 17 | 防火水槽 | 20 | － | n-74 | － | | | |
| 18 | 防火水槽 | 20 | － | n-73 | － | | | |
| 19 | 鉄イオン溶解タンク（２号） | 19 | － | n-9 | － | | | |
| 20 | 純水タンク(A) | 600 | 660 | 10 | ○ | エリア② | 7,681 | 8,602 (7,712) |
| 21 | 純水タンク(B) | 600 | 660 | 10 | ○ | | | |
| 22 | ２号ろ過水タンク | 3,000 | 3,300 | 11 | ○ | | | |
| 23 | １号除だく槽 | 87 | 131 | 12 | ○ | | | |
| 24 | １号ろ過器 | 62 | 93 | 13 | ○ | | | |
| 25 | ２号除だく槽 | 102 | 113 | 14 | ○ | | | |
| 26 | ２号ろ過器 | 36 | 54 | 15 | ○ | | | |
| 27 | ２号濃縮槽 | 30 | 45 | 16 | ○ | | | |
| 28 | １号ろ過水タンク | 3,000 | 3,300 | 17 | ○ | | | |
| 29 | 74m盤受水槽（２槽） | 60 | 90 | 27 | ○ | | | |
| 30 | 純水装置廃液処理設備 | 42 | 63 | 31 | ○ | | | |
| 31 | 22m盤受水槽 | 30 | 45 | 37 | ○ | | | |
| 32 | 59m盤トイレ用水貯槽 | 32 | 48 | 44 | ○ | | | |
| 33 | 所内ボイラブロータンク | 1 | － | n-24 | － | | 31 | |
| 34 | 所内ボイラ冷却水冷却塔 | 1 | － | n-24 | － | | | |
| 35 | C－真空脱気塔 | 3 | － | n-28 | － | | | |
| 36 | D－真空脱気塔 | 3 | － | n-28 | － | | | |
| 37 | C/D用冷却水回収槽 | 2 | － | n-28 | － | | | |
| 38 | A-真空脱気塔 | 2 | － | n-38 | － | | | |
| 39 | B-真空脱気塔 | 2 | － | n-38 | － | | | |
| 40 | 冷却水回収槽 | 2 | － | n-38 | － | | | |
| 41 | １号除だく槽排水槽 | 7 | － | n-41 | － | | | |
| 42 | トイレ用ろ過水貯槽 | 8 | － | n-41 | － | | | |
| 43 | 変圧器消火水槽 | 306 | 336 | 4 | ○ | エリア③ | 441 | 539 (455) |
| 44 | 電解液受槽（１号） | 22 | 33 | 5 | ○ | | | |
| 45 | A-サイトバンカ建物消火タンク | 46 | 69 | 18 | ○ | | | |
| 46 | B-サイトバンカ建物消火タンク | 46 | 69 | 18 | ○ | | | |
| 47 | 管理事務所4号館用消火タンク | 21 | 32 | 36 | ○ | | | |
| 48 | 電解液受槽（２号） | 10 | － | n-8 | － | | 14 | |
| 49 | １号海水電解装置電解槽(循環ﾗｲﾝ　8槽) | 2 | － | n-8 | － | | | |
| 50 | ２号海水電解装置電解槽(非循環ﾗｲﾝ　12槽) | 2 | － | n-8 | － | | | |
| 51 | ３号ろ過水タンク（A） | 1,000 | 1,100 | 1 | ○ | エリア④ | 6,979 | 7,735 (7,023) |
| 52 | ３号純水タンク（A） | 1,000 | 1,100 | 2 | ○ | | | |
| 53 | 消火用水タンク（A） | 1,200 | 1,320 | 3 | ○ | | | |
| 54 | 消火用水タンク（B） | 1,200 | 1,320 | 3 | ○ | | | |
| 55 | ３号仮設海水淡水化装置（海水受水槽） | 25 | 38 | 29 | ○ | | | |
| 56 | 仮設合併処理槽 | 31 | 46 | 34 | ○ | | | |
| 57 | ３号純水タンク（B） | 1,000 | 1,100 | 32 | ○ | | | |
| 58 | ３号ろ過水タンク（B） | 1,000 | 1,100 | 33 | ○ | | | |
| 59 | A-45m盤消火タンク | 155 | 171 | 38 | ○ | | | |
| 60 | B-45m盤消火タンク | 155 | 171 | 38 | ○ | | | |
| 61 | 宇中受水槽 | 24 | 36 | 46 | ○ | | | |
| 62 | 宇中合併浄化槽（１） | 63 | 94 | 42 | ○ | | | |
| 63 | 宇中合併浄化槽（２） | 126 | 139 | 43 | ○ | | | |
| 64 | 海水電解装置脱気槽 | 12 | － | n-13 | － | | 44 | |
| 65 | 補助ボイラ排水処理装置　排水ｐＨ中和槽 | 3 | － | n-14 | － | | | |
| 66 | 重油タンク用泡原液差圧調合槽 | 2 | － | n-15 | － | | | |
| 67 | 補助ボイラ補機冷却水薬液注入貯槽 | 1 | － | n-14 | － | | | |
| 68 | ブロータンク | 1 | － | n-14 | － | | | |
| 69 | 排水放流槽 | 1 | － | n-14 | － | | | |
| 70 | 訓練用模擬水槽 | 4 | － | n-58 | － | | | |
| 71 | ３号仮設海水淡水化装置（RO処理水槽） | 15 | － | n-76 | － | | | |
| 72 | ３号仮設海水淡水化装置（仮設純水槽） | 5 | － | n-77 | － | | | |
| 73 | 管理事務所１号館東側調整池 | 1,520 | 1,672 | 9 | ○ | エリア⑤ | 1,830 | 2,014 (1,840) |
| 74 | A-50m盤消火タンク | 155 | 171 | 28 | ○ | | | |
| 75 | B-50m盤消火タンク | 155 | 171 | 28 | ○ | | | |
| 76 | 濁水処理装置 | 10 | － | n-71 | － | | 10 | |
| 合　計 | | | | | | | 20,024 | 22,256 |

注記＊1：評価に用いる溢水量は保有水量を以下のとおり割り増した
20$m^3$以上 100$m^3$以下の屋外タンク等：1.5 倍
100$m^3$を超える屋外タンク等：1.1 倍
輪谷貯水槽（東側）：1,864$m^3$を上回る 2,200$m^3$とした
＊2：() 内はエリア内の溢水源とする屋外タンク等の合計保有水量を示す
＊3：輪谷貯水槽のスロッシング解析値(1,694$m^3$)を 1.1 倍し，切上げた値

(2) 判定基準

屋外タンク等からの溢水が溢水防護区画内への浸水経路に対して伝播することがなく，屋外に設置する防護すべき設備は，要求される機能を損なうおそれがないこと。

(3) 評価結果

屋外タンク等の破損により生じる溢水に対し，Ⅵ-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す溢水伝播を防止する設備を設置していることから，防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。屋外タンク等からの溢水による溢水防護区画に対する評価結果を表 2－8 に示す。

表 2－8　屋外タンク等からの溢水による溢水防護区画に対する評価結果

| 流入経路 | 評価結果 |
|---|---|
| 建物外壁にある扉 | 防護すべき設備を設置する原子炉建物及び廃棄物処理建物については，各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置が高いことから溢水防護区画への伝播はない。<br>また，タービン建物については，外壁にある扉付近の水位が最大で 0.72m であり，扉の設置位置(0.4m)を超えるが，扉の下端高さを超える水位の継続時間が短く，流入する溢水は少量であり，タービン建物の溢水を滞留できる滞留容積より小さいことから溢水防護区画への伝播はない。 |
| 建物外壁にある貫通部 | 建物廻りの地上１m 以下の貫通部に対してシリコン等の止水処置を実施しているため，溢水防護区画への伝播はない。 |
| ２号機建物に隣接する１号機建物の境界における開口部 | 隣接する１号機原子炉建物，タービン建物及び廃棄物処理建物については敷地高さ(EL8.5m 及び EL15.0m)から 0.3m の高さまで建物扉や貫通部がないことから，溢水防護区画への伝播はない。 |
| 地下ダクト接続箇所 | 屋外とダクト又はダクトと建物境界部に止水処置を実施するため，溢水防護区画への伝播はない。 |
| 建物間の接合部 | 建物間の接合部にはエキスパンションジョイント止水板が設置されているため，溢水防護区画への伝播はない。 |
| 建物外の防護すべき設備 | 排気筒エリアのディーゼル燃料移送ポンプについては最大溢水水位よりも高い防水壁及び水密扉を設置しており，溢水防護区画への伝播はない。<br>取水槽エリアについては，最大溢水水位よりも高い防水壁を設置しており，溢水防護区画への伝播はない。<br>B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽については近傍の水位より外壁に設置された扉の設置位置が高いことから溢水防護区画への伝播はない。 |

2.3.6　地下水に対する評価

地下水を排水するための地下水位低下設備は，基準地震動Ｓｓによる地震力に対してその機能を損なうおそれがない設計とすることから，地震時でも機能喪失することなく地下水を排水可能である。

よって，溢水防護区画を内包する建物内の防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれはない。

地下水位低下設備の設計方針については，Ⅵ-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示す。

2.4　管理区域外への漏えい防止に対する評価

(1)　評価方法

発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器，配管その他の設備からあふれ出る放射性物質を含む液体が，管理区域外へ漏えいするおそれがないことを評価する。

Ⅵ-1-1-9-3「溢水評価条件の設定」で設定した溢水源，溢水量，溢水防護区画及び溢水経路を踏まえ，管理区域内での放射性物質を含む液体の溢水水位は「2.1.1　没水影響に対する評価」における算出方法により評価する。

管理区域外へ放射性物質を含む液体が伝播するおそれがある区画における溢水水位と放射性物質を含む液体が管理区域外へ伝播を防止する対策を実施する高さを比較し，放射性物質を含む液体が管理区域外へ伝播するおそれがないことを評価する。

(2)　判定基準

発生を想定する放射性物質を含む液体の溢水水位が，管理区域外へ伝播を防止する対策を実施する高さを越えず，放射性物質を含む液体が管理区域外へ伝播するおそれがないこと。

(3)　評価結果

発生を想定する放射性物質を含む液体の溢水水位は，管理区域外へ伝播を防止する対策を実施する高さを超えないことから，放射性物質を含む液体は管理区域外へ伝播するおそれがない。管理区域外伝播防止の評価結果を表 2－9 に示す。

表 2－9　管理区域外伝播防止の評価結果

| 対象建物<br>（評価区画） | 溢水水位(m) | 対策高さ(m) |
|---|---|---|
| 原子炉建物（R-B1F-18-3N） | 1.56 | 1.56 以上 |
| 原子炉建物（R-1F-01-2N） | 0.32 | 0.32 以上 |
| 原子炉建物（R-1F-16N） | 0.56 | 0.56 以上 |
| 原子炉建物（R-2F-03N） | 0.61 | 0.61 以上 |
| 原子炉建物（R-2F-08N） | 0.68 | 0.68 以上 |
| 廃棄物処理建物（RW-1F-201N） | 0.47 | 0.47 以上 |
| 廃棄物処理建物（R-2F-201N） | 0.36 | 0.36 以上 |
| 廃棄物処理建物（RW-4F-201N） | 0.25 | 0.25 以上 |
| タービン建物（T-B1F-203N） | 1.54 | 1.54 以上 |
| タービン建物（T-2F-201N） | 0.37 | 0.37 以上 |
| タービン建物（T-2F-203N） | 1.51 | 1.51 以上 |
| タービン建物（T-3F-201N） | 0.46 | 0.46 以上 |
| タービン建物（T-4F-202N） | 0.31 | 0.31 以上 |
| 制御室建物<br>（C-2F-02N，03N，04-2N，04-3N，06N，07N，08N，09N） | 0.27 | 0.27 以上 |
| 復水貯蔵タンクエリア | 8.46 | 8.46 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-1F-201N） | 0.22 | 0.22 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-1F-202N） | 0.14 | 0.14 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-1F-204N） | 1.99 | 1.99 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-1F-205N） | 0.25 | 0.25 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-2F-202N） | 0.29 | 0.29 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-3F-202N） | 0.23 | 0.23 以上 |
| サイトバンカ建物（SB-3F-203N） | 0.26 | 0.26 以上 |

# Ⅵ-1-6　放射性廃棄物の廃棄施設の説明書

# Ⅵ-1-6-1　排気筒の基礎に関する説明書

本計算書の評価結果については，Ⅵ-2-2-15「排気筒の基礎の耐震性についての計算書」による。

# Ⅵ-2　耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-2　耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-2-15　排気筒の基礎の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　位置 ····· 2
2.2　構造概要 ····· 3
2.3　評価方針 ····· 6
2.4　適用規格・基準等 ····· 8
3.　応力解析による評価方法 ····· 9
3.1　評価対象部位及び評価方針 ····· 9
3.2　荷重及び荷重の組合せ ····· 11
3.2.1　荷重 ····· 11
3.2.2　荷重の組合せ ····· 14
3.3　許容限界 ····· 15
3.4　解析モデル及び諸元 ····· 18
3.4.1　モデル化の基本方針 ····· 18
3.4.2　解析諸元 ····· 20
3.5　評価方法 ····· 21
3.5.1　応力解析方法 ····· 21
3.5.2　断面の評価方法 ····· 22
4.　評価結果 ····· 25
4.1　鉄塔基礎及び筒身基礎の評価結果 ····· 25
4.2　基礎版の評価結果 ····· 28
4.3　接地圧の評価結果 ····· 32

1. 概要

本資料は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，排気筒の基礎の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり，その評価は，応力解析により評価を行う。

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

以下，それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2.　基本方針

2.1　位置

排気筒の基礎を含む排気筒の設置位置を図 2－1 に示す。

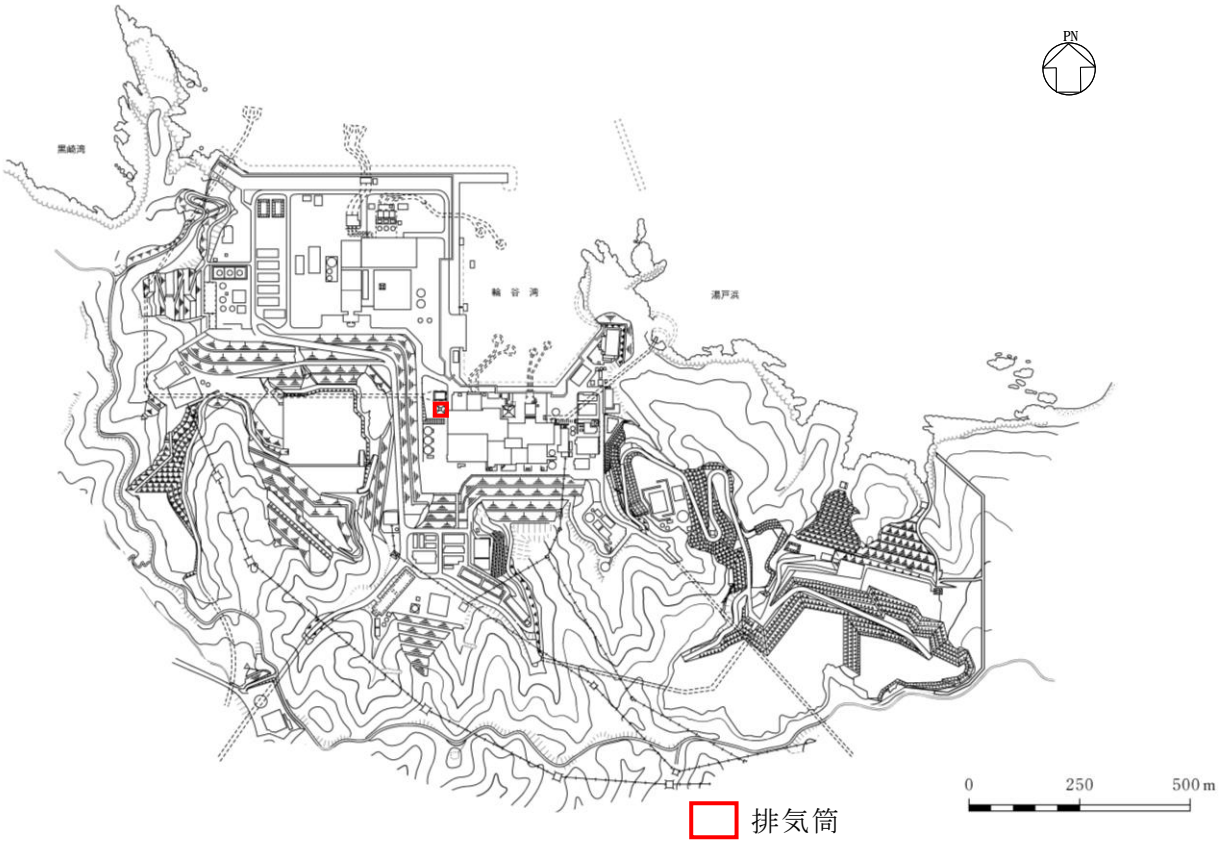



図 2－1　排気筒の設置位置

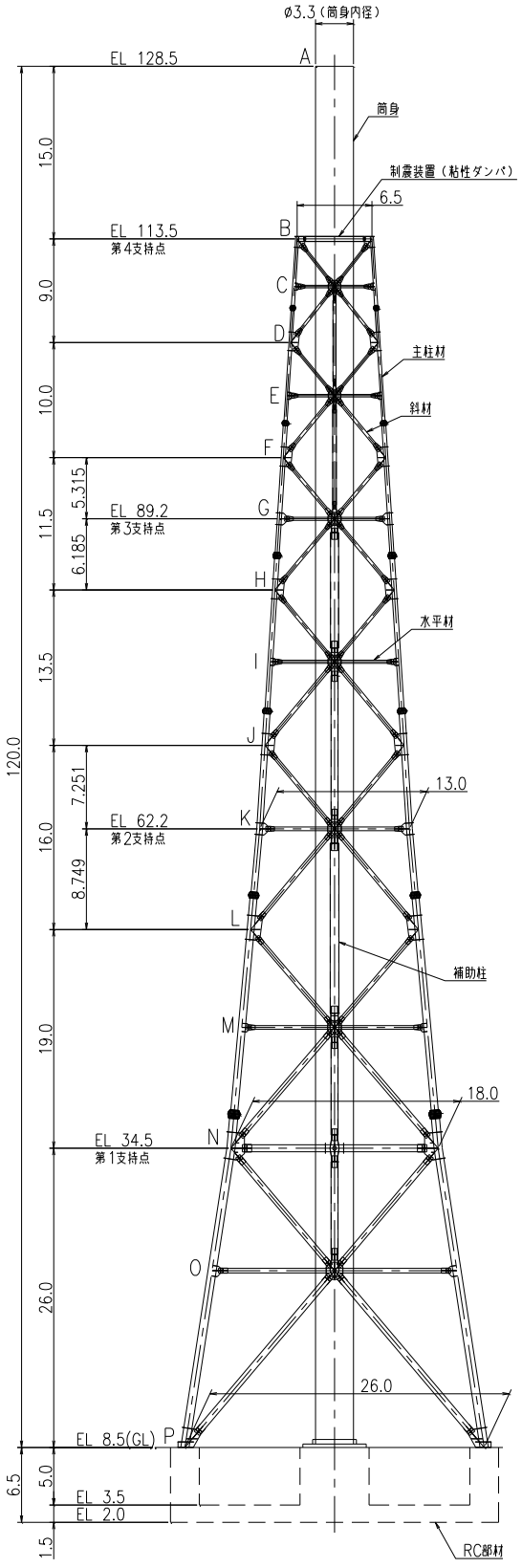
## 2.2　構造概要

排気筒の基礎は，高さ 120.0m，内径 3.3m の筒身を配した鋼製鉄塔支持型排気筒（制震装置（粘性ダンパ）付）を支持する鉄筋コンクリート構造物で岩盤に直接設置している。

排気筒の基礎は，周囲の 4 隅で鉄塔を支持する鉄塔基礎，中央部で筒身を支持する筒身基礎及びこれらを支持する基礎版で構成されている。

鉄塔基礎の形状は，平面形状 2.5m×2.5m，高さ 5.0m であり，筒身基礎の形状は，平面形状 6.0m×6.0m，高さ 5.0m であり，基礎版の形状は，平面形状 28.5m×28.5m，厚さ 1.5m である。

排気筒の概要図を図 2－2 に，基礎の概要図を図 2－3 に示す。



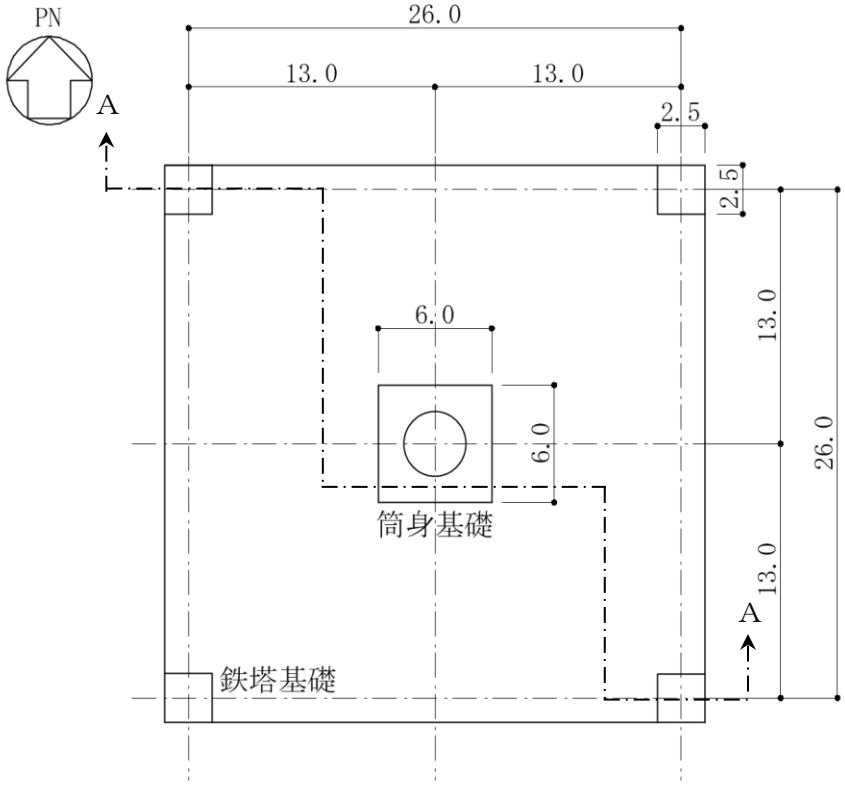

部材リスト（単位:mm）

| 主柱材 | 斜材 | 水平材 | 筒身 | 補助柱 |
|---|---|---|---|---|
| － | － | － | 10 | － |
| | | H-450x300 x10x15*2 | 12 | |
| φ267.4×6.6 | φ216.3×5.8 | φ216.3×5.8 | 10 | φ267.4×6.6 |
| φ355.6×6.4 | φ267.4×6.6 | φ267.4×6.6 | 12 | φ318.5×6.0 |
| φ406.4×7.9 | | | 10 | φ711.2×7.9 |
| φ508.0×9.5 | φ318.5×6.9 | | | φ609.6×12.7 |
| φ609.6×12.7 | φ355.6×7.9 | φ318.5×6.9 | 12 | φ762.0×12.7*3 |
| φ711.2×12.7 8PLs-22x100*1 | φ457.2×9.5 | φ609.6×9.5 | 10 | φ609.6×12.7*3 |
| | φ558.8×9.5 | φ406.4×9.5 | t=10 | － |
| STK41 (STK400相当) | | | SMA41A (SMA400AP相当) | STK400 |

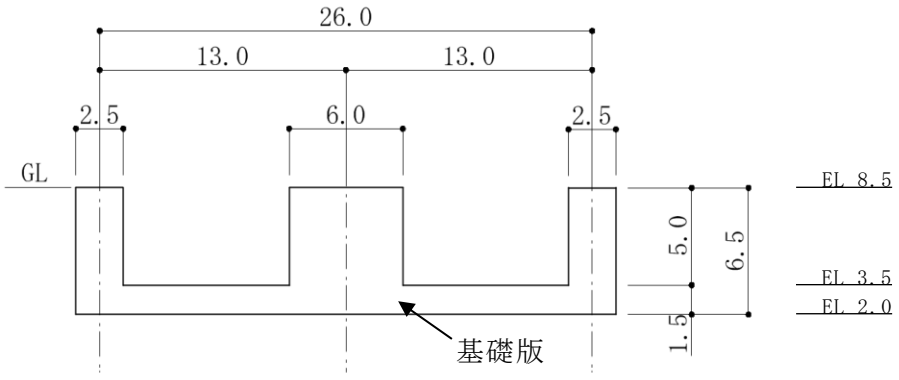
注記*1：SS400材を示す。
*2：SS41材（SS400相当）を示す。
*3：STK490材を示す。

注：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。

図 2－2　排気筒の概要図（単位：m）




(a) 平面図




(b) 断面図（Ａ－Ａ断面）

図 2－3　基礎の概要図（単位：m）

2.3　評価方針

排気筒の基礎の評価対象部位は，鉄塔基礎，筒身基礎及び基礎版とし，設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価においては，基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価（以下「Ｓｓ地震時に対する評価」という。）を行うこととする。なお，地震時及び暴風時に排気筒より受ける荷重を排気筒の基礎に作用させる。

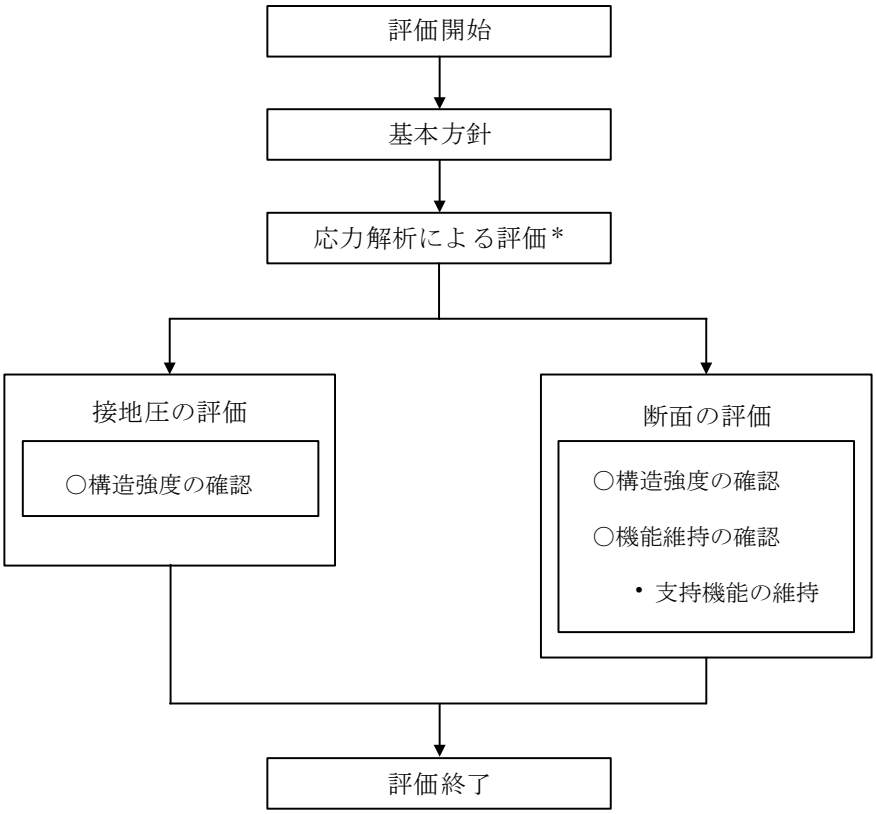
排気筒の基礎の設計基準対象施設としての評価においては，Ｓｓ地震時に対する評価は，Ⅵ-2-2-13「排気筒の地震応答計算書」及びⅥ-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」の結果を踏まえたものとする。排気筒の基礎の評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，応力解析による評価において断面の評価及び接地圧の評価を行うことで，排気筒の基礎の地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。評価にあたっては，材料物性の不確かさを考慮する。表 2－1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

また，重大事故等対処施設としての評価においては，Ｓｓ地震時に対する評価を行うこととする。ここで，排気筒の基礎では，運転時，設計基準事故時及び重大事故等時の状態における荷重条件は変わらないことから，重大事故等対処施設としての評価は，設計基準対象施設としての評価と同一となる。

図 2－4 に排気筒の基礎の評価フローを示す。

表 2－1　材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 検討ケース | コンクリート剛性 | 地盤物性 | 制震装置（粘性ダンパ） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 減衰係数 | 台数 | |
| ケース 1（工認モデル） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 標準値 | 8 | 基本ケース |
| ケース 2（地盤物性＋σ） | 設計基準強度 | 標準地盤＋σ（＋10%，＋20%） | 標準値 | 8 | |
| ケース 3（地盤物性－σ） | 設計基準強度 | 標準地盤－σ（－10%，－20%） | 標準値 | 8 | |
| ケース 4（減衰係数上限） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 標準値×1.3 | 8 | |
| ケース 5（減衰係数下限） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 標準値×0.7 | 7 | |




注記＊：VI-2-2-13「排気筒の地震応答計算書」及びVI-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2－4　排気筒の基礎の評価フロー

## 2.4　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

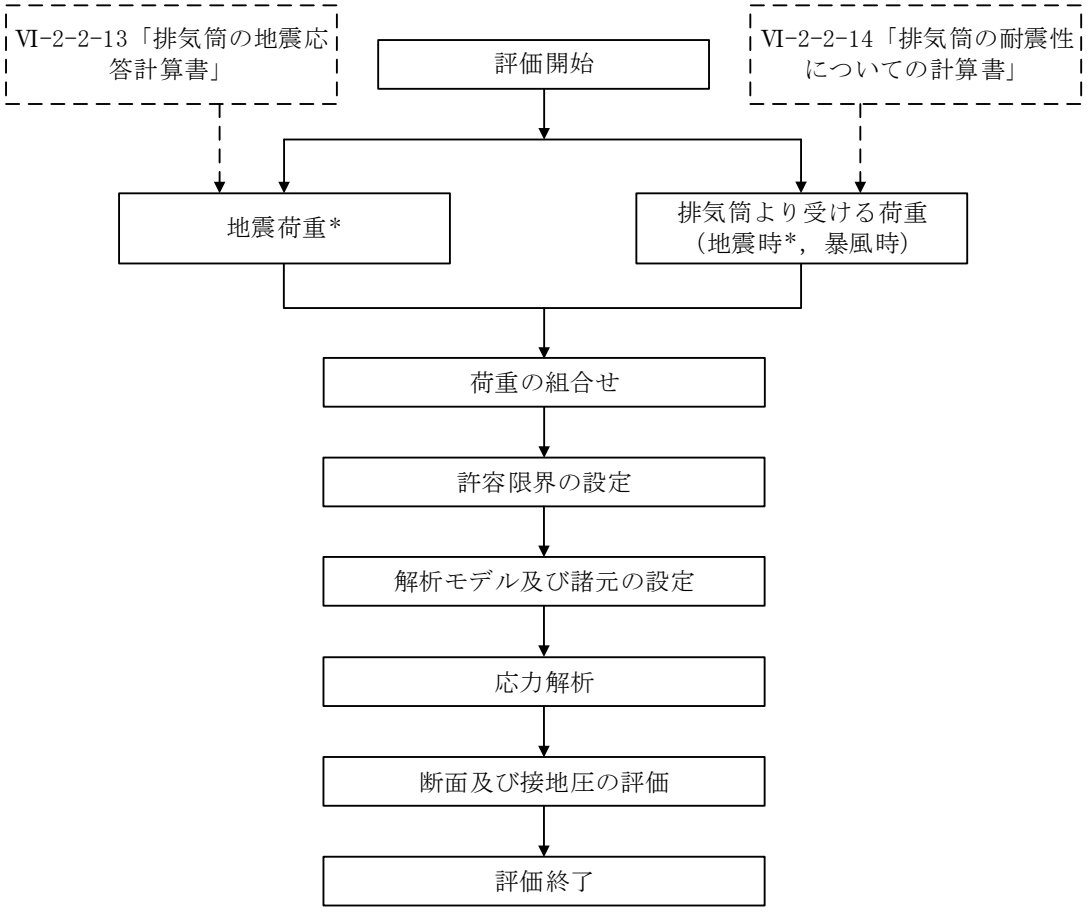
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）
・建築基準法・同施行令
・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 改定）
・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）
・鋼構造設計規準　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）

3.　応力解析による評価方法

3.1　評価対象部位及び評価方針

排気筒の基礎の応力解析による評価対象部位は鉄塔基礎,筒身基礎及び基礎版とし，3 次元ＦＥＭモデルを用いた応力解析により評価を行う。3 次元ＦＥＭモデルを用いた応力解析にあたっては，Ⅵ-2-2-13「排気筒の地震応答計算書」により算定された荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図 3－1 に示す。

Ｓｓ地震時に対する評価は，材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が，原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）（以下「ＲＣ－Ｎ規準」という。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。




注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 3－1　応力解析による評価フロー

3.2　荷重及び荷重の組合せ

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

3.2.1　荷重

(1)　固定荷重（ＤＬ）

排気筒の基礎に作用する固定荷重として，次のものを考慮する。

・鉄筋コンクリート構造体（鉄塔基礎，筒身基礎及び基礎版）の自重：23.5kN/m$^3$

(2)　積載荷重（Ｐ）

積載物はないため，積載荷重は考慮しない。

(3)　地震荷重（Ｓｓ）

a.　慣性力（$K_v$）

地震時における基礎の慣性力（$K_v$）は，Ⅵ-2-2-13「排気筒の地震応答計算書」から得られる基礎版上端レベル（EL 3.5m）のＳｓ地震時の鉛直方向最大応答加速度より算定した鉛直震度から算定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を用いて算定する。応力解析で考慮するＳｓ地震時の最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表3－1に示す。

表3－1　最大応答鉛直加速度及び鉛直震度

| 位置 | 最大応答鉛直加速度 (cm/s$^2$) | 鉛直震度 |
|---|---|---|
| 基礎版 (EL 3.5m) | 664 | 0.68 |

b.　地震時に排気筒より受ける荷重（$U_s$）

地震時に排気筒より受ける荷重は，Ⅵ-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」に基づき，排気筒に基準地震動Ｓｓによる地震荷重が作用した際に，鉄塔基礎及び筒身基礎に作用する反力を考慮する。排気筒より受ける荷重は，材料物性の不確かさを考慮した反力を用いる。地震時に排気筒より受ける荷重を表3－2に示す。

(4)　風荷重（$P_k$）

暴風時に排気筒より受ける荷重は，Ⅵ-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」に基づき，排気筒に風荷重が作用した際に，鉄塔基礎及び筒身基礎に作用する反力を考慮する。暴風時に排気筒より受ける荷重を表 3－2 に示す。

なお，暴風時に排気筒より受ける荷重は地震時に排気筒より受ける荷重に包絡されるため評価を省略する。

表 3－2　排気筒より受ける荷重

| 作用位置 | | 応力 | 固定荷重 | 地震時 | | 暴風時 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 固定荷重＋地震荷重 | | 固定荷重＋風荷重 | |
| | | | | 0° 方向 | 45° 方向 | 0° 方向 | 45° 方向 |
| 鉄塔基礎 | $C_1$ | N | 965 | −2551 | −2551 | −816 | −1964 |
| | | $H_X$ | 206 | −779 | −779 | −194 | −522 |
| | | $H_Y$ | 206 | −747 | −747 | −274 | −522 |
| | $C_2$ | N | 965 | 4481 | 1752 | 2746 | 965 |
| | | $H_X$ | −206 | −1191 | 779 | −606 | −147 |
| | | $H_Y$ | 206 | 1159 | 1159 | 686 | 265 |
| | $C_3$ | N | 965 | 4481 | 4481 | 2746 | 3894 |
| | | $H_X$ | −206 | −1191 | −1191 | −606 | −934 |
| | | $H_Y$ | −206 | −1159 | −1159 | −686 | −934 |
| | $C_4$ | N | 965 | −2551 | 1752 | −816 | 965 |
| | | $H_X$ | 206 | −779 | 1191 | −194 | 265 |
| | | $H_Y$ | −206 | 747 | 747 | 274 | −147 |
| 筒身基礎 | | N | 1524 | 3098*1<br>−50*2 | 3098*1<br>−50*2 | 1524 | 1524 |
| | | $H_X$ | 0 | −366 | −342 | −50 | −37 |
| | | $H_Y$ | 0 | −2 | −259 | 0 | −37 |
| | | $M_X$ | 0 | 38 | 1408 | 0 | 694 |
| | | $M_Y$ | 0 | −1991 | −1976 | −844 | −694 |

記号の説明

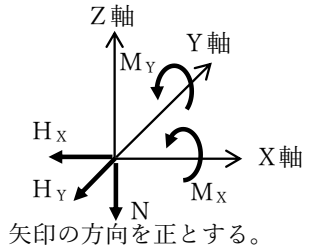
N　　：軸力(kN)

$H_X$　　：X方向水平力(kN)

$H_Y$　　：Y方向水平力(kN)

$M_X$　　：X軸まわり曲げモーメント(kN･m)

$M_Y$　　：Y軸まわり曲げモーメント(kN･m)

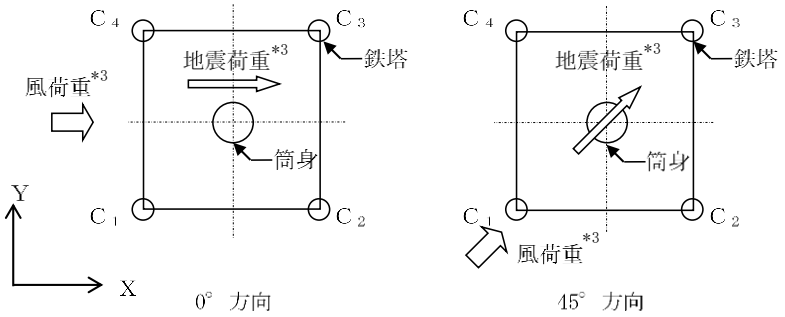


矢印の方向を正とする。

注記＊1：鉛直方向地震荷重（下向き）を考慮する際に用いる。

＊2：鉛直方向地震荷重（上向き）を考慮する際に用いる。

＊3：0° 方向及び45° 方向の荷重の作用方向を矢印で示す。



3.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せは表 3－3 による。

表 3－3　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | ＤＬ＋Ｓｓ |

ＤＬ　　：固定荷重

Ｓｓ　　：基準地震動Ｓｓによる地震荷重

3.3　許容限界

応力解析による評価における排気筒の基礎の許容限界は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表3－4及び表3－5のとおり設定する。また，コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3－6及び表3－7に示す。

表3－4　応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| － | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 鉄塔基礎，筒身基礎，基礎版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して妥当な安全裕度を有する許容限界*1 |
| | | | 基礎地盤 | 最大接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認 | 極限支持力度*2（9.8N/mm$^2$） |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 鉄塔基礎，筒身基礎，基礎版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して妥当な安全裕度を有する許容限界*1 |

注記＊1：許容限界は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，終局耐力に対して妥当な裕度を有する短期許容応力度を用いる。

＊2：支持地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，Ⅵ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，岩盤の極限支持力度とする。

表 3－5　応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| － | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 鉄塔基礎，筒身基礎，基礎版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して妥当な安全裕度を有する許容限界*1 |
| | | | 基礎地盤 | 最大接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認 | 極限支持力度*2（9.8N/mm$^2$） |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 鉄塔基礎，筒身基礎，基礎版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して妥当な安全裕度を有する許容限界*1 |

注記＊1：許容限界は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，終局耐力に対して妥当な裕度を有する短期許容応力度を用いる。

＊2：支持地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，Ⅵ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，岩盤の極限支持力度とする。

表 3－6　コンクリートの許容応力度

（単位：N/mm²）

| Ｆｃ＝ 20.6 | 圧縮 | せん断 |
|---|---|---|
| 長期 | 6.8 | 0.68 |
| 短期 | 13.6 | 1.02 |

表 3－7　鉄筋の許容応力度

（単位：N/mm²）

| SD35<br>（SD345相当） | 引張及び<br>圧縮 | せん断 |
|---|---|---|
| 長期 | 215* | 195 |
| | 195* | |
| 短期 | 345 | 345 |

注記＊：上段はD25以下，下段はD29以上に適用する。

## 3.4　解析モデル及び諸元

### 3.4.1　モデル化の基本方針

(1)　基本方針

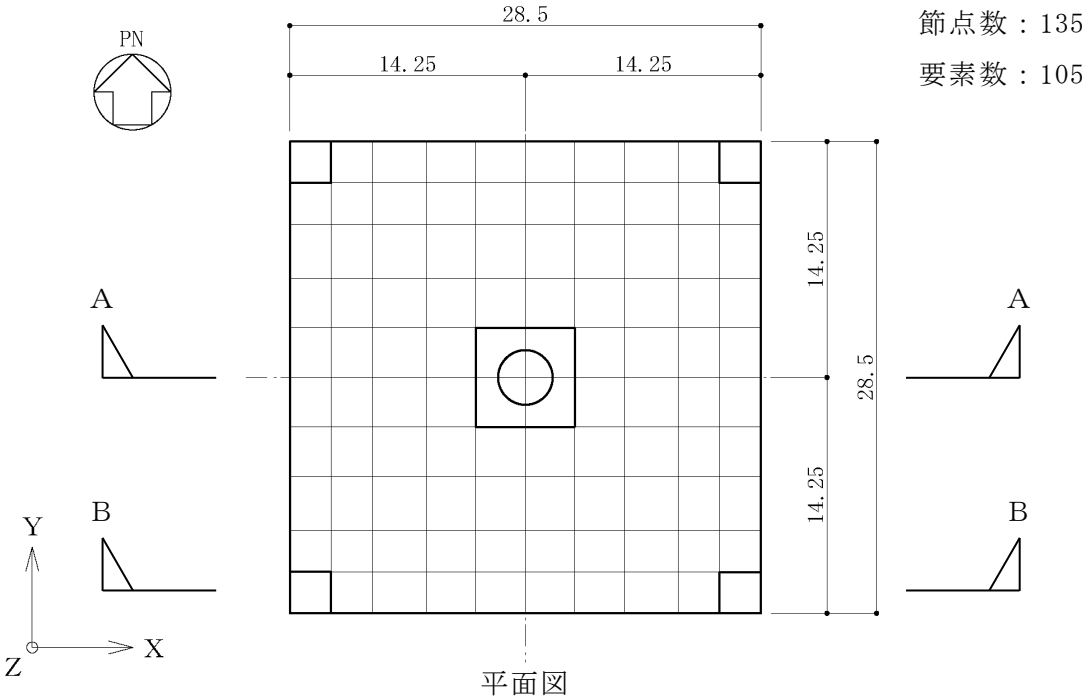
応力解析は，3 次元ＦＥＭモデルを用いた応力解析を実施する。解析には，解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を用いる。また，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析にあたって，鉄塔基礎及び筒身基礎をはり要素，基礎版をシェル要素にてモデル化し，これらの構造部材を耐震評価する。

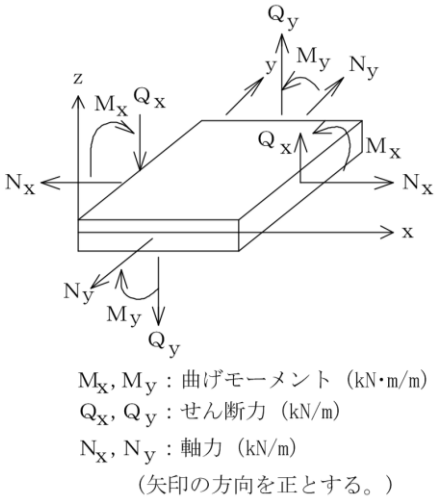
解析モデル，座標系及び応力の符号を図 3－2 に示す。

(2)　境界条件

3 次元ＦＥＭモデルの基礎版底面に，水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。3 次元ＦＥＭモデルの水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについては，「ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版」に記載の振動アドミッタンス理論に基づいて評価する。




(a)　解析モデル（単位：m）




$M_x$, $M_y$：曲げモーメント（kN･m/m）
$Q_x$, $Q_y$：せん断力（kN/m）
$N_x$, $N_y$：軸力（kN/m）
（矢印の方向を正とする。）

(b)　座標系及び応力の符号

図 3－2　解析モデル，座標系及び応力の符号

3.4.2　解析諸元

使用材料の物性値を表 3－8 及び表 3－9 に示す。

表 3－8　コンクリートの物性値

| 部位 | 設計基準強度<br>Ｆｃ（$N/mm^2$） | ヤング係数<br>Ｅ（$N/mm^2$） | ポアソン比<br>$\nu$ |
|---|---|---|---|
| 鉄塔基礎<br>筒身基礎<br>基礎版 | 20.6 | $2.15\times10^4$ | 0.2 |

表 3－9　鉄筋の物性値

| 部位 | 鉄筋の種類 | ヤング係数<br>Ｅ（$N/mm^2$） |
|---|---|---|
| 鉄塔基礎<br>筒身基礎<br>基礎版 | SD35<br>（SD345 相当） | $2.05\times10^5$ |

3.5　評価方法

3.5.1　応力解析方法

排気筒の基礎について，Ｓｓ地震時に対して3次元ＦＥＭモデルを用いた線形解析を実施する。

(1)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表3－10に示す。

基礎の評価は，基礎の自重による固定荷重，上部の排気筒より受ける固定荷重及び地震荷重を組み合せた荷重のうち，最も不利な組合せについて考慮する。

表3－10　荷重の組合せケース

| 外力の状態 | 組合せケース | 鉛直荷重 | 排気筒より受ける荷重 |
|---|---|---|---|
| Ｓｓ地震時 | 1 | 1.27・ＤＬ | $U_s$（0°）＊ |
| | 2 | 0.73・ＤＬ | |
| | 3 | 1.27・ＤＬ | $U_s$（45°）＊ |
| | 4 | 0.73・ＤＬ | |

注記＊：地震応答解析結果に基づく軸力，水平力及び曲げモーメントの最大値を組み合わせた0°方向及び45°方向の荷重とする。

(2)　荷重の入力方法

排気筒の基礎の固定荷重及び作用する地震荷重（慣性力）については，解析モデルの各要素の質量に応じて分配し，分布荷重として入力する。

排気筒から排気筒の基礎に作用する荷重については，筒身脚部，鉄塔脚部からの曲げモーメント，軸力及びせん断力を節点荷重として入力する。

3.5.2　断面の評価方法

排気筒の基礎について，軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力が，各許容値を超えないことを確認する。

(1)　軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認する。

(2)　面外せん断力に対する断面の評価方法

鉄塔基礎及び筒身基礎における断面の評価は「ＲＣ－Ｎ規準」の柱の評価式に基づき評価を行う。基礎版における断面の評価は「ＲＣ－Ｎ規準」の梁の評価式基づき評価を行う。

面外せん断力が，次のａ．及びｂ．に示す式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

a. 鉄塔基礎及び筒身基礎の評価

$$Q_A = b \cdot j \{ f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで，

$Q_A$ ： 許容面外せん断力（N）

$b$ ： 断面の幅（mm）

$j$ ： 断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7／8 の値（mm）

$f_s$ ： コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 3－6 に示す値（N/mm$^2$）

${}_w f_t$ ： せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 3－7 に示す値（N/mm$^2$）

$p_w$ ： せん断補強筋比で，次式による。（0.002 以上とする。*）

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$ ： せん断補強筋の断面積（mm$^2$）

$x$ ： せん断補強筋の間隔（mm）

注記＊：せん断補強筋がない領域及びせん断補強筋比が 0.002 に満たない領域については，第 2 項を 0 とする。

b. 基礎版の評価

$Q_A = b \cdot j \{\alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002)\}$

ここで，

$Q_A$ ： 許容面外せん断力（N）

$b$ ： 断面の幅（mm）

$j$ ： 断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7／8 の値（mm）

$\alpha$ ： 許容せん断力の割増し係数

（2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。また，引張軸力が $2N/mm^2$ を超える場合は 1 とする。）

$$\alpha = \frac{4}{M／(Q \cdot d) + 1}$$

$M$ ： 曲げモーメント（N･mm）

$Q$ ： せん断力（N）

$d$ ： 断面の有効せい（mm）

$f_s$ ： コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 3－6 に示す値（$N/mm^2$）

${}_w f_t$ ： せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 3－7 に示す値（$N/mm^2$）

$p_w$ ： せん断補強筋比で，次式による。（0.002 以上とする。*）

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$ ： せん断補強筋の断面積（$mm^2$）

$x$ ： せん断補強筋の間隔（mm）

注記＊：せん断補強筋がない領域については，第 2 項を 0 とする。

4.　評価結果

4.1　鉄塔基礎及び筒身基礎の評価結果

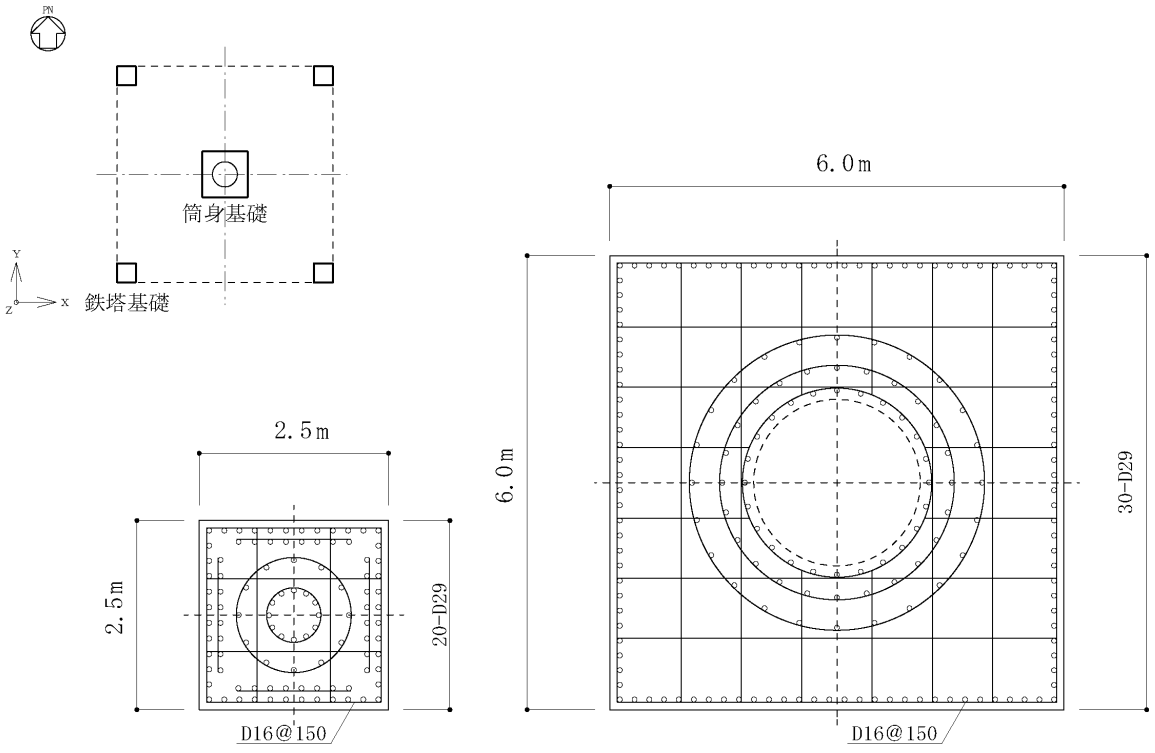
「3.5.2　断面の評価方法」に基づいた鉄塔基礎及び筒身基礎の断面の評価結果を以下に示す。また，鉄塔基礎及び筒身基礎の概略配筋図を図 4－1 に示す。

軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量及び面外せん断力が最大となる荷重の組合せケースについての評価結果を表 4－1 に示す。

Ｓｓ地震時において，軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量及び面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。

表 4－1 に用いる記号の説明

| | |
|---|---|
| N | ：軸力 |
| M | ：曲げモーメント |
| b | ：材の幅 |
| D | ：材の全せい |
| $p_t$ | ：引張鉄筋比 |
| $a_t$ | ：引張鉄筋の断面積 |
| Q | ：検討用応力 |
| $Q_A$ | ：許容せん断力 |




| 主筋 | せん断補強筋 |
|---|---|
| 20-D29 | 2-D16@150 |

(a)鉄塔基礎配筋図

| 主筋 | せん断補強筋 |
|---|---|
| 30-D29 | 2-D16@150 |

(b)筒身基礎配筋図

図 4－1　鉄塔基礎及び筒身基礎の概略配筋図

表 4－1　鉄塔基礎及び筒身基礎の評価結果

| 部位 | | 方向 | 曲げモーメントの検討 | | | | | | | | | せん断力の検討 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 荷重組合せケース | 検討応力 N* (kN) | 検討応力 M (kN･m) | N／(b･D) (N/mm$^2$) | M／(b･D$^2$) (N/mm$^2$) | $p_t$ (%) | $a_t$ (mm$^2$) | 設計配筋 (断面積mm$^2$) | 必要配筋量／設計配筋量 | 荷重組合せケース | Q (kN) | $Q_A$ (kN) | $Q／Q_A$ |
| 鉄塔基礎 | $C_1$ | X | 2 | -2284 | 3895 | -0.365 | 0.249 | 0.132 | 8250 | 20-D29 (12840) | 0.65 | 1 | 779 | 5304 | 0.15 |
| | | Y | 2 | -2284 | 3735 | -0.365 | 0.239 | 0.129 | 8063 | 20-D29 (12840) | 0.63 | 1 | 747 | 5304 | 0.15 |
| | $C_2$ | X | 4 | 2019 | 3895 | 0.323 | 0.249 | 0.034 | 2125 | 20-D29 (12840) | 0.17 | 1 | 1191 | 5304 | 0.23 |
| | | Y | 4 | 2019 | 5795 | 0.323 | 0.371 | 0.075 | 4688 | 20-D29 (12840) | 0.37 | 1 | 1159 | 5304 | 0.22 |
| | $C_3$ | X | 2 | 4748 | 5955 | 0.760 | 0.381 | 0.019 | 1188 | 20-D29 (12840) | 0.10 | 1 | 1191 | 5304 | 0.23 |
| | | Y | 2 | 4748 | 5795 | 0.760 | 0.371 | 0.016 | 1000 | 20-D29 (12840) | 0.08 | 1 | 1159 | 5304 | 0.22 |
| | $C_4$ | X | 2 | -2284 | 3895 | -0.365 | 0.249 | 0.132 | 8250 | 20-D29 (12840) | 0.65 | 3 | 1191 | 5304 | 0.23 |
| | | Y | 2 | -2284 | 3735 | -0.365 | 0.239 | 0.129 | 8063 | 20-D29 (12840) | 0.63 | 1 | 747 | 5304 | 0.15 |
| 筒身基礎 | | X | 1 | 5788 | 3821 | 0.161 | 0.018 | 0.000 | 0 | 30-D29 (19260) | — | 1 | 366 | 31640 | 0.02 |
| | | Y | 3 | 5788 | 2703 | 0.161 | 0.013 | 0.000 | 0 | 30-D29 (19260) | — | 3 | 259 | 31640 | 0.01 |

注記＊：圧縮を正とする。

4.2　基礎版の評価結果

「3.5.2 断面の評価方法」に基づいた基礎版の断面の評価結果を以下に示す。また，基礎版の概略配筋図を図 4－2 に示す。

軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力に対する評価において，許容値に対する発生値の割合が最大となる要素の位置を図 4－3 に，評価結果を表 4－2 に示す。

Ｓｓ地震時において，軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量及び面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。

表 4－2 に用いる記号の説明

| | |
|---|---|
| N | ：軸力 |
| M | ：曲げモーメント |
| b | ：材の幅 |
| D | ：材の全せい |
| $p_t$ | ：引張鉄筋比 |
| $a_t$ | ：引張鉄筋の断面積 |
| Q | ：検討用応力 |
| $Q_A$ | ：許容せん断力 |

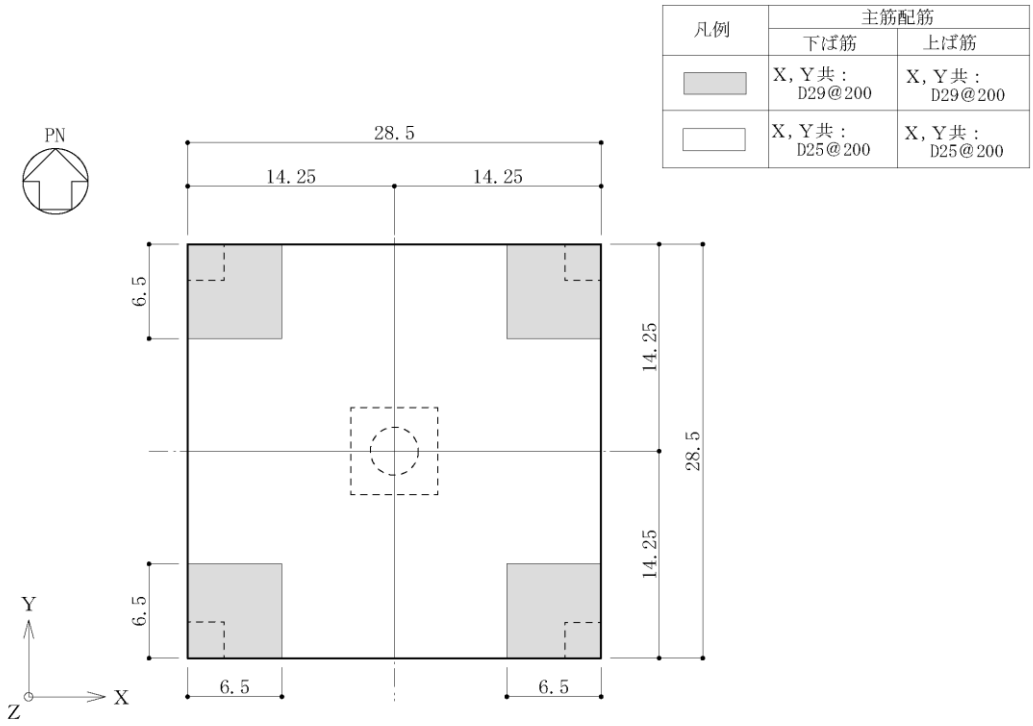



図 4－2(1)　基礎版の概略配筋図（主筋）（単位：m）

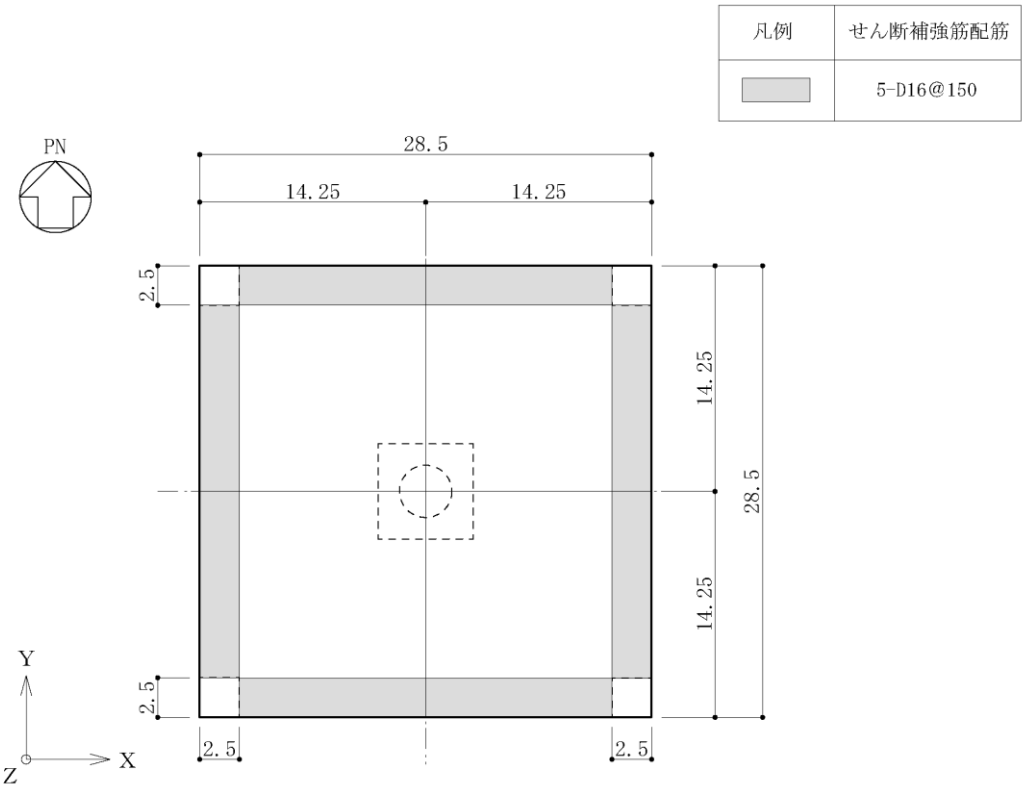



図 4－2(2)　基礎版の概略配筋図（せん断補強筋）（単位：m）

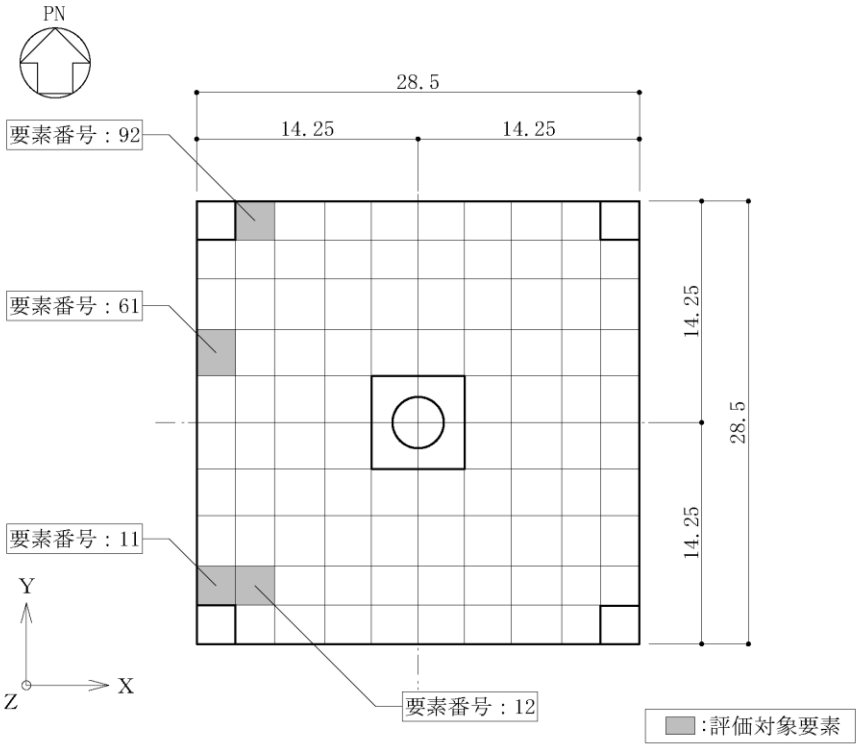

PN
28.5
14.25
14.25
要素番号：92
要素番号：61
要素番号：11
要素番号：12
14.25
28.5
14.25
Y
X
Z
：評価対象要素

図 4－3　要素位置（単位：m）

表 4－2　基礎版の評価結果

| 部位 | 要素番号 | 方向 | 曲げモーメントの検討 | | | | | | | | | せん断力の検討 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 荷重組合せケース | 検討応力 N* (kN/m) | 検討応力 M (kN・m/m) | N／(b・D) (N/mm²) | M／(b・D²) (N/mm²) | $p_t$ (%) | $a_t$ (mm²/m) | 設計配筋 (断面積mm²/m) | 必要配筋量／設計配筋量 | 荷重組合せケース | Q (kN/m) | $Q_A$ (kN/m) | Q／$Q_A$ |
| 基礎版 | 11 | X | 1 | 26 | 193 | 0.017 | 0.086 | 0.024 | 360 | D29@200 (3210) | 0.12 | 2 | 104 | 2372 | 0.05 |
| | | Y | 1 | 152 | 563 | 0.101 | 0.250 | 0.066 | 990 | D29@200 (3210) | 0.31 | 2 | 445 | 2690 | 0.17 |
| | 12 | X | 2 | 88 | 788 | 0.059 | 0.350 | 0.104 | 1560 | D29@200 (3210) | 0.49 | 3 | 154 | 1275 | 0.13 |
| | | Y | 2 | 86 | 775 | 0.057 | 0.344 | 0.102 | 1530 | D29@200 (3210) | 0.48 | 1 | 155 | 1275 | 0.13 |
| | 61 | X | 2 | 2 | 124 | 0.001 | 0.055 | 0.017 | 255 | D25@200 (2535) | 0.11 | 2 | 30 | 1462 | 0.03 |
| | | Y | 2 | 44 | 779 | 0.029 | 0.346 | 0.107 | 1605 | D25@200 (2535) | 0.64 | 2 | 128 | 1415 | 0.10 |
| | 92 | X | 4 | -394 | 521 | -0.263 | 0.232 | 0.111 | 1665 | D29@200 (3210) | 0.52 | 2 | 432 | 2690 | 0.17 |
| | | Y | 1 | 27 | 194 | 0.018 | 0.086 | 0.024 | 360 | D29@200 (3210) | 0.12 | 2 | 102 | 2357 | 0.05 |

注記＊：圧縮を正とする。

4.3　接地圧の評価結果

Ｓｓ地震時の最大接地圧が，基礎地盤の許容限界を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮したＳｓ地震時の最大接地圧は1.12N/mm$^2$（ケース1）であり，地盤の極限支持力度（9.8N/mm$^2$）を超えないことを確認した。

# Ⅵ-2-2-34　緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 基本方針 ····· 2
2.1 位置 ····· 2
2.2 構造概要 ····· 3
2.3 評価方針 ····· 5
2.4 適用規格・基準等 ····· 8
3. 耐震評価 ····· 9
3.1 評価対象断面 ····· 9
3.2 解析方法 ····· 11
3.2.1 構造部材 ····· 11
3.2.2 地盤 ····· 11
3.2.3 減衰定数 ····· 12
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定 ····· 13
3.3 荷重及び荷重の組合せ ····· 14
3.3.1 耐震評価上考慮する状態 ····· 14
3.3.2 荷重 ····· 14
3.3.3 荷重の組合せ ····· 15
3.4 入力地震動 ····· 16
3.5 解析モデル及び諸元 ····· 28
3.5.1 解析モデル ····· 28
3.5.2 使用材料及び材料の物性値 ····· 30
3.5.3 地盤及び置換コンクリートの物性値 ····· 30
3.5.4 地下水位 ····· 31
3.6 許容限界 ····· 33
3.6.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する許容限界 ····· 33
3.6.2 鋼製タンクの健全性に対する許容限界 ····· 34
3.6.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界 ····· 34
3.7 評価方法 ····· 35
3.7.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性評価 ····· 35
3.7.2 鋼製タンクの健全性評価 ····· 37
3.7.3 基礎地盤の支持性評価 ····· 39
4. 解析結果 ····· 40
4.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する評価結果 ····· 40
4.2 鋼製タンクの健全性に対する評価結果 ····· 41

4.3　基礎地盤の支持性能に対する評価結果 ····· 42

1. 概要

本資料は，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，緊急時対策所用燃料地下タンクが基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

緊急時対策所用燃料地下タンクに要求される機能の維持を確認するにあたっては，地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び支持性能評価により行う。

2.　基本方針

2.1　位置

緊急時対策所用燃料地下タンクの位置図を図 2－1 に示す。

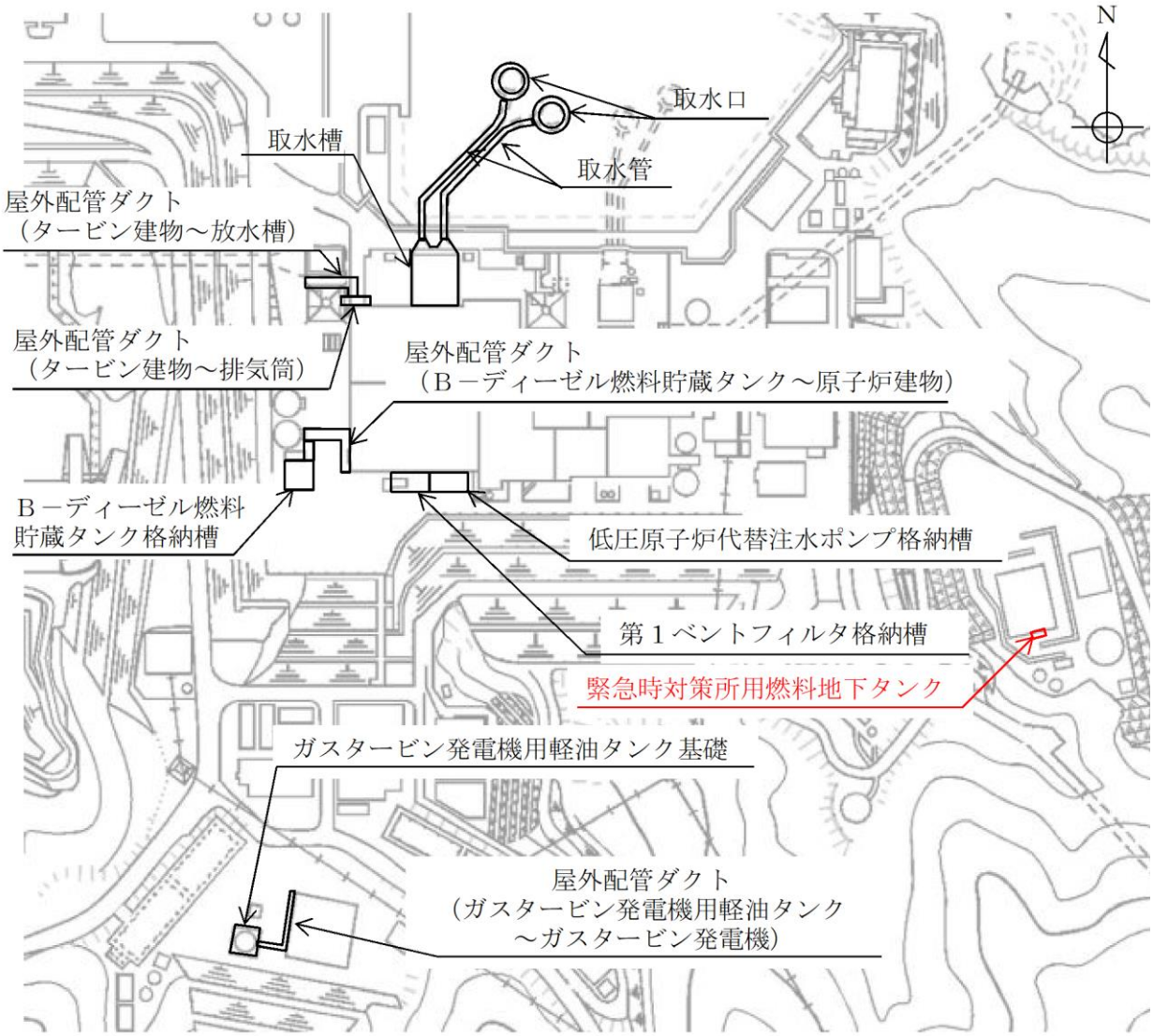



図 2－1　緊急時対策所用燃料地下タンク　位置図

2.2　構造概要

緊急時対策所用燃料地下タンクの平面図を図 2－2，断面図を図 2－3，概略配筋図を図 2－4 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクは，非常時における燃料の貯水機能を求められる延長 12.8m，幅 3.85m，高さ 3.9m の鉄筋コンクリート躯体，内径 2.4m，板厚 9mm の鋼製タンク及び充填コンクリートで構成される地下埋設構造物である。

鉄筋コンクリート躯体は岩盤に直接設置され，周囲を置換コンクリートで埋め戻されている。

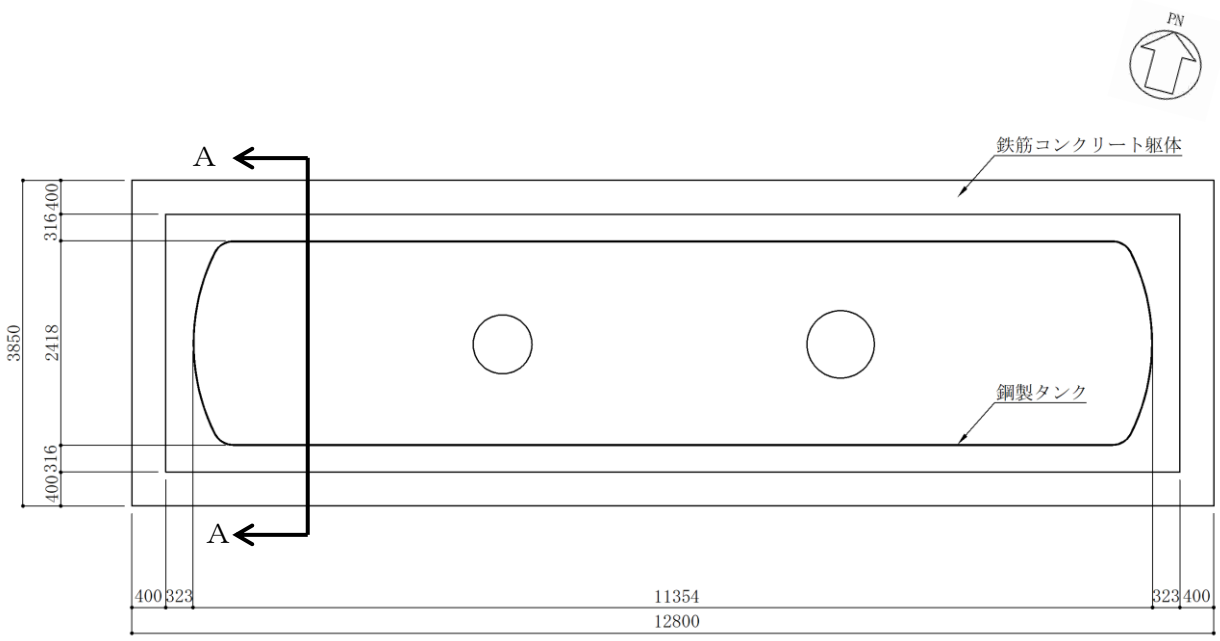



図 2－2　緊急時対策所用燃料地下タンク　平面図

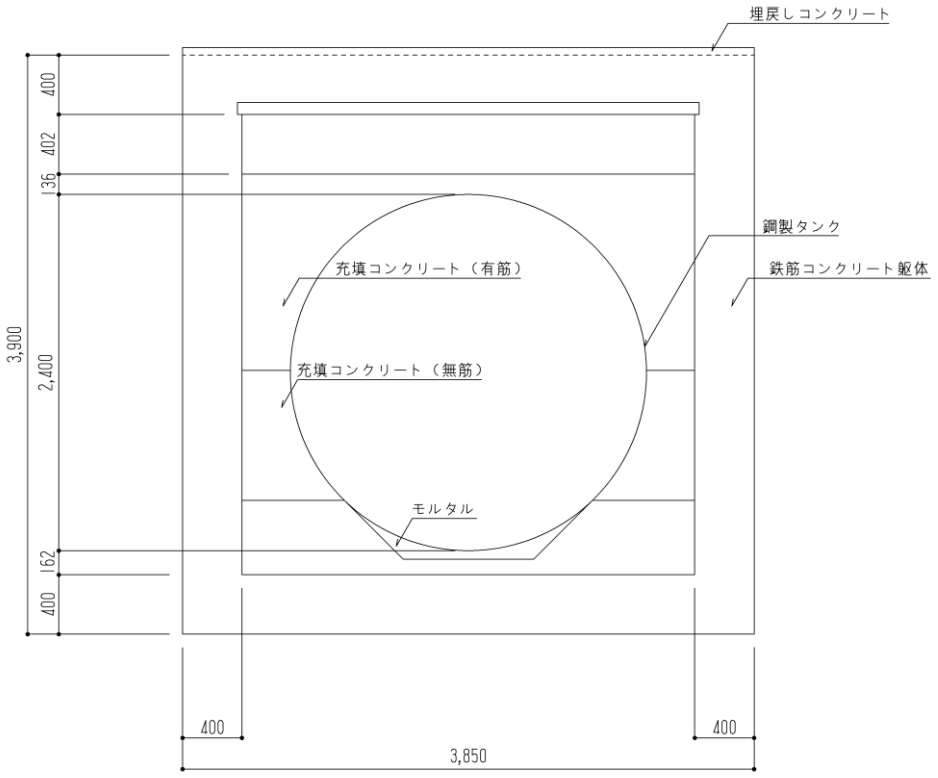



図 2－3　緊急時対策所用燃料地下タンク　断面図（Ａ－Ａ断面）

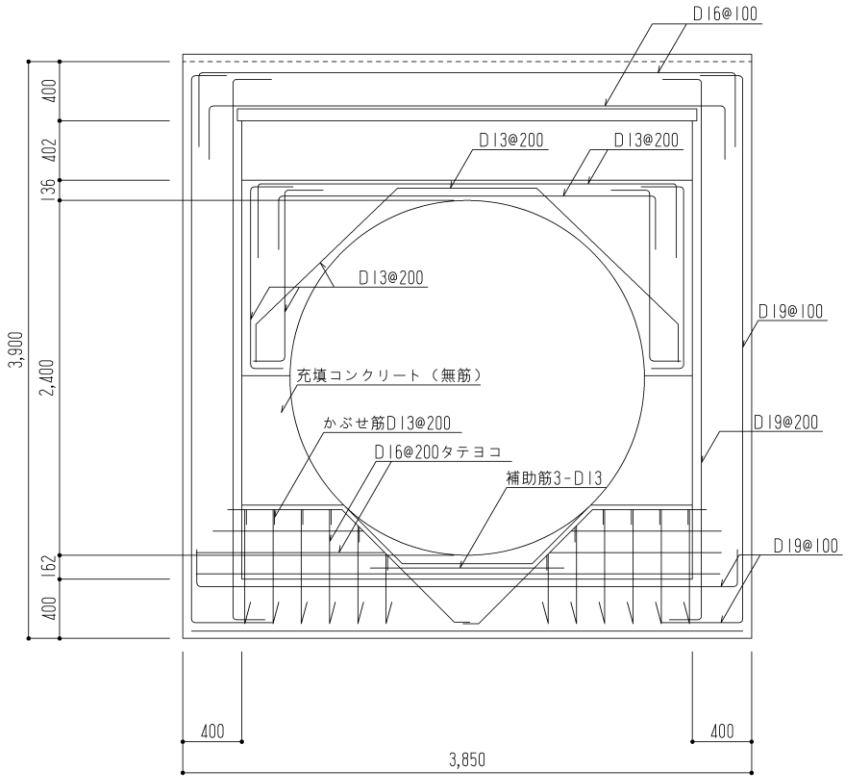



図 2－4　緊急時対策所用燃料地下タンク　概略配筋図

## 2.3　評価方針

緊急時対策所用燃料地下タンクは，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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，重大事故等対処施設の評価として，表 2－1 に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

地震応答解析においては，緊急時対策所用燃料地下タンク周辺の地下水位が緊急時対策所用燃料地下タンク下端より低いことから，全応力解析を実施する。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで，構造強度を有することを確認し，これにより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を支持する機能を維持することができる。

構造部材の健全性評価については，鉄筋コンクリート躯体に生じる圧縮応力，引張応力及びせん断力並びに鋼製タンクに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震評価フローを図 2－5 に示す。

表 2－1　緊急時対策所用燃料地下タンクの評価項目

| 評価方針 | 評価項目 | 部位 | 評価方法 | 許容限界 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 構造強度を有すること | 構造部材の健全性 | 鉄筋コンクリート躯体 | 圧縮応力，引張応力及びせん断力が許容限界以下であることを確認 | 圧縮応力度 | コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 |
| | | | | 引張応力度 | 鉄筋の許容引張応力度 |
| | | | | せん断応力度 | コンクリートの許容せん断応力度 |
| | | 鋼製タンク | 曲げ応力度及びせん断力が許容限界以下であることを確認 | 曲げ応力度 | 許容曲げ応力度 |
| | | | | せん断応力度 | 許容せん断応力度 |
| | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤 | 接地圧が許容限界以下であることを確認 | 極限支持力度＊ | |

注記＊　：妥当な安全余裕を考慮する。

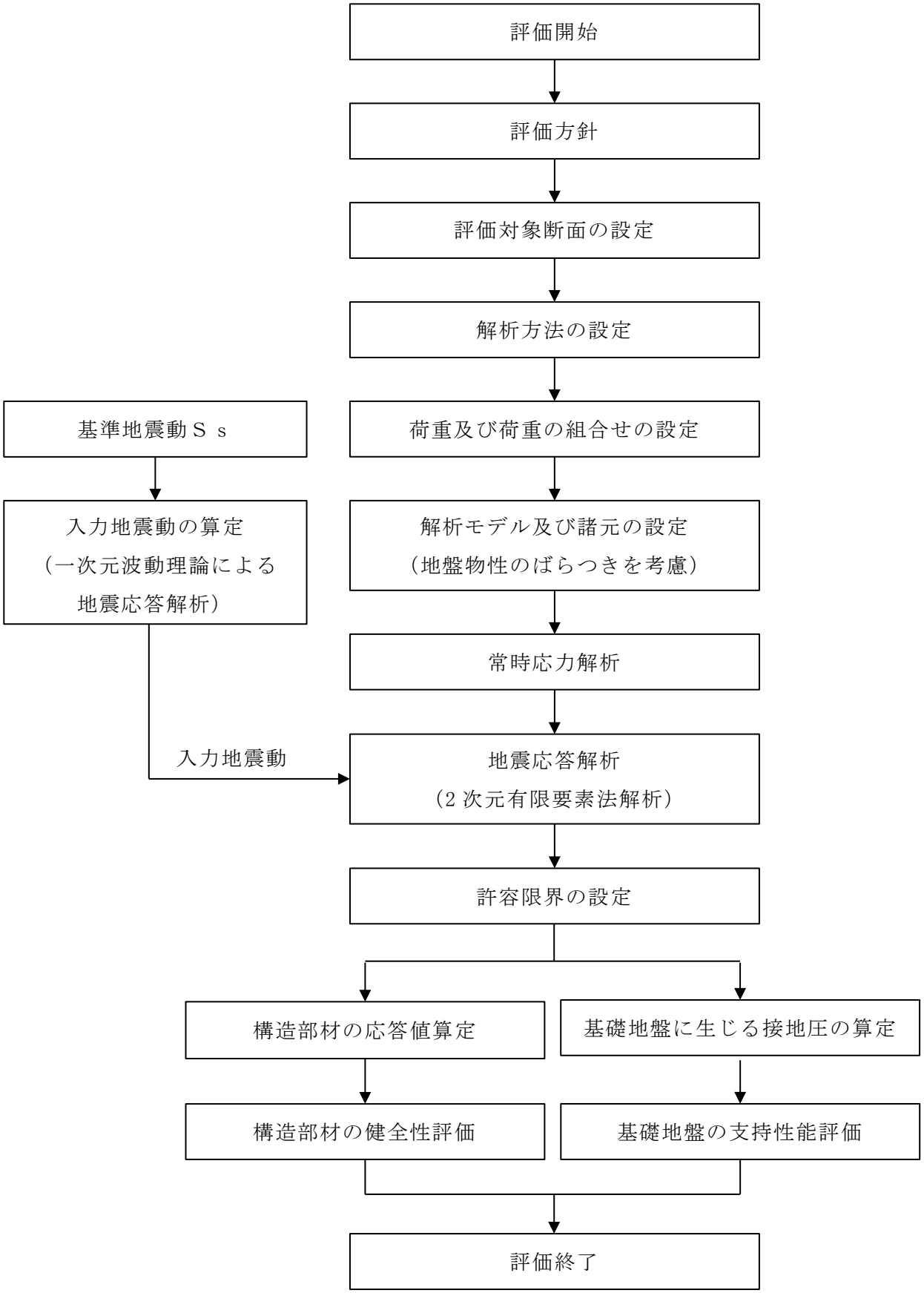



図 2－5　緊急時対策所用燃料地下タンク　耐震評価フロー

## 2.4　適用規格・基準等

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）

・鋼構造設計基準（（社）日本建築学会，2005 年改定）

・松江市建築基準法施行細則（平成 17 年 3 月 31 日松江市観測第 234 号）

3.　耐震評価

3.1　評価対象断面

緊急時対策所用燃料地下タンクの評価対象断面位置を図 3－1 に示す。耐震設計における評価対象断面を図 3－2 に示す。

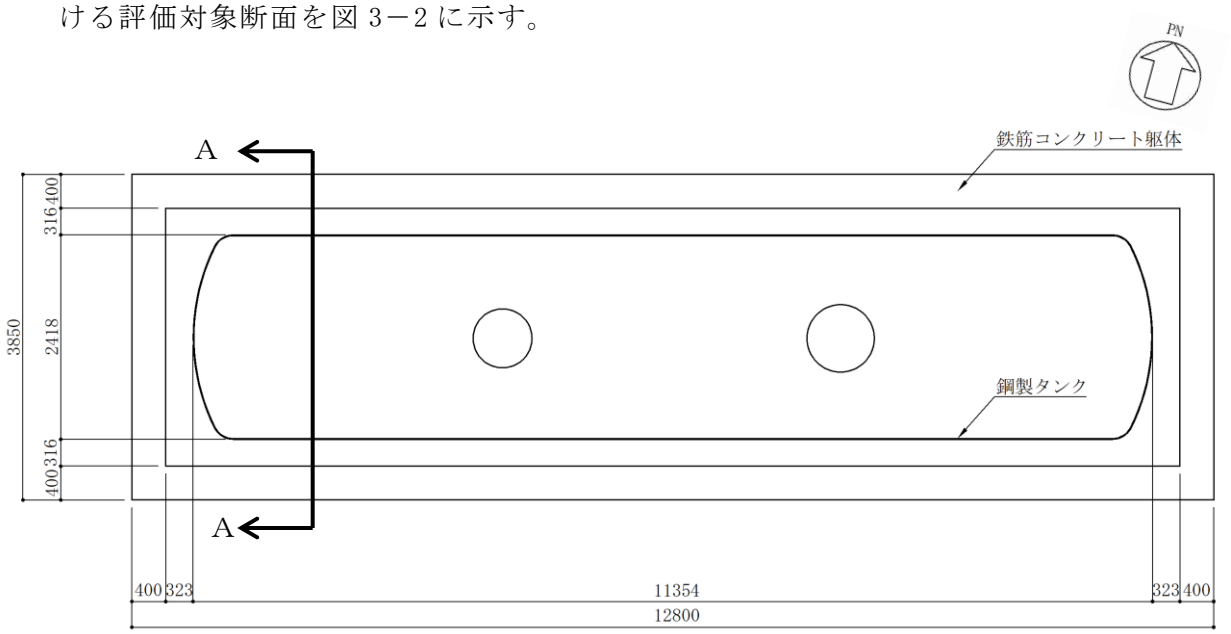



図 3－1　緊急時対策所用燃料地下タンク　評価対象断面位置図

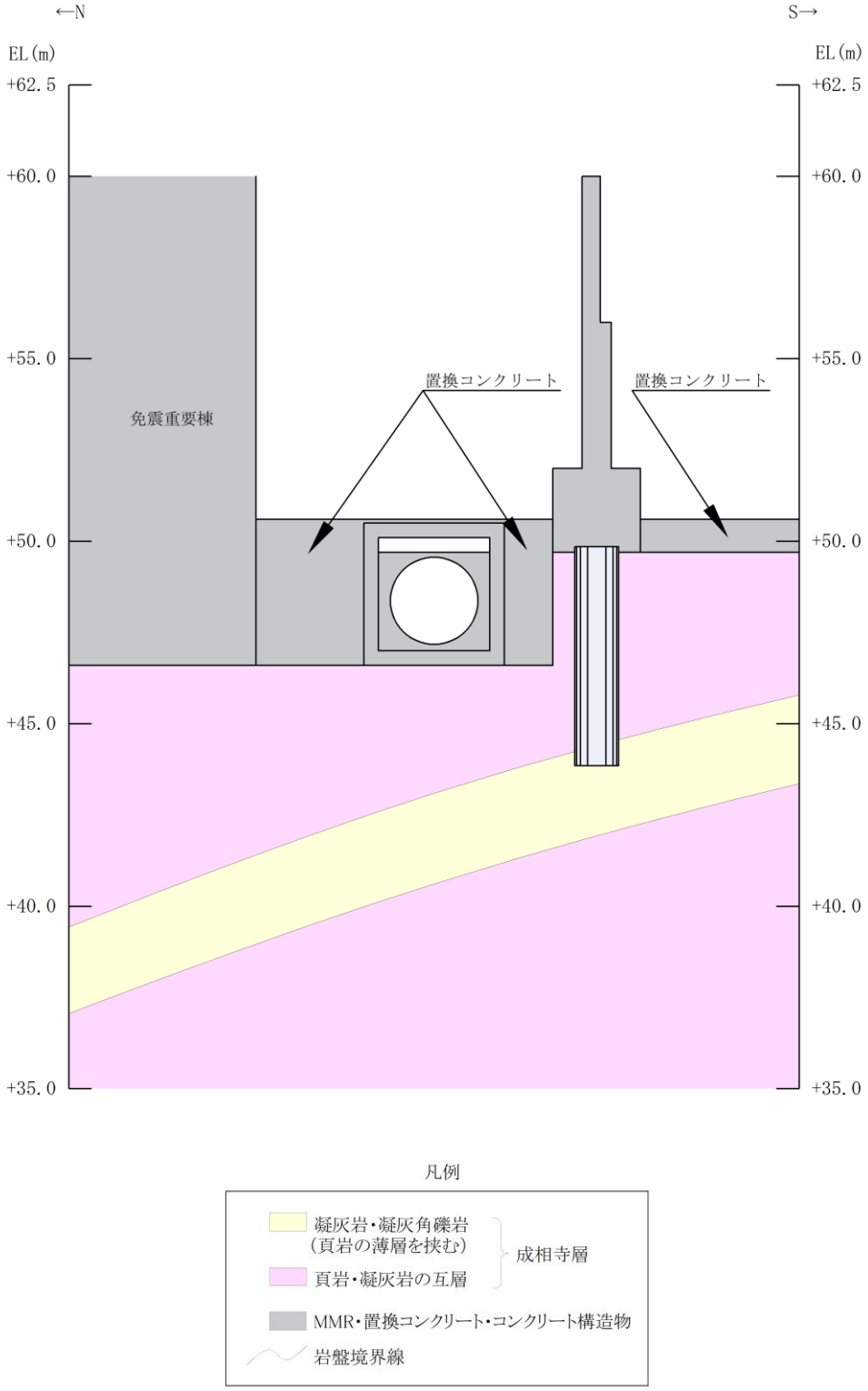



図 3－2　緊急時対策所用燃料地下タンク　評価対象断面図（Ａ－Ａ断面）

3.2　解析方法

緊急時対策所用燃料地下タンクの地震応答解析は，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる２次元有限要素法解析を用いて，基準地震動Ｓｓに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による直接積分法の時刻歴応答解析により行う。緊急時対策所用燃料地下タンク周辺の地下水位が緊急時対策所用燃料地下タンク下端より低いことから，解析手法は全応力解析とする。

地震応答解析については，解析コード「ＴＤＡＰⅢ」を使用する。なお，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。

3.2.1　構造部材

鉄筋コンクリート躯体及び鋼製タンクは，線形はり要素でモデル化する。

3.2.2　地盤

地盤及び置換コンクリートは，線形平面ひずみ要素でモデル化する。

また，地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため，動せん断弾性係数の標準偏差σを用いて設定した解析ケース②及び③を実施する。地盤剛性のばらつきを考慮した解析ケースを表3－1に示す。

詳細な解析ケースの考え方は，「3.2.4　地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表3－1　解析ケース

| 解析ケース | 地盤物性 |
|---|---|
| | 岩盤<br>（$G_d$：動せん断弾性係数） |
| ケース①<br>（基本ケース） | 平均値 |
| ケース② | 平均値＋１σ |
| ケース③ | 平均値－１σ |

3.2.3　減衰定数

構造部材の減衰定数は，粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は，固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき，質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定したα，βを表 3－2 に示す。

$[C]=\alpha[M]+\beta[K]$

[C]　：減衰係数マトリックス

[M]　：質量マトリックス

[K]　：剛性マトリックス

α，β：係数

表 3－2　Rayleigh 減衰における係数α，βの設定結果

| | α | β |
|---|---|---|
| 評価対象断面 | 3.113 | $2.379\times10^{-4}$ |

3.2.4　地震応答解析の解析ケースの選定

(1)　耐震評価における解析ケース

耐震評価における解析ケースを表 3－3 に示す。耐震評価においては，すべての基準地震動Ｓｓに対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において，曲げ破壊，せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して，最も厳しい地震動を用いて，表 3－1 に示す解析ケース②及び③を実施する。

表 3－3　耐震評価における解析ケース

| 解析ケース | | | ケース① | ケース② | ケース③ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 基本ケース | 地盤物性のばらつき（＋１σ）を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき（－１σ）を考慮した解析ケース |
| 地盤物性 | | | 平均値 | 平均値＋１σ | 平均値－１σ |
| 地震動（位相） | Ｓｓ－Ｄ | ＋＋* | ○ | | |
| | | ＋－* | ○ | | |
| | Ｓｓ－Ｆ１ | ＋＋* | ○ | | |
| | Ｓｓ－Ｆ２ | ＋＋* | ○ | | |
| | Ｓｓ－Ｎ１ | ＋＋* | ○ | | |
| | Ｓｓ－Ｎ２（ＮＳ） | ＋＋* | ○ | | |
| | Ｓｓ－Ｎ２（ＥＷ） | ＋＋* | ○ | | |

基準地震動Ｓｓ（6 波）に位相反転を考慮した地震動（1 波）を加えた全 7 波に対し，ケース①（基本ケース）を実施し，曲げ系の破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して，最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。
すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合は，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。

注記＊：地震動の位相について，＋＋の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

## 3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

### 3.3.1　耐震評価上考慮する状態

緊急時対策所用燃料地下タンクの地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪を考慮する。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

### 3.3.2　荷重

緊急時対策所用燃料地下タンクの地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（Ｇ）

固定荷重として，鉄筋コンクリート躯体重量，鋼製タンク重量，充填コンクリート重量（無筋，有筋），鋼製タンク内容液荷重及び頂版上部の埋戻しコンクリート重量を考慮する。

(2)　積載荷重（Ｐ）

積載荷重として，土圧及び積雪荷重Ｐｓを考慮する。

(3)　積雪荷重（Ｐｓ）

積雪荷重として，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上１位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0 cmとする。積雪荷重については，松江市建築基準法施行細則により，積雪量１cmごとに 20N/m$^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4)　地震荷重（Ｓｓ）

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3－4 に示す。

表 3－4 荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| 地震時（Ｓｓ） | Ｇ＋Ｐ＋Ｓｓ |

Ｇ：固定荷重

Ｐ：積載荷重

Ｓｓ：地震荷重（基準地震動Ｓｓ）

3.4　入力地震動

入力地震動は，VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものを用いる。なお，入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1　入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3－3 に入力地震動算定の概念図を，図 3－4 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「ｍｉｃｒｏＳＨＡＫＥ／３Ｄ」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

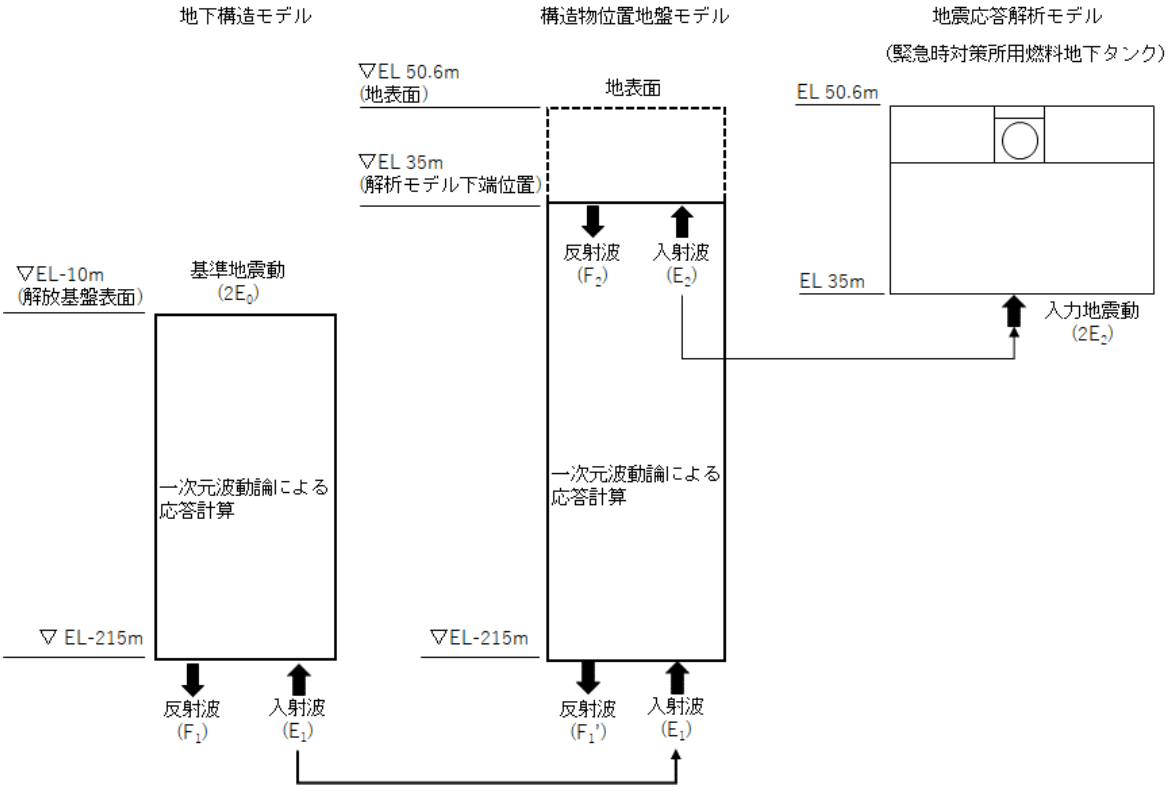
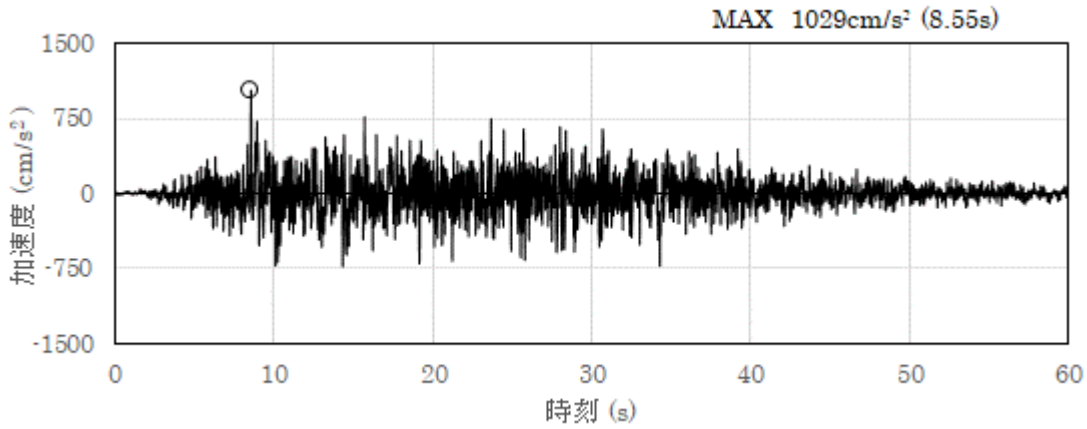
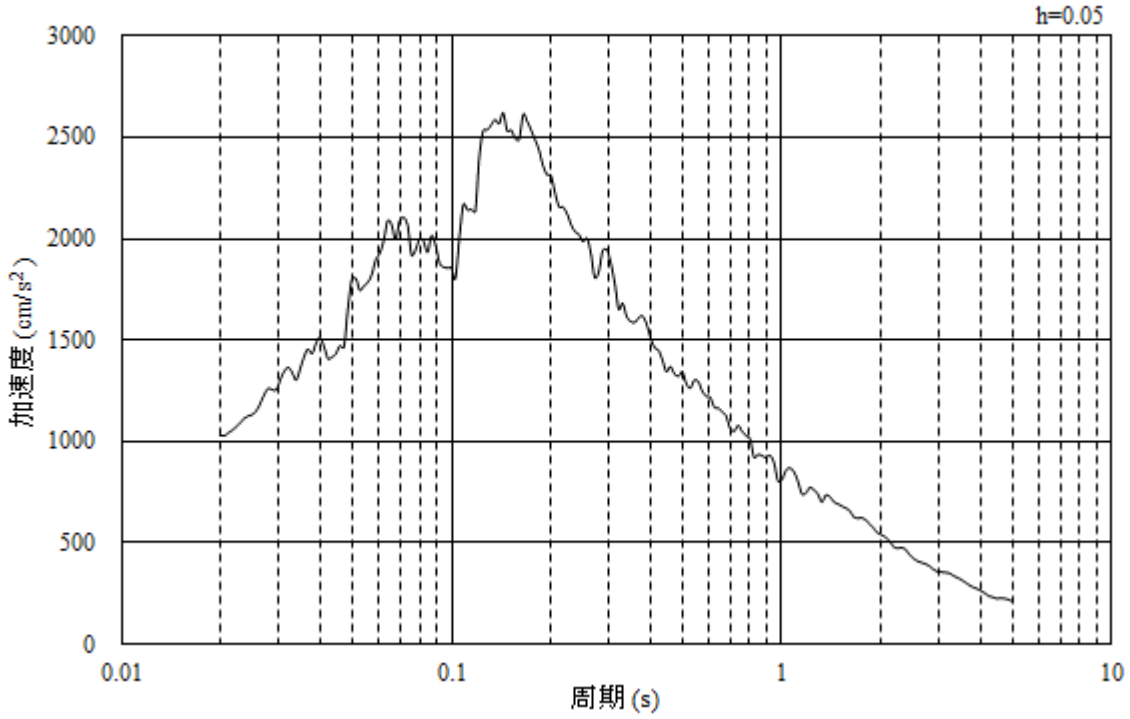



図 3－3　入力地震動算定の概念図

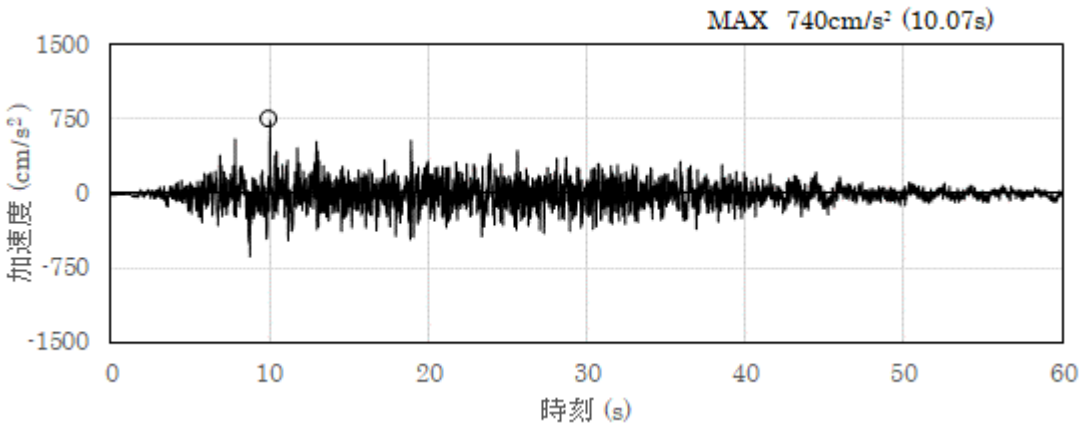



(a) 加速度時刻歴波形

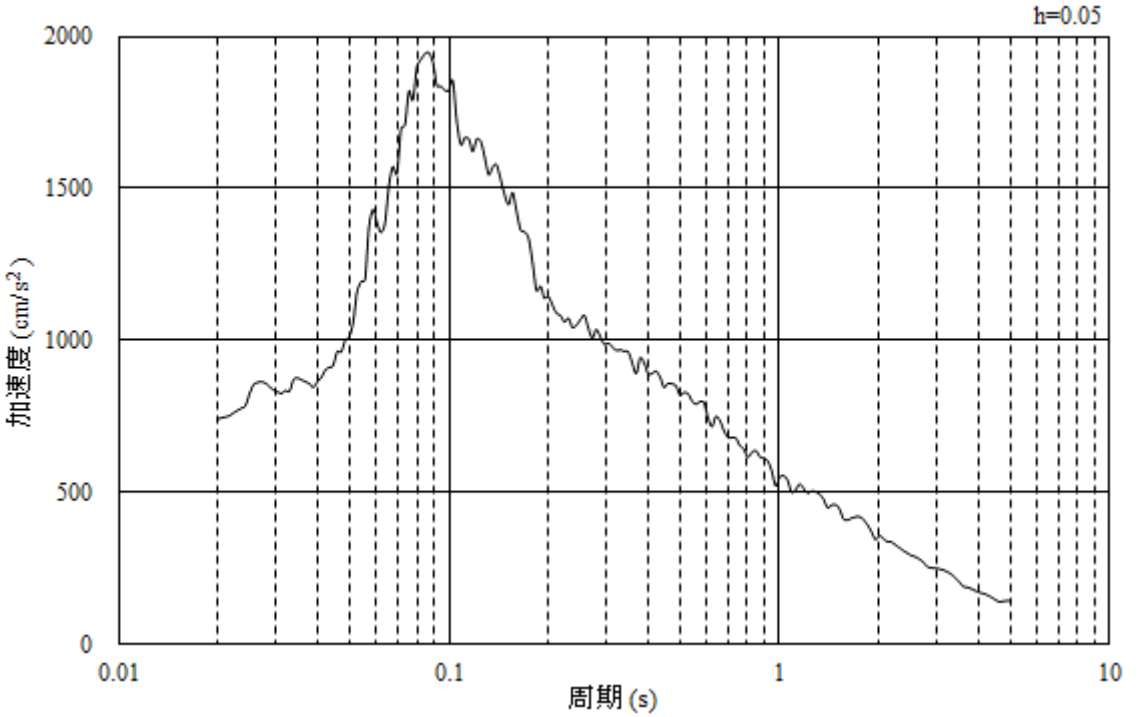



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－4（1） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｄ，水平方向）

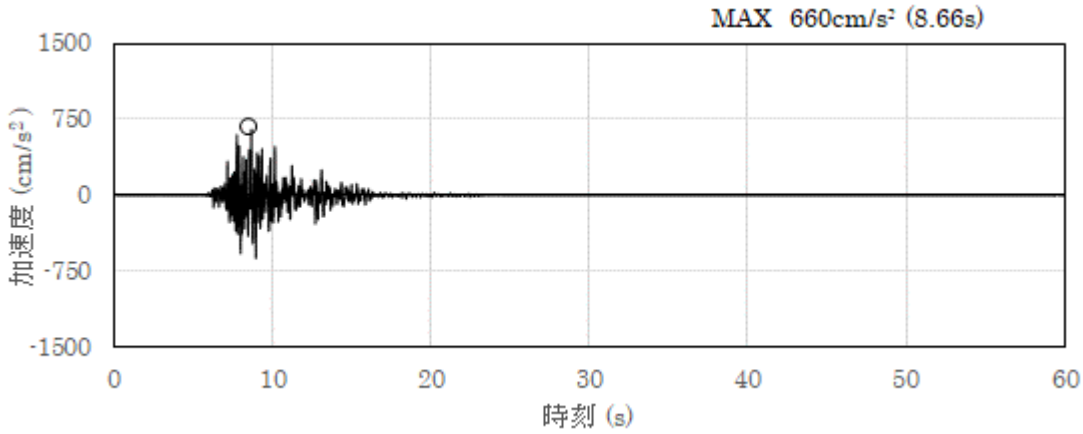



(a) 加速度時刻歴波形

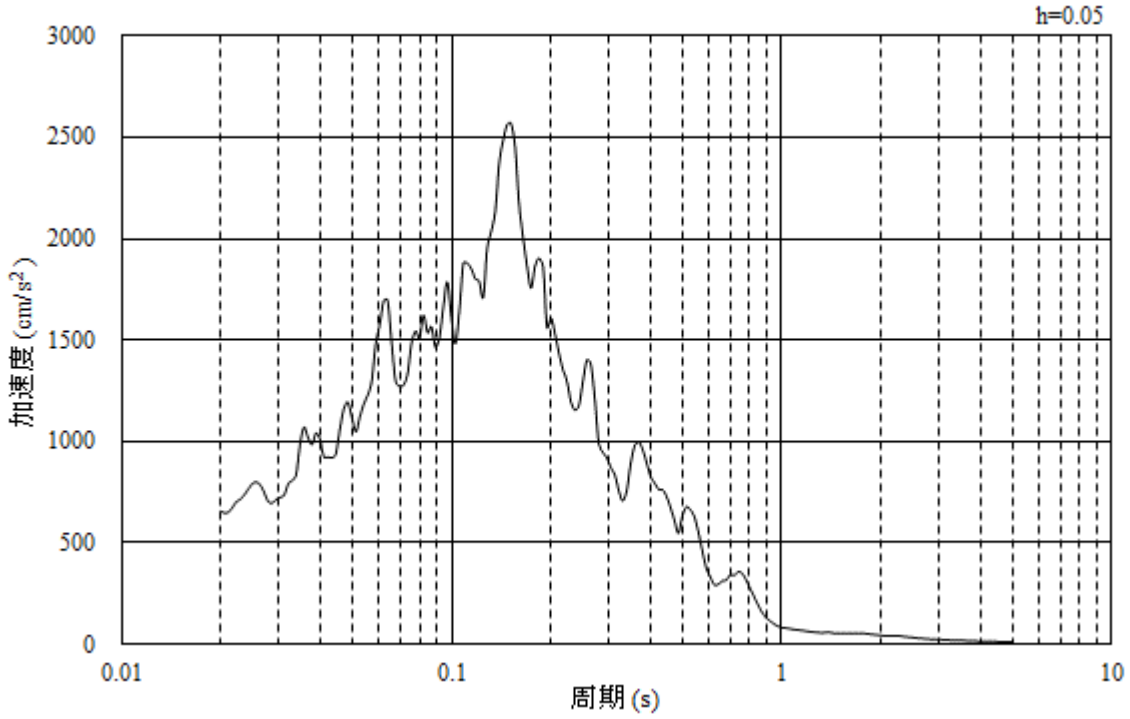



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－4（2） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｄ，鉛直方向）

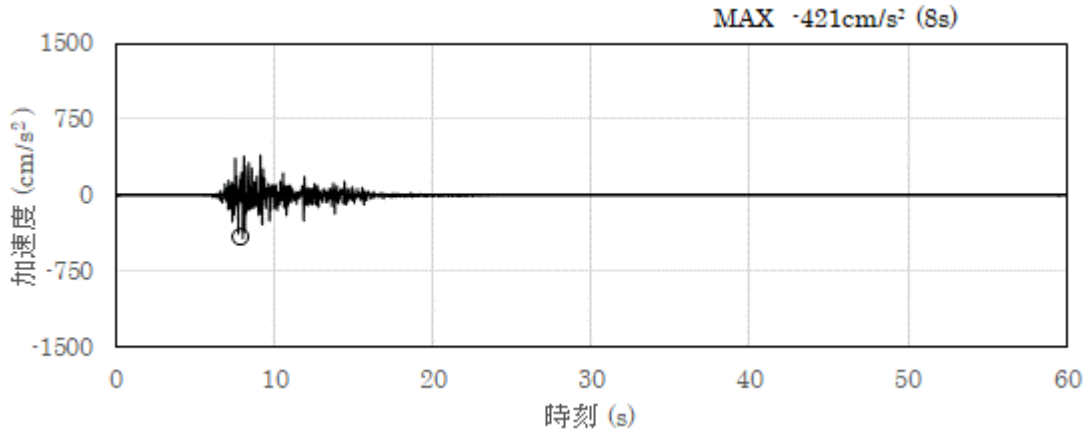



(a) 加速度時刻歴波形

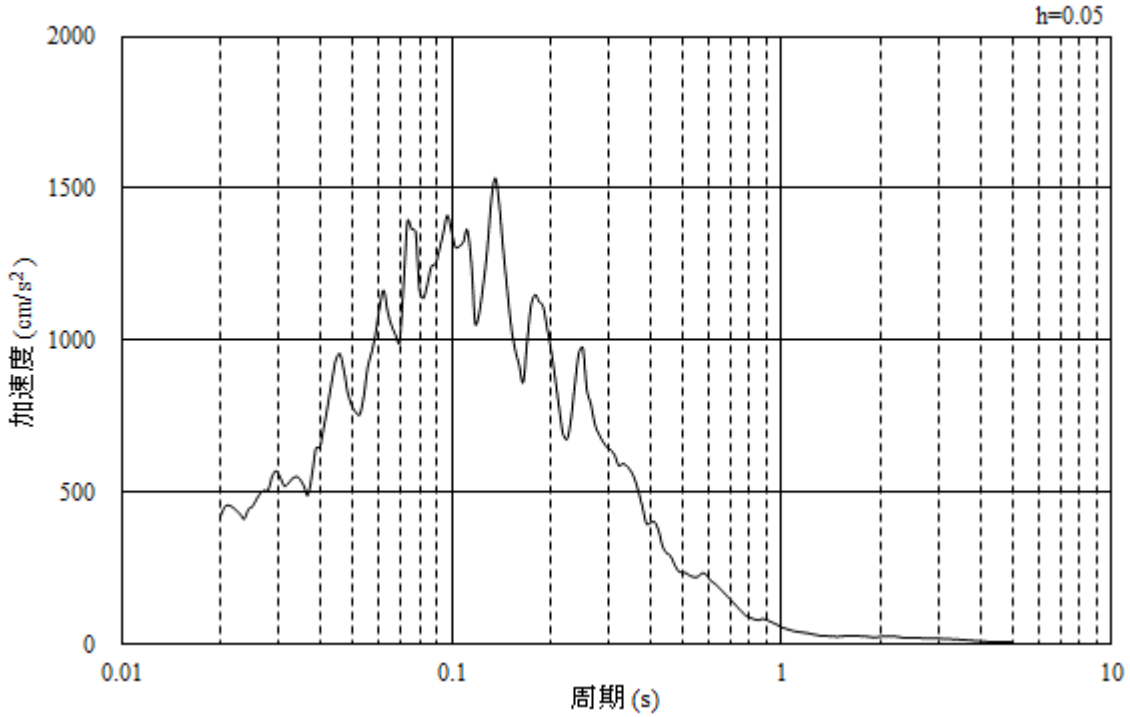



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－4（3） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向）

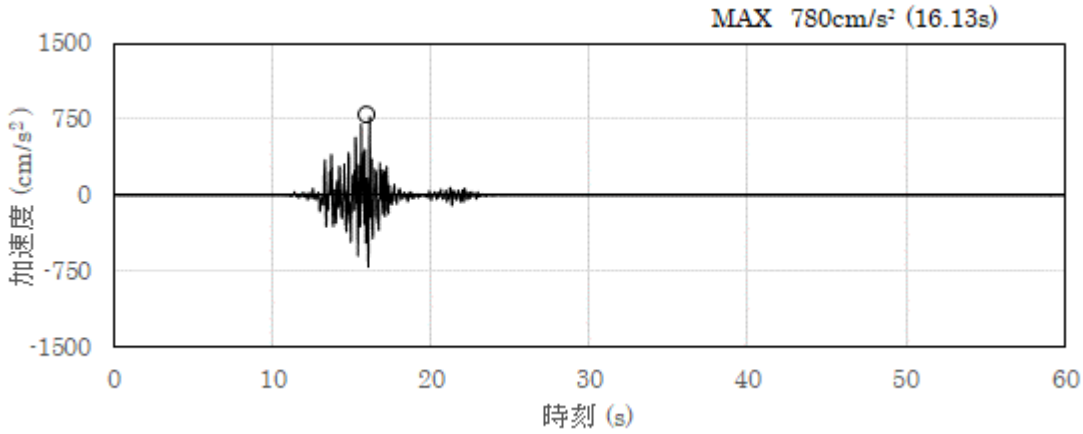



(a)　加速度時刻歴波形

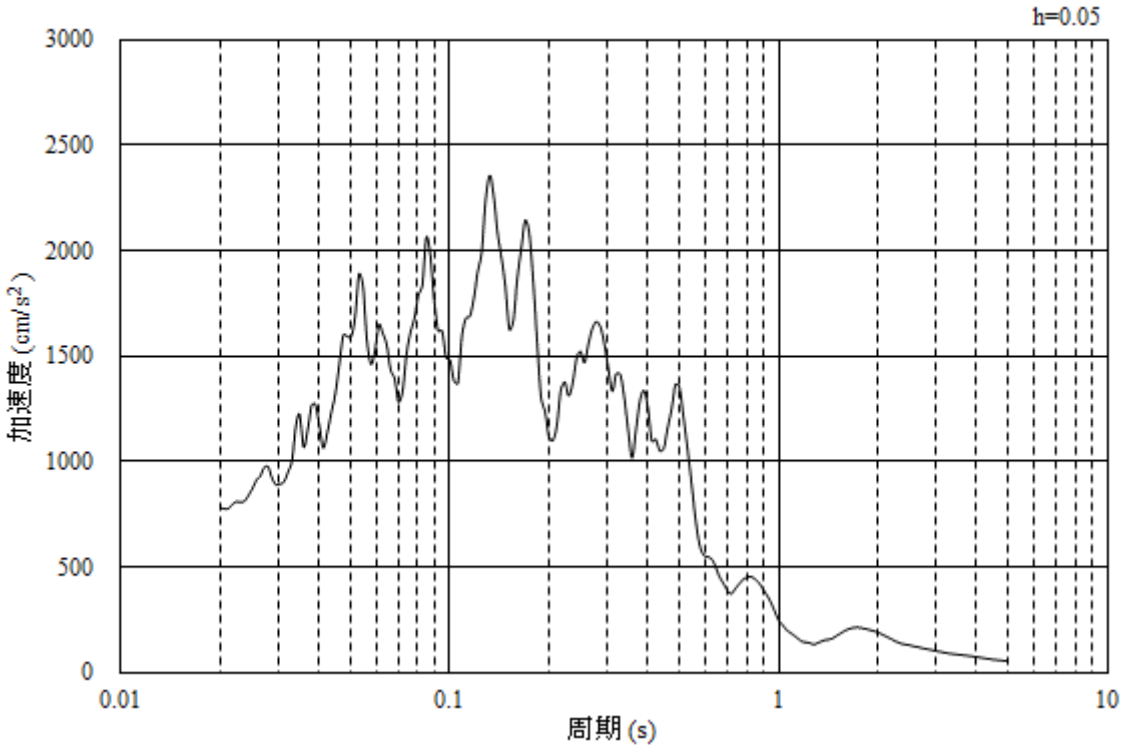



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－4（4）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｆ１，鉛直方向）

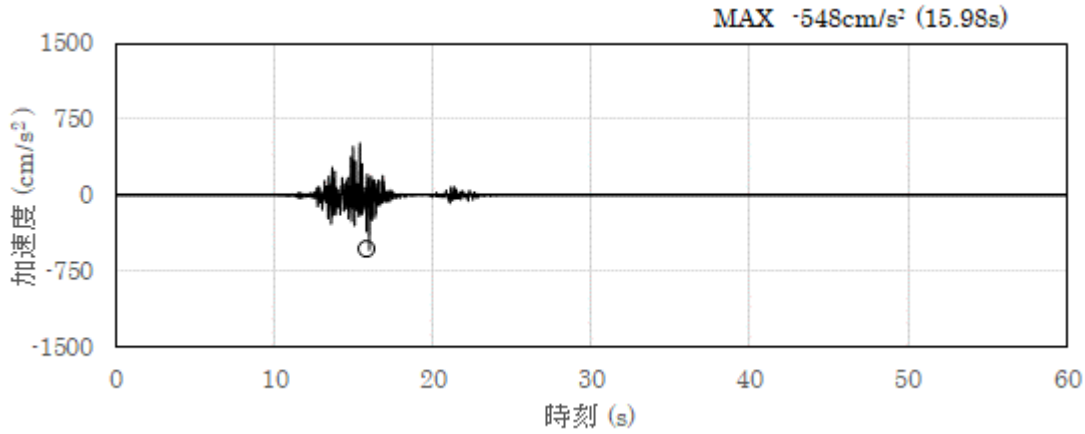



(a) 加速度時刻歴波形

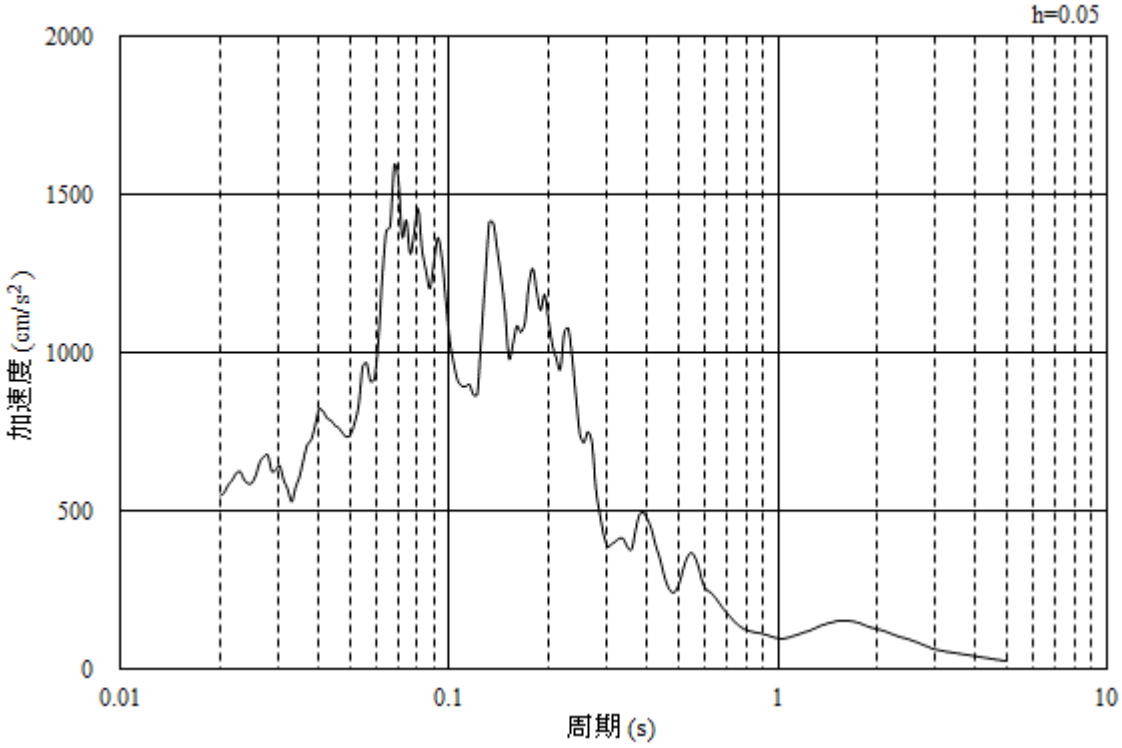



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－4（5） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向）

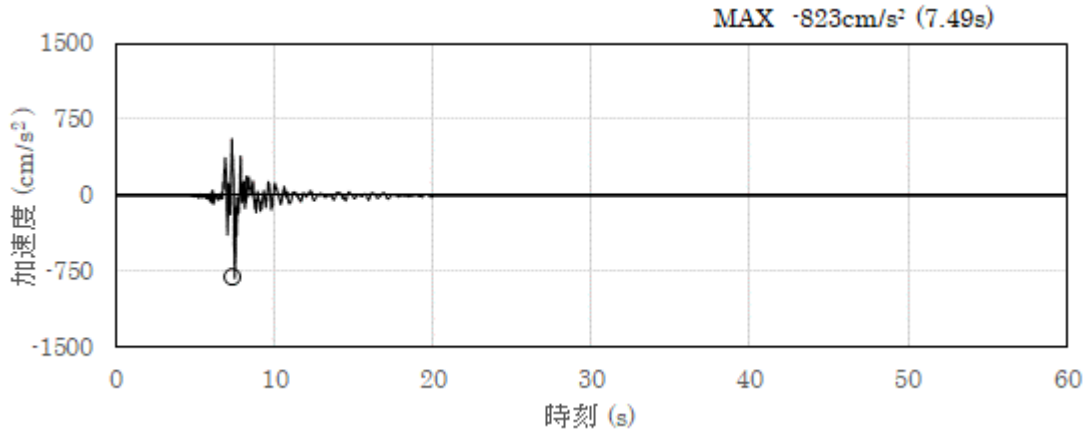



(a)　加速度時刻歴波形

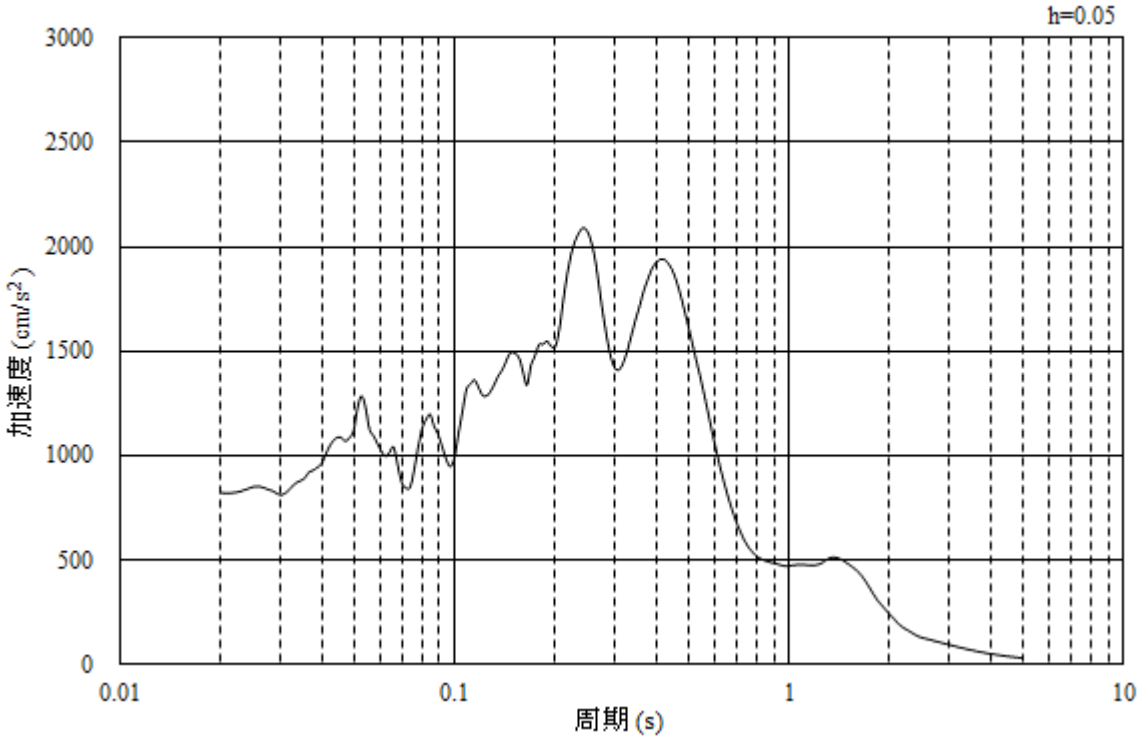



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－4（6）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｆ２，鉛直方向）

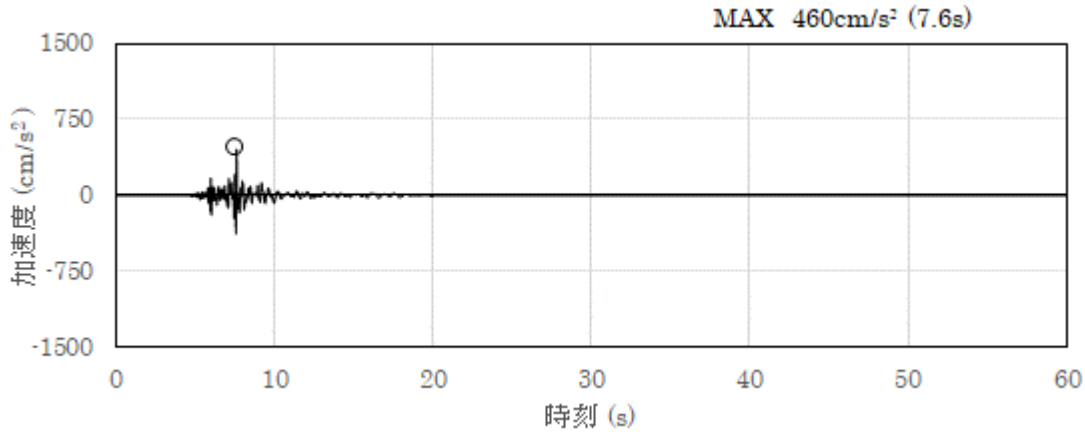



(a)　加速度時刻歴波形

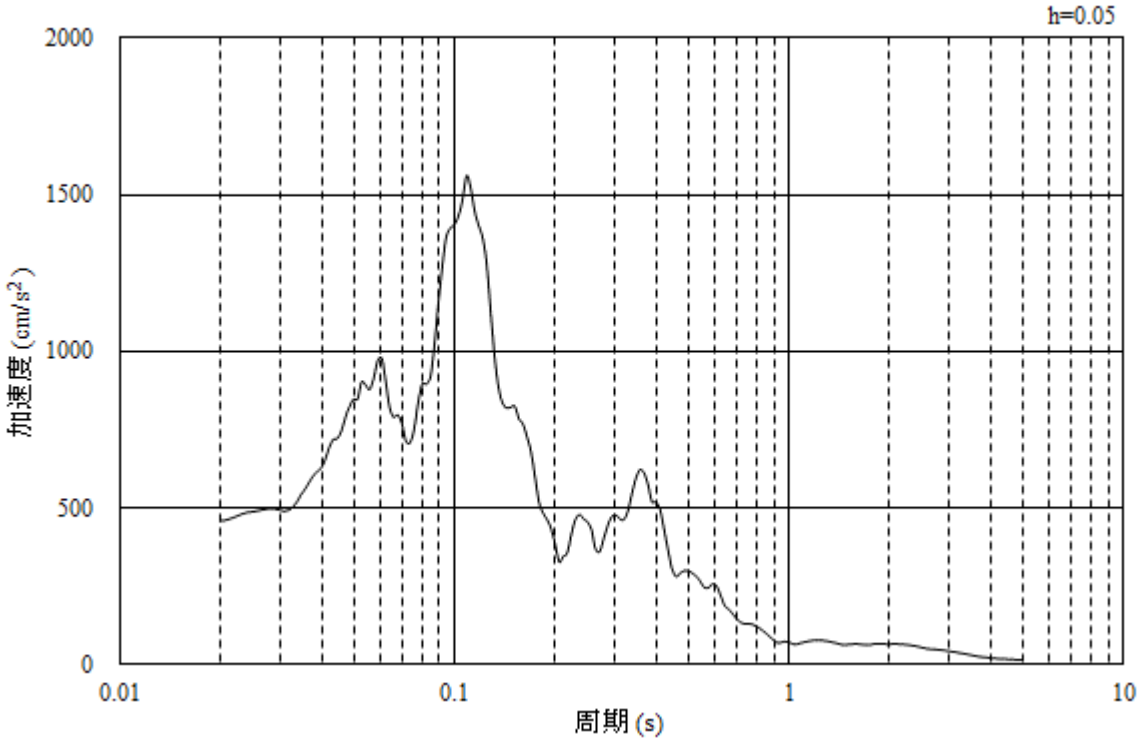



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－4（7）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｎ１，水平方向）

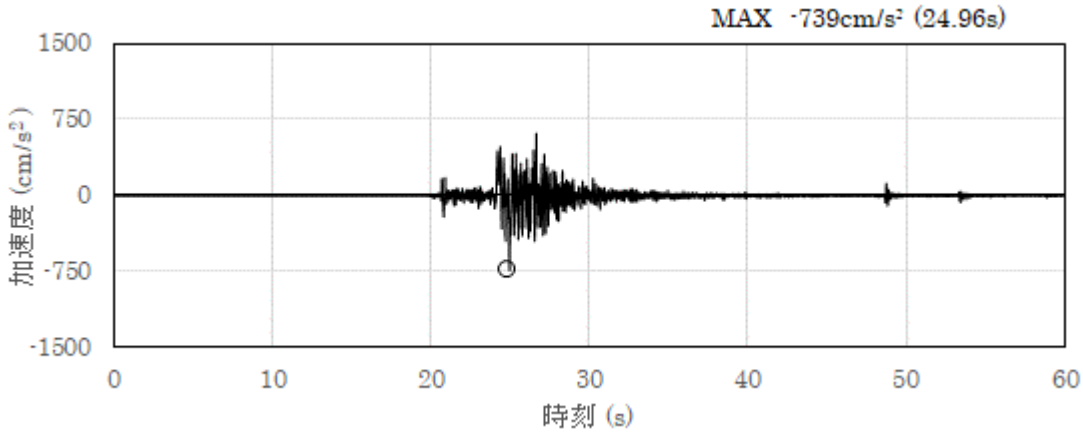



(a) 加速度時刻歴波形

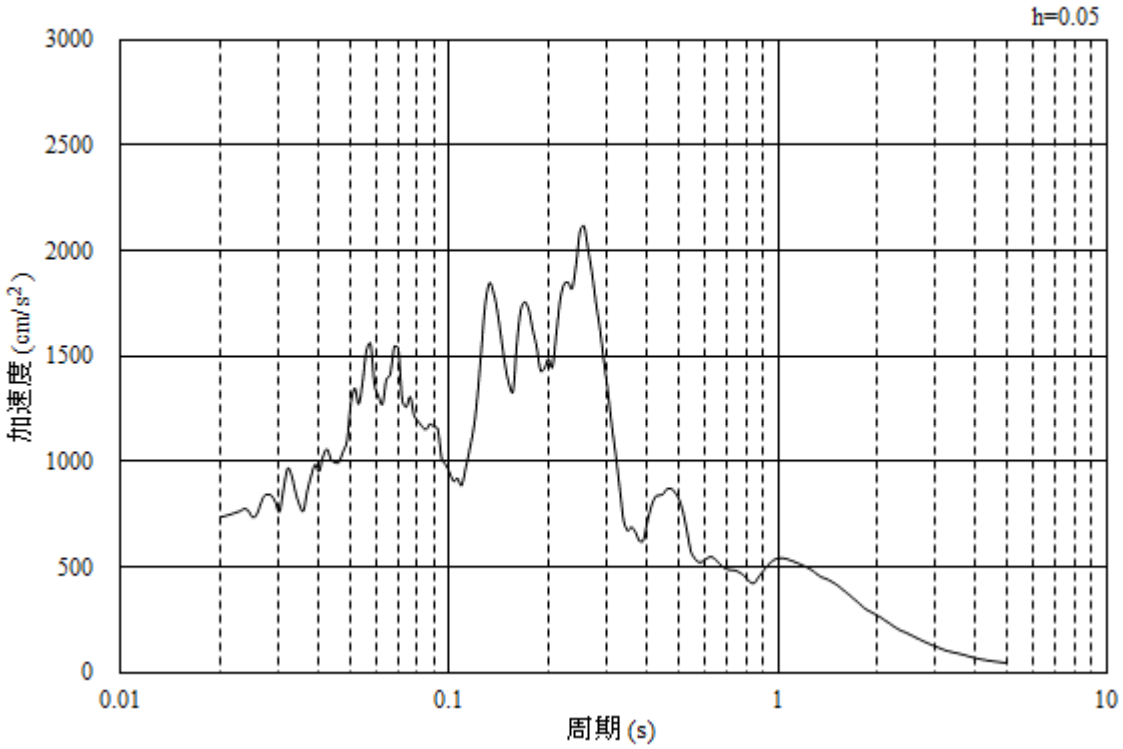



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－4（8） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｎ１，鉛直方向）

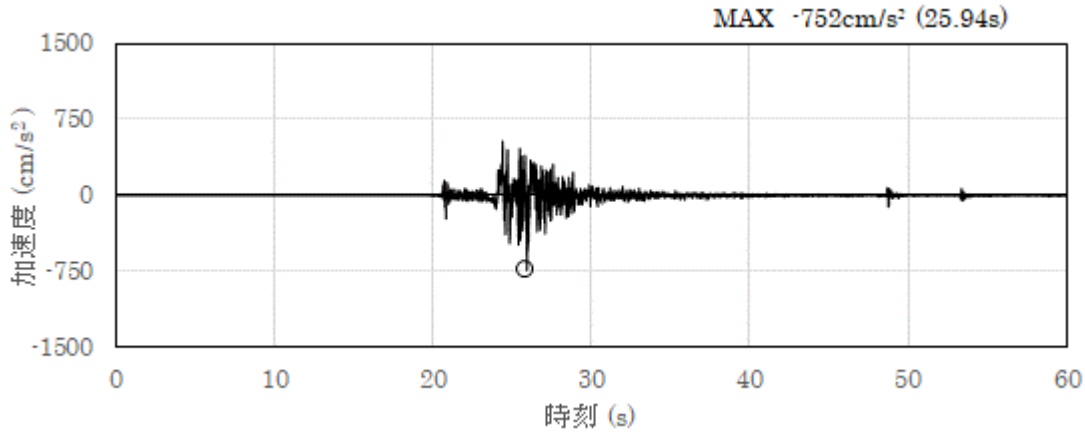



(a)　加速度時刻歴波形

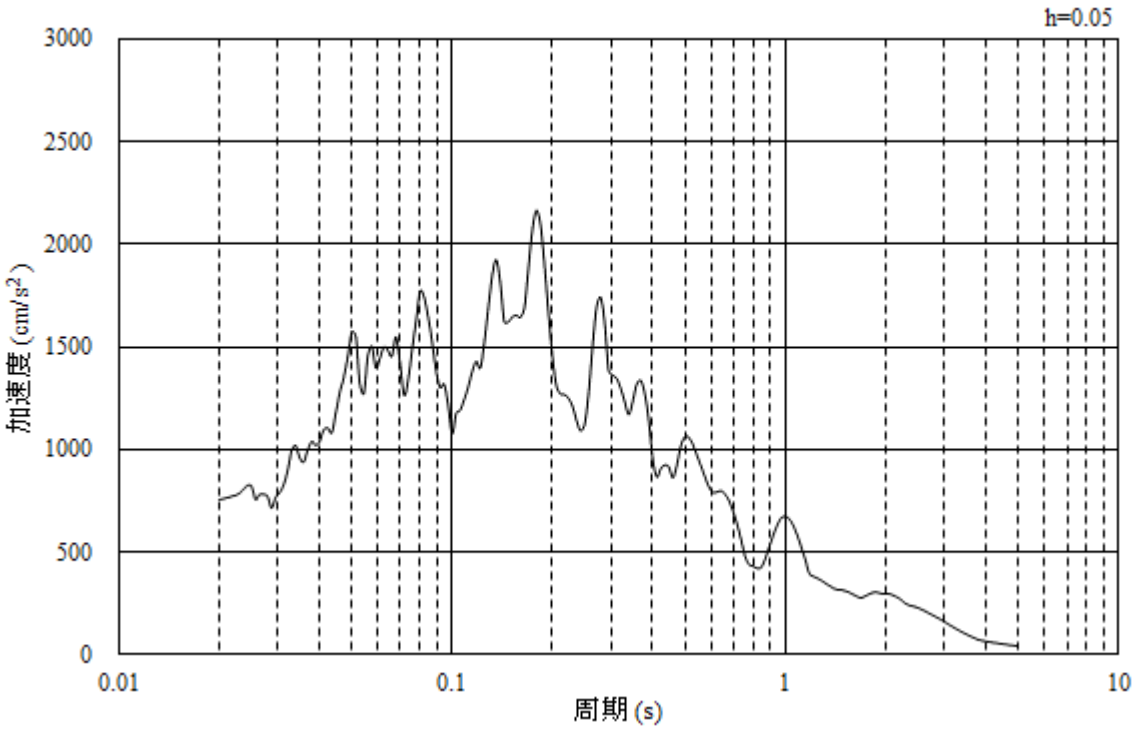



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－4（9）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＮＳ））

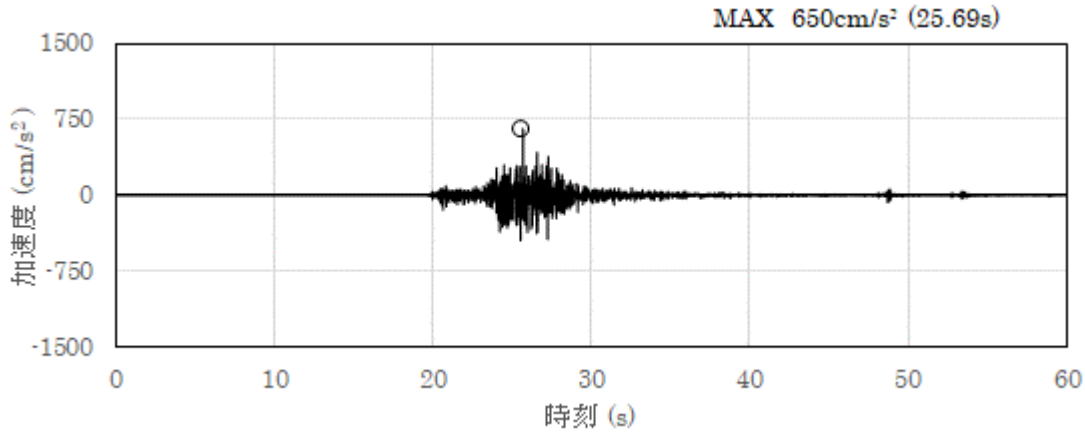



(a)　加速度時刻歴波形

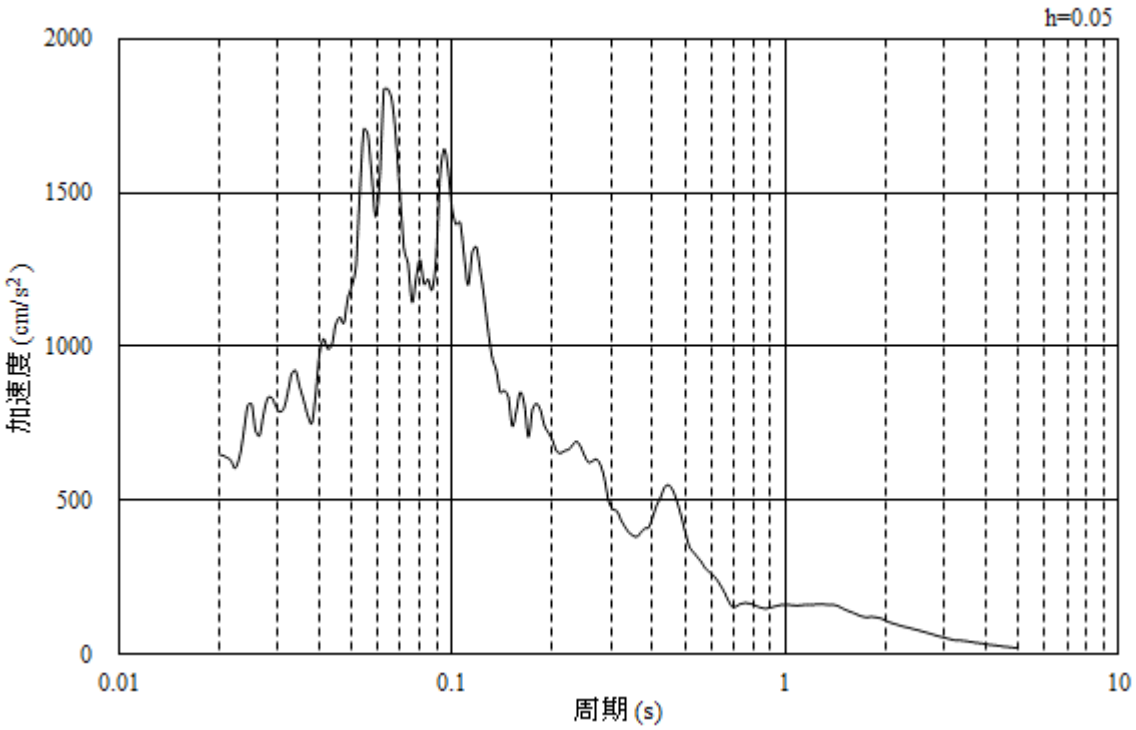



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－4（10）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＥＷ））




(a) 加速度時刻歴波形




(b) 加速度応答スペクトル

図 3－4（11） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（Ｓｓ－Ｎ２，鉛直方向）

## 3.5　解析モデル及び諸元

### 3.5.1　解析モデル

緊急時対策所用燃料地下タンクの地震応答解析モデルを図 3－5 に示す。

(1)　解析領域

解析領域は，側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2)　境界条件

解析領域の側方及び底面には,エネルギーの逸散効果を考慮するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

鉄筋コンクリート躯体及び鋼製タンクははり要素によりモデル化する。充填コンクリートは線形平面ひずみ要素によりモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

岩盤及び置換コンクリートは線形平面ひずみ要素でモデル化する。

(5)　ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と鉄筋コンクリート躯体」，「置換コンクリートと鉄筋コンクリート躯体」及び「構造物と充填コンクリート」の接合面における接触，剥離及びすべりを考慮するため，これらの接合面にジョイント要素を設定する。

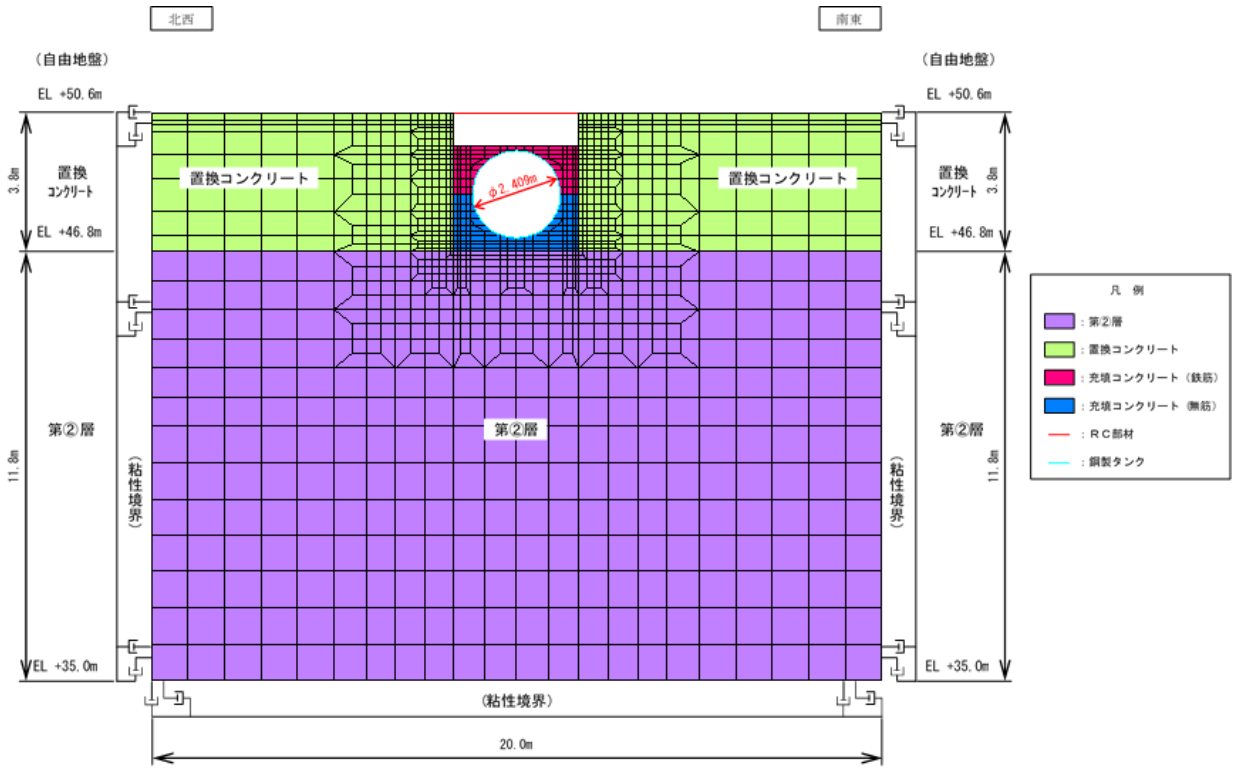



図 3－5　緊急時対策所用燃料地下タンク　地震応答解析モデル図

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3－5 に，材料の物性値を表 3－6 に示す。

表 3－5　使用材料

| 材料 | 仕様 |
|---|---|
| コンクリート | 設計基準強度　24.0N/mm$^2$ |
| 鉄筋 | SD295A，SD345 |
| 鋼製タンク | SS400 |

表 3－6　材料の物性値

| 材料 | 項目 | 材料諸元 |
|---|---|---|
| 鉄筋コンクリート | 単位体積重量<br>(kN/m$^3$) | 24.0 |
| コンクリート | ヤング係数<br>(N/mm$^2$) | 2.50×10$^4$ |
| | ポアソン比 | 0.2 |
| 鋼製タンク | 単位体積重量<br>(kN/m$^3$) | 77.0 |
| | ヤング係数<br>(N/mm$^2$) | 2.05×10$^5$ |
| | ポアソン比 | 0.3 |

3.5.3　地盤及び置換コンクリートの物性値

地盤については，Ⅵ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4　地下水位

設計地下水位は，Ⅵ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位を表 3－7，図 3－6 に示す。緊急時対策所用燃料地下タンク直下の地下水位は，緊急時対策所用燃料地下タンク下端より低いことから，地下水による浮力は考慮しない。

表 3－7　緊急時対策所用燃料地下タンク　設計地下水位

| 施設名称 | 評価断面 | 設計地下水位（EL m） |
|---|---|---|
| 緊急時対策所用<br>燃料地下タンク | Ａ－Ａ断面 | 20.0 |

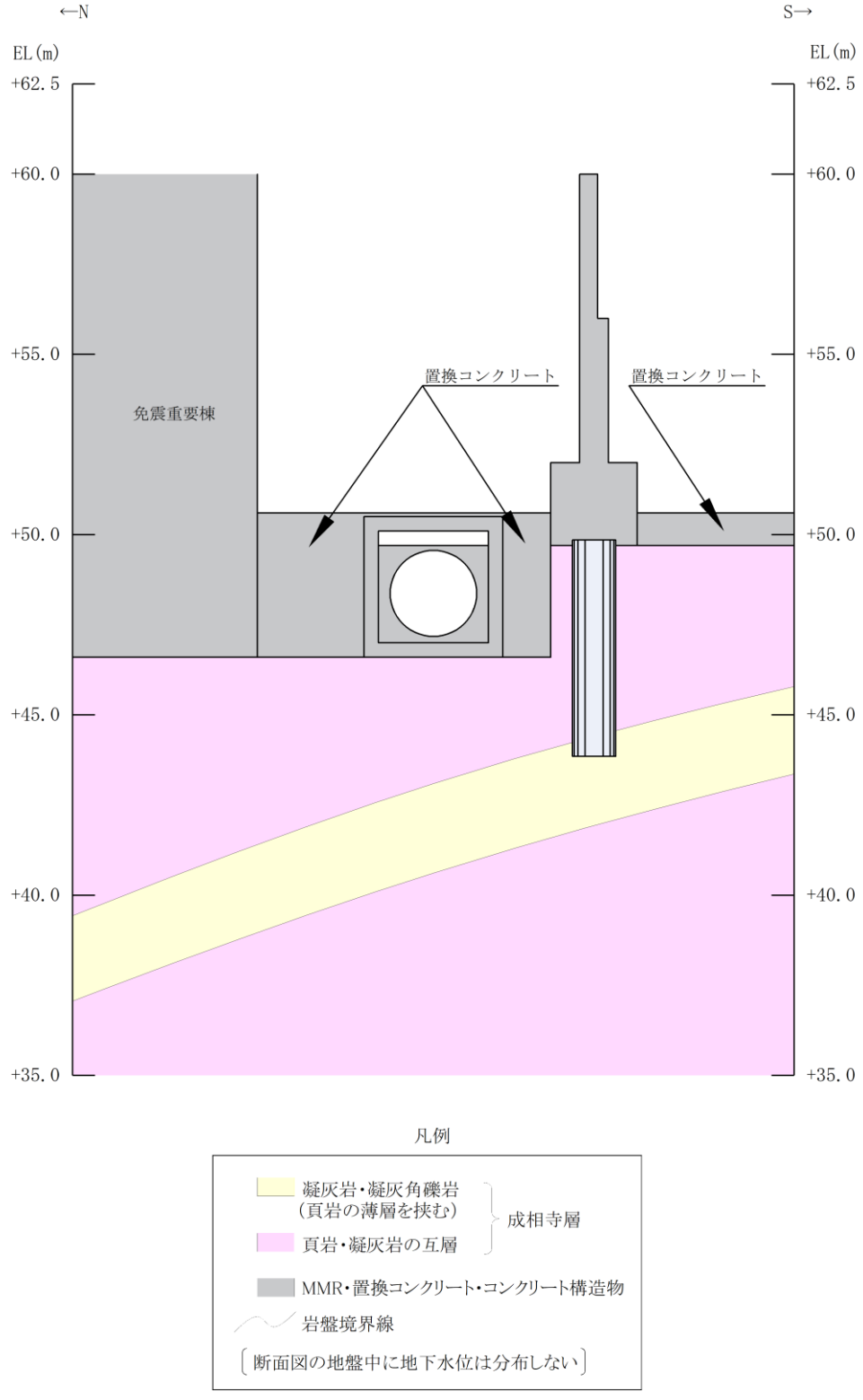



図 3－6　緊急時対策所用燃料地下タンク　設計地下水位（Ａ－Ａ断面）

3.6　許容限界

許容限界は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.6.1　鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する許容限界

(1)　曲げに対する許容限界

鉄筋コンクリート躯体の曲げ破壊に対する許容限界は，コンクリート標準示方書（土木学会，2002 年）（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき，許容応力度（許容曲げ圧縮応力度（短期），許容引張応力度（短期））とする。鉄筋コンクリート躯体の曲げに対する許容限界を表 3－8 及び表 3－9 に示す。

表 3－8　鉄筋コンクリート躯体の許容曲げ圧縮応力度

| 設計基準強度 ($N/mm^2$) | 許容曲げ圧縮応力度（長期） ($N/mm^2$) | 許容曲げ圧縮応力度（短期） ($N/mm^2$) |
|---|---|---|
| 24 | 9 | 13.5 |

表 3－9　鉄筋コンクリート躯体の許容引張応力度

| 鉄筋の種類 | 許容引張応力度（長期） ($N/mm^2$) | 許容引張応力度（短期） ($N/mm^2$) |
|---|---|---|
| SD295A | 176 | 264 |
| SD345 | 196 | 294 |

(2)　せん断力に対する許容限界

鉄筋コンクリート躯体のせん断破壊に対する許容限界は，コンクリート標準示方書に基づき，許容応力度（許容せん断応力度（短期））とする。鉄筋コンクリート躯体のせん断力に対する許容限界を表 3－10 に示す。

表 3－10　鉄筋コンクリート躯体の許容せん断力応力度

| 設計基準強度 ($N/mm^2$) | 許容せん断応力度（長期） ($N/mm^2$) | 許容せん断応力度（短期） ($N/mm^2$) |
|---|---|---|
| 24 | 0.45 | 0.675 |

3.6.2　鋼製タンクの健全性に対する許容限界

(1)　曲げに対する許容限界

鋼製タンクの曲げ系破壊に対する許容限界は，鋼構造設計基準（日本建築学会，2005 年）（以下「鋼構造設計基準」という。）に基づき，許容応力度（許容引張応力度（短期））とする。鋼製タンクの曲げに対する許容限界を表 3－11 に示す。

表 3－11　鋼製タンクの許容引張応力度

| 鋼製タンクの仕様 | 許容引張応力度（長期） ($N/mm^2$) | 許容引張応力度（短期） ($N/mm^2$) |
|---|---|---|
| SS400 | 156 | 235 |

(2)　せん断力に対する許容限界

鋼製タンクのせん断破壊に対する許容限界は，鋼構造物設計基準に基づき，許容応力度（許容せん断応力度（短期））とする。鋼製タンクのせん断力に対する許容限界を表 3－12 に示す。

表 3－12　鋼製タンクの許容せん断応力度

| 鋼製タンクの仕様 | 許容せん断応力度（長期） ($N/mm^2$) | 許容せん断応力度（短期） ($N/mm^2$) |
|---|---|---|
| SS400 | 90 | 135 |

3.6.3　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する鉛直力の許容限界は，Ⅵ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，基礎岩盤（$C_L$級）の極限支持力度とする。

基礎岩盤（$C_L$級）の極限支持力度を表 3－13 に示す。

表 3－13　基礎岩盤（$C_L$級）の極限支持力度

| 岩級 | 極限支持力度 ($N/mm^2$) |
|---|---|
| $C_L$級 | 3.9 |

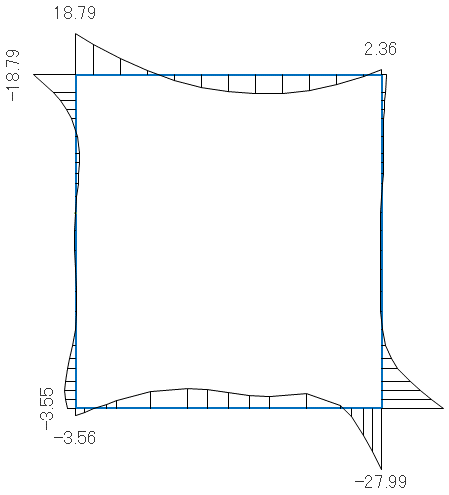
## 3.7　評価方法

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震評価は，地震応答解析により算定した照査用応答値が，「3.6　許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

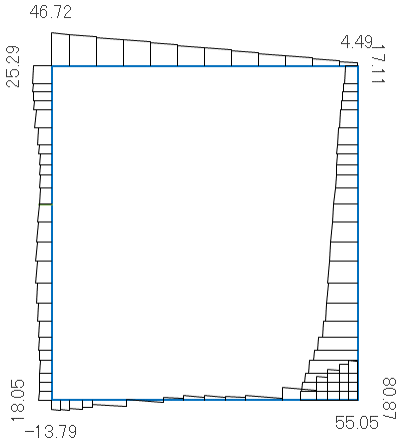
### 3.7.1　鉄筋コンクリート躯体の健全性評価

鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査及びせん断力照査に対して，地震応答解析により算定した照査用曲げ応力，引張応力及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

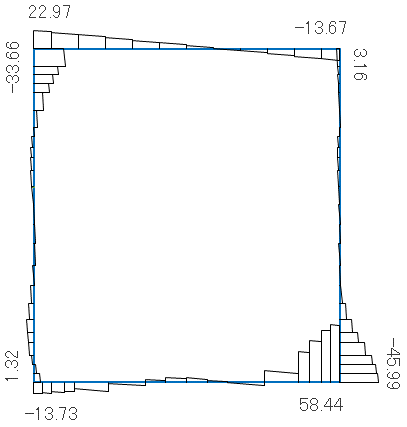
鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査及びせん断力照査において照査値が最大となる地震動での断面力分布を図3－7に示す。




曲げモーメント（kN・m）




軸力（kN）（＋圧縮，－引張）



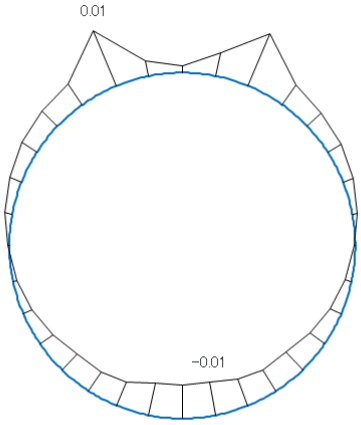

せん断力（kN）

図 3－7　鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査値及びせん断力照査が最大となる地震動での断面力分布図（解析ケース③，Ｓｓ－Ｄ（＋＋），ｔ＝8.57）

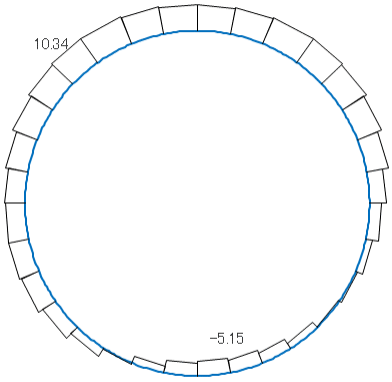
### 3.7.2　鋼製タンクの健全性評価

鋼製タンクの曲げ照査及びせん断力照査に対して，地震応答解析により算定した照査用曲げ応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

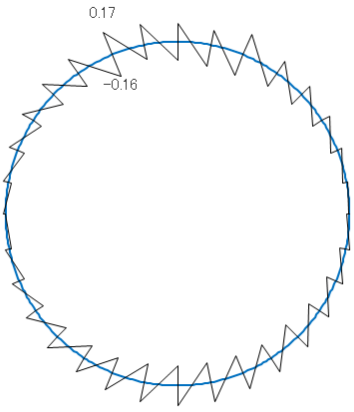
鋼製タンクの曲げ照査及びせん断力照査において照査値が最大となる地震動での断面力分布を図 3－8 に示す。




曲げモーメント（kN・m）




軸力（kN）（＋圧縮，－引張）




せん断力（kN）

図 3－8　鋼製タンクの曲げ照査値及びせん断力照査値が最大となる地震動での断面力分布図（解析ケース②，Ｓｓ－Ｄ（＋＋），ｔ＝10.08）

3.7.3　基礎地盤の支持性評価

基礎地盤の支持性評価においては，基礎地盤に発生する接地圧が基礎地盤（$C_L$）の極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価で最大照査値を示す地震動及び解析ケースにおける最大接地圧分布図を図 3－9 に示す。

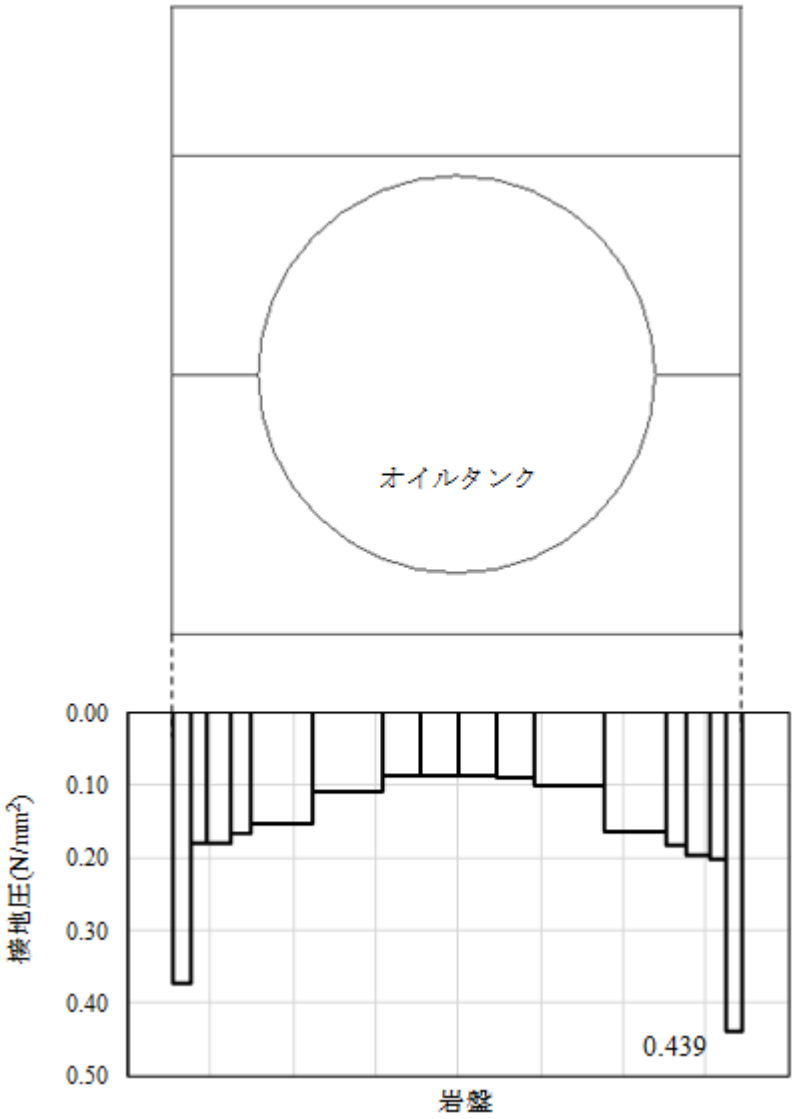



図 3－9　最大接地圧分布図（解析ケース①，Ｓｓ－Ｄ（＋－））

4. 解析結果

4.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査における各評価位置での最大照査値を表 4－1 及び表 4－2，せん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 4－3 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクの鉄筋コンクリート躯体の照査用圧縮応力及び引張応力並びに照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4－1 曲げ照査（圧縮）における最大照査値（鉄筋コンクリート躯体）

| 評価位置＊ | 解析ケース | 地震動 | 照査用圧縮応力度 $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm$^2$) | 照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| a | ケース① | Ｓｓ－Ｄ（＋－） | 1.15 | 13.5 | 0.09 |
| b | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 1.63 | 13.5 | 0.12 |
| c | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 1.72 | 13.5 | 0.13 |
| d | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 1.66 | 13.5 | 0.12 |

注記＊ ：a 頂版，b 側壁（左），c 側壁（右），d 底版

表 4－2 曲げ照査（引張）における最大照査値（鉄筋コンクリート躯体）

| 評価位置＊ | 解析ケース | 地震動 | 照査用引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm$^2$) | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm$^2$) | 照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| a | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 27.00 | 264 | 0.10 |
| b | ケース① | Ｓｓ－Ｄ（＋－） | 21.75 | 294 | 0.07 |
| c | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 23.51 | 294 | 0.08 |
| d | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 28.43 | 294 | 0.10 |

注記＊ ：a 頂版，b 側壁（左），c 側壁（右），d 底版

表 4－3 せん断力照査における最大照査値（鉄筋コンクリート躯体）

| 評価位置＊ | 解析ケース | 地震動 | 照査用せん断力 $\tau_a$ (N/mm$^2$) | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm$^2$) | 照査値 $\tau_a / \tau_{a1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| a | ケース① | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 0.13 | 0.675 | 0.19 |
| b | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 0.18 | 0.675 | 0.27 |
| c | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 0.18 | 0.675 | 0.26 |
| d | ケース③ | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 0.23 | 0.675 | 0.33 |

注記＊ ：a 頂版，b 側壁（左），c 側壁（右），d 底版

4.2　鋼製タンクの健全性に対する評価結果

鋼製タンクの曲げ照査における最大照査値を表 4－4，せん断力照査における最大照査値を表 4－5 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクの鋼製タンクの照査用曲げ応力度及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4－4　曲げ照査における最大照査値（鋼製タンク）

| 解析ケース | 地震動 | 照査用曲げ応力度 $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 許容曲げ応力度 $f_b$ (N/mm$^2$) | 照査値 $\sigma_b / f_b$ |
|---|---|---|---|---|
| ケース② | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 1.893 | 235 | 0.009 |

表 4－5　せん断力照査における最大照査値（鋼製タンク）

| 解析ケース | 地震動 | 照査用せん断応力度 $\tau$ (N/mm$^2$) | 許容せん断応力度 $f_s$ (N/mm$^2$) | 照査値 $\tau / f_s$ |
|---|---|---|---|---|
| ケース① | Ｓｓ－Ｄ（＋＋） | 0.019 | 135 | 0.001 |

4.3　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4－6 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクの基礎地盤に発生する最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 4－6　基礎地盤の支持性能照査結果

| 解析ケース | 地震動 | 最大接地圧 $\sigma$ (N/mm$^2$) | 極限支持力度 $q_u$ (N/mm$^2$) | 照査値 $\sigma / q_u$ |
|---|---|---|---|---|
| ケース① | Ｓｓ－Ｄ（＋－） | 0.439 | 3.9 | 0.11 |

# Ⅵ-2-2-35　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の
# 地震応答計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　位置 ····· 2
2.2　構造概要 ····· 3
2.3　解析方針 ····· 5
2.4　適用規格・基準等 ····· 7
3.　解析方法 ····· 8
3.1　評価対象断面 ····· 8
3.2　解析ケースの選定 ····· 10
3.3　入力地震動 ····· 12
3.4　地震応答解析モデル ····· 53
3.4.1　水平方向 ····· 54
3.4.2　鉛直方向 ····· 57
3.5　解析方法 ····· 60
3.5.1　動的解析 ····· 60
3.6　解析条件 ····· 61
3.6.1　地盤の回転ばねの復元力特性 ····· 61
4.　解析結果 ····· 62
4.1　動的解析 ····· 62
4.1.1　固有値解析結果 ····· 62
4.1.2　地震応答解析結果 ····· 62

1. 概要

本資料は，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施するガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は，ガスタービン発電機用軽油タンク基礎が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際，耐震評価に用いる応答値は，この地震応答解析により構造物に発生する変形，断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また，機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

2.　基本方針

2.1　位置

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の位置図を図 2－1 に示す。

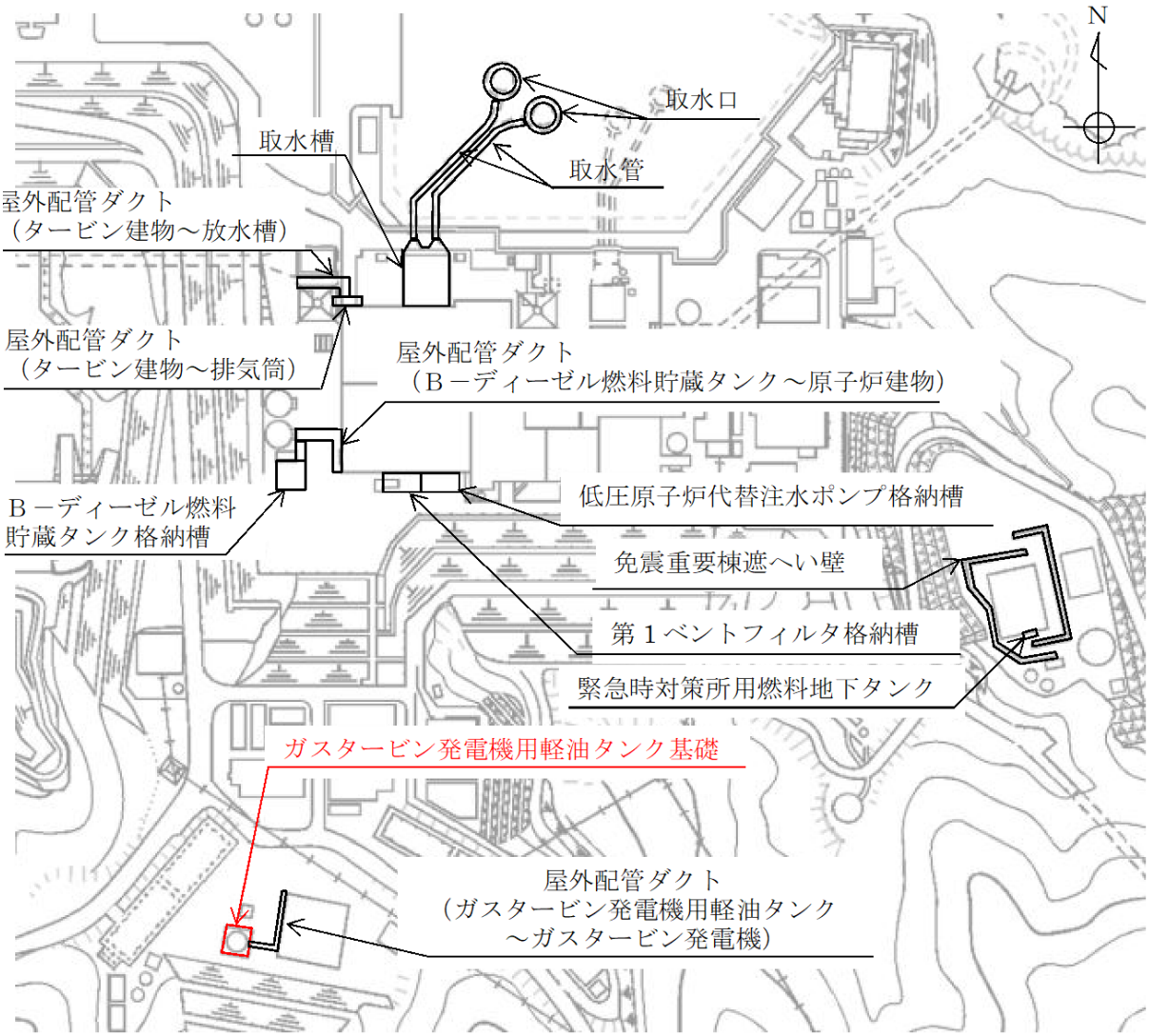



図 2－1　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎　位置図

2.2　構造概要

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の平面図を図 2－2，断面図を図 2－3 に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は，内径 9.8m，容量 560m$^3$ のタンク 1 基を支持する平面寸法 18.0m×18.0m，厚さ 1.4m の鉄筋コンクリート造の構造物であり，マンメイドロック（以下「ＭＭＲ」という。）を介して十分な支持性能を有するＣ$_M$級岩盤に支持される。

防油堤は幅 0.3m，高さ 2.5m の鉄筋コンクリート造で，ガスタービン発電機用軽油タンク基礎を取り囲むように設置されている。

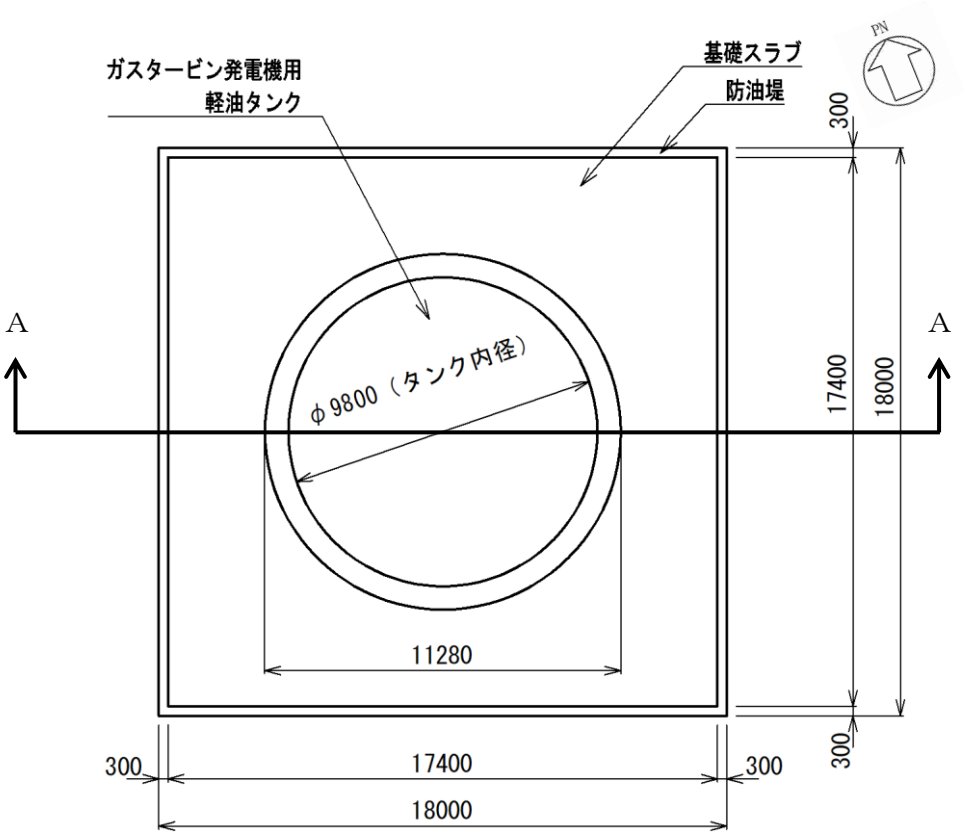



図 2－2　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤　平面図

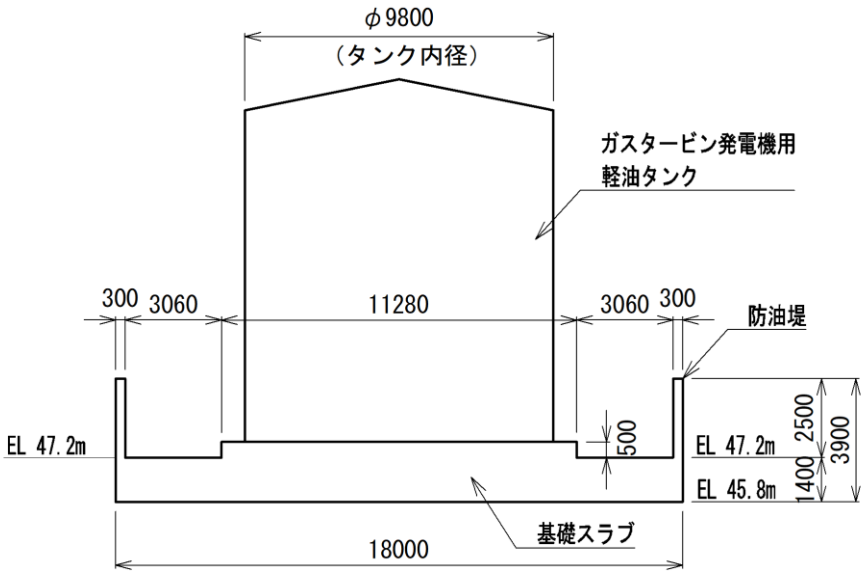


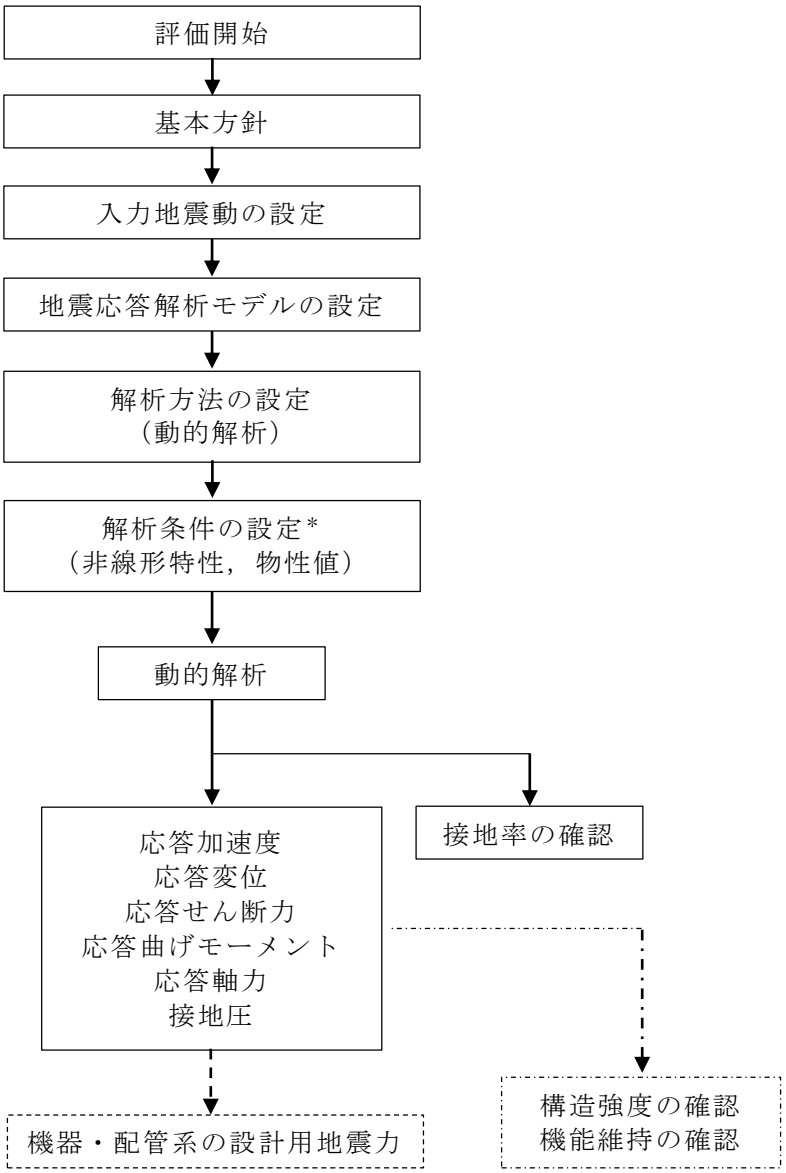

図 2－3　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤　断面図

## 2.3　解析方針

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤は，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓｓに対して地震応答解析を実施する。

図 2－4 にガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は，「2.　基本方針」に基づき，「3.3　入力地震動」及び「3.4　地震応答解析モデル」おいて設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし，「3.5 解析方法」及び「3.6　解析条件」に基づき，「4.1　動的解析」においては，地盤物性のばらつきを考慮し，加速度，変位，断面力及び接地圧等を含む各種応答値を算定する。




注記＊：地盤物性のばらつきを考慮する。

図 2－4　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤　地震応答解析フロー

## 2.4　適用規格・基準等

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の地震応答解析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　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

3.　解析方法

3.1　評価対象断面

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の評価対象断面位置図を図 3－1 に示す。構造物の耐震設計及び機器・配管系に対する応答加速度抽出における評価対象断面は，構造物の対称性から，図 3－1 のＡ－Ａ断面とする。

評価対象断面図を図 3－2 に示す。

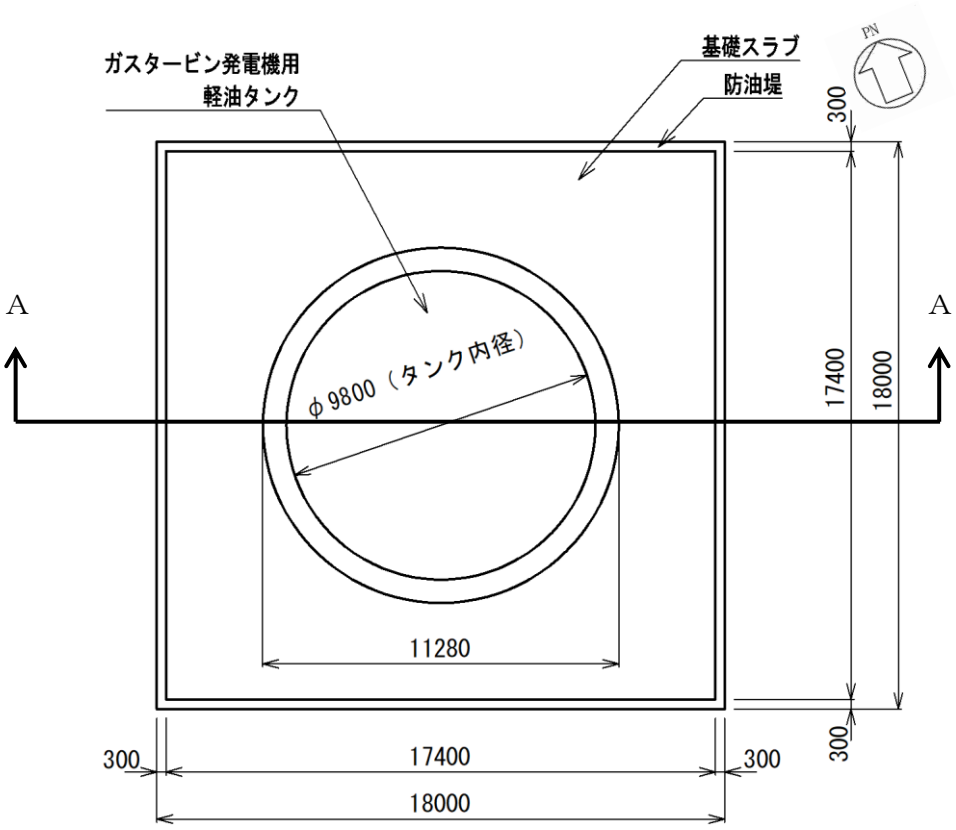



図 3－1　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤 評価断面位置図

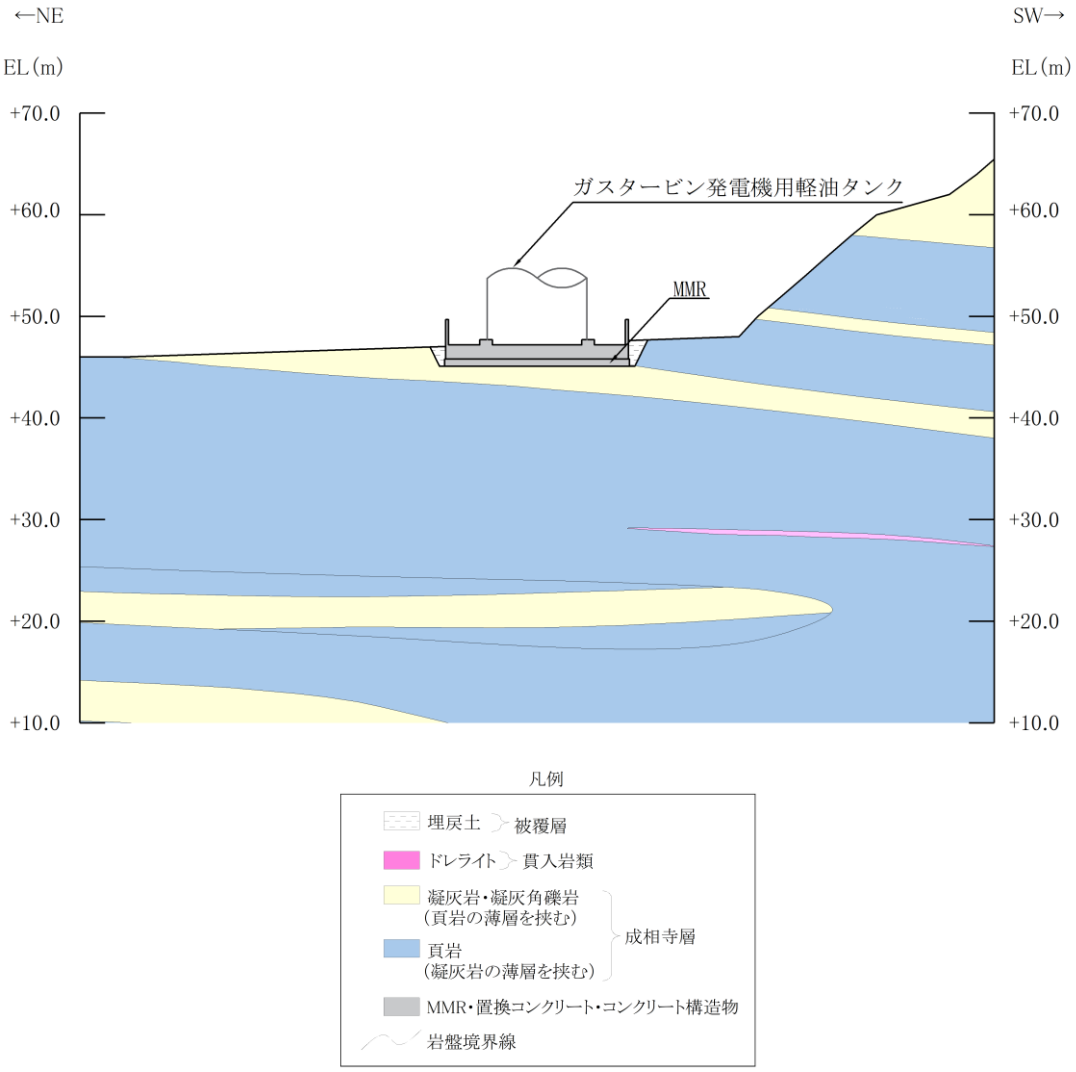



図 3－2　ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤 評価対象断面（Ａ－Ａ断面）

3.2　解析ケースの選定

(1)　耐震評価における解析ケース

耐震評価における解析ケースを表 3－1 に示す。耐震評価においては，すべての基準地震動Ｓｓに対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して，最も厳しい地震動を用いて，地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース②及び③を実施する。

表 3－1　耐震計価における解析ケース

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">解析ケース</td><td>ケース①</td><td>ケース②</td><td>ケース③</td></tr>
<tr><td>基本ケース</td><td>地盤物性のばらつき（＋１σ）を考慮した解析ケース</td><td>地盤物性のばらつき（－１σ）を考慮した解析ケース</td></tr>
<tr><td colspan="3">地盤物性</td><td>平均値</td><td>平均値＋１σ</td><td>平均値－１σ</td></tr>
<tr><td rowspan="8">地震動（位相）</td><td rowspan="2">Ｓｓ－Ｄ</td><td>＋＋*</td><td>○</td><td rowspan="8">基準地震動Ｓｓ（6 波）に位相反転を考慮した地震動（1 波）を加えた全 7 波に対し，ケース①（基本ケース）を実施し，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して，最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。<br>すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合は，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。</td><td rowspan="8"></td></tr>
<tr><td>＋－*</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Ｓｓ－Ｆ１</td><td>＋＋*</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Ｓｓ－Ｆ２</td><td>＋＋*</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Ｓｓ－Ｎ１</td><td>＋＋*</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Ｓｓ－Ｎ２（ＮＳ）</td><td>＋＋*</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Ｓｓ－Ｎ２（ＥＷ）</td><td>＋＋*</td><td>○</td></tr>
</table>

注記＊：地震動の位相について，＋＋の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

(2)　機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては，床応答への保守的な配慮として解析ケース①に加え，地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース②及び③を実施する。機器・配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3－2 に示す。

表 3－2　機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

| 解析ケース | | | ケース① | ケース② | ケース③ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 基本ケース | 地盤物性のばらつき（＋１σ）を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき（－１σ）を考慮した解析ケース |
| 地盤物性 | | | 平均値 | 平均値＋１σ | 平均値－１σ |
| 地震動（位相） | Ｓｓ－Ｄ | ＋＋* | ○ | ○ | ○ |
| | | ＋－* | ○ | ○ | ○ |
| | Ｓｓ－Ｆ１ | ＋＋* | ○ | ○ | ○ |
| | Ｓｓ－Ｆ２ | ＋＋* | ○ | ○ | ○ |
| | Ｓｓ－Ｎ１ | ＋＋* | ○ | ○ | ○ |
| | Ｓｓ－Ｎ２（ＮＳ） | ＋＋* | ○ | ○ | ○ |
| | Ｓｓ－Ｎ２（ＥＷ） | ＋＋* | ○ | ○ | ○ |

注記＊：地震動の位相について，＋＋の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

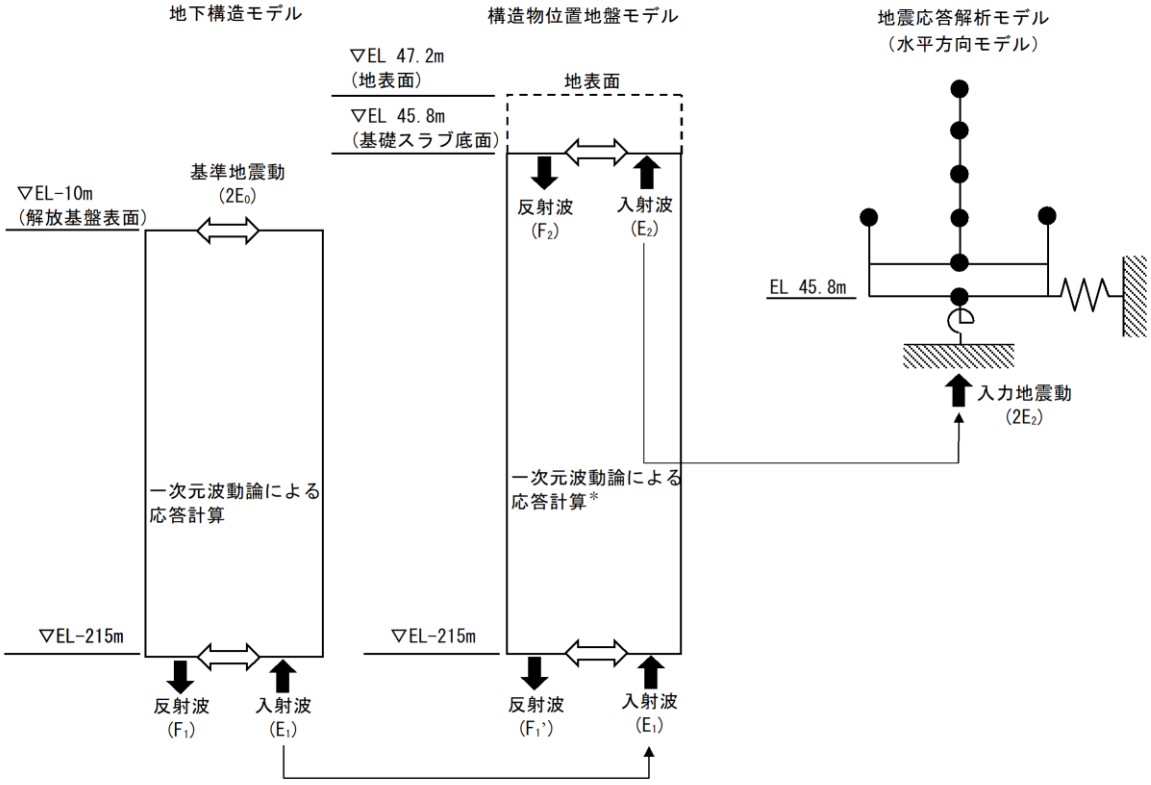
3.3　入力地震動

入力地震動は，VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものを用いる。なお，入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1　入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

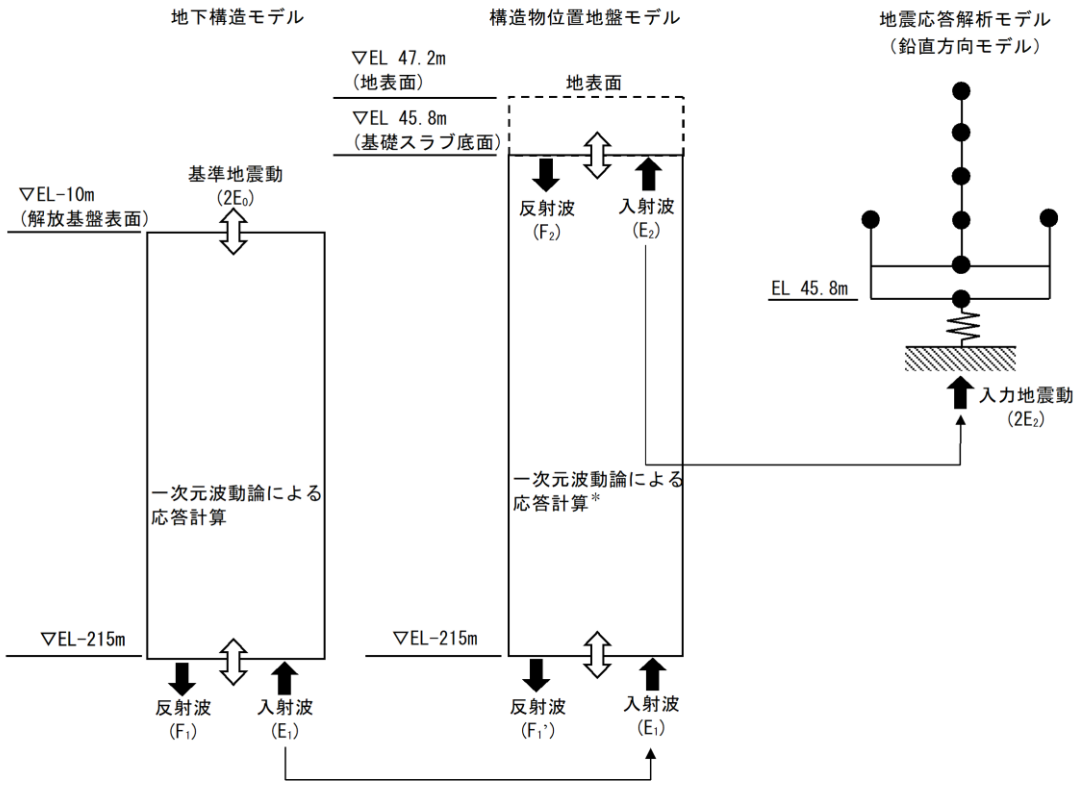
基準地震動Ｓｓ－Ｆ１及びＳｓ－Ｆ２に関しては，ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の配置に応じて方位を補正した波形を用いる。

図 3－3 及び図 3－4 に入力地震動算定の概念図を，図 3－5～図 3－7 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「ＳＨＡＫＥ」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



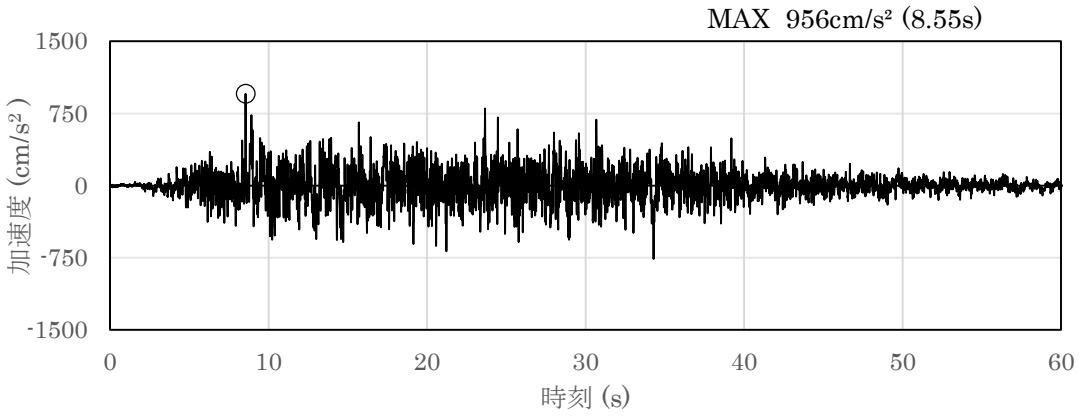

注記＊：地盤物性のばらつきを考慮する。

図 3－3　入力地震動算定の概念図（水平方向）

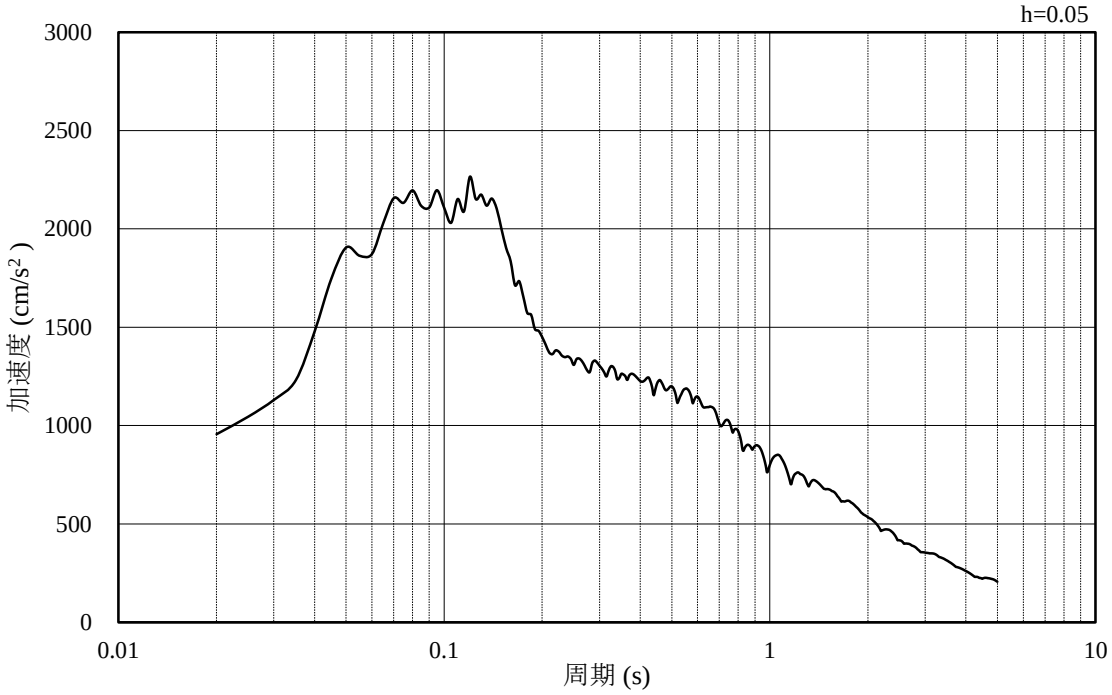



注記＊：地盤物性のばらつきを考慮する。

図 3－4　入力地震動算定の概念図（鉛直方向）

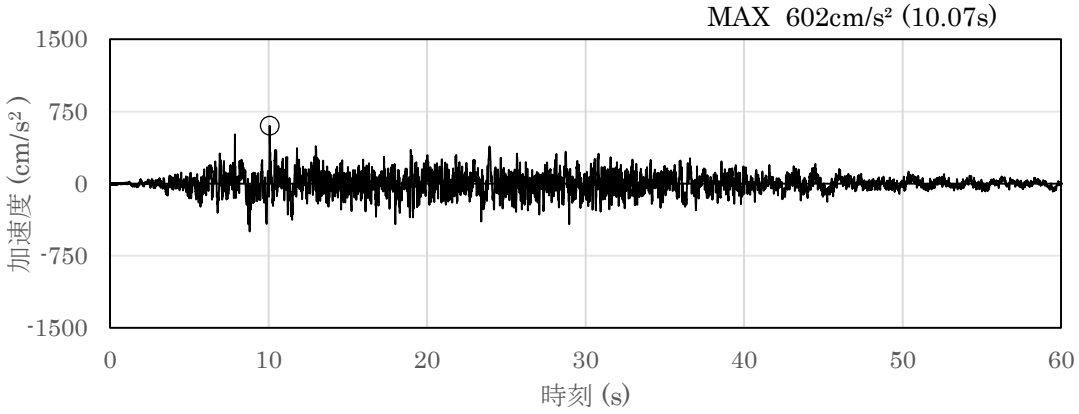



(a) 加速度時刻歴波形

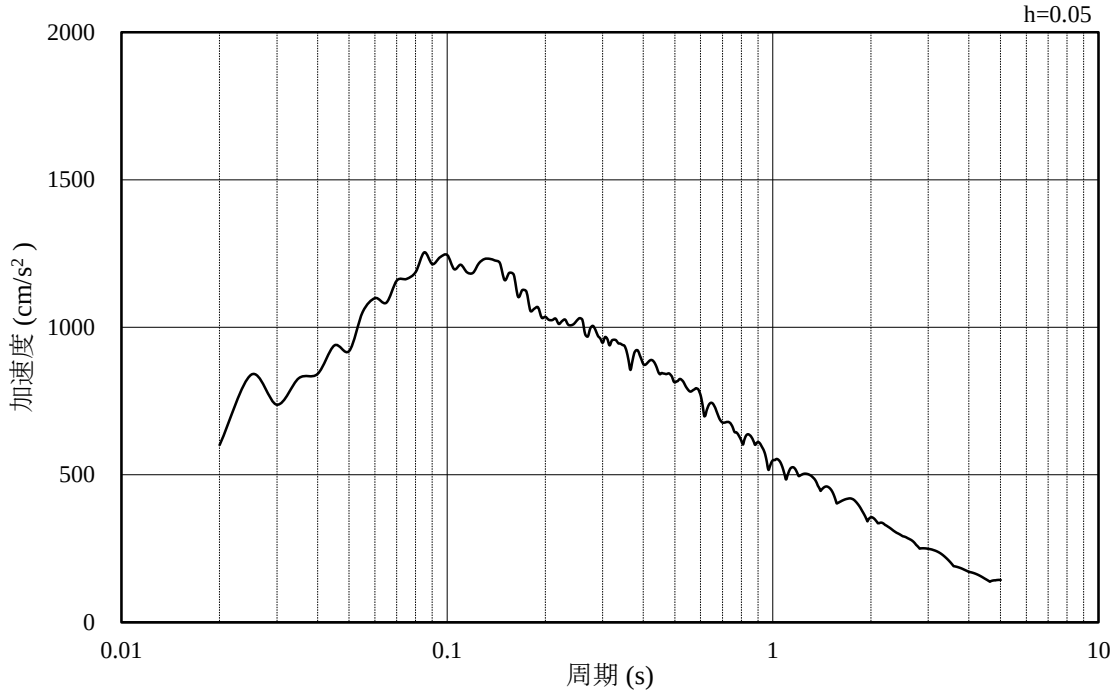



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（1） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｄ，水平方向）

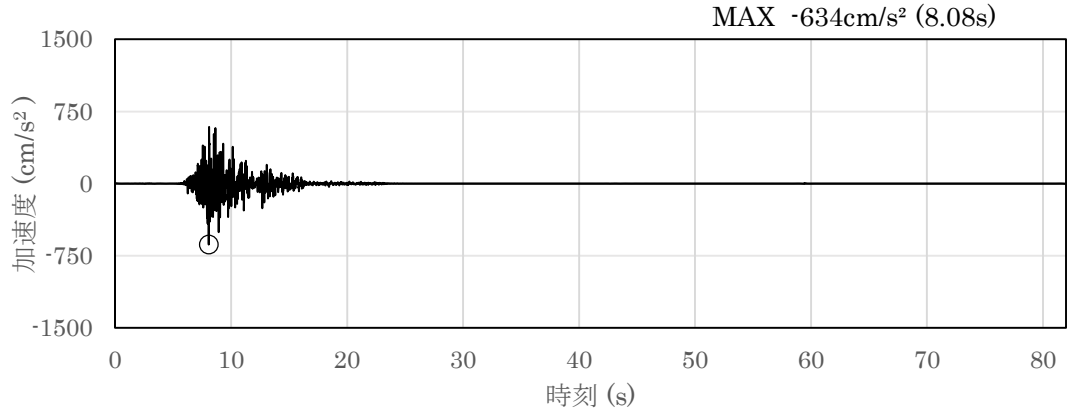



(a) 加速度時刻歴波形

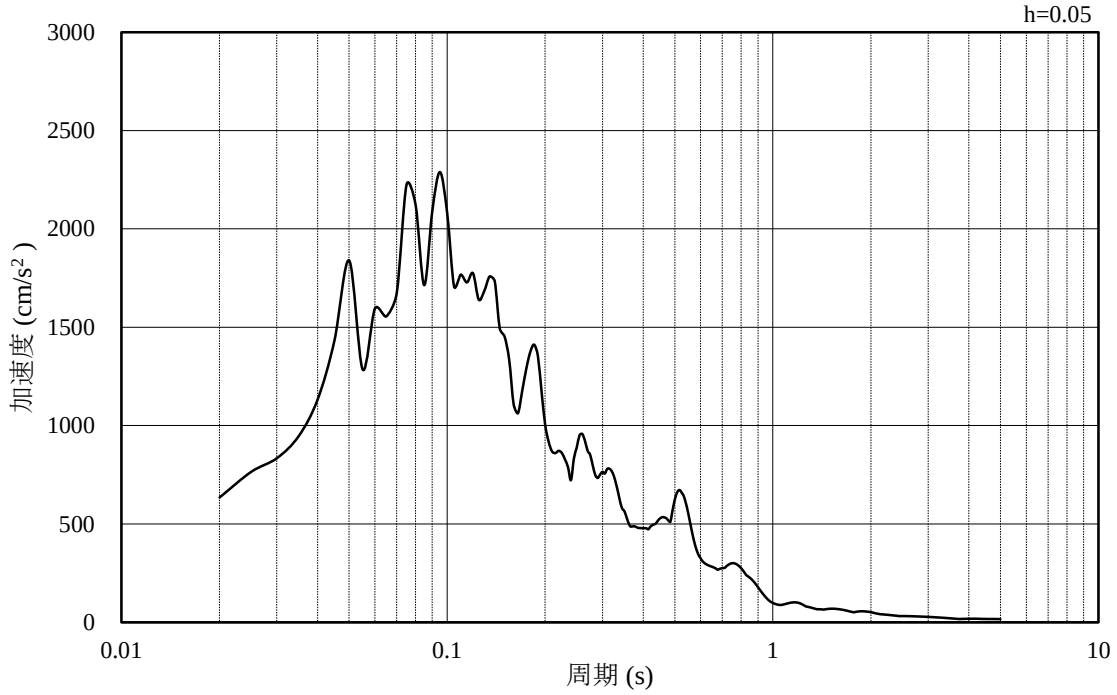



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（2） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｄ，鉛直方向）

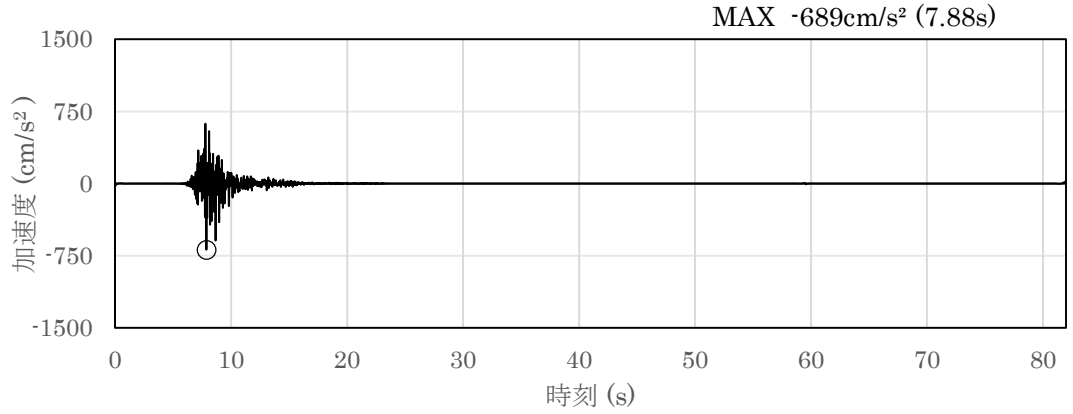



(a) 加速度時刻歴波形

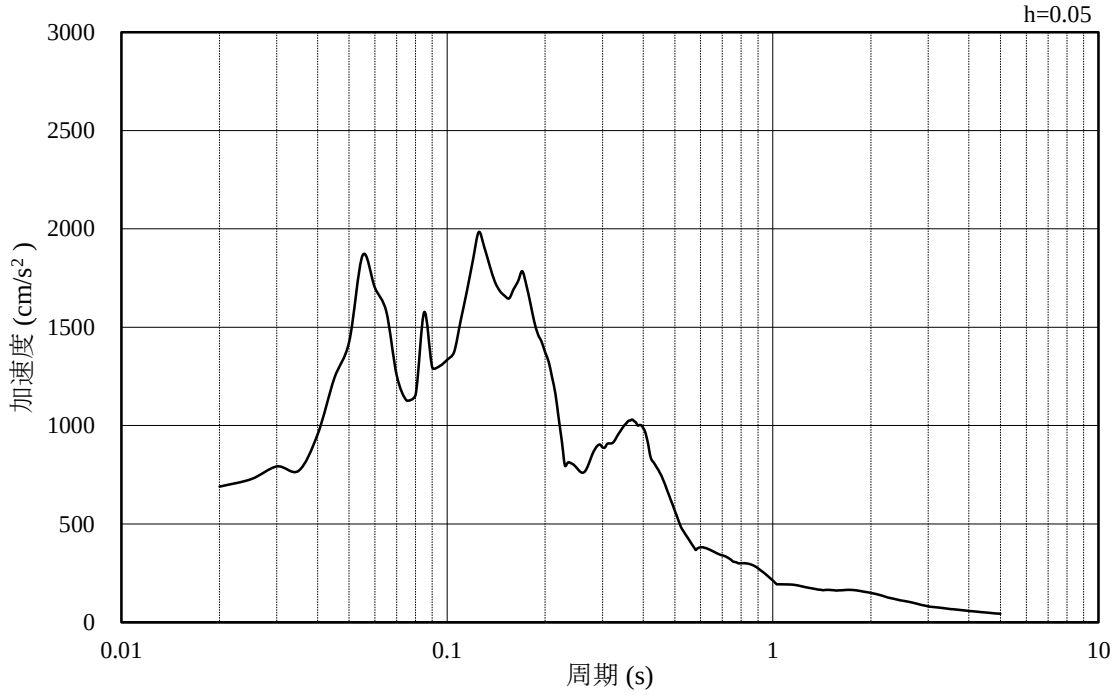



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（3） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向（ＮＳ））

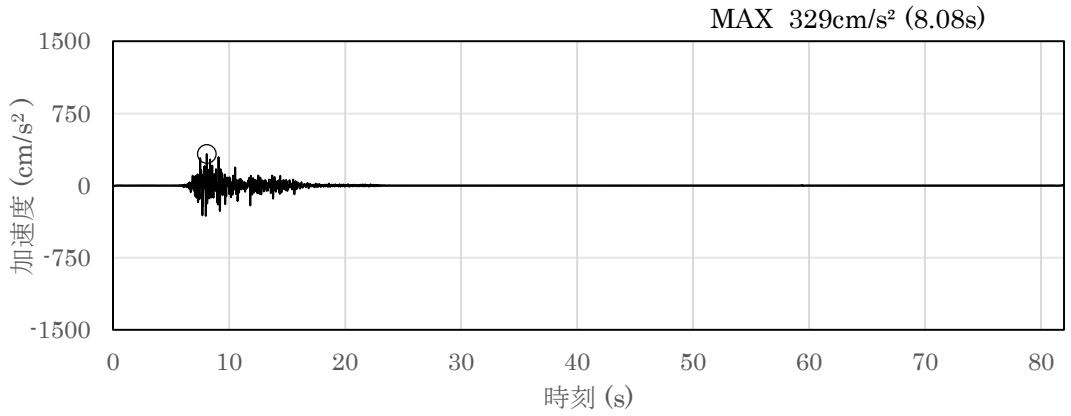



(a) 加速度時刻歴波形

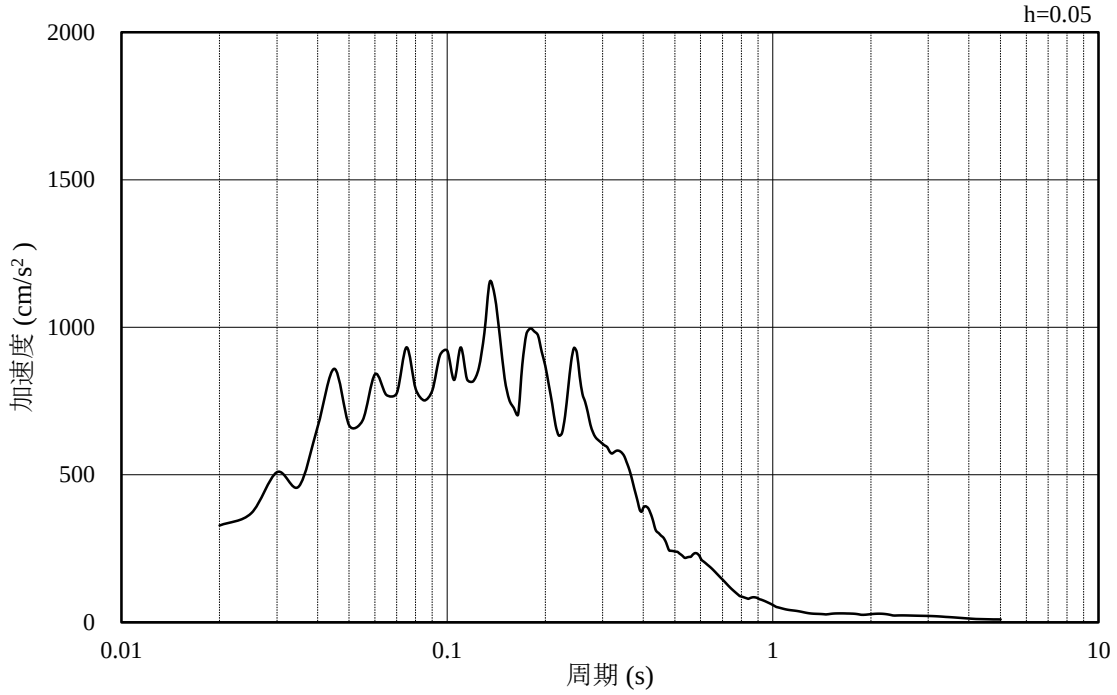



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（4） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向（ＥＷ方向））

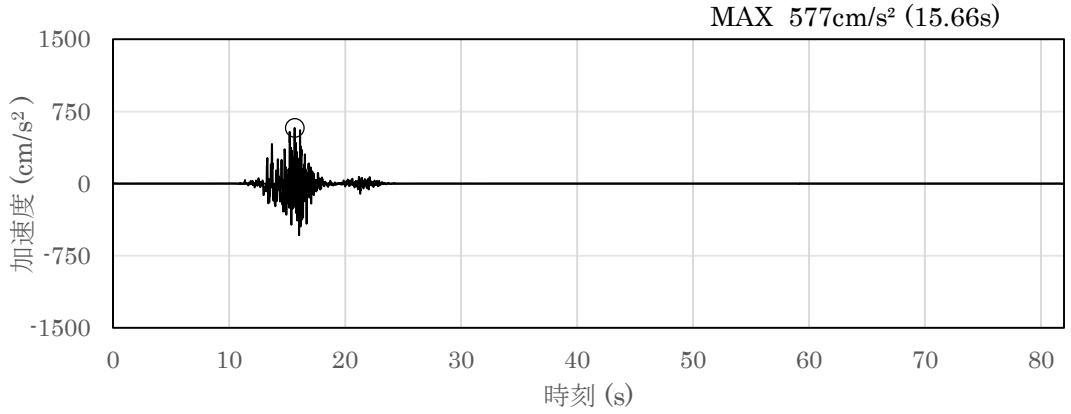



(a) 加速度時刻歴波形

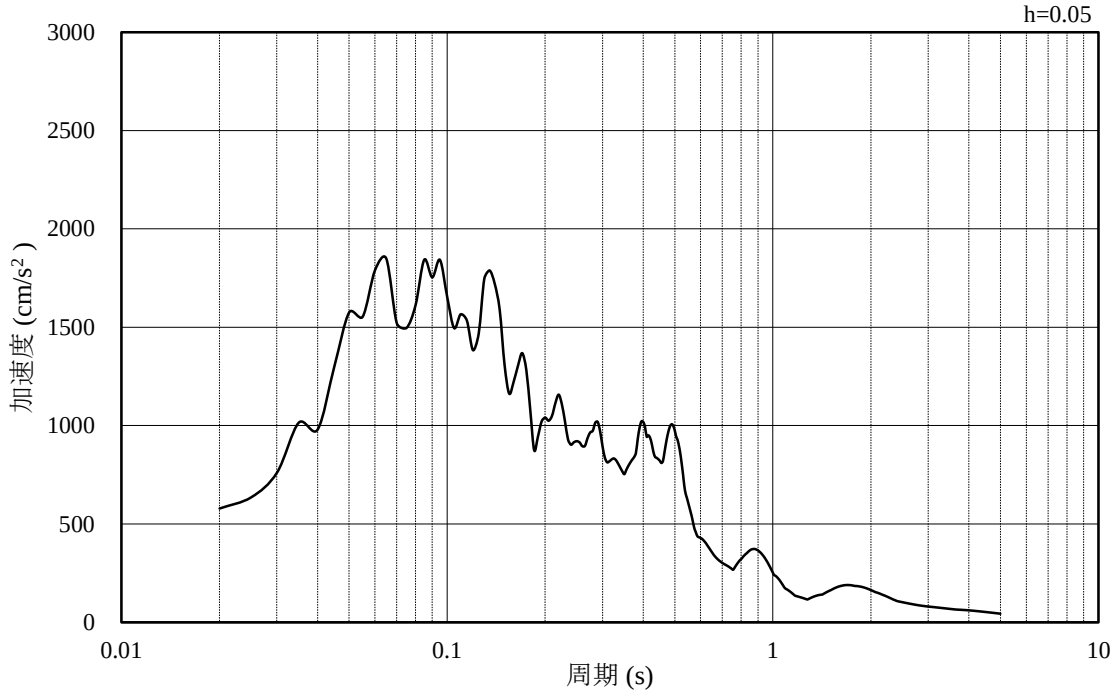



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（5） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｆ１，鉛直方向）

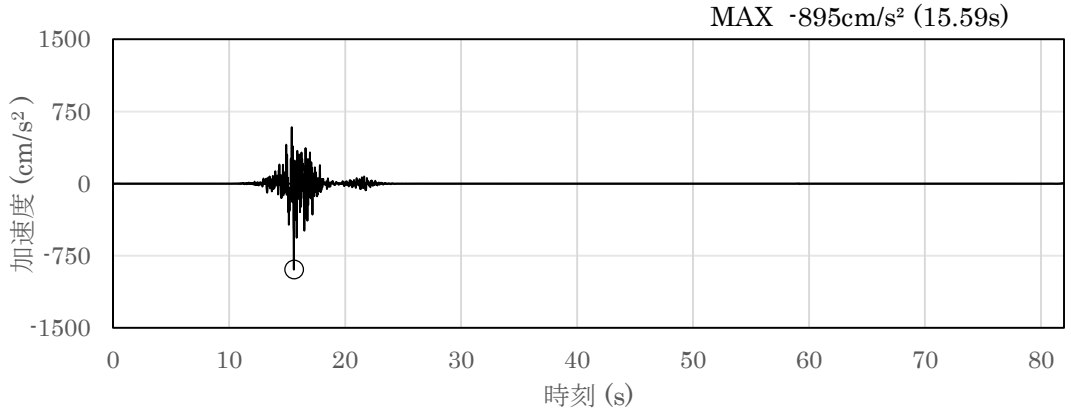



(a) 加速度時刻歴波形

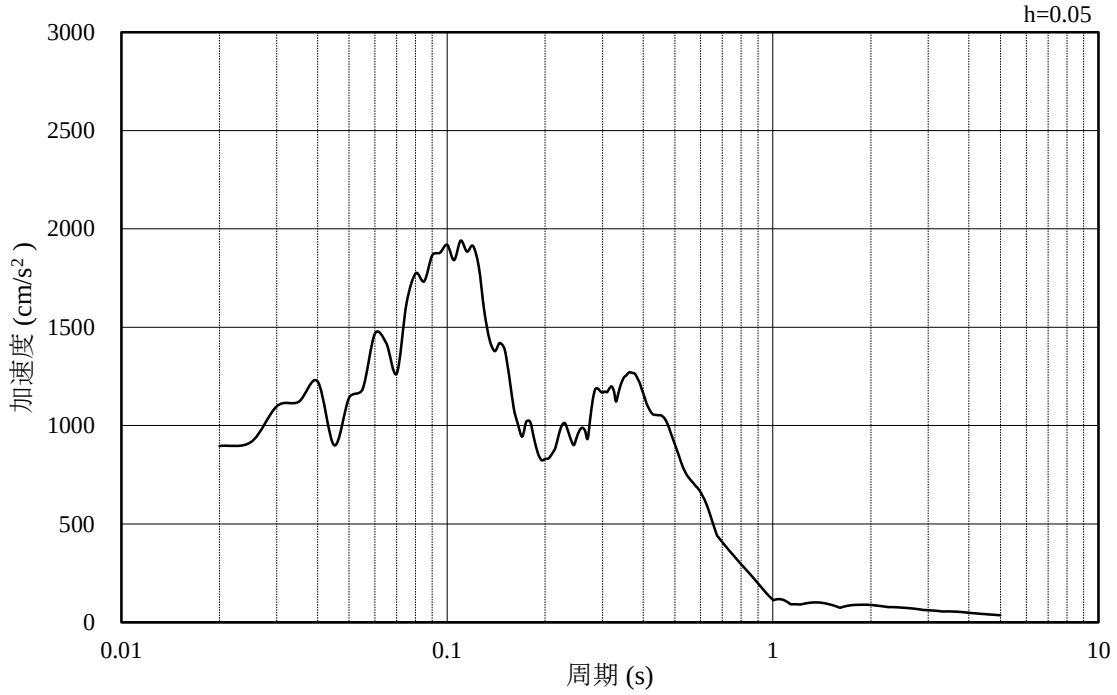



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（6） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向（ＮＳ方向））

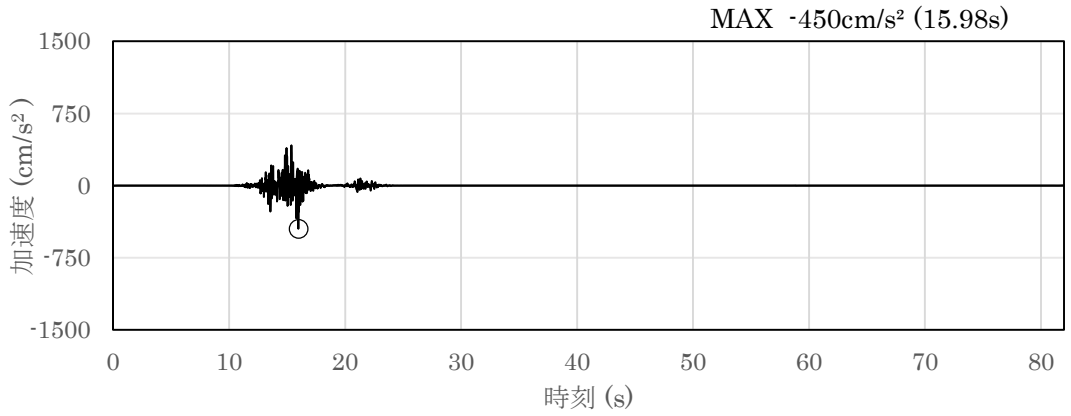



(a) 加速度時刻歴波形

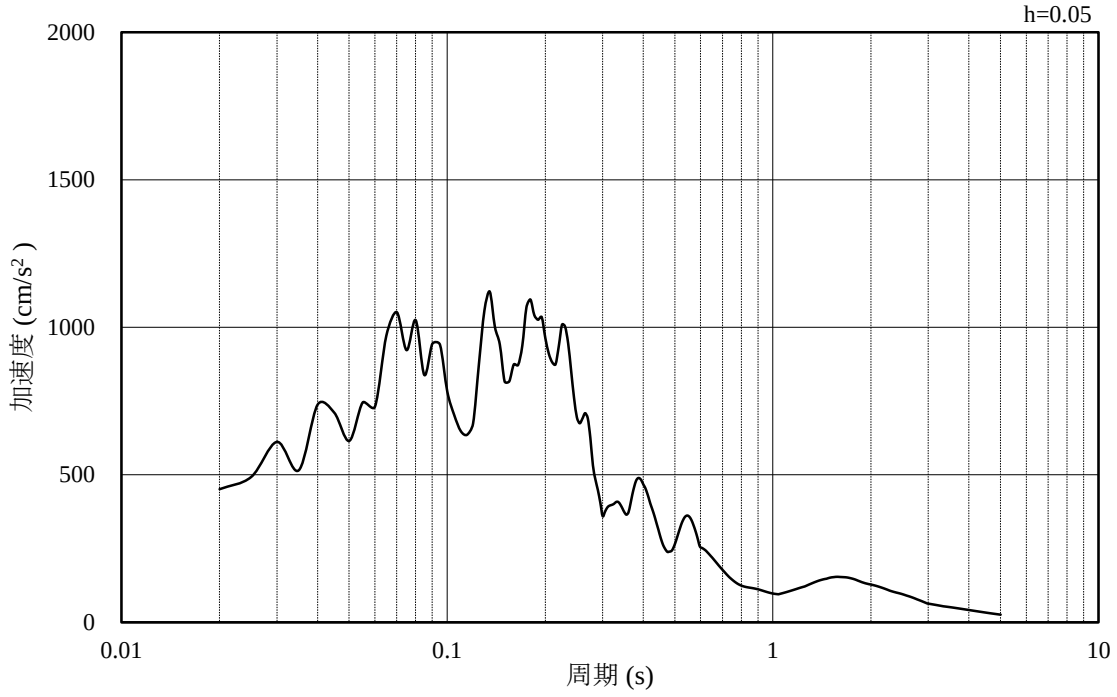



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（7） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向（ＥＷ方向））

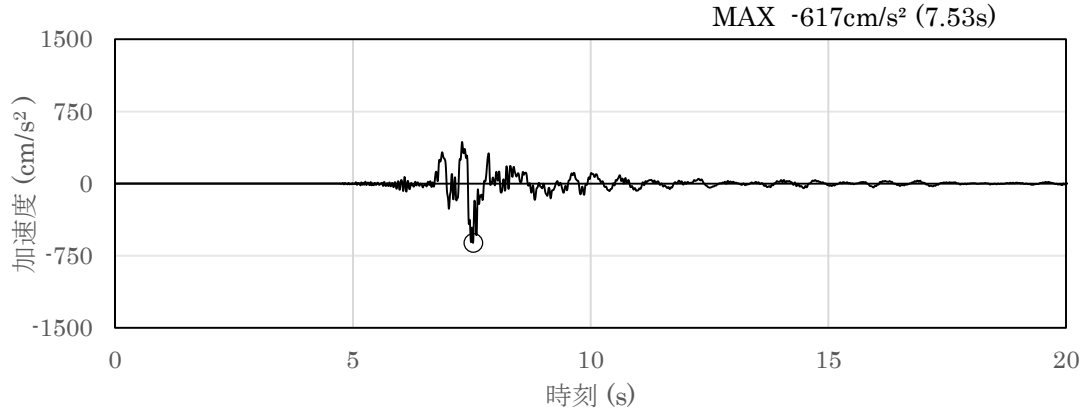



(a)　加速度時刻歴波形

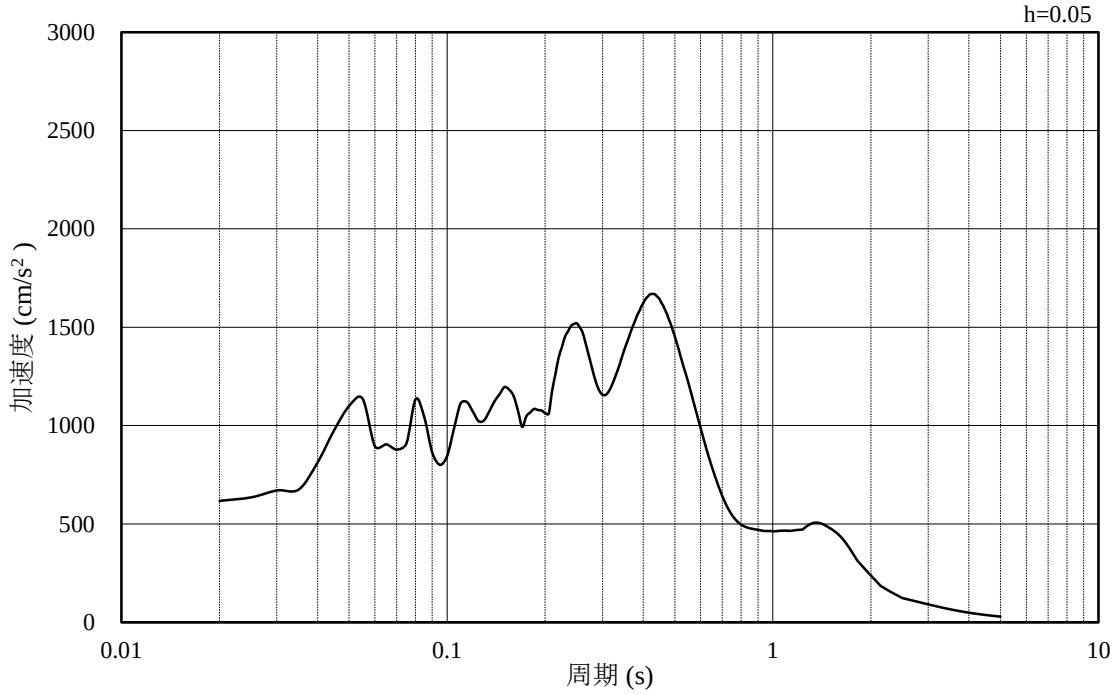



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－5（8）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｆ２，鉛直方向）

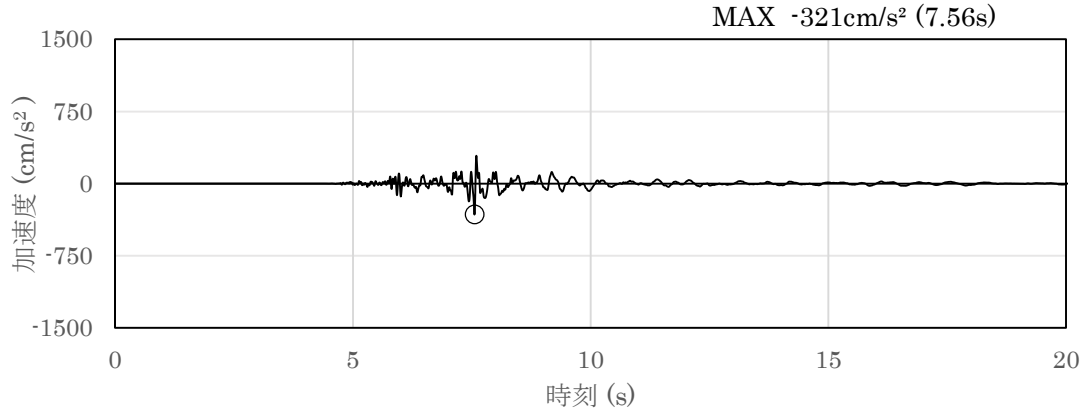



(a) 加速度時刻歴波形

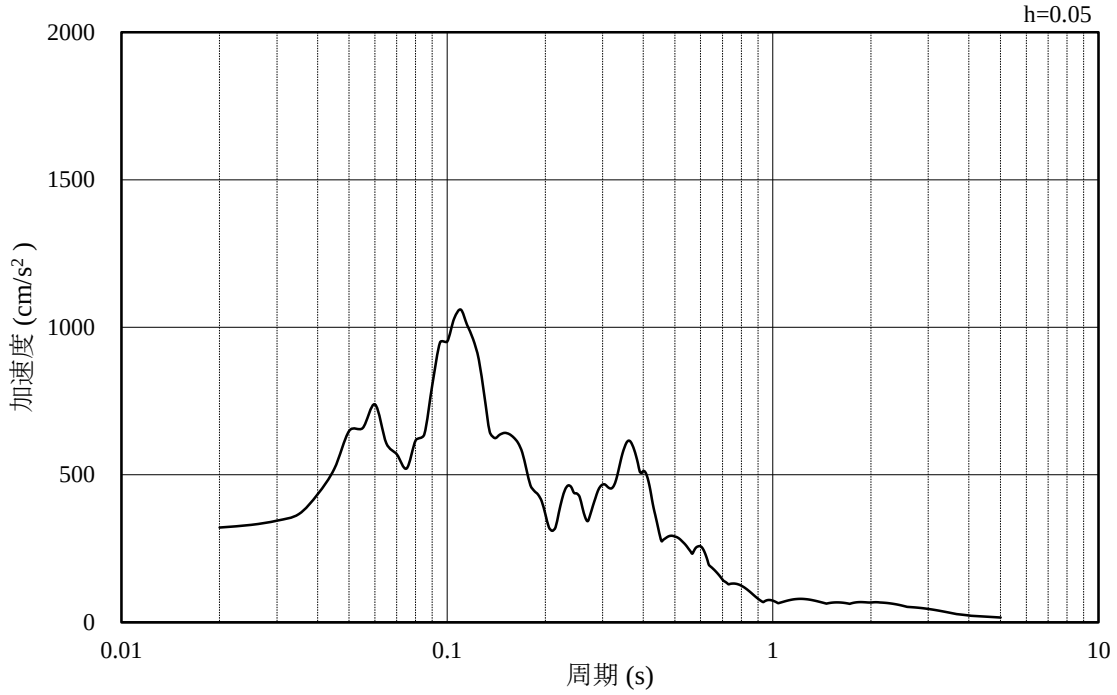



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（9） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｎ１，水平方向）

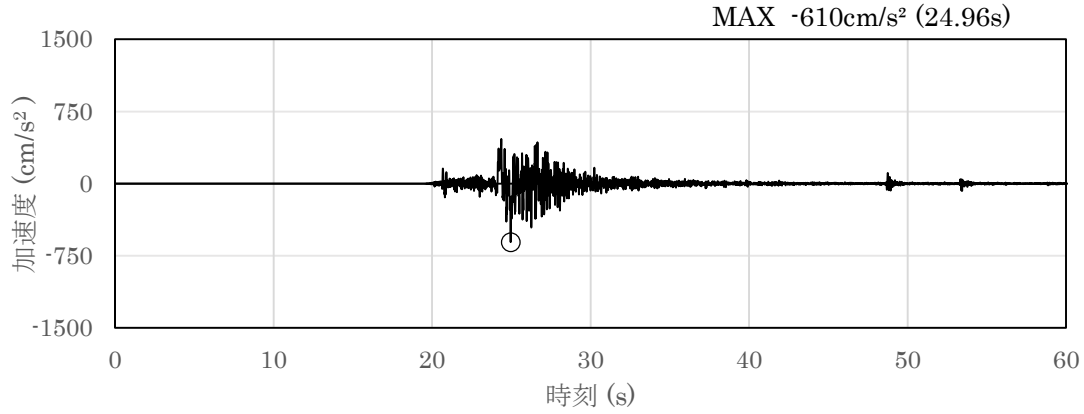



(a) 加速度時刻歴波形

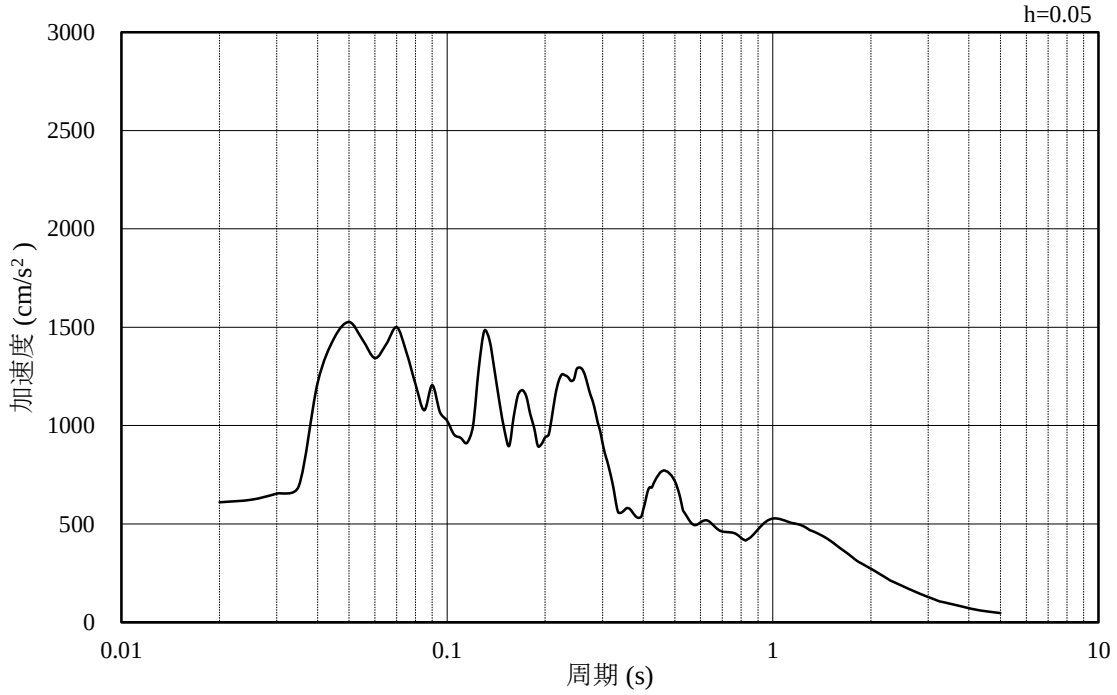



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（10） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｎ１，鉛直方向）

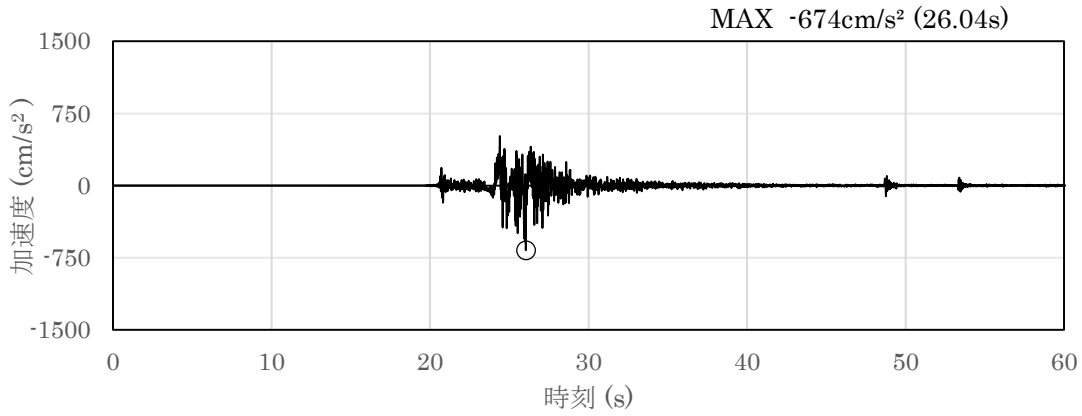



(a) 加速度時刻歴波形

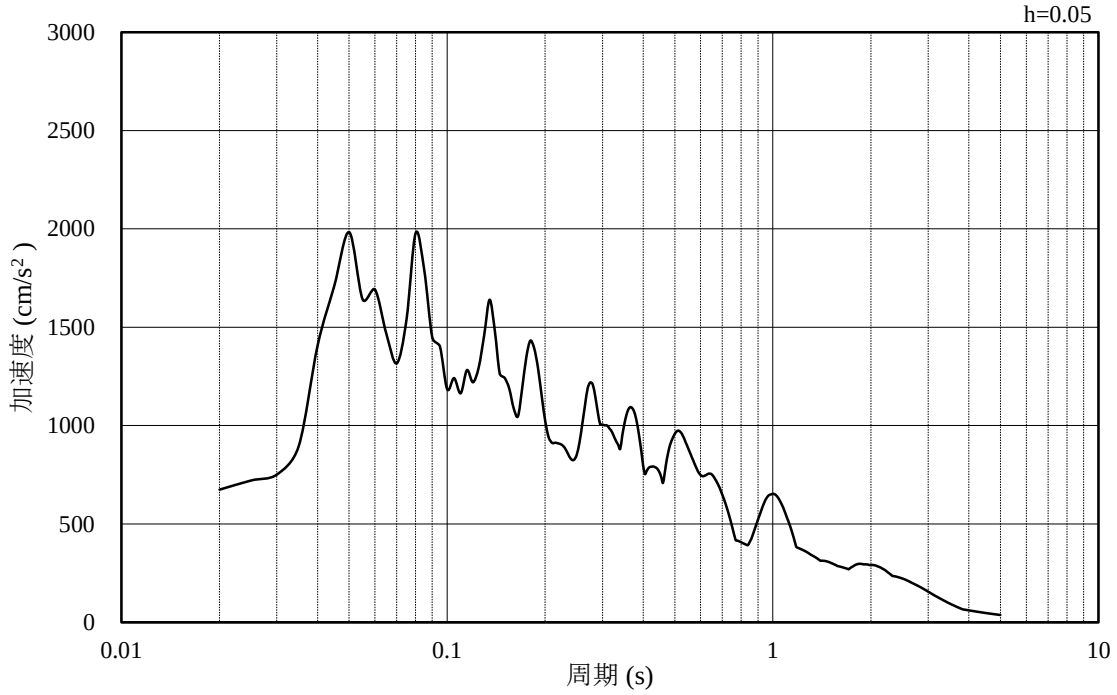



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（11） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＮＳ））

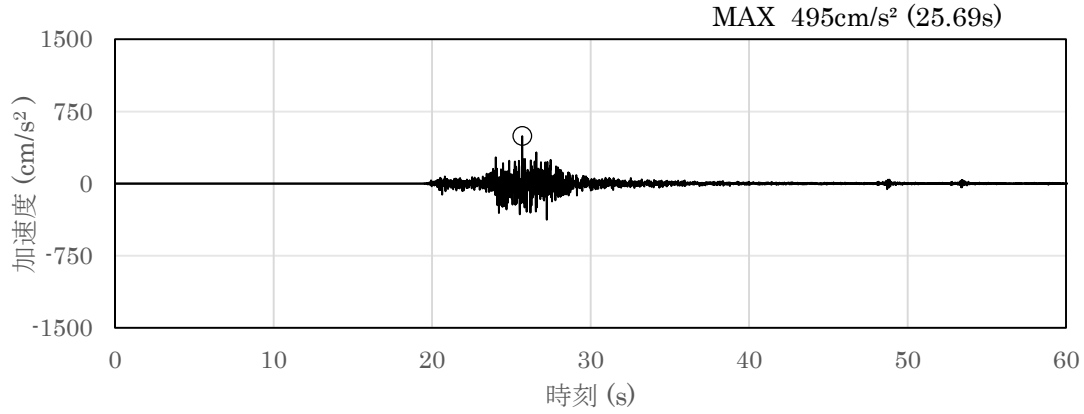



(a) 加速度時刻歴波形

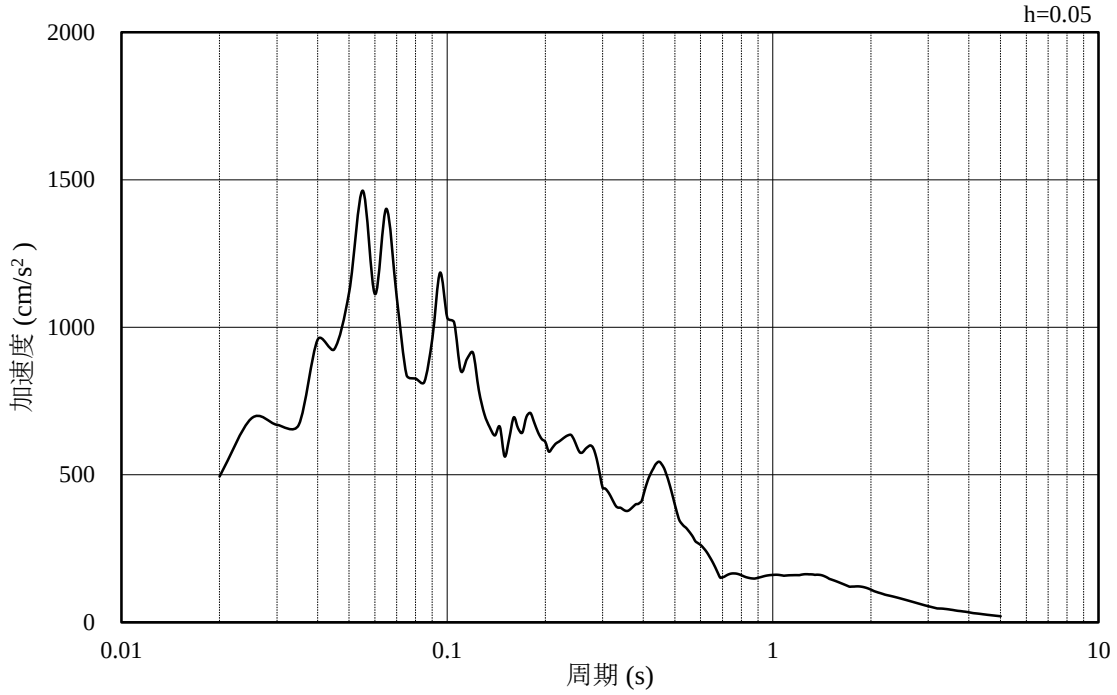



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（12） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＥＷ））

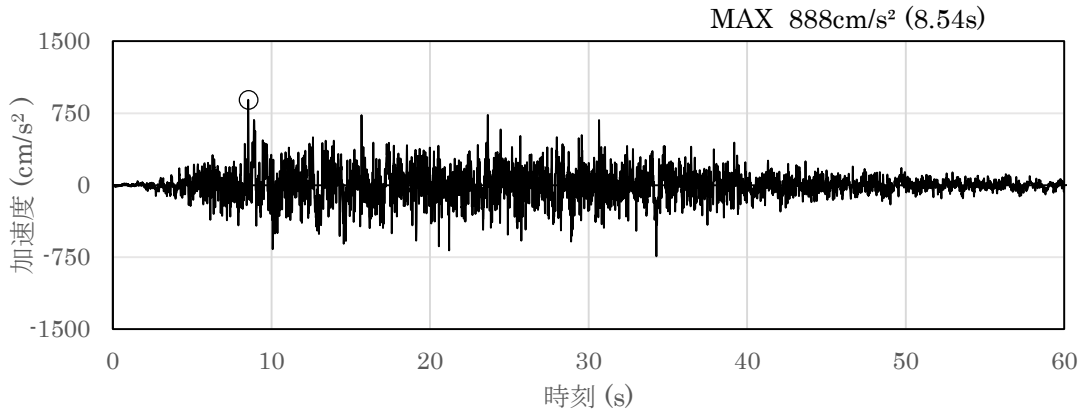



(a) 加速度時刻歴波形

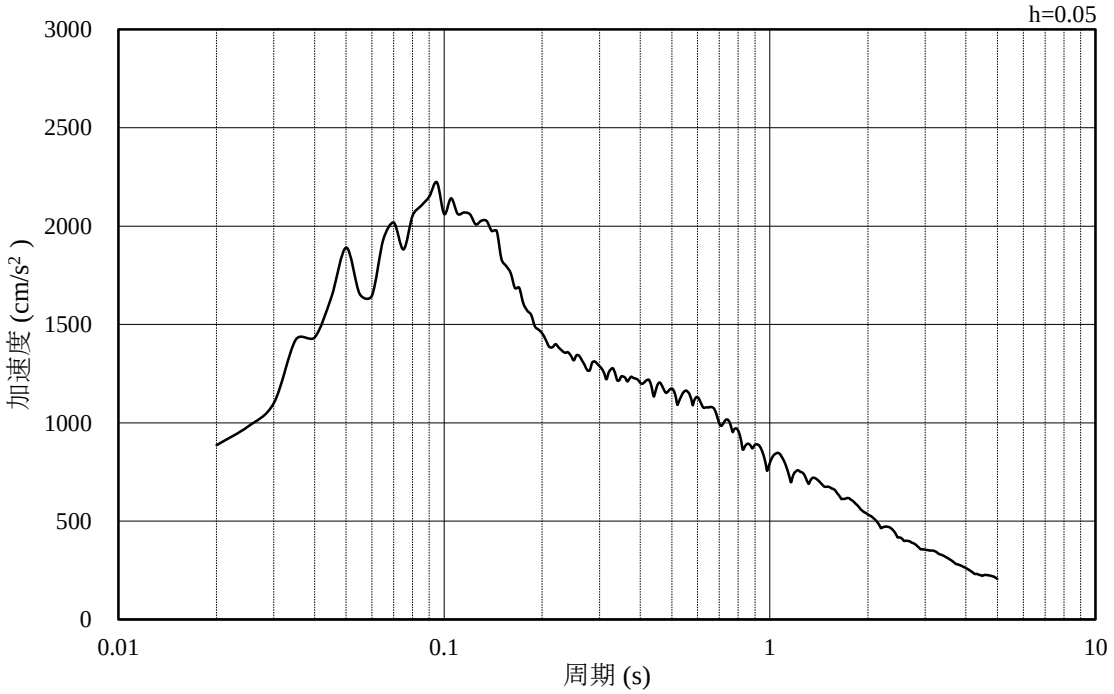



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－5（13） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース①）
（Ｓｓ－Ｎ２，鉛直方向）

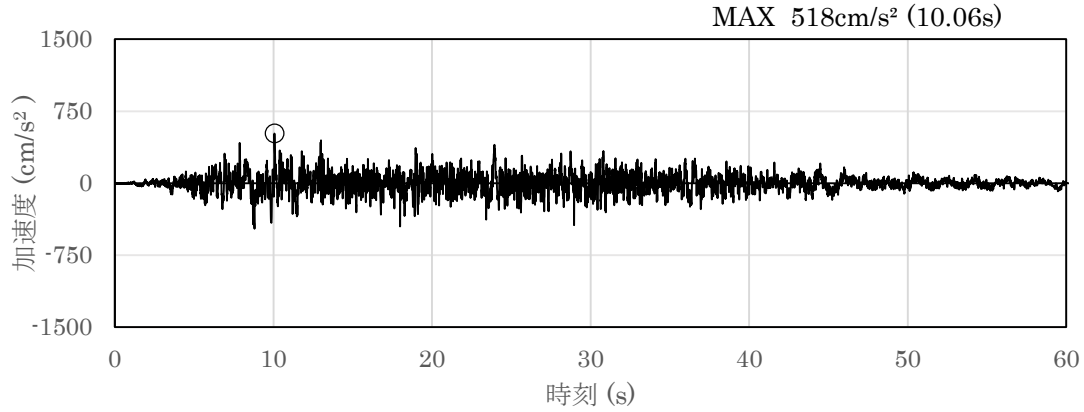



(a) 加速度時刻歴波形

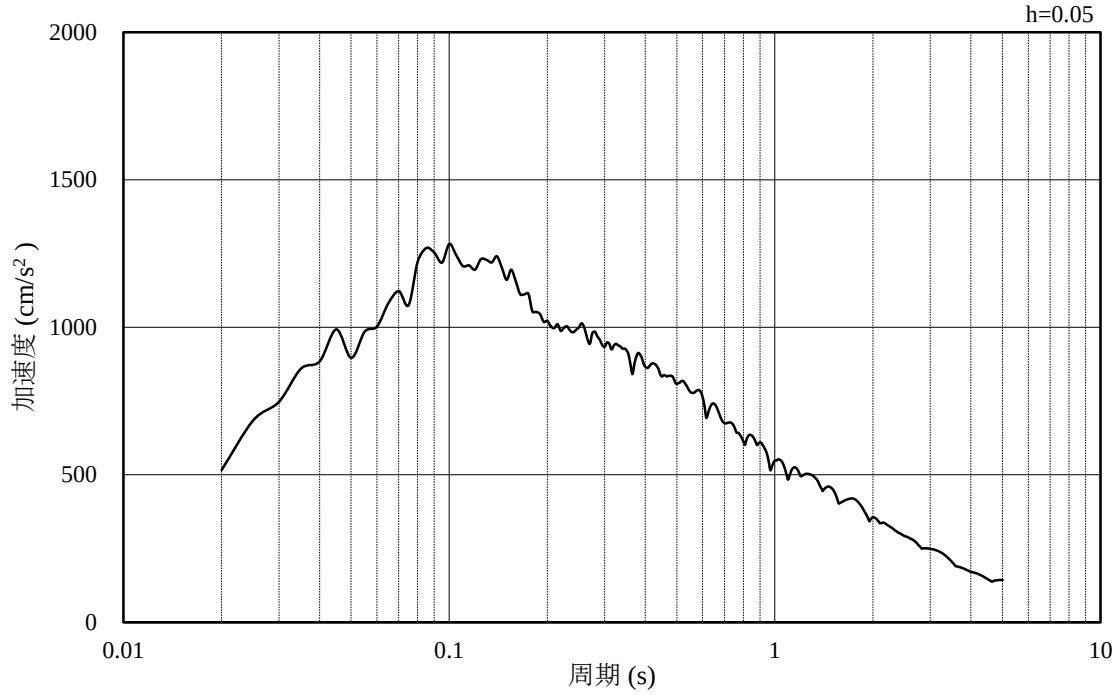



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（1） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓ ｓ －Ｄ，水平方向）

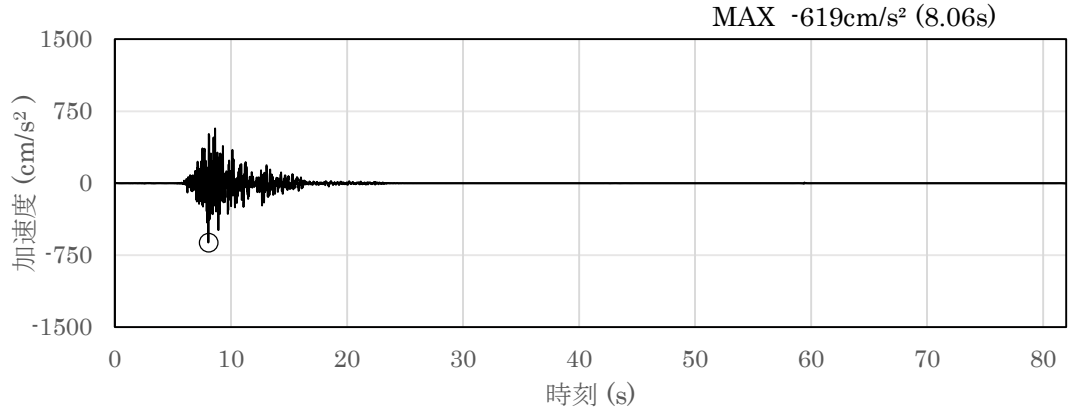



(a) 加速度時刻歴波形

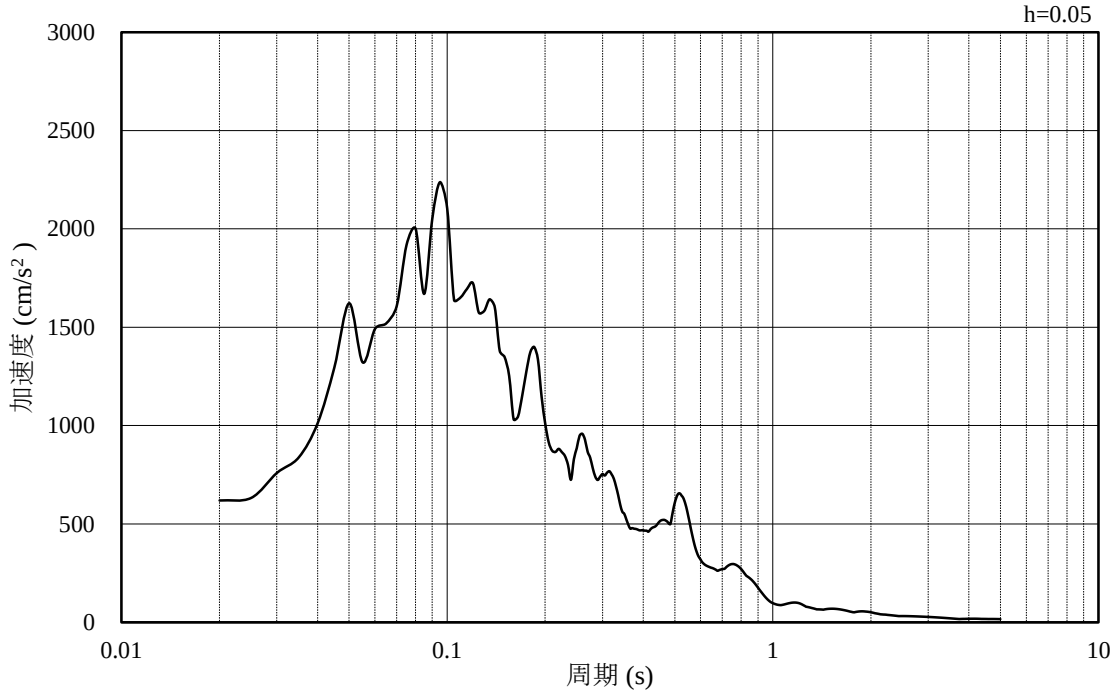



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（2） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓ ｓ －Ｄ，鉛直方向）

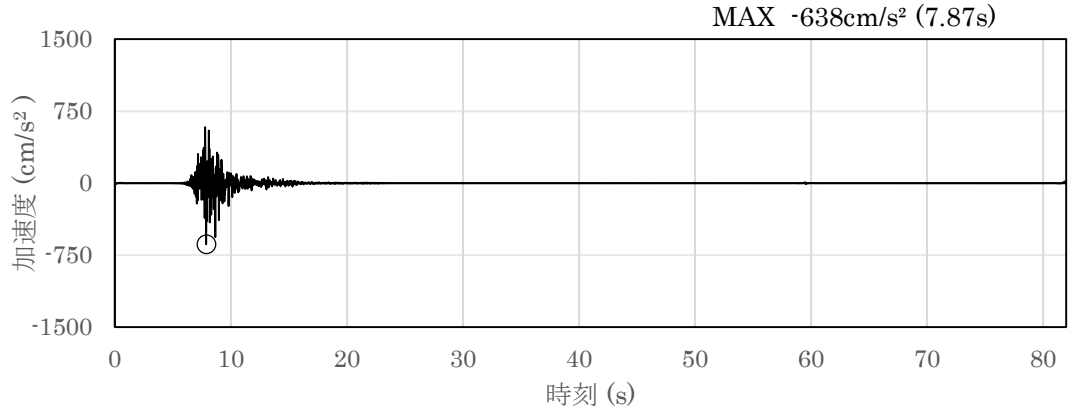



(a) 加速度時刻歴波形

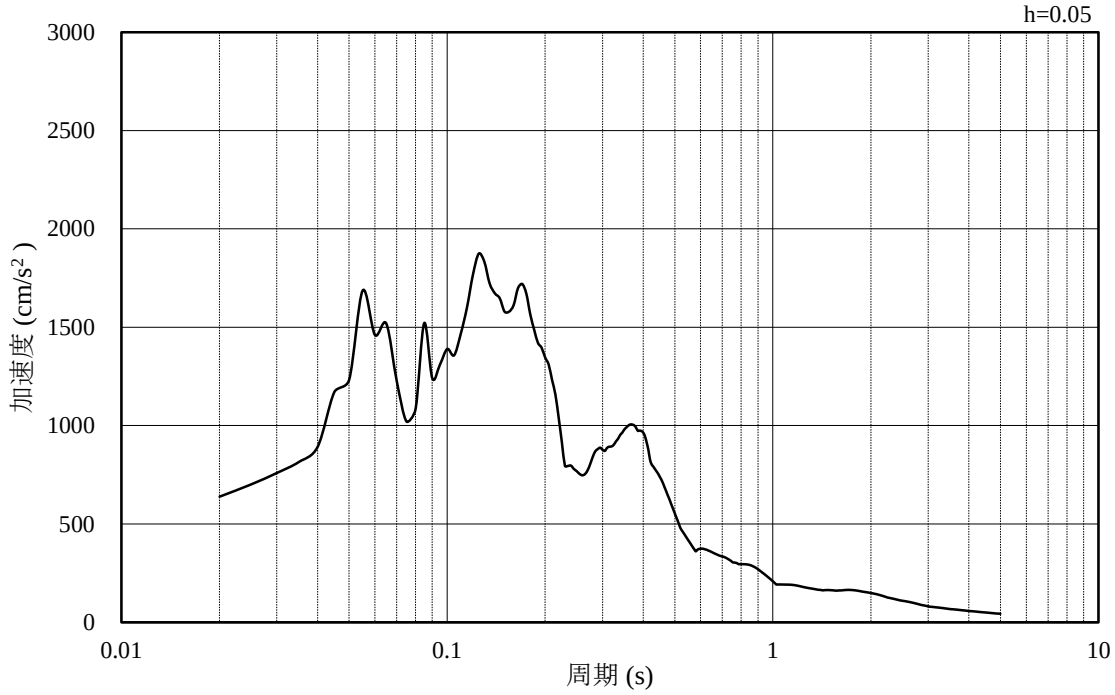



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（3） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向（ＮＳ））

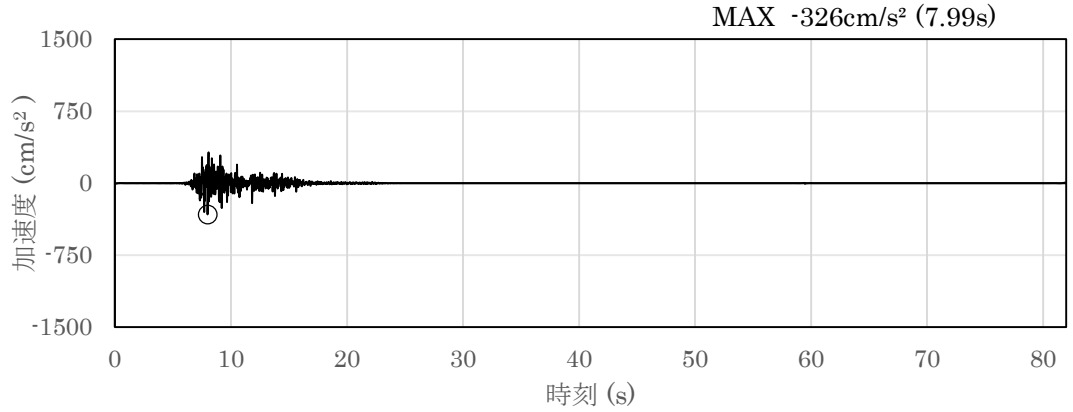



(a) 加速度時刻歴波形

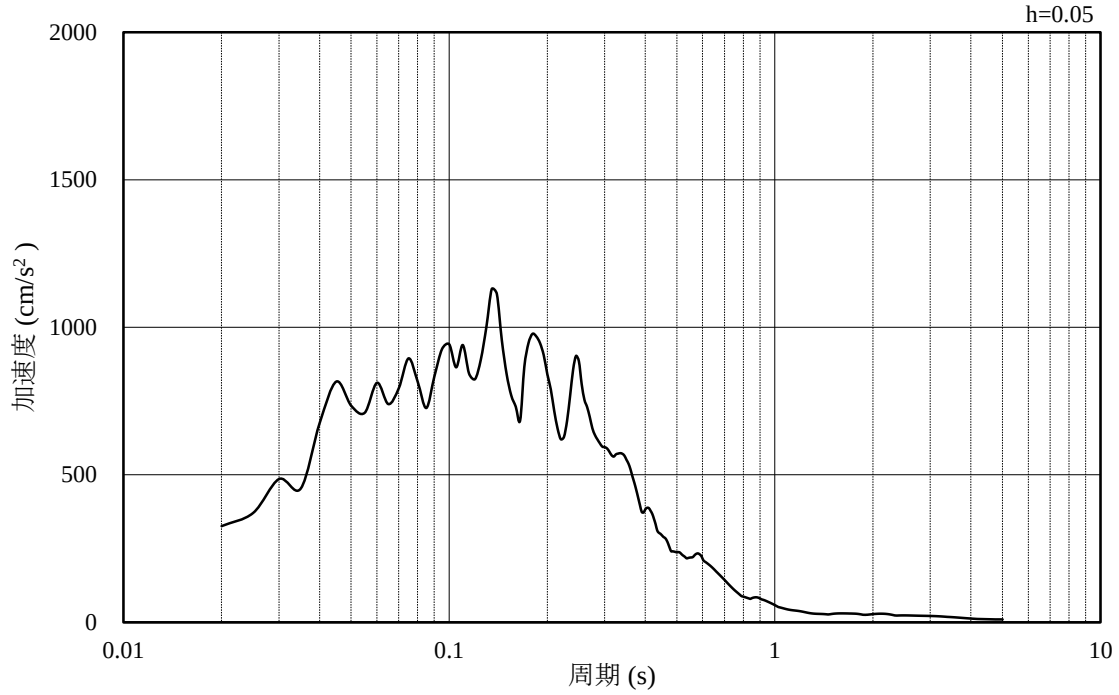



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（4） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向（ＥＷ））

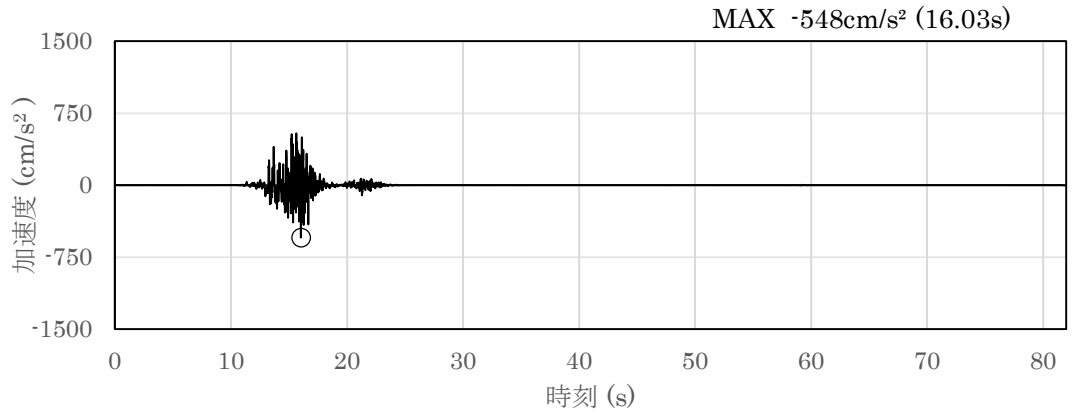



(a) 加速度時刻歴波形

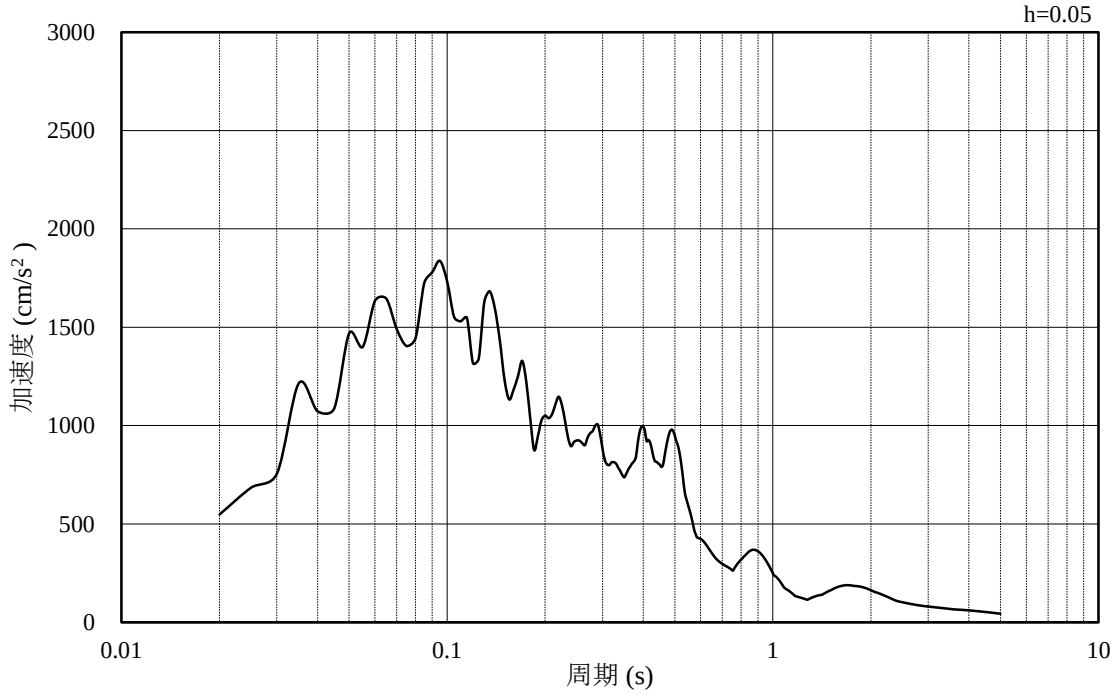



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（5） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｆ１，鉛直方向）

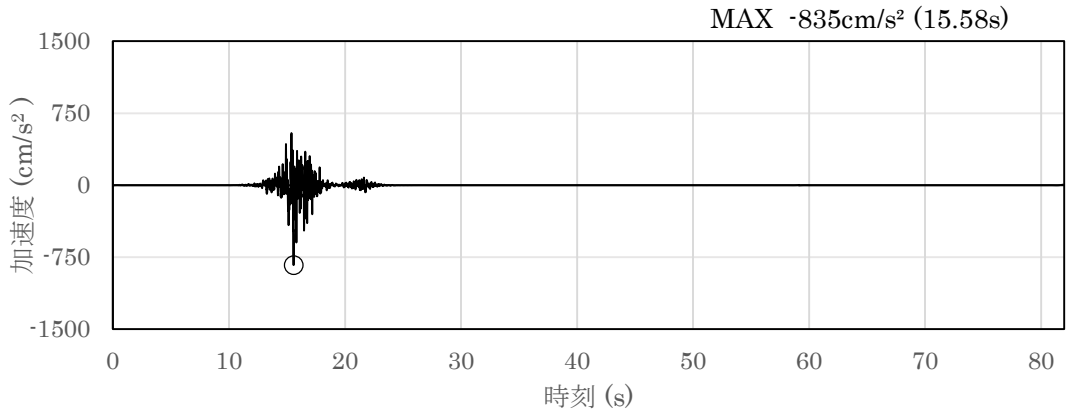



(a) 加速度時刻歴波形

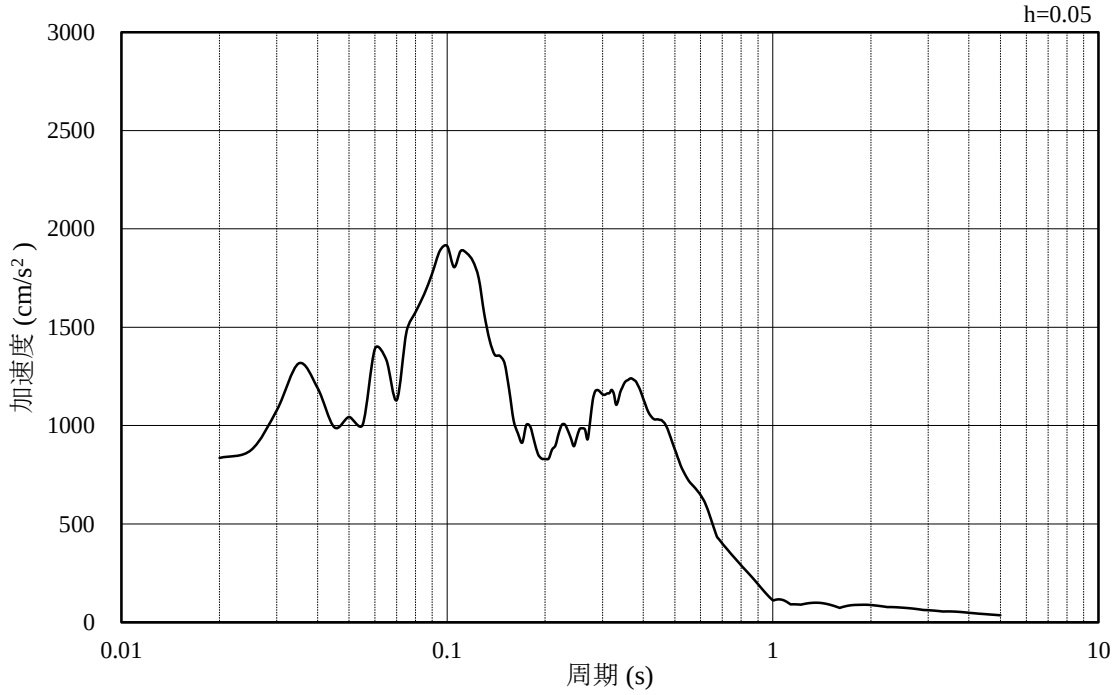



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（6） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向（ＮＳ））

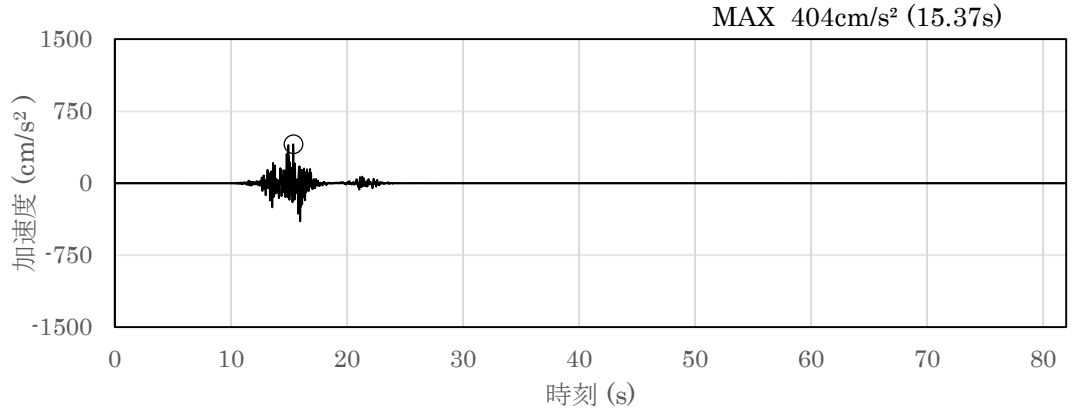



(a) 加速度時刻歴波形

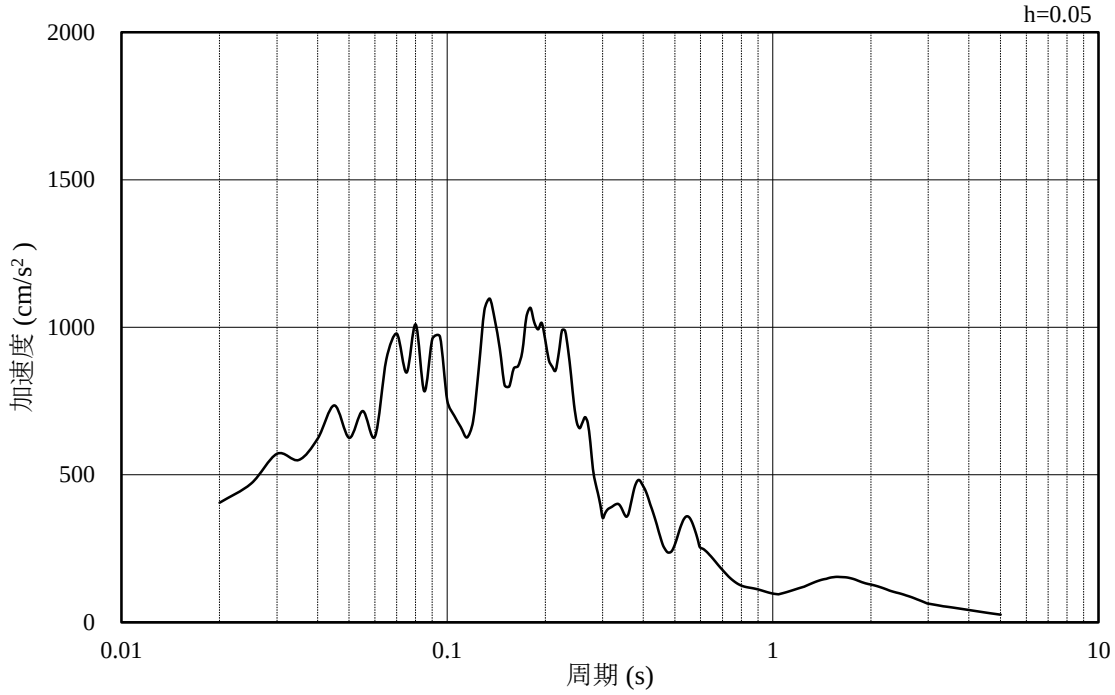



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（7） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向（ＥＷ））

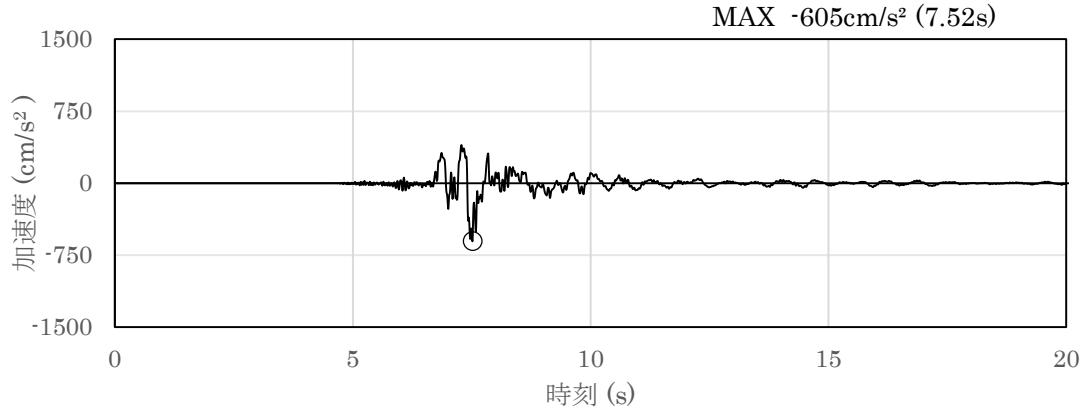



(a) 加速度時刻歴波形

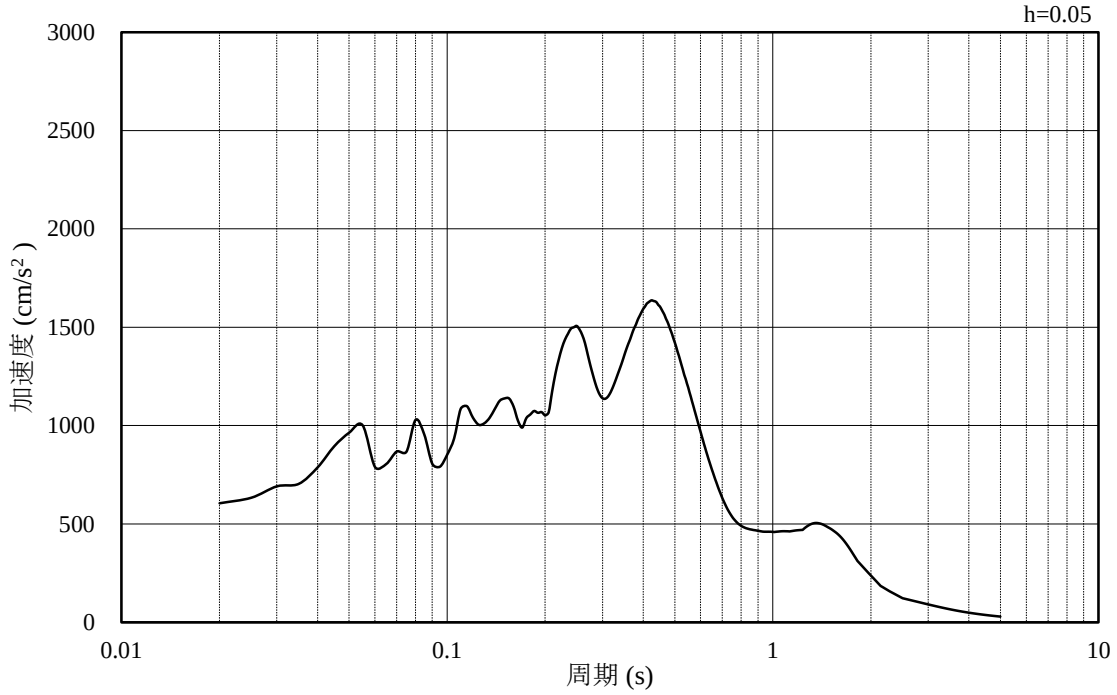



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（8） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｆ２，鉛直方向）

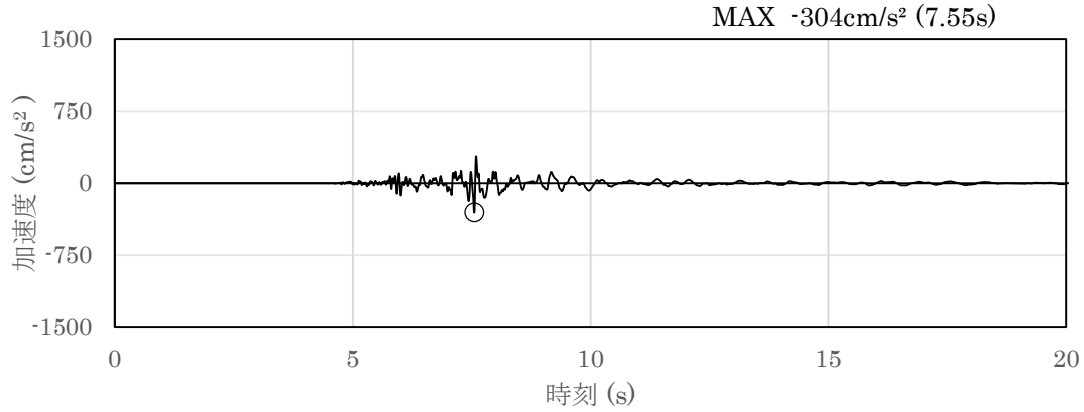



(a) 加速度時刻歴波形

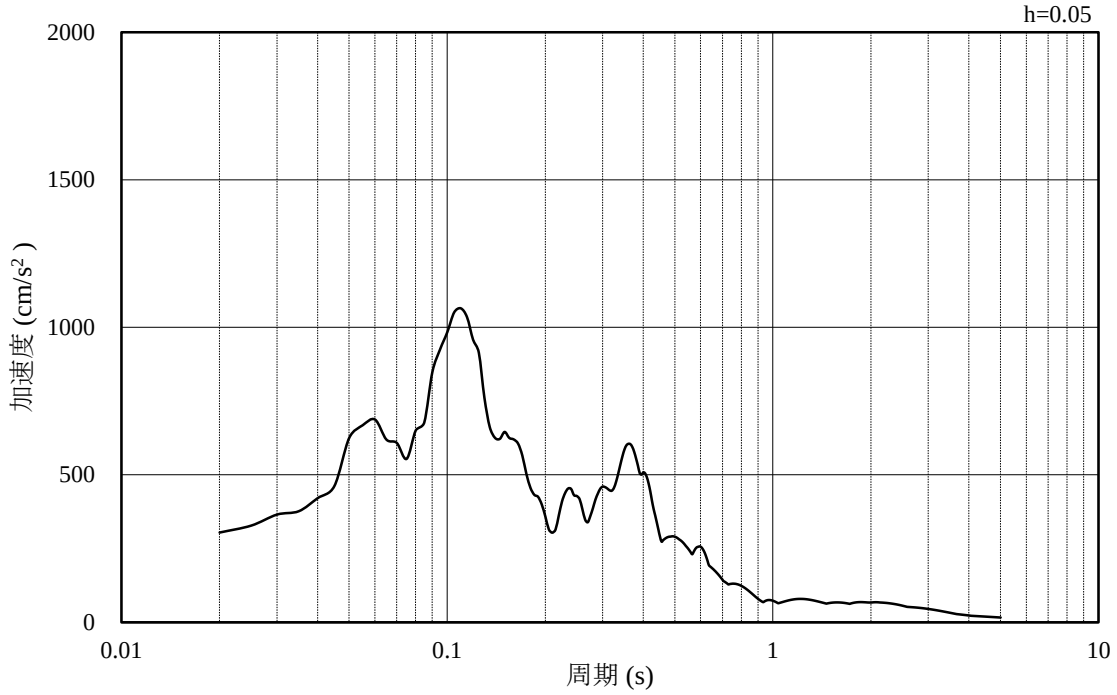



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（9） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｎ１，水平方向）

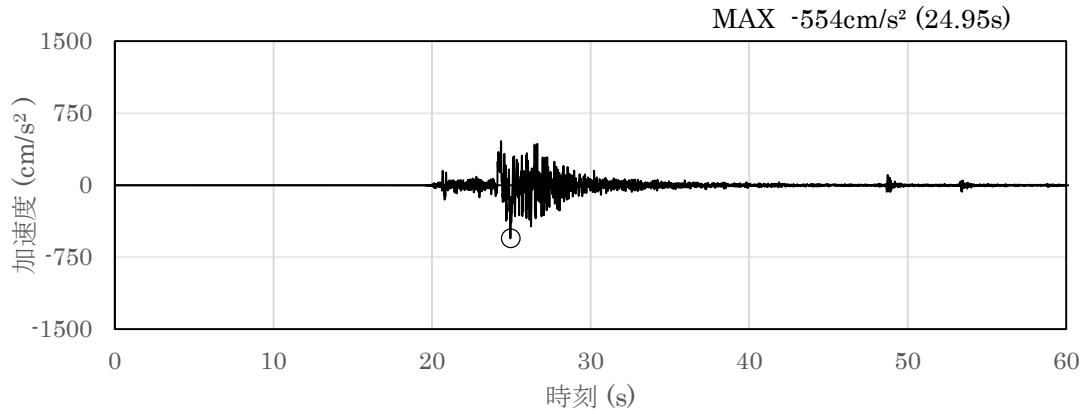



(a) 加速度時刻歴波形

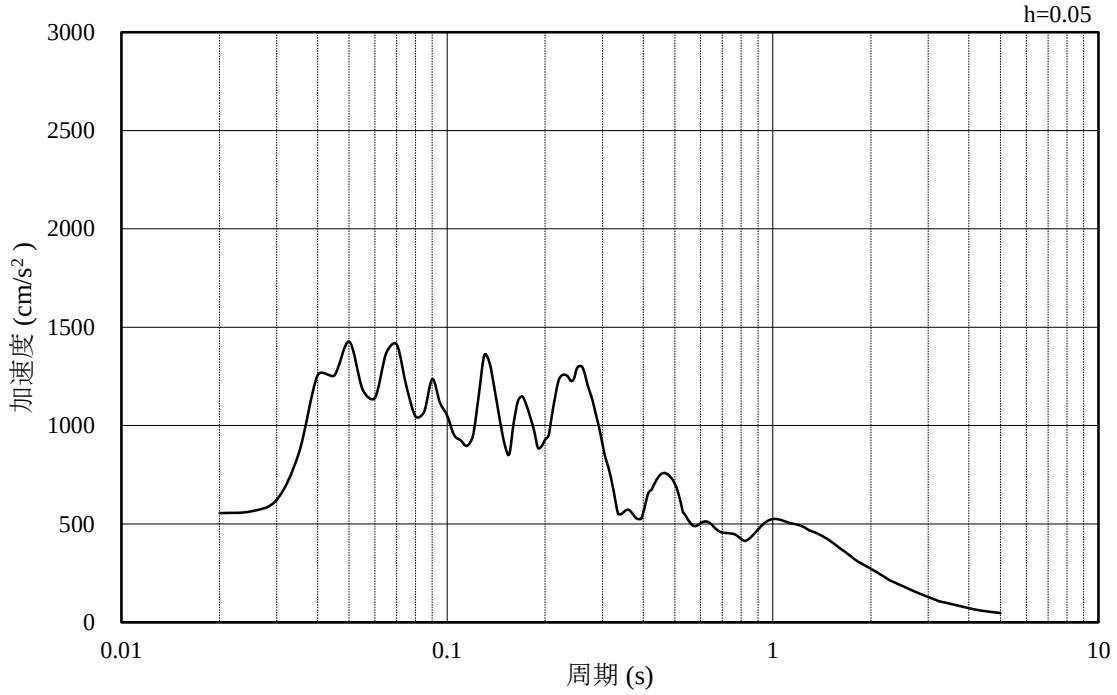



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（10） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｎ１，鉛直方向）

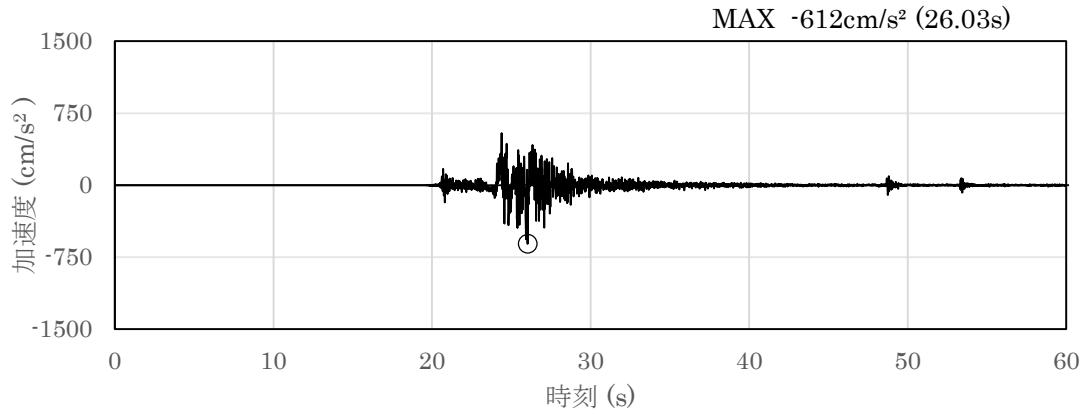



(a) 加速度時刻歴波形

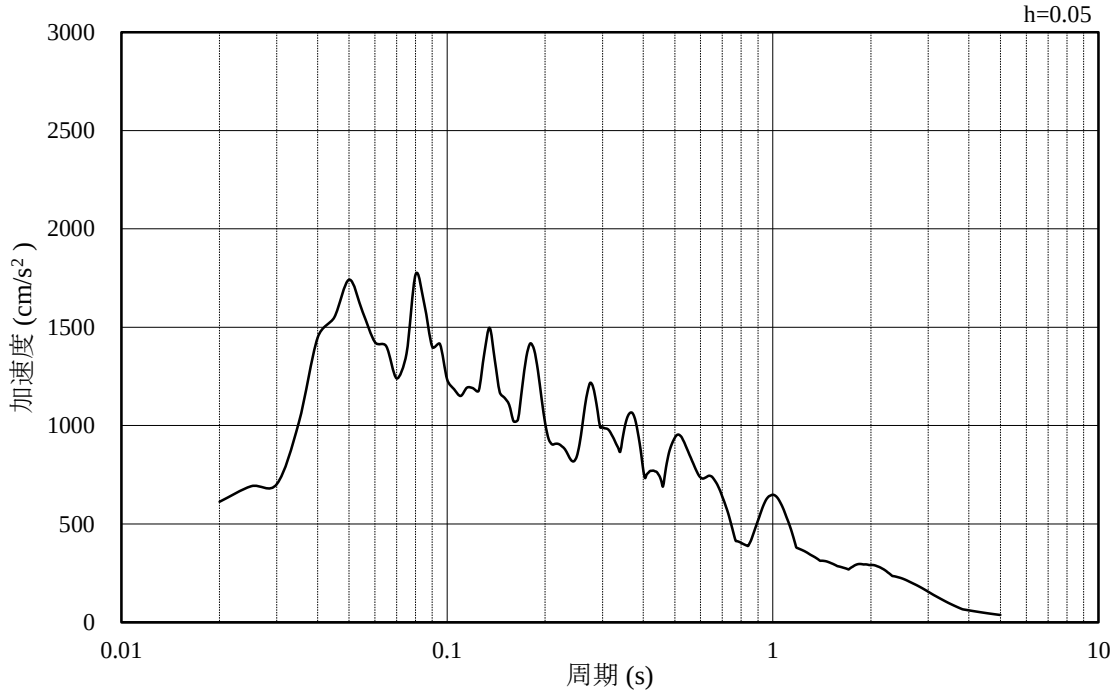



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（11） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＮＳ））

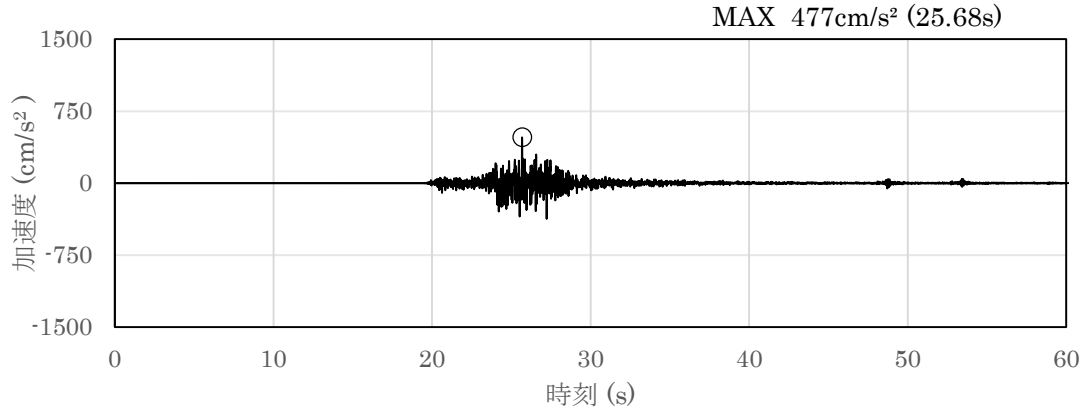



(a) 加速度時刻歴波形

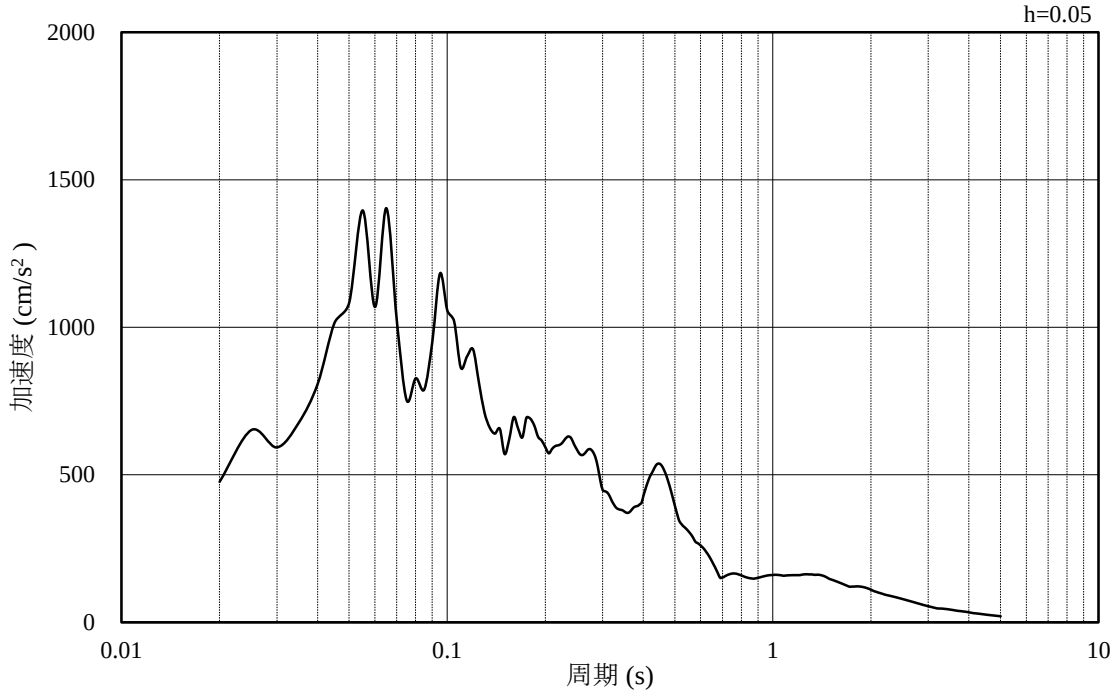



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（12） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＥＷ））

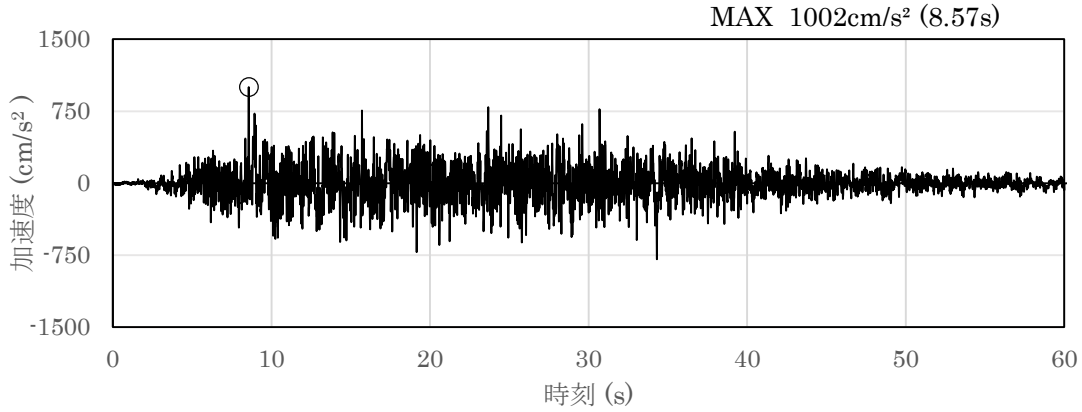



(a) 加速度時刻歴波形

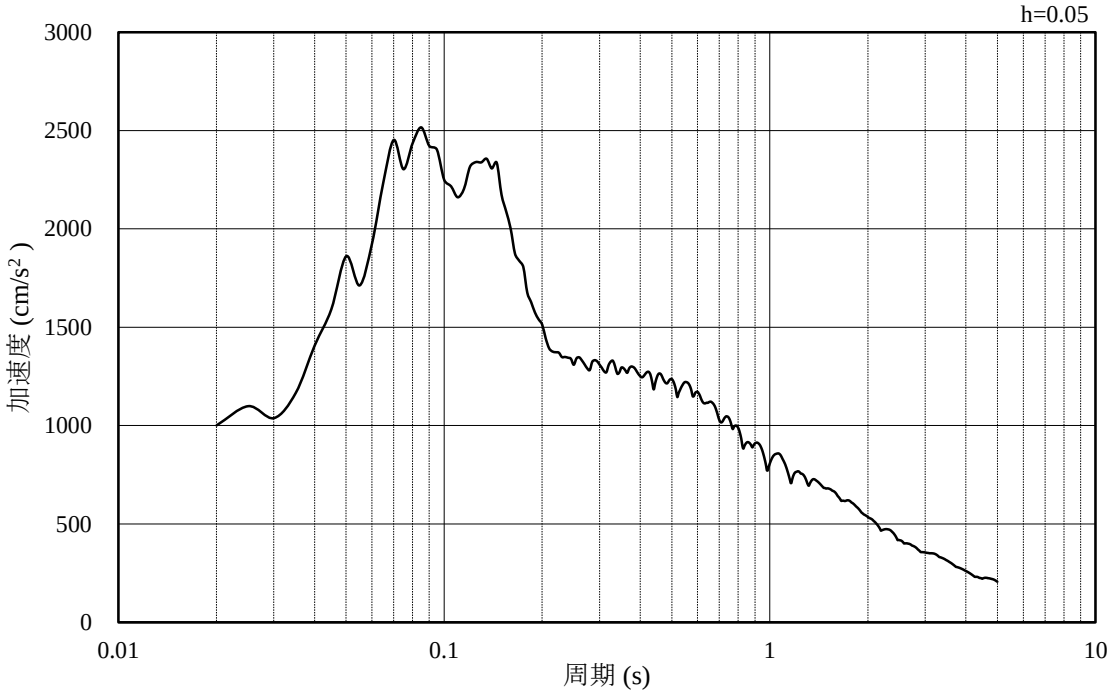



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（13） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース②）
（Ｓｓ－Ｎ２，鉛直方向）

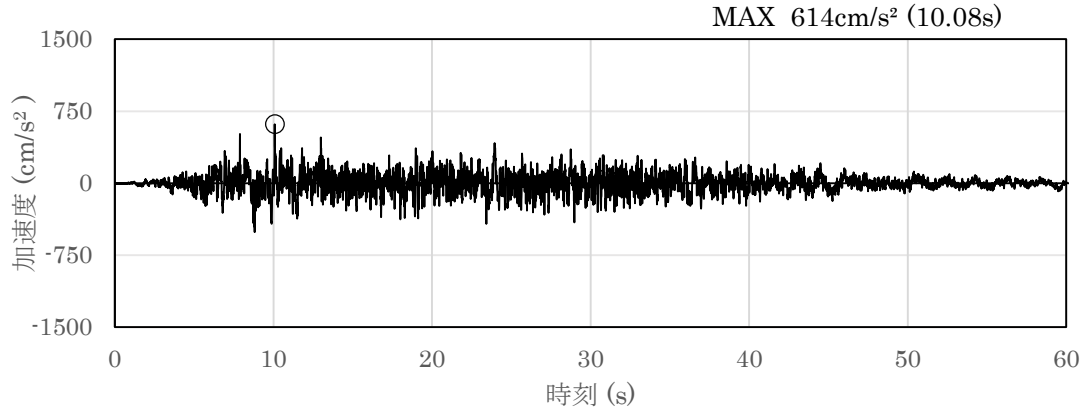



(a) 加速度時刻歴波形

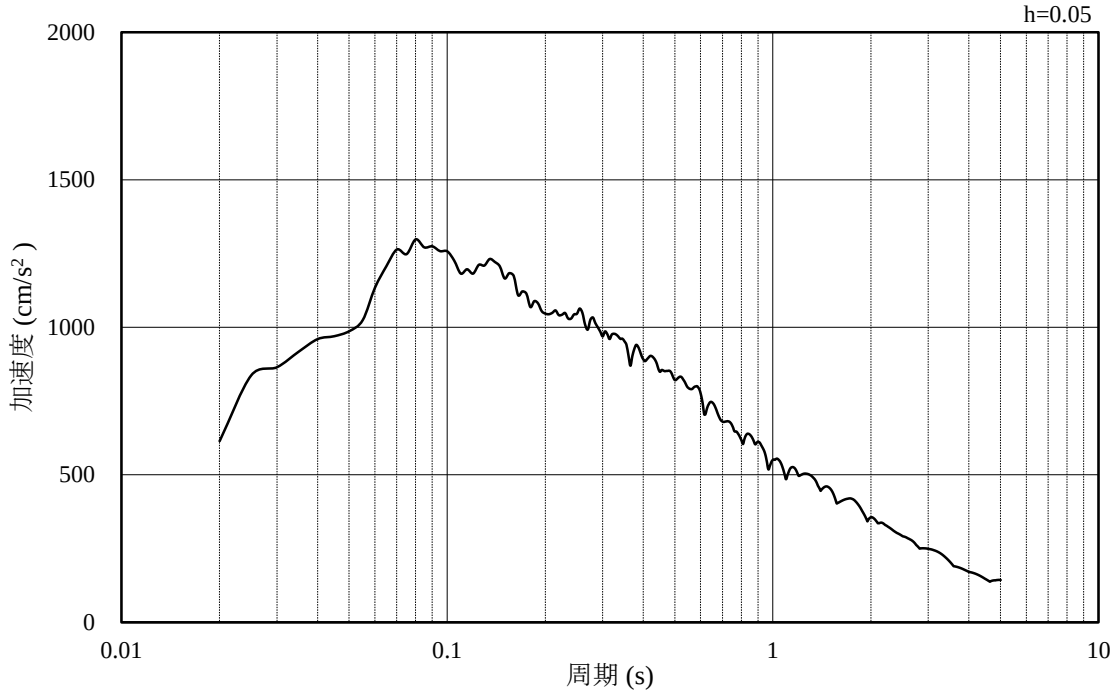



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（1） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｄ，水平方向）

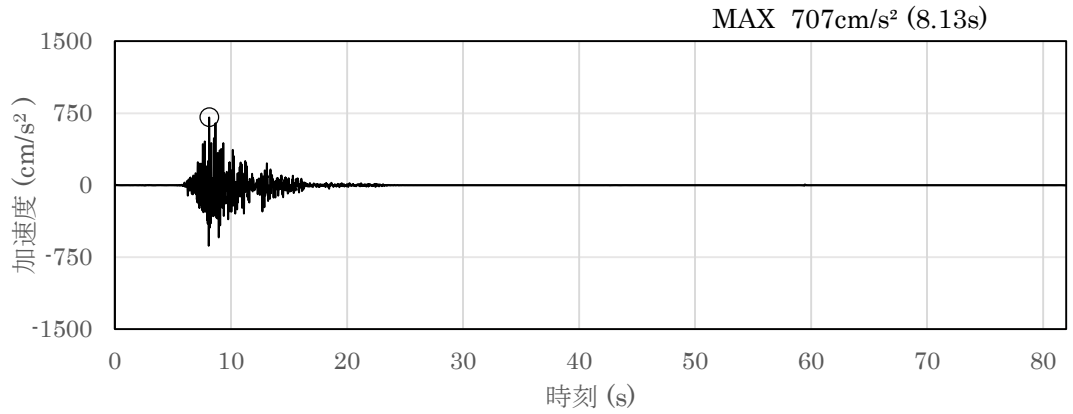



(a) 加速度時刻歴波形

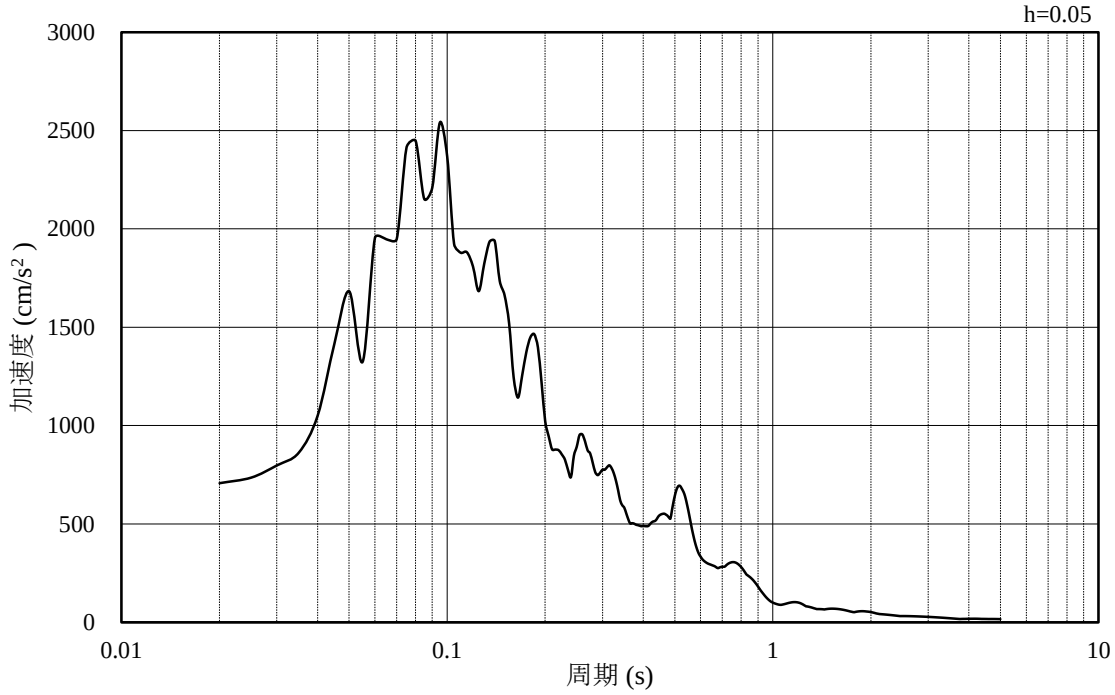



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（2） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｄ，鉛直方向）

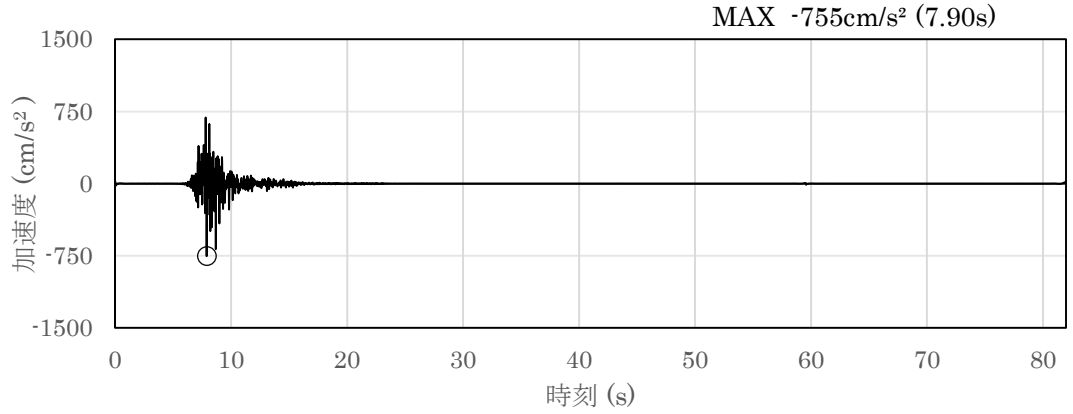



(a) 加速度時刻歴波形

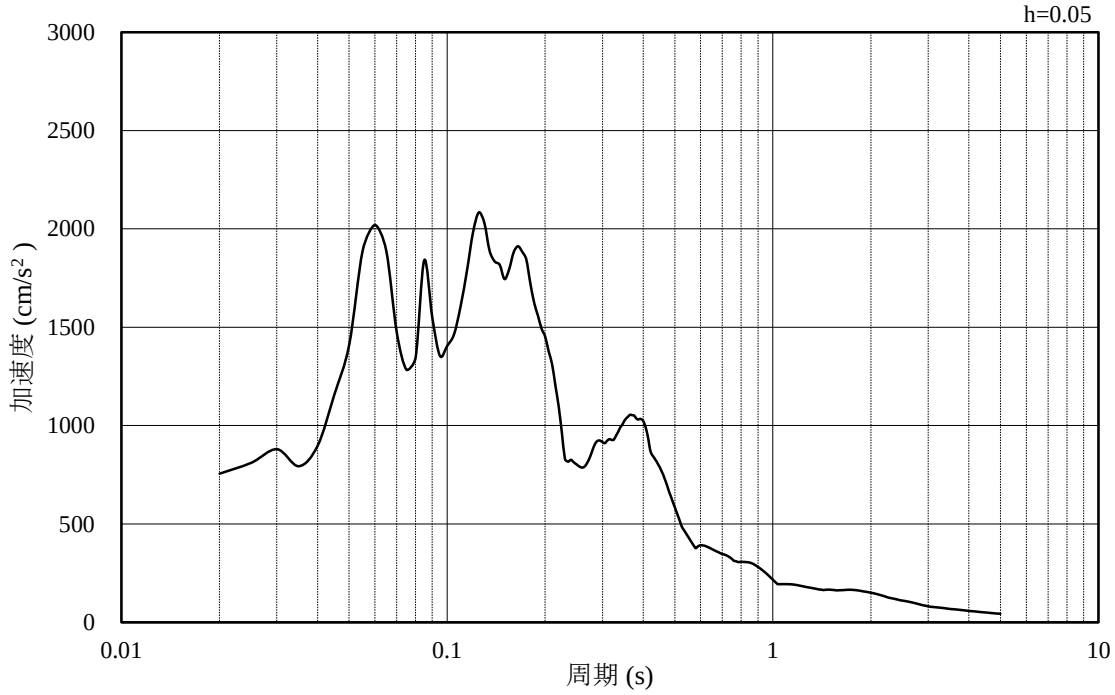



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（3） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向（ＮＳ））

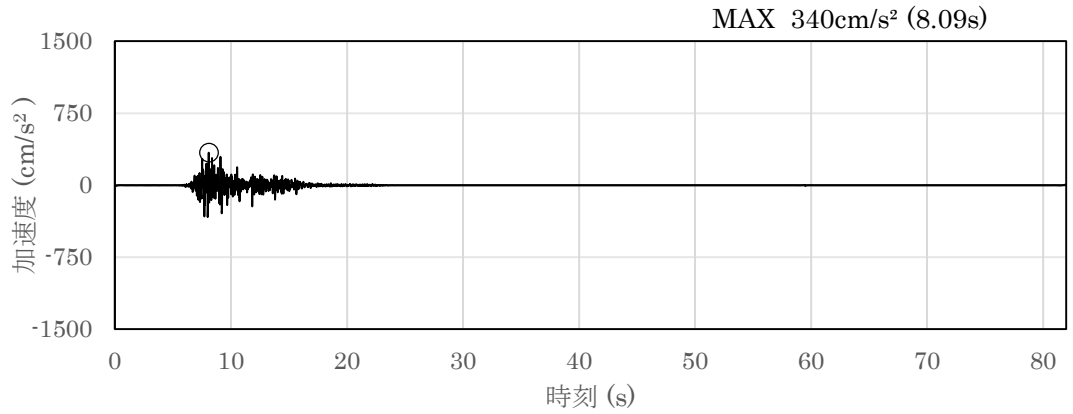



(a) 加速度時刻歴波形

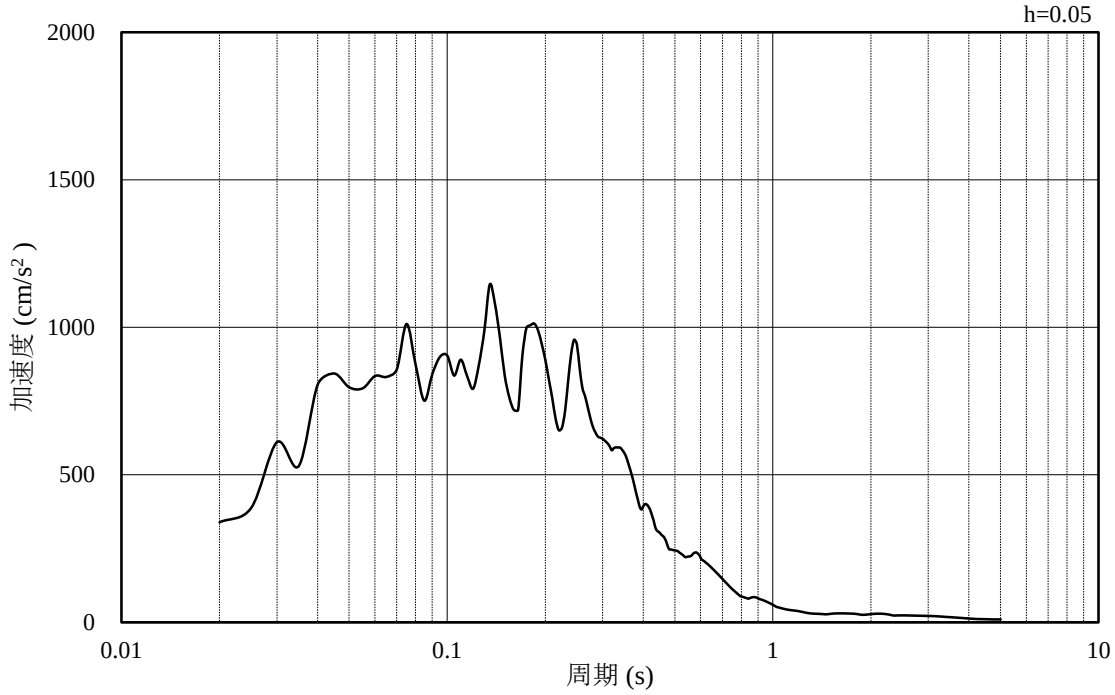



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（4） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｆ１，水平方向（ＥＷ））

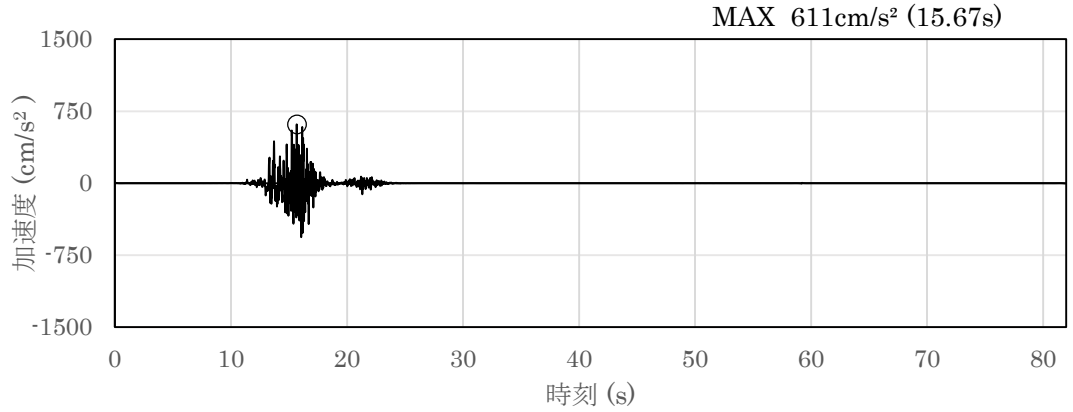



(a) 加速度時刻歴波形

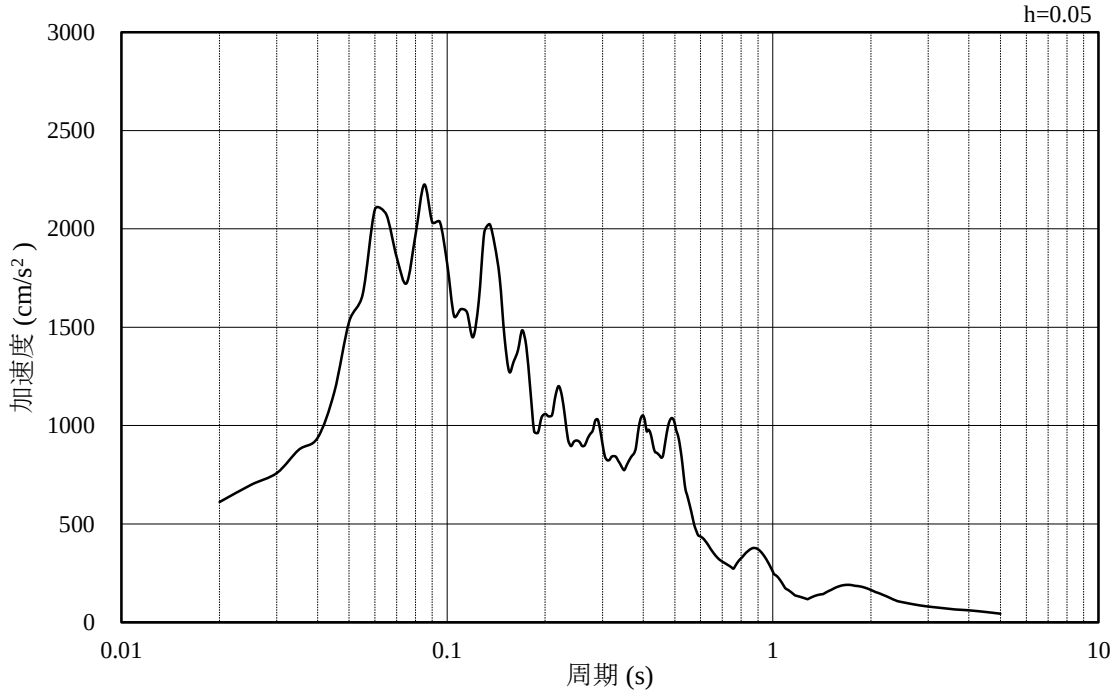



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（5） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｆ１，鉛直方向）

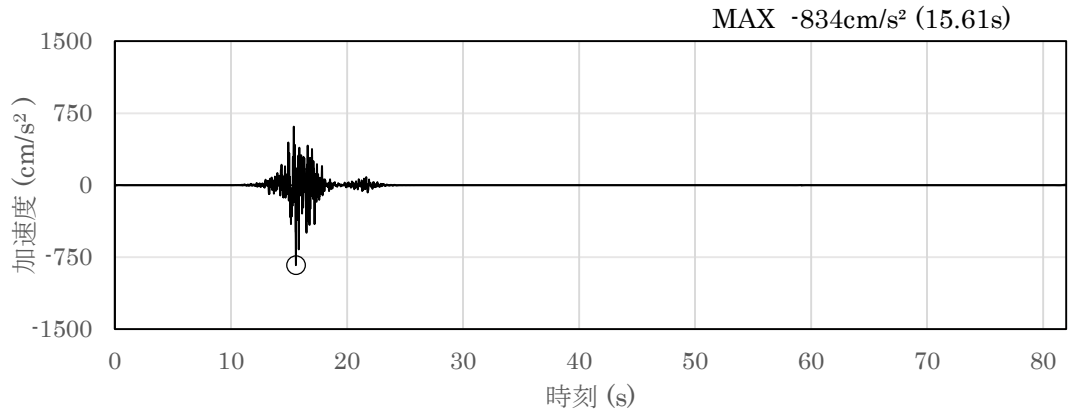



(a) 加速度時刻歴波形

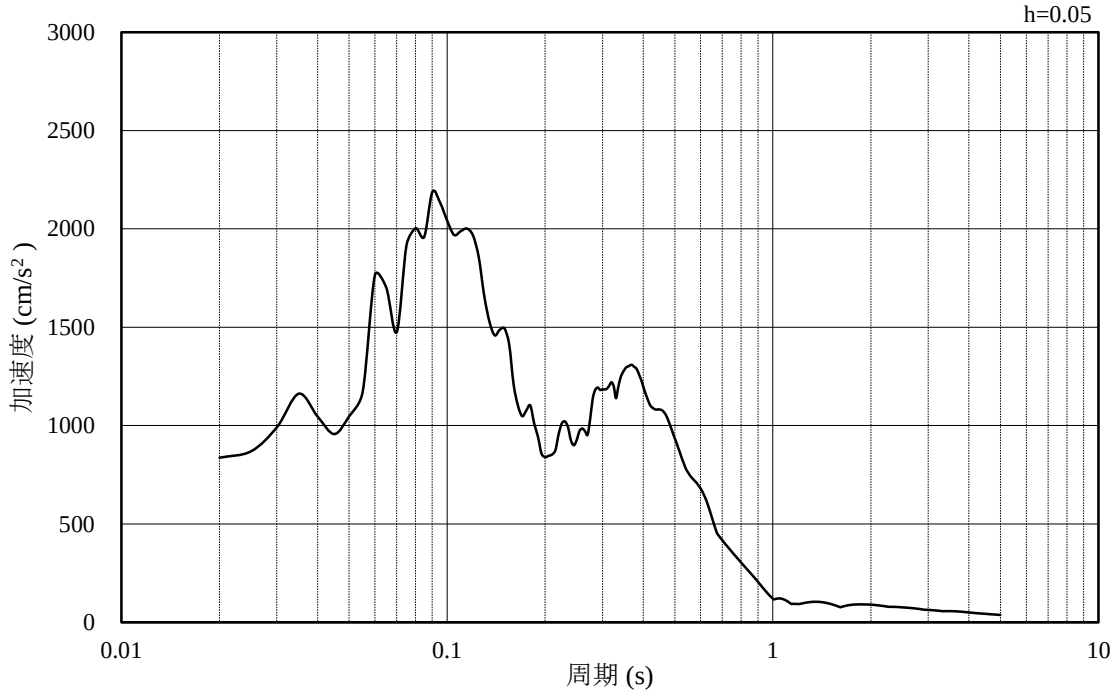



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（6） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向（ＮＳ））

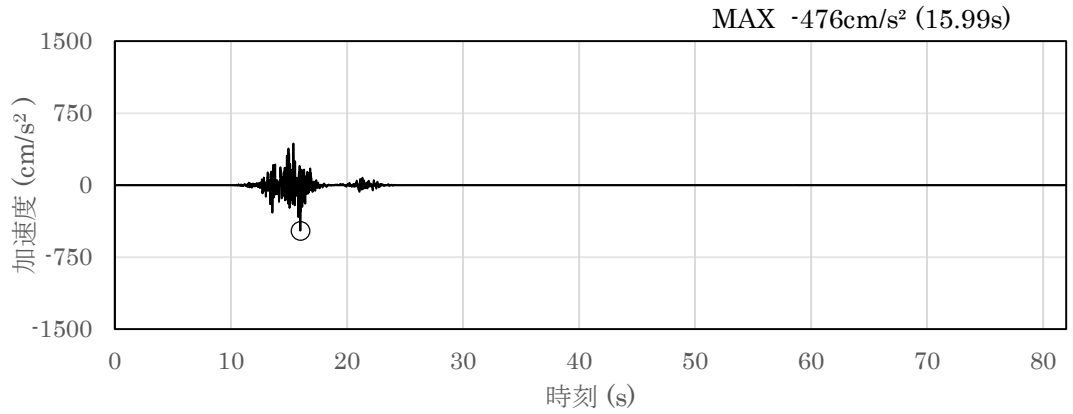



(a) 加速度時刻歴波形

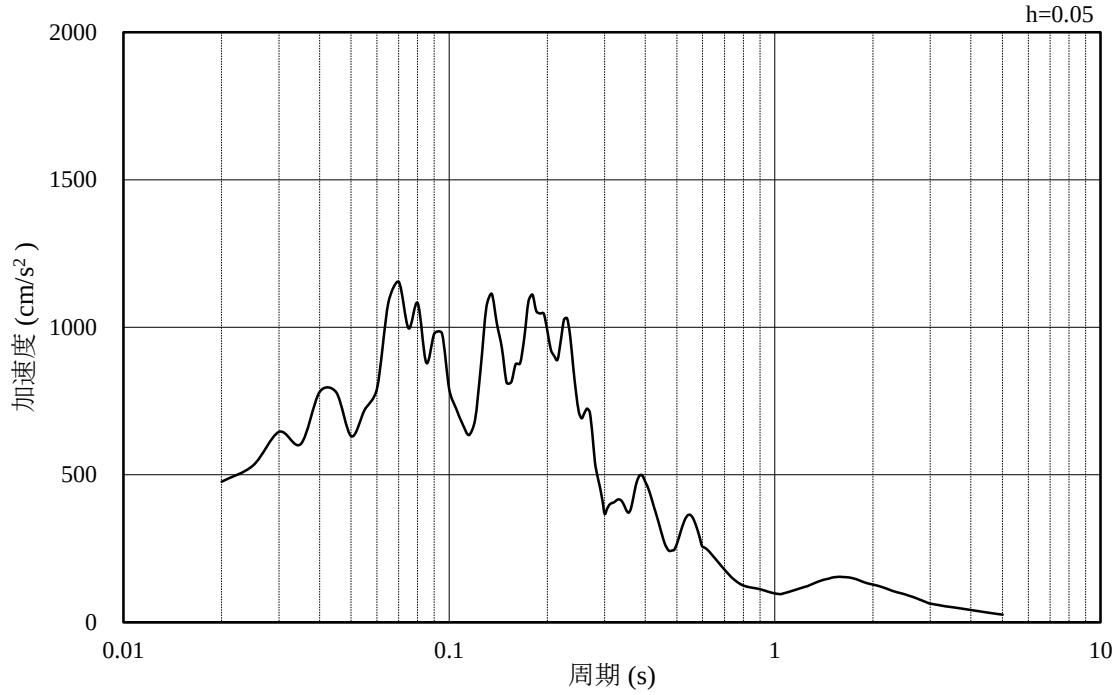



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（7） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｆ２，水平方向（ＥＷ））

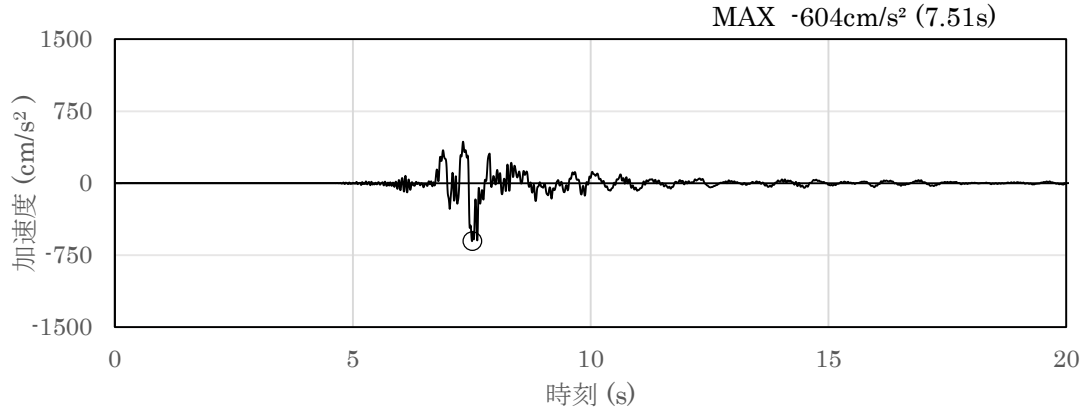



(a) 加速度時刻歴波形

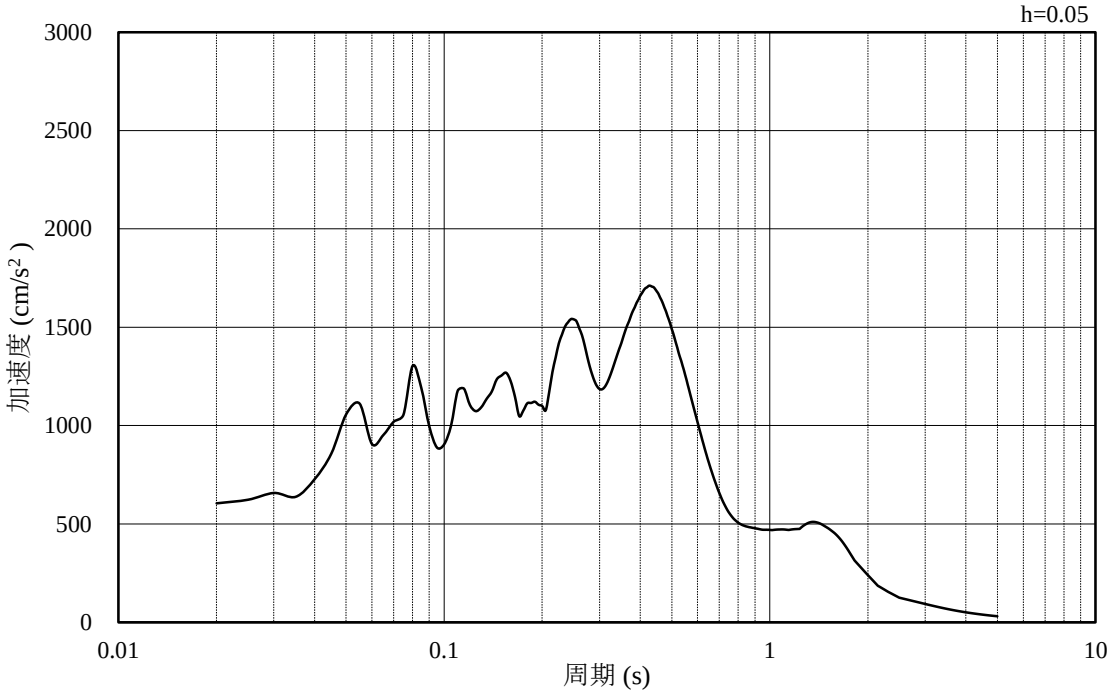



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（8） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｆ２，鉛直方向）

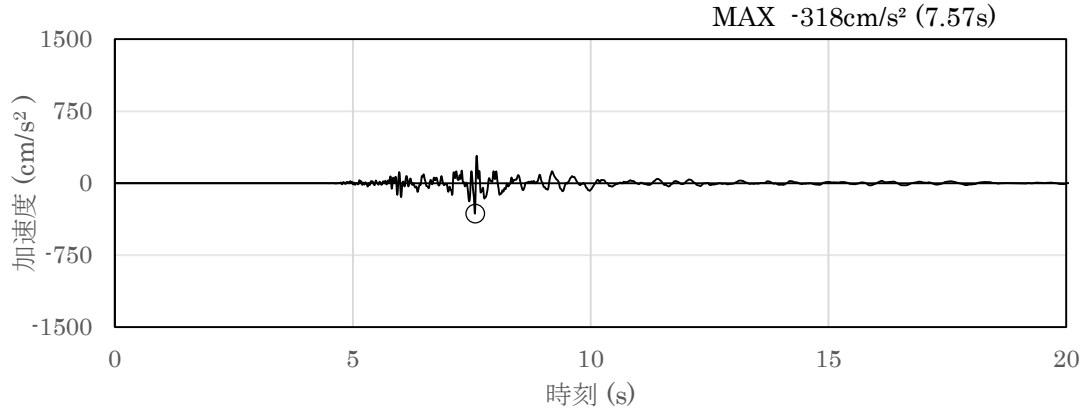



(a)　加速度時刻歴波形

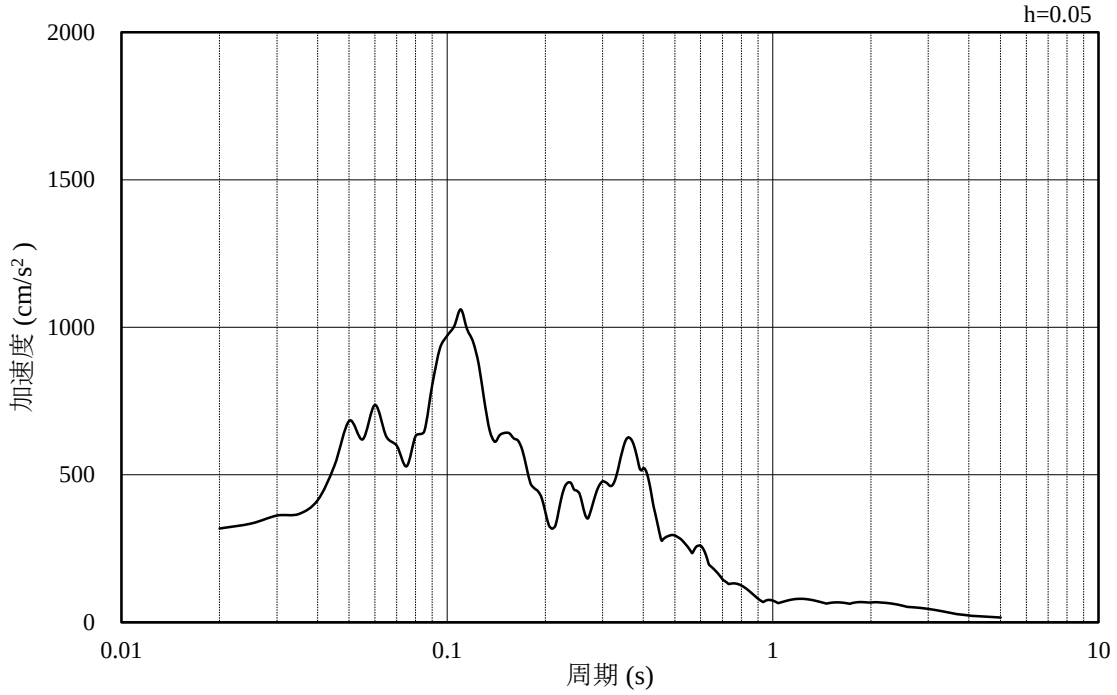



(b)　加速度応答スペクトル

図 3－7（9）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｎ１，水平方向）

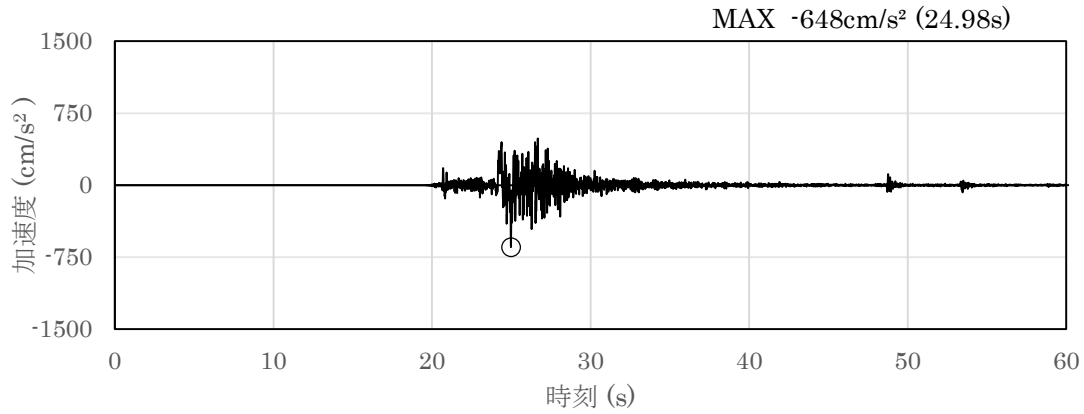



(a) 加速度時刻歴波形

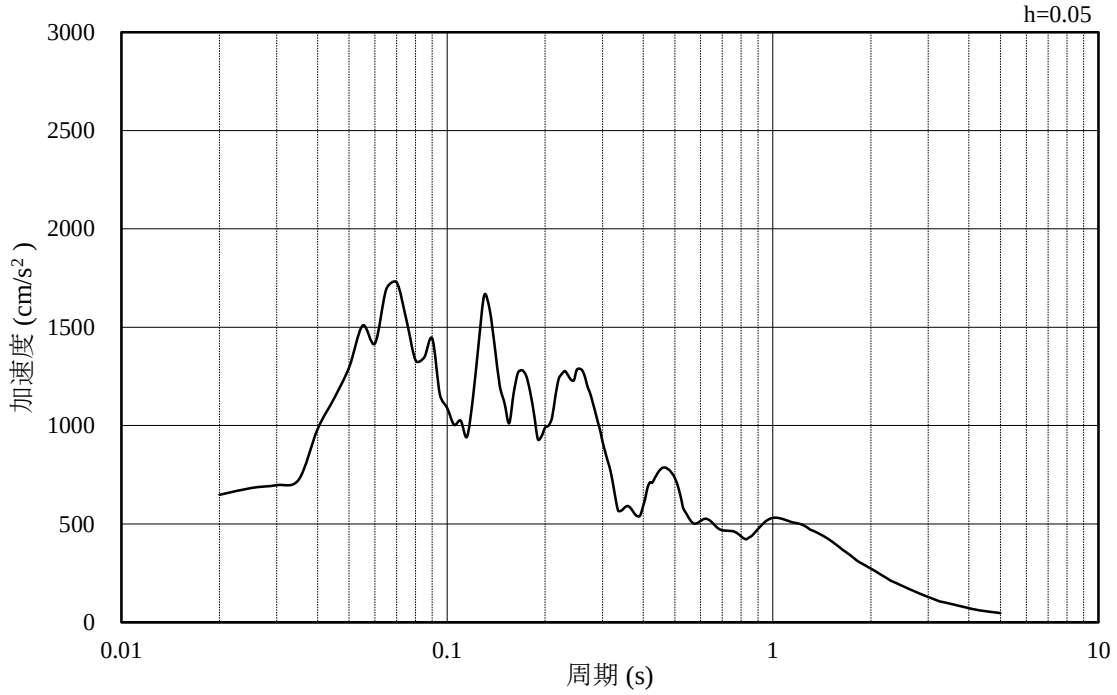



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（10） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｎ１，鉛直方向）

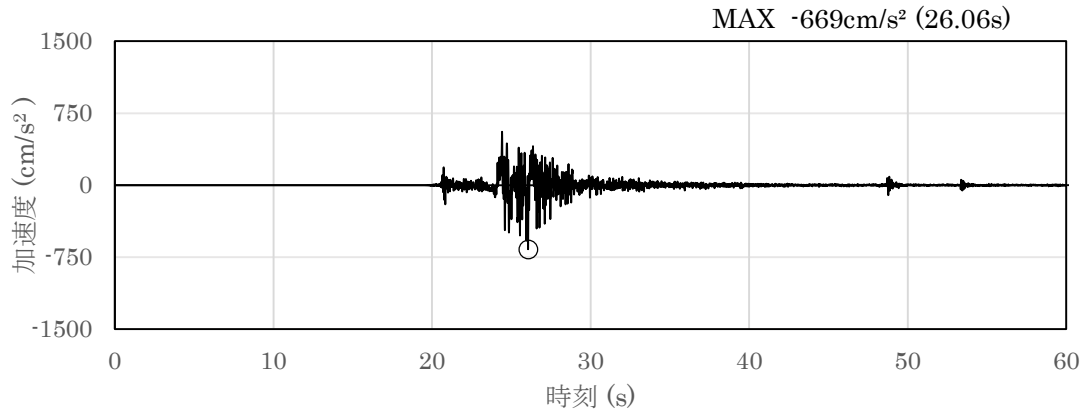



(a) 加速度時刻歴波形

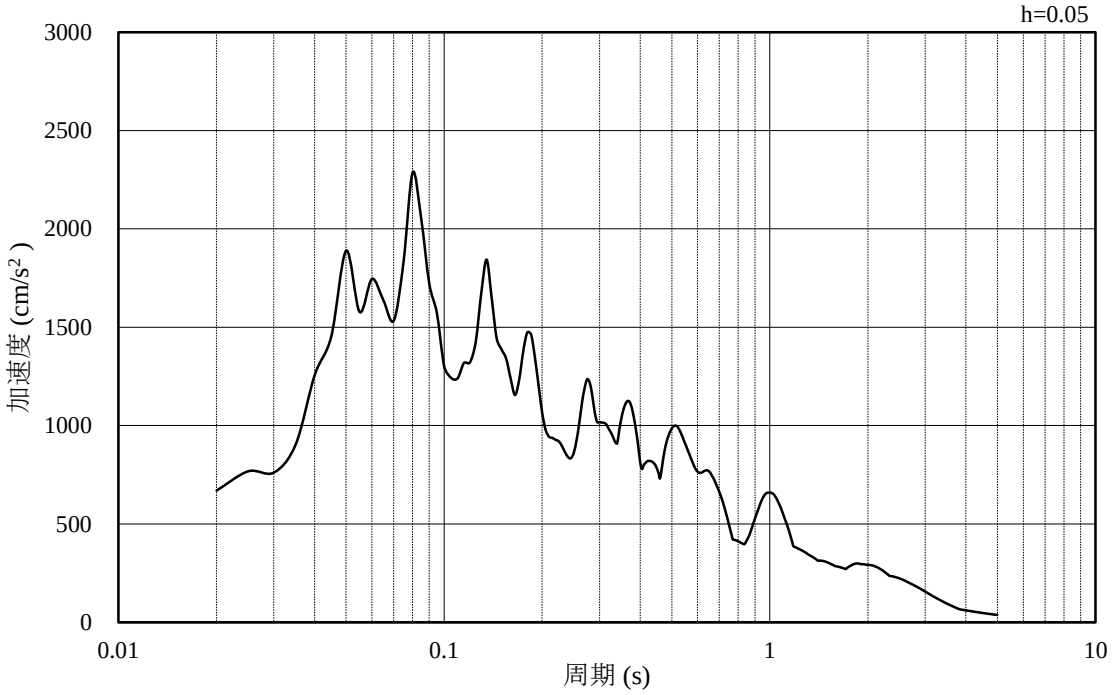



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（11） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＮＳ））

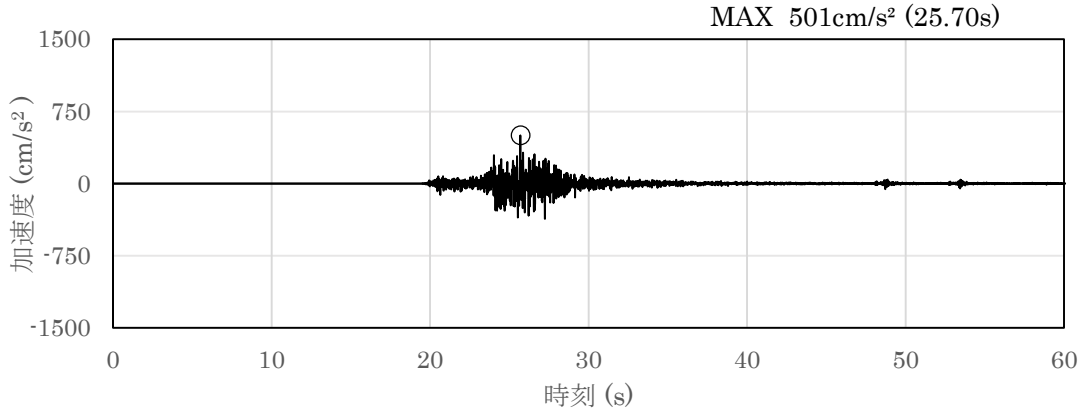



(a) 加速度時刻歴波形

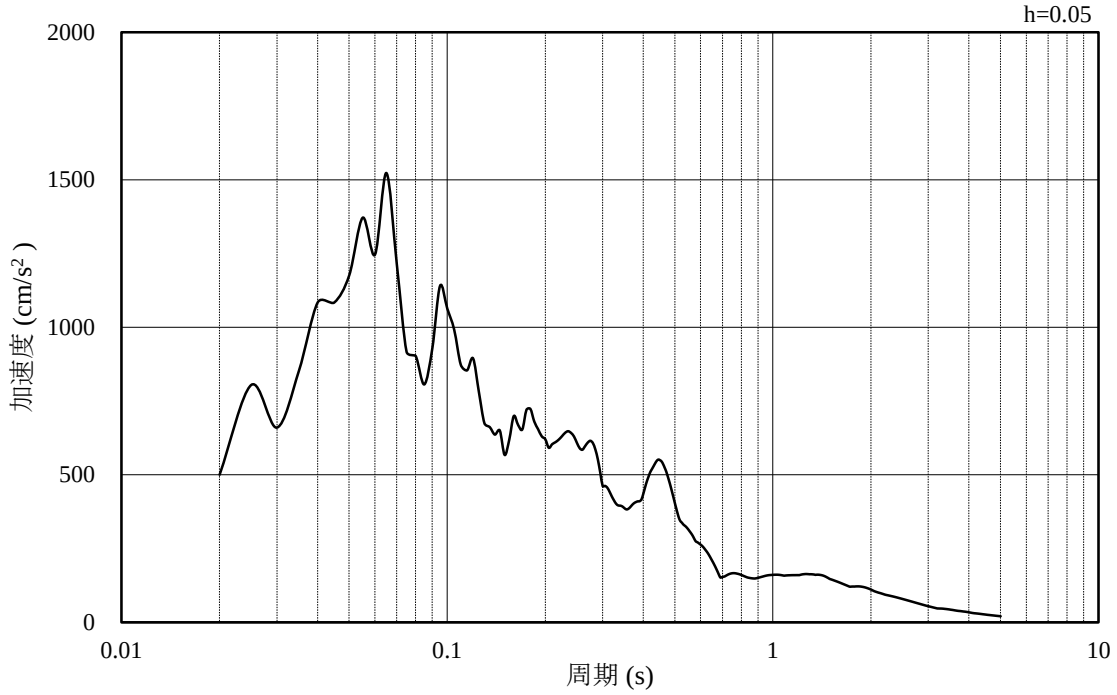



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（12） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｎ２，水平方向（ＥＷ））




(a) 加速度時刻歴波形




(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（13） 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル（解析ケース③）
（Ｓｓ－Ｎ２，鉛直方向）

3.4　地震応答解析モデル

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の地震応答解析モデルは，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき，水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表 3－3 に示す。

表 3－3　使用材料の物性値

| 使用材料 | ヤング係数<br>E<br>($N/mm^2$) | せん断<br>弾性係数<br>G<br>($N/mm^2$) | 減衰定数<br>h<br>(%) | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 軽油タンク<br>（鋼材） | $2.000\times10^5$ | $7.710\times10^4$ | 1 | ― |
| 軽油タンク基礎・防油堤<br>（鉄筋コンクリート）<br>コンクリート：<br>Fc＝24.0（$N/mm^2$）<br>鉄筋：SD345 | $2.500\times10^4$ | $1.042\times10^4$ | 5 | ― |

3.4.1　水平方向

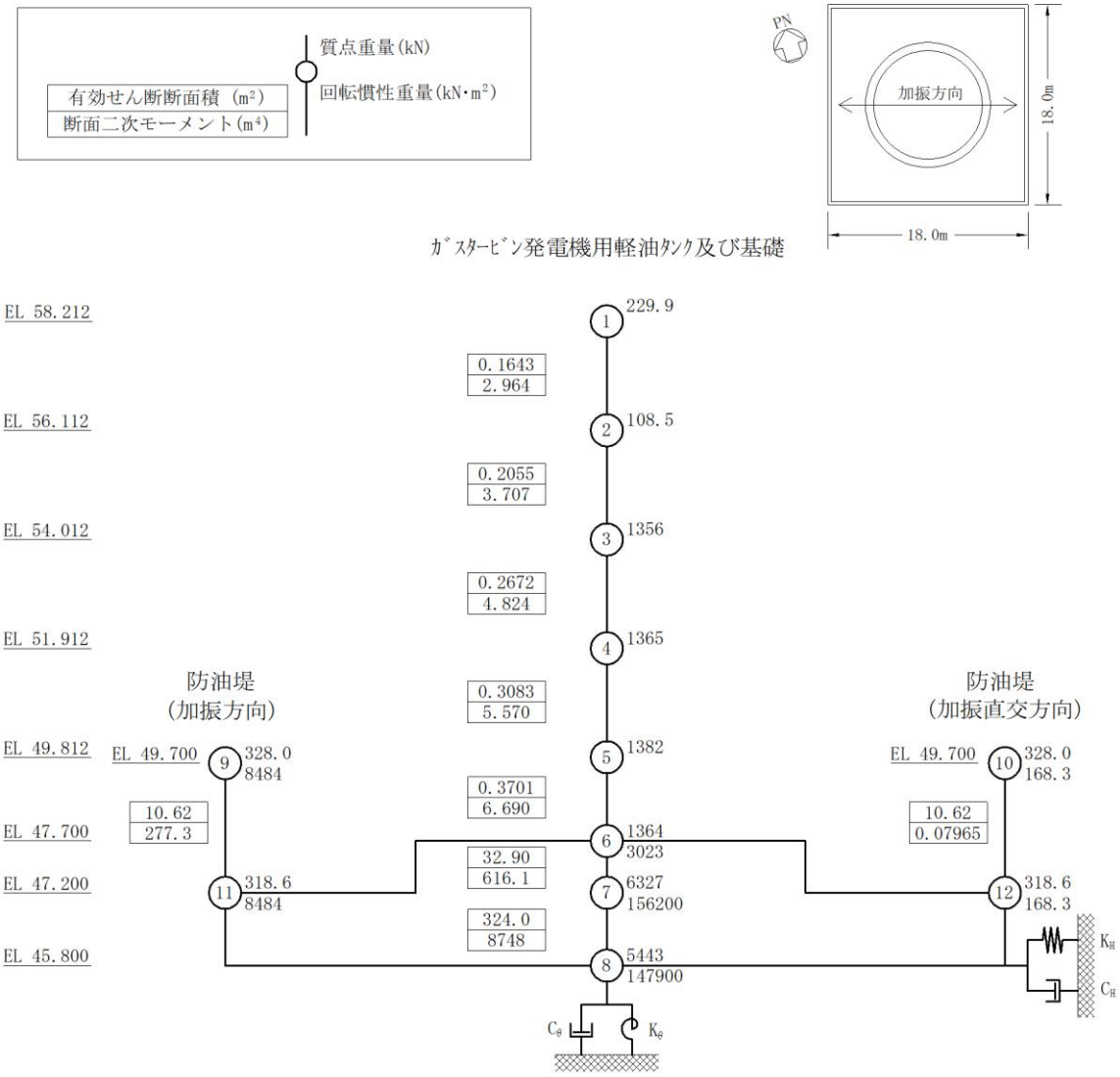
(1)　地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは，地盤との相互作用を考慮し，曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は，ＮＳ方向とＥＷ方向で同一のため，ＥＷ方向のみ行っている。

水平方向の地震応答解析モデルを図 3－8 示す。

(2)　地盤ばね

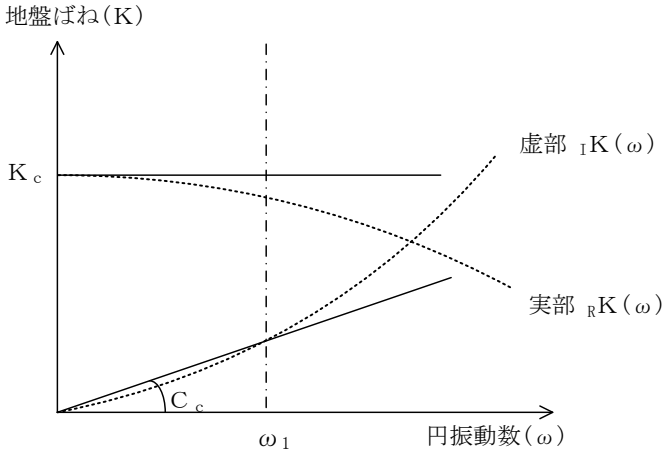
基礎底面の地盤ばねについては，「原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社）日本電気協会)」(以下「ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版」という。）により，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを，近似法により定数化して用いる。このうち，基礎底面のロッキング地盤ばねには，基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。地盤ばねの定数化の概要を図 3－9 に，地盤ばね定数及び減衰係数を表 3－4 に示す。基礎底面ばねの評価には解析コード「ｄｍａｉｎ２」を用いる。評価に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。




注記＊：地盤ばね定数は表 3－4 を参照。

地盤ばねには地盤物性のばらつきを考慮する。

図 3－8　地震応答解析モデル（水平方向）




ばね定数　：0Hz のばね定数Ｋｃで定数化

減衰係数　：地盤－建物連成系の１次固有円振動数$\omega_1$に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾きＣｃで定数化

図 3－9　地盤ばねの定数化の概要

表 3－4　地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

| ケース | ばね番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数 Ｋｃ | 減衰係数 Ｃｃ |
|---|---|---|---|---|
| 解析ケース① | $K_H, C_H$ | 底面・水平 | $1.136\times10^{8}$ (kN/m) | $6.231\times10^{5}$ (kN・s/m) |
| | $K_\theta, C_\theta$ | 底面・回転 | $9.754\times10^{9}$ (kN・m/rad) | $1.252\times10^{7}$ (kN・m・s/rad) |
| 解析ケース② | $K_H, C_H$ | 底面・水平 | $1.607\times10^{8}$ (kN/m) | $7.367\times10^{5}$ (kN・s/m) |
| | $K_\theta, C_\theta$ | 底面・回転 | $1.382\times10^{10}$ (kN・m/rad) | $1.204\times10^{7}$ (kN・m・s/rad) |
| 解析ケース③ | $K_H, C_H$ | 底面・水平 | $7.418\times10^{7}$ (kN/m) | $5.090\times10^{5}$ (kN・s/m) |
| | $K_\theta, C_\theta$ | 底面・回転 | $6.358\times10^{9}$ (kN・m/rad) | $1.263\times10^{7}$ (kN・m・s/rad) |

3.4.2　鉛直方向

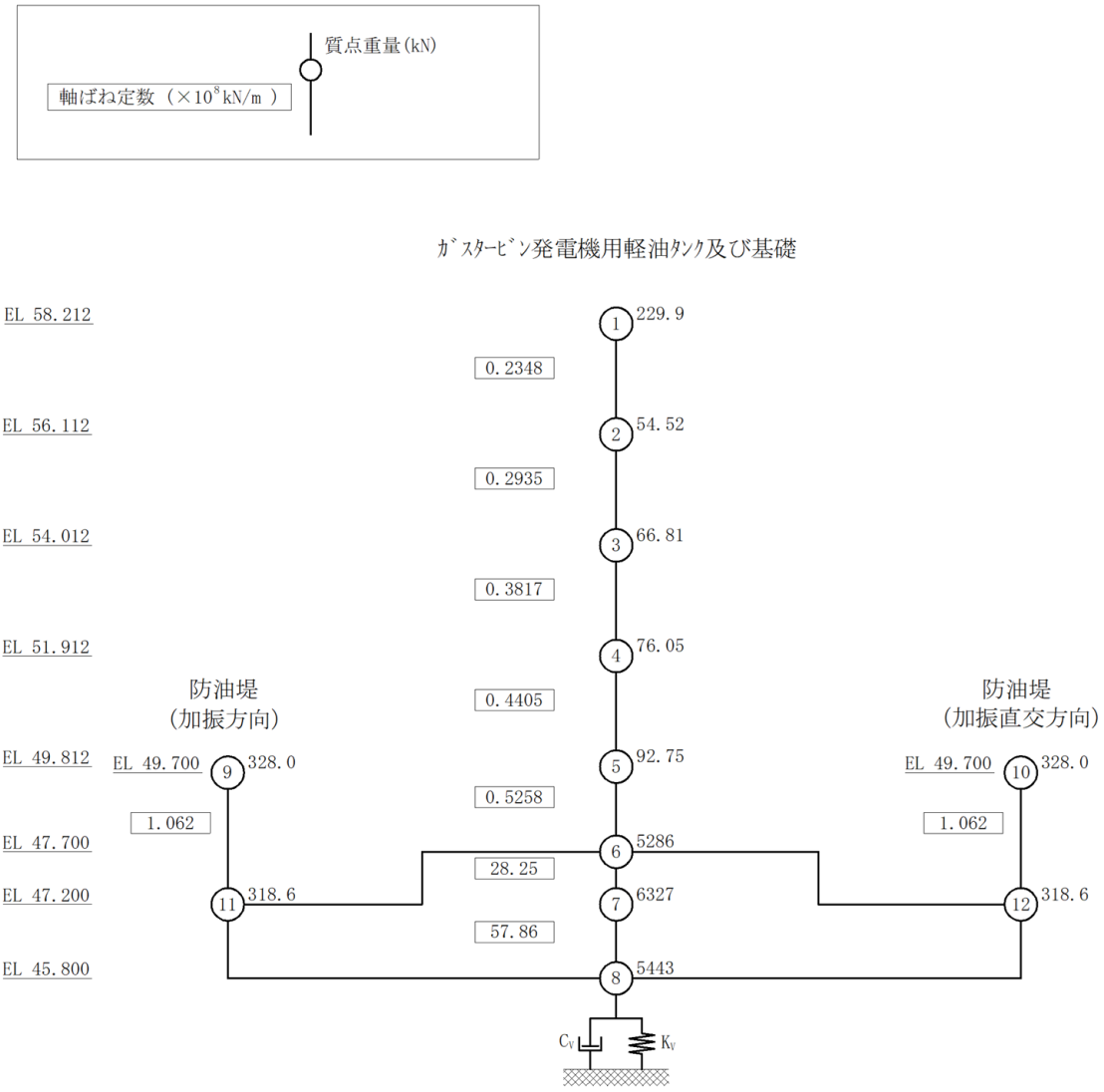
(1)　地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは，地盤との相互作用を考慮し，軸剛性を考慮した質点系モデルとする。

鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3－10 に示す。

(2)　地盤ばね

基礎底面の地盤ばねについては，スウェイ及びロッキングばね定数の評価法と同様，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づき求めた鉛直ばねを近似法により定数化して用いる。地盤ばね定数及び減衰係数を表 3－5 に示す。基礎底面ばねの評価には解析コード「ｄｍａｉｎ２」を用いる。評価に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。




注記＊：地盤ばね定数は表 3－5 を参照。

地盤ばねには地盤物性のばらつきを考慮する。

図 3－10　地震応答解析モデル（鉛直方向）

表 3－5　地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向）

| ケース | ばね番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数 Ｋｃ | 減衰係数 Ｃｃ |
|---|---|---|---|---|
| 解析ケース① | $K_V, C_V$ | 底面・鉛直 | $2.140\times10^{8}$ (kN/m) | $1.778\times10^{6}$ (kN・s/m) |
| 解析ケース② | $K_V, C_V$ | 底面・鉛直 | $2.927\times10^{8}$ (kN/m) | $2.056\times10^{6}$ (kN・s/m) |
| 解析ケース③ | $K_V, C_V$ | 底面・鉛直 | $1.454\times10^{8}$ (kN/m) | $1.477\times10^{6}$ (kN・s/m) |

### 3.5　解析方法

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤について，動的解析により応答加速度，応答変位，応答せん断力，応答曲げモーメント，応答軸力及び接地圧を算定する。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び防油堤の地震応答解析には，解析コード「ＤＹＮＡ２Ｅ」を用いる。評価に用いる解析コードの検証，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。

#### 3.5.1　動的解析

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の動的解析は，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき，時刻歴応答解析により実施する。

3.6　解析条件

3.6.1　地盤の回転ばねの復元力特性

地盤の回転ばねに関する曲げモーメント－回転角の関係は「ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版」に基づき，基礎の浮き上がりを考慮する非線形ばねとし，浮き上がり非線形地震応答解析（接地率に応じて誘発上下動を考慮）とする。モデルの概念図を図 3－11 に，評価式を表 3－6 に示す。

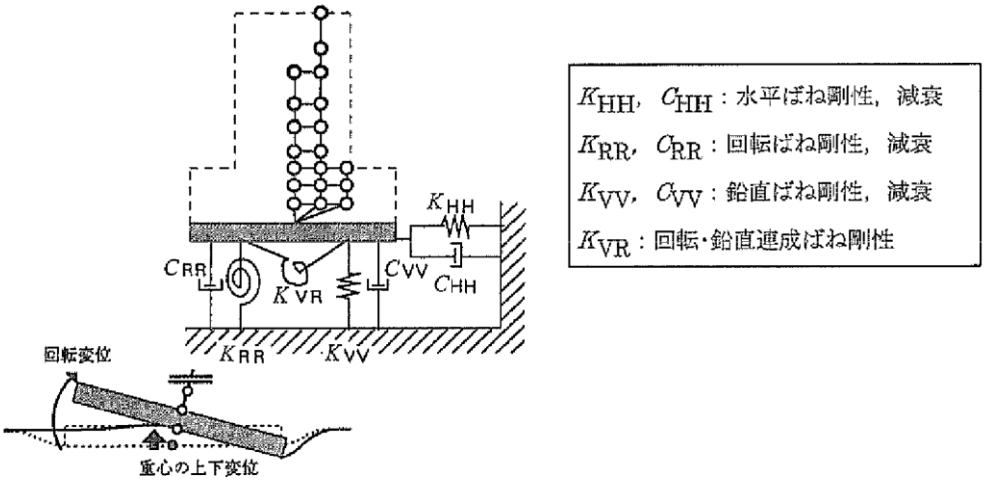



図 3－11　誘発上下動を考慮した多質点系モデルの概念図

表 3－6　誘発上下動モデルにおける基礎浮き上がり時の地盤ばね剛性と減衰

| | 水平ばね $K_{HH}$ , $C_{HH}$ | 回転ばね $K_{RR}$ , $C_{RR}$ | 回転・鉛直連成ばね $K_{VR}$ , $C_{VR}$ | 鉛直ばね $K_{VV}$ , $C_{VV}$ |
|---|---|---|---|---|
| 地盤ばねの剛性 $K$ | $K_{H0}$ | $\dfrac{M-K_{VR}\cdot w_0}{\theta}$ | $\dfrac{1-\eta}{2}\cdot L\cdot K_{VV}$ | $\eta^{\beta}\cdot K_{V0}$ |
| 地盤ばねの減衰 $C$ | $C_{H0}$ | $C_{R0}\cdot\eta^{\frac{\alpha}{2}}$ | 0 | $C_{V0}\cdot\eta^{\frac{\alpha}{2}}$ |

$\eta=\left(\dfrac{\theta_0}{\theta}\right)^{\frac{2}{\alpha-2}}$

$M$　：転倒モーメント
$w_0$　：基礎版中心の鉛直変位
$\theta$　：回転角
$\theta_0$　：浮き上がり限界回転角
$L$　：構造物の基礎幅
$K_{H0}$　：線形域の水平ばね剛性
$K_{V0}$　：線形域の鉛直ばね剛性
$\beta$　：0.46
$\alpha$　：地反力分布に応じた値（三角形分布 6.0）
$C_{H0}$　：線形域の水平ばね減衰係数
$C_{V0}$　：線形域の鉛直ばね減衰係数
$C_{R0}$　：線形域の回転ばね減衰係数

# 4. 解析結果

## 4.1 動的解析

### 4.1.1 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期，固有振動数及び刺激係数）を表 4－7 に示す。刺激関数図を図 4－12 及び図 4－13 に示す。

なお，刺激係数は，モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる値を示す。

### 4.1.2 地震応答解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として，解析ケース①（基本ケース）について，すべての基準地震動Ｓｓによる最大応答値を図 4－14～図 4－20 及び表 4－8～表 4－14 に示す。また，機器・配管系の応答加速度抽出のため，地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース②及び③の最大応答値を図 4－21～図 4－34 及び表 4－15 表 4－28 に示す。

接地率を表 4－29～表 4－31 に示す。接地率は，誘発上下動を考慮した地震応答解析を適用できる基準値(50%以上)を満足していることを確認した。

表 4－7　固有値解析結果（解析ケース①）

(a)　水平方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数* | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.065 | 15.48 | 1.359 | 防油堤（加振直交方向）1 次 |
| 2 | 0.061 | 16.51 | 1.779 | タンク基礎 1 次 |
| 3 | 0.025 | 40.34 | -2.690 | 防油堤（加振方向）1 次 |
| 4 | 0.020 | 48.96 | 2.223 | |
| 5 | 0.016 | 64.06 | -0.448 | |
| 6 | 0.013 | 74.13 | -0.109 | |

(b)　鉛直方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数* | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.019 | 51.87 | 1.933 | タンク基礎及び防油堤 1 次 |
| 2 | 0.013 | 79.11 | -0.950 | |
| 3 | 0.004 | 239.28 | -0.049 | |
| 4 | 0.004 | 283.60 | 0.000 | |
| 5 | 0.003 | 287.10 | -0.032 | |
| 6 | 0.002 | 407.28 | 0.075 | |

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

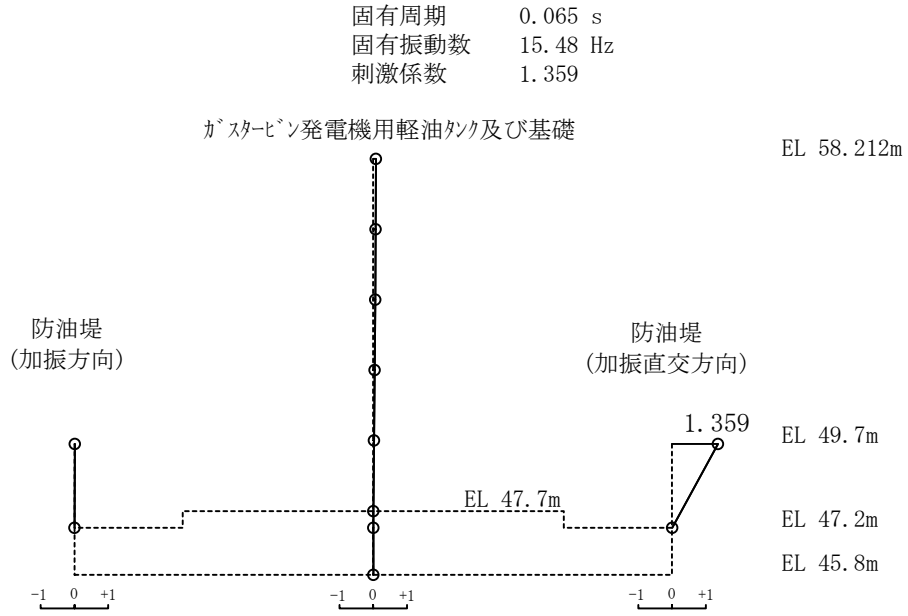



図 4－12（1）　刺激関数図（解析ケース①，水平方向，1 次モード）

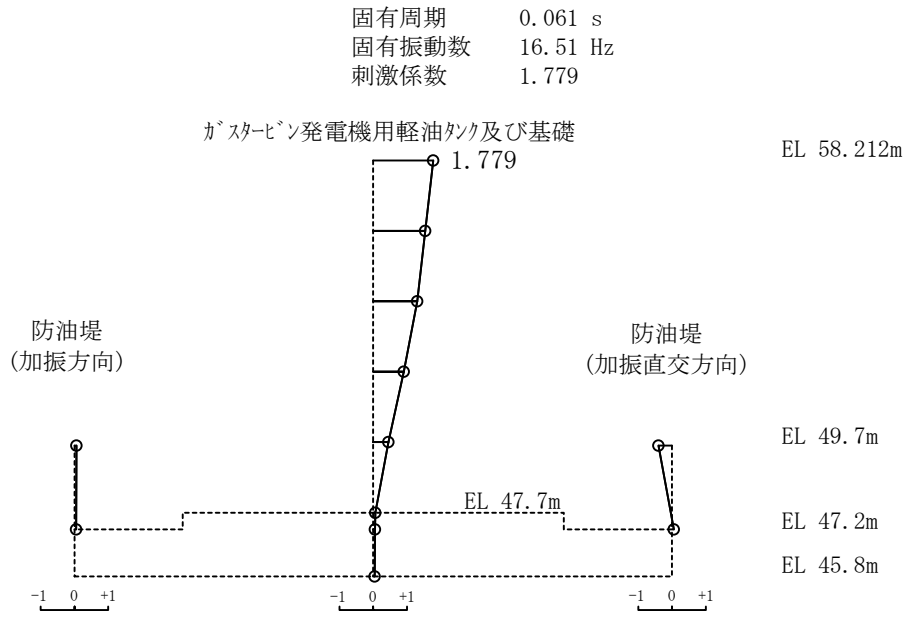



図 4－12（2）　刺激関数図（解析ケース①，水平方向，2 次モード）

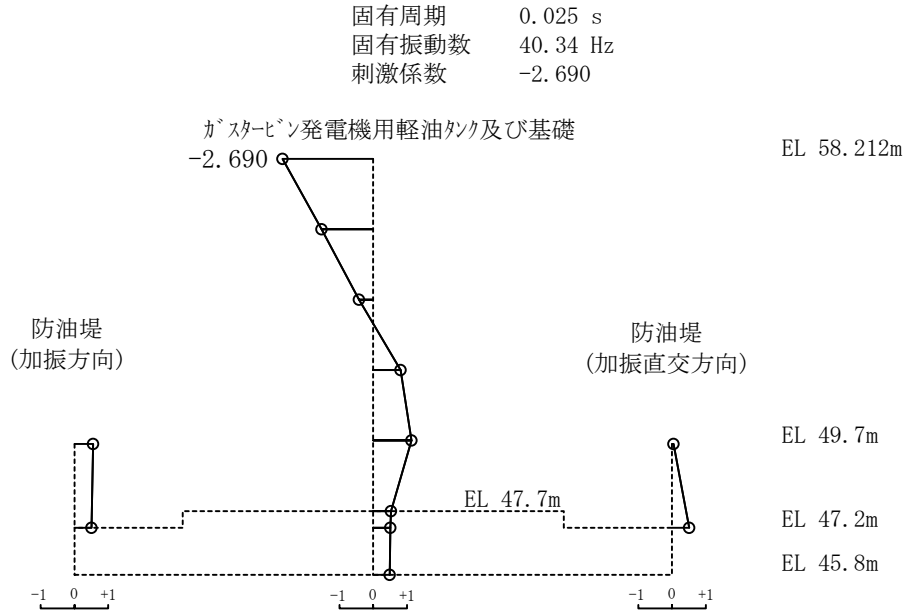



図 4－12（3） 刺激関数図（解析ケース①，水平方向，3 次モード）

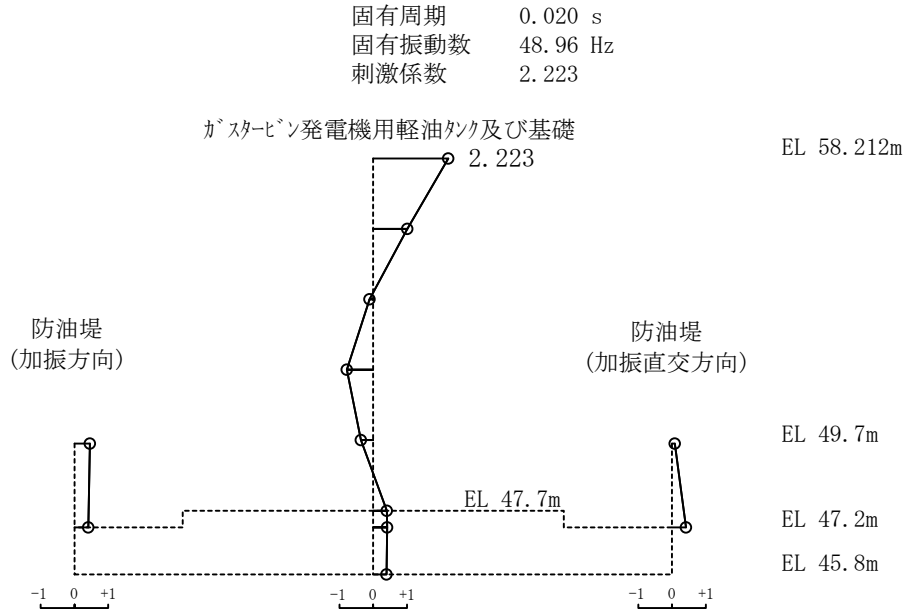



図 4－12（4） 刺激関数図（解析ケース①，水平方向，4 次モード）

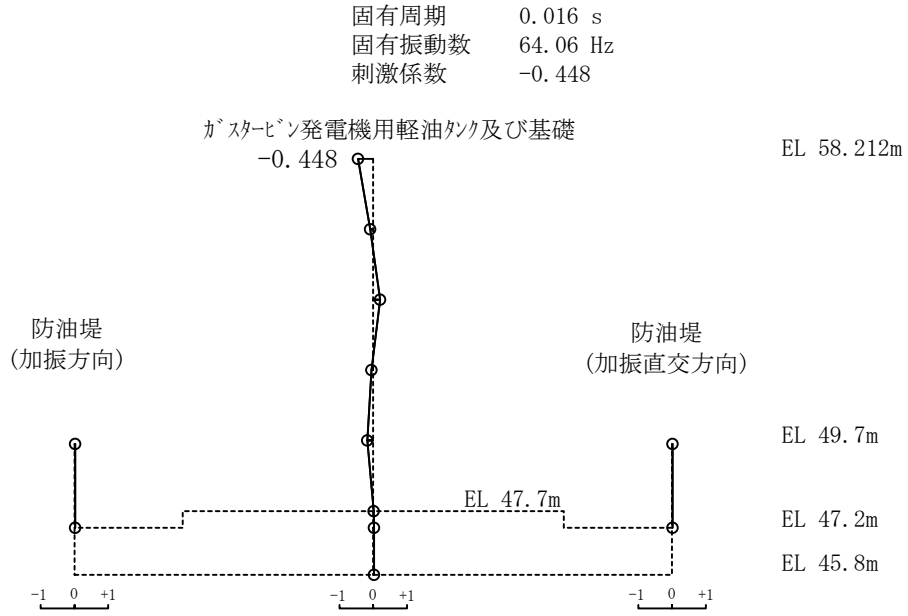



図 4－12（5）　刺激関数図（解析ケース①，水平方向，5 次モード）

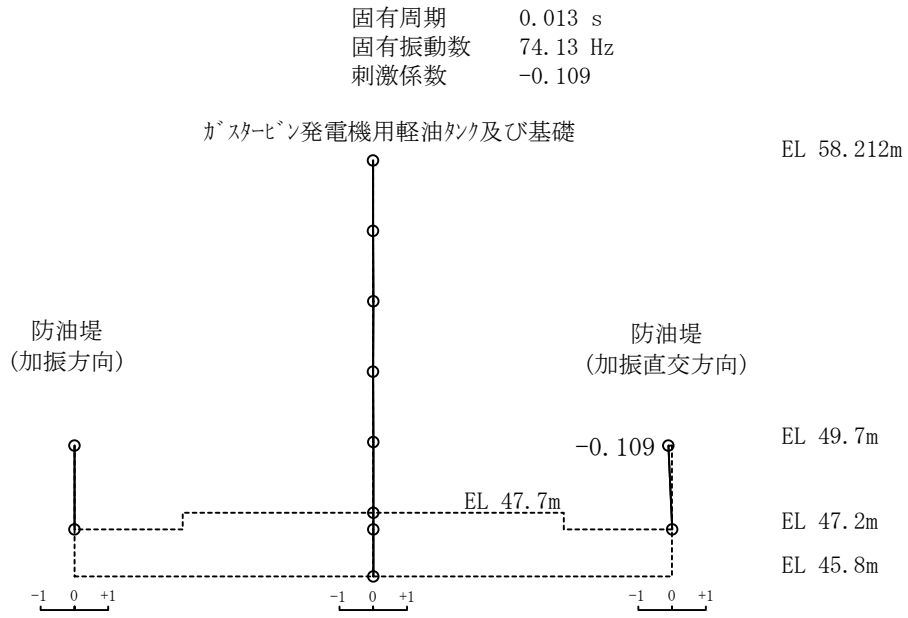



図 4－12（6）　刺激関数図（解析ケース①，水平方向，6 次モード）

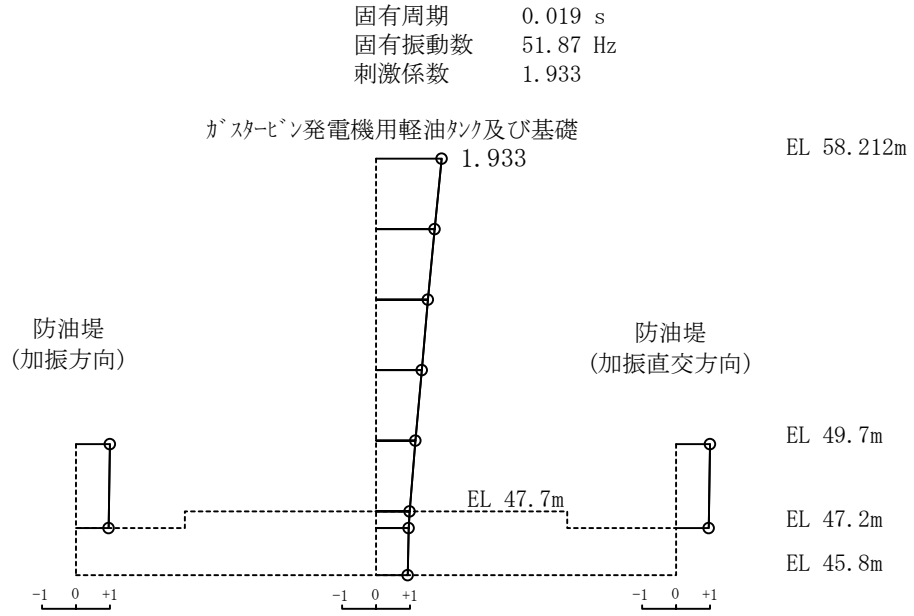



図 4－13（1）　刺激関数図（解析ケース①，鉛直方向，1 次モード）

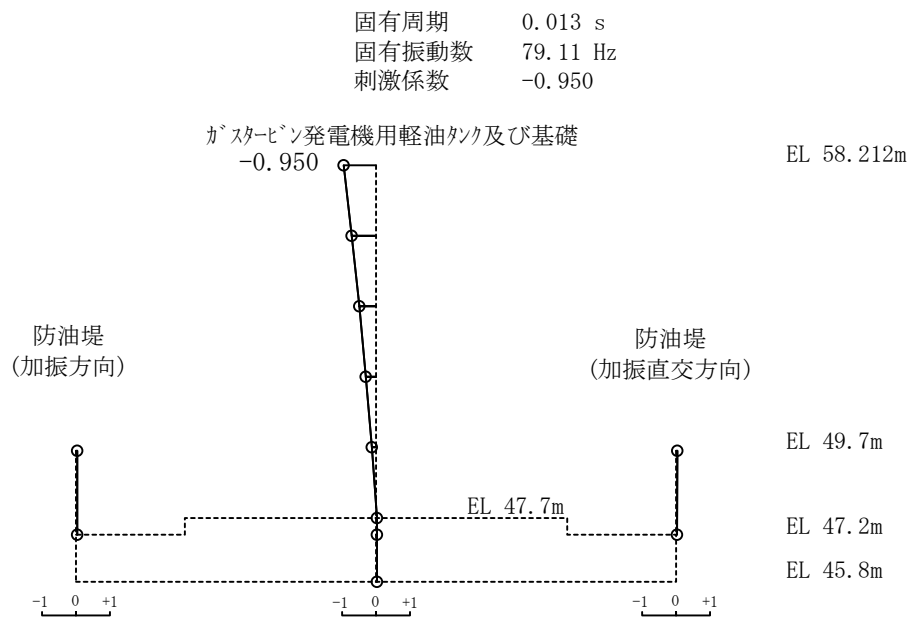



図 4－13（2）　刺激関数図（解析ケース①，鉛直方向，2 次モード）

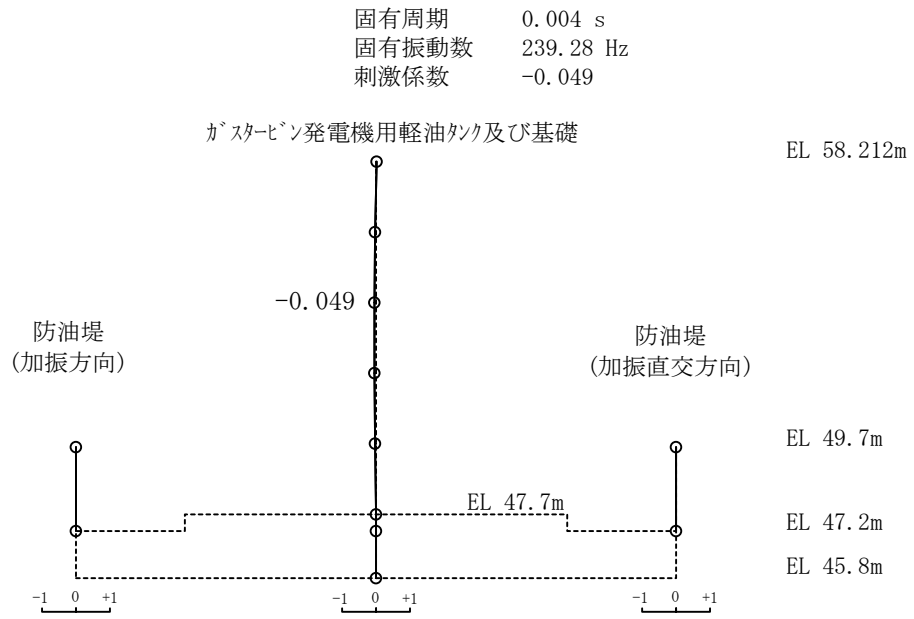



図 4－13（3） 刺激関数図（解析ケース①，鉛直方向，3 次モード）

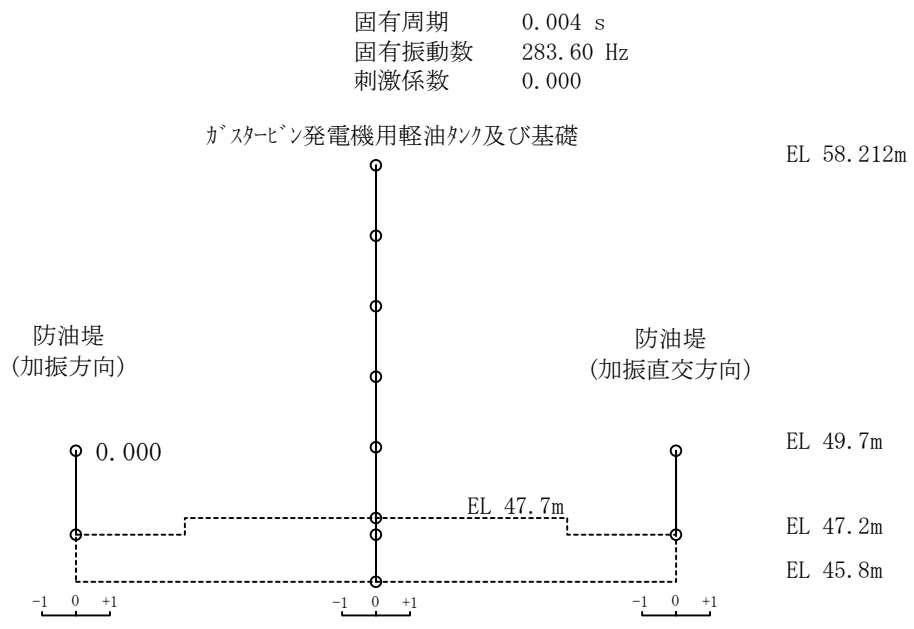



図 4－13（4） 刺激関数図（解析ケース①，鉛直方向，4 次モード）

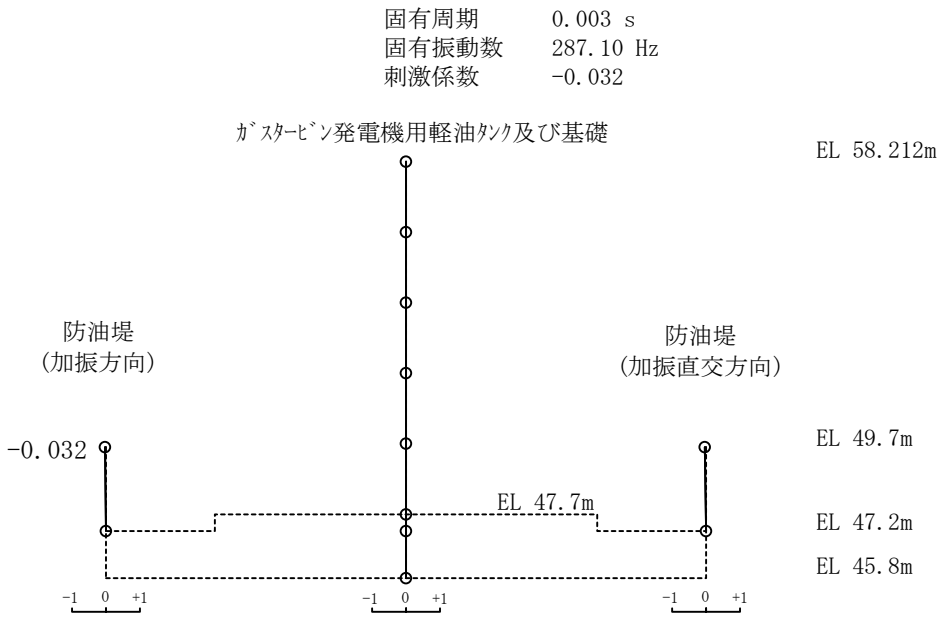



図 4－13（5） 刺激関数図（解析ケース①，鉛直方向，5 次モード）

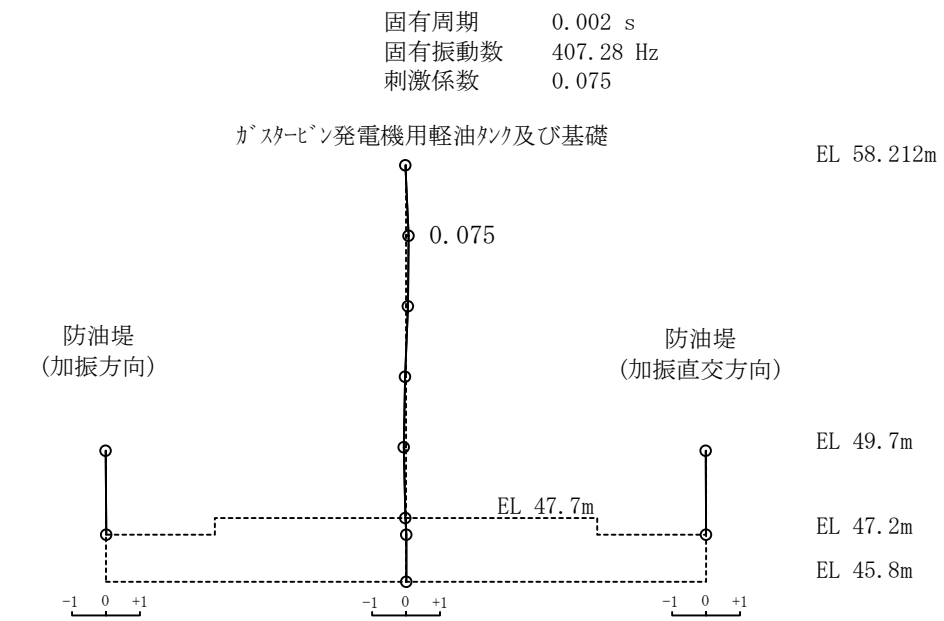



図 4－13（6） 刺激関数図（解析ケース①，鉛直方向，6 次モード）

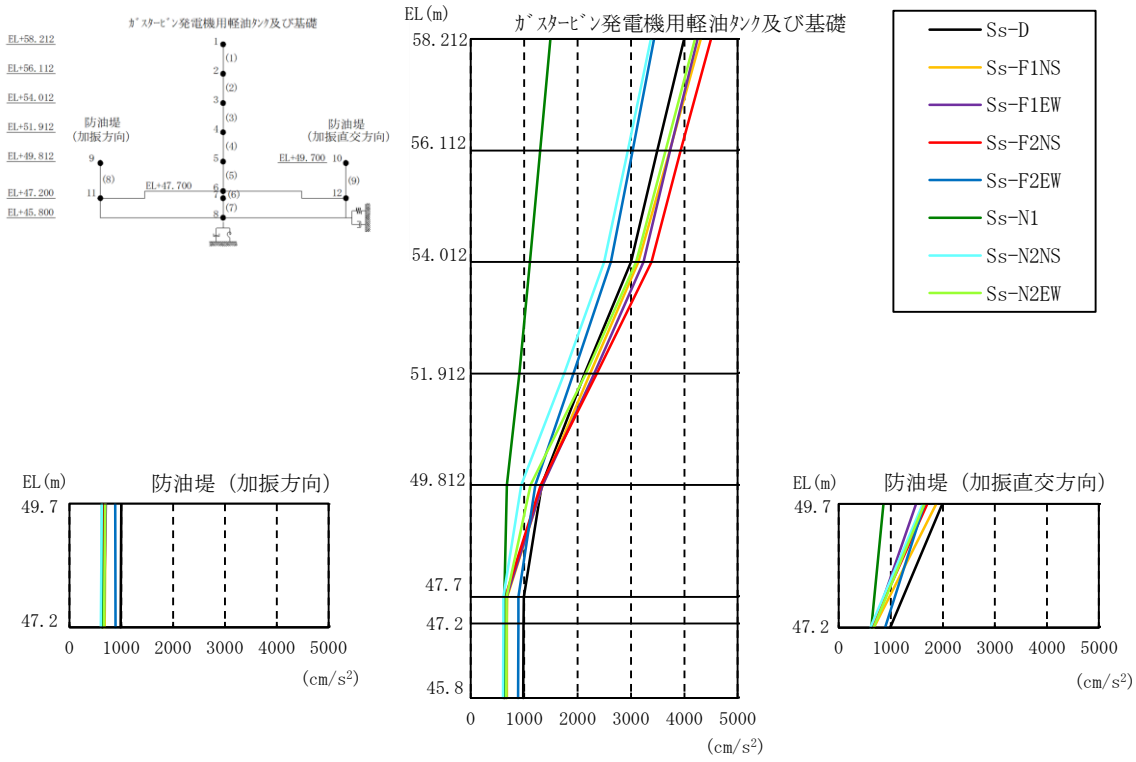



図 4－14　最大応答加速度（水平方向，解析ケース①）

表 4－8　最大応答加速度一覧（水平方向，解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答加速度（cm/s²）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 3994 | 4306 | 4246 | 4498 | 3433 | 1487 | 3375 | 4198 | 4498 |
| | 56.112 | 2 | 3495 | 3724 | 3730 | 3930 | 3031 | 1296 | 2939 | 3648 | 3930 |
| | 54.012 | 3 | 2999 | 3141 | 3236 | 3383 | 2621 | 1107 | 2498 | 3094 | 3383 |
| | 51.912 | 4 | 2130 | 2234 | 2311 | 2359 | 1923 | 910 | 1748 | 2156 | 2359 |
| | 49.812 | 5 | 1329 | 1344 | 1344 | 1313 | 1209 | 672 | 942 | 1117 | 1344 |
| | 47.7 | 6 | 991 | 681 | 667 | 644 | 890 | 628 | 611 | 667 | 991 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 985 | 676 | 659 | 633 | 888 | 627 | 608 | 666 | 985 |
| | 45.8 | 8 | 977 | 674 | 658 | 621 | 883 | 626 | 604 | 663 | 977 |
| 防油堤 (加振方向) | 49.7 | 9 | 999 | 700 | 704 | 646 | 883 | 627 | 621 | 689 | 999 |
| | 47.2 | 11 | 985 | 676 | 659 | 633 | 888 | 627 | 608 | 666 | 985 |
| 防油堤 (加振直交方向) | 49.7 | 10 | 1992 | 1871 | 1487 | 1698 | 1646 | 861 | 1617 | 1643 | 1992 |
| | 47.2 | 12 | 985 | 676 | 659 | 633 | 888 | 627 | 608 | 666 | 985 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

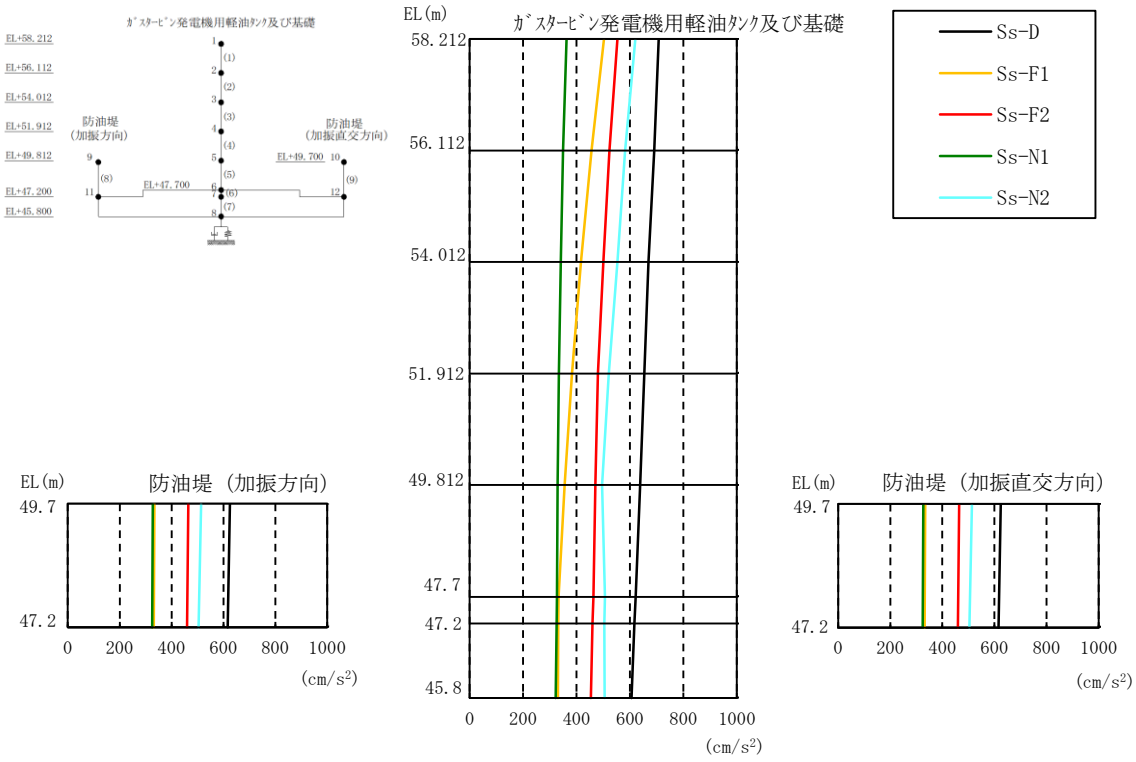



図 4－15　最大応答加速度（鉛直方向，解析ケース①）

表 4－9　最大応答加速度一覧（鉛直方向，解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答加速度（cm/s$^2$）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 708 | 503 | 553 | 362 | 621 | 708 |
| | 56.112 | 2 | 691 | 456 | 522 | 350 | 582 | 691 |
| | 54.012 | 3 | 669 | 416 | 500 | 341 | 553 | 669 |
| | 51.912 | 4 | 653 | 382 | 480 | 333 | 521 | 653 |
| | 49.812 | 5 | 638 | 356 | 470 | 329 | 495 | 638 |
| | 47.7 | 6 | 621 | 333 | 463 | 327 | 506 | 621 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 616 | 332 | 459 | 325 | 504 | 616 |
| | 45.8 | 8 | 606 | 330 | 453 | 322 | 504 | 606 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 625 | 334 | 464 | 328 | 514 | 625 |
| | 47.2 | 11 | 616 | 332 | 459 | 325 | 504 | 616 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 625 | 334 | 464 | 328 | 514 | 625 |
| | 47.2 | 12 | 616 | 332 | 459 | 325 | 504 | 616 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

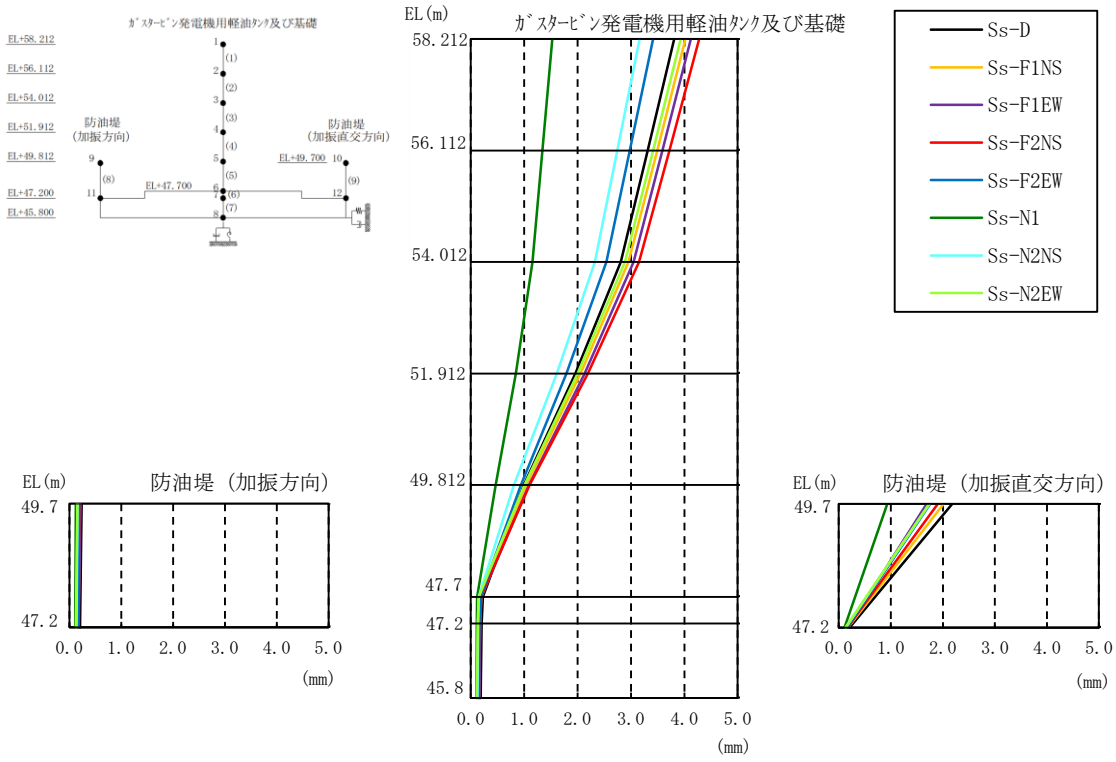



図 4－16　最大応答変位（水平方向，解析ケース①）

表 4－10　最大応答変位一覧（水平方向，解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答変位（mm）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 3.81 | 4.02 | 4.12 | 4.28 | 3.41 | 1.52 | 3.16 | 3.93 | 4.28 |
| | 56.112 | 2 | 3.31 | 3.49 | 3.59 | 3.72 | 2.98 | 1.34 | 2.74 | 3.41 | 3.72 |
| | 54.012 | 3 | 2.81 | 2.96 | 3.05 | 3.15 | 2.54 | 1.16 | 2.32 | 2.89 | 3.15 |
| | 51.912 | 4 | 1.95 | 2.05 | 2.13 | 2.19 | 1.79 | 0.84 | 1.61 | 2.00 | 2.19 |
| | 49.812 | 5 | 0.99 | 1.03 | 1.09 | 1.10 | 0.94 | 0.47 | 0.81 | 1.00 | 1.10 |
| | 47.7 | 6 | 0.22 | 0.19 | 0.20 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 0.15 | 0.15 | 0.22 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 0.20 | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.16 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.20 |
| | 45.8 | 8 | 0.19 | 0.15 | 0.16 | 0.14 | 0.14 | 0.10 | 0.12 | 0.11 | 0.19 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 0.23 | 0.20 | 0.21 | 0.19 | 0.19 | 0.12 | 0.15 | 0.15 | 0.23 |
| | 47.2 | 11 | 0.20 | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.16 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.20 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 2.18 | 2.02 | 1.69 | 1.90 | 1.76 | 0.93 | 1.74 | 1.74 | 2.18 |
| | 47.2 | 12 | 0.20 | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.16 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.20 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

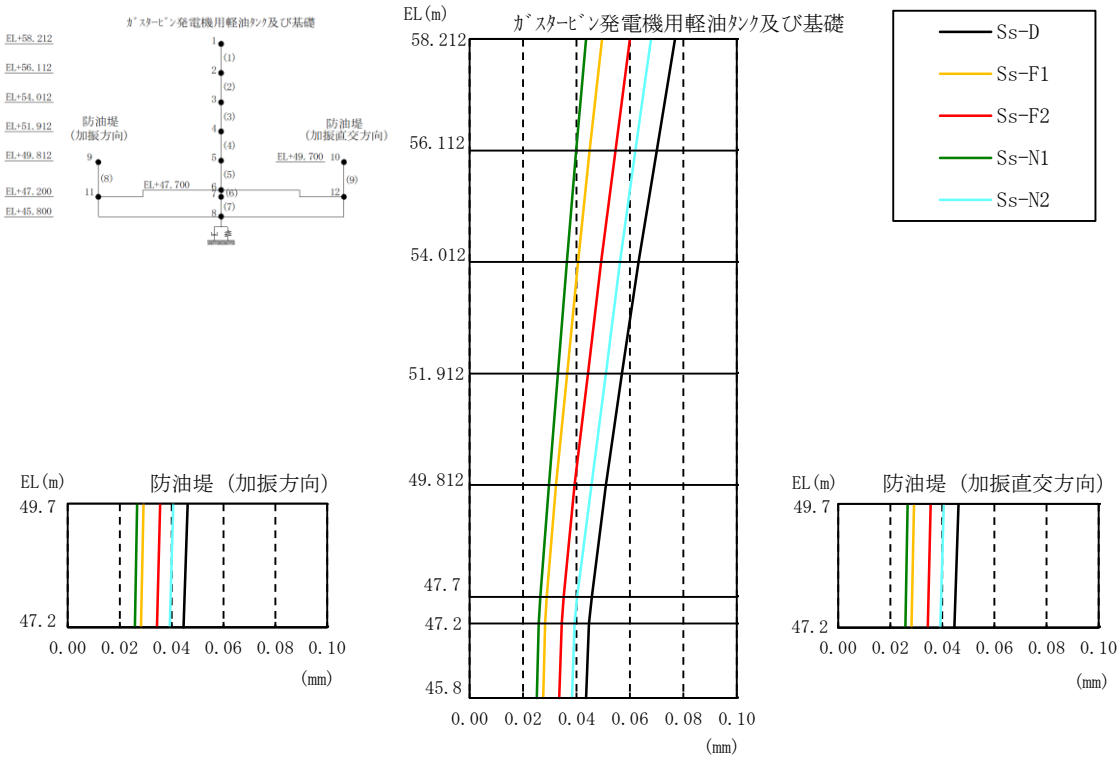



図 4－17　最大応答変位（鉛直方向，解析ケース①）

表 4－11　最大応答変位一覧（鉛直方向，解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答変位（mm）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.08 |
| | 56.112 | 2 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |
| | 54.012 | 3 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |
| | 51.912 | 4 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.06 |
| | 49.812 | 5 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.05 |
| | 47.7 | 6 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| | 45.8 | 8 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| | 47.2 | 11 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| | 47.2 | 12 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

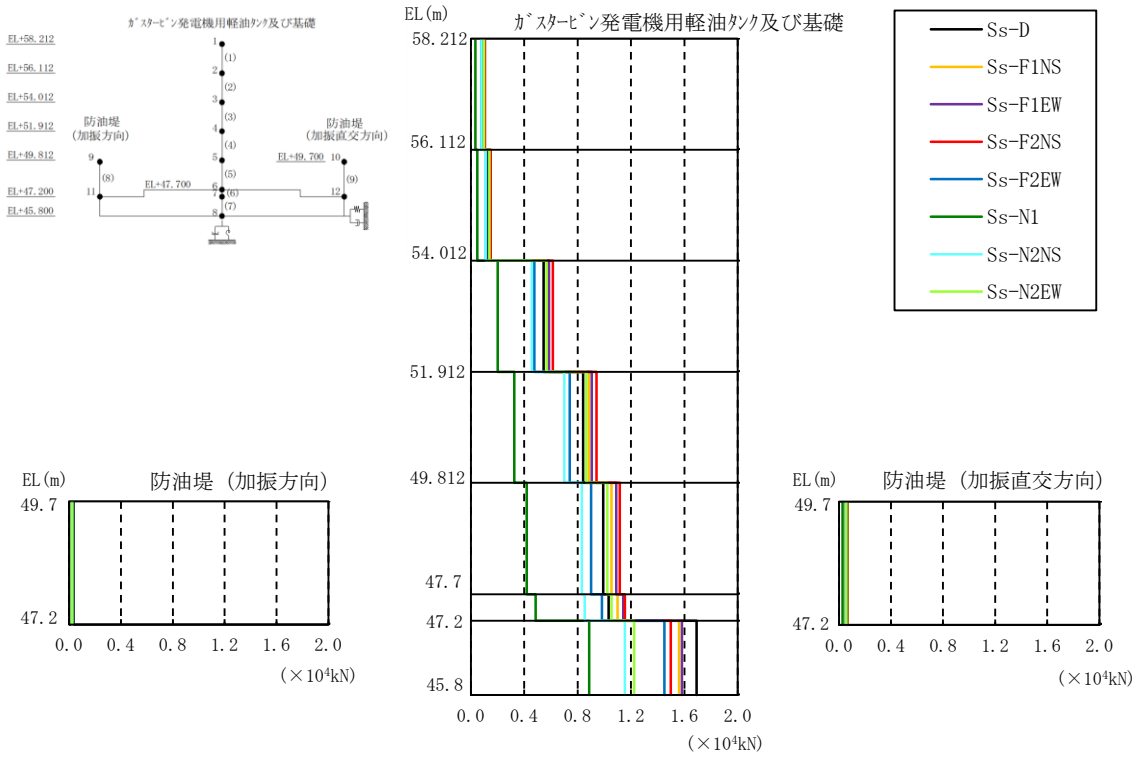



図 4－18　最大応答せん断力（解析ケース①）

表 4－12　最大応答せん断力一覧（解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答せん断力（×10⁴kN）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.10 | 0.11 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.11 | 0.05 | 0.11 | 0.14 | 0.15 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.55 | 0.58 | 0.59 | 0.61 | 0.48 | 0.20 | 0.46 | 0.57 | 0.61 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 0.84 | 0.89 | 0.90 | 0.94 | 0.74 | 0.33 | 0.70 | 0.87 | 0.94 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 0.99 | 1.05 | 1.09 | 1.12 | 0.90 | 0.42 | 0.83 | 1.02 | 1.12 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 1.03 | 1.10 | 1.14 | 1.15 | 0.98 | 0.49 | 0.85 | 1.05 | 1.15 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 1.69 | 1.56 | 1.58 | 1.50 | 1.45 | 0.89 | 1.15 | 1.22 | 1.69 |
| 防油堤 (加振方向) | 49.7～47.2 | 8 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| 防油堤 (加振直交方向) | 49.7～47.2 | 9 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.07 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

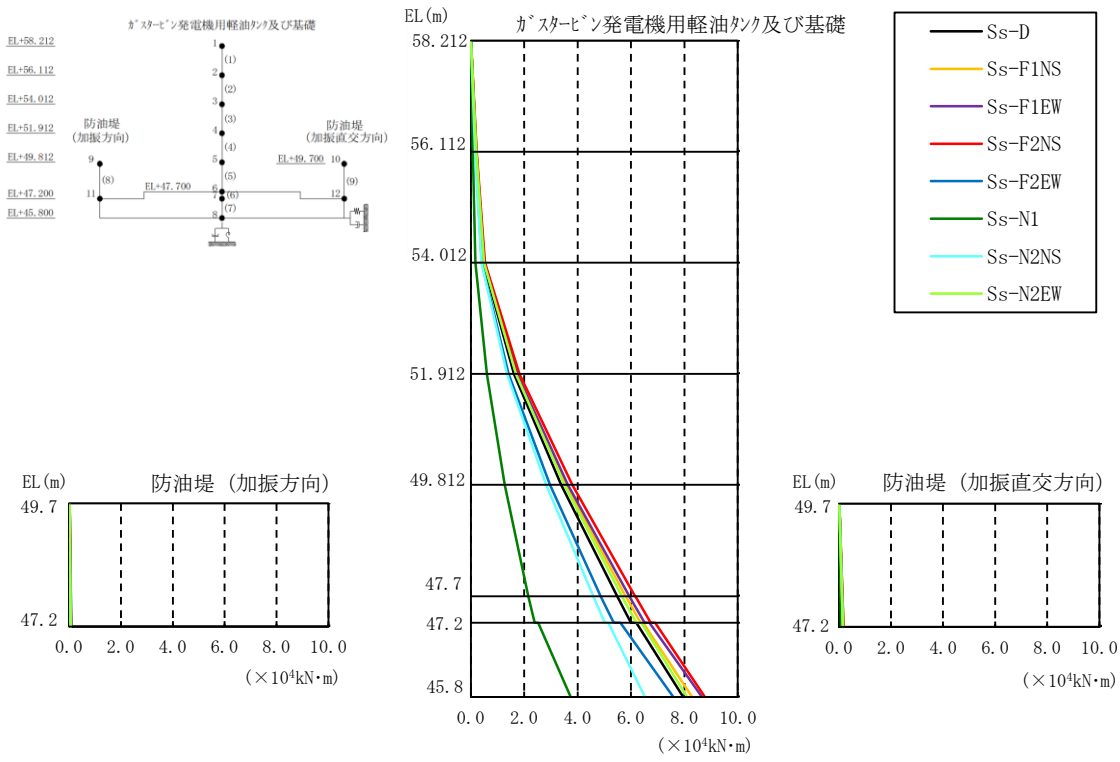



図 4－19　最大応答曲げモーメント（解析ケース①）

表 4－13　最大応答曲げモーメント一覧（解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答曲げモーメント（×10⁴kN･m）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | － |
| | | | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.17 | 0.07 | 0.17 | 0.21 | 0.22 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.17 | 0.07 | 0.17 | 0.21 | 0.22 |
| | | | 0.47 | 0.51 | 0.50 | 0.53 | 0.41 | 0.18 | 0.40 | 0.50 | 0.53 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.47 | 0.51 | 0.50 | 0.53 | 0.41 | 0.18 | 0.40 | 0.50 | 0.53 |
| | | | 1.62 | 1.72 | 1.73 | 1.82 | 1.41 | 0.60 | 1.36 | 1.69 | 1.82 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 1.62 | 1.72 | 1.73 | 1.82 | 1.41 | 0.60 | 1.36 | 1.69 | 1.82 |
| | | | 3.38 | 3.58 | 3.63 | 3.80 | 2.96 | 1.27 | 2.83 | 3.51 | 3.80 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 3.38 | 3.58 | 3.63 | 3.80 | 2.96 | 1.27 | 2.83 | 3.51 | 3.80 |
| | | | 5.48 | 5.80 | 5.93 | 6.16 | 4.86 | 2.15 | 4.58 | 5.66 | 6.16 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 5.48 | 5.80 | 5.94 | 6.16 | 4.87 | 2.15 | 4.59 | 5.67 | 6.16 |
| | | | 6.00 | 6.35 | 6.51 | 6.74 | 5.35 | 2.40 | 5.01 | 6.19 | 6.74 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 6.20 | 6.45 | 6.69 | 6.91 | 5.61 | 2.52 | 5.15 | 6.39 | 6.91 |
| | | | 7.96 | 8.29 | 8.66 | 8.76 | 7.58 | 3.74 | 6.52 | 8.10 | 8.76 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| | | | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.08 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | | | 0.18 | 0.18 | 0.14 | 0.16 | 0.15 | 0.08 | 0.15 | 0.15 | 0.18 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

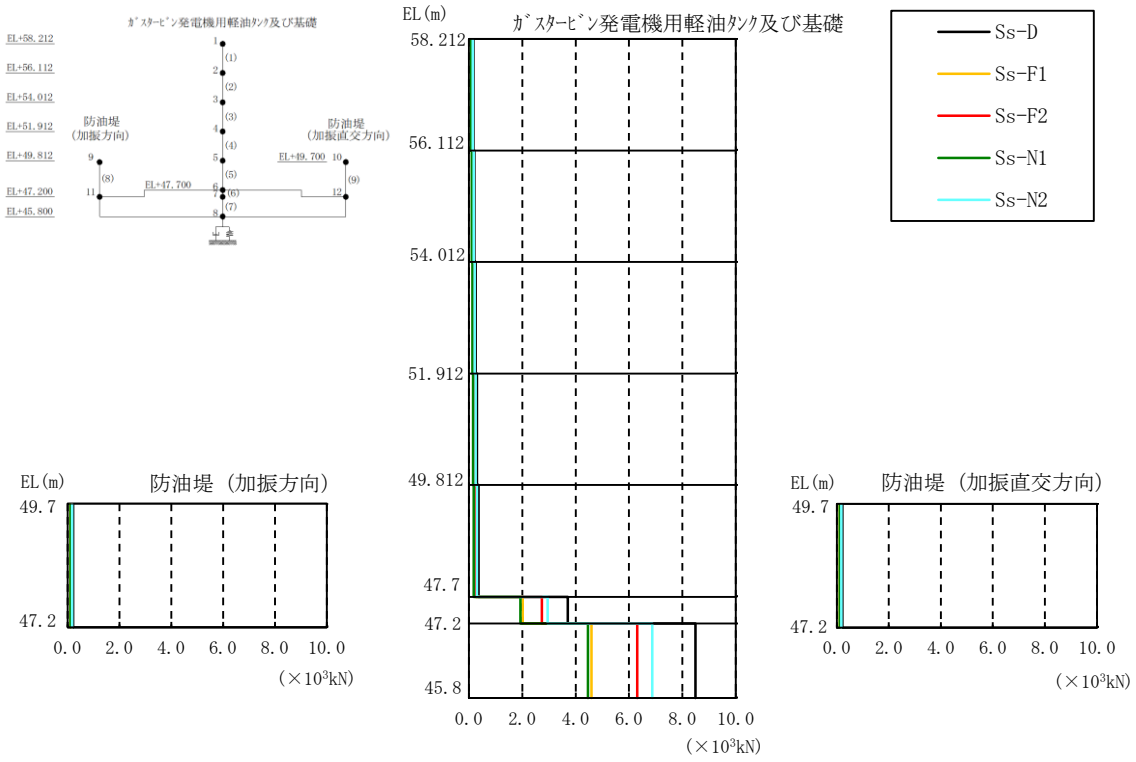



図 4－20　最大応答軸力（解析ケース①）

表 4－14　最大応答軸力一覧（解析ケース①）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答軸力（×10³kN）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.17 | 0.12 | 0.13 | 0.09 | 0.15 | 0.17 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.20 | 0.14 | 0.16 | 0.10 | 0.18 | 0.20 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.25 | 0.17 | 0.19 | 0.13 | 0.22 | 0.25 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 0.30 | 0.20 | 0.23 | 0.15 | 0.26 | 0.30 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 0.36 | 0.23 | 0.27 | 0.18 | 0.30 | 0.36 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 3.70 | 2.01 | 2.74 | 1.93 | 2.94 | 3.70 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 8.49 | 4.59 | 6.31 | 4.46 | 6.87 | 8.49 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.21 | 0.11 | 0.16 | 0.11 | 0.17 | 0.21 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.21 | 0.11 | 0.16 | 0.11 | 0.17 | 0.21 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

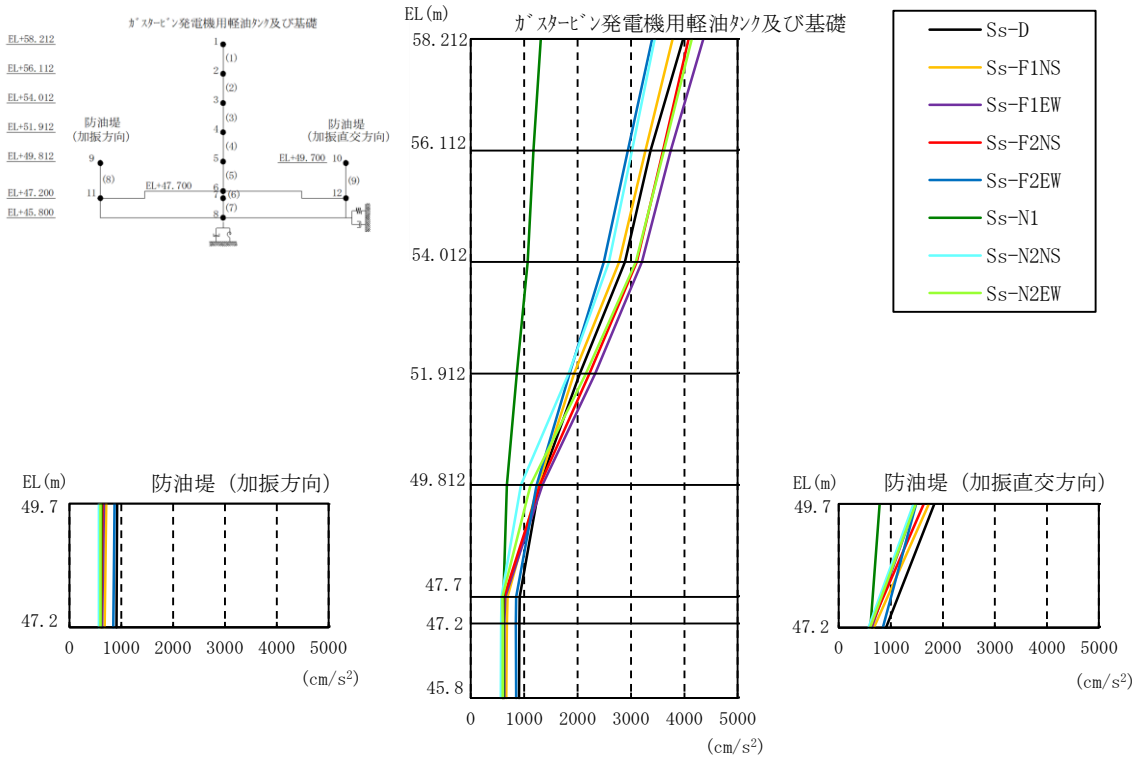



図 4－21　最大応答加速度（水平方向，解析ケース②）

表 4－15　最大応答加速度一覧（水平方向，解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答加速度（cm/s²）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 3980 | 3780 | 4353 | 4083 | 3399 | 1309 | 3446 | 4141 | 4353 |
| | 56.112 | 2 | 3369 | 3270 | 3747 | 3601 | 2943 | 1171 | 3019 | 3620 | 3747 |
| | 54.012 | 3 | 2888 | 2778 | 3205 | 3106 | 2490 | 1067 | 2585 | 3092 | 3205 |
| | 51.912 | 4 | 2043 | 1936 | 2328 | 2220 | 1847 | 862 | 1829 | 2154 | 2328 |
| | 49.812 | 5 | 1286 | 1265 | 1341 | 1294 | 1234 | 672 | 935 | 1116 | 1341 |
| | 47.7 | 6 | 916 | 689 | 645 | 618 | 849 | 608 | 571 | 593 | 916 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 908 | 677 | 629 | 603 | 845 | 607 | 566 | 598 | 908 |
| | 45.8 | 8 | 904 | 665 | 625 | 589 | 846 | 607 | 562 | 595 | 904 |
| 防油堤 (加振方向) | 49.7 | 9 | 920 | 712 | 665 | 634 | 870 | 616 | 571 | 599 | 920 |
| | 47.2 | 11 | 908 | 677 | 629 | 603 | 845 | 607 | 566 | 598 | 908 |
| 防油堤 (加振直交方向) | 49.7 | 10 | 1839 | 1731 | 1472 | 1636 | 1488 | 786 | 1439 | 1478 | 1839 |
| | 47.2 | 12 | 908 | 677 | 629 | 603 | 845 | 607 | 566 | 598 | 908 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

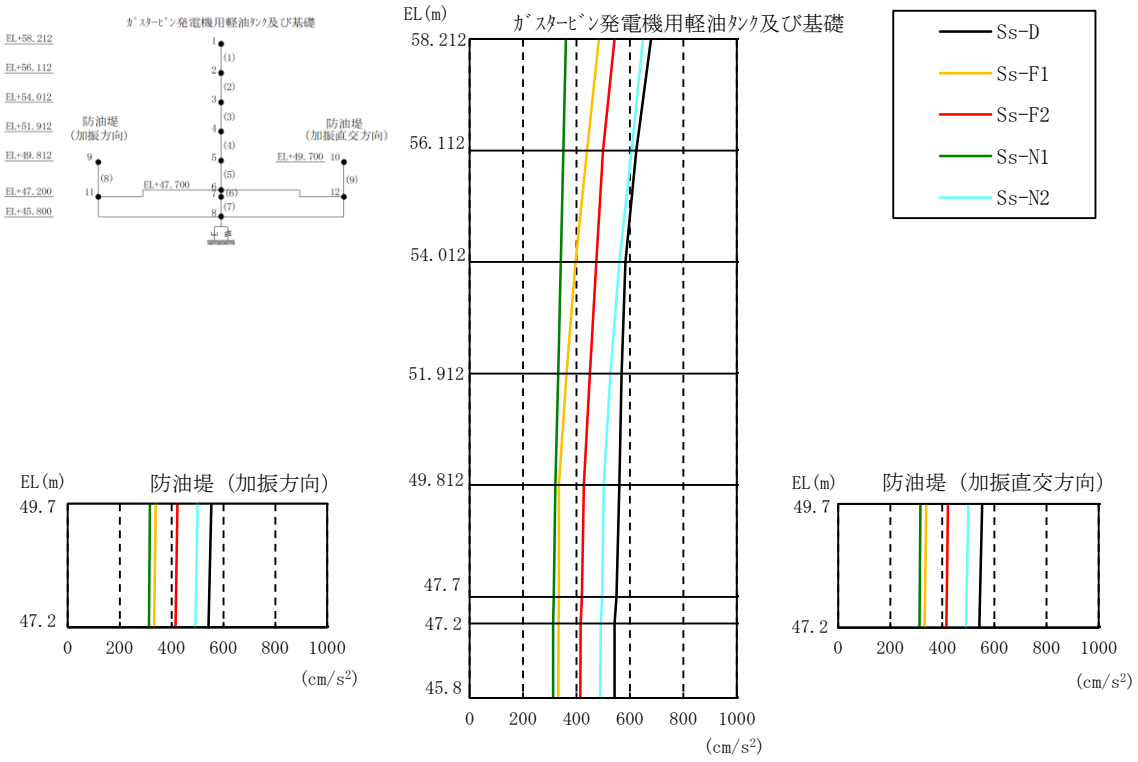



図 4－22　最大応答加速度（鉛直方向，解析ケース②）

表 4－16　最大応答加速度一覧（鉛直方向，解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答加速度（cm/s²）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 679 | 483 | 542 | 361 | 649 | 679 |
| | 56.112 | 2 | 624 | 440 | 498 | 350 | 605 | 624 |
| | 54.012 | 3 | 583 | 396 | 473 | 340 | 560 | 583 |
| | 51.912 | 4 | 569 | 362 | 449 | 331 | 527 | 569 |
| | 49.812 | 5 | 560 | 333 | 427 | 320 | 501 | 560 |
| | 47.7 | 6 | 550 | 334 | 420 | 315 | 495 | 550 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 542 | 332 | 416 | 312 | 491 | 542 |
| | 45.8 | 8 | 542 | 331 | 414 | 312 | 488 | 542 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 553 | 338 | 422 | 316 | 500 | 553 |
| | 47.2 | 11 | 542 | 332 | 416 | 312 | 491 | 542 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 553 | 338 | 422 | 316 | 500 | 553 |
| | 47.2 | 12 | 542 | 332 | 416 | 312 | 491 | 542 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

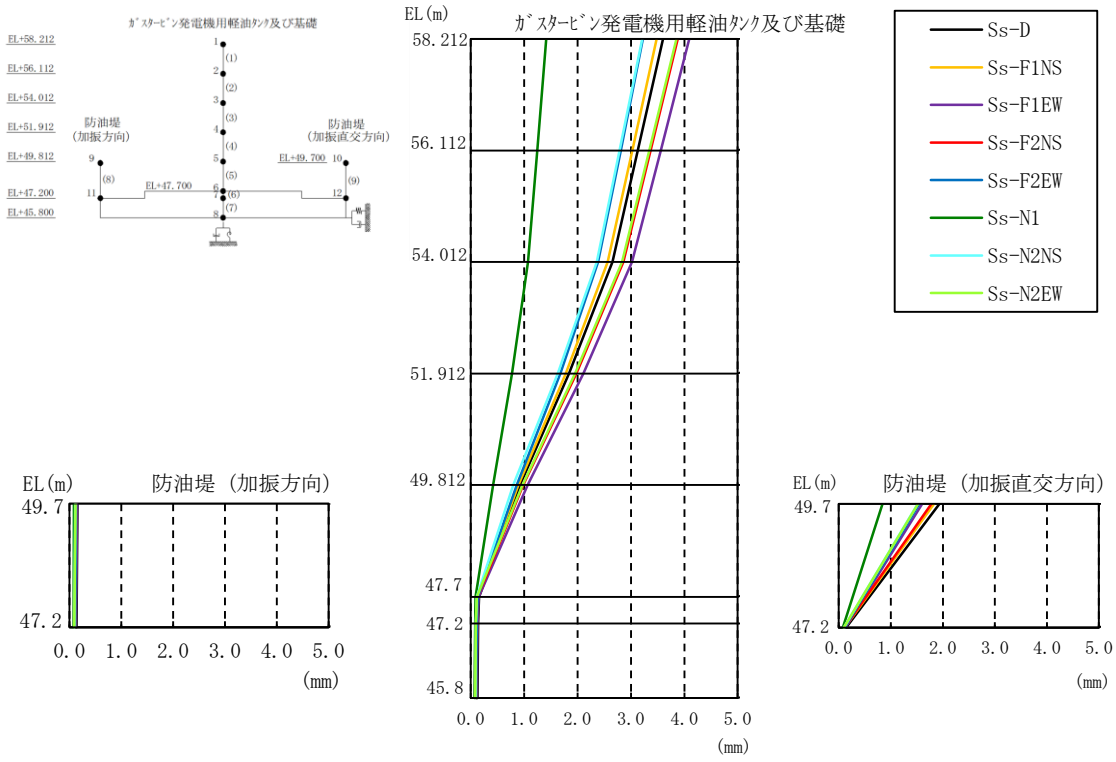



図 4－23　最大応答変位（水平方向，解析ケース②）

表 4－17　最大応答変位一覧（水平方向，解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答変位（mm）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 3.60 | 3.48 | 4.09 | 3.87 | 3.22 | 1.41 | 3.21 | 3.85 | 4.09 |
| | 56.112 | 2 | 3.13 | 3.02 | 3.56 | 3.37 | 2.81 | 1.24 | 2.79 | 3.35 | 3.56 |
| | 54.012 | 3 | 2.65 | 2.56 | 3.02 | 2.85 | 2.39 | 1.07 | 2.36 | 2.83 | 3.02 |
| | 51.912 | 4 | 1.84 | 1.78 | 2.11 | 1.98 | 1.67 | 0.77 | 1.63 | 1.95 | 2.11 |
| | 49.812 | 5 | 0.92 | 0.89 | 1.07 | 0.98 | 0.86 | 0.42 | 0.80 | 0.97 | 1.07 |
| | 47.7 | 6 | 0.15 | 0.13 | 0.15 | 0.13 | 0.13 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.15 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.14 |
| | 45.8 | 8 | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.12 |
| 防油堤 （加振方向） | 49.7 | 9 | 0.16 | 0.13 | 0.15 | 0.13 | 0.13 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.16 |
| | 47.2 | 11 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.14 |
| 防油堤 （加振直交方向） | 49.7 | 10 | 1.94 | 1.83 | 1.60 | 1.78 | 1.55 | 0.84 | 1.52 | 1.52 | 1.94 |
| | 47.2 | 12 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.14 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

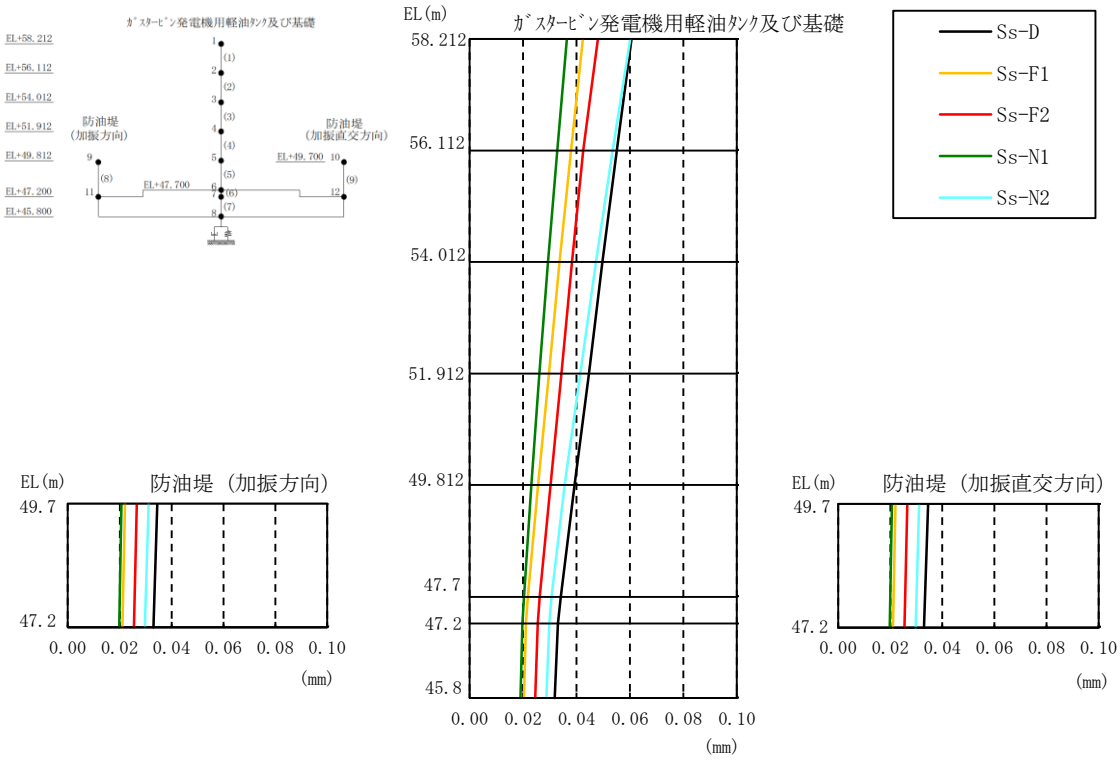



図 4－24　最大応答変位（鉛直方向，解析ケース②）

表 4－18　最大応答変位一覧（鉛直方向，解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答変位（mm）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |
| | 56.112 | 2 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.06 |
| | 54.012 | 3 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.05 |
| | 51.912 | 4 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| | 49.812 | 5 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.04 |
| | 47.7 | 6 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| | 45.8 | 8 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| | 47.2 | 11 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| | 47.2 | 12 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

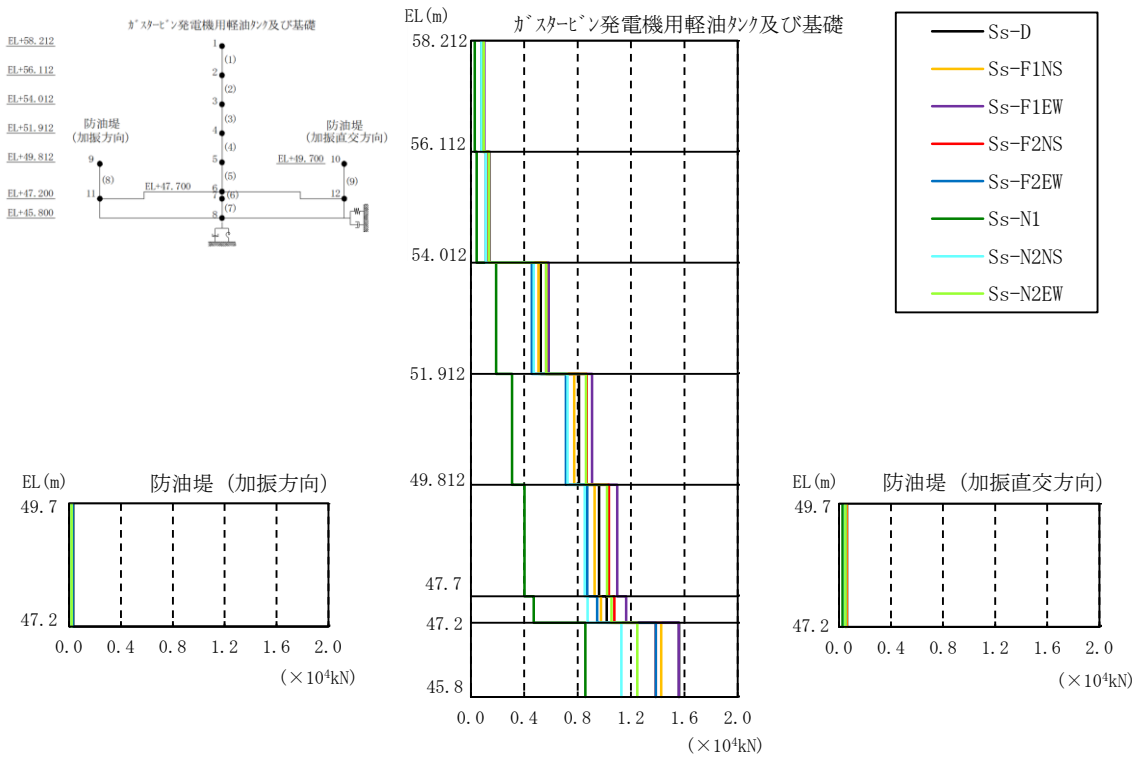



図 4－25　最大応答せん断力（解析ケース②）

表 4－19　最大応答せん断力一覧（解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答せん断力（×10⁴kN）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.10 | 0.10 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.13 | 0.12 | 0.14 | 0.14 | 0.11 | 0.04 | 0.11 | 0.14 | 0.14 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.52 | 0.51 | 0.58 | 0.56 | 0.46 | 0.19 | 0.47 | 0.56 | 0.58 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 0.81 | 0.78 | 0.91 | 0.87 | 0.71 | 0.31 | 0.73 | 0.86 | 0.91 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 0.96 | 0.93 | 1.10 | 1.04 | 0.87 | 0.40 | 0.85 | 1.02 | 1.10 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 1.02 | 0.98 | 1.16 | 1.08 | 0.95 | 0.47 | 0.87 | 1.05 | 1.16 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 1.56 | 1.43 | 1.56 | 1.39 | 1.39 | 0.86 | 1.13 | 1.25 | 1.56 |
| 防油堤 (加振方向) | 49.7～47.2 | 8 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| 防油堤 (加振直交方向) | 49.7～47.2 | 9 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.06 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

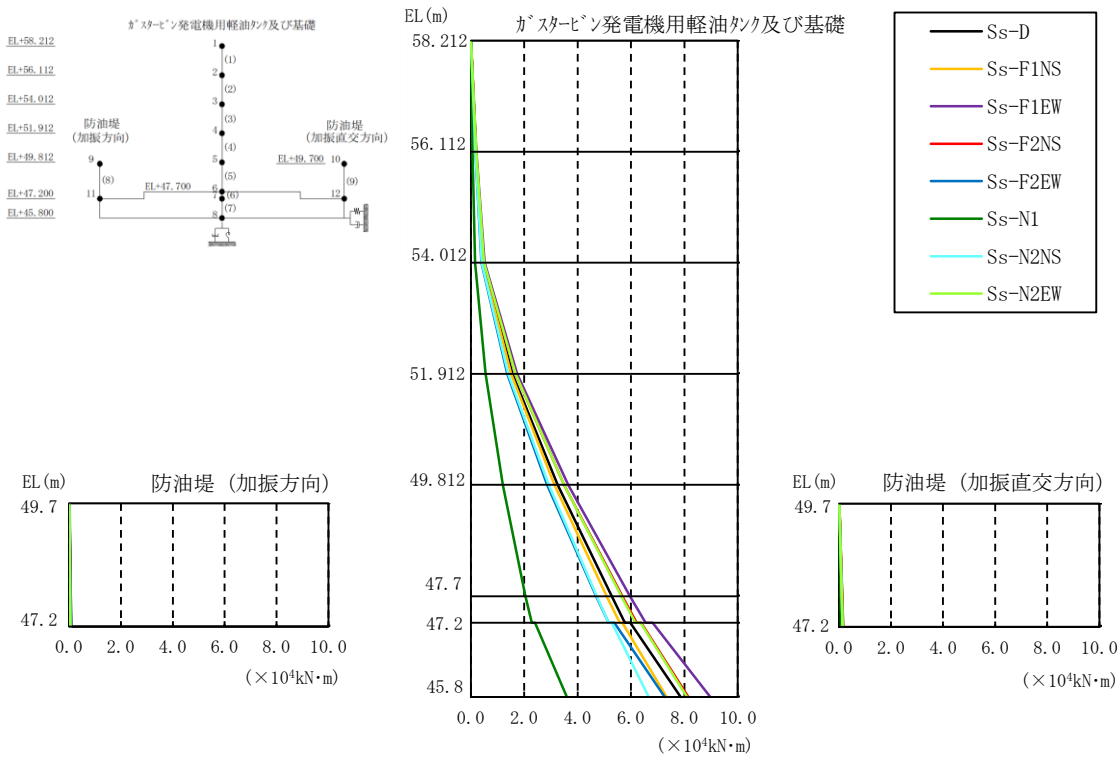



図 4－26　最大応答曲げモーメント（解析ケース②）

表 4－20　最大応答曲げモーメント一覧（解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答曲げモーメント（×10⁴kN･m）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | － |
| | | | 0.20 | 0.19 | 0.21 | 0.20 | 0.17 | 0.06 | 0.17 | 0.20 | 0.21 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.20 | 0.19 | 0.21 | 0.20 | 0.17 | 0.06 | 0.17 | 0.20 | 0.21 |
| | | | 0.47 | 0.45 | 0.51 | 0.49 | 0.40 | 0.16 | 0.41 | 0.49 | 0.51 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.47 | 0.45 | 0.51 | 0.49 | 0.40 | 0.16 | 0.41 | 0.49 | 0.51 |
| | | | 1.56 | 1.51 | 1.74 | 1.67 | 1.36 | 0.55 | 1.40 | 1.68 | 1.74 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 1.56 | 1.51 | 1.74 | 1.67 | 1.36 | 0.55 | 1.40 | 1.68 | 1.74 |
| | | | 3.25 | 3.14 | 3.65 | 3.49 | 2.86 | 1.20 | 2.92 | 3.49 | 3.65 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 3.25 | 3.14 | 3.65 | 3.49 | 2.86 | 1.20 | 2.92 | 3.49 | 3.65 |
| | | | 5.28 | 5.09 | 5.96 | 5.67 | 4.69 | 2.05 | 4.72 | 5.64 | 5.96 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 5.28 | 5.10 | 5.96 | 5.68 | 4.70 | 2.05 | 4.72 | 5.64 | 5.96 |
| | | | 5.78 | 5.58 | 6.55 | 6.21 | 5.17 | 2.29 | 5.16 | 6.17 | 6.55 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 5.97 | 5.67 | 6.81 | 6.38 | 5.37 | 2.41 | 5.28 | 6.35 | 6.81 |
| | | | 7.86 | 7.33 | 8.97 | 8.14 | 7.26 | 3.60 | 6.67 | 8.10 | 8.97 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| | | | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.08 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 |
| | | | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.15 | 0.13 | 0.07 | 0.13 | 0.13 | 0.16 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

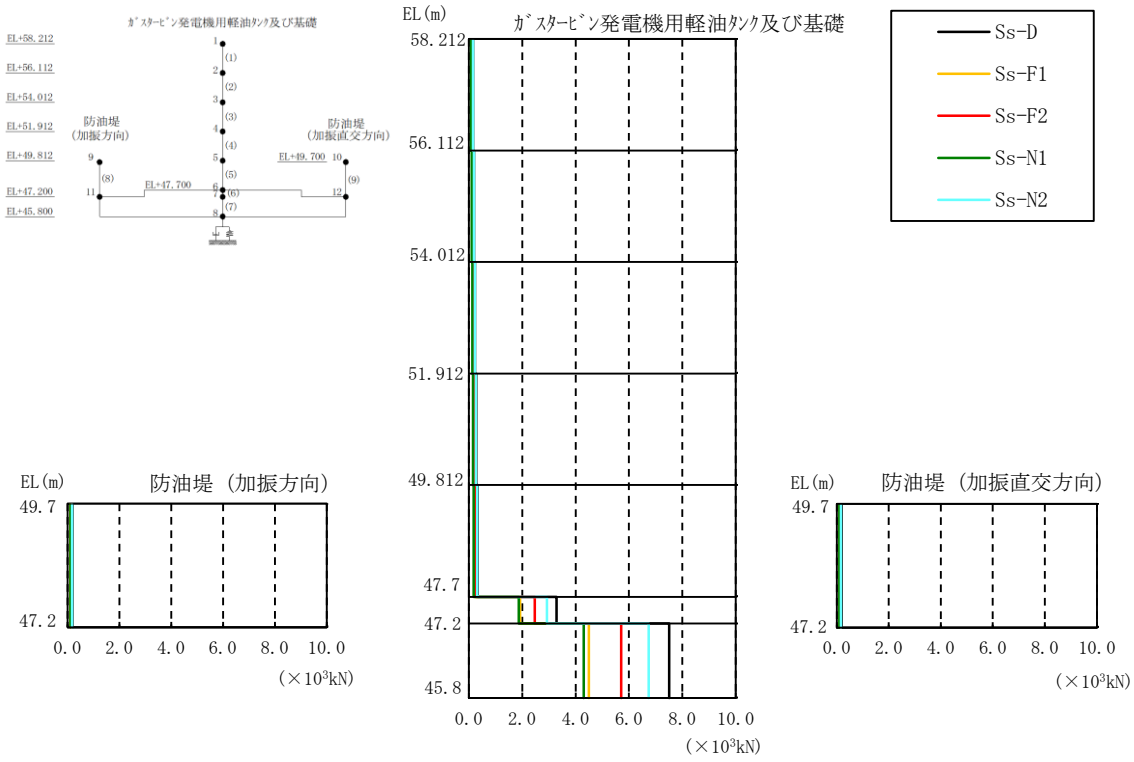



図 4－27　最大応答軸力（解析ケース②）

表 4－21　最大応答軸力一覧（解析ケース②）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答軸力（×10³kN）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.16 | 0.11 | 0.13 | 0.08 | 0.15 | 0.16 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.19 | 0.14 | 0.15 | 0.10 | 0.19 | 0.19 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.23 | 0.16 | 0.18 | 0.13 | 0.22 | 0.23 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 0.27 | 0.19 | 0.22 | 0.15 | 0.26 | 0.27 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 0.32 | 0.22 | 0.26 | 0.18 | 0.31 | 0.32 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 3.28 | 1.92 | 2.47 | 1.87 | 2.92 | 3.28 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 7.50 | 4.50 | 5.71 | 4.30 | 6.74 | 7.50 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.19 | 0.11 | 0.14 | 0.11 | 0.17 | 0.19 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.19 | 0.11 | 0.14 | 0.11 | 0.17 | 0.19 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

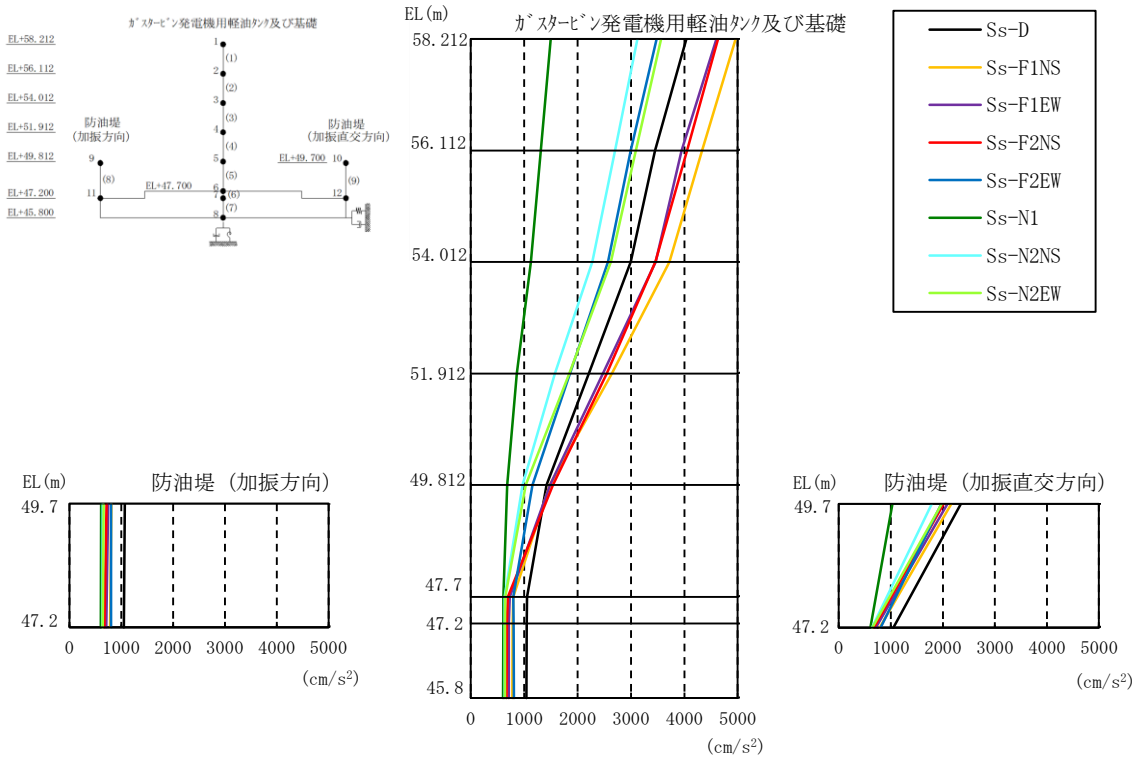



図 4－28　最大応答加速度（水平方向，解析ケース③）

表 4－22　最大応答加速度一覧（水平方向，解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答加速度（cm/s²）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 4038 | 4963 | 4604 | 4634 | 3482 | 1496 | 3121 | 3564 | 4963 |
| | 56.112 | 2 | 3450 | 4330 | 3950 | 4051 | 2995 | 1310 | 2699 | 3092 | 4330 |
| | 54.012 | 3 | 2997 | 3718 | 3465 | 3459 | 2569 | 1124 | 2274 | 2622 | 3718 |
| | 51.912 | 4 | 2207 | 2643 | 2475 | 2542 | 1854 | 860 | 1577 | 1846 | 2643 |
| | 49.812 | 5 | 1416 | 1479 | 1487 | 1539 | 1152 | 680 | 968 | 1027 | 1539 |
| | 47.7 | 6 | 1055 | 792 | 728 | 693 | 797 | 610 | 636 | 647 | 1055 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 1048 | 782 | 711 | 673 | 801 | 608 | 635 | 642 | 1048 |
| | 45.8 | 8 | 1039 | 776 | 709 | 667 | 807 | 604 | 634 | 636 | 1039 |
| 防油堤 (加振方向) | 49.7 | 9 | 1066 | 811 | 747 | 714 | 803 | 613 | 639 | 660 | 1066 |
| | 47.2 | 11 | 1048 | 782 | 711 | 673 | 801 | 608 | 635 | 642 | 1048 |
| 防油堤 (加振直交方向) | 49.7 | 10 | 2345 | 2164 | 2091 | 2015 | 1971 | 1029 | 1785 | 1977 | 2345 |
| | 47.2 | 12 | 1048 | 782 | 711 | 673 | 801 | 608 | 635 | 642 | 1048 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

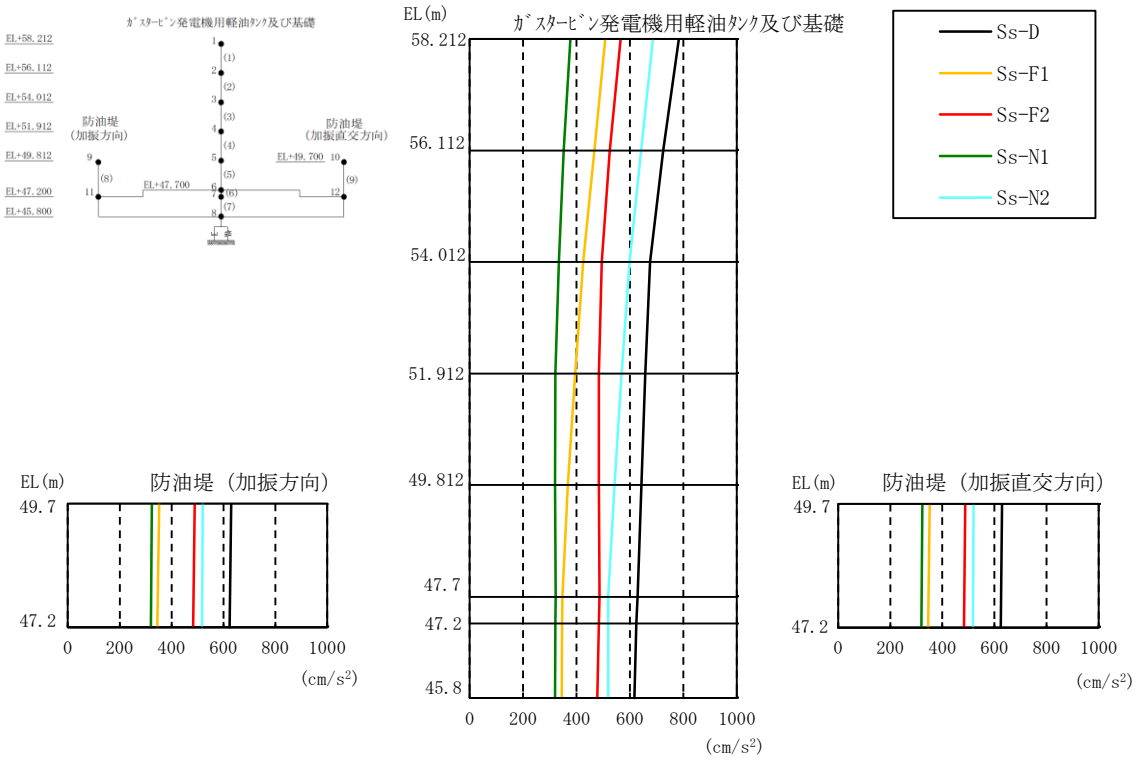



図 4－29　最大応答加速度（鉛直方向，解析ケース③）

表 4－23　最大応答加速度一覧（鉛直方向，解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答加速度（cm/s²）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 782 | 508 | 564 | 377 | 686 | 782 |
| | 56.112 | 2 | 724 | 467 | 524 | 352 | 641 | 724 |
| | 54.012 | 3 | 675 | 425 | 494 | 334 | 599 | 675 |
| | 51.912 | 4 | 657 | 394 | 483 | 320 | 569 | 657 |
| | 49.812 | 5 | 643 | 367 | 484 | 320 | 542 | 643 |
| | 47.7 | 6 | 629 | 347 | 486 | 322 | 518 | 629 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 624 | 345 | 483 | 320 | 518 | 624 |
| | 45.8 | 8 | 616 | 344 | 477 | 319 | 518 | 616 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 630 | 352 | 489 | 324 | 520 | 630 |
| | 47.2 | 11 | 624 | 345 | 483 | 320 | 518 | 624 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 630 | 352 | 489 | 324 | 520 | 630 |
| | 47.2 | 12 | 624 | 345 | 483 | 320 | 518 | 624 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

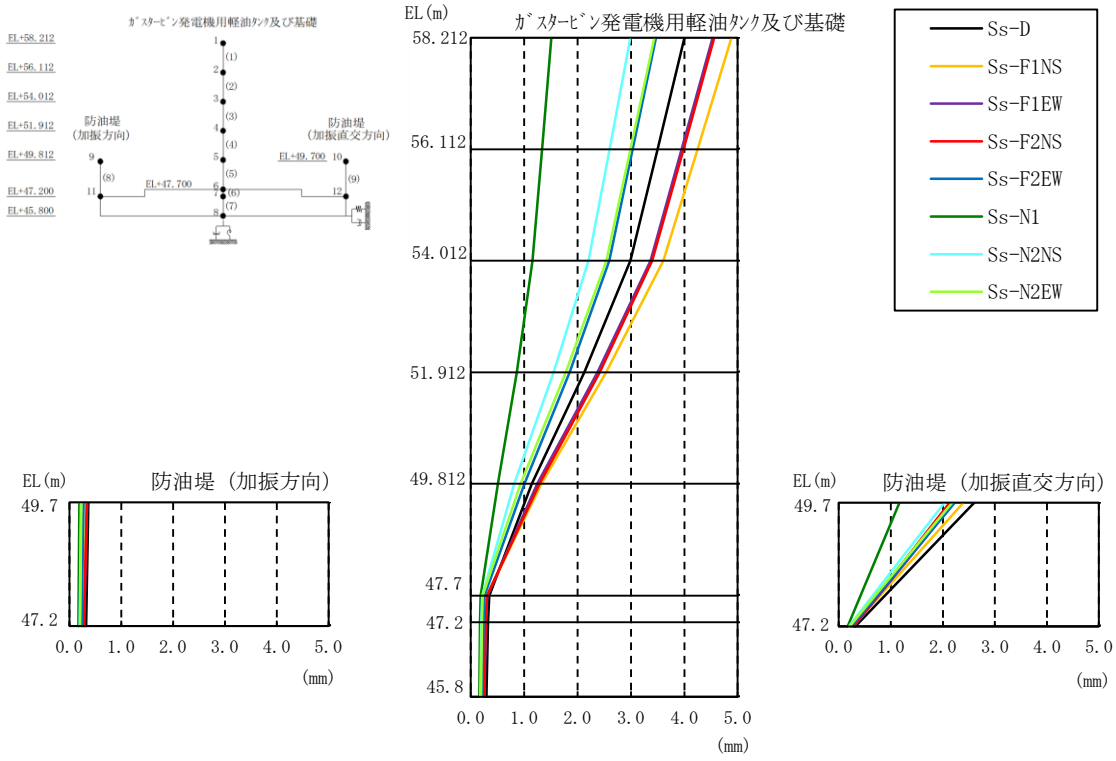



図 4－30　最大応答変位（水平方向，解析ケース③）

表 4－24　最大応答変位一覧（水平方向，解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答変位（mm）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ 発電機用 軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 4.00 | 4.88 | 4.53 | 4.56 | 3.47 | 1.51 | 2.99 | 3.44 | 4.88 |
| | 56.112 | 2 | 3.50 | 4.25 | 3.95 | 3.98 | 3.03 | 1.33 | 2.60 | 2.99 | 4.25 |
| | 54.012 | 3 | 2.99 | 3.61 | 3.37 | 3.40 | 2.59 | 1.16 | 2.21 | 2.54 | 3.61 |
| | 51.912 | 4 | 2.12 | 2.53 | 2.37 | 2.41 | 1.85 | 0.86 | 1.55 | 1.78 | 2.53 |
| | 49.812 | 5 | 1.14 | 1.32 | 1.25 | 1.29 | 1.01 | 0.51 | 0.81 | 0.93 | 1.32 |
| | 47.7 | 6 | 0.34 | 0.30 | 0.31 | 0.30 | 0.25 | 0.18 | 0.21 | 0.22 | 0.34 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 0.32 | 0.27 | 0.29 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 0.20 | 0.20 | 0.32 |
| | 45.8 | 8 | 0.29 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.21 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.29 |
| 防油堤 (加振方向) | 49.7 | 9 | 0.36 | 0.32 | 0.34 | 0.34 | 0.27 | 0.19 | 0.22 | 0.23 | 0.36 |
| | 47.2 | 11 | 0.32 | 0.27 | 0.29 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 0.20 | 0.20 | 0.32 |
| 防油堤 (加振直交方向) | 49.7 | 10 | 2.61 | 2.40 | 2.22 | 2.13 | 2.23 | 1.17 | 2.03 | 2.18 | 2.61 |
| | 47.2 | 12 | 0.32 | 0.27 | 0.29 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 0.20 | 0.20 | 0.32 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

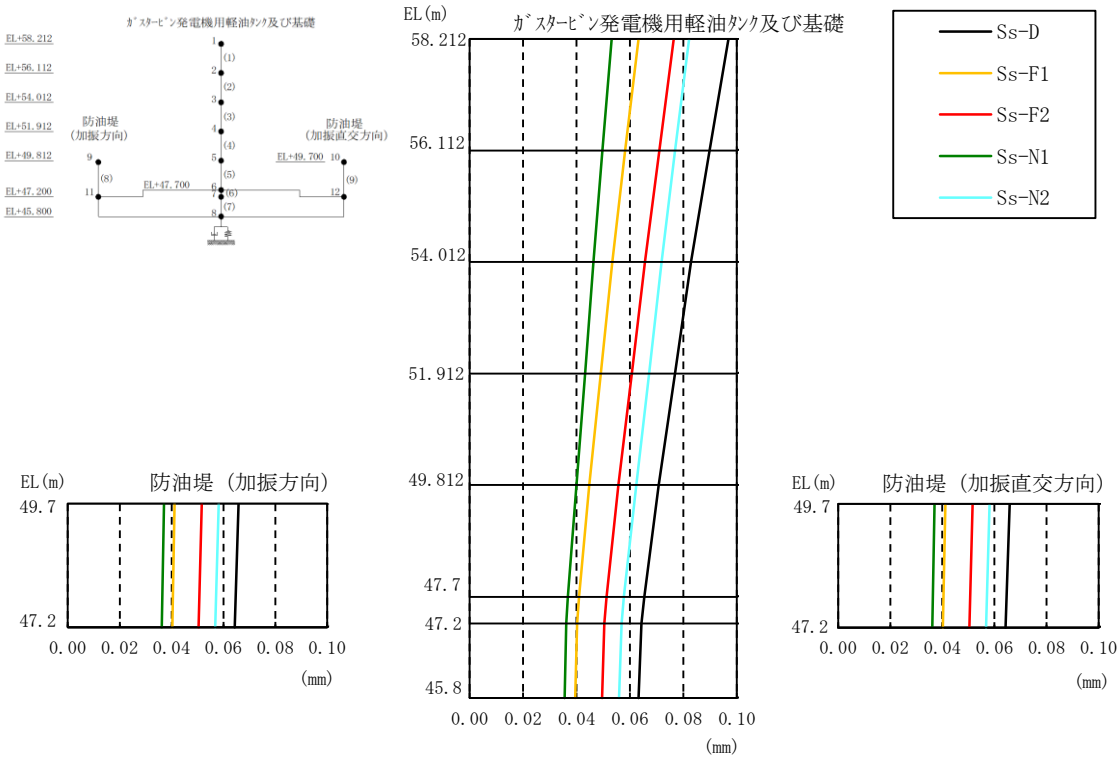



図 4－31　最大応答変位（鉛直方向，解析ケース③）

表 4－25　最大応答変位一覧（鉛直方向，解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 質点番号 | 最大応答変位（mm） ＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212 | 1 | 0.10 | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.08 | 0.10 |
| | 56.112 | 2 | 0.09 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.09 |
| | 54.012 | 3 | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.08 |
| | 51.912 | 4 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.08 |
| | 49.812 | 5 | 0.07 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |
| | 47.7 | 6 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |
| 基礎 | 47.2 | 7 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |
| | 45.8 | 8 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7 | 9 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |
| | 47.2 | 11 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7 | 10 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |
| | 47.2 | 12 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

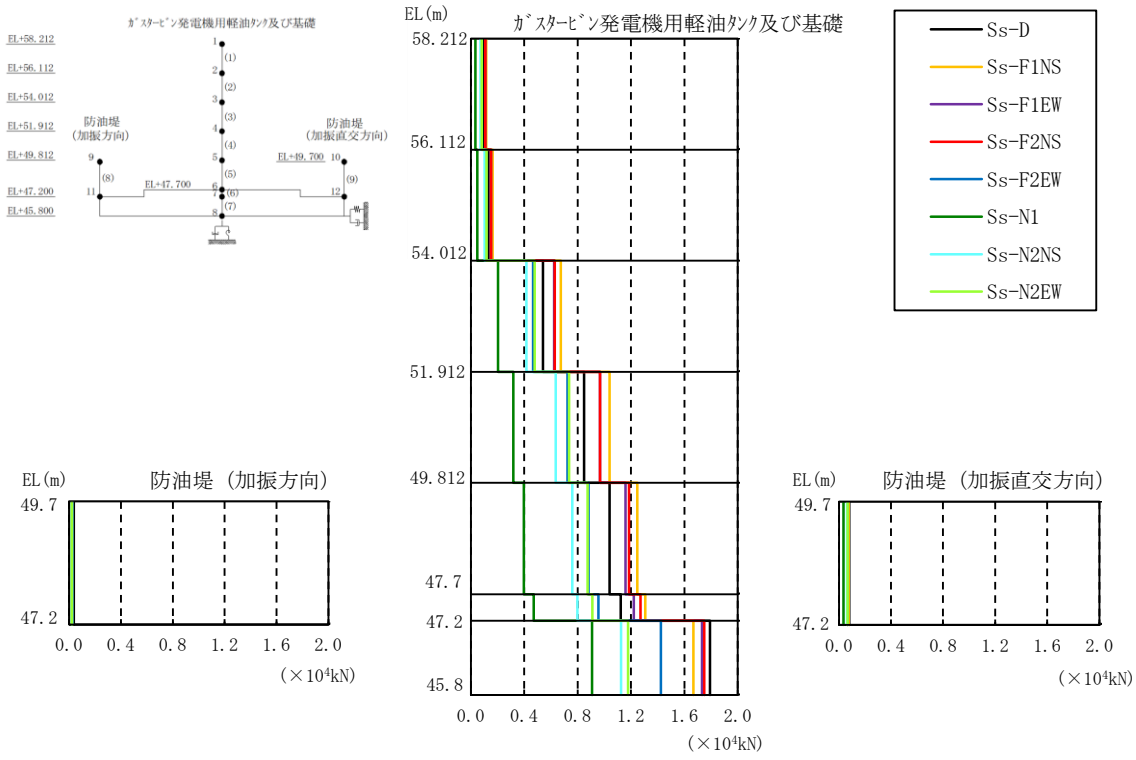



図 4－32　最大応答せん断力（解析ケース③）

表 4－26　最大応答せん断力一覧（解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答せん断力（×10⁴kN）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.09 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.03 | 0.07 | 0.08 | 0.12 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.13 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.11 | 0.05 | 0.10 | 0.12 | 0.16 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.54 | 0.67 | 0.62 | 0.63 | 0.47 | 0.20 | 0.42 | 0.48 | 0.67 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 0.85 | 1.04 | 0.97 | 0.97 | 0.73 | 0.32 | 0.64 | 0.74 | 1.04 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 1.04 | 1.25 | 1.16 | 1.18 | 0.88 | 0.40 | 0.76 | 0.87 | 1.25 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 1.12 | 1.31 | 1.22 | 1.27 | 0.96 | 0.47 | 0.80 | 0.91 | 1.31 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 1.79 | 1.67 | 1.73 | 1.75 | 1.42 | 0.91 | 1.13 | 1.18 | 1.79 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.03 | 0.06 | 0.07 | 0.08 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

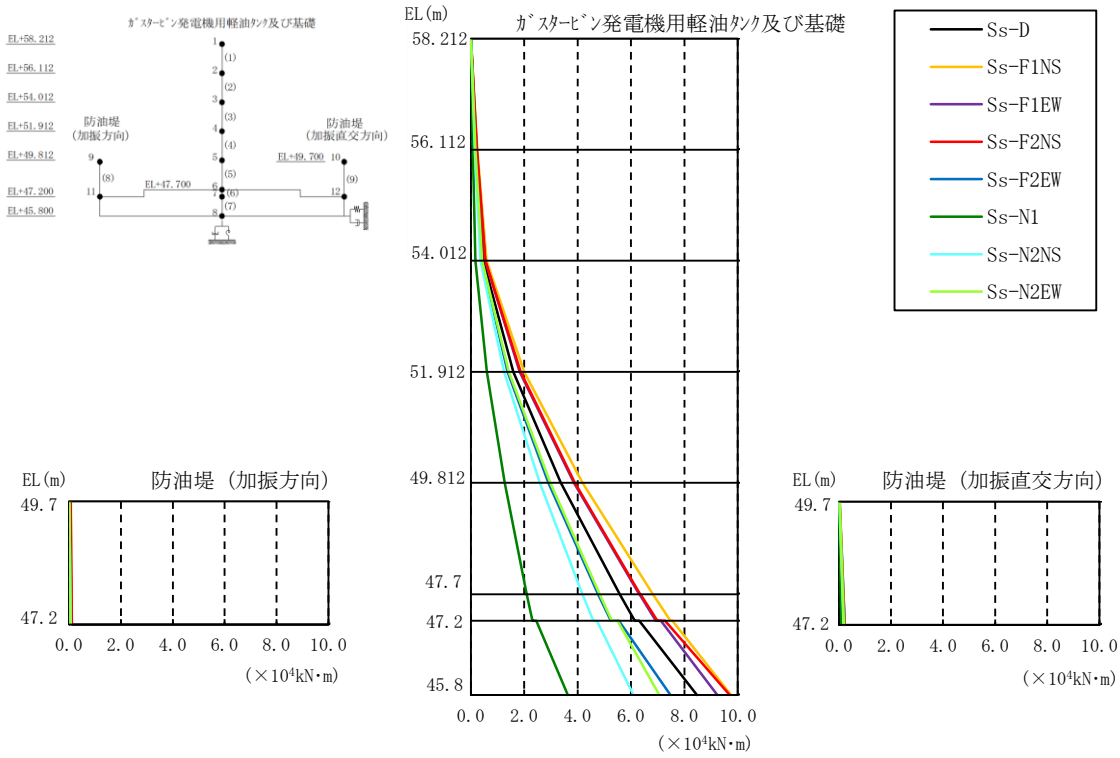



図 4－33　最大応答曲げモーメント（解析ケース③）

表 4－27　最大応答曲げモーメント一覧（解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答曲げモーメント（×10⁴kN･m）＊ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 NS | Ss-F1 EW | Ss-F2 NS | Ss-F2 EW | Ss-N1 | Ss-N2 NS | Ss-N2 EW | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | － |
| | | | 0.20 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.17 | 0.07 | 0.15 | 0.18 | 0.24 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.20 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.17 | 0.07 | 0.15 | 0.18 | 0.24 |
| | | | 0.48 | 0.59 | 0.54 | 0.55 | 0.41 | 0.18 | 0.37 | 0.42 | 0.59 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.48 | 0.59 | 0.54 | 0.55 | 0.41 | 0.18 | 0.37 | 0.42 | 0.59 |
| | | | 1.60 | 2.00 | 1.83 | 1.87 | 1.38 | 0.61 | 1.25 | 1.43 | 2.00 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 1.60 | 2.00 | 1.83 | 1.87 | 1.38 | 0.61 | 1.25 | 1.43 | 2.00 |
| | | | 3.38 | 4.19 | 3.86 | 3.89 | 2.91 | 1.28 | 2.58 | 2.98 | 4.19 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 3.38 | 4.19 | 3.86 | 3.89 | 2.91 | 1.28 | 2.58 | 2.98 | 4.19 |
| | | | 5.57 | 6.82 | 6.31 | 6.35 | 4.77 | 2.09 | 4.19 | 4.82 | 6.82 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 5.58 | 6.83 | 6.32 | 6.35 | 4.77 | 2.10 | 4.19 | 4.83 | 6.83 |
| | | | 6.14 | 7.48 | 6.93 | 6.99 | 5.25 | 2.30 | 4.59 | 5.28 | 7.48 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 6.31 | 7.55 | 7.12 | 7.27 | 5.55 | 2.45 | 4.72 | 5.50 | 7.55 |
| | | | 8.47 | 9.75 | 9.23 | 9.70 | 7.47 | 3.63 | 6.10 | 7.06 | 9.75 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.03 | 0.07 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.07 |
| | | | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.10 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| | | | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.09 | 0.17 | 0.18 | 0.22 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２ＥＷの最大応答値のうち最も大きい値を示す。

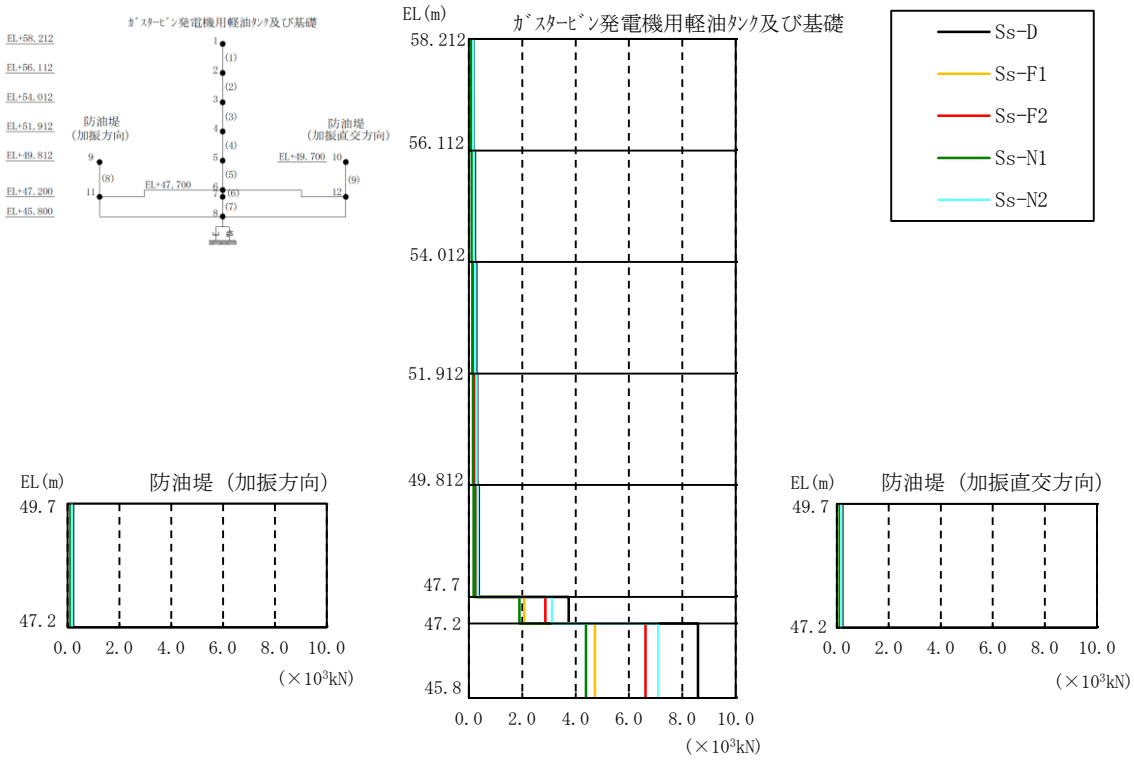



図 4－34　最大応答軸力（解析ケース③）

表 4－28　最大応答軸力一覧（解析ケース③）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答軸力（×10³kN）＊ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ss-D | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-N1 | Ss-N2 | 最大値 |
| ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機用軽油ﾀﾝｸ | 58.212～56.112 | 1 | 0.18 | 0.12 | 0.13 | 0.09 | 0.16 | 0.18 |
| | 56.112～54.012 | 2 | 0.22 | 0.15 | 0.16 | 0.11 | 0.20 | 0.22 |
| | 54.012～51.912 | 3 | 0.27 | 0.17 | 0.19 | 0.13 | 0.24 | 0.27 |
| | 51.912～49.812 | 4 | 0.32 | 0.20 | 0.23 | 0.15 | 0.28 | 0.32 |
| | 49.812～47.7 | 5 | 0.37 | 0.24 | 0.27 | 0.18 | 0.33 | 0.37 |
| 基礎 | 47.7～47.2 | 6 | 3.74 | 2.07 | 2.86 | 1.90 | 3.11 | 3.74 |
| | 47.2～45.8 | 7 | 8.59 | 4.72 | 6.62 | 4.39 | 7.10 | 8.59 |
| 防油堤（加振方向） | 49.7～47.2 | 8 | 0.21 | 0.12 | 0.16 | 0.11 | 0.17 | 0.21 |
| 防油堤（加振直交方向） | 49.7～47.2 | 9 | 0.21 | 0.12 | 0.16 | 0.11 | 0.17 | 0.21 |

注記＊：ハッチングはＳｓ－Ｄ～Ｓｓ－Ｎ２の最大応答値のうち最も大きい値を示す。

表 4－29　地震応答解析に基づく接地率（解析ケース①）

| 基準地震動<br>Ｓｓ | 最大転倒モーメント<br>（×$10^5$kN・m） | 最小接地率<br>（%） |
|---|---|---|
| Ｓｓ－Ｄ | 0.817 | 77.8 |
| Ｓｓ－Ｆ１，ＮＳ方向 | 0.852 | 74.7 |
| Ｓｓ－Ｆ１，ＥＷ方向 | 0.883 | 72.0 |
| Ｓｓ－Ｆ２，ＮＳ方向 | 0.905 | 70.1 |
| Ｓｓ－Ｆ２，ＥＷ方向 | 0.765 | 82.4 |
| Ｓｓ－Ｎ１ | 0.376 | 100.0 |
| Ｓｓ－Ｎ２，ＮＳ方向 | 0.660 | 91.7 |
| Ｓｓ－Ｎ２，ＥＷ方向 | 0.814 | 78.0 |

表 4－30　地震応答解析に基づく接地率（解析ケース②）

| 基準地震動<br>Ｓｓ | 最大転倒モーメント<br>（×$10^5$kN・m） | 最小接地率<br>（%） |
|---|---|---|
| Ｓｓ－Ｄ | 0.786 | 80.5 |
| Ｓｓ－Ｆ１，ＮＳ方向 | 0.741 | 84.5 |
| Ｓｓ－Ｆ１，ＥＷ方向 | 0.890 | 71.3 |
| Ｓｓ－Ｆ２，ＮＳ方向 | 0.820 | 77.5 |
| Ｓｓ－Ｆ２，ＥＷ方向 | 0.730 | 85.5 |
| Ｓｓ－Ｎ１ | 0.362 | 100.0 |
| Ｓｓ－Ｎ２，ＮＳ方向 | 0.673 | 90.5 |
| Ｓｓ－Ｎ２，ＥＷ方向 | 0.814 | 78.1 |

表 4－31　地震応答解析に基づく接地率（解析ケース③）

| 基準地震動<br>Ｓｓ | 最大転倒モーメント<br>（×$10^5$kN・m） | 最小接地率<br>（％） |
|---|---|---|
| Ｓｓ－Ｄ | 0.862 | 73.9 |
| Ｓｓ－Ｆ１，ＮＳ方向 | 1.020 | 59.8 |
| Ｓｓ－Ｆ１，ＥＷ方向 | 0.960 | 65.2 |
| Ｓｓ－Ｆ２，ＮＳ方向 | 0.972 | 64.1 |
| Ｓｓ－Ｆ２，ＥＷ方向 | 0.755 | 83.2 |
| Ｓｓ－Ｎ１ | 0.366 | 100.0 |
| Ｓｓ－Ｎ２，ＮＳ方向 | 0.620 | 95.2 |
| Ｓｓ－Ｎ２，ＥＷ方向 | 0.708 | 87.4 |

# Ⅵ-2-3　原子炉本体の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-3-1　原子炉本体の耐震計算結果

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 耐震評価条件整理 ····· 1

1. 概要

本資料は，原子炉本体の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

また，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉本体のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備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。

2. 耐震評価条件整理

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

原子炉本体の耐震計算は表2－1に示す計算書に記載することとする。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（1/4）

| 評価対象設備 | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 原子炉本体 | 炉心 | 燃料集合体 | — | 有 | VI-2-3-2-1 | — | — | — |
| | 炉心支持構造物 | 炉心シュラウド | S | 無 | VI-2-3-2-2-2 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*1 |
| | | シュラウドサポート | S | 有 | VI-2-3-2-2-3 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*1 |
| | | 上部格子板 | S | 無 | VI-2-3-2-2-4 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*1 |
| | | 炉心支持板 | S | 無 | VI-2-3-2-2-5 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*1 |

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表 (2/4)

| 評価対象設備 | | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 原子炉本体 | 炉心支持構造物 | 燃料支持金具 | | S | —*2 | VI-2-3-2-2-6 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*1 |
| | | 制御棒案内管 | | S | 有 | VI-2-3-2-2-7 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*1 |
| | 原子炉圧力容器 | 原子炉圧力容器 | | S | 有 | VI-2-3-3-1-2 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | — | —*3 |
| | | 原子炉圧力容器付属構造物 | 原子炉圧力容器スタビライザ | S | 無 | VI-2-3-3-2-1 | — | — | — |
| | | | 原子炉格納容器スタビライザ | S | 無 | VI-2-3-3-2-2 | — | — | — |
| | | | 制御棒駆動機構ハウジング支持金具 | S | 無 | VI-2-3-3-2-3 | — | — | — |

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表 (3/4)

| 評価対象設備 | | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 原子炉本体 | 原子炉圧力容器 | 原子炉圧力容器付属構造物 | ジェットポンプ計測配管貫通部シール | S | 無 | VI-2-3-3-2-4 | — | — | — |
| | | | 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) | S | 無 | VI-2-3-3-2-5 | (原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載) | — | —[*3] |
| | | 原子炉圧力容器内部構造物 | 蒸気乾燥器 | S | 有 | VI-2-3-3-3-2 | — | — | — |
| | | | 気水分離器及びスタンドパイプ | S | 有 | VI-2-3-3-3-3 | — | — | — |
| | | | シュラウドヘッド | S | 無 | VI-2-3-3-3-4 | — | — | — |
| | | | ジェットポンプ | S | 無 | VI-2-3-3-3-5 | (原子炉冷却系統施設に記載) | 有 | VI-2-3-3-3-5 |
| | | | 給水スパージャ | S | 無 | VI-2-3-3-3-6 | (原子炉冷却系統施設及び原子炉格納施設に記載) | 有 | VI-2-3-3-3-6 |

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（4/4）

| 評価対象設備 | | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 原子炉本体 | 原子炉圧力容器 | 原子炉圧力容器内部構造物 | 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャ | S | 無 | VI-2-3-3-3-7 | （原子炉冷却系統施設に記載） | 有 | VI-2-3-3-3-7 |
| | | | 低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部） | S | 無 | VI-2-3-3-3-8 | （原子炉冷却系統施設及び原子炉格納施設に記載） | 有 | VI-2-3-3-3-8 |
| | | | 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内部） | S | 無 | VI-2-3-3-3-9 | （原子炉冷却系統施設に記載） | 有 | VI-2-3-3-3-9 |
| | | | 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部） | S | 無 | VI-2-3-3-3-10 | （原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設及び原子炉格納施設に記載） | 有 | VI-2-3-3-3-10 |
| | | | 原子炉中性子計装案内管 | S | 有 | VI-2-3-3-3-11 | — | — | — |

注記＊1：炉心支持構造物については，重大事故等対処設備の耐震評価は，設計基準対象施設の耐震評価に包絡されることから評価省略

＊2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外

＊3：原子炉圧力容器については，重大事故等対処設備の耐震評価は，設計基準対象施設の耐震評価に包絡されることから評価省略

# Ⅵ-2-5　原子炉冷却系統施設の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-5-4　残留熱除去設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-5-4-1　残留熱除去系の耐震性についての計算書

# 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

目　　次


1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　地震応答解析及び構造強度評価 ····· 10
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 ····· 10
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 10
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
4.2.2　許容応力 ····· 10
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 11
4.2.4　設計荷重 ····· 17
4.3　解析モデル及び諸元 ····· 21
4.4　固有周期 ····· 23
4.5　設計用地震力 ····· 23
4.6　計算方法 ····· 28
4.6.1　応力評価点 ····· 28
4.6.2　応力の計算方法 ····· 30
4.7　計算条件 ····· 35
4.8　応力の評価 ····· 35
5.　評価結果 ····· 36
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 36
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 36
6.　引用文献 ····· 37

1. 概要

本計算書は，技術基準規則の解釈第 17 条 4 において記載される「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，残留熱除去系ストレーナが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は残留熱除去系ストレーナの応力評価により行う。

残留熱除去系ストレーナは，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），常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

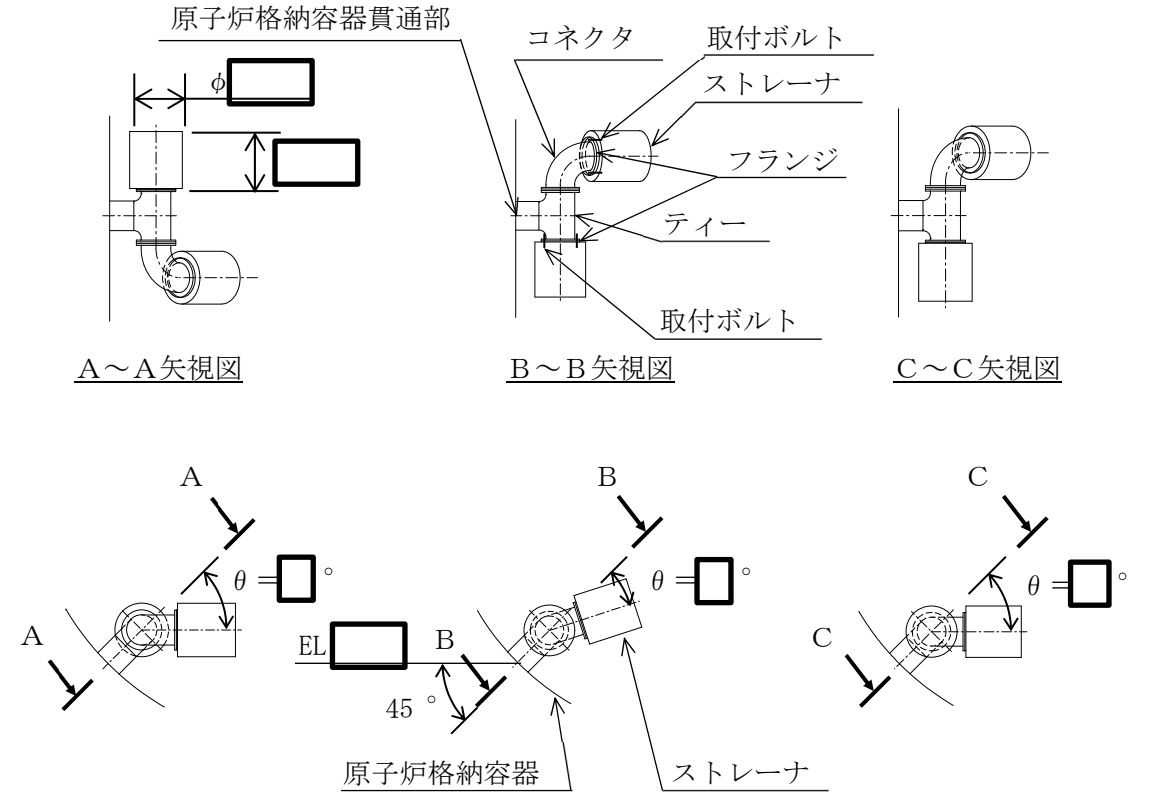
なお，残留熱除去系ストレーナ，高圧炉心スプレイ系ストレーナ及び低圧炉心スプレイ系ストレーナは同形状のストレーナを使用することから，本計算書では残留熱除去系ストレーナの解析モデルを採用する。また，そのモデルに作用させる荷重については各ストレーナの荷重条件で最大となる値を用いて評価している。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| ストレーナはサプレッションプール内に水没された状態で設置されており，コネクタ又は原子炉格納容器貫通部に取り付けられたティーにフランジ及び取付ボルトにより据え付けられる。 | 外径 □mm，長さ □mm の円錐支持ディスクで構成される鋼製構造物である。 |  |

X-201（残留熱除去系）
X-203（残留熱除去系）
X-210（高圧炉心スプレイ系）

X-202（残留熱除去系）

X-208（低圧炉心スプレイ系）

（単位：mm）

2.2　評価方針

ストレーナの応力評価は，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すストレーナの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　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。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ストレーナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

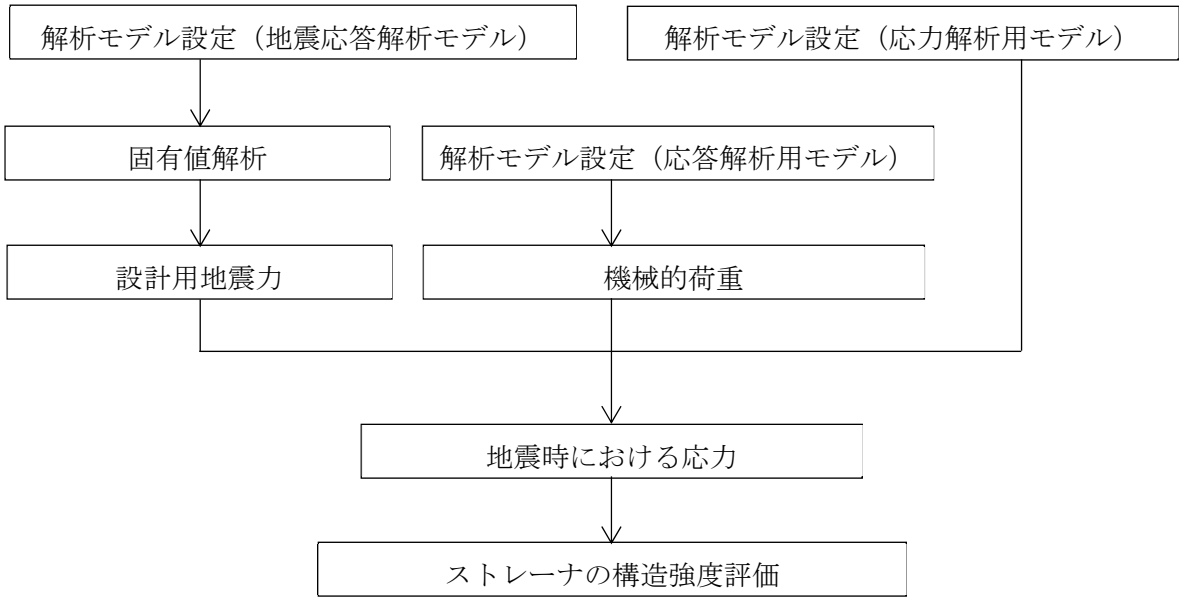



図 2－1　ストレーナの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

・非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| A | 断面積 | $mm^2$ |
| a | ボルト穴中心円半径 | mm |
| b | フランジ内半径 | mm |
| $D_i$ | 各部位の径*1 | mm |
| d | 孔径，ボルトの直径 | mm |
| F | 軸力 | N |
| $f_t$ | ボルトの発生応力 | MPa |
| $L_i$ | 各部位の長さ*2 | mm |
| $\ell$ | ディスク間ギャップ，ボルトのＺ軸からの距離 | mm |
| M | モーメント | N･mm |
| n | ボルトの本数 | ― |
| P | 孔の間隔（中心間） | mm |
| Ｓｄ* | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又は静的地震力 | ― |
| Ｓｓ | 基準地震動Ｓｓにより定まる地震力 | ― |
| t | 板厚 | mm |
| W | ストレーナ重心に作用する荷重 | N |
| X | 軸直角方向（水平） | ― |
| Y | 軸方向 | ― |
| Z | 軸直角方向（鉛直） | ― |
| $\beta$ | 形状係数 | ― |
| $\sigma_r$ | 曲げ応力 | MPa |

注：ここで定義されない記号については，各計算の項目において説明する。

注記＊1：$D_i$の添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝1：ディスクセット外径

ｉ＝2：フランジ内径

ｉ＝3：トップフランジ外径

ｉ＝4：フランジ外径

ｉ＝5：ボルト孔中心円直径

＊2：$L_i$の添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝1：ディスクセット全高

ｉ＝2：トップフランジ厚さ

ｉ＝3：コンプレッションプレート高さ

ｉ＝4：フランジ厚さ

ｉ＝5：ストラップ長さ

ｉ＝6：ストラップ幅

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 圧力 | MPa | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位*1 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*2 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 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*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

注記＊1：必要に応じて小数点以下第3位表示とする。

＊2：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。

＊3：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

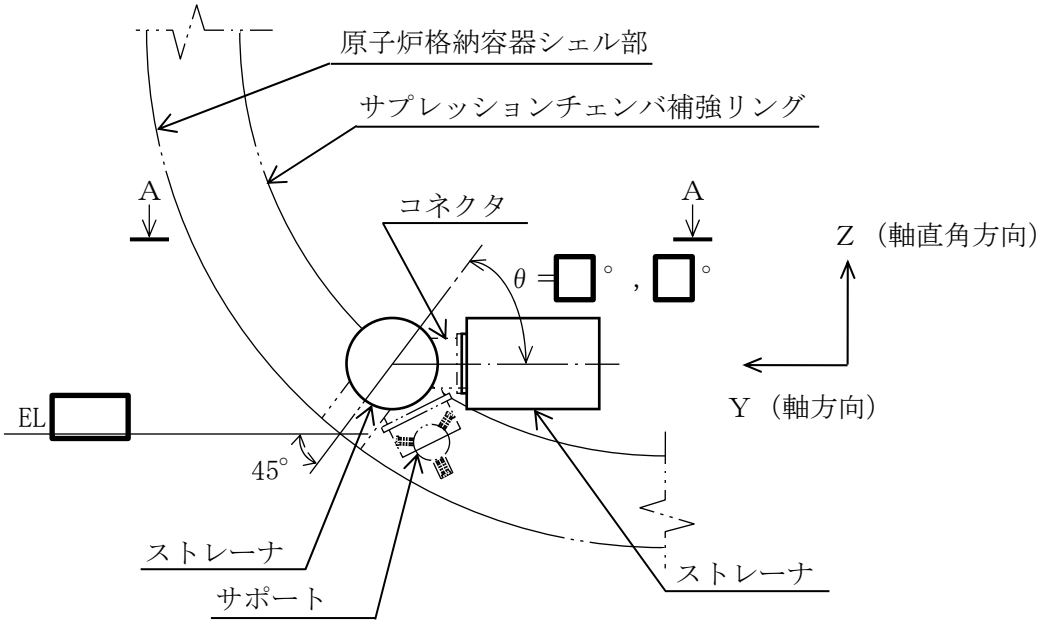
＊4：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

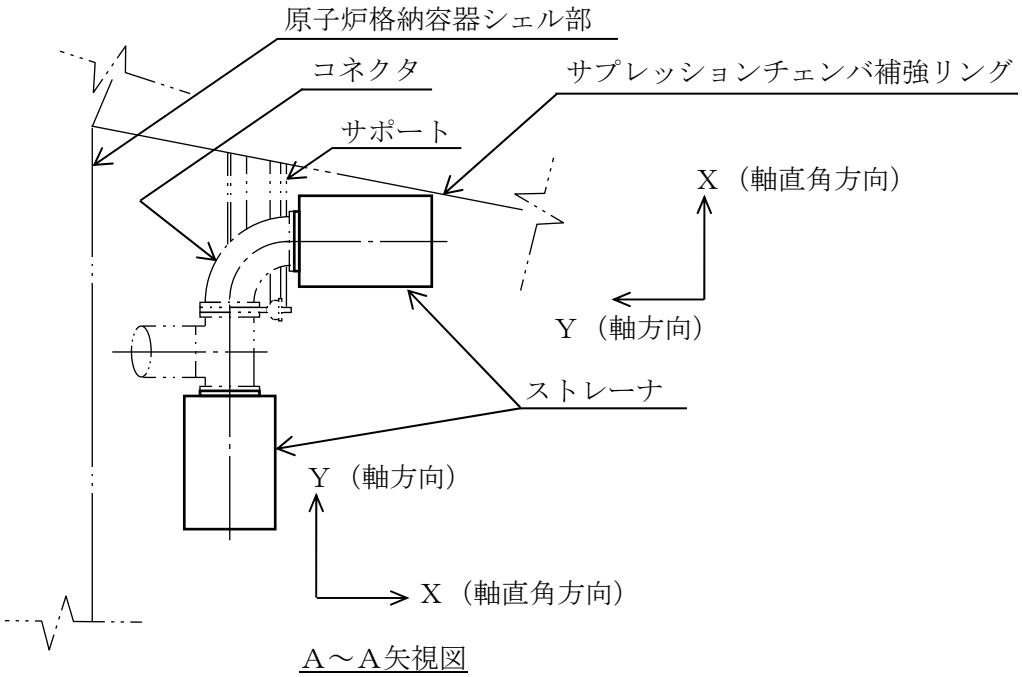
3. 評価部位

ストレーナの耐震評価は，「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，主要部品であるディスク，スペーサ，リブ，コンプレッションプレート，フィンガ，ストラップ，フランジ及びストレーナ取付部ボルトについて実施する。

ストレーナの取付状況，形状及び主要寸法を図 3－1，図 3－2 に示し，ディスクセット幅及びスペーサ内径を表 3－1 に示す。

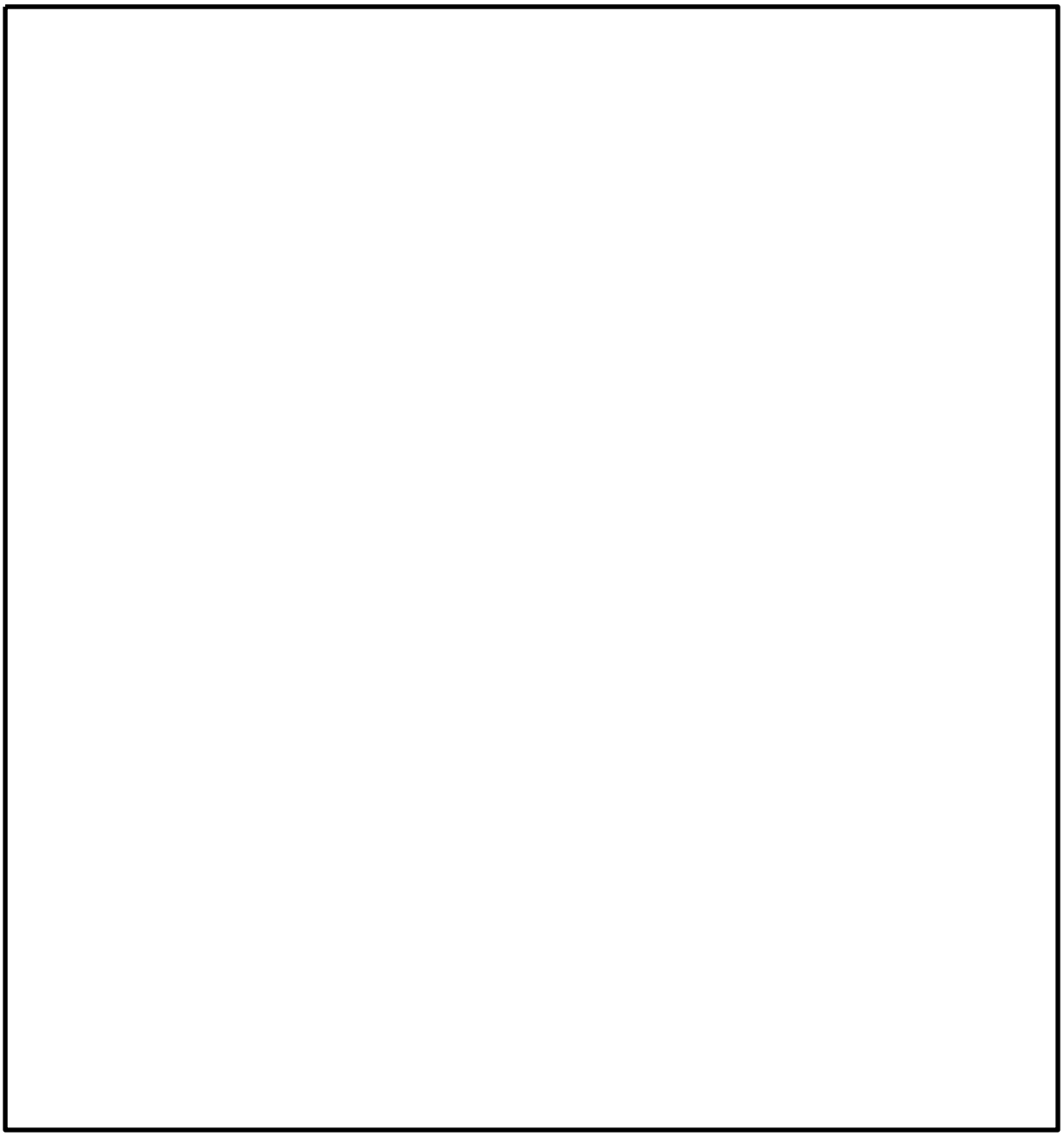
なお，ストレーナについては，サプレッションチェンバ補強リングとの干渉を回避するため，コネクタを追加している。




A～A矢視図

図 3－1　ストレーナの取付状況



A～A矢視図

$D_1$= $D_2$= $D_3$= $D_4$= $L_1$= $L_2$= $L_3$=

$L_4$= $L_5$= $L_6$= $\ell$= d = P =

①ディスクセット１　②中間ディスクセット（２～１４）

③ディスクセット１５　④スペーサ（１～１４）

⑤リブ　（厚さ　mm）　⑥コンプレッションプレート　（厚さ　mm）

⑦フィンガ*　（厚さ　mm）　⑧ディスクサポートリング　（厚さ　mm）

⑨ストラップ　（厚さ　mm）　⑩ボトムスペーサ

⑪フランジ，ストレーナ取付部ボルト

（①～④及び⑩は多孔プレート形状であり，多孔プレートの厚さは　mm である。）

注記＊：ディスクセット１３～１５におけるロングフィンガの厚さは　mm である。

図 3－2　ストレーナの形状及び主要寸法（単位：mm）

表 3－1　ディスクセット幅及びスペーサ内径

（単位：mm）

| ディスクセット番号 | ディスクセット幅 | スペーサ内径 |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

注：各部品寸法はインチから換算した値であるため，桁処理の影響で合計値が公称値と一致しない場合がある。

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)　ストレーナの水平方向地震荷重及び鉛直方向地震荷重は，コネクタ，ティー，原子炉格納容器貫通部，及びサポートを介してサプレッションチェンバに伝達される。

ストレーナの構造強度評価における固有値解析，応答解析，及び応力計算は，はりモデル及び三次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を 4.3(1)項に示すはりモデル（以下「応答解析用モデル」という。），固有値及び地震荷重を 4.3(2)項に示すはりモデル（以下「地震応答解析モデル」という。）により算出し，4.6.2(1)項に示す三次元シェルモデル（以下「応力解析用モデル」という。）を用いてストレーナ本体，4.6.2(2)項及び 4.6.2(3)項に示す方法を用いてフランジ及びボルトの応力計算を行う。

(2)　ストレーナの質量には，ストレーナに付着する異物量を考慮し，荷重の算出において組み合わせるものとする。

(3)　地震力は，水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を考慮する。ストレーナに対して軸方向及び軸直角方向（水平，鉛直）に作用するものとし，軸直角方向に作用する荷重については水平方向と鉛直方向地震力の二乗和平方根により算出する。また，水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組み合わせには SRSS 法を適用する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値に基づき設定する。

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

ストレーナ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。また，荷重の組合せ整理表を表 4－3 に示す。

4.2.2　許容応力

ストレーナの許容応力は「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－4 及び表 4－5 に示す。なお，評価対象は，構造又は形状の不連続性を有する部分であることから，発生する一次一般膜応力は十分小さいため，一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ストレーナの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－6 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－7 に示す。

なお，各評価部位の使用材料については以下のとおり。

多孔プレート

リブ

コンプレッションプレート

フィンガ

ストラップ

フランジ

ストレーナ取付部ボルト

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系ストレーナ | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡS |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡS |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡS |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系ストレーナ | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡS |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡS |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡS |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系ストレーナ | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡS |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡS |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡS |

表4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系ストレーナ | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 残留熱除去系ストレーナ | 常設耐震／防止<br>常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備その他の安全設備 | 残留熱除去系ストレーナ | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設／緩和 | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系ストレーナ | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系ストレーナ | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | 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／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

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

表4－3　荷重の組合せ整理表

| 組合せ No. | | 運転状態 | 死荷重 | 異物荷重 | 差圧 | ＳＲＶ荷重 | | ＬＯＣＡ荷重 | | | 地震荷重 | | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 運転時 | 中小破断時 | プールスウェル | 蒸気凝縮（ＣＯ） | チャギング（ＣＨ） | Ｓｄ*荷重 | Ｓｓ荷重 | |
| ＤＢＡ*1 | DBA-1 | 運転状態Ⅰ | ○ | | | | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| | DBA-2 | 運転状態Ⅰ | ○ | | | | | | | | | ○ | ⅣＡＳ |
| | DBA-3 | 運転状態Ⅱ | ○ | | | ○ | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| | DBA-4 | 運転状態Ⅱ | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | ⅣＡＳ |
| | DBA-5 | 運転状態Ⅳ（Ｌ） | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| ＳＡ*2 | SA-1 | 運転状態Ⅴ（Ｌ）*3 | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | ⅤＡＳ*4 |
| | SA-2 | 運転状態Ⅴ（ＬＬ） | ○ | ○ | ○ | | | | | | | ○ | ⅤＡＳ*4 |

注記＊1：設計基準対象施設

＊2：重大事故等対処設備

＊3：運転状態Ⅴ（Ｌ）の評価は，温度条件を重大事故等時における最高使用温度178℃とした運転状態Ⅴ（ＬＬ）の評価で代表される。

＊4：許容応力状態ⅤＡＳとしてⅣＡＳの許容応力を用いる。

表4－4　許容応力（クラス２管及び重大事故等クラス２管）

| 許容応力状態 | 許容限界*1 | | |
|---|---|---|---|
| | 一次一般膜応力 | 一次応力<br>（曲げ応力を含む） | 一次＋二次応力*2 |
| ⅢAS | Ｓｙと0.6・Ｓｕの小さい方<br>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 | Ｓｙ<br>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 | Ｓｄ又はＳｓ地震動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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。 |
| ⅣAS | 0.6・Ｓｕ | 左欄の1.5倍の値 | |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | Ｓｓ地震動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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。 |

注記＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：二次応力が発生する場合のみ考慮する。

表 4－5　許容応力（クラス２耐圧部テンションボルト及び重大事故等クラス２耐圧部テンションボルト）

| 許容応力状態 | 許容限界 |
|---|---|
| ⅢAS | 1.5・Ｓ |
| ⅣAS | 2・Ｓ |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | |

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 多孔プレート | | 最高使用温度 | 104 | | | | — |
| リブ，フランジ等 | | 最高使用温度 | 104 | | | | — |
| ストレーナ取付ボルト | | 最高使用温度 | 104 | | | | — |

表4－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 多孔プレート | | 最高使用温度 | 178 | | | | — |
| リブ，フランジ等 | | 最高使用温度 | 178 | | | | — |
| ストレーナ取付ボルト | | 最高使用温度 | 178 | | | | — |

4.2.4　設計荷重

(1)　死荷重

ストレーナの自重による荷重及びストレーナに付着する異物の自重による異物荷重の 2 つの死荷重を考慮する。

ストレーナの自重＝ [redacted] N

異物荷重＝ [redacted] N

(2)　差圧

差圧による荷重*は，異物付着時のストレーナを通しての最大設計差圧より設定し，以下のとおりとする。

また，差圧による荷重の作用方向を図 4－1 に示す。

差圧荷重＝ [redacted] MPa

注記＊：差圧による荷重は運転状態Ⅳ及び運転状態Ⅴの荷重の組合せ時に考慮する。

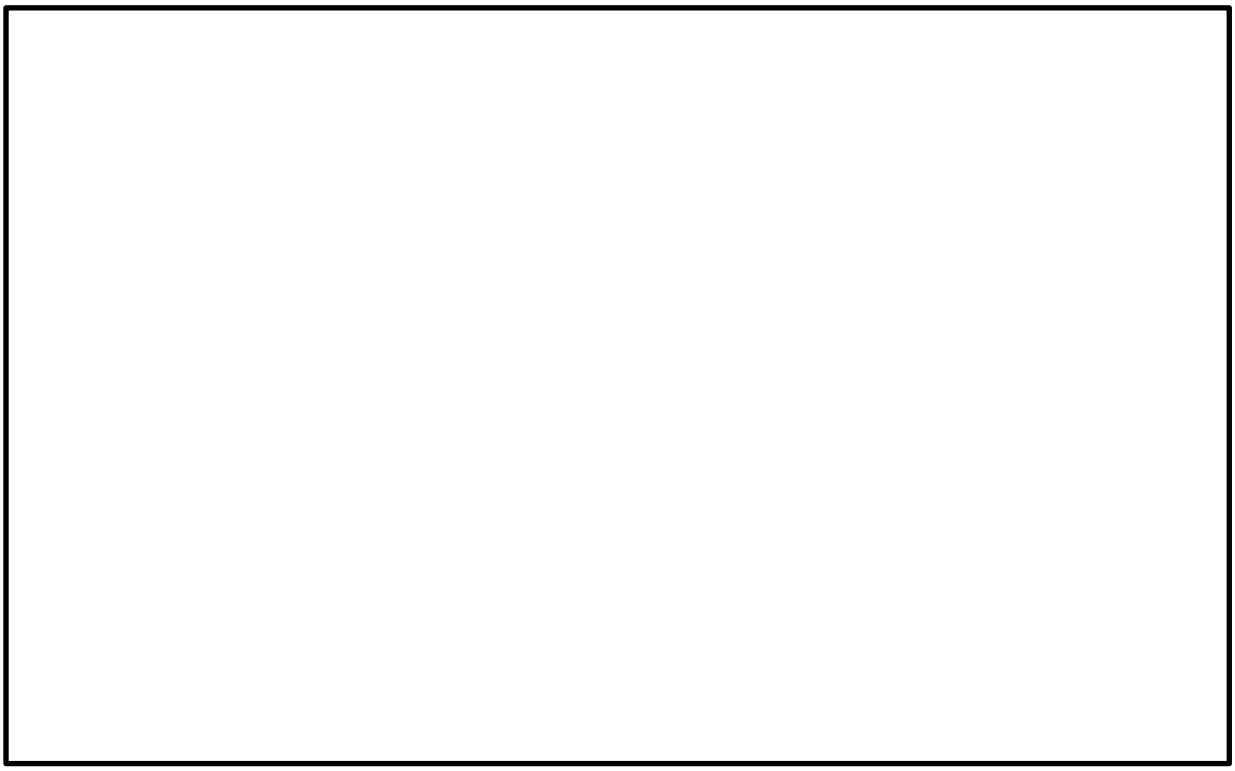


図 4－1　差圧荷重の作用方向

(3)　水力学的動荷重（逃がし安全弁作動時荷重）

逃がし安全弁作動時には，サプレッションチェンバ内の水中構造物に水力学的動荷重が作用する。この荷重については，原子力安全委員会が策定した評価指針（以下「ＭＡＲＫⅠ動荷重指針」という。）及び引用文献(1)～(3)に準じて荷重の評価を実施する。

ＭＡＲＫ　Ⅰ動荷重指針及び引用文献(1)～(3)に基づき，ストレーナに加わる水力学的動荷重を算出した結果を表 4－8 に示す。表 4－8 に示した荷重は，考慮すべき水力学的動荷重が最大となる位置を選定して算出した値であり，地震荷重と組み合わせる逃がし安全弁作動時荷重のみ記載する。

なお，ストレーナは，逃がし安全弁作動時荷重として，排気管内にたまっていた水の噴流による荷重（水ジェット），排気管内にたまっていた非凝縮性ガスの膨張・収縮による荷重（気泡振動），及び排気管から流入する蒸気の凝縮による荷重のうち，蒸気凝縮過程による荷重については十分小さいため評価対象としない。また，気泡振動による荷重は，流速の変化率によって生じる荷重（加速度ドラッグ荷重）と流速の大きさによって生じる荷重（定常ドラッグ荷重）の代数和とし，水ジェットによる荷重と気泡振動による荷重の包絡値を逃がし安全弁作動時荷重として用いる。

水力学的動荷重の作用方向を図 4－2 に示す。

軸方向の荷重は，引用文献(4)の考え方に基づき，最前列のディスクと最後列のディスクで軸方向荷重の 1/2 ずつを受け持つとし，この荷重を最前列と最後列のディスクの投影面積で除算し，軸方向の圧力荷重として作用させる。

軸直角方向の荷重は，ストレーナの片面のみで荷重を受け持つとし，ストレーナの片面の投影面積で軸直角方向荷重を除算し，軸直角方向の圧力荷重として作用させる。



表4－8　水力学的動荷重（逃がし安全弁作動時荷重）

（単位：N）

| 荷重名称 | 軸方向荷重 | 軸直角方向荷重 |
|---|---|---|
| ＳＲＶ荷重（運転時） | [redacted] | [redacted] |

注1：方向は図3－1参照。ただし，軸直角方向（水平方向Ｘ及び鉛直方向Ｚ）については，二乗和平方根としている。

注2：加速度ドラッグ荷重と定常ドラッグ荷重との代数和としている。

注3：水ジェットによる荷重と気泡振動による荷重の包絡値としている。

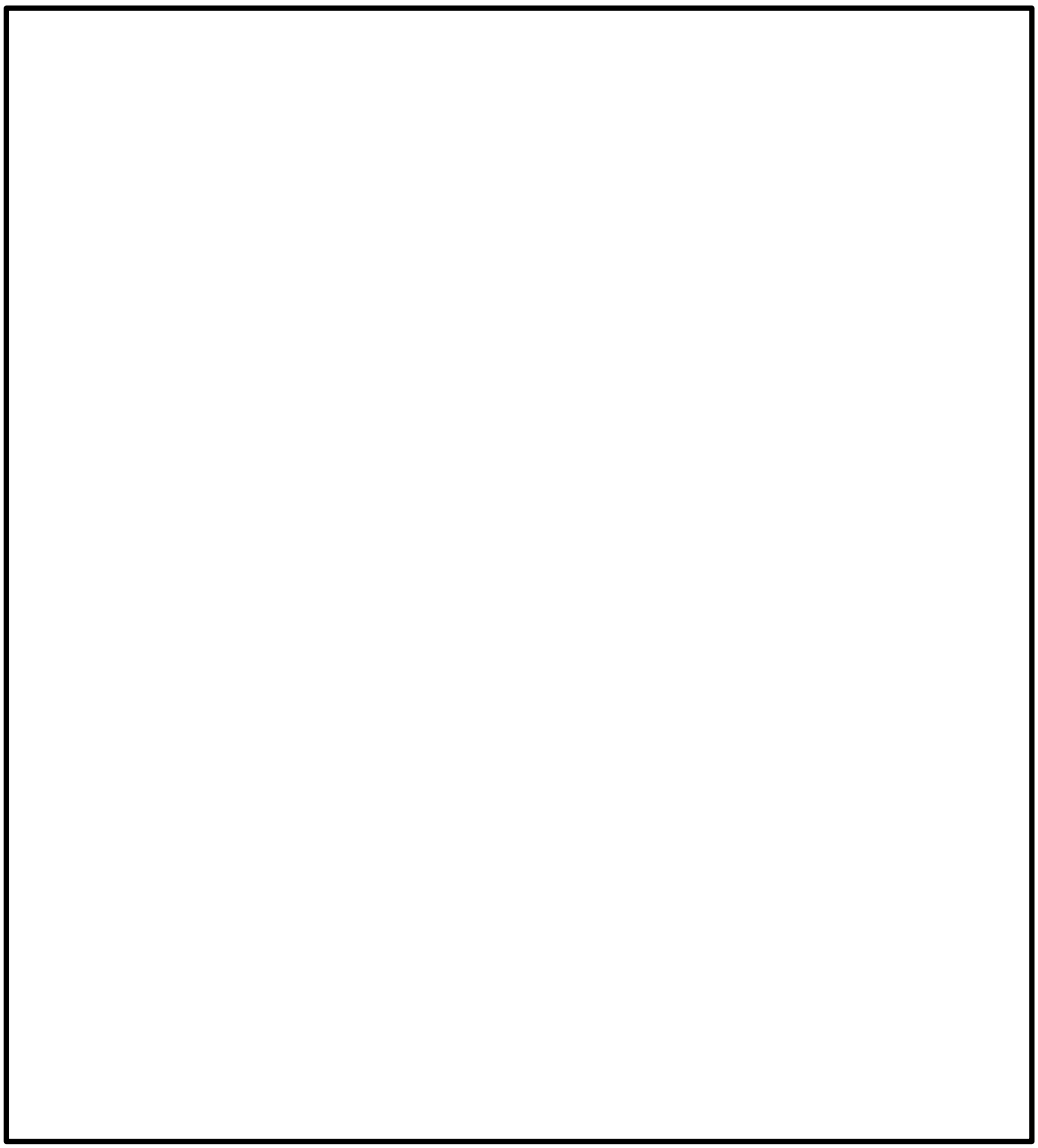


図 4－2　水力学的動荷重の作用方向

4.3　解析モデル及び諸元

本項においては，応答解析用モデル及び地震応答解析モデルについて説明する。なお，ストレーナ本体の応力計算に用いた応力解析用モデルについては，4.6.2 項で説明する。

(1)　応答解析用モデル

ストレーナの応答解析用モデルを図 4－3 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算結果】の機器要目，解析モデルの諸元を本計算書の【残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算結果】の解析モデルの諸元に示す。なお，本モデルは，Ⅵ-3-3-3-3-1-3「残留熱除去系ストレーナの強度計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。

a.　応答解析用モデルではストレーナから原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い，地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を算出する。なお，ストレーナについてはリブ等の補強材を有しており，構造上十分に剛性が高いため，剛体としてモデル化する。また，ストレーナ取付角度に応じた 2 種類の解析モデルを用意し，包絡した荷重を用いる。

b.　ストレーナ部ティーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており，付根部は原子炉格納容器シェル部を模擬したばねの端点を拘束する。

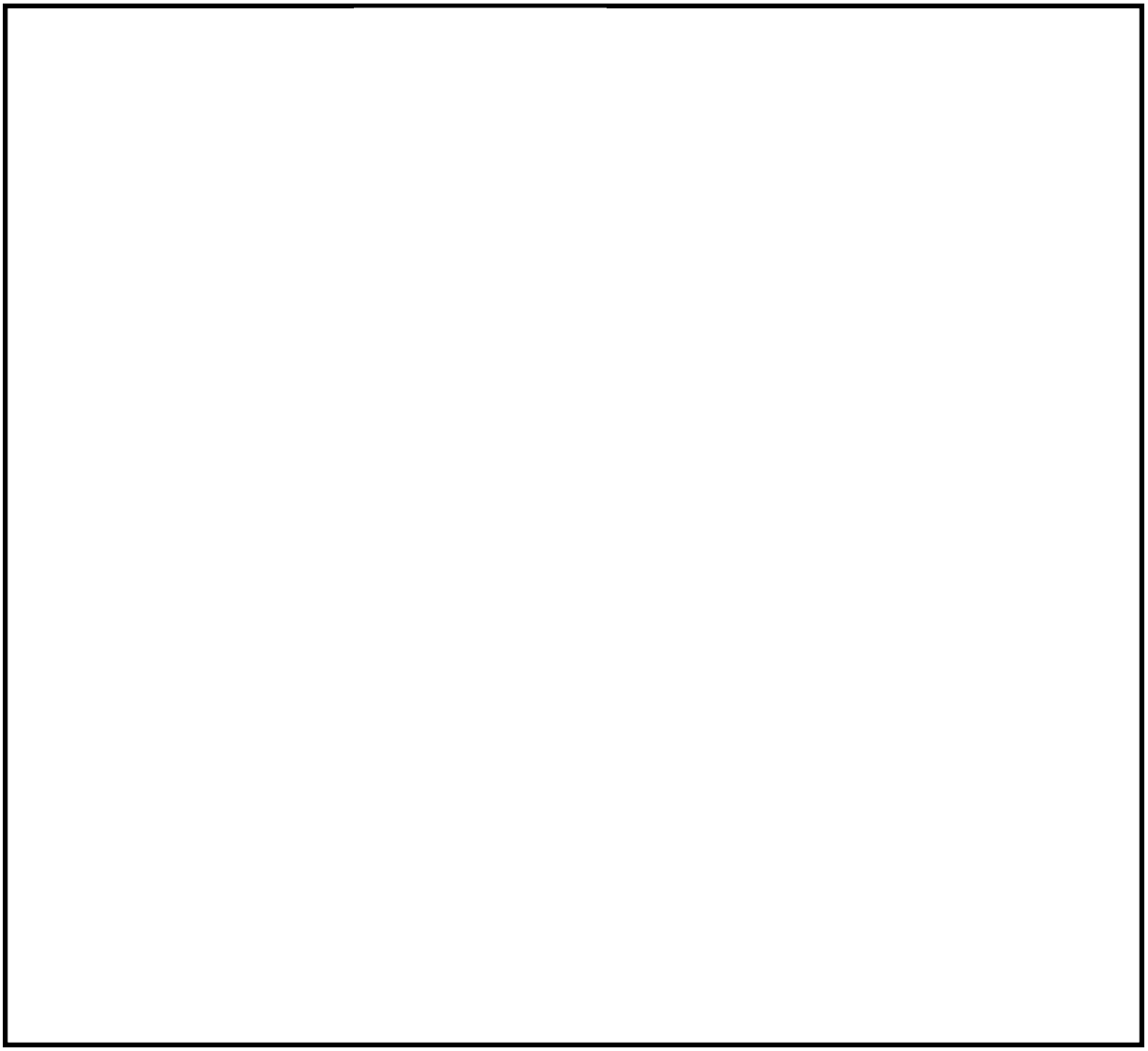
c.　ストレーナ取付部サポートはストレーナ部ティーとストレーナ取付部コネクタの間に挟まる形で取り付けられており，サポートパイプを模擬したはり要素にサポートプレートを模擬したばねを接続し，サポートパイプの付根部を完全拘束する。

d.　ストレーナ取付部サポートを除く各部の質量は，各部の重心位置（図 4－3 の○の節点）に集中質量を与える。また，ストレーナ取付部サポートのサポートプレート部の質量はサポートプレートを模擬したばねの両端に集中質量を与え，サポートパイプ部の質量は密度をはり要素に与える。

e.　本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため，応答解析では内包水及び排除水の影響を加味し，ストレーナ質量に含める。また，異物の質量も応答解析において考慮する。

f.　モデル全体に鉛直方向の重力加速度を入力し，各評価部位の死荷重を算出する。また，各部に作用する水力学的動荷重を各部の重心位置に入力し，各評価部位の水力学的動荷重を算出する。

g.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値及び荷重を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注：ビーム要素を構成している節点及び要素のみを示す。

図 4－3　応答解析用モデル

(2) 地震応答解析モデル

ストレーナの地震応答解析モデルは，サプレッションチェンバの応答を考慮するため，サプレッションチェンバを模擬したはり要素に，4.3(1)項に示す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の応答解析用モデルを結合した有限要素モデルを用いて解析を行い，固有値及び地震荷重を算出する。

なお，地震応答解析は，水平方向動的地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水有効質量モデル）並びにそれ以外の地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水全質量モデル）の2種類を用いて解析を行う。

本モデルは，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」に示す地震応答解析モデルと同じモデルであり，解析モデルの概要及び機器の諸元は，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」にて説明するため，ここでは記載を省略する。

4.4 固有周期

地震応答解析モデルを用いた固有値解析の結果は，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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－9及び表4－10，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－11及び表4－12に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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。なお，図3－1に示す軸方向及び軸直角方向に作用する地震力を表4－13に示す。

表 4－9　設計用地震力（設計基準対象施設）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度*4 | | 応答鉛直震度 | 応答水平震度*5 | | 応答鉛直震度 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 2 次 | | | | — | | | — |
| 3 次 | | | | — | | | — |
| 4 次 | | | | — | | | — |
| 5 次 | | | | — | | | — |
| 6 次 | | | | — | | | — |
| 7 次 | | | | — | | | — |
| 8 次 | | | | — | | | — |
| 9 次 | | | | — | | | — |
| 10 次 | | | | — | | | — |
| 11 次 | | | | — | | | — |
| 12 次 | | | | — | | | — |
| 13 次 | | | | — | | | — |
| 14 次 | | | | — | | | — |
| 15 次 | | | | — | | | — |
| 16 次 | | | | — | | | — |
| 17 次 | | | | — | | | — |
| 動的震度*6 | | 0.51 | 0.52 | — | 1.03 | 1.06 | — |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－10　設計用地震力（設計基準対象施設）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*4 | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*5 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 2 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 3 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 4 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 5 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 6 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 7 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 8 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 9 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 10 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 11 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 12 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 13 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 14 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 15 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 16 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 17 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 18 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 19 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 20 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 動的震度*6 | | — | — | 0.38 | — | — | 0.77 |
| 静的地震力*7 | | 0.58 | 0.58 | 0.29 | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：3.6・Ｃｉ及び 1.2・Ｃｖより定めた震度

表 4－11　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | — | — | — | [　　] | [　　] | — |
| 2 次 | | — | — | — | | | — |
| 3 次 | | — | — | — | | | — |
| 4 次 | | — | — | — | | | — |
| 5 次 | | — | — | — | | | — |
| 6 次 | | — | — | — | | | — |
| 7 次 | | — | — | — | | | — |
| 8 次 | | — | — | — | | | — |
| 9 次 | | — | — | — | | | — |
| 10 次 | | — | — | — | | | — |
| 11 次 | | — | — | — | | | — |
| 12 次 | | — | — | — | | | — |
| 13 次 | | — | — | — | | | — |
| 14 次 | | — | — | — | | | — |
| 15 次 | | — | — | — | | | — |
| 16 次 | | — | — | — | | | — |
| 17 次 | | — | — | — | | | — |
| 動的震度*5 | | — | — | — | 1.03 | 1.06 | — |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－12　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 | | 応答鉛直震度*4 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 2 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 3 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 4 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 5 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 6 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 7 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 8 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 9 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 10 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 11 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 12 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 13 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 14 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 15 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 16 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 17 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 18 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 19 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 20 次 | [　　] | ― | ― | ― | ― | ― | [　　] |
| 動的震度*5 | | ― | ― | ― | ― | ― | 0.77 |
| 静的地震力 | | ― | ― | ― | ― | ― | ― |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－13　ストレーナに作用する地震力

| 取付位置　EL [redacted] m | | |
|---|---|---|
| 地震荷重 | 軸方向震度 | 軸直角方向震度 |
| Ｓｄ* | [redacted] | |
| Ｓｓ | [redacted] | |

注：方向は図 3－1 参照。ただし，軸直角方向（Ｘ方向及びＺ方向）については，二乗和平方根としている。

4.6　計算方法

4.6.1　応力評価点

ストレーナは，図 3－2 に示すとおり，リブ及びフィンガが主強度部材となり各ディスクを支える構造になっている。各ディスクの表面は多孔プレートとなっており，ろ過装置としての機能を果たしている。作用する荷重の大部分は，フィンガにより支えられた各ディスクの多孔プレート表面に加わり，負荷された荷重は最終的にはリブに伝達される。したがって，ここではストレーナの主要構成部材である多孔プレート，リブ，コンプレッションプレート，フィンガ，ストラップ，フランジ及びストレーナ取付部ボルトの構造，形状を考慮した応力評価点を選定し，評価を実施する。

応力評価点を表 4－14 及び図 4－4 に示す。

表 4－14　応力評価点

| 名称 | | 応力評価点番号 | 応力評価点 |
|---|---|---|---|
| 多孔プレート | ディスク | P1 | 全ディスクセットの多孔プレート |
| | スペーサ* | P2 | ディスクセット間の円筒形多孔プレート |
| リブ | | P3 | リブ |
| コンプレッションプレート | | P4 | コンプレッションプレート |
| フィンガ | | P5 | フィンガ |
| ストラップ | | P6 | ストラップ |
| フランジ | | P7 | フランジ |
| ストレーナ取付部ボルト | | P8 | ボルト |

注記＊：ボトムスペーサを含む。



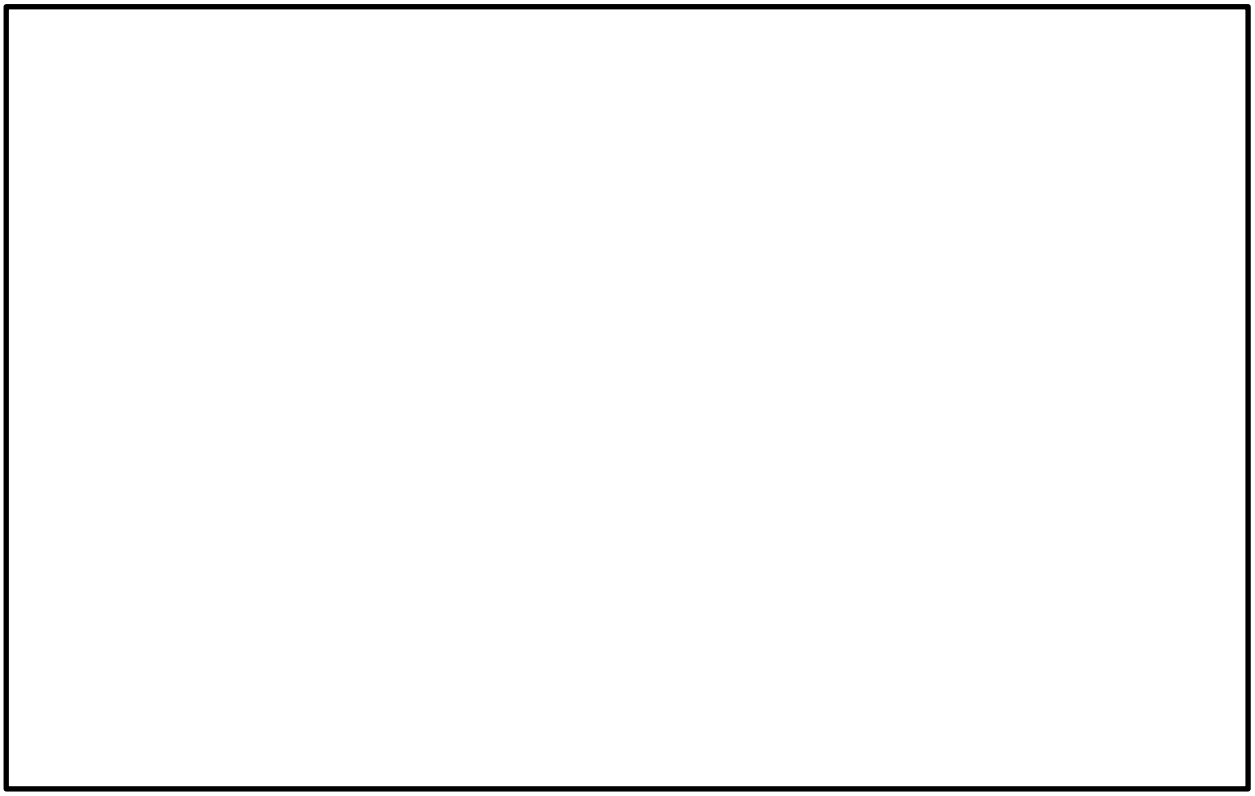


図 4－4　応力評価点

4.6.2　応力の計算方法

応力計算方法について，以下に示す。なお，フランジ及びボルトについては作用する荷重についても本項目で記載する。

(1)　ストレーナ（応力評価点 P1～P6）

ストレーナの応力計算は応力解析用モデルにより行う。ストレーナの応力解析用モデルを図 4－5 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【残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算結果】の機器要目，解析モデルの諸元を本計算書の【残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算結果】の解析モデルの諸元に示す。

a.　応力解析用モデルではストレーナをシェル要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行う。

b.　計算モデルの各部材は溶接により接合されており，溶接部は健全性が確保されるよう設計する。

c.　多孔プレートの等価縦弾性係数，等価ポアソン比及び応力増倍率は，引用文献(5)の考え方に基づき設定する。

d.　各部の質量は，各シェル要素に密度を与える。

e.　ストレーナ軸方向の単位加速度，軸直方向の単位加速度，軸方向の単位荷重，軸直方向の単位荷重，及び単位差圧を個別に入力し，各部位の応力を算出する。また，得られた各入力に対する応力に，設計荷重と単位荷重との比，設計用地震力と単位加速度の比，又は設計差圧と単位差圧の比をかけた後，荷重の組み合わせを考慮した加算を行い，各評価点の応力強さを算出する。

f.　4.2.4 項で設定した設計荷重及び設計用地震力により残留熱除去系ストレーナに生じる応力は，解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用して計算する。

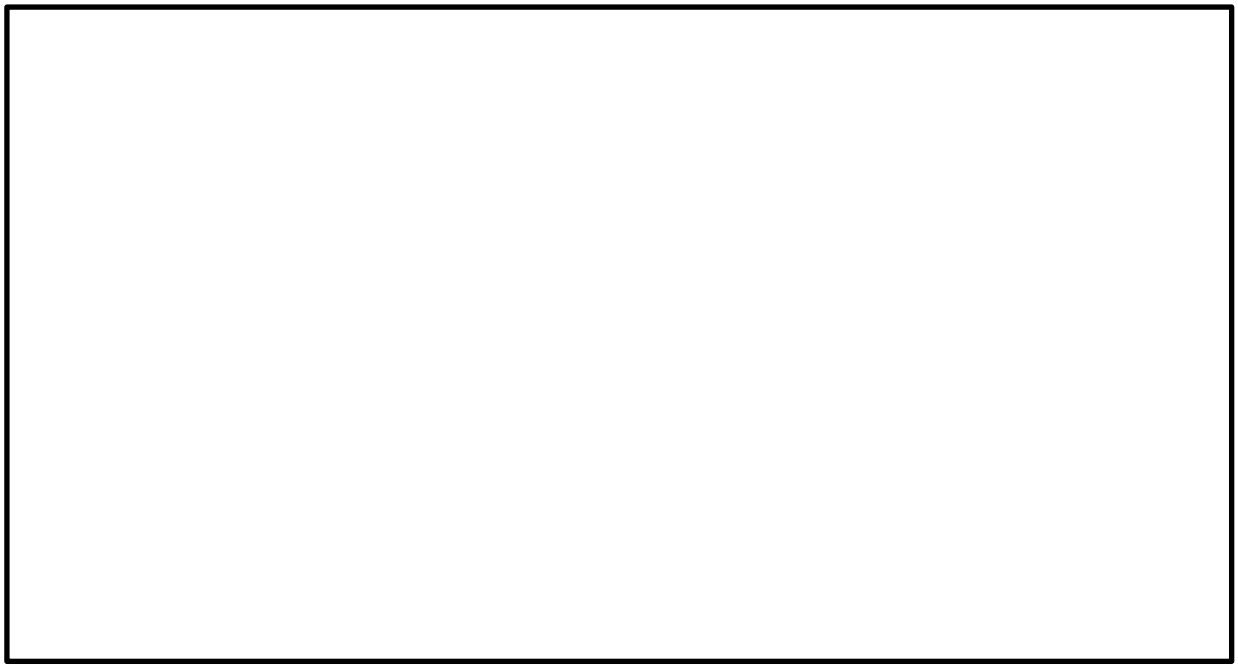


図 4－5　ストレーナの計算モデル

(2)　フランジ（応力評価点 P7）

以下に示す計算方法により応力評価を行う。

ストレーナ取付部フランジは，一般的なフランジとは異なりガスケットを使用しない。そこで，フランジを以下のようにモデル化する。

フランジを外周（ボルト穴中心円直径）が固定された平板と考え，表 4－15 に示すモーメントが中心部に作用すると考える。この場合の発生応力は，引用文献(6)より，図 4－6 に示す計算モデルで下記の計算式より求める。

$$\sigma_r = \frac{\beta \cdot M_{fmax}}{a \cdot t^2}$$

ここに，$\sigma_r$　：曲げ応力(MPa)

$M_{fmax}$　：表 4－15 に示すモーメント(N･mm)

a　：ボルト穴中心円半径＝[　]÷2＝[　](mm)

b　：フランジ内半径＝[　](mm)

t　：フランジ板厚＝[　](mm)

$\beta$　：b／a （＝[　]）から決まる計算上の係数＝[　]

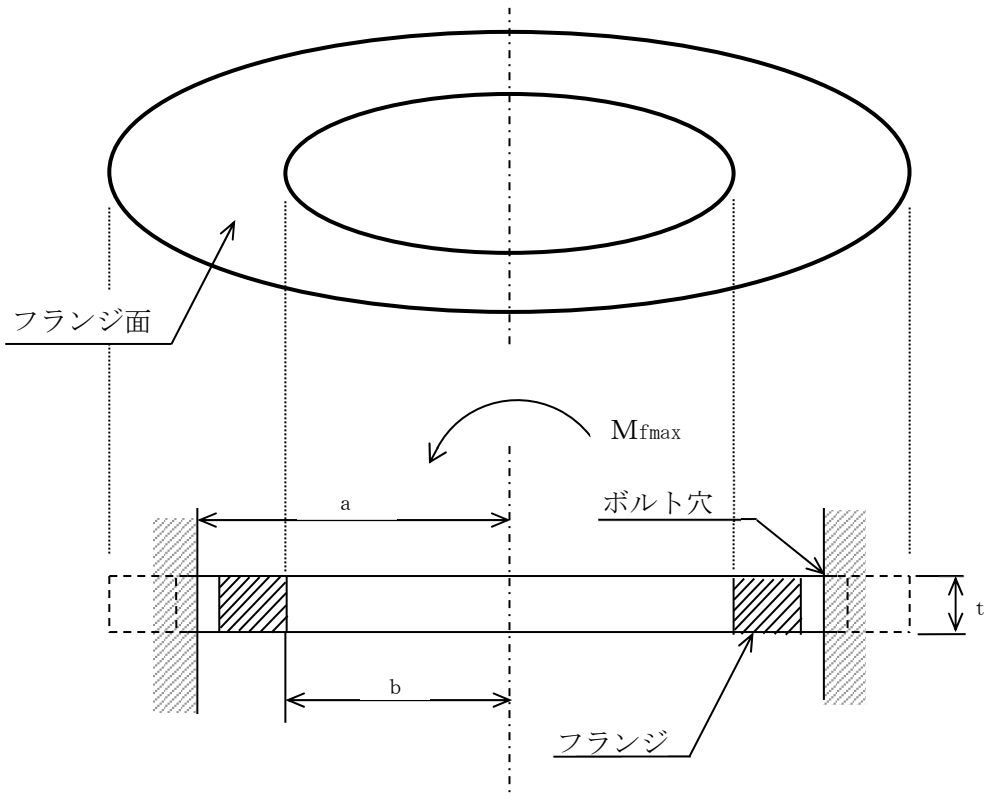



図 4－6　フランジ断面の計算モデル

ストレーナ取付部フランジの設計荷重は，ストレーナに作用する荷重から算出したフランジ部のモーメントを用いる。ここでのモーメントとは，図 4－7 に示すように，ストレーナ重心に作用する荷重とその作用点からフランジまでのモーメントアームから計算したモーメントであり，フランジに対して面外方向の曲げモーメント（2 方向ある面外方向曲げモーメントの二乗和平方根の合成値）とする。なお，応答解析より得られた，フランジに対する面外方向の曲げモーメントを用いる。

ストレーナ重心がフランジ中心軸上に位置することから，フランジ面内方向のモーメント（ねじりモーメント）は発生しないため，ここでは評価対象としない。

フランジの設計荷重を表 4－15 に示す。

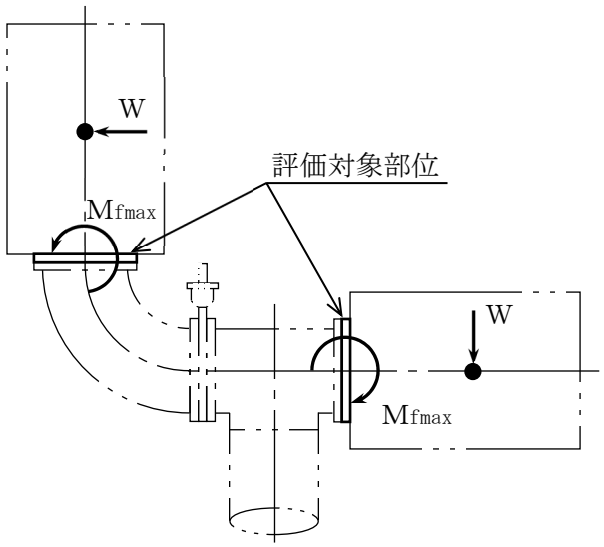



図 4－7　フランジに作用するモーメント

表 4－15　フランジの設計荷重

（単位：N･mm）

| 荷重 | | モーメント |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

(3)　ストレーナ取付部ボルト（応力評価点 P8）

ボルトには，フランジに作用するモーメントに加え，ストレーナの軸方向に発生する荷重によりボルトの軸方向荷重が発生する。

フランジに作用するモーメントにより，ボルトに生じる軸力は，以下のように算出する。

図 4－8 に示すフランジの中心を通る中立軸（Ｚ軸）まわりのモーメントを考える。このとき，Ｚ軸まわりのモーメントは，各ボルトに発生する軸力とボルトのＺ軸からの距離の積から得られるモーメントとつりあっていると考えることができる。ここで，軸方向荷重によって中立軸が移動するが，軸方向荷重のボルトへの影響が小さいため，軸方向荷重による中立軸の移動は無視する。

したがって，Ｚ軸まわりのモーメントと各ボルトの軸力の関係は下記となる。

$$M_Z = \sum_{k=1}^{n} F_{tk} \cdot \ell_k$$

ここに，$M_Z$　：Ｚ軸まわりのモーメント(N･mm)

$F_{tk}$　：各ボルトに発生する軸力(N)

$\ell_k$　：任意のボルトｋにおけるＺ軸からの距離(mm)

ｎ　：ボルトの本数＝□

なお，ストレーナ重心がフランジ中心軸上に位置することから，フランジ面内方向のモーメント（ねじりモーメント）は発生しないため，ここでは評価対象としない。

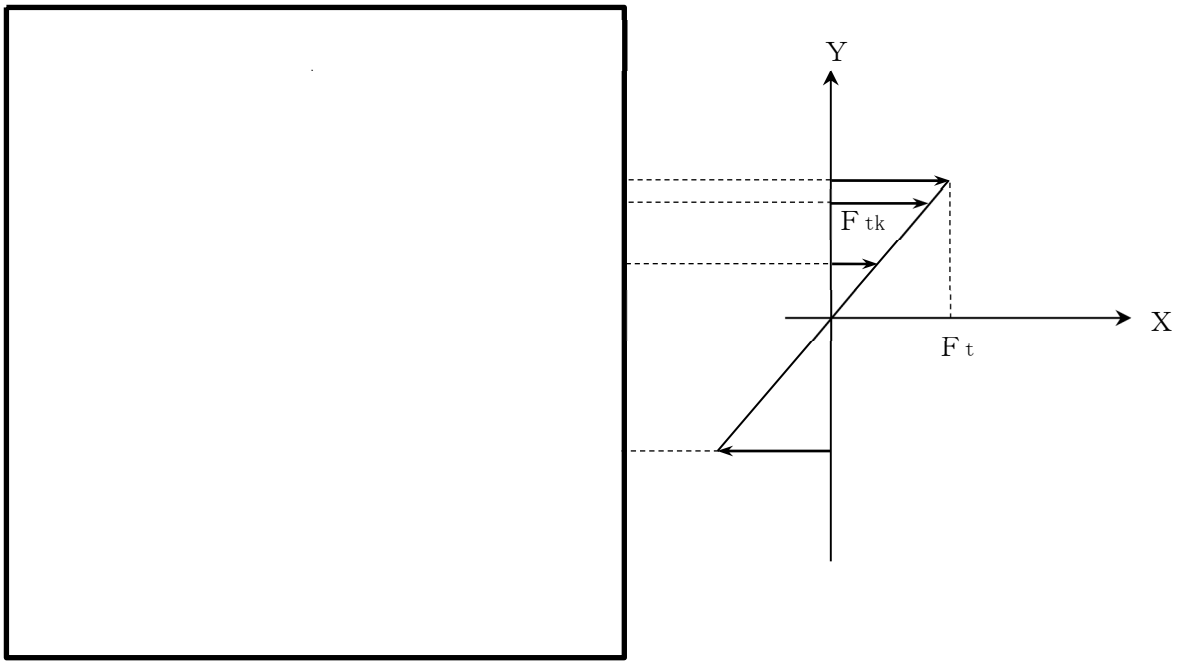



図 4－8　各ボルトに発生する軸力とモーメントアームの関係

また，ボルト軸力のＺ軸まわりのモーメント寄与分は中立軸上ではゼロであり，図 4－8 に示すように，曲げモーメントを伝えるボルトの軸力は回転中心からの距離に比例して変化するとして算定する。この場合，ボルトに発生する最大の軸力を$F_t$とすると，各ボルトに発生する軸力$F_{tk}$は下記となる。

$$F_{tk}=F_t\cdot\frac{\ell_k}{D_5/2}$$

ここに，$F_t$　：最大の軸力が発生するボルトの軸力(N)

$F_{tk}$　：各ボルトに発生する軸力(N)

$D_5$　：ボルト孔中心円直径＝[redacted] (mm)

以上より，ｎが偶数の場合，Ｚ軸まわりのモーメントは下記となる。

$$M_Z=\frac{2\cdot F_t}{D_5}\cdot\sum_{k=1}^{n}\ell_k^2=\frac{F_t\cdot D_5\cdot n}{4}$$

ただし，$\ell_k=\frac{D_5}{2}\cdot\sin\{\frac{2\cdot\pi}{n}\cdot(k-1)\}$

よって，フランジに作用するモーメントから，ボルトの軸力は以下のように算出できる。

$$F_t=\frac{4\cdot M_{fmax}}{D_5\cdot n}$$

したがって，ボルトに発生する応力は下記となる。

$$f_t=\frac{F_t}{A_S}+\frac{F_{axl}}{A_S\cdot n}$$

ここに，$f_t$　：ボルトの発生応力(MPa)

$A_S$　：ボルトの有効断面積＝$\frac{\pi\cdot d_b^2}{4}$ ($mm^2$)

$d_b$　：ボルトのねじ部谷径＝[redacted] (mm)

$F_{axl}$　：表 4－16 に示す軸方向荷重(N)

ストレーナ取付部ボルトの設計荷重は，ストレーナとコネクタ間，ティーとコネクタ間，及びティーとストレーナ間で発生する荷重及びモーメントを包絡させた荷重及びモーメントを用い，フランジに作用する最大モーメントに加え，ストレーナの軸方向に発生する荷重によりボルトの軸方向荷重を考慮した引張力を合算して応力評価を行う。フランジとボルトは摩擦接合であるため，ボルトに対するせん断力は作用しないものとする。なお，これら荷重及びモーメントは，応答解析より得られた荷重及びモーメントを用いる。

ボルトの設計荷重を表 4－16 に示す。

表 4－16　ボルトの設計荷重

| 荷重 | | 軸方向荷重 (N) | モーメント (N･mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | |
| 3 | 差圧 | | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

4.7　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算結果】に示す。

4.8　応力の評価

「4.6　計算方法」で求めた応力が表 4－4，表 4－5，表 4－6 及び表 4－7 を用いて算出した許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　設計基準対象施設としての評価結果

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

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，各許容応力状態ⅢＡＳ及びⅣＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

5.2　重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，許容応力状態ＶＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

6. 引用文献

(1) NEDO-21888, “Mark I Containment Program Load Definition Report”, General Electric, November 1981.

(2) NEDO-21471, “Analytical Model for Estimating Drag Forces on Rigid Submerged Structures Caused by LOCA and Safety Relief Valve Ramshead Air Discharges”, General Electric, September 1977.

(3) ＭＡＲＫ－Ⅰ型格納容器の動荷重評価について
ＭＡＲＫ－Ⅰ型格納容器評価検討会　昭和 59 年 9 月

(4) NEDO-32721, “Application Methodology for the General Electric Stacked Disk ECCS Suction Strainer” Licensing Topical Report, General Electric, March 2003.

(5) ASME B&PV CODE, Section Ⅲ, Division 1, Appendices, Article A-8000, “Stresses in Perforated Flat Plates,” 1989 Edition, No Addenda.

(6) WARREN C. YOUNG
“ROARK’S FORMULAS for Stress and Strain” 7th Edition

【残留熱除去系ストレーナ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*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ | S | 原子炉建物 EL [redacted] (EL 1.300*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝0.58*3 又は＊5 | $C_V$＝0.38*4 又は＊5 | $C_H$＝1.03*6 (NS 方向) $C_H$＝1.06*6 (EW 方向) 又は＊7 | $C_V$＝0.77*6 又は＊7 | 104 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度

＊5：設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動Ｓｄ）により得られる震度

＊6：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

1.2 機器要目

(単位：mm)

| $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

(単位：mm)

| $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

(単位：mm)

| $L_5$ | $L_6$ | $\ell$ | d |
|---|---|---|---|
| | | | |

| P (mm) |
|---|
| |

（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナの材質 | — | |
| ストレーナの質量 | kg/個 | |
| ストレーナの<br>内包水及び排除水の質量 | kg/個 | |
| ストレーナ１個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（応力解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナの材質 | — | |
| ストレーナの質量 | kg/個 | |
| 多孔プレートの等価縦弾性係数 | MPa | |
| 多孔プレートの等価ポアソン比 | — | |
| 多孔プレートの応力増倍率 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（RT） |
|---|---|---|---|---|---|
| 多孔プレート | | | | | — |
| リブ，フランジ等 | | | | | — |
| 取付ボルト | | | | | — |

1.3 計算数値

1.3.1 水力学的動荷重（逃がし安全弁作動時荷重）　（単位：N）

| 荷重名称 | 軸方向荷重 | 軸直角方向荷重 |
|---|---|---|
| ＳＲＶ荷重 | | |

1.3.2 ストレーナの設計荷重

| 自重 (N) | 異物荷重 (N) | 差圧 (MPa) |
|---|---|---|
| | | |

1.3.3 フランジの設計荷重　（単位：N･mm）

| 荷重 | | モーメント |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

1.3.4 ボルトの設計荷重

| 荷重 | | 軸方向荷重 (N) | モーメント (N･mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | |
| 3 | 差圧 | | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

1.4.2 応力 (単位：MPa)

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 材料 | 応力分類 | ⅢAS | | | ⅣAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| 残留熱除去系ストレーナ | P1 | 全ディスクセットの多孔プレート | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 91 | 143 | DBA-3 | 132 | 365 | DBA-4 |
| | P2 | ディスクセット間の円筒形多孔プレート | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 100 | 143 | DBA-3 | 142 | 365 | DBA-4 |
| | P3 | リブ | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 131 | 169 | DBA-3 | 187 | 395 | DBA-4 |
| | P4 | コンプレッションプレート | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 40 | 169 | DBA-3 | 56 | 395 | DBA-4 |
| | P5 | フィンガ | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 111 | 169 | DBA-3 | 162 | 395 | DBA-4 |
| | P6 | ストラップ | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 33 | 169 | DBA-3 | 46 | 395 | DBA-4 |
| | P7 | フランジ | | 曲げ応力 | 112 | 169 | DBA-3 | 164 | 395 | DBA-4 |
| | P8 | ボルト | | 引張応力 | 54 | 157 | DBA-3 | 87 | 210 | DBA-4 |

すべて許容応力以下である。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設耐震／防止<br>常設／緩和 | 原子炉建物<br>EL□<br>(EL 1.300*1) | □ | □ | — | — | $C_H$＝1.03*3<br>(NS 方向)<br>$C_H$＝1.06*3<br>(EW 方向)<br>又は＊4 | $C_V$＝0.77*3<br>又は＊4 | 178 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

2.2 機器要目

(単位：mm)

| $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

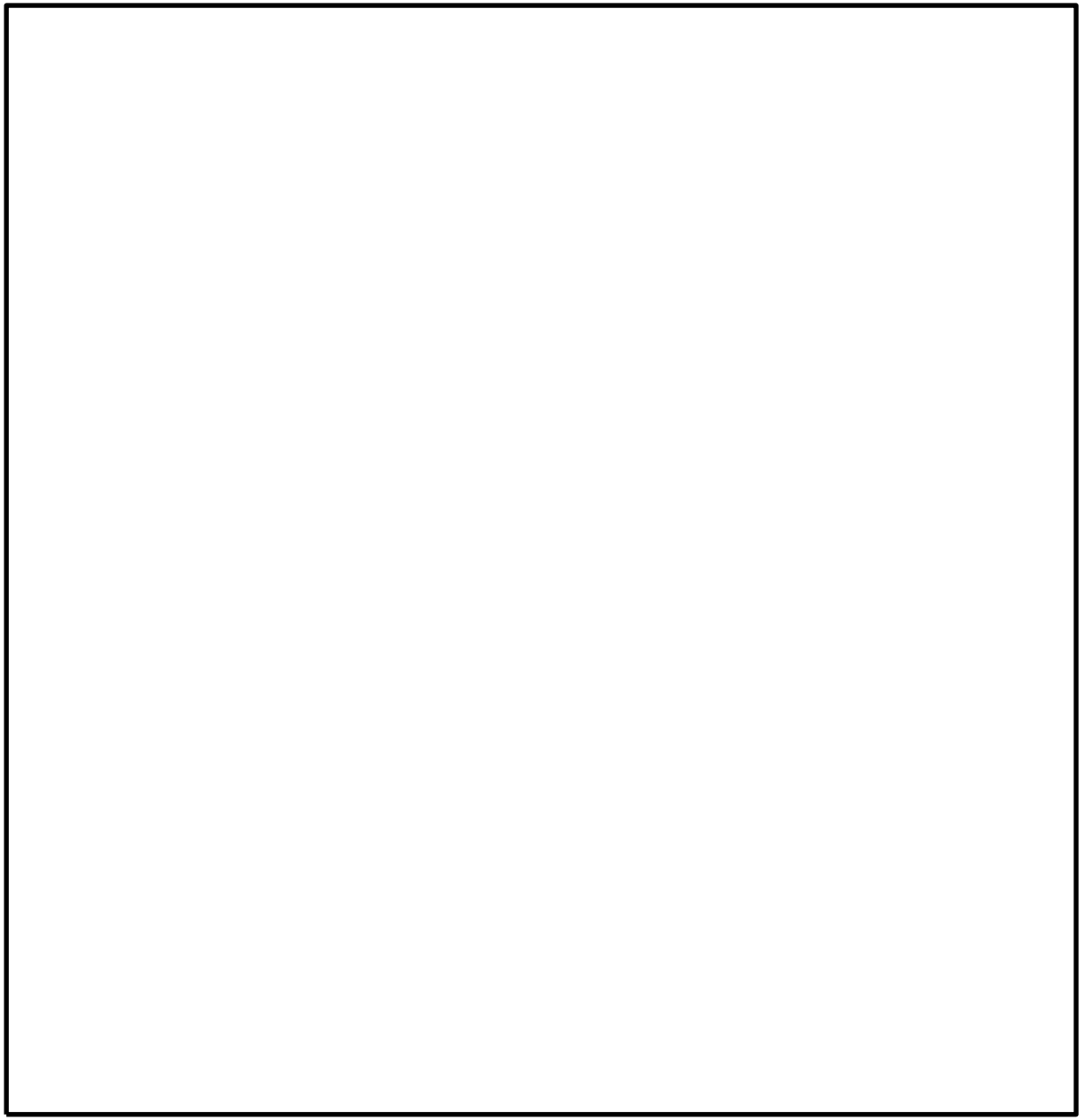
(単位：mm)

| $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

(単位：mm)

| $L_5$ | $L_6$ | $\ell$ | d |
|---|---|---|---|
| | | | |

| P (mm) |
|---|
| |



（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナの材質 | — | |
| ストレーナの質量 | kg/個 | |
| ストレーナの<br>内包水及び排除水の質量 | kg/個 | |
| ストレーナ１個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（応力解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナの材質 | — | |
| ストレーナの質量 | kg/個 | |
| 多孔プレートの等価縦弾性係数 | MPa | |
| 多孔プレートの等価ポアソン比 | — | |
| 多孔プレートの応力増倍率 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（RT） |
|---|---|---|---|---|---|
| 多孔プレート | | | | | — |
| リブ，フランジ等 | | | | | — |
| 取付ボルト | | | | | — |

2.3 計算数値

2.3.1 ストレーナの設計荷重

| 自重<br>(N) | 異物荷重<br>(N) | 差圧<br>(MPa) |
|---|---|---|
| | | |

2.3.2 フランジの設計荷重 (単位：N･mm)

| 荷重 | | モーメント |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 5 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

2.3.3 ボルトの設計荷重

| 荷重 | | 軸方向荷重<br>(N) | モーメント<br>(N･mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | |
| 3 | 差圧 | | |
| 4 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | |
| 5 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

2.4.2 応力 (単位：MPa)

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 材料 | 応力分類 | VAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| 残留熱除去系ストレーナ | P1 | 全ディスクセットの多孔プレート | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 97 | 341 | SA-2 |
| | P2 | ディスクセット間の円筒形多孔プレート | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 103 | 341 | SA-2 |
| | P3 | リブ | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 130 | 369 | SA-2 |
| | P4 | コンプレッションプレート | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 40 | 369 | SA-2 |
| | P5 | フィンガ | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 115 | 369 | SA-2 |
| | P6 | ストラップ | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 31 | 369 | SA-2 |
| | P7 | フランジ | | 曲げ応力 | 116 | 369 | SA-2 |
| | P8 | ボルト | | 引張応力 | 73 | 184 | SA-2 |

すべて許容応力以下である。

# 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）

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　地震応答解析及び構造強度評価 ····· 8
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 ····· 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 15
4.3　解析モデル及び諸元 ····· 16
4.4　固有周期 ····· 18
4.5　設計用地震力 ····· 18
4.6　計算方法 ····· 23
4.6.1　ティーの計算方法 ····· 23
4.6.2　フランジの計算方法 ····· 25
4.7　計算条件 ····· 26
4.8　応力の評価 ····· 26
5.　評価結果 ····· 27
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 27
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 27
6.　引用文献 ····· 27

1. 概要

本計算書は，技術基準規則の解釈第 17 条 4 において記載される「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，残留熱除去系ストレーナ部ティーが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は残留熱除去系ストレーナ部ティーの応力評価により行う。

残留熱除去系ストレーナ部ティーは，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），常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

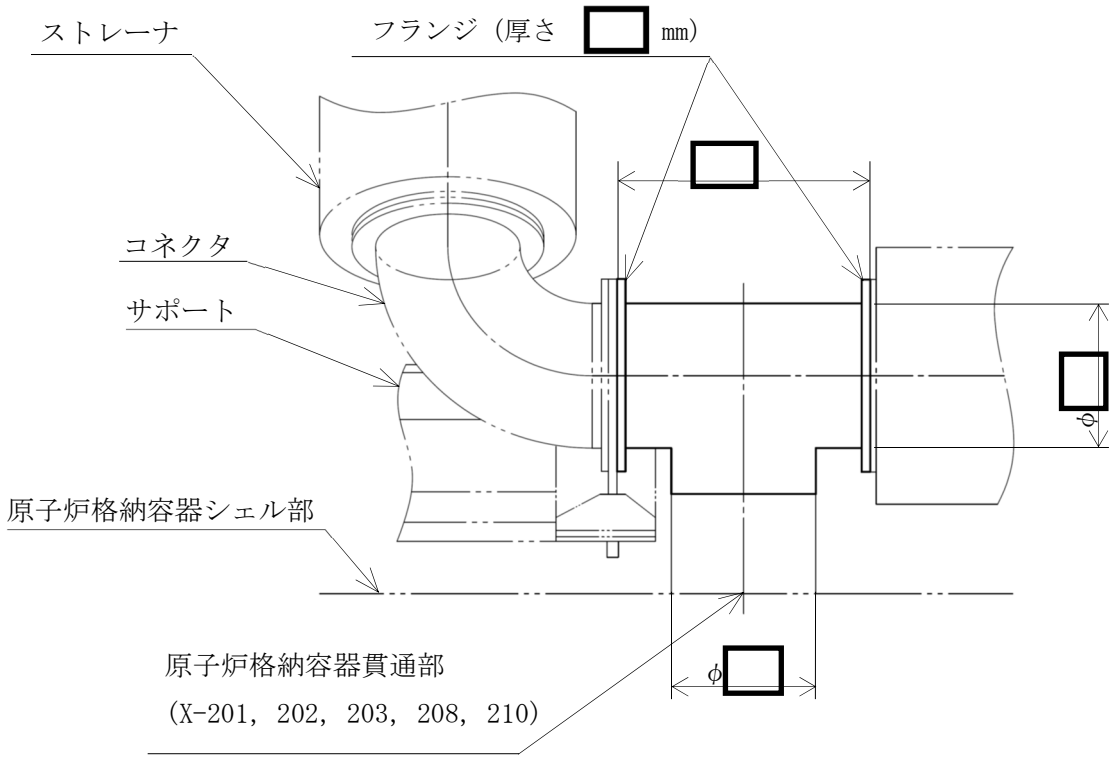
なお，残留熱除去系ストレーナ部ティー，高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティー及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーは同形状のティーを使用することから，本計算書においては代表して残留熱除去系ストレーナ部ティーの解析モデルを採用する。また，そのモデルに作用させる荷重については各ストレーナ部ティーの荷重条件で最大となる値を用いて評価している。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系ストレーナ部ティー，高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティー及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| ティーは，サプレッションプール内に水没された状態で設置されており，原子炉格納容器貫通部に取り付けられている。 | ティー形の管継手 |  |

2.2　評価方針

ストレーナ部ティーの応力評価は，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すストレーナ部ティーの部位を踏まえ「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。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ストレーナ部ティーの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

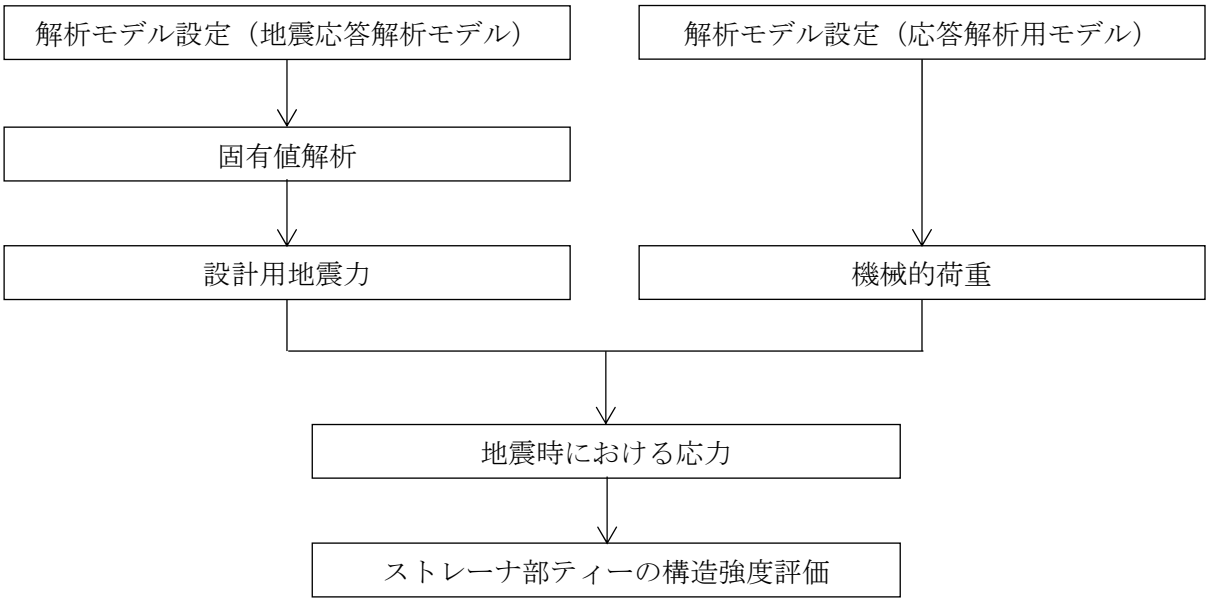



図 2－1　ストレーナ部ティーの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

・非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $S_{prm}$ | 発生応力 | MPa |
| P | 最高使用圧力（設計圧力） | MPa |
| $D_o$ | 管の外径 | mm |
| t | 厚さ | mm |
| $B_1$ | 設計・建設規格　表 PPB-3812.1-1 で規定する応力係数（＝ ） | — |
| $B_{2b}$ | 設計・建設規格　式 PPB-4.29 により計算した分岐管の応力係数<br>$=0.4\cdot\left(\frac{R_m}{T_r}\right)^{\frac{2}{3}}$（＝ ） | — |
| $R_m$ | 主管の平均半径 | mm |
| $T_r$ | 主管の厚さ | mm |
| $B_{2r}$ | 設計・建設規格　式 PPB-4.30 により計算した主管の応力係数<br>$=0.5\cdot\left(\frac{R_m}{T_r}\right)^{\frac{2}{3}}$（＝ ） | — |
| $M_b$ | 表 4－12 に示す分岐管に作用する最大モーメント | N･mm |
| $M_r$ | 表 4－12 に示す主管に作用する最大モーメント | N･mm |
| $Z_b$ | 分岐管の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_r$ | 主管の断面係数 | $mm^3$ |
| $S_d$* | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又は静的地震力 | — |
| $S_s$ | 基準地震動Ｓｓにより定まる地震力 | — |

注：ここで定義されない記号については，各計算の項目において説明する。

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 圧力 | MPa | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位*1 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*2 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 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*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

注記＊1：必要に応じて小数点以下第3位とする。

＊2：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。

＊3：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

ストレーナ部ティーの耐震評価は，「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，ティーについて実施する。なお，ストレーナ部ティーのフランジの評価もここで記載する。

ストレーナ部ティーの形状及び主要寸法を図 3－1～図 3－3 及び表 3－1 に示す。

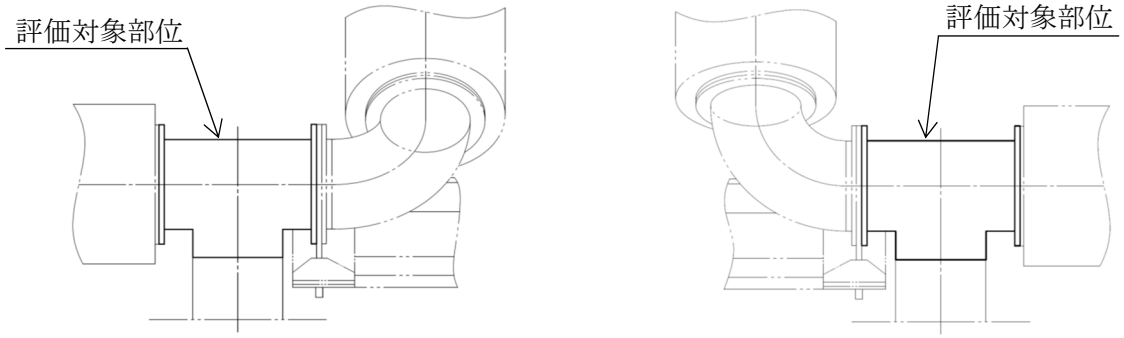



図 3－1　残留熱除去系ストレーナ部ティーの形状（貫通部番号：X-201，X-202，X-203）

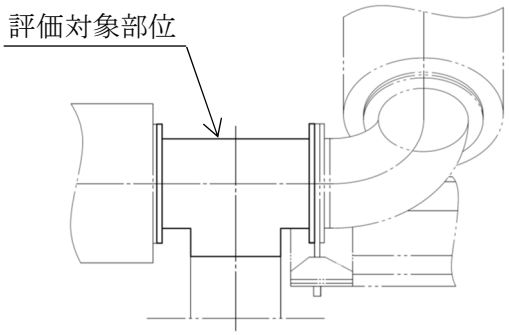



図 3－2　高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーの形状（貫通部番号：X-210）

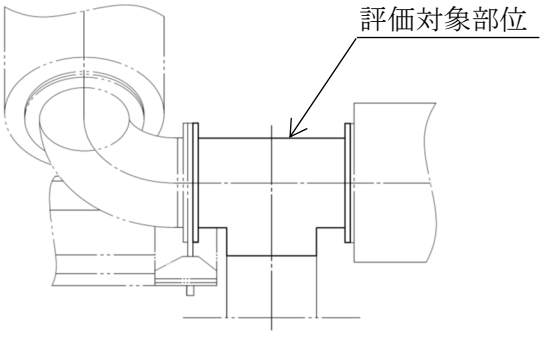



図 3－3　低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーの形状（貫通部番号：X-208）

表 3－1　ストレーナ部ティーの主要寸法

（単位：mm）

| 貫通部番号 | 外径 | 板厚 | フランジ間距離 |
|---|---|---|---|
| X-201～203（残留熱除去系） | | | |
| X-210（高圧炉心スプレイ系） | | | |
| X-208（低圧炉心スプレイ系） | | | |

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)　ストレーナの水平方向地震荷重及び鉛直方向地震荷重は，コネクタ，ティー，原子炉格納容器貫通部，及びサポートを介してサプレッションチェンバに伝達される。このため，ストレーナ部ティーは，ストレーナ部を含む一体モデルでの応答解析から得られたモーメントとストレーナから作用する荷重を用いて構造強度評価を行う。

ストレーナ部ティーの構造強度評価における固有値解析及び応答解析は，はりモデルによる有限要素解析手法を適用する。地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を4.3(1)項に示すはりモデル（以下「応答解析用モデル」という。），固有値及び地震荷重を4.3(2)項に示すはりモデル（以下「地震応答解析モデル」という。）により算出し，4.6 項に示す方法を用いてティー及びフランジの応力計算を行う。

(2)　地震力は，水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を考慮する。また，水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組み合わせにはＳＲＳＳ法を適用する。

(3)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　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

ストレーナ部ティー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。また，荷重の組合せの整理表を表 4－3 に示す。

4.2.2　許容応力

ストレーナ部ティーの許容応力は「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－4 に示す。なお，評価対象は，基本板厚計算書で膜応力を考慮した最小板厚の評価を実施していることから，一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ストレーナ部ティーの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

なお，各評価部位の使用材料については以下のとおり。

ティー　[redacted]

フランジ　[redacted]

表4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系ストレーナ部ティー | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティー | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティー | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |

表4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系ストレーナ部ティー | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 残留熱除去系ストレーナ部ティー | 常設耐震／防止<br>常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備その他の安全設備 | 残留熱除去系ストレーナ部ティー | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設／緩和 | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティー | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティー | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | 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／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

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

表4－3　荷重の組合せ整理表

| 組合せNo. | | 運転状態 | 死荷重 | 異物荷重 | 差圧 | ＳＲＶ荷重 | | ＬＯＣＡ荷重 | | | 地震荷重 | | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 運転時 | 中小破断時 | プールスウェル | 蒸気凝縮（ＣＯ） | チャギング（ＣＨ） | Ｓｄ*荷重 | Ｓｓ荷重 | |
| ＤＢＡ*1 | DBA-1 | 運転状態Ⅰ | ○ | | | | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| | DBA-2 | 運転状態Ⅰ | ○ | | | | | | | | | ○ | ⅣＡＳ |
| | DBA-3 | 運転状態Ⅱ | ○ | | | ○ | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| | DBA-4 | 運転状態Ⅱ | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | ⅣＡＳ |
| | DBA-5 | 運転状態Ⅳ（Ｌ） | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| ＳＡ*2 | SA-1 | 運転状態Ｖ（Ｌ）*3 | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | ＶＡＳ*4 |
| | SA-2 | 運転状態Ｖ（ＬＬ） | ○ | ○ | ○ | | | | | | | ○ | ＶＡＳ*4 |

注記＊1：設計基準対象施設

＊2：重大事故等対処設備

＊3：運転状態Ｖ（Ｌ）の評価は，温度条件を重大事故等時における最高使用温度178℃とした運転状態Ｖ（ＬＬ）の評価で代表される。

＊4：許容応力状態ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容応力を用いる。

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

| 許容応力状態 | 許容限界*1 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次一般膜応力 | 一次応力（曲げ応力を含む） | 一次＋二次応力*2 | 一次＋二次応力＋ピーク応力*2 |
| ⅢＡＳ | Ｓｙと0.6・Ｓｕの小さい方<br>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 | Ｓｙ<br>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 | Ｓｄ又はＳｓ地震動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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。 | |
| ⅣＡＳ | 0.6・Ｓｕ | 左欄の1.5倍の値 | | |
| ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | | Ｓｓ地震動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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。 | |

注記＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：二次応力が発生する場合のみ考慮する。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ティー | | 最高使用温度 | 104 | | | | — |
| フランジ | | 最高使用温度 | 104 | | | | — |

表4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ティー | | 最高使用温度 | 178 | | | | — |
| フランジ | | 最高使用温度 | 178 | | | | — |

4.2.4　設計荷重

ストレーナに作用する荷重（死荷重，水力学的動荷重，地震荷重等）はフランジを介してティーに伝達される。

(1)　死荷重

ティーの死荷重を表 4－7 に示す。

表 4－7　死荷重

(単位：N)

| 部位 | 残留熱除去系 | 高圧炉心スプレイ系 | 低圧炉心スプレイ系 |
|---|---|---|---|
| ティー | | | |

(2)　差圧

ティーの設計圧力は　　MPa を考慮する。

4.3　解析モデル及び諸元

本項においては，応答解析用モデル及び地震応答解析モデルについて説明する。

(1)　応答解析用モデル

ストレーナ部ティーの応答解析用モデルを図 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【残留熱除去系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算結果】の機器要目，解析モデルの諸元を本計算書の【残留熱除去系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算結果】の解析モデルの諸元に示す。なお，本モデルは，Ⅵ-3-3-3-3-1-3「残留熱除去系ストレーナの強度計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。

a.　応答解析用モデルではストレーナから原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い，地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を算出する。なお，ストレーナについてはリブ等の補強材を有しており，構造上十分に剛性が高いため，剛体としてモデル化する。また，ストレーナ取付角度に応じた 2 種類の解析モデルを用意し，包絡した荷重を用いる。

b.　ストレーナ部ティーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており，付根部は原子炉格納容器シェル部を模擬したばねの端点を拘束する。

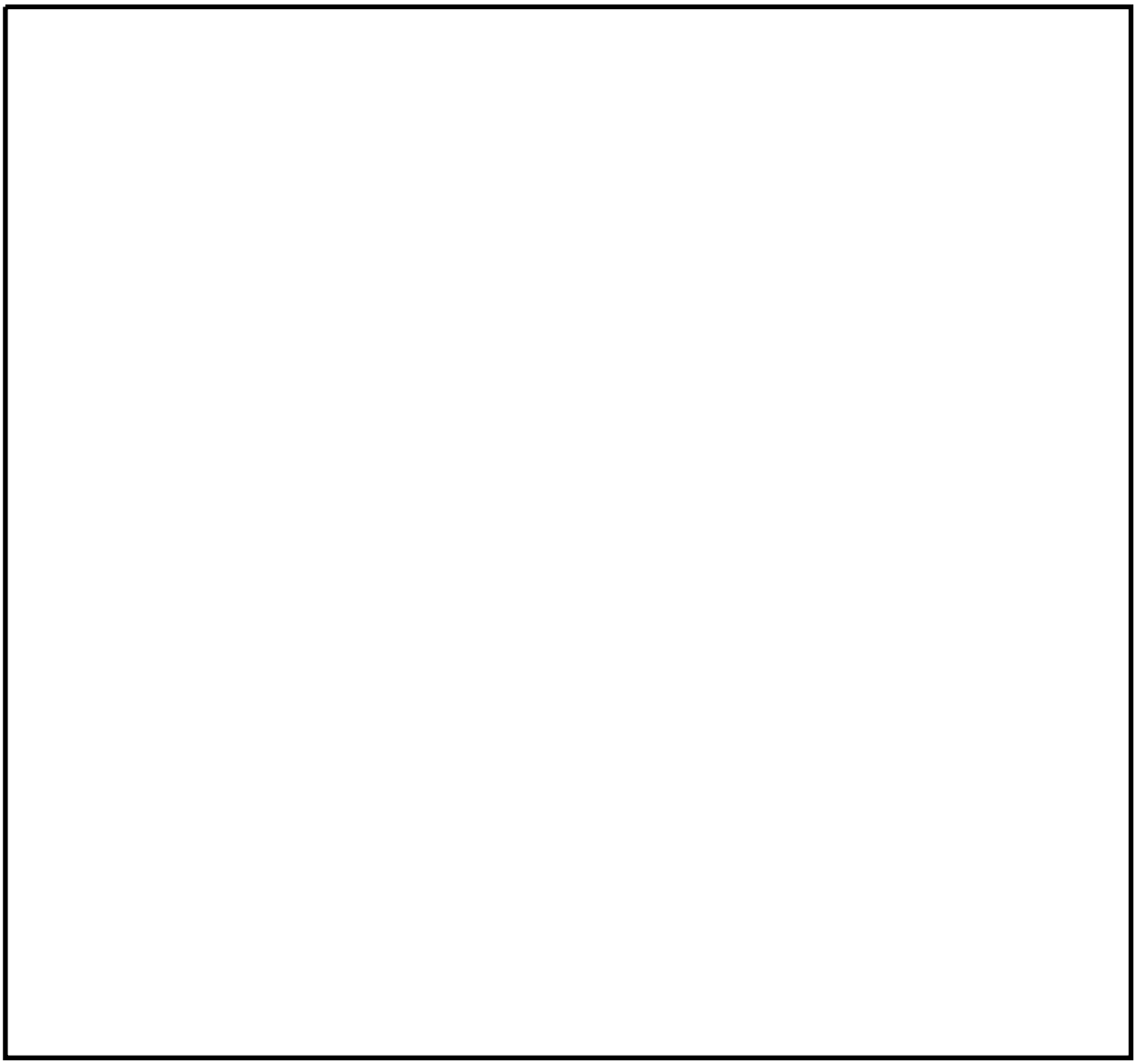
c.　ストレーナ取付部サポートはストレーナ部ティーとストレーナ取付部コネクタの間に挟まる形で取り付けられており，サポートパイプを模擬したはり要素にサポートプレートを模擬したばねを接続し，サポートパイプの付根部を完全拘束する。

d.　ストレーナ取付部サポートを除く各部の質量は，各部の重心位置（図 4－1 の○の節点）に集中質量を与える。また，ストレーナ取付部サポートのサポートプレート部の質量はサポートプレートを模擬したばねの両端に集中質量を与え，サポートパイプ部の質量は密度をはり要素に与える。

e.　本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため，応答解析では内包水及び排除水の影響を加味し，ストレーナ質量に含める。また，異物の質量も応答解析において考慮する。

f.　モデル全体に鉛直方向の重力加速度を入力し，各評価部位の死荷重を算出する。また，各部に作用する水力学的動荷重を各部の重心位置に入力し，各評価部位の水力学的動荷重を算出する。

g.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値及び荷重を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注：ビーム要素を構成している節点及び要素のみを示す。

図 4－1　応答解析用モデル

(2) 地震応答解析モデル

ストレーナ部ティーの地震応答解析モデルは，サプレッションチェンバの応答を考慮するため，サプレッションチェンバを模擬したはり要素に，4.3(1)項に示す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の応答解析用モデルを結合した有限要素モデルを用いて解析を行い，固有値及び地震荷重を算出する。

なお，地震応答解析は，水平方向動的地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水有効質量モデル）並びにそれ以外の地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水全質量モデル）の2種類を用いて解析を行う。

本モデルは，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」に示す地震応答解析モデルと同じモデルであり，解析モデルの概要及び機器の諸元は，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」にて説明するため，ここでは記載を省略する。

4.4 固有周期

地震応答解析モデルを用いた固有値解析の結果は，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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－8及び表4－9，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－10及び表4－11に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4－8　設計用地震力（設計基準対象施設）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度*4 | | 応答鉛直震度 | 応答水平震度*5 | | 応答鉛直震度 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 2 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 3 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 4 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 5 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 6 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 7 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 8 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 9 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 10 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 11 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 12 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 13 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 14 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 15 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 16 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 17 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 動的震度*6 | | 0.51 | 0.52 | — | 1.03 | 1.06 | — |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－9　設計用地震力（設計基準対象施設）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*4 | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*5 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 2 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 3 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 4 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 5 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 6 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 7 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 8 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 9 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 10 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 11 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 12 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 13 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 14 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 15 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 16 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 17 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 18 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 19 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 20 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 動的震度*6 | | — | — | 0.38 | — | — | 0.77 |
| 静的地震力*7 | | 0.58 | 0.58 | 0.29 | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：3.6・Ｃｉ及び 1.2・Ｃｖより定めた震度

表 4－10　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 2 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 3 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 4 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 5 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 6 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 7 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 8 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 9 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 10 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 11 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 12 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 13 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 14 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 15 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 16 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 17 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 動的震度*5 | | ― | ― | ― | 1.03 | 1.06 | ― |
| 静的地震力 | | ― | ― | ― | ― | ― | ― |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－11　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 | | 応答鉛直震度*4 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 2 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 3 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 4 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 5 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 6 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 7 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 8 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 9 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 10 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 11 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 12 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 13 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 14 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 15 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 16 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 17 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 18 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 19 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 20 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 動的震度*5 | | — | — | — | — | — | 0.77 |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

4.6　計算方法

4.6.1　ティーの計算方法

(1)　応力の計算方法

ティーに発生する応力は，設計・建設規格　PPC-3520 に従い算出する。なお，ティーの溶接継手は管の板厚の強度と同等以上となるように設計しているため，ここでは管について評価を行う。

$$S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_{2b} \cdot M_b}{Z_b} + \frac{B_{2r} \cdot M_r}{Z_r}$$

(2)　応力解析に用いるモーメント

応力解析に用いるモーメントは，図 4－2 に示す主管と分岐管に作用するモーメントを用いる。主管と分岐管のモーメントは 4.2.4 項に示したようにストレーナ部からの伝達荷重を考慮する。

算出したモーメントを表 4－12 に示す。ここでのモーメントとは，設計・建設規格　解説 PPC-3520 の考え方に基づいて設定した 3 方向のモーメントを二乗和平方根で合成したものであり，応答解析より得られたモーメントを用いる。

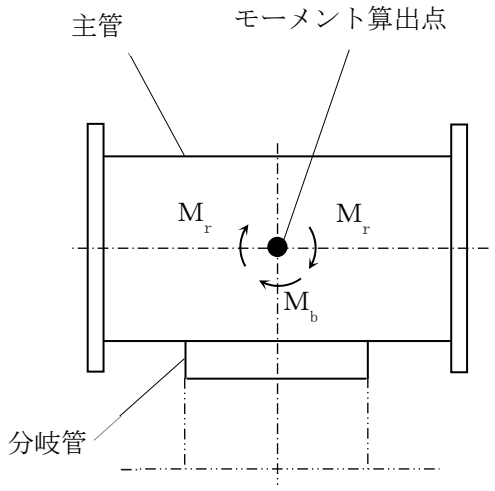



図 4－2　ティーのモーメント算出点

表 4－12　ティーの設計荷重

（単位：N･mm）

| 荷重 | | モーメント | |
|---|---|---|---|
| | | 主管 | 分岐管 |
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | |
| 3 | 差圧 | | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

4.6.2　フランジの計算方法

(1)　応力の計算方法

ストレーナ部ティーのストレーナやストレーナ取付部コネクタと取り付けるフランジは，一般的なフランジとは異なりガスケットを使用しない。そこで取付フランジを以下のようにモデル化し，応力評価を行う。

取付フランジを外周（ボルト穴中心円直径）が固定された平板と考え，表 4－13 に示すモーメントが中心部に作用すると考える。この場合の発生応力は，引用文献(1)より，図 4－3 に示す計算モデルで下記の計算式より求める。

$$\sigma_r = \frac{\beta \cdot M_{fmax}}{a \cdot t^2}$$

ここに，$\sigma_r$　：曲げ応力(MPa)

$M_{fmax}$　：表 4－13 に示す最大モーメント(N･mm)

a　：ボルト穴中心円半径＝[redacted]÷2＝[redacted](mm)

b　：フランジ内半径＝[redacted](mm)

t　：フランジ板厚＝[redacted](mm)

$\beta$　：b／a （＝[redacted]）から決まる計算上の係数＝[redacted]

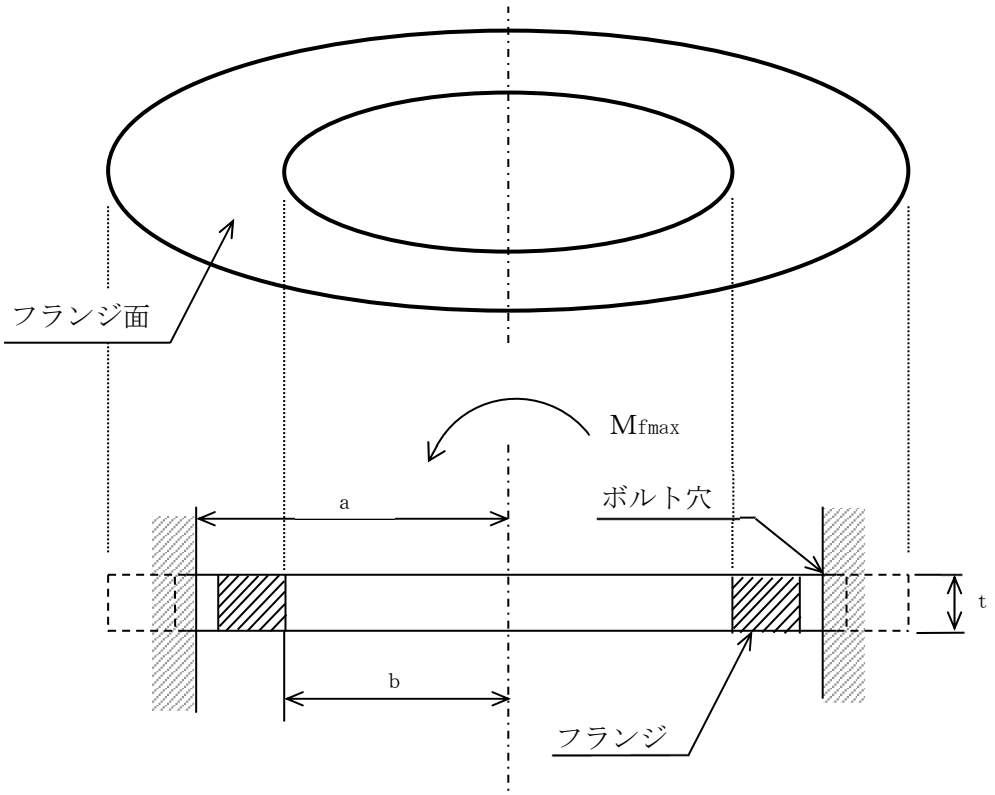



図 4－3　フランジ断面の計算モデル

(2)　応力解析に用いるモーメント

フランジの設計荷重は，図 4－3 に示すティーのストレーナ及びコネクタとの取合い部における最大モーメントを用いる。算出した最大モーメントを表 4－13 に示す。ここでの最大モーメントとは，ティーのストレーナ及びコネクタとの取合い部におけるフランジに対して面外方向の曲げモーメントとし，応答解析より得られたモーメントを用いる。フランジの面内方向のモーメント（ねじりモーメント）は，フランジの面内剛性が大きいため，ここでは評価対象としない。

表 4－13　フランジの設計荷重

（単位：N･mm）

| 荷重 | | 最大モーメント $M_{fmax}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

4.7　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算結果】に示す。

4.8　応力の評価

「4.6　計算方法」で求めた応力が表 4－4，表 4－5 及び表 4－6 を用いて算出される許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，各許容応力状態ⅢＡＳ及びⅣＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ストレーナ部ティー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。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，許容応力状態ＶＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

6. 引用文献

(1) WARREN C. YOUNG

“ROARK’S FORMULAS for Stress and Strain”7th Edition

【残留熱除去系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ部ティー | S | 原子炉建物 EL□ (EL 1.300*1) | □ | □ | $C_H$＝0.58*3 又は＊5 | $C_V$＝0.38*4 又は＊5 | $C_H$＝1.03*6 (NS 方向) $C_H$＝1.06*6 (EW 方向) 又は＊7 | $C_V$＝0.77*6 又は＊7 | 104 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度

＊5：設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動Ｓｄ）により得られる震度

＊6：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

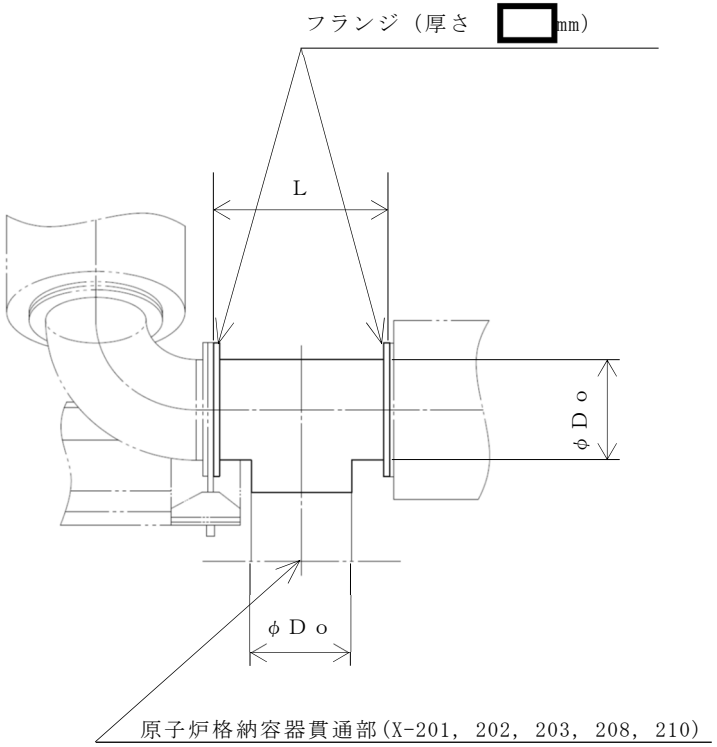
1.2　機器要目　　（単位：mm）

| 貫通部番号 | 外径Ｄｏ | 板厚ｔ | フランジ間距離Ｌ |
|---|---|---|---|
| X-201～203（残留熱除去系） | | | |
| X-210（高圧炉心スプレイ系） | | | |
| X-208（低圧炉心スプレイ系） | | | |

| $B_1$ (—) | $B_{2b}$ (—) | $B_{2r}$ (—) | $Z_b$ ($mm^3$) | $Z_r$ ($mm^3$) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（ＲＴ） |
|---|---|---|---|---|---|
| ティー | | | | | — |
| フランジ | | | | | — |



原子炉格納容器貫通部(X-201，202，203，208，210)

（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナ部ティーの材質 | — | |
| ストレーナ部ティーの質量 | Kg | |
| ストレーナ部ティーの内包水及び排除水の質量 | Kg | |
| ストレーナ１個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

1.3　計算数値

1.3.1　ティーの自重及び設計荷重

| 自重<br>(N) | 設計圧力P<br>(MPa) |
|---|---|
| | |

(単位：N･mm)

| 荷重 | | モーメント | |
|---|---|---|---|
| | | 主管 | 分岐管 |
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | |
| 3 | 差圧 | | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
　　＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

1.3.2　フランジの設計荷重

(単位：N･mm)

| 荷重 | | 最大モーメント<br>$M_{fmax}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
　　＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

1.4 結論

1.4.1 固有周期 （単位：s）

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | [redacted] |
| 鉛直 | [redacted] |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

1.4.2 応力 （単位：MPa）

| 評価対象設備 | 評価部位 | 材料 | 応力分類 | ⅢAS | | | ⅣAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| ストレーナ部ティー | ティー | [redacted] | 一次応力 | $S_{prm}$＝142 | 219 | DBA-3 | $S_{prm}$＝204 | 364 | DBA-4 |
| | フランジ | | 一次応力 | $\sigma_r$＝107 | 237 | DBA-3 | $\sigma_r$＝172 | 387 | DBA-4 |

すべて許容応力以下である。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ部ティー | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設耐震／防止<br>常設／緩和 | 原子炉建物<br>EL□<br>(EL 1.300*1) | □ | □ | — | — | $C_H$＝1.03*3（NS 方向）<br>$C_H$＝1.06*3（EW 方向）<br>又は＊4 | $C_V$＝0.77*3<br>又は＊4 | 178 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ｉ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊4：設計用床応答スペクトルＩ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

2.2 機器要目

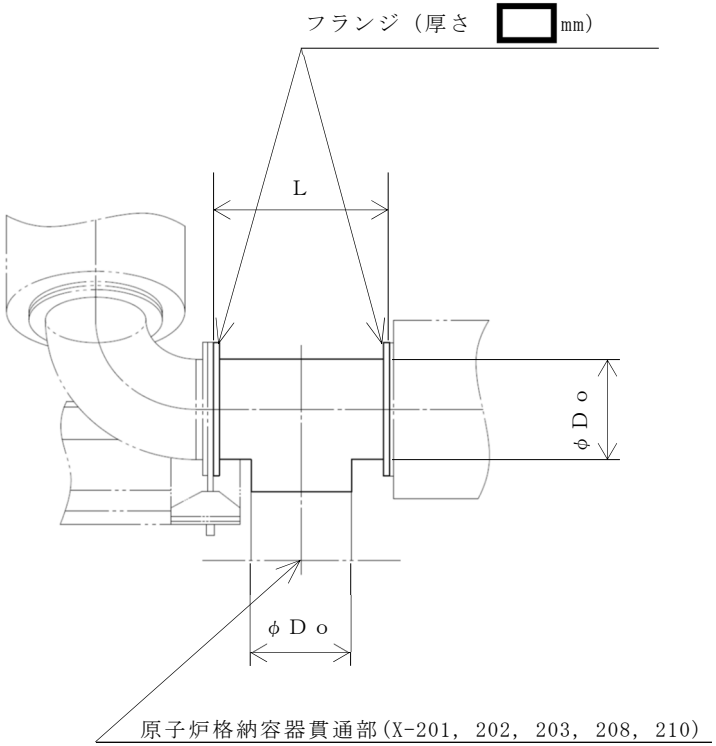
（単位：mm）

| 貫通部番号 | 外径Ｄｏ | 板厚ｔ | フランジ間距離Ｌ |
|---|---|---|---|
| X-201～203（残留熱除去系） | | | |
| X-210（高圧炉心スプレイ系） | | | |
| X-208（低圧炉心スプレイ系） | | | |

| $B_1$ (—) | $B_{2b}$ (—) | $B_{2r}$ (—) | $Z_b$ ($mm^3$) | $Z_r$ ($mm^3$) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（ＲＴ） |
|---|---|---|---|---|---|
| ティー | | | | | — |
| フランジ | | | | | — |



原子炉格納容器貫通部(X-201，202，203，208，210)

（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナ部ティーの材質 | — | |
| ストレーナ部ティーの質量 | Kg | |
| ストレーナ部ティーの内包水及び排除水の質量 | Kg | |
| ストレーナ１個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

2.3 計算数値

2.3.1 ティーの自重及び設計荷重

| 自重<br>(N) | 設計圧力P<br>(MPa) |
|---|---|
| | |

(単位：N･mm)

| 荷重 | | モーメント | |
|---|---|---|---|
| | | 主管 | 分岐管 |
| 1 | 死荷重 | $3.965\times10^{6}$ | $1.346\times10^{7}$ |
| 2 | 異物荷重*1 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 差圧 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | ストレーナＳｓ地震荷重 | $3.576\times10^{7}$ | $8.963\times10^{7}$ |
| 5 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | 0.000 | 0.000 |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

2.3.2 フランジの設計荷重

(単位：N･mm)

| 荷重 | | 最大モーメント<br>$M_{fmax}$ | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | | |
| 3 | 差圧 | | | |
| 4 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | | |
| 5 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

2.4 結論

2.4.1 固有周期 （単位：s）

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | [redacted] |
| 鉛直 | |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

2.4.2 応力 （単位：MPa）

| 評価対象設備 | 評価部位 | 材料 | 応力分類 | VAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| ストレーナ部ティー | ティー | [redacted] | 一次応力 | $S_{prm}$＝143 | 363 | SA-2 |
| | フランジ | | 一次応力 | $\sigma_r$＝143 | 380 | SA-2 |

すべて許容応力以下である。

# 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

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　地震応答解析及び構造強度評価 ····· 8
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 ····· 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
4.2.2　許容応力 ····· 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 15
4.3　解析モデル及び諸元 ····· 16
4.4　固有周期 ····· 18
4.5　設計用地震力 ····· 18
4.6　計算方法 ····· 23
4.6.1　コネクタの計算方法 ····· 23
4.6.2　フランジの計算方法 ····· 25
4.7　計算条件 ····· 26
4.8　応力の評価 ····· 26
5.　評価結果 ····· 27
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 27
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 27
6.　引用文献 ····· 27

1. 概要

本計算書は，技術基準規則の解釈第 17 条 4 において記載される「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの応力評価により行う。

残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張），常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

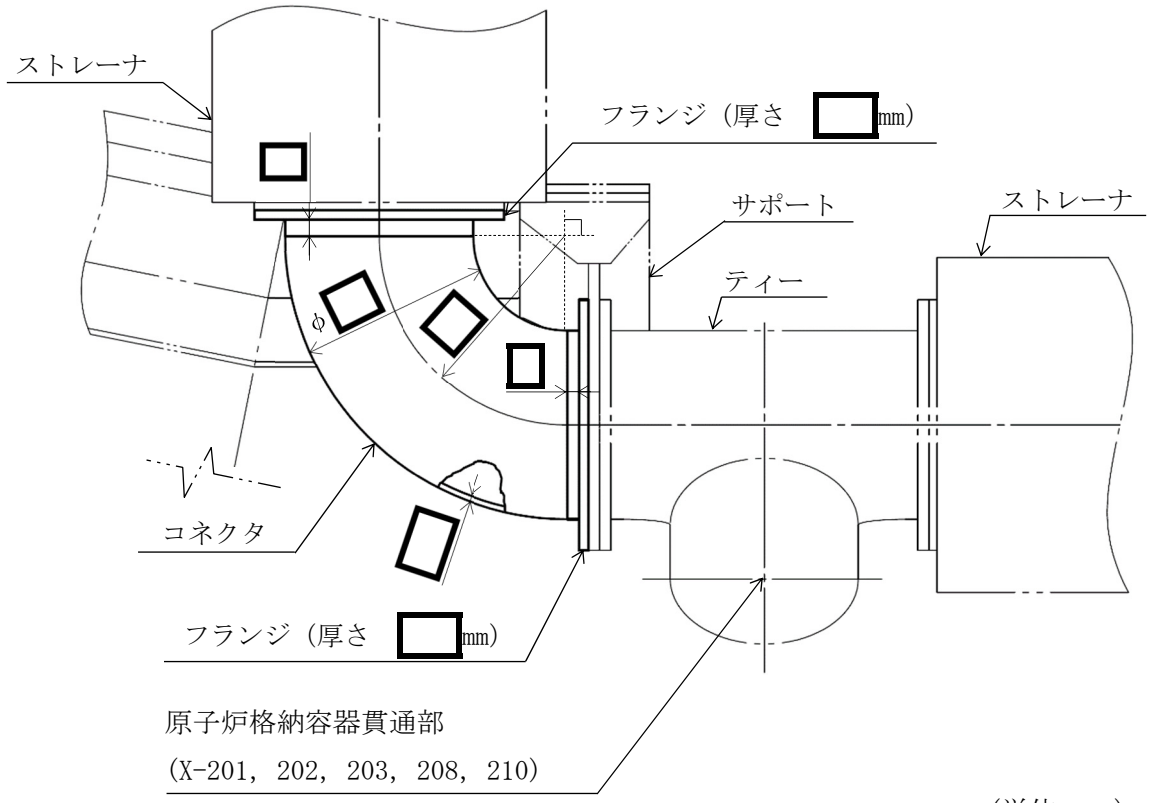
なお，残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ，高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタ及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタは同形状のコネクタを使用することから，本計算書においては，代表して残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの解析モデルを採用する。また，そのモデルに作用させる荷重については各ストレーナ取付部コネクタの荷重条件で最大となる値を用いて評価している。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ，高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタ及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| コネクタは，サプレッションプール内に水没された状態で設置されており，ティー及びストレーナの間に取り付けられる。 | コネクタ |  |

2.2　評価方針

ストレーナ取付部コネクタの応力評価は，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すストレーナ取付部コネクタの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ストレーナ取付部コネクタの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

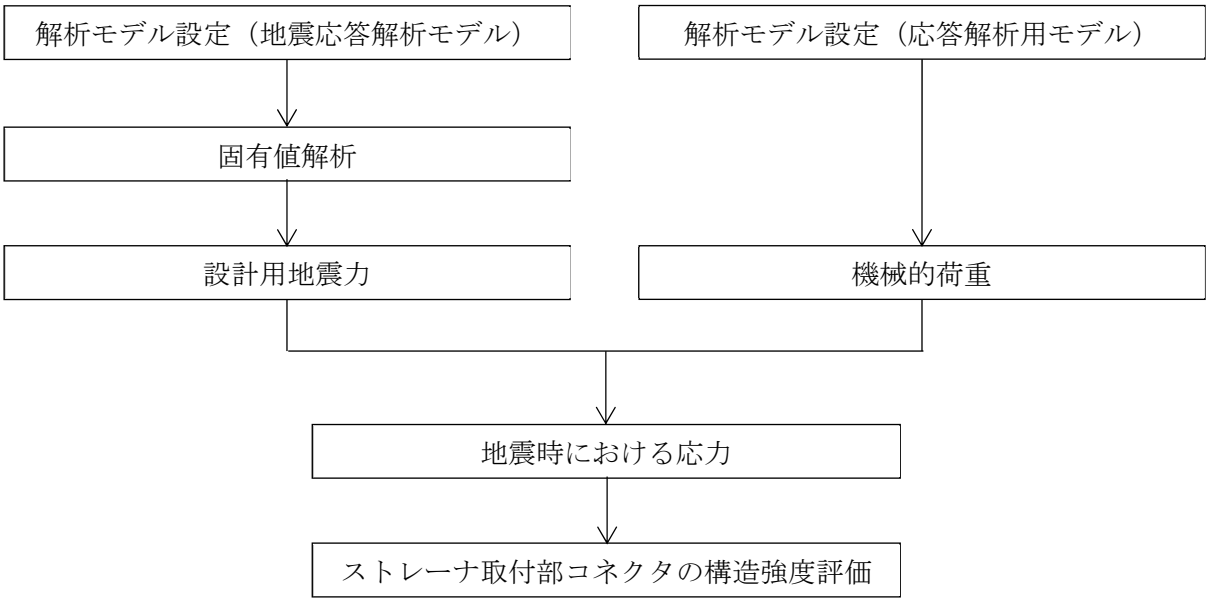



図 2－1　ストレーナ取付部コネクタの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

・非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $B_1$ | 設計・建設規格　表 PPB-3812.1-1 で規定する応力係数 | ― |
| $B_2$ | 設計・建設規格　式 PPB-4.20 により算出した応力係数 | ― |
| D | 外径 | mm |
| L | 長さ | mm |
| M | モーメント | N･mm |
| P | 圧力 | MPa |
| Ｓｄ* | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又は静的地震力 | ― |
| Ｓｓ | 基準地震動Ｓｓにより定まる地震力 | ― |
| t | 厚さ | mm |
| Z | 断面係数 | $mm^3$ |
| σ | 応力 | MPa |

注：ここで定義されない記号については，各計算の項目において説明する。

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 圧力 | MPa | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位*1 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*2 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 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*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

注記＊1：必要に応じて小数点以下第3位表示とする。

＊2：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。

＊3：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

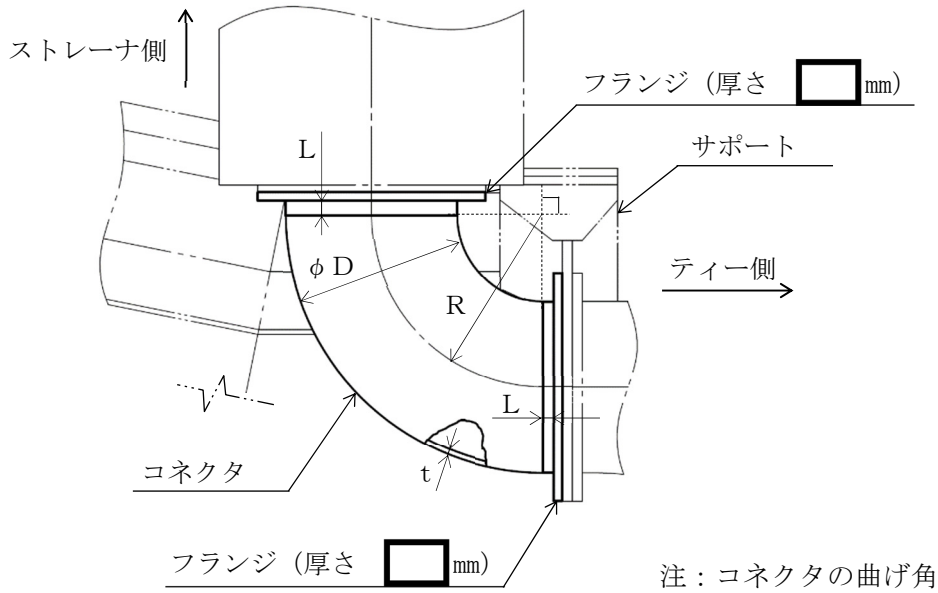
ストレーナ取付部コネクタの耐震評価は，「4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，ストレーナ取付部コネクタ及びフランジについて実施する。

なお，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」に示すストレーナ取付部ボルトの評価は，ストレーナとコネクタ間，ティーとコネクタ間，及びティーとストレーナ間で発生する荷重及びモーメントを包絡させた荷重及びモーメントを用いており，ストレーナ取付部コネクタをストレーナ部ティーに取り付けるためのボルトの評価は，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」に示すストレーナ取付部ボルトの評価で代表されるため，ここでは記載を省略する。

また，ストレーナ取付部コネクタのフランジのうちストレーナと取り付けるフランジの評価は，ストレーナ側フランジより板厚を大きく設計しており（コネクタ側フランジ厚さ [redacted] mm，ストレーナ側 [redacted] mm），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」に示すストレーナ側フランジの評価に包含されるため，ここでは記載を省略する。

ストレーナ取付部コネクタの形状及び主要寸法を図 3－1 に示す。






注：コネクタの曲げ角度は 90°

残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ（貫通部番号：X-201，X-202，X-203）
高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタ（貫通部番号：X-210）
低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタ（貫通部番号：X-208）

D＝[redacted]　　t＝[redacted]　　R＝[redacted]　　L＝[redacted]

図 3－1　ストレーナ取付部コネクタの形状及び主要寸法（単位：mm）

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)　ストレーナの水平方向地震荷重及び鉛直方向地震荷重は，コネクタ，ティー，原子炉格納容器貫通部，及びサポートを介してサプレッションチェンバに伝達される。このため，ストレーナ取付部コネクタは，ストレーナ部を含む一体モデルでの応答解析から得られたモーメントとストレーナから作用する荷重を用いて構造強度評価を行う。

ストレーナ取付部コネクタの構造強度評価における固有値解析及び応答解析は，はりモデルによる有限要素解析手法を適用する。地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を 4.3(1)項に示すはりモデル（以下「応答解析用モデル」という。），固有値及び地震荷重を 4.3(2)項に示すはりモデル（以下「地震応答解析モデル」という。）により算出し，4.6 項に示す計算方法を用いてコネクタ及びフランジの応力計算を行う。

(2)　地震力は，水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を考慮する。また，水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組み合わせには SRSS 法を適用する。

(3)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。



4.2　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

ストレーナ取付部コネクタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。また，荷重の組合せの整理表を表 4－3 に示す。

4.2.2　許容応力

ストレーナ取付部コネクタの許容応力は「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－4 に示す。なお，評価対象は，構造又は形状の不連続性を有する部分であることから，発生する一次一般膜応力は十分小さいため，一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ストレーナ取付部コネクタの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

なお，各評価部位の使用材料については以下のとおり。

コネクタ

フランジ

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉<br>冷却系統<br>施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系<br>ストレーナ<br>取付部コネクタ | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |
| 原子炉<br>冷却系統<br>施設 | 非常用炉心冷却設備<br>その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系<br>ストレーナ<br>取付部コネクタ | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |
| 原子炉<br>冷却系統<br>施設 | 非常用炉心冷却設備<br>その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系<br>ストレーナ<br>取付部コネクタ | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |

表4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | 常設耐震／防止<br>常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備その他の安全設備 | 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設／緩和 | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタ | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタ | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | 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／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

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

表4－3　荷重の組合せ整理表

| 組合せNo. | | 運転状態 | 死荷重 | 異物荷重 | 差圧 | ＳＲＶ荷重 | | ＬＯＣＡ荷重 | | | 地震荷重 | | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 運転時 | 中小破断時 | プールスウェル | 蒸気凝縮（ＣＯ） | チャギング（ＣＨ） | Ｓｄ*荷重 | Ｓｓ荷重 | |
| ＤＢＡ*1 | DBA-1 | 運転状態Ⅰ | ○ | | | | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| | DBA-2 | 運転状態Ⅰ | ○ | | | | | | | | | ○ | ⅣＡＳ |
| | DBA-3 | 運転状態Ⅱ | ○ | | | ○ | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| | DBA-4 | 運転状態Ⅱ | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | ⅣＡＳ |
| | DBA-5 | 運転状態Ⅳ（Ｌ） | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | ⅢＡＳ |
| ＳＡ*2 | SA-1 | 運転状態Ⅴ（Ｌ）*3 | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | ⅤＡＳ*4 |
| | SA-2 | 運転状態Ⅴ（ＬＬ） | ○ | ○ | ○ | | | | | | | ○ | ⅤＡＳ*4 |

注記＊1：設計基準対象施設

＊2：重大事故等対処設備

＊3：運転状態Ⅴ（Ｌ）の評価は，温度条件を重大事故等時における最高使用温度178℃とした運転状態Ⅴ（ＬＬ）の評価で代表される。

＊4：許容応力状態ⅤＡＳとしてⅣＡＳの許容応力を用いる。

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

| 許容応力<br>状態 | 許容限界*1 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次一般膜応力 | 一次応力<br>（曲げ応力を含む） | 一次＋二次応力*2 | 一次＋二次応力<br>＋ピーク応力*2 |
| ⅢAS | Ｓｙと0.6・Ｓｕの小さい方<br>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 | Ｓｙ<br>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 | Ｓｄ又はＳｓ地震動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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。 | |
| ⅣAS | 0.6・Ｓｕ | 左欄の1.5倍の値 | | |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | Ｓｓ地震動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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。 | |

注記＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：二次応力が発生する場合のみ考慮する。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| コネクタ | [redacted] | 最高使用温度 | 104 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | ― |
| フランジ | [redacted] | 最高使用温度 | 104 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | ― |

表4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| コネクタ | [redacted] | 最高使用温度 | 178 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | ― |
| フランジ | [redacted] | 最高使用温度 | 178 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | ― |

4.2.4　設計荷重

(1)　死荷重

ストレーナとコネクタの自重による荷重及び残留熱除去系ストレーナに付着する異物の自重による異物荷重の 2 つの死荷重を考慮する。

| | | |
|---|---|---|
| ストレーナ | [redacted] | N |
| コネクタ | [redacted] | N |
| 異物 | [redacted] | N |

(2)　差圧

コネクタの設計圧力は [redacted] MPa を考慮する。

4.3　解析モデル及び諸元

本項においては，応答解析用モデル及び地震応答解析モデルについて説明する。

(1)　応答解析用モデル

ストレーナ取付部コネクタの応答解析用モデルを図 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【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結果】の機器要目，解析モデルの諸元を本計算書の【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結果】の解析モデルの諸元に示す。なお，本モデルは，Ⅵ-3-3-3-3-1-3「残留熱除去系ストレーナの強度計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。

a.　応答解析用モデルではストレーナから原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い，地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を算出する。なお，ストレーナについてはリブ等の補強材を有しており，構造上十分に剛性が高いため，剛体としてモデル化する。また，ストレーナ取付角度に応じた 2 種類の解析モデルを用意し，包絡した荷重を用いる。

b.　ストレーナ部ティーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており，付根部は原子炉格納容器シェル部を模擬したばねの端点を拘束する。

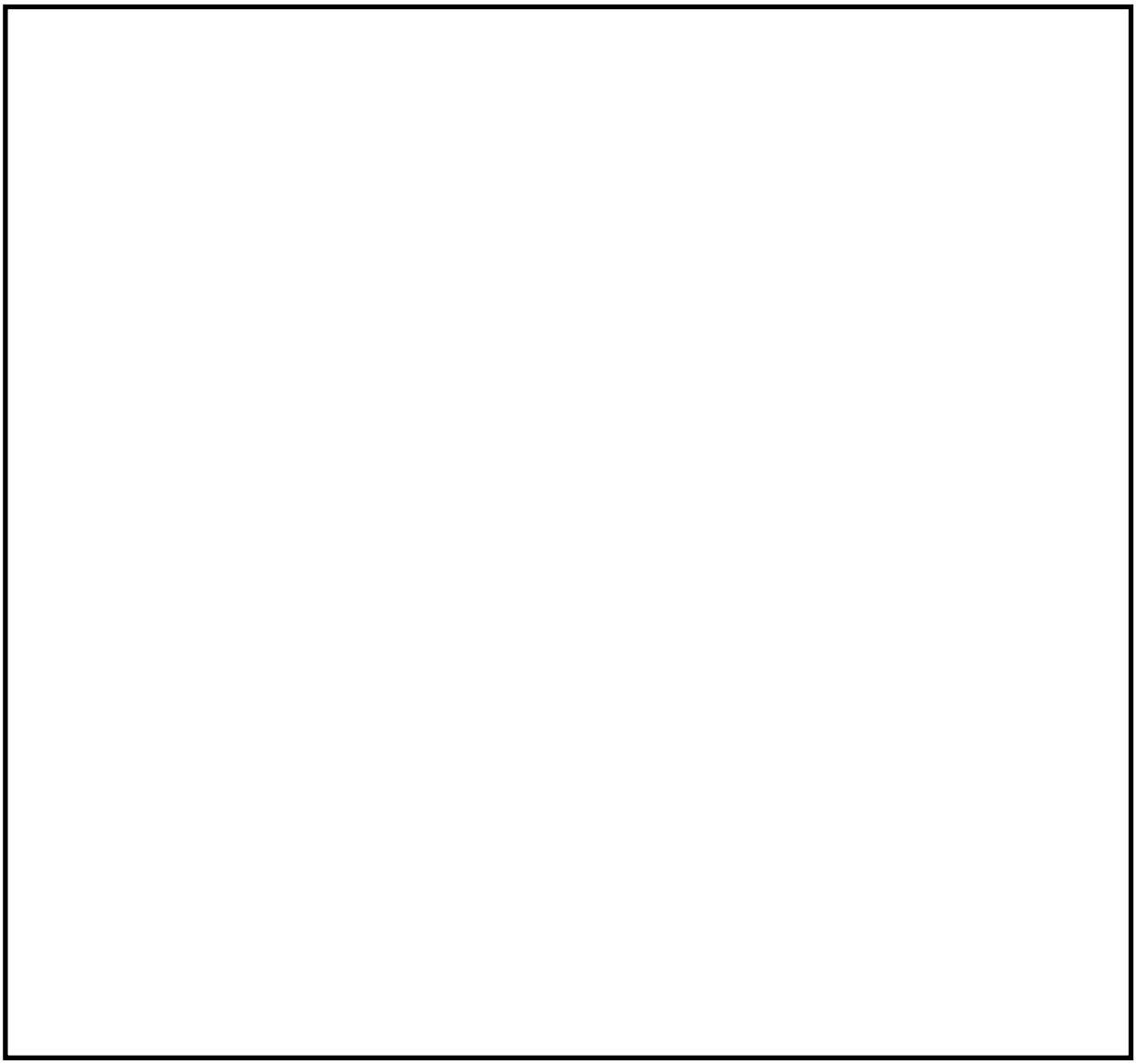
c.　ストレーナ取付部サポートはストレーナ部ティーとストレーナ取付部コネクタの間に挟まる形で取り付けられており，サポートパイプを模擬したはり要素にサポートプレートを模擬したばねを接続し，サポートパイプの付根部を完全拘束する。

d.　ストレーナ取付部サポートを除く各部の質量は，各部の重心位置（図 4－1 の○の節点）に集中質量を与える。また，ストレーナ取付部サポートのサポートプレート部の質量はサポートプレートを模擬したばねの両端に集中質量を与え，サポートパイプ部の質量は密度をはり要素に与える。

e.　本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため，応答解析では内包水及び排除水の影響を加味し，ストレーナ質量に含める。また，異物の質量も応答解析において考慮する。

f.　モデル全体に鉛直方向の重力加速度を入力し，各評価部位の死荷重を算出する。また，各部に作用する水力学的動荷重を各部の重心位置に入力し，各評価部位の水力学的動荷重を算出する。

g.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値及び荷重を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注：ビーム要素を構成している節点及び要素のみを示す。

図 4－1　応答解析用モデル

(2) 地震応答解析モデル

ストレーナ取付部コネクタの地震応答解析モデルは，サプレッションチェンバの応答を考慮するため，サプレッションチェンバを模擬したはり要素に，4.3(1)項に示す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の応答解析用モデルを結合した有限要素モデルを用いて解析を行い，固有値及び地震荷重を算出する。

なお，地震応答解析は，水平方向動的地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水有効質量モデル）並びにそれ以外の地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水全質量モデル）の2種類を用いて解析を行う。

本モデルは，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」に示す地震応答解析モデルと同じモデルであり，解析モデルの概要及び機器の諸元は，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」にて説明するため，ここでは記載を省略する。

4.4 固有周期

地震応答解析モデルを用いた固有値解析の結果は，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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－7及び表4－8，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－9及び表4－10に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [redacted] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [redacted] *2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度*4 | | 応答鉛直震度 | 応答水平震度*5 | | 応答鉛直震度 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 2 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 3 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 4 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 5 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 6 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 7 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 8 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 9 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 10 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 11 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 12 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 13 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 14 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 15 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 16 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 17 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 動的震度*6 | | 0.51 | 0.52 | — | 1.03 | 1.06 | — |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－8　設計用地震力（設計基準対象施設）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*4 | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*5 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 2 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 3 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 4 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 5 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 6 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 7 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 8 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 9 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 10 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 11 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 12 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 13 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 14 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 15 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 16 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 17 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 18 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 19 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 20 次 | [　　] | ― | ― | [　　] | ― | ― | [　　] |
| 動的震度*6 | | ― | ― | 0.38 | ― | ― | 0.77 |
| 静的地震力*7 | | 0.58 | 0.58 | 0.29 | ― | ― | ― |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：3.6・Ｃｉ及び 1.2・Ｃｖより定めた震度

表 4－9　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 2 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 3 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 4 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 5 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 6 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 7 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 8 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 9 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 10 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 11 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 12 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 13 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 14 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 15 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 16 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 17 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 動的震度*5 | | ― | ― | ― | 1.03 | 1.06 | ― |
| 静的地震力 | | ― | ― | ― | ― | ― | ― |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－10　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 | | 応答鉛直震度*4 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 2 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 3 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 4 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 5 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 6 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 7 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 8 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 9 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 10 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 11 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 12 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 13 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 14 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 15 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 16 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 17 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 18 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 19 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 20 次 | [　　] | — | — | — | — | — | [　　] |
| 動的震度*5 | | — | — | — | — | — | 0.77 |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

4.6　計算方法

4.6.1　コネクタの計算方法

(1)　応力の計算方法

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。なお，コネクタの溶接継手は管の板厚の強度と同等以上となるように設計するため，ここでは管について評価を行う。

応力算出は以下の式に従う。

$$S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_{max}}{Z}$$

ここに，$S_{prm}$　：発生応力(MPa)

$P$　：最高使用圧力（設計圧力）(MPa)

$D_o$　：管の外径(mm)

$t$　：管の厚さ(mm)

$B_1$　：設計・建設規格　表 PPB-3812.1-1 で規定する応力係数（＝ ）

$B_2$　：設計・建設規格　式 PPB-4.20 により算出した応力係数（＝ ）

$$= \frac{1.30}{h^{\frac{2}{3}}}$$

$h$　：設計・建設規格　式 PPB-4.21 により計算した値

$$= \frac{t \cdot R}{r^2}$$

$R$　：コネクタ中心線の曲率半径＝ (mm)

$r$　：設計・建設規格　式 PPB-4.19 により計算した値(mm)

$$= \frac{D_o - t}{2}$$

$M_{max}$　：表 4－11 に示す最大モーメント(N･mm)

$Z$　：管の断面係数($mm^3$)

(2)　応力解析に用いるモーメント

コネクタの設計荷重は，ストレーナからの伝達荷重とコネクタ自身に作用する荷重から算出した，図 4－2 に示すコネクタのストレーナ及びティーとの取合い部における最大モーメントを用いる。なお，ここでの最大モーメントとは，コネクタのティーとの取合い部における 3 方向のモーメントを二乗和平方根で合成したものであり，応答解析より得られたモーメントを用いる。

算出した最大モーメントを表 4－11 に示す。

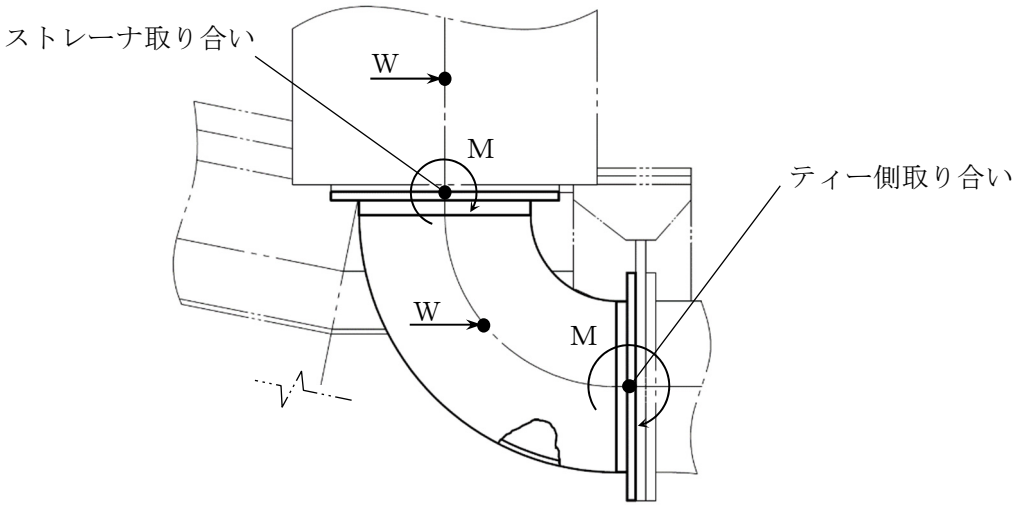



図 4－2　コネクタのモーメント算出点

表 4－11　コネクタの設計荷重

（単位：N･mm）

| 荷重 | | 最大モーメント $M_{max}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

4.6.2　フランジの計算方法

(1)　応力の計算方法

ストレーナ取付部コネクタのストレーナ部ティーと取り付けるフランジは，一般的なフランジとは異なりガスケットを使用しない。そこで取付フランジを以下のようにモデル化し，応力評価を行う。

取付フランジを外周（ボルト穴中心円直径）が固定された平板と考え，表 4－12 に示すモーメントが中心部に作用すると考える。この場合の発生応力は，引用文献(1)より，図 4－3 に示す計算モデルで下記の計算式より求める。

$$\sigma_r = \frac{\beta \cdot M_{fmax}}{a \cdot t^2}$$

ここに，$\sigma_r$　：曲げ応力(MPa)

$M_{fmax}$　：表 4－12 に示す最大モーメント(N･mm)

a　：ボルト穴中心円半径＝[　]÷2＝[　](mm)

b　：フランジ内半径＝[　](mm)

t　：フランジ板厚＝[　](mm)

$\beta$　：b／a （＝[　]）から決まる計算上の係数＝[　]

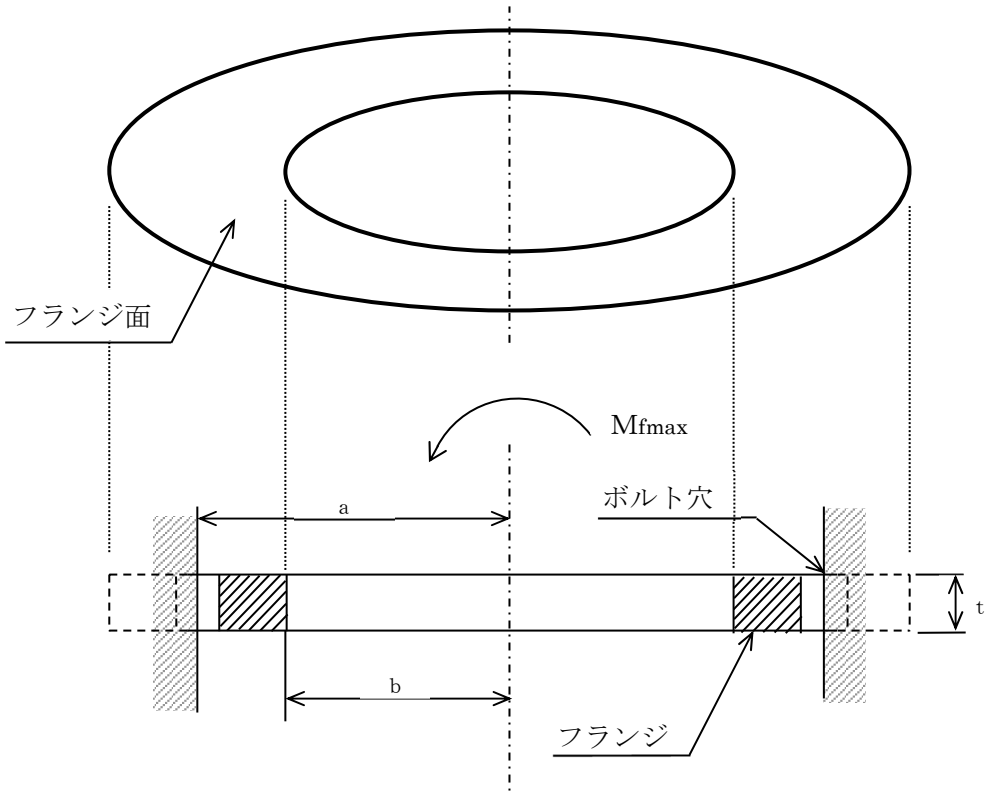



図 4－3　フランジ断面の計算モデル

(2)　応力解析に用いるモーメント

フランジの設計荷重は，図 4－2 に示すコネクタのストレーナ及びティーとの取合い部における最大モーメントを用いる。算出した最大モーメントを表 4－12 に示す。ここでの最大モーメントとは，コネクタのティーとの取合い部におけるフランジに対して面外方向の曲げモーメントとし，応答解析より得られたモーメントを用いる。フランジの面内方向のモーメント（ねじりモーメント）は，フランジの面内剛性が大きいため，ここでは評価対象としない。

表 4－12　フランジの設計荷重

（単位：N･mm）

| 荷重 | | 最大モーメント $M_{fmax}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

4.7　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算結果】に示す。

4.8　応力の評価

「4.6　計算方法」で求めたストレーナ取付部コネクタの応力が表 4－4，表 4－5 及び表 4－6 を用いて算出した許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ストレーナ取付部コネクタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，各許容応力状態ⅢＡＳ及びⅣＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ストレーナ取付部コネクタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，許容応力状態ＶＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

6. 引用文献

(1) WARREN C. YOUNG

“ROARK’S FORMULAS for Stress and Strain” 7th Edition

【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*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | S | 原子炉建物 EL□ (EL 1.300*1) | □ | □ | $C_H$＝0.58*3 又は＊5 | $C_V$＝0.38*4 又は＊5 | $C_H$＝1.03*6 (NS 方向) $C_H$＝1.06*6 (EW 方向) 又は＊7 | $C_V$＝0.77*6 又は＊7 | 104 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度

＊5：設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動Ｓｄ）により得られる震度

＊6：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

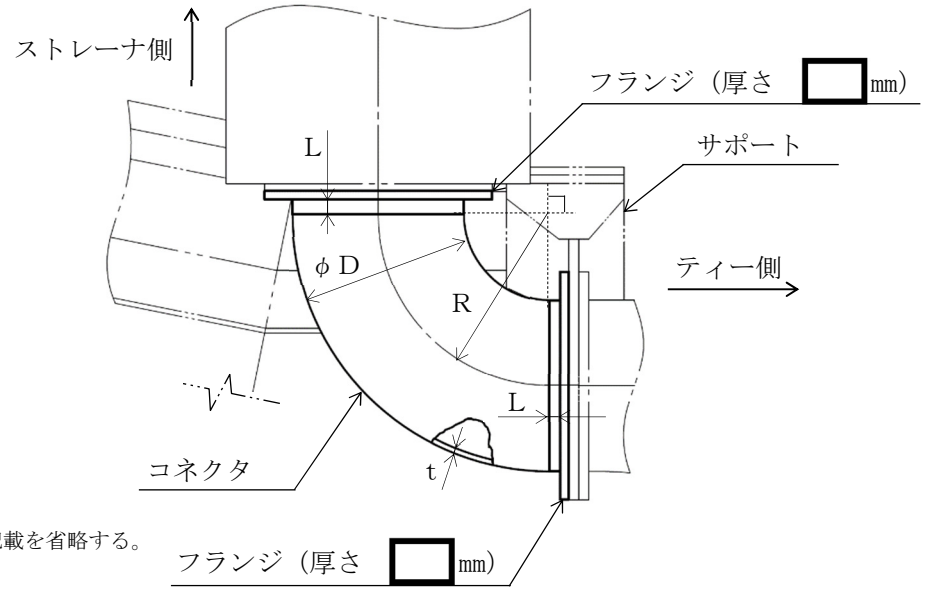
＊7：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

1.2　機器要目　　（単位：mm）

| D | t | R | L |
|---|---|---|---|
| | | | |

（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナ取付部コネクタの材質 | — | |
| ストレーナ取付部コネクタの質量 | kg/個 | |
| ストレーナ取付部コネクタの<br>内包水及び排除水の質量 | kg/個 | |
| ストレーナ１個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |




（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（RT） |
|---|---|---|---|---|---|
| コネクタ | | | | | — |
| フランジ | | | | | — |

1.3　計算数値

1.3.1　コネクタの自重及び設計荷重

| 自重<br>(N) | 設計圧力Ｐ<br>(MPa) |
|---|---|
| | |

(単位：N･mm)

| 荷重 | | 最大モーメント<br>$M_{max}$ | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | |
| 2 | 異物荷重*1 | | | |
| 3 | 差圧 | | | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | | | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | | | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | | | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | | | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | | | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

1.3.2　フランジの設計荷重　　(単位：N･mm)

| | 荷重 | 最大モーメント $M_{fmax}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ＳＲＶ荷重 | |
| 5 | ストレーナＳｄ*地震荷重 | |
| 6 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 7 | 異物Ｓｄ*地震荷重*2 | |
| 8 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。
　　＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

| 評価対象設備 | 評価部位 | 材料 | 応力分類 | ⅢＡＳ | | | ⅣＡＳ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | コネクタ | | 一次応力 | $S_{prm}$＝112 | 169 | DBA-3 | $S_{prm}$＝185 | 395 | DBA-4 |
| | フランジ | | 一次応力 | $\sigma_r$＝ 82 | 169 | DBA-3 | $\sigma_r$＝137 | 395 | DBA-4 |

すべて許容応力以下である。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設耐震／防止<br>常設／緩和 | 原子炉建物<br>EL □<br>(EL 1.300*1) | □ | □ | — | — | $C_H$＝1.03*3<br>(NS 方向)<br>$C_H$＝1.06*3<br>(EW 方向)<br>又は＊4 | $C_V$＝0.77*3<br>又は＊4 | 178 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

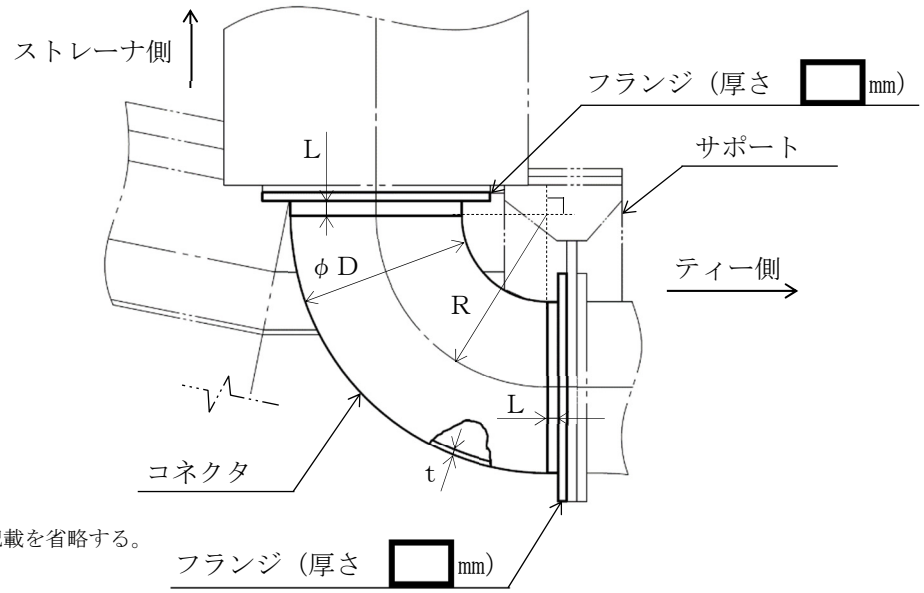
＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

2.2　機器要目　　（単位：mm）

| D | t | R | L |
|---|---|---|---|
| | | | |




（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナ取付部コネクタの材質 | — | |
| ストレーナ取付部コネクタの質量 | kg/個 | |
| ストレーナ取付部コネクタの内包水及び排除水の質量 | kg/個 | |
| ストレーナ１個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（RT） |
|---|---|---|---|---|---|
| コネクタ | | | | | — |
| フランジ | | | | | — |

2.3　計算数値

2.3.1　コネクタの自重及び設計荷重

| 自重<br>(N) | 設計圧力Ｐ<br>(MPa) |
|---|---|
| | |

（単位：N・mm）

| 荷重 | | 最大モーメント<br>$M_{max}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 5 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

2.3.2　フランジの設計荷重

（単位：N・mm）

| 荷重 | | 最大モーメント<br>$M_{fmax}$ |
|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | |
| 2 | 異物荷重*1 | |
| 3 | 差圧 | |
| 4 | ストレーナＳｓ地震荷重 | |
| 5 | 異物Ｓｓ地震荷重*2 | |

注記＊1：異物による荷重は死荷重に含めて計算している。

＊2：異物による地震荷重はストレーナの地震荷重に含めて計算している。

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | [redacted] |
| 鉛直 | [redacted] |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

2.4.2 応力 (単位：MPa)

| 評価対象設備 | 評価部位 | 材料 | 応力分類 | VAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ | コネクタ | [redacted] | 一次応力 | $S_{prm}$=169 | 369 | SA-2 |
| | フランジ | [redacted] | 一次応力 | $\sigma_r$=122 | 369 | SA-2 |

すべて許容応力以下である。

# 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

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 6
3.　評価部位 …… 7
4.　地震応答解析及び構造強度評価 …… 9
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 …… 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 9
4.2.2　許容応力 …… 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 10
4.2.4　設計荷重 …… 16
4.3　解析モデル及び諸元 …… 16
4.4　固有周期 …… 18
4.5　設計用地震力 …… 18
4.6　計算方法 …… 23
4.6.1　応力評価点 …… 23
4.6.2　応力の計算方法 …… 24
4.7　計算条件 …… 28
4.8　応力の評価 …… 28
5.　評価結果 …… 28
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 28
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 28

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，残留熱除去系ストレーナ取付部サポートが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの応力評価により行う。

残留熱除去系ストレーナ取付部サポートは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張），常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

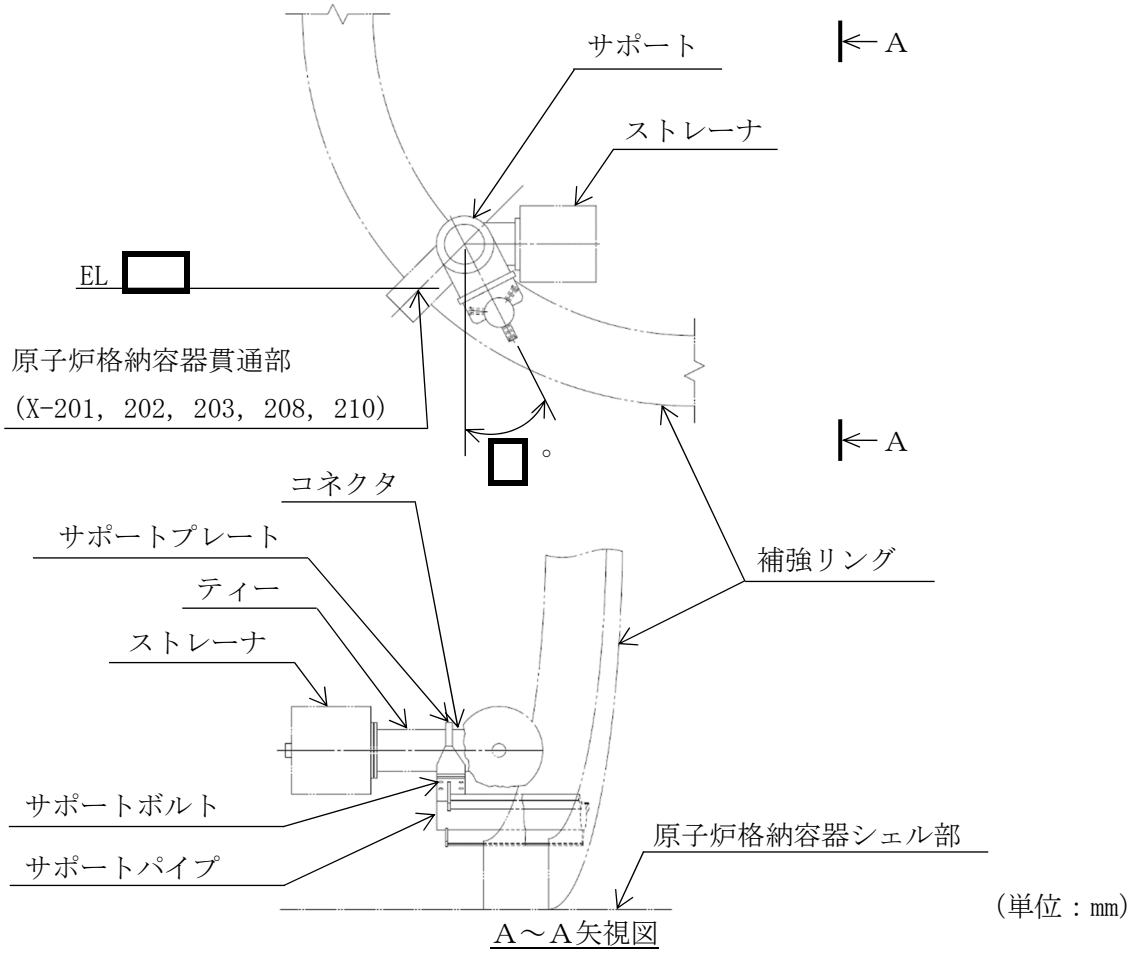
なお，残留熱除去系ストレーナ取付部サポート，高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポート及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートは同形状のサポートを使用することから，本計算書においては，代表して残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの解析モデルを採用する。また，そのモデルに作用させる荷重については各ストレーナ取付部サポートの荷重条件で最大となる値を用いて評価している。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系ストレーナ取付部サポート，高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポート及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| サポートは，サプレッションプール内に水没された状態で設置されており，ティーとコネクタの取合い部から補強リングの間に取り付けられる。 | サポートパイプ，サポートプレート，サポートボルトで構成される鋼製構造物である。 |  |

2.2　評価方針

ストレーナ取付部サポートの応力評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すストレーナ取付部サポートの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ストレーナ取付部サポートの耐震評価フローを図2－1に示す。

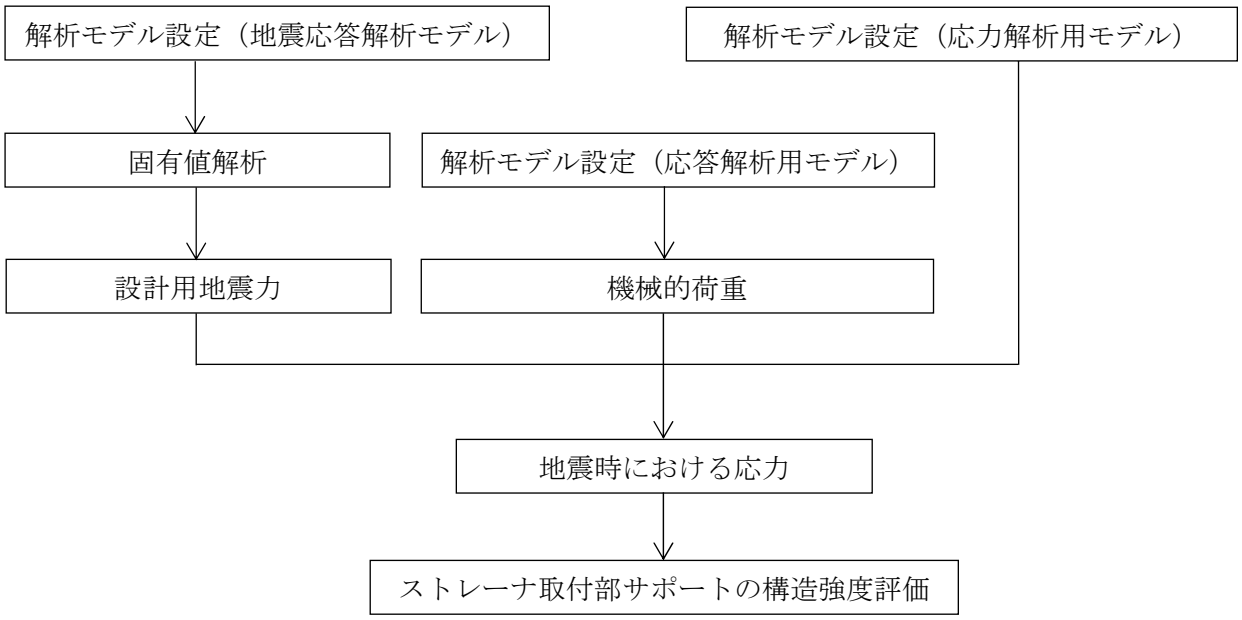



図2－1　ストレーナ取付部サポートの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005／2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| A | 断面積 | $mm^2$ |
| $F_v$ | せん断力 | N |
| $f_b$ | 許容曲げ応力*1 | MPa |
| $f_c$ | 許容圧縮応力*2 | MPa |
| $f_s$ | 許容せん断応力*3 | MPa |
| $f_t$ | 許容引張応力*4 | MPa |
| M | 曲げモーメント | N･mm |
| N | 軸力 | N |
| Ｓｄ* | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又は静的地震力 | ― |
| ＳＲＶ | 逃がし安全弁作動時 | ― |
| Ｓｓ | 基準地震動Ｓｓにより定まる地震力 | ― |
| T | ねじりモーメント | N･mm |
| Z | 断面係数，極断面係数 | $mm^3$ |
| σ | 組合せ応力 | MPa |
| $\sigma_b$ | 曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_t$ | 垂直応力 | MPa |
| τ | せん断応力 | MPa |

注：ここで定義されない記号については，各計算の項目において説明する。

注記＊1：支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により規定される値

＊2：支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(3)により規定される値

＊3：支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(2)により規定される値。ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定される値

＊4：支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値。ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される値

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 圧力 | MPa | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位*1 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*2 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*3 |
| 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*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

注記＊1：必要に応じて小数点以下第3位表示とする。

＊2：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。

＊3：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

ストレーナ取付部サポートの耐震評価は，「4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，サポートパイプ，サポートパイプ溶接部，サポートプレート及びサポートボルトについて実施する。

ストレーナ取付部サポートの取付け状況，形状及び主要寸法を図 3－1 及び図 3－2 に示す。

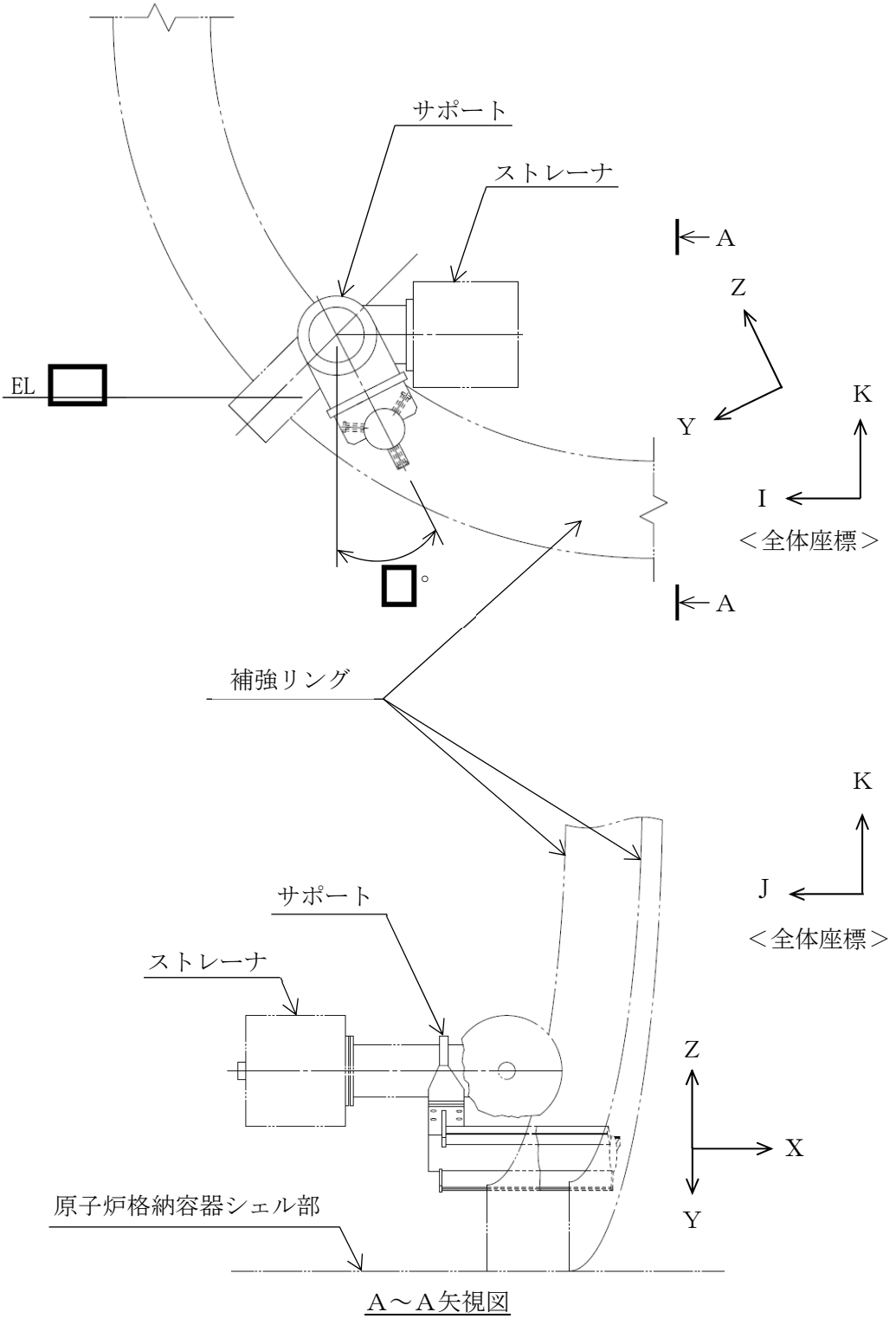
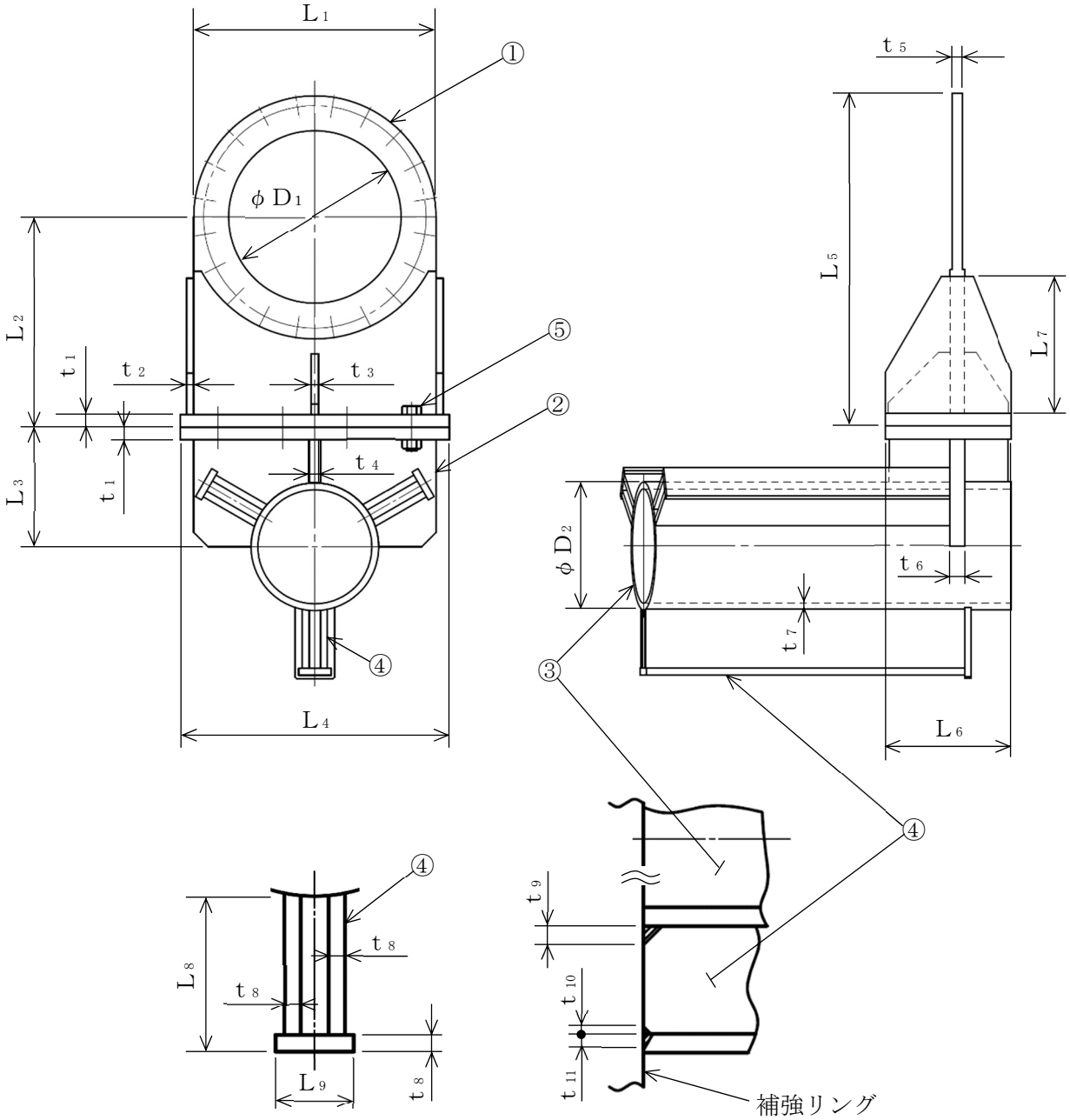



図 3－1　ストレーナ取付部サポートの形状及び主要寸法（単位：mm）




④断面詳細図　　溶接部詳細図

D1=□　D2=□　L1=□　L2=□　L3=□　L4=□
L5=□　L6=□　L7=□　L8=□　L9=□
t1=□　t2=□　t3=□　t4=□　t5=□　t6=□
t7=□　t8=□　t9=□　t10=□　t11=□

①サポートプレート①　②サポートプレート②　③サポートパイプ（円管）
④サポートパイプ（補強リブ）　⑤サポートボルト（M□，８本）

図 3－2　ストレーナ取付部サポートの形状及び主要寸法（単位：mm）

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) ストレーナの水平方向地震荷重及び鉛直方向地震荷重は，コネクタ，ティー，原子炉格納容器貫通部，及びサポートを介してサプレッションチェンバに伝達される。このため，ストレーナ取付部サポートは，ストレーナ部を含む一体モデルでの応答解析から得られたモーメントとストレーナから作用する荷重を用いて構造強度評価を行う。

ストレーナ取付部サポートの構造強度評価における固有値解析，応答解析，及び応力計算は，はりモデル及び三次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を 4.3(1)項に示すはりモデル（以下「応答解析用モデル」という。），固有値及び地震荷重を 4.3(2)項に示すはりモデル（以下「地震応答解析モデル」という。）により算出し，4.6.2(3)項に示す三次元シェルモデル（以下「応力解析用モデル」という。）を用いてサポートプレート，4.6.2(1)項，4.6.2(2)項及び4.6.2(4)項に示す方法を用いてサポートパイプ及びサポートボルトの応力計算を行う。

(2) 地震力は，水平2方向及び鉛直方向の地震力を考慮する。また，水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組み合わせにはSRSS法を適用する。

(3) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2 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

ストレーナ取付部サポートの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－2に示す。また，荷重の組合せの整理表を表4－3に示す。

4.2.2 許容応力

ストレーナ取付部サポートの許容応力はⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－4に示す。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ストレーナ取付部サポートの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

なお，各評価部位の使用材料については以下のとおり。

サポートプレート①

サポートプレート②

サポートパイプ（円管）

サポートパイプ（補強リブ）

サポートボルト

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉<br>冷却系統<br>施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系<br>ストレーナ<br>取付部サポート | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |
| 原子炉<br>冷却系統<br>施設 | 非常用炉心冷却設備<br>その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系<br>ストレーナ<br>取付部サポート | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |
| 原子炉<br>冷却系統<br>施設 | 非常用炉心冷却設備<br>その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系<br>ストレーナ<br>取付部サポート | S | クラス２ | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_L+M_L+S_d^*$ | ⅢＡＳ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | ⅣＡＳ |

表4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 残留熱除去設備 | 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | 常設耐震／防止<br>常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備その他の安全設備 | 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | 常設／防止（ＤＢ拡張）<br>常設／緩和 | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポート | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | ⅣＡＳ |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | 低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポート | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２ | $D+P_D+M_D+S_s$ *2 | 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／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

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

表4－3　荷重の組合せ整理表

| 荷重の組合せ | | | | 許容応力状態 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 組合せ No. | | 各運転状態による荷重 | 地震荷重 | | |
| ＤＢＡ*1 | DBA-1 | 運転状態Ⅰによる荷重 | Ｓｄ* | ⅢＡＳ | |
| | DBA-2 | 運転状態Ⅰによる荷重 | Ｓｓ | ⅣＡＳ | |
| | DBA-3 | 運転状態Ⅱによる荷重 | Ｓｄ* | ⅢＡＳ | ＳＲＶ |
| | DBA-4 | 運転状態Ⅱによる荷重 | Ｓｓ | ⅣＡＳ | ＳＲＶ |
| | DBA-5 | 運転状態Ⅳ（Ｌ）による荷重 | Ｓｄ* | ⅢＡＳ | |
| ＳＡ*2 | SA-1 | 運転状態Ⅴ（Ｌ）*3による荷重 | Ｓｄ* | ⅤＡＳ*4 | |
| | SA-2 | 運転状態Ⅴ（ＬＬ）による荷重 | Ｓｓ | ⅤＡＳ*4 | |

注記＊1：設計基準対象施設

＊2：重大事故等対処設備

＊3：運転状態Ⅴ（Ｌ）の評価は，温度条件を重大事故等時における最高使用温度178℃とした運転状態Ⅴ（ＬＬ）の評価で代表される。

＊4：許容応力状態ⅤＡＳとしてⅣＡＳの許容応力を用いる。

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

| 許容応力状態 | 許容限界*1（ボルト等以外） | | | | | 許容限界*1（ボルト等） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | | | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ | 組合せ | 引張*2 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・$f_t$ | 1.5・$f_s$ | 1.5・$f_c$ | 1.5・$f_b$ | 1.5・$f_t$ | 1.5・$f_t$ | 1.5・$f_s$ |
| ⅣＡＳ | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_s$* | 1.5・$f_c$* | 1.5・$f_b$* | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_s$* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_s$* | 1.5・$f_c$* | 1.5・$f_b$* | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_s$* |

注：$f_t$*，$f_s$*，$f_c$*，$f_b$*は，$f_t$，$f_s$，$f_c$，$f_b$の値を算出する際に設計・建設規格　付録材料図表 Part5 表 8 に規定する値とあるのを設計・建設規格　付録材料図表 Part5 表 8 に規定する値の 1.2 倍の値と読み替えて計算した値。ただし，使用温度が 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あっては，1.35・Ｓｙ，0.7・Ｓｕ又はＳｙ（ＲＴ）のいずれか小さい方の値

注記＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：応力の組み合わせが考えられる場合には，許容応力状態ⅢＡＳは 2.1・$f_t$－1.6・τ と 1.5・$f_t$ の小さい方，許容応力状態ⅣＡＳ及びＶＡＳは 2.1・$f_t$*－1.6・τ と 1.5・$f_t$*の小さい方を用いる。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ(ＲＴ) (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サポートプレート① | | 最高使用温度 | 104 | ― | | | |
| サポートプレート② | | 最高使用温度 | 104 | ― | | | ― |
| サポートパイプ（円管） | | 最高使用温度 | 104 | ― | | | ― |
| サポートパイプ（補強リブ） | | 最高使用温度 | 104 | ― | | | ― |
| サポートボルト | | 最高使用温度 | 104 | ― | | | ― |

表4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ(ＲＴ) (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サポートプレート① | | 最高使用温度 | 178 | ― | | | |
| サポートプレート② | | 最高使用温度 | 178 | ― | | | ― |
| サポートパイプ（円管） | | 最高使用温度 | 178 | ― | | | ― |
| サポートパイプ（補強リブ） | | 最高使用温度 | 178 | ― | | | ― |
| サポートボルト | | 最高使用温度 | 178 | ― | | | ― |

4.2.4　設計荷重

ストレーナ取付部サポートの設計荷重は，「4.3　解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて解析を行い，各部の反力を算出して設定する。

4.3　解析モデル及び諸元

本項においては，応答解析用モデル及び地震応答解析モデルについて説明する。なお，サポートプレートの応力計算に用いた応力解析用モデルについては，4.6.2 項で説明する。

(1)　応答解析用モデル

ストレーナ取付部サポートの応答解析用モデルを図 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【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結果】の機器要目，解析モデルの諸元を本計算書の【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結果】の解析モデルの諸元に示す。なお，本モデルは，Ⅵ-3-3-3-3-1-3「残留熱除去系ストレーナの強度計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。

a.　応答解析用モデルではストレーナから原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い，地震荷重以外の荷重（死荷重及び水力学的動荷重）を算出する。なお，ストレーナについてはリブ等の補強材を有しており，構造上十分に剛性が高いため，剛体としてモデル化する。また，ストレーナ取付角度に応じた 2 種類の解析モデルを用意し，包絡した荷重を用いる。

b.　ストレーナ部ティーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており，付根部は原子炉格納容器シェル部を模擬したばねの端点を拘束する。

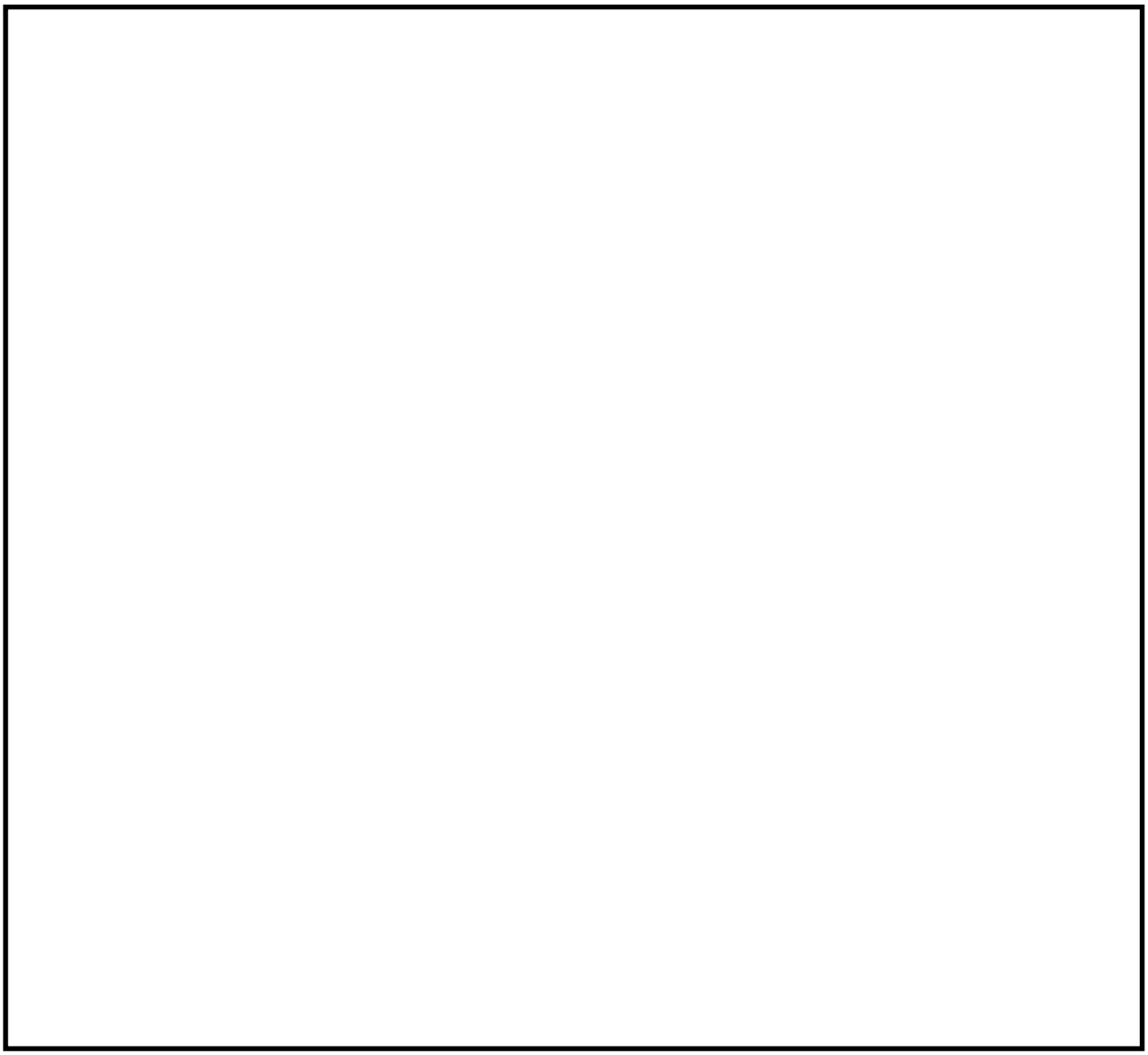
c.　ストレーナ取付部サポートはストレーナ部ティーとストレーナ取付部コネクタの間に挟まる形で取り付けられており，サポートパイプを模擬したはり要素にサポートプレートを模擬したばねを接続し，サポートパイプの付根部を完全拘束する。

d.　ストレーナ取付部サポートを除く各部の質量は，各部の重心位置（図 4－1 の○の節点）に集中質量を与える。また，ストレーナ取付部サポートのサポートプレート部の質量はサポートプレートを模擬したばねの両端に集中質量を与え，サポートパイプ部の質量は密度をはり要素に与える。

e.　本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため，応答解析では内包水及び排除水の影響を加味し，ストレーナ質量に含める。また，異物の質量も応答解析において考慮する。

f.　モデル全体に鉛直方向の重力加速度を入力し，各評価部位の死荷重を算出する。また，各部に作用する水力学的動荷重を各部の重心位置に入力し，各評価部位の水力学的動荷重を算出する。

g.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値及び荷重を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注：ビーム要素を構成している節点及び要素のみを示す。

図 4－1　応答解析用モデル

(2) 地震応答解析モデル

ストレーナ取付部サポートの地震応答解析モデルは，サプレッションチェンバの応答を考慮するため，サプレッションチェンバを模擬したはり要素に，4.3(1)項に示す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の応答解析用モデルを結合した有限要素モデルを用いて解析を行い，固有値及び地震荷重を算出する。

なお，地震応答解析は，水平方向動的地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水有効質量モデル）並びにそれ以外の地震荷重を考慮するための地震応答解析モデル（内部水全質量モデル）の2種類を用いて解析を行う。

本モデルは，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」に示す地震応答解析モデルと同じモデルであり，解析モデルの概要及び機器の諸元は，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」にて説明するため，ここでは記載を省略する。

4.4 固有周期

地震応答解析モデルを用いた固有値解析の結果は，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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－7及び表4－8，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－9及び表4－10に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度*4 | | 応答鉛直震度 | 応答水平震度*5 | | 応答鉛直震度 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | [　　] | [　　] | — | [　　] | [　　] | — |
| 2 次 | | | | — | | | — |
| 3 次 | | | | — | | | — |
| 4 次 | | | | — | | | — |
| 5 次 | | | | — | | | — |
| 6 次 | | | | — | | | — |
| 7 次 | | | | — | | | — |
| 8 次 | | | | — | | | — |
| 9 次 | | | | — | | | — |
| 10 次 | | | | — | | | — |
| 11 次 | | | | — | | | — |
| 12 次 | | | | — | | | — |
| 13 次 | | | | — | | | — |
| 14 次 | | | | — | | | — |
| 15 次 | | | | — | | | — |
| 16 次 | | | | — | | | — |
| 17 次 | | | | — | | | — |
| 動的震度*6 | | 0.51 | 0.52 | — | 1.03 | 1.06 | — |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－8　設計用地震力（設計基準対象施設）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード*3 | 固有周期(s) | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*4 | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度*5 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 2 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 3 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 4 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 5 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 6 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 7 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 8 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 9 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 10 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 11 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 12 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 13 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 14 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 15 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 16 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 17 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 18 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 19 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 20 次 | [　　] | — | — | [　　] | — | — | [　　] |
| 動的震度*6 | | — | — | 0.38 | — | — | 0.77 |
| 静的地震力*7 | | 0.58 | 0.58 | 0.29 | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

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

＊6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：3.6・Ｃｉ及び 1.2・Ｃｖより定めた震度

表 4－9　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水有効質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 2 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 3 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 4 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 5 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 6 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 7 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 8 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 9 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 10 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 11 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 12 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 13 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 14 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 15 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 16 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 17 次 | [　　] | ― | ― | ― | [　　] | [　　] | ― |
| 動的震度*5 | | ― | ― | ― | 1.03 | 1.06 | ― |
| 静的地震力 | | ― | ― | ― | ― | ― | ― |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

表 4－10　設計用地震力（重大事故等対処設備）（内部水全質量モデル）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物　EL [　] (EL 1.300*1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | [　]*2 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| 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 | | 応答鉛直震度*4 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 2 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 3 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 4 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 5 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 6 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 7 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 8 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 9 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 10 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 11 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 12 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 13 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 14 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 15 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 16 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 17 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 18 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 19 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 20 次 | [　] | — | — | — | — | — | [　] |
| 動的震度*5 | | — | — | — | — | — | 0.77 |
| 静的地震力 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

4.6　計算方法

4.6.1　応力評価点

ストレーナ取付部サポートの形状及び応力レベルを考慮して，表 4－11 及び図 4－2 に示す応力評価点を設定する。

表4－11　応力評価点

| 応力評価点番号 | 応力評価点* |
|---|---|
| P1 | サポートパイプ |
| P2 | サポートパイプ溶接部 |
| P3 | サポートプレート |
| P4 | サポートボルト |

注記＊：応力評価点P3については，許容応力に対する発生応力が，全ての供用状態を通じて最も厳しくなる点を代表で記載している。
なお，図中の矢印は応力評価部位を示す。

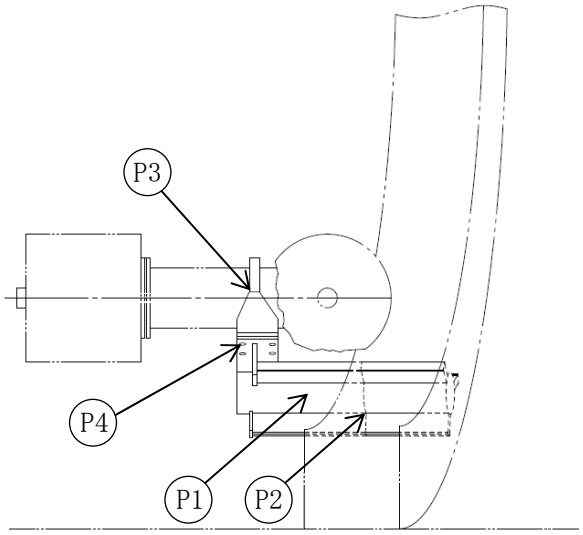



図4－2　ストレーナ取付部サポートの応力評価点

4.6.2　応力の計算方法

(1)　サポートパイプ（応力評価点 P1）

サポートパイプの設計荷重を表 4－12 に示す。

表 4－12 に示す荷重により，サポートパイプに生じる応力を求める。

死荷重に対する計算例を以下に示す。

a.　軸力による垂直応力

$$\sigma_t = \frac{N}{A} = \boxed{\phantom{00}} = 1 \text{ MPa}$$

ここに，A：サポートパイプの断面積

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{mm}^2$$

b.　曲げモーメントによる曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \boxed{\phantom{00}} = 13 \text{ MPa}$$

ここに，Z：サポートパイプの断面係数

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{mm}^3$$

c.　せん断力及びねじりモーメントによるせん断応力

$$\tau = \frac{F_V}{A} + \frac{M_X}{Z_P} = \boxed{\phantom{00}} + \boxed{\phantom{00}} = 3 \text{ MPa}$$

ここに，$Z_P$：サポートパイプの極断面係数

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{mm}^3$$

d.　組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{(1 + 13)^2 + 3 \times 3^2} = 15 \text{ MPa}$$

表 4－12　サポートパイプの設計荷重

| 荷重 | | 軸力 (N) | 曲げモーメント (N･mm) | せん断力 (N) | ねじりモーメント (N･mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | M | $F_V$ | T |
| 1 | 死荷重 | | | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

(2) サポートパイプ溶接部（応力評価点 P2）

サポートパイプ溶接部の設計荷重を表 4－13 に示す。

表 4－13 に示す荷重により，サポートパイプ溶接部に生じる応力を求める。

死荷重に対する計算例を以下に示す。

a. 軸力による垂直応力

$$\sigma_t = \frac{N}{A} = \boxed{\phantom{00}} = 1 \text{ MPa}$$

ここに，A：サポートパイプ溶接部の断面積

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{ mm}^2$$

b. 曲げモーメントによる曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \boxed{\phantom{00}} = 15 \text{ MPa}$$

ここに，Z：サポートパイプ溶接部の断面係数

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{ mm}^3$$

c. せん断力及びねじりモーメントによるせん断応力

$$\tau = \frac{F_V}{A} + \frac{T}{Z_P} = \boxed{\phantom{00}} + \boxed{\phantom{00}} = 4 \text{ MPa}$$

ここに，$Z_P$：サポートパイプ溶接部の極断面係数

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{ mm}^3$$

d. 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{(1 + 15)^2 + 3 \times 4^2} = 18 \text{ MPa}$$

表 4－13　サポートパイプ溶接部の設計荷重

| 荷重 | | 軸力 (N) | 曲げモーメント (N･mm) | せん断力 (N) | ねじりモーメント (N･mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N | M | $F_V$ | T |
| 1 | 死荷重 | | | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

(3)　サポートプレート（応力評価点 P3）

サポートプレートの応力計算は応力解析用モデルにより行う。サポートプレートの応力解析用モデルを図 4－3 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【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結果】の機器要目，解析モデルの諸元を本計算書の【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結果】の解析モデルの諸元に示す。

a.　応力解析用モデルでは，「4.3　解析モデル及び諸元」の応答解析用モデルのサポートプレート部をシェル要素でモデル化した有限要素モデルを用いて解析を行う。

b.　サポートプレートの各部材は溶接により接合されており，溶接部は健全性が確保されるよう設計する。

c.　図 4－3 に示す荷重入力点にＸ方向，Ｙ方向，及びＺ方向に単位荷重を個別に入力し，荷重出力点の反力と各部位の応力を算出する。また，得られた各入力に対する応力に，設計荷重と荷重出力点反力との比をかけた後，荷重の組み合わせを考慮した加算を行い，応力強さを算出する。

d.　表 4－14 に示す設計荷重によりサポートプレートに生じる応力は，解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用して計算する。

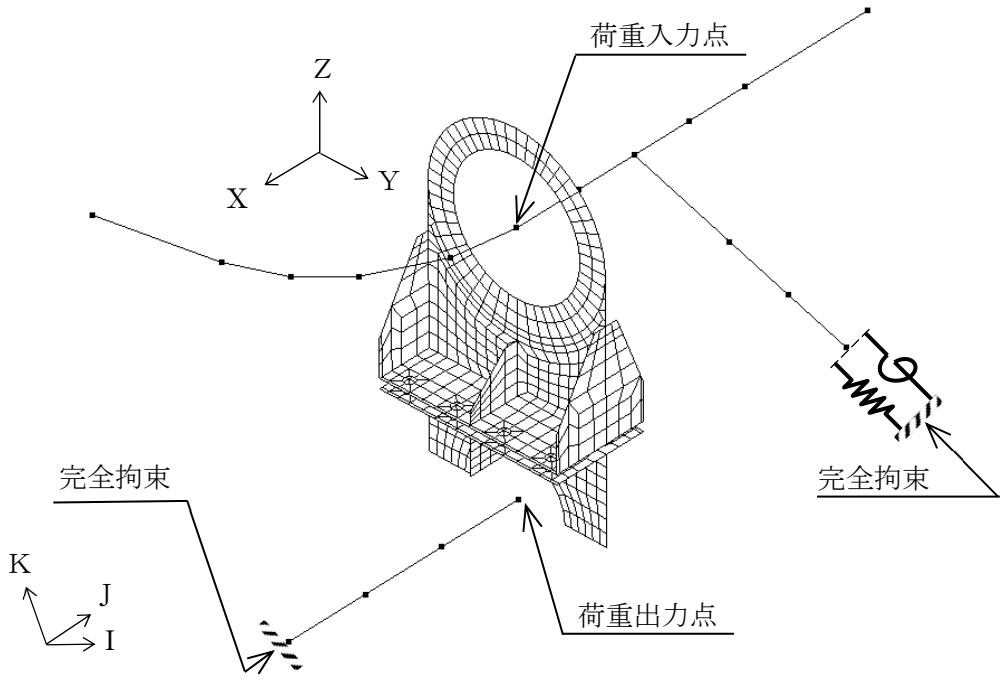



図 4－3　サポートプレートの計算モデル

表 4－14　ストレーナ取付部サポートプレートの設計荷重

（単位：N）

| 荷重 | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | $3.408\times10^{3}$ | $7.606\times10^{3}$ | $3.503\times10^{4}$ |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | $2.270\times10^{4}$ | $2.953\times10^{4}$ | $3.677\times10^{4}$ |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | $3.553\times10^{4}$ | $4.549\times10^{4}$ | $9.622\times10^{4}$ |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | $7.423\times10^{4}$ | $9.945\times10^{4}$ | $1.910\times10^{5}$ |

注 1：方向は図 4－3 参照。

注 2：異物による荷重を含めて計算している。

(4)　サポートボルト（応力評価点 P4）

サポートボルトの設計荷重を表 4－15 に示す。

表 4－15 に示す荷重により，サポートボルトに生じる応力を求める。

死荷重に対する計算例を以下に示す。

a.　軸力による引張応力

$$\sigma_t = \frac{N}{A} = \boxed{\phantom{00}} = 14 \text{ MPa}$$

ここに，Ａ：サポートボルト（呼び径 M□）の断面積

$$= \boxed{\phantom{00}} \text{ mm}^2$$

b.　せん断力によるせん断応力

$$\tau = \frac{F_v}{A} = \boxed{\phantom{00}} = 15 \text{ MPa}$$

表 4－15　サポートボルトの設計荷重

（単位：N）

| 荷重 | | 軸力 | せん断力 |
|---|---|---|---|
| | | N | $F_v$ |
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | |

注 1：ボルト一本に加わる荷重を示す。

注 2：異物による荷重を含めて計算している。

4.7　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算結果】に示す。

4.8　応力の評価

「4.6　計算方法」で求めた応力が表 4－4，表 4－5，及び表 4－6 を用いて算出した許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　設計基準対象施設としての評価結果

ストレーナ取付部サポートの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，各許容応力状態ⅢＡＳ及びⅣＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

5.2　重大事故等対処設備としての評価結果

ストレーナ取付部サポートの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，各評価点における算出応力は表 4－3 に示す荷重の組合せのうち，許容応力状態ＶＡＳで，発生値が高い方の評価を記載している。

【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*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | S | 原子炉建物 EL□ (EL 1.300*1) | □ | □ | $C_H$＝0.58*3 又は＊5 | $C_V$＝0.38*4 又は＊5 | $C_H$＝1.03*6 (NS 方向) $C_H$＝1.06*6 (EW 方向) 又は＊7 | $C_V$＝0.77*6 又は＊7 | 104 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度

＊5：設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動Ｓｄ）により得られる震度

＊6：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊7：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

1.2　機器要目

（単位：mm）

| $D_1$ | $D_2$ | $L_1$ | $L_2$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $t_1$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

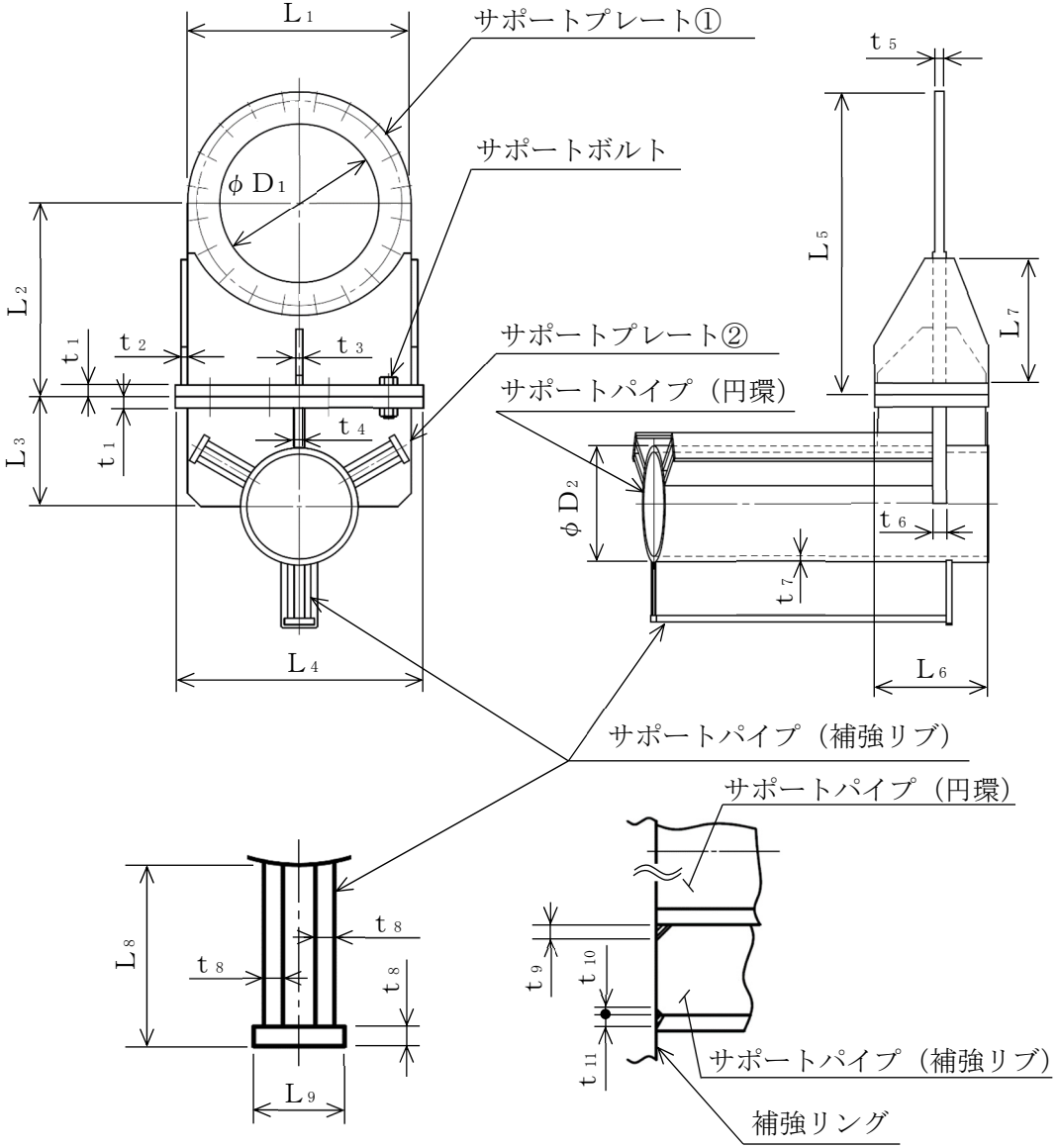
| $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $t_{10}$ | $t_{11}$ |
|---|---|
| | |




サポートパイプ（補強リブ）断面詳細図　　溶接部詳細図

（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナ取付部サポートの材質 | — | |
| ストレーナ取付部サポートの質量 | kg | |
| ストレーナ取付部サポートの内包水及び排除水の質量 | kg | |
| ストレーナ1個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

（解析モデルの諸元（応力解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| サポートプレートの材質 | — | |
| サポートプレートの質量 | kg | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（RT） |
|---|---|---|---|---|---|
| サポートプレート① | | — | | | |
| サポートプレート② | | — | | | — |
| サポートパイプ（円管） | | — | | | — |
| サポートパイプ（補強リブ） | | — | | | — |
| サポートボルト | | — | | | — |

1.3 計算数値

1.3.1 サポートパイプの設計荷重

| 荷重 | | 軸力<br>N<br>(N) | 曲げモーメント<br>M<br>(N・mm) | せん断力<br>$F_v$<br>(N) | ねじりモーメント<br>T<br>(N・mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

1.3.2 サポートパイプ溶接部の設計荷重

| 荷重 | | 軸力<br>N<br>(N) | 曲げモーメント<br>M<br>(N・mm) | せん断力<br>$F_v$<br>(N) | ねじりモーメント<br>T<br>(N・mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

1.3.3 サポートプレートの設計荷重 （単位：N）

| 荷重 | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

1.3.4　サポートボルトの設計荷重　　（単位：N）

| 荷重 | | 軸力<br>N | せん断力<br>$F_v$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | ＳＲＶ荷重 | | |
| 3 | 地震荷重（Ｓｄ*） | | |
| 4 | 地震荷重（Ｓｓ） | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

1.4 結論

1.4.1 固有周期 （単位：s）

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

1.4.2 応力 （単位：MPa）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 材料 | 応力分類 | ⅢAS | | | ⅣAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | P1 | サポートパイプ | | 組合せ | $\sigma$ = 97 | 1.5・$f_t$=219 | DBA-3 | $\sigma$ =154 | 1.5・$f_t^*$=262 | DBA-4 |
| | P2 | サポートパイプ溶接部 | | 組合せ | $\sigma$ =113 | 1.5・$f_t$=219 | DBA-3 | $\sigma$ =179 | 1.5・$f_t^*$=262 | DBA-4 |
| | P3 | サポートプレート | | 組合せ | $\sigma$ =110 | 1.5・$f_t$=204 | DBA-3 | $\sigma$ =172 | 1.5・$f_t^*$=228 | DBA-4 |
| | P4 | サポートボルト | | 引張 | $\sigma_t$ =105 | 2.1・$f_t$−1.6・$\tau$ =436 | DBA-3 | $\sigma_t$ =167 | 2.1・$f_t^*$−1.6・$\tau$ =324 | DBA-4 |
| | | | | せん断 | $\tau$ =116 | 1.5・$f_s$=341 | DBA-3 | $\tau$ =186 | 1.5・$f_s^*$=341 | DBA-4 |

すべて許容応力以下である。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期*2 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | 常設／防止（ＤＢ拡張）常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉建物 EL □ (EL 1.300*1) | □ | □ | — | — | $C_H$＝1.03*3 (NS 方向) $C_H$＝1.06*3 (EW 方向) 又は＊4 | $C_V$＝0.77*3 又は＊4 | 178 | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの１次固有周期について記載

＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

＊4：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）により得られる震度

2.2　機器要目

（単位：mm）

| $D_1$ | $D_2$ | $L_1$ | $L_2$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $t_1$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

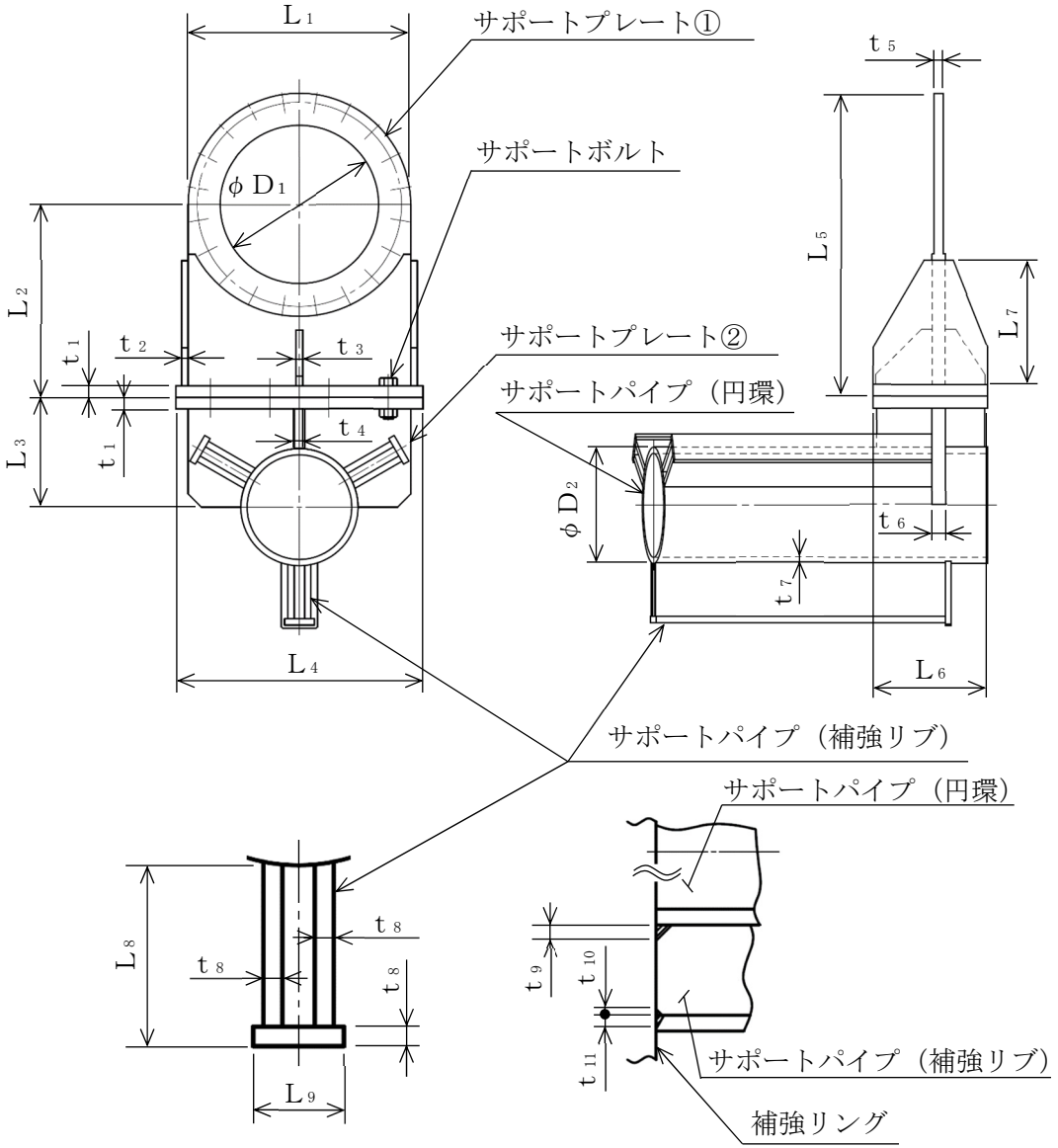
| $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

（単位：mm）

| $t_{10}$ | $t_{11}$ |
|---|---|
| | |




サポートパイプ（補強リブ）断面詳細図　　溶接部詳細図

（解析モデルの諸元（応答解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| ストレーナ取付部サポートの材質 | — | |
| ストレーナ取付部サポートの質量 | kg | |
| ストレーナ取付部サポートの<br>内包水及び排除水の質量 | kg | |
| ストレーナ1個当たりの異物の質量 | kg/個 | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（解析モデルの諸元（地震応答解析モデル））

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」に記載するため，ここでは記載を省略する。

（解析モデルの諸元（応力解析用モデル））

| 項目 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|
| サポートプレートの材質 | — | |
| サポートプレートの質量 | kg | |
| 縦弾性係数 | MPa | |
| ポアソン比 | — | |
| 要素数 | 個 | |
| 節点数 | 個 | |

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | S | $S_y$ | $S_u$ | $S_y$（RT） |
|---|---|---|---|---|---|
| サポートプレート① | | — | | | |
| サポートプレート② | | — | | | — |
| サポートパイプ（円管） | | — | | | — |
| サポートパイプ（補強リブ） | | — | | | — |
| サポートボルト | | — | | | — |

2.3 計算数値

2.3.1 サポートパイプの設計荷重

| 荷重 | | 軸力<br>N<br>(N) | 曲げモーメント<br>M<br>(N・mm) | せん断力<br>$F_v$<br>(N) | ねじりモーメント<br>T<br>(N・mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | | |
| 2 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

2.3.2 サポートパイプ溶接部の設計荷重

| 荷重 | | 軸力<br>N<br>(N) | 曲げモーメント<br>M<br>(N・mm) | せん断力<br>$F_v$<br>(N) | ねじりモーメント<br>T<br>(N・mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | | |
| 2 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

2.3.3 サポートプレートの設計荷重 (単位：N)

| 荷重 | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | | |
| 2 | 地震荷重（Ｓｓ） | | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

2.3.4 サポートボルトの設計荷重 (単位：N)

| 荷重 | | 軸力<br>N | せん断力<br>$F_v$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 死荷重 | | |
| 2 | 地震荷重（Ｓｓ） | | |

注：異物による荷重を含めて計算している。

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

注：水平方向は内部水有効質量モデル，鉛直方向は内部水全質量モデルの1次固有周期について記載

2.4.2 応力 (単位：MPa)

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 材料 | 応力分類 | VAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | 荷重組合せ |
| 残留熱除去系ストレーナ取付部サポート | P1 | サポートパイプ | | 組合せ | $\sigma$ =126 | 1.5・$f_t^*$=252 | SA-2 |
| | P2 | サポートパイプ溶接部 | | 組合せ | $\sigma$ =147 | 1.5・$f_t^*$=252 | SA-2 |
| | P3 | サポートプレート | | 組合せ | $\sigma$ =137 | 1.5・$f_t^*$=199 | SA-2 |
| | P4 | サポートボルト | | 引張 | $\sigma_t$=136 | 2.1・$f_t^*$−1.6・$\tau$ =373 | SA-2 |
| | | | | せん断 | $\tau$ =150 | 1.5・$f_s^*$=337 | SA-2 |

すべて許容応力以下である。

# Ⅵ-2-5-5　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-5-5-1　高圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書

# 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

1. 概要

本計算書は，高圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性について説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ストレーナは残留熱除去系ストレーナ及び低圧炉心スプレイ系ストレーナと同様の形状を有しており，解析モデルや評価条件については同等である。また，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」において，ストレーナの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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」による。

S2 補 Ⅵ-2-5-5-1-2 R0E

# 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）

1. 概要

本計算書は，高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーの耐震性について説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーは残留熱除去系ストレーナ部ティー及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーと同様の形状を有しており，評価条件については同等である。また，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）」において，ストレーナ部ティーの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナ部ティーで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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）」による。

# 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

1. 概要

本計算書は，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説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタは残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタと同様の形状を有しており，評価条件については同等である。また，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」において，ストレーナ取付部コネクタの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナ取付部コネクタで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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」による。

# 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

1. 概要

本計算書は，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説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートは残留熱除去系ストレーナ取付部サポート及び低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートと同様の形状を有しており，評価条件については同等である。また，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」において，ストレーナ取付部サポートの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナ取付部サポートで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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」による。

# Ⅵ-2-5-5-2　低圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書

# 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

1. 概要

本計算書は，低圧炉心スプレイ系ストレーナの耐震性について説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ストレーナは残留熱除去系ストレーナ及び高圧炉心スプレイ系ストレーナと同様の形状を有しており，解析モデルや評価条件については同等である。また，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」において，ストレーナの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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」による。

S2 補 Ⅵ-2-5-5-2-2 R0E

# 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）

1. 概要

本計算書は，低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーの耐震性について説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーは残留熱除去系ストレーナ部ティー及び高圧炉心スプレイ系ストレーナ部ティーと同様の形状を有しており，評価条件については同等である。また，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）」において，ストレーナ部ティーの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナ部ティーで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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）」による。

# 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

1. 概要

本計算書は，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説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタは残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタ及び高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部コネクタと同様の形状を有しており，評価条件については同等である。また，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」において，ストレーナ取付部コネクタの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナ取付部コネクタで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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」による。

# 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

1. 概要

本計算書は，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説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートは残留熱除去系ストレーナ取付部サポート及び高圧炉心スプレイ系ストレーナ取付部サポートと同様の形状を有しており，評価条件については同等である。また，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」において，ストレーナ取付部サポートの解析モデルを用いた耐震性の評価を実施しており，その荷重条件については上記のストレーナ取付部サポートで最大となる値を用いている。

以上より，本計算書の評価結果については，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」による。

S2 補 Ⅵ-2-5-5-2-6 R0E

# Ⅵ-2-5-7　原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-5-7-1　原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系の耐震性についての計算書

# 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

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
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 10

1. 概要

本計算書は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉補機冷却系サージタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却系サージタンクは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

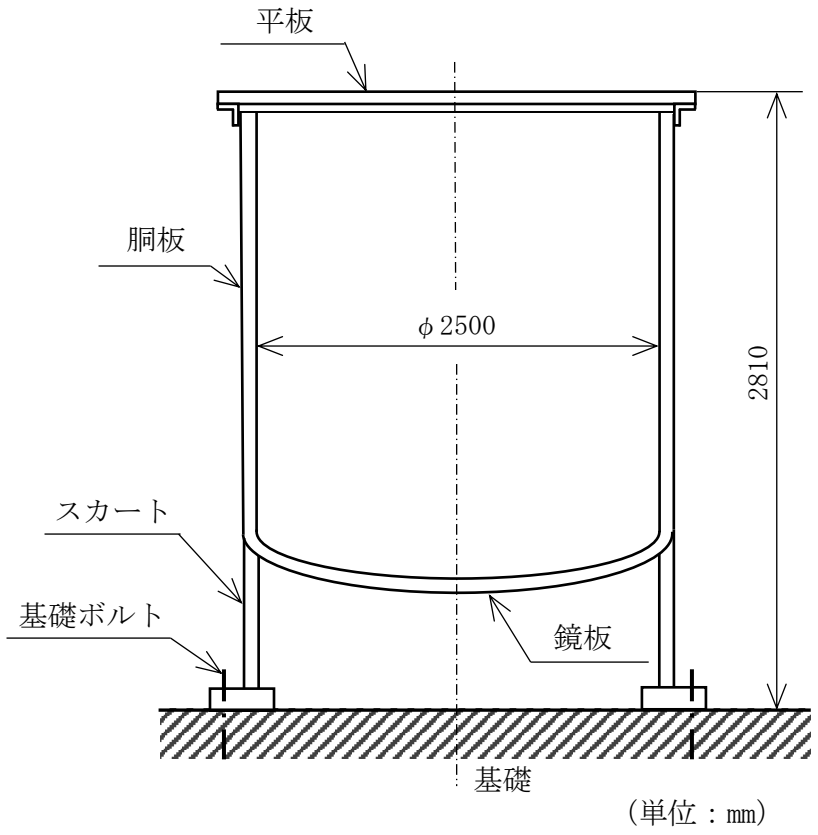
なお，原子炉補機冷却系サージタンクは，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-3　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却系サージタンクの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 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。 | たて置円筒形（上面に平板，下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器） |  |

（単位：mm）

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【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結果】の機器要目に示す。

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

表3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却系サージタンクの構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-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，ＳＲＳＳ法を適用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却系サージタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機冷却系サージタンクの許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却系サージタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【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結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 原子炉補機冷却系サージタンク | S | クラス３容器* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：クラス３容器の支持構造物を含む。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 原子炉補機冷却系サージタンク | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等*2 クラス２容器 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表 4－3　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

| 許容応力状態 | 許容限界* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次一般膜応力 | 一次膜応力＋<br>一次曲げ応力 | 一次＋二次応力 | 一次＋二次＋<br>ピーク応力 |
| ⅢAS | Syと 0.6・Suの小さい方<br>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Sd 又は基準地震動Ss 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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Sy 以下であれば，疲労解析は不要 | |
| ⅣAS | 0.6・Su | 左欄の 1.5 倍の値 | | |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | 基準地震動Ss 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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Sy 以下であれば，疲労解析は不要 | |

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

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

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | 許容限界*1，*2<br>（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 |
| ⅢAS | 1.5・ft | 1.5・fb，<br>1.5・fs<br>又は 1.5・fc | 1.5・ft | 1.5・fs |
| ⅣAS | 1.5・ft* | | 1.5・ft* | 1.5・fs* |
| VAS<br>（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。

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

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 胴板 | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 最高使用温度 | 66 | — | 234 | 385 | — |
| スカート | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | — | 241 | 394 | — |
| 基礎ボルト | SS41*2 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | — | 231 | 394 | — |

注記＊1：SM400A 相当

＊2：SS400 相当

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 胴板 | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 最高使用温度 | 100 | — | 221 | 373 | — |
| スカート | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | — | 221 | 373 | — |
| 基礎ボルト | SS41*2 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 100 | — | 212 | 373 | — |

注記＊1：SM400A 相当

＊2：SS400 相当

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却系サージタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) | 比重 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | | |
| 原子炉補機冷却系サージタンク | S | 原子炉建物 EL 42.8*1 | | | $C_H$＝2.04*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝2.74*3 | $C_V$＝2.46*3 | 静水頭 | 66 | 50 | 1.00 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| $m_0$ (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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2500 | 9.0 | 2500 | 9.0 | 200000*1 | 201000*2 | 76900*1 | 77300*2 |

| $\ell$ (mm) | $\ell_s$ (mm) | $D_1$ (mm) | $D_2$ (mm) | $D_3$ (mm) | $D_4$ (mm) | $D_5$ (mm) | $D_6$ (mm) | $D_7$ (mm) | H (mm) | s | n | $D_c$ (mm) | $D_{bo}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 710 | 1140 | 700 | 700 | 130 | 130 | 130 | 160 | 240 | 2060 | 15 | 16 | 2650 | 2750 |

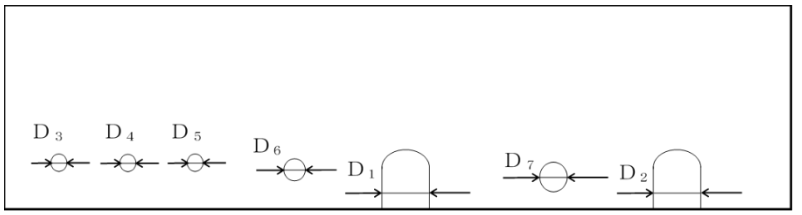
| $D_{bi}$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | Y (mm) | $M_s$ (N･mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 2300 | 20 (M20) | 314.2 | 2209 | $5.404\times10^8$ | $7.258\times10^8$ |

| $S_y$(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) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 234*1 (厚さ≦16mm) | 385*1 (厚さ≦16mm) | — | 241*2 (厚さ≦16mm) | 394*2 (厚さ≦16mm) | 241 | 275 |

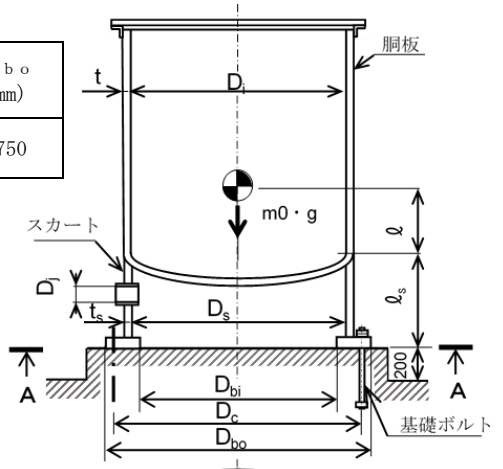
| $S_y$(基礎ボルト) (MPa) | $S_u$(基礎ボルト) (MPa) | F(基礎ボルト) (MPa) | F*(基礎ボルト) (MPa) |
|---|---|---|---|
| 231*2 (16mm＜径≦40mm) | 394*2 (16mm＜径≦40mm) | 231 | 275 |

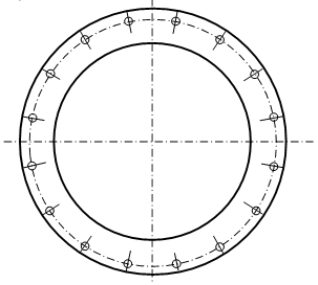
注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出




スカート開口部の形状を示す。



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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | $\sigma_{\phi 1}=3$ | $\sigma_{x 1}=0$ | — | $\sigma_{\phi 1}=3$ | $\sigma_{x 1}=0$ | — |
| 運転時質量による引張応力 | | — | $\sigma_{x 2}=2$ | — | — | $\sigma_{x 2}=2$ | — |
| 鉛直方向地震による引張応力 | | $\sigma_{\phi 2}=4$ | $\sigma_{x 5}=3$ | — | $\sigma_{\phi 2}=7$ | $\sigma_{x 5}=5$ | — |
| 空質量による圧縮応力 | | — | $\sigma_{x 3}=1$ | — | — | $\sigma_{x 3}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | — | $\sigma_{x 6}=1$ | — | — | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | $\sigma_{x 4}=5$ | $\tau=9$ | — | $\sigma_{x 4}=7$ | $\tau=11$ |
| 応力の和 | 引張側 | $\sigma_{\phi}=7$ | $\sigma_{x t}=7$ | — | $\sigma_{\phi}=10$ | $\sigma_{x t}=10$ | — |
| | 圧縮側 | $\sigma_{\phi}=-7$ | $\sigma_{x c}=5$ | — | $\sigma_{\phi}=-10$ | $\sigma_{x c}=7$ | — |
| 組合せ応力 | 引張 | $\sigma_{0 t}=15$ | | | $\sigma_{0 t}=21$ | | |
| | 圧縮 | $\sigma_{0 c}=16$ | | | $\sigma_{0 c}=22$ | | |

(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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | — | $\sigma_{x 5}=3$ | — | — | $\sigma_{x 5}=5$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | $\sigma_{\phi 2}=4$ | $\sigma_{x 6}=1$ | — | $\sigma_{\phi 2}=7$ | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | $\sigma_{x 4}=5$ | $\tau=9$ | — | $\sigma_{x 4}=7$ | $\tau=11$ |
| 応力の和 | 引張側 | $\sigma_{2\phi}=4$ | $\sigma_{2xt}=6$ | — | $\sigma_{2\phi}=7$ | $\sigma_{2xt}=8$ | — |
| | 圧縮側 | $\sigma_{2\phi}=-4$ | $\sigma_{2xc}=5$ | — | $\sigma_{2\phi}=-7$ | $\sigma_{2xc}=7$ | — |
| 組合せ応力(変動値) | 引張 | $\sigma_{2 t}=26$ | | | $\sigma_{2 t}=37$ | | |
| | 圧縮 | $\sigma_{2 c}=20$ | | | $\sigma_{2 c}=26$ | | |

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

| | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 応力 | 組合せ応力 | 応力 | 組合せ応力 |
| 運転時質量による応力 | | $\sigma_{s 1}=3$ | $\sigma_{s}=37$ | $\sigma_{s 1}=3$ | $\sigma_{s}=49$ |
| 鉛直方向地震による応力 | | $\sigma_{s 3}=4$ | | $\sigma_{s 3}=7$ | |
| 水平方向地震による応力 | 曲げ | $\sigma_{s 2}=28$ | | $\sigma_{s 2}=38$ | |
| | せん断 | $\tau_{s}=12$ | | $\tau_{s}=16$ | |

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Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
|---|---|---|
| 引張応力 | $\sigma_{b}=85$ | $\sigma_{b}=138$ |
| せん断応力 | $\tau_{b}=59$ | $\tau_{b}=78$ |

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平方向 | |
| 鉛直方向 | |

1.4.2 応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 胴板 | SM41A | 一次一般膜 | $\sigma_0=16$ | $S_a=231$ | $\sigma_0=22$ | $S_a=231$ |
| | | 一次＋二次 | $\sigma_2=26$ | $S_a=468$ | $\sigma_2=37$ | $S_a=468$ |
| スカート | SM41A | 組合せ | $\sigma_s=37$ | $f_{tm}=241$ | $\sigma_s=49$ | $f_{tm}=275$ |
| | | 圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価） | $\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_{cm}}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_{bm}}\leqq 1$ | | $\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_{cm}}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_{bm}}\leqq 1$ | |
| | | | 0.19（無次元） | | 0.26（無次元） | |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b=85$ | $f_{ts}=149$* | $\sigma_b=138$ | $f_{ts}=163$* |
| | | せん断 | $\tau_b=59$ | $f_{sb}=133$ | $\tau_b=78$ | $f_{sb}=158$ |

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) | 比重 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | | |
| 原子炉補機冷却系サージタンク | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 原子炉建物 EL 42.8*1 | | | — | — | $C_H$＝2.74*2 | $C_V$＝2.46*2 | 静水頭 | 100 | 100 | 1.00 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.2 機器要目

| $m_0$ (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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2500 | 9.0 | 2500 | 9.0 | 198000*1 | 198000*2 | 76100*1 | 76100*2 |

| ℓ (mm) | $\ell_s$ (mm) | $D_1$ (mm) | $D_2$ (mm) | $D_3$ (mm) | $D_4$ (mm) | $D_5$ (mm) | $D_6$ (mm) | $D_7$ (mm) | H (mm) | s | n | $D_c$ (mm) | $D_{bo}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 710 | 1140 | 700 | 700 | 130 | 130 | 130 | 160 | 240 | 2060 | 15 | 16 | 2650 | 2750 |

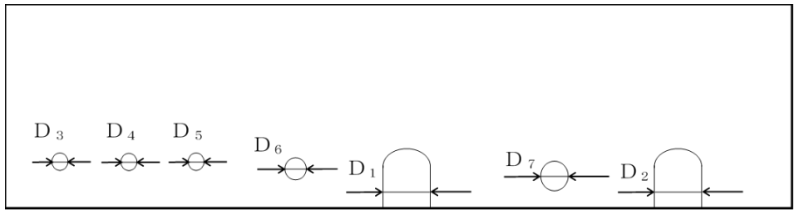
| $D_{bi}$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | Y (mm) | $M_s$ (N･mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 2300 | 20 (M20) | 314.2 | 2209 | — | $7.258\times10^8$ |

| $S_y$（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) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 221*1 (厚さ≦16mm) | 373*1 (厚さ≦16mm) | — | 221*2 (厚さ≦16mm) | 373*2 (厚さ≦16mm) | — | 261 |

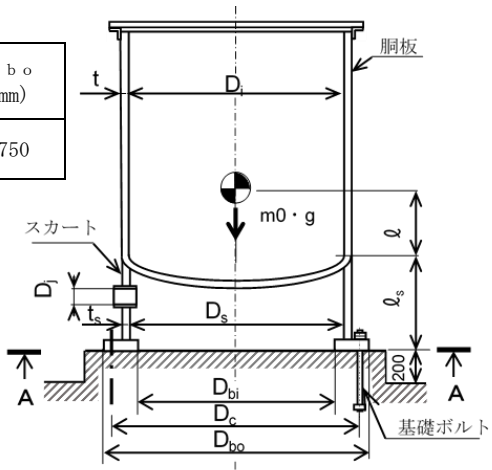
| $S_y$（基礎ボルト） (MPa) | $S_u$（基礎ボルト） (MPa) | F（基礎ボルト） (MPa) | F*（基礎ボルト） (MPa) |
|---|---|---|---|
| 212*2 (16mm＜径≦40mm) | 373*2 (16mm＜径≦40mm) | — | 254 |

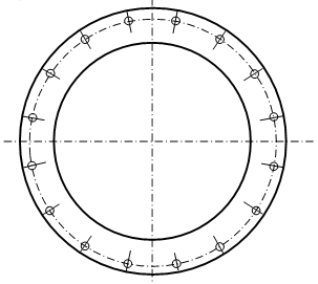
注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出




スカート開口部の形状を示す。



A－A矢視図

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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | — | — | — | $\sigma_{\phi 1}=3$ | $\sigma_{x 1}=0$ | — |
| 運転時質量による引張応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 2}=2$ | — |
| 鉛直方向地震による引張応力 | | — | — | — | $\sigma_{\phi 2}=7$ | $\sigma_{x 5}=5$ | — |
| 空質量による圧縮応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 3}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 4}=7$ | $\tau=11$ |
| 応力の和 | 引張側 | — | — | — | $\sigma_{\phi}=10$ | $\sigma_{x t}=10$ | — |
| | 圧縮側 | — | — | — | $\sigma_{\phi}=-10$ | $\sigma_{x c}=7$ | — |
| 組合せ応力 | 引張 | — | | | $\sigma_{0 t}=21$ | | |
| | 圧縮 | — | | | $\sigma_{0 c}=22$ | | |

(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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 5}=5$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | — | — | — | $\sigma_{\phi 2}=7$ | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 4}=7$ | $\tau=11$ |
| 応力の和 | 引張側 | — | — | — | $\sigma_{2\phi}=7$ | $\sigma_{2x t}=8$ | — |
| | 圧縮側 | — | — | — | $\sigma_{2\phi}=-7$ | $\sigma_{2x c}=7$ | — |
| 組合せ応力（変動値） | 引張 | — | | | $\sigma_{2 t}=37$ | | |
| | 圧縮 | — | | | $\sigma_{2 c}=26$ | | |

2.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

| | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 応力 | 組合せ応力 | 応力 | 組合せ応力 |
| 運転時質量による応力 | | — | — | $\sigma_{s 1}=3$ | $\sigma_{s}=49$ |
| 鉛直方向地震による応力 | | — | | $\sigma_{s 3}=7$ | |
| 水平方向地震による応力 | 曲げ | — | | $\sigma_{s 2}=38$ | |
| | せん断 | — | | $\tau_{s}=16$ | |

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Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
|---|---|---|
| 引張応力 | — | $\sigma_{b}=138$ |
| せん断応力 | — | $\tau_{b}=78$ |

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平方向 | |
| 鉛直方向 | |

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 胴板 | SM41A | 一次一般膜 | — | — | $\sigma_{o}=22$ | $S_{a}=223$ |
| | | 一次＋二次 | — | — | $\sigma_{2}=37$ | $S_{a}=442$ |
| スカート | SM41A | 組合せ | — | — | $\sigma_{s}=49$ | $f_{tm}=261$ |
| | | 圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価） | — | | $\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_{cm}}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_{bm}}\leqq 1$ | |
| | | | — | | 0.27（無次元） | |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b}=138$ | $f_{ts}=141^{*}$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b}=78$ | $f_{sb}=146$ |

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_{b},\ f_{to}]$

# Ⅵ-2-5-7-2　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

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
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 10

1. 概要

本計算書は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

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

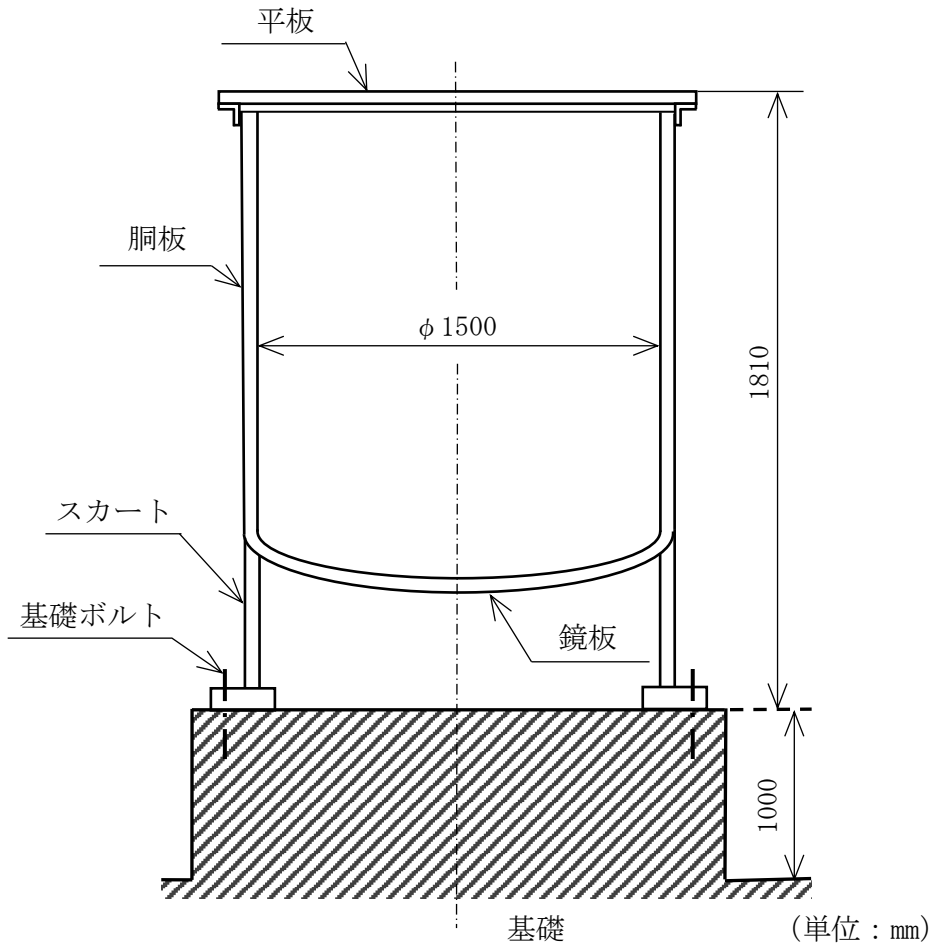
なお，高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクは，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-3　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 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。 | たて置円筒形<br>（上面に平板，下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器） |  |

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

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

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

表3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-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，ＳＲＳＳ法を適用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

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

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

4.3 計算条件

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

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記＊：クラス３容器の支持構造物を含む。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉冷却系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 重大事故等*2クラス２容器 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表 4－3　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

| 許容応力状態 | 許容限界* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次一般膜応力 | 一次膜応力＋<br>一次曲げ応力 | 一次＋二次応力 | 一次＋二次＋<br>ピーク応力 |
| ⅢAS | Syと 0.6・Suの小さい方<br>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Ｓｄ又は基準地震動Ｓｓ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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Sy 以下であれば，疲労解析は不要 | |
| ⅣAS | 0.6・Su | 左欄の 1.5 倍の値 | | |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | 基準地震動Ｓｓ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。<br>ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が<br>2・Sy以下であれば，疲労解析は不要 | |

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

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

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | 許容限界*1，*2<br>（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 |
| ⅢAS | 1.5・ft | 1.5・fb，<br>1.5・fs<br>又は 1.5・fc | 1.5・ft | 1.5・fs |
| ⅣAS | 1.5・ft* | | 1.5・ft* | 1.5・fs* |
| VAS<br>（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。

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

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 胴板 | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 最高使用温度 | 66 | — | 234 | 385 | — |
| スカート | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | — | 241 | 394 | — |
| 基礎ボルト | SS41*2 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | — | 231 | 394 | — |

注記＊1：SM400A 相当

＊2：SS400 相当

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 胴板 | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 最高使用温度 | 66 | — | 234 | 385 | — |
| スカート | SM41A*1 (厚さ≦16mm) | 周囲環境温度 | 66 | — | 234 | 385 | — |
| 基礎ボルト | SS41*2 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 66 | — | 225 | 385 | — |

注記＊1：SM400A 相当

＊2：SS400 相当

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用圧力(MPa) | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) | 比重 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | | |
| 高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク | S | 原子炉建物 EL 8.8*1 | | | $C_H$=0.78*2 | $C_V$=0.54*2 | $C_H$=1.56*3 | $C_V$=1.16*3 | 静水頭 | 66 | 50 | 1.00 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| $m_0$ (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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1500 | 9.0 | 1500 | 9.0 | 200000*1 | 201000*2 | 76900*1 | 77300*2 |

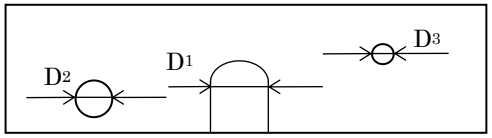
| $\ell$ (mm) | $\ell_s$ (mm) | $D_1$ (mm) | $D_2$ (mm) | $D_3$ (mm) | H (mm) | s | n | $D_c$ (mm) | $D_{bo}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 459 | 1561 | 700 | 240 | 160 | 1339 | 15 | 12 | 1620 | 1720 |

| $D_{bi}$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | Y (mm) | $M_s$ (N･mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 1400 | 20 (M20) | 314.2 | 1129 | $6.644\times10^7$ | $1.329\times10^8$ |

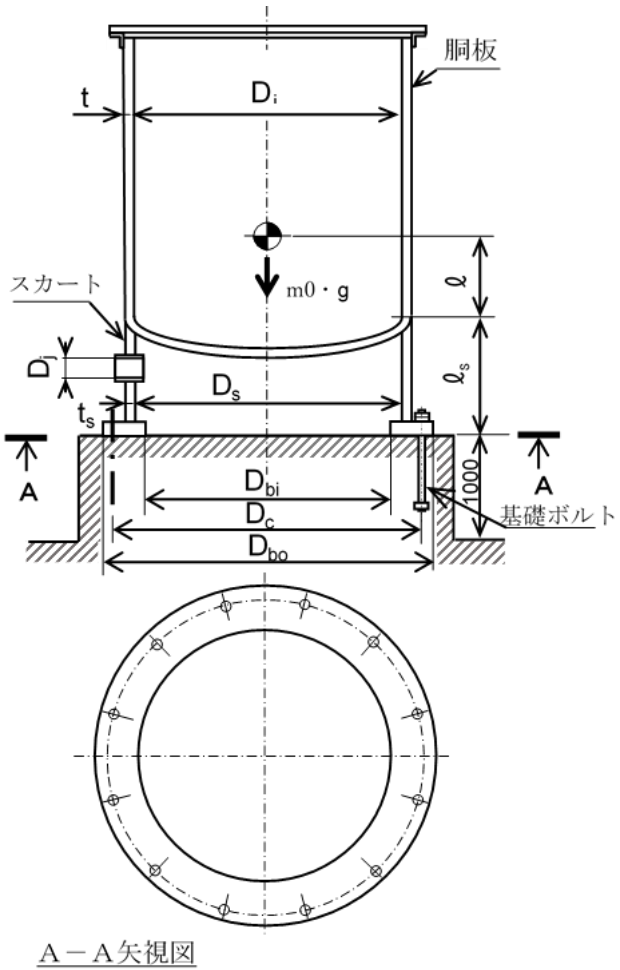
| $S_y$(胴板) (MPa) | $S_u$(胴板) (MPa) | S(胴板) (MPa) | $S_y$(スカート) (MPa) | $S_u$(スカート) (MPa) | F(スカート) (MPa) | F*(スカート) (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 234*1 (厚さ≦16mm) | 385*1 (厚さ≦16mm) | — | 241*2 (厚さ≦16mm) | 394*2 (厚さ≦16mm) | 241 | 275 |

| $S_y$(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) |
|---|---|---|---|
| 231*2 (16mm＜径≦40mm) | 394*2 (16mm＜径≦40mm) | 231 | 275 |

注記＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出




スカート開口部の形状を示す。




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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | $\sigma_{\phi 1}=1$ | $\sigma_{x 1}=0$ | — | $\sigma_{\phi 1}=1$ | $\sigma_{x 1}=0$ | — |
| 運転時質量による引張応力 | | — | $\sigma_{x 2}=1$ | — | — | $\sigma_{x 2}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による引張応力 | | $\sigma_{\phi 2}=1$ | $\sigma_{x 5}=1$ | — | $\sigma_{\phi 2}=2$ | $\sigma_{x 5}=1$ | — |
| 空質量による圧縮応力 | | — | $\sigma_{x 3}=1$ | — | — | $\sigma_{x 3}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | — | $\sigma_{x 6}=0$ | — | — | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | $\sigma_{x 4}=1$ | $\tau=2$ | — | $\sigma_{x 4}=2$ | $\tau=3$ |
| 応力の和 | 引張側 | $\sigma_{\phi}=2$ | $\sigma_{x t}=2$ | — | $\sigma_{\phi}=3$ | $\sigma_{x t}=3$ | — |
| | 圧縮側 | $\sigma_{\phi}=-2$ | $\sigma_{x c}=2$ | — | $\sigma_{\phi}=-3$ | $\sigma_{x c}=2$ | — |
| 組合せ応力 | 引張 | $\sigma_{0 t}=4$ | | | $\sigma_{0 t}=6$ | | |
| | 圧縮 | $\sigma_{0 c}=4$ | | | $\sigma_{0 c}=6$ | | |

(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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | — | $\sigma_{x 5}=1$ | — | — | $\sigma_{x 5}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | $\sigma_{\phi 2}=1$ | $\sigma_{x 6}=0$ | — | $\sigma_{\phi 2}=2$ | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | $\sigma_{x 4}=1$ | $\tau=2$ | — | $\sigma_{x 4}=2$ | $\tau=3$ |
| 応力の和 | 引張側 | $\sigma_{2\phi}=1$ | $\sigma_{2xt}=1$ | — | $\sigma_{2\phi}=2$ | $\sigma_{2xt}=2$ | — |
| | 圧縮側 | $\sigma_{2\phi}=-1$ | $\sigma_{2xc}=1$ | — | $\sigma_{2\phi}=-2$ | $\sigma_{2xc}=2$ | — |
| 組合せ応力(変動値) | 引張 | $\sigma_{2 t}=5$ | | | $\sigma_{2 t}=10$ | | |
| | 圧縮 | $\sigma_{2 c}=4$ | | | $\sigma_{2 c}=8$ | | |

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

| | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 応力 | 組合せ応力 | 応力 | 組合せ応力 |
| 運転時質量による応力 | | $\sigma_{s 1}=2$ | $\sigma_{s}=10$ | $\sigma_{s 1}=2$ | $\sigma_{s}=19$ |
| 鉛直方向地震による応力 | | $\sigma_{s 3}=1$ | | $\sigma_{s 3}=2$ | |
| 水平方向地震による応力 | 曲げ | $\sigma_{s 2}=8$ | | $\sigma_{s 2}=16$ | |
| | せん断 | $\tau_{s}=2$ | | $\tau_{s}=4$ | |

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Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
|---|---|---|
| 引張応力 | $\sigma_{b}=17$ | $\sigma_{b}=48$ |
| せん断応力 | $\tau_{b}=9$ | $\tau_{b}=18$ |

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平方向 | |
| 鉛直方向 | |

1.4.2 応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 胴板 | SM41A | 一次一般膜 | $\sigma_0=4$ | $S_a=231$ | $\sigma_0=6$ | $S_a=231$ |
| | | 一次＋二次 | $\sigma_2=5$ | $S_a=468$ | $\sigma_2=10$ | $S_a=468$ |
| スカート | SM41A | 組合せ | $\sigma_s=10$ | $f_{tm}=241$ | $\sigma_s=19$ | $f_{tm}=275$ |
| | | 圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価） | $\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_{cm}}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_{bm}}\leqq 1$ | | $\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_{cm}}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_{bm}}\leqq 1$ | |
| | | | 0.046（無次元） | | 0.086（無次元） | |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b=17$ | $f_{ts}=173$* | $\sigma_b=48$ | $f_{ts}=206$* |
| | | せん断 | $\tau_b=9$ | $f_{sb}=133$ | $\tau_b=18$ | $f_{sb}=158$ |

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 最高使用圧力(MPa) | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) | 比重 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | | |
| 高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク | 常設／防止（ＤＢ拡張） | 原子炉建物 EL 8.8*1 | | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 静水頭 | 66 | 66 | 1.00 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 機器要目

| $m_0$ (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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1500 | 9.0 | 1500 | 9.0 | 200000*1 | 200000*2 | 76900*1 | 76900*2 |

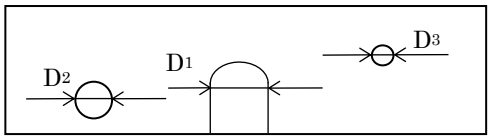
| $\ell$ (mm) | $\ell_s$ (mm) | $D_1$ (mm) | $D_2$ (mm) | $D_3$ (mm) | H (mm) | s | n | $D_c$ (mm) | $D_{bo}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 459 | 1561 | 700 | 240 | 160 | 1339 | 15 | 12 | 1620 | 1720 |

| $D_{bi}$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | Y (mm) | $M_s$ (N･mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 1400 | 20 (M20) | 314.2 | 1129 | — | $1.329\times10^8$ |

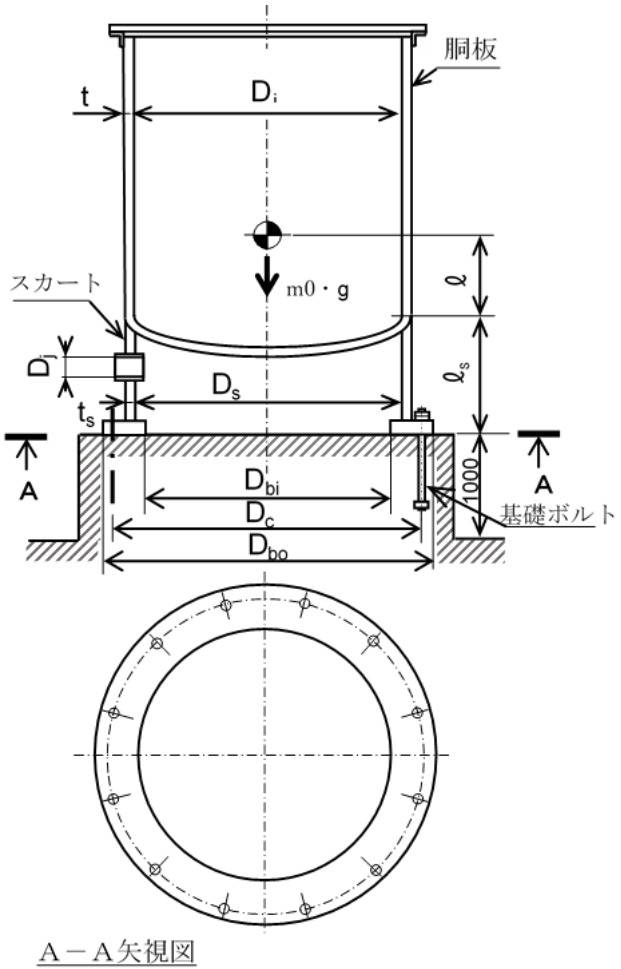
| $S_y$(胴板) (MPa) | $S_u$(胴板) (MPa) | S(胴板) (MPa) | $S_y$(スカート) (MPa) | $S_u$(スカート) (MPa) | F(スカート) (MPa) | F*(スカート) (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 234*1 (厚さ≦16mm) | 385*1 (厚さ≦16mm) | — | 234*2 (厚さ≦16mm) | 385*2 (厚さ≦16mm) | — | 269 |

| $S_y$(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) |
|---|---|---|---|
| 225*2 (16mm＜径≦40mm) | 385*2 (16mm＜径≦40mm) | — | 269 |

注記＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



Ａ－Ａ矢視図

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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | — | — | — | $\sigma_{\phi 1}=1$ | $\sigma_{x 1}=0$ | — |
| 運転時質量による引張応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 2}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による引張応力 | | — | — | — | $\sigma_{\phi 2}=2$ | $\sigma_{x 5}=1$ | — |
| 空質量による圧縮応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 3}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 4}=2$ | $\tau=3$ |
| 応力の和 | 引張側 | — | — | — | $\sigma_{\phi}=3$ | $\sigma_{x t}=3$ | — |
| | 圧縮側 | — | — | — | $\sigma_{\phi}=-3$ | $\sigma_{x c}=2$ | — |
| 組合せ応力 | 引張 | — | | | $\sigma_{0 t}=6$ | | |
| | 圧縮 | — | | | $\sigma_{0 c}=6$ | | |

(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Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 5}=1$ | — |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | | — | — | — | $\sigma_{\phi 2}=2$ | $\sigma_{x 6}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | | — | — | — | — | $\sigma_{x 4}=2$ | $\tau=3$ |
| 応力の和 | 引張側 | — | — | — | $\sigma_{2\phi}=2$ | $\sigma_{2x t}=2$ | — |
| | 圧縮側 | — | — | — | $\sigma_{2\phi}=-2$ | $\sigma_{2x c}=2$ | — |
| 組合せ応力（変動値） | 引張 | — | | | $\sigma_{2 t}=10$ | | |
| | 圧縮 | — | | | $\sigma_{2 c}=8$ | | |

2.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

| | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 応力 | 組合せ応力 | 応力 | 組合せ応力 |
| 運転時質量による応力 | | — | — | $\sigma_{s 1}=2$ | $\sigma_{s}=19$ |
| 鉛直方向地震による応力 | | — | | $\sigma_{s 3}=2$ | |
| 水平方向地震による応力 | 曲げ | — | | $\sigma_{s 2}=16$ | |
| | せん断 | — | | $\tau_{s}=4$ | |

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Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
|---|---|---|
| 引張応力 | — | $\sigma_{b}=48$ |
| せん断応力 | — | $\tau_{b}=18$ |

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平方向 | |
| 鉛直方向 | |

2.4.2 応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 胴板 | SM41A | 一次一般膜 | — | — | $\sigma_{o}=6$ | $S_{a}=231$ |
| | | 一次＋二次 | — | — | $\sigma_{2}=10$ | $S_{a}=468$ |
| スカート | SM41A | 組合せ | — | — | $\sigma_{s}=19$ | $f_{tm}=269$ |
| | | 圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価） | — | | $\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_{cm}}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_{bm}}\leqq 1$ | |
| | | | — | | 0.088（無次元） | |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b}=48$ | $f_{ts}=201$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b}=18$ | $f_{sb}=155$ |

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_{b},\ f_{to}]$

# Ⅵ-2-6　計測制御系統施設の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-6-4　ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-6-4-1　ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-6-4-1-1　ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　構造強度評価 ····· 5
3.1　構造強度評価方法 ····· 5
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
3.3　計算条件 ····· 5
4.　機能維持評価 ····· 10
4.1　基本方針 ····· 10
4.2　ポンプの動的機能維持評価 ····· 11
4.3　原動機の動的機能維持評価 ····· 25
5.　評価結果 ····· 34
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 34
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 34

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ほう酸水注入ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

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

なお，ほう酸水注入ポンプは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横形ポンプであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-1　横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき剛構造として評価を行う。また，ほう酸水注入ポンプは，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の往復動式のポンプであり，機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから，原子力発電所耐震設計技術指針（ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版）（日本電気協会　電気技術基準調査委員会　平成3年6月）（以下「ＪＥＡＧ４６０１」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入ポンプの構造計画を表2－1から表2－3に示す。

表2－1　構造計画

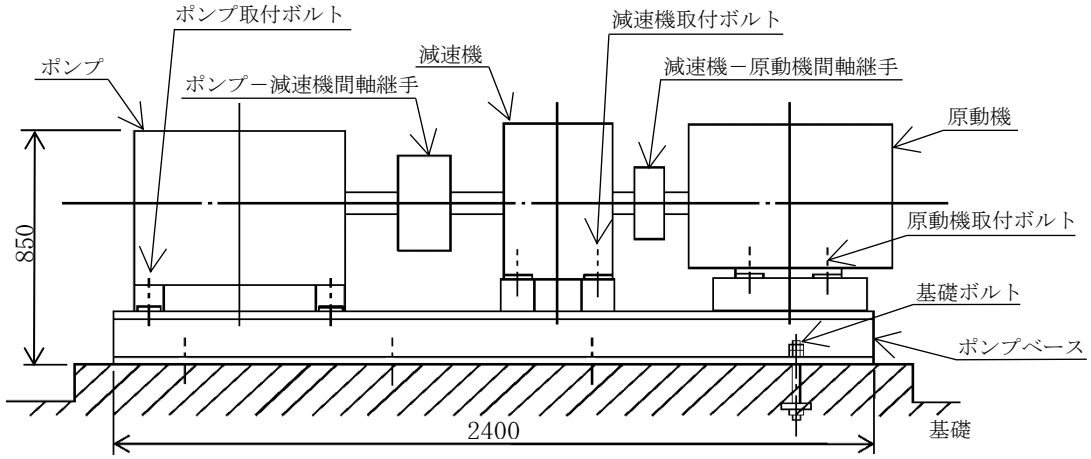
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| ポンプ等は取付ボルトでポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。 | 往復形<br>(横形3連往復動式ポンプ) |  <br>(単位：mm) |

表2－2　構造計画

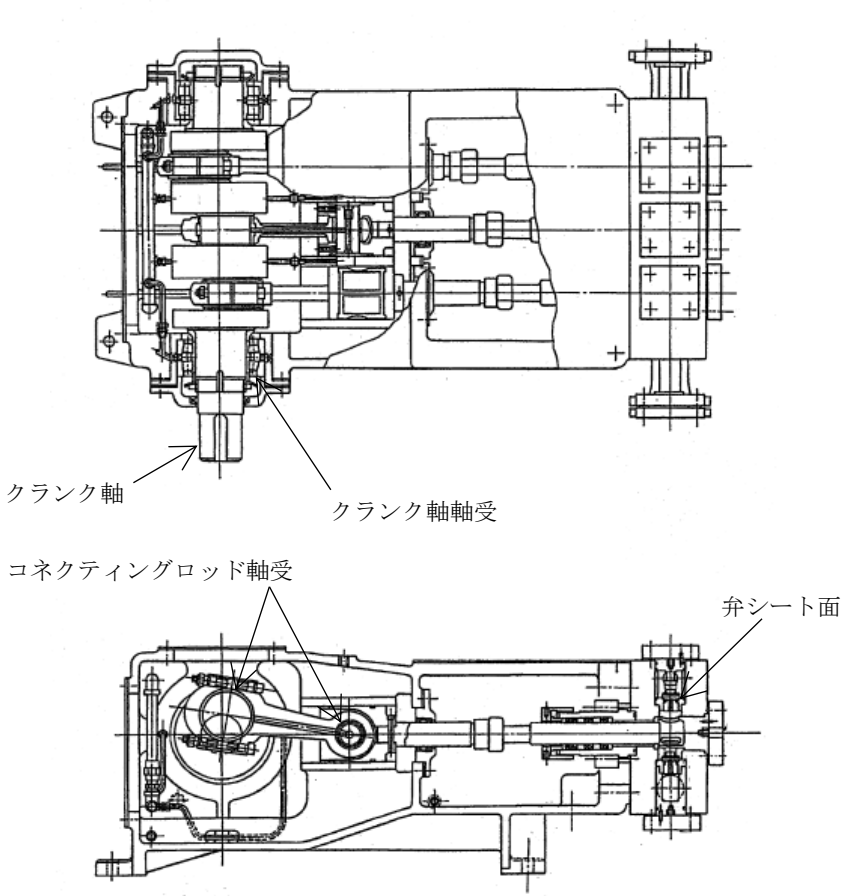
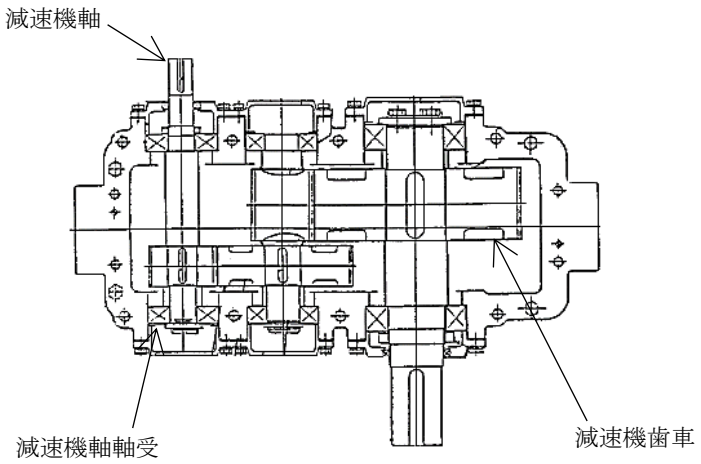
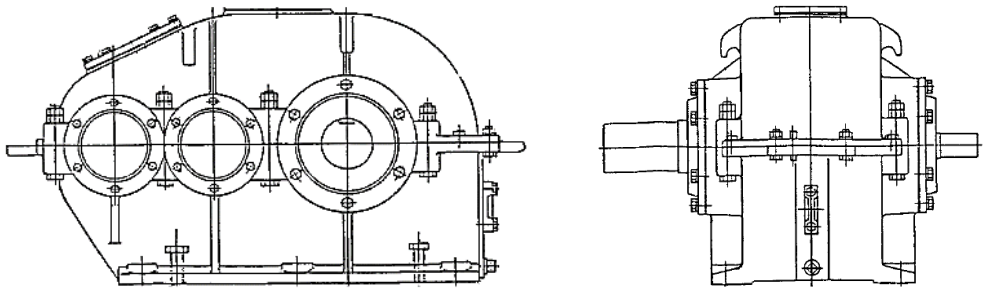
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| ポンプ等は取付ボルトでポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。 | 往復形<br>(横形3連往復動式ポンプ) |  <br>ポンプ構造図 |

表2－3　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| ポンプ等は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。 | 往復形<br>(横形3連往復動式ポンプ) |  <br>  <br>減速機構造図 |

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

3.2.2 許容応力

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

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

3.3 計算条件

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

表3－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記＊：クラス２ポンプの支持構造物を含む。

表3－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | ほう酸水注入設備 | ほう酸水注入ポンプ | 常設耐震／防止 | 重大事故等クラス２ポンプ*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $IV_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$IV_AS$の許容限界を用いる。） |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | ほう酸水注入ポンプ | 常設／緩和 | 重大事故等クラス２ポンプ*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $IV_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$IV_AS$の許容限界を用いる。） |
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器安全設備 | ほう酸水注入ポンプ | 常設／緩和 | 重大事故等クラス２ポンプ*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $IV_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$IV_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：重大事故等クラス２ポンプの支持構造物を含む。

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

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

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・f t | 1.5・f s |
| ⅣAS | 1.5・f t* | 1.5・f s* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表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 (℃) | | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |
| ポンプ取付ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |
| 原動機取付ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |
| 減速機取付ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400相当

表3－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | Ｓｙ (MPa) | Ｓｕ (MPa) | Ｓｙ（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |
| ポンプ取付ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |
| 原動機取付ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |
| 減速機取付ボルト | SS41＊ (40mm＜径≦100mm) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400相当

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

ほう酸水注入ポンプ及び原動機は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の横形3連往復動式ポンプ及び横形ころがり軸受電動機であり，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，ＪＥＡＧ４６０１に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる応答加速度は，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Ｓｓ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。

4.2　ポンプの動的機能維持評価

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

4.2.1　評価対象部位

ＪＥＡＧ４６０１に記載の往復動式ポンプの動的機能維持評価に従い，以下の部位について評価を実施する。

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

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

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

4.2.2　評価基準値

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

評価基準値のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1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。

表4－1　評価基準値（設計基準対象施設）

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

注記＊：機械的性質及び化学的成分が同等な　の許容値を適用する。

表4－2　評価基準値（重大事故等対処設備）

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

注記＊：機械的性質及び化学的成分が同等な　の許容値を適用する。

4.2.3　記号の説明

ほう酸水注入ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表4－3に示す。

表 4－3　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 減速機入力軸軸受間の距離の1/2 | mm |
| $A_1$ | 減速機入力軸の断面積 | $mm^2$ |
| $A_2$ | 減速機出力軸の断面積 | $mm^2$ |
| $A_3$ | 減速機中間軸の断面積 | $mm^2$ |
| $A_C$ | クランク軸の断面積 | $mm^2$ |
| $A_{LB}$ | コネクティングロッド大端部軸受の投影面積 | $mm^2$ |
| $A_{SB}$ | コネクティングロッド小端部軸受の投影面積 | $mm^2$ |
| $A_{VS}$ | 弁シート面の投影面積 | $mm^2$ |
| b | 減速機中間軸軸受間の距離の1/2 | mm |
| c | 減速機出力軸軸受間の距離の1/2 | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| $D_1$ | 減速機入力軸の直径 | mm |
| $D_2$ | 減速機出力軸の直径 | mm |
| $D_3$ | 減速機中間軸の直径 | mm |
| $D_C$ | クランク軸の直径 | mm |
| $D_{P1}$ | ポンプ－減速機間軸継手のピッチ円直径 | mm |
| $D_{P2}$ | 減速機－原動機間軸継手のピッチ円直径 | mm |
| $D_V$ | 弁の直径 | mm |
| $E_{11}$ | ポンプケーシングの縦弾性係数 | MPa |
| $E_{12}$ | 減速機ケーシングの縦弾性係数 | MPa |
| $E_{13}$ | 原動機ケーシングの縦弾性係数 | MPa |
| $F_1$ | 減速機入力軸に生じるラジアル荷重 | N |
| $F_2$ | 減速機出力軸に生じるラジアル荷重 | N |
| $F_3$ | 減速機中間軸に生じるラジアル荷重 | N |
| $F_B$ | 大端部及び小端部の軸受に生じる荷重 | N |
| $F_C$ | クランク軸に生じるラジアル荷重 | N |
| $F_{CB1}$ | 軸継手側クランク軸軸受に生じる静等価荷重 | N |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $F_{CB2}$ | 反軸継手側クランク軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{G1}$ | 第一段歯車に生じる合成荷重 | N |
| $F_{G2}$ | 第二段歯車に生じる合成荷重 | N |
| $F_{JA}$ | 原動機側減速機入力軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{JB}$ | ポンプ側減速機入力軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{JC}$ | 原動機側減速機中間軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{JD}$ | ポンプ側減速機中間軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{JE}$ | 原動機側減速機出力軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{JF}$ | ポンプ側減速機出力軸軸受に生じる静等価荷重 | N |
| $F_{VS}$ | 弁シート面に生じる荷重 | N |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_{P1}$ | ポンプ取付面からポンプ重心までの高さ | mm |
| $h_{P2}$ | 減速機取付面から減速機重心までの高さ | mm |
| $h_{P3}$ | 原動機取付面から原動機重心までの高さ | mm |
| $I_{11}$ | ポンプケーシングの断面二次モーメント | $mm^4$ |
| $I_{12}$ | 減速機ケーシングの断面二次モーメント | $mm^4$ |
| $I_{13}$ | 原動機ケーシングの断面二次モーメント | $mm^4$ |
| $\ell_C$ | クランク軸軸受間の距離の1/2 | mm |
| $P_d$ | ポンプの吐出圧力 | MPa |
| $P_{LB}$ | コネクティングロッド大端部軸受に生じる面圧 | MPa |
| $P_{SB}$ | コネクティングロッド小端部軸受に生じる面圧 | MPa |
| $P_{VS}$ | 弁シート面に生じる面圧 | MPa |
| $Q_1$ | 減速機入力軸に生じるスラスト荷重 | N |
| $Q_2$ | 減速機出力軸に生じるスラスト荷重 | N |
| $Q_3$ | 減速機中間軸に生じるスラスト荷重 | N |
| $Q_C$ | クランク軸に生じるスラスト荷重 | N |
| $W_{11}$ | プランジャ，クロスヘッド等の質量 | kg |
| $W_{12}$ | コネクティングロッドの質量 | kg |
| $W_{13}$ | クランク軸の質量 | kg |
| $W_{14}$ | ポンプ－減速機間軸継手の片側の質量 | kg |
| $W_{15}$ | 減速機－原動機間軸継手の片側の質量 | kg |

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

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

4.2.4　評価方法

(1)　コネクティングロッド軸受

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

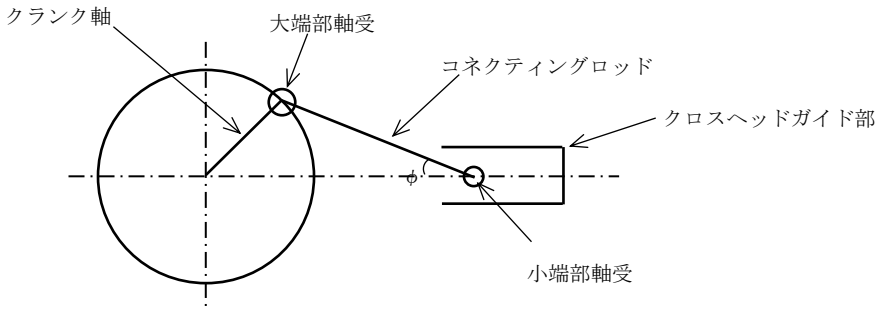



図 4−1　コネクティングロッド軸受の計算モデル

各軸受に生じる面圧は次式で求める。

コネクティングロッド大端部軸受に生じる面圧$P_{LB}$

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

コネクティングロッド小端部軸受に生じる面圧$P_{SB}$

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

ここで，大端部及び小端部の軸受に生じる荷重$F_B$は

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

(2)　クランク軸

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

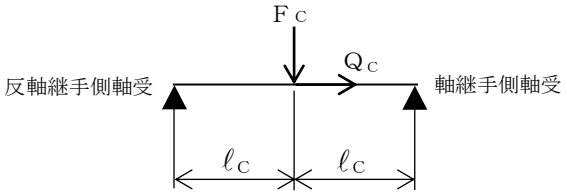



図 4－2　クランク軸の計算モデル

クランク軸に生じる引張応力及び曲げ応力$\sigma_C$は

$$\sigma_C = \frac{\ell_C \cdot \ell_C}{Z_C \cdot (\ell_C + \ell_C)} \cdot F_C + \frac{Q_C}{A_C} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.4)$$

ここで，クランク軸に生じる荷重は

ラジアル荷重$F_C$

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

スラスト荷重$Q_C$

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

クランク軸の断面係数$Z_C$は

$$Z_C = \frac{\pi \cdot D_C{}^3}{32} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.7)$$

(3)　クランク軸軸受

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

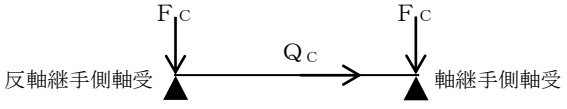



図 4－3　クランク軸軸受の計算モデル

クランク軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

軸継手側軸受に生じる静等価荷重$F_{CB1}$

$$F_{CB1} = \max(X_{01} \cdot F_C + Y_{01} \cdot Q_C,\ F_C) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.8)$$

反軸継手側軸受に生じる静等価荷重$F_{CB2}$

$$F_{CB2} = \max(X_{02} \cdot F_C + Y_{02} \cdot Q_C,\ F_C) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.9)$$

(4)　弁シート面

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

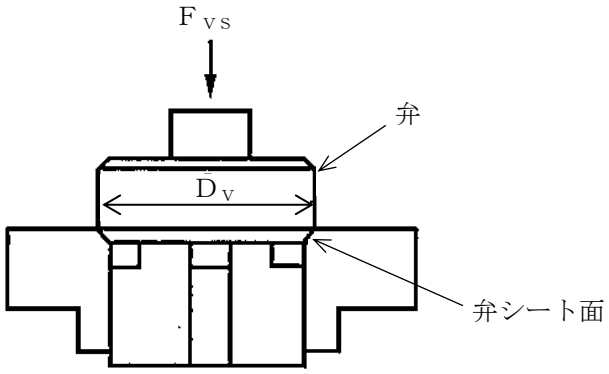



図 4－4　弁シート面の計算モデル

弁シート面に生じる面圧$P_{VS}$は次式で求める。

$$P_{VS}=\frac{F_{VS}}{A_{VS}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.10)$$

弁シート面に生じる荷重$F_{VS}$は

$$F_{VS}=\left(W_{16}\cdot g\cdot\sqrt{C_H{}^2+(C_V+1)^2}+\frac{\pi\cdot D_V{}^2\cdot P_d}{4}\right) \quad \cdots\cdots \quad (4.2.4.11)$$

(5)　減速機軸軸受

図 4－5 から図 4－8 に示す計算モデルにて，地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし，軸受に生じる静等価荷重を求め，メーカ規定の許容値以下であることを確認する。

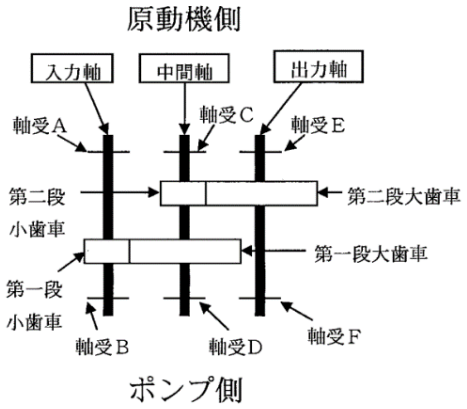



図 4－5　減速機の構造モデル

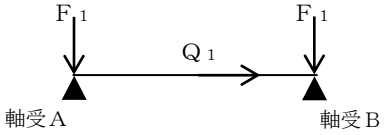



図 4－6　入力軸軸受の計算モデル

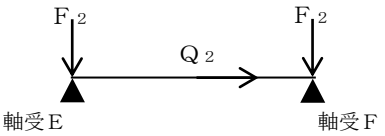



図 4－7　出力軸軸受の計算モデル

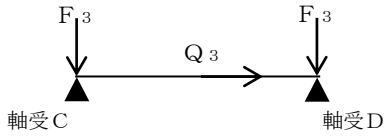



図 4－8　中間軸軸受の計算モデル

入力軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

原動機側入力軸軸受に生じる静等価荷重$F_{JA}$

$$F_{JA}=\max\left(X_{0A}\cdot F_1+Y_{0A}\cdot Q_1,\ F_1\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.12)$$

ポンプ側入力軸軸受に生じる静等価荷重$F_{JB}$

$$F_{JB}=\max\left(X_{0B}\cdot F_1+Y_{0B}\cdot Q_1,\ F_1\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2.4.13)$$

ここで，入力軸に生じる荷重は

ラジアル荷重$F_1$

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

スラスト荷重$Q_1$

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

出力軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

原動機側出力軸軸受に生じる静等価荷重$F_{JE}$

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

ポンプ側出力軸軸受に生じる静等価荷重$F_{JF}$

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

ここで，出力軸に生じる荷重は

ラジアル荷重$F_2$

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

スラスト荷重$Q_2$

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

中間軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

原動機側中間軸軸受に生じる静等価荷重$F_{JC}$

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

ポンプ側中間軸軸受に生じる静等価荷重$F_{JD}$

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

ここで，中間軸に生じる荷重は

ラジアル荷重$F_3$

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

スラスト荷重$Q_3$

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

(6) 減速機軸

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

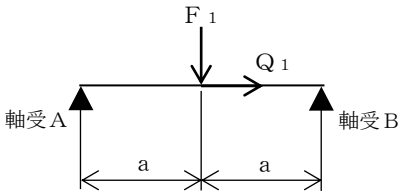



図 4－9　入力軸の計算モデル

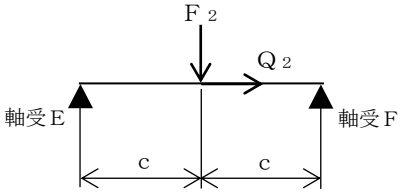



図 4－10　出力軸の計算モデル

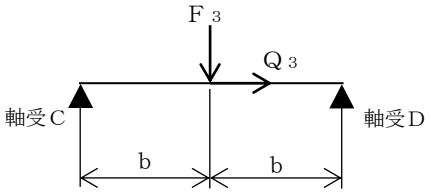



図 4－11　中間軸の計算モデル

入力軸に生じる引張応力及び曲げ応力$\sigma_1$は次式で求める。

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

ここで，入力軸の断面係数$Z_1$は

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

出力軸に生じる引張応力及び曲げ応力$\sigma_2$は次式で求める。

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

ここで，出力軸の断面係数$Z_2$は

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

中間軸に生じる引張応力及び曲げ応力$\sigma_3$は次式で求める。

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

ここで，中間軸の断面係数$Z_3$は

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

(7)　減速機歯車

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

第一段歯車に作用する合成荷重$F_{G1}$は次式で求める。

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

第二段歯車に作用する合成荷重$F_{G2}$は次式で求める。

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

(8)　軸継手（原動機～減速機～ポンプ）

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

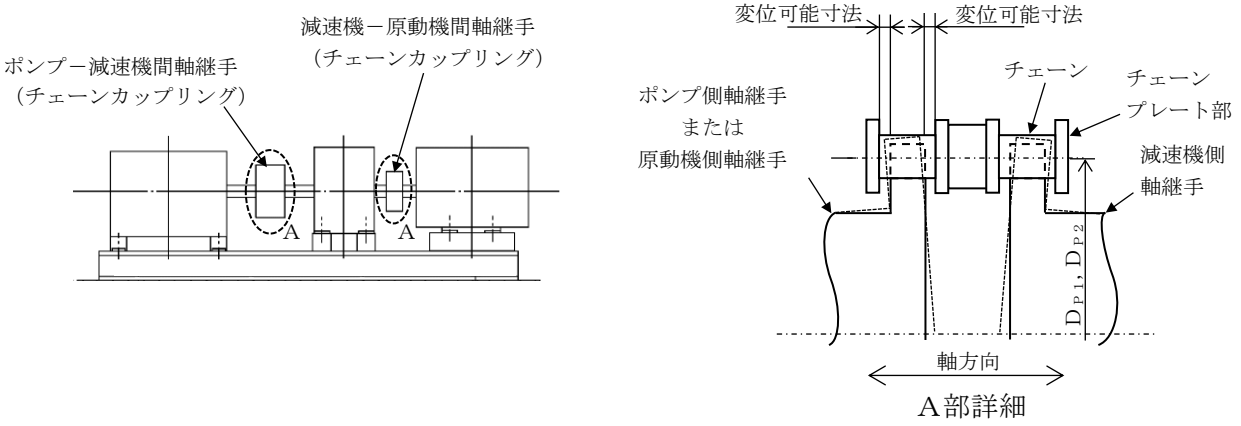



図 4－12　軸継手の計算モデル

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

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

ここで，地震によるポンプの変位$\delta_{11}$は

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

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

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

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

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

ここで，地震による減速機の変位$\delta_{12}$は

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ここで，地震による原動機の変位$\delta_{14}$は

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

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

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

4.3　原動機の動的機能維持評価

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

4.3.1　評価対象部位

ＪＥＡＧ４６０１に記載の原動機の動的機能維持評価に従い，以下の部位について評価を実施する。

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

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

評価基準値のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－5に示す。

表4－4　評価基準値（設計基準対象施設）

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

注記＊：SS400相当

表4－5　評価基準値（重大事故等対処設備）

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

注記＊：SS400相当

4.3.3　記号の説明

ほう酸水注入ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表4－6に示す。

表 4－6　記号の説明

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

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

4.3.4　評価方法

(1)　固定子

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

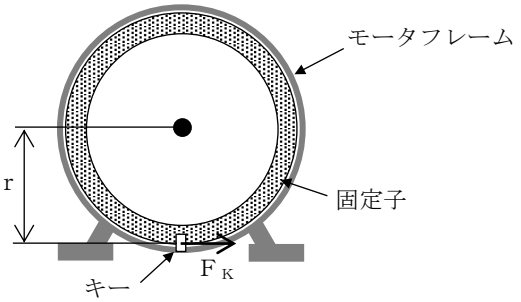



図 4－13　固定子の計算モデル

キーに生じるせん断応力$\tau_K$は次式で求める。

$$\tau_K = F_K / (t_K \cdot \ell_K) \quad \cdots\cdots (4.3.4.1)$$

ここで，キーに生じるせん断力$F_K$は

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

水平方向（軸直角方向）地震力によりキーに生じるせん断力$F_H$は

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

原動機の回転によりキーに生じるせん断力$F_M$は

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

(2)　軸（回転子）

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

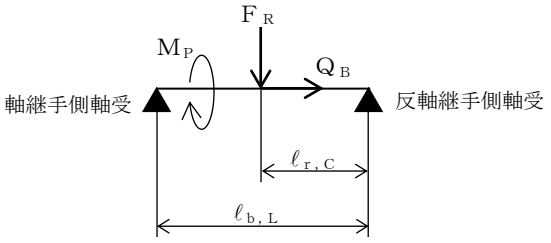



図 4－14　軸（回転子）の計算モデル

軸（回転子）に生じる組合せ応力σ Sは次式で求める。

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

ここで，軸（回転子）に生じる引張応力及び曲げ応力σ bは

$$\sigma_b = \frac{(\ell_{b,L} - \ell_{r,C}) \cdot \ell_{r,C}}{Z_S \cdot \ell_{b,L}} \cdot F_R + \frac{Q_B}{A_S} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3.4.6)$$

軸（回転子）に生じるねじり応力τ tは

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

軸（回転子）の断面係数Z Sは

$$Z_S = \frac{\pi \cdot D_S^3}{32} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3.4.8)$$

軸（回転子）の極断面係数Z Pは

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

軸（回転子）に生じる荷重は

ラジアル荷重F R

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

スラスト荷重Q B

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

(3)　端子箱

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

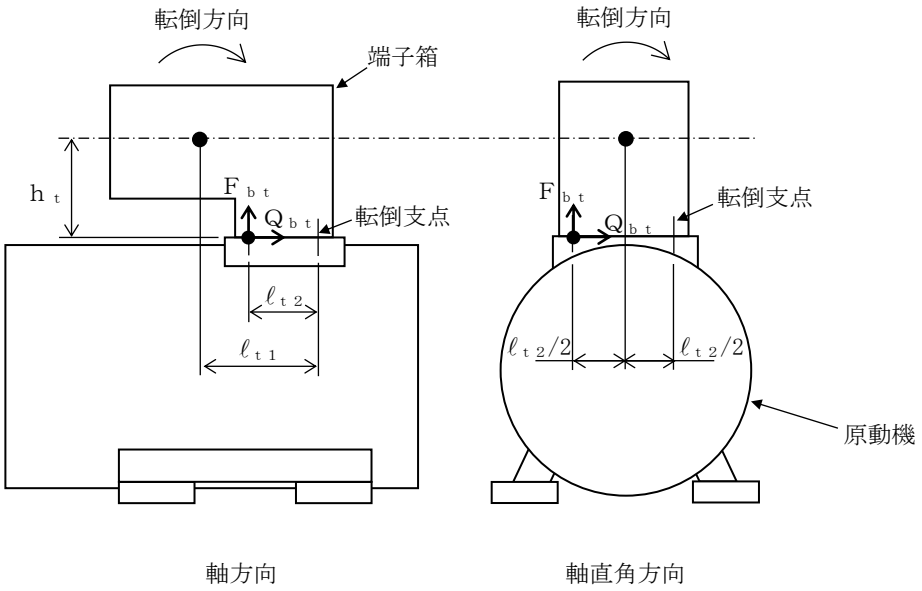



図 4－15　端子箱の計算モデル

端子箱取付ボルトに生じる引張応力$\sigma_{bt}$は次式で求める。

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

ここで，端子箱取付ボルト１本当たりに生じる引張力$F_{bt}$は

軸方向

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

軸直角方向

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

端子箱取付ボルトに生じるせん断応力$\tau_{bt}$は次式で求める。

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

ここで，端子箱取付ボルトに生じるせん断力$Q_{bt}$は

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

(4)　軸受

図 4－16 に示す計算モデルにて，地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし，軸受に生じる静等価荷重を求め，メーカ規定の許容値以下であることを確認する。

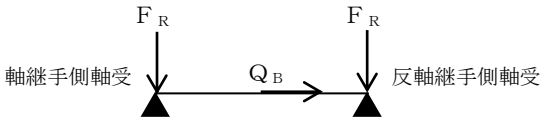



図 4－16　軸受の計算モデル

軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

軸継手側軸受に生じる静等価荷重$F_{B1}$

$$F_{B1}=\max\left(X_{01}\cdot F_R+Y_{01}\cdot Q_B,\ F_R\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3.4.17)$$

反軸継手側軸受に生じる静等価荷重$F_{B2}$

$$F_{B2}=\max\left(X_{02}\cdot F_R+Y_{02}\cdot Q_B,\ F_R\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3.4.18)$$

(5)　固定子と回転子間のクリアランス

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

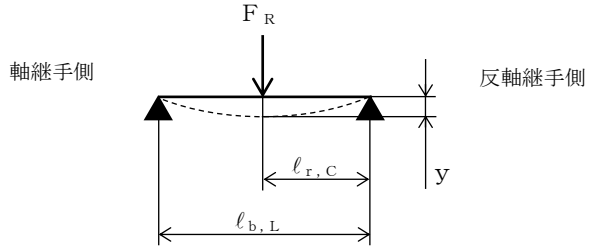



図 4－17　固定子と回転子間のクリアランスの計算モデル

軸（回転子）の変位量 y は次式で求める。

$$y=\frac{F_R\cdot\ell_{r,C}\cdot\left(\ell_{b,L}{}^2-\ell_{r,C}{}^2\right)^{3/2}}{9\cdot\sqrt{3}\cdot E\cdot I\cdot\ell_{b,L}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3.4.19)$$

ここで，軸（回転子）の断面二次モーメント I は

$$I=\frac{\pi\cdot D_S{}^4}{64} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3.4.20)$$

(6)　モータフレーム

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

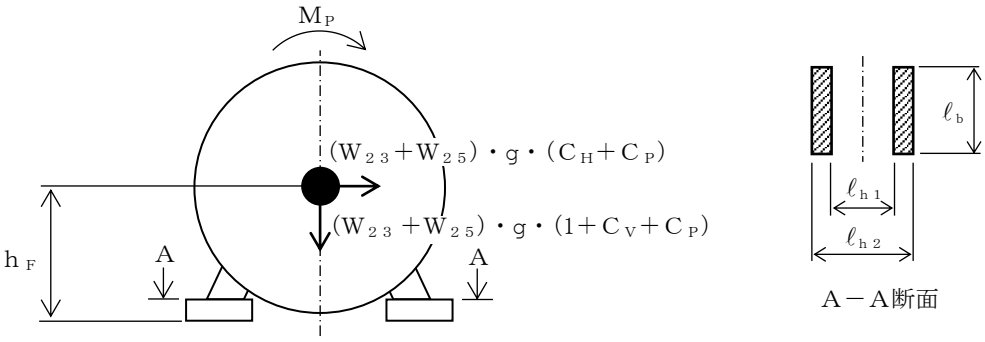



図 4－18　モータフレームの計算モデル

モータフレームに生じる組合せ応力$\sigma_F$は次式で求める。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

フレームの断面係数$Z_F$は

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

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | |
| ほう酸水注入ポンプ | S | 原子炉建物 EL 34.8*1 | —*2 | —*2 | $C_H$=1.56*3 | $C_V$=1.31*3 | $C_H$=3.73*4 | $C_V$=2.32*4 | | — | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

＊3：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊4：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.1.2 機器要目

| 部材 | $m_i$ (kg) | $h_i$ (mm) | $\ell_{1i}$*1 (mm) | $\ell_{2i}$*1 (mm) | $d_i$ (mm) | $A_{bi}$ (mm$^2$) | $n_i$ | $n_{fi}$*1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト (i=1) | | | | | | | 10 | 4 |
| | | | | | | | | 2 |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | | | | | | 6 | 2 |
| | | | | | | | | 3 |

| 部材 | $S_{yi}$ (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Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | |
| 基礎ボルト (i=1) | 211 (40mm＜径≦100mm) | 394 | 211 | 253 | 軸 | 軸 | — |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | 211 (40mm＜径≦100mm) | 394 | 211 | 253 | 軸 | 軸 | — |
| 原動機取付ボルト (i=3) | 211 (40mm＜径≦100mm) | 394 | 211 | 253 | 軸 | 軸 | — |
| 減速機取付ボルト (i=4) | 211 (40mm＜径≦100mm) | 394 | 211 | 253 | 軸直角 | 軸直角 | |

| $H_P$ ($\mu$m) | N (rpm) | |
|---|---|---|
| | | |

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

＊2：ポンプ回転速度を示す。

＊3：原動機回転速度を示す。

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

すべて許容応力以下である。

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

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

| 機器名称 | 形式 | 定格容量 ($m^3/h$) | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 基準地震動Ｓｓ | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | |
| ほう酸水注入ポンプ | 横形３連往復動式ポンプ | | 原子炉建物 EL 34.8*1 | —*2 | —*2 | $C_H$=3.2*3 | $C_V$=2.0*3 | — | — | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

| 機器名称 | 形式 | 出力 (kW) | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 基準地震動Ｓｓ | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | |
| ほう酸水注入ポンプ用原動機 | 横形ころがり軸受電動機 | 45 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | —*2 | —*2 | $C_H$=3.2*3 | $C_V$=2.0*3 | | | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 ポンプ

| a [mm] | $A_1$ [$mm^2$] | $A_2$ [$mm^2$] | $A_3$ [$mm^2$] | $A_C$ [$mm^2$] | $A_{LB}$ [$mm^2$] | $A_{SB}$ [$mm^2$] | $A_{VS}$ [$mm^2$] | b [mm] | c [mm] | $D_1$ [mm] | $D_2$ [mm] | $D_3$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $D_C$ [mm] | $D_{P1}$ [mm] | $D_{P2}$ [mm] | $D_V$ [mm] | $E_{11}$ [MPa] | $E_{12}$ [MPa] | $E_{13}$ [MPa] | $F_1$ [N] | $F_2$ [N] | $F_3$ [N] | $F_B$ [N] | $F_C$ [N] | $F_{VS}$ [N] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $h_{P1}$ [mm] | $h_{P2}$ [mm] | $h_{P3}$ [mm] | $I_{11}$ [$mm^4$] | $I_{12}$ [$mm^4$] | $I_{13}$ [$mm^4$] | $\ell_C$ [mm] | $P_d$ [MPa] | $Q_1$ [N] | $Q_2$ [N] | $Q_3$ [N] | $Q_C$ [N] | $W_{11}$ [kg] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $W_{12}$ [kg] | $W_{13}$ [kg] | $W_{14}$ [kg] | $W_{15}$ [kg] | $W_{16}$ [kg] | $W_{17}$ [kg] | $W_{18}$ [kg] | $W_{19}$ [kg] | $W_{P1}$ [kg] | $W_{P2}$ [kg] | $W_{P3}$ [kg] | $X_{0A}$ | $X_{0B}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

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

| $Y_{02}$ | $Z_1$ [$mm^3$] | $Z_2$ [$mm^3$] | $Z_3$ [$mm^3$] | $Z_C$ [$mm^3$] | $\phi$ [rad] | $\beta_1$ [rad] | $\beta_2$ [rad] | $\beta_3$ [rad] | $\beta_4$ [rad] | $\delta_{11}$ [mm] | $\delta_{21}$ [mm] | $\delta_{31}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $\delta_{12}$ [mm] | $\delta_{22}$ [mm] | $\delta_{32}$ [mm] | $\delta_{23}$ [mm] | $\delta_{33}$ [mm] | $\delta_{14}$ [mm] | $\delta_{24}$ [mm] | $\delta_{34}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

1.2.2.2 原動機

| $A_{bt}$ [$mm^2$] | $A_F$ [$mm^2$] | $A_S$ [$mm^2$] | $D_S$ [mm] | E [MPa] | $F_{bt}$ [N] | $F_H$ [N] | $F_K$ [N] | $F_M$ [N] | $F_R$ [N] | $h_F$ [mm] | $h_t$ [mm] | I [$mm^4$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

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

| r [mm] | $t_K$ [mm] | $W_{21}$ [kg] | $W_{22}$ [kg] | $W_{23}$ [kg] | $W_{24}$ [kg] | $W_{25}$ [kg] | $X_{01}$ | $X_{02}$ | $Y_{01}$ | $Y_{02}$ | $Z_F$ [$mm^3$] | $Z_P$ [$mm^3$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $Z_S$ [$mm^3$] | $\sigma_b$ [MPa] | $\sigma_{F1}$ [MPa] | $\sigma_{F2}$ [MPa] | $\sigma_{F3}$ [MPa] | $\tau_F$ [MPa] | $\tau_t$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較 （単位：×9.8m/s²）

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

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度により定まる加速度

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

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

1.2.3.2 ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

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

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 コネクティングロッド軸受の評価 （単位：MPa）

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

すべて許容圧力以下である。

1.2.3.2.2.2 クランク軸の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| クランク軸 | 22 | |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3 クランク軸軸受の評価 （単位：N）

| 評価部位 | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|
| 軸継手側軸受 | $1.354\times10^4$ | |
| 反軸継手側軸受 | $1.284\times10^4$ | |

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.4　弁シート面の評価　（単位：MPa）

| 評価部位 | 算出圧力 | 許容圧力 |
|---|---|---|
| 弁シート面 | 39 | |

すべて許容圧力以下である。

1.2.3.2.2.5　減速機軸軸受の評価　（単位：N）

| 評価部位 | | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|---|
| 入力軸軸受 | ポンプ側 | $1.273\times10^{3}$ | |
| | 原動機側 | $1.273\times10^{3}$ | |
| 出力軸軸受 | ポンプ側 | $1.608\times10^{4}$ | |
| | 原動機側 | $1.608\times10^{4}$ | |
| 中間軸軸受 | ポンプ側 | $4.760\times10^{3}$ | |
| | 原動機側 | $4.760\times10^{3}$ | |

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.6　減速機軸の評価　（単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| 入力軸 | 12 | |
| 出力軸 | 8 | |
| 中間軸 | 20 | |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.7　減速機歯車の評価　（単位：N）

| 評価部位 | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|
| 第一段(入力側) | $3.173\times10^{3}$ | |
| 第二段(出力側) | $8.942\times10^{3}$ | |

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.8　軸継手の評価　（単位：mm）

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

すべて許容変位量以下である。

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 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| 固定子 | 5 | |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| 軸（回転子） | 18 | |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.3 端子箱の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 応力 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|---|
| 端子箱 | 引張 | 4 | |
| | せん断 | 2 | |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.4 軸受の評価 （単位：N）

| 評価部位 | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|
| 軸継手側軸受 | $5.579\times10^{3}$ | |
| 反軸継手側軸受 | $5.579\times10^{3}$ | |

すべて許容荷重以下である。

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

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

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| モータフレーム | 9 | |

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | |
| ほう酸水注入ポンプ | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | —*2 | —*2 | — | — | $C_H$=3.73*3 | $C_V$=2.32*3 | | — | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.1.2 機器要目

| 部材 | $m_i$ (kg) | $h_i$ (mm) | $\ell_{1i}$*1 (mm) | $\ell_{2i}$*1 (mm) | $d_i$ (mm) | $A_{bi}$ (mm$^2$) | $n_i$ | $n_{fi}$*1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | | | | | | | 10 | 4 |
| | | | | | | | | 2 |
| ポンプ取付ボルト（ｉ＝2） | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 原動機取付ボルト（ｉ＝3） | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 減速機取付ボルト（ｉ＝4） | | | | | | | 6 | 2 |
| | | | | | | | | 3 |

| 部材 | $S_{yi}$ (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Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | 194 (40mm＜径≦100mm) | 373 | — | 232 | — | 軸 | — |
| ポンプ取付ボルト（ｉ＝2） | 194 (40mm＜径≦100mm) | 373 | — | 232 | — | 軸 | — |
| 原動機取付ボルト（ｉ＝3） | 194 (40mm＜径≦100mm) | 373 | — | 232 | — | 軸 | — |
| 減速機取付ボルト（ｉ＝4） | 194 (40mm＜径≦100mm) | 373 | — | 232 | — | 軸直角 | |

| $H_P$ ($\mu$m) | N (rpm) | |
|---|---|---|
| | | |

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：ポンプ回転速度を示す。
＊3：原動機回転速度を示す。

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

すべて許容応力以下である。

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

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

| 機器名称 | 形式 | 定格容量 ($m^3/h$) | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 基準地震動Ｓｓ | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | |
| ほう酸水注入ポンプ | 横形３連往復動式ポンプ | | 原子炉建物 EL 34.8*1 | —*2 | —*2 | $C_H$=3.2*3 | $C_V$=2.0*3 | — | — | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

| 機器名称 | 形式 | 出力 (kW) | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 基準地震動Ｓｓ | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | | | |
| ほう酸水注入ポンプ用原動機 | 横形ころがり軸受電動機 | 45 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | —*2 | —*2 | $C_H$=3.2*3 | $C_V$=2.0*3 | | | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.2.2 機器要目

2.2.2.1 ポンプ

| a [mm] | $A_1$ [$mm^2$] | $A_2$ [$mm^2$] | $A_3$ [$mm^2$] | $A_C$ [$mm^2$] | $A_{LB}$ [$mm^2$] | $A_{SB}$ [$mm^2$] | $A_{VS}$ [$mm^2$] | b [mm] | c [mm] | $D_1$ [mm] | $D_2$ [mm] | $D_3$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $D_C$ [mm] | $D_{P1}$ [mm] | $D_{P2}$ [mm] | $D_V$ [mm] | $E_{11}$ [MPa] | $E_{12}$ [MPa] | $E_{13}$ [MPa] | $F_1$ [N] | $F_2$ [N] | $F_3$ [N] | $F_B$ [N] | $F_C$ [N] | $F_{VS}$ [N] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $h_{P1}$ [mm] | $h_{P2}$ [mm] | $h_{P3}$ [mm] | $I_{11}$ [$mm^4$] | $I_{12}$ [$mm^4$] | $I_{13}$ [$mm^4$] | $\ell_C$ [mm] | $P_d$ [MPa] | $Q_1$ [N] | $Q_2$ [N] | $Q_3$ [N] | $Q_C$ [N] | $W_{11}$ [kg] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $W_{12}$ [kg] | $W_{13}$ [kg] | $W_{14}$ [kg] | $W_{15}$ [kg] | $W_{16}$ [kg] | $W_{17}$ [kg] | $W_{18}$ [kg] | $W_{19}$ [kg] | $W_{P1}$ [kg] | $W_{P2}$ [kg] | $W_{P3}$ [kg] | $X_{0A}$ | $X_{0B}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

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

| $Y_{02}$ | $Z_1$ [mm³] | $Z_2$ [mm³] | $Z_3$ [mm³] | $Z_C$ [mm³] | $\phi$ [rad] | $\beta_1$ [rad] | $\beta_2$ [rad] | $\beta_3$ [rad] | $\beta_4$ [rad] | $\delta_{11}$ [mm] | $\delta_{21}$ [mm] | $\delta_{31}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $\delta_{12}$ [mm] | $\delta_{22}$ [mm] | $\delta_{32}$ [mm] | $\delta_{23}$ [mm] | $\delta_{33}$ [mm] | $\delta_{14}$ [mm] | $\delta_{24}$ [mm] | $\delta_{34}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

2.2.2.2 原動機

| $A_{bt}$ [mm²] | $A_F$ [mm²] | $A_S$ [mm²] | $D_S$ [mm] | E [MPa] | $F_{bt}$ [N] | $F_H$ [N] | $F_K$ [N] | $F_M$ [N] | $F_R$ [N] | $h_F$ [mm] | $h_t$ [mm] | I [mm⁴] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

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

| r [mm] | $t_K$ [mm] | $W_{21}$ [kg] | $W_{22}$ [kg] | $W_{23}$ [kg] | $W_{24}$ [kg] | $W_{25}$ [kg] | $X_{01}$ | $X_{02}$ | $Y_{01}$ | $Y_{02}$ | $Z_F$ [mm³] | $Z_P$ [mm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |

| $Z_S$ [mm³] | $\sigma_b$ [MPa] | $\sigma_{F1}$ [MPa] | $\sigma_{F2}$ [MPa] | $\sigma_{F3}$ [MPa] | $\tau_F$ [MPa] | $\tau_t$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較 （単位：×9.8m/s²）

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

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度により定まる加速度

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

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

2.2.3.2 ポンプの動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

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

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 コネクティングロッド軸受の評価 （単位：MPa）

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

すべて許容圧力以下である。

2.2.3.2.2.2 クランク軸の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| クランク軸 | 22 | |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.3 クランク軸軸受の評価 （単位：N）

| 評価部位 | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|
| 軸継手側軸受 | $1.354\times10^4$ | |
| 反軸継手側軸受 | $1.284\times10^4$ | |

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.4　弁シート面の評価　（単位：MPa）

| 評価部位 | 算出圧力 | 許容圧力 |
|---|---|---|
| 弁シート面 | 39 | |

すべて許容圧力以下である。

2.2.3.2.2.5　減速機軸軸受の評価　（単位：N）

| 評価部位 | | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|---|
| 入力軸軸受 | ポンプ側 | $1.273\times10^{3}$ | |
| | 原動機側 | $1.273\times10^{3}$ | |
| 出力軸軸受 | ポンプ側 | $1.608\times10^{4}$ | |
| | 原動機側 | $1.608\times10^{4}$ | |
| 中間軸軸受 | ポンプ側 | $4.760\times10^{3}$ | |
| | 原動機側 | $4.760\times10^{3}$ | |

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.6　減速機軸の評価　（単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| 入力軸 | 12 | |
| 出力軸 | 8 | |
| 中間軸 | 20 | |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.7　減速機歯車の評価　（単位：N）

| 評価部位 | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|
| 第一段(入力側) | $3.173\times10^{3}$ | |
| 第二段(出力側) | $8.942\times10^{3}$ | |

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.8　軸継手の評価　（単位：mm）

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

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.3 原動機の動的機能維持評価

2.2.3.3.1 代表評価項目の評価

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

2.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.3.2.1 固定子の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| 固定子 | 5 | |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| 軸（回転子） | 18 | |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.3 端子箱の評価 （単位：MPa）

| 評価部位 | 応力 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|---|
| 端子箱 | 引張 | 4 | |
| | せん断 | 2 | |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.4 軸受の評価 （単位：N）

| 評価部位 | 算出荷重 | 許容荷重 |
|---|---|---|
| 軸継手側軸受 | $5.579\times10^{3}$ | |
| 反軸継手側軸受 | $5.579\times10^{3}$ | |

すべて許容荷重以下である。

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

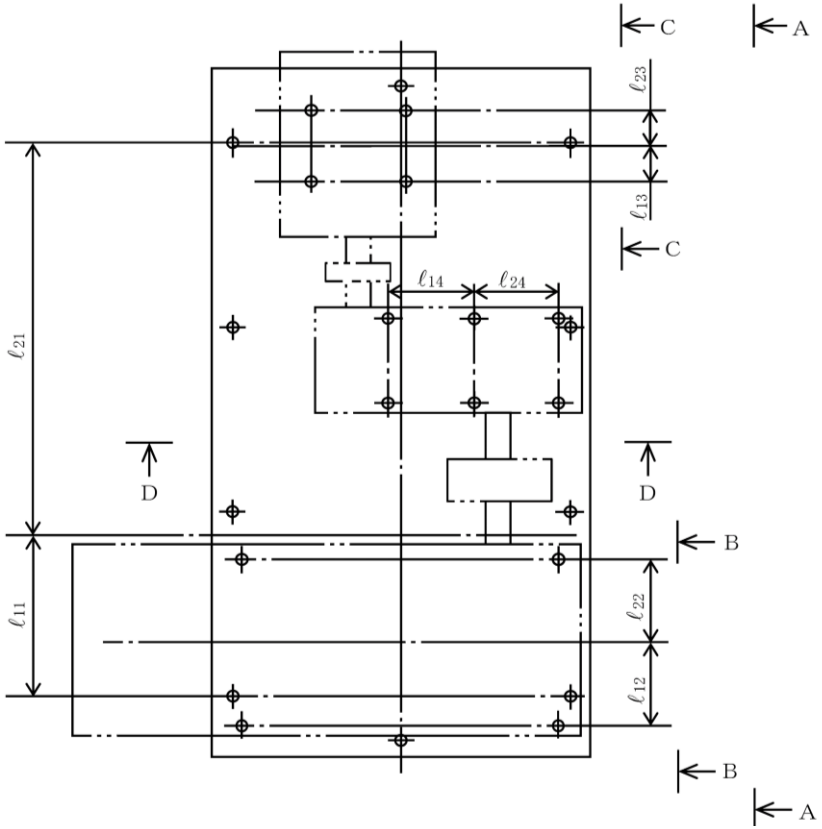
| 評価部位 | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|---|---|---|
| 固定子と回転子間のクリアランス | 0.06 | |

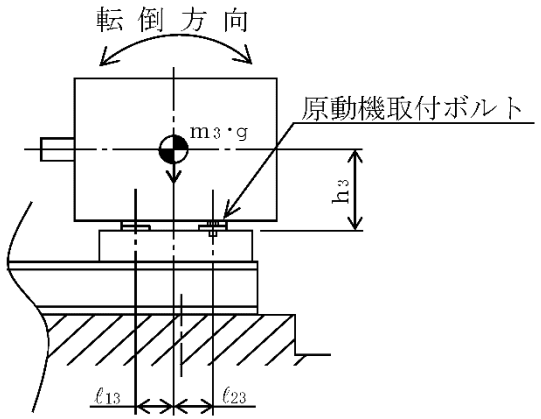
すべて許容変位量以下である。

2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 （単位：MPa）

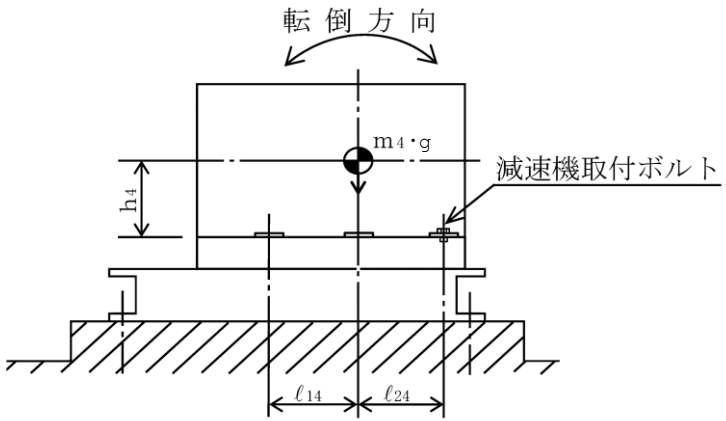
| 評価部位 | 算出応力 | 許容応力 |
|---|---|---|
| モータフレーム | 9 | |

すべて許容応力以下である。

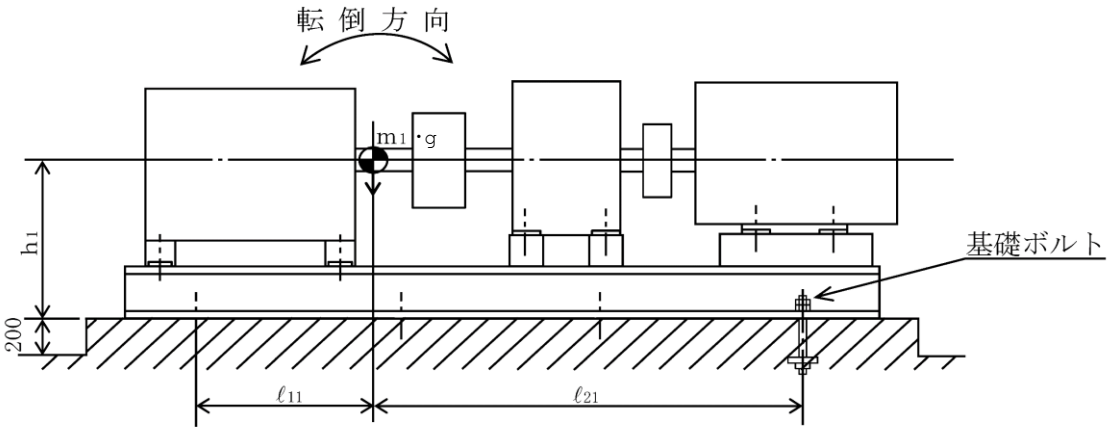



C～C矢視図
(原動機取付ボルト)

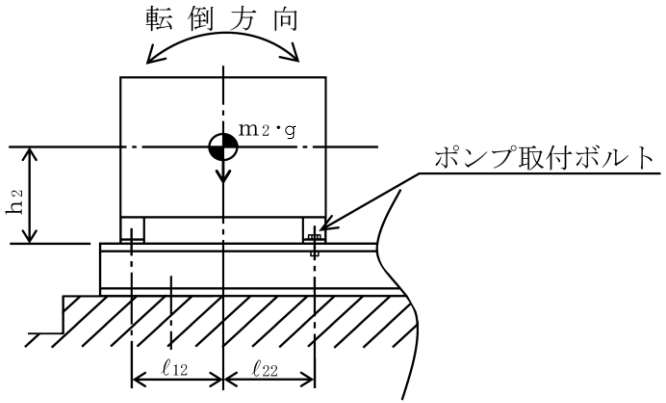



D～D矢視図
(減速機取付ボルト)




A～A矢視図
(基礎ボルト)

($\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$)




B～B矢視図
(ポンプ取付ボルト)

# Ⅵ-2-6-5　計測装置の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-6-5-2　出力領域計装の耐震性についての計算書

目　　次

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

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，出力領域計装が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

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

2. 一般事項

2.1 構造計画

出力領域計装の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 出力領域計装は，上端を上部格子板の穴に挿入し，プランジャ（ばね）により支持され，下部は原子炉中性子計装案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。<br>炉心支持板より下方では，原子炉中性子計装案内管及び原子炉中性子計装ハウジングでガイドされ，原子炉中性子計装ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。 | 核分裂電離箱式検出器<br><br>（外形 [redacted]mm の長尺円筒形の炉内構造物である。） | [redacted] |

2.2　評価方針

出力領域計装の応力評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す出力領域計装の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力，死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを，「5.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

出力領域計装の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

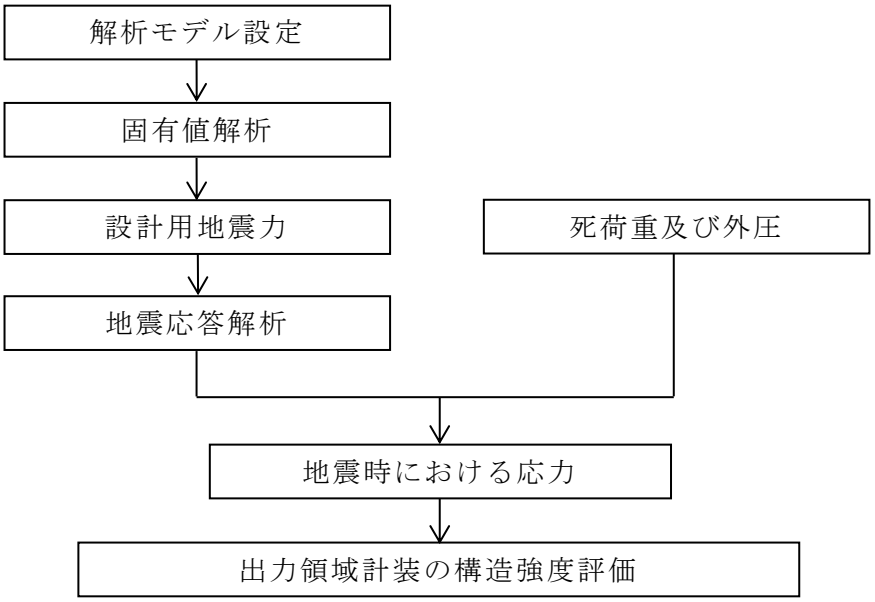



図 2－1　出力領域計装の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針 ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針 ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（(社)日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| A | 断面積 | $mm^2$ |
| $D_i$ | 内径 | mm |
| $D_o$ | 外径 | mm |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| $F_E$ | 応力評価点のせん断力 | N |
| H | 水平力 | N |
| I | 断面二次モーメント | $mm^4$ |
| L | リングからプランジャ先端までの長さ | mm |
| $\ell$ | リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離 | mm |
| $\ell'$ | リングから応力評価点までの距離 | mm |
| $M_E$ | 応力評価点の曲げモーメント | N･mm |
| $P_B$ | チャンネルボックスからの支持反力 | N |
| $P_o$ | 外圧 | MPa |
| $S_{12}$ | 主応力差$\sigma_1-\sigma_2$ | MPa |
| $S_{23}$ | 主応力差$\sigma_2-\sigma_3$ | MPa |
| $S_{31}$ | 主応力差$\sigma_3-\sigma_1$ | MPa |
| $S_m$ | 設計応力強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表1に定める値 | MPa |
| $S_u$ | 設計引張強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表9に定める値 | MPa |
| $V_D$ | 死荷重による鉛直力 | N |
| $V_S$ | 地震荷重による鉛直力 | N |
| w | 等分布荷重 | N/mm |
| Y | 外径と内径の比 | ― |
| $\delta_D$ | 設計たわみ量 | mm |
| $\eta$ | 溶接部の継手効率 | ― |
| $\nu$ | ポアソン比 | ― |
| $\sigma_1$ | 主応力 | MPa |
| $\sigma_2$ | 主応力 | MPa |
| $\sigma_3$ | 主応力 | MPa |
| $\sigma_\ell$ | 軸方向応力 | MPa |
| $\sigma_r$ | 半径方向応力 | MPa |
| $\sigma_t$ | 周方向応力 | MPa |
| $\tau_{\ell r}$ | せん断応力 | MPa |
| $\tau_{rt}$ | せん断応力 | MPa |
| $\tau_{t\ell}$ | せん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりである。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | 有効数字3桁目 | 四捨五入 | 有効数字2桁 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字4桁目 | 四捨五入 | 有効数字3桁*2 |
| 断面二次モーメント | $mm^4$ | 有効数字4桁目 | 四捨五入 | 有効数字3桁*2 |
| モーメント | N･mm | 有効数字4桁目 | 切上げ | 有効数字3桁 |
| 力 | N | 有効数字4桁目 | 切上げ | 有効数字3桁 |
| 応力強さ | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*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。なお，計算過程に用いる値の場合は，小数点以下第1位を四捨五入，整数位までの値とする。

＊2：べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における設計応力強さ及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

出力領域計装の耐震評価は，「5.2 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるカバーチューブおよび校正用導管について実施する。出力領域計装の耐震評価部位を図 3－1 に示す。

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

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

一次応力の評価は，内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。

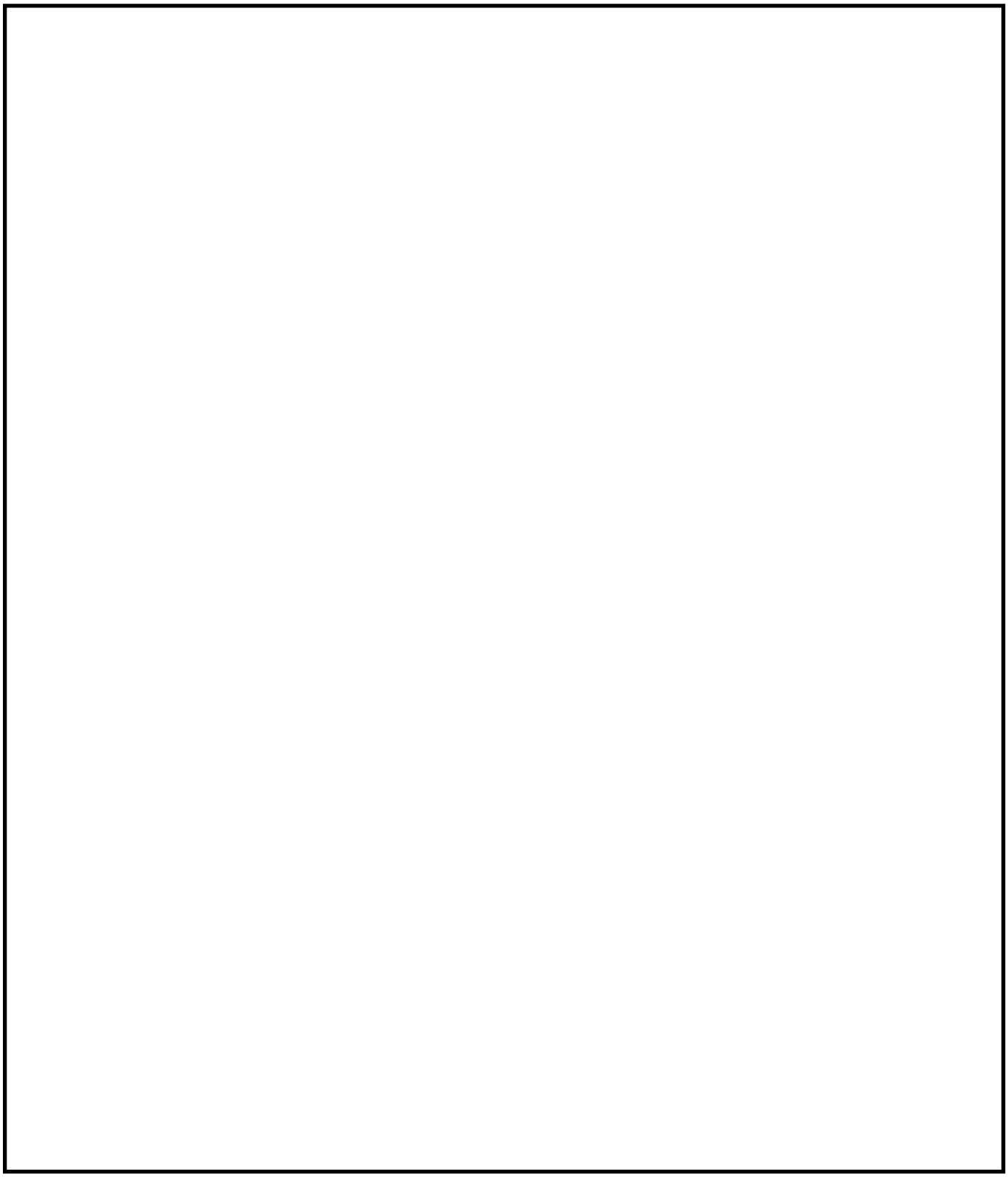


図 3－1　形状・寸法・材料・応力評価点（単位：mm）

4.　固有周期

4.1　固有値解析方法

出力領域計装の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　出力領域計装は，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

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

(1)　強度上重要で，耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の検出器をモデル化する。

(2)

(3)

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　計算機コードは，「Simcenter Nastran」を使用し，固有値を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性評価等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

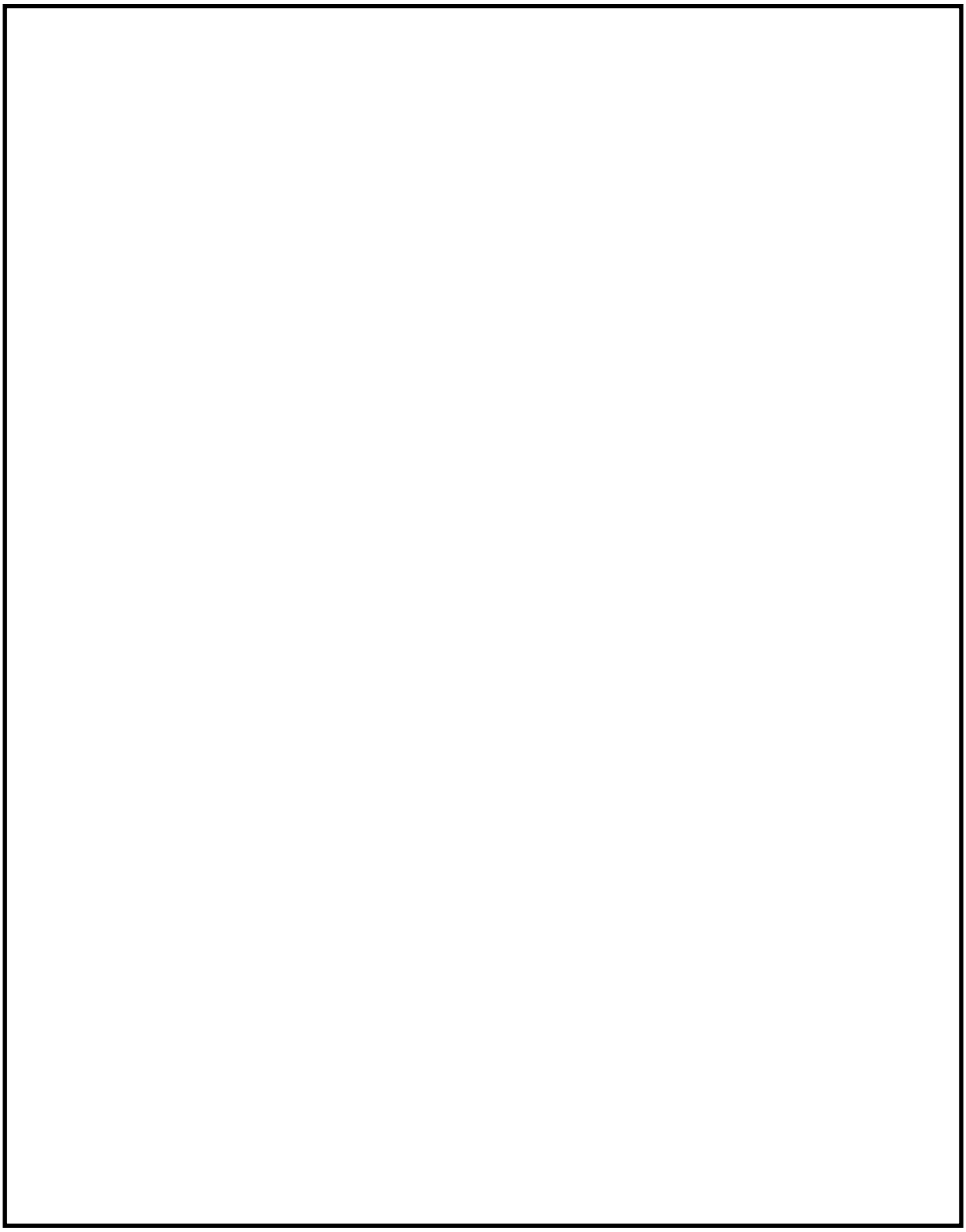


図 4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1 に，振動モード図を図 4－2 に示す。

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

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

表 4－1　固有値解析結果

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

注記＊1：固有周期が 0.05s 以上のモードを示す。

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

＊3：Ｘ方向とＺ方向は同一である。



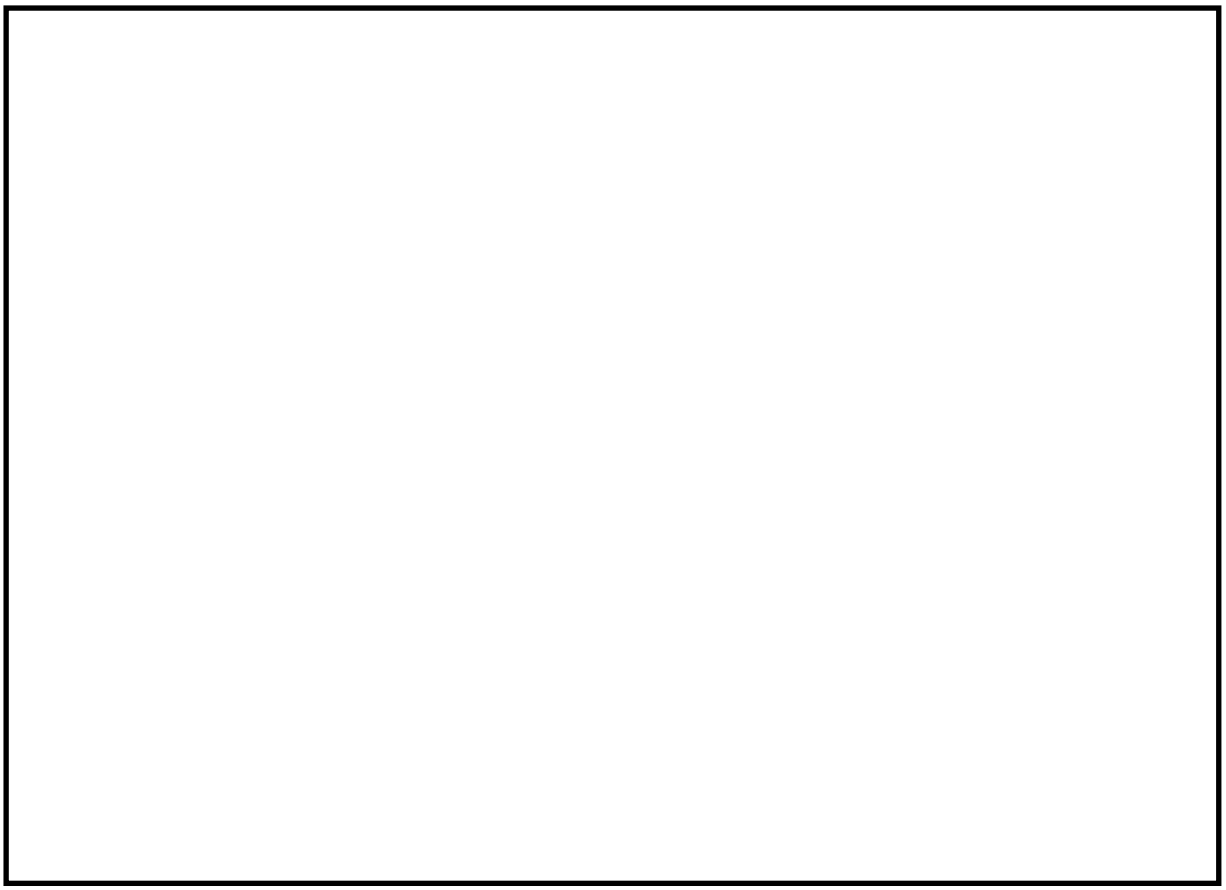


図 4－2　振動モード図（刺激関数モード）

5.　地震応答解析及び構造強度評価

5.1　地震応答解析方法

4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

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

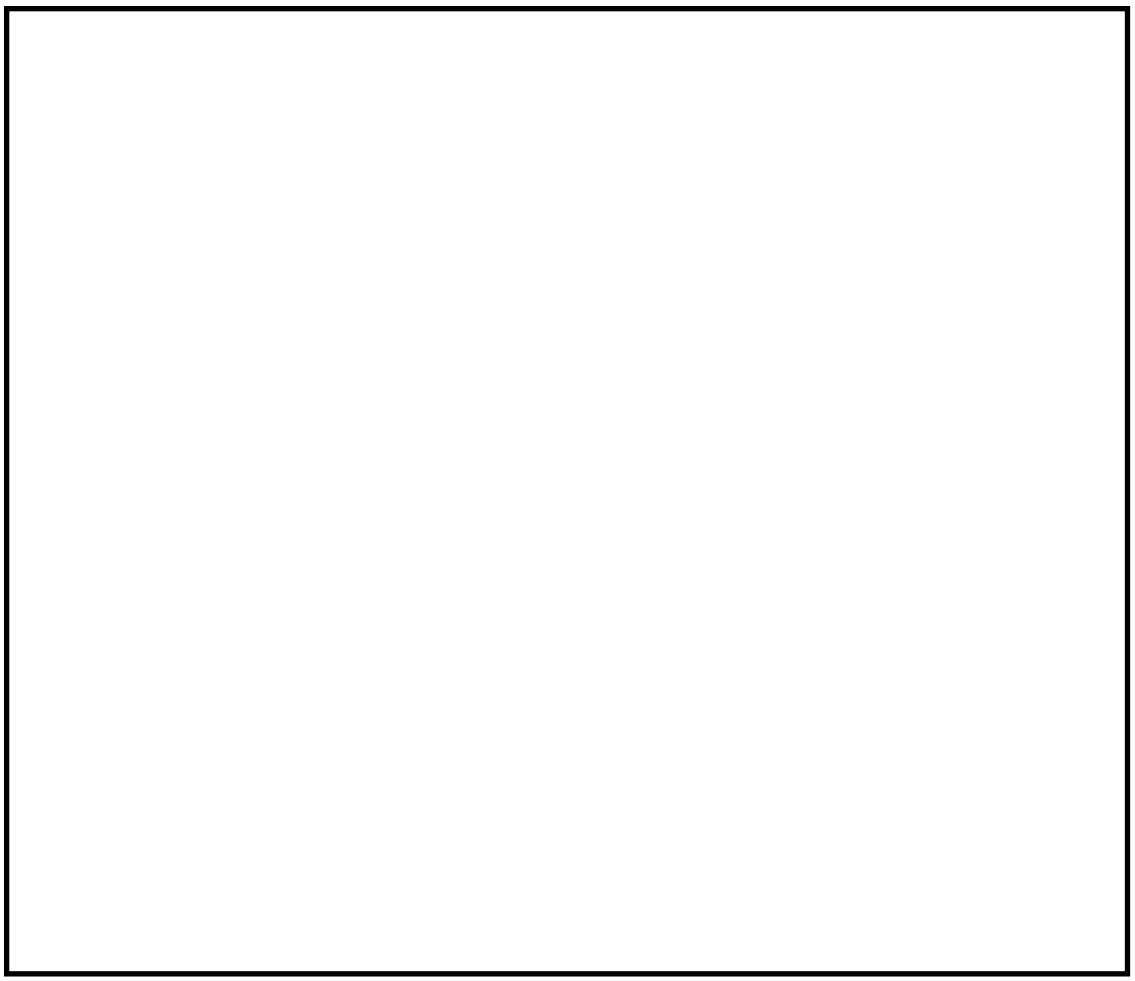


図 5－1　動的応答加速度分布図（弾性設計用地震動Ｓｄ）

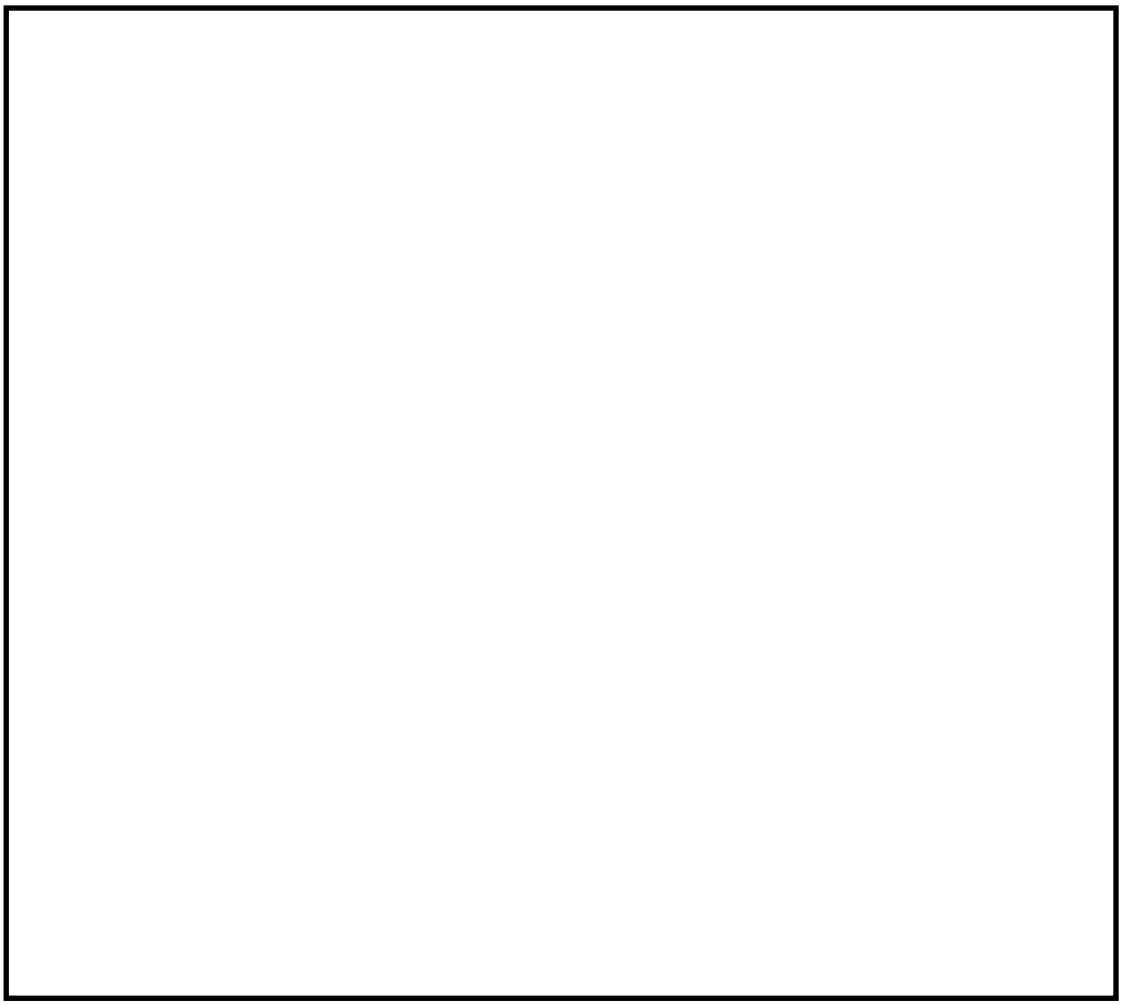


図 5－2　動的応答加速度分布図（基準地震動Ｓｓ）

5.2　構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，出力領域計装に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.3　荷重の組合せ及び許容応力

5.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

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

5.3.2　許容応力

出力領域計装の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－3 のとおりとする。

5.3.3　使用材料の許容応力評価条件

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

5.3.4　溶接部の継手効率

応力評価点は，溶接部でないため [　　] を用いる。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

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

表 5－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

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

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

表 5－3　許容応力（炉内構造物）

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

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

表 5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部位 | 材料 | 温度条件（℃） | | $S_m$（MPa） | $S_u$（MPa） |
|---|---|---|---|---|---|
| 校正用導管 | | 流体の最高温度 | | | |
| カバーチューブ | | 流体の最高温度 | | | |

表 5－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部位 | 材料 | 温度条件（℃） | | $S_m$（MPa） | $S_u$（MPa） |
|---|---|---|---|---|---|
| 校正用導管 | | 流体の最高温度 | | | |
| カバーチューブ | | 流体の最高温度 | | | |

5.4　設計用地震力

耐震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Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。また，減衰定数は，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 5－6　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所及び床面高さ(m) | | 原子炉格納容器内　EL 8.800（EL [redacted] ～ 21.571*1） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | 水平：[redacted]*2　　鉛直：0.05 以下 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | [redacted] | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード | 固有周期(s) | 応答水平震度*3 | | 応答鉛直震度*3 | 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 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 2 次 | | | | — | | | — |
| 3 次 | | | | — | | | — |
| 動的震度*5 | | | | [redacted] | | | [redacted] |
| 静的震度*6 | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動Ｓｄ）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

＊4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

＊5：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）

＊6：3.6・Ｃｉ及び 1.2・Ｃｖより定めた震度

表 5－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所及び床面高さ(m) | | 原子炉格納容器内　EL 8.800（EL [redacted] ～ 21.571*1） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 固有周期(s) | | 水平：[redacted]*2　　鉛直：0.05 以下 | | | | | |
| 減衰定数(%) | | [redacted] | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード | 固有周期(s) | 応答水平震度 | | 応答鉛直震度 | 応答水平震度*3 | | 応答鉛直震度*3 |
| | | NS 方向 | EW 方向 | | NS 方向 | EW 方向 | |
| 1 次 | [redacted] | — | — | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 2 次 | [redacted] | — | — | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 3 次 | [redacted] | — | — | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 動的震度*4 | | — | — | — | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 静的震度 | | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

＊4：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）

5.5　計算方法

5.5.1　応力の計算方法

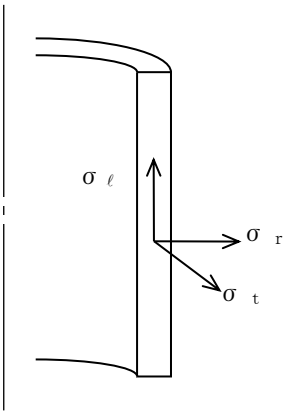
出力領域計装の応力計算における，応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

$\sigma_t$　：周方向応力

$\sigma_\ell$　：軸方向応力

$\sigma_r$　：半径方向応力

$\tau_{t\ell}$　：せん断応力




出力領域計装に作用する外圧を表 5－8，死荷重を表 5－9 及び地震荷重を表 5－10 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5－8　出力領域計装に作用する外圧

| 許容応力状態 | 外圧 |
|---|---|
| | $P_o$ (MPa) |
| ⅢＡＳ | |
| ⅣＡＳ | |
| ⅤＡＳ | |

表 5－9　出力領域計装に作用する死荷重

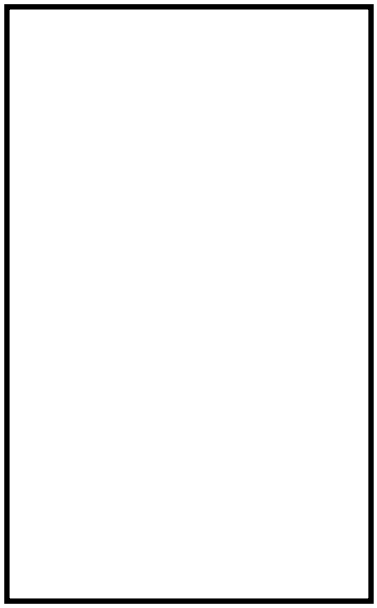
| 荷重名称 | 鉛直力 | |
|---|---|---|
| | 校正用導管 | カバーチューブ |
| | $V_D$ (N) | $V_D$ (N) |
| 死荷重 | | |

表 5－10　出力領域計装に作用する地震荷重

| 荷重名称 | 鉛直力 | | 水平力*1 | | 地震時出力領域計装設計たわみ量*2 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 校正用導管 | カバーチューブ | 校正用導管 | カバーチューブ | $\delta_D$ (mm) |
| | $V_S$ (N) | $V_S$ (N) | H (N) | H (N) | |
| 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的地震力 | | | | | |
| 基準地震動Ｓｓ | | | | | |

注記＊1：水平力Hは質量と動的応答加速度の積であり出力領域計装に一様に加わる。

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



5.5.1.1　外圧による応力

(1)　一次一般膜応力

外圧Ｐ。による一次一般膜応力は，下式により計算する。

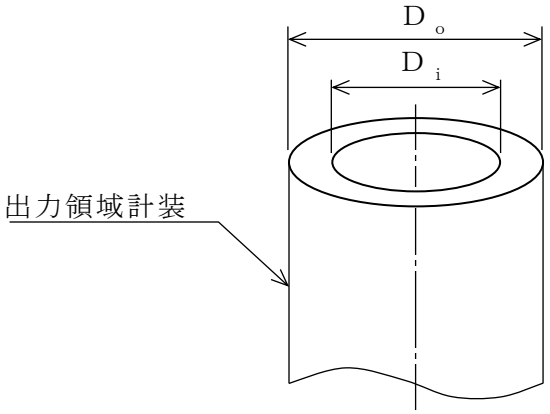
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_o \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.1.1.1)$$

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

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

ここで，外径と内径の比Ｙは，次式により求める。

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




校正用導管

$D_o$ = [　　]

$D_i$ = [　　]

カバーチューブ

$D_o$ = [　　]

$D_i$ = [　　]

(2)　一次一般膜＋一次曲げ応力

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

5.5.1.2　死荷重による応力

死荷重による応力は，下式により計算する。

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

5.5.1.3　地震荷重による応力

(1)　水平方向地震荷重による応力

[redacted]

応力計算モデルを，図 5－3 に示す。

[redacted]

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

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

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

ここで，$P_B$，w，$\ell$ は，下式により求める。

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

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

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

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_\ell = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.1.3.6)$$

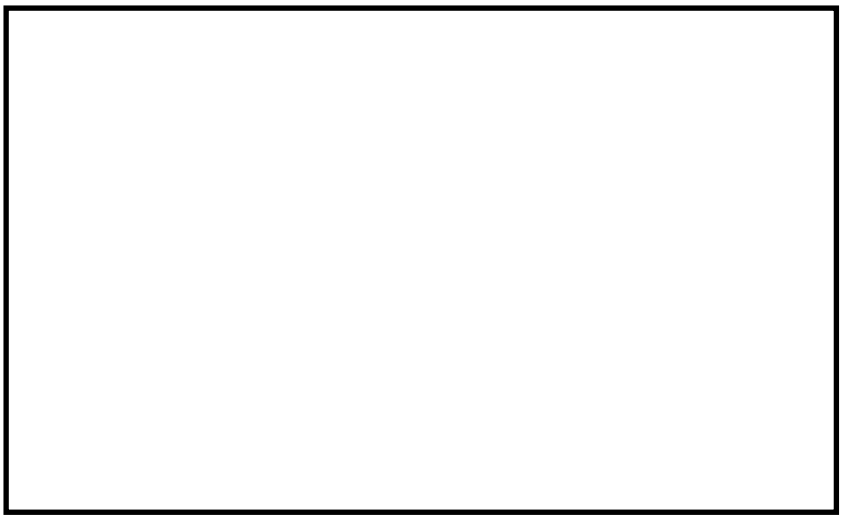
また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

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

(2)　鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V_S}{A} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.1.3.8)$$



（単位：mm）

図 5－3　水平方向地震荷重による応力の計算モデル

5.5.1.4　主応力及び応力強さ

(1)　主応力

荷重ごとに計算した応力を重ね合わせた結果から，主応力を求める。

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

$$\sigma^3-(\sigma_t+\sigma_{\ell}+\sigma_r)\cdot\sigma^2+(\sigma_t\cdot\sigma_{\ell}+\sigma_{\ell}\cdot\sigma_r+\sigma_r\cdot\sigma_t-\tau_{t\ell}^2-\tau_{\ell r}^2-\tau_{rt}^2)\cdot\sigma-\sigma_t\cdot\sigma_{\ell}\cdot\sigma_r+\sigma_t\cdot\tau_{\ell r}^2+\sigma_{\ell}\cdot\tau_{rt}^2+\sigma_r\cdot\tau_{t\ell}^2-2\cdot\tau_{t\ell}\cdot\tau_{\ell r}\cdot\tau_{rt}=0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.1.4.1)$$

(2)　応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

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

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

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

5.6　計算条件

5.6.1　出力領域計装の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【出力領域計装の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7　応力の評価方法

5.7.1　出力領域計装の応力評価

5.5.1 項で求めた出力領域計装の各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

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

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域計装の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

出力領域計装の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

7. 引用文献

(1) 機械工学便覧　基礎編　α3（日本機械学会）

【出力領域計装の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 流体の最高温度(℃) | | 外圧(MPa) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | ⅢＡＳ | ⅣＡＳ | ⅢＡＳ | ⅣＡＳ |
| 出力領域計装 | S | 原子炉格納容器内<br>EL 8.800<br>(EL 25.843 ～ 21.571*1) | [redacted] | 0.05<br>以下 | $C_H$＝1.45*2<br>又は＊3 | $C_V$＝0.72*2 | $C_H$＝1.95*4<br>又は＊5 | $C_V$＝1.35*4 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ）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Ｓｄ）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度
＊4：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）
＊5：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

1.2 機器要目

| 部材 | $V_D$ (N) | $D_o$ (mm) | $D_i$ (mm) | A ($mm^2$) | I ($mm^4$) | E (MPa) | L (mm) | $\ell'$ (mm) | $S_m$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 校正用導管 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| カバーチューブ | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

1.3　計算数値

| 部材 | $V_S$ (N) | | H (N) | | $\delta_D$ (mm) | | w (N/mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 校正用導管 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| カバーチューブ | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

| 部材 | $\ell$ (mm) | | $P_B$ (N) | | $F_E$ (N) | | $M_E$ (N･mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 校正用導管 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| カバーチューブ | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

1.4　結論

1.4.1　出力領域計装の応力

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | 応力 | 応力評価面 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 校正用導管 | [redacted] | 一次一般膜応力強さ | P01-P02 | 32 | 172 | 32 | 260 |
| | | | P01’-P02’ | 32 | 172 | 32 | 260 |
| | | 一次一般膜＋一次曲げ応力強さ | P01-P02 | 64 | 258 | 71 | 391 |
| | | | P01’-P02’ | 67 | 258 | 74 | 391 |
| カバーチューブ | [redacted] | 一次一般膜応力強さ | P03-P04 | 3 | 172 | 3 | 260 |
| | | | P03’-P04’ | 4 | 172 | 6 | 260 |
| | | 一次一般膜＋一次曲げ応力強さ | P03-P04 | 141 | 258 | 160 | 391 |
| | | | P03’-P04’ | 145 | 258 | 164 | 391 |

すべて許容応力以下である。

1.5　その他の機器要目

(1)　材料物性値

校正用導管

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | |
| 縦弾性係数 | E | MPa | |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | |
| 要素数 | — | 個 | 21 |
| 節点数 | — | 個 | 22 |
| 継手効率 | $\eta$ | — | |

カバーチューブ

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | |
| 縦弾性係数 | E | MPa | |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | |
| 要素数 | — | 個 | 20 |
| 節点数 | — | 個 | 21 |
| 継手効率 | $\eta$ | — | |

(2) 要素の断面性状

校正用導管

| 要素番号 | 断面積 ($mm^2$) | 断面二次モーメント ($mm^4$) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | |
| 18 | | |
| 19 | | |
| 20 | | |
| 21 | | |

カバーチューブ

| 要素<br>番号 | 断面積<br>($mm^2$) | 断面二次<br>モーメント<br>($mm^4$) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | |
| 18 | | |
| 19 | | |
| 20 | | |

(3) 節点の質量

| 節点番号 | | 節点質量<br>(kg) |
|---|---|---|
| 校正用導管 | カバーチューブ | |
| 1 | － | |
| 2 | 1 | |
| 3 | 2 | |
| 4 | 3 | |
| 5 | 4 | |
| 6 | 5 | |
| 7 | 6 | |
| 8 | 7 | |
| 9 | 8 | |
| 10 | 9 | |
| 11 | 10 | |
| 12 | 11 | |
| 13 | 12 | |
| 14 | 13 | |
| 15 | 14 | |
| 16 | 15 | |
| 17 | 16 | |
| 18 | 17 | |
| 19 | 18 | |
| 20 | 19 | |
| 21 | 20 | |

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 流体の最高温度(℃) | 外圧(MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | $V_A S$ | $V_A S$ |
| 出力領域計装 | 常設耐震／防止 | 原子炉格納容器内 EL 8.800 (EL 25.843 ～ 21.571*1) | [redacted] | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝1.95*2 又は＊3 | $C_V$＝1.35*2 | [redacted] | [redacted] |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）又はこれを上回る設計震度
＊3：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動Ｓｓ）又はこれを上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

2.2 機器要目

| 部材 | $V_D$ (N) | $D_o$ (mm) | $D_i$ (mm) | A ($mm^2$) | I ($mm^4$) | E (MPa) | L (mm) | $\ell'$ (mm) | $S_m$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 校正用導管 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| カバーチューブ | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

2.3 計算数値

| 部材 | $V_S$ (N) | | H (N) | | $\delta_D$ (mm) | | w (N/mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 校正用導管 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |
| カバーチューブ | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

| 部材 | $\ell$ (mm) | | $P_B$ (N) | | $F_E$ (N) | | $M_E$ (N･mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 校正用導管 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |
| カバーチューブ | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

2.4　結論

2.4.1　出力領域計装の応力

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | 応力 | 応力評価面 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 校正用導管 | [redacted] | 一次一般膜応力強さ | P01-P02 | — | — | 36 | 260 |
| | | | P01'-P02' | — | — | 36 | 260 |
| | | 一次一般膜＋一次曲げ応力強さ | P01-P02 | — | — | 74 | 391 |
| | | | P01'-P02' | — | — | 76 | 391 |
| カバーチューブ | [redacted] | 一次一般膜応力強さ | P03-P04 | — | — | 4 | 260 |
| | | | P03'-P04' | — | — | 6 | 260 |
| | | 一次一般膜＋一次曲げ応力強さ | P03-P04 | — | — | 162 | 391 |
| | | | P03'-P04' | — | — | 166 | 391 |

すべて許容応力以下である。

2.5　その他の機器要目

(1)　材料物性値

校正用導管

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | |
| 縦弾性係数 | E | MPa | |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | |
| 要素数 | — | 個 | 21 |
| 節点数 | — | 個 | 22 |
| 継手効率 | $\eta$ | — | |

カバーチューブ

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | |
| 縦弾性係数 | E | MPa | |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | |
| 要素数 | — | 個 | 20 |
| 節点数 | — | 個 | 21 |
| 継手効率 | $\eta$ | — | |

(2) 要素の断面性状

校正用導管

| 要素<br>番号 | 断面積<br>($mm^2$) | 断面二次<br>モーメント<br>($mm^4$) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | |
| 18 | | |
| 19 | | |
| 20 | | |
| 21 | | |

カバーチューブ

| 要素<br>番号 | 断面積<br>($mm^2$) | 断面二次<br>モーメント<br>($mm^4$) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | |
| 18 | | |
| 19 | | |
| 20 | | |

(3) 節点の質量

| 節点番号 | | 節点質量<br>(kg) |
|---|---|---|
| 校正用導管 | カバーチューブ | |
| 1 | － | |
| 2 | 1 | |
| 3 | 2 | |
| 4 | 3 | |
| 5 | 4 | |
| 6 | 5 | |
| 7 | 6 | |
| 8 | 7 | |
| 9 | 8 | |
| 10 | 9 | |
| 11 | 10 | |
| 12 | 11 | |
| 13 | 12 | |
| 14 | 13 | |
| 15 | 14 | |
| 16 | 15 | |
| 17 | 16 | |
| 18 | 17 | |
| 19 | 18 | |
| 20 | 19 | |
| 21 | 20 | |

# Ⅵ-2-6-5-3　残留熱除去ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，残留熱除去ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去ポンプ出口圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，残留熱除去ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

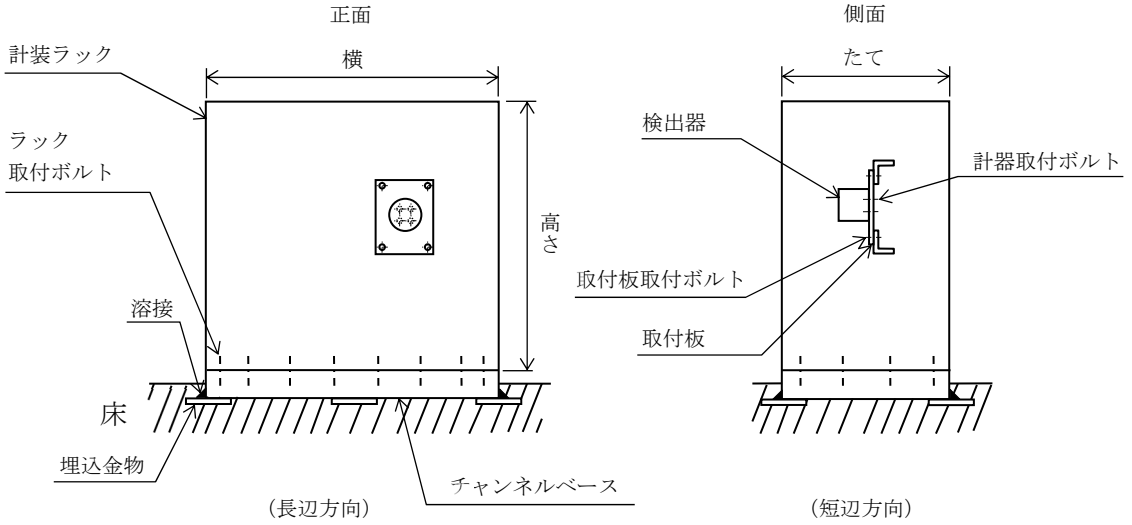
2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去ポンプ出口圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 弾性圧力検出器 | 【残留熱除去ポンプ出口圧力】 |




| 機器名称 | 残留熱除去ポンプ出口圧力<br>(2RIR-B2-3A (I)) | 残留熱除去ポンプ出口圧力<br>(2RIR-B2-3B) | 残留熱除去ポンプ出口圧力<br>(2RIR-B2-3C) |
|---|---|---|---|
| たて | | | |
| 横 | | | |
| 高さ | | | |

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

残留熱除去ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3A (I)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去ポンプ出口圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去ポンプ出口圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4A）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4B）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4C）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 残留熱除去ポンプ出口圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 残留熱除去ポンプ出口圧力 | 常設／防止（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | — |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | — |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去ポンプ出口圧力の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力<br>(PX222-4A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力<br>(PX222-4B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力<br>(PX222-4C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

残留熱除去ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 970*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=6$ | $f_{ts2}=154^*$ | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=185^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=118$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=142$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 8 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 970*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

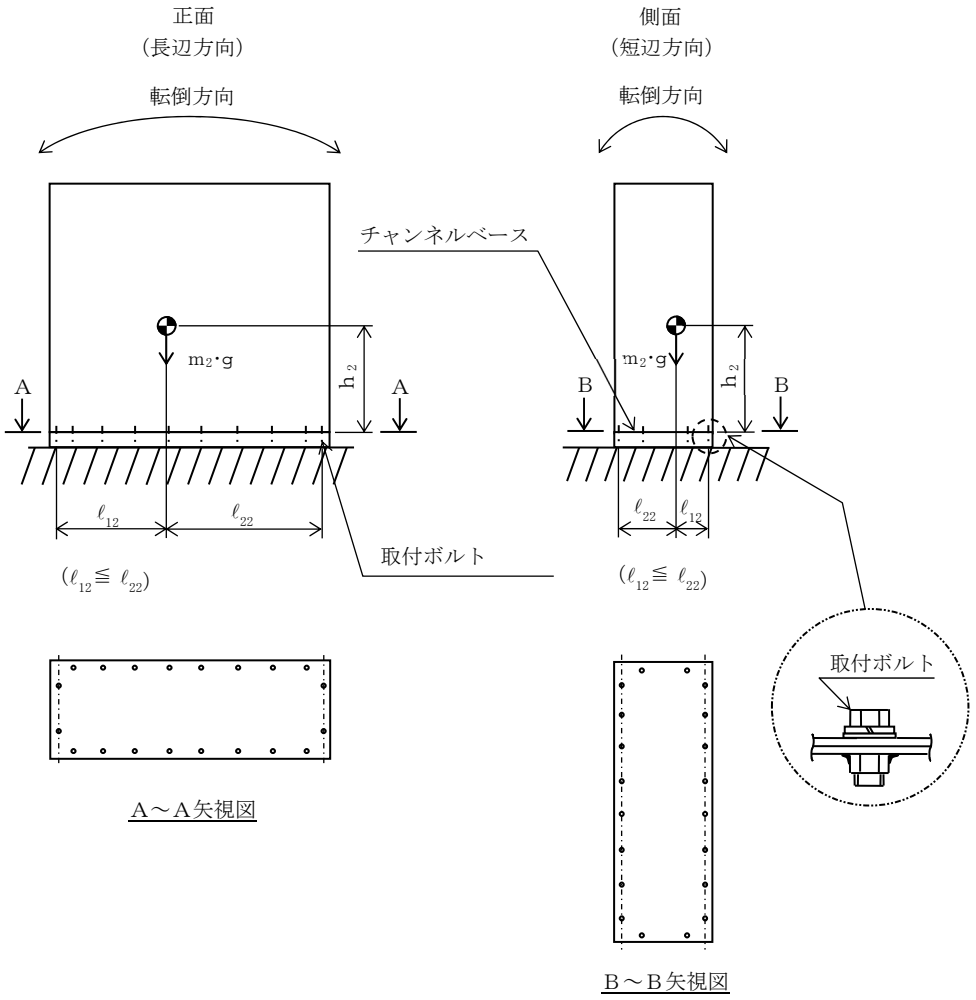
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 7 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 1020*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝15 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 7 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 1020*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

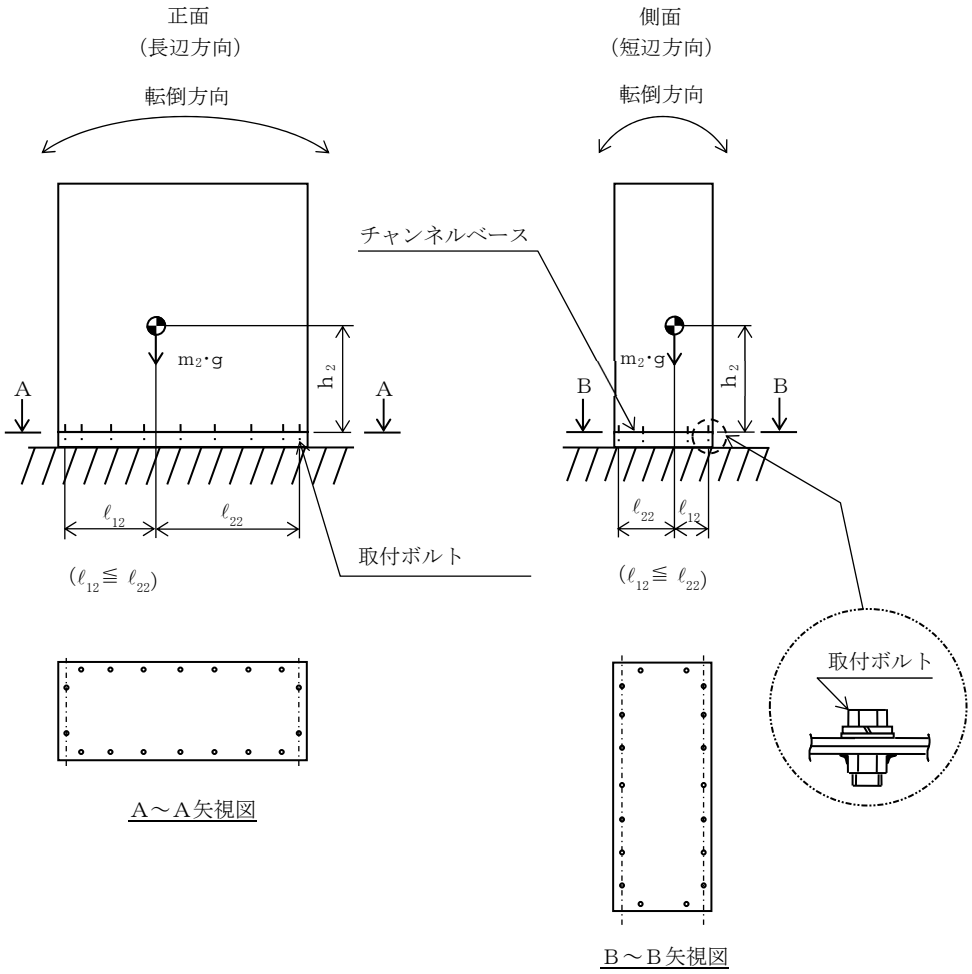
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
A～A矢視図
B～B矢視図

【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝16 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 6 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=16$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

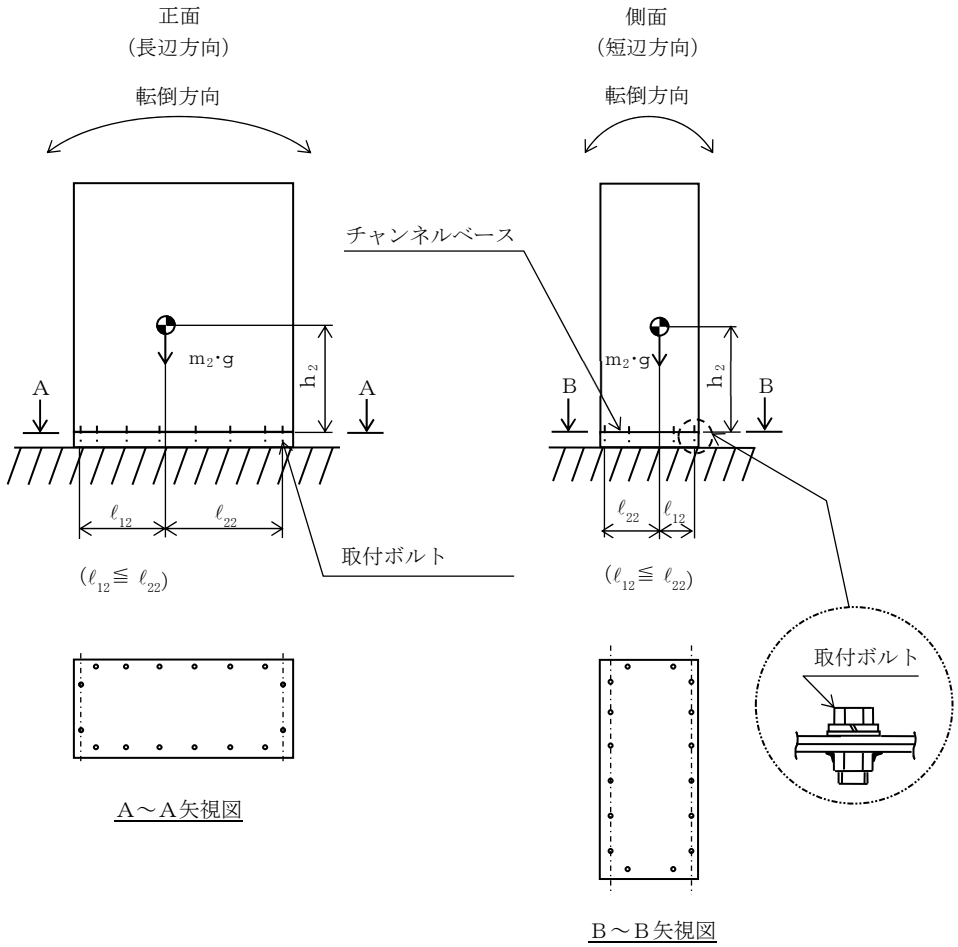
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

# Ⅵ-2-6-5-4　低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 7
3.　評価部位 …… 8
4.　固有周期 …… 8
4.1　基本方針 …… 8
4.2　固有周期の確認方法 …… 8
4.3　固有周期の確認結果 …… 8
5.　構造強度評価 …… 9
5.1　構造強度評価方法 …… 9
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 9
5.3　設計用地震力 …… 13
5.4　計算方法 …… 14
5.5　計算条件 …… 20
5.6　応力の評価 …… 20
6.　機能維持評価 …… 22
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 22
7.　評価結果 …… 23
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 23
7.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 23

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，低圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

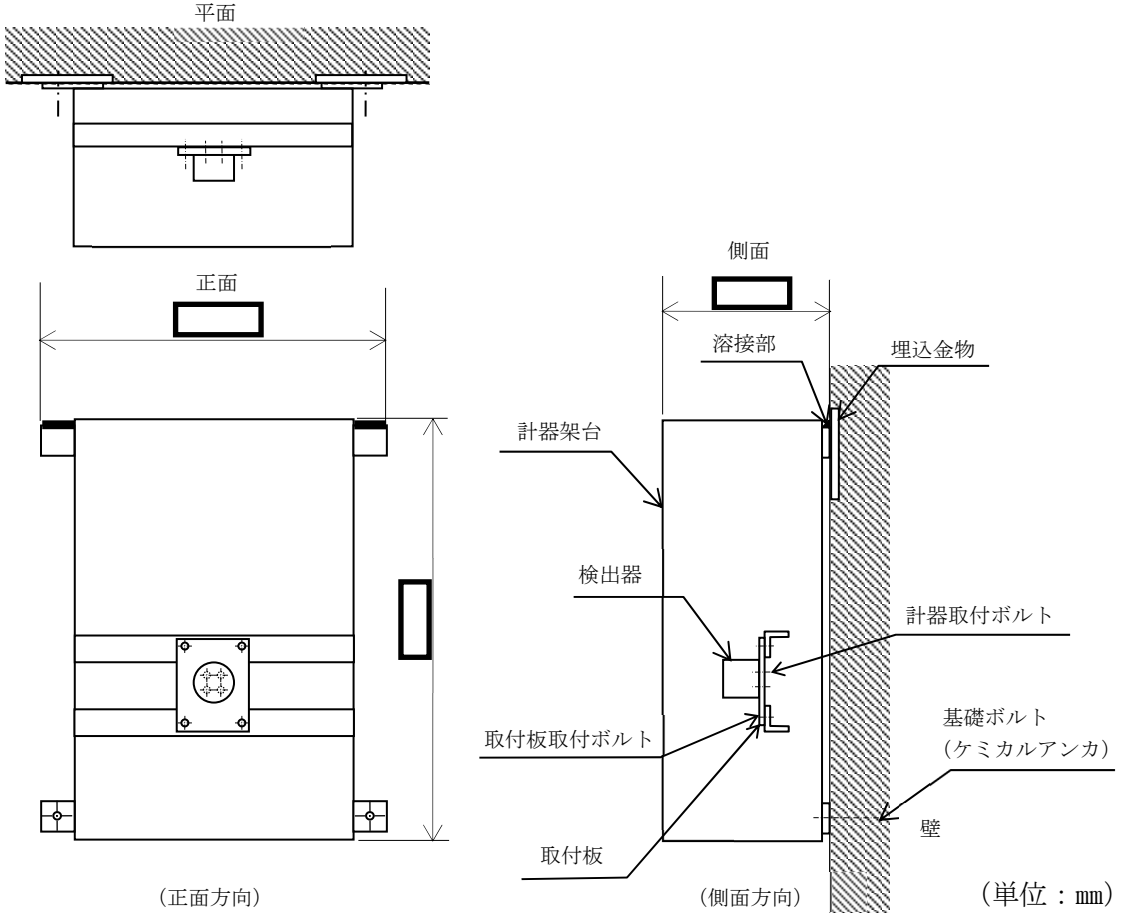
低圧炉心スプレイポンプ出口圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器架台に固定される。<br>計器架台は，基礎ボルト及び壁面に設置された埋込金物への溶接により壁面に設置する。 | 弾性圧力検出器 | 【低圧炉心スプレイポンプ出口圧力】<br>  <br> |

2.2　評価方針

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の応力評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価フローを図2－1に示す。



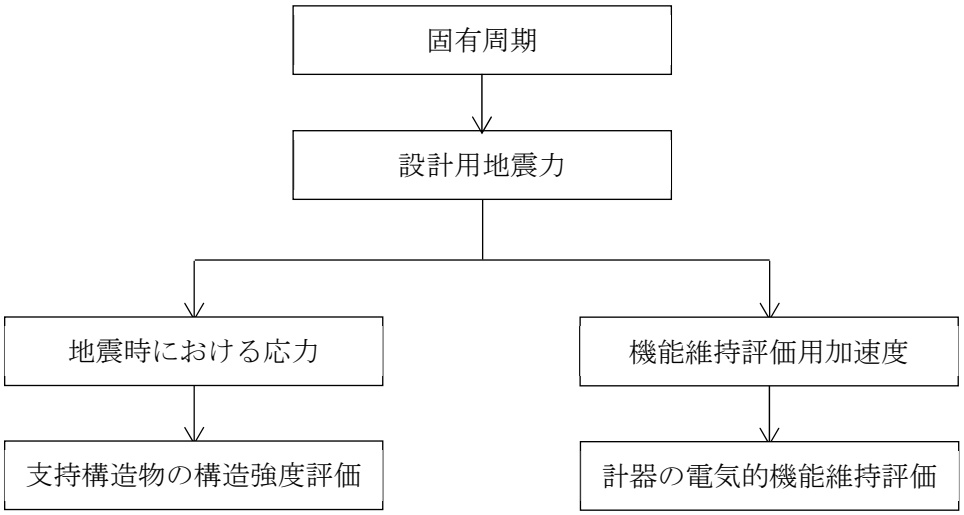



図2－1　低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_b$ | 基礎ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| d | 基礎ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_w$ | 溶接部に作用する引張力 | N |
| $F_{w1}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| $F_{w2}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| $f_{sb}$ | 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 |
| $f_{sm}$ | せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell'$ | 溶接の有効長さ | mm |
| $\ell$ | 重心と下側基礎ボルト間の距離 | mm |
| $\ell_a$ | 側面（左右）基礎ボルト間の距離 | mm |
| $\ell_b$ | 上側溶接部と下側基礎ボルト間の距離 | mm |
| m | 計器架台の質量 | kg |
| $n_b$ | 基礎ボルトの本数 | — |
| $n_w$ | 溶接部の数 | — |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待する水平方向基礎ボルト，溶接数 | — |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向基礎ボルト，溶接数 | — |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $Q_b$ | 基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_w$ | 溶接部に作用するせん断力 | N |
| $Q_{w1}$ | 水平方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| $Q_{w2}$ | 鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値 | MPa |
| $S_y(RT)$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値 | MPa |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\sigma$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |
| $\tau_w$ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりである。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 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。

3. 評価部位

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び溶接部について実施する。

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設置される計器架台の固有周期は，振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，固有周期を確認する。低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

(1)　計器架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は計器架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　計器架台は基礎ボルト及び溶接により壁面に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向*は，正面方向及び側面方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

注記＊：計器架台の転倒方向は，計器架台を正面より見て左右に転倒する場合を「正面方向転倒」，前方に転倒する場合を「側面方向転倒」という。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－2に示す。

5.2.2　許容応力

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－3のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－5に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 | 常設／防止（DB拡張） | —*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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外） | | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |
| 溶接部 | SS41* (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 66 | 234 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 5－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |
| 溶接部 | SS41* (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－6，表5－7に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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<br>及び<br>床面高さ<br>(m) | 固有周期<br>(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物<br>EL 1.3<br>(EL 8.8*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

表5－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m) | 固有周期<br>(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物<br>EL 1.3<br>(EL 8.8*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| | [redacted] | | — | — | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.16*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

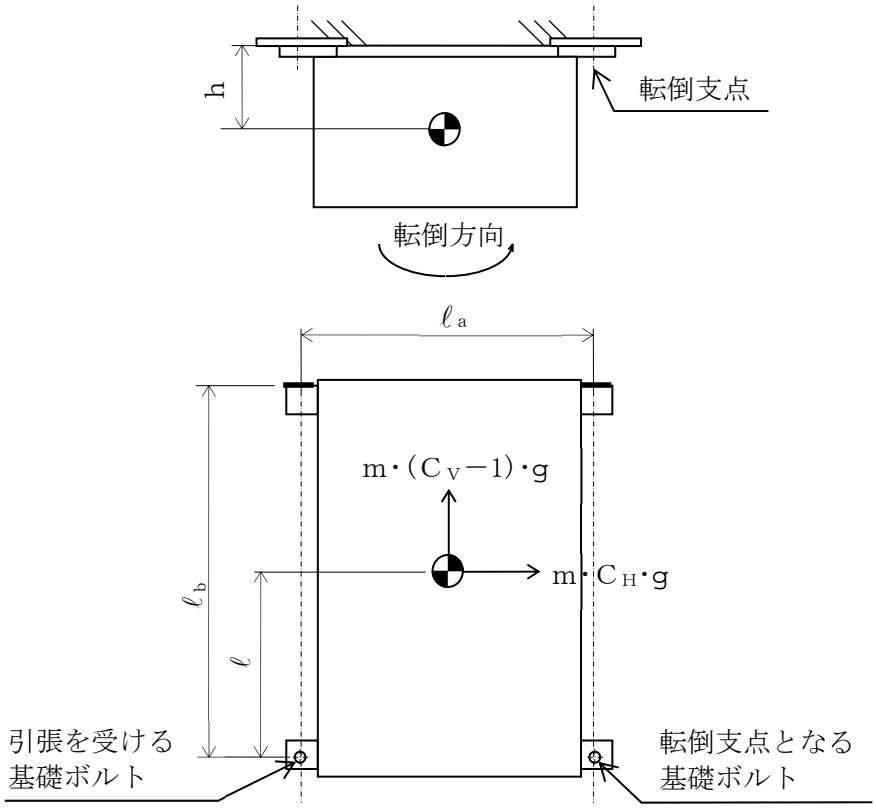



図 5－1　計算モデル（基礎ボルト）（正面方向転倒）

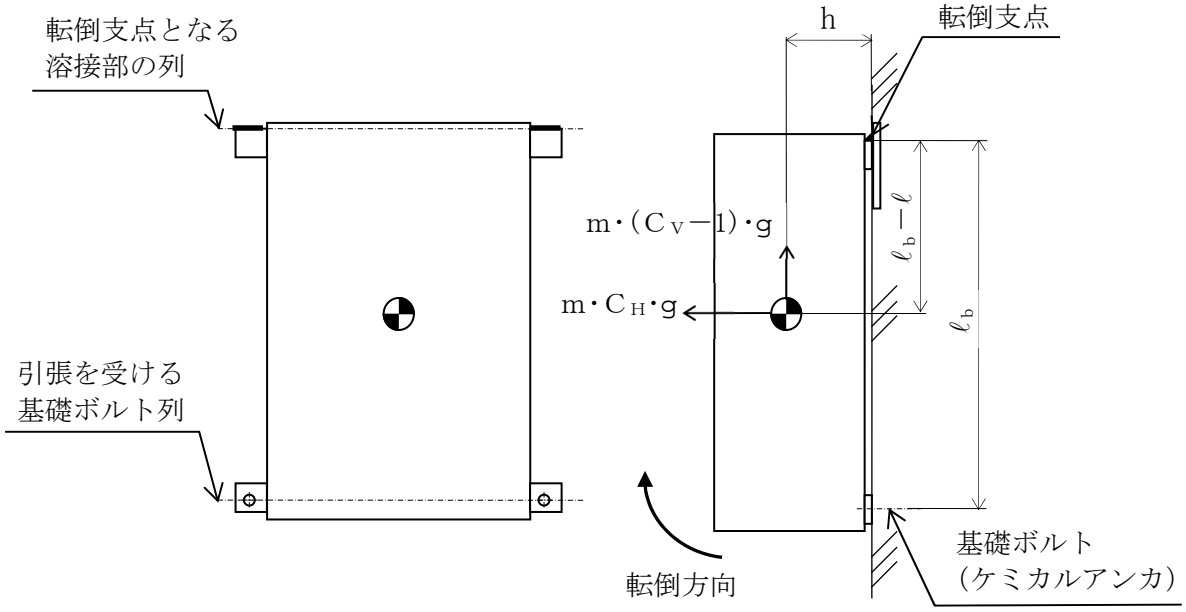



図 5－2　計算モデル（基礎ボルト）（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は，図5－1及び図5－2で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(C_V-1)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot(\ell_b-\ell)+(C_V-1)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}\,(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^{\,2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は,基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n_b \cdot A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2　溶接部の計算方法

溶接部の応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

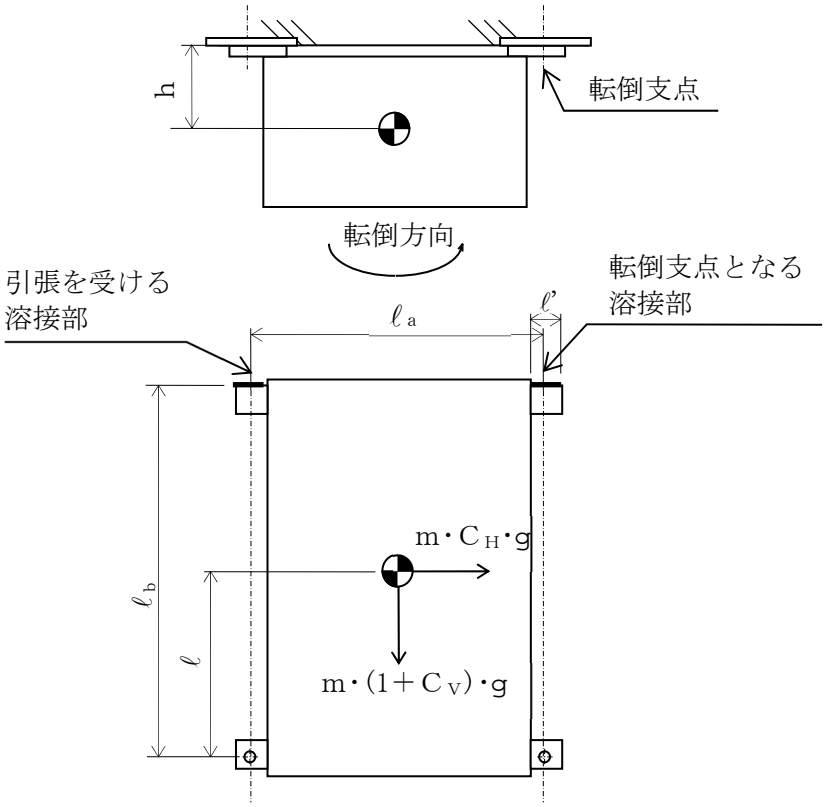



図 5－3　計算モデル（溶接部）（正面方向転倒）

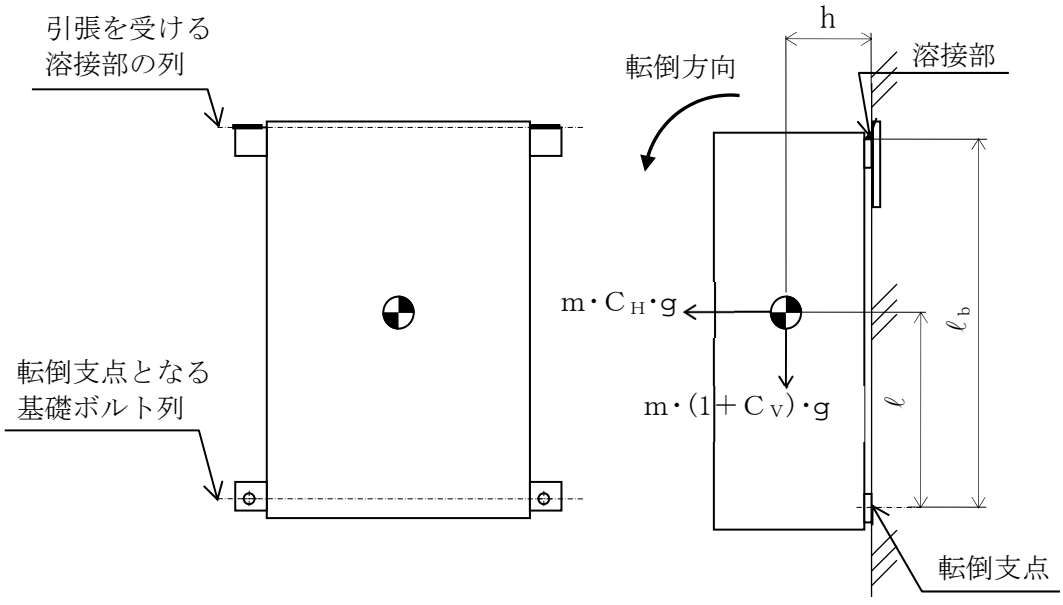



図 5－4　計算モデル（溶接部）（側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は，図5－3及び図5－4で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell+(1+C_V)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.2)$$

$$F_w=\mathrm{Max}\,(F_{w1},\ F_{w2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_w=\frac{F_w}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.4)$$

ここで，溶接部の有効断面積$A_w$は次式により求める。

$$A_w=a\cdot \ell' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚aは次式により求める。

$$a=0.7\cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は，溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.10)$$

(3) 組合せ応力（溶接部）

溶接部に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.11)$$

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルト及び溶接部の応力計算条件

基礎ボルト及び溶接部の応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【低圧炉心スプレイポンプ出口圧力（PX223-4）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　基礎ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし，$f_{to}$ は下表による。

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

せん断応力 $\tau_b$ は，せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし，$f_{sb}$ は下表による。



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

5.6.2　溶接部の応力評価

5.4.1.2項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，$f_{sm}$は下表による。

| | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合 | 基準地震動Ｓｓによる<br>荷重との組合せの場合 |
|---|---|---|
| 許容せん断応力<br>$f_{sm}$ | $\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ | $\frac{F^{*}}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力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Ｓｓ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。

計器架台に設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器架台に設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力<br>(PX223-4) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【低圧炉心スプレイポンプ出口圧力（PX223-4）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4) | S | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | s (mm) | a (mm) | ℓ' (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $A_w$ ($mm^2$) | $n_b$ | $n_w$ | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 319 | 12 (M12) | — | — | — | 113.1 | — | 2 | — | 206 (40mm＜径) | 385 |
| 溶接部 | [redacted] | 319 | — | 3.1 | 2.2 | 50 | — | 110.3 | — | 2 | 234 (径≦16mm) | 385 |

| 部材 | ℓ* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fH}$* | $n_{fV}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | 206 | 247 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |
| 溶接部 | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | 234 | 270 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルト，溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | | | | |

1.3.2 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_w$ | | $Q_w$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | | | | |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b=4$ | $f_{ts}=123^*$ | $\sigma_b=9$ | $f_{ts}=148^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=16$ | $f_{sb}=95$ | $\tau_b=25$ | $f_{sb}=114$ |
| 溶接部 | SS41 | 引張 | $\sigma_w=8$ | $f_{sm}=135$ | $\sigma_w=14$ | $f_{sm}=155$ |
| | | せん断 | $\tau_w=17$ | $f_{sm}=135$ | $\tau_w=26$ | $f_{sm}=155$ |
| | | 組合せ | $\sigma=18$ | $f_{sm}=135$ | $\sigma=29$ | $f_{sm}=155$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気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 |
|---|---|---|---|
| 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4) | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | s (mm) | a (mm) | ℓ' (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | $A_w$ (mm$^2$) | $n_b$ | $n_w$ | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 319 | 12 (M12) | — | — | — | 113.1 | — | 2 | — | 194 (40mm＜径) | 373 |
| 溶接部 | | 319 | — | 3.1 | 2.2 | 50 | — | 110.3 | — | 2 | 221 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | ℓ* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fH}$* | $n_{fV}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | — | 232 | — | 正面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |
| 溶接部 | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | — | 261 | — | 側面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルト，溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_{bw}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

2.3.2 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_w$ | | $Q_{bw}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] |



2.4 結論

2.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_b=9$ | $f_{ts}=139^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=25$ | $f_{sb}=107$ |
| 溶接部 | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_w=14$ | $f_{sm}=150$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_w=26$ | $f_{sm}=150$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma=29$ | $f_{sm}=150$ |

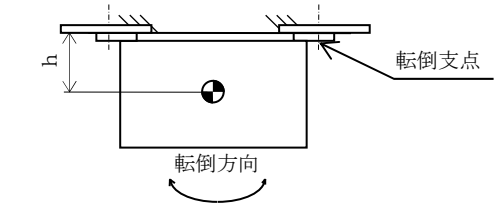
すべて許容応力以下である。

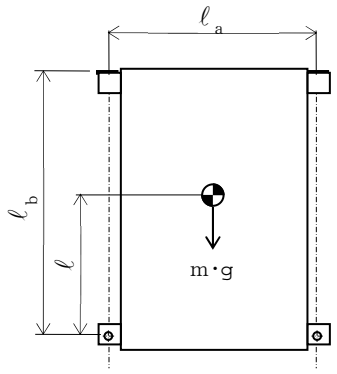
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8m/s²）

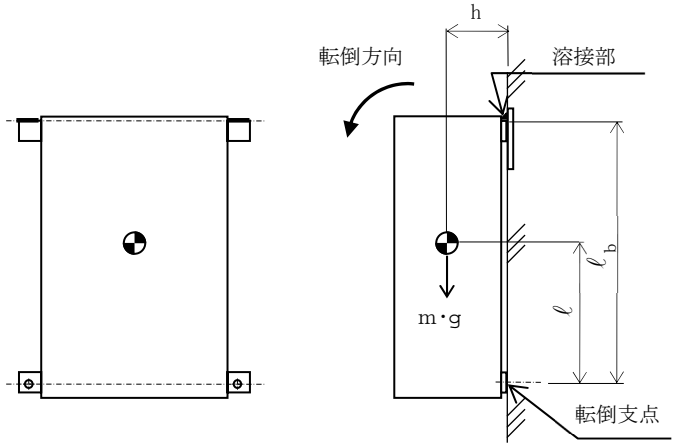
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4) | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。

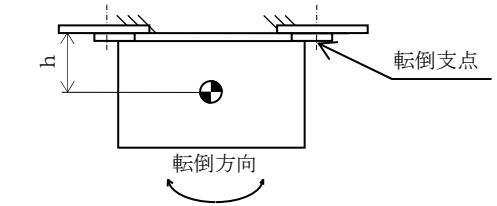


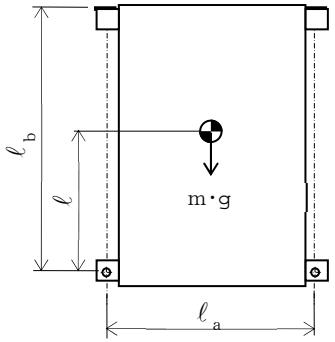




（正面方向）

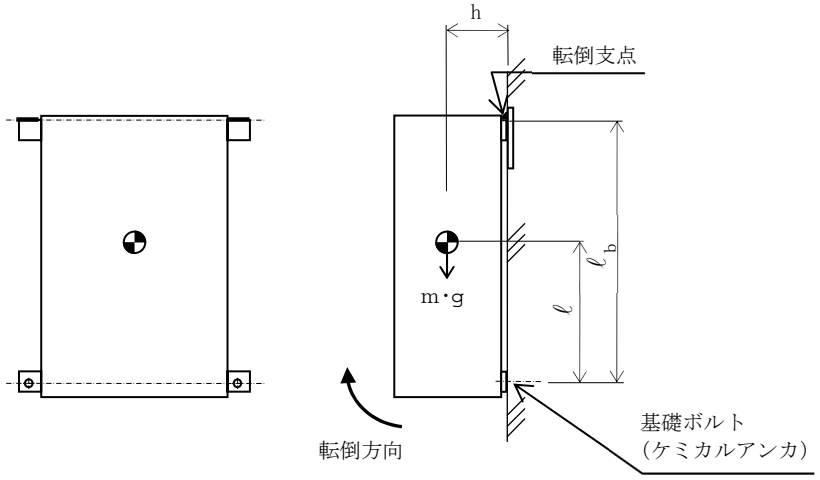



（側面方向）




（正面方向）




（側面方向）

# Ⅵ-2-6-5-7　残留熱除去ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，残留熱除去ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去ポンプ出口流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，残留熱除去ポンプ出口流量が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

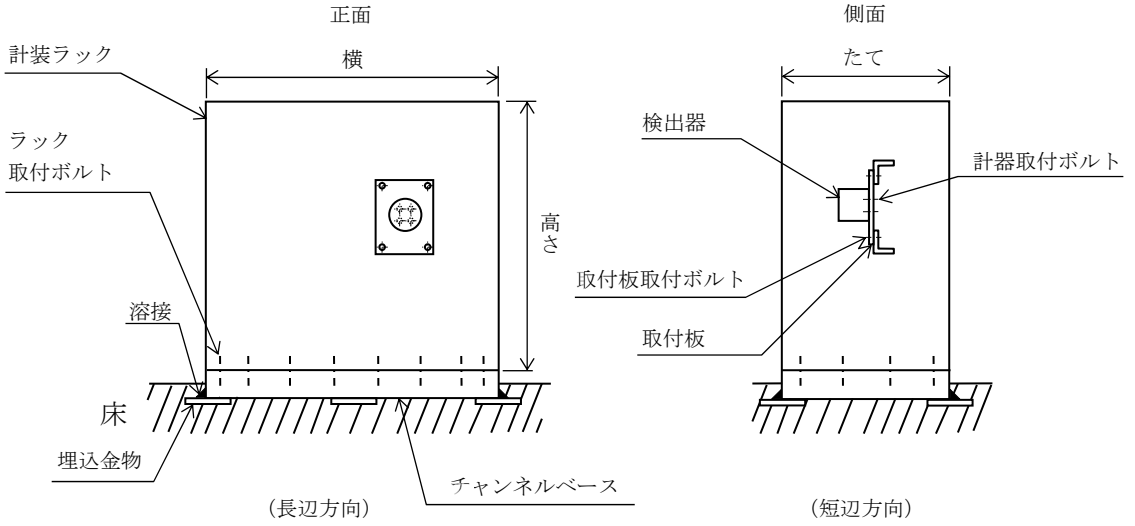
2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去ポンプ出口流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 差圧式流量検出器 | 【残留熱除去ポンプ出口流量】 |




| 機器名称 | 残留熱除去ポンプ出口流量<br>(2RIR-B2-3A (I)) | 残留熱除去ポンプ出口流量<br>(2RIR-B2-3B) | 残留熱除去ポンプ出口流量<br>(2RIR-B2-3C) |
|---|---|---|---|
| たて | | | |
| 横 | | | |
| 高さ | | | |

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

残留熱除去ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3A (I)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去ポンプ出口流量の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去ポンプ出口流量の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去ポンプ出口流量（FX222-1A）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去ポンプ出口流量（FX222-1B）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去ポンプ出口流量（FX222-1C）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 残留熱除去ポンプ出口流量 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 残留熱除去ポンプ出口流量 | 常設／防止（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | — |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | — |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去ポンプ出口流量の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量<br>(FX222-1A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量<br>(FX222-1B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量<br>(FX222-1C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

残留熱除去ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【残留熱除去ポンプ出口流量（FX222-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 970*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝6 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝15 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量(FX222-1A) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 8 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 970*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

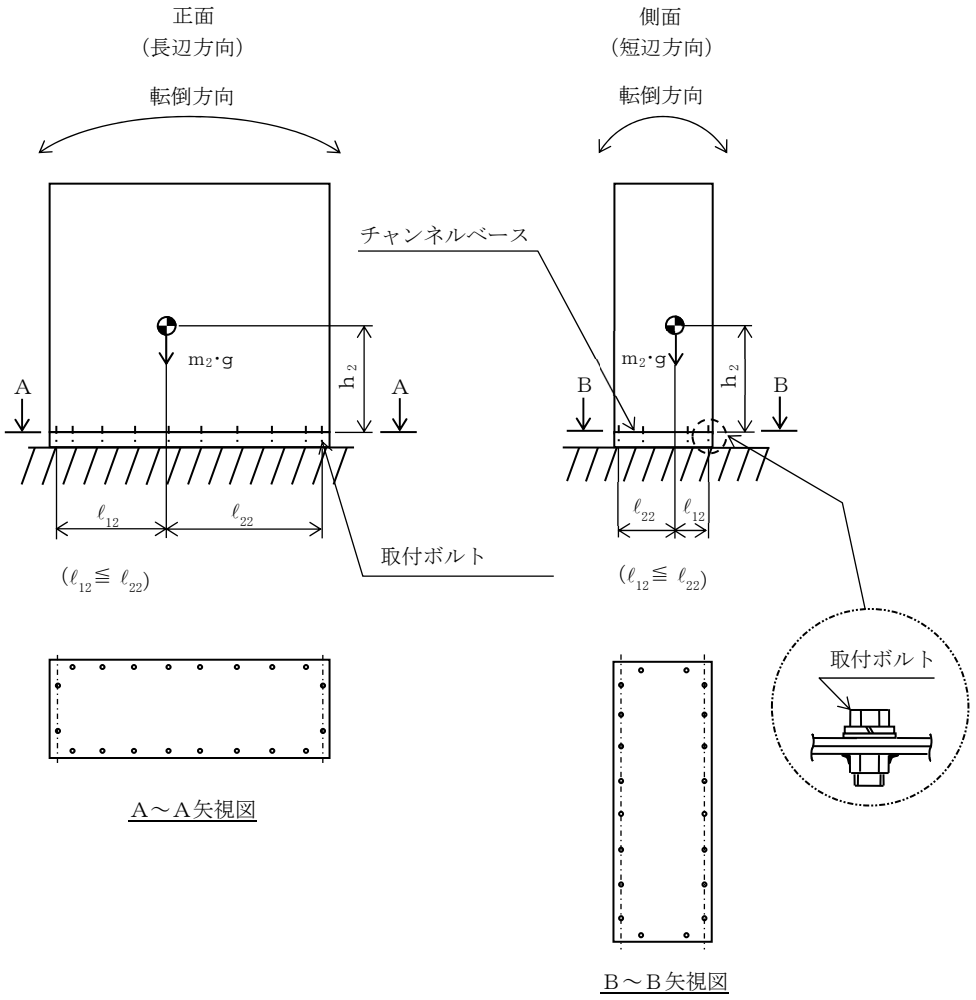
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量(FX222-1A) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【残留熱除去ポンプ出口流量（FX222-1B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 7 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 1020*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝15 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量(FX222-1B) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 7 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 1020*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

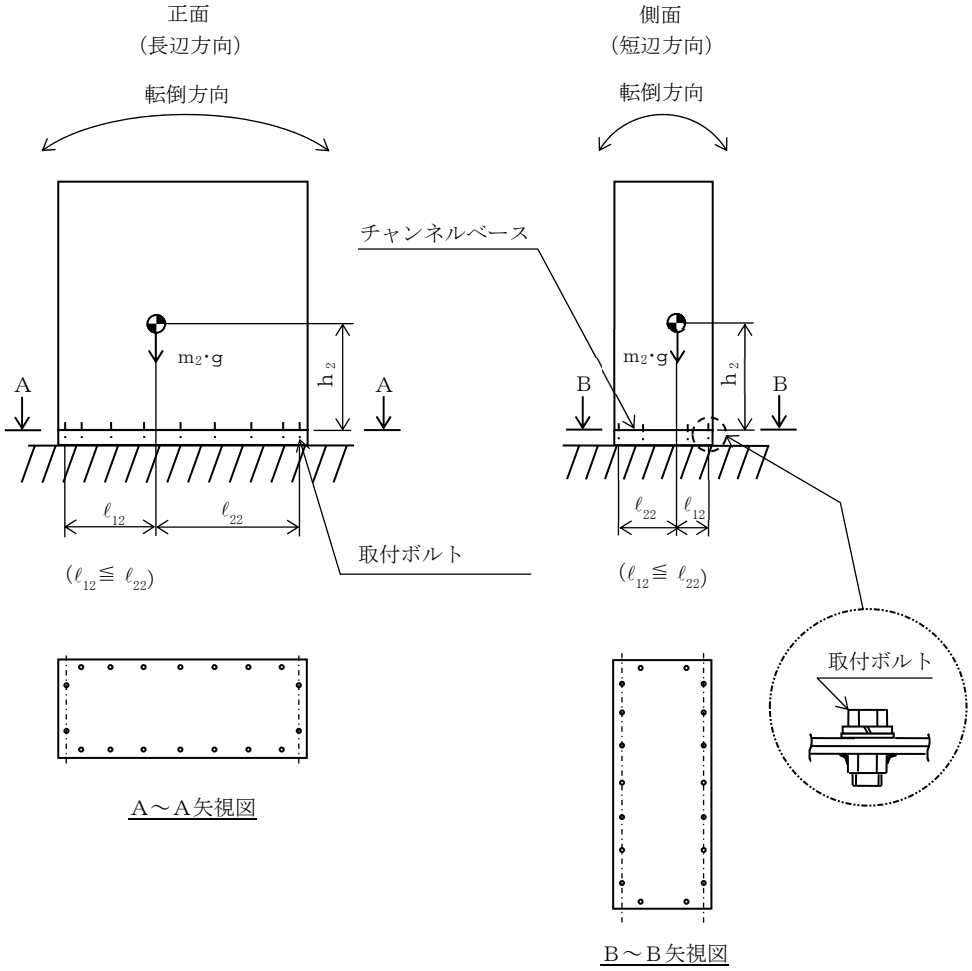
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【残留熱除去ポンプ出口流量（FX222-1C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝16 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量(FX222-1C) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 6 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=16$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

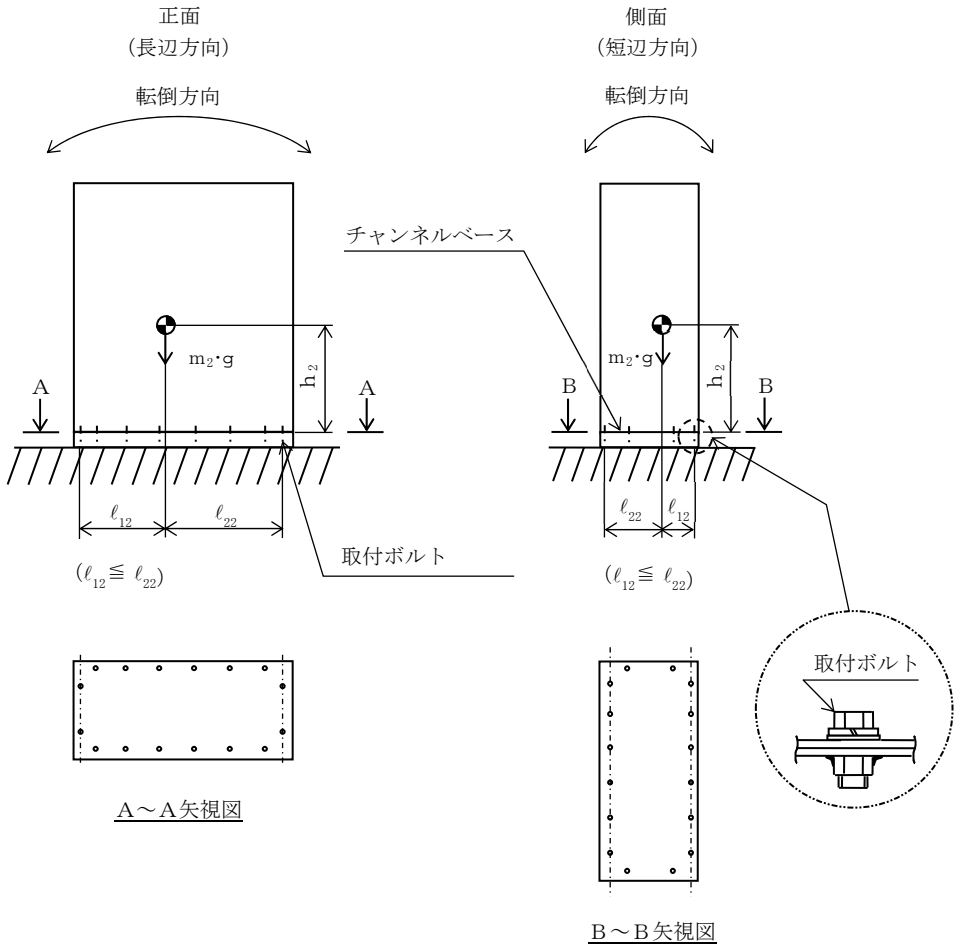
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

# Ⅵ-2-6-5-8　原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

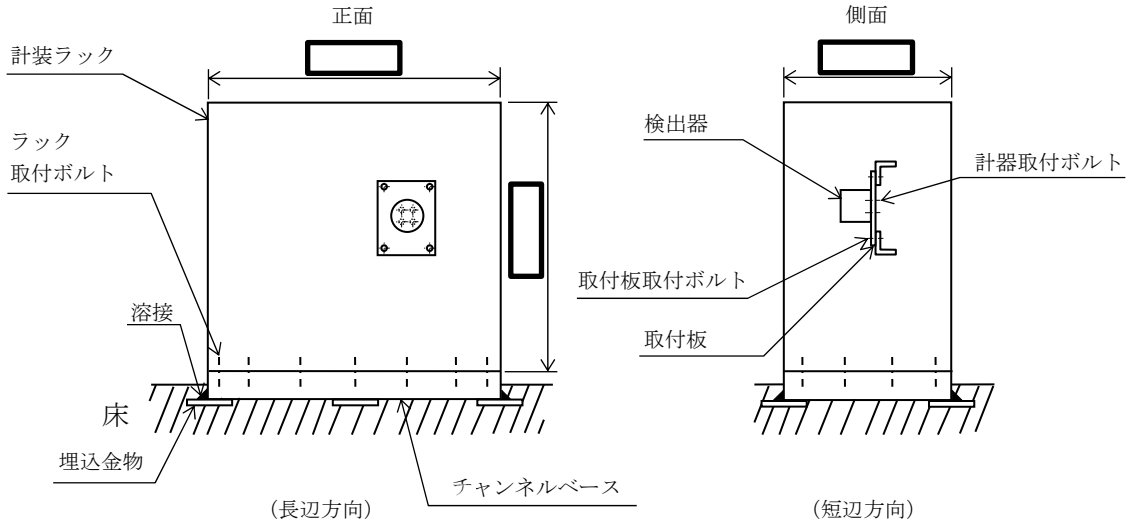
なお，原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 差圧式流量検出器 | 【原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ<br>出口流量<br>(2RIR-B2-1) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量（FX221-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量 | 常設／防止（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量<br>(FX221-1) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量（FX221-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量 (FX221-1) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 5 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝17 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量（FX221-1） | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量 (FX221-1) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$＝1.41*2 | $C_V$＝1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}$＝17 | $f_{ts2}$＝174* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝134 |

すべて許容応力以下である。

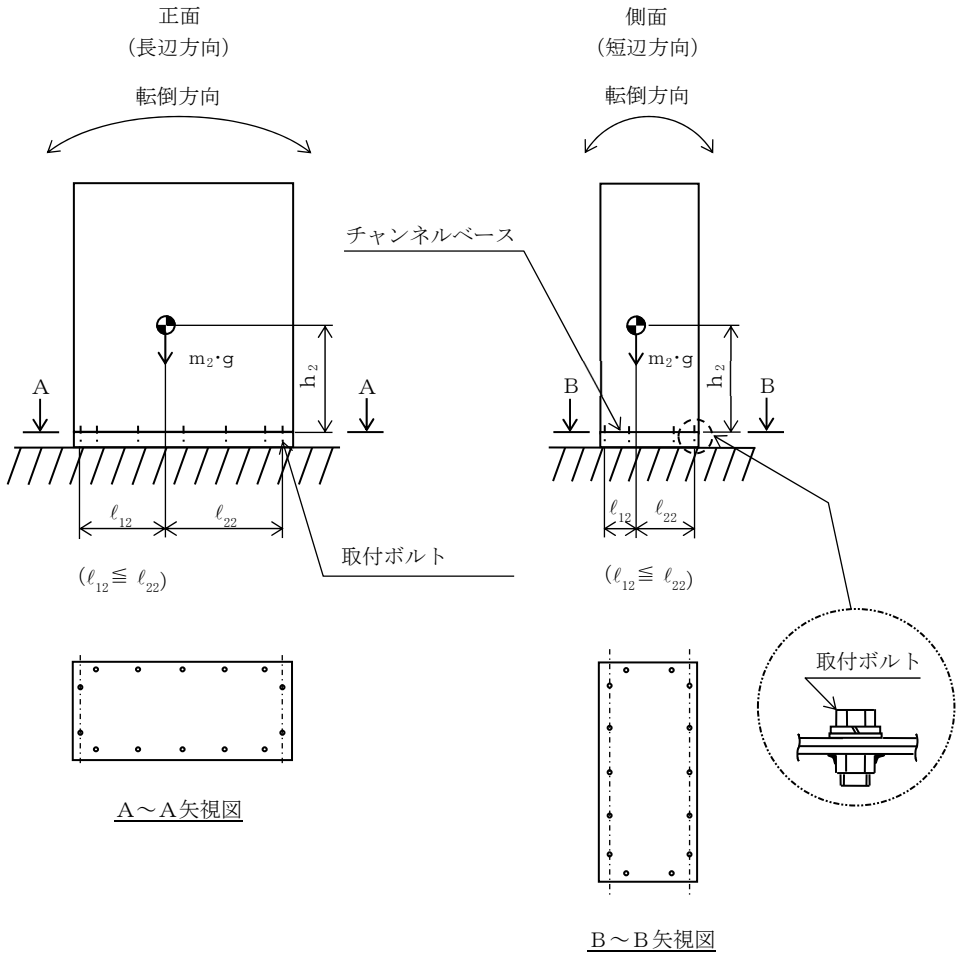
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量（FX221-1） | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

# Ⅵ-2-6-5-9　高圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

高圧炉心スプレイポンプ出口流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

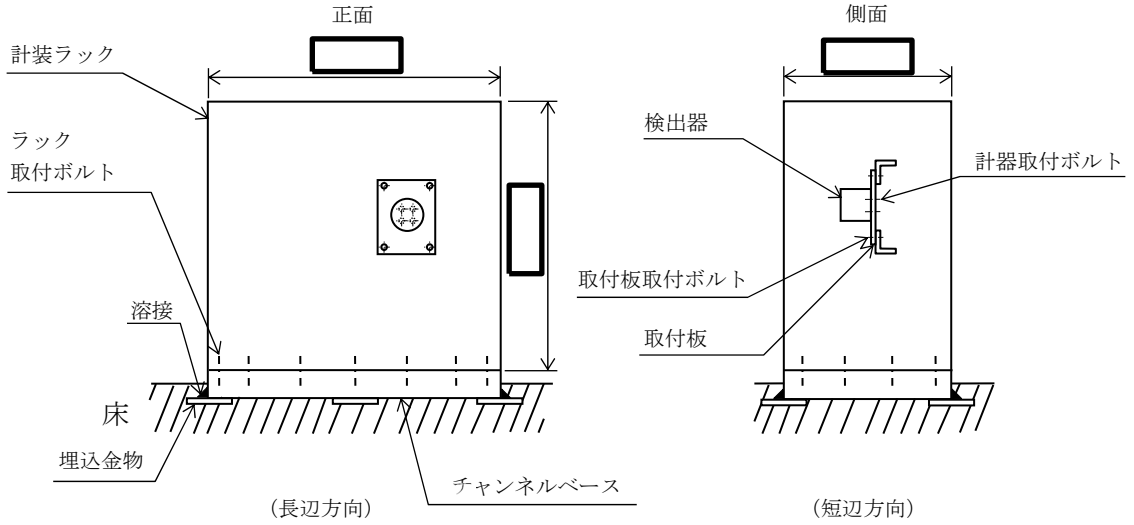
なお，高圧炉心スプレイポンプ出口流量が設置される計装ラックは，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 差圧式流量検出器 | 【高圧炉心スプレイポンプ出口流量】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

高圧炉心スプレイポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ<br>出口流量<br>(2RIR-B1-4) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX224-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 高圧炉心スプレイポンプ出口流量 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 高圧炉心スプレイポンプ出口流量 | 常設／防止（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ出口流量<br>(FX224-1) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX224-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 高圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX224-1) | S | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝8 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝20 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX224-1） | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 高圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX224-1) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=20$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

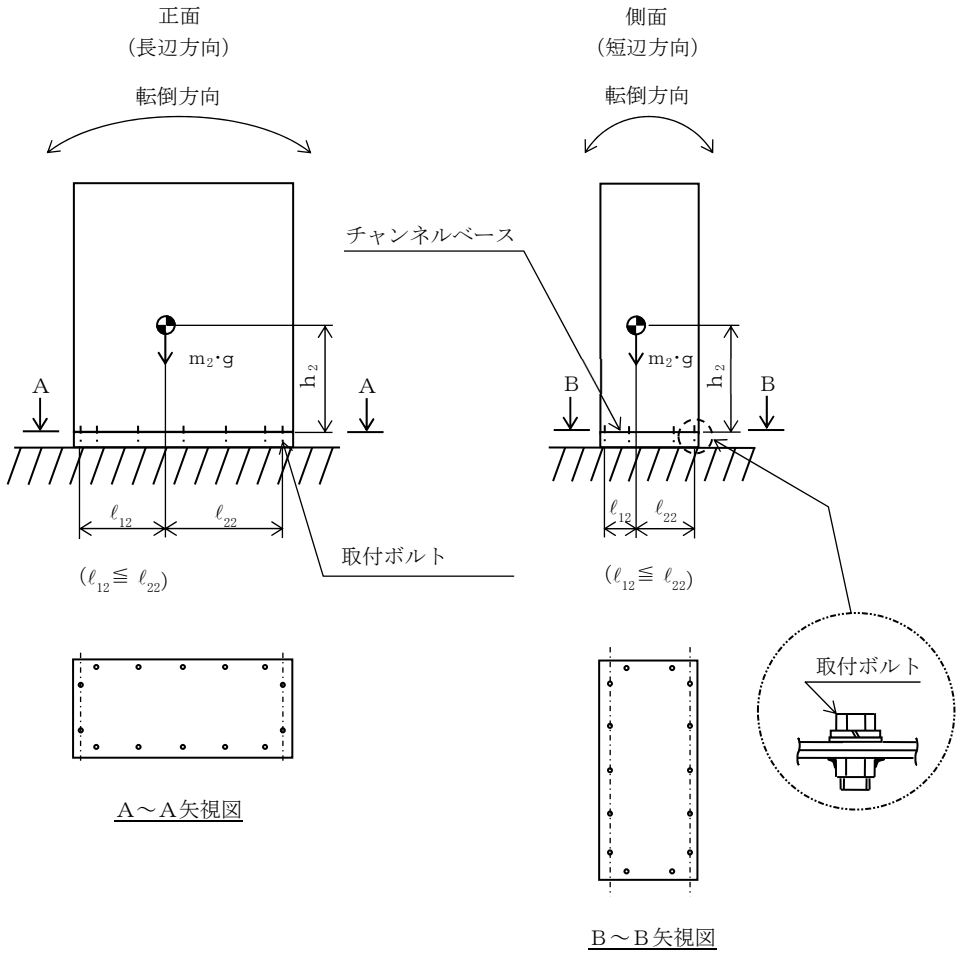
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX224-1） | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

# VI-2-6-5-10　低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 7
3.　評価部位 …… 8
4.　固有周期 …… 8
4.1　基本方針 …… 8
4.2　固有周期の確認方法 …… 8
4.3　固有周期の確認結果 …… 8
5.　構造強度評価 …… 9
5.1　構造強度評価方法 …… 9
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 9
5.3　設計用地震力 …… 13
5.4　計算方法 …… 14
5.5　計算条件 …… 20
5.6　応力の評価 …… 20
6.　機能維持評価 …… 22
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 22
7.　評価結果 …… 23
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 23
7.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 23

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，低圧炉心スプレイポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

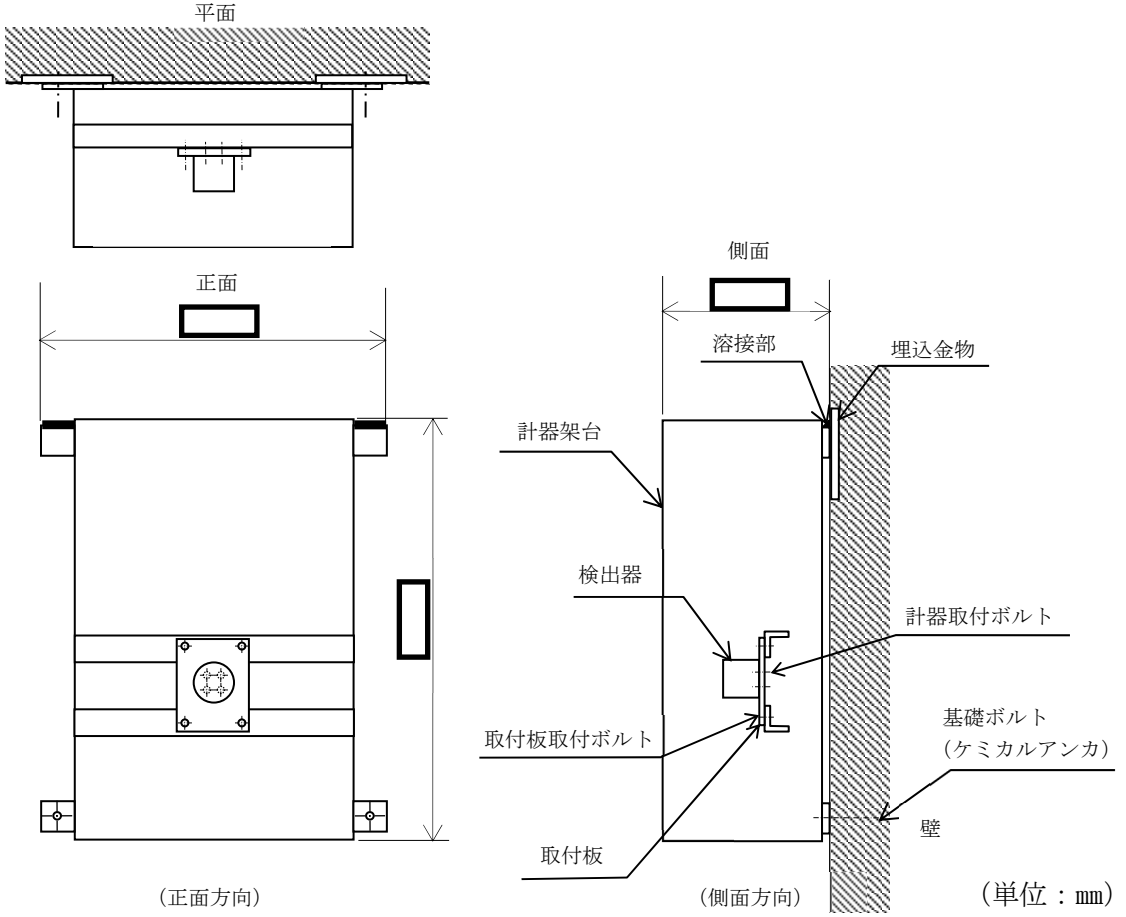
低圧炉心スプレイポンプ出口流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器架台に固定される。<br>計器架台は，基礎ボルト及び壁面に設置された埋込金物への溶接により壁面に設置する。 | 差圧式流量検出器 | 【低圧炉心スプレイポンプ出口流量】<br>  <br> |

2.2　評価方針

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の応力評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す低圧炉心スプレイポンプ出口流量の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，低圧炉心スプレイポンプ出口流量の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価フローを図2－1に示す。

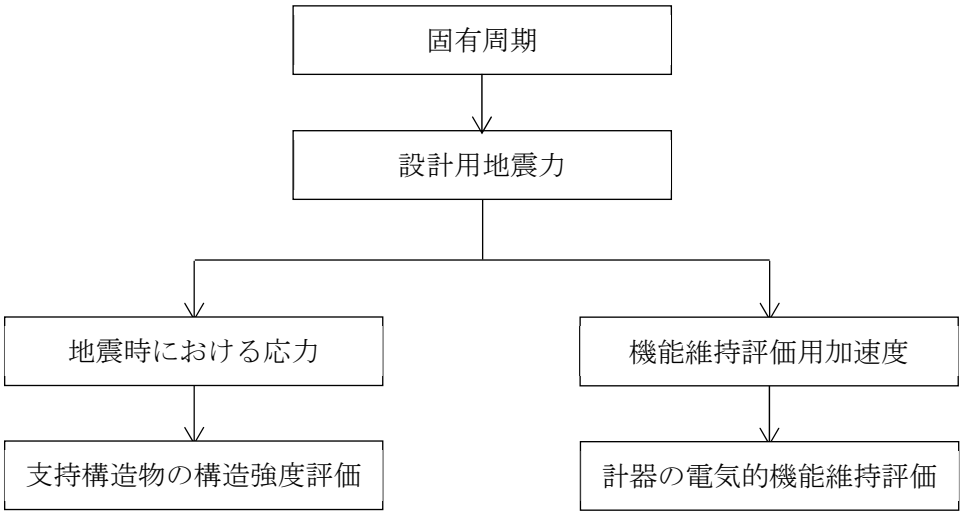



図2－1　低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_b$ | 基礎ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| d | 基礎ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_w$ | 溶接部に作用する引張力 | N |
| $F_{w1}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| $F_{w2}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| $f_{sb}$ | 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 |
| $f_{sm}$ | せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell'$ | 溶接の有効長さ | mm |
| $\ell$ | 重心と下側基礎ボルト間の距離 | mm |
| $\ell_a$ | 側面（左右）基礎ボルト間の距離 | mm |
| $\ell_b$ | 上側溶接部と下側基礎ボルト間の距離 | mm |
| m | 計器架台の質量 | kg |
| $n_b$ | 基礎ボルトの本数 | — |
| $n_w$ | 溶接部の数 | — |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待する水平方向基礎ボルト，溶接数 | — |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向基礎ボルト，溶接数 | — |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $Q_b$ | 基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_w$ | 溶接部に作用するせん断力 | N |
| $Q_{w1}$ | 水平方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| $Q_{w2}$ | 鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値 | MPa |
| $S_y(RT)$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値 | MPa |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\sigma$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |
| $\tau_w$ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりである。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 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。

3. 評価部位

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び溶接部について実施する。

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

低圧炉心スプレイポンプ出口流量が設置される計器架台の固有周期は，振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，固有周期を確認する。低圧炉心スプレイポンプ出口流量の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

(1)　計器架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は計器架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　計器架台は基礎ボルト及び溶接により壁面に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向*は，正面方向及び側面方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

注記＊：計器架台の転倒方向は，計器架台を正面より見て左右に転倒する場合を「正面方向転倒」，前方に転倒する場合を「側面方向転倒」という。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－2に示す。

5.2.2　許容応力

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－3のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－5に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 低圧炉心スプレイポンプ出口流量 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 低圧炉心スプレイポンプ出口流量 | 常設／防止（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | 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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外） | | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |
| 溶接部 | SS41* (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 66 | 234 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 5－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |
| 溶接部 | SS41* (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－6，表5－7に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| | [redacted] | | — | — | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.16*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

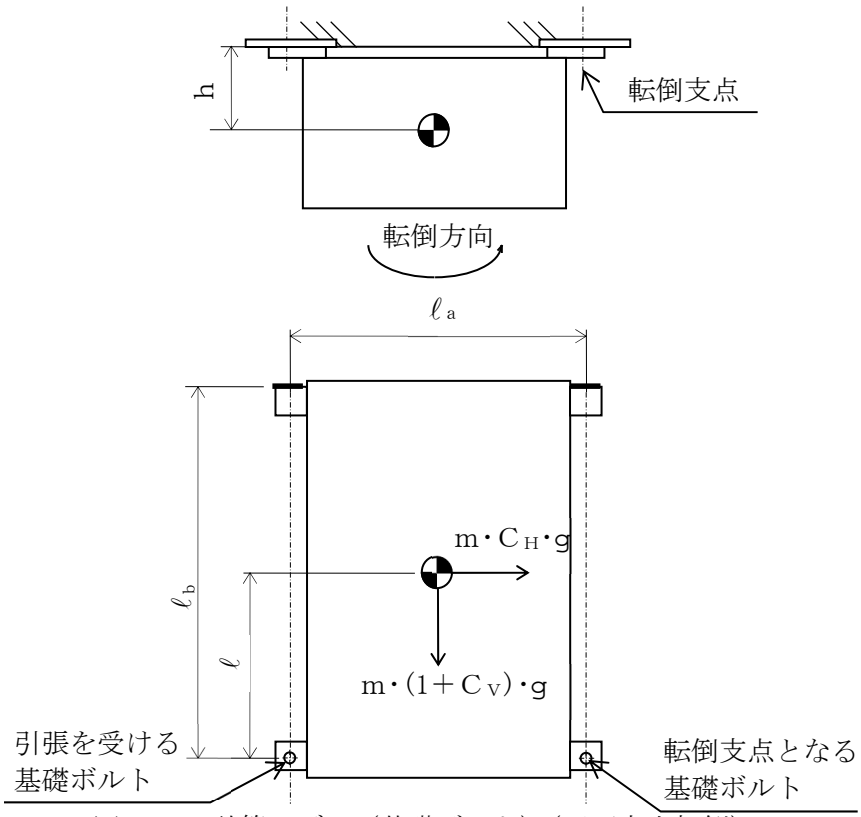



図 5－1　計算モデル（基礎ボルト）（正面方向転倒）

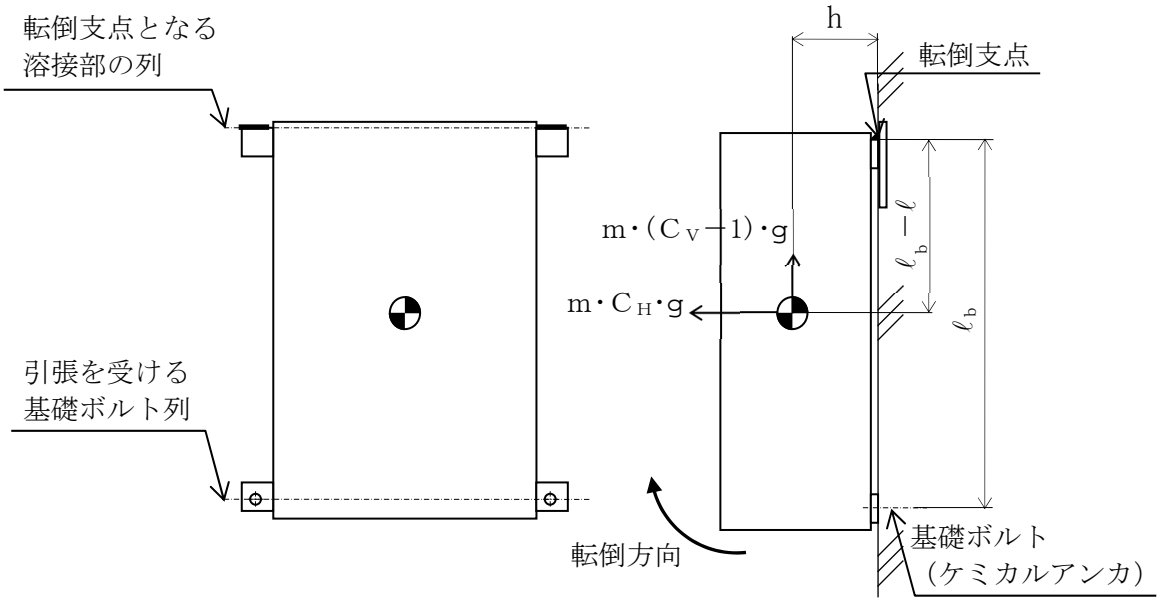



図 5－2　計算モデル（基礎ボルト）（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は，図5－1及び図5－2で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(C_V-1)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot(\ell_b-\ell)+(C_V-1)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}\left(F_{b1},\ F_{b2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^{\,2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は,基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n_b \cdot A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2　溶接部の計算方法

溶接部の応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

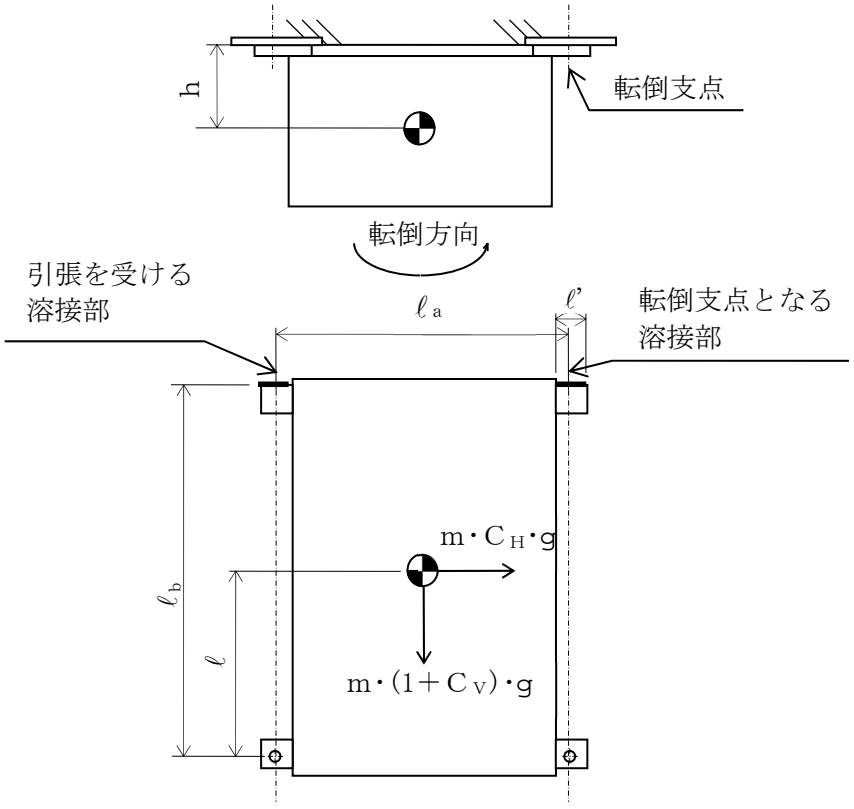



図 5－3　計算モデル（溶接部）（正面方向転倒）

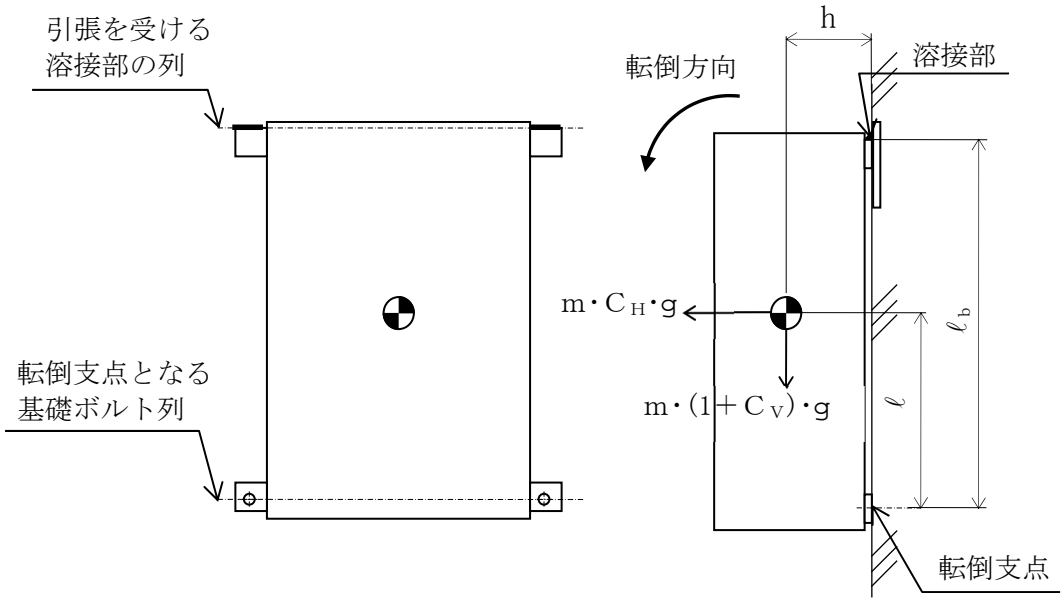



図 5－4　計算モデル（溶接部）（側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は，図5－3及び図5－4で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell+(1+C_V)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.2)$$

$$F_w=\mathrm{Max}\left(F_{w1},\ F_{w2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_w=\frac{F_w}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.4)$$

ここで，溶接部の有効断面積$A_w$は次式により求める。

$$A_w=a\cdot \ell' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚aは次式により求める。

$$a=0.7\cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は，溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.10)$$

(3) 組合せ応力（溶接部）

溶接部に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.11)$$

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルト及び溶接部の応力計算条件

基礎ボルト及び溶接部の応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【低圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX223-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　基礎ボルトの応力評価

5.4.1.1項で求めた基礎ボルトの引張応力$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力$f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

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

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。



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

5.6.2　溶接部の応力評価

5.4.1.2項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，$f_{sm}$は下表による。

| | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合 | 基準地震動Ｓｓによる<br>荷重との組合せの場合 |
|---|---|---|
| 許容せん断応力<br>$f_{sm}$ | $\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ | $\frac{F^{*}}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の電気的機能維持評価について以下に示す。

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Ｓｓ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。

計器架台に設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器架台に設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 低圧炉心スプレイポンプ出口流量<br>(FX223-1) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【低圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX223-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 低圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX223-1) | S | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | s (mm) | a (mm) | ℓ' (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | $A_w$ (mm$^2$) | $n_b$ | $n_w$ | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 319 | 12 (M12) | — | — | — | 113.1 | — | 2 | — | 206 (40mm＜径) | 385 |
| 溶接部 | [redacted] | 319 | — | 3.1 | 2.2 | 50 | — | 110.3 | — | 2 | 234 (径≦16mm) | 385 |

| 部材 | ℓ* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fH}$* | $n_{fV}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | 206 | 247 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |
| 溶接部 | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | 234 | 270 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルト，溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | | | | |

1.3.2 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_w$ | | $Q_w$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | | | | |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b=4$ | $f_{ts}=123^*$ | $\sigma_b=9$ | $f_{ts}=148^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=16$ | $f_{sb}=95$ | $\tau_b=25$ | $f_{sb}=114$ |
| 溶接部 | SS41 | 引張 | $\sigma_w=8$ | $f_{sm}=135$ | $\sigma_w=14$ | $f_{sm}=155$ |
| | | せん断 | $\tau_w=17$ | $f_{sm}=135$ | $\tau_w=26$ | $f_{sm}=155$ |
| | | 組合せ | $\sigma=18$ | $f_{sm}=135$ | $\sigma=29$ | $f_{sm}=155$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気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 |
|---|---|---|---|
| 低圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX223-1) | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 低圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX223-1) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | s (mm) | a (mm) | ℓ' (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | $A_w$ (mm$^2$) | $n_b$ | $n_w$ | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 319 | 12 (M12) | — | — | — | 113.1 | — | 2 | — | 194 (40mm＜径) | 373 |
| 溶接部 | [redacted] | 319 | — | 3.1 | 2.2 | 50 | — | 110.3 | — | 2 | 221 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | ℓ* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fH}$* | $n_{fV}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | — | 232 | — | 正面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |
| 溶接部 | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | — | 261 | — | 側面方向 |
| | 908 | 1060 | 1475 | 1 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルト，溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

2.3.2 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_w$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] |

2.4 結論

2.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_b=9$ | $f_{ts}=139^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=25$ | $f_{sb}=107$ |
| 溶接部 | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_w=14$ | $f_{sm}=150$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_w=26$ | $f_{sm}=150$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma=29$ | $f_{sm}=150$ |

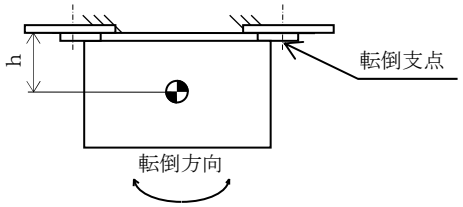
すべて許容応力以下である。

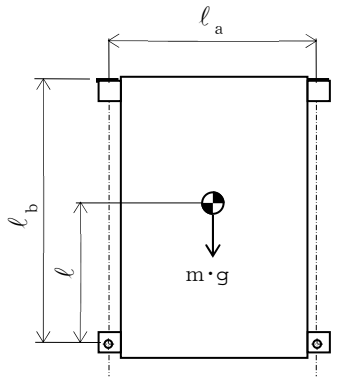
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8m/s²）

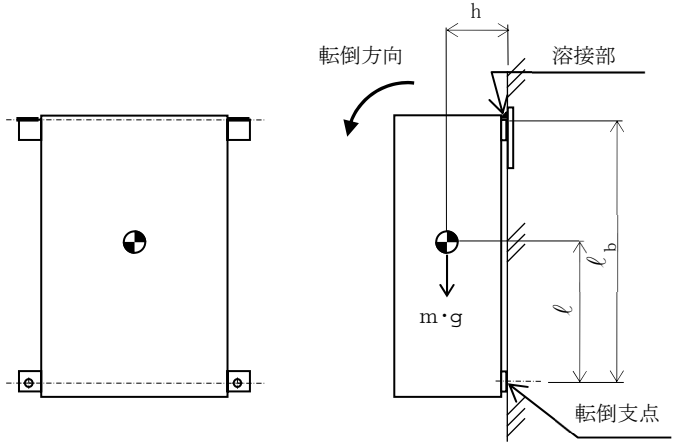
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 低圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX223-1) | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。

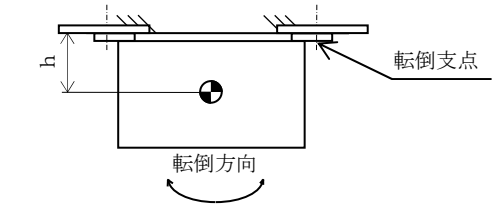


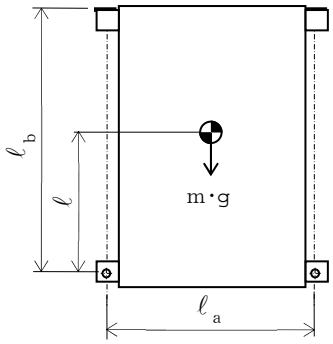




（正面方向）

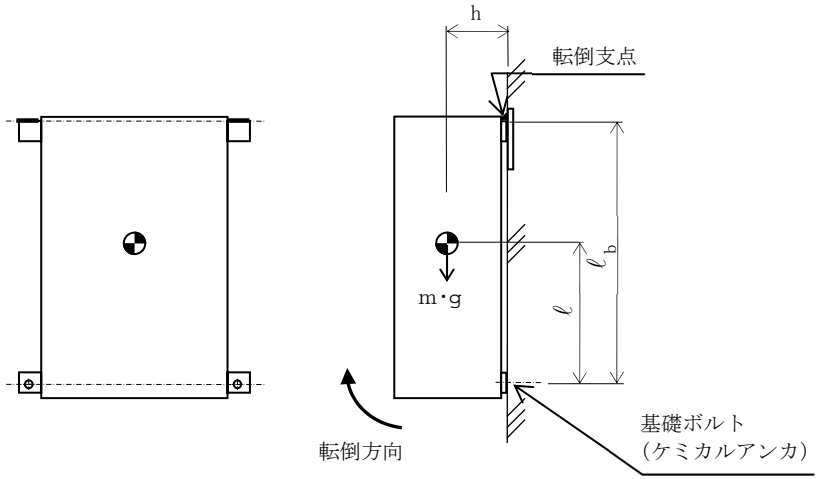



（側面方向）


h
転倒支点
転倒方向


$\ell_b$
$\ell$
m・g
$\ell_a$

（正面方向）


h
転倒支点
m・g
$\ell_b$
$\ell$
転倒方向
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）

（側面方向）

# Ⅵ-2-6-5-16　原子炉圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　原子炉圧力（PX298-5A，PX293-1A，B，C，D）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.3　固有周期　3
1.3.1　固有周期の確認　3
1.4　構造強度評価　4
1.4.1　構造強度評価方法　4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　4
1.4.3　計算条件　4
1.5　機能維持評価　8
1.5.1　電気的機能維持評価方法　8
1.6　評価結果　9
1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　9
1.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果　9
2.　原子炉圧力（PX298-5B）　24
2.1　概要　24
2.2　一般事項　24
2.2.1　構造計画　24
2.3　固有周期　26
2.3.1　固有周期の確認　26
2.4　構造強度評価　27
2.4.1　構造強度評価方法　27
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　27
2.4.3　計算条件　27
2.5　機能維持評価　31
2.5.1　電気的機能維持評価方法　31
2.6　評価結果　32
2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　32
2.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果　32

# 1. 原子炉圧力（PX298-5A，PX293-1A，B，C，D）

## 1.1 概要

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

原子炉圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

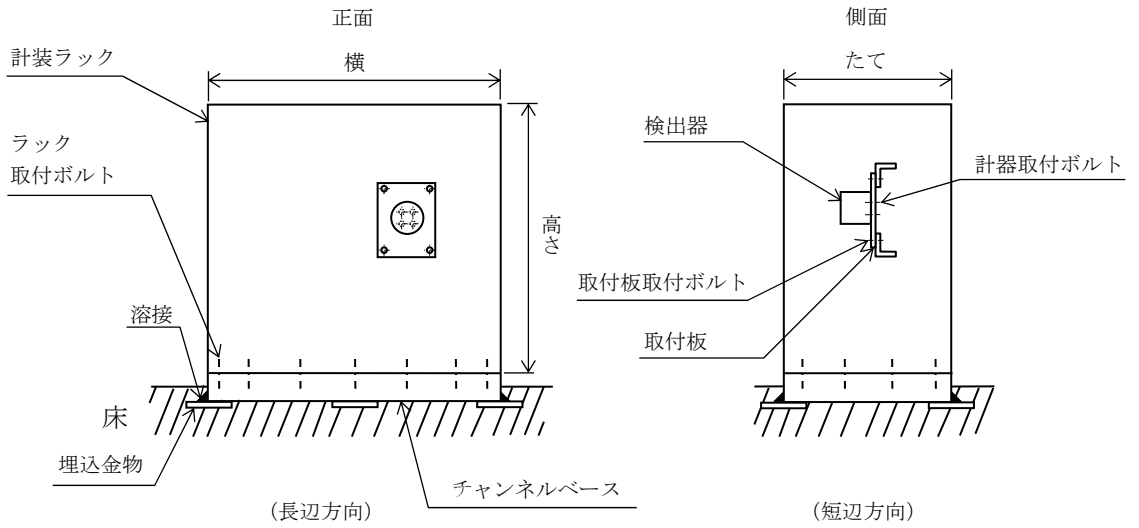
なお，原子炉圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 1.2 一般事項

### 1.2.1 構造計画

原子炉圧力の構造計画を表 1－1 に示す。

表 1－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</td><td>弾性圧力検出器</td><td>【原子炉圧力】<br> 

<table>
<tr><th>機器名称</th><th>原子炉圧力<br>(2RIR-1-8A (I) )</th><th>原子炉圧力<br>(2RIR-1-8B (I) )</th><th>原子炉圧力<br>(2RIR-1-8C)</th><th>原子炉圧力<br>(2RIR-1-8D (I) )</th></tr>
<tr><td>たて</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>横</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>高さ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

原子炉圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1－2 に示す。

表 1－2　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉圧力<br>(2RIR-1-8A（I）) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(2RIR-1-8B（I）) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(2RIR-1-8C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(2RIR-1-8D（I）) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.4　構造強度評価

### 1.4.1　構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1－3 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1－4 に示す。

#### 1.4.2.2　許容応力

原子炉圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－5 のとおりとする。

#### 1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1－6 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1－7 に示す。

### 1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉圧力（PX298-5A，PX293-1A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉圧力（PX293-1B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉圧力（PX293-1C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉圧力（PX293-1D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 原子炉非常停止信号 | 原子炉圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉圧力 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1－5　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 1－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当



表 1－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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1－8に示す。

表1－8　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉圧力<br>(PX298-5A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(PX293-1A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(PX293-1B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(PX293-1C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉圧力<br>(PX293-1D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.6　評価結果

### 1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

### 1.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

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

【原子炉圧力（PX298-5A，PX293-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX298-5A，PX293-1A) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 520*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=9$ | $f_{ts2}=158^{*}$ | $\sigma_{b2}=22$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力(PX298-5A) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉圧力(PX293-1A) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX298-5A) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.59*2 | $C_V$=1.58*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 5 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 520*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=22$ | $f_{ts2}=174^{*}$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

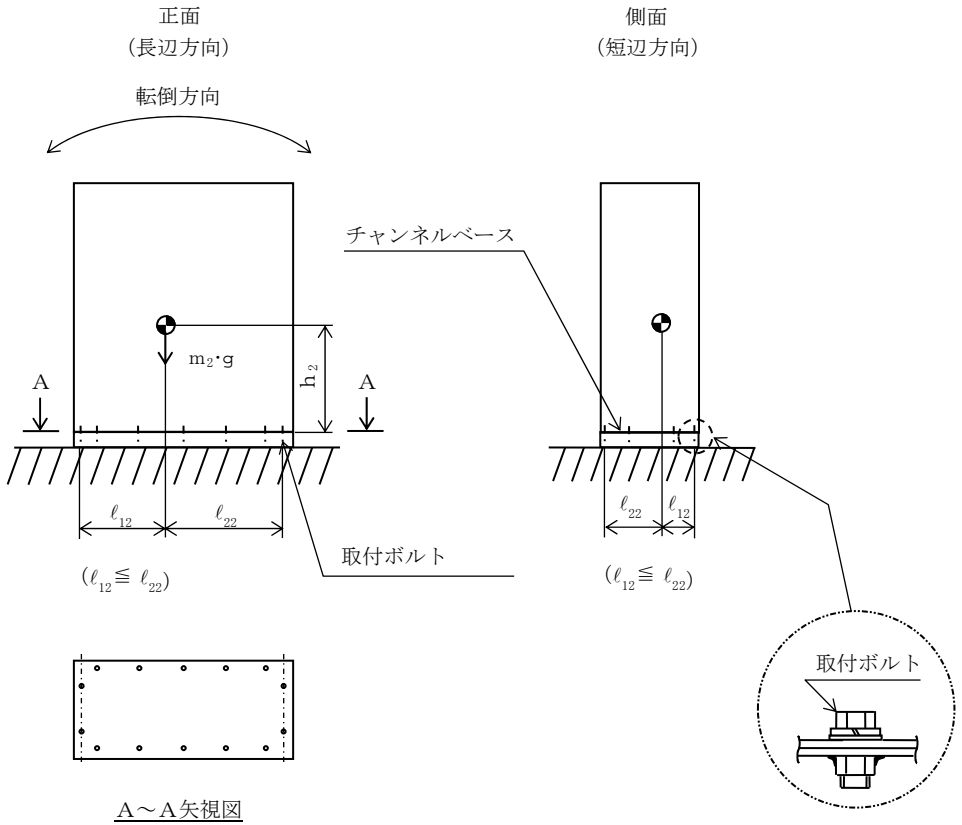
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力 (PX298-5A) | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

【原子炉圧力（PX293-1B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX293-1B) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝22 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

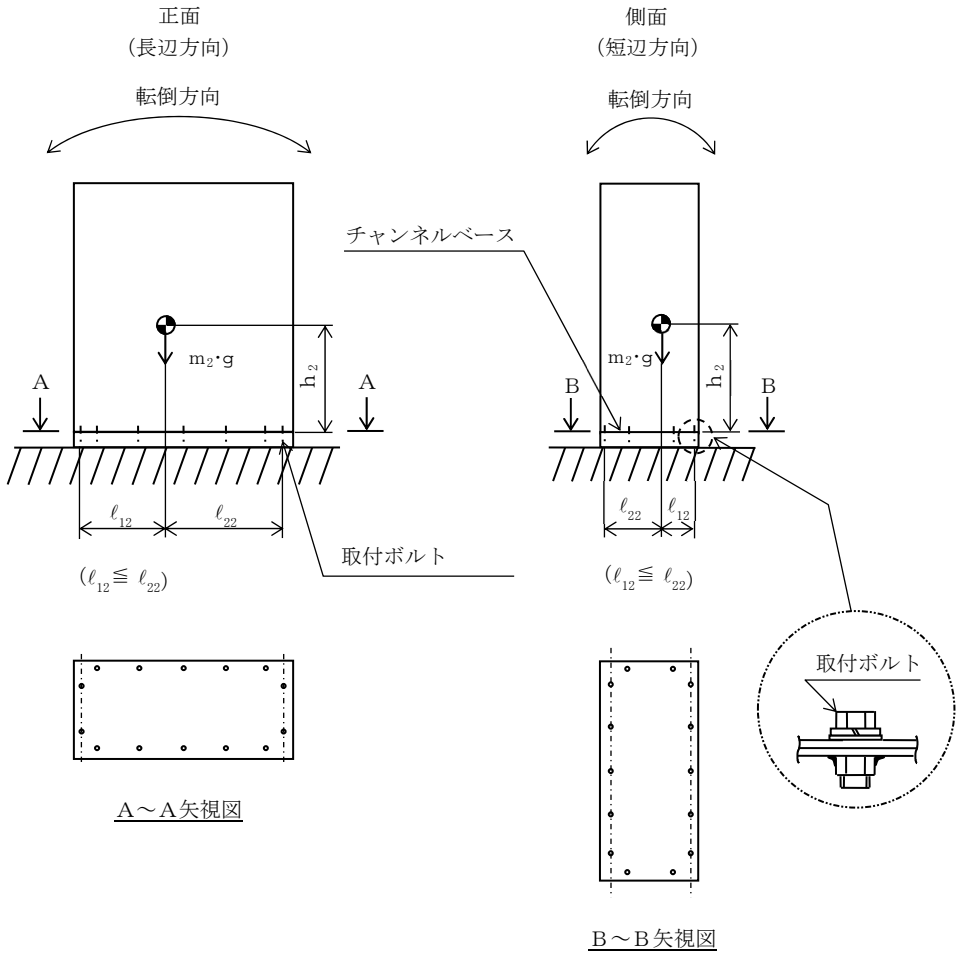
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力(PX293-1B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

【原子炉圧力（PX293-1C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX293-1C) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 1070*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝9 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝23 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

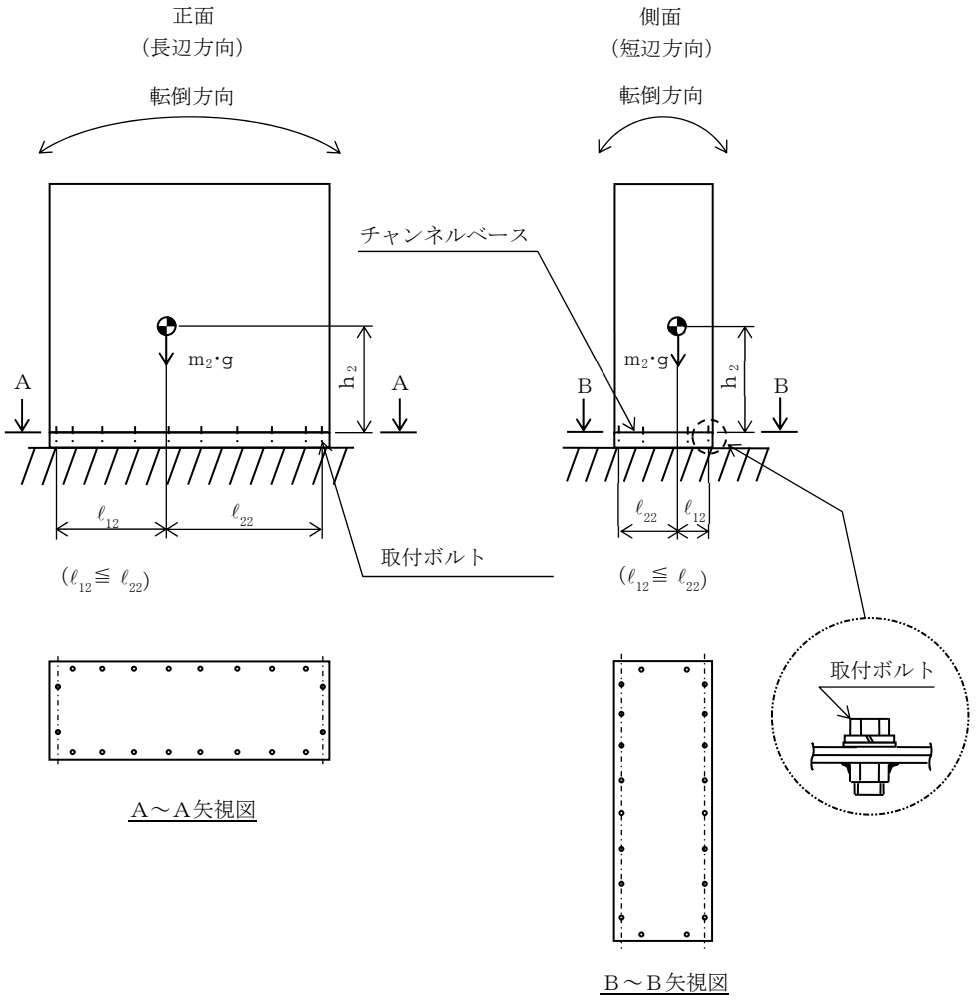
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力(PX293-1C) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【原子炉圧力（PX293-1D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX293-1D) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝23 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

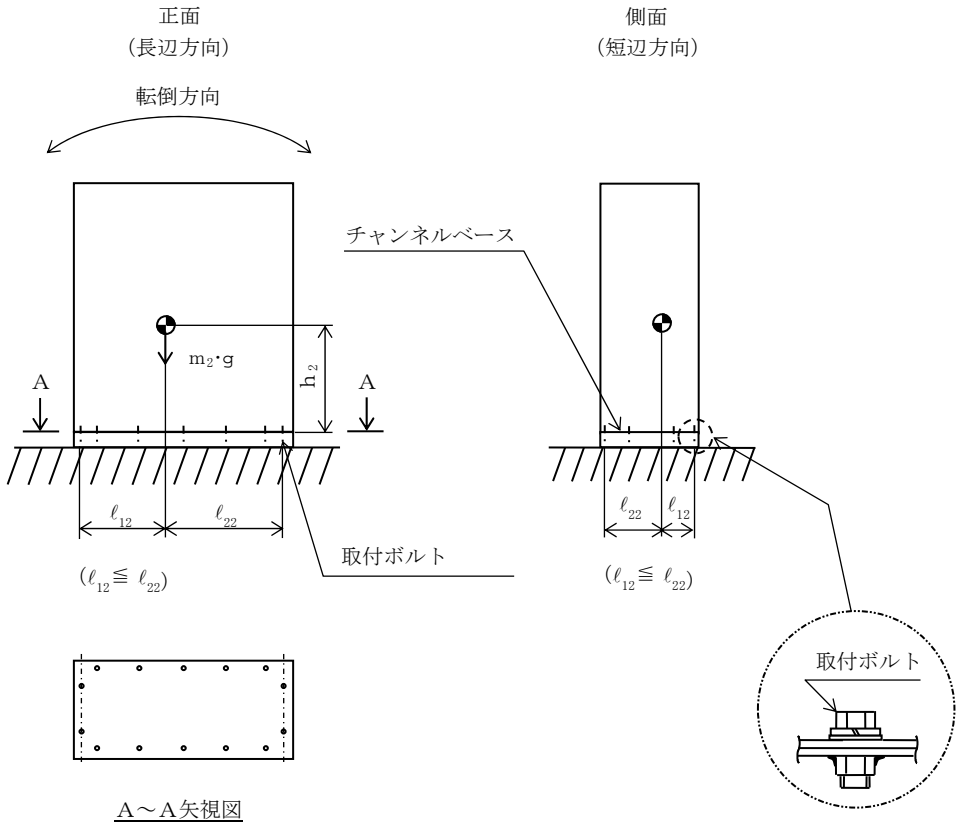
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力(PX293-1D) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

2.　原子炉圧力（PX298-5B）

2.1　概要

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

原子炉圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

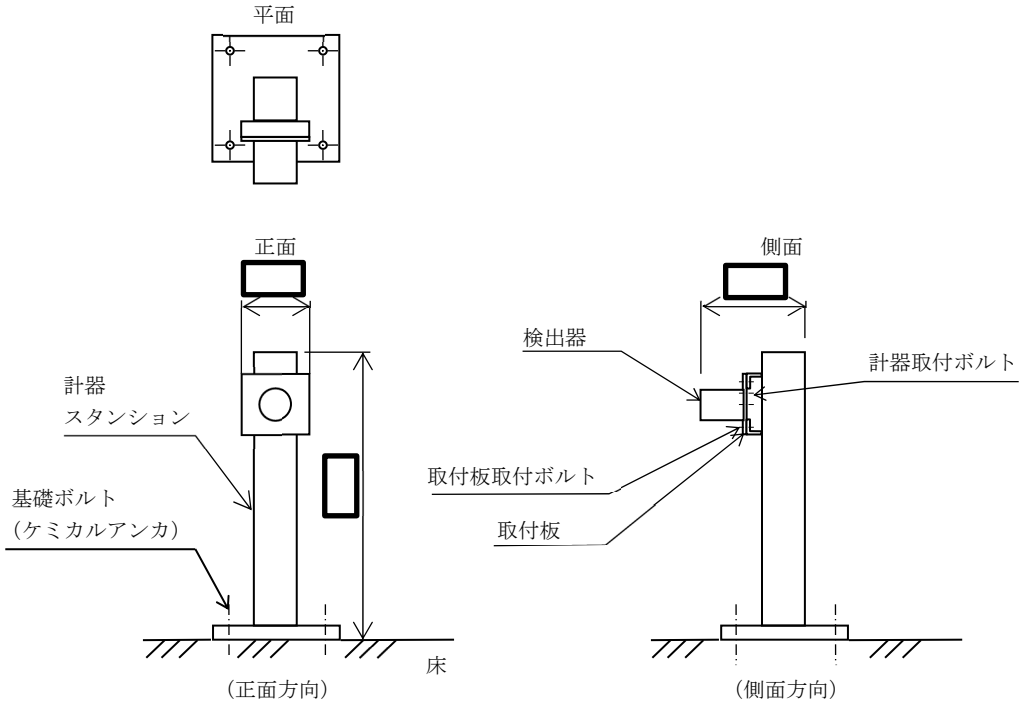
なお，原子炉圧力は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

原子炉圧力の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。<br>計器スタンションは，基礎ボルトで基礎に設置する。 | 弾性圧力検出器 | 【原子炉圧力】<br>  <br><br>（単位：mm） |

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

原子炉圧力の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2－2 に示す。

表 2－2　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉圧力<br>(PX298-5B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.4　構造強度評価

### 2.4.1　構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2－3 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4 に示す。

#### 2.4.2.2　許容応力

原子炉圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－5 のとおりとする。

#### 2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2－6 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－7 に示す。

### 2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉圧力（PX298-5B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉圧力 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS<br>（VASとして<br>ⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表２－５　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 2－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

表 2－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 100 | 212 | 373 | ― |

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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 2－8 に示す。

表 2－8　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉圧力<br>(PX298-5B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.6　評価結果

### 2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

### 2.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

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

【原子炉圧力（PX298-5B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX298-5B) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.18*2 | $C_V$＝0.75*2 | $C_H$＝2.63*3 | $C_V$＝1.50*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度
＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 673 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 26 | 174 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | [redacted] | | | |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b$＝7 | $f_{ts}$＝138* | $\sigma_b$＝16 | $f_{ts}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_b$＝1 | $f_{sb}$＝106 | $\tau_b$＝3 | $f_{sb}$＝127 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力 (PX298-5B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【原子炉圧力（PX298-5B）の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉圧力 (PX298-5B) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=2.63*2 | $C_V$=1.50*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 673 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 212 (16mm＜径≦40mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | — | 254 | — | 側面方向 |
| | 26 | 174 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b$＝16 | $f_{ts}$＝152* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b$＝3 | $f_{sb}$＝117 |

すべて許容応力以下である。

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

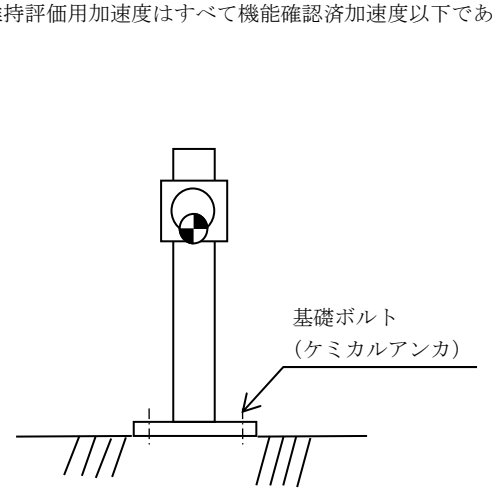
2.4.2　電気的機能維持の評価結果

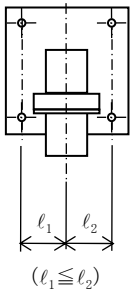
（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力<br>(PX298-5B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

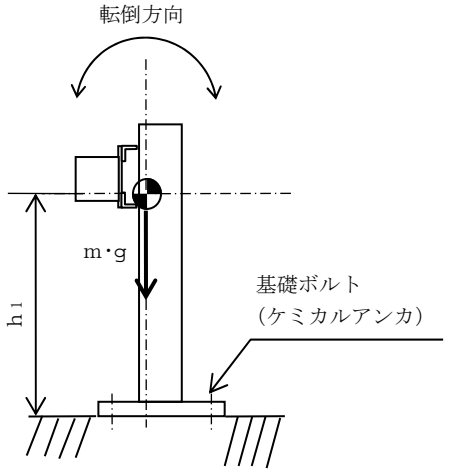
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

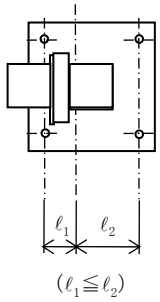
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。




（正面方向）




（側面方向）

# VI-2-6-5-18　原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　原子炉水位（広帯域）（LX298-1B，D，LX298-3A，B，C，D，LX298-4A，B，C，D，LX298-8A，B，C，D，LX298-11A）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.3　固有周期　3
1.3.1　固有周期の確認　3
1.4　構造強度評価　4
1.4.1　構造強度評価方法　4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　4
1.4.3　計算条件　4
1.5　機能維持評価　10
1.5.1　電気的機能維持評価方法　10
1.6　評価結果　12
1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　12
1.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果　12
2.　原子炉水位（広帯域）（LX298-1A，C，LX298-11B）　32
2.1　概要　32
2.2　一般事項　32
2.2.1　構造計画　32
2.3　固有周期　34
2.3.1　固有周期の確認　34
2.4　構造強度評価　35
2.4.1　構造強度評価方法　35
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　35
2.4.3　計算条件　35
2.5　機能維持評価　40
2.5.1　電気的機能維持評価方法　40
2.6　評価結果　41
2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　41
2.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果　41

# 1. 原子炉水位（広帯域）（LX298-1B，D，LX298-3A，B，C，D，LX298-4A，B，C，D，LX298-8A，B，C，D，LX298-11A）

## 1.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉水位（広帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（広帯域）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

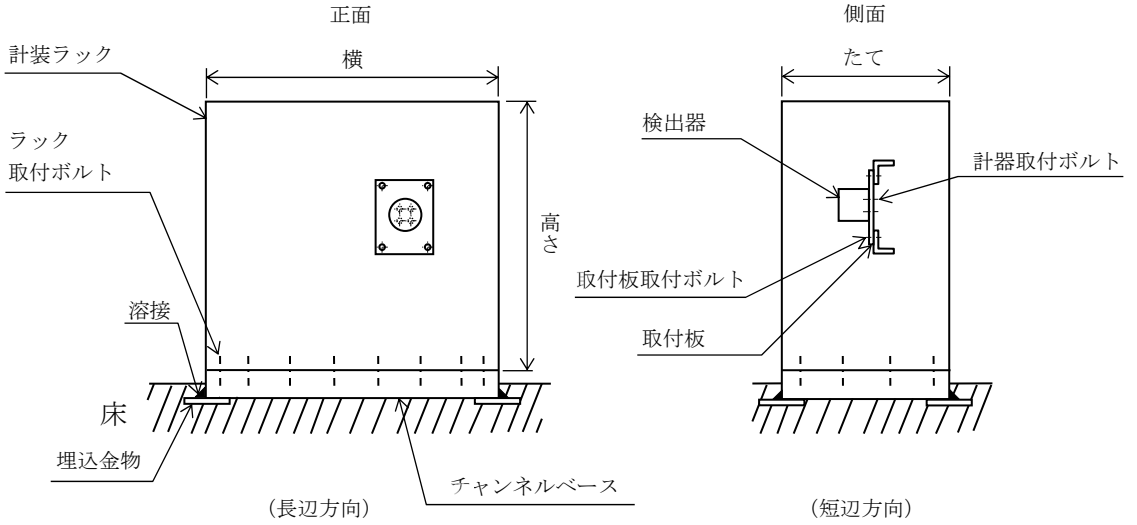
## 1.2 一般事項

### 1.2.1 構造計画

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表1－1に示す。

表 1－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 差圧式水位検出器 | 【原子炉水位（広帯域）】 |




| 機器名称 | 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8A（II）） | 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8B（II）） | 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8C） | 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8D（II）） |
|---|---|---|---|---|
| たて | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

（単位：mm）

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1－2 に示す。

表 1－2　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8A（II）） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8B（II）） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8C） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（2RIR-1-8D（II）） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.4　構造強度評価

### 1.4.1　構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1－3に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1－4に示す。

#### 1.4.2.2　許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表1－5のとおりとする。

#### 1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1－6に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1－7に示す。

### 1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉水位（広帯域）（LX298-3A，LX298-4A，C，LX298-11A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-3B，LX298-8A，C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-3C，LX298-4B，D）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-1B，D，LX298-3D，LX298-8B，D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表１－３　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（広帯域） | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 主蒸気隔離弁 | 原子炉水位低（レベル２） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 高圧炉心スプレイ系 | 原子炉水位低（レベル１H） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 残留熱除去系 低圧注水系 | 原子炉水位低（レベル１） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 自動減圧系 | 原子炉水位低（レベル１）とドライウェル圧力高の同時信号 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（広帯域） | | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | ⅣＡＳ |
| | | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | ＡＴＷＳ緩和設備（代替制御棒挿入機能） | 原子炉水位低（レベル２） | 常設耐震／防止 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | ⅣＡＳ |
| | | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | ＡＴＷＳ緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能） | 原子炉水位低（レベル２） | 常設耐震／防止 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | ⅣＡＳ |
| | | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能） | 原子炉水位低（レベル１） | 常設耐震／防止 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1－5　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 1－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当



表 1－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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1－8に示す。

表1－8　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-3A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-4A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-4C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-11A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-3B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-8A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-8C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

表１－８　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-3C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-4B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-4D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-1B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-1D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-3D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-8B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-8D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.6　評価結果

### 1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

### 1.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

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

【原子炉水位（広帯域）（LX298-3A，LX298-4A，C，LX298-11A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-3A，LX298-4A，C，LX298-11A） | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 7 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 920*1 | 970*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝24 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-3A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-4A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-4C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-11A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-11A) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.59*2 | $C_V$=1.58*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 7 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 920*1 | 970*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}$＝24 | $f_{ts2}$＝174* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝134 |

すべて許容応力以下である。

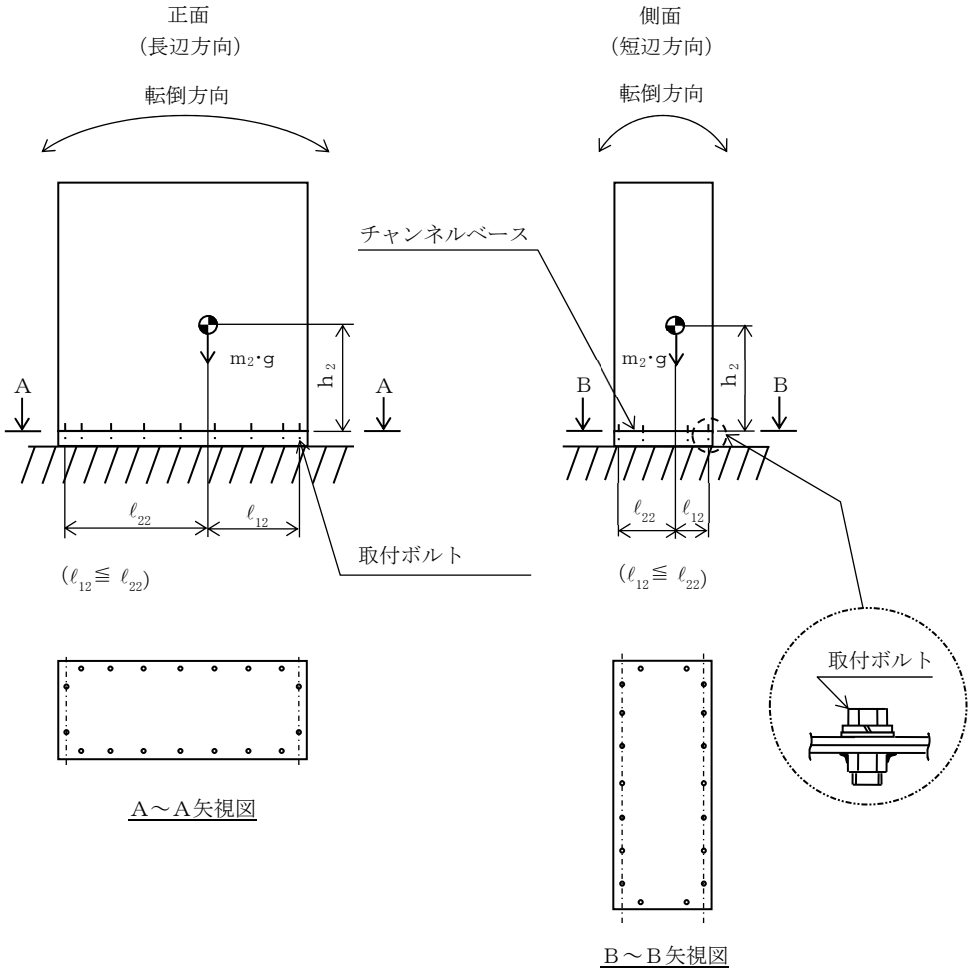
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-11A） | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【原子炉水位（広帯域）（LX298-3B，LX298-8A，C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-3B，LX298-8A，C) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i^*$ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 6 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝23 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-3B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-8A) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-8C) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-8A, C) | 常設耐震／防止 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.59*2 | $C_V$=1.58*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 6 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=23$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

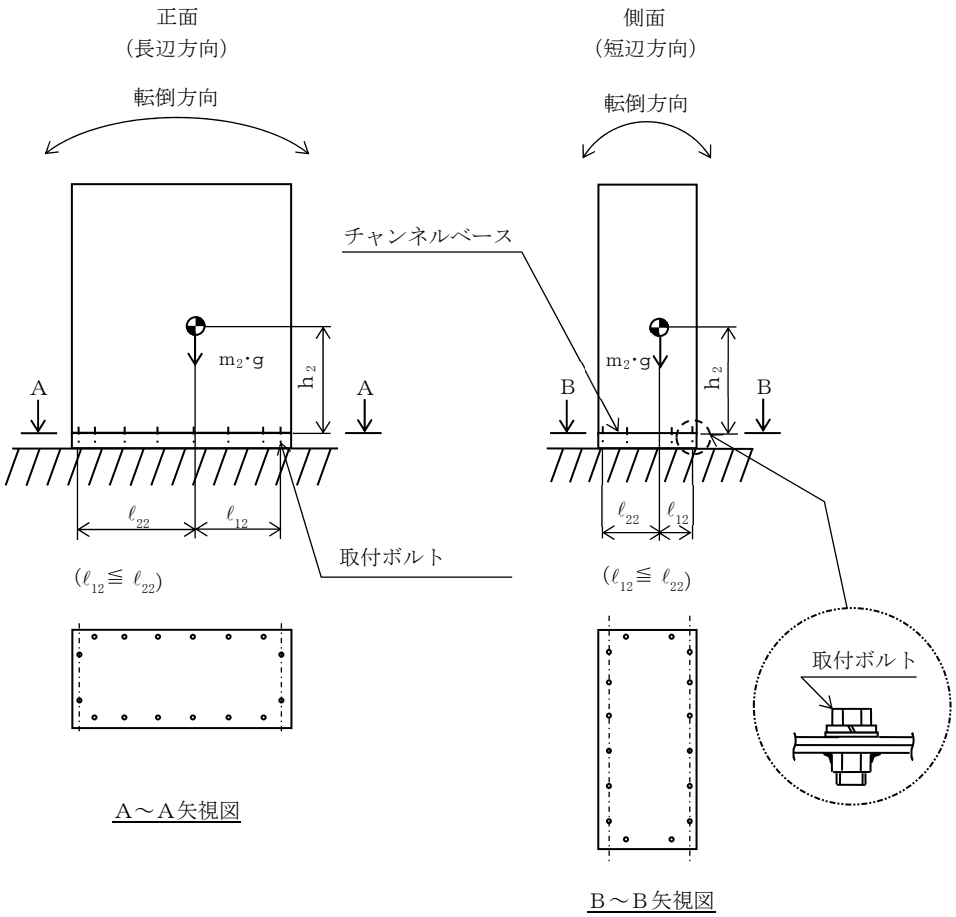
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-8A） | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-8C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

【原子炉水位（広帯域）（LX298-3C，LX298-4B，D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-3C，LX298-4B，D) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 8 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 1070*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=9$ | $f_{ts2}=158^{*}$ | $\sigma_{b2}=23$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

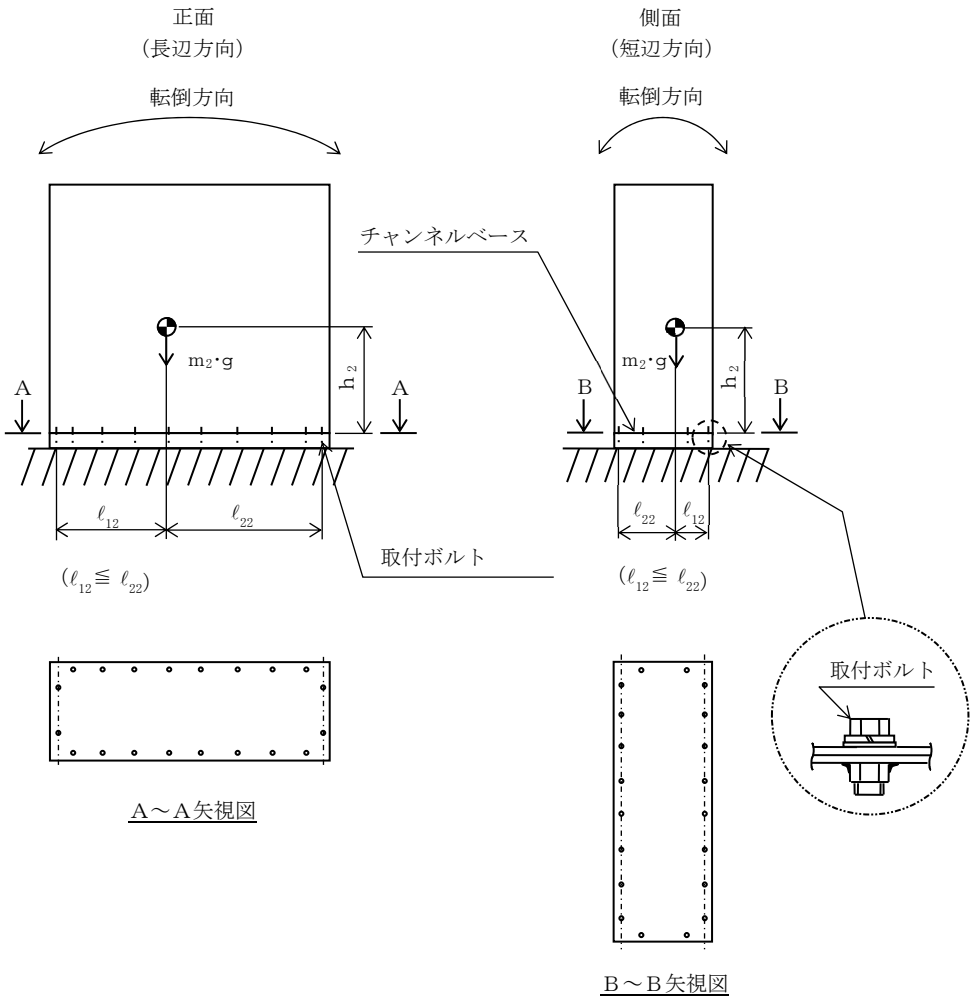
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-3C) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-4B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-4D) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図
取付ボルト

【原子炉水位（広帯域）（LX298-1B，D，LX298-3D，LX298-8B，D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-1B，D，LX298-3D，LX298-8B，D) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 6 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝11 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝23 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-1B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-1D) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-3D) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-8B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）(LX298-8D) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-1B, D, LX298-8B, D) | 常設耐震／防止 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$＝1.59*2 | $C_V$＝1.58*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$＊ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i ＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=23$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

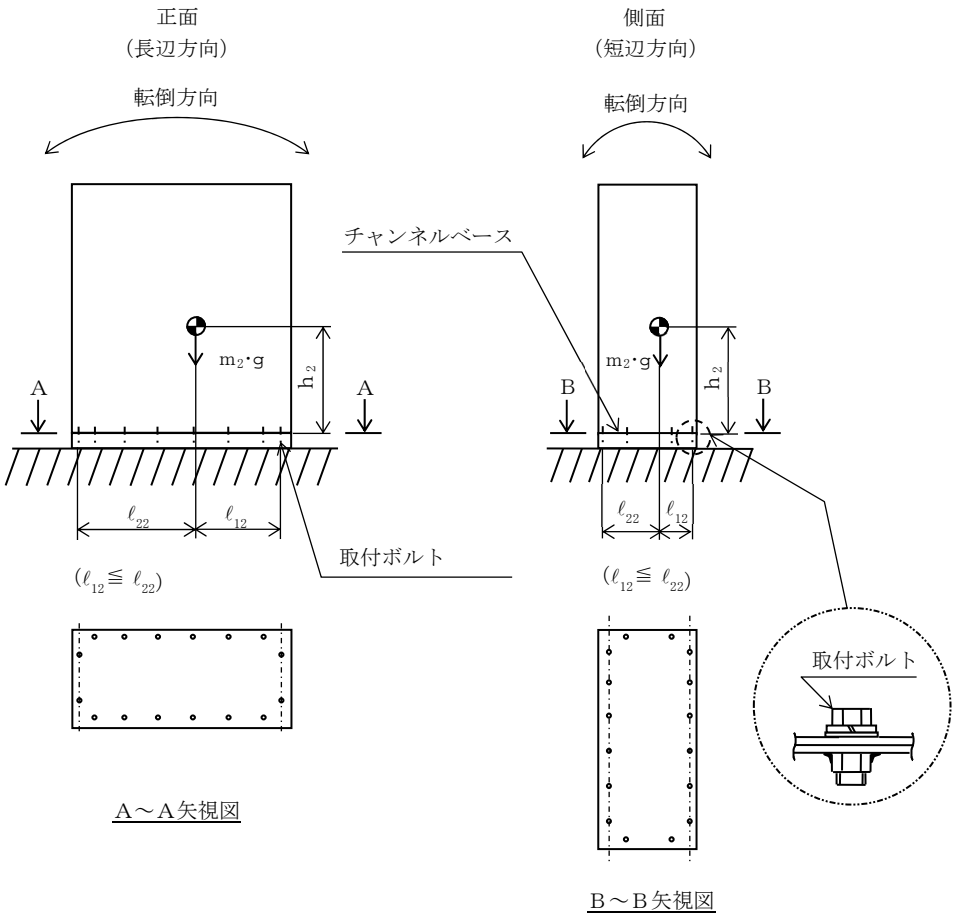
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-1B） | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-1D） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-8B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-8D） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

2.　原子炉水位（広帯域）（LX298-1A，C，LX298-11B）

2.1　概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉水位（広帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（広帯域）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

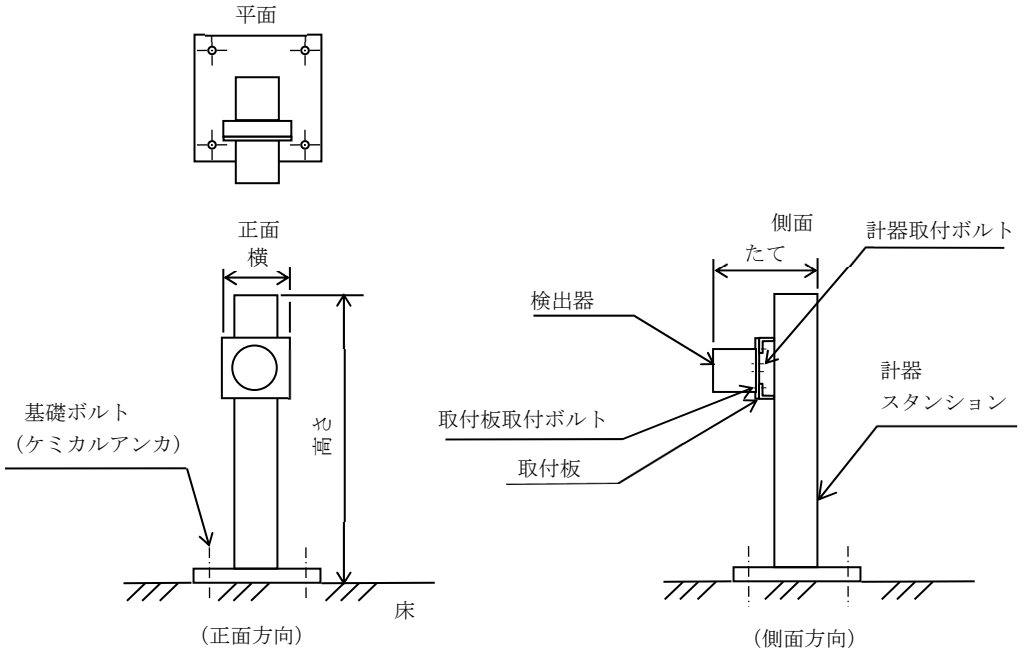
なお，原子炉水位（広帯域）は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。<br>計器スタンションは，基礎ボルトで基礎に設置する。</td><td>差圧式水位検出器</td><td>【原子炉水位（広帯域）】<br> 

<table>
<tr><th>機器名称</th><th>原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-1A)</th><th>原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-1C)</th><th>原子炉水位（広帯域）<br>(LX298-11B)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>横</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>高さ</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

原子炉水位（広帯域）の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2－2 に示す。

表 2－2　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）<br>（LX298-1A） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（LX298-1C） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（LX298-11B） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.4　構造強度評価

### 2.4.1　構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2－3に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2－4に示す。

#### 2.4.2.2　許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表2－5のとおりとする。

#### 2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2－6に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2－7に示す。

### 2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉水位（広帯域）（LX298-1A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-1C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-11B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（広帯域） | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 低圧炉心スプレイ系 | 原子炉水位低（レベル１） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 残留熱除去系 低圧注水系 | 原子炉水位低（レベル１） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 自動減圧系 | 原子炉水位低（レベル１）とドライウェル圧力高の同時信号 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（広帯域） | | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋PD＋MD＋Ｓｓ*3 | ⅣAS |
| | | | | | | D＋PSAD＋MSAD＋Ｓｓ | VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能） | 原子炉水位低（レベル１） | 常設耐震／防止 | —*2 | D＋PD＋MD＋Ｓｓ*3 | ⅣAS |
| | | | | | | D＋PSAD＋MSAD＋Ｓｓ | VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋PSAD＋MSAD＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表２－５　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 2－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

表 2－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 100 | 212 | 373 | ― |

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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 2－8 に示す。

表 2－8　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）<br>（LX298-1A） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（LX298-1C） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（広帯域）<br>（LX298-11B） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.6 評価結果

### 2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

### 2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

【原子炉水位（広帯域）（LX298-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-1A) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝1.18*2 | $C_V$＝0.75*2 | $C_H$＝2.63*3 | $C_V$＝1.50*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度
＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | | 800 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 37 | 237 | 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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | | | | |

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b$＝13 | $f_{ts}$＝138* | $\sigma_b$＝27 | $f_{ts}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_b$＝2 | $f_{sb}$＝106 | $\tau_b$＝4 | $f_{sb}$＝127 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-1A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-1A) | 常設耐震／防止 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$＝2.63*2 | $C_V$＝1.50*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 800 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 212 (16mm＜径≦40mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | — | 254 | — | 側面方向 |
| | 37 | 237 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b=27$ | $f_{ts}=152^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=4$ | $f_{sb}=117$ |

すべて許容応力以下である。

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

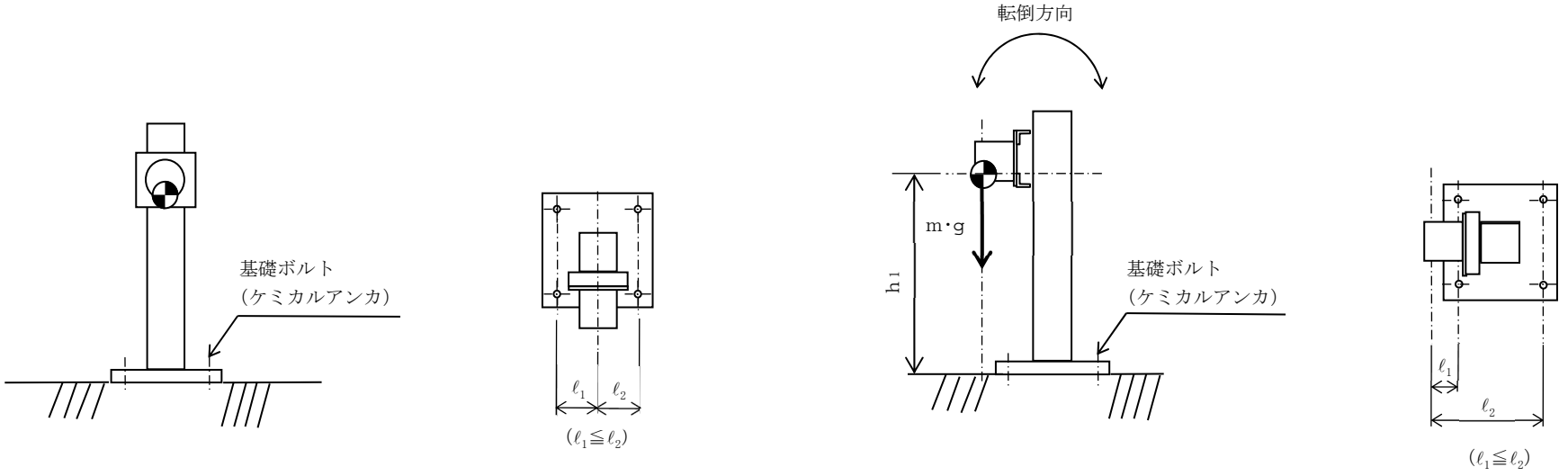
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-1A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。




（正面方向）　　（側面方向）

【原子炉水位（広帯域）（LX298-1C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-1C) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝1.18*2 | $C_V$＝0.75*2 | $C_H$＝2.63*3 | $C_V$＝1.50*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度
＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | | 772 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 26 | 226 | 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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | | | | |

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b$＝11 | $f_{ts}$＝138* | $\sigma_b$＝24 | $f_{ts}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_b$＝2 | $f_{sb}$＝106 | $\tau_b$＝3 | $f_{sb}$＝127 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-1C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-1C) | 常設耐震／防止 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$＝2.63*2 | $C_V$＝1.50*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 772 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 212 (16mm＜径≦40mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | — | 254 | — | 側面方向 |
| | 26 | 226 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b=24$ | $f_{ts}=152^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=3$ | $f_{sb}=117$ |

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

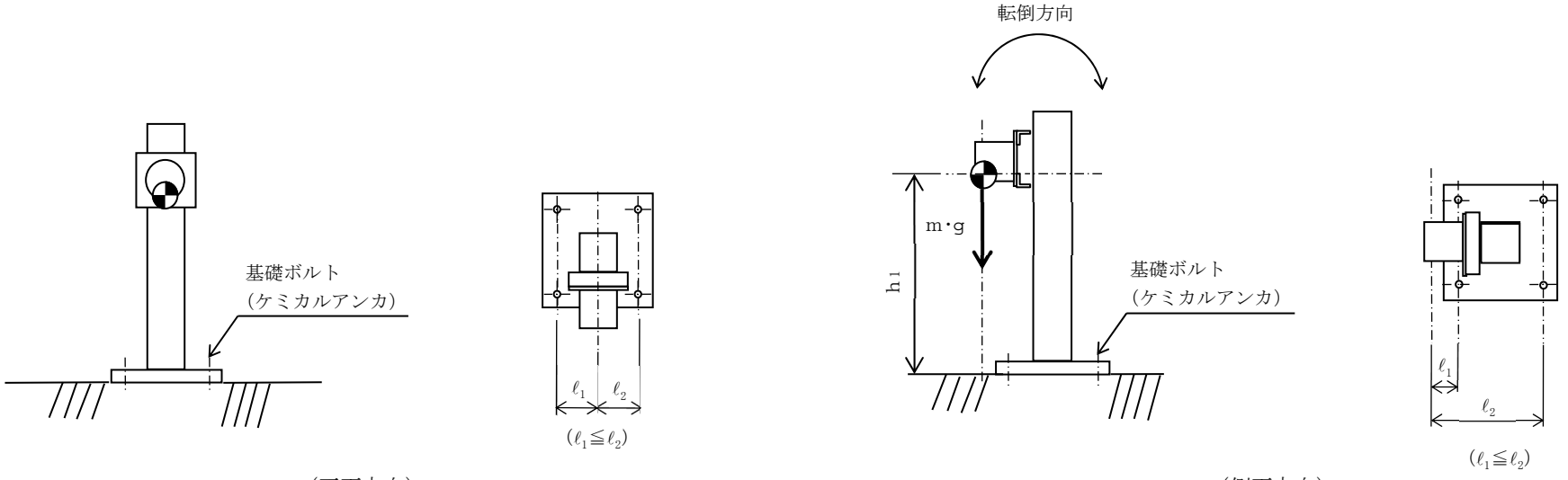
（×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-1C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





【原子炉水位（広帯域）（LX298-11B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-11B) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝1.18*2 | $C_V$＝0.75*2 | $C_H$＝2.63*3 | $C_V$＝1.50*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度
＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | | 788 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 32 | 232 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | | | | |

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b$＝12 | $f_{ts}$＝138* | $\sigma_b$＝26 | $f_{ts}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_b$＝2 | $f_{sb}$＝106 | $\tau_b$＝3 | $f_{sb}$＝127 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-11B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（広帯域） (LX298-11B) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=2.63*2 | $C_V$=1.50*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | 54 | 788 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 212 (16mm＜径≦40mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 100 | 100 | 2 | — | 254 | — | 側面方向 |
| | 32 | 232 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=26$ | $f_{ts}=152^*$ |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=3$ | $f_{sb}=117$ |

すべて許容応力以下である。

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

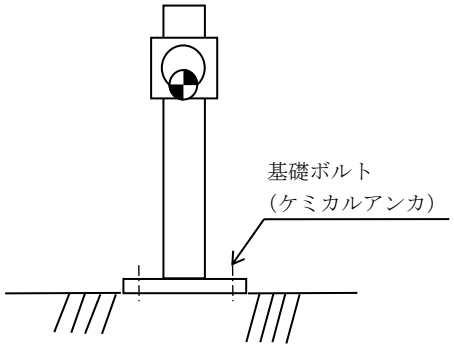
2.4.2　電気的機能維持の評価結果

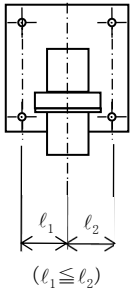
（×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（広帯域）（LX298-11B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

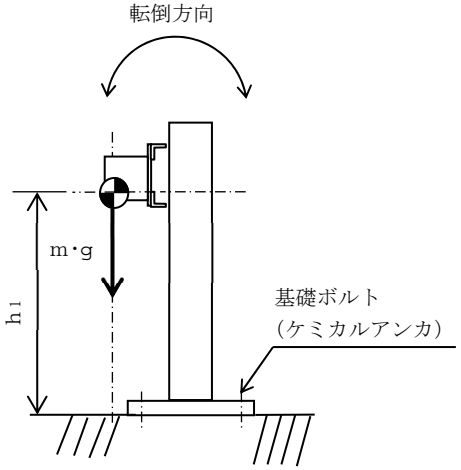
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

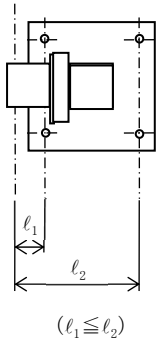
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。




（正面方向）




（側面方向）

# VI-2-6-5-19　原子炉水位（燃料域）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉水位（燃料域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（燃料域）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

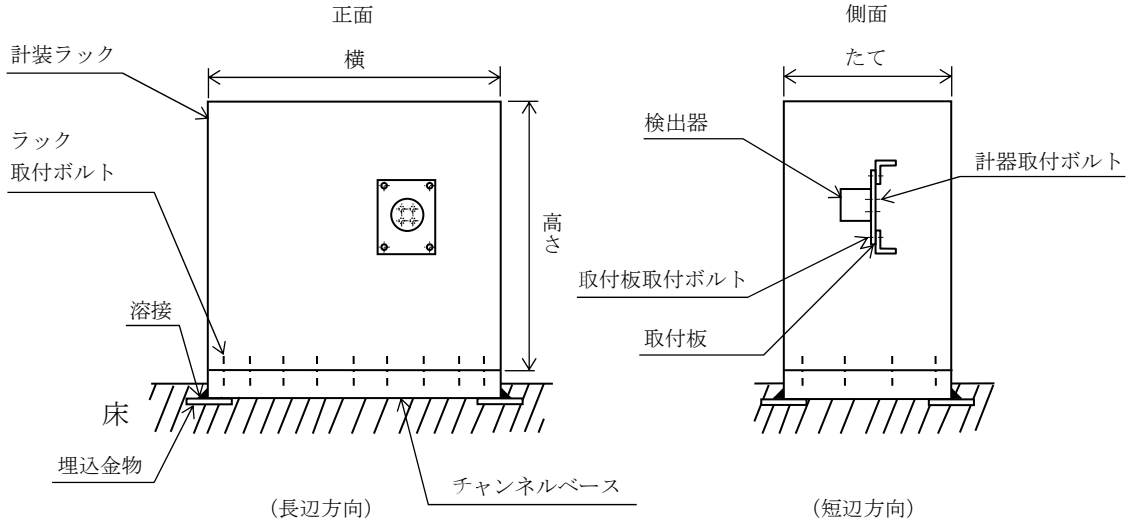
2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 差圧式水位検出器 | 【原子炉水位（燃料域）】 |




| 機器名称 | 原子炉水位（燃料域）<br>（2RIR-B1-8A（I）） | 原子炉水位（燃料域）<br>（2RIR-B1-8B（I）） |
|---|---|---|
| たて | | |
| 横 | | |
| 高さ | | |

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

原子炉水位(燃料域)が設置される計装ラックの固有周期は,プラスチックハンマ等により,当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し,確認する。試験の結果,剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1 固有周期 (単位：s)

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉水位（燃料域）<br>(2RIR-B1-8A（I)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（燃料域）<br>(2RIR-B1-8B（I)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（燃料域）の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（燃料域）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉水位（燃料域）（LX298-12A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（燃料域）（LX298-12B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（燃料域） | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（燃料域） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS<br>（VASとして<br>ⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉水位（燃料域）<br>（LX298-12A） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（燃料域）<br>（LX298-12B） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

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

【原子炉水位（燃料域）（LX298-12A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（燃料域） (LX298-12A) | S | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 7 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝8 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝20 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（燃料域）（LX298-12A） | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（燃料域） (LX298-12A) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 7 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=20$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

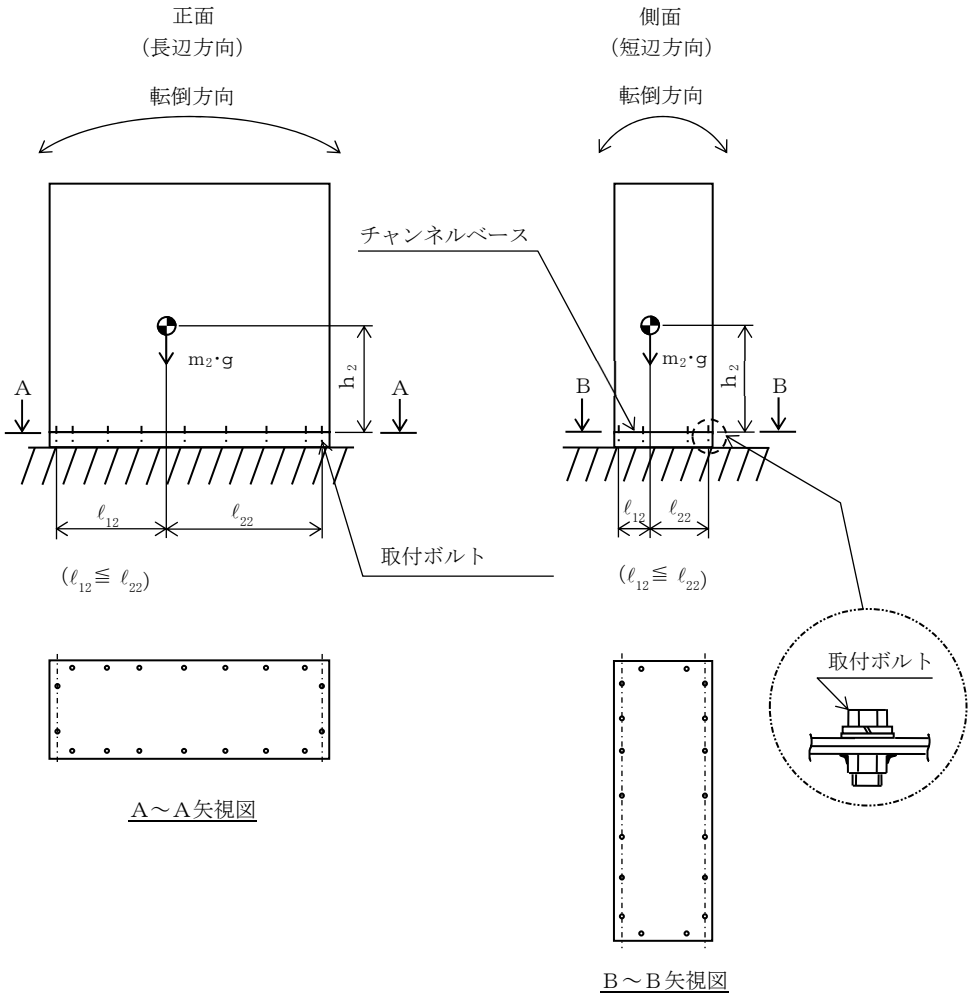
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（燃料域）（LX298-12A） | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【原子炉水位（燃料域）（LX298-12B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（燃料域） (LX298-12B) | S | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 7 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝8 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝20 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（燃料域）（LX298-12B） | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（燃料域） (LX298-12B) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 7 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 920*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=20$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

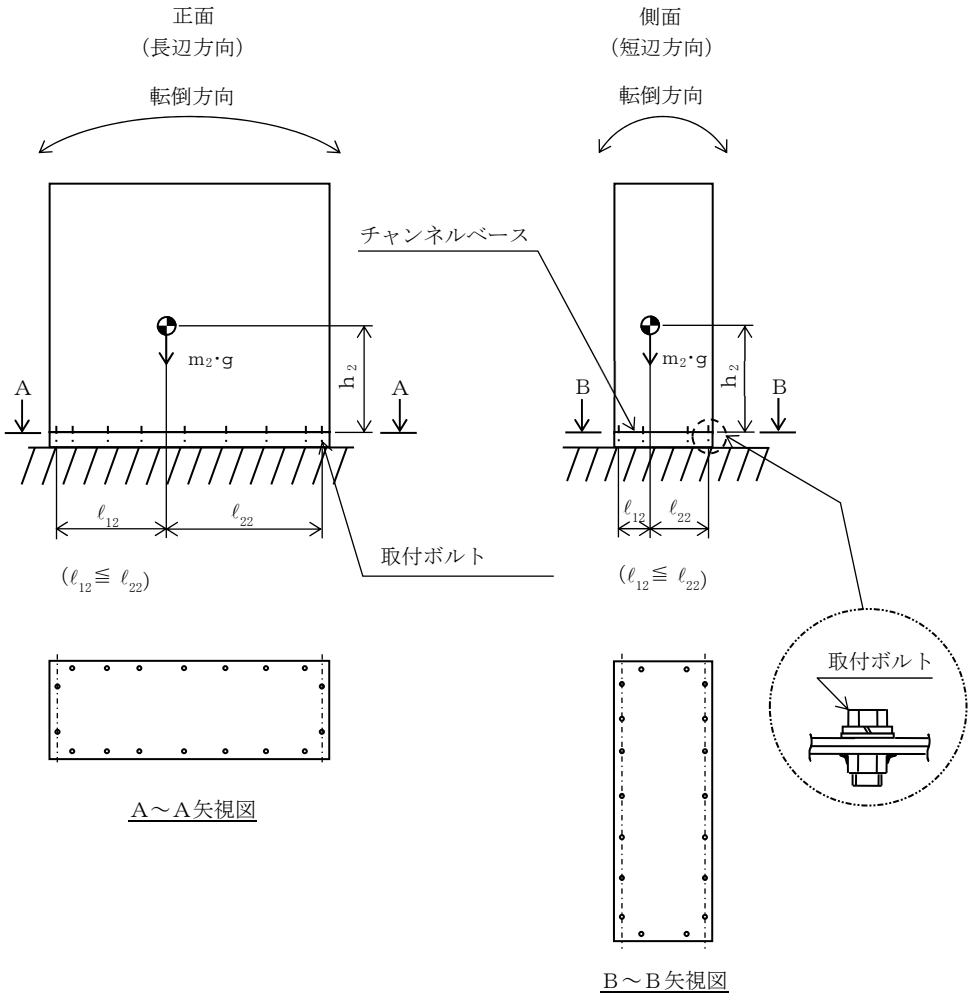
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（燃料域）（LX298-12B） | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

# VI-2-6-5-20　原子炉水位（狭帯域）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉水位（狭帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（狭帯域）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，原子炉水位（狭帯域）が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

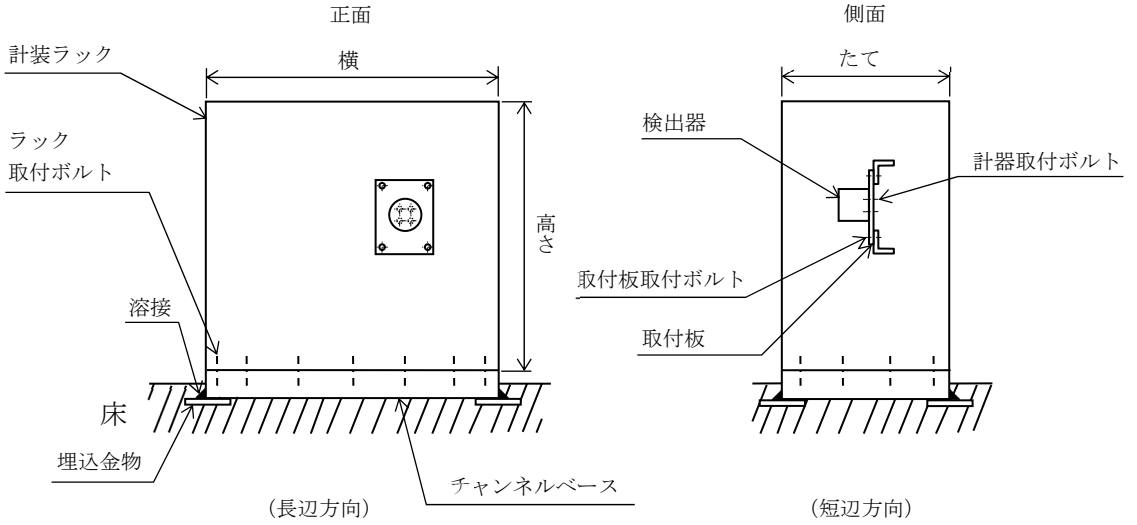
2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（狭帯域）の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 差圧式水位検出器 | 【原子炉水位（狭帯域）】 |




| 機器名称 | 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8A（II）） | 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8B（I）） | 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8C） | 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8D（I）） |
|---|---|---|---|---|
| たて | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

（単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

原子炉水位（狭帯域）が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8A（II）） | 水平 | | |
| | 鉛直 | | |
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8B（I）） | 水平 | | |
| | 鉛直 | | |
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8C） | 水平 | | |
| | 鉛直 | | |
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（2RIR-1-8D（I）） | 水平 | | |
| | 鉛直 | | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（狭帯域）の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（狭帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（狭帯域）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（狭帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉水位（狭帯域） | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 非常用ガス処理系 | 原子炉水位低（レベル３） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | その他の原子炉格納容器隔離弁（１） | 原子炉水位低（レベル３） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | その他の原子炉格納容器隔離弁（２） | 原子炉水位低（レベル３） | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 原子炉非常停止信号 | 原子炉水位低 | | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆ t | 1.5・ｆ s |
| ⅣAS | 1.5・ｆ t* | 1.5・ｆ s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（狭帯域）の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（LX293-1A） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（LX293-1B） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（LX293-1C） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉水位（狭帯域）<br>（LX293-1D） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（狭帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（狭帯域） (LX293-1A) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 7 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 920*1 | 970*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝24 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

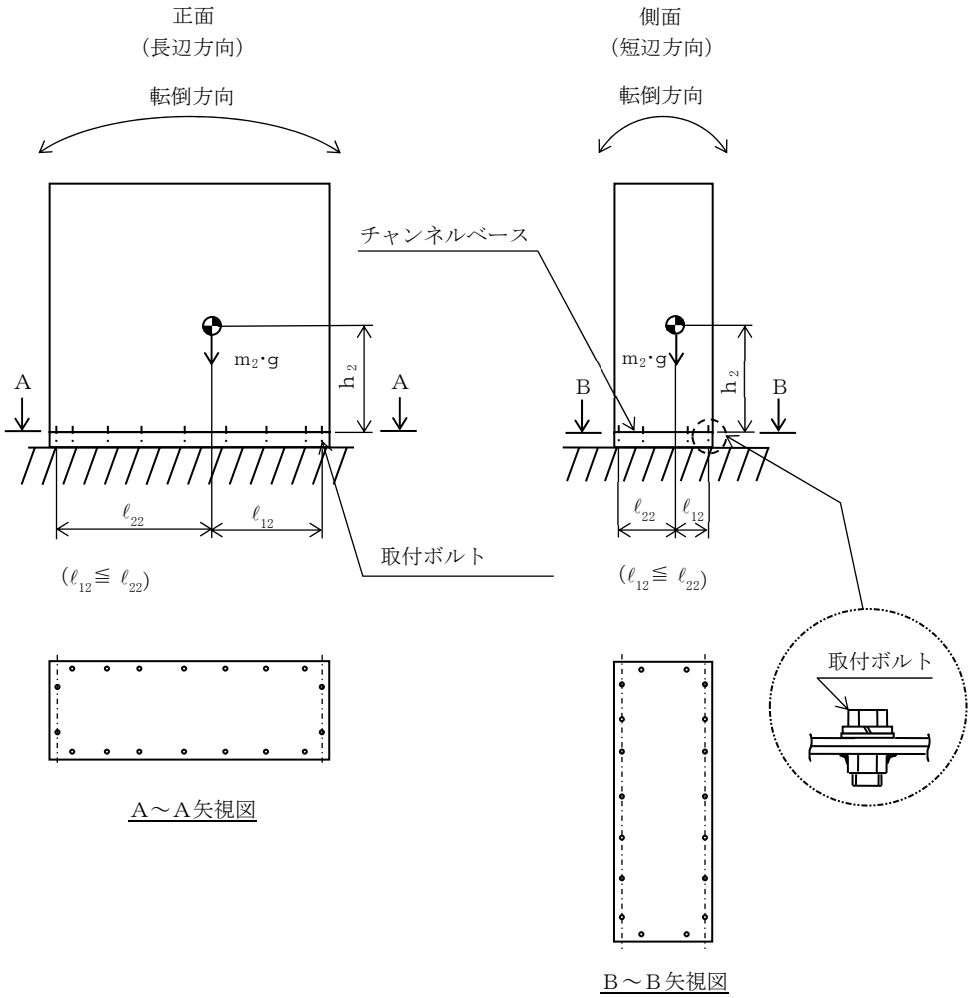
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（狭帯域）(LX293-1A) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（狭帯域） (LX293-1B) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝22 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

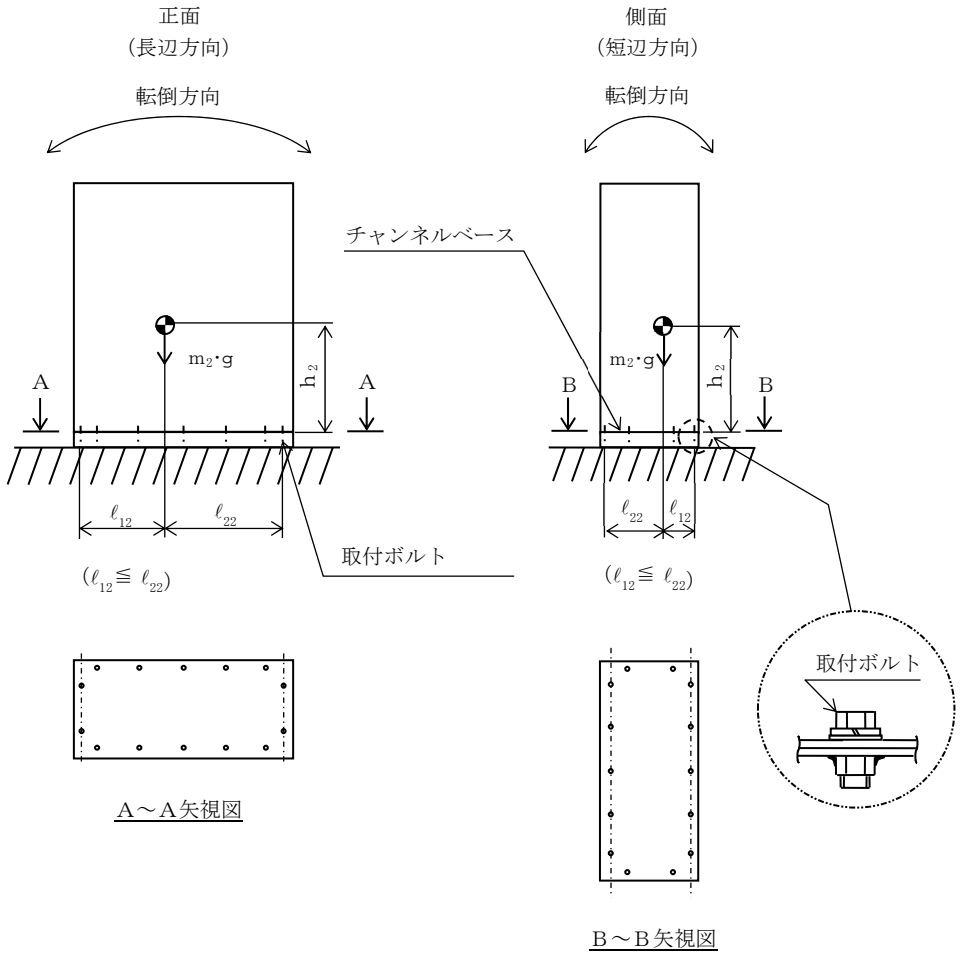
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（狭帯域）(LX293-1B) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（狭帯域） (LX293-1C) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 8 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 1070*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=9$ | $f_{ts2}=158^{*}$ | $\sigma_{b2}=23$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

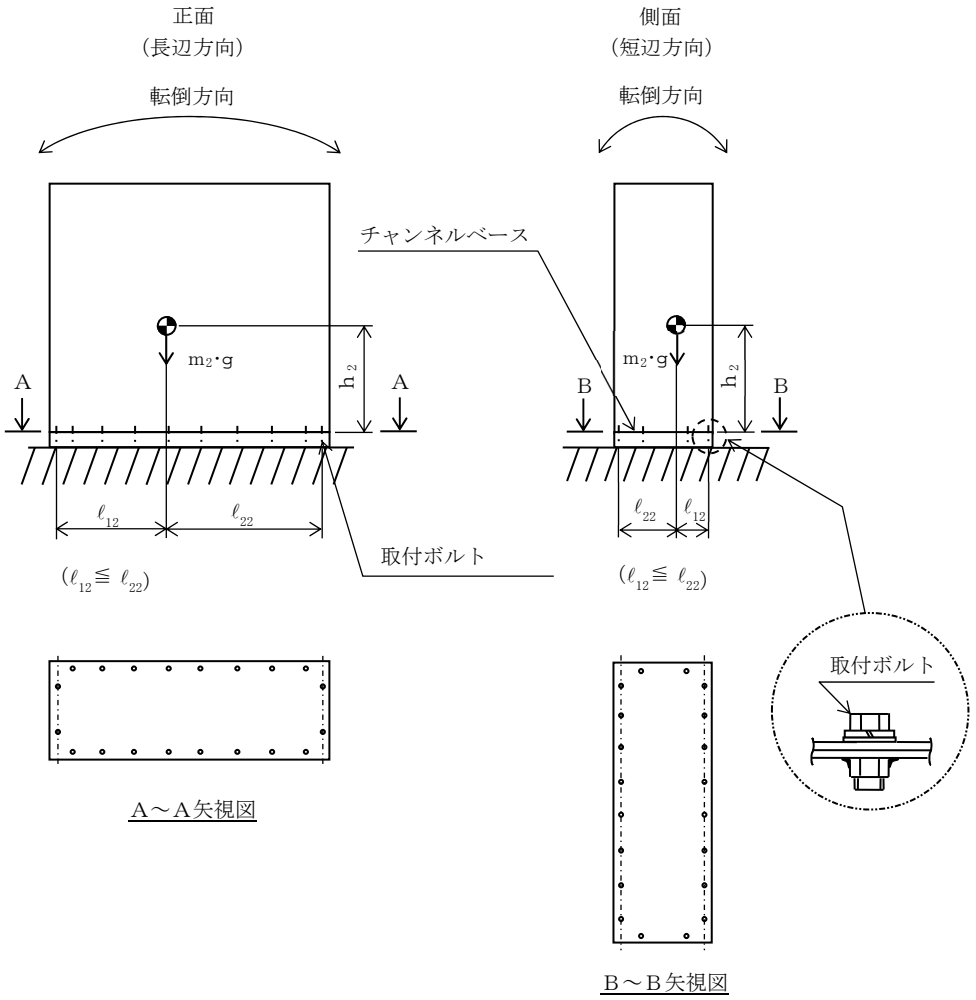
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（狭帯域）（LX293-1C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉水位（狭帯域） (LX293-1D) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝23 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

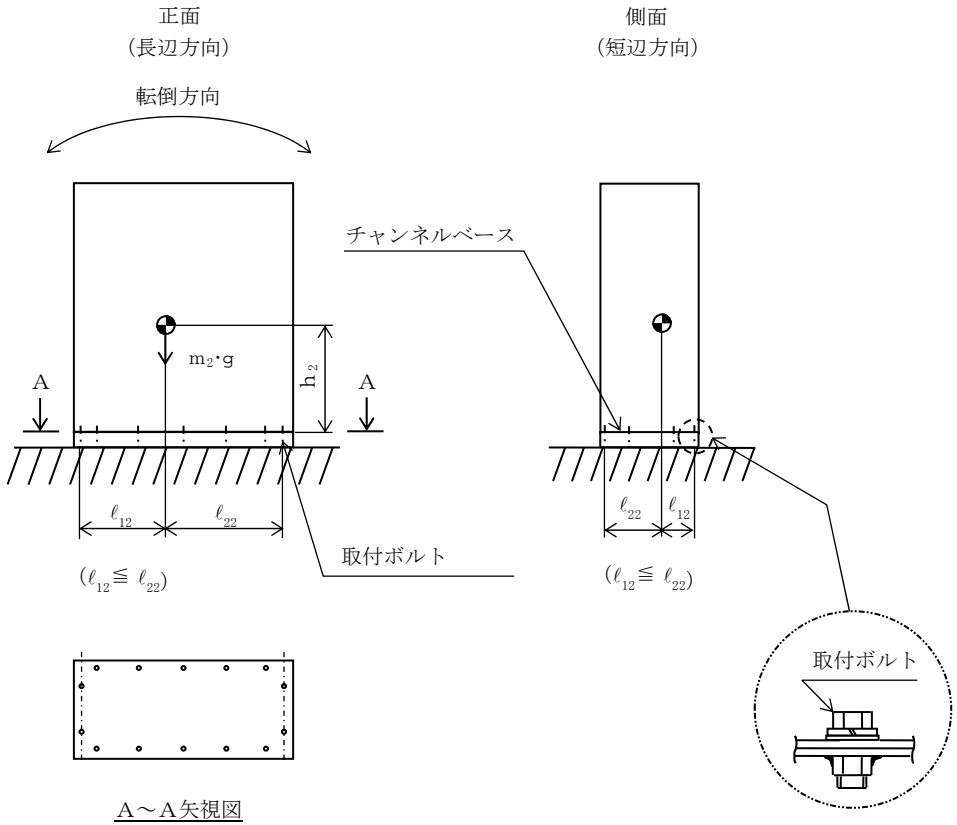
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉水位（狭帯域）(LX293-1D) | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

# 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

目　　次

1.　ドライウェル圧力（PX217-2A）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.3　固有周期　3
1.3.1　固有周期の確認　3
1.4　構造強度評価　4
1.4.1　構造強度評価方法　4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　4
1.4.3　計算条件　4
1.5　機能維持評価　8
1.5.1　電気的機能維持評価方法　8
1.6　評価結果　9
1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　9
2.　ドライウェル圧力（PX217-2B）　13
2.1　概要　13
2.2　一般事項　13
2.2.1　構造計画　13
2.3　固有周期　15
2.3.1　固有周期の確認　15
2.4　構造強度評価　16
2.4.1　構造強度評価方法　16
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　16
2.4.3　計算条件　16
2.5　機能維持評価　20
2.5.1　電気的機能維持評価方法　20
2.6　評価結果　21
2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　21

# 1. ドライウェル圧力（PX217-2A）

## 1.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

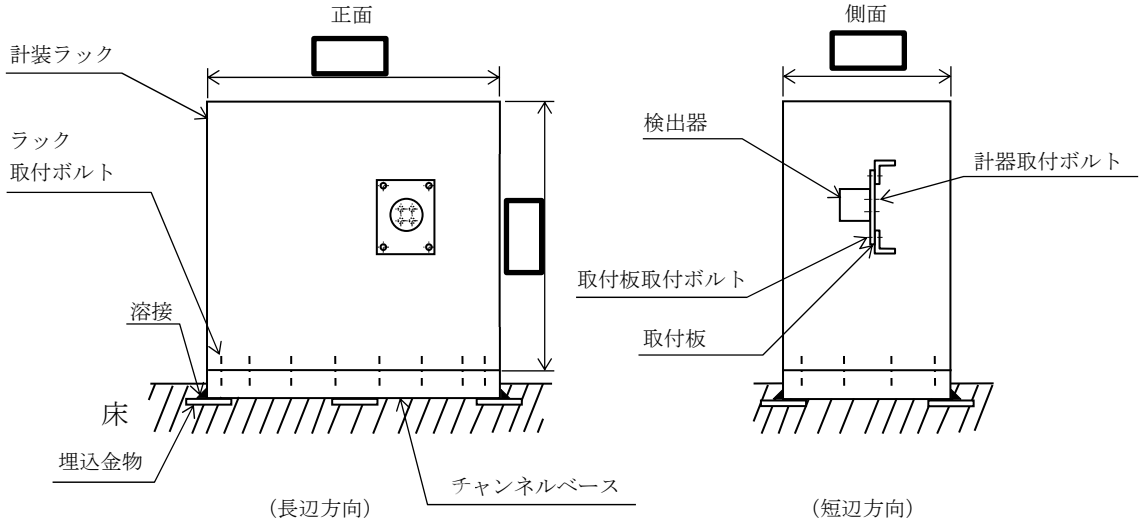
なお，ドライウェル圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 1.2 一般事項

### 1.2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 1－1 に示す。

表 1－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 弾性圧力検出器 | 【ドライウェル圧力】<br>  <br><br>（単位：mm） |

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は,プラスチックハンマ等により,当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1－2 に示す。

表 1－2　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.4　構造強度評価

### 1.4.1　構造強度評価方法

ドライウェル圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1－3に示す。

#### 1.4.2.2　許容応力

ドライウェル圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表1－4のとおりとする。

#### 1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1－5に示す。

### 1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル圧力（PX217-2A）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表1－4　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |

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

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

表 1－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表1－6に示す。

表1－6　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力<br>(PX217-2A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.6　評価結果

### 1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【ドライウェル圧力（PX217-2A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-2A) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｓ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

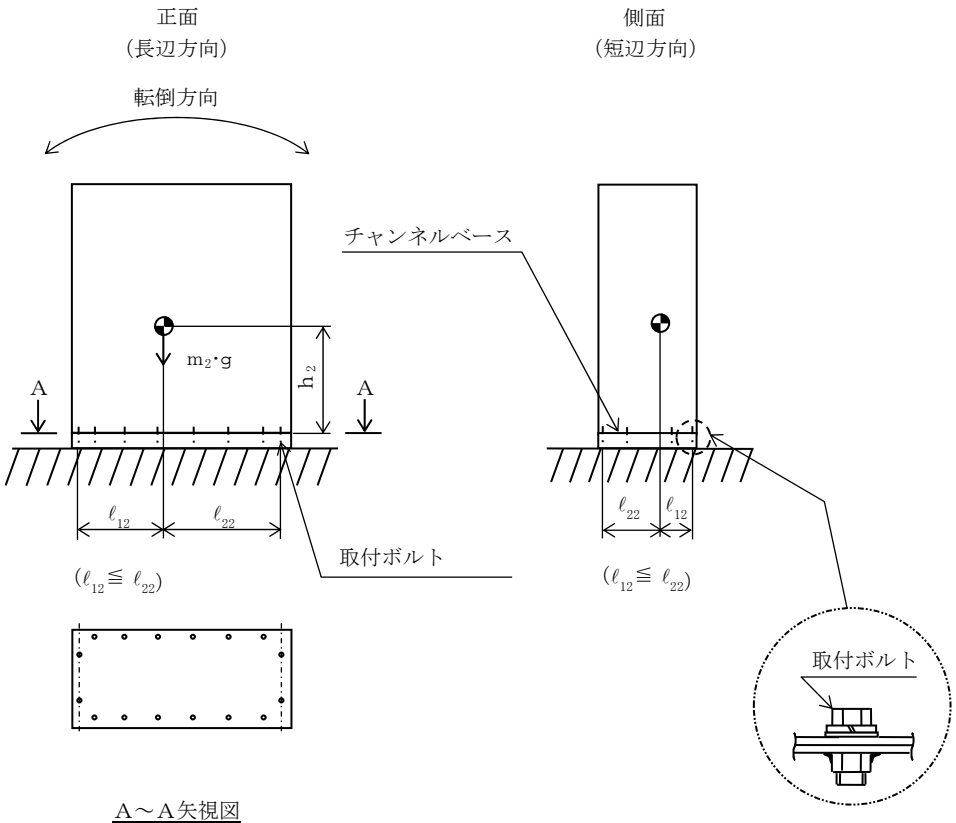
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-2A) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

# 2. ドライウェル圧力（PX217-2B）

## 2.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

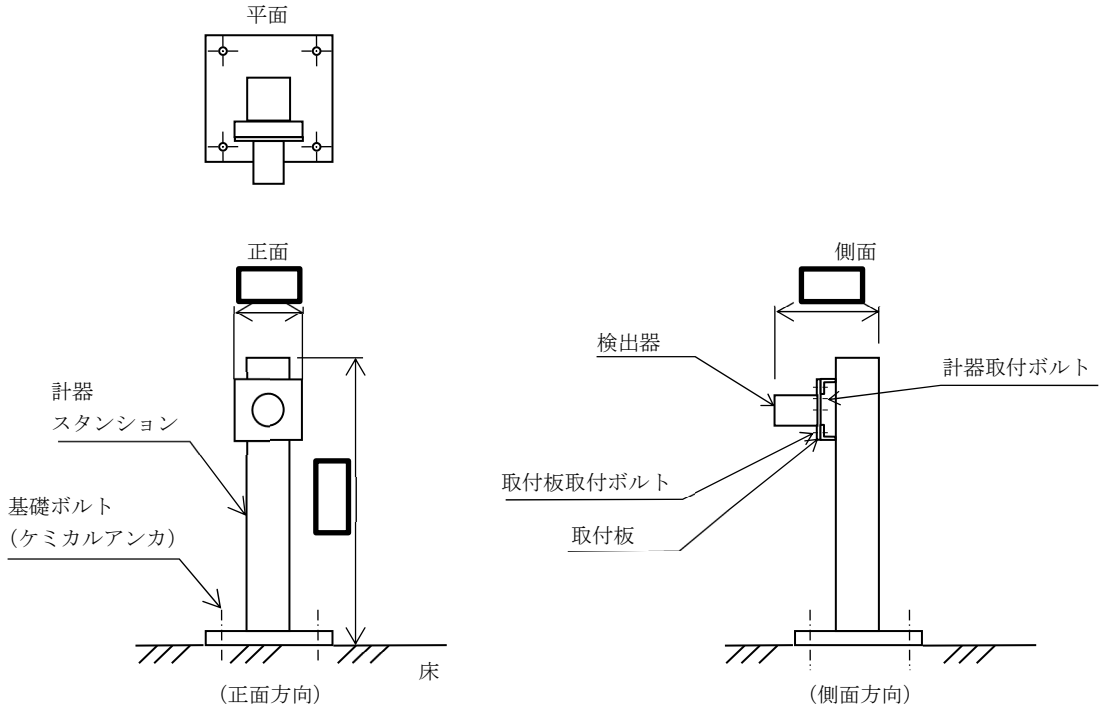
なお，ドライウェル圧力は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2.2 一般事項

### 2.2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。<br>計器スタンションは，基礎ボルトで基礎に設置する。 | 弾性圧力検出器 | 【ドライウェル圧力】<br>  <br><br>(単位：mm) |

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

ドライウェル圧力の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2－2 に示す。

表 2－2　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力<br>(PX217-2B) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

## 2.4　構造強度評価

### 2.4.1　構造強度評価方法

ドライウェル圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2－3に示す。

#### 2.4.2.2　許容応力

ドライウェル圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表2－4のとおりとする。

#### 2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2－5に示す。

### 2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル圧力（PX217-2B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－4　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |

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

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

表 2－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル圧力の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2－6 に示す。

表 2－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力<br>(PX217-2B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.6 評価結果

### 2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【ドライウェル圧力（PX217-2B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-2B) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.20*2 | $C_V$＝0.98*2 | $C_H$＝2.17*3 | $C_V$＝1.95*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）及び静的震度を上回る設計震度
＊3：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_1$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 784 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $n_f$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 50 | 150 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 7 | 193 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | [redacted] | | | |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b$＝9 | $f_{ts}$＝144* | $\sigma_b$＝18 | $f_{ts}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_b$＝2 | $f_{sb}$＝111 | $\tau_b$＝2 | $f_{sb}$＝127 |

すべて許容応力以下である。

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

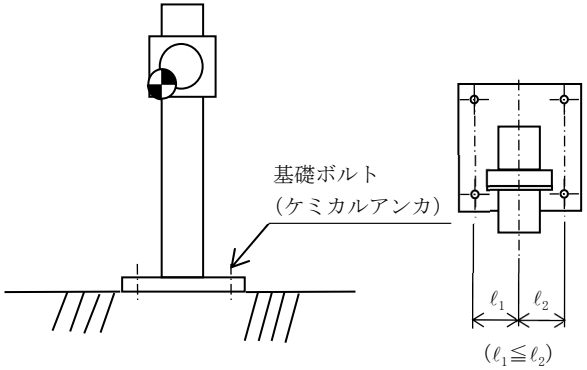
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s²）

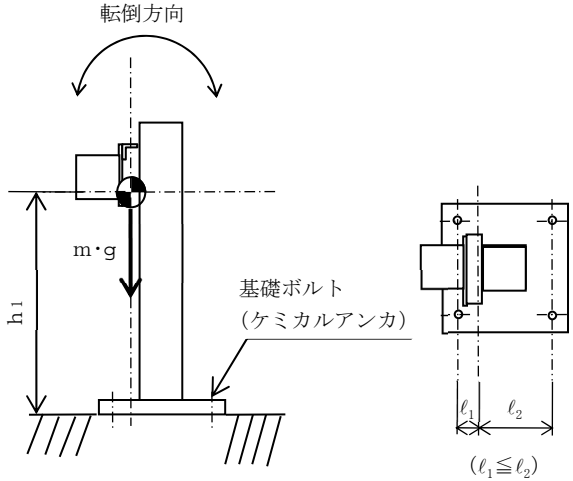
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-2B) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。




（正面方向）




（側面方向）

# Ⅵ-2-6-5-23　サプレッションチェンバ圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の確認 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションチェンバ圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

サプレッションチェンバ圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

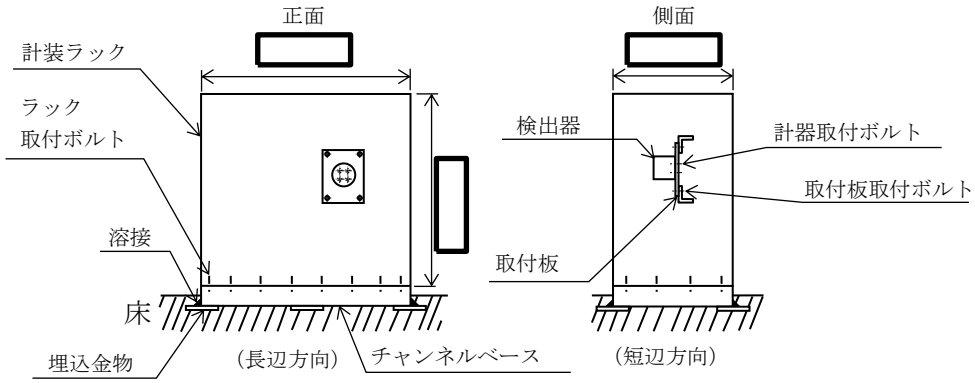
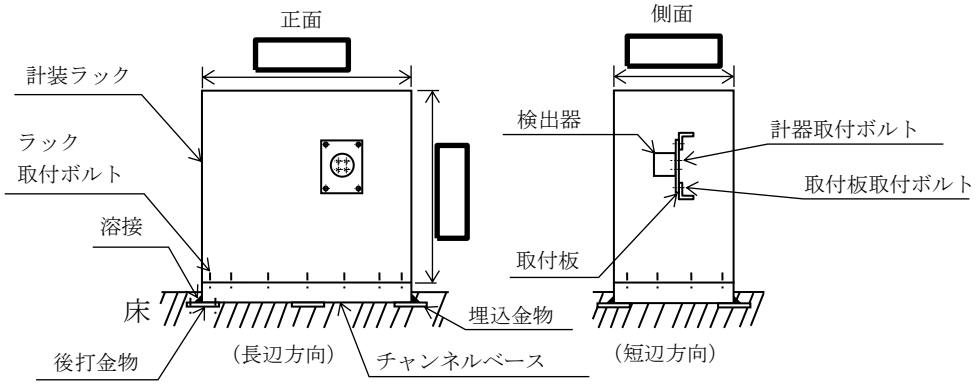
なお，サプレッションチェンバ圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバ圧力の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラック（2RIR-2-8B）に固定される。<br>計装ラック（2RIR-2-8B）は，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。<br><br>検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラック（2RIR-2-8D）に固定される。<br>計装ラック（2RIR-2-8D）は，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて後打金物及び基礎に埋め込まれた金物に固定する。<br>後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 弾性圧力検出器 | 【サプレッションチェンバ圧力】<br>  <br><br>計装ラック（2RIR-2-8B）<br>  <br><br>計装ラック（2RIR-2-8D）<br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

サプレッションチェンバ圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| サプレッションチェンバ圧力（2RIR-2-8B） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| サプレッションチェンバ圧力（2RIR-2-8D） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

サプレッションチェンバ圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバ圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバ圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバ圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションチェンバ圧力（PX217-3A）の耐震性についての計算結果】，【サプレッションチェンバ圧力（PX217-3B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆ t | 1.5・ｆ s |
| ⅣAS | 1.5・ｆ t* | 1.5・ｆ s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

サプレッションチェンバ圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| サプレッションチェンバ圧力<br>(PX217-3A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| サプレッションチェンバ圧力<br>(PX217-3B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバ圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【サプレッションチェンバ圧力（PX217-3A）の耐震性についての計算結果】

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3A) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i^*$ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

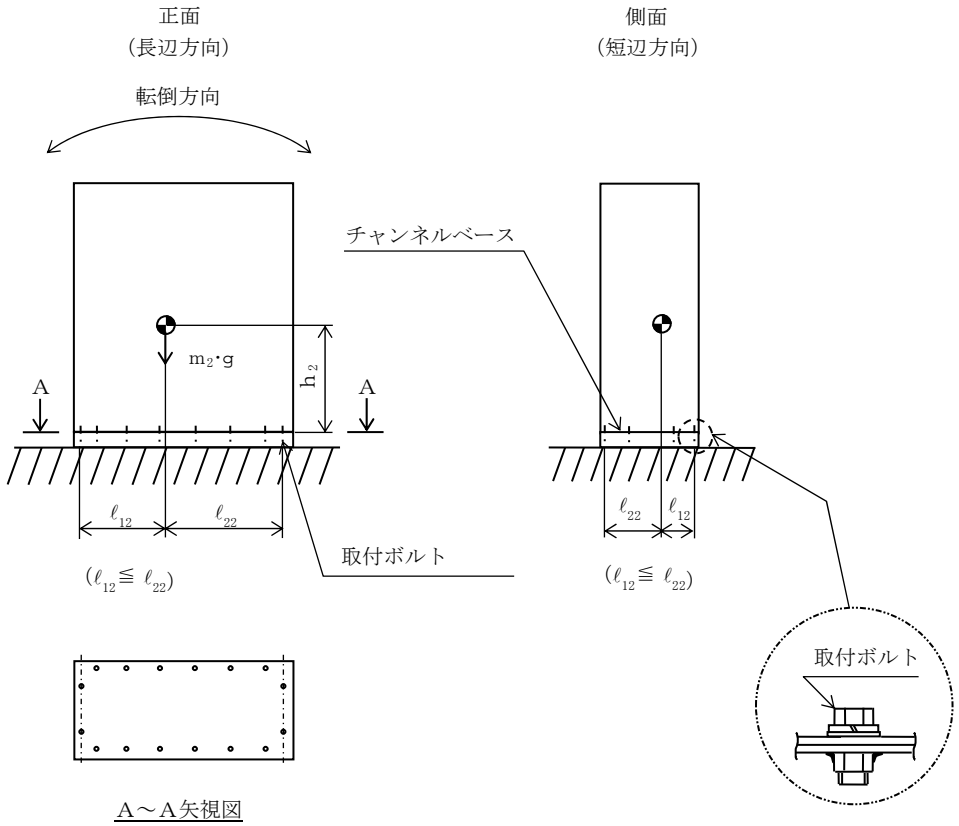
注記＊：$f_{tsi}$＝Min[1.4・$f_{toi}$－1.6・$\tau_{bi}$，$f_{toi}$]

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3A) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

【サプレッションチェンバ圧力（PX217-3B）の耐震性についての計算結果】

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3B) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i^*$ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

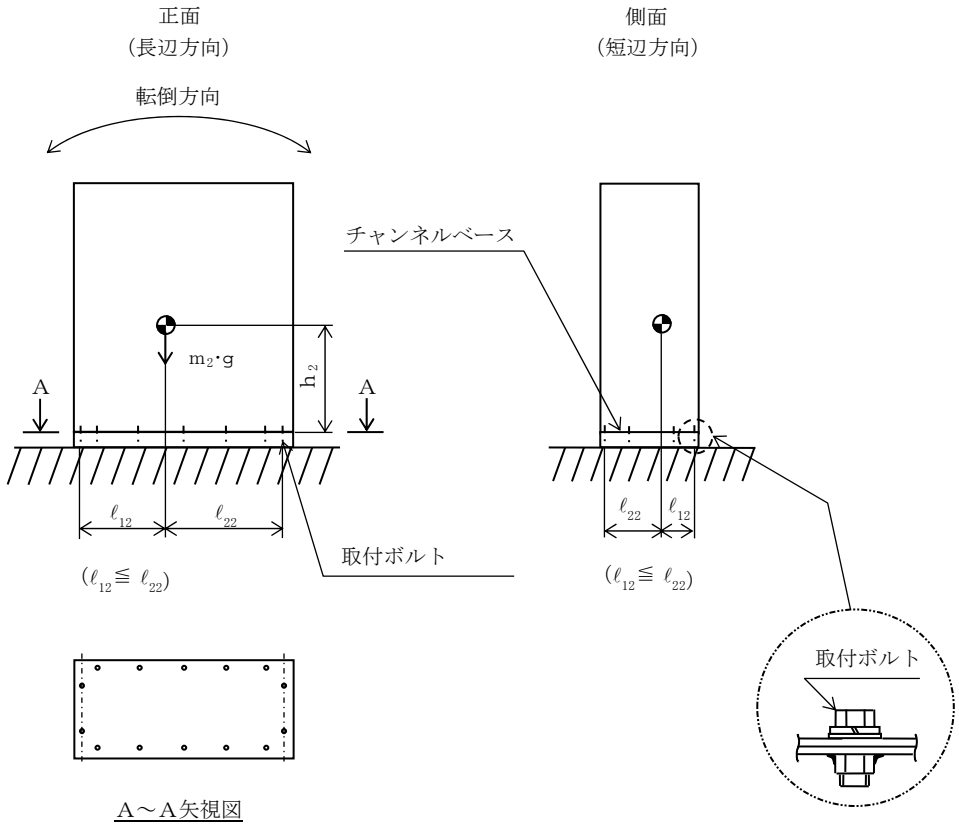
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3B) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

# 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

目　　次

1.　ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A, B)　………………………　1
1.1　概要　………………………………………　1
1.2　一般事項　………………………………………　1
1.2.1　構造計画　………………………………………　1
1.2.2　評価方針　………………………………………　4
1.2.3　適用規格・基準等　………………………………………　5
1.2.4　記号の説明　………………………………………　6
1.2.5　計算精度と数値の丸め方　………………………………………　7
1.3　評価部位　………………………………………　8
1.4　固有周期　………………………………………　9
1.4.1　固有値解析方法　………………………………………　9
1.4.2　解析モデル及び諸元　………………………………………　9
1.4.3　固有値解析結果　………………………………………　11
1.5　構造強度評価　………………………………………　13
1.5.1　構造強度評価方法　………………………………………　13
1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力　………………………………………　13
1.5.3　設計用地震力　………………………………………　17
1.5.4　計算方法　………………………………………　18
1.5.5　計算条件　………………………………………　22
1.5.6　応力の評価　………………………………………　22
1.6　機能維持評価　………………………………………　23
1.6.1　電気的機能維持評価方法　………………………………………　23
1.7　評価結果　………………………………………　24
1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果　………………………………………　24

S2 補 VI-2-6-5-27 R0

2. ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A, B, TE217-13A, B) ····· 31
2.1 概要 ····· 31
2.2 一般事項 ····· 31
2.2.1 構造計画 ····· 31
2.2.2 評価方針 ····· 33
2.2.3 適用規格・基準等 ····· 34
2.2.4 記号の説明 ····· 35
2.2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 36
2.3 評価部位 ····· 37
2.4 固有周期 ····· 38
2.4.1 固有値解析方法 ····· 38
2.4.2 解析モデル及び諸元 ····· 38
2.4.3 固有値解析結果 ····· 39
2.5 構造強度評価 ····· 40
2.5.1 構造強度評価方法 ····· 40
2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 40
2.5.3 設計用地震力 ····· 44
2.5.4 計算方法 ····· 45
2.5.5 計算条件 ····· 48
2.5.6 応力の評価 ····· 48
2.6 機能維持評価 ····· 49
2.6.1 電気的機能維持評価方法 ····· 49
2.7 評価結果 ····· 50
2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 50

3. ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-16) ····· 63
3.1 概要 ····· 63
3.2 一般事項 ····· 63
3.2.1 構造計画 ····· 63
3.2.2 評価方針 ····· 65
3.2.3 適用規格・基準等 ····· 66
3.2.4 記号の説明 ····· 67
3.2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 68
3.3 評価部位 ····· 69
3.4 固有周期 ····· 70
3.4.1 固有周期の計算方法 ····· 70
3.4.2 固有周期の計算条件 ····· 71
3.4.3 固有周期の計算結果 ····· 71
3.5 構造強度評価 ····· 72
3.5.1 構造強度評価方法 ····· 72
3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 72
3.5.3 設計用地震力 ····· 76
3.5.4 計算方法 ····· 77
3.5.5 計算条件 ····· 79
3.5.6 応力の評価 ····· 80
3.6 機能維持評価 ····· 81
3.6.1 電気的機能維持評価方法 ····· 81
3.7 評価結果 ····· 82
3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 82

# 1. ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A，B)

## 1.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル温度（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル温度（ＳＡ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

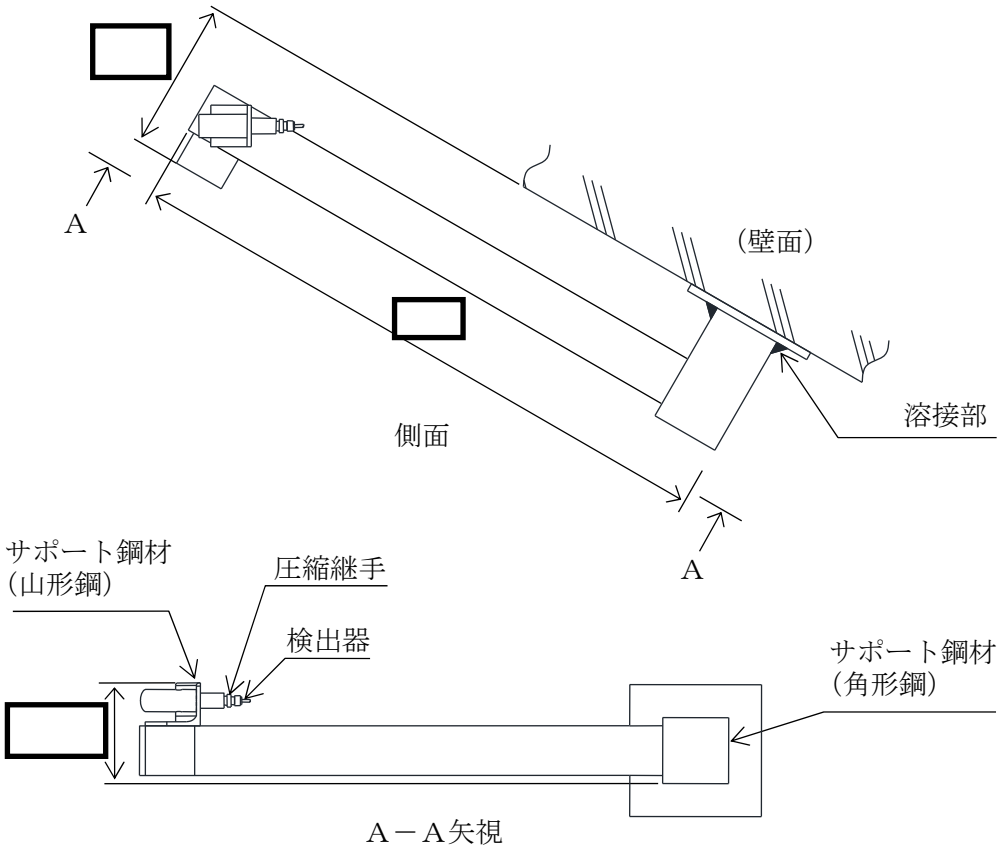
## 1.2 一般事項

### 1.2.1 構造計画

ドライウェル温度（ＳＡ）の構造計画を表1－1及び表1－2に示す。

表 1－1　構造計画

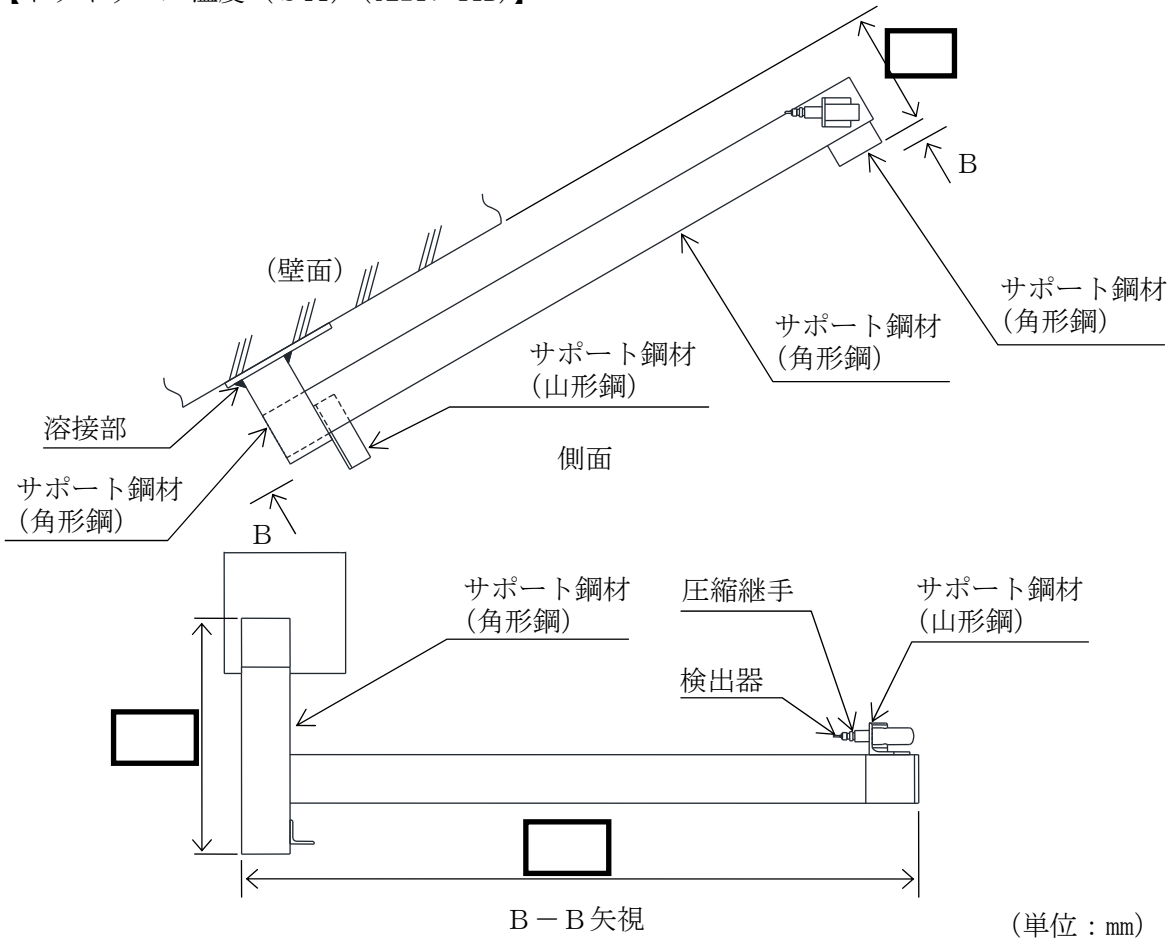
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に固定する。 | 熱電対 | 【ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-11A)】 |




（単位：mm）

表 1－2　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に固定する。 | 熱電対 | 【ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-11B)】 |



1.2.2　評価方針

ドライウェル温度（ＳＡ）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，「1.2.1　構造計画」にて示すドライウェル温度（ＳＡ）の部位を踏まえ「1.3　評価部位」にて設定する箇所において，「1.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「1.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，ドライウェル温度（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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，「1.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価フローを図1－1に示す。

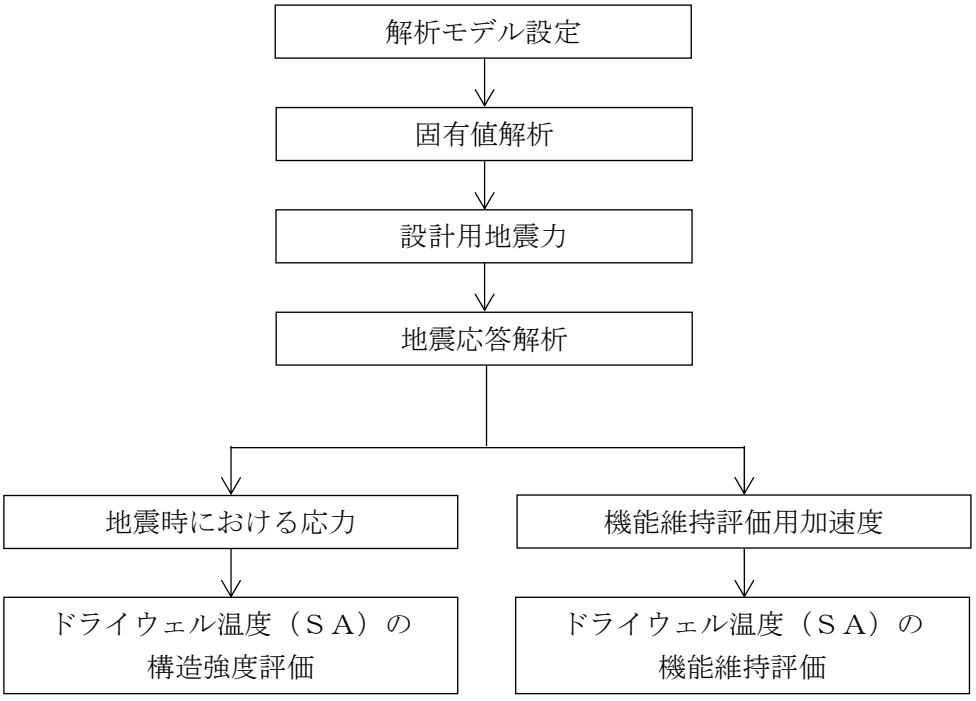



図1－1　ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価フロー

### 1.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

1.2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部の$F_y$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部の$F_z$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$，$b_2$ | 溶接の有効長さ（Z方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（X方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Y方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Z方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$，$h_2$ | 溶接の有効長さ（Y方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（X軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Y軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Z軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるY軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表1－3に示すとおりである。

表1－3　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁未満となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

1.3　評価部位

ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価は，「1.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 1－1 及び 表 1－2 の概略構造図に示す。

## 1.4　固有周期

### 1.4.1　固有値解析方法

ドライウェル温度（ＳＡ）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ドライウェル温度（ＳＡ）は，「1.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

### 1.4.2　解析モデル及び諸元

ドライウェル温度（ＳＡ）の解析モデルを図 1－2，図 1－3 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11B)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)　ドライウェル温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　ドライウェル温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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。

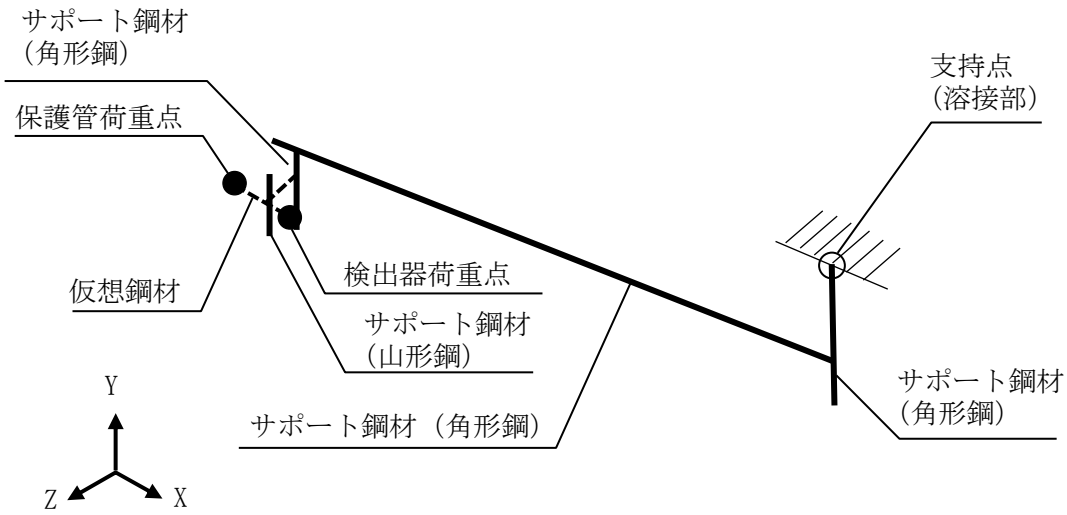



図 1－2　解析モデル（TE217-11A）

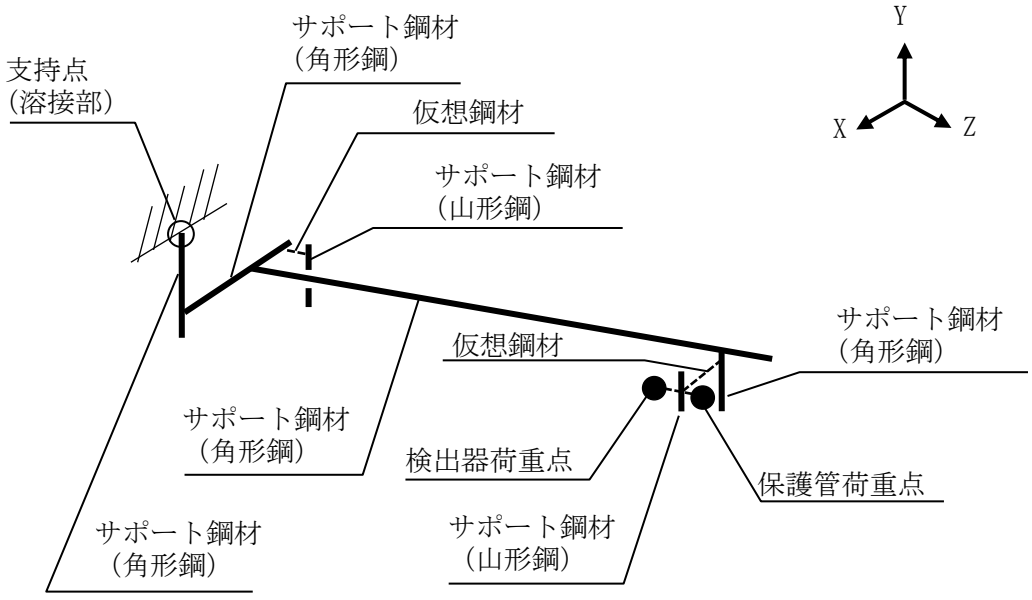



図 1－3　解析モデル（TE217-11B）

1.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 1－4，振動モード図を図 1－4 及び図 1－5 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 1－4　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| TE217-11A | 1 次 | 水平 | [redacted] | — | — | — |
| TE217-11B | 1 次 | 鉛直 | [redacted] | — | — | — |

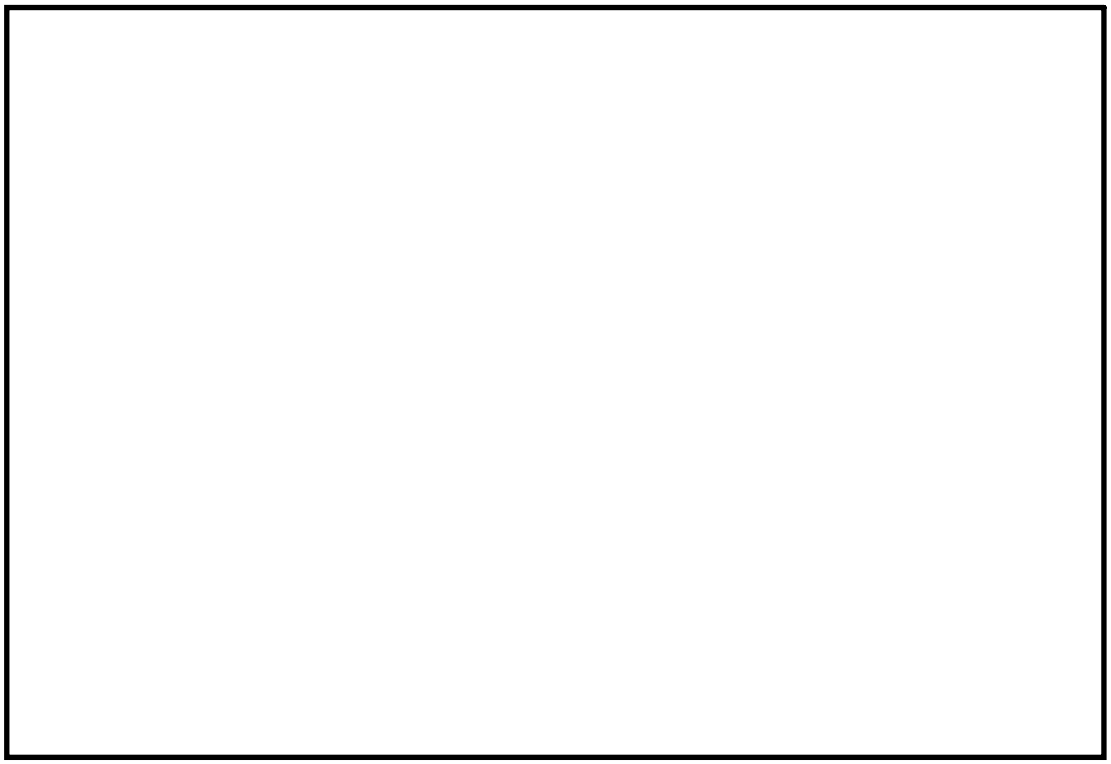


図 1－4　振動モード（TE217-11A）（1 次モード　水平方向 [redacted] s）

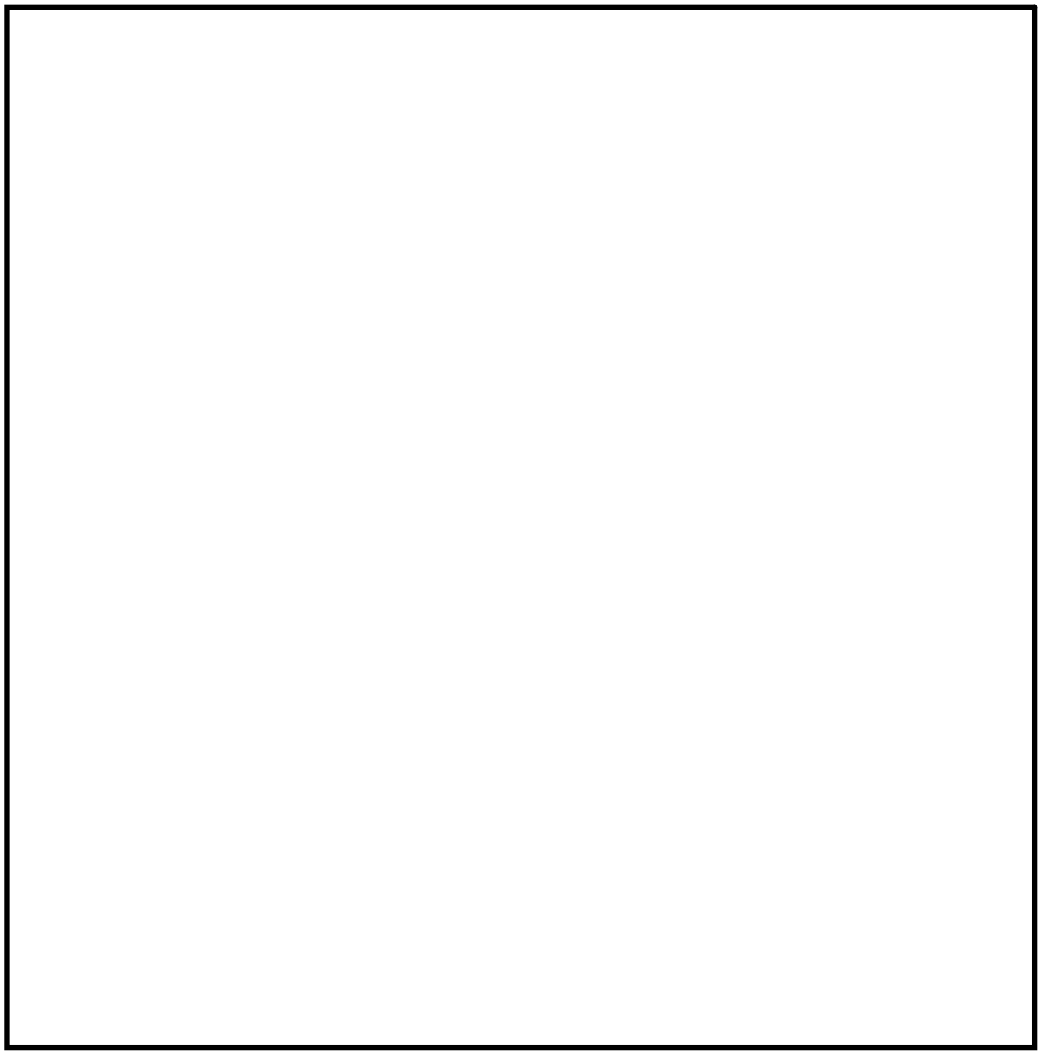


図 1－5　振動モード（TE217-11B）（1 次モード　鉛直方向 [redacted] s）

## 1.5　構造強度評価

### 1.5.1　構造強度評価方法

1.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，ドライウェル温度（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

### 1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1－5 に示す。

#### 1.5.2.2　許容応力

ドライウェル温度（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－6 のとおりとする。

#### 1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1－7 に示す。

表 1－5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル温度（ＳＡ） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表1－6　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 1－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | STKR400 | 周囲環境温度 | 200 | 169 | 373 | － |

1.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表1－8に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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1－8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A) | 原子炉格納容器 EL 33.2 (EL 34.758*1) | [redacted] | 0.05以下 | ― | ― | $C_H$＝5.17*2 | $C_V$＝1.62*2 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11B) | 原子炉格納容器 EL 33.2 (EL 34.758*1) | 0.05以下 | [redacted] | ― | ― | $C_H$＝5.17*2 | $C_V$＝1.62*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　応力の計算方法

1.5.4.1.1　溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

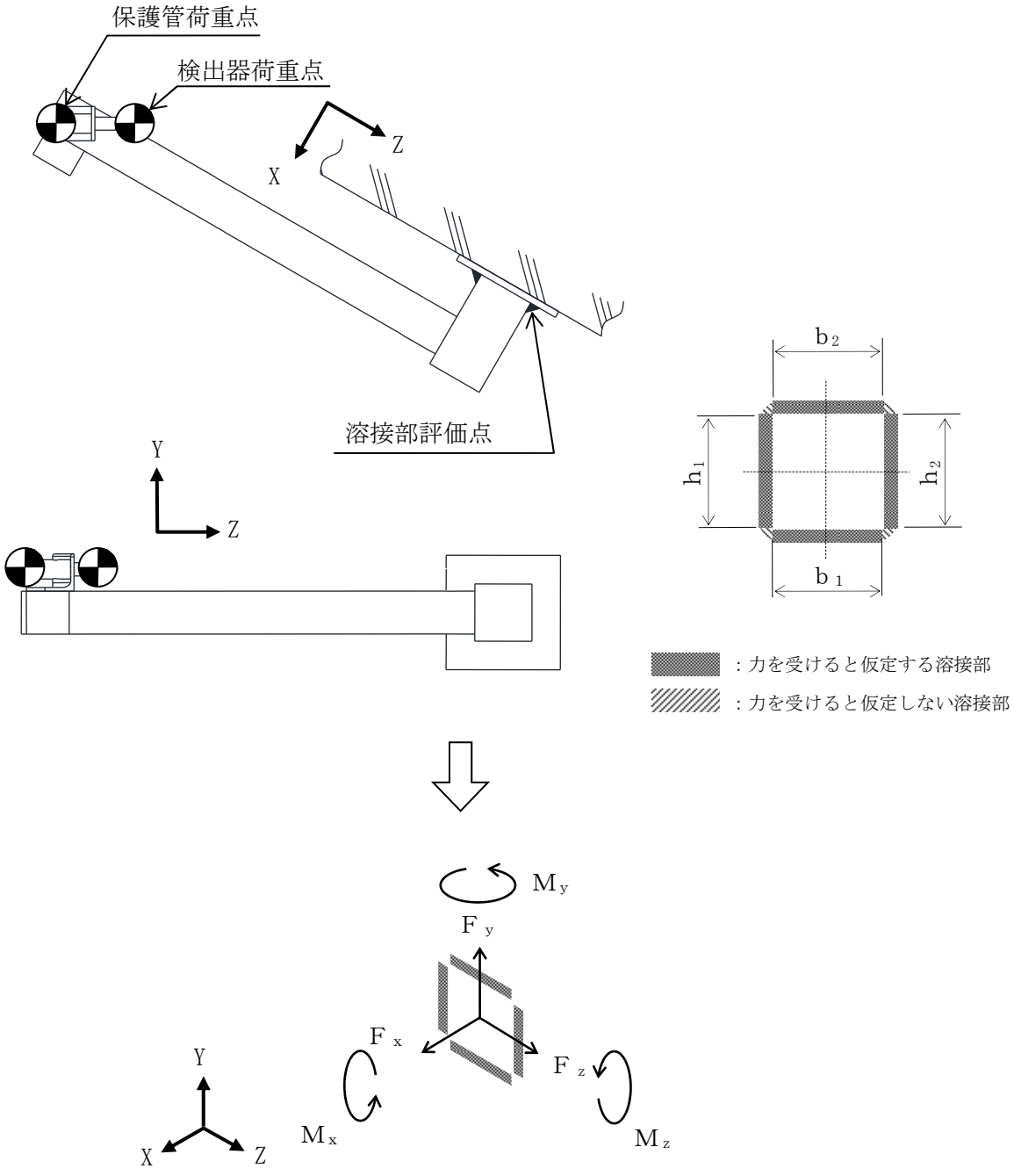



図 1－6　計算モデル（溶接部）（TE217-11A）

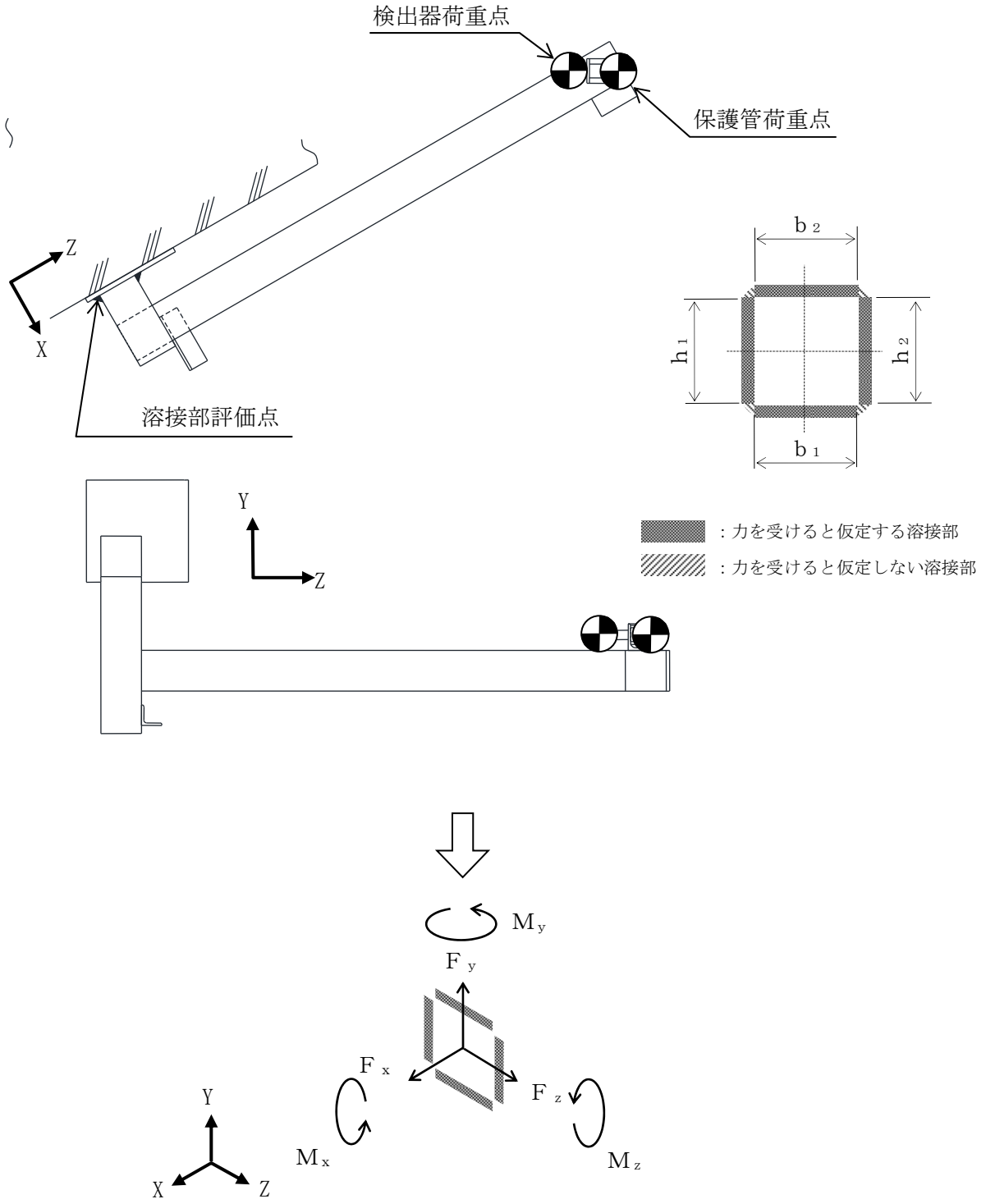



図 1－7　計算モデル（溶接部）（TE217-11B）

表1－9　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| TE217-11A | | | | | | |
| TE217-11B | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで、$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積、$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図1－6及び図1－7でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.5.4.1.1.8)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　溶接部の応力評価

1.5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，下表に示す$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

1.6　機能維持評価

1.6.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル温度（ＳＡ）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Ｓｓ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。

ドライウェル温度（ＳＡ）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1－10に示す。

表1－10　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>(TE217-11A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>(TE217-11B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.7　評価結果

### 1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル温度（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉格納容器 EL 33.2 (EL 34.758*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝5.17*2 | $C_V$＝1.62*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F＊ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 169 | 373 | — | — | 202 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=1$ | $f_{sm}=117$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=9$ | $f_{sm}=117$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=8$ | $f_{sm}=117$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=13$ | $f_{sm}=117$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

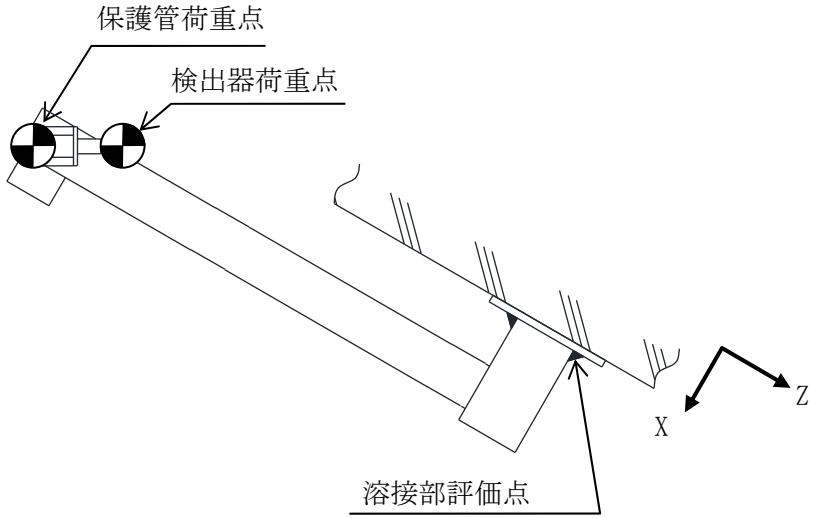
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11A) | 水平方向 | 2.03 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.28 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | STKR400 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 191000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |






【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11B) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉格納容器 EL 33.2 (EL 34.758*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝5.17*2 | $C_V$＝1.62*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 169 | 373 | — | — | 202 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=2$ | $f_{sm}=117$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=47$ | $f_{sm}=117$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=41$ | $f_{sm}=117$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=63$ | $f_{sm}=117$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

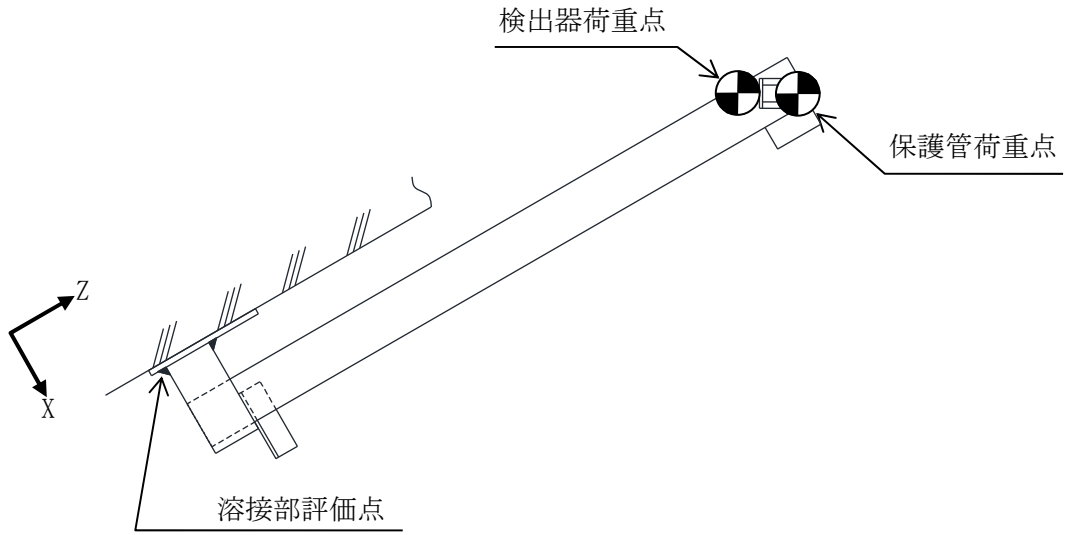
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-11B) | 水平方向 | 2.03 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.28 | [redacted] |

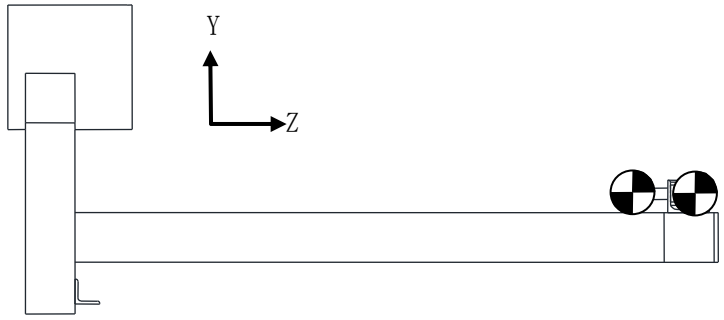
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | STKR400 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 191000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# 2. ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A, B, TE217-13A, B)

## 2.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル温度（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル温度（ＳＡ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

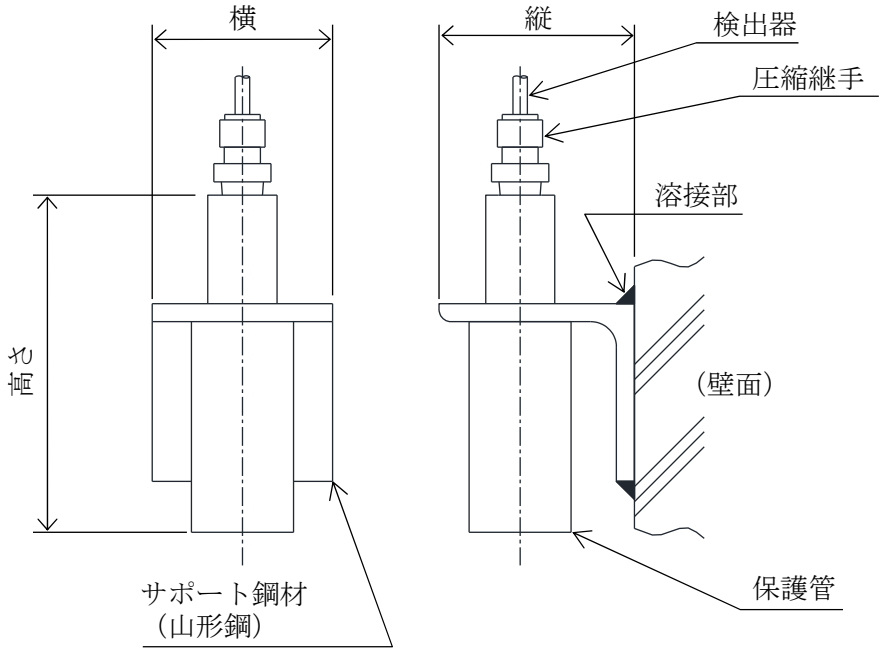
## 2.2 一般事項

### 2.2.1 構造計画

ドライウェル温度（ＳＡ）の構造計画を表2－1に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 熱電対 | 【ドライウェル温度（ＳＡ）】 |




| 対象機器 | TE217-12A | TE217-12B | TE217-13A | TE217-13B |
|---|---|---|---|---|
| 縦 | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

（単位：mm）

2.2.2　評価方針

ドライウェル温度（ＳＡ）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，「2.2.1　構造計画」にて示すドライウェル温度（ＳＡ）の部位を踏まえ「2.3　評価部位」にて設定する箇所において，「2.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，ドライウェル温度（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「2.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7　評価結果」に示す。

ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

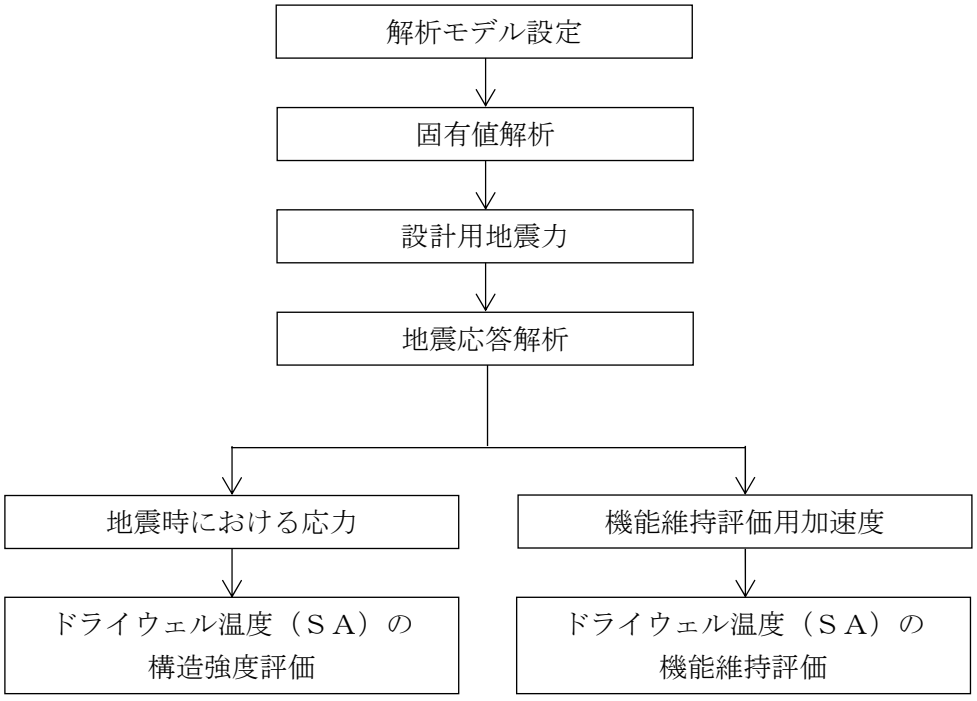



図2－1　ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価フロー

### 2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

2.2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部のＦｙに対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部のＦｚに対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$, $b_2$ | 溶接の有効長さ（Ｚ方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（Ｘ方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Ｙ方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Ｚ方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$, $h_2$ | 溶接の有効長さ（Ｙ方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（Ｘ軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Ｙ軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Ｚ軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるｙ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるｚ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

## 2.3　評価部位

ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価は，「2.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4　固有周期

2.4.1　固有値解析方法

ドライウェル温度（ＳＡ）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ドライウェル温度（ＳＡ）は，「2.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

2.4.2　解析モデル及び諸元

ドライウェル温度（ＳＡ）の解析モデルを図 2－2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12B)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13A)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13B)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)　ドライウェル温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

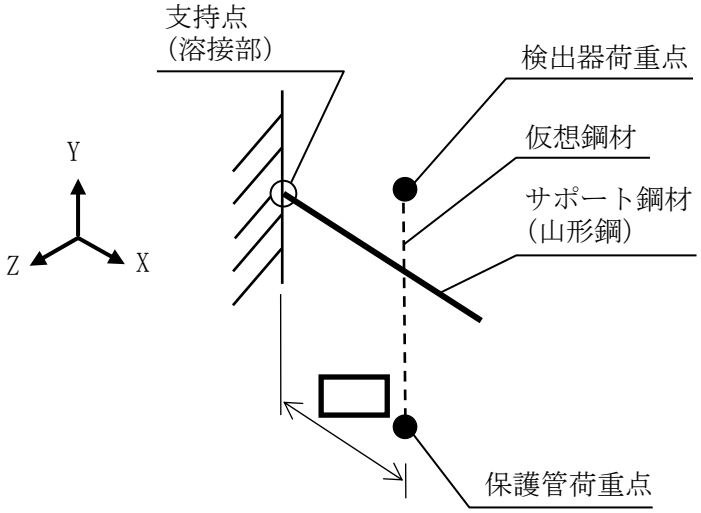
(2)　ドライウェル温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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。




(単位：mm)

図 2－2　解析モデル

2.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 2－3，振動モード図を図 2－3 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 2－3　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| TE217-12A | 1 次 | 水平 | | — | — | — |
| TE217-12B | 1 次 | 水平 | | — | — | — |
| TE217-13A | 1 次 | 水平 | | — | — | — |
| TE217-13B | 1 次 | 水平 | | — | — | — |

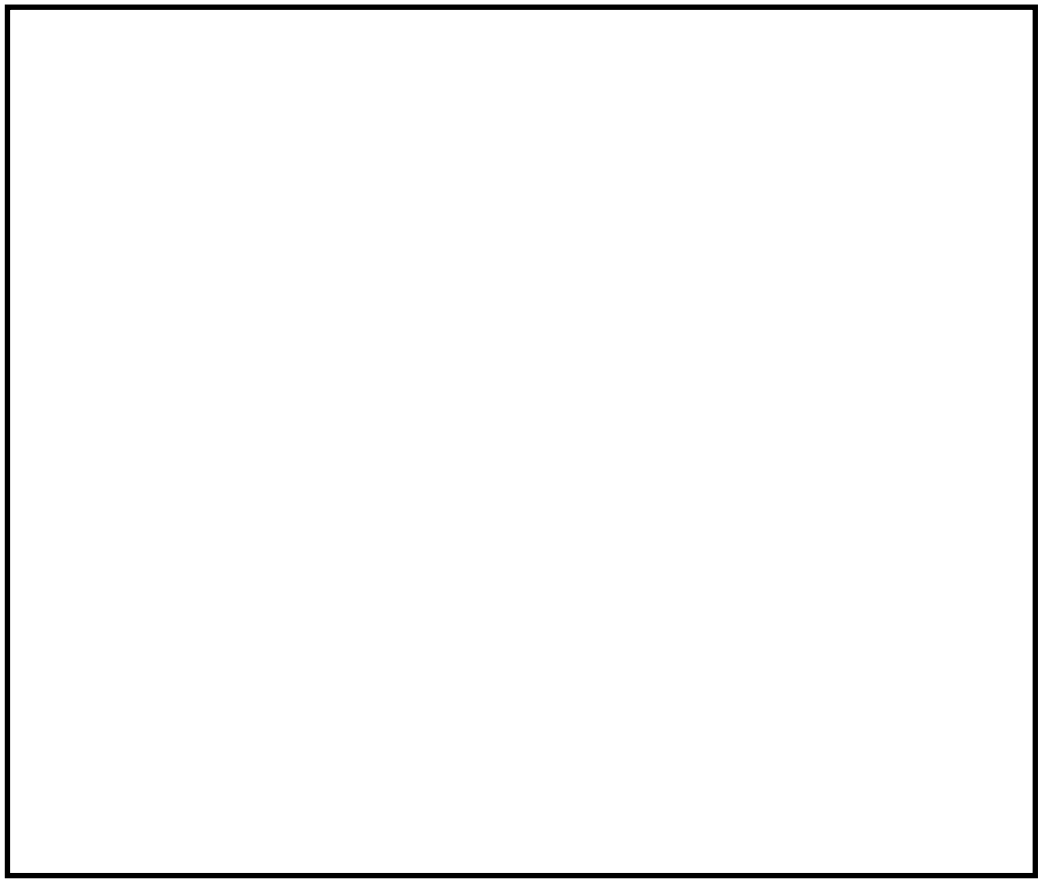


図 2－3　振動モード（1 次モード　水平方向　　s）

## 2.5. 構造強度評価

### 2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1) 地震力は，ドライウェル温度（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4 に示す。

#### 2.5.2.2 許容応力

ドライウェル温度（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－5 のとおりとする。

#### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－6 に示す。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル温度（ＳＡ） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 2－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | SUS304 | 周囲環境温度 | 200 | 144 | 402 | 205 |

2.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表2－7に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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2－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A) | 原子炉格納容器内架構 EL 26.2（ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12B) | 原子炉格納容器内架構 EL 26.2（ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13A) | 原子炉格納容器内架構 EL16.4（ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13B) | 原子炉格納容器内架構 EL16.4（ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*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Ｓｓ）を上回る設計震度

2.5.4　計算方法

2.5.4.1　応力の計算方法

2.5.4.1.1　溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

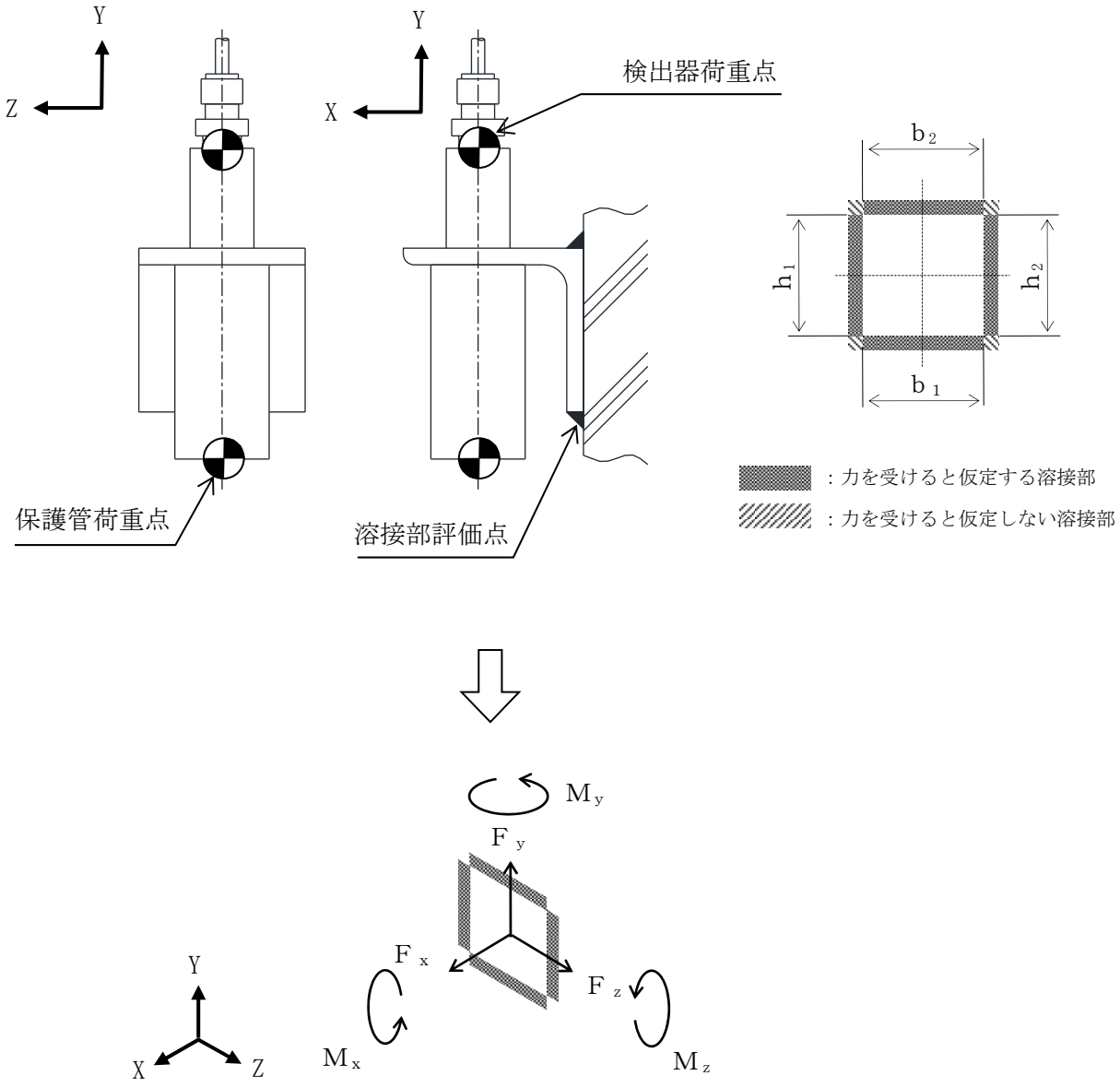



図 2－4　計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部評価点の最大反力とモーメントを表 2－8 に示す。

表 2－8　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| TE217-12A | | | | | | |
| TE217-12B | | | | | | |
| TE217-13A | | | | | | |
| TE217-13B | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.4)$$

ここで、$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積、$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図2－4でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.8)$$

2.5.5　計算条件

2.5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12B)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13A)の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6　応力の評価

2.5.6.1　溶接部の応力評価

2.5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，下表に示す$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

2.6　機能維持評価

2.6.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル温度（ＳＡ）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Ｓｓ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。

ドライウェル温度（ＳＡ）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2－9に示す。

表2－9　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>(TE217-12A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>(TE217-12B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>(TE217-13A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>(TE217-13B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.7. 評価結果

### 2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル温度（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉格納容器内架構 EL 26.2 (ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

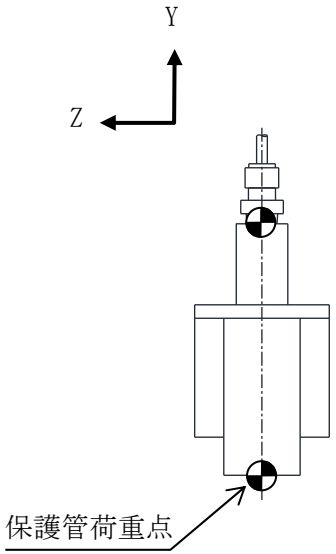
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12A) | 水平方向 | 3.15 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.89 | [redacted] |

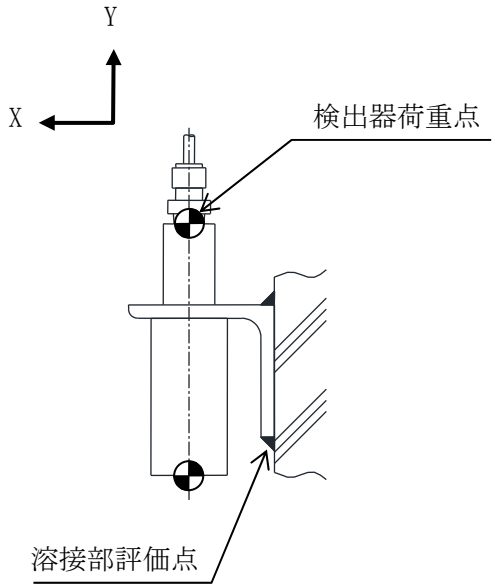
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12B) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉格納容器内架構 EL 26.2 (ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

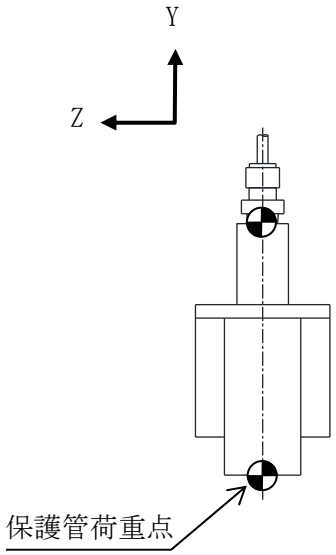
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-12B) | 水平方向 | 3.15 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.89 | [redacted] |

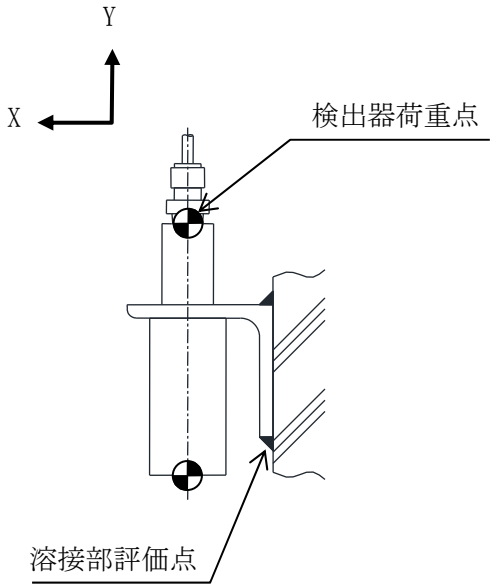
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13A) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉格納容器内架構 EL 16.4 (ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

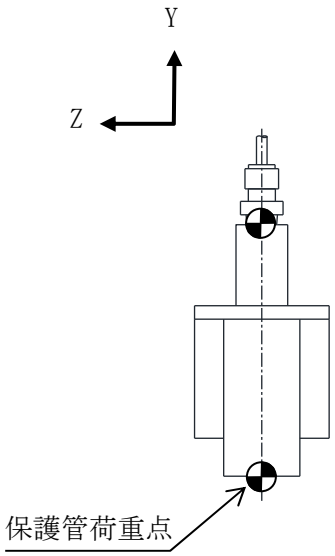
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13A) | 水平方向 | 3.15 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.89 | [redacted] |

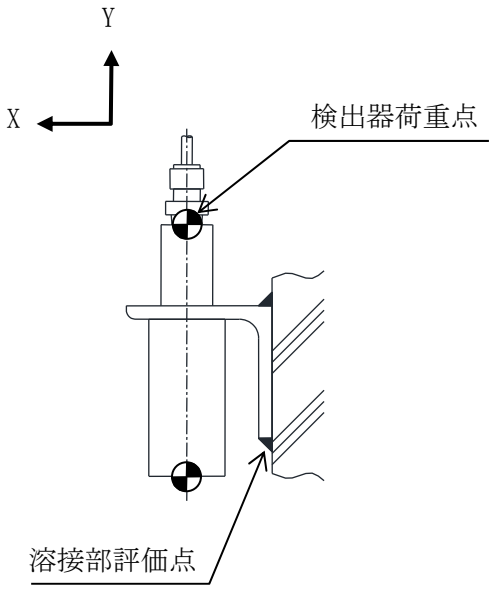
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ） (TE217-13B) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉格納容器内架構 EL 16.4 (ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | [redacted] | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ｉ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | [redacted] | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

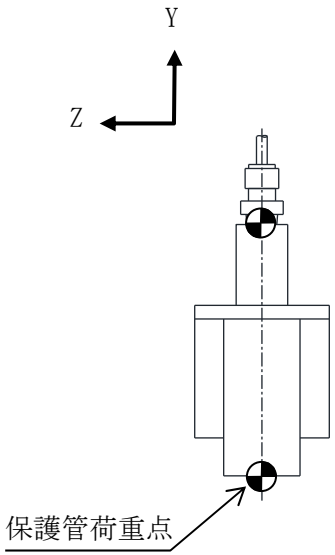
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-13B) | 水平方向 | 3.15 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.89 | [redacted] |

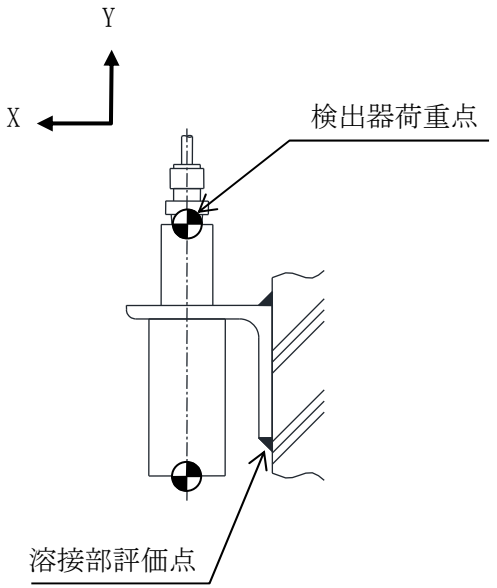
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# 3. ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-16）

## 3.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル温度（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

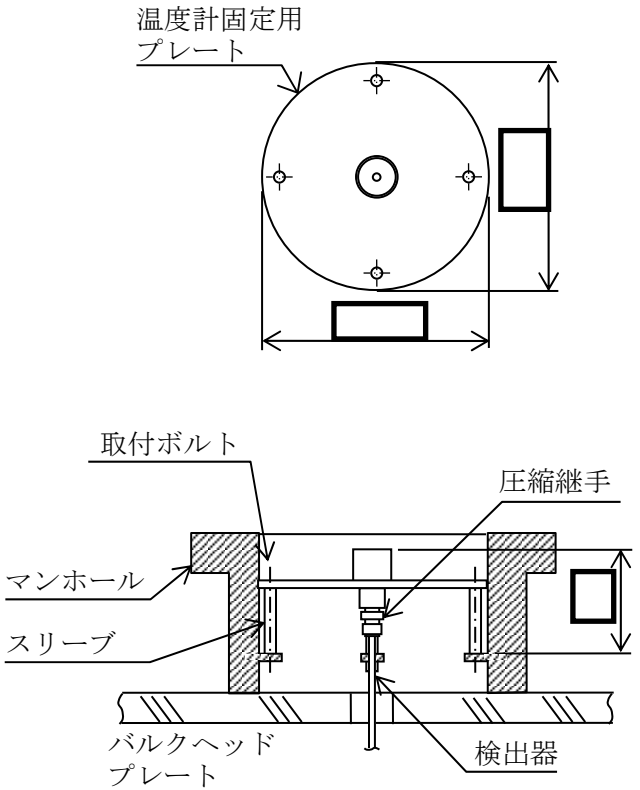
ドライウェル温度（ＳＡ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 3.2 一般事項

### 3.2.1 構造計画

ドライウェル温度（ＳＡ）の構造計画を表3－1に示す。

表 3－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手により温度計固定用プレートに固定する。<br>温度計固定用プレートは，取付ボルトによりバルクヘッドプレートマンホールに設置する。 | 熱電対 | 【ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-16)】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.2.2　評価方針

ドライウェル温度（ＳＡ）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，「2.2.1　構造計画」にて示すドライウェル温度（ＳＡ）の部位を踏まえ「2.3　評価部位」にて設定する箇所において，「2.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，ドライウェル温度（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「2.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7　評価結果」に示す。

ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価フローを図3－1に示す。



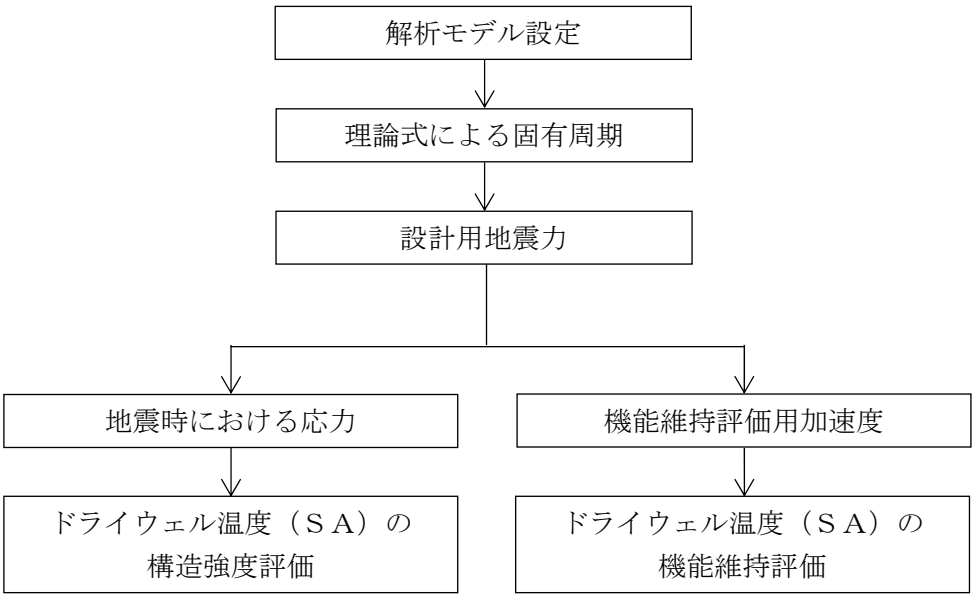



図3－1　ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価フロー

3.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

3.2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $A_b$ | ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| d | 取付ボルトの呼び径 | mm |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1) に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3133 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 取付ボルトに作用する引張力（1本当たり） | N |
| $f_{sb}$ | せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力 | MPa |
| $f_{to}$ | 引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{ts}$ | 引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力（許容組合せ応力） | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 取付面から重心までの距離 | mm |
| $I_1$ | 断面二次モーメント（スリーブ） | $mm^4$ |
| $I_2$ | 断面二次モーメント（温度計固定用プレート） | $mm^4$ |
| $\ell_1$ | 重心と取付ボルト間の水平方向距離* | mm |
| $\ell_2$ | 重心と取付ボルト間の水平方向距離* | mm |
| m | 計器架台の質量 | kg |
| n | 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ボルトの本数 | ― |
| $Q_b$ | 取付ボルトに作用するせん断力 | N |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値 | MPa |
| $S_y(RT)$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値 | MPa |
| $T_H$ | 水平方向固有周期 | s |
| $T_V$ | 鉛直方向固有周期 | s |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_b$ | 取付ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 取付ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

3.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表3－2に示すとおりである。

表3－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 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。

3.3　評価部位

ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価は，「3.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる取付ボルト部について実施する。ドライウェル温度（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 3－1 の概略構造図に示す。

3.4　固有周期

3.4.1　固有周期の計算方法

ドライウェル温度（ＳＡ）の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　計算モデル

ａ．計器架台の質量は重心に集中するものとする。

ｂ．計器架台は取付ボルトでバルクヘッドプレートマンホールに固定されており、固定端とする。

ｃ．耐震計算に用いる数値は，公称値を使用する。

ｄ．計器架台は，図 3－1 に示す下端固定の１質点系振動モデルとして考える。

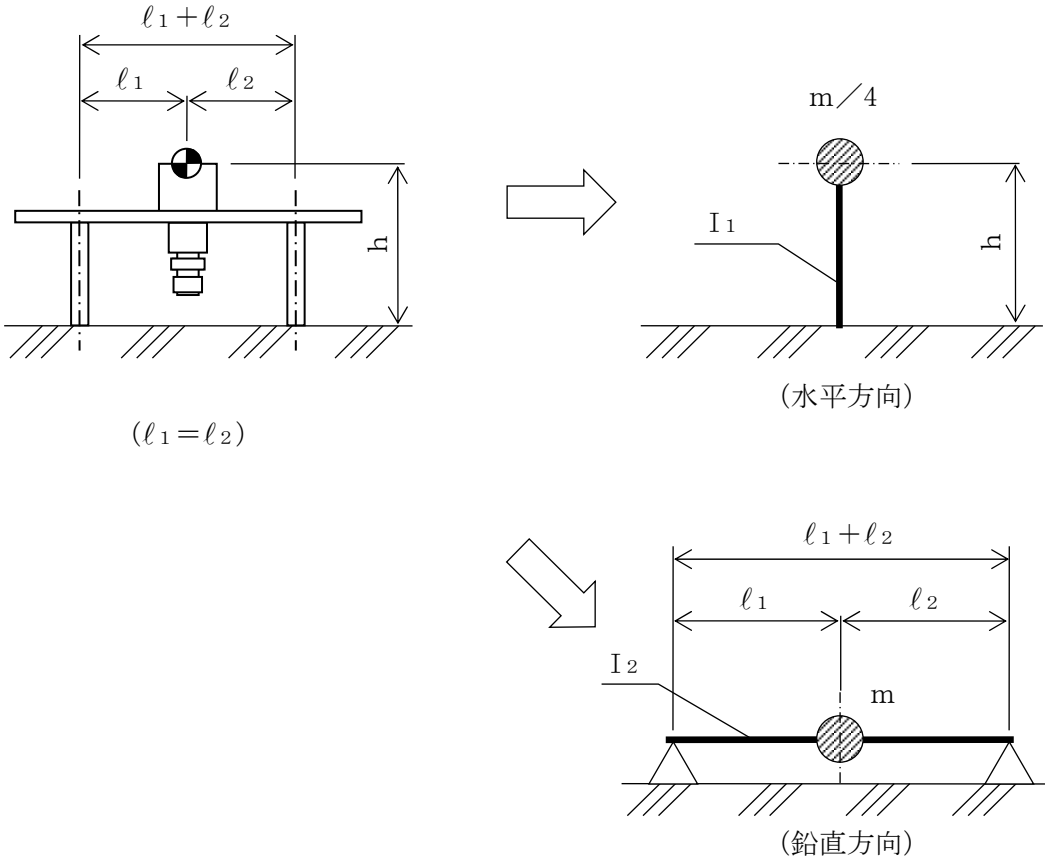



図 3－1　固有周期の計算モデル

(2)　水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(m/4)}{1000} \cdot \left(\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I_1}\right)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3.4.1.1)$$

(3)　鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{(\ell_1 + \ell_2)^3}{48 \cdot E \cdot I_2}\right)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3.4.1.2)$$

3.4.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-16）の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

3.4.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3－3 に示す。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 3－3　固有周期　　（単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

3.5　構造強度評価

3.5.1　構造強度評価方法

(1)　計器架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は計器架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　計器架台は取付ボルトでバルクヘッドプレートマンホールに固定されており，固定質量は重心に集中しているものとする。

(4)　転倒方向は，正面方向及び側面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)　計器架台の重心については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

3.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－4 に示す。

3.5.2.2　許容応力

ドライウェル温度（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3－5 のとおりとする。

3.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－6 に示す。

表 3－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル温度（ＳＡ） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 3－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SUS304 | 周囲環境温度 | 200 | 144 | 402 | 205 |

3.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表3－7に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表3－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-16) | 原子炉格納容器 EL 34.737 (EL 34.604*1) | | | — | — | $C_H$＝4.20*2 | $C_V$＝1.62*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

3.5.4　計算方法

3.5.4.1　応力の計算方法

3.5.4.1.1　取付ボルトの応力

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。

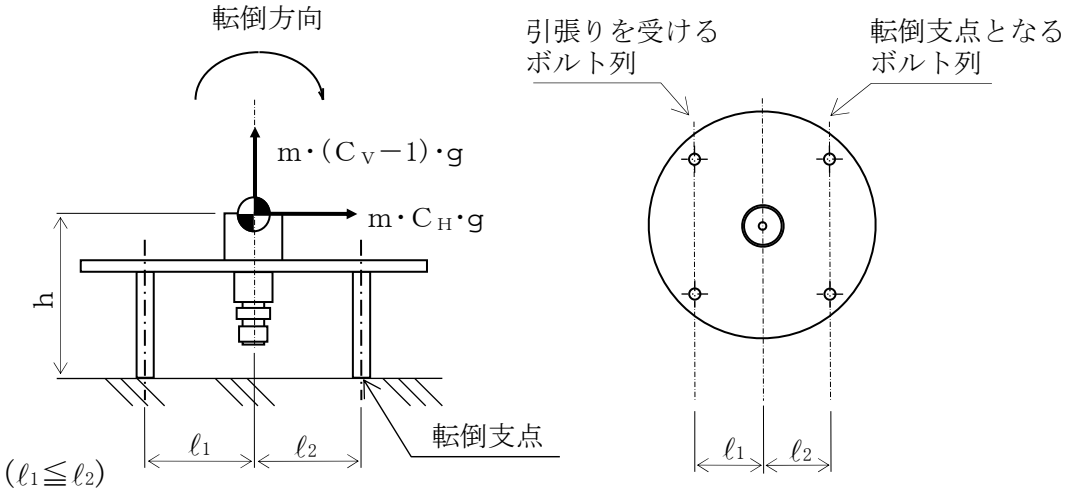



図3－2　計算モデル（正面方向転倒）

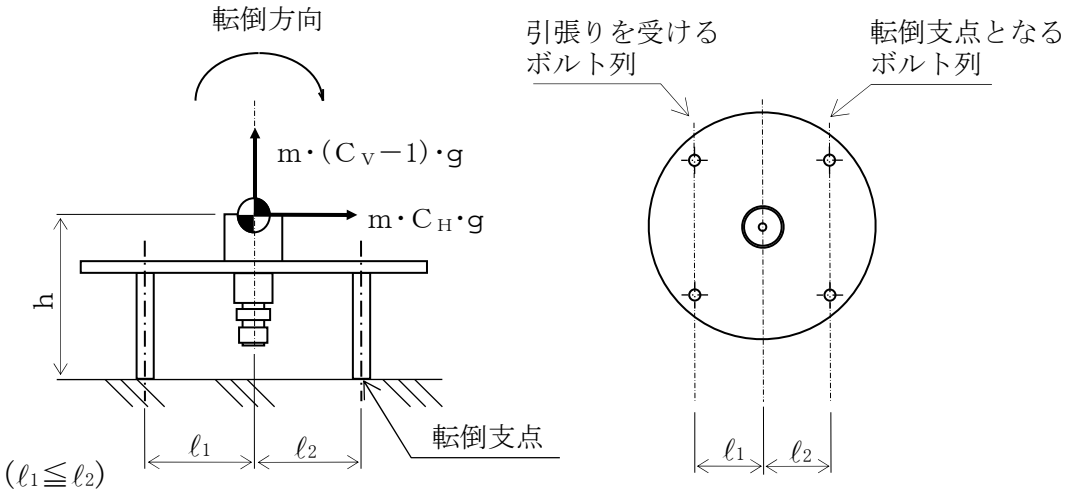



図3－3　計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は，図3－2及び図3－3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

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \cdots\cdots (3.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (3.5.4.1.1.2)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots (3.5.4.1.1.3)$$

(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

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (3.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots (3.5.4.1.1.5)$$

### 3.5.5　計算条件

#### 3.5.5.1　取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-16）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

3.5.6　応力の評価

3.5.6.1　取付ボルトの応力評価

3.5.4.1.1 項で求めた取付ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし，$f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし，$f_{sb}$ は下表による。

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

3.6　機能維持評価

3.6.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル温度（ＳＡ）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Ｓｓ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。

ドライウェル温度（ＳＡ）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3－8に示す。

表3－8　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）<br>（TE217-16） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 3.7　評価結果

### 3.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル温度（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-16）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル温度（ＳＡ）（TE217-16） | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉格納容器 EL 34.737 EL 34.758*1 | | | — | — | $C_H$=4.20*2 | $C_V$=1.62*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | | | | | | 144 | 402 | 205 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | nf* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト | | | | — | 194 | — | 正面方向，側面方向 |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

| E (MPa) | $I_1$ ($mm^4$) | $I_2$ ($mm^4$) |
|---|---|---|
| 183000 | | |

1.3 計算数値

1.3.3 取付ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト | — | | — | |

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

| 方向 | 固有周期 |
|---|---|
| 水平方向 | |
| 鉛直方向 | |

1.4.2 取付ボルトの応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト | SUS304 | 引張 | — | — | $\sigma_b=9$ | $f_{ts}=145$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=6$ | $f_{sb}=112$ |

すべて許容応力以下である。

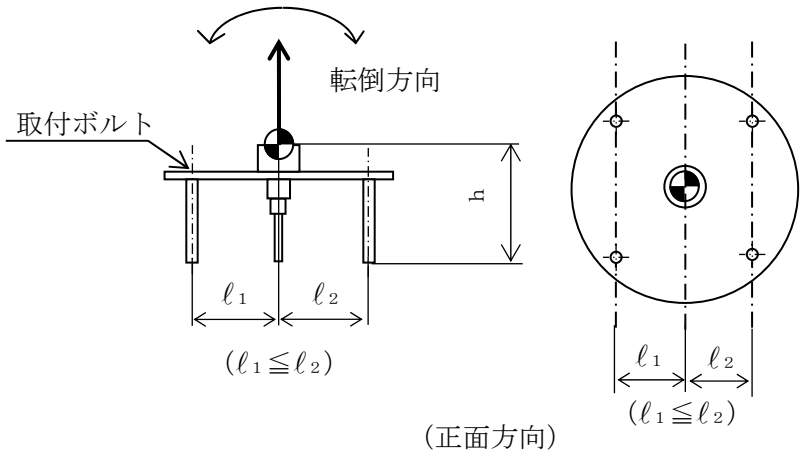
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

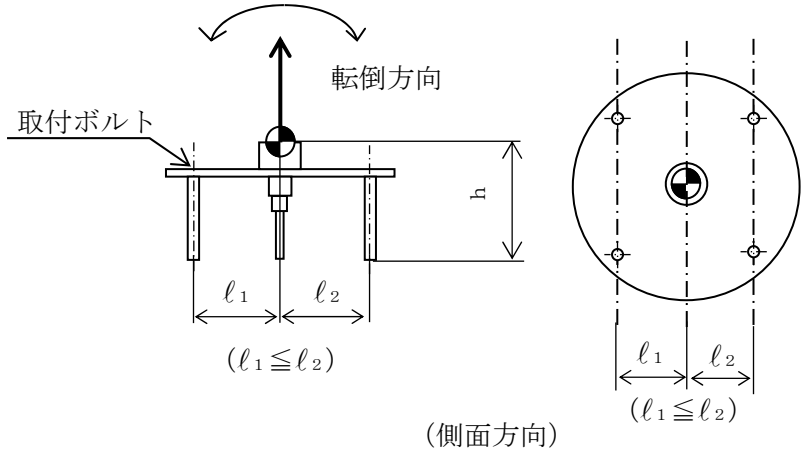
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル温度（ＳＡ）(TE217-16) | 水平方向 | 2.03 | |
| | 鉛直方向 | 1.28 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。




(正面方向)




(側面方向)

# Ⅵ-2-6-5-28　ペデスタル温度（ＳＡ）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 …… 18
5.6　応力の評価 …… 18
6.　機能維持評価 …… 19
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 19
7.　評価結果 …… 20
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 20

1. 概要

本計算書は，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，ペデスタル温度（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ペデスタル温度（ＳＡ）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。

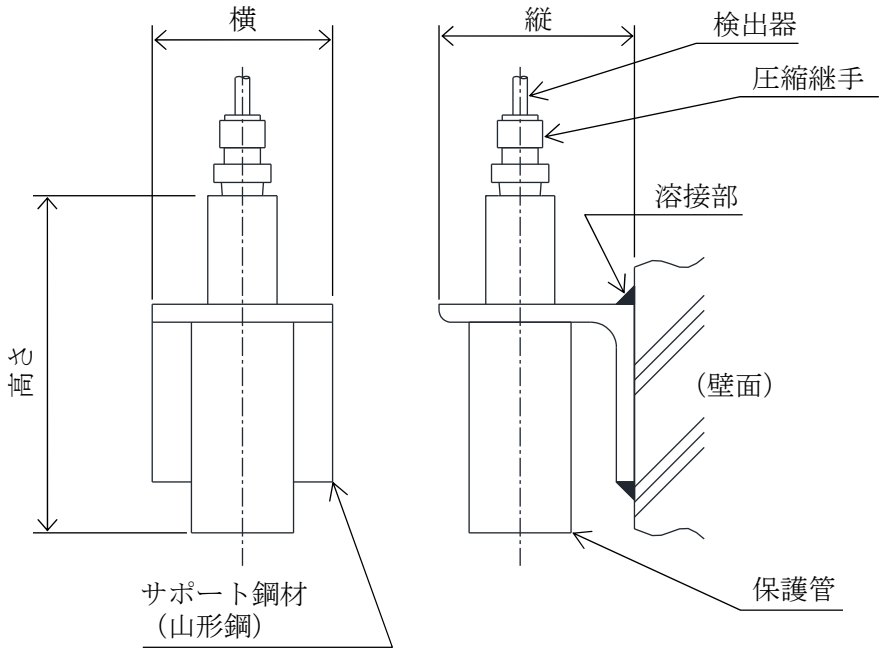
2. 一般事項

2.1 構造計画

ペデスタル温度（ＳＡ）の構造計画を表2－1に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 熱電対 | 【ペデスタル温度（ＳＡ）】 |




| 対象機器 | TE217-14A | TE217-14B |
|---|---|---|
| 縦 | | |
| 横 | | |
| 高さ | | |

（単位：mm）

2.2　評価方針

ペデスタル温度（ＳＡ）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」にて示すペデスタル温度（ＳＡ）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，ペデスタル温度（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

ペデスタル温度（ＳＡ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

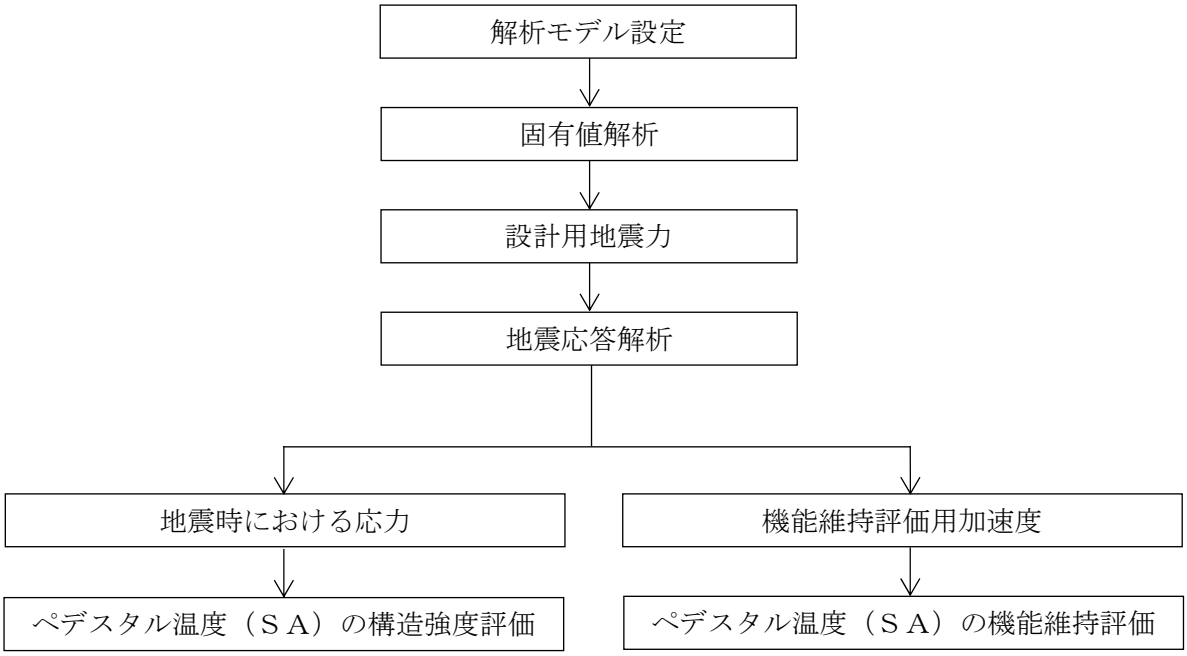



図2－1　ペデスタル温度（ＳＡ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部の$F_y$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部の$F_z$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$，$b_2$ | 溶接の有効長さ（Z方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（X方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Y方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Z方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$，$h_2$ | 溶接の有効長さ（Y方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（X軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Y軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Z軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるY軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

3. 評価部位

ペデスタル温度（ＳＡ）の耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ペデスタル温度（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　固有値解析方法

ペデスタル温度（ＳＡ）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ペデスタル温度（ＳＡ）は，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

ペデスタル温度（ＳＡ）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【ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14A）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14B）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)　ペデスタル温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　ペデスタル温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

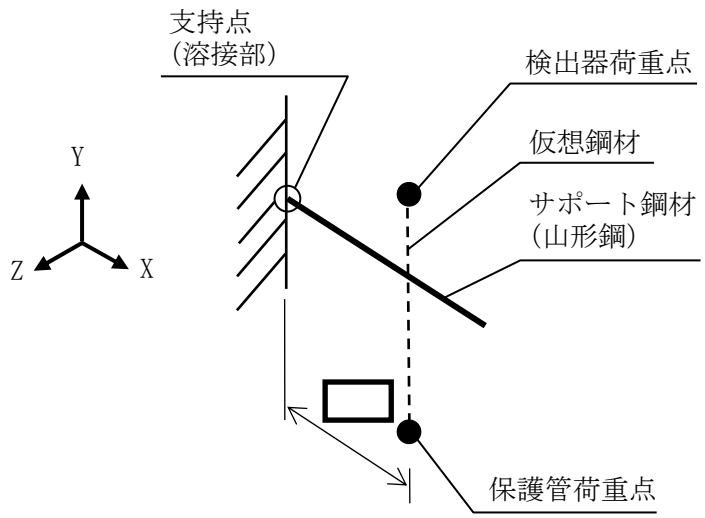
(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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。






（単位：mm）

図 4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1，振動モード図を図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Y方向 | |
| TE217-14A | 1 次 | 水平 | | — | — | — |
| TE217-14B | 1 次 | 水平 | | — | — | — |

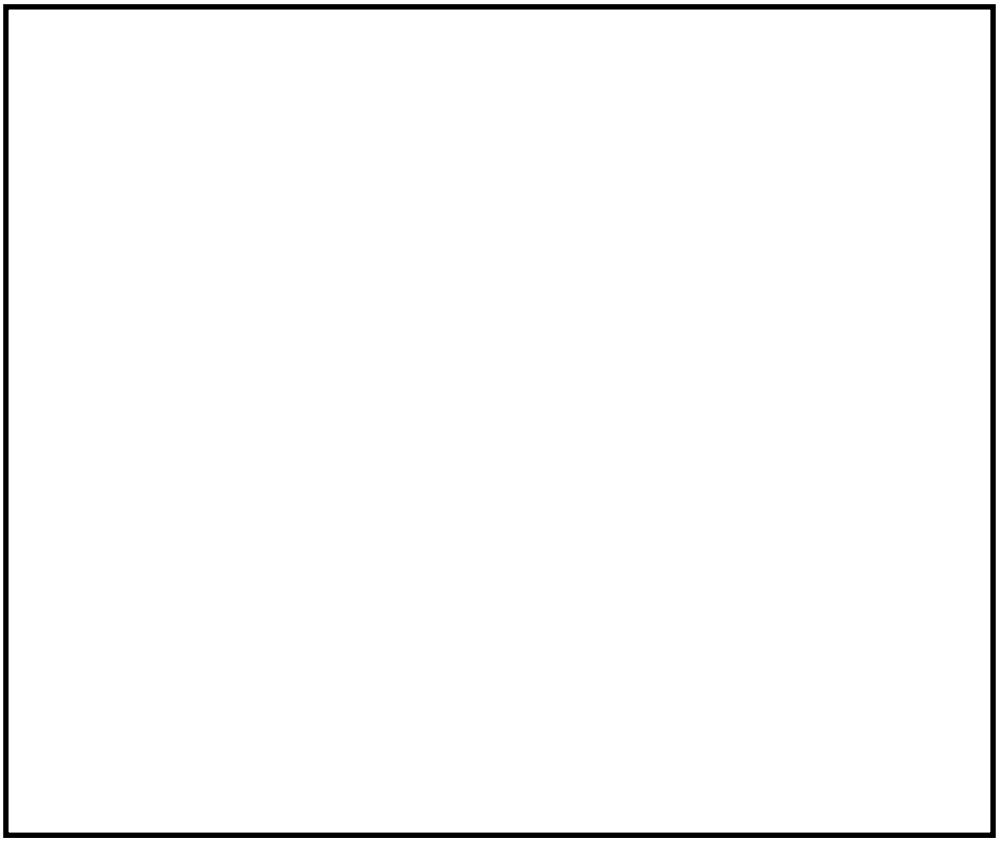


図 4－2　振動モード（1 次モード　水平方向 　　s）

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1) 地震力は，ペデスタル温度（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ペデスタル温度（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

ペデスタル温度（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表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

ペデスタル温度（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－3に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ペデスタル温度（ＳＡ） | 常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表５－２　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | SUS304 | 周囲環境温度 | 200 | 144 | 402 | 205 |

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Ｓｓ」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）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ（m） | 固有周期（s） | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14A） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 12.506（EL 13.022*1） | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 |
| ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14B） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 12.506（EL 13.022*1） | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*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Ｓｓ）を上回る設計震度

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

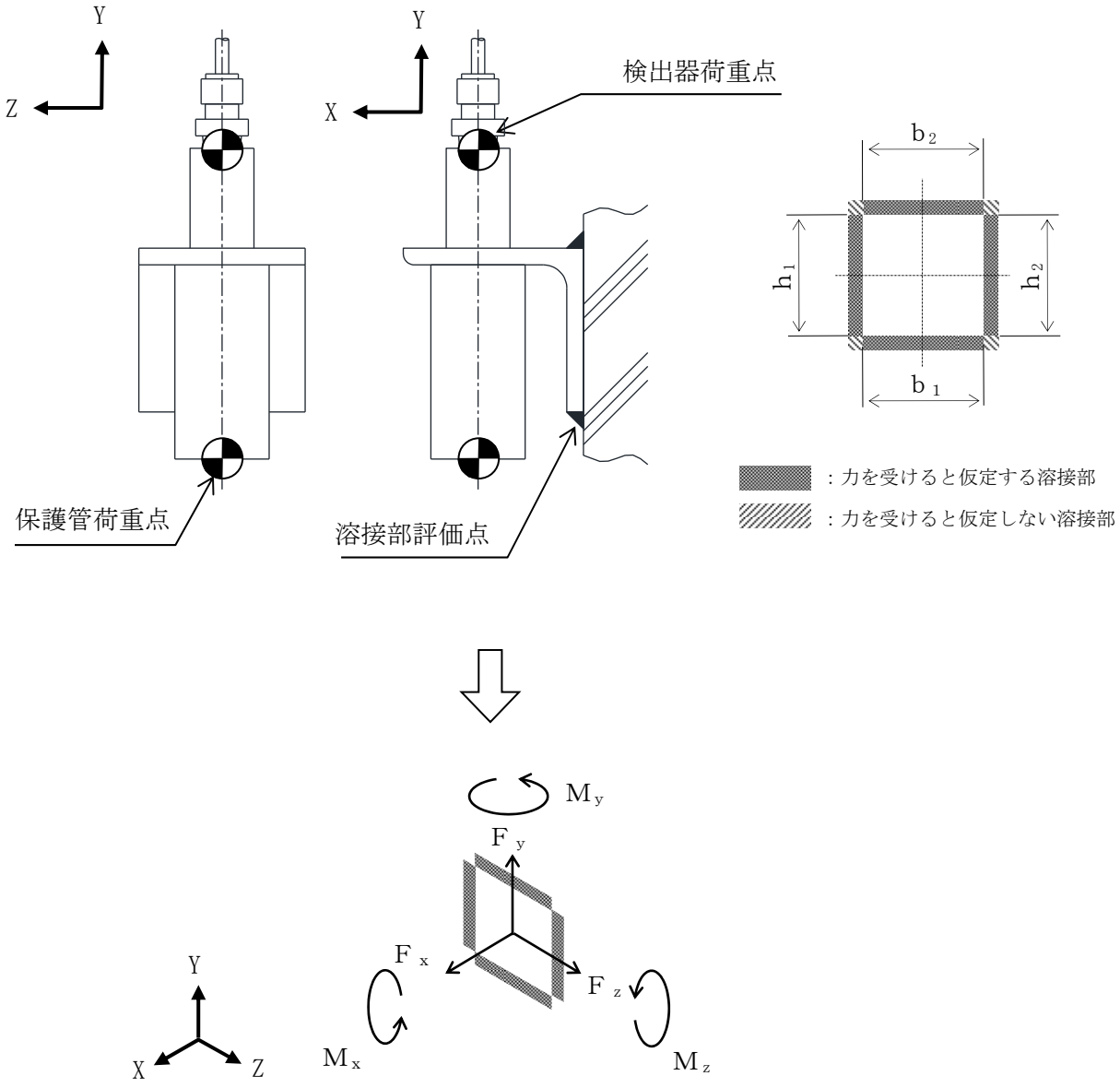



図 5－1　計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5－5 に示す。

表 5－5　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| TE217-14A | | | | | | |
| TE217-14B | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積，$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は，次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図5－1でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.8)$$

5.5　計算条件

5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14A）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

ペデスタル温度（ＳＡ）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Ｓｓ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。

ペデスタル温度（ＳＡ）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/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ペデスタル温度（ＳＡ）<br>(TE217-14A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ペデスタル温度（ＳＡ）<br>(TE217-14B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

【ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14A）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル温度（ＳＡ）(TE217-14A) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 12.506 (EL 13.022*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=2.18*2 | $C_V$=1.14*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ｉ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

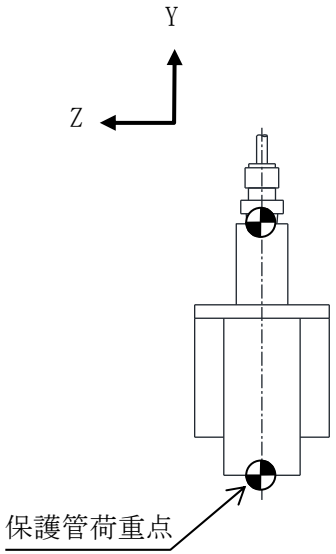
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル温度（ＳＡ）(TE217-14A) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

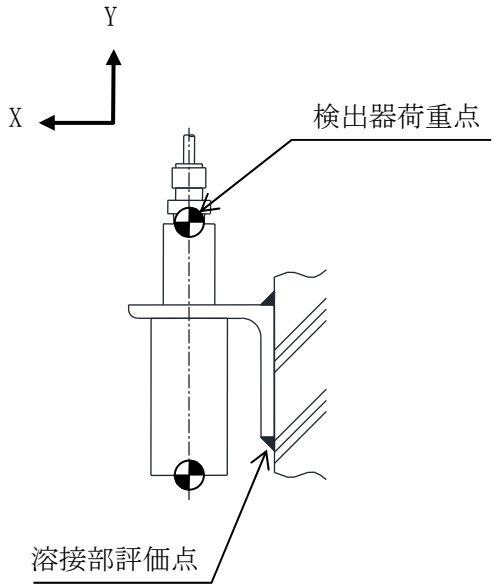
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(TE217-14A) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【ペデスタル温度（ＳＡ）（TE217-14B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ペデスタル温度（ＳＡ） (TE217-14B) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 12.506 (EL 13.022*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ｉ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

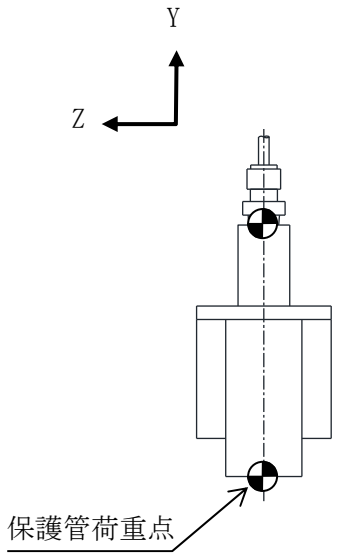
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル温度（ＳＡ）(TE217-14B) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

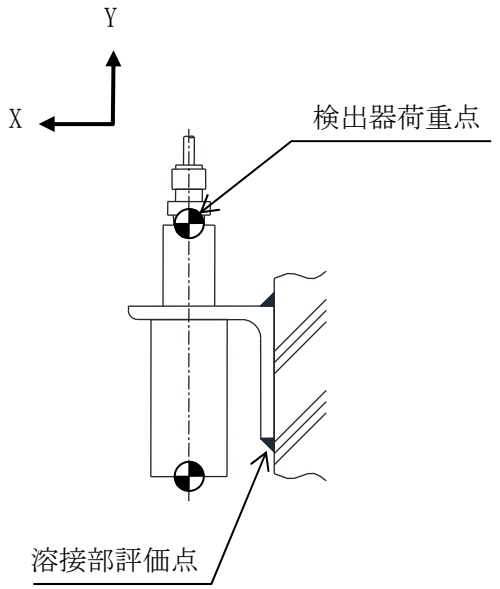
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(TE217-14B) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# Ⅵ-2-6-5-29　ペデスタル水温度（ＳＡ）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 …… 18
5.6　応力の評価 …… 18
6.　機能維持評価 …… 19
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 19
7.　評価結果 …… 20
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 20

1. 概要

本計算書は，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，ペデスタル水温度（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ペデスタル水温度（ＳＡ）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。

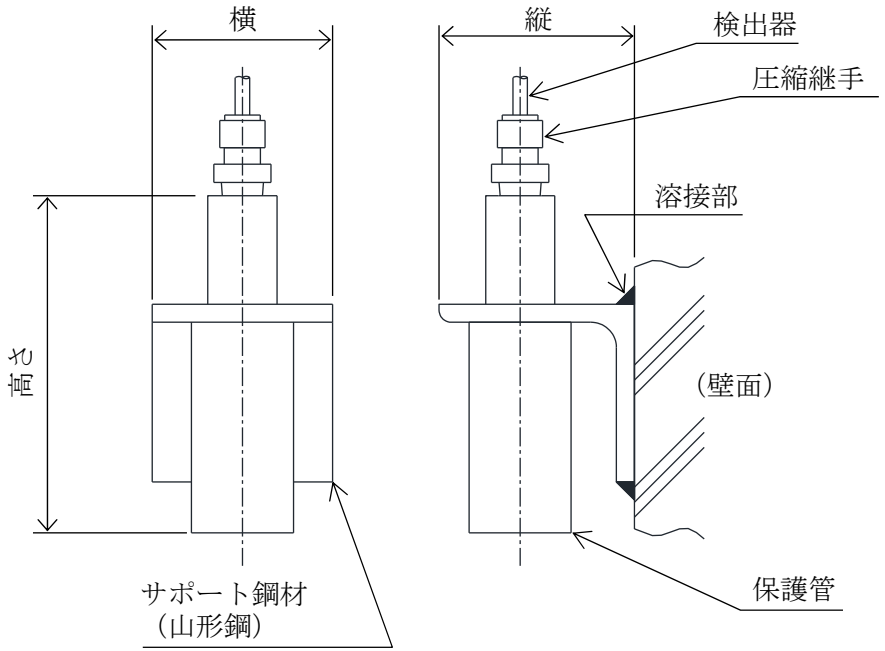
2. 一般事項

2.1 構造計画

ペデスタル水温度（ＳＡ）の構造計画を表2－1に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 熱電対 | 【ペデスタル水温度（ＳＡ）】 |




| 対象機器 | TE217-17A | TE217-17B |
|---|---|---|
| 縦 | | |
| 横 | | |
| 高さ | | |

（単位：mm）

2.2　評価方針

ペデスタル水温度（ＳＡ）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」にて示すペデスタル水温度（ＳＡ）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，ペデスタル水温度（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

ペデスタル水温度（ＳＡ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

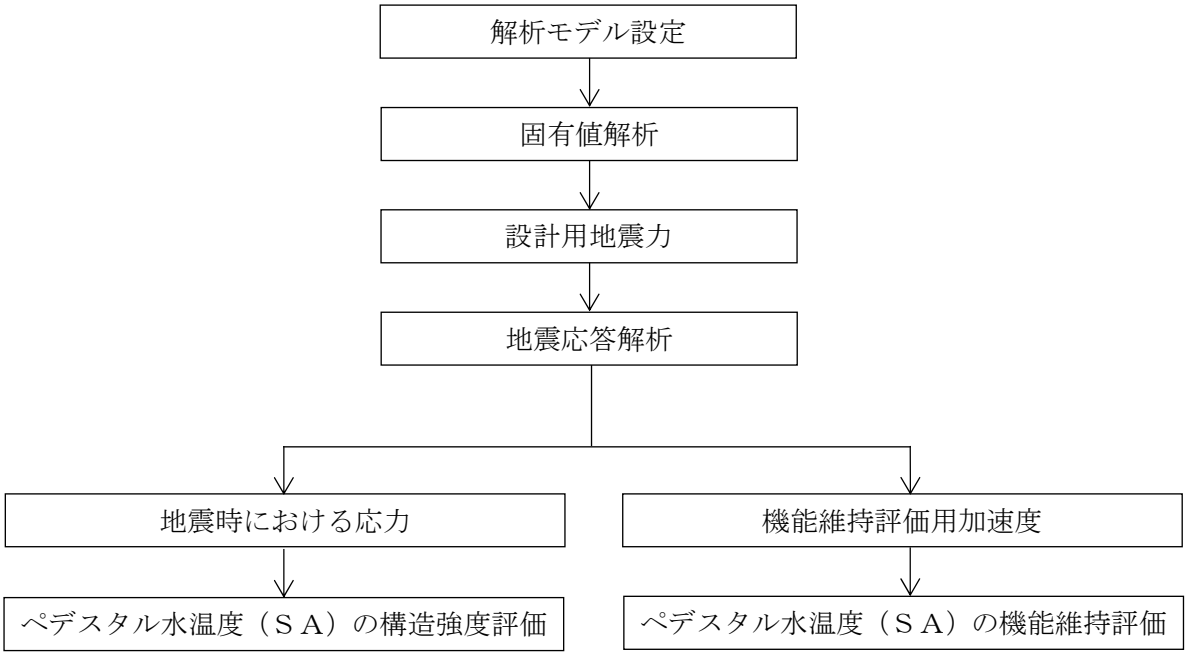



図2－1　ペデスタル水温度（ＳＡ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部の$F_y$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部の$F_z$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$, $b_2$ | 溶接の有効長さ（Z方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（X方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Y方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Z方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$, $h_2$ | 溶接の有効長さ（Y方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（X軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Y軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Z軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるY軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

3. 評価部位

ペデスタル水温度（ＳＡ）の耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ペデスタル水温度（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　固有値解析方法

ペデスタル水温度（ＳＡ）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ペデスタル水温度（ＳＡ）は,「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

ペデスタル水温度（ＳＡ）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【ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17A）の耐震性についての計算結果】,【ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17B）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)　ペデスタル水温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　ペデスタル水温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

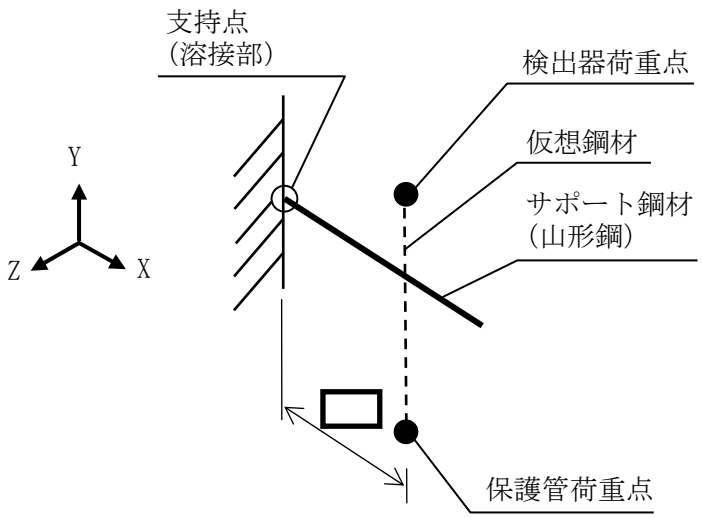
(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは,「ＮＳＡＦＥ」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。






（単位：mm）

図 4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1，振動モード図を図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Y方向 | |
| TE217-17A | 1 次 | 水平 | | — | — | — |
| TE217-17B | 1 次 | 水平 | | — | — | — |

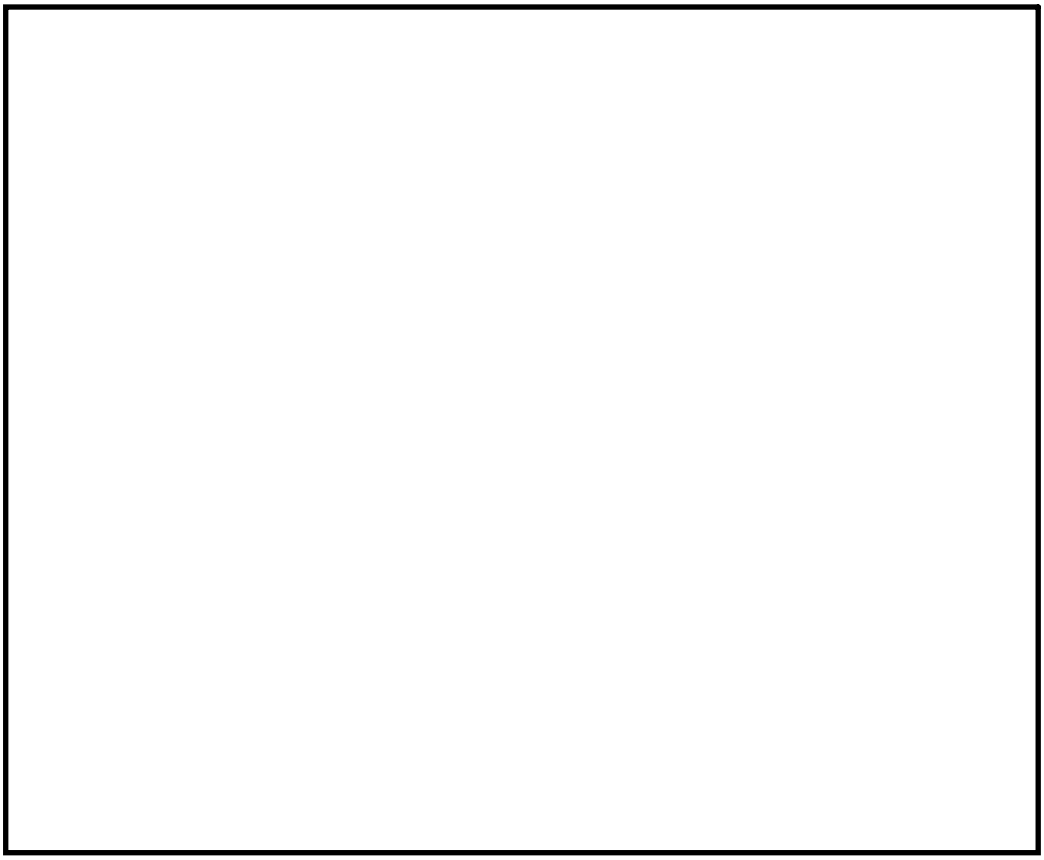


図 4－2　振動モード（1 次モード　水平方向 　 s）

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，ペデスタル水温度（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ペデスタル水温度（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－1 に示す。

5.2.2　許容応力

ペデスタル水温度（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 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

ペデスタル水温度（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－3 に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ペデスタル水温度（ＳＡ） | 常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表５－２　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・$f_t$* | 1.5・$f_s$* | 1.5・$f_c$* | 1.5・$f_b$* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | SUS304 | 周囲環境温度 | 200 | 144 | 402 | 205 |

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Ｓｓ」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）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ（m） | 固有周期（s） | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17A） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 7.706（EL 13.022*1） | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝1.82*2 | $C_V$＝1.32*2 |
| ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17B） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 7.706（EL 13.022*1） | | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝1.82*2 | $C_V$＝1.32*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

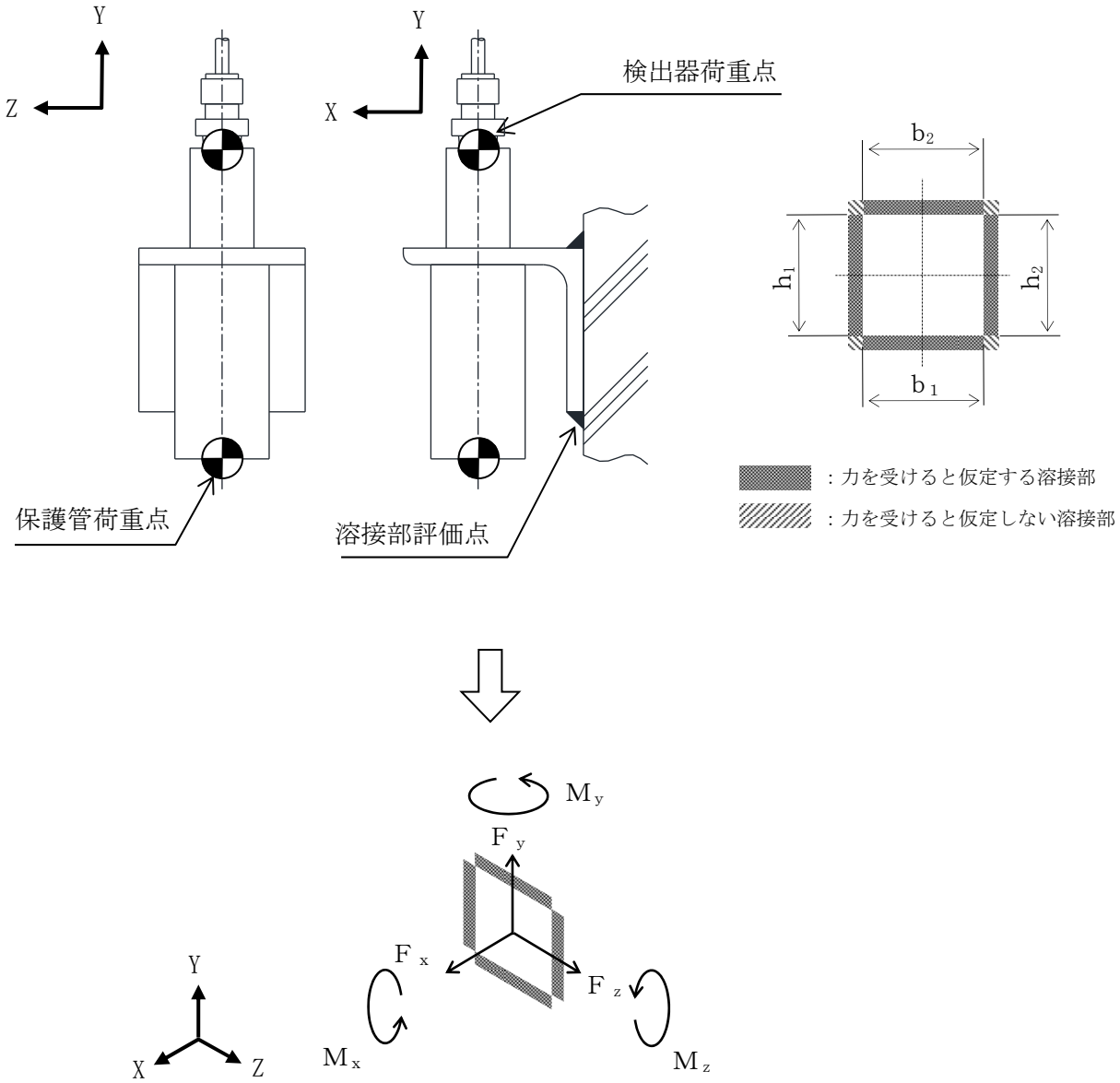



図 5－1　計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5－5 に示す。

表 5－5　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| TE217-17A | | | | | | |
| TE217-17B | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積，$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は，次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図5－1でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.8)$$

5.5　計算条件

5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17A）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

ペデスタル水温度（ＳＡ）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Ｓｓ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。

ペデスタル水温度（ＳＡ）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/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ペデスタル水温度（ＳＡ）<br>(TE217-17A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ペデスタル水温度（ＳＡ）<br>(TE217-17B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ペデスタル水温度（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17A）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル水温度（ＳＡ）(TE217-17A) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 7.706 (EL 13.022*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝1.82*2 | $C_V$＝1.32*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

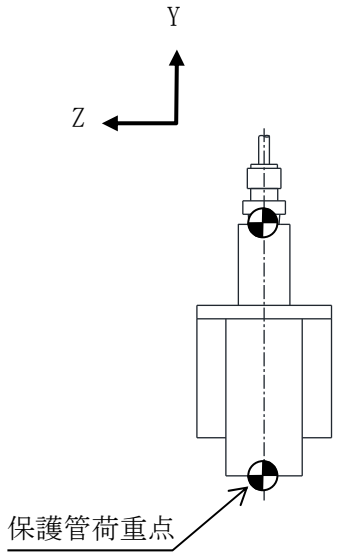
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル水温度（ＳＡ）(TE217-17A) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

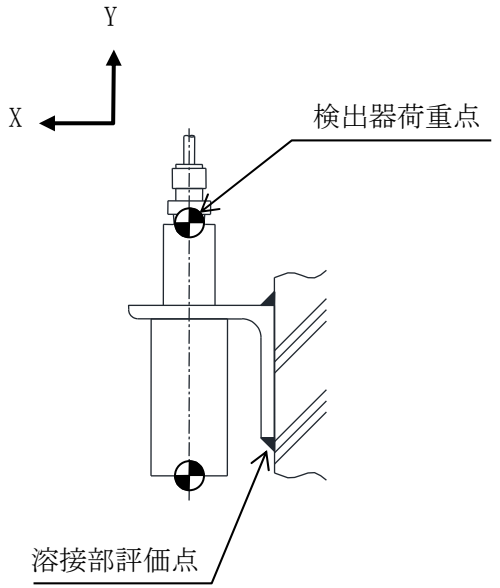
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(TE217-17A) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【ペデスタル水温度（ＳＡ）（TE217-17B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル水温度（ＳＡ）(TE217-17B) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 7.706 (EL 13.022*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝1.82*2 | $C_V$＝1.32*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

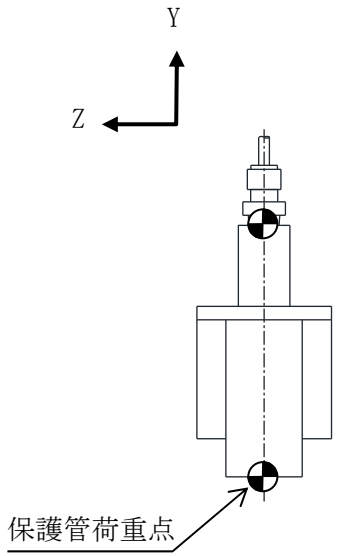
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル水温度（ＳＡ）(TE217-17B) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

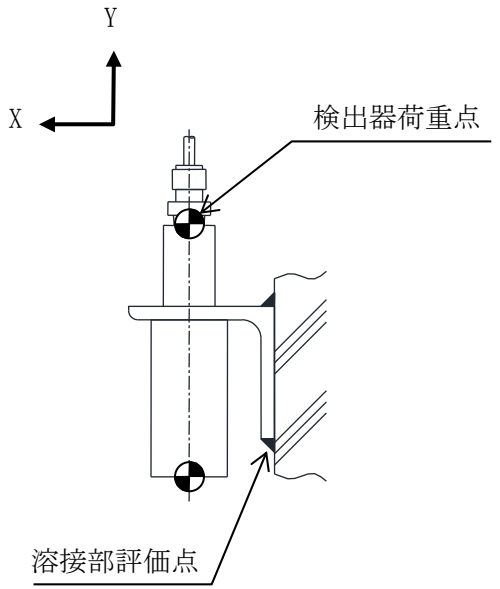
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(TE217-17B) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# Ⅵ-2-6-5-30　サ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

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 ····· 18
5.6　応力の評価 ····· 18
6.　機能維持評価 ····· 19
6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 19
7.　評価結果 ····· 20
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 20

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）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。

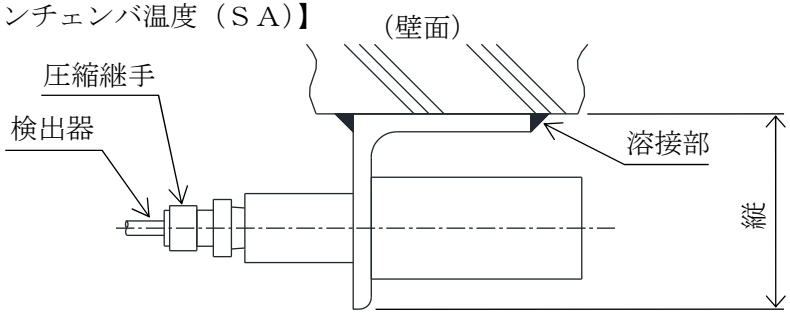
2. 一般事項

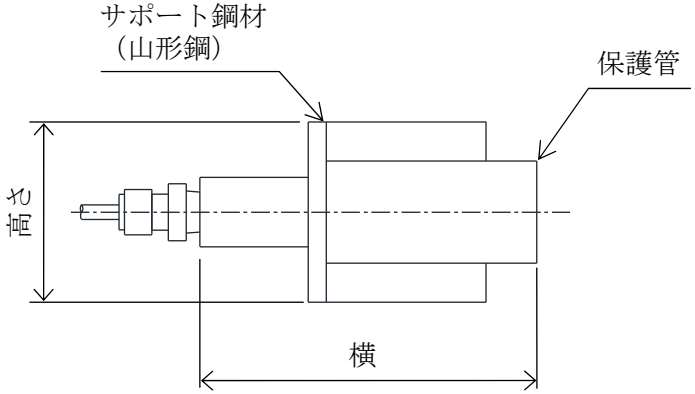
2.1 構造計画

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 熱電対 | 【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）】 |




| 対象機器 | TE217-15A | TE217-15B |
|---|---|---|
| 縦 | | |
| 横 | | |
| 高さ | | |

（単位：mm）

2.2　評価方針

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の応力評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すサプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「6.機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

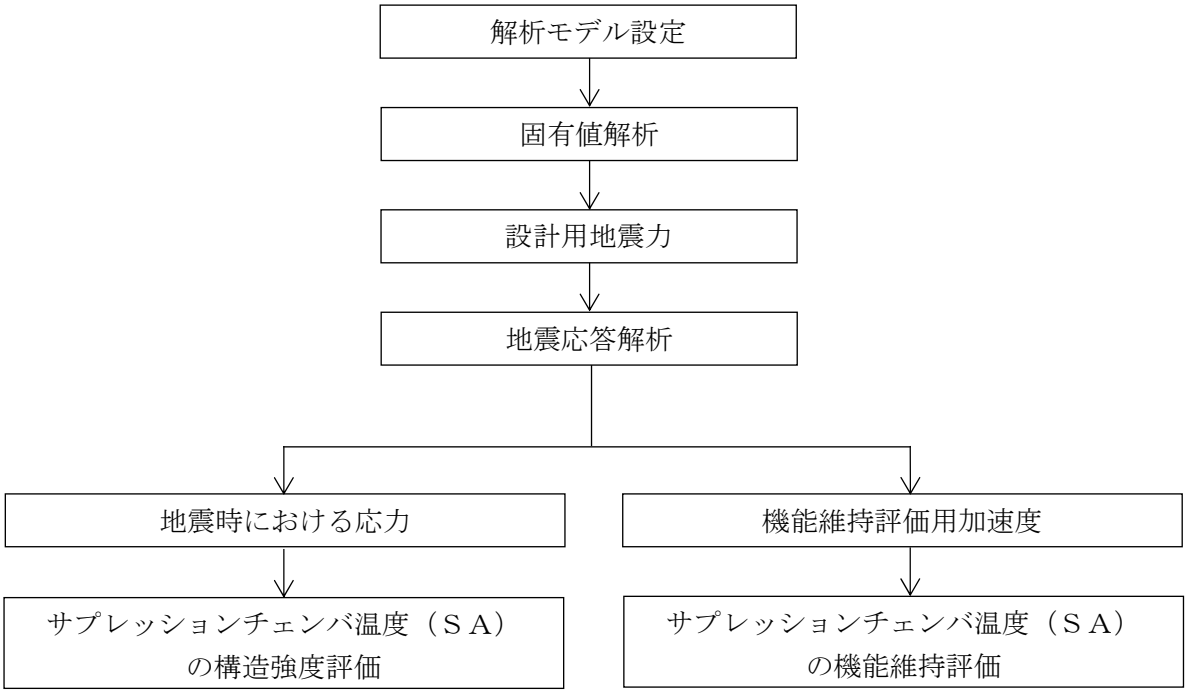



図2－1　サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部の$F_y$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部の$F_z$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$, $b_2$ | 溶接の有効長さ（Z方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（X方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Y方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Z方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$, $h_2$ | 溶接の有効長さ（Y方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（X軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Y軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Z軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるY軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

3. 評価部位

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　固有値解析方法

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）は，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の解析モデルを図4－1に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）（TE217-15A）の耐震性についての計算結果】，【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）（TE217-15B）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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。



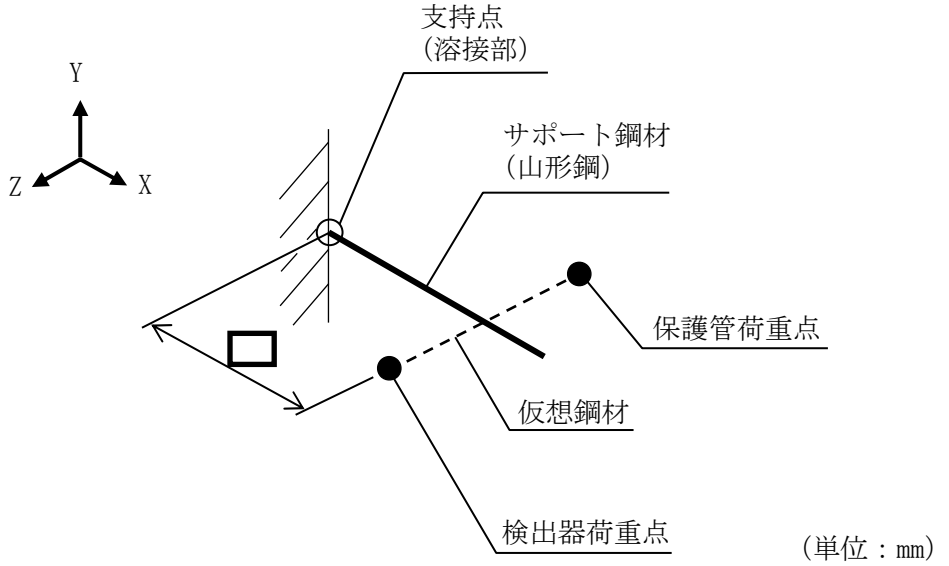



図4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1，振動モード図を図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| TE217-15A | 1 次 | 水平 | [redacted] | — | — | — |
| TE217-15B | 1 次 | 水平 | [redacted] | — | — | — |

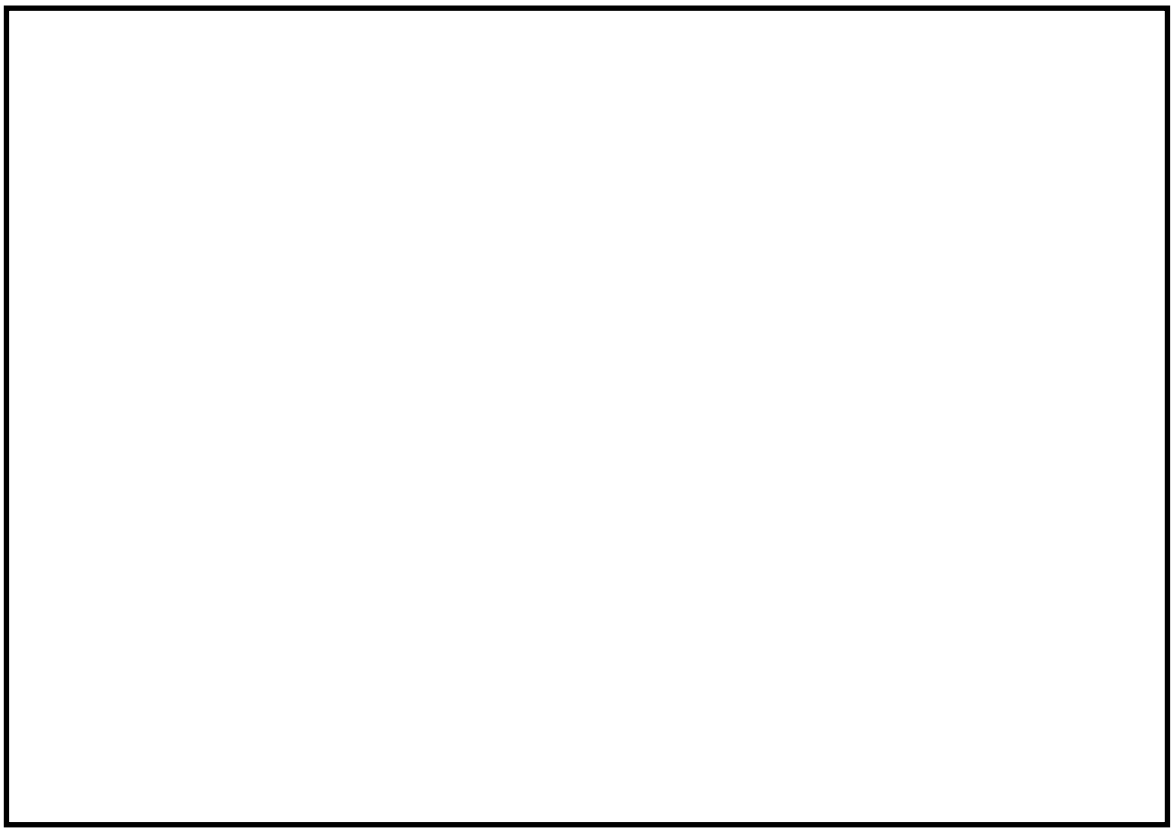


図 4－2　振動モード図（1 次モード　水平方向 [redacted]s）

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，サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－1 に示す。

5.2.2　許容応力

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－3 に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ温度（ＳＡ） | 常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表５－２　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | SUS304 | 周囲環境温度 | 175 | 149 | 412 | 205 |

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Ｓｓ」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）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）(TE217-15A) | サプレッションチェンバ EL 10.5（原子炉建物 EL 1.3*1) | | 0.05以下 | ― | ― | $C_H$＝6.15*2 | $C_V$＝4.58*2 |
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）(TE217-15B) | サプレッションチェンバ EL 10.5（原子炉建物 EL 1.3*1) | | 0.05以下 | ― | ― | $C_H$＝6.15*2 | $C_V$＝4.58*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　溶接部の応力

三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

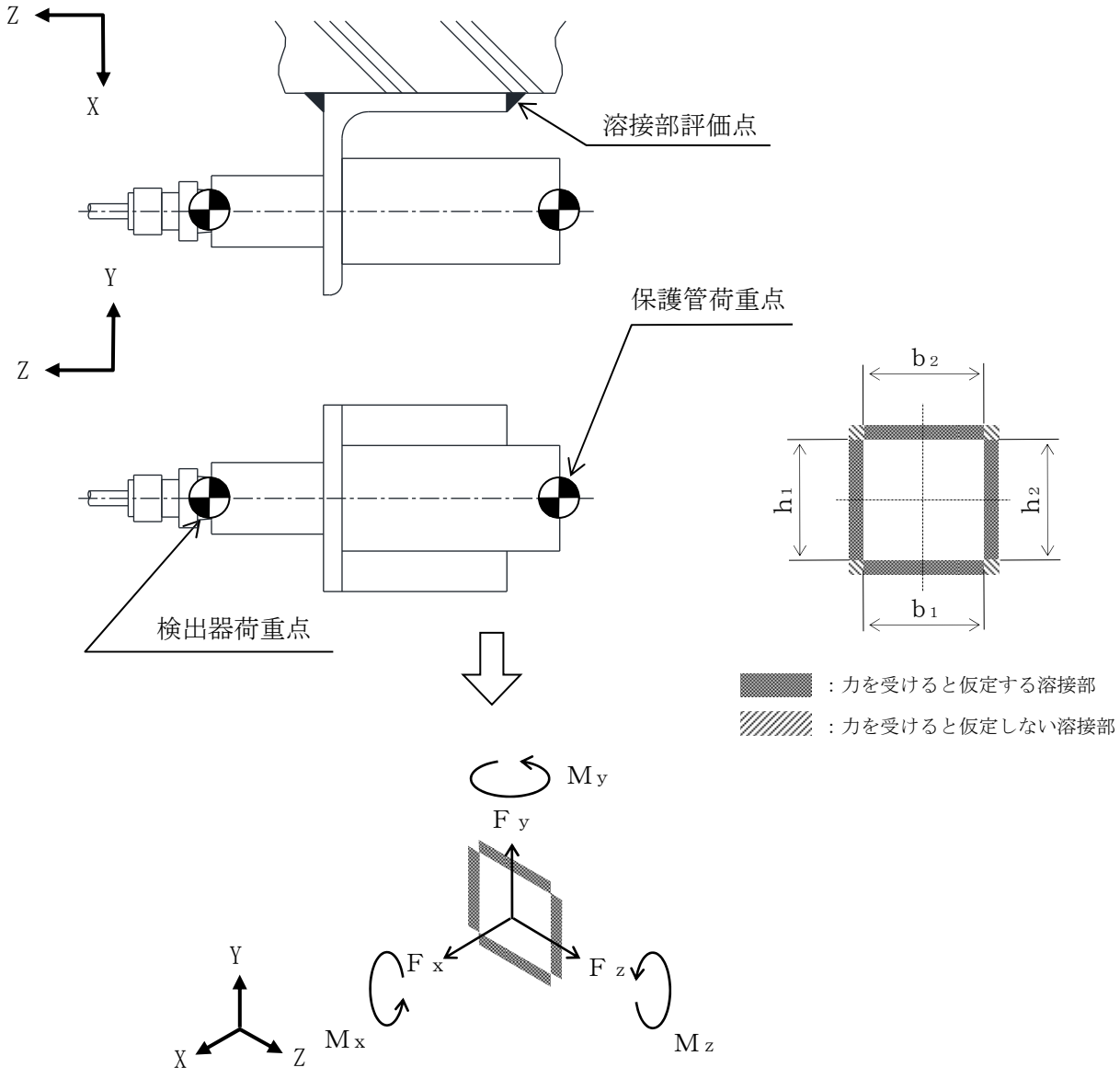



図 5－1　計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5－5 に示す。

表 5－5　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| TE217-15A | | | | | | |
| TE217-15B | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積，$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は，次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図5－1でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.8)$$

5.5　計算条件

5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）（TE217-15A）の耐震性についての計算結果】，【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）（TE217-15B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）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Ｓｓにより定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）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/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）<br>(TE217-15A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）<br>(TE217-15B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）(TE217-15A) の耐震性についての計算結 果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ） (TE217-15A) | 常設／緩和 | サプレッションチェンバ EL 10.5 (原子炉建物 EL 1.3*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=6.15*2 | $C_V$=4.58*2 | 175 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 149 | 412 | 205 | — | 201 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

（単位：N）

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

（単位：N･mm）

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

（単位：MPa）

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張 | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=116$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=116$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=116$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=116$ |

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

（×9.8m/s²）

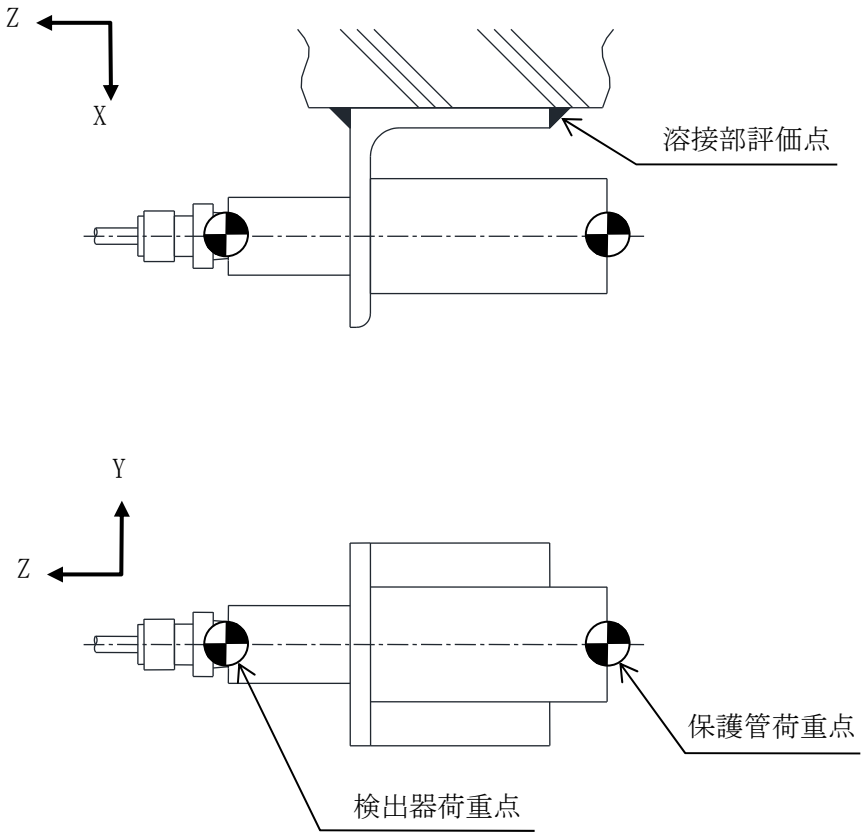
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）（TE217-15A） | 水平方向 | 4.26 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 3.18 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(TE217-15A) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 175 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 184000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）(TE217-15B) の耐震性についての計算結 果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ） (TE217-15B) | 常設／緩和 | サプレッションチェンバ EL 10.5 (原子炉建物 EL 1.3*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=6.15*2 | $C_V$=4.58*2 | 175 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 149 | 412 | 205 | — | 201 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張 | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=116$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=116$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=116$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=116$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

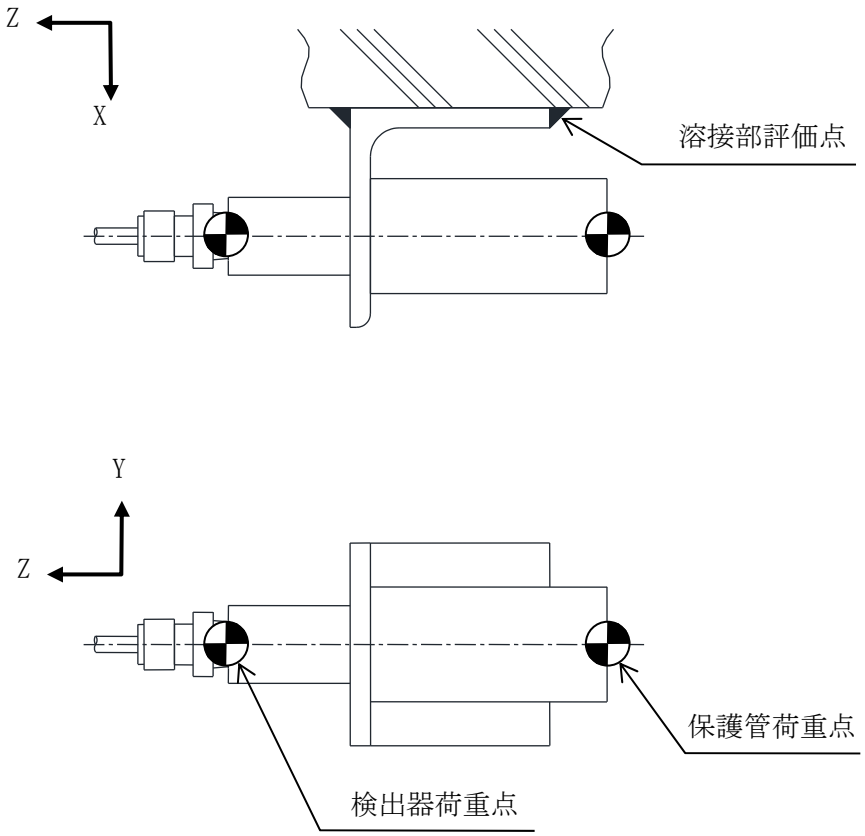
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッションチェンバ温度（ＳＡ）(TE217-15B) | 水平方向 | 4.26 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 3.18 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(TE217-15B) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 175 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 184000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# 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

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 4
3.1　固有周期の確認 ····· 4
4.　構造強度評価 ····· 5
4.1　構造強度評価方法 ····· 5
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
4.3　計算条件 ····· 5
5.　機能維持評価 ····· 10
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 10
6.　評価結果 ····· 11
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 11
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 11

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，格納容器酸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。

格納容器酸素濃度（02E229-101A）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

格納容器酸素濃度（02E229-101B）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，格納容器酸素濃度が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器酸素濃度の構造計画を表 2－1 及び表 2－2 に示す。

表 2－1　構造計画

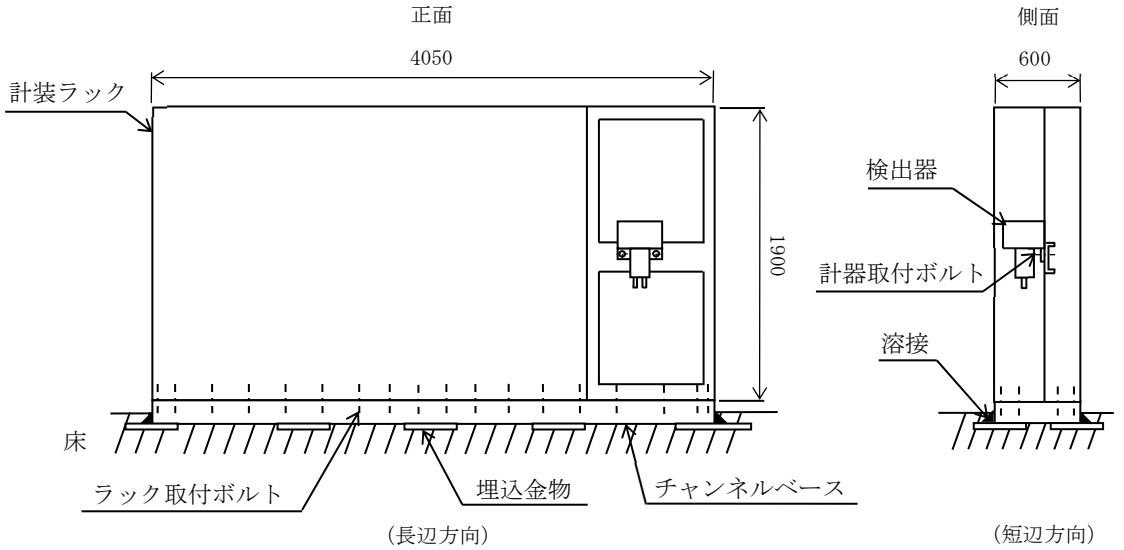
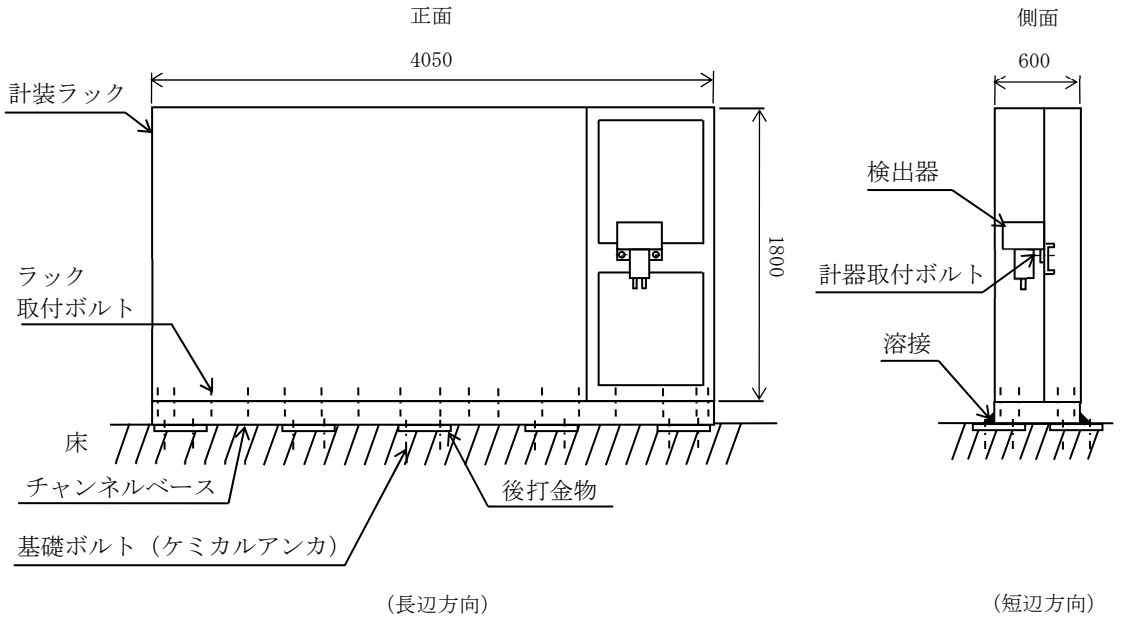
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに固定する。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 熱磁気風式酸素検出器 | 【格納容器酸素濃度（02E229-101A）】<br>  <br><br>（単位：mm） |

表 2－2　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに固定する。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて後打金物に固定され，後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 熱磁気風式酸素検出器 | 【格納容器酸素濃度（02E229-101B)】<br>  <br><br>（長辺方向）　（短辺方向）<br>（単位：mm） |

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

格納容器酸素濃度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（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 格納容器酸素濃度 (2RSR-3-3A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 格納容器酸素濃度 (2RSR-3-3B) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

格納容器酸素濃度の構造強度評価は，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

格納容器酸素濃度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－2に示す。

4.2.2 許容応力

格納容器酸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4－3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器酸素濃度（02E229-101A）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。

格納容器酸素濃度（02E229-101B）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－6に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器酸素濃度（02E229-101A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器酸素濃度（02E229-101B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 格納容器酸素濃度 | 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。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 格納容器酸素濃度（02E229-101B） | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

格納容器酸素濃度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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 格納容器酸素濃度<br>(02E229-101A) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 格納容器酸素濃度<br>(02E229-101B) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器酸素濃度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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

格納容器酸素濃度（02E229-101B）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。

【格納容器酸素濃度（02E229-101A）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 格納容器酸素濃度 (02E229-101A) | S | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.07*3 | $C_V$＝2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 900 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 245 | 295 | 16 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 1845 | 2145 | 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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝31 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝71 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝5 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝6 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

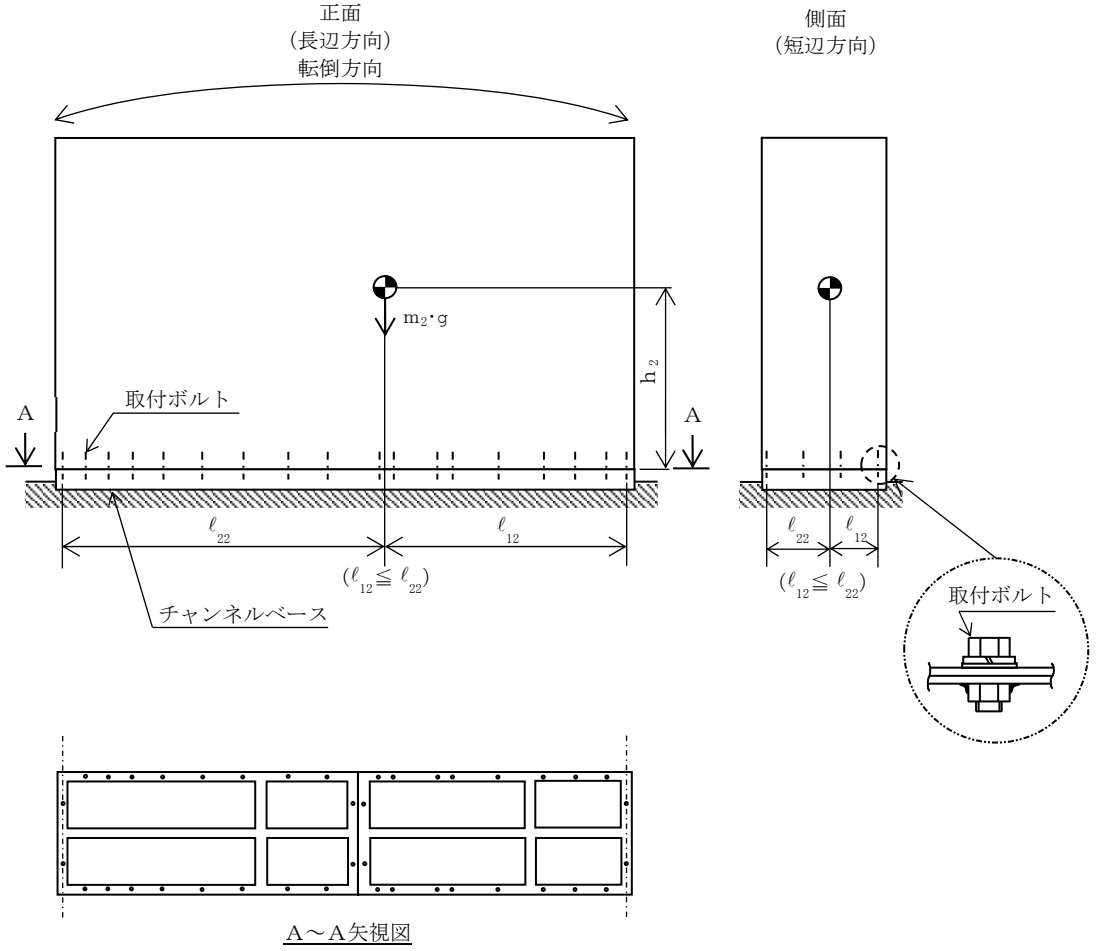
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器酸素濃度（02E229-101A） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
m2・g
h2
A
A
取付ボルト
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
チャンネルベース
取付ボルト

A～A矢視図

【格納容器酸素濃度（02E229-101B）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 格納容器酸素濃度 (02E229-101B) | S | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.07*3 | $C_V$＝2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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） | [redacted] | 839 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 770 | 16 (M16) | 201.1 | 38 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト （ｉ＝1） | 345 | 375 | 10 | 241 | 276 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 1690 | 2141 | 4 | | | | |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 245 | 295 | 15 | 231 | 276 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 1765 | 2225 | 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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}$＝26 | $f_{ts1}$＝144* | $\sigma_{b1}$＝42 | $f_{ts1}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_{b1}$＝6 | $f_{sb1}$＝111 | $\tau_{b1}$＝7 | $f_{sb1}$＝127 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝28 | $f_{ts2}$＝173* | $\sigma_{b2}$＝69 | $f_{ts2}$＝207* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝5 | $f_{sb2}$＝133 | $\tau_{b2}$＝7 | $f_{sb2}$＝159 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器酸素濃度（02E229-101B） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 格納容器酸素濃度 (02E229-101B) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=2.07*2 | $C_V$=2.39*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) | □ | 839 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 770 | 16 (M16) | 201.1 | 38 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 345 | 375 | 10 | — | 276 | — | 短辺方向 |
| | 1690 | 2141 | 4 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 245 | 295 | 15 | — | 276 | — | 長辺方向 |
| | 1765 | 2225 | 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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b1}=42$ | $f_{ts1}=165^{*}$ |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b1}=7$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=69$ | $f_{ts2}=207^{*}$ |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=7$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

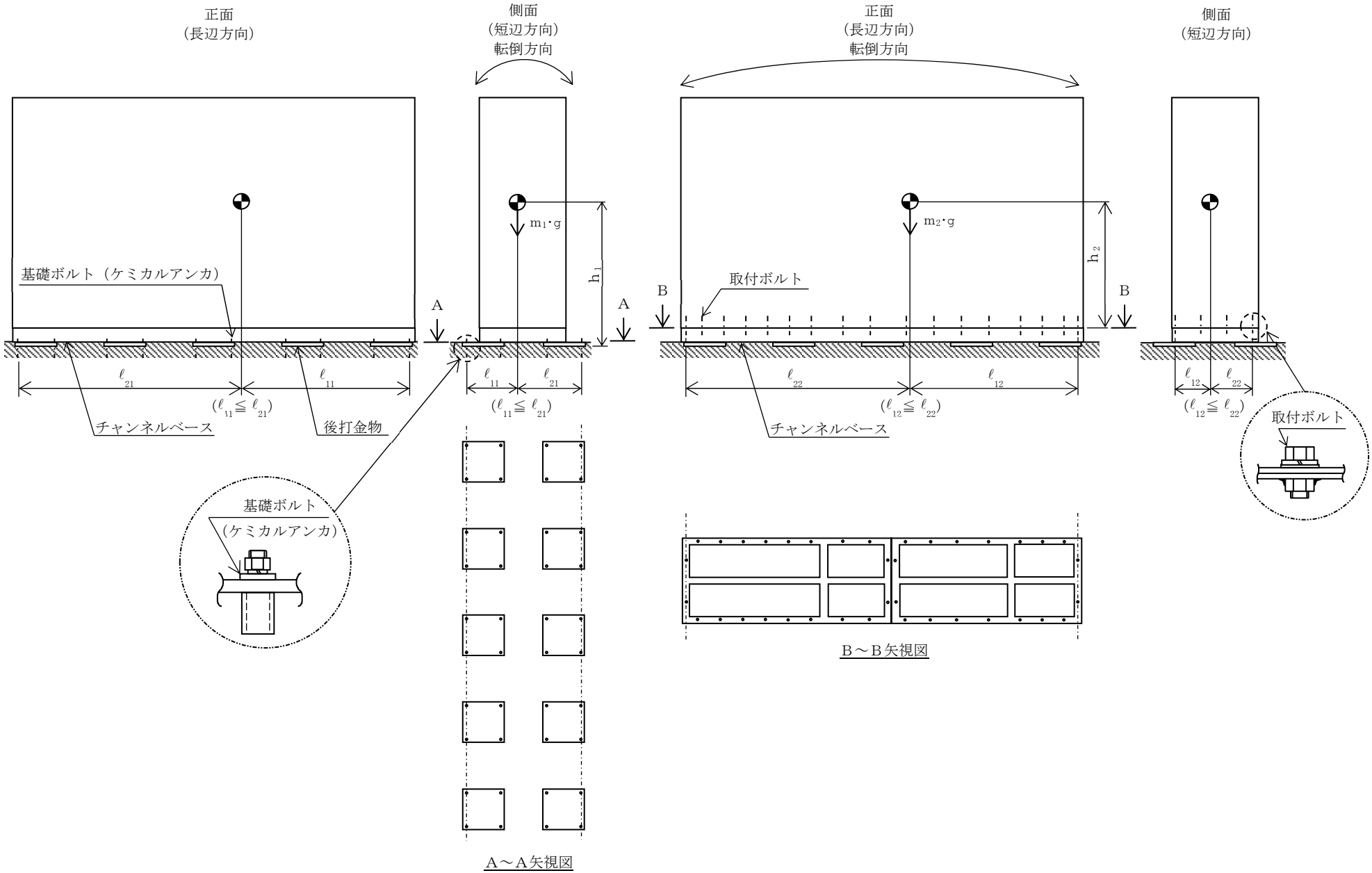
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器酸素濃度（02E229-101B） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
基礎ボルト（ケミカルアンカ）
チャンネルベース
後打金物
取付ボルト
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
B
m1・g
m2・g
h1
h2
ℓ21
ℓ11
ℓ22
ℓ12
(ℓ11≦ℓ21)
(ℓ12≦ℓ22)

A～A矢視図

B～B矢視図

# 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

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 4
3.1　固有周期の確認 ····· 4
4.　構造強度評価 ····· 5
4.1　構造強度評価方法 ····· 5
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
4.3　計算条件 ····· 5
5.　機能維持評価 ····· 10
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 10
6.　評価結果 ····· 11
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 11
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 11

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，格納容器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。

格納容器水素濃度（H2E229-101A）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

格納容器水素濃度（H2E229-101B）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，格納容器水素濃度が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器水素濃度の構造計画を表 2－1 及び表 2－2 に示す。

表 2－1　構造計画

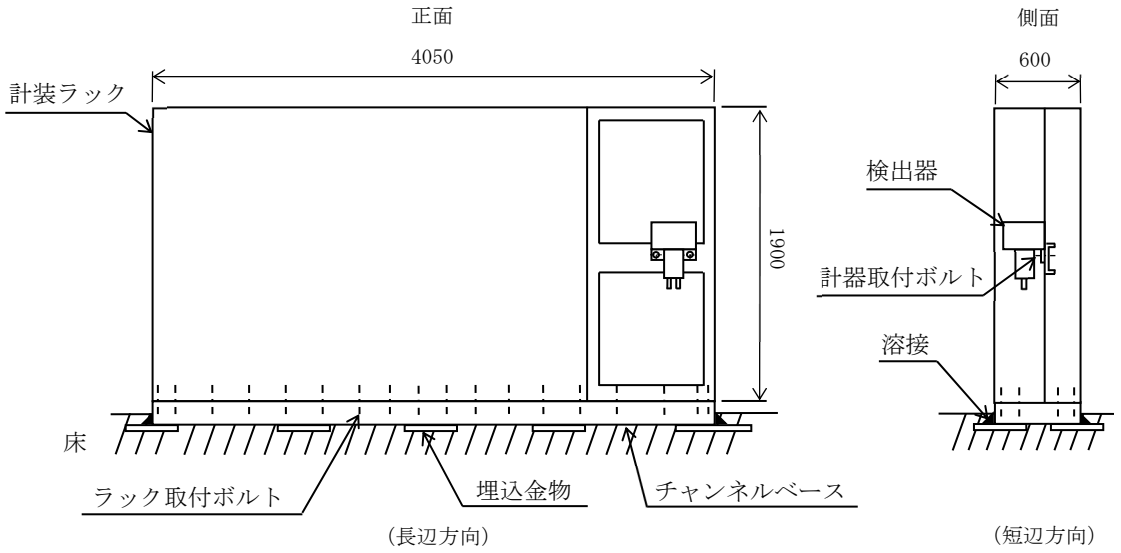
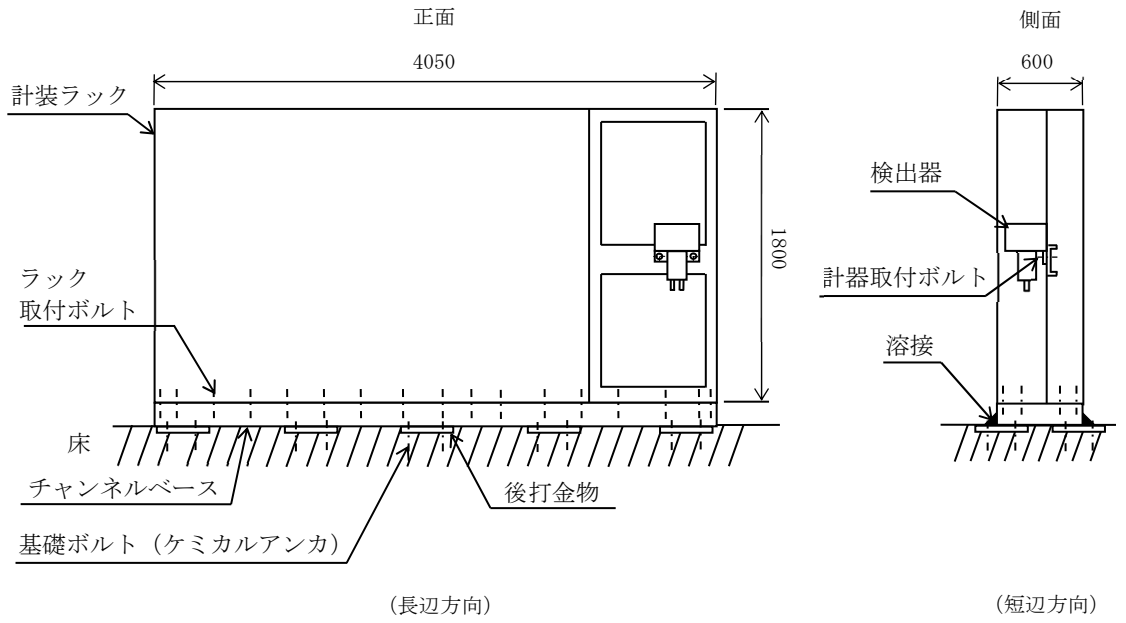
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに固定する。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 熱伝導式水素検出器 | 【格納容器水素濃度（H2E229-101A）】<br>  <br><br>（単位：mm） |

表 2－2　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに固定する。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて後打金物に固定され，後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 熱伝導式水素検出器 | 【格納容器水素濃度（H2E229-101B）】<br>  <br><br>（長辺方向）　（短辺方向）<br>（単位：mm） |

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

格納容器水素濃度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（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 格納容器水素濃度 (2RSR-3-3A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 格納容器水素濃度 (2RSR-3-3B) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

格納容器水素濃度の構造強度評価は，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

格納容器水素濃度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－2に示す。

4.2.2 許容応力

格納容器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4－3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器水素濃度（H2E229-101A）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。

格納容器水素濃度（H2E229-101B）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－6に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器水素濃度（H2E229-101A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器水素濃度（H2E229-101B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 格納容器水素濃度 | 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。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 格納容器水素濃度<br>(H2E229-101B) | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

格納容器水素濃度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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 格納容器水素濃度<br>(H2E229-101A) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 格納容器水素濃度<br>(H2E229-101B) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器水素濃度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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

格納容器水素濃度（H2E229-101B）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。

【格納容器水素濃度（H2E229-101A）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 格納容器水素濃度 (H2E229-101A) | S | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.07*3 | $C_V$＝2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | □ | 900 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 245 | 295 | 16 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 1845 | 2145 | 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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝31 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝71 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝5 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝6 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

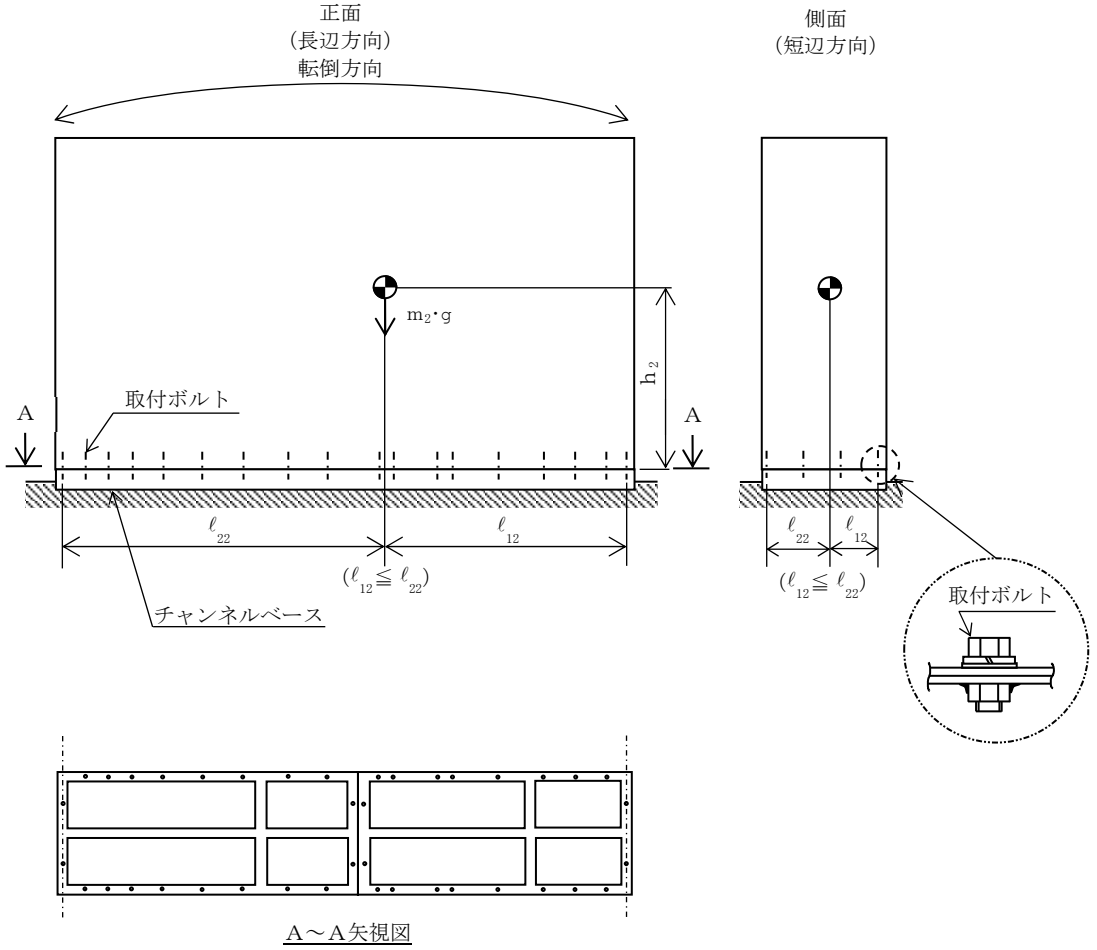
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器水素濃度（H2E229-101A） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
m2・g
h2
A
A
取付ボルト
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
チャンネルベース
取付ボルト

A～A矢視図

【格納容器水素濃度（H2E229-101B）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 格納容器水素濃度 (H2E229-101B) | S | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.07*3 | $C_V$＝2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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） | [redacted] | 839 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 770 | 16 (M16) | 201.1 | 38 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト （ｉ＝1） | 345 | 375 | 10 | 241 | 276 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 1690 | 2141 | 4 | | | | |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 245 | 295 | 15 | 231 | 276 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 1765 | 2225 | 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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}$＝26 | $f_{ts1}$＝144* | $\sigma_{b1}$＝42 | $f_{ts1}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_{b1}$＝6 | $f_{sb1}$＝111 | $\tau_{b1}$＝7 | $f_{sb1}$＝127 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝28 | $f_{ts2}$＝173* | $\sigma_{b2}$＝69 | $f_{ts2}$＝207* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝5 | $f_{sb2}$＝133 | $\tau_{b2}$＝7 | $f_{sb2}$＝159 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器水素濃度（H2E229-101B） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 格納容器水素濃度 (H2E229-101B) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=2.07*2 | $C_V$=2.39*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) | □ | 839 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 770 | 16 (M16) | 201.1 | 38 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 345 | 375 | 10 | — | 276 | — | 短辺方向 |
| | 1690 | 2141 | 4 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 245 | 295 | 15 | — | 276 | — | 長辺方向 |
| | 1765 | 2225 | 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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | — | [redacted] | — | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b1}=42$ | $f_{ts1}=165^{*}$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b1}=7$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=69$ | $f_{ts2}=207^{*}$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=7$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

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

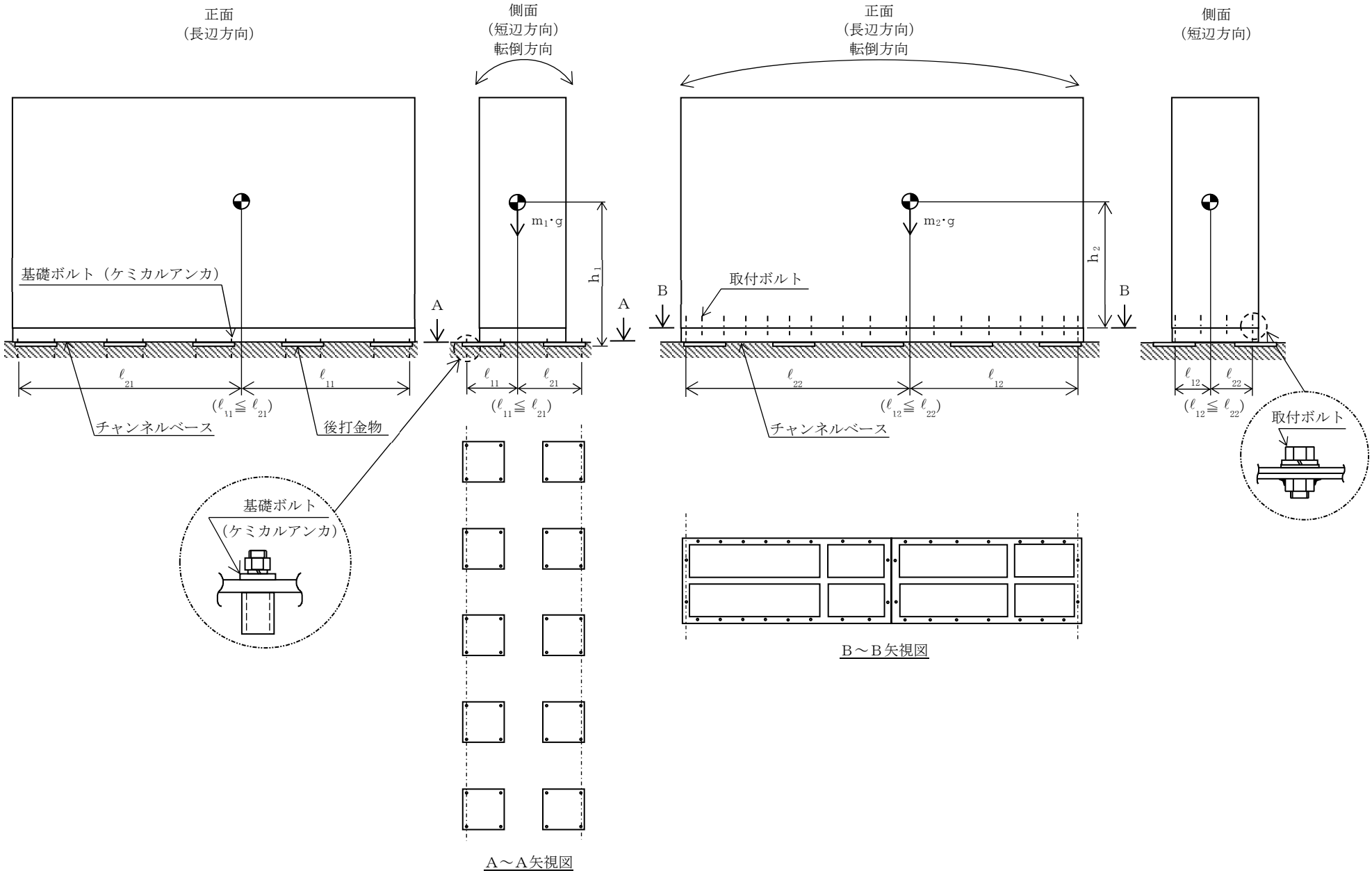
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器水素濃度（H2E229-101B） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
基礎ボルト（ケミカルアンカ）
m1・g
h1
m2・g
h2
取付ボルト
A
A
B
B
ℓ21
ℓ11
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
チャンネルベース
後打金物
チャンネルベース
取付ボルト
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)

A～A矢視図

B～B矢視図

# Ⅵ-2-6-5-41　サプレッションプール水位の耐震性についての計算書

目　　次

1.　サプレッションプール水位（LX217-1A）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.2.2　評価方針　3
1.2.3　適用規格・基準等　4
1.2.4　記号の説明　5
1.2.5　計算精度と数値の丸め方　7
1.3　評価部位　8
1.4　固有周期　8
1.4.1　固有周期の確認　8
1.5　構造強度評価　9
1.5.1　構造強度評価方法　9
1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力　9
1.5.3　設計用地震力　13
1.5.4　計算方法　14
1.5.5　計算条件　20
1.5.6　応力の評価　20
1.6　機能維持評価　22
1.6.1　電気的機能維持評価方法　22
1.7　評価結果　23
1.7.1　設計基準対象施設としての評価結果　23
2.　サプレッションプール水位（LX217-1B）　29
2.1　概要　29
2.2　一般事項　29
2.2.1　構造計画　29
2.3　固有周期　31
2.3.1　固有周期の確認　31
2.4　構造強度評価　32
2.4.1　構造強度評価方法　32
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　32
2.4.3　計算条件　32
2.5　機能維持評価　36
2.5.1　電気的機能維持評価方法　36

2.6　評価結果 ････････････････････････････････････････････････････････････････ 37
2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ･･････････････････････････････････････ 37

S2 補 VI-2-6-5-41 R0

# 1. サプレッションプール水位（LX217-1A）

## 1.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションプール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。

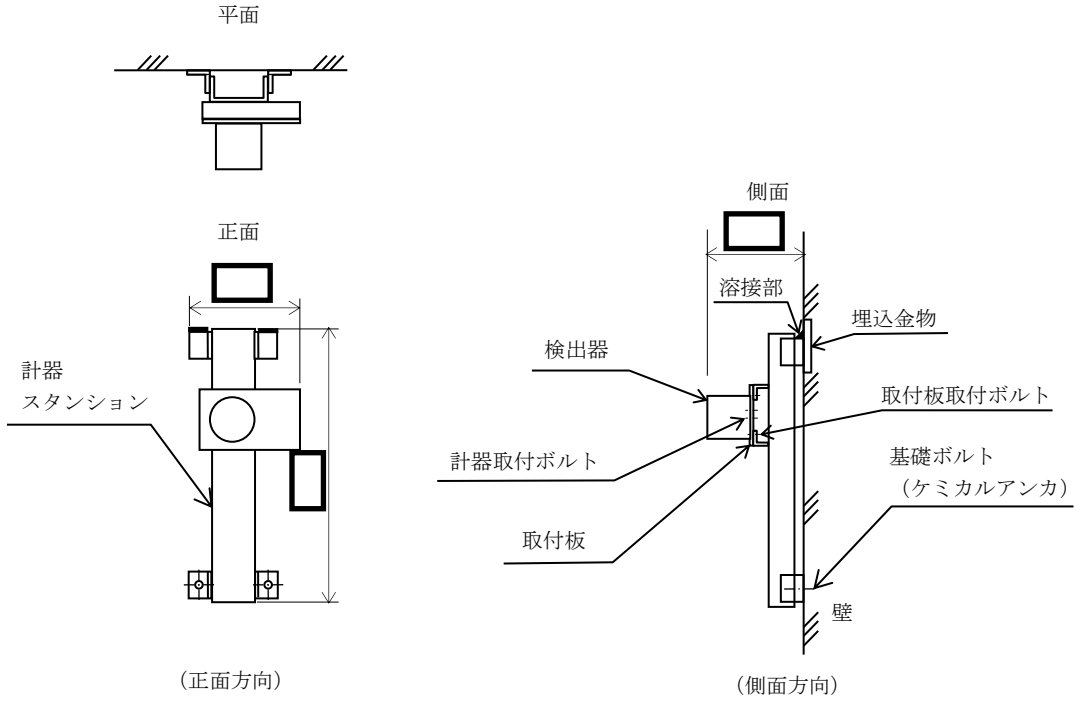
サプレッションプール水位は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 1.2 一般事項

### 1.2.1 構造計画

サプレッションプール水位の構造計画を表 1－1 に示す。

表 1－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。<br>計器スタンションは，基礎ボルト及び壁面に設置された埋込金物への溶接により壁面に設置する。 | 差圧式水位検出器 | 【サプレッションプール水位】<br>  <br><br>（単位：mm） |

1.2.2　評価方針

サプレッションプール水位の応力評価は，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，「1.2.1　構造計画」にて示すサプレッションプール水位の部位を踏まえ「1.3　評価部位」にて設定する箇所において，「1.4　固有周期」で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，「1.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，サプレッションプール水位の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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，「1.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

サプレッションプール水位の耐震評価フローを図1－1に示す。



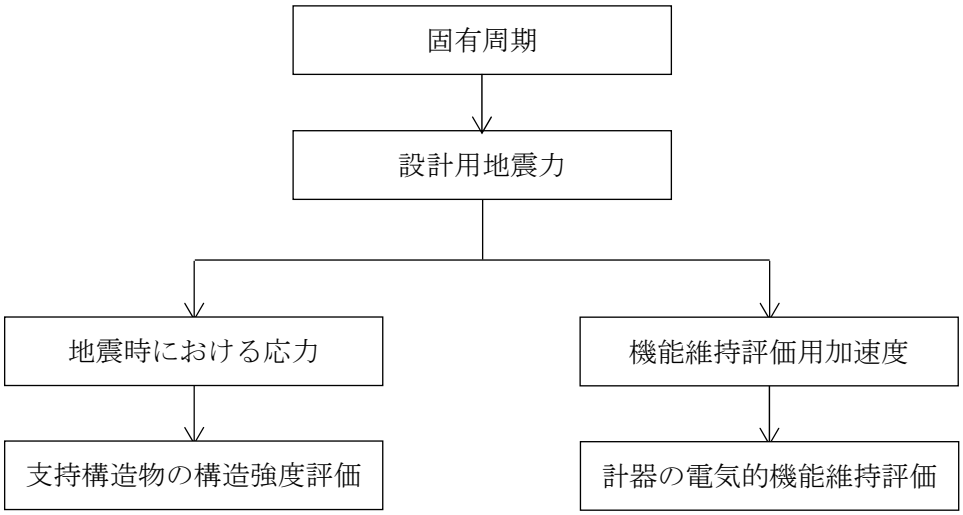



図1－1　サプレッションプール水位の耐震評価フロー

### 1.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

1.2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_b$ | 基礎ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| d | 基礎ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 | N |
| $F_w$ | 溶接部に作用する引張力 | N |
| $F_{w1}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| $F_{w2}$ | 鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| $f_{sb}$ | 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 |
| $f_{sm}$ | せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell'$ | 溶接の有効長さ | mm |
| $\ell$ | 重心と下側基礎ボルト間の距離 | mm |
| $\ell_a$ | 側面（左右）基礎ボルト間の距離 | mm |
| $\ell_b$ | 上側溶接部と下側基礎ボルト間の距離 | mm |
| m | 計器架台の質量 | kg |
| $n_b$ | 基礎ボルトの本数 | — |
| $n_w$ | 溶接部の数 | — |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待する水平方向基礎ボルト，溶接数 | — |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向基礎ボルト，溶接数 | — |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $Q_b$ | 基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_w$ | 溶接部に作用するせん断力 | N |
| $Q_{w1}$ | 水平方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| $Q_{w2}$ | 鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値 | MPa |
| $S_y$（RT） | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値 | MPa |
| $\pi$ | 円周率 | ― |
| $\sigma$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |
| $\tau_w$ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

1.2.5　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1－2に示すとおりである。

表1－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| 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。

1.3　評価部位

サプレッションプール水位の耐震評価は,「1.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき,耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び溶接部について実施する。

サプレッションプール水位の耐震評価部位については，表 1－1 の概略構造図に示す。

1.4　固有周期

1.4.1　固有周期の確認

サプレッションプール水位の固有周期は，構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 1－3 に示す。

表 1－3　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| サプレッションプール水位 (LX217-1A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

1.5　構造強度評価

1.5.1　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作用するものとする。

(3)　計器スタンションは基礎ボルト及び溶接により壁面に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向*は，正面方向及び側面方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

注記＊：計器スタンションの転倒方向は，計器スタンションを正面より見て左右に転倒する場合を「正面方向転倒」，前方に転倒する場合を「側面方向転倒」という。

1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1－4に示す。

1.5.2.2　許容応力

サプレッションプール水位の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表1－5のとおりとする。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションプール水位の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1－6に示す。

表 1－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | サプレッションプール水位 | S | —* | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | $III_AS$ |
| | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | $IV_AS$ |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1－5　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外） | | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |

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

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

表 1－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |
| 溶接部 | SS41* (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 66 | 234 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当

1.5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表1－7に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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1－7　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m) | 固有周期<br>(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物<br>EL 1.3<br>(EL 8.8*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| | 0.05以下 | 0.05以下 | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　応力の計算方法

1.5.4.1.1　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。

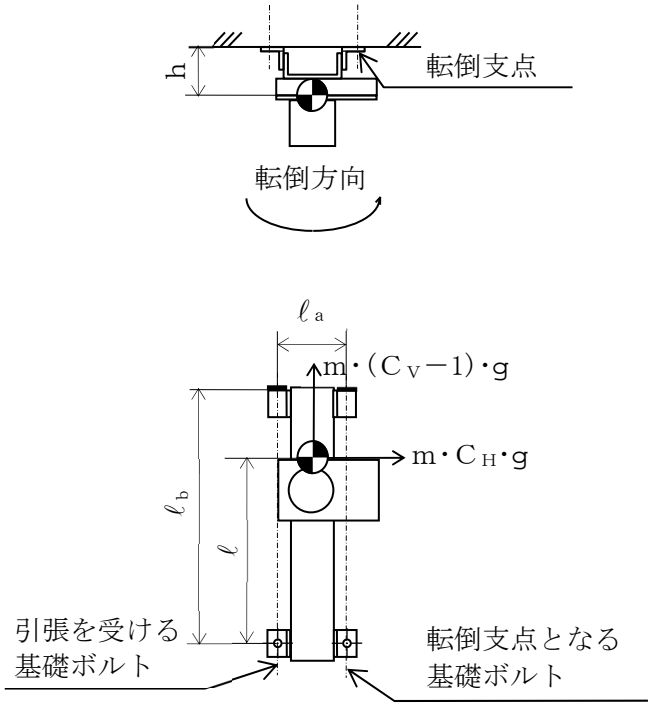



図1−2 計算モデル（基礎ボルト）（正面方向転倒）

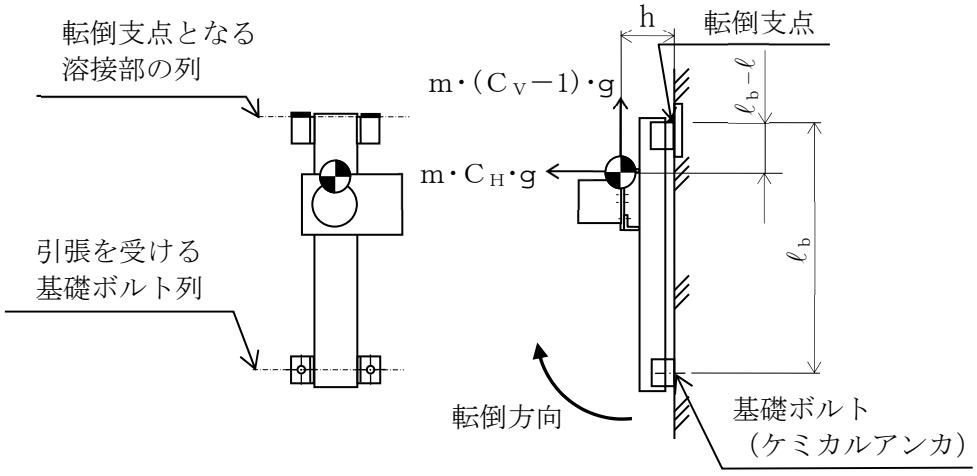



図 1−3　計算モデル（基礎ボルト）（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は，図1－2及び図1－3で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(C_V-1)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot(\ell_b-\ell)+(C_V-1)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}\,(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^{\,2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は,基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n_b \cdot A_b} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.9)$$

1.5.4.1.2　溶接部の計算方法

溶接部の応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

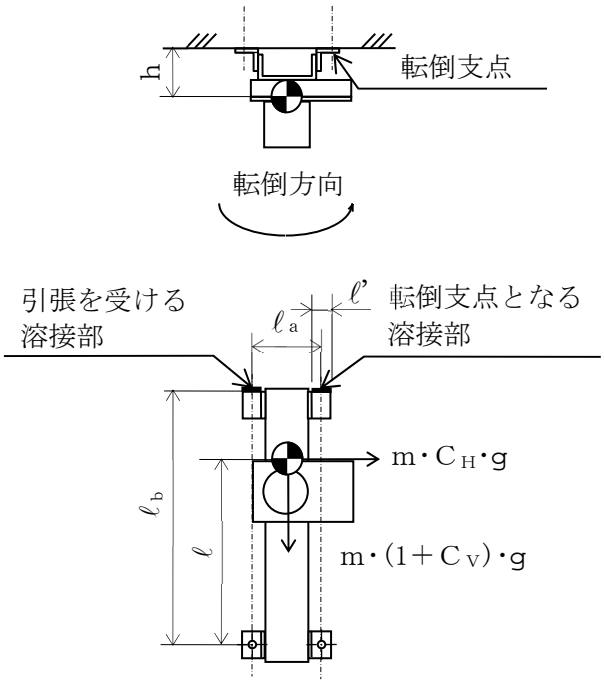



図1－4　計算モデル（溶接部）（正面方向転倒）

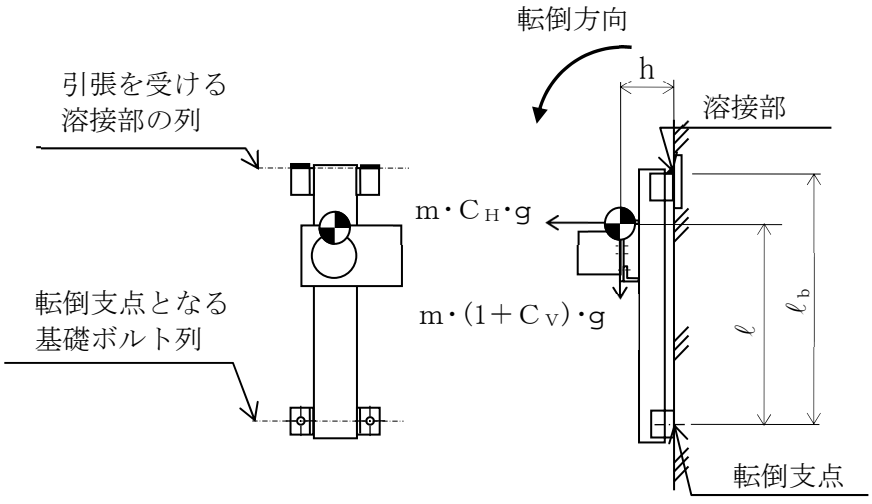



図1－5　計算モデル（溶接部）（側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は，図1－4及び図1－5で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え，これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.2.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell+(1+C_V)\cdot h}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.2.2)$$

$$F_w=\mathrm{Max}\,(F_{w1},\ F_{w2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_w=\frac{F_w}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.2.4)$$

ここで，溶接部の有効断面積$A_w$は次式により求める。

$$A_w=a\cdot \ell' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.2.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 a は次式により求める。

$$a=0.7\cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.2.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は，溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.10)$$

(3) 組合せ応力（溶接部）

溶接部に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.11)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　基礎ボルト及び溶接部の応力計算条件

基礎ボルト及び溶接部の応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションプール水位（LX217-1A）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　基礎ボルトの応力評価

1.5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし，$f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は，せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし，$f_{sb}$ は下表による。



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

1.5.6.2　溶接部の応力評価

1.5.4.1.2項で求めた溶接部に発生する応力は，許容せん断応力$f_{sm}$以下であること。ただし，$f_{sm}$は下表による。

| | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合 | 基準地震動Ｓｓによる<br>荷重との組合せの場合 |
|---|---|---|
| 許容せん断応力<br>$f_{sm}$ | $\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ | $\frac{F^{*}}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

1.6　機能維持評価

1.6.1　電気的機能維持評価方法

サプレッションプール水位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Ｓｓ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。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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1－8に示す。

表1－8　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| サプレッションプール水位<br>(LX217-1A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.7　評価結果

### 1.7.1　設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションプール水位の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【サプレッションプール水位（LX217-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| サプレッションプール水位 (LX217-1A) | S | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | s (mm) | a (mm) | ℓ′ (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | $A_w$ (mm$^2$) | $n_b$ | $n_w$ | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 190 | 12 (M12) | — | — | — | 113.1 | — | 2 | — | 206 (40mm＜径) | 385 |
| 溶接部 | | 190 | — | 4.2 | 2.9 | 50 | — | 147.0 | — | 2 | 234 (径≦16mm) | 385 |

| 部材 | ℓ* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fH}$* | $n_{fV}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 848 | 160 | 1125 | 1 | 2 | 206 | 247 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 848 | 160 | 1125 | 1 | 2 | | | | |
| 溶接部 | 848 | 160 | 1125 | 1 | 2 | 234 | 270 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 848 | 160 | 1125 | 1 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルト，溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | | | | |

1.3.2 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_w$ | | $Q_w$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | | | | |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b=4$ | $f_{ts}=123^*$ | $\sigma_b=8$ | $f_{ts}=148^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=4$ | $f_{sb}=95$ | $\tau_b=6$ | $f_{sb}=114$ |
| 溶接部 | SS41 | 引張 | $\sigma_w=4$ | $f_{sm}=135$ | $\sigma_w=7$ | $f_{sm}=155$ |
| | | せん断 | $\tau_w=3$ | $f_{sm}=135$ | $\tau_w=5$ | $f_{sm}=155$ |
| | | 組合せ | $\sigma=5$ | $f_{sm}=135$ | $\sigma=8$ | $f_{sm}=155$ |

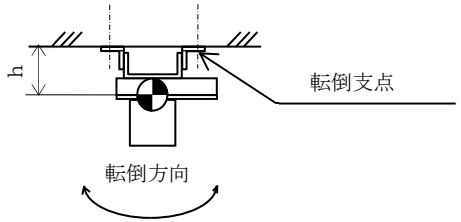
すべて許容応力以下である。

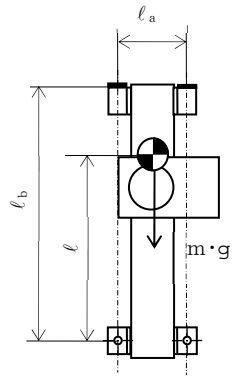
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s²)

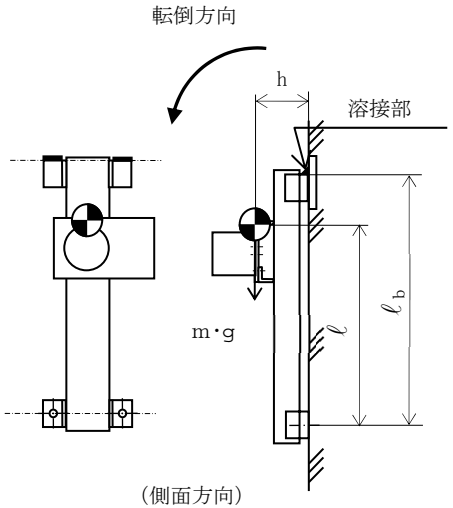
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッション<br>プール水位<br>(LX217-1A) | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。

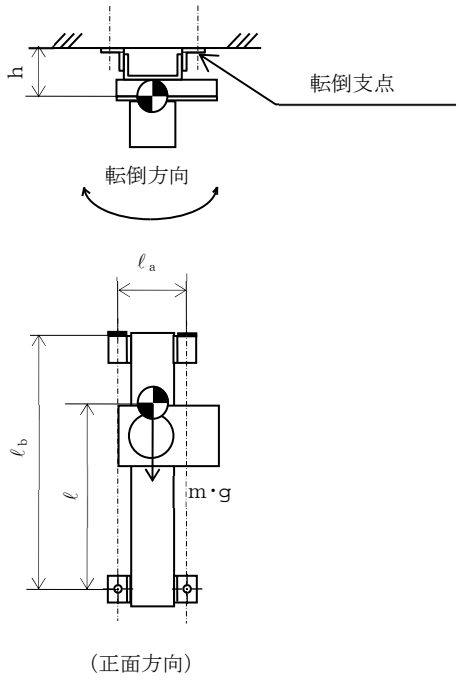


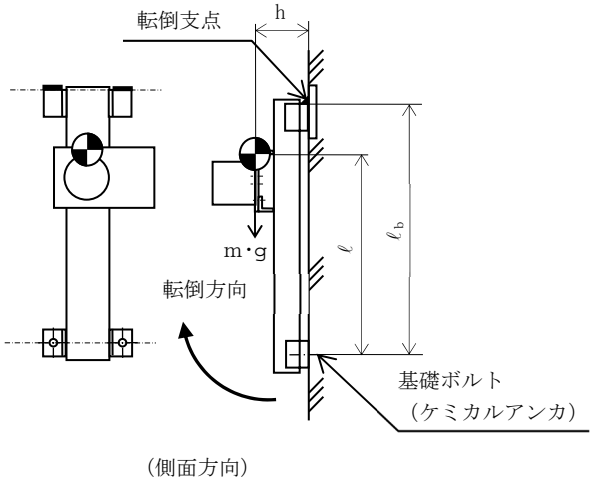

（正面方向）




（側面方向）


h
転倒支点
転倒方向
$\ell_a$
$\ell_b$
$\ell$
m・g

（正面方向）


転倒支点
h
m・g
転倒方向
$\ell$
$\ell_b$
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）

（側面方向）

2.　サプレッションプール水位（LX217-1B）

2.1　概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションプール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。

サプレッションプール水位は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

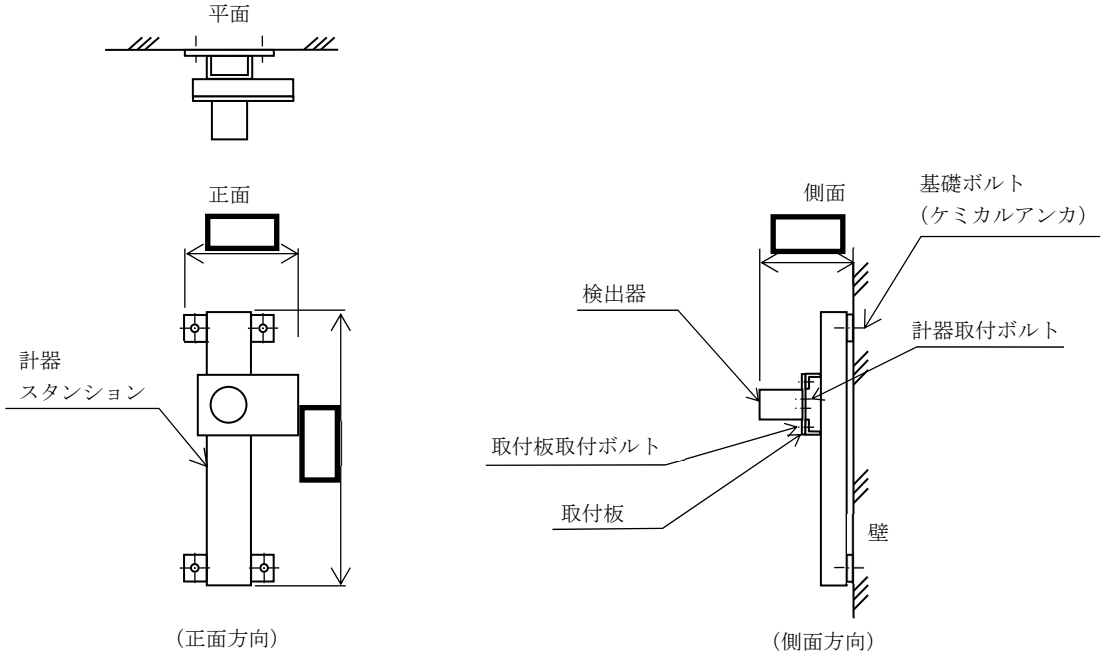
なお，サプレッションプール水位は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

サプレッションプール水位の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。<br>計器スタンションは，基礎ボルトで基礎に設置する。 | 差圧式水位検出器 | 【サプレッションプール水位】<br>  <br><br>（単位：mm） |

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

サプレッションプール水位の固有周期は，構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表2－2に示す。

表2－2　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| サプレッションプール水位<br>(LX217-1B) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |

## 2.4　構造強度評価

### 2.4.1　構造強度評価方法

サプレッションプール水位の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2－3に示す。

#### 2.4.2.2　許容応力

サプレッションプール水位の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表2－4のとおりとする。

#### 2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションプール水位の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2－5に示す。

### 2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションプール水位（LX217-1B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | サプレッションプール水位 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－4　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・f t | 1.5・f s |
| ⅣAS | 1.5・f t* | 1.5・f s* |

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

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

表 2－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | － |

注記＊：SS400 相当

## 2.5　機能維持評価

### 2.5.1　電気的機能維持評価方法

サプレッションプール水位の電気的機能維持評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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 2－6 に示す。

表 2－6　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| サプレッションプール水位<br>(LX217-1B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.6 評価結果

### 2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションプール水位の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【サプレッションプール水位（LX217-1B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| サプレッションプール水位 (LX217-1B) | S | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_2$ (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | | 190 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 206 （40mm＜径） | 385 |

| 部材 | $\ell_3$* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fv}$* | $n_{fH}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 848 | 160 | 1100 | 2 | 2 | 206 | 247 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 848 | 160 | 1100 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 274.8 | | 795.7 | |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b$＝3 | $f_{ts}$＝ 123* | $\sigma_b$＝5 | $f_{ts}$＝ 148* |
| | | せん断 | $\tau_b$＝2 | $f_{sb}$＝ 95 | $\tau_b$＝3 | $f_{sb}$＝ 114 |

すべて許容応力以下である。

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

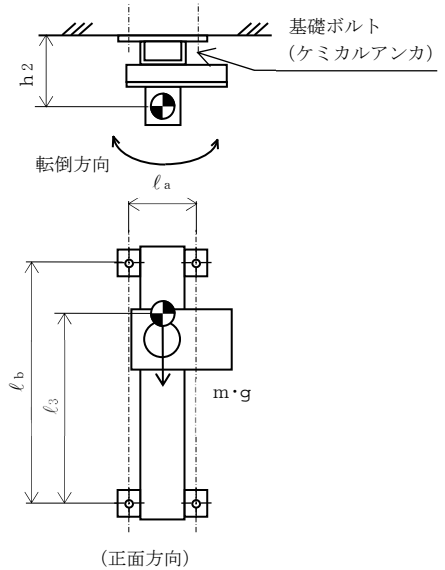
1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

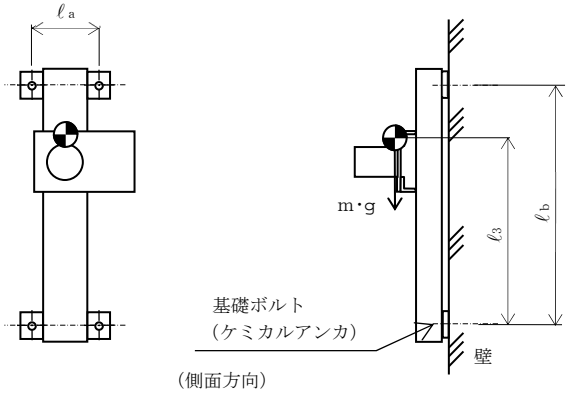
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッションプール水位（LX217-1B） | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。




（正面方向）




（側面方向）

# 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

目　　次


1.　ドライウェル水位（LE2B5-1，5）　…………………………………… 1
1.1　概要　……………………………………………………………… 1
1.2　一般事項　………………………………………………………… 1
1.2.1　構造計画　……………………………………………………… 1
1.2.2　評価方針　……………………………………………………… 4
1.2.3　適用規格・基準等　…………………………………………… 5
1.2.4　記号の説明　…………………………………………………… 6
1.2.5　計算精度と数値の丸め方　…………………………………… 7
1.3　評価部位　………………………………………………………… 8
1.4　固有周期　………………………………………………………… 9
1.4.1　固有値解析方法　……………………………………………… 9
1.4.2　解析モデル及び諸元　………………………………………… 9
1.4.3　固有値解析結果　……………………………………………… 11
1.5　構造強度評価　…………………………………………………… 13
1.5.1　構造強度評価方法　…………………………………………… 13
1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力　………………………………… 13
1.5.3　設計用地震力　………………………………………………… 17
1.5.4　計算方法　……………………………………………………… 18
1.5.5　計算条件　……………………………………………………… 21
1.5.6　応力の評価　…………………………………………………… 21
1.6　機能維持評価　…………………………………………………… 22
1.6.1　電気的機能維持評価方法　…………………………………… 22
1.7.　評価結果　………………………………………………………… 23
1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果　…………………… 23

2.　ドライウェル水位（LE2B5-6）　30
2.1　概要　30
2.2　一般事項　30
2.2.1　構造計画　30
2.2.2　評価方針　32
2.2.3　適用規格・基準等　33
2.2.4　記号の説明　34
2.2.5　計算精度と数値の丸め方　35
2.3　評価部位　36
2.4　固有周期　37
2.4.1　固有値解析方法　37
2.4.2　解析モデル及び諸元　37
2.4.3　固有値解析結果　38
2.5　構造強度評価　39
2.5.1　構造強度評価方法　39
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力　39
2.5.3　設計用地震力　43
2.5.4　計算方法　44
2.5.5　計算条件　46
2.5.6　応力の評価　46
2.6　機能維持評価　47
2.6.1　電気的機能維持評価方法　47
2.7.　評価結果　48
2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果　48

# 1. ドライウェル水位（LE2B5-1，5）

## 1.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル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。

ドライウェル水位は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 1.2 一般事項

### 1.2.1 構造計画

ドライウェル水位の構造計画を表 1－1 及び表 1－2 に示す。

表 1－1　構造計画

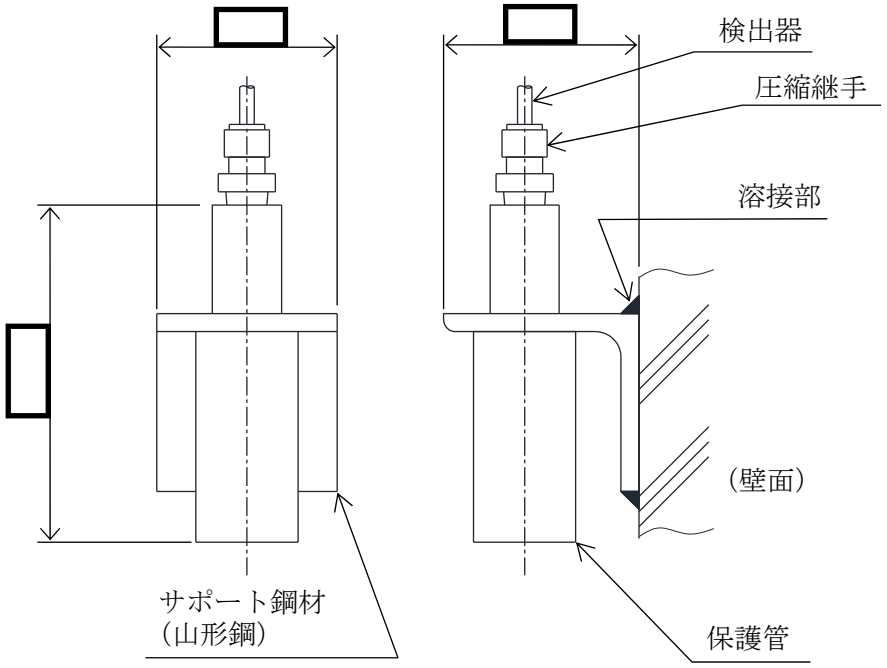
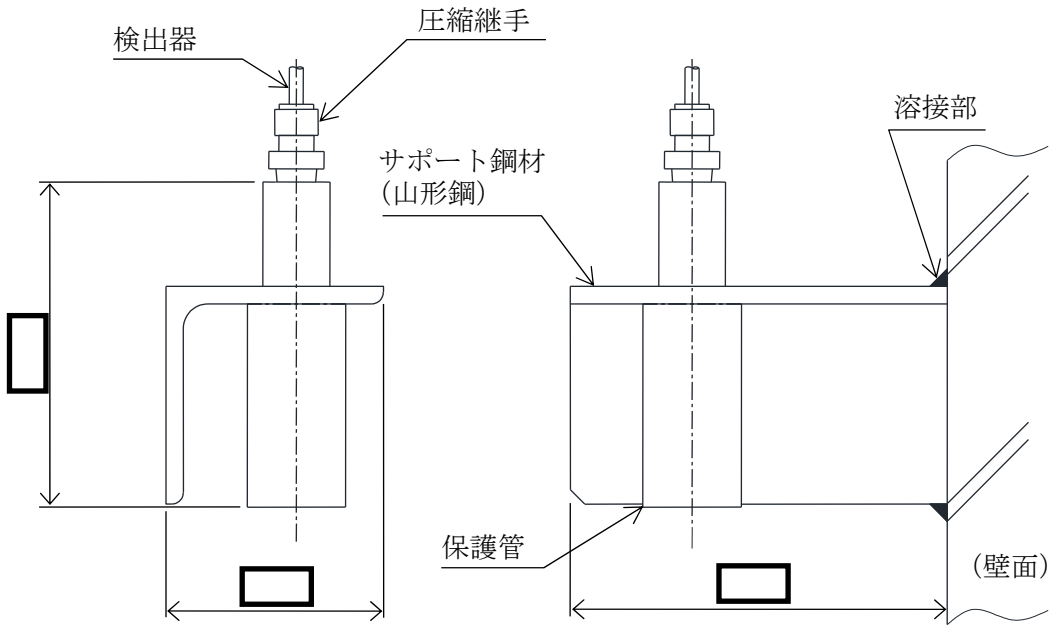
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 電極式水位検出器 | 【ドライウェル水位（LE2B5-1)】<br>  <br><br>（単位：mm） |

表 1－2　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 電極式水位検出器 | 【ドライウェル水位（LE2B5-5)】<br>  <br><br>（単位：mm） |

1.2.2　評価方針

ドライウェル水位の応力評価は，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，「1.2.1　構造計画」にて示すドライウェル水位の部位を踏まえ「1.3　評価部位」にて設定する箇所において，「1.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「1.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，ドライウェル水位の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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，「1.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

ドライウェル水位の耐震評価フローを図1－1に示す。

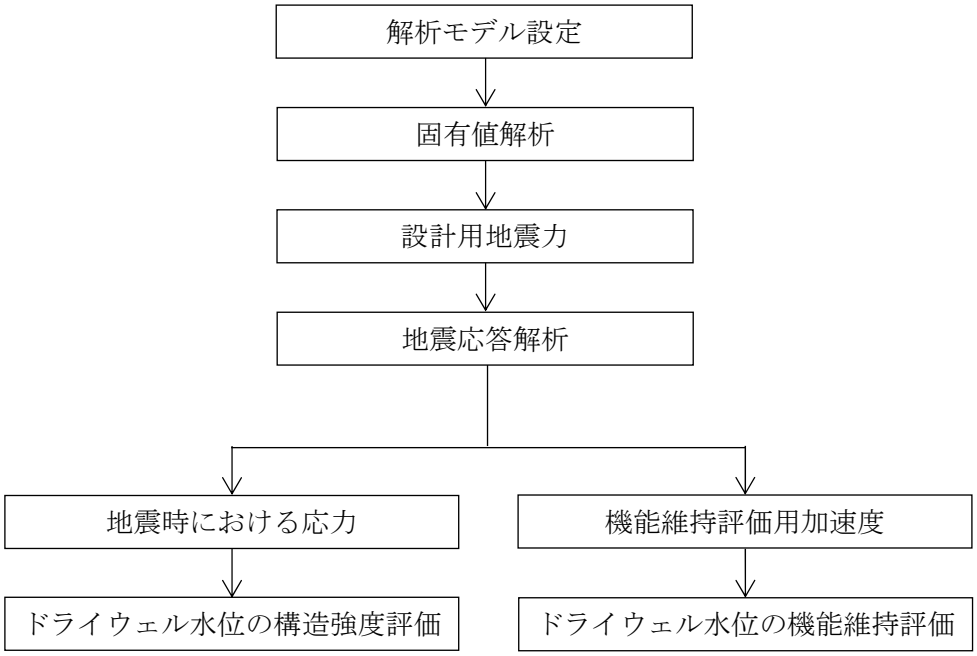



図1－1　ドライウェル水位の耐震評価フロー

1.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

1.2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部のＦｙに対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部のＦｚに対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$，$b_2$ | 溶接の有効長さ（Ｚ方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（Ｘ方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Ｙ方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Ｚ方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$，$h_2$ | 溶接の有効長さ（Ｙ方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（Ｘ軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Ｙ軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Ｚ軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるＹ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるＺ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表1－3に示すとおりである。

表1－3　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

1.3　評価部位

ドライウェル水位の耐震評価は，「1.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル水位の耐震評価部位については，表1－1及び表1－2の概略構造図に示す。

## 1.4　固有周期

### 1.4.1　固有値解析方法

ドライウェル水位の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ドライウェル水位は,「1.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

### 1.4.2　解析モデル及び諸元

ドライウェル水位の解析モデルを図 1－2 及び図 1－3 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【ドライウェル水位の耐震性についての計算結果（LE2B5-1)】,【ドライウェル水位の耐震性についての計算結果（LE2B5-5)】のその他の機器要目に示す。

(1)　ドライウェル水位の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

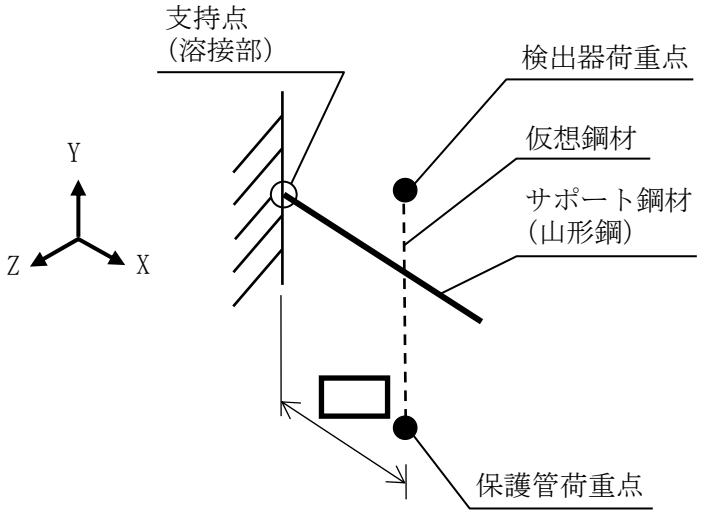
(2)　ドライウェル水位の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

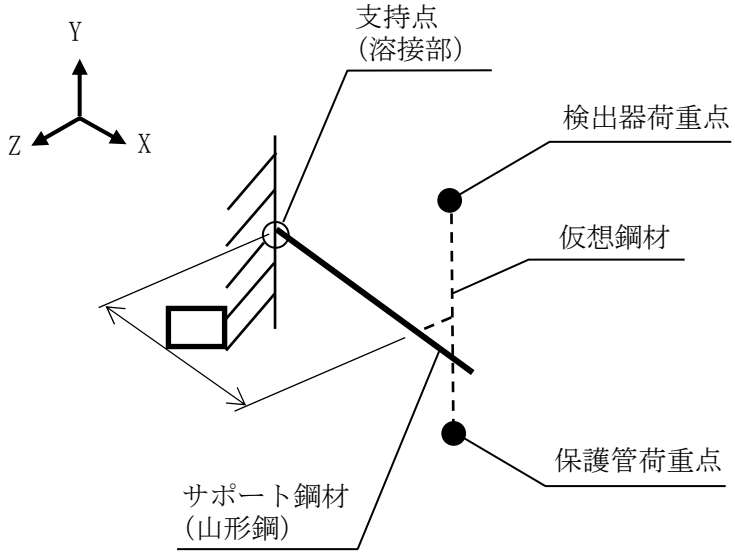
(5)　解析コードは,「ＮＳＡＦＥ」を使用し，固有値及び荷重を求める。

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。




（単位：mm）

図 1－2　解析モデル（LE2B5-1）




（単位：mm）

図1－3　解析モデル（LE2B5-5）

1.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 1－4，振動モード図を図 1－4 及び図 1－5 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 1－4　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| LE2B5-1 | 1 次 | 鉛直 | [redacted] | — | — | — |
| LE2B5-5 | 1 次 | 水平 | [redacted] | — | — | — |

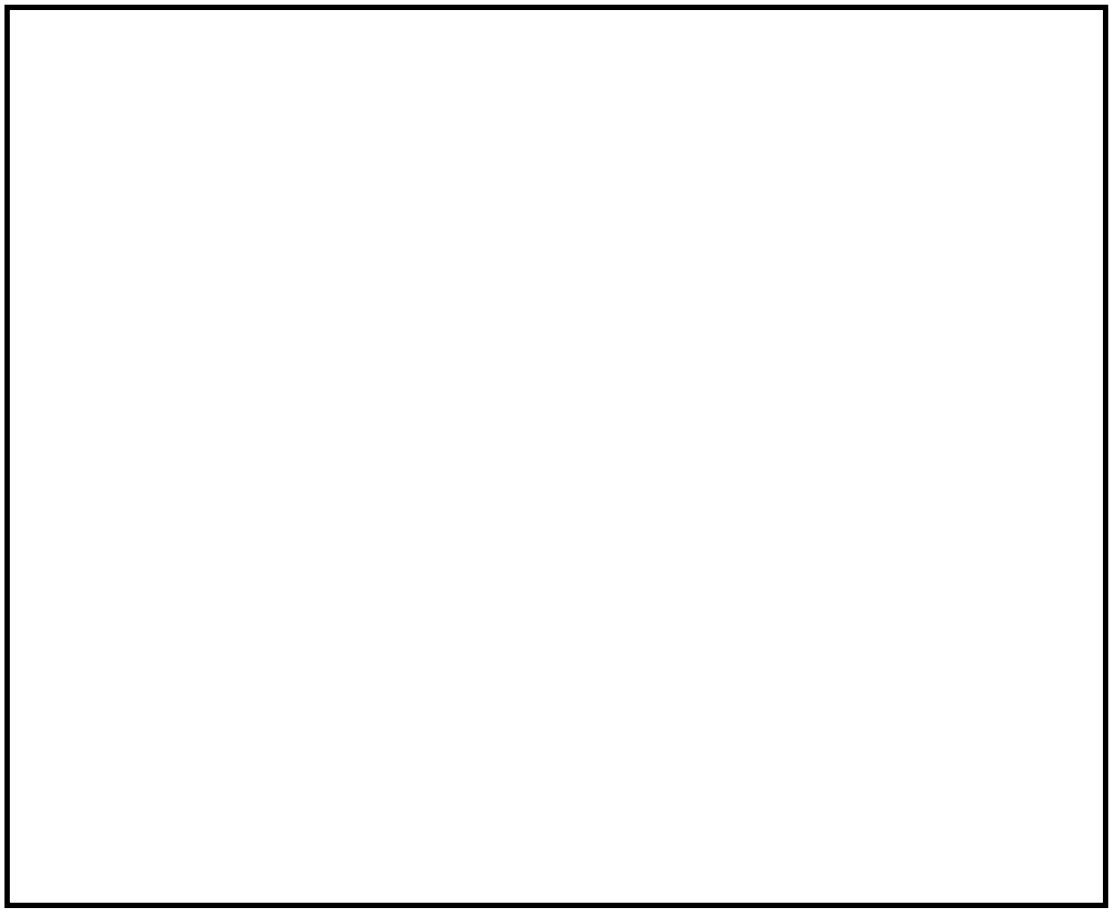


図 1－4　振動モード（LE2B5-1）（1 次モード　鉛直方向 [redacted]s）

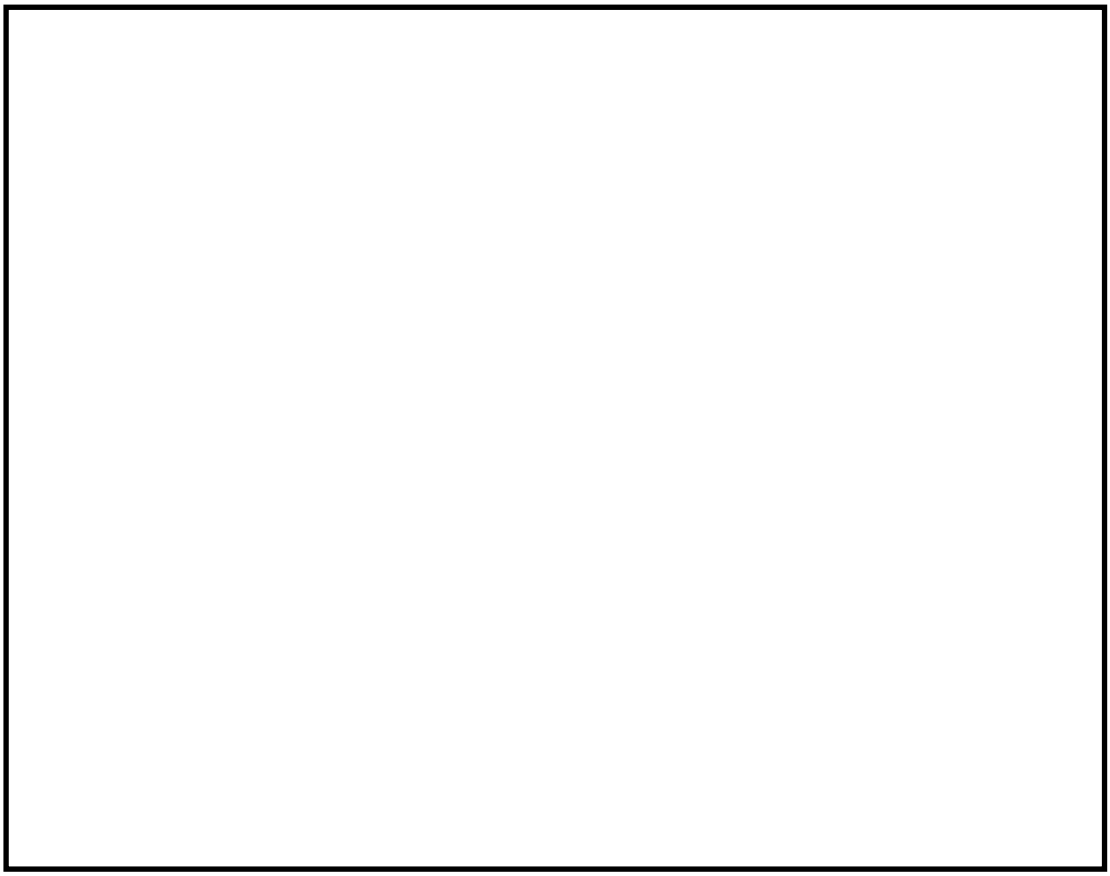


図 1－5　振動モード（LE2B5-5）（1 次モード　水平方向 [redacted]s）

## 1.5　構造強度評価

### 1.5.1　構造強度評価方法

1.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，ドライウェル水位に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

### 1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル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 1－5 に示す。

#### 1.5.2.2　許容応力

ドライウェル水位の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－6 のとおりとする。

#### 1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル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 1－7 に示す。

表 1－5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル水位 | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表1－6　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 1－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | SUS304 | 周囲環境温度 | 200 | 144 | 402 | 205 |

1.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表1－8に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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1－8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ドライウェル水位 (LE2B5-1) | 原子炉格納容器内架構 EL 11.0 (ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | 0.05以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 |
| ドライウェル水位 (LE2B5-5) | 原子炉格納容器 EL 9.1 (EL 11.9*1) | [redacted] | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝2.29*2 | $C_V$＝1.23*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Ｓｓ）を上回る設計震度

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　応力の計算方法

1.5.4.1.1　溶接部の計算方法

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

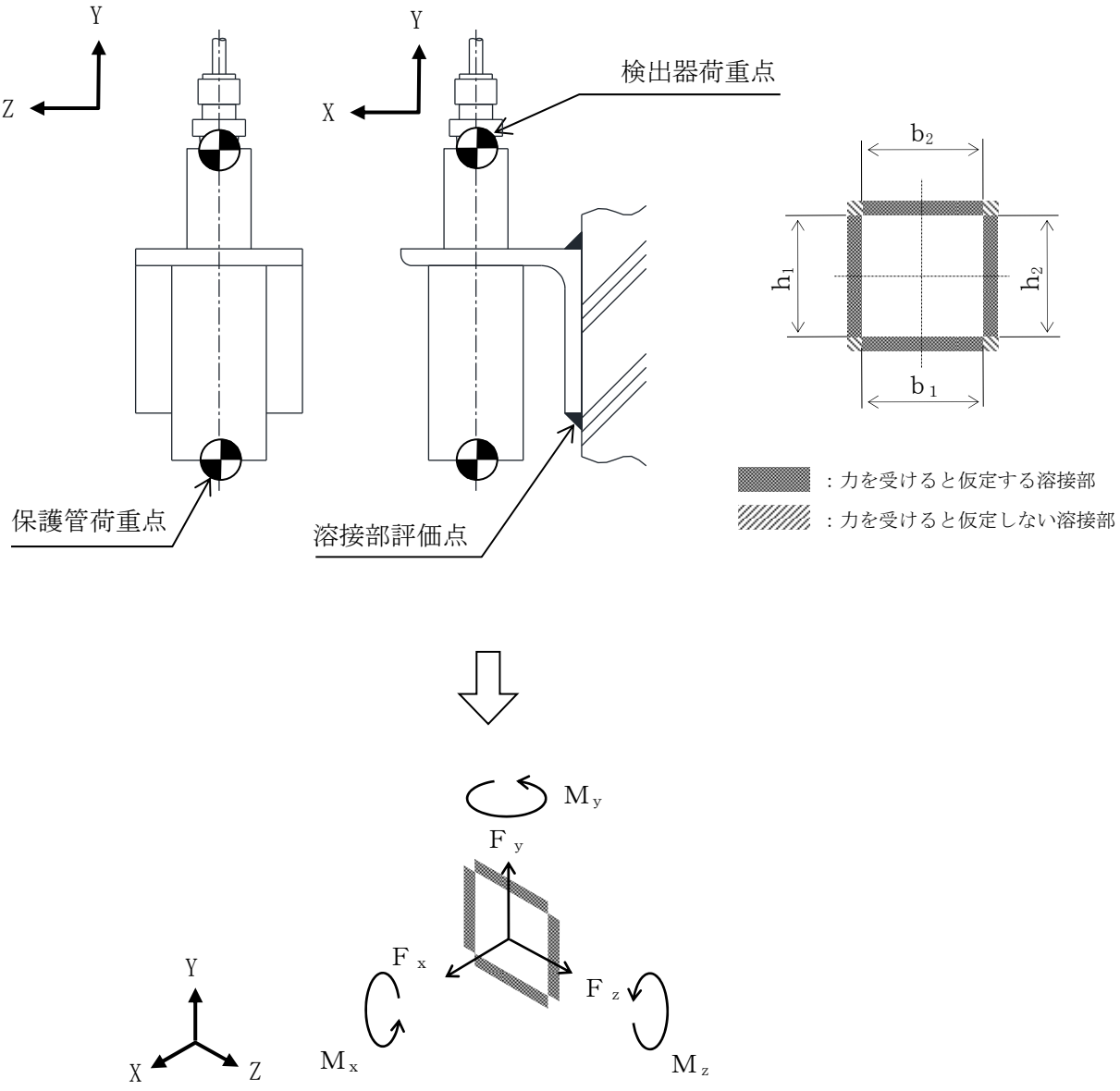



図 1－6　計算モデル（溶接部）（LE2B5-1）

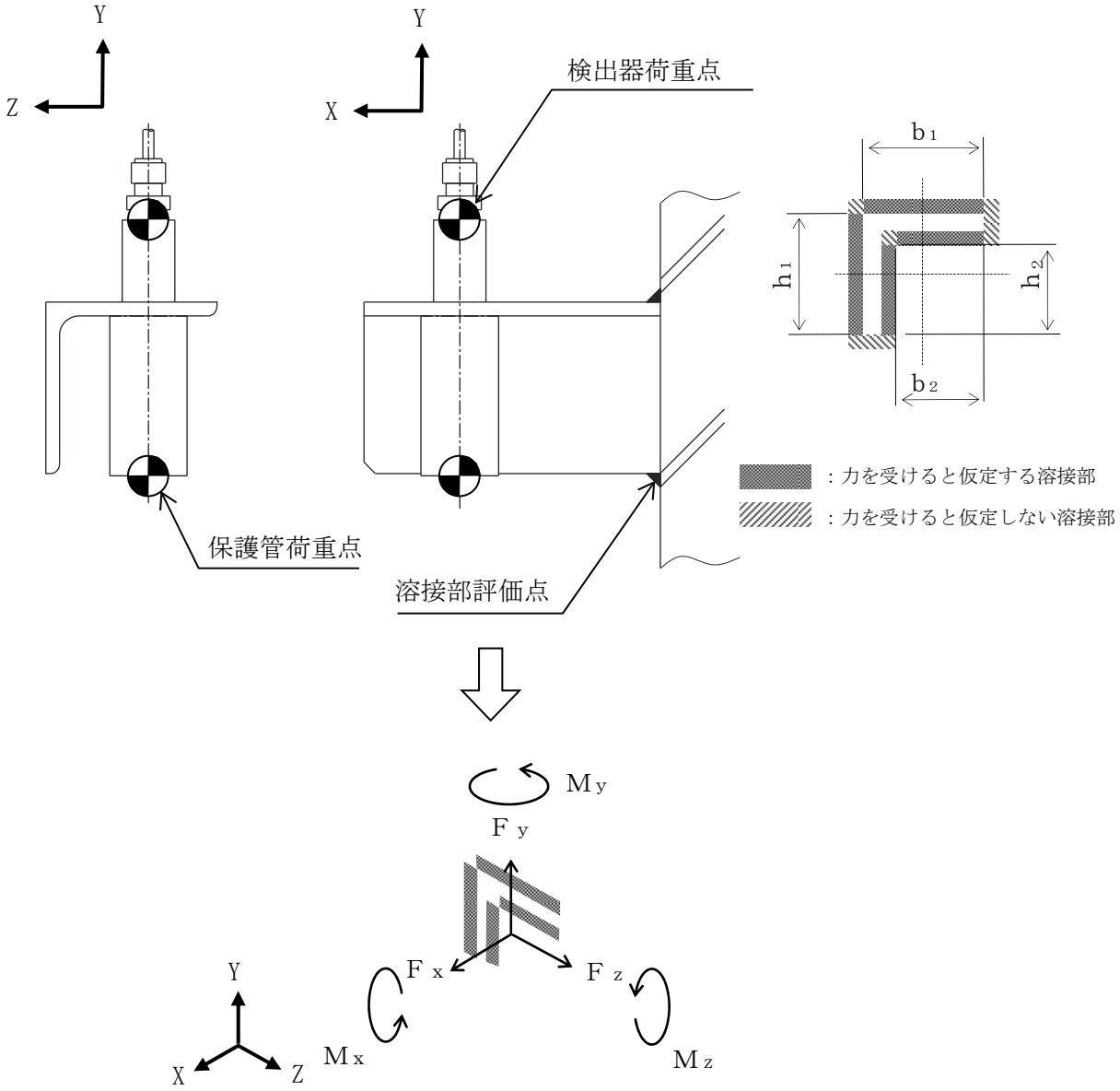



図 1－7　計算モデル（溶接部）（LE2B5-5）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 1－9 に示す。

表1－9　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| L2EB5-1 | | | | | | |
| L2EB5-5 | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで，$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積，$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は，次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図1－6及び図1－7でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.8)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル水位（LE2B5-1）の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル水位（LE2B5-5）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　溶接部の応力評価

1.5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。ただし，下表に示す$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

## 1.6　機能維持評価

### 1.6.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル水位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Ｓｓ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。

ドライウェル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1－10に示す。

表1－10　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 | | |
|---|---|---|---|---|
| ドライウェル水位<br>(LE2B5-1) | 水平 | | | |
| | 鉛直 | | | |
| ドライウェル水位<br>(LE2B5-5) | 水平 | | | |
| | 鉛直 | | | |

## 1.7　評価結果

### 1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。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。

【ドライウェル水位（LE2B5-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ドライウェル水位 (LE2B5-1) | 常設／緩和 | 原子炉格納容器内架構 EL 11.0 (ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝4.84*2 | $C_V$＝1.73*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

($\times 9.8 m/s^2$)

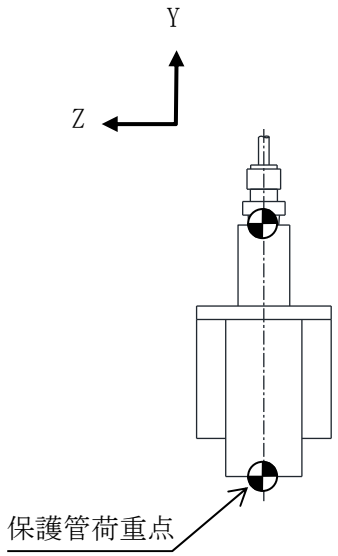
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル水位 (LE2B5-1) | 水平方向 | 3.15 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.89 | [redacted] |

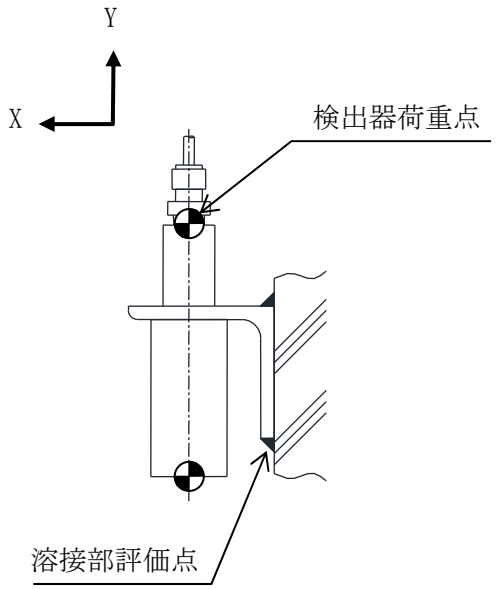
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【ドライウェル水位（LE2B5-5）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル水位 (LE2B5-5) | 常設／緩和 | 原子炉格納容器 EL 9.1 (EL 11.9*1) | | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝2.29*2 | $C_V$＝1.23*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s²)

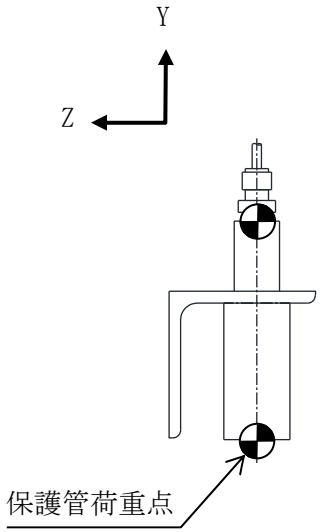
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル水位 (LE2B5-5) | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.08 | [redacted] |

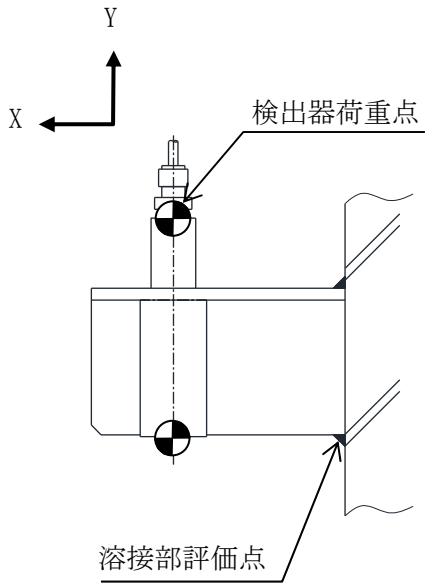
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



2.　ドライウェル水位（LE2B5-6）

2.1　概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル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。

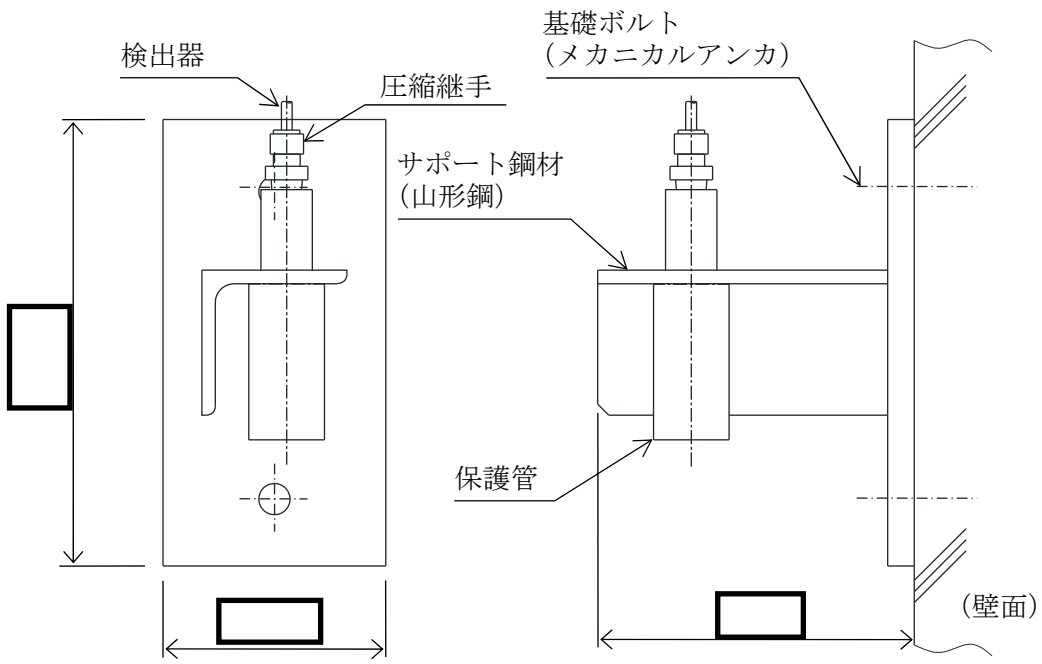
ドライウェル水位は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

ドライウェル水位の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に設置する。 | 電極式水位検出器 | 【ドライウェル水位（LE2B5-6)】<br>  <br><br>（単位：mm） |

2.2.2　評価方針

ドライウェル水位の応力評価は，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，「2.2.1　構造計画」にて示すドライウェル水位の部位を踏まえ「2.3　評価部位」にて設定する箇所において，「2.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，ドライウェル水位の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「2.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7　評価結果」に示す。

ドライウェル水位の耐震評価フローを図2－1に示す。

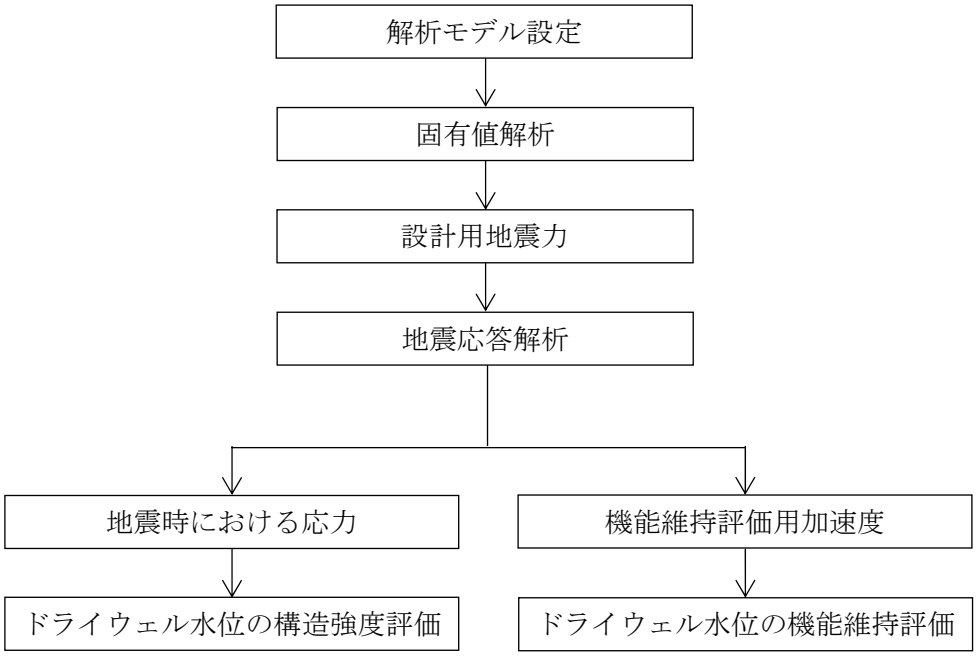



図2－1　ドライウェル水位の耐震評価フロー

2.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

2.2.4　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-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3133に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 基礎ボルトに作用する引張力 | 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） | $m/s^2$ |
| $Q_b$ | 基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり） | N |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値 | MPa |
| $S_y$（RT） | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値 | MPa |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| π | 円周率 | — |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁未満となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

2.3　評価部位

ドライウェル水位の耐震評価は，「2.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。ドライウェル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。

2.4　固有周期

2.4.1　固有値解析方法

ドライウェル水位の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ドライウェル水位は,「2.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

2.4.2　解析モデル及び諸元

ドライウェル水位の解析モデルを図 2－2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【ドライウェル水位の耐震性についての計算結果（LE2B5-6)】のその他の機器要目に示す。

(1)　ドライウェル水位の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　ドライウェル水位の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

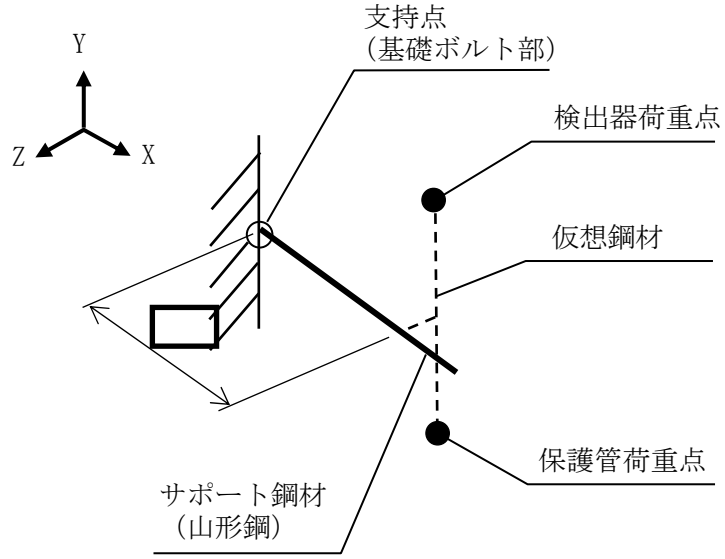
(3)　拘束条件として，基礎部の並進方向を固定する。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　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,「ＮＳＡＦＥ」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。






(単位：mm)

図2－2　解析モデル

2.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 2－3，振動モード図を図 2－3 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 2－3　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| LE2B5-6 | 1 次 | 水平 | | — | — | — |

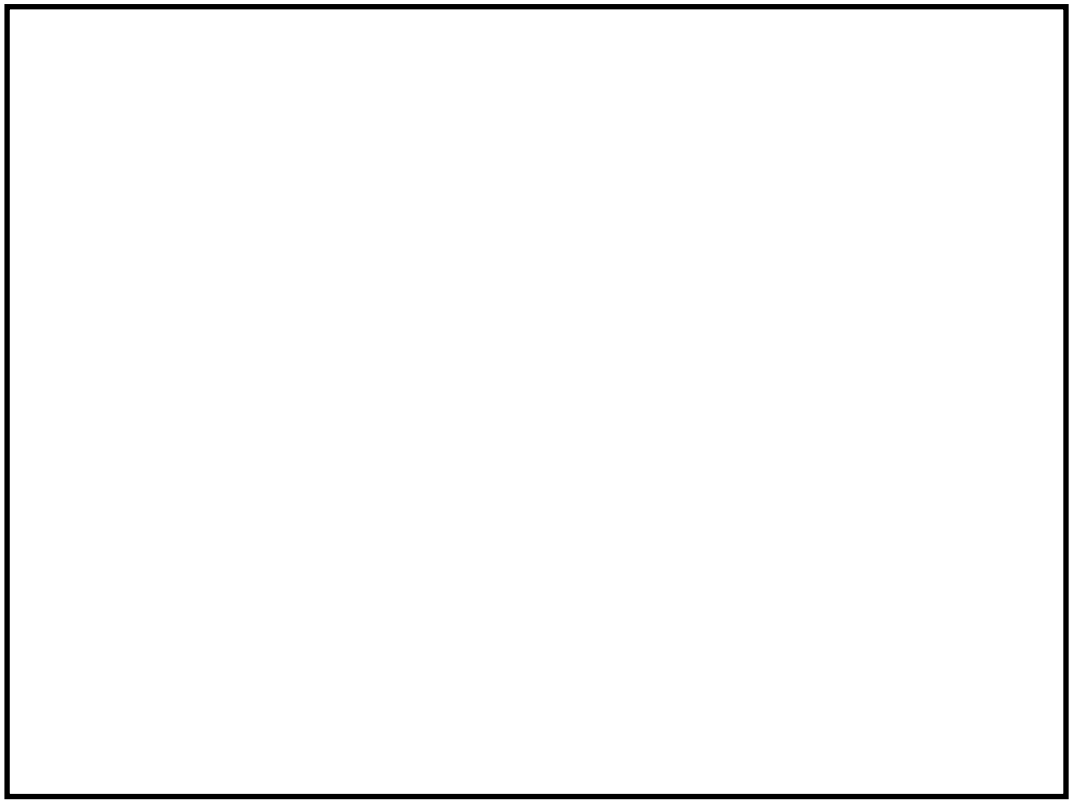


図 2－3　振動モード（1 次モード　水平方向　　s）

## 2.5　構造強度評価

### 2.5.1　構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，ドライウェル水位に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

### 2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル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 2－4 に示す。

#### 2.5.2.2　許容応力

ドライウェル水位の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－5 のとおりとする。

#### 2.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル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 2－6 に示す。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル水位 | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ$_t$* | 1.5・ｆ$_s$* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 2－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 200 | 185 | 373 | ― |

2.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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 2－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ（m） | 固有周期（s） | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ドライウェル水位（LE2B5-6） | 原子炉格納容器 EL 7.1（EL 11.9*1） | [redacted] | 0.05 以下 | ― | ― | $C_H$＝2.29*2 | $C_V$＝1.23*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Ｓｓ）を上回る設計震度

2.5.4　計算方法

2.5.4.1　応力の計算方法

2.5.4.1.1　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基礎ボルト部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

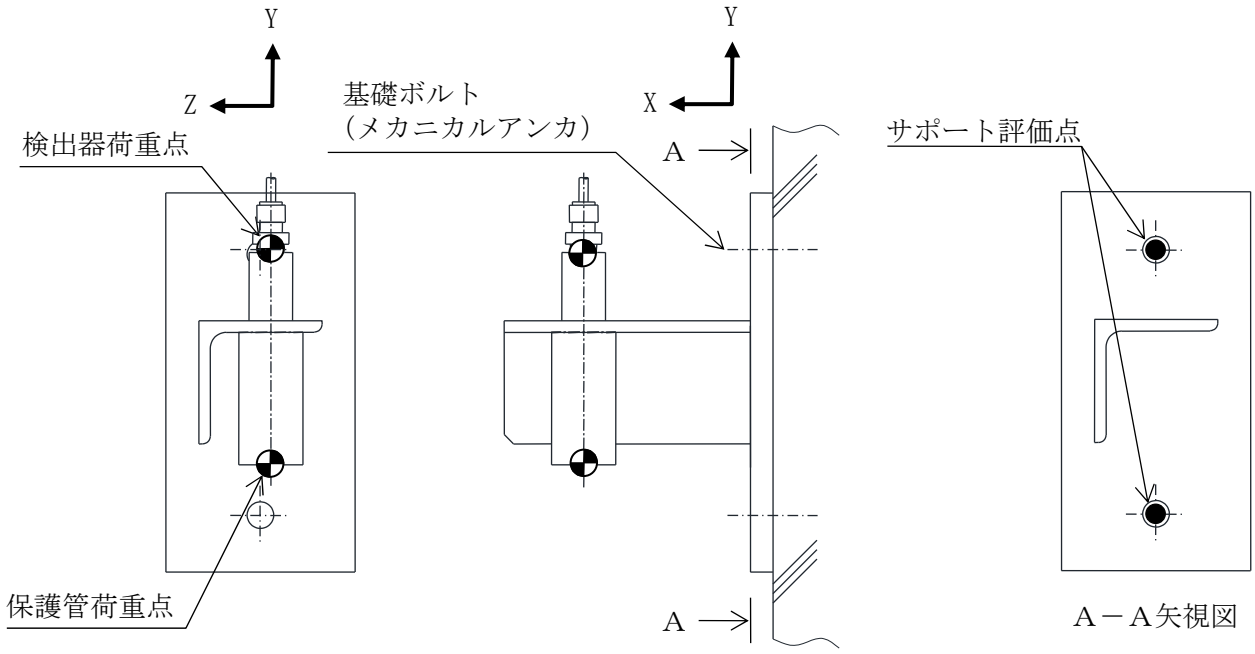



図 2－4　計算モデル（基礎ボルト）(LE2B5-6)

個別解析によって得られた基礎ボルト部の評価点の最大発生力を表 2－8 に示す。

表2－8　サポート発生反力

| 対象機器 | 反力(N) | |
|---|---|---|
| | $F_b$ | $Q_b$ |
| L2EB5-6 | | |

(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。

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.1)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.2)$$

(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。

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.3)$$

2.5.5　計算条件

2.5.5.1　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【ドライウェル水位（LE2B5-6）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6　応力の評価

2.5.6.1　基礎ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力$f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.6.1.1)$$

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

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

2.6　機能維持評価

2.6.1　電気的機能維持評価方法

ドライウェル水位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Ｓｓ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。

ドライウェル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2－9に示す。

表2－9　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル水位<br>(LE2B5-6) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 2.7　評価結果

### 2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。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。

【ドライウェル水位（LE2B5-6）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル水位 (LE2B5-6) | 常設／緩和 | 原子炉格納容器 EL 7.1 (EL 11.9*1) | [redacted] | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝2.29*2 | $C_V$＝1.23*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | | | | 185 (16mm＜径≦40mm) | 373 | — | 222 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=133$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=102$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

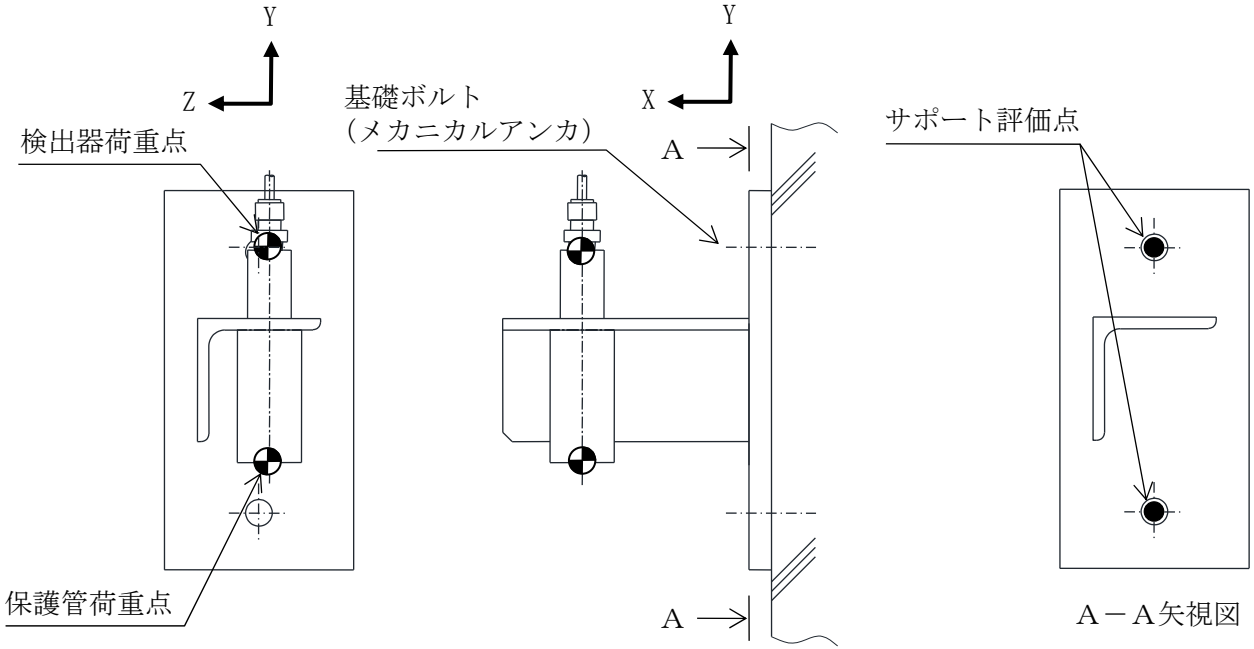
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル水位 (LE2B5-6) | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.08 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# Ⅵ-2-6-5-43　サプレッションプール水位（ＳＡ）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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションプール水位（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

サプレッションプール水位（ＳＡ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

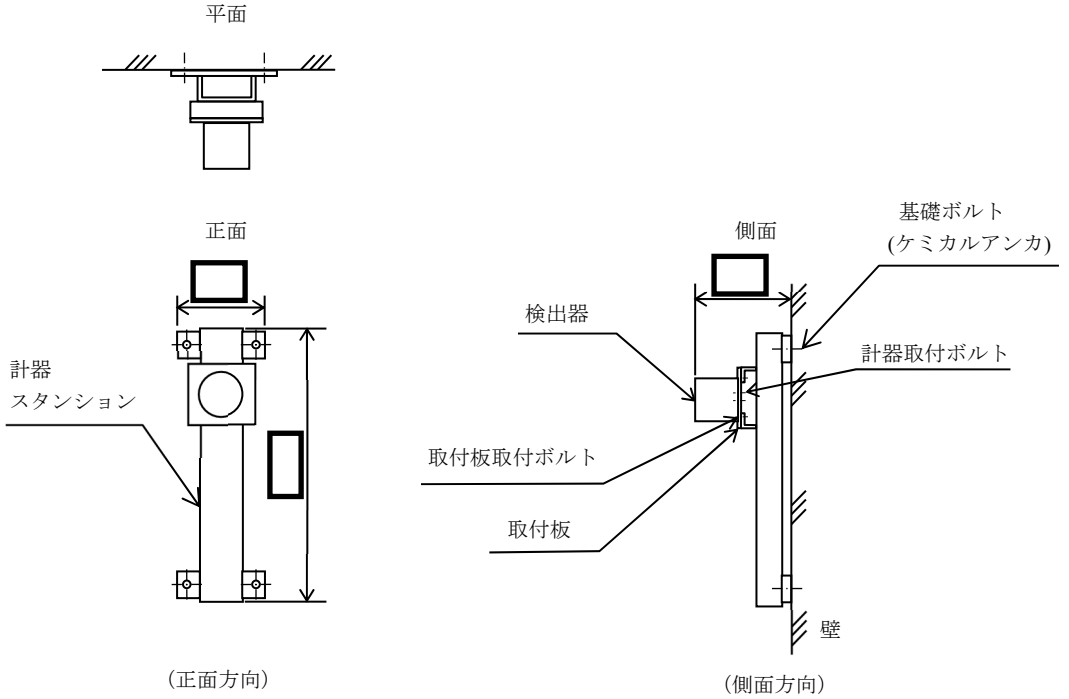
なお，サプレッションプール水位（ＳＡ）は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションプール水位（ＳＡ）の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。<br>計器スタンションは，基礎ボルトで基礎に設置する。 | 差圧式水位検出器 | 【サプレッションプール水位（ＳＡ）】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

サプレッションプール水位（ＳＡ）の固有周期は，構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| サプレッションプール水位（ＳＡ）<br>(LX217-5) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

サプレッションプール水位（ＳＡ）の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水位（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

サプレッションプール水位（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションプール水位（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションプール水位（ＳＡ）（LX217-5）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | サプレッションプール水位（ＳＡ） | 常設耐震／防止常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－3　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<br>(℃) | | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $S_y$（RT）<br>(MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400<br>(径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

サプレッションプール水位（ＳＡ）の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| サプレッションプール水位（ＳＡ）<br>(LX217-5) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションプール水位（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【サプレッションプール水位（ＳＡ）（LX217-5）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| サプレッションプール水位 （ＳＡ） (LX217-5) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | $h_2$ (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 192 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 221 (径≦16 mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_3$* (mm) | $\ell_a$* (mm) | $\ell_b$* (mm) | $n_{fV}$* | $n_{fH}$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 717 | 160 | 940 | 2 | 2 | — | 261 | — | 正面方向 |
| | 717 | 160 | 940 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b=4$ | $f_{ts}=156^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=3$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

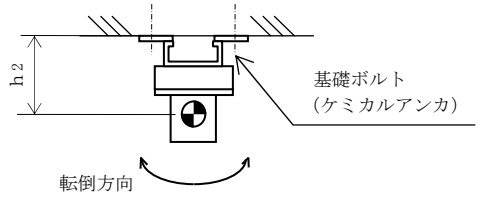
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

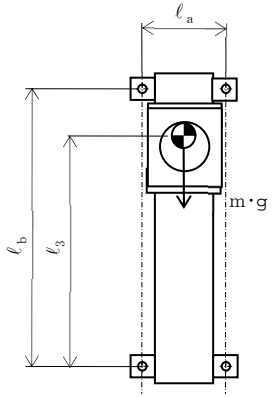
（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| サプレッションプール水位（ＳＡ）(LX217-5) | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

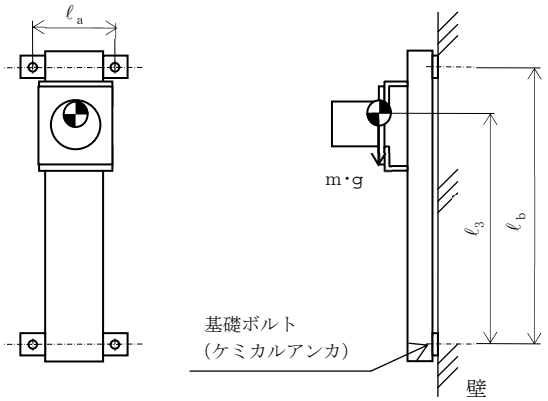
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

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。




（正面方向）




（側面方向）

# Ⅵ-2-6-5-44　ペデスタル水位の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 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 ····· 18
5.6　応力の評価 ····· 18
6.　機能維持評価 ····· 19
6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 19
7.　評価結果 ····· 20
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 20

1. 概要

本計算書は，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，ペデスタル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。

ペデスタル水位は,重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

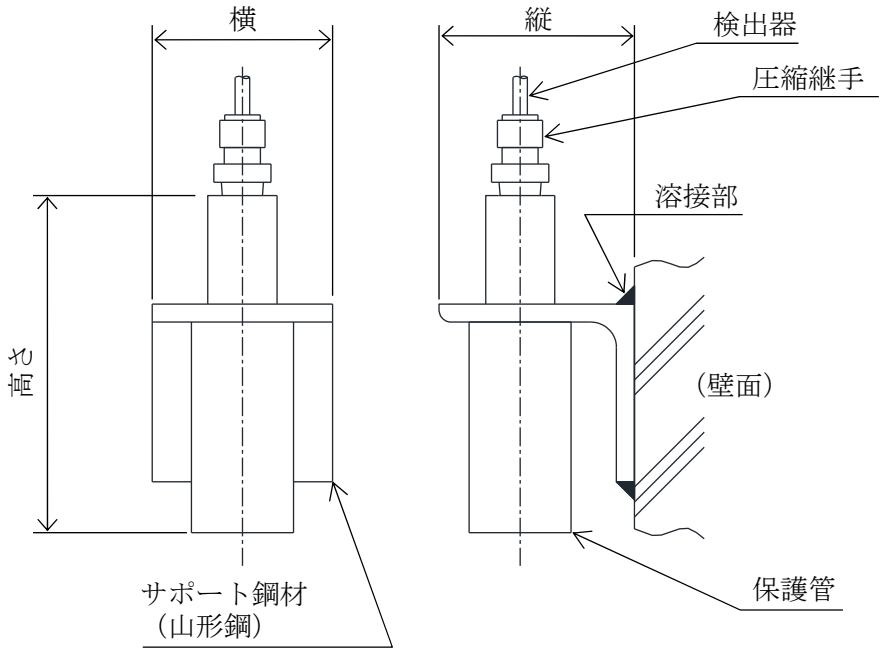
2. 一般事項

2.1 構造計画

ペデスタル水位の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，溶接により壁面に設置する。 | 電極式水位検出器 | 【ペデスタル水位】 |




| 対象機器 | LE2B6-1 | LE2B6-2 | LE2B6-3 | LE2B6-4 |
|---|---|---|---|---|
| 縦 | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

（単位：mm）

2.2　評価方針

ペデスタル水位の応力評価は，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」にて示すペデスタル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，ペデスタル水位の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

ペデスタル水位の耐震評価フローを図2－1に示す。

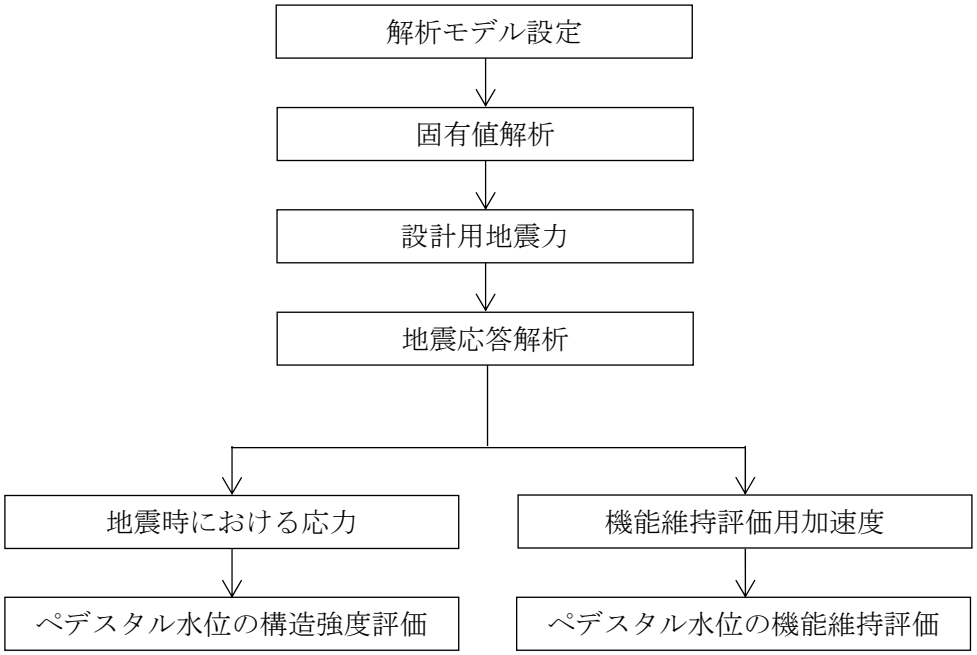



図2－1　ペデスタル水位の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部の$F_y$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部の$F_z$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$, $b_2$ | 溶接の有効長さ（Z方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（X方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Y方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Z方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$, $h_2$ | 溶接の有効長さ（Y方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（X軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Y軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Z軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 |
| $W_1$ | 検出器の荷重 | N |
| $W_2$ | 保護管の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるY軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

3. 評価部位

ペデスタル水位の耐震評価は，「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溶接部について実施する。ペデスタル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。

4.　固有周期

4.1　固有値解析方法

ペデスタル水位の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　ペデスタル水位は，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

ペデスタル水位の解析モデルを図 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【ペデスタル水位（LE2B6-1）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水位（LE2B6-2）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水位（LE2B6-3）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水位（LE2B6-4）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)　ペデスタル水位の検出器及び保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　ペデスタル水位の検出器及び保護管の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

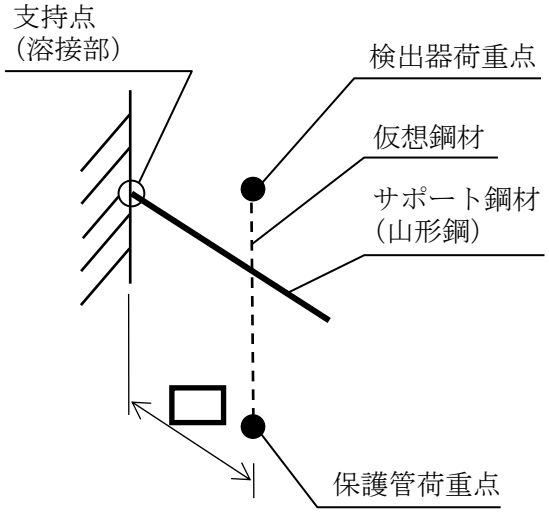
(3)　拘束条件は，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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。






（単位：mm）

図 4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1，振動モード図を図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Y方向 | |
| LE2B6-1 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| LE2B6-2 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| LE2B6-3 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| LE2B6-4 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |

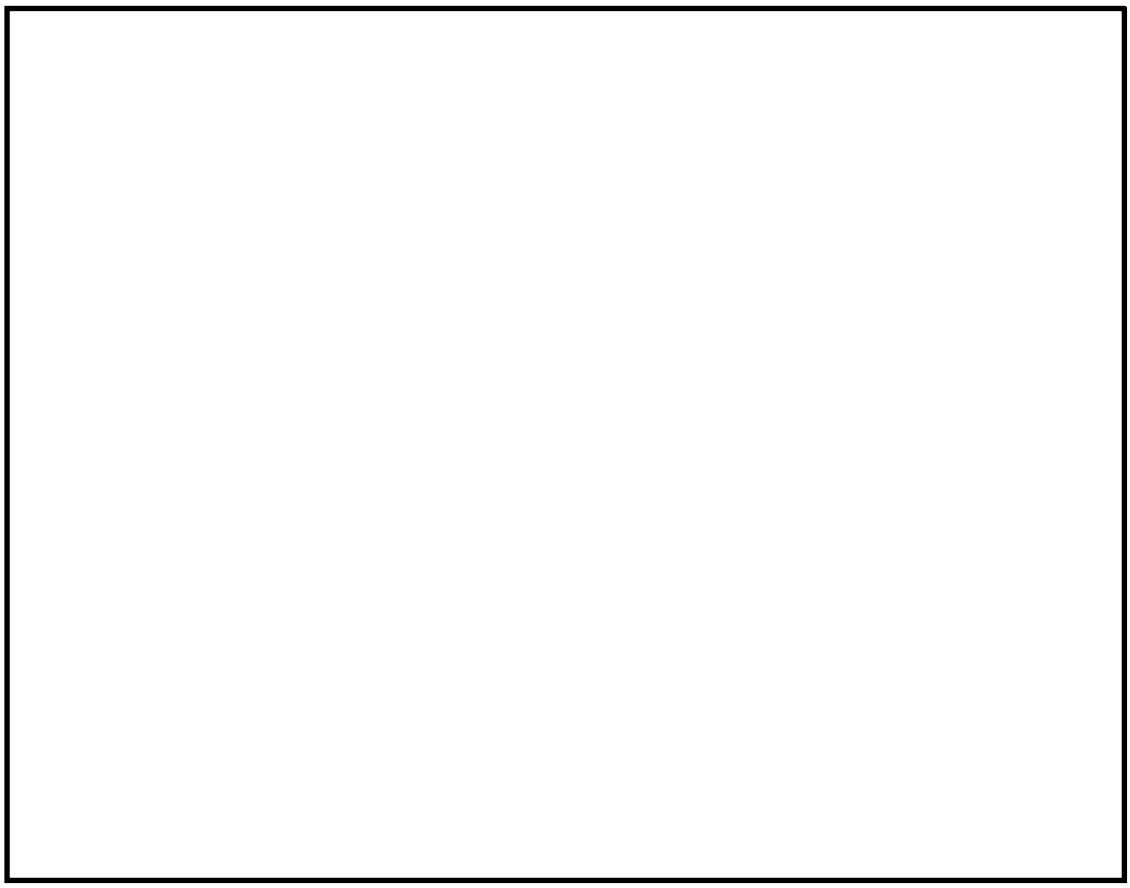


図 4－2　振動モード（1 次モード　鉛直方向 [　　] s）

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，ペデスタル水位に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ペデスタル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。

5.2.2　許容応力

ペデスタル水位の許容応力は，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

ペデスタル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。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ペデスタル水位 | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $IV_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$IV_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表５－２　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | SUS304 | 周囲環境温度 | 200 | 144 | 402 | 205 |

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Ｓｓ」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）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ（m） | 固有周期（s） | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| ペデスタル水位（LE2B6-1） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 6.806（EL 13.022*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 |
| ペデスタル水位（LE2B6-2） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 7.906（EL 13.022*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 |
| ペデスタル水位（LE2B6-3） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 9.106（EL 13.022*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 |
| ペデスタル水位（LE2B6-4） | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 9.106（EL 13.022*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*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Ｓｓ）を上回る設計震度

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

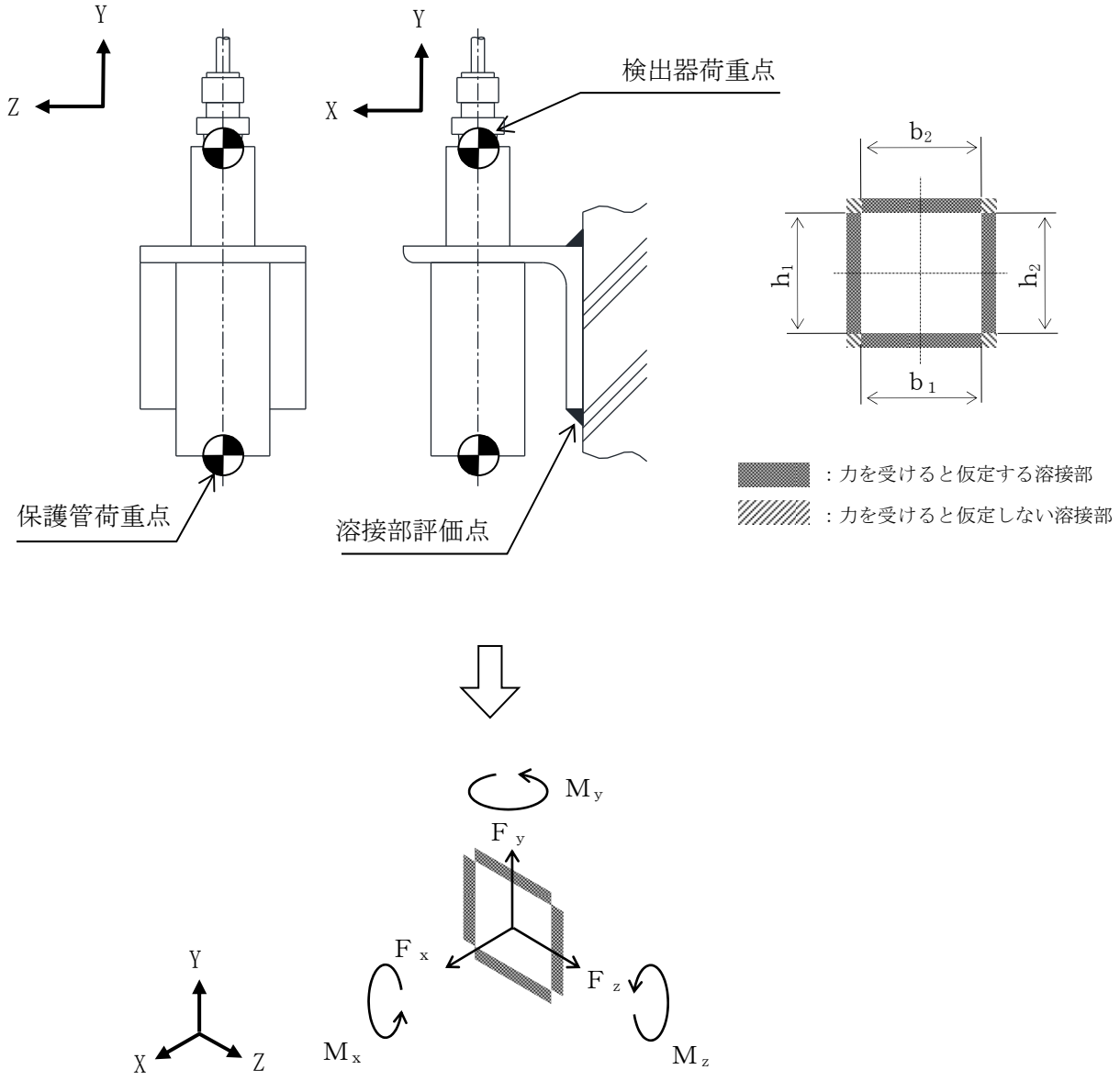



図 5－1　計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた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

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ | $M_x$ | $M_y$ | $M_z$ |
| LE2B6-1 | | | | | | |
| LE2B6-2 | | | | | | |
| LE2B6-3 | | | | | | |
| LE2B6-4 | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.4)$$

ここで，$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積$Z_p$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は，次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図5－1でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.8)$$

5.5　計算条件

5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ペデスタル水位（LE2B6-1）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水位（LE2B6-2）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水位（LE2B6-3）の耐震性についての計算結果】，【ペデスタル水位（LE2B6-4）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，下表に示す$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

ペデスタル水位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Ｓｓ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。

ペデスタル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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ペデスタル水位<br>(LE2B6-1) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ペデスタル水位<br>(LE2B6-2) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ペデスタル水位<br>(LE2B6-3) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ペデスタル水位<br>(LE2B6-4) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ペデスタル水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。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。

【ペデスタル水位（LE2B6-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル水位 (LE2B6-1) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 6.806 (EL 13.022*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s²)

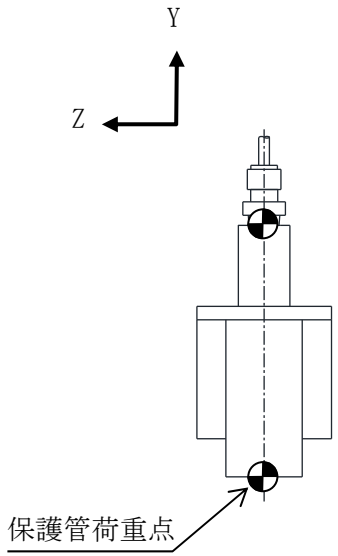
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル水位 (LE2B6-1) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

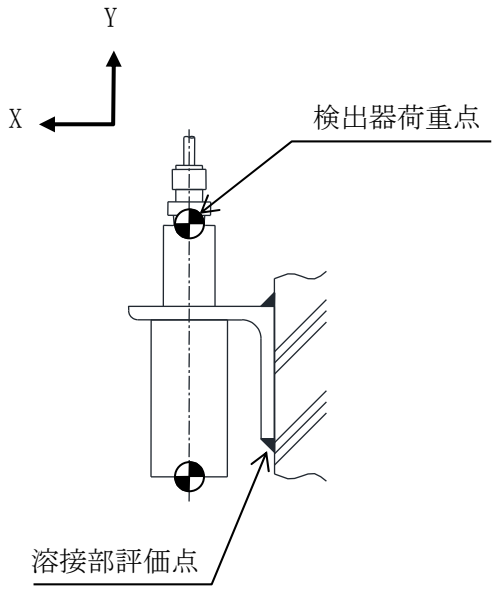
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(LE2B6-1) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【ペデスタル水位（LE2B6-2）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル水位 (LE2B6-2) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 7.906 (EL 13.022*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

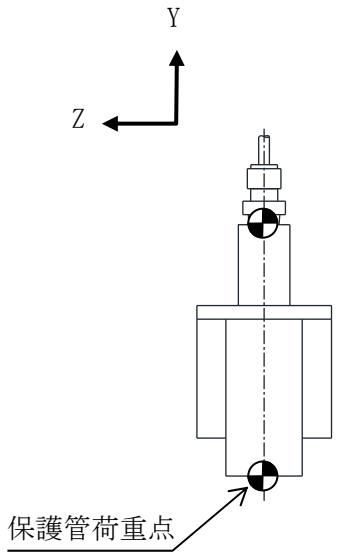
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル水位 (LE2B6-2) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

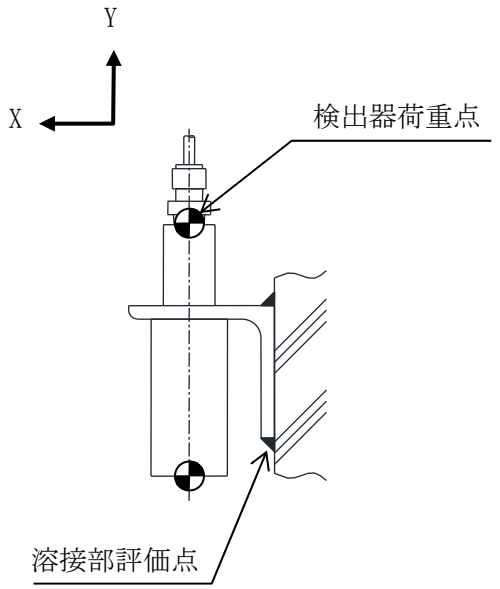
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(LE2B6-2) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【ペデスタル水位（LE2B6-3）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル水位 (LE2B6-3) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 9.106 (EL 13.022*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

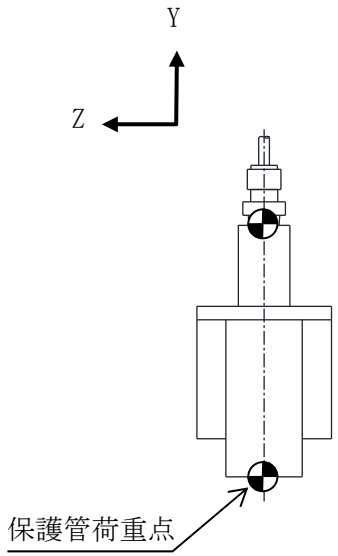
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル水位 (LE2B6-3) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

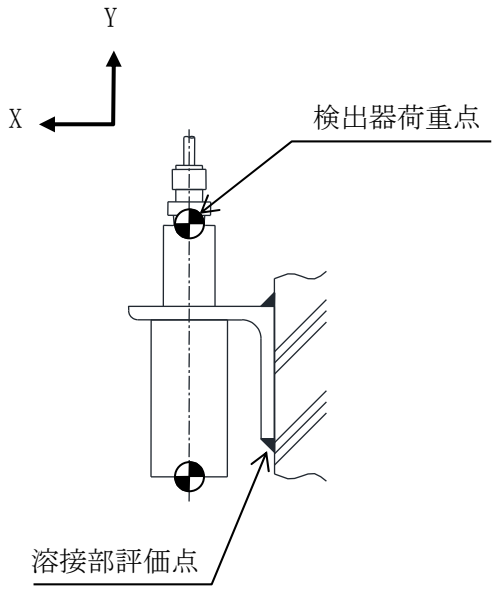
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(LE2B6-3) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【ペデスタル水位（LE2B6-4）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| ペデスタル水位 (LE2B6-4) | 常設／緩和 | 原子炉圧力容器ペデスタル EL 9.106 (EL 13.022*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝2.18*2 | $C_V$＝1.14*2 | 200 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | $W_1$ (N) | $W_2$ (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$ (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | | 144 | 402 | 205 | — | 194 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | SUS304 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=0$ | $f_{sm}=112$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=1$ | $f_{sm}=112$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

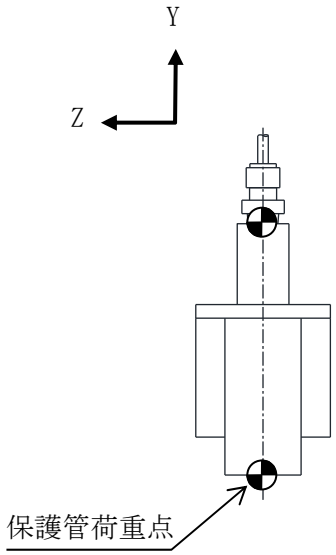
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ペデスタル水位 (LE2B6-4) | 水平方向 | 1.52 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.11 | [redacted] |

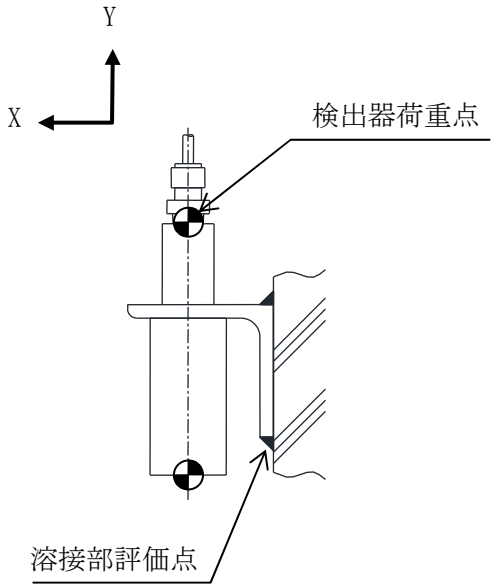
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値<br>(LE2B6-4) |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 200 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 183000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# 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

目　　次

1.　原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10D，E，$H_2$E278-14，15，16，17）　……　1
1.1　概要　……　1
1.2　一般事項　……　1
1.2.1　構造計画　……　1
1.2.2　評価方針　……　4
1.2.3　適用規格・基準等　……　5
1.2.4　記号の説明　……　6
1.2.5　計算精度と数値の丸め方　……　7
1.3　評価部位　……　8
1.4　固有周期　……　9
1.4.1　固有値解析方法　……　9
1.4.2　解析モデル及び諸元　……　9
1.4.3　固有値解析結果　……　11
1.5　構造強度評価　……　13
1.5.1　構造強度評価方法　……　13
1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力　……　13
1.5.3　設計用地震力　……　17
1.5.4　計算方法　……　18
1.5.5　計算条件　……　20
1.5.6　応力の評価　……　20
1.6　機能維持評価　……　21
1.6.1　電気的機能維持評価方法　……　21
1.7　評価結果　……　22
1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果　……　22

2.　原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-18）　41
2.1　概要　41
2.2　一般事項　41
2.2.1　構造計画　41
2.2.2　評価方針　43
2.2.3　適用規格・基準等　44
2.2.4　記号の説明　45
2.2.5　計算精度と数値の丸め方　46
2.3　評価部位　47
2.4　固有周期　48
2.4.1　固有値解析方法　48
2.4.2　解析モデル及び諸元　48
2.4.3　固有値解析結果　49
2.5　構造強度評価　50
2.5.1　構造強度評価方法　50
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力　50
2.5.3　設計用地震力　54
2.5.4　計算方法　55
2.5.5　計算条件　57
2.5.6　応力の評価　57
2.6　機能維持評価　58
2.6.1　電気的機能維持評価方法　58
2.7　評価結果　59
2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果　59

# 1.　原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10D，E，$H_2$E278-14，15，16，17）

## 1.1　概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉建物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。

原子炉建物水素濃度は，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。

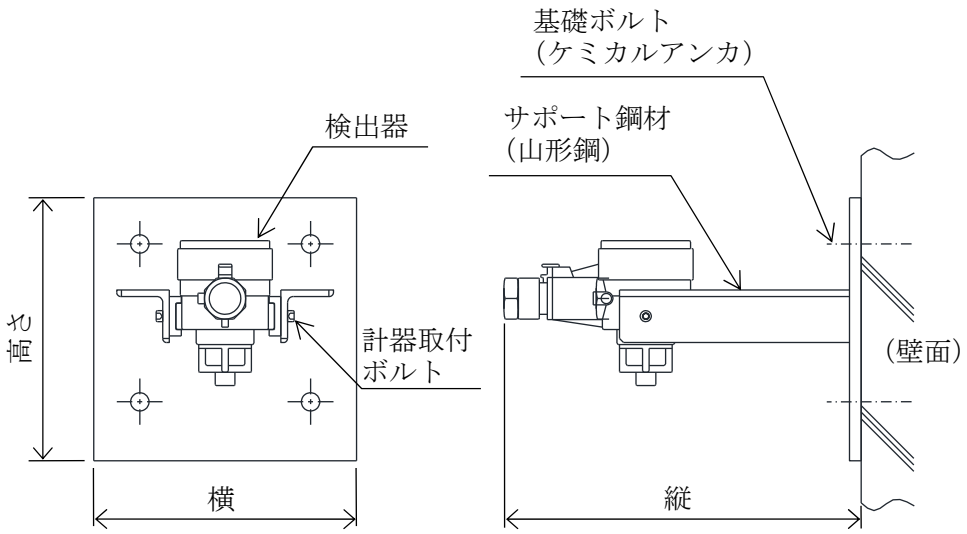
## 1.2　一般事項

### 1.2.1　構造計画

原子炉建物水素濃度の構造計画を表1－1及び表1－2に示す。

表 1－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 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。<br>サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に設置する。 | 熱伝導式水素検出器 | 【原子炉建物水素濃度】 |

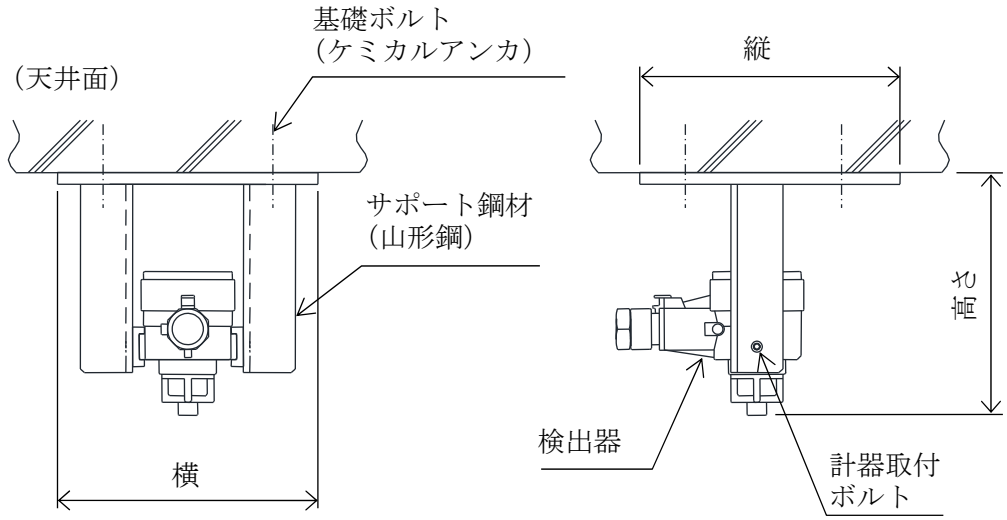



| 対象機器 | $H_2E278$-10D | $H_2E278$-10E |
|---|---|---|
| 縦 | | |
| 横 | | |
| 高さ | | |

(単位：mm)

表 1－2　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 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。<br>サポート鋼材は，基礎ボルトにより天井面に設置する。 | 熱伝導式水素検出器 | 【原子炉建物水素濃度】 |




| 対象機器 | $H_2E278$-14 | $H_2E278$-15 | $H_2E278$-16 | $H_2E278$-17 |
|---|---|---|---|---|
| 縦 | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

(単位：mm)

1.2.2　評価方針

原子炉建物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，「1.2.1　構造計画」にて示す原子炉建物水素濃度の部位を踏まえ「1.3　評価部位」にて設定する箇所において，「1.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「1.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，原子炉建物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」にて設定した電気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，「1.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

原子炉建物水素濃度の耐震評価フローを図1－1に示す。

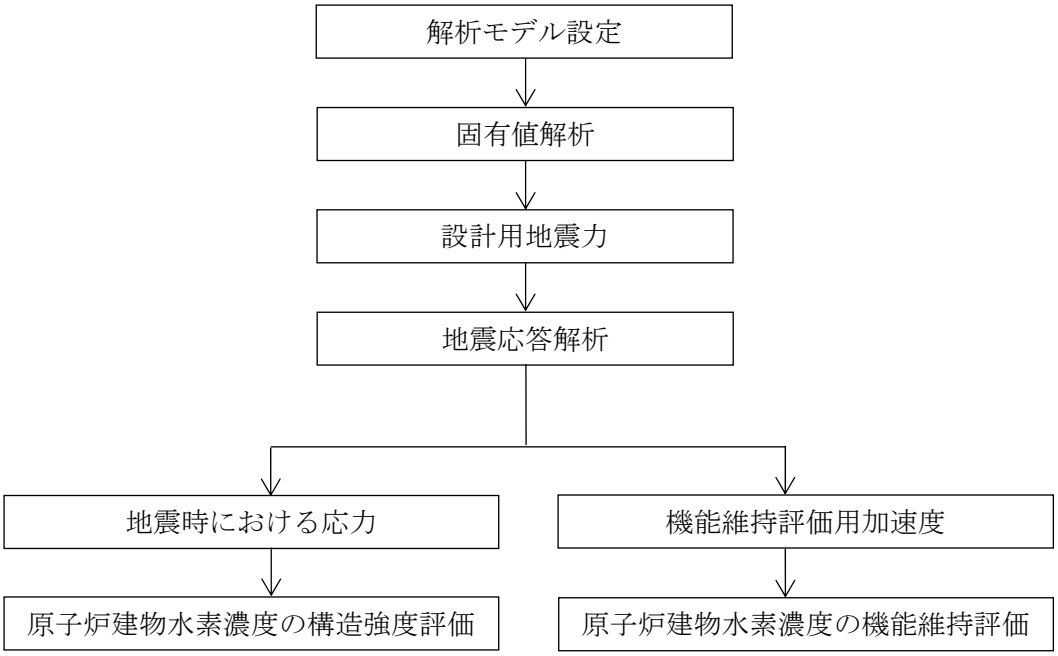



図1－1　原子炉建物水素濃度の耐震評価フロー

1.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

1.2.4　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-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3133に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 基礎ボルトに作用する引張力 | 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） | $m/s^2$ |
| $Q_b$ | 基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり） | 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 |
| W | 検出器の荷重 | N |
| π | 円周率 | — |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表1－3に示すとおりである。

表1－3　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 面積 | $mm^2$ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁未満となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

1.3　評価部位

原子炉建物水素濃度の耐震評価は，「1.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。原子炉建物水素濃度の耐震評価部位については，表 1－1 及び表 1－2 の概略構造図に示す。

## 1.4　固有周期

### 1.4.1　固有値解析方法

原子炉建物水素濃度の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　原子炉建物水素濃度は，「1.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

### 1.4.2　解析モデル及び諸元

原子炉建物水素濃度の解析モデルを図 1－2 及び図 1－3 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-10D)】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-10E)】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-14)】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-15)】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-16)】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-17)】のその他の機器要目に示す。

(1)　原子炉建物水素濃度の計器の質量は，重心に集中するものとする。

(2)　原子炉建物水素濃度の計器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件として，基礎部の並進方向を固定する。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　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，「ＮＳＡＦＥ」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。

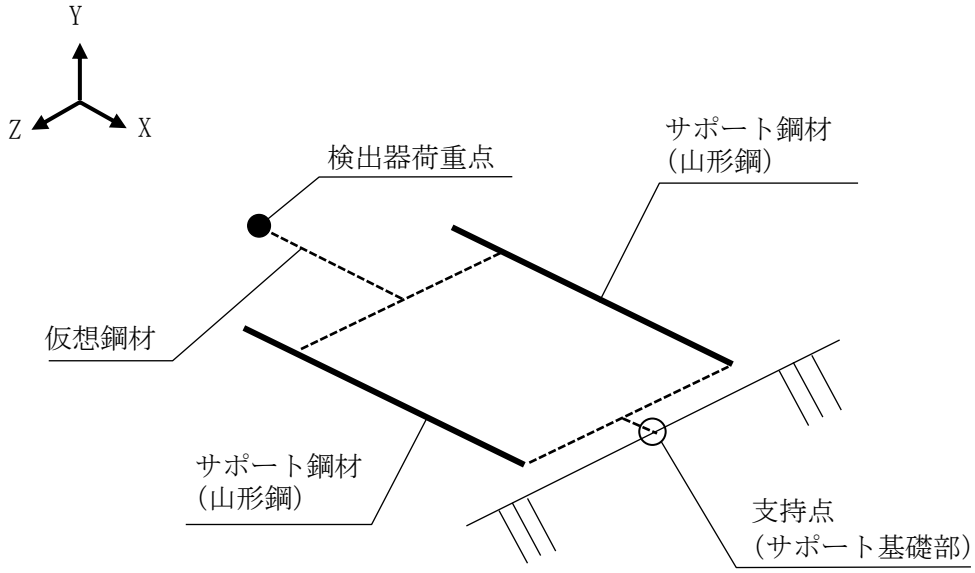



図 1－2　解析モデル(H2E278-10D，E)

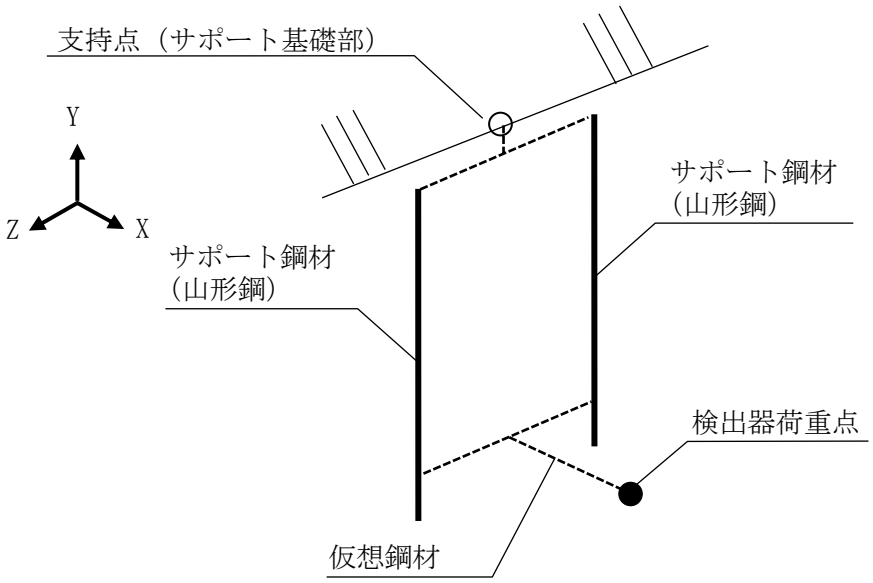



図 1－3　解析モデル(H2E278-14，15，16，17)

1.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 1－4，振動モード図を図 1－4 及び図 1－5 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 1－4　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| H2E278-10D | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| H2E278-10E | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| H2E278-14 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| H2E278-15 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| H2E278-16 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| H2E278-17 | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |

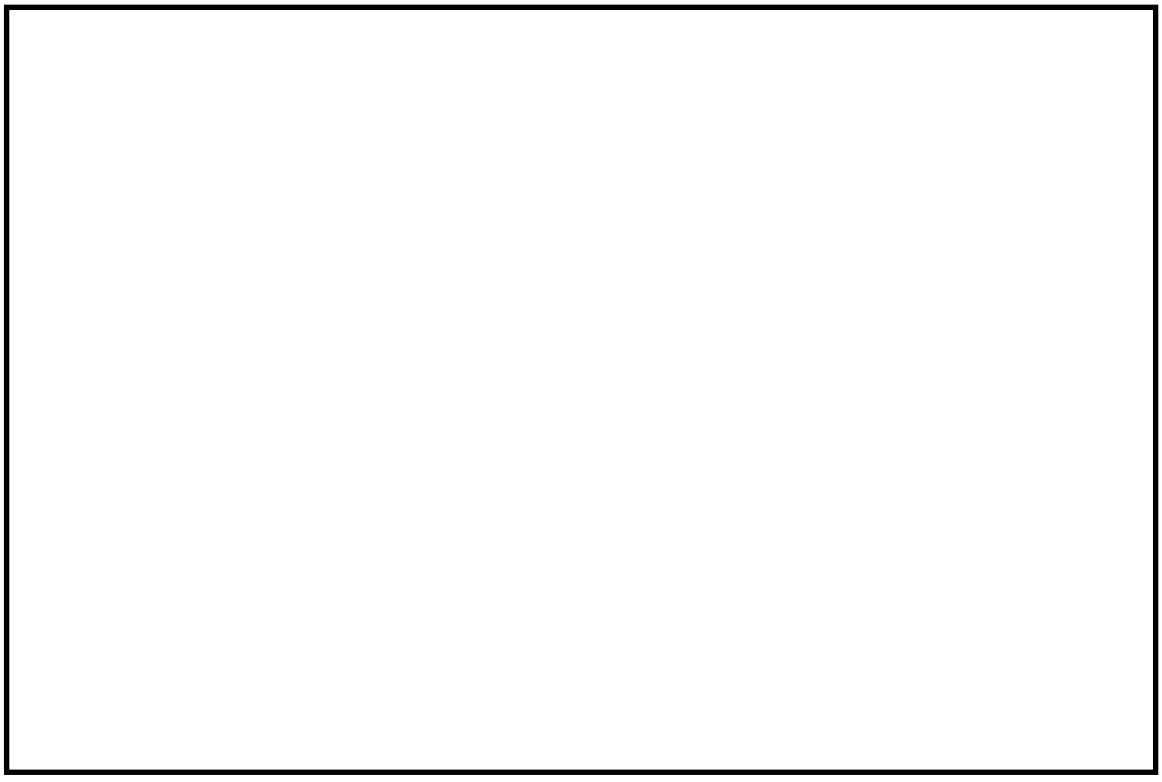


図 1－4　振動モード（H2E278-10D，10E）（1 次モード　鉛直方向　　s）

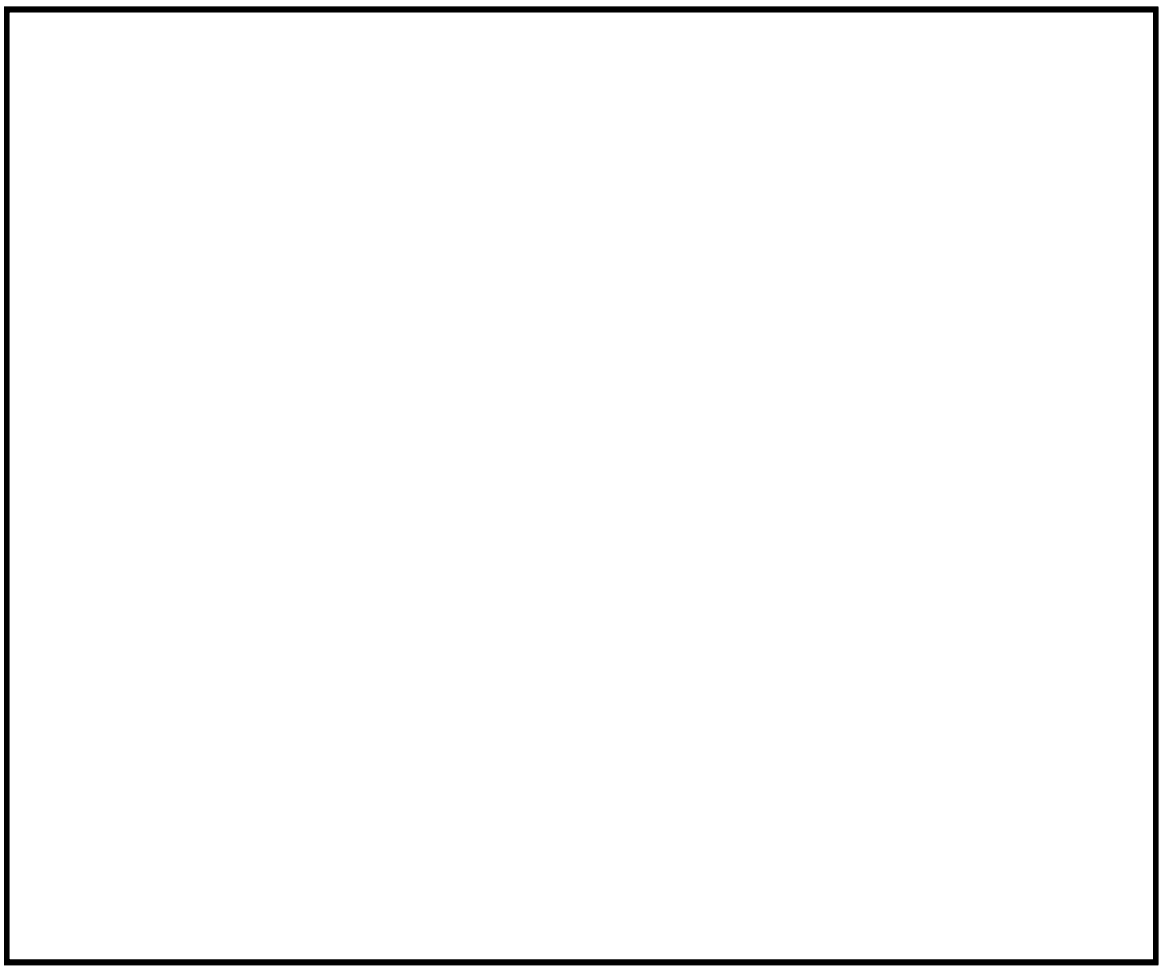


図 1－5　振動モード（$H_2$E278-14，15，16，17）（1 次モード　鉛直方向 [redacted] s）

## 1.5　構造強度評価

### 1.5.1　構造強度評価方法

1.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，原子炉建物水素濃度に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

### 1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建物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 1－5 に示す。

#### 1.5.2.2　許容応力

原子炉建物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 1－6 のとおりとする。

#### 1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉建物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 1－7 に示す。

表 1－5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉建物水素濃度 | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表1－6　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等）<br>一次応力 | |
|---|---|---|
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ$_t$* | 1.5・ｆ$_s$* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 1－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

1.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表1－8に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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1－8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ（m） | 固有周期（s） | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10D） | 原子炉建物 EL 62.5（EL 63.5*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝6.28*2 | $C_V$＝2.43*2 |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10E） | 原子炉建物 EL 48.3（EL 42.8*1，51.7*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝4.93*2 | $C_V$＝2.36*2 |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-14） | 原子炉建物 EL 33.48（EL 34.8*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝3.73*2 | $C_V$＝2.32*2 |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-15） | 原子炉建物 EL 18.28（EL 23.8*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝3.17*2 | $C_V$＝1.95*2 |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-16） | 原子炉建物 EL 18.28（EL 23.8*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝3.17*2 | $C_V$＝1.95*2 |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-17） | 原子炉建物 EL 34.28（EL 34.8*1） | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝3.73*2 | $C_V$＝2.32*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Ｓｓ）を上回る設計震度

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　応力の計算方法

1.5.4.1.1　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基礎ボルト1本当たりの発生力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

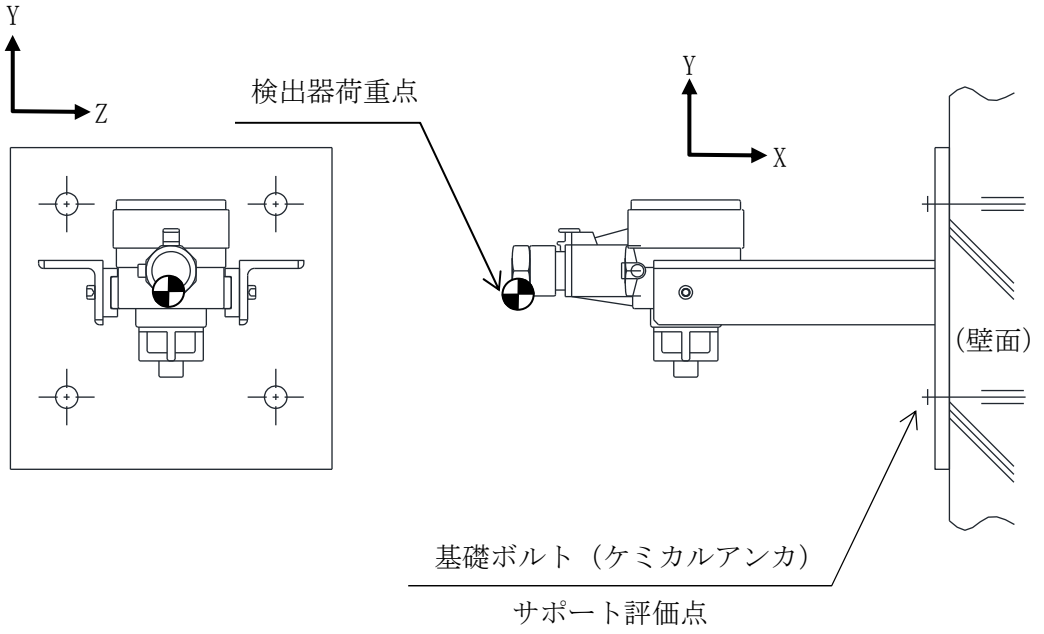



図1－6　計算モデル（基礎ボルト）(H2E278-10D，E)

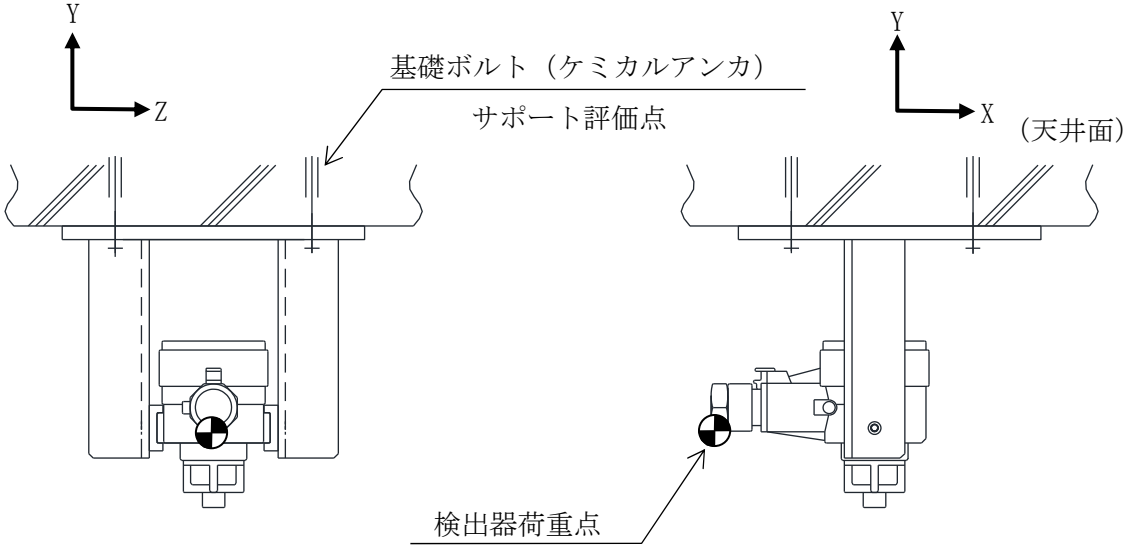



図1－7　計算モデル（基礎ボルト）(H2E278-14，15，16，17)

個別解析によって得られた基礎ボルト部の評価点の最大発生力を表1－9に示す。

表1－9　サポート発生反力

| 対象機器 | 反力(N) | |
|---|---|---|
| | $F_b$ | $Q_b$ |
| $H_2$E278-10D | | |
| $H_2$E278-10E | | |
| $H_2$E278-14 | | |
| $H_2$E278-15 | | |
| $H_2$E278-16 | | |
| $H_2$E278-17 | | |

(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。

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.5.4.1.1.1)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.5.4.1.1.2)$$

(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。

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.5.4.1.1.3)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　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【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-10D）】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-10E）】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-14）】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-15）】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-16）】，【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-17）】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　基礎ボルトの応力評価

1.5.4.1項で求めたボルトの引張応力$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力$f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.5.6.1.1)$$

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

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

1.6　機能維持評価

1.6.1　電気的機能維持評価方法

原子炉建物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Ｓｓ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。

原子炉建物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1－10に示す。

表1－10　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10D） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10E） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-14） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-15） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-16） | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-17） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

## 1.7　評価結果

### 1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉建物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。

【原子炉建物水素濃度（H2E278-10D）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-10D) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 62.5 (EL 63.5*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝6.28*2 | $C_V$＝2.43*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | | | 221 (径≦16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

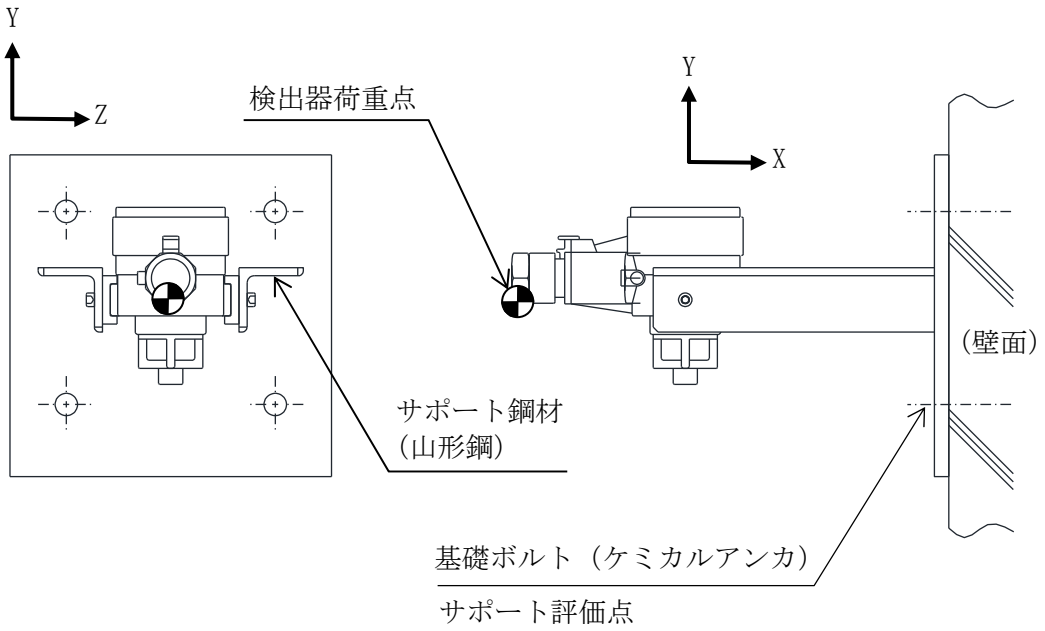
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2$E278-10D) | 水平方向 | 2.76 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.63 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 190000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-10E）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2$E278-10E) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 48.3 (EL 51.7*1, 42.8*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝4.93*2 | $C_V$＝2.36*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | | | 221 (径≦16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

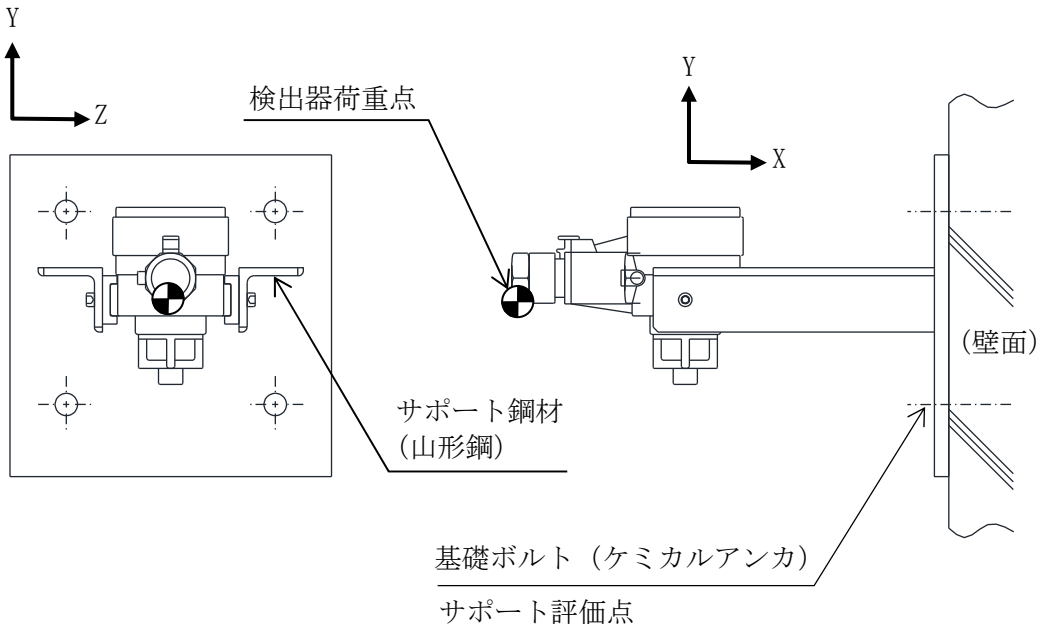
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2$E278-10E) | 水平方向 | 2.00 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.51 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 190000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-14）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2$E278-14) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 33.48 (EL 34.8*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝3.73*2 | $C_V$＝2.32*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | | | 221 (径≦16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

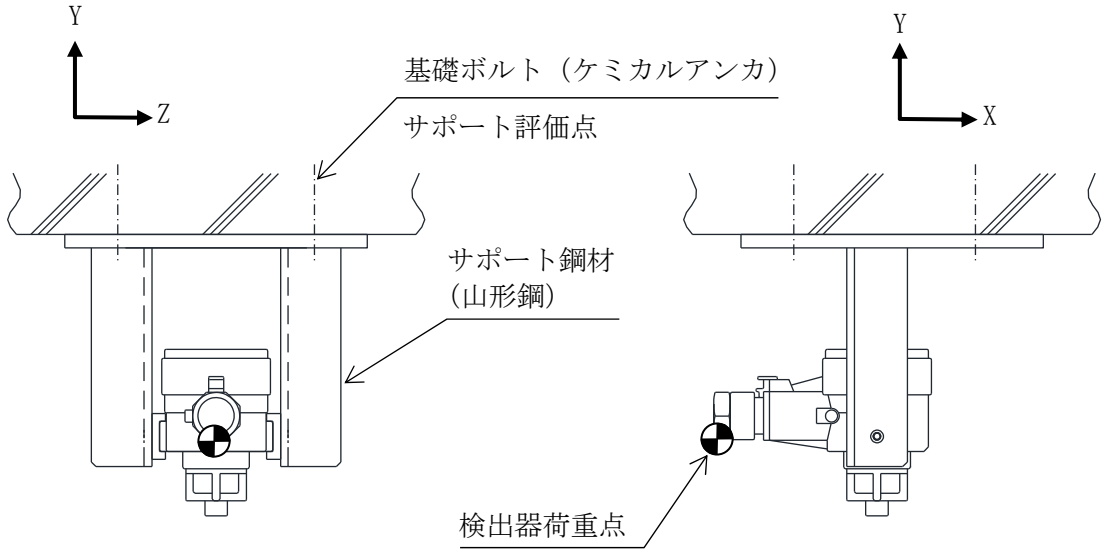
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-14) | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 190000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【原子炉建物水素濃度（H2E278-15）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-15) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 18.28 (EL 23.8*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝3.17*2 | $C_V$＝1.95*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

3.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | | | 221 (径≦16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

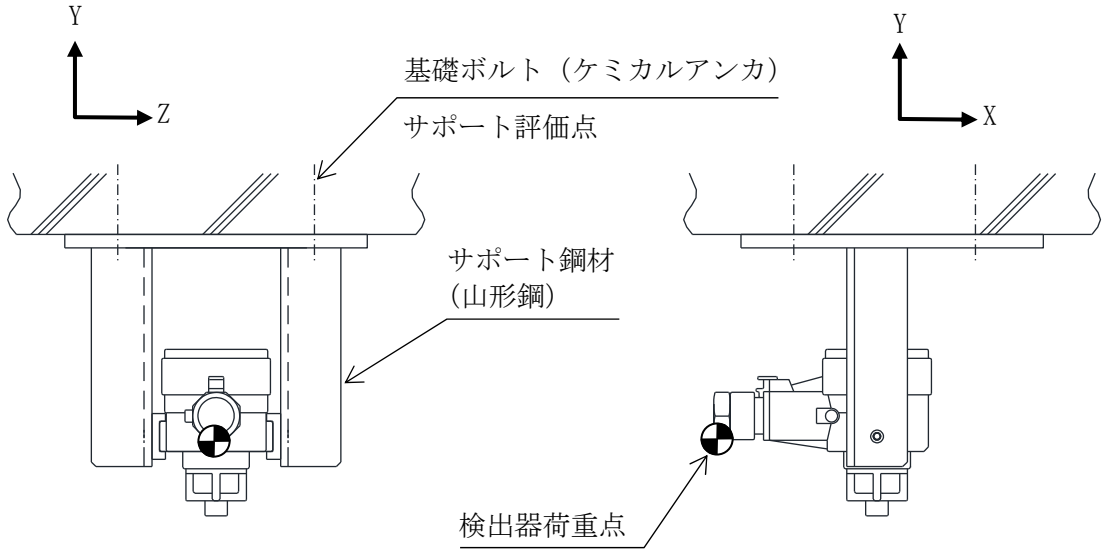
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-15) | 水平方向 | 1.44 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.73 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 190000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



【原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-16）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2$E278-16) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 18.28 (EL 23.8*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝3.17*2 | $C_V$＝1.95*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | | | | 221 (径≦16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

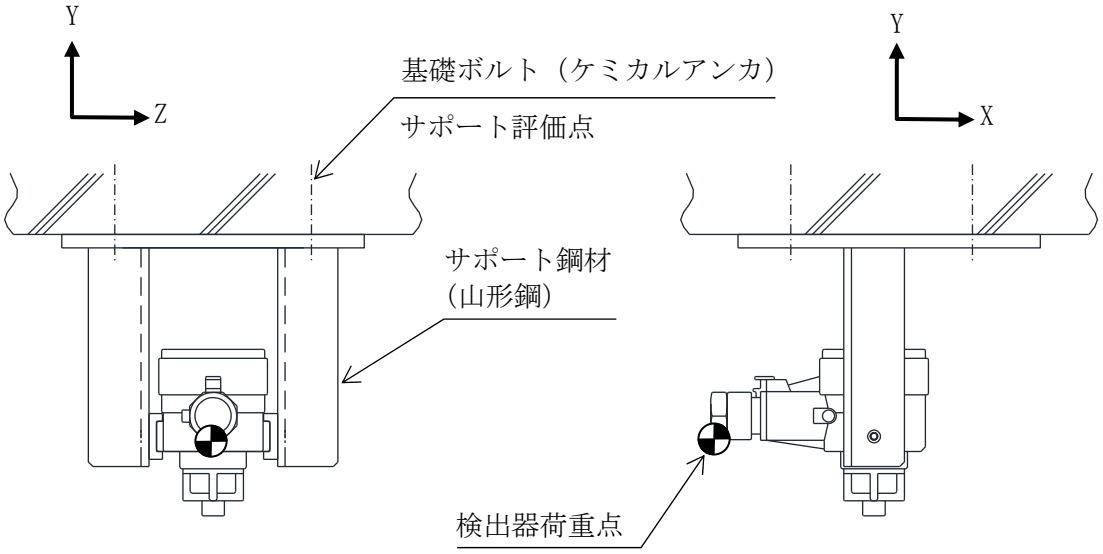
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-16) | 水平方向 | 1.44 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.73 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 190000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【原子炉建物水素濃度（H2E278-17）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-17) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.28 (EL 34.8*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝3.73*2 | $C_V$＝2.32*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | | | 221 (径≦16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=156^*$ |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

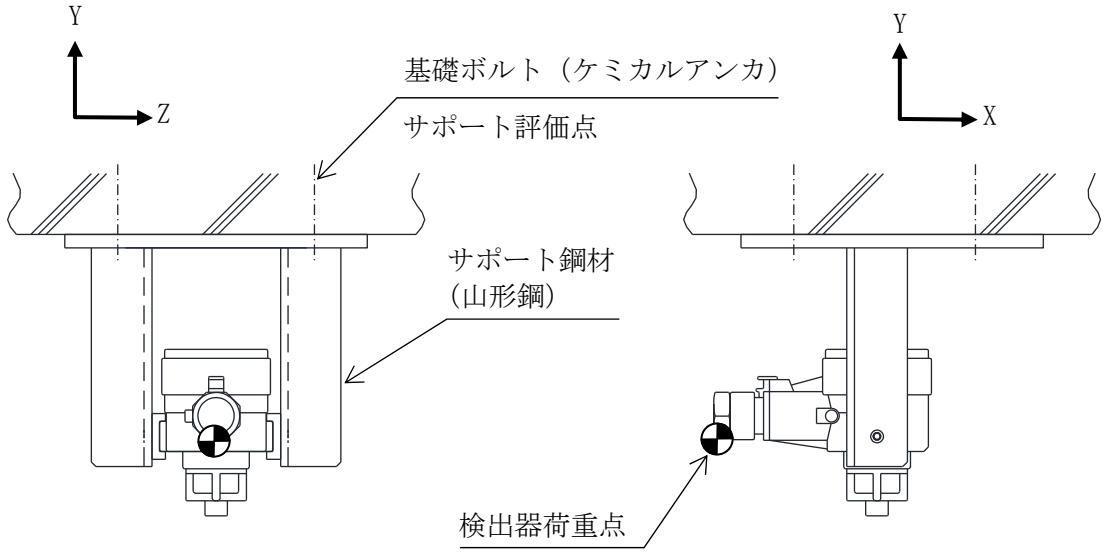
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度 (H2E278-17) | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SUS304 |
| 質量 | m | kg | [redacted] |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 190000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | [redacted] |
| 節点数 | — | 個 | [redacted] |



# 2. 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-18）

## 2.1 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉建物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。

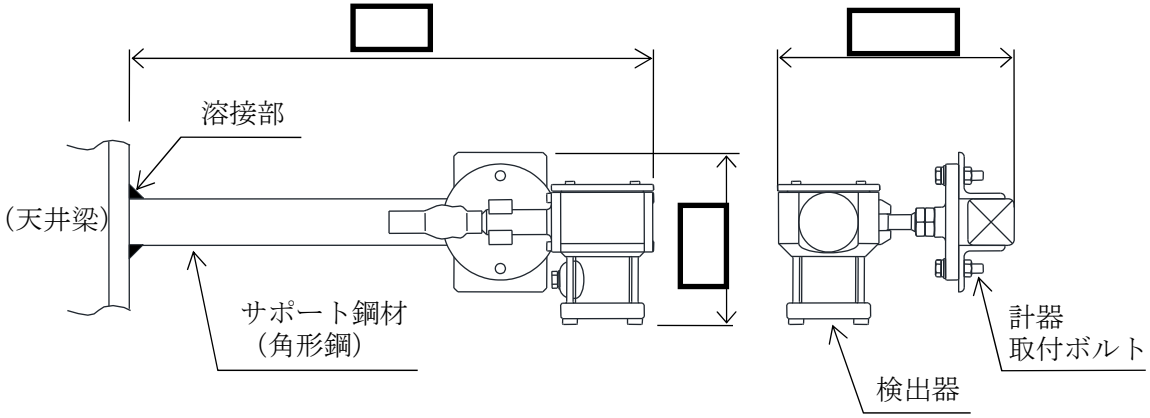
原子炉建物水素濃度は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2.2 一般事項

### 2.2.1 構造計画

原子炉建物水素濃度の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 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。<br>サポート鋼材は，溶接により天井梁に設置する。 | 触媒式水素検出器 | 【原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-18）】<br>  <br><br>（単位：mm） |

2.2.2　評価方針

原子炉建物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，「2.2.1　構造計画」にて示す原子炉建物水素濃度の部位を踏まえ「2.3　評価部位」にて設定する箇所において，「2.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，原子炉建物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」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「2.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7　評価結果」に示す。

原子炉建物水素濃度の耐震評価フローを図2－1に示す。

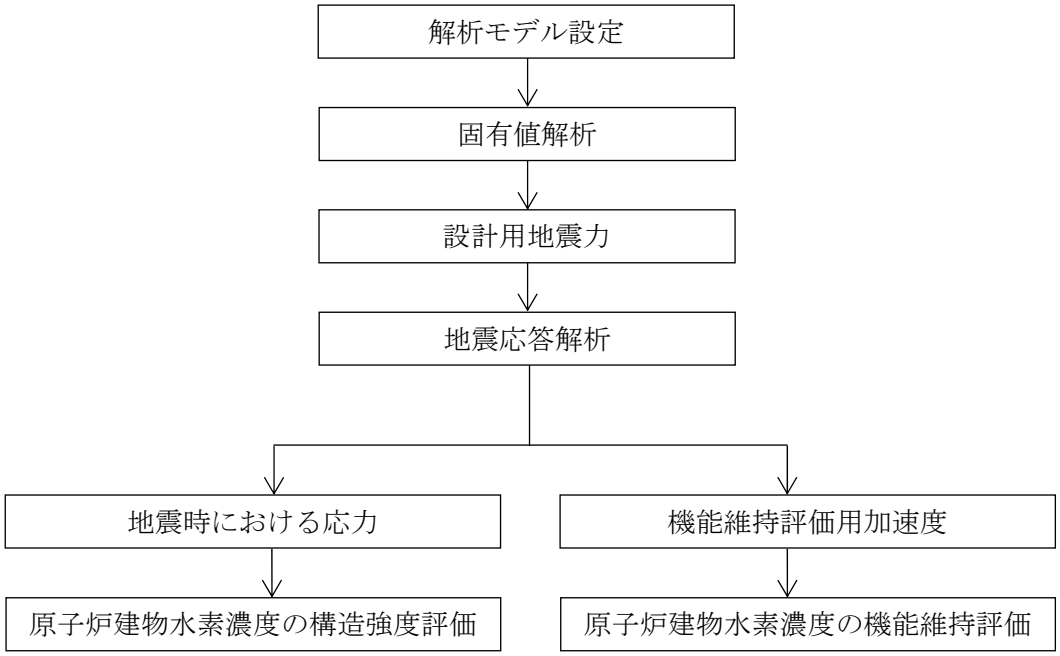



図2－1　原子炉建物水素濃度の耐震評価フロー

2.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）

2.2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| $A_w$ | 溶接部の有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wy}$ | 溶接部の$F_y$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $A_{wz}$ | 溶接部の$F_z$に対する有効断面積 | $mm^2$ |
| $b_1$，$b_2$ | 溶接の有効長さ（Z方向） | mm |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| $F_x$ | 溶接部に作用する力（X方向） | N |
| $F_y$ | 溶接部に作用する力（Y方向） | N |
| $F_z$ | 溶接部に作用する力（Z方向） | N |
| $f_{sm}$ | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| $h_1$，$h_2$ | 溶接の有効長さ（Y方向） | mm |
| $M_x$ | 溶接部に作用するモーメント（X軸周り） | N･mm |
| $M_y$ | 溶接部に作用するモーメント（Y軸周り） | N･mm |
| $M_z$ | 溶接部に作用するモーメント（Z軸周り） | N･mm |
| s | 溶接脚長 | mm |
| $S_u$ | 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 | 計器の荷重 | N |
| $Z_p$ | 溶接全断面におけるねじり断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_y$ | 溶接全断面におけるY軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| $Z_z$ | 溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数 | $mm^3$ |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_t$ | 溶接部に生じる引張応力（圧縮応力） | MPa |
| $\sigma_b$ | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_w$ | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

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 |
| モーメント | N･mm | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁未満となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

## 2.3　評価部位

原子炉建物水素濃度の耐震評価は，「2.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。原子炉建物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。

## 2.4　固有周期

### 2.4.1　固有値解析方法

原子炉建物水素濃度の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　原子炉建物水素濃度は，「2.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

### 2.4.2　解析モデル及び諸元

原子炉建物水素濃度の解析モデルを図 2－2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（$H_2$E278-18)】のその他の機器要目に示す。

(1)　原子炉建物水素濃度の計器の質量は，重心に集中するものとする。

(2)　原子炉建物水素濃度の計器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件として，溶接部を完全拘束とする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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。



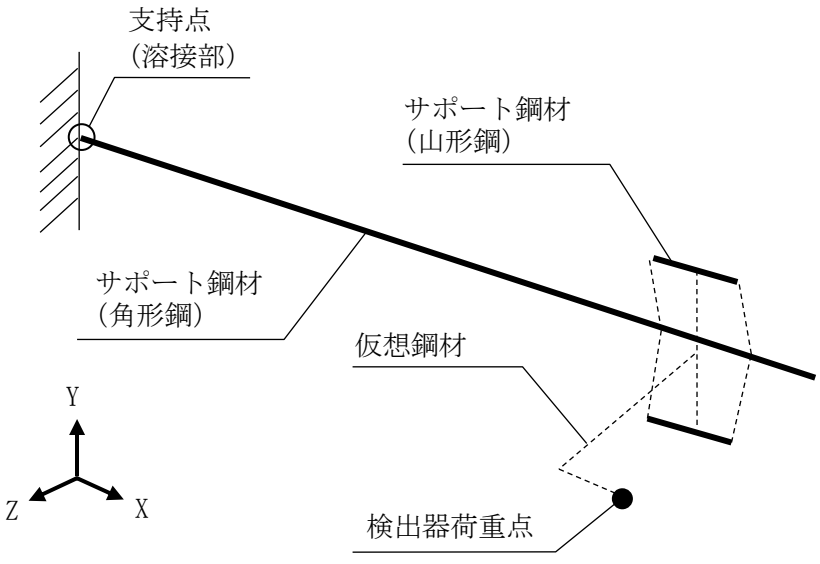



図 2－2　解析モデル（$H_2$E278-18）

2.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表2－3,振動モード図を図2－3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2－3　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| $H_2$E278-18 | 1次 | 鉛直 | [redacted] | — | — | — |

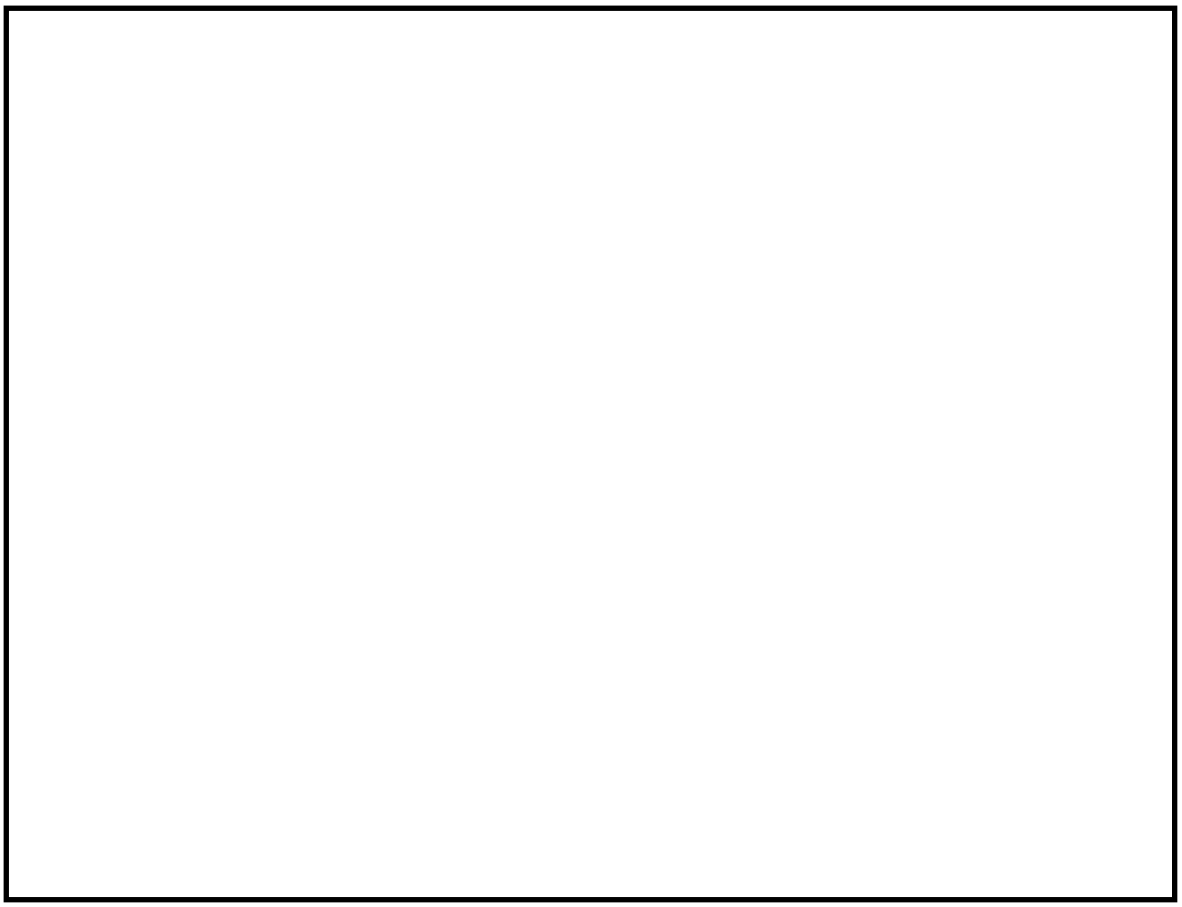


図2－3　振動モード（1次モード　鉛直方向 [redacted]

## 2.5　構造強度評価

### 2.5.1　構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，原子炉建物水素濃度に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

### 2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建物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 2－4 に示す。

#### 2.5.2.2　許容応力

原子炉建物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 2－5 のとおりとする。

#### 2.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉建物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 2－6 に示す。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉建物水素濃度 | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | | | |

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

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

表 2－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | STKR400 | 周囲環境温度 | 120 | 190 | 373 | ― |

2.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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 2－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2E278$-18) | 原子炉建物 EL 14.025 (EL 15.3*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝3.17*2 | $C_V$＝1.50*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Ｓｓ）を上回る設計震度

2.5.4　計算方法

2.5.4.1　応力の計算方法

2.5.4.1.1　溶接部の計算方法

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

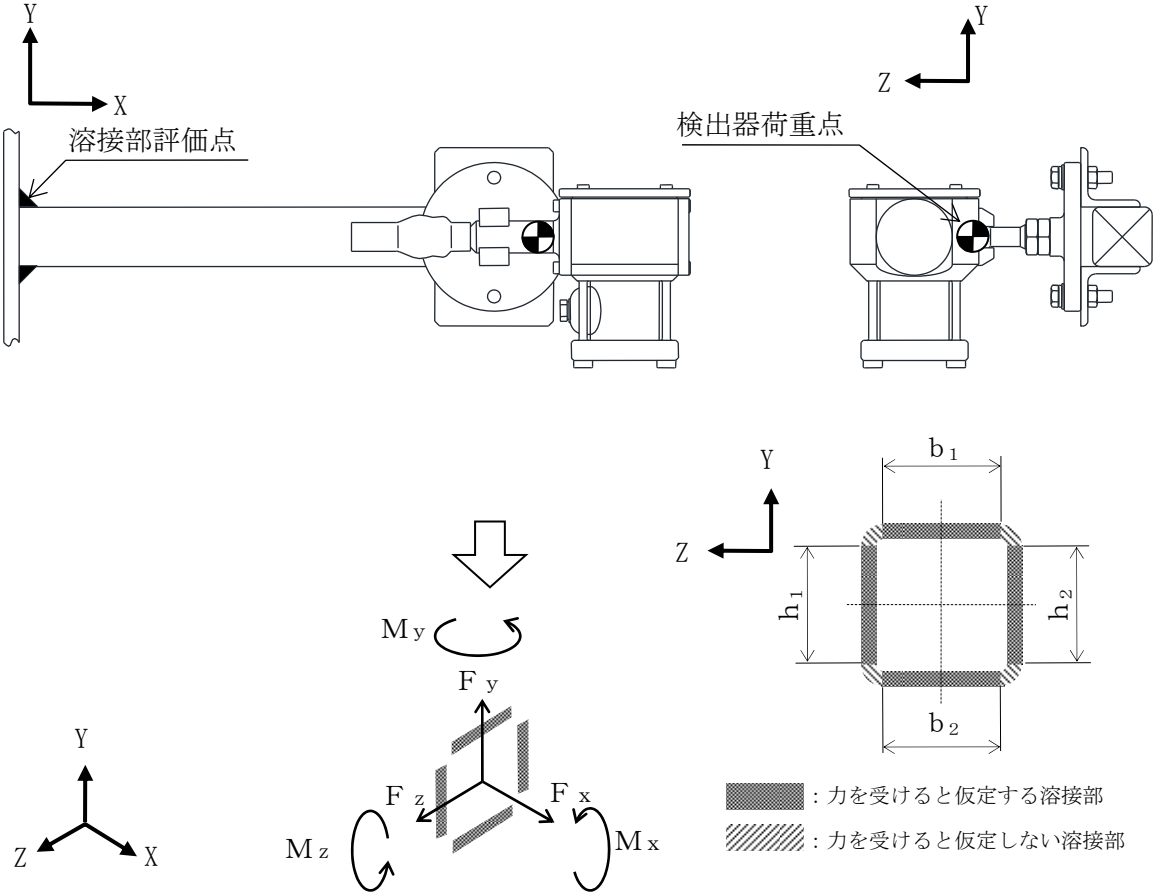



図 2－4　計算モデル（溶接部）（H2E278-18）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 2－8 に示す。

表 2－8　サポート発生反力，モーメント

| 対象機器 | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
| H2E278-18 | | | | | | |

(1)　引張応力（圧縮応力）

溶接部に対する引張応力（圧縮応力）は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（圧縮応力）（$\sigma_t$）

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.1)$$

ここで，引張力（圧縮力）を受ける溶接部の有効断面積$A_w$は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.2)$$

ただし，$h_1$，$h_2$，$b_1$，$b_2$ は各溶接部における溶接長さを示し，溶接部の有効のど厚 a は，次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力（$\tau$）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで，$A_{wy}$，$A_{wz}$はせん断力を受ける各方向の有効断面積，$Z_P$は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$，$A_{wz}$は，次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図2－4でＹ軸方向，Ｚ軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力（$\sigma_b$）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.7)$$

$Z_y$，$Z_z$は溶接断面のＹ軸及びＺ軸に関する断面係数を示す。

(4)　組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は，各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力（$\sigma_w$）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.8)$$

2.5.5　計算条件

2.5.5.1　溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉建物水素濃度の耐震性についての計算結果（H2E278-18）】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6　応力の評価

2.5.6.1　溶接部の応力評価

2.5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力$f_{sm}$以下であること。

ただし，下表に示す$f_{sm}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容せん断応力 $f_{sm}$ | $\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

2.6　機能維持評価

2.6.1　電気的機能維持評価方法

原子炉建物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Ｓｓ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。

原子炉建物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2－9に示す。

表2－9　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度<br>（$H_2$E278-18） | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

## 2.7　評価結果

### 2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉建物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。

【原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-18）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 原子炉建物水素濃度 ($H_2$E278-18) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 14.025 (EL 15.3*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝3.17*2 | $C_V$＝1.50*2 | 120 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部　材 | W (N) | s (mm) | a (mm) | $h_1$ (mm) | $h_2$ (mm) | $b_1$ (mm) | $b_2$ (mm) | $A_w$ ($mm^2$) | $A_{wy}$ ($mm^2$) | $A_{wz}$ ($mm^2$) | $Z_y$ ($mm^3$) | $Z_z$ ($mm^3$) | $Z_p$ ($mm^3$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（ＲＴ） (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶接部 | | | | | | | | | | | | | | 190 | 373 | — | — | 228 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

| 部材 | $F_x$ | | $F_y$ | | $F_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

| 部材 | $M_x$ | | $M_y$ | | $M_z$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 溶接部 | — | [redacted] | — | [redacted] | — | [redacted] |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

| 部　　材 | 材　料 | 応　力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動$S_S$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張（圧縮） | — | — | $\sigma_t=1$ | $f_{sm}=131$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau=6$ | $f_{sm}=131$ |
| | | 曲げ | — | — | $\sigma_b=48$ | $f_{sm}=131$ |
| | | 組合せ | — | — | $\sigma_w=49$ | $f_{sm}=131$ |

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

(×9.8m/s$^2$)

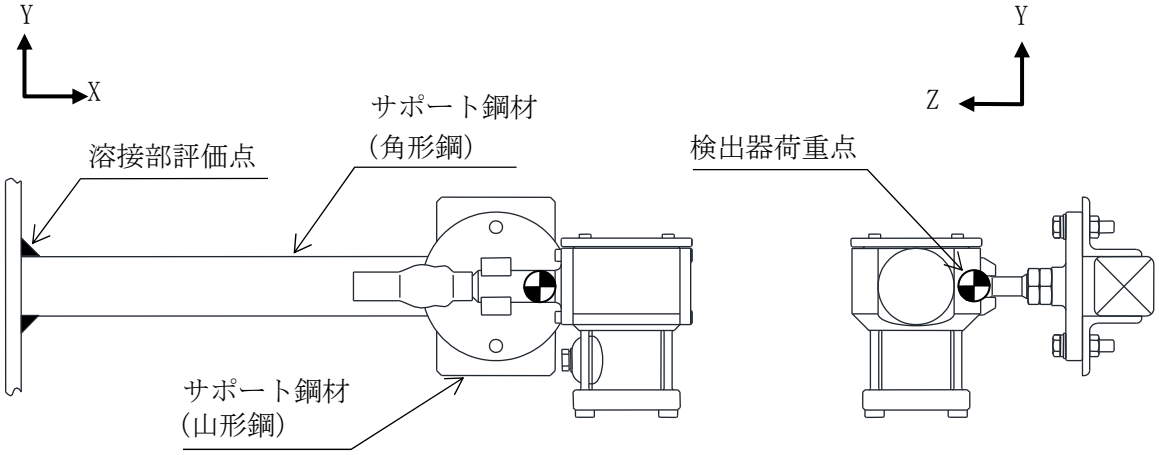
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉建物水素濃度（$H_2$E278-18） | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | STKR400 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 120 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 196400 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

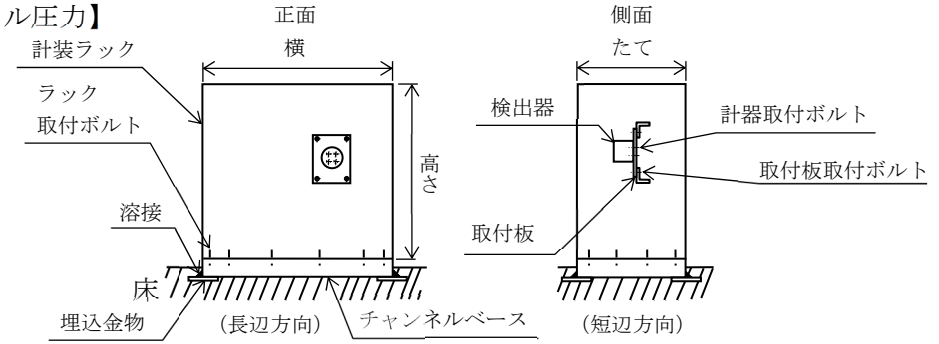
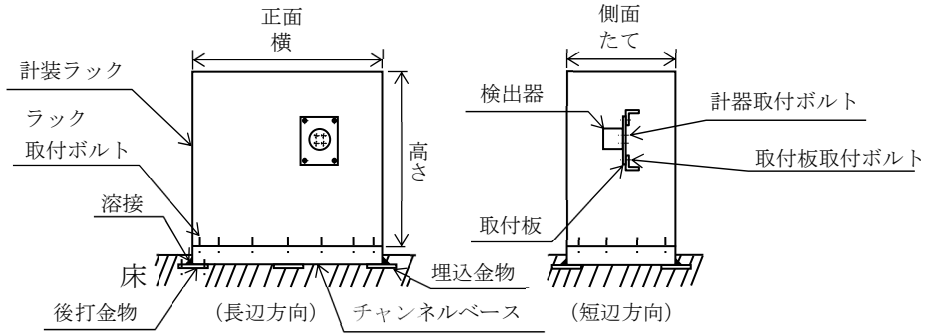
なお，ドライウェル圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラック（2RIR-2-8A，B，C）に固定される。<br>計装ラック（2RIR-2-8A，B，C）は，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。<br><br>検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラック（2RIR-2-8D）に固定される。<br>計装ラック（2RIR-2-8D）は，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて後打金物及び基礎に埋め込まれた金物に固定する。<br>後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | ドライウェル圧力検出器 | 【ドライウェル圧力】<br>  <br><br>計装ラック（2RIR-2-8A，B，C）<br>  <br><br>計装ラック（2RIR-2-8D） |

| 機器名称 | ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8A) | ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8B) | ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8C) | ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8D) |
|---|---|---|---|---|
| たて | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (2RIR-2-8B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (2RIR-2-8D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は，構造が同等な計装ラックに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－2 に示す。

表 3－2 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (2RIR-2-8A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| ドライウェル圧力 (2RIR-2-8C) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ドライウェル圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

ドライウェル圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル圧力（PX293-2A）の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル圧力（PX293-2B）の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル圧力（PX293-2C）の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル圧力（PX293-2D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル圧力 | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 非常用ガス処理系 | ドライウェル圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | その他の原子炉格納容器隔離弁(1) | ドライウェル圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 原子炉非常停止信号 | ドライウェル圧力高 | | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆ t | 1.5・ｆ s |
| ⅣAS | 1.5・ｆ t* | 1.5・ｆ s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

ドライウェル圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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 |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX293-2A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【ドライウェル圧力（PX293-2A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2A) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 4 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 470*1 | 570*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝14 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

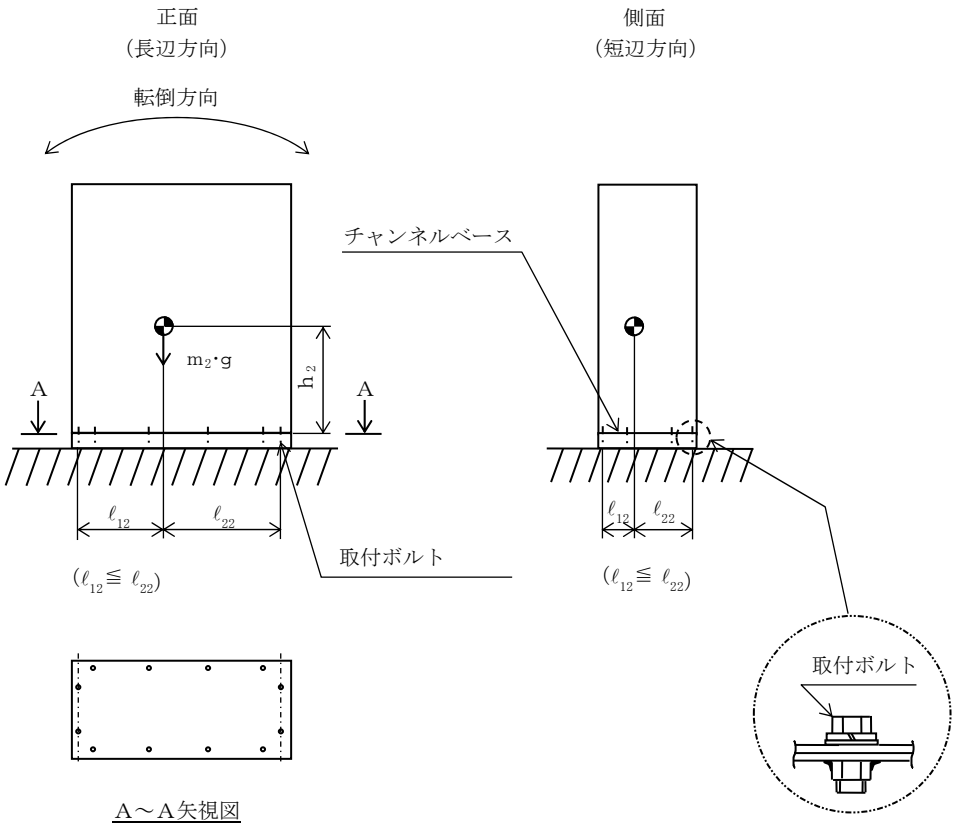
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力(PX293-2A) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

【ドライウェル圧力（PX293-2B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2B) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

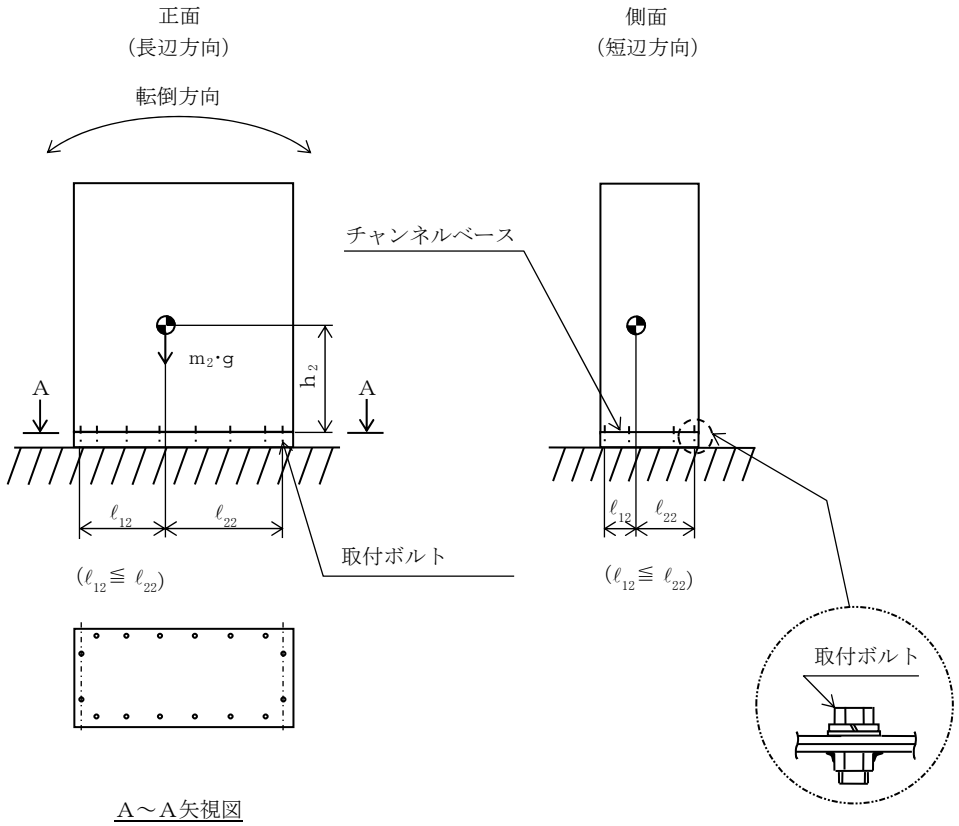
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX293-2B) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

【ドライウェル圧力（PX293-2C）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2C) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i^*$ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 4 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 470*1 | 570*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝15 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝27 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

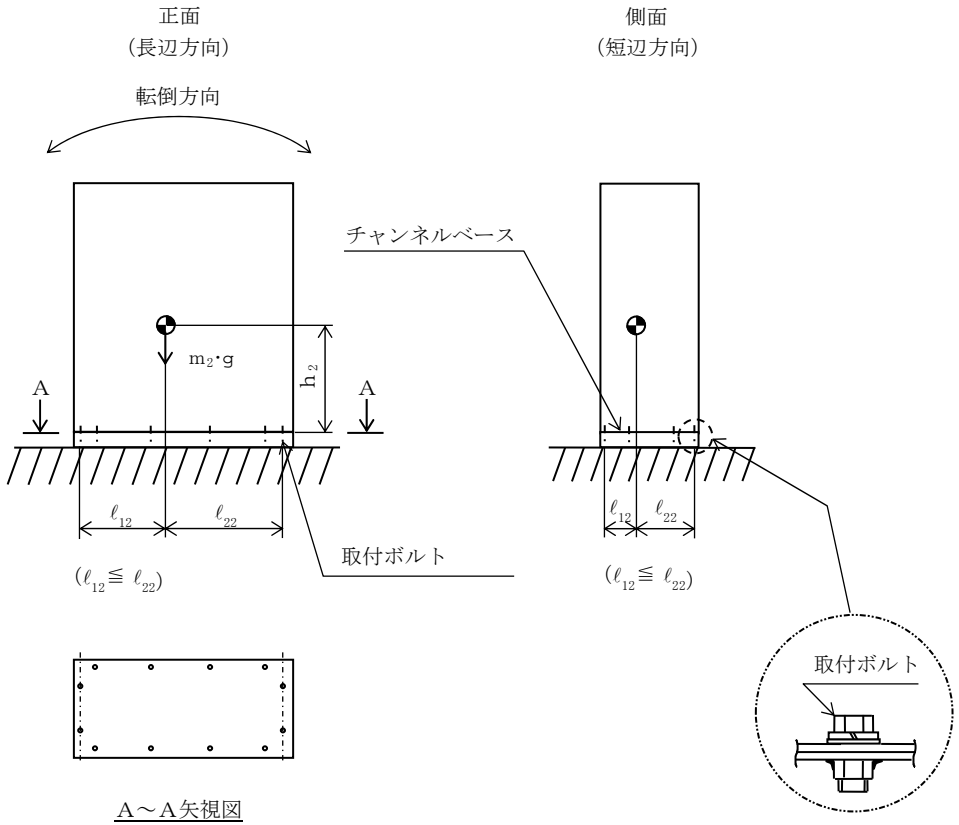
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力(PX293-2C) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

【ドライウェル圧力（PX293-2D）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX293-2D) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

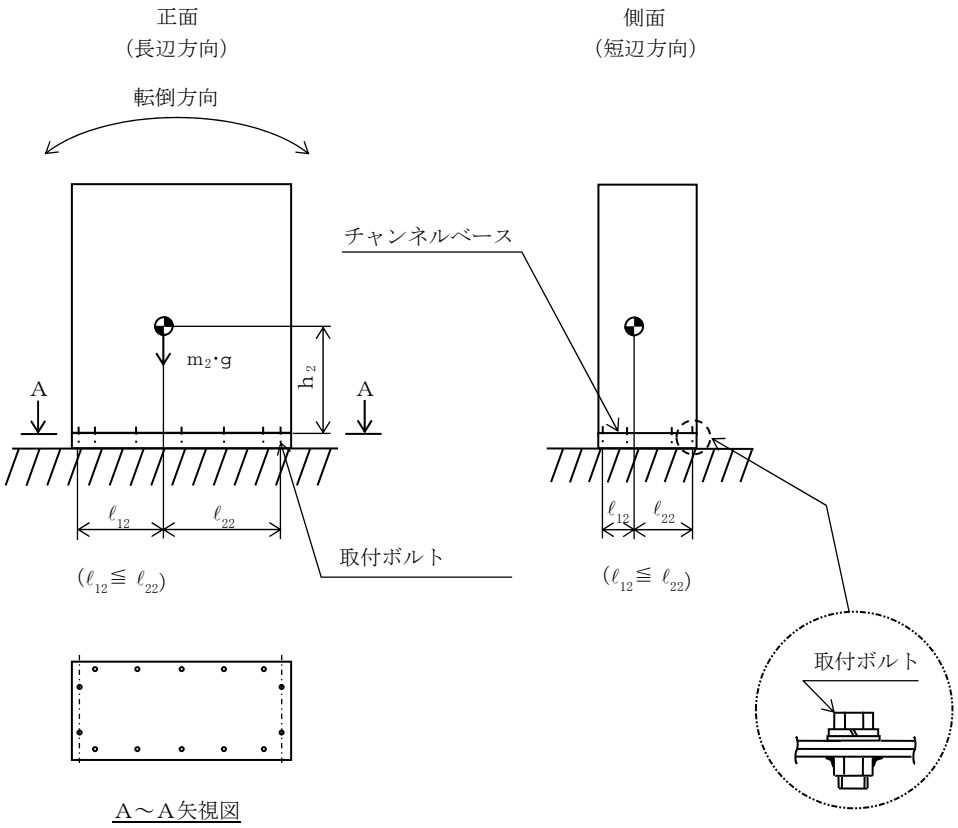
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX293-2D) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

# VI-2-6-5-50　主蒸気管流量大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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 10
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 10

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，主蒸気管流量大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。

主蒸気管流量大は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

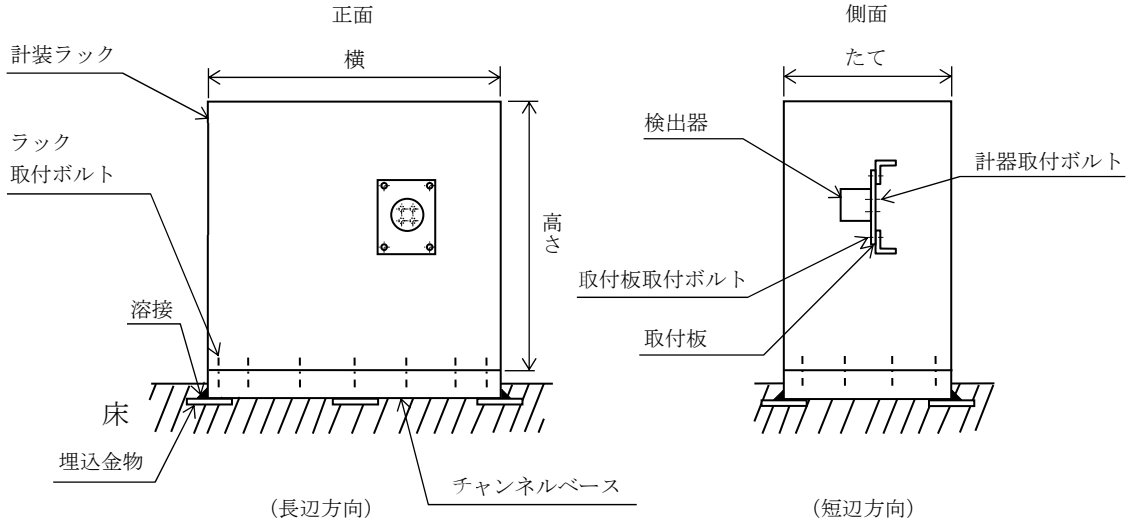
なお，主蒸気管流量大が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管流量大の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 主蒸気管流量検出器 | 【主蒸気管流量大】<br>  <br> |

| 機器名称 | 主蒸気管流量<br>(2RIR-1-3A) | 主蒸気管流量<br>(2RIR-1-3B) | 主蒸気管流量<br>(2RIR-1-3C) | 主蒸気管流量<br>(2RIR-1-3D) |
|---|---|---|---|---|
| たて | | | | |
| 横 | | | | |
| 高さ | | | | |

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

主蒸気管流量大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（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 主蒸気管流量大 (2RIR-1-3A) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |
| 主蒸気管流量大 (2RIR-1-3B) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |
| 主蒸気管流量大 (2RIR-1-3C) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |
| 主蒸気管流量大 (2RIR-1-3D) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

主蒸気管流量大の構造強度評価は，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

主蒸気管流量大の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に示す。

4.2.2 許容応力

主蒸気管流量大の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管流量大の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【主蒸気管流量大（dPX202-1A，dPX202-2A，dPX202-3A，dPX202-4A）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量大（dPX202-1B，dPX202-2B，dPX202-3B，dPX202-4B）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量大（dPX202-1C，dPX202-2C，dPX202-3C，dPX202-4C）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量大（dPX202-1D，dPX202-2D，dPX202-3D，dPX202-4D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 主蒸気隔離弁 | 主蒸気管流量大 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆ t | 1.5・ｆ s |
| ⅣAS | 1.5・ｆ t* | 1.5・ｆ s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

主蒸気管流量大の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-2A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-3A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-4A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-2B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-3B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

表 5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 主蒸気管流量大 (dPX202-4B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-2C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-3C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-4C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-2D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-3D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-4D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管流量大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。

【主蒸気管流量大（dPX202-1A，dPX202-2A，dPX202-3A，dPX202-4A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1A，dPX202-2A，dPX202-3A，dPX202-4A) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 1070*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=9$ | $f_{ts2}=158^{*}$ | $\sigma_{b2}=22$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

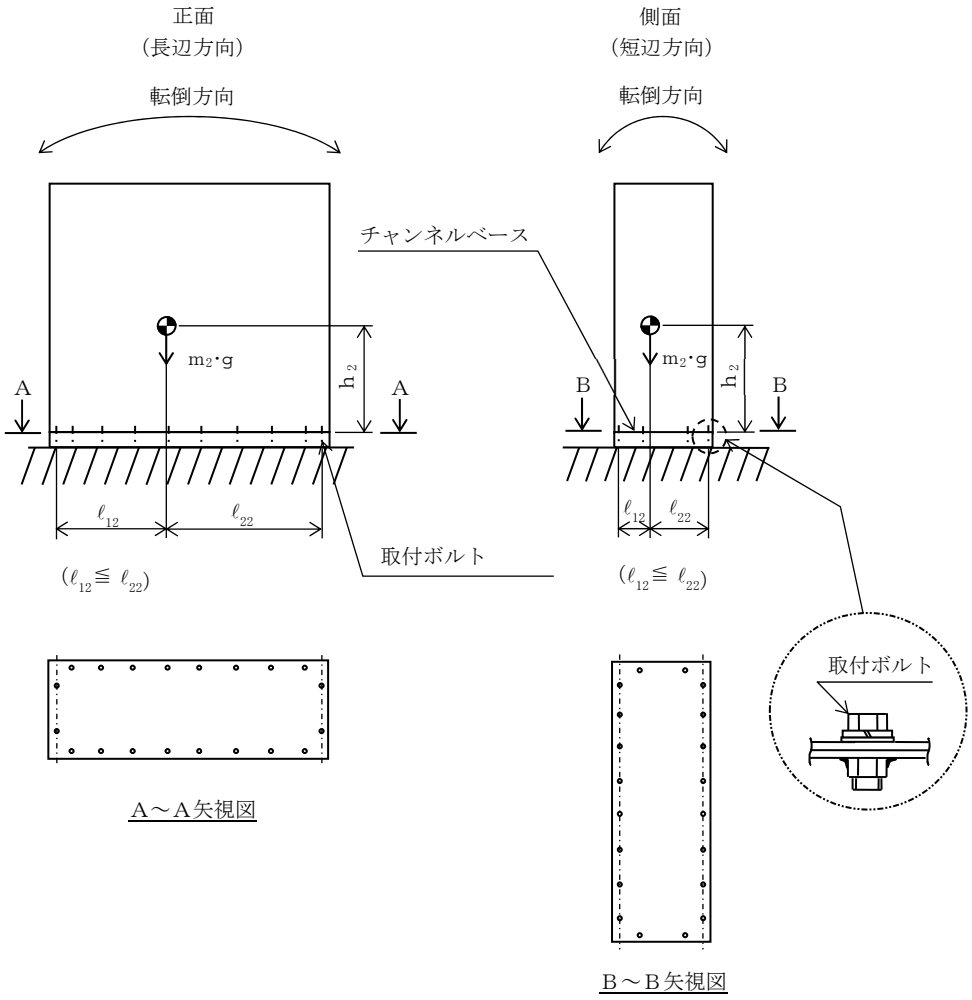
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 主蒸気管流量大（dPX202-1A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-2A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-3A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-4A） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【主蒸気管流量大（dPX202-1B，dPX202-2B，dPX202-3B，dPX202-4B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1B，dPX202-2B，dPX202-3B，dPX202-4B) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝11 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝24 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

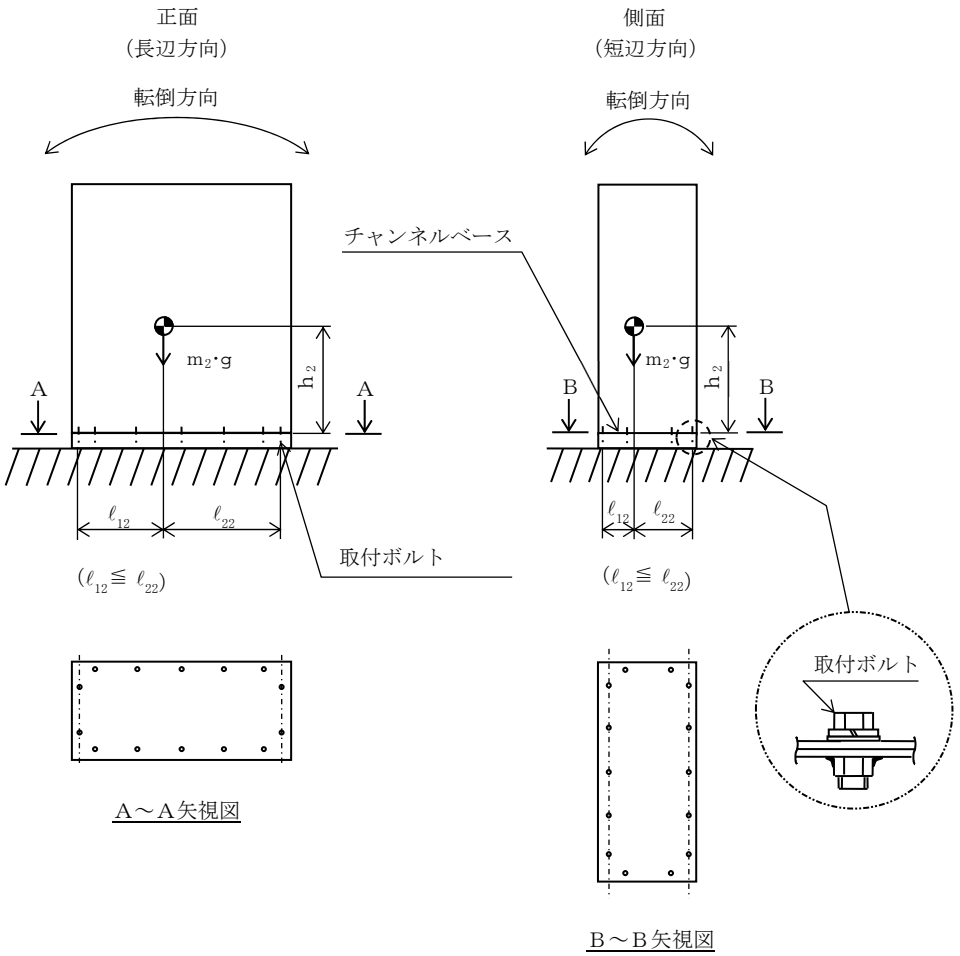
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 主蒸気管流量大（dPX202-1B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-2B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-3B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-4B） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

【主蒸気管流量大（dPX202-1C，dPX202-2C，dPX202-3C，dPX202-4C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1C，dPX202-2C，dPX202-3C，dPX202-4C) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 1070*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=9$ | $f_{ts2}=158^*$ | $\sigma_{b2}=22$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

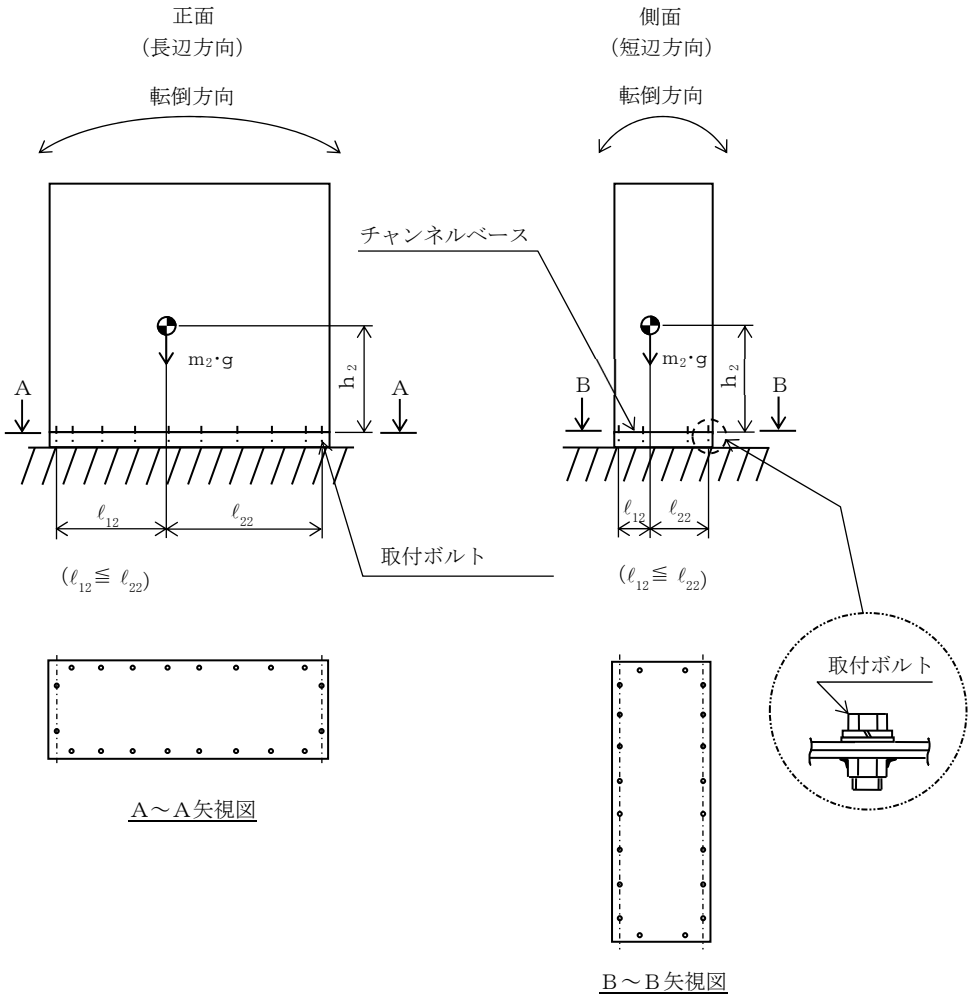
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 主蒸気管流量大（dPX202-1C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-2C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-3C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-4C） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

【主蒸気管流量大（dPX202-1D，dPX202-2D，dPX202-3D，dPX202-4D）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 主蒸気管流量大 (dPX202-1D，dPX202-2D，dPX202-3D，dPX202-4D) | S | 原子炉建物 EL 15.3*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝10 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝23 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

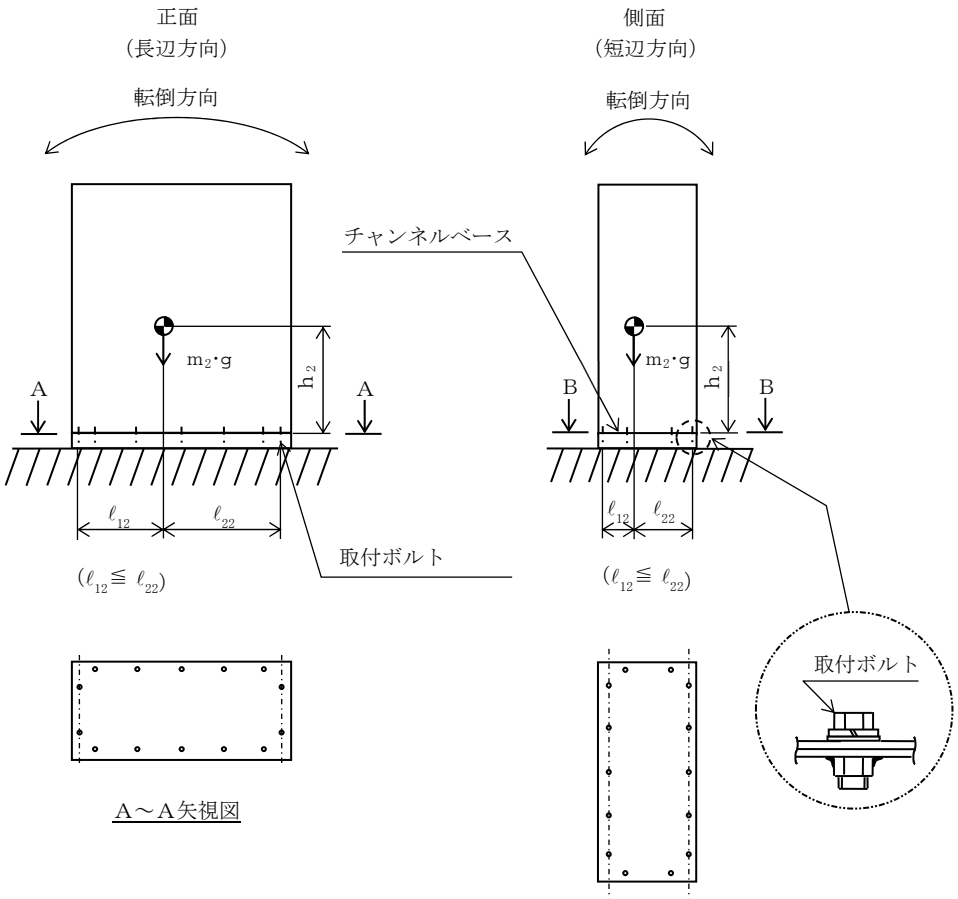
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 主蒸気管流量大（dPX202-1D） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-2D） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-3D） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |
| 主蒸気管流量大（dPX202-4D） | 水平方向 | 1.32 | |
| | 鉛直方向 | 1.31 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

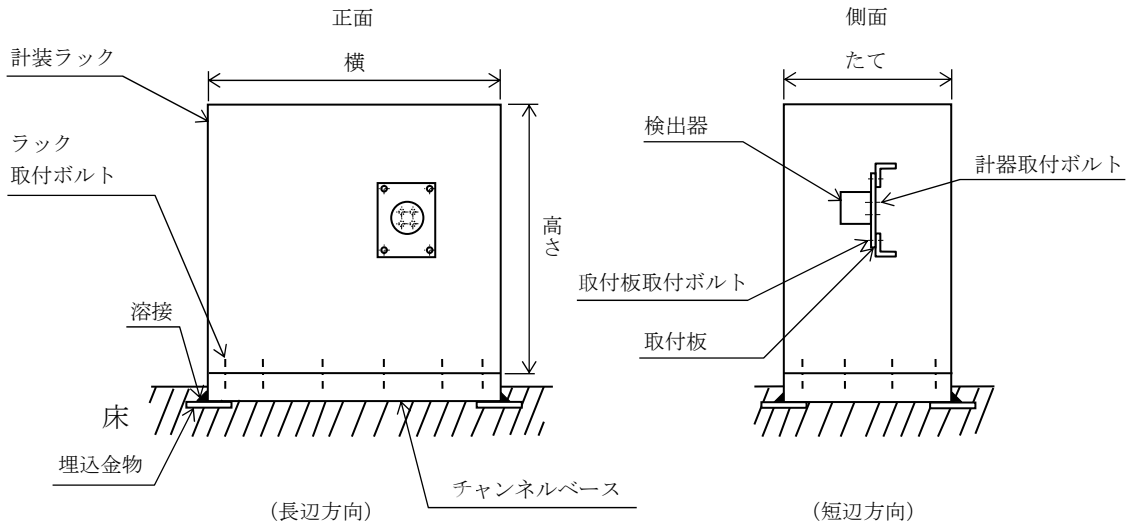
なお，ドライウェル圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</td><td>ドライウェル圧力検出器</td><td>【ドライウェル圧力】<br> 

<table>
<tr><th>機器名称</th><th>ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8A)</th><th>ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8C)</th></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>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は，構造が同等な計装ラックに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (2RIR-2-8A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| ドライウェル圧力 (2RIR-2-8C) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ドライウェル圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

ドライウェル圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル圧力（PX217-8A，C）の耐震性についての計算結果】，【ドライウェル圧力（PX217-8B，D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル圧力 | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 高圧炉心スプレイ系 | ドライウェル圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆ t | 1.5・ｆ s |
| ⅣAS | 1.5・ｆ t* | 1.5・ｆ s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

ドライウェル圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-8A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【ドライウェル圧力（PX217-8A，C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8A，C) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 4 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 470*1 | 570*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝14 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

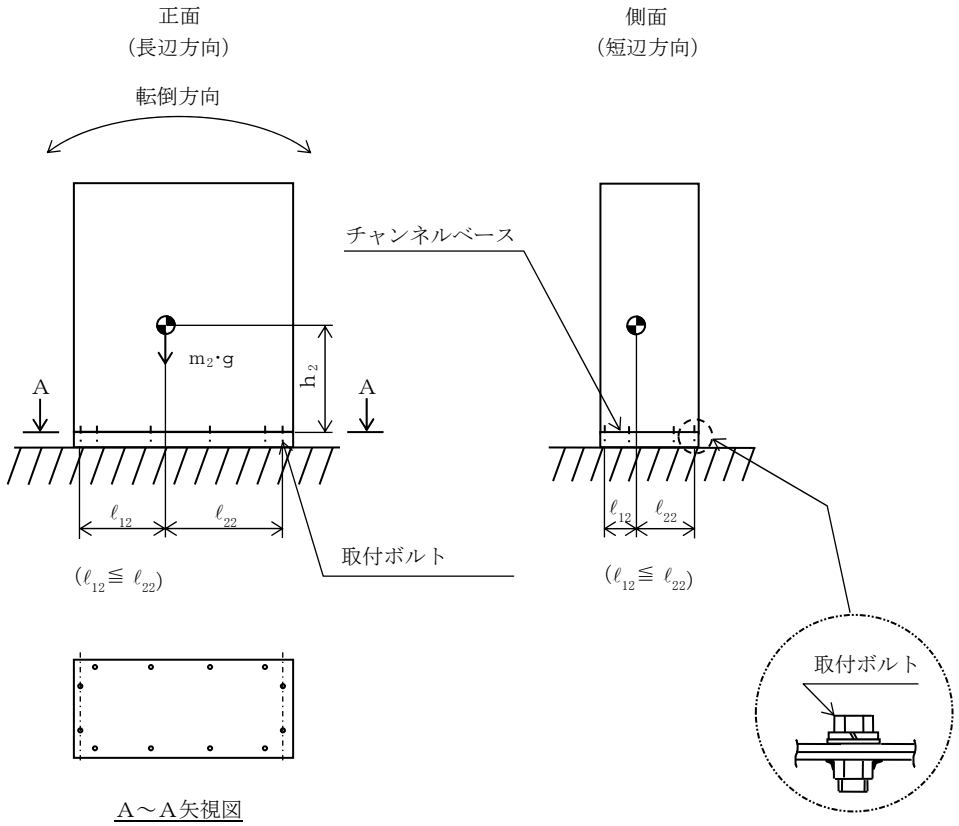
注記＊：$f_{tsi}$＝Min[1.4・$f_{toi}$－1.6・$\tau_{bi}$，$f_{toi}$]

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-8A) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8C) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

【ドライウェル圧力（PX217-8B，D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8B，D) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i^*$ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 4 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 470*1 | 570*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=158^{*}$ | $\sigma_{b2}=27$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

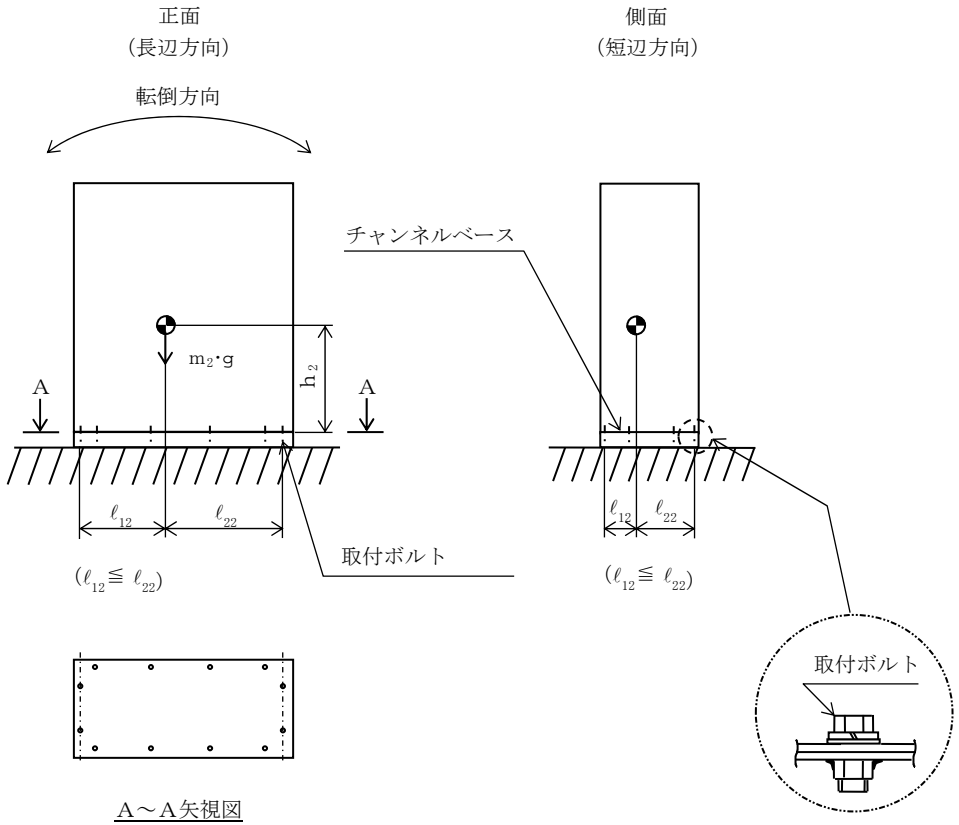
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-8B) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-8D) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

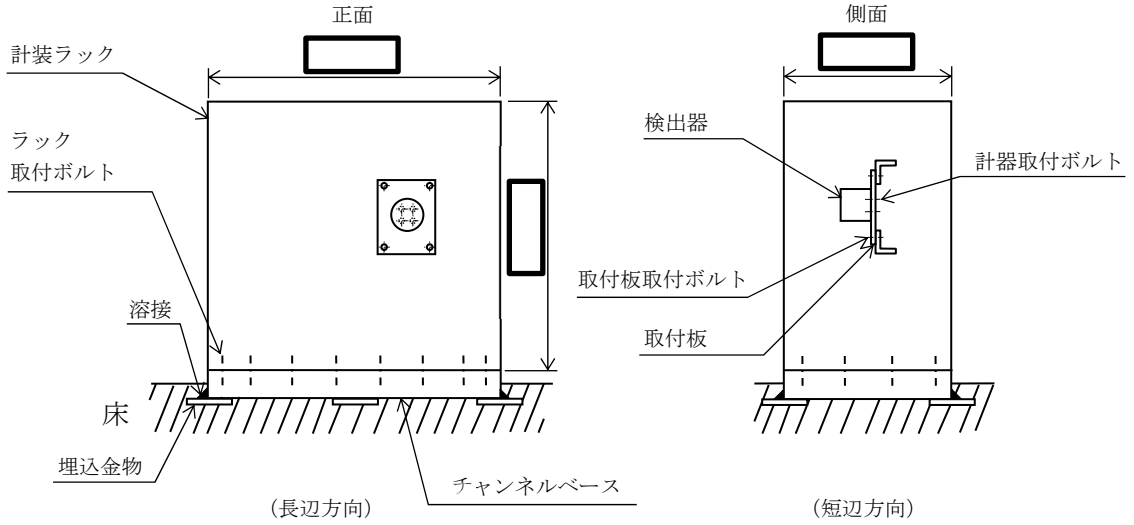
なお，ドライウェル圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | ドライウェル圧力検出器 | 【ドライウェル圧力】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ドライウェル圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

ドライウェル圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル圧力（PX217-7A，C）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル圧力 | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 低圧炉心スプレイ系 | ドライウェル圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 残留熱除去系 低圧注水系 | ドライウェル圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 自動減圧系 | 原子炉水位低（レベル１）とドライウェル圧力高の同時信号 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・f t | 1.5・f s |
| ⅣAS | 1.5・f t* | 1.5・f s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

ドライウェル圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1 機能確認済加速度 (×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-7A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-7C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【ドライウェル圧力（PX217-7A，C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-7A，C) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (i＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (i＝2) | 220*1 | 320*1 | 6 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 670*1 | 870*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

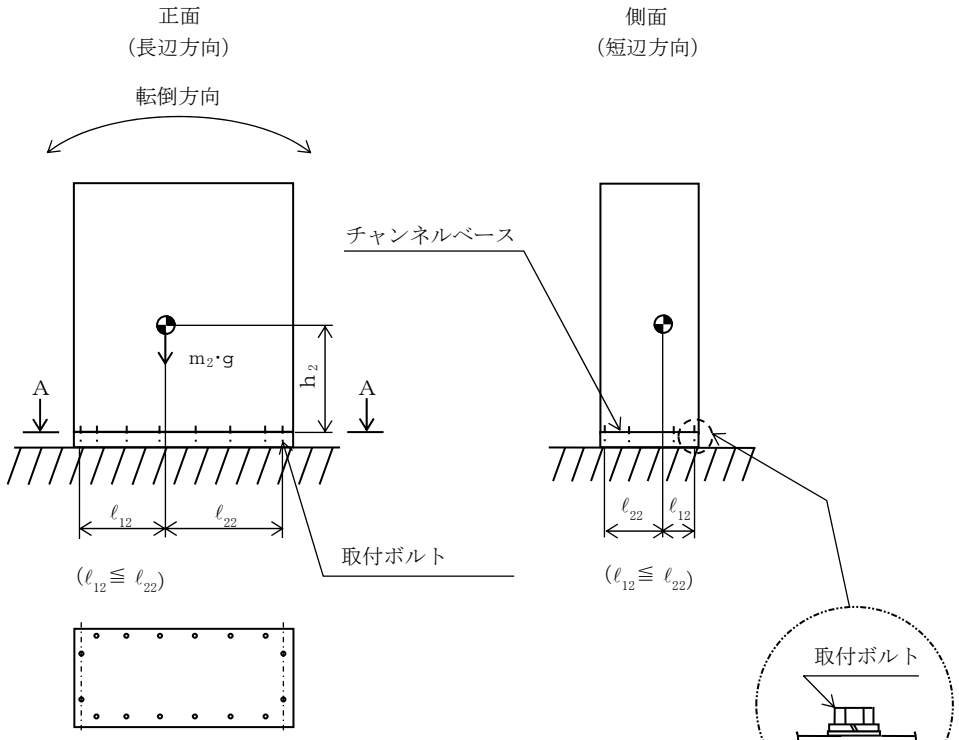
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-7A) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-7C) | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

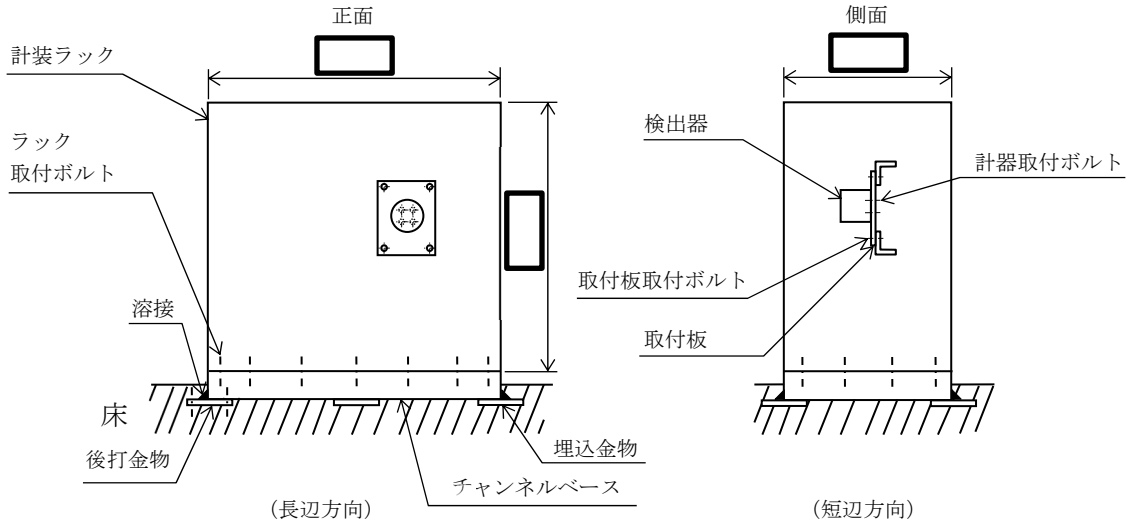
なお，ドライウェル圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて後打金物及び基礎に埋め込まれた金物に固定する。<br>後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | ドライウェル圧力検出器 | 【ドライウェル圧力】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力<br>(2RIR-2-8D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ドライウェル圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に示す。

4.2.2 許容応力

ドライウェル圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ドライウェル圧力（PX217-7B，D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | ドライウェル圧力 | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 残留熱除去系低圧注水系 | ドライウェル圧力高 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 自動減圧系 | 原子炉水位低（レベル１）とドライウェル圧力高の同時信号 | — | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆ t | 1.5・ｆ s |
| ⅣAS | 1.5・ｆ t* | 1.5・ｆ s* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

ドライウェル圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の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 |
|---|---|---|
| ドライウェル圧力 (PX217-7B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-7D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【ドライウェル圧力（PX217-7B，D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| ドライウェル圧力 (PX217-7B，D) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | [redacted] | | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 620*1 | 720*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝13 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝26 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

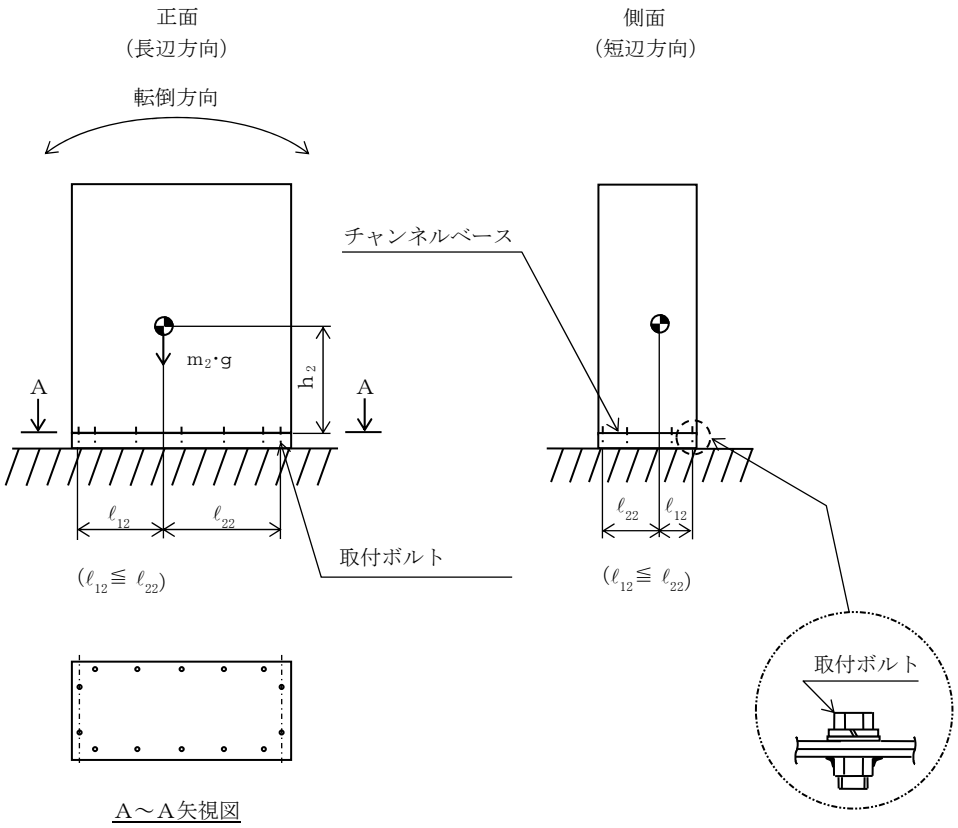
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| ドライウェル圧力（PX217-7B） | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |
| ドライウェル圧力（PX217-7D） | 水平方向 | 1.44 | |
| | 鉛直方向 | 1.73 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

# Ⅵ-2-6-7　その他の計測制御系統施設の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-6-7-1　その他の計測装置の耐震性についての計算書

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，残留熱除去系熱交換器冷却水流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器冷却水流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

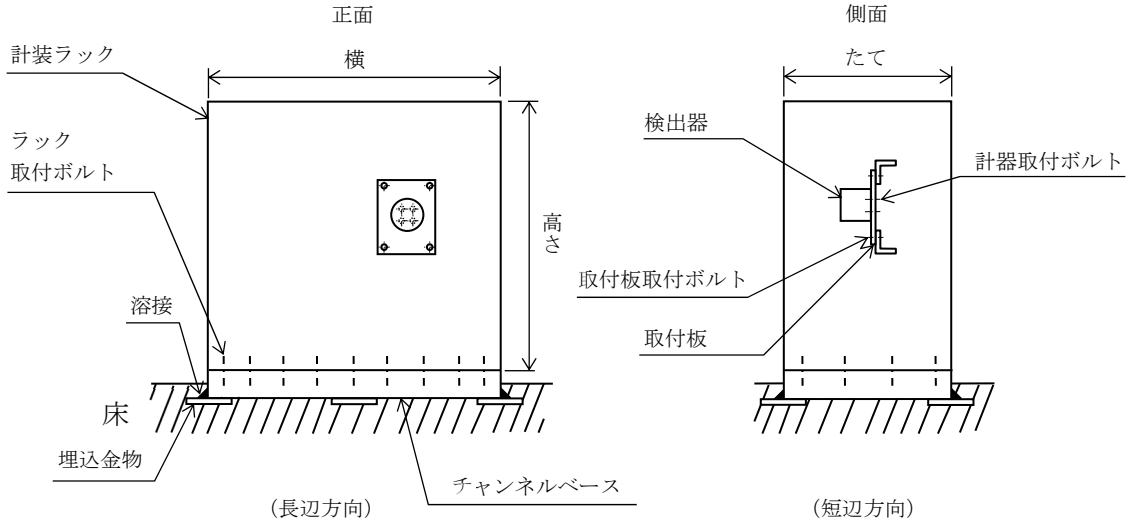
なお，残留熱除去系熱交換器冷却水流量が設置される計装ラックは，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</td><td>差圧式流量検出器</td><td>【残留熱除去系熱交換器冷却水流量】<br> 

<table>
<tr><th>機器名称</th><th>残留熱除去系<br>熱交換器冷却水流量<br>(2RIR-B2-3A (I))</th><th>残留熱除去系<br>熱交換器冷却水流量<br>(2RIR-B2-3B)</th></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>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

残留熱除去系熱交換器冷却水流量が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 残留熱除去系<br>熱交換器冷却水流量<br>(2RIR-B2-3A (I)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去系<br>熱交換器冷却水流量<br>(2RIR-B2-3B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系熱交換器冷却水流量（FX214-1A）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去系熱交換器冷却水流量（FX214-1B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 残留熱除去系<br>熱交換器冷却水流量 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 残留熱除去系<br>熱交換器冷却水流量 | 常設／防止<br>（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 残留熱除去系熱交換器冷却水流量<br>(FX214-1A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 残留熱除去系熱交換器冷却水流量<br>(FX214-1B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

残留熱除去系熱交換器冷却水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器冷却水流量（FX214-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去系 熱交換器冷却水流量 (FX214-1A) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 970*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=6$ | $f_{ts2}=154^{*}$ | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=185^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=118$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=142$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去系熱交換器冷却水流量(FX214-1A) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去系 熱交換器冷却水流量 (FX214-1A) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 20 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 8 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 970*1 | 1170*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

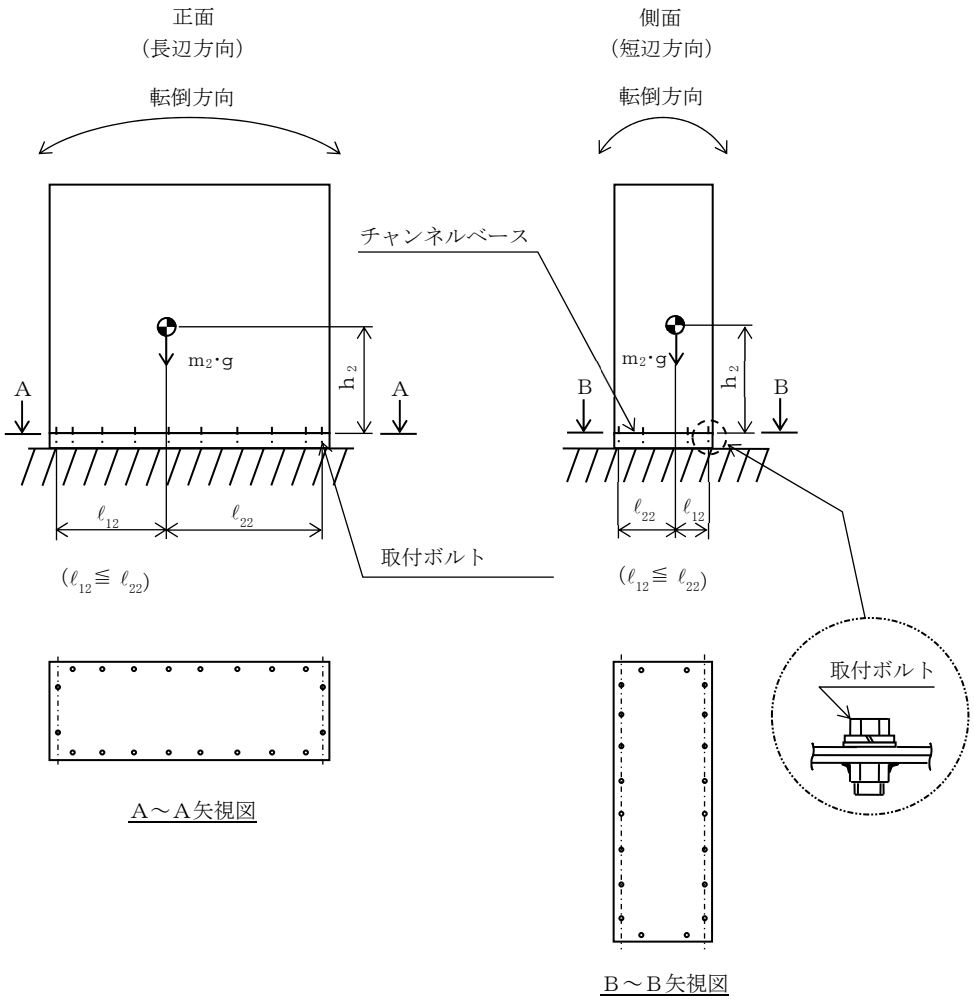
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去系熱交換器冷却水流量（FX214-1A） | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図
取付ボルト

【残留熱除去系熱交換器冷却水流量（FX214-1B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去系 熱交換器冷却水流量 (FX214-1B) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 7 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 820*1 | 1020*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝15 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去系熱交換器冷却水流量(FX214-1B) | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 残留熱除去系 熱交換器冷却水流量 (FX214-1B) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 18 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 7 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 820*1 | 1020*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=15$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

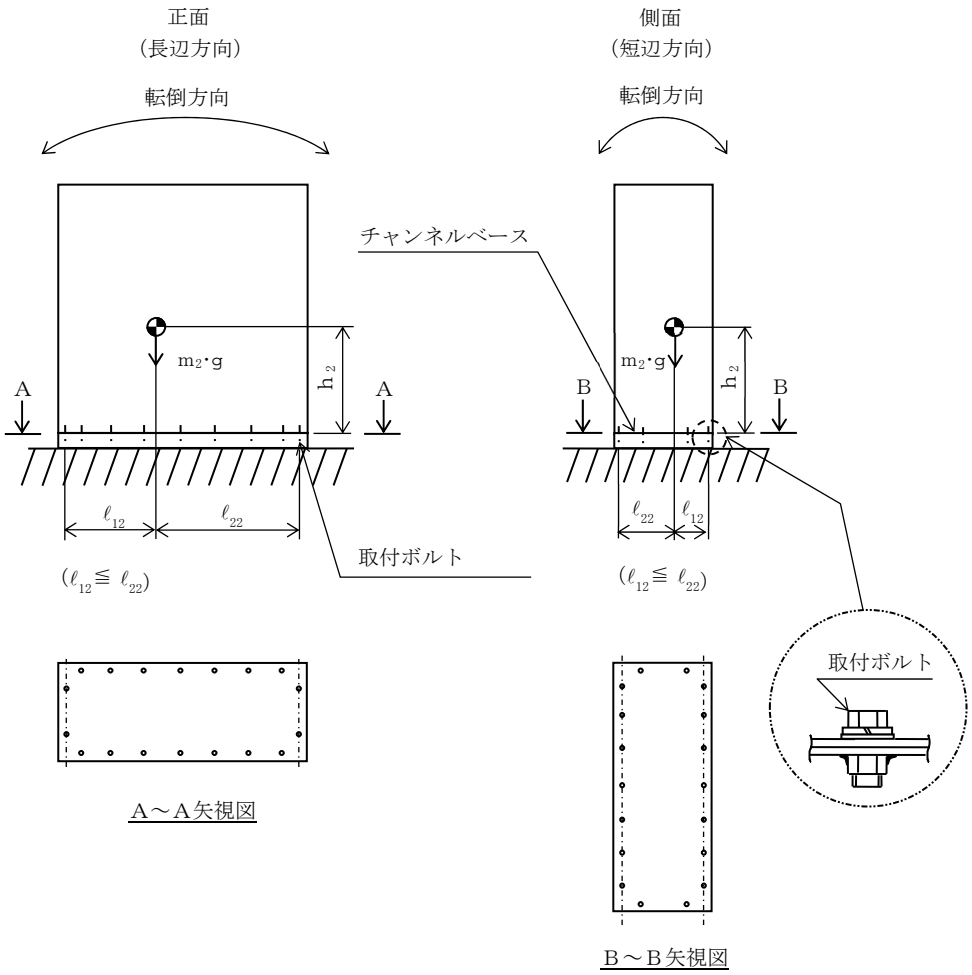
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去系熱交換器冷却水流量(FX214-1B) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

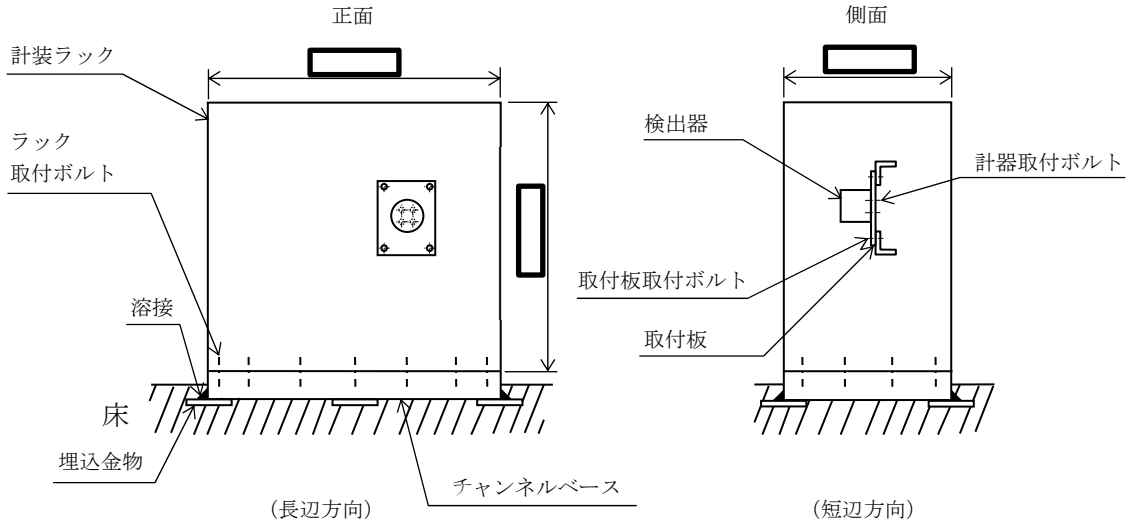
なお，原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 弾性圧力検出器 | 【原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ<br>出口圧力<br>(2RIR-B2-1) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力（PX221-8）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力 | 常設／防止（DB拡張） | —*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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | ― |

注記＊：SS400 相当



表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力<br>(PX221-8) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力（PX221-8）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力 (PX221-8) | S | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | $C_H$＝0.71*2 | $C_V$＝0.48*2 | $C_H$＝1.41*3 | $C_V$＝1.05*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 220*1 | 320*1 | 5 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝7 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝17 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力（PX221-8） | 水平方向 | 1.17 | |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力 (PX221-8) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 1.3*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.41*2 | $C_V$=1.05*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$＊ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 5 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=17$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

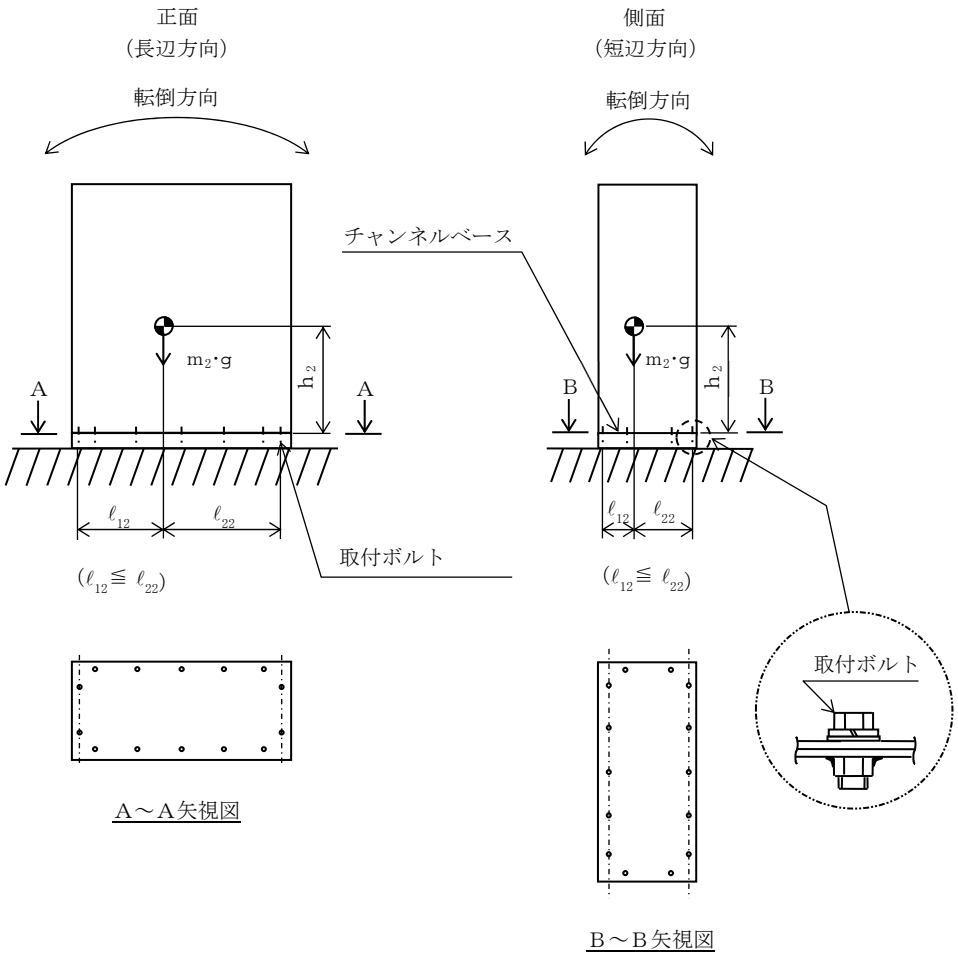
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉隔離時冷却ポンプ出口圧力(PX221-8) | 水平方向 | 1.17 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.87 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

# Ⅵ-2-6-7-1-8　高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

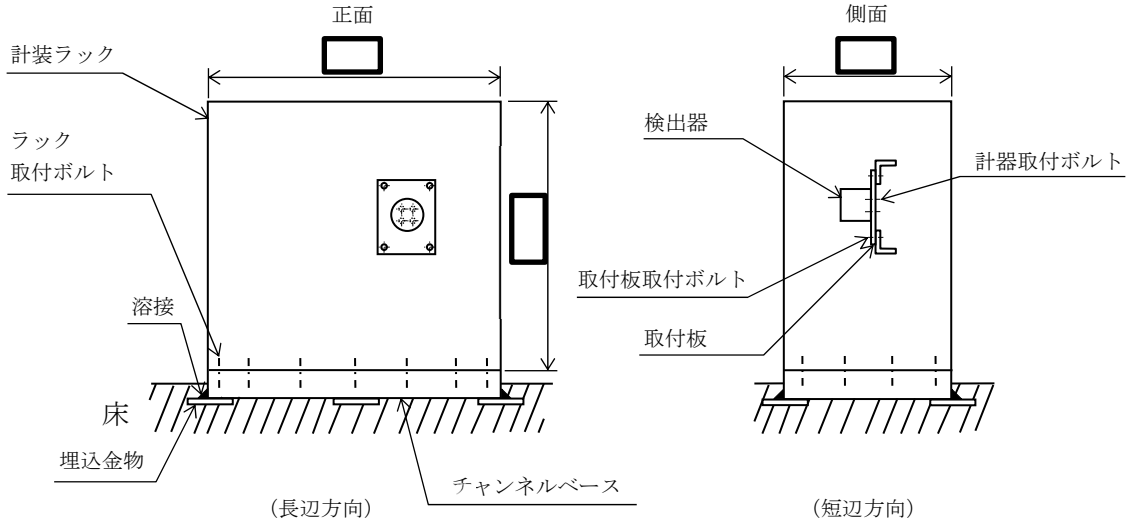
なお，高圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設置される計装ラックは，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。<br>計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 弾性圧力検出器 | 【高圧炉心スプレイポンプ出口圧力】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ<br>出口圧力<br>(2RIR-B1-4) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の構造強度評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイポンプ出口圧力（PX224-5）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 高圧炉心スプレイポンプ出口圧力 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 高圧炉心スプレイポンプ出口圧力 | 常設／防止（DB拡張） | —*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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆ ｔ | 1.5・ｆ ｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 66 | 206 | 385 | — |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | — |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の電気的機能維持評価は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ出口圧力<br>(PX224-5) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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

高圧炉心スプレイポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイポンプ出口圧力（PX224-5）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 高圧炉心スプレイポンプ 出口圧力 (PX224-5) | S | 原子炉建物 EL 8.8*1 | | | $C_H$＝0.78*2 | $C_V$＝0.54*2 | $C_H$＝1.56*3 | $C_V$＝1.16*3 | 66 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 206 (40mm＜径) | 385 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 220*1 | 320*1 | 5 | 206 | 247 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。
＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝8 | $f_{ts2}$＝154* | $\sigma_{b2}$＝20 | $f_{ts2}$＝185* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝2 | $f_{sb2}$＝118 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝142 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ出口圧力(PX224-5) | 水平方向 | 1.29 | |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 高圧炉心スプレイポンプ 出口圧力 (PX224-5) | 常設／防止 (ＤＢ拡張) | 原子炉建物 EL 8.8*1 | [redacted] | | — | — | $C_H$=1.56*2 | $C_V$=1.16*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト ( i =2) | [redacted] | 1100*1 | 16 (M16) | 201.1 | 14 | 194 (40mm＜径) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$*2 (mm) | $\ell_{2i}$*2 (mm) | $n_{fi}$*2 | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト ( i =2) | 220*1 | 320*1 | 5 | — | 232 | — | 長辺方向 |
| | 570*1 | 670*1 | 2 | | | | |

注記＊1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=20$ | $f_{ts2}=174$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

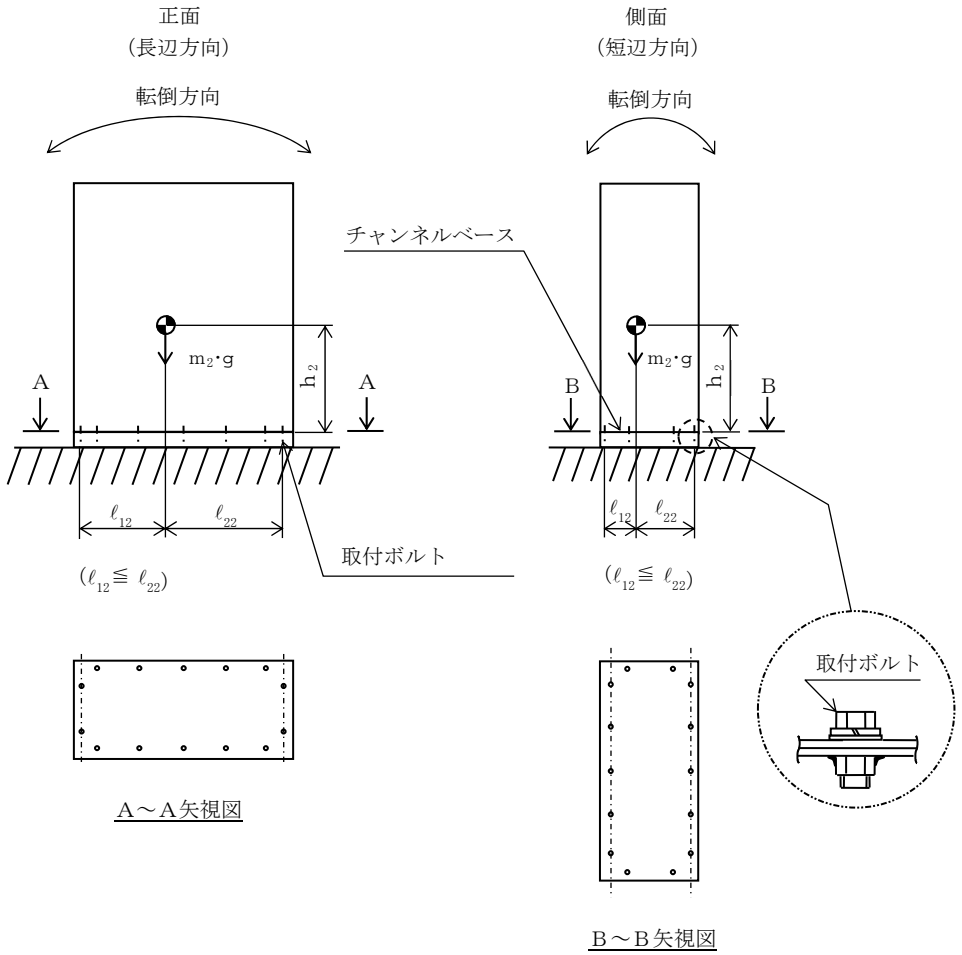
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 高圧炉心スプレイポンプ出口圧力(PX224-5) | 水平方向 | 1.29 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 0.96 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネルベース
$m_2 \cdot g$
$h_2$
A
A
B
B
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
取付ボルト
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

A～A矢視図

B～B矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 18
7.　評価結果 ····· 19
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19

1. 概要

本計算書は，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，静的触媒式水素処理装置入口温度が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

静的触媒式水素処理装置入口温度は，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。

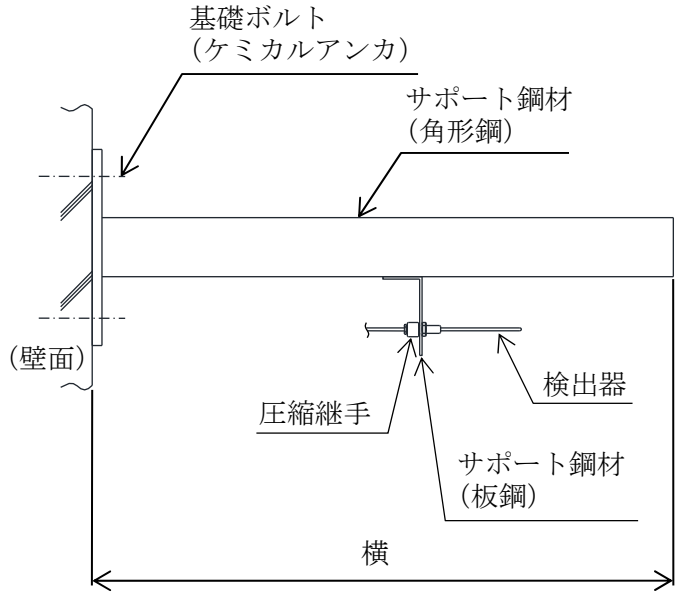
2. 一般事項

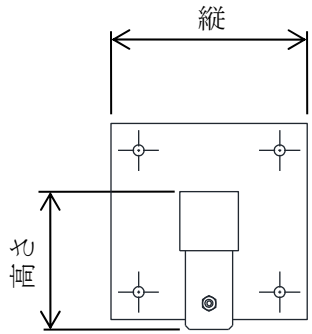
2.1 構造計画

静的触媒式水素処理装置入口温度の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。<br>サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に固定する。 | 熱電対 | 【静的触媒式水素処理装置入口温度】 |




| 対象機器 | TE2B4-1D | TE2B4-1S |
|---|---|---|
| 縦 | | |
| 横 | | |
| 高さ | | |

（単位：mm）

2.2　評価方針

静的触媒式水素処理装置入口温度の応力評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す静的触媒式水素処理装置入口温度の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，静的触媒式水素処理装置入口温度の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

静的触媒式水素処理装置入口温度の耐震評価フローを図2－1に示す。

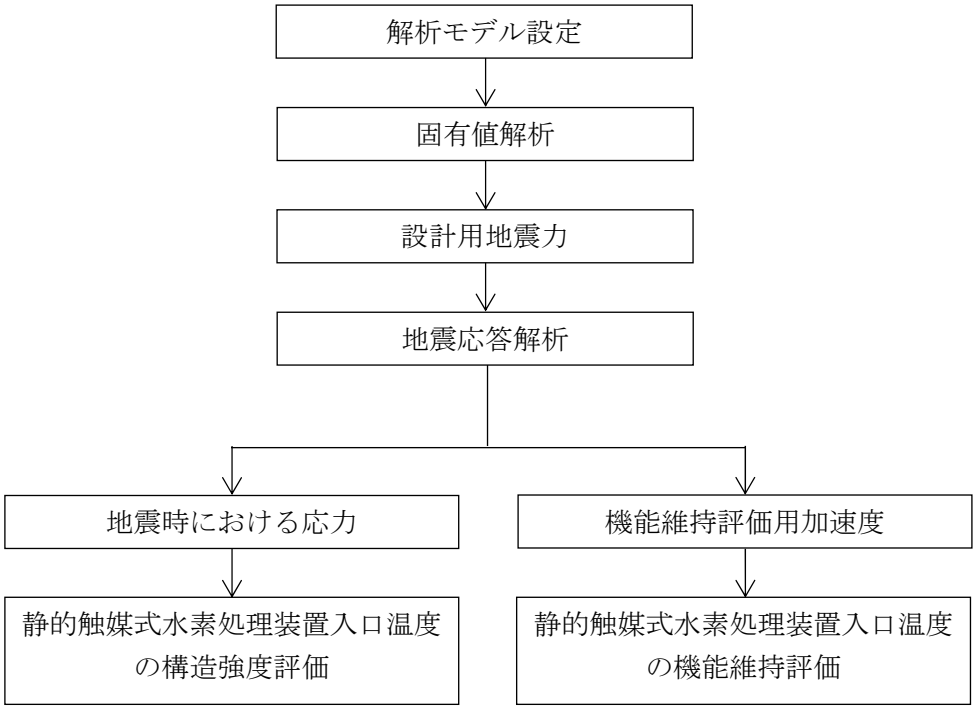



図2－1　静的触媒式水素処理装置入口温度の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
|---|---|---|
| Ab | 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-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格　SSB-3133に定める値 | MPa |
| $F_b$ | 基礎ボルトに作用する引張力 | 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） | $m/s^2$ |
| $Q_b$ | 基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり） | 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 |
| W | 検出器の荷重 | N |
| π | 円周率 | — |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | 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 | ℃ | ― | ― | 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*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 力 | N | 有効数字5桁目*3 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2, *3 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*4 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は，計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

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

3. 評価部位

静的触媒式水素処理装置入口温度の耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。静的触媒式水素処理装置入口温度の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

静的触媒式水素処理装置入口温度の固有値解析方法を以下に示す。

(1) 静的触媒式水素処理装置入口温度は,「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

静的触媒式水素処理装置入口温度の解析モデルを図 4－1 に,解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【静的触媒式水素処理装置入口温度（TE2B4-1D）の耐震性についての計算結果】,【静的触媒式水素処理装置入口温度（TE2B4-1S）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) 静的触媒式水素処理装置入口温度の計器の質量は，重心に集中するものとする。

(2) 静的触媒式水素処理装置入口温度の計器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3) 拘束条件として，基礎部の並進方向を固定する。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4) 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,「ＮＳＡＦＥ」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。

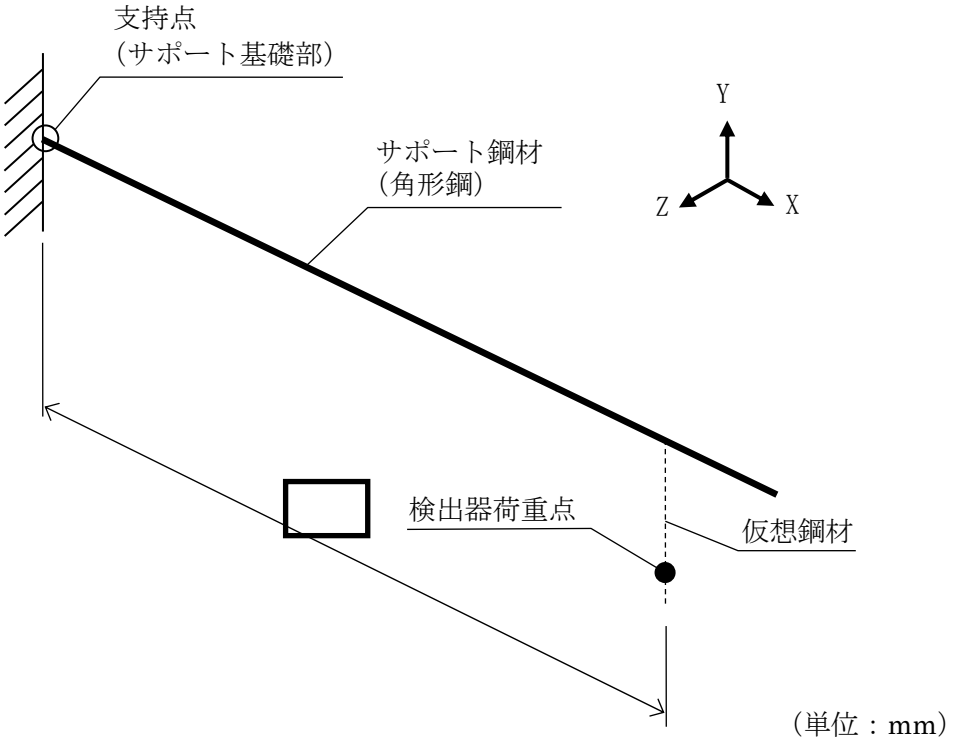



図 4－1 解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1，振動モード図を図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

| 機器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X方向 | Z方向 | |
| TE2B4-1D | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| TE2B4-1S | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |

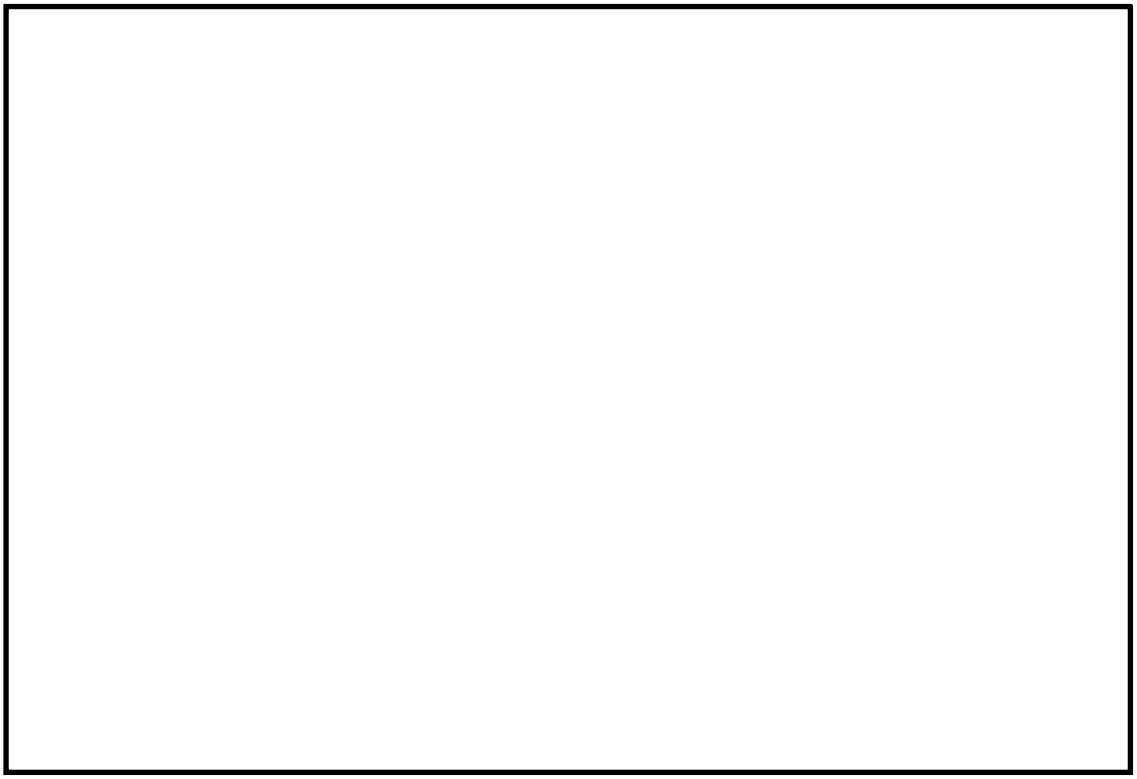


図 4－2　振動モード図（1 次モード　鉛直方向　　s）

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，静的触媒式水素処理装置入口温度に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

静的触媒式水素処理装置入口温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。

5.2.2 許容応力

静的触媒式水素処理装置入口温度の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素処理装置入口温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。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 静的触媒式水素処理装置入口温度 | 常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表5－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ$_t$* | 1.5・ｆ$_s$* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの<br>許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径＜16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

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Ｓｓ」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）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 静的触媒式水素処理装置入口温度 (TE2B4-1D) | 原子炉建物 EL 46.1 (EL 42.8*1, 51.7*1) | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝4.93*2 | $C_V$＝2.36*2 |
| 静的触媒式水素処理装置入口温度 (TE2B4-1S) | 原子炉建物 EL 43.15 (EL 42.8*1, 51.7*1) | 0.05以下 | | — | — | $C_H$＝4.93*2 | $C_V$＝2.36*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Ｓｓ）を上回る設計震度

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　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。

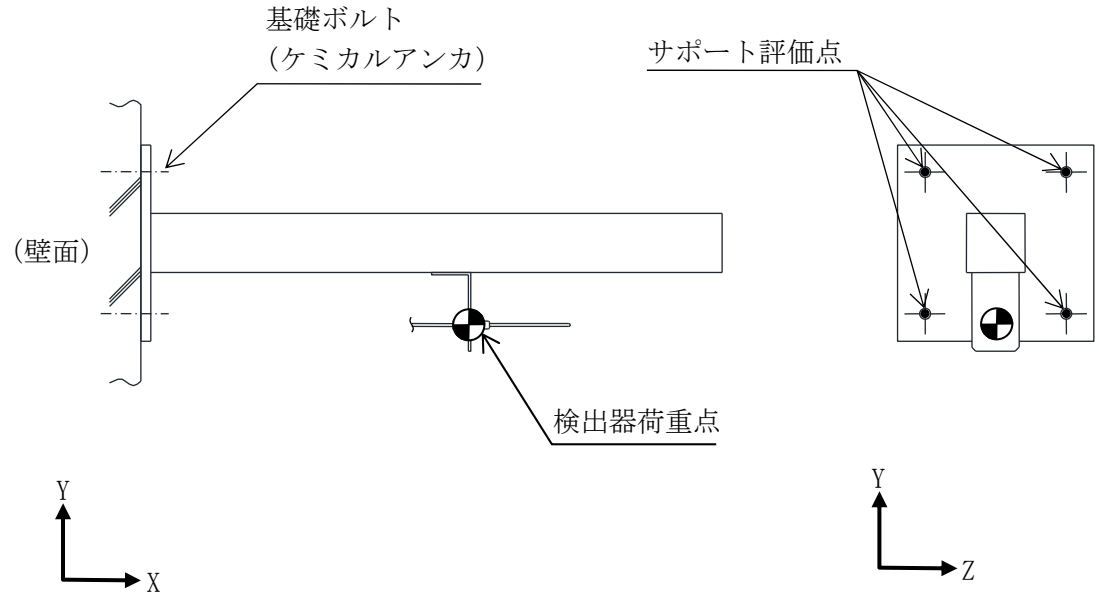



図 5－1　計算モデル（基礎ボルト）

個別解析によって得られた基礎ボルト部の評価点の最大発生力を表 5－5 に示す。

表5－5　サポート発生反力

| 対象機器 | 反力(N) | |
|---|---|---|
| | $F_b$ | $Q_b$ |
| TE2B4-1D | | |
| TE2B4-1S | | |

(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。

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.1)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.2)$$

(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。

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.3)$$

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【静的触媒式水素処理装置入口温度（TE2B4-1D）の耐震性についての計算結果】，【静的触媒式水素処理装置入口温度（TE2B4-1D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　基礎ボルトの応力評価

5.4.1.1項で求めたボルトの引張応力$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力$f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

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

せん断応力$\tau_b$は,せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

静的触媒式水素処理装置入口温度の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓ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。

静的触媒式水素処理装置入口温度の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 静的触媒式水素処理装置入口温度<br>(TE2B4-1D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 静的触媒式水素処理装置入口温度<br>(TE2B4-1S) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素処理装置入口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。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。

【静的触媒式水素処理装置入口温度（TE2B4-1D）の耐震性についての計算結 果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 静的触媒式水素処理装置 入口温度 (TE2B4-1D) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 46.1 (EL 42.8*1, 51.7*1) | 0.05 以下 | | — | — | $C_H$＝4.93*2 | $C_V$＝2.36*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ｉ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | | | | 221 (径＜16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_b=6$ | $f_{ts}=156^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

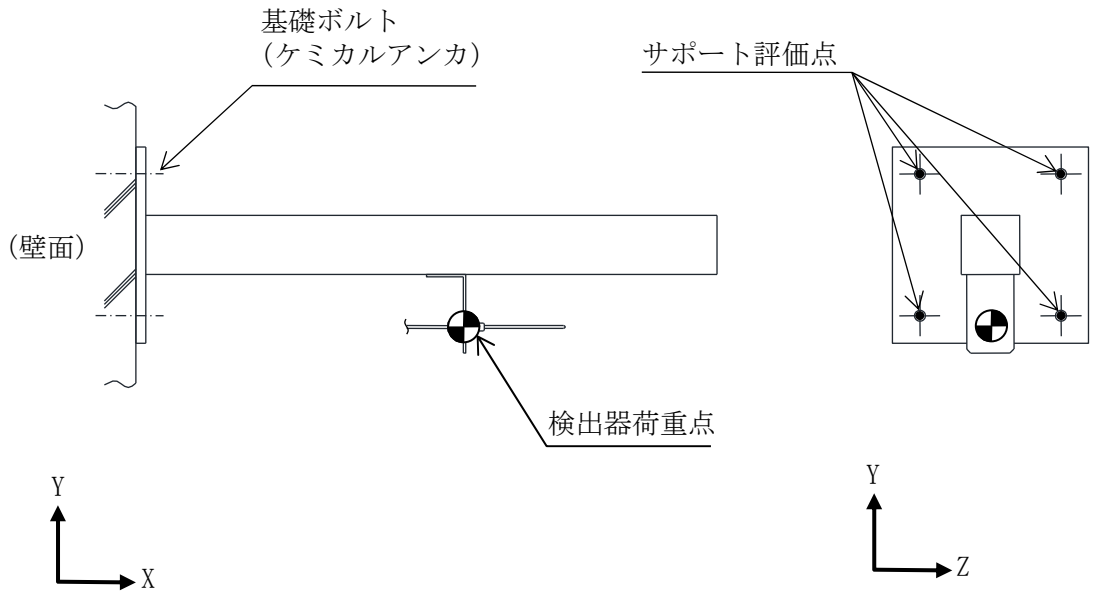
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 静的触媒式水素処理装置 入口温度 (TE2B4-1D) | 水平方向 | 2.93 | |
| | 鉛直方向 | 2.06 | |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | STKR400 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 198000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



【静的触媒式水素処理装置入口温度（TE2B4-1S）の耐震性についての計算結 果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 静的触媒式水素処理装置 入口温度 (TE2B4-1S) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 43.15 (EL 42.8*1, 51.7*1) | 0.05 以下 | [redacted] | — | — | $C_H$＝4.93*2 | $C_V$＝2.36*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度

1.2 機器要目

| 部材 | W (N) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 221 (径＜16mm) | 373 | — | 261 |

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=6$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

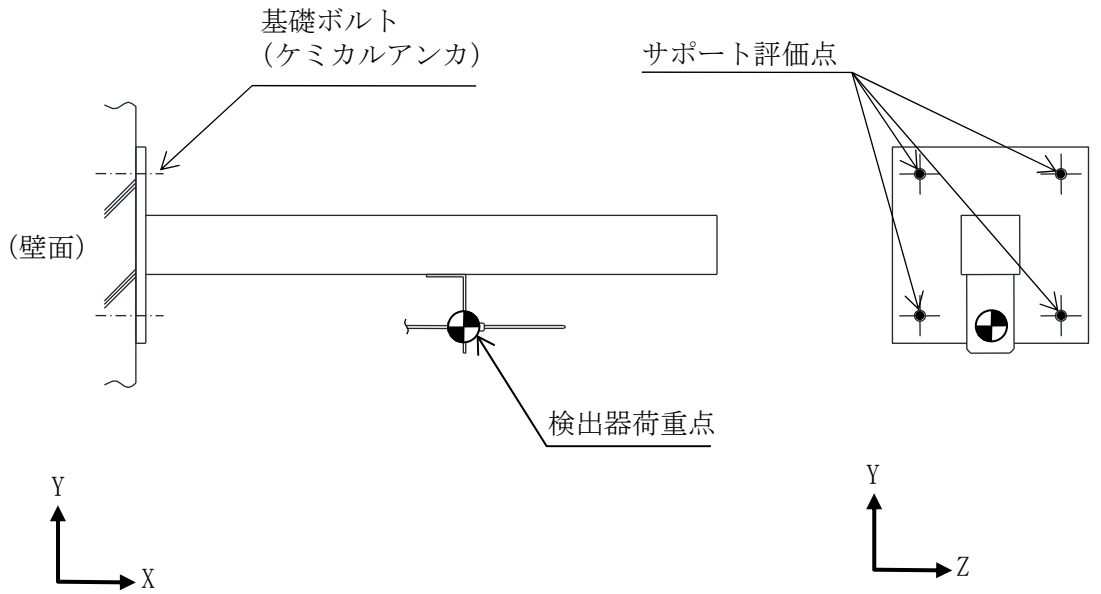
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 静的触媒式水素処理装置入口温度 (TE2B4-1S) | 水平方向 | 2.93 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | STKR400 |
| 質量 | m | kg | |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T | ℃ | 100 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 198000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | 個 | |
| 節点数 | — | 個 | |



# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，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））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。

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

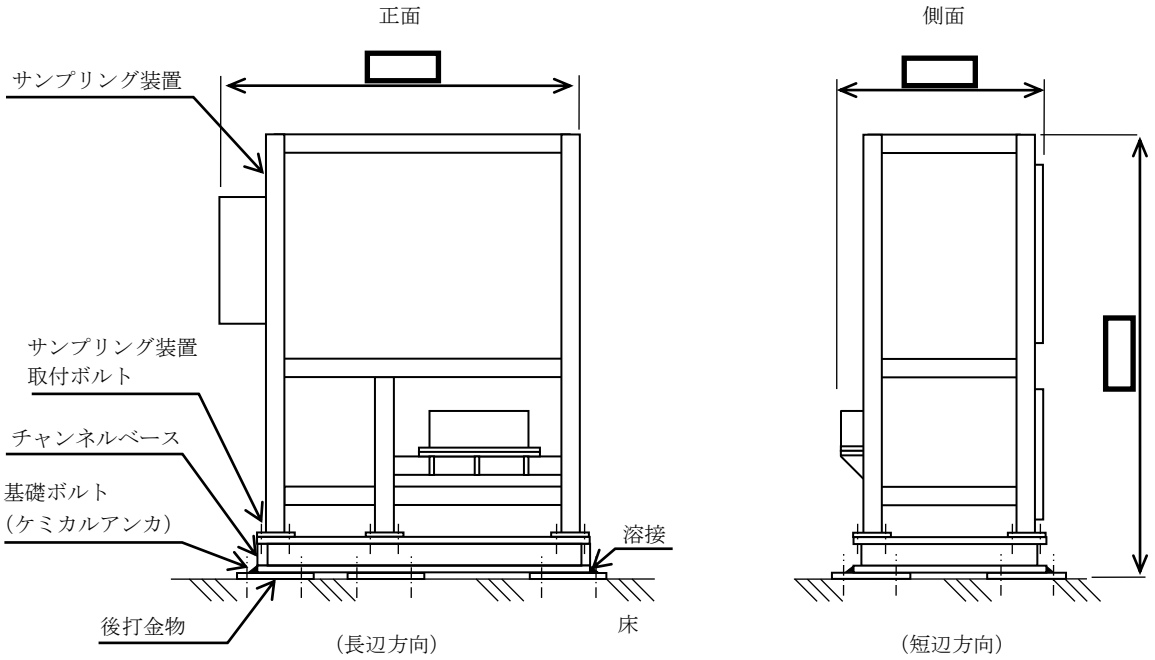
なお，格納容器ガスサンプリング装置（格納容器水素濃度（ＳＡ）及び格納容器酸素濃度（ＳＡ））は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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））の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| サンプリング装置は，サンプリング装置取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて後打金物に固定され，後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた直立形サンプリング装置） | 【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））】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

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））の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 格納容器ガスサンプリング装置<br>（格納容器水素濃度（ＳＡ）及び<br>格納容器酸素濃度（ＳＡ））<br>(2RSR-M2-2) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

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

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））の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－1に示す。

4.2.2 許容応力

格納容器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））の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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））の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【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））（2RSR-M2-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | 計測装置 | 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）） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－3　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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 100 | 212 | 373 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

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。

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，実機の据付状態を模擬したうえで，サンプリング装置が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電気的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 格納容器ガスサンプリング装置<br>（格納容器水素濃度（ＳＡ）及び<br>格納容器酸素濃度（ＳＡ））<br>（2RSR-M2-2） | 水平 | |
| | 鉛直 | |

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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。

【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））（2RSR-M2-2）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 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））（2RSR-M2-2） | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉建物 EL 30.5*1 | | | — | — | $C_H$＝2.68*2 | $C_V$＝2.23*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）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） | | 987 | 16 (M16) | 201.1 | 24 | 221 (径≦16mm) | 373 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | | 868 | 12 (M12) | 113.1 | 24 | 212 (16mm＜径≦40mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i^*$ (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | 366.5 | 463.5 | 6 | — | 261 | — | 短辺方向 |
| | 719 | 771 | 4 | | | | |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | 299 | 396 | 6 | — | 254 | — | 短辺方向 |
| | 664 | 716 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b1}=37$ | $f_{ts1}=156^{*}$ |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b1}=7$ | $f_{sb1}=120$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=58$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=10$ | $f_{sb2}=146$ |

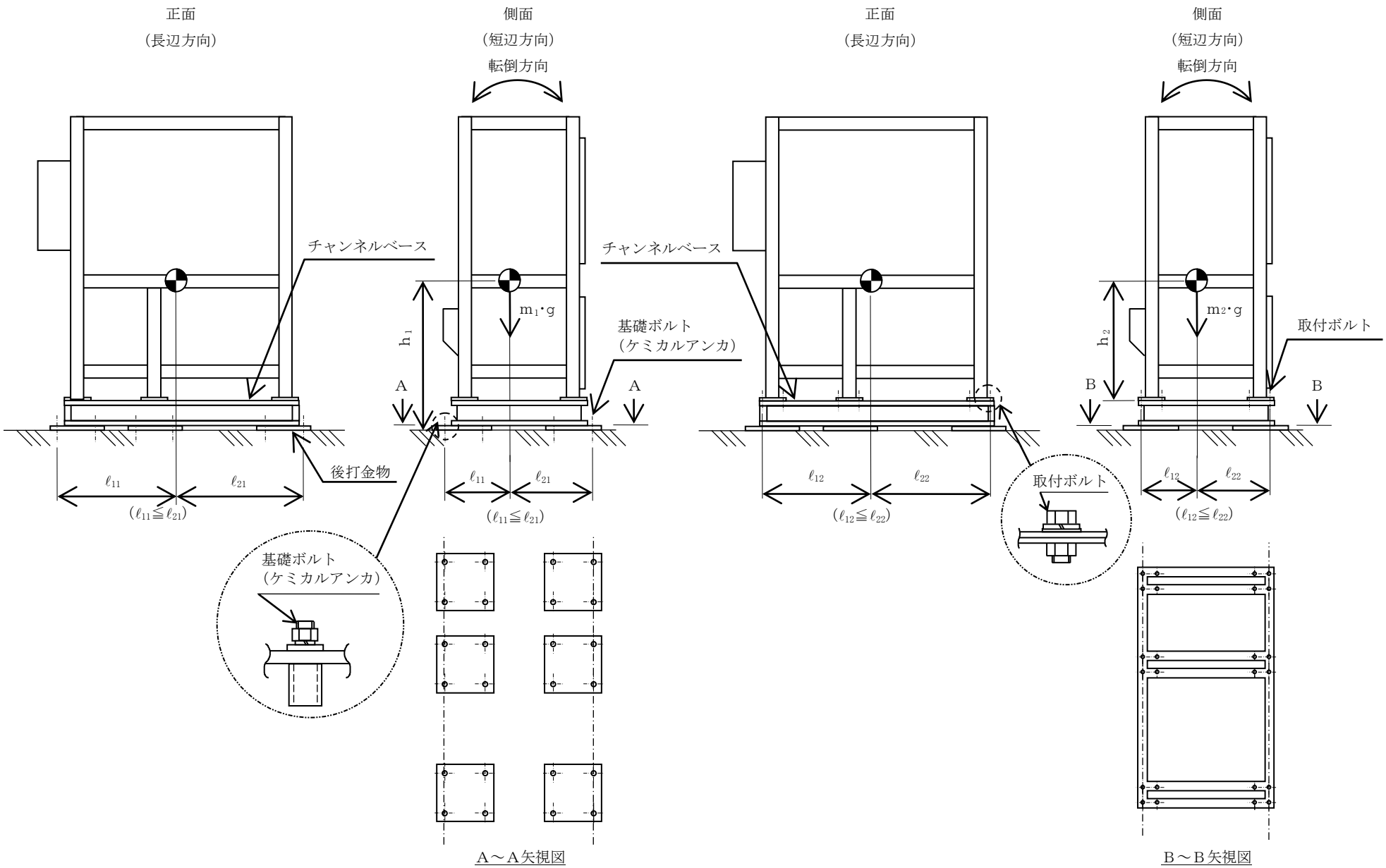
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器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））（2RSR-M2-2） | 水平方向 | 1.95 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.94 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
チャンネルベース
チャンネルベース
$m_1 \cdot g$
$m_2 \cdot g$
$h_1$
$h_2$
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
取付ボルト
A
A
B
B
後打金物
$\ell_{11}$
$\ell_{21}$
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
取付ボルト
A～A矢視図
B～B矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，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）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。

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）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，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）は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

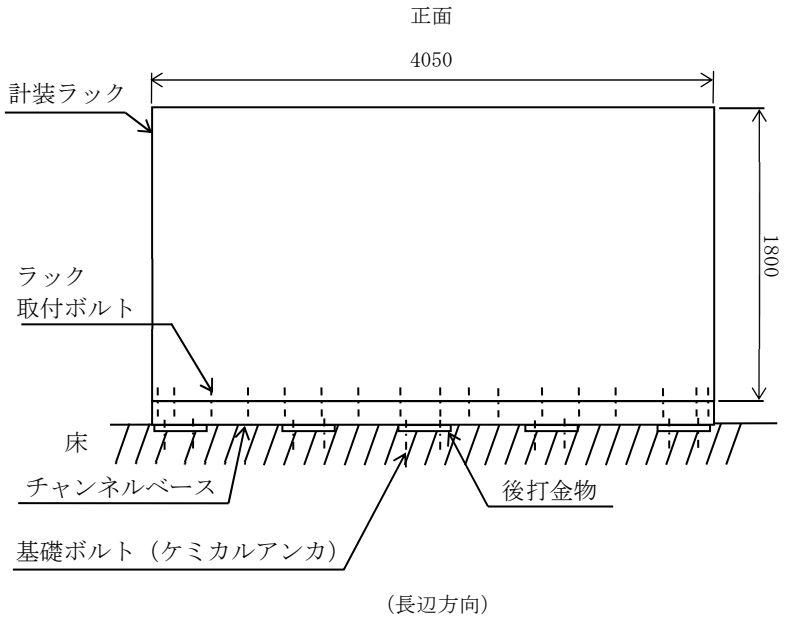
2. 一般事項

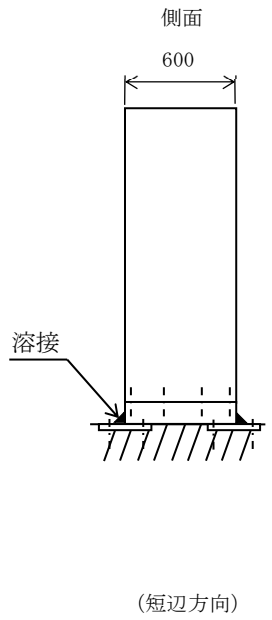
2.1 構造計画

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）の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて後打金物に固定され，後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた直立形サンプリング装置） | 【格納容器ガスサンプリング装置<br>（格納容器水素濃度（Ｂ系）及び格納容器酸素濃度（Ｂ系））<br>（Ｂ－原子炉格納容器Ｈ２・Ｏ２分析計ラック）】 |




（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

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）の固有周期は，構造が同等な計装ラックに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 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）（2RSR-3-3B） | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

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

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

4.2.2 許容応力

格納容器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

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

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器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）（2RSR-3-3B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 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） | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 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） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

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又はサインビート波加振試験，当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験又はサインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表５－１に示す。

表５－１　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 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）(2RSR-3-3B) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

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。

【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）（2RSR-3-3B）の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 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） (2RSR-3-3B) | Ｓ | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.07*3 | $C_V$＝2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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） | [redacted] | 839 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | [redacted] | 770 | 16 (M16) | 201.1 | 38 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト （ｉ＝1） | 345 | 375 | 10 | 241 | 276 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 1690 | 2141 | 4 | | | | |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 245 | 295 | 15 | 231 | 276 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 1765 | 2225 | 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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}$＝26 | $f_{ts1}$＝144* | $\sigma_{b1}$＝42 | $f_{ts1}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_{b1}$＝6 | $f_{sb1}$＝111 | $\tau_{b1}$＝7 | $f_{sb1}$＝127 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝28 | $f_{ts2}$＝173* | $\sigma_{b2}$＝69 | $f_{ts2}$＝207* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝5 | $f_{sb2}$＝133 | $\tau_{b2}$＝7 | $f_{sb2}$＝159 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器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）(2RSR-3-3B) | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 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) (2RSR-3-3B) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝2.07*2 | $C_V$＝2.39*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) | □ | 839 | 16 (M16) | 201.1 | 40 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 770 | 16 (M16) | 201.1 | 38 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 345 | 375 | 10 | — | 276 | — | 短辺方向 |
| | 1690 | 2141 | 4 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 245 | 295 | 15 | — | 276 | — | 長辺方向 |
| | 1765 | 2225 | 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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | — | [redacted] | — | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b1}=42$ | $f_{ts1}=165^{*}$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b1}=7$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=69$ | $f_{ts2}=207^{*}$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=7$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

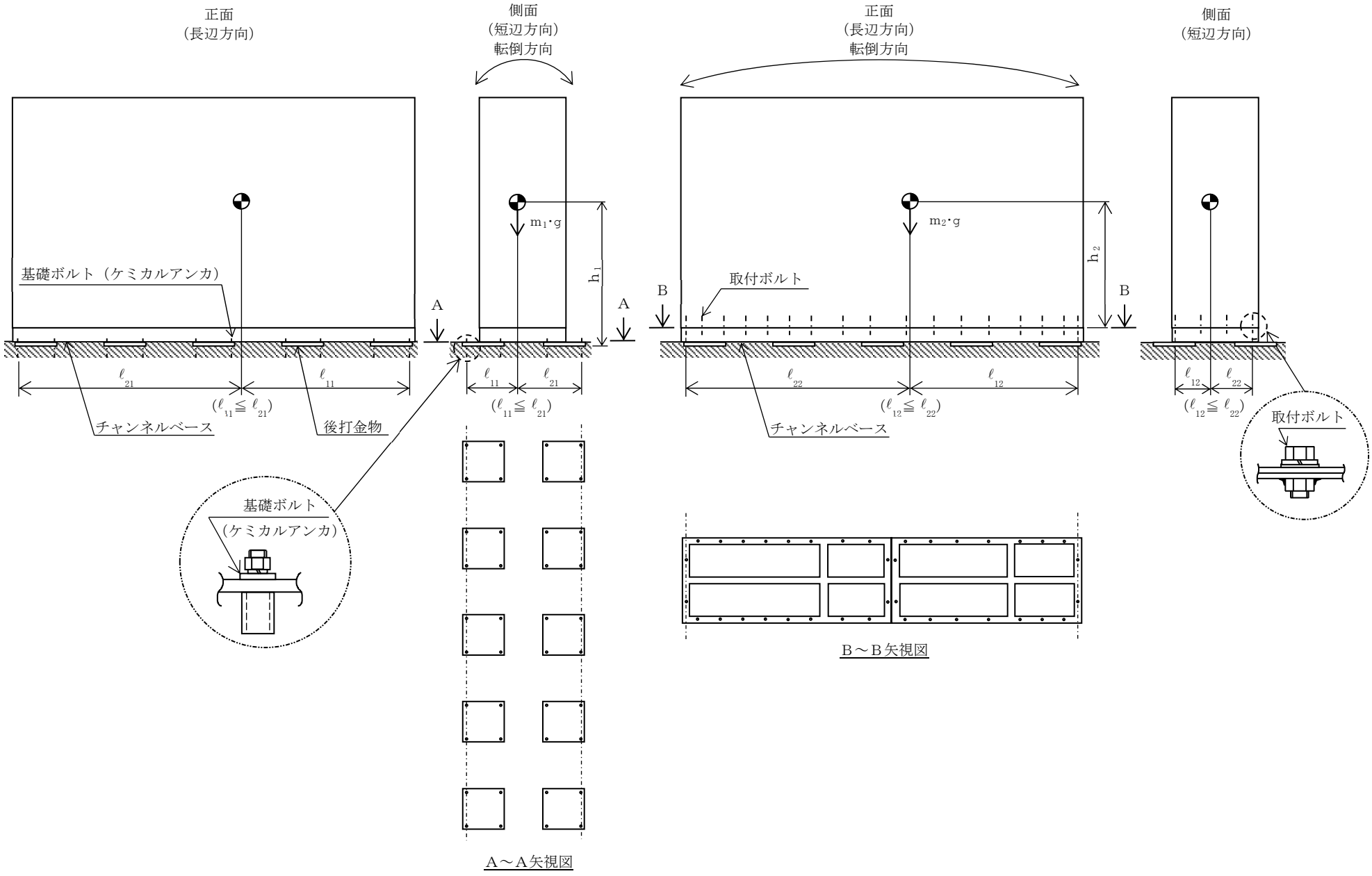
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器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）(2RSR-3-3B) | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
基礎ボルト（ケミカルアンカ）
m1・g
h1
m2・g
h2
取付ボルト
A
A
B
B
ℓ21
ℓ11
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
チャンネルベース
後打金物
チャンネルベース
取付ボルト
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)

A～A矢視図

B～B矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，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）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。

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）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。

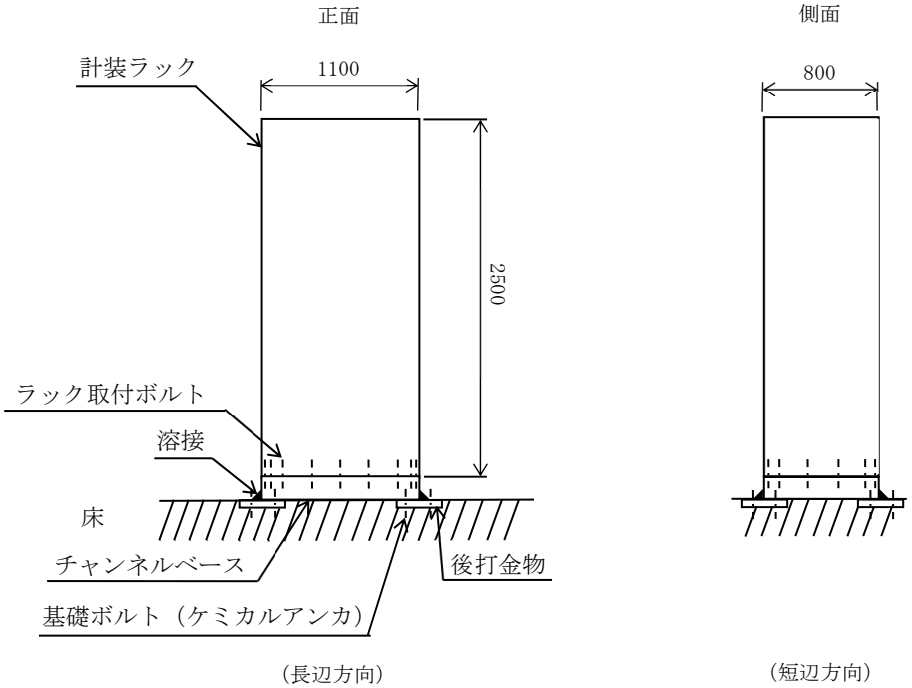
なお，格納容器ガスサンプリング装置（格納容器水素濃度（Ｂ系）及び格納容器酸素濃度（Ｂ系））（Ｂ－原子炉格納容器Ｈ２・Ｏ２クーララック）は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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）の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 計装ラックは，ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは，溶接にて後打金物に固定され，後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた直立形サンプリング装置） | 【格納容器ガスサンプリング装置<br>（格納容器水素濃度（Ｂ系）及び格納容器酸素濃度（Ｂ系））<br>（Ｂ－原子炉格納容器Ｈ２・Ｏ２クーララック）】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

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）の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 格納容器ガスサンプリング装置<br>（格納容器水素濃度（Ｂ系）及び<br>格納容器酸素濃度（Ｂ系））<br>（Ｂ－原子炉格納容器Ｈ２・Ｏ２<br>クーララック）<br>（2RSR-3-5B） | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

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

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

4.2.2 許容応力

格納容器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

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

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器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）（2RSR-3-5B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 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） | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 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） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

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，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 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）（2RSR-3-5B） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

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。

【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）（2RSR-3-5B）の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 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）（2RSR-3-5B） | S | 原子炉建物 EL 34.8*1 | □ | □ | $C_H$＝1.56*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.07*3 | $C_V$＝2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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） | □ | 1299 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | □ | 1300 | 16 (M16) | 201.1 | 22 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | 430 | 520 | 4 | 241 | 276 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 585 | 660 | 4 | | | | |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | 350 | 410 | 7 | 231 | 276 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 475 | 585 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}$＝27 | $f_{ts1}$＝144* | $\sigma_{b1}$＝41 | $f_{ts1}$＝165* |
| | | せん断 | $\tau_{b1}$＝5 | $f_{sb1}$＝111 | $\tau_{b1}$＝6 | $f_{sb1}$＝127 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝21 | $f_{ts2}$＝173* | $\sigma_{b2}$＝33 | $f_{ts2}$＝207* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝3 | $f_{sb2}$＝133 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝159 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器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）（2RSR-3-5B） | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 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）(2RSR-3-5B) | 常設耐震／防止常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.8*1 | □ | □ | — | — | $C_H$＝2.07*2 | $C_V$＝2.39*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2　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） | □ | 1299 | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | □ | 1300 | 16 (M16) | 201.1 | 22 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | 430 | 520 | 4 | — | 276 | — | 短辺方向 |
| | 585 | 660 | 4 | | | | |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | 350 | 410 | 7 | — | 276 | — | 長辺方向 |
| | 475 | 585 | 4 | | | | |

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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | — | [redacted] | — | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b1}=41$ | $f_{ts1}=165^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b1}=6$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}=33$ | $f_{ts2}=207^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

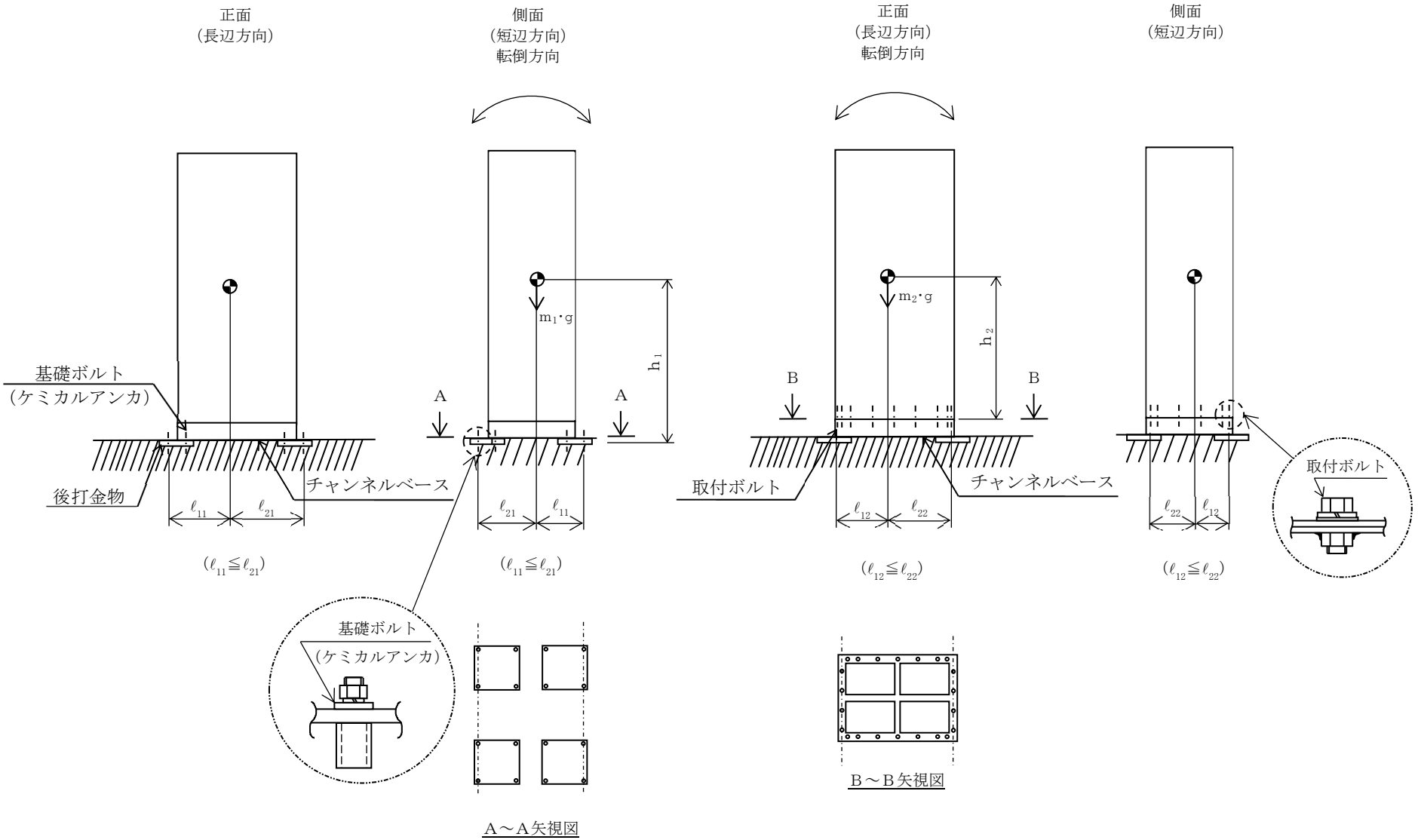
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器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）(2RSR-3-5B) | 水平方向 | 1.73 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
後打金物
チャンネルベース
$m_1 \cdot g$
$h_1$
A
A
$\ell_{11}$
$\ell_{21}$
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
$m_2 \cdot g$
$h_2$
B
B
取付ボルト
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
A～A矢視図
B～B矢視図

# Ⅵ-2-6-7-1-15　代替制御棒挿入機能用電磁弁の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 4
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
3.　評価部位 ····· 4
4.　機能維持評価 ····· 5
4.1　機能維持評価用加速度 ····· 5
4.2　機能確認済加速度 ····· 6
5.　評価結果 ····· 7
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 7

1. 概要

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，代替制御棒挿入機能用電磁弁が設計用地震力に対して十分な動的機能を維持できることを説明するものである。

代替制御棒挿入機能用電磁弁は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての動的機能維持評価を示す。

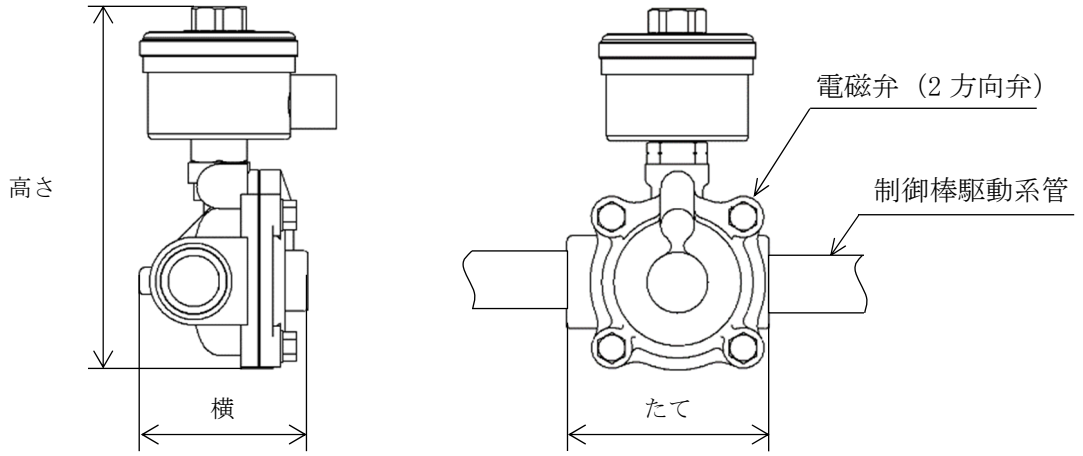
2. 一般事項

2.1 構造計画

代替制御棒挿入機能用電磁弁の構造計画を表 2－1 及び表 2－2 に示す。

表 2－1　構造計画

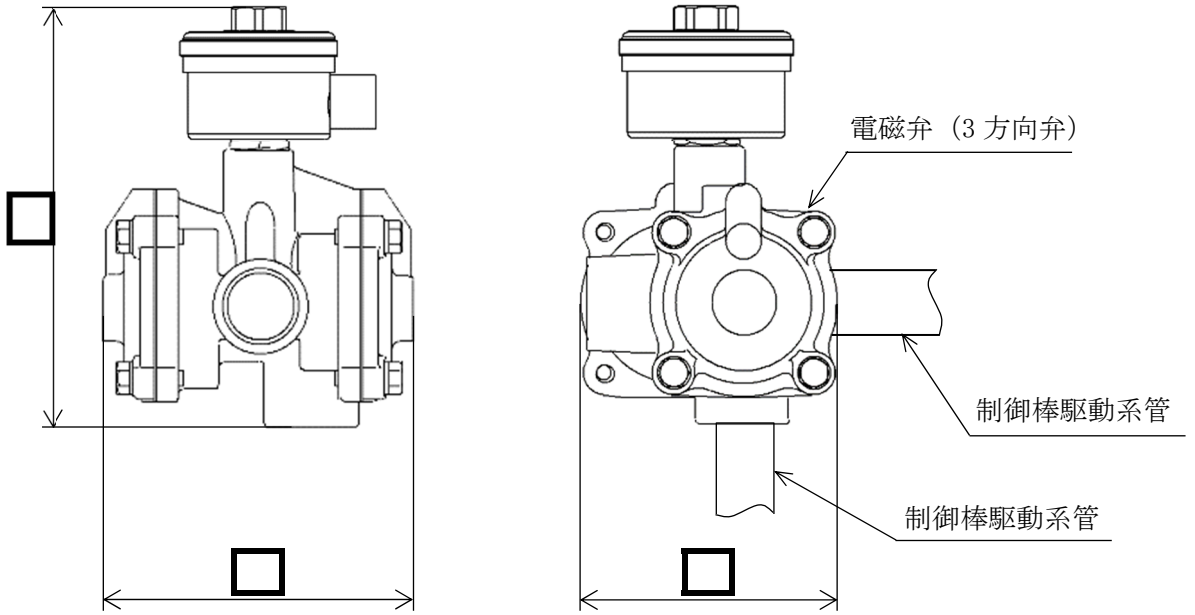
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁は制御棒駆動系管にねじ込み，固定する。 | 電磁弁（2 方向弁） | 【代替制御棒挿入機能用電磁弁】 |




| 機器名称 | 代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-4） | 代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-6） | 代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-7A） | 代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-7B） | 代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-8A） | 代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-8B） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| たて | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| 横 | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| 高さ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |

（単位：mm）

表 2－2　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁は制御棒駆動系管にねじ込み，固定する。 | 電磁弁（3 方向弁） | 【代替制御棒挿入機能用電磁弁（SV212-5）】<br>  <br><br>（単位：mm） |

2.2　評価方針

代替制御棒挿入機能用電磁弁の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機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。

代替制御棒挿入機能用電磁弁の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

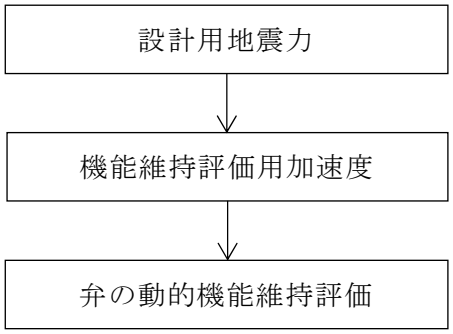



図 2－1　代替制御棒挿入機能用電磁弁の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

3.　評価部位

代替制御棒挿入機能用電磁弁は，制御棒駆動系管に直接ねじ込まれて固定されることから，制御棒駆動系管が支持している。本計算書では，制御棒駆動系管の地震応答解析結果を用いた代替制御棒挿入機能用電磁弁の動的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

代替制御棒挿入機能用電磁弁の動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

代替制御棒挿入機能用電磁弁は制御棒駆動系管に直接ねじ込まれて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，設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4－1 に示す。

表 4－1 機能維持評価用加速度 （×9.8m/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 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-4） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 2.80 |
| | | 鉛直 | 1.80 |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-5） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 2.30 |
| | | 鉛直 | 1.80 |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-6） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 5.70 |
| | | 鉛直 | 4.60 |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-7A） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 3.20 |
| | | 鉛直 | 1.80 |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-7B） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 5.10 |
| | | 鉛直 | 1.80 |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-8A） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 3.30 |
| | | 鉛直 | 1.80 |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号 SV212-8B） | 制御棒駆動系管 EL 23.8 (EL 30.5*) | 水平 | 5.10 |
| | | 鉛直 | 1.80 |

注記＊：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

代替制御棒挿入機能用電磁弁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，同形式の電磁弁単体の正弦波加振試験において動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/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-4） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-5） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-6） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-7A） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-7B） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-8A） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-8B） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替制御棒挿入機能用電磁弁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動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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-4）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-4） | 水平方向 | 2.80 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.80 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-5）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-5） | 水平方向 | 2.30 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.80 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-6）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-6） | 水平方向 | 5.70 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 4.60 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-7A）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-7A） | 水平方向 | 3.20 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.80 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-7B）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-7B） | 水平方向 | 5.10 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.80 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-8A）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-8A） | 水平方向 | 3.30 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.80 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【代替制御棒挿入機能用電磁弁（弁番号　SV212-8B）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　動的機能維持の評価結果

（×9.8m/s$^2$）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 代替制御棒挿入機能用電磁弁<br>（弁番号　SV212-8B） | 水平方向 | 5.10 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.80 | □ |

注記＊：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）を上回る設計震度又は代替制御棒挿入機能用電磁弁の取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

# Ⅵ-2-6-7-2　計測装置の盤の耐震性についての計算書

# 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

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　電気的機能維持評価方法 …… 8
6.　評価結果 …… 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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。

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

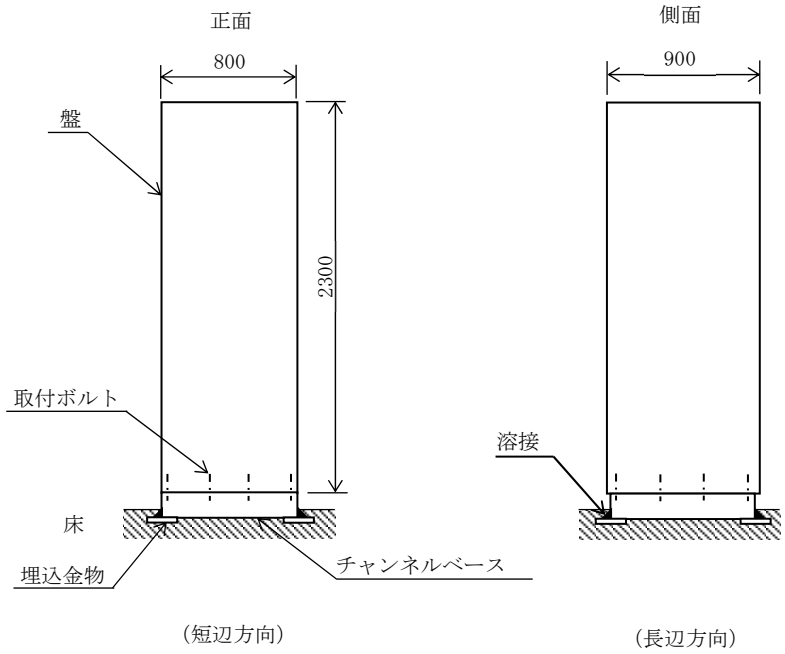
なお，A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の構造計画を表 2－1 示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤） | 【A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の固有周期は，構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤<br>(2-973A-2) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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 に示す。

4.2.2　許容応力

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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 4－3 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤（A-973A-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | A-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤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-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。

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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サインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5－1 に示す。

表 5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤<br>(2-973A-2) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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。

【A-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤（2-973A-2）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| A-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤 (2-973A-2) | S | 廃棄物処理建物 EL 16.9*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.25*2 | $C_V$＝0.68*2 | $C_H$＝1.88*3 | $C_V$＝1.46*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 1270 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 305 | 425 | 4 | 211 | 253 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 310 | 470 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=18$ | $f_{ts2}=158$* | $\sigma_{b2}=31$ | $f_{ts2}=190$* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=6$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

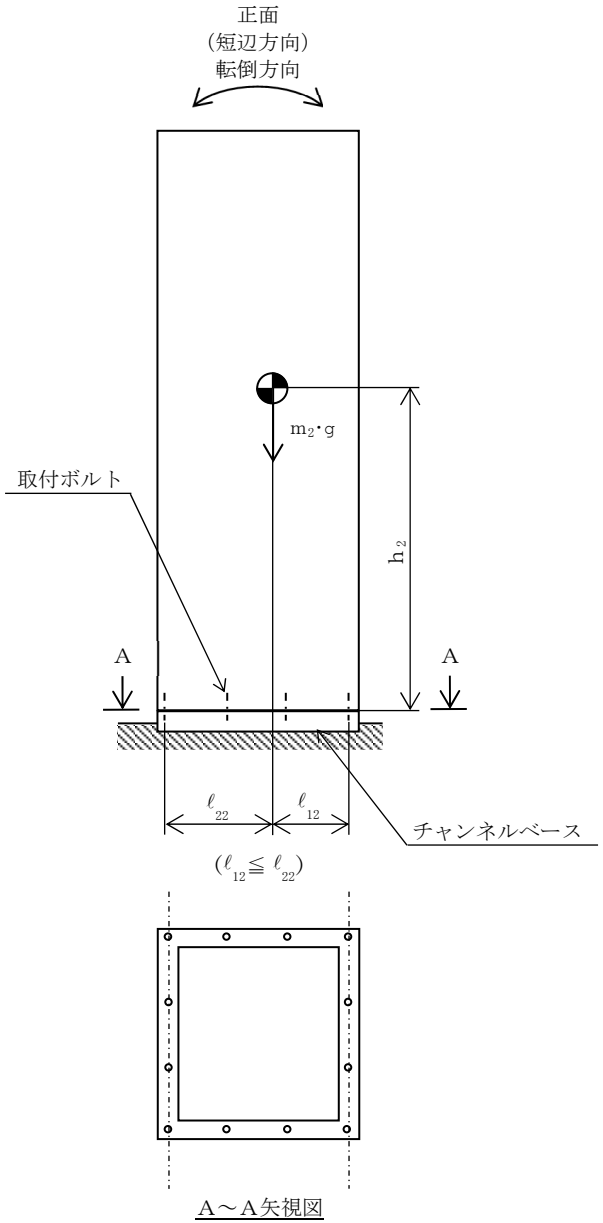
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| A-格納容器H2/O2濃度計演算器盤 (2-973A-2) | 水平方向 | 1.56 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.22 | [redacted] |

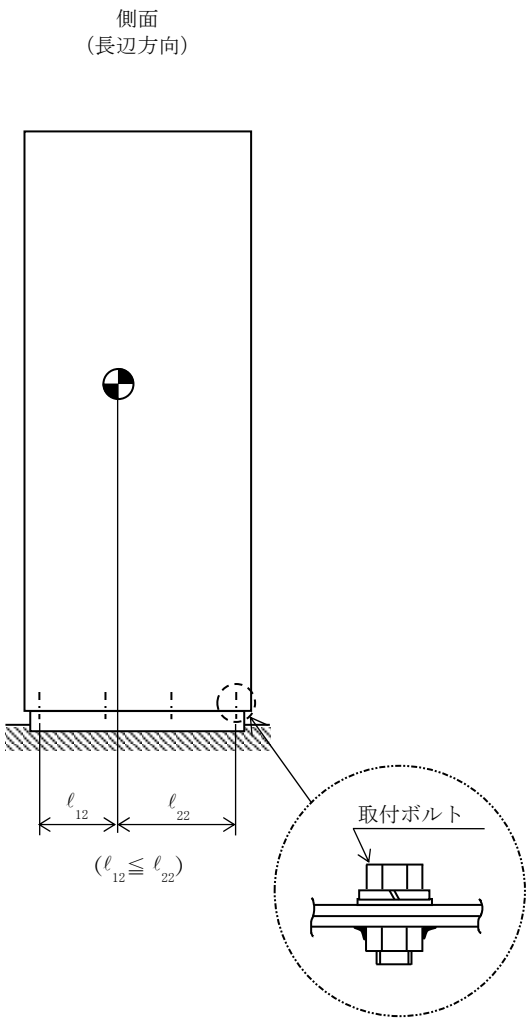
注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

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。


正面
(短辺方向)
転倒方向
$m_2 \cdot g$
取付ボルト
$h_2$
A
A
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
チャンネルベース
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)



A～A矢視図


側面
(長辺方向)
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

# 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

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　電気的機能維持評価方法 …… 8
6.　評価結果 …… 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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。

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤は，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。

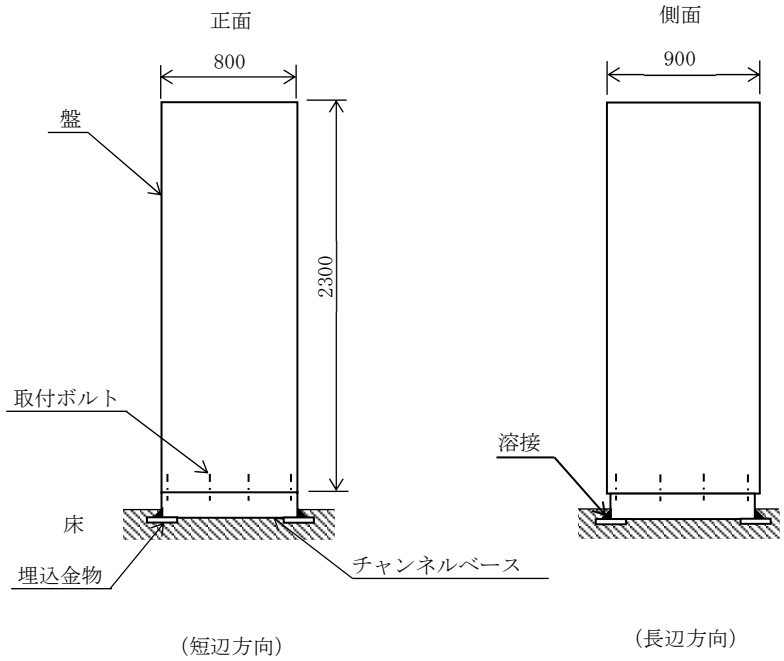
なお，B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の構造計画を表 2－1 示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤） | 【B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の固有周期は，構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤<br>(2-973B-2) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤の許容応力は，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

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤（2-973B-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | B-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | B-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤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-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。

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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サインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5－1 に示す。

表 5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤<br>(2-973B-2) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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

B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器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。

【B-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤（2-973B-2）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| B-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤 (2-973B-2) | S | 廃棄物処理建物 EL 16.9*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.25*2 | $C_V$＝0.68*2 | $C_H$＝1.88*3 | $C_V$＝1.46*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 1270 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 305 | 425 | 4 | 211 | 253 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 310 | 470 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}=18$ | $f_{ts2}=158^{*}$ | $\sigma_{b2}=31$ | $f_{ts2}=190^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=6$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| B-格納容器H2/02 濃度計演算器盤 (2-973B-2) | 水平方向 | 1.56 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.22 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| B-格納容器 H2/02 濃度計演算器盤 (2-973B-2) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 廃棄物処理建物 EL 16.9*1 | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝1.88*2 | $C_V$＝1.46*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 1270 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 305 | 425 | 4 | — | 253 | — | 短辺方向 |
| | 310 | 470 | 4 | | | | |

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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}$＝31 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}$＝6 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

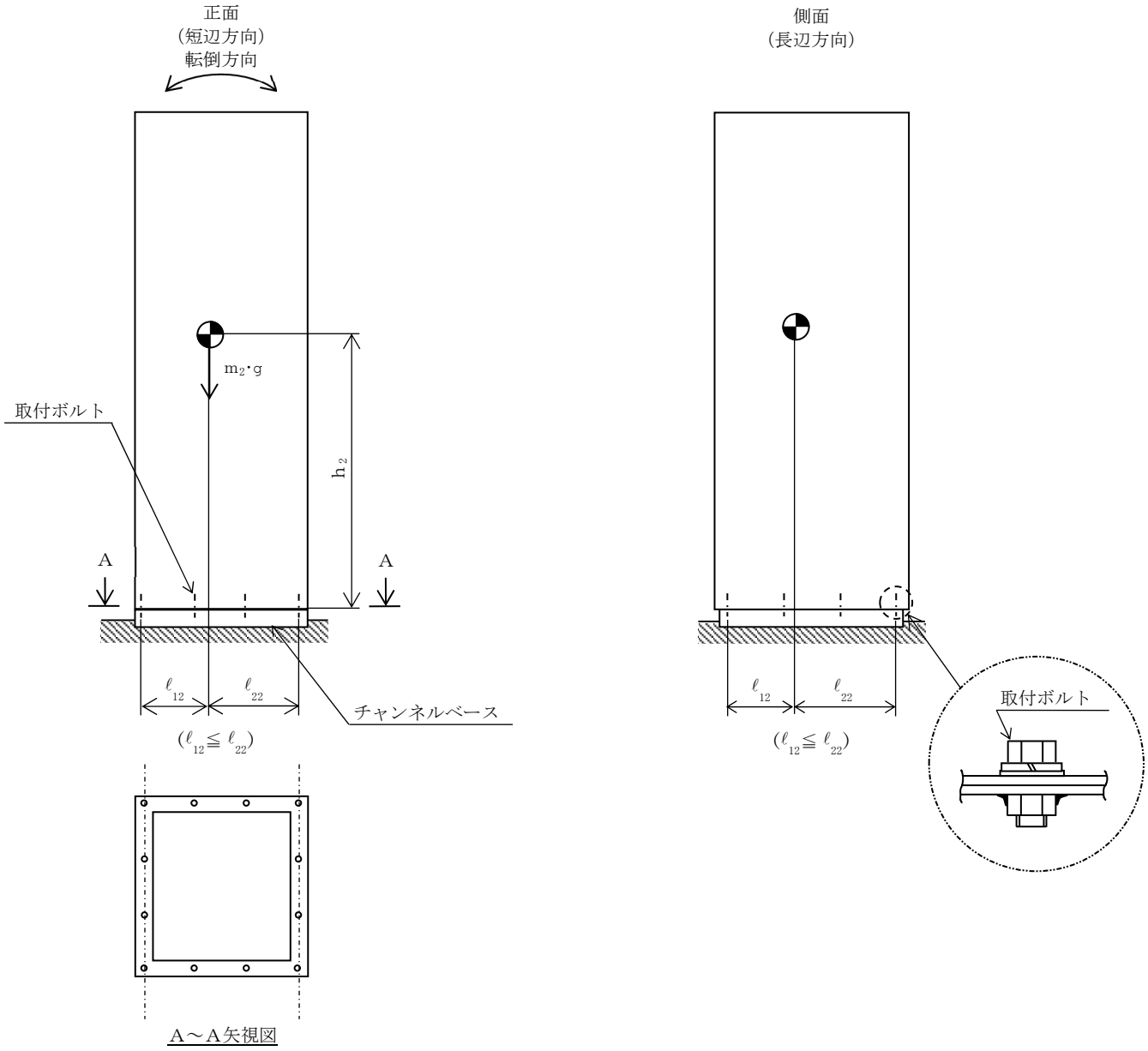
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤 (2-973B-2) | 水平方向 | 1.56 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.22 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
$m_2 \cdot g$
取付ボルト
$h_2$
A
A
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
チャンネルベース
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト
A～A矢視図

# 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

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　電気的機能維持評価方法 …… 8
6.　評価結果 …… 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，重大事故監視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。

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

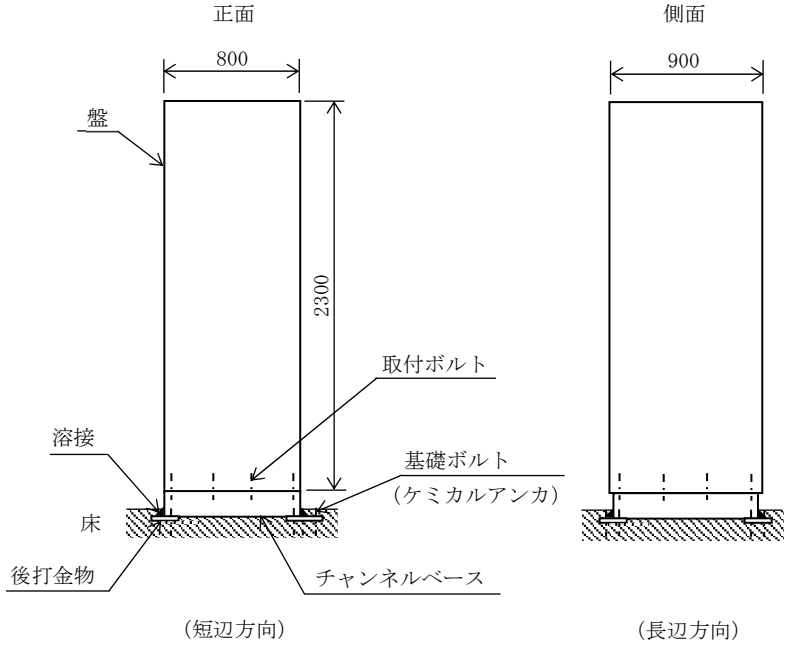
なお，重大事故監視盤は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

重大事故監視盤の構造計画を表 2－1 示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 重大事故監視盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され，後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤） | 【重大事故監視盤】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

重大事故監視盤の固有周期は，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。

表3－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 重大事故監視盤<br>(2-1001) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

重大事故監視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

重大事故監視盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2　許容応力

重大事故監視盤の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

重大事故監視盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【重大事故監視盤（2-1001）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 重大事故監視盤 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－3　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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

重大事故監視盤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-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。

重大事故監視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，当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 重大事故監視盤<br>(2-1001) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

重大事故監視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。

【重大事故監視盤（2-1001）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 重大事故監視盤 (2-1001) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 制御室建物 EL 16.9*1 | □ | □ | — | — | $C_H$＝3.41*2 | $C_V$＝1.58*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | □ | 1412 | 16 (M16) | 201.1 | 9 | 211 (40mm＜径) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 1275 | 16 (M16) | 201.1 | 12 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 385 | 520 | 2 | — | 253 | — | 短辺方向 |
| | 450 | 550 | 3 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 285 | 445 | 4 | — | 276 | — | 短辺方向 |
| | 340 | 440 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | — | [redacted] | — | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS41 | 引張 | — | — | $\sigma_{b1}$＝121 | $f_{ts1}$＝152* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b1}$＝17 | $f_{sb1}$＝117 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}$＝62 | $f_{ts2}$＝207* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}$＝11 | $f_{sb2}$＝159 |

すべて許容応力以下である。

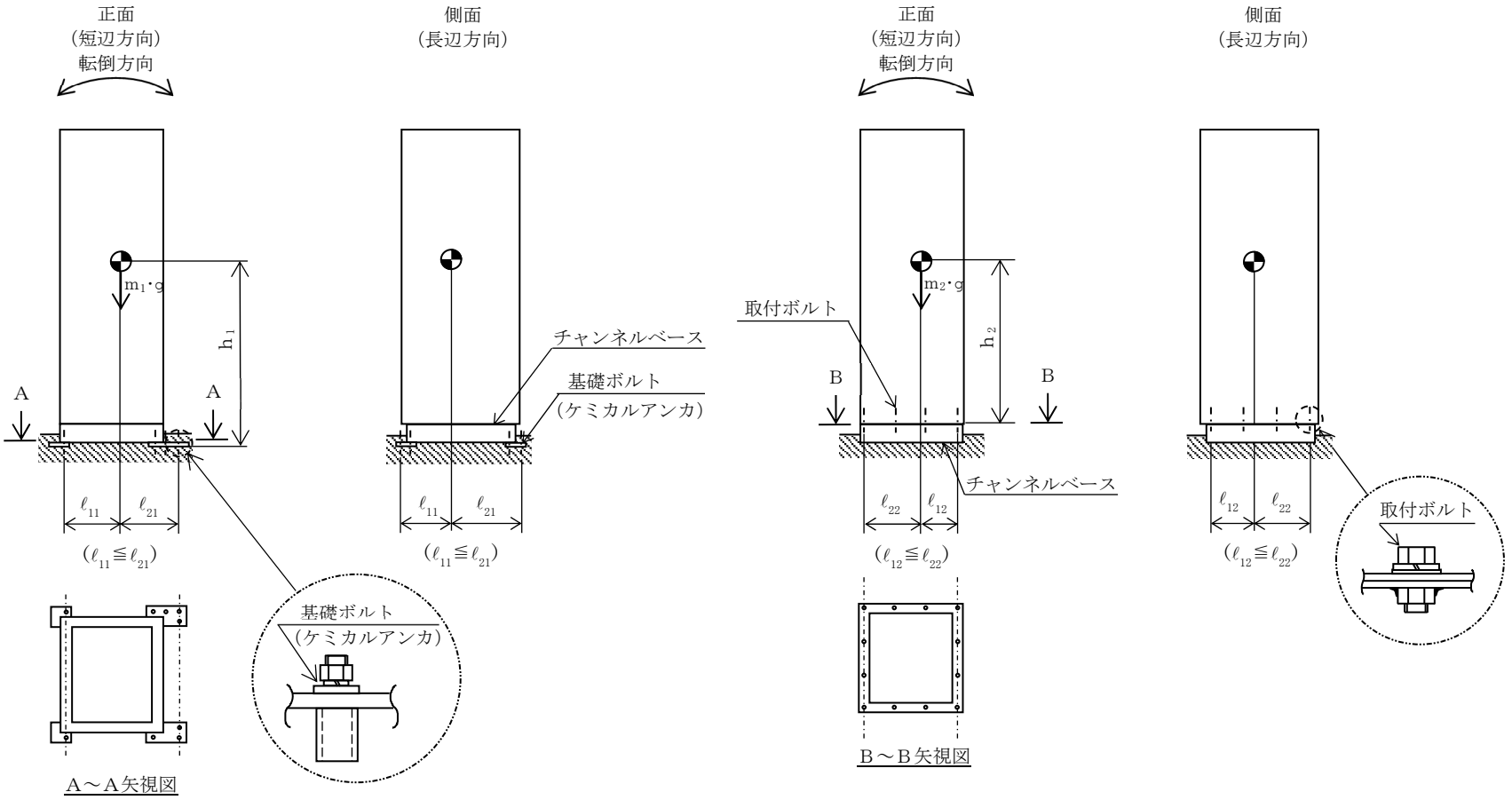
注記＊：$f_{tsi}$＝Min[1.4・$f_{toi}$－1.6・$\tau_{bi}$, $f_{toi}$]

1.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 重大事故監視盤（2-1001） | 水平方向 | 2.84 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.32 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
m1・g
h1
A
A
チャンネルベース
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A～A矢視図
取付ボルト
m2・g
h2
B
B
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
B～B矢視図
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
取付ボルト

# 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１）

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　電気的機能維持評価方法 …… 8
6.　評価結果 …… 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中央制御室外原子炉停止制御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。

中央制御室外原子炉停止制御盤は，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重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

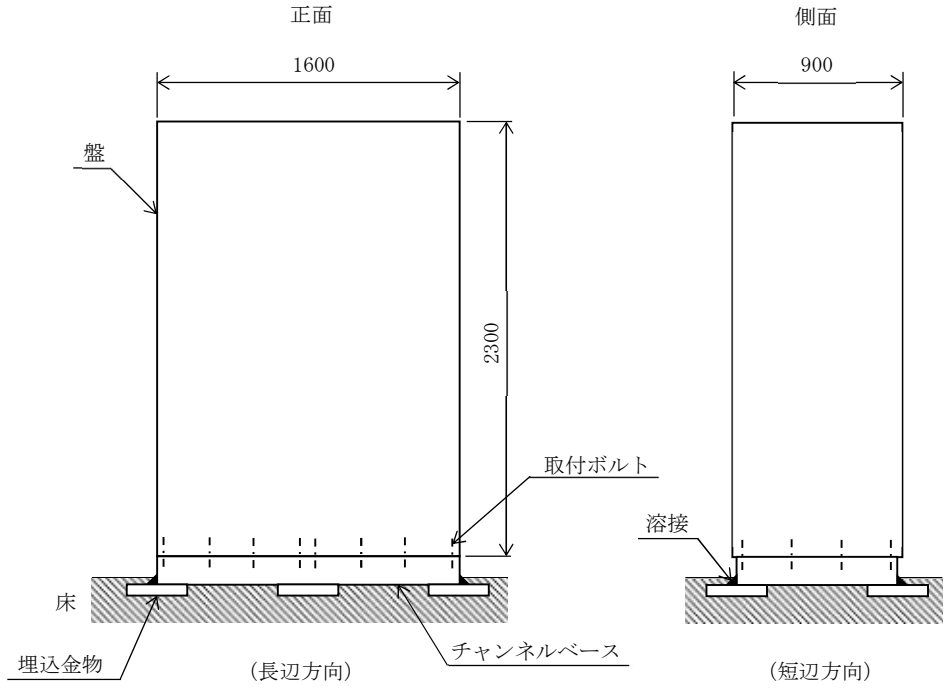
なお，中央制御室外原子炉停止制御盤は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室外原子炉停止制御盤の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 中央制御室外原子炉停止制御盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤） | 【中央制御室外原子炉停止制御盤】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

中央制御室外原子炉停止制御盤の固有周期は，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。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 中央制御室外原子炉停止制御盤<br>(2-2215-1) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

中央制御室外原子炉停止制御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

中央制御室外原子炉停止制御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

中央制御室外原子炉停止制御盤の許容応力は，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

中央制御室外原子炉停止制御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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【中央制御室外原子炉停止制御盤（2-2215-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 中央制御室外原子炉停止制御盤 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 中央制御室外原子炉停止制御盤 | 常設／防止（DB拡張） | —*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／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・f t | 1.5・f s |
| ⅣAS | 1.5・f t* | 1.5・f s* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

中央制御室外原子炉停止制御盤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-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。

中央制御室外原子炉停止制御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，当該機器と類似の器具単体のサインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 中央制御室外原子炉停止制御盤<br>(2-2215-1) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室外原子炉停止制御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

中央制御室外原子炉停止制御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。

【中央制御室外原子炉停止制御盤（2-2215-1）の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 中央制御室外 原子炉停止制御盤 (2-2215-1) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | □ | □ | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2) | □ | 1300 | 16 (M16) | 201.1 | 24 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2) | 300 | 480 | 8 | 211 | 253 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | 685 | 845 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝19 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝36 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝5 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 中央制御室外 原子炉停止制御盤 (2-2215-1) | 水平方向 | 1.44 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.73 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 中央制御室外<br>原子炉停止制御盤<br>(2-2215-1) | 常設／防止<br>(ＤＢ拡張) | 原子炉建物<br>EL 23.8*1 | □ | □ | — | — | $C_H$=1.73*2 | $C_V$=2.07*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト<br>(ｉ=2) | □ | 1300 | 16<br>(M16) | 201.1 | 24 | 211<br>(40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト<br>(ｉ=2) | 300 | 480 | 8 | — | 253 | — | 長辺方向 |
| | 685 | 845 | 4 | | | | |

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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=36$ | $f_{ts2}=190$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=5$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

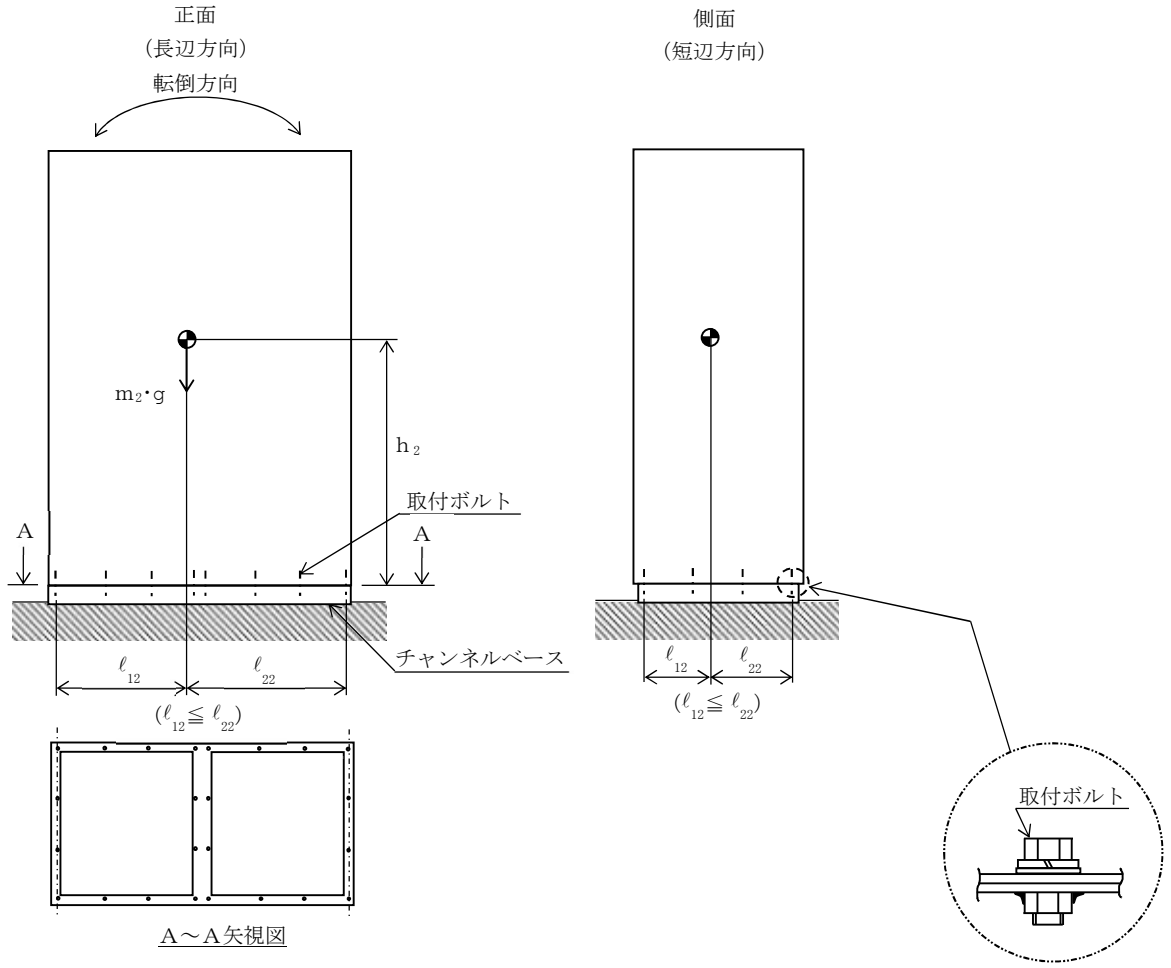
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 中央制御室外 原子炉停止制御盤 (2-2215-1) | 水平方向 | 1.44 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.73 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
$m_2 \cdot g$
$h_2$
取付ボルト
A
A
チャンネルベース
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
$\ell_{12}$
$\ell_{22}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
取付ボルト

A～A矢視図

# Ⅵ-2-6-7-2-49　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）

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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中央制御室外原子炉停止制御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。

中央制御室外原子炉停止制御盤は，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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

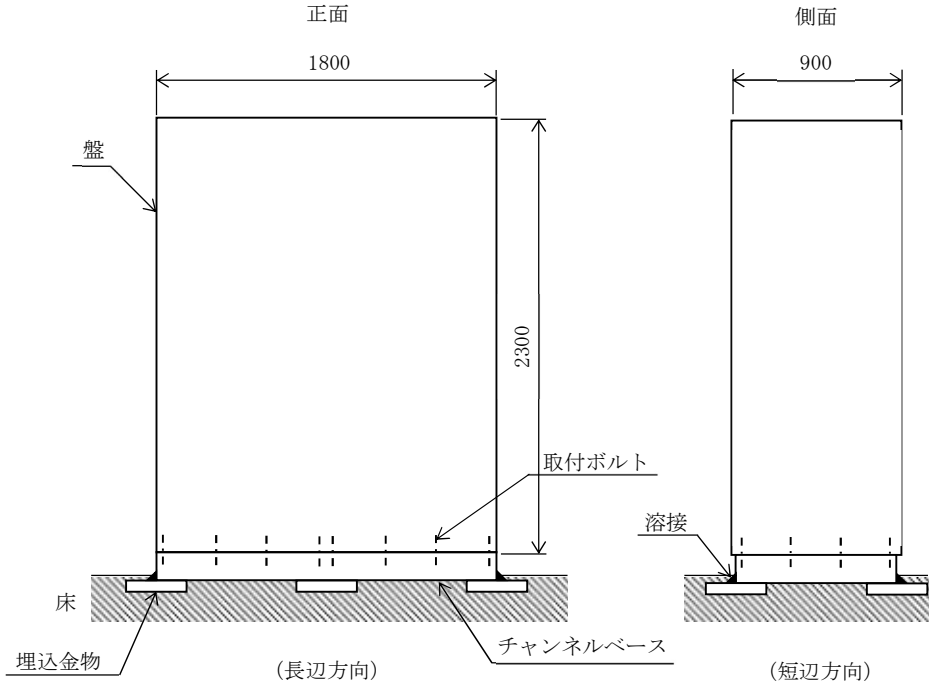
なお，中央制御室外原子炉停止制御盤は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室外原子炉停止制御盤の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 中央制御室外原子炉停止制御盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。 | 直立形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤） | 【中央制御室外原子炉停止制御盤】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

中央制御室外原子炉停止制御盤の固有周期は，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。

表3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 中央制御室外原子炉停止制御盤<br>(2-2215-2) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

中央制御室外原子炉停止制御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

中央制御室外原子炉停止制御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

中央制御室外原子炉停止制御盤の許容応力は，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

中央制御室外原子炉停止制御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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【中央制御室外原子炉停止制御盤（2-2215-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 中央制御室外原子炉停止制御盤 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | 中央制御室外原子炉停止制御盤 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和<br>常設／防止（DB拡張） | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s *3 | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋S s | VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

中央制御室外原子炉停止制御盤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-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。

中央制御室外原子炉停止制御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，当該機器と類似の器具単体の正弦波加振試験又は正弦ビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 中央制御室外原子炉停止制御盤<br>(2-2215-2) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室外原子炉停止制御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

中央制御室外原子炉停止制御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。

【中央制御室外原子炉停止制御盤（2-2215-2）の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 中央制御室外 原子炉停止制御盤 (2-2215-2) | S | 原子炉建物 EL 23.8*1 | □ | □ | $C_H$＝1.19*2 | $C_V$＝1.10*2 | $C_H$＝1.73*3 | $C_V$＝2.07*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト （ｉ＝2） | □ | 1300 | 16 (M16) | 201.1 | 24 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 300 | 480 | 8 | 211 | 253 | 短辺方向 | 長辺方向 |
| | 775 | 955 | 4 | | | | |

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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS41 | 引張 | $\sigma_{b2}$＝19 | $f_{ts2}$＝158* | $\sigma_{b2}$＝35 | $f_{ts2}$＝190* |
| | | せん断 | $\tau_{b2}$＝4 | $f_{sb2}$＝122 | $\tau_{b2}$＝6 | $f_{sb2}$＝146 |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気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 |
|---|---|---|---|
| 中央制御室外 原子炉停止制御盤 (2-2215-2) | 水平方向 | 1.44 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.73 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 中央制御室外<br>原子炉停止制御盤<br>(2-2215-2) | 常設耐震／防止<br>常設／緩和<br>常設／防止<br>（ＤＢ拡張） | 原子炉建物<br>EL 23.8*1 | □ | □ | — | — | $C_H$=1.73*2 | $C_V$=2.07*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 取付ボルト<br>（ｉ＝2) | □ | 1300 | 16<br>(M16) | 201.1 | 24 | 211<br>(40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $n_{fi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト<br>（ｉ＝2) | 300 | 480 | 8 | — | 253 | — | 長辺方向 |
| | 775 | 955 | 4 | | | | |

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。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | SS41 | 引張 | ― | ― | $\sigma_{b2}=35$ | $f_{ts2}=190$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_{b2}=6$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

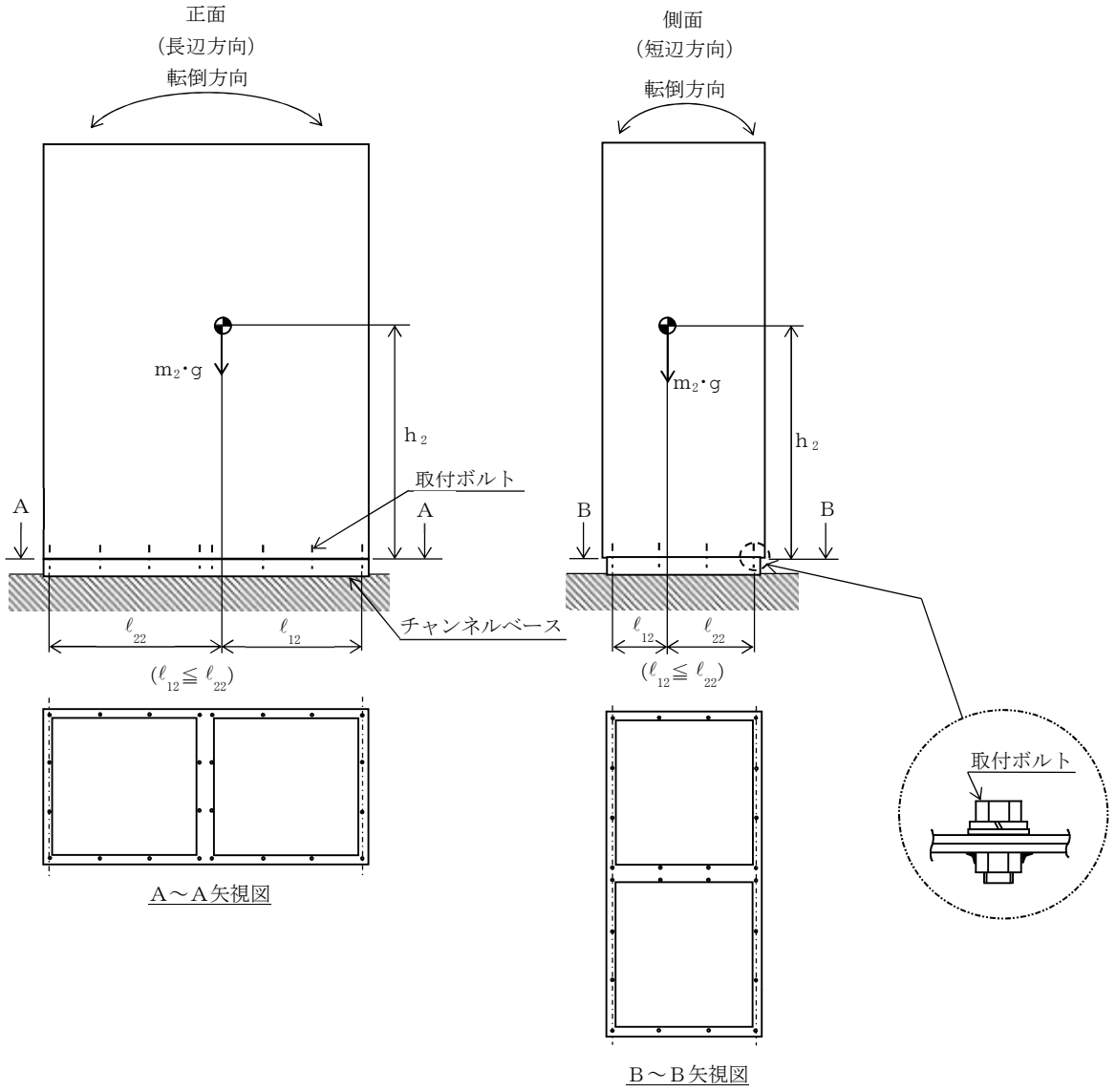
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 中央制御室外 原子炉停止制御盤 (2-2215-2) | 水平方向 | 1.44 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.73 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


正面
（長辺方向）
転倒方向
側面
（短辺方向）
転倒方向
$m_2 \cdot g$
$h_2$
取付ボルト
A
A
B
B
チャンネルベース
$\ell_{22}$
$\ell_{12}$
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
A～A矢視図
B～B矢視図
取付ボルト

# Ⅵ-2-6-7-3　通信連絡設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-6-7-3-4　緊急時原子力発電所情報伝送システム（ＳＰＤＳ）の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-6-7-3-4-4　１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継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。

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

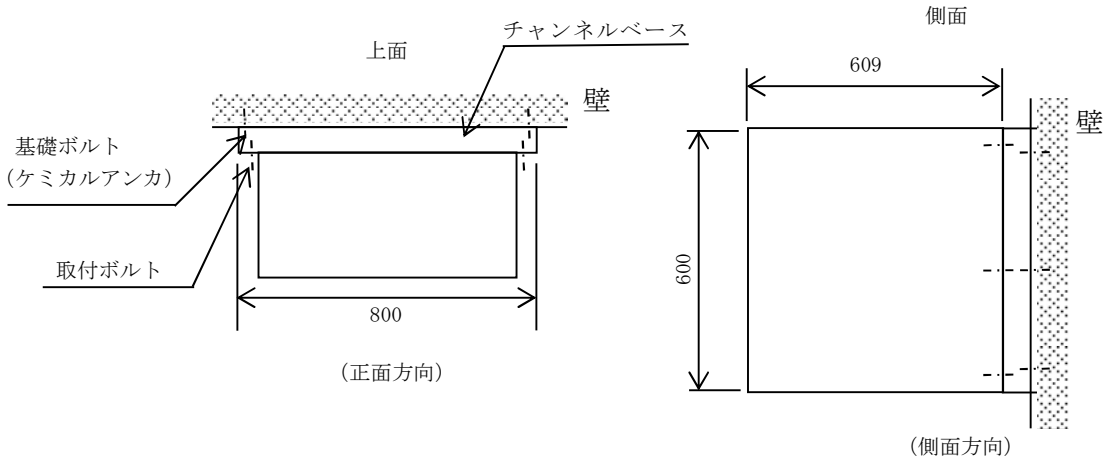
なお，１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| １・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。<br>チャンネルベースは基礎ボルトにて壁に設置する。 | 壁掛形<br>（鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤） | 【１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤】<br>  <br><br>（単位：mm） |

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤の固有周期は，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。

表 3－1　固有周期　（単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| １・２号ＳＰＤＳ伝送用<br>アンテナ用中継盤<br>(2-1216) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継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

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2 許容応力

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤（2-1216）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計測制御系統施設 | その他の計測制御系統施設 | １・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤 | 常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆ ｔ* | 1.5・ｆ ｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 4－3　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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | ― |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | ― |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤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-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。

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継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サインビート波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5－1 に示す。

表 5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| １・２号ＳＰＤＳ伝送用<br>アンテナ用中継盤<br>(2-1216) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継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。

【１・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤（2-1216）の耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1　設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| １・２号ＳＰＤＳ伝送用 アンテナ用中継盤 (2-1216) | 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 34.8 (EL 42.8*1) | □ | □ | — | — | $C_H$＝2.52*2 | $C_V$＝2.46*2 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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） | □ | 434 | 16 (M16) | 201.1 | 6 | 211 (40mm＜径) | 394 |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | □ | 334 | 16 (M16) | 201.1 | 6 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fvi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト （ｉ＝1） | 257 | 450 | 760 | 2 | 3 | — | 253 | — | 側面方向 |
| | 257 | 450 | 760 | 2 | 3 | | | | |
| 取付ボルト （ｉ＝2） | 282 | 500 | 760 | 2 | 3 | — | 276 | — | 側面方向 |
| | 282 | 500 | 760 | 2 | 3 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | — | [redacted] | — | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | — | [redacted] | — | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b1}$＝21 | $f_{ts1}$＝152* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b1}$＝7 | $f_{sb1}$＝117 |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | — | — | $\sigma_{b2}$＝14 | $f_{ts2}$＝207* |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}$＝6 | $f_{sb2}$＝159 |

すべて許容応力以下である。

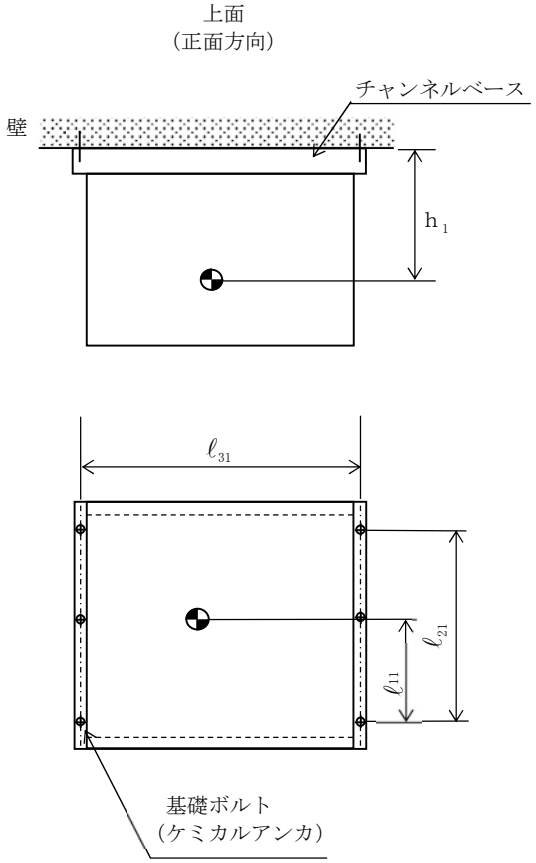
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

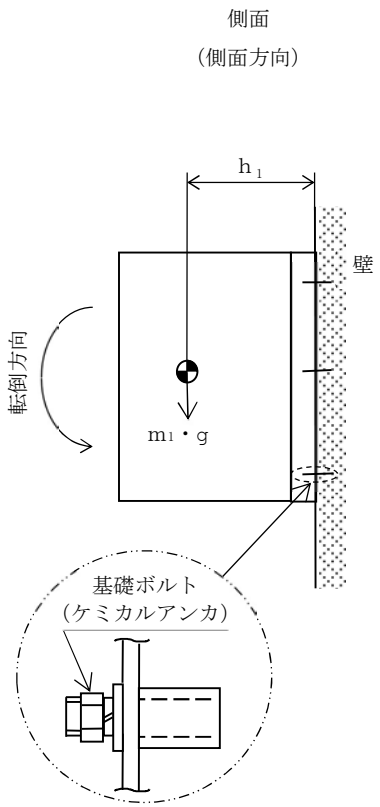
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

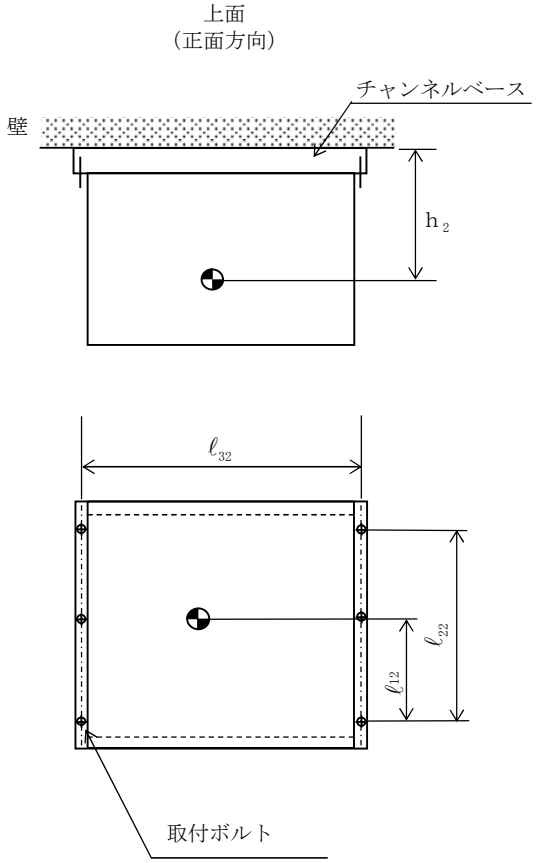
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| １・２号ＳＰＤＳ伝送用アンテナ用中継盤 (2-1216) | 水平方向 | 2.10 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

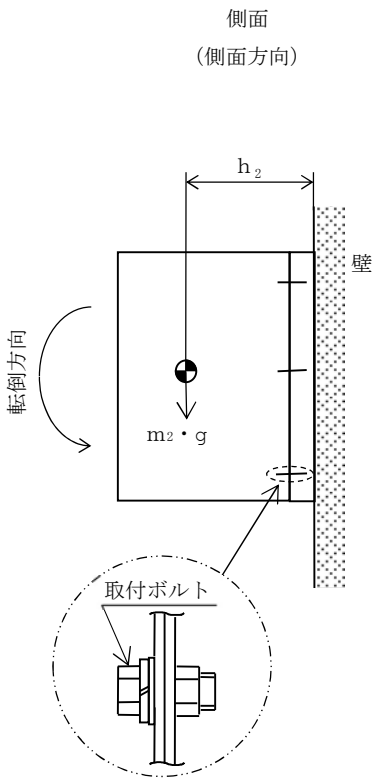
注記＊：設計震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

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。


上面
（正面方向）
チャンネルベース
壁
h1
ℓ31
ℓ21
ℓ11
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


側面
（側面方向）
h1
壁
転倒方向
m1・g
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


上面
（正面方向）
チャンネルベース
壁
h2
ℓ32
ℓ22
ℓ12
取付ボルト


側面
（側面方向）
h2
壁
転倒方向
m2・g
取付ボルト

# Ⅵ-2-7　放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-7-1　放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算結果

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 耐震評価条件整理 ····· 1

1. 概要

本資料は，放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

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

放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/3）

| 評価対象設備 | | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 放射性廃棄物の廃棄施設 | 気体，液体又は固体廃棄物処理設備 | 気体廃棄物処理系 | 排気筒（非常用ガス処理系用） | S | 無 | VI-2-7-4 | （原子炉格納施設に記載） | — | — |
| | | | 排気筒（空調換気系用） | C | 有 | VI-2-7-4 | — | — | — |
| | | 液体廃棄物処理系（ドレン移送系） | 主要弁 | S | 有 | VI-2-7-2-1-1 | — | — | — |

表１　耐震評価条件整理一覧表（2/3）

| 評価対象設備 | | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 放射性廃棄物の廃棄施設 | 気体，液体又は固体廃棄物処理設備 | 液体廃棄物処理系（ドレン移送系） | 主配管 | S | 有 | VI-2-7-2-1-1 | — | — | — |

表１　耐震評価条件整理一覧表（3/3）

| 評価対象設備 | | | | 設計基準対象施設 | | | 重大事故等対処設備 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 耐震重要度分類 | 新規制基準施行前に認可された実績との差異 | 耐震計算の記載箇所 | 設備分類 | 設計基準対象施設との評価条件の差異 | 耐震計算の記載箇所 |
| 放射性廃棄物の廃棄施設 | 気体，液体又は固体廃棄物処理設備 | 固体廃棄物処理系　サイトバンカ設備 | 主配管 | B | 無 | VI-2-7-3-1-1 | — | — | — |

# Ⅵ-2-8　放射線管理施設の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-8-2　放射線管理用計測装置の耐震性についての計算書

# VI-2-8-2-3　格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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 …… 16
5.6　応力の評価 …… 17
6.　機能維持評価 …… 18
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 18
7.　評価結果 …… 19
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 19
7.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 19

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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。

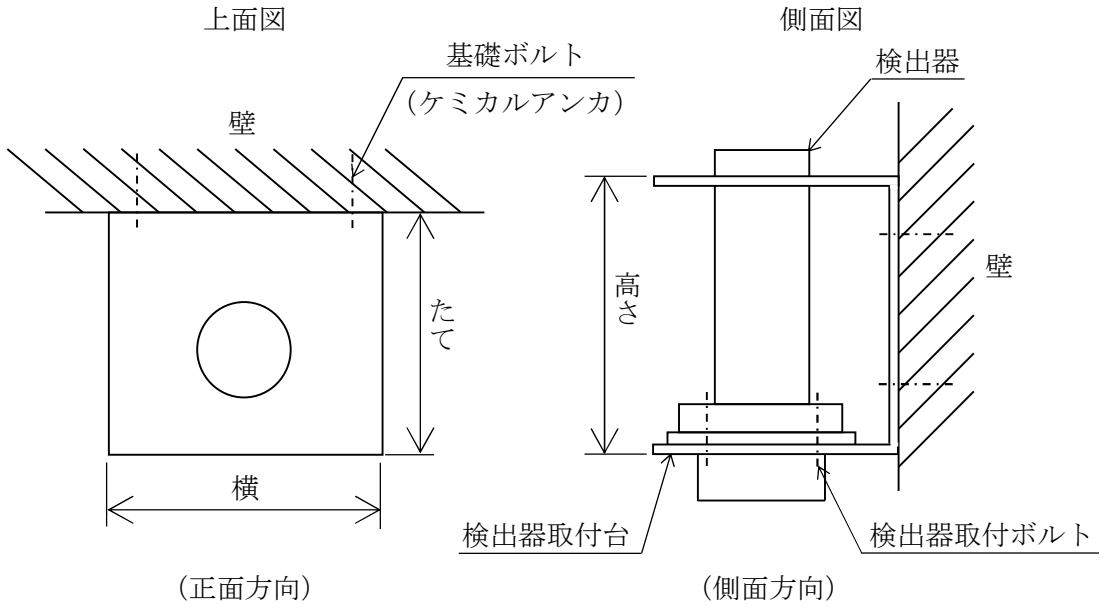
格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。<br>検出器取付台は，壁に基礎ボルトで設置される。 | 電離箱 |  <br>（正面方向）　（側面方向） |

| 機器名称 | 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26A） | 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26B） |
|---|---|---|
| たて | 180 | 180 |
| 横 | 200 | 200 |
| 高さ | 210 | 210 |

（単位：mm）

2.2　評価方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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」にて示す格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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，格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の耐震評価フローを図 2－1 に示す。



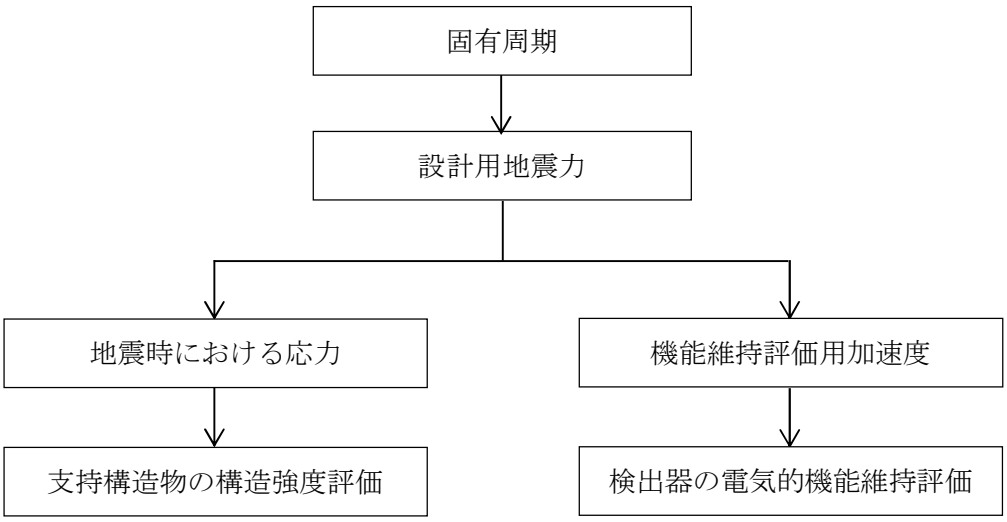



図 2－1　格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
|---|---|---|
| $A_b$ | ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3133 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | ボルトに作用する引張力（1 本当たり） | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $f_{sb}$ | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 | MPa |
| $f_{to}$ | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{ts}$ | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力） | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell_1$ | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_2$ | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_3$ | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形） | mm |
| m | 質量 | kg |
| n | ボルトの本数 | ― |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形） | ― |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形） | ― |
| $Q_b$ | ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値 | MPa |
| $S_y$（RT） | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値 | MPa |
| $\pi$ | 円周率 | ― |
| $\sigma_b$ | ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

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。

3. 評価部位

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の固有周期は，構造が同等な検出器に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

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。格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の外形図を表2－1の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表4－1に示す。試験の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表4－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26A) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26B) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）は基礎ボルトで壁に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，正面方向及び側面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) 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－5 に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ） | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｄ* | ⅢＡＳ |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ | ⅣＡＳ |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | D＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | ⅣＡＳ |
| | | | | | D＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・f t | 1.5・f s |
| ⅣAS | 1.5・f t* | 1.5・f s* |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 120 | 215 | 373 | ― |

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Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26A） | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05以下 | 0.05以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26B） | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05以下 | 0.05以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

表5－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26A） | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05以下 | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝1.59*2 | $C_V$＝1.58*2 |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26B） | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05以下 | 0.05以下 | — | — | $C_H$＝1.59*2 | $C_V$＝1.58*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。

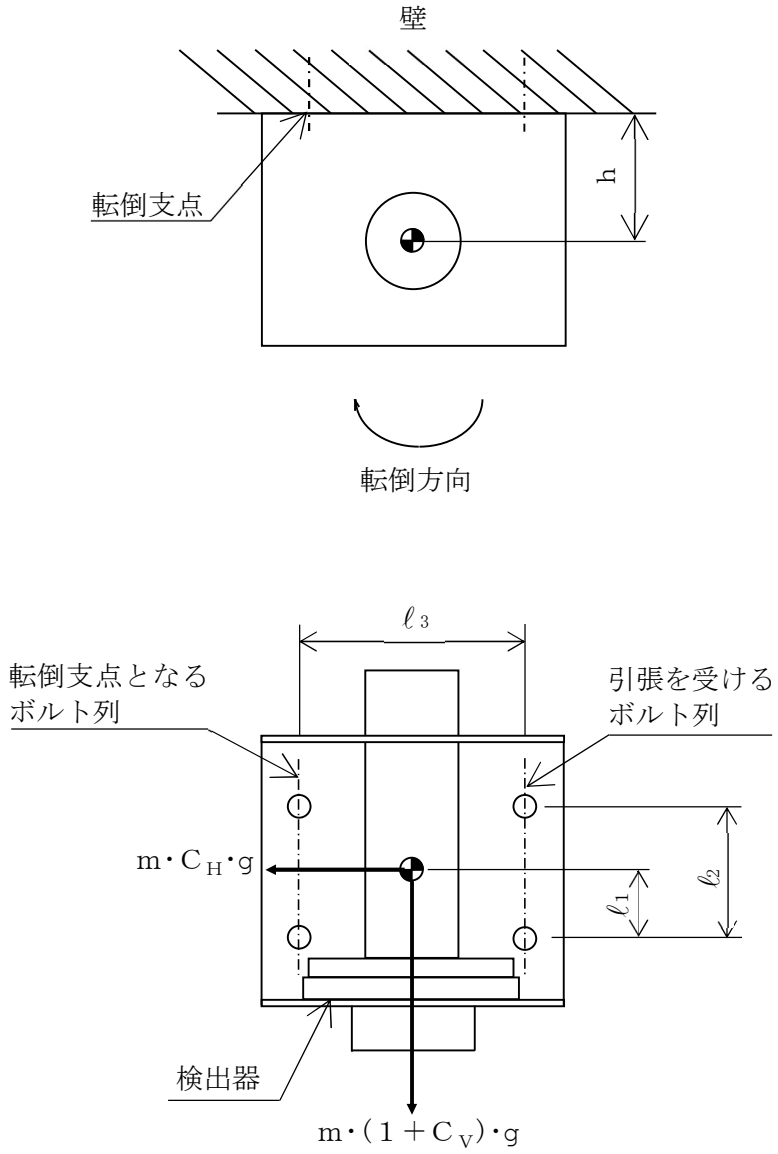



図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

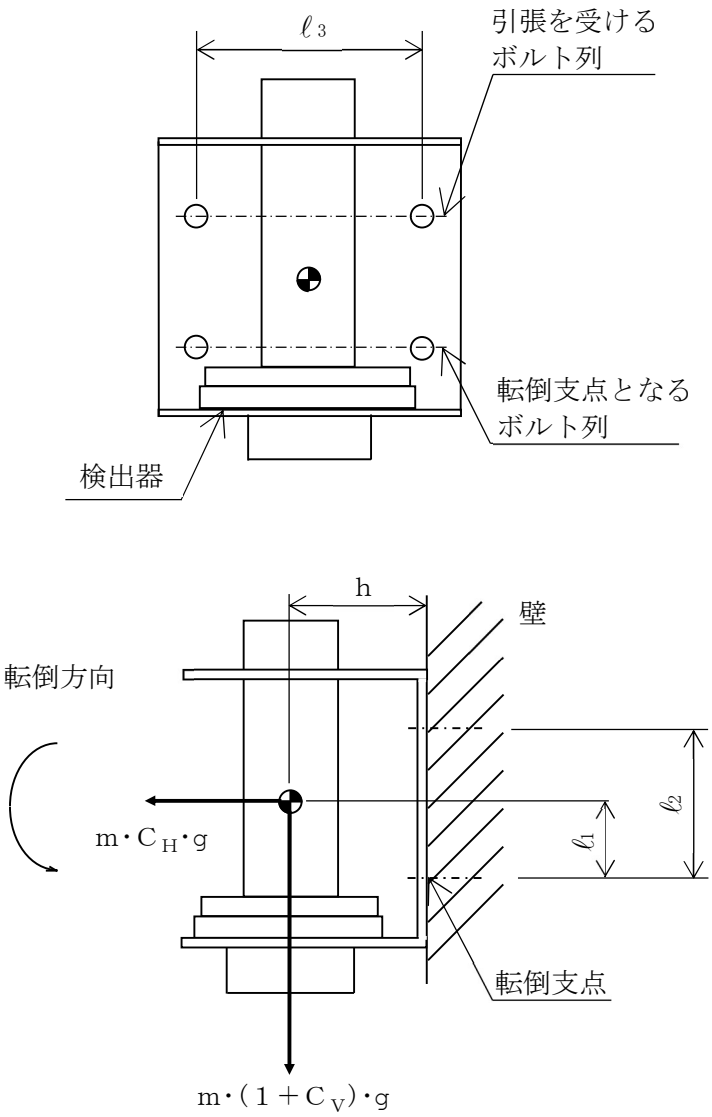



図 5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=m\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

## 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【格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26A) の耐震性についての計算結果】，【格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26B) 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$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

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

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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Ｓｓ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。

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表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 |
|---|---|---|
| 格納容器雰囲気放射線モニタ<br>（サプレッションチェンバ）<br>（RE295-26A） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ<br>（サプレッションチェンバ）<br>（RE295-26B） | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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。

【格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26A）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26A) | S | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | □ | 100 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 221 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | 221 | 261 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=132^*$ | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=156^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=102$ | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26A） | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26A) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$=1.59*2 | $C_V$=1.58*2 | 120 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 100 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | — | 258 | — | 正面方向 |
| | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=155$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=119$ |

すべて許容応力以下である。

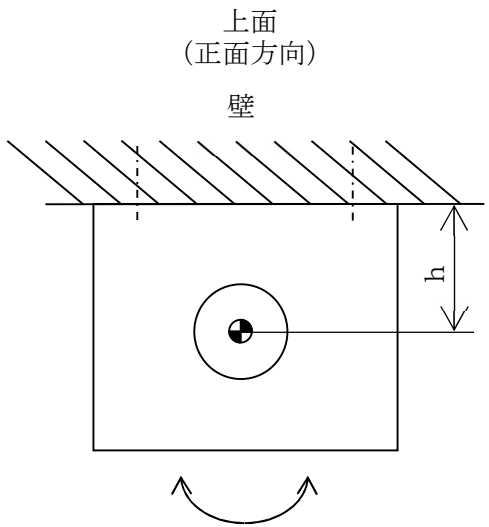
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

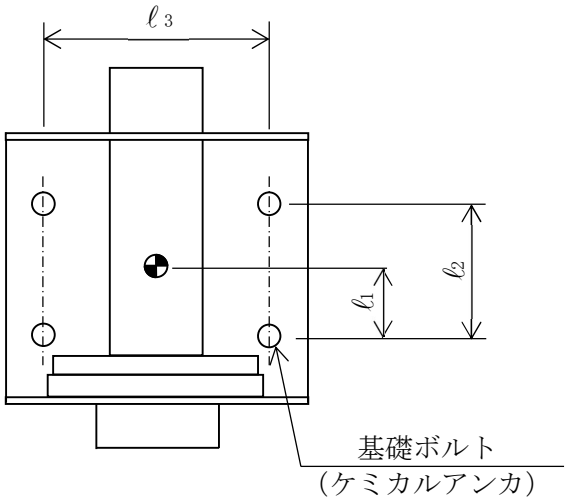
2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

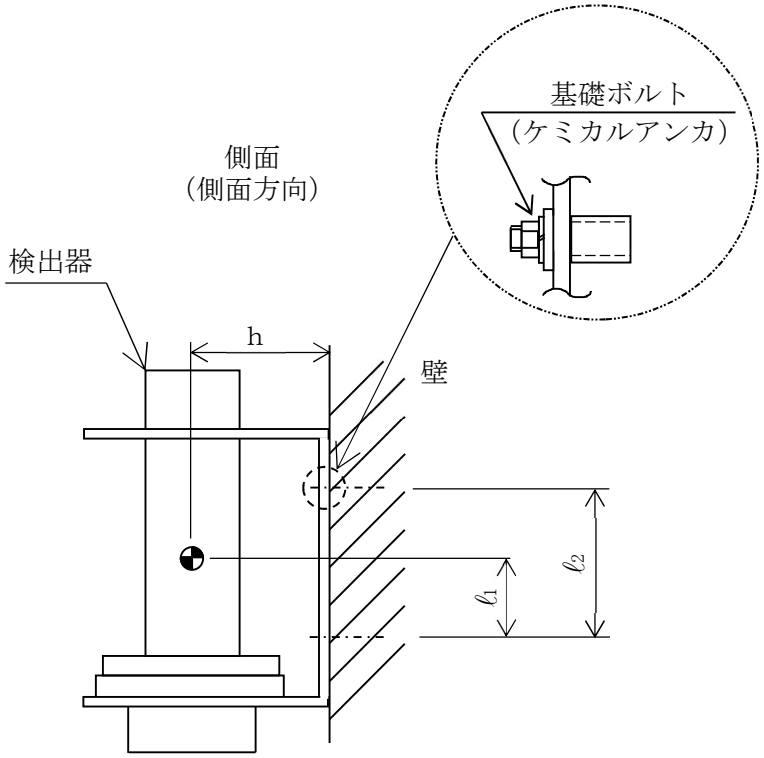
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26A) | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向


ℓ3
ℓ1
ℓ2
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
側面
（側面方向）
検出器
h
壁
ℓ1
ℓ2

【格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26B）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26B) | S | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝0.89*2 | $C_V$＝0.81*2 | $C_H$＝1.59*3 | $C_V$＝1.58*3 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | □ | 100 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 221 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | 221 | 261 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=132^*$ | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=156^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=102$ | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8m/s²）

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）（RE295-26B） | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B) | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | — | — | $C_H$＝1.59*2 | $C_V$＝1.58*2 | 120 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

2.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ ($mm^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 100 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | — | 258 | — | 正面方向 |
| | 60 | 120 | 150 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=155$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=119$ |

すべて許容応力以下である。

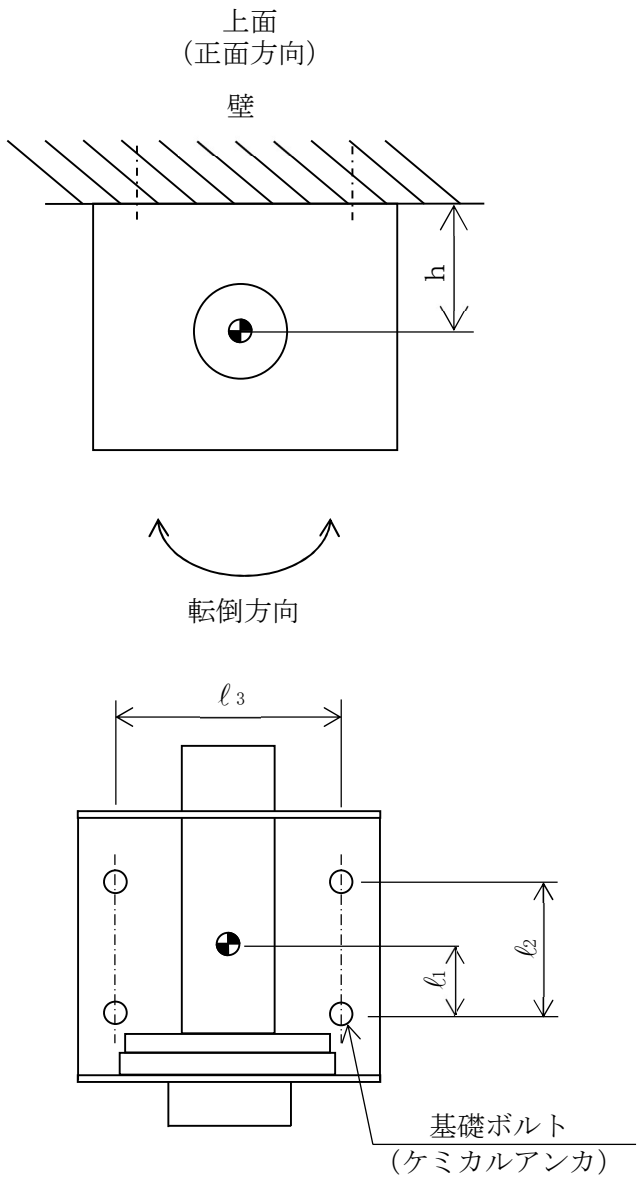
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

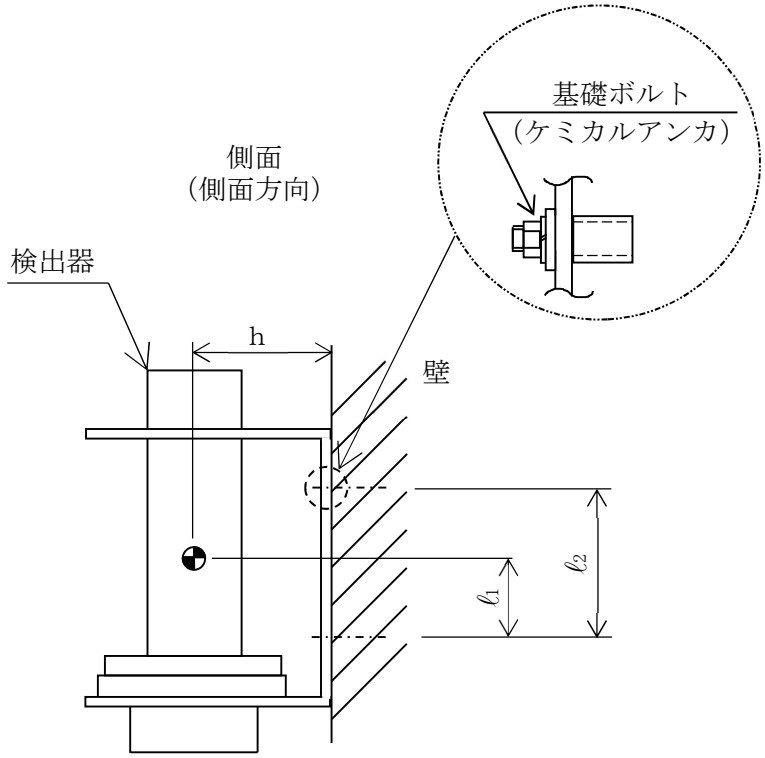
2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）(RE295-26B) | 水平方向 | 1.32 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.31 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向
ℓ3
ℓ2
ℓ1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
側面
（側面方向）
検出器
h
壁
ℓ2
ℓ1

# 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

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 7
3.　評価部位 …… 8
4.　固有周期 …… 8
4.1　基本方針 …… 8
4.2　固有周期の確認方法 …… 8
4.3　固有周期の確認結果 …… 8
5.　構造強度評価 …… 9
5.1　構造強度評価方法 …… 9
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 9
5.3　設計用地震力 …… 13
5.4　計算方法 …… 14
5.5　計算条件 …… 20
5.6　応力の評価 …… 21
6.　機能維持評価 …… 22
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 22
7.　評価結果 …… 23
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 23

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，燃料取替階放射線モニタ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。

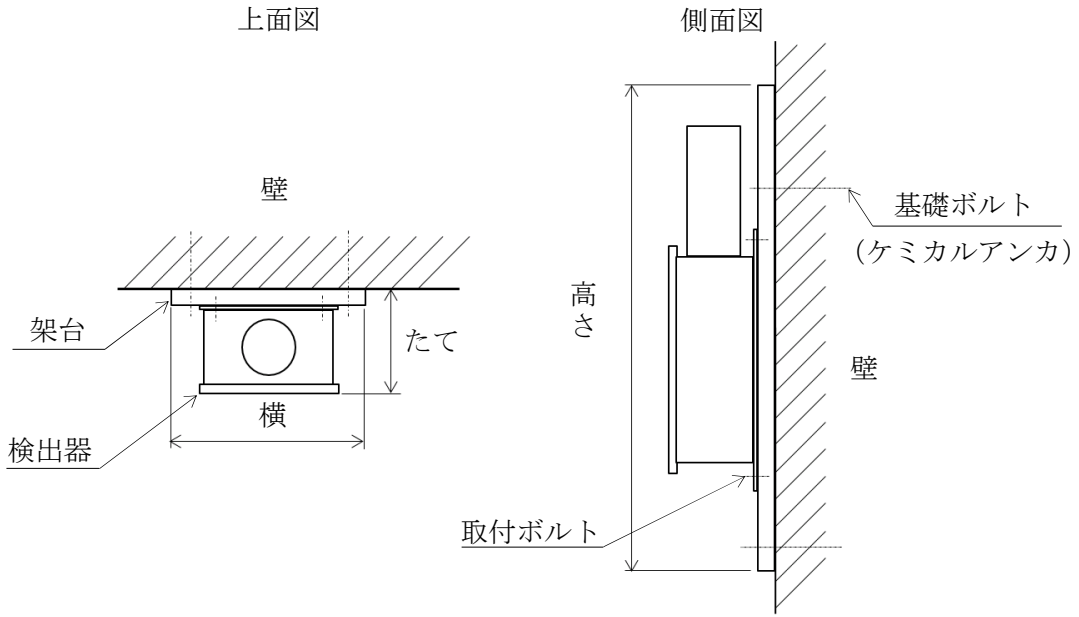
燃料取替階放射線モニタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料取替階放射線モニタの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，基礎ボルトにより壁に設置された架台に，取付ボルトで固定される。 | 半導体式 |  |



| 機器名称 | 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) | 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) | 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) | 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) |
|---|---|---|---|---|
| たて | 120 | 120 | 120 | 120 |
| 横 | 210 | 210 | 210 | 210 |
| 高さ | 535 | 535 | 535 | 535 |

（単位：mm）

2.2　評価方針

燃料取替階放射線モニタの応力評価は，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」にて示す燃料取替階放射線モニタの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　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，燃料取替階放射線モニタの機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

燃料取替階放射線モニタの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

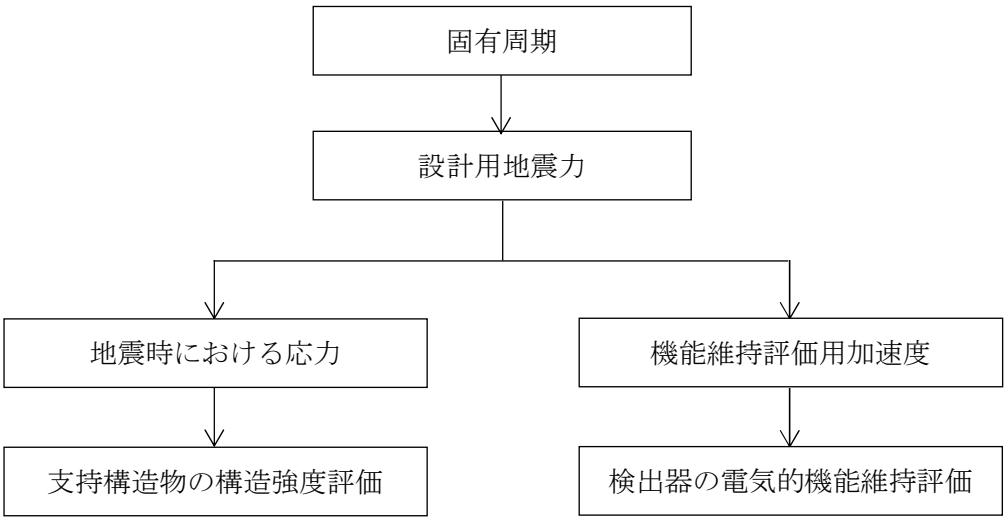



図 2－1　燃料取替階放射線モニタの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
| $F_{b1i}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形）*1 | N |
| $F_{b2i}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形）*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 |
| $\ell_{1i}$ | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）*1 | mm |
| $\ell_{2i}$ | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）*1 | mm |
| $\ell_{3i}$ | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形）*1 | mm |
| $m_i$ | 質量*2 | kg |
| $n_i$ | ボルトの本数*1 | — |
| $n_{fVi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形）*1 | — |
| $n_{fHi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形）*1 | — |
| $Q_{bi}$ | ボルトに作用するせん断力*1 | N |
| $Q_{b1i}$ | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）*1 | N |
| $Q_{b2i}$ | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）*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 |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力*1 | MPa |
| $\tau_{bi}$ | ボルトに生じるせん断応力*1 | MPa |

注記＊1：$A_{bi}$，$d_i$，$F_i$，$F_i^*$，$F_{bi}$，$F_{b1i}$，$F_{b2i}$，$f_{sbi}$，$f_{toi}$，$f_{tsi}$，$\ell_{1i}$，$\ell_{2i}$，$\ell_{3i}$，$n_i$，$n_{fVi}$，$n_{fHi}$，$Q_{bi}$，$Q_{b1i}$，$Q_{b2i}$，$S_{ui}$，$S_{yi}$，$S_{yi}(RT)$，$\sigma_{bi}$及び$\tau_{bi}$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：検出器＋架台

i＝2：検出器

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*1 |
| 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。

3. 評価部位

燃料取替階放射線モニタの耐震評価は，「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。

燃料取替階放射線モニタの耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

燃料取替階放射線モニタの固有周期は，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。燃料取替階放射線モニタの外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) | 水平 | | | |
| | 鉛直 | | | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) | 水平 | | | |
| | 鉛直 | | | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) | 水平 | | | |
| | 鉛直 | | | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) | 水平 | | | |
| | 鉛直 | | | |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 燃料取替階放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は燃料取替階放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 燃料取替階放射線モニタは取付ボルトで架台に固定されており，固定端とする。また，架台は基礎ボルトで壁に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，計算モデルにおける正面方向及び側面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) 燃料取替階放射線モニタの重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

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

燃料取替階放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

燃料取替階放射線モニタの許容応力は，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

燃料取替階放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－3に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 燃料取替階放射線モニタ | | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 非常用ガス処理系 | 燃料取替階放射能高 | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣAS | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | — |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | — |

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 燃料取替階放射線モニタ(RE295-16A) | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 |
| 燃料取替階放射線モニタ(RE295-16B) | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 |
| 燃料取替階放射線モニタ(RE295-16C) | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 |
| 燃料取替階放射線モニタ(RE295-16D) | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用震度Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。

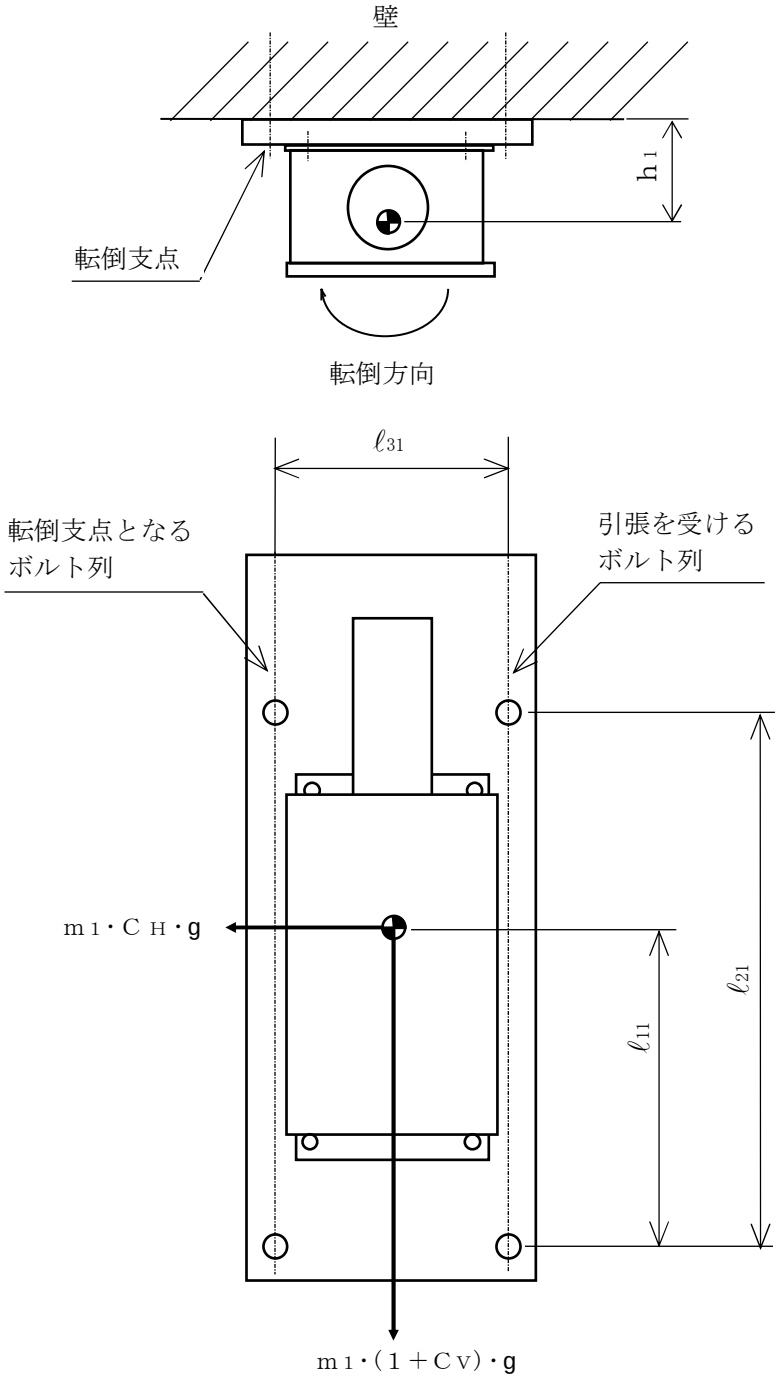



図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

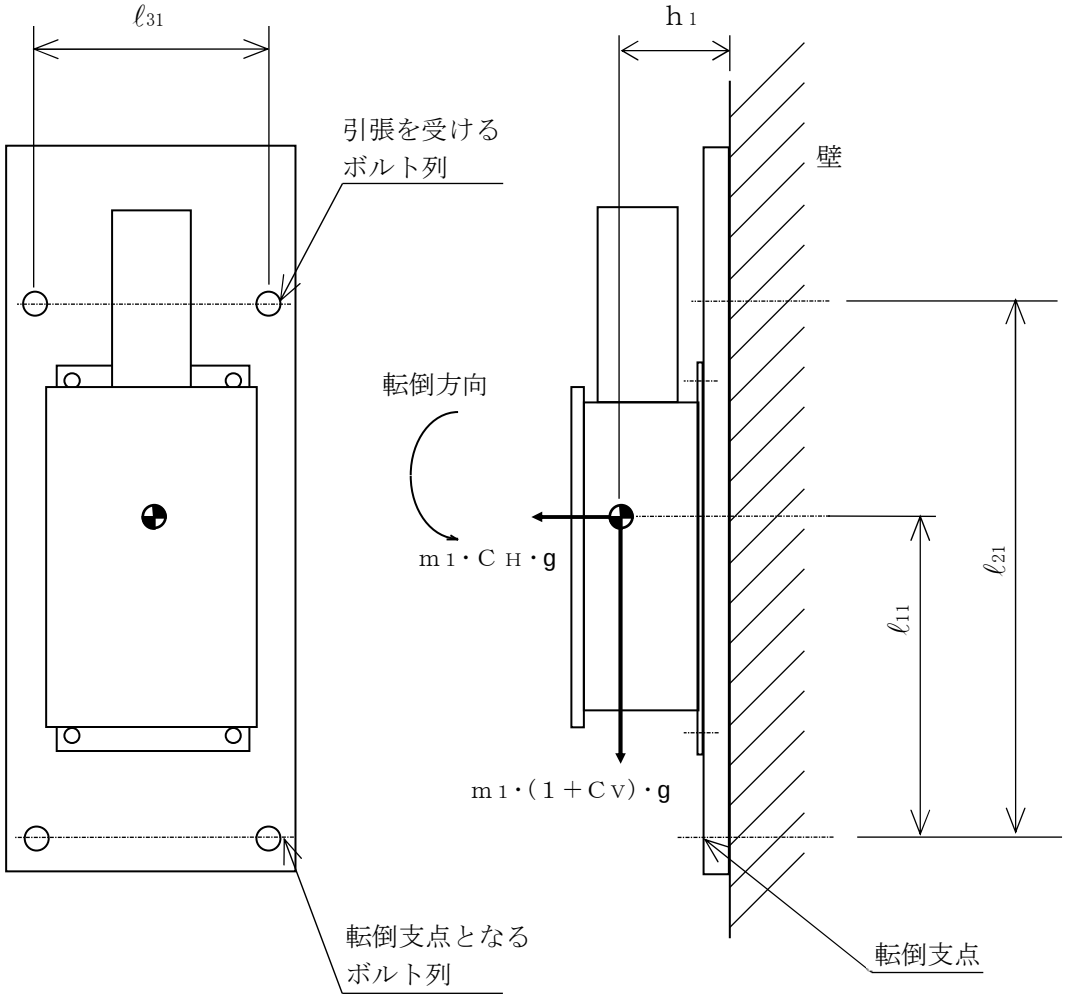



図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b11}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}}+\frac{m_1\cdot C_H\cdot h_1\cdot g}{n_{fH1}\cdot \ell_{31}} \cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g+m_1\cdot C_H\cdot \ell_{11}\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}} \cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1}=\mathrm{Max}(F_{b11},F_{b21}) \cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1}=\frac{F_{b1}}{A_{b1}} \cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_{b1}$は次式により求める。

$$A_{b1}=\frac{\pi}{4}\cdot d_1^2 \cdots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11}=m_1\cdot C_H\cdot g \cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21}=m_1\cdot(1+C_V)\cdot g \cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1}=\sqrt{(Q_{b11})^2+(Q_{b21})^2} \cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1}=\frac{Q_{b1}}{n_1\cdot A_{b1}} \cdots (5.4.1.1.9)$$

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。

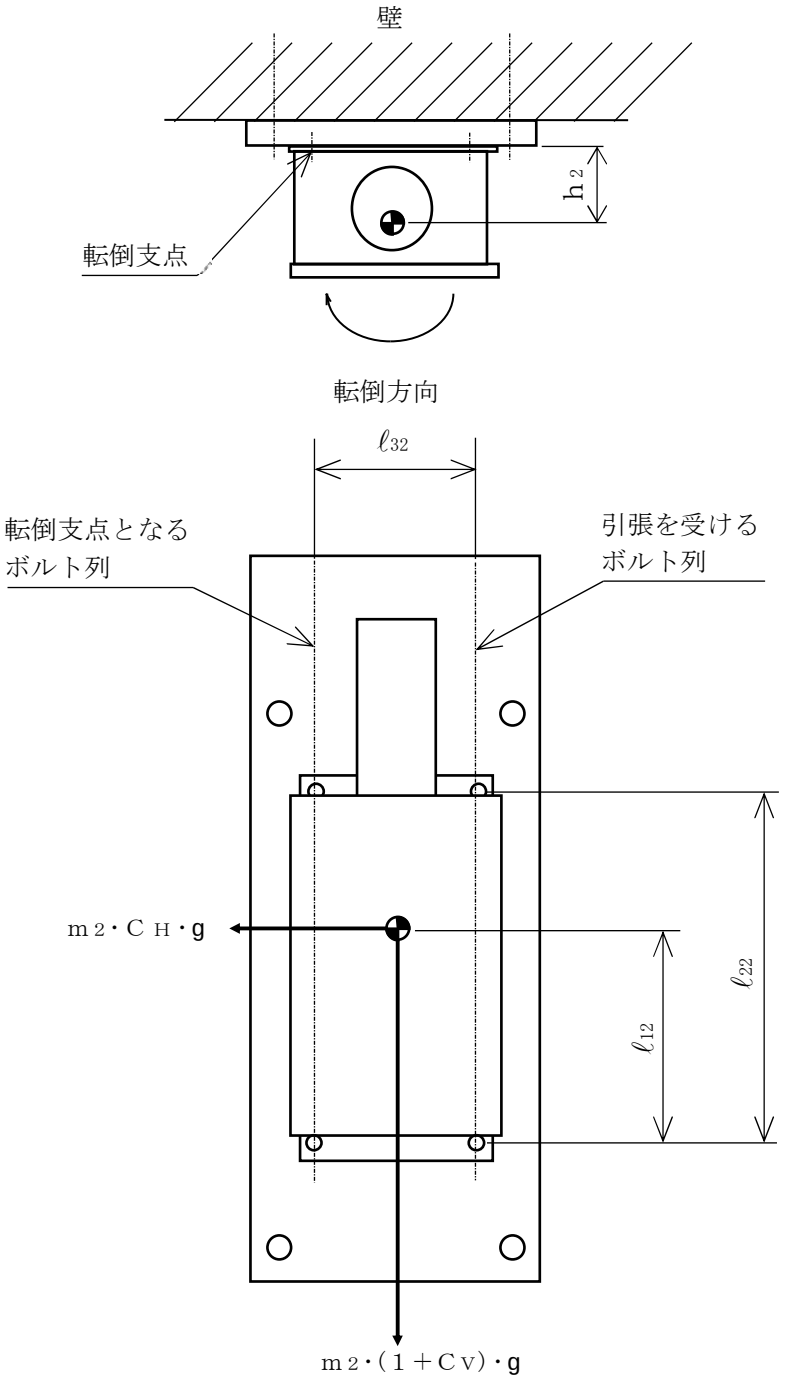



図5－3　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

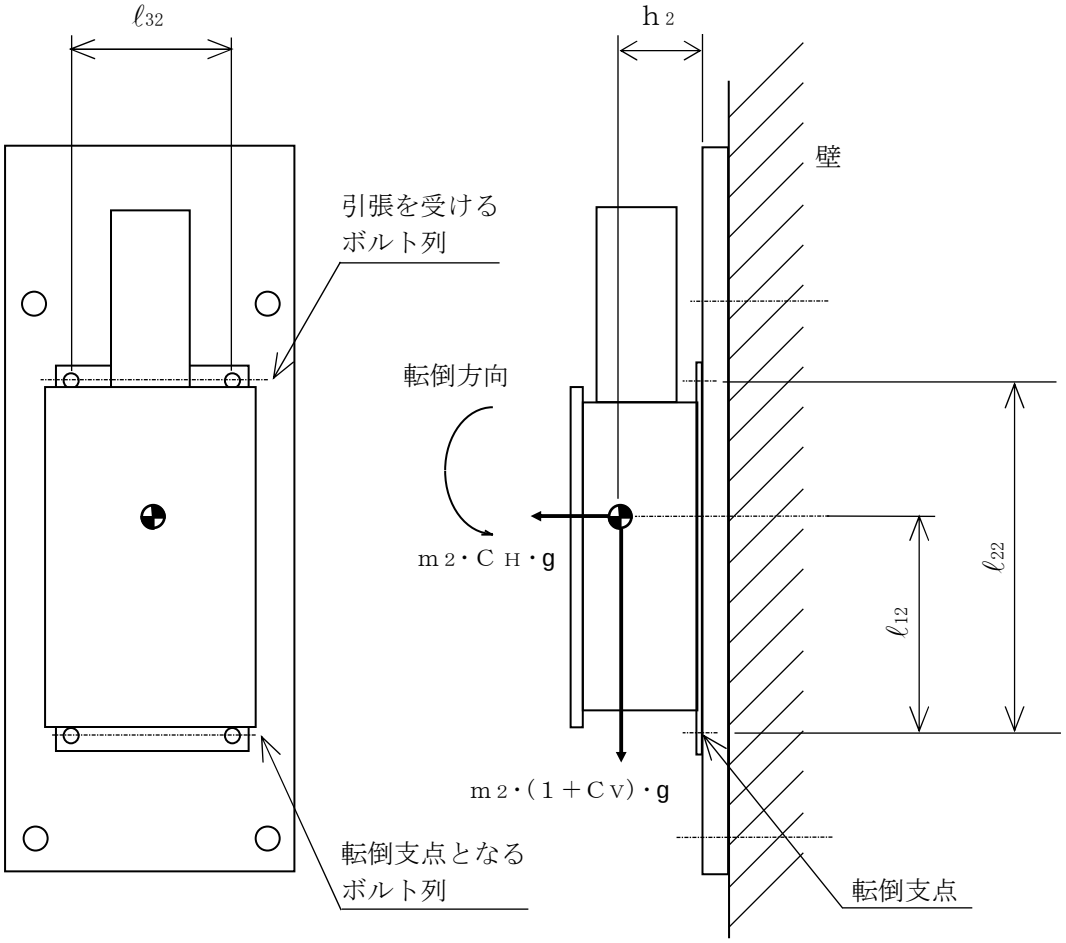



図5－4　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b12}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}}+\frac{m_2\cdot C_H\cdot h_2\cdot g}{n_{fH2}\cdot \ell_{32}} \cdots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g+m_2\cdot C_H\cdot \ell_{12}\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}} \cdots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2}=\mathrm{Max}(F_{b12},F_{b22}) \cdots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2}=\frac{F_{b2}}{A_{b2}} \cdots (5.4.1.2.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積$A_{b2}$は次式により求める。

$$A_{b2}=\frac{\pi}{4}\cdot d_2^{\,2} \cdots (5.4.1.2.5)$$

ただし，$F_{b2}$が負のときボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

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

$$Q_{b12}=m_2\cdot C_H\cdot g \cdots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22}=m_2\cdot(1+C_V)\cdot g \cdots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2}=\sqrt{(Q_{b12})^2+(Q_{b22})^2} \cdots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2}=\frac{Q_{b2}}{n_2\cdot A_{b2}} \cdots (5.4.1.2.9)$$

## 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【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16A）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16B）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16C）の耐震性についての計算結果】及び【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16D）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【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16A）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16B）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16C）の耐震性についての計算結果】及び【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16D）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$\sigma_{bi}$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。

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

せん断応力$\tau_{bi}$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Ｓｄ<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合 | 基準地震動Ｓｓによる<br>荷重との組合せの場合 |
|---|---|---|
| 許容引張応力<br>$f_{toi}$ | $\frac{F_i}{2}\cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力<br>$f_{sbi}$ | $\frac{F_i}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

燃料取替階放射線モニタ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Ｓｓ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。

燃料取替階放射線モニタの機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

燃料取替階放射線モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16A）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) | S | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | | | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fvi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^*$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^*$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

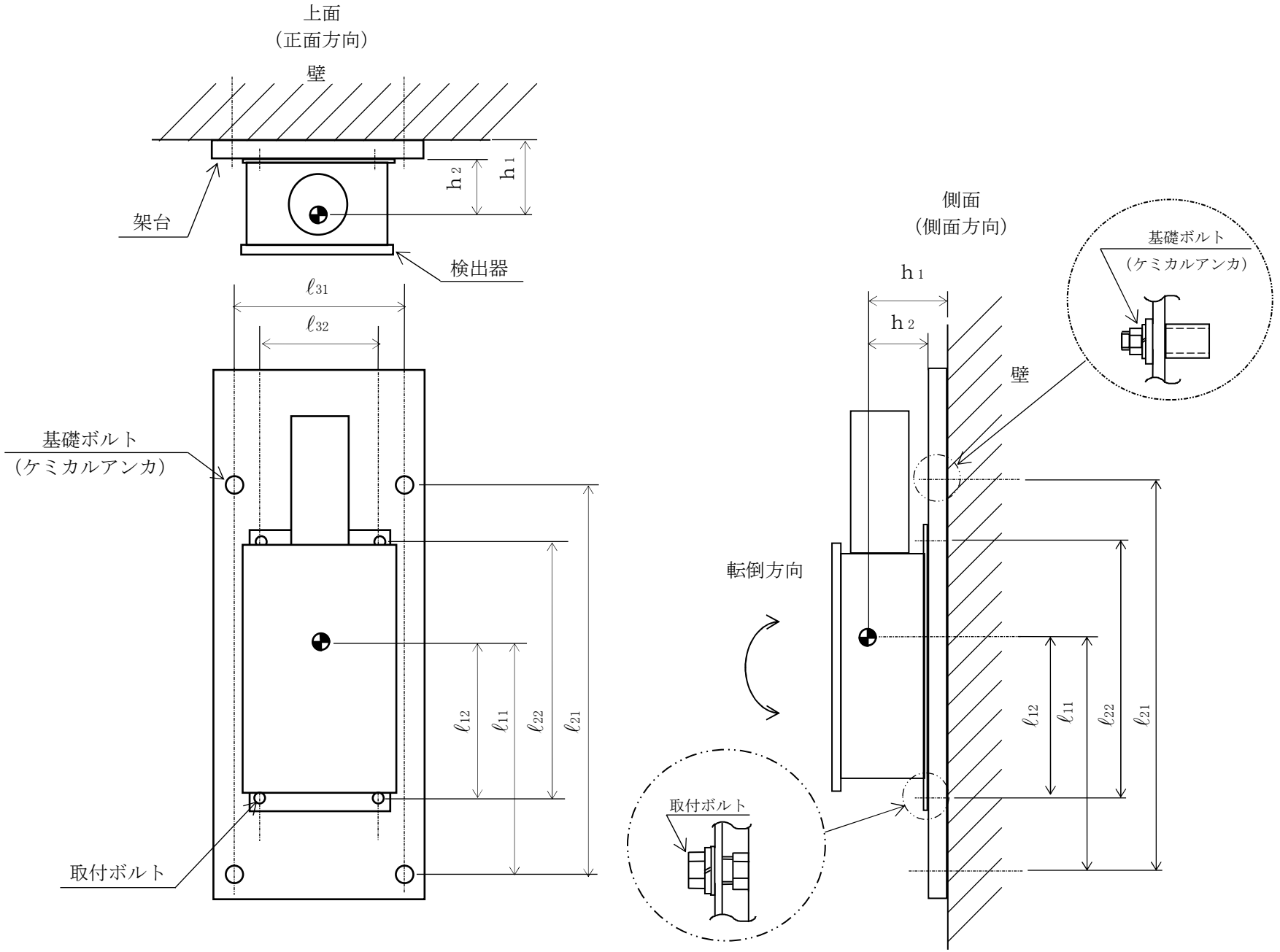
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) | 水平方向 | 2.93 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h2
h1
ℓ31
ℓ32
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
側面
（側面方向）
h1
h2
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21

【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16B）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) | S | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | □ | □ | $C_H$=2.79*2 | $C_V$=1.34*2 | $C_H$=3.51*3 | $C_V$=2.46*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | □ | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^*$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^*$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

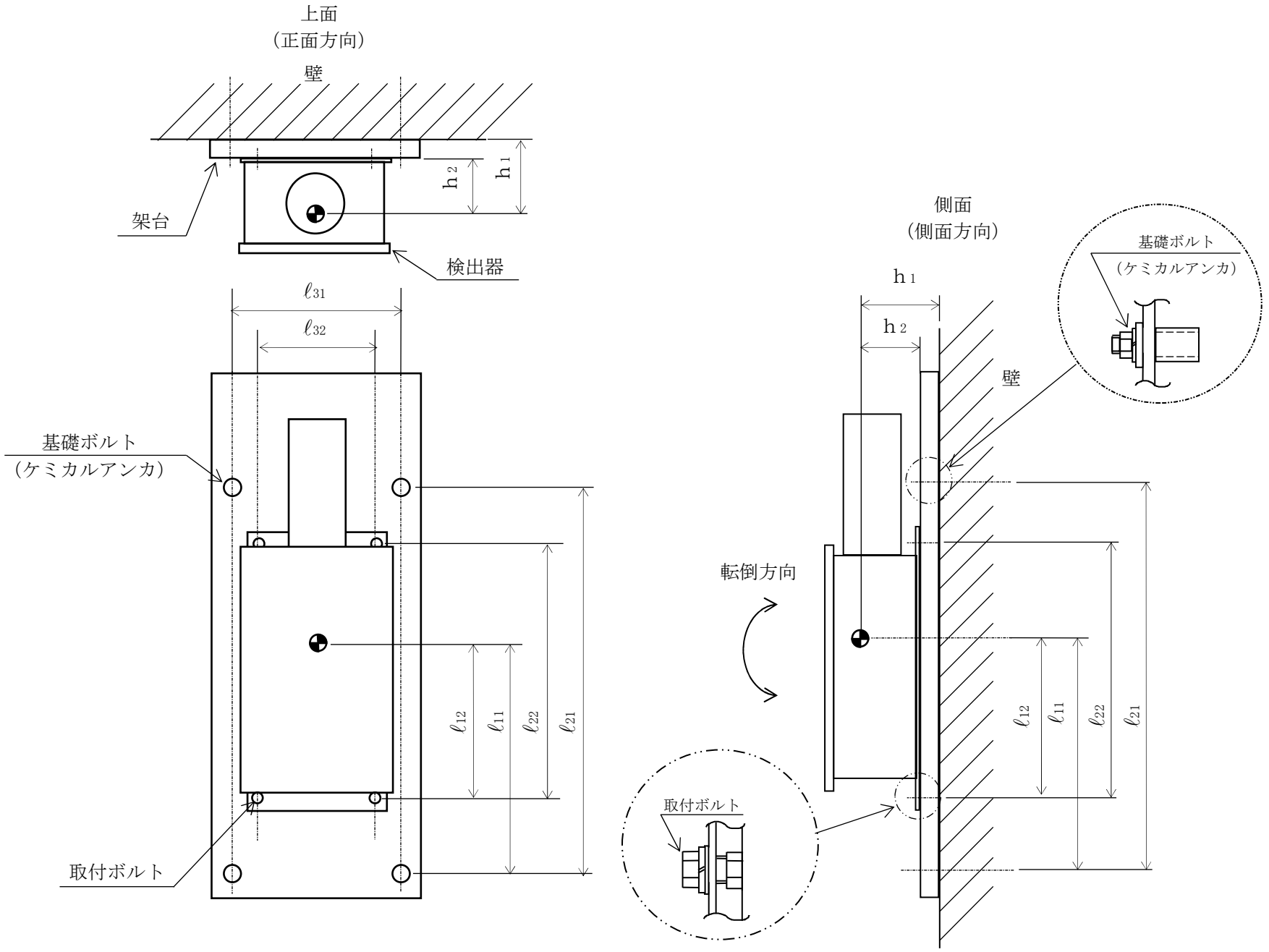
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) | 水平方向 | 2.93 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h2
h1
ℓ31
ℓ32
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
側面
（側面方向）
h1
h2
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21

【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16C）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) | S | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | | | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^*$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^*$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

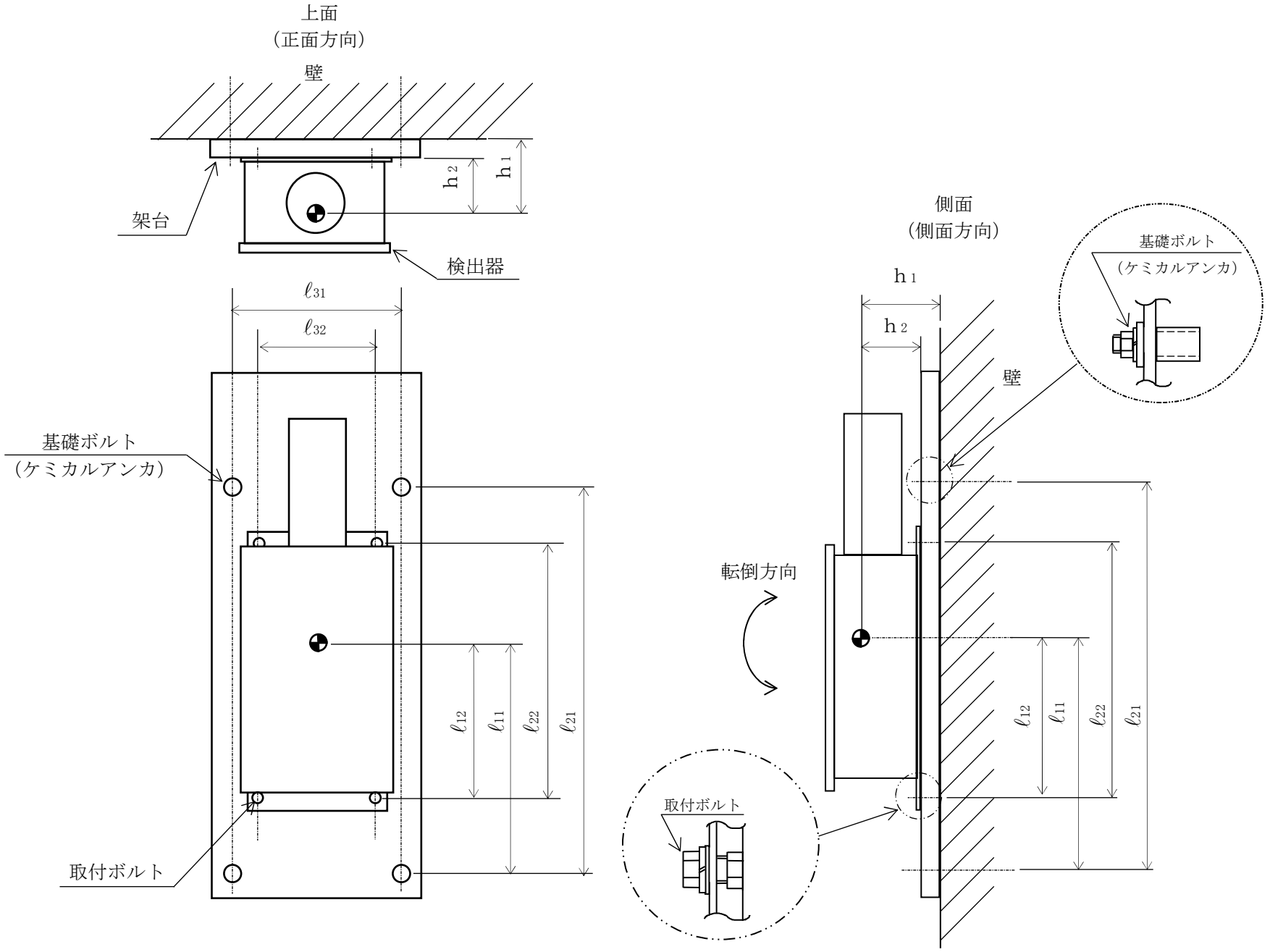
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) | 水平方向 | 2.93 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h2
h1
ℓ31
ℓ32
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
側面
（側面方向）
h1
h2
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21

【燃料取替階放射線モニタ（RE295-16D）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) | S | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | □ | □ | $C_H$＝2.79*2 | $C_V$＝1.34*2 | $C_H$＝3.51*3 | $C_V$＝2.46*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | □ | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 240 | 400 | 180 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 148 | 265 | 125 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^{*}$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^{*}$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

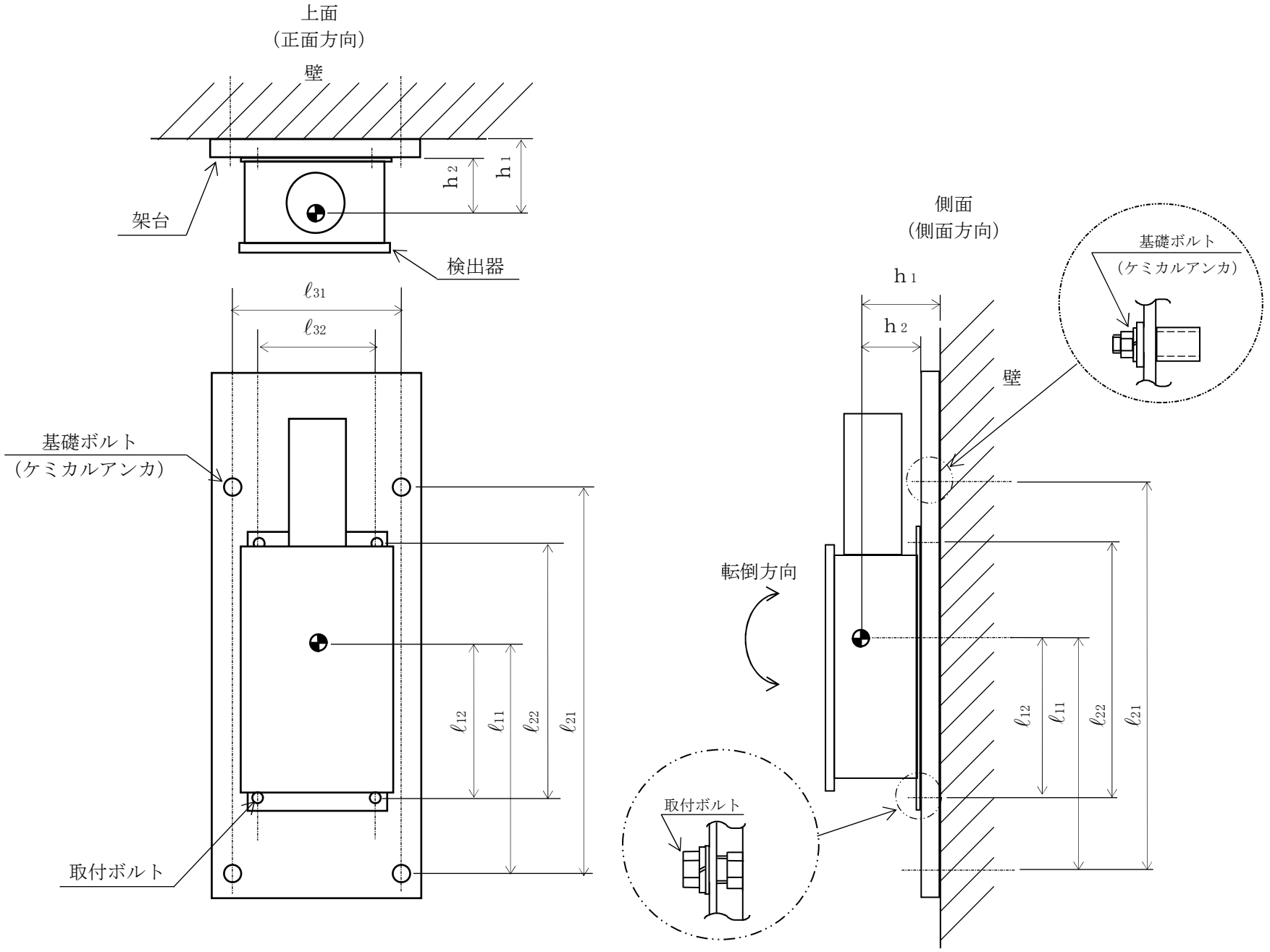
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) | 水平方向 | 2.93 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h2
h1
ℓ31
ℓ32
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
側面
（側面方向）
h1
h2
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21

# 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

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 4
2.3　適用規格・基準等 …… 5
2.4　記号の説明 …… 6
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 8
3.　評価部位 …… 9
4.　固有周期 …… 9
4.1　基本方針 …… 9
4.2　固有周期の確認方法 …… 9
4.3　固有周期の確認結果 …… 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 …… 21
5.6　応力の評価 …… 22
6.　機能維持評価 …… 23
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 23
7.　評価結果 …… 24
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 24

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉棟排気高レンジ放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

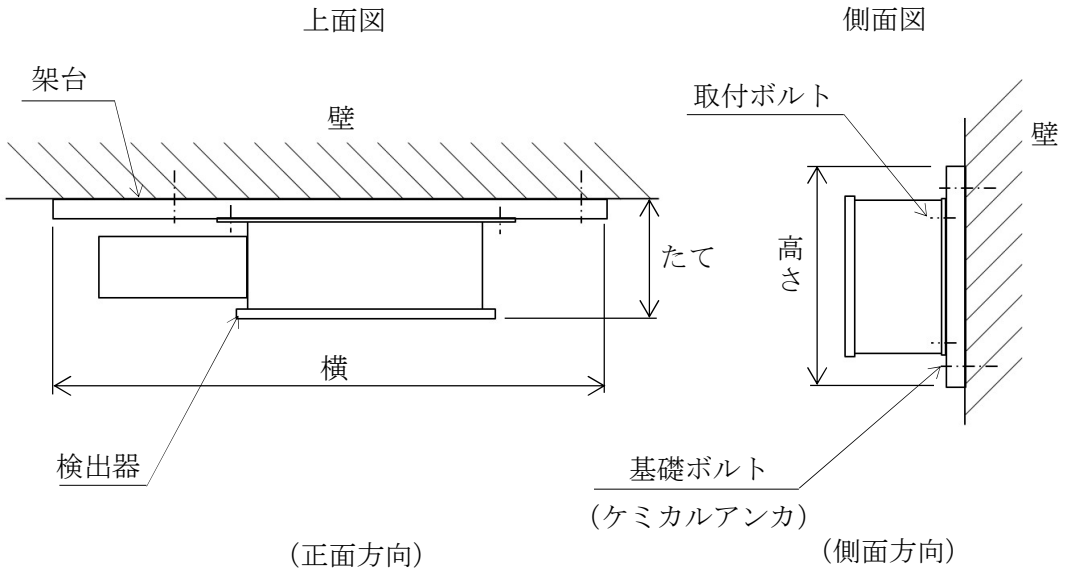
原子炉棟排気高レンジ放射線モニタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの構造計画を表 2－1 及び表 2－2 に示す。

表 2－1　構造計画

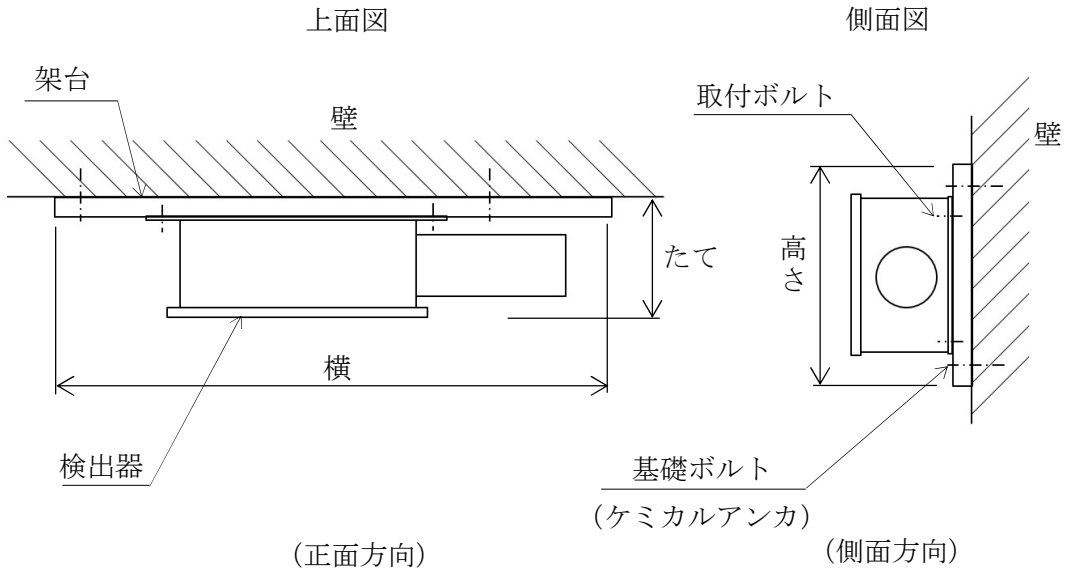
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，基礎ボルトにより壁に設置された架台に，取付ボルトで固定される。 | 半導体式 |  |



| 機器<br>名称 | 原子炉棟排気高レンジ<br>放射線モニタ<br>(RE295-17A) | 原子炉棟排気高レンジ<br>放射線モニタ<br>(RE295-17B) |
|---|---|---|
| たて | 120 | 120 |
| 横 | 535 | 535 |
| 高さ | 210 | 210 |

（単位：mm）

表 2－2　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，基礎ボルトにより壁に設置された架台に，取付ボルトで固定される。</td><td>半導体式</td><td>


<table>
<tr><th>機器<br>名称</th><th>原子炉棟排気高レンジ<br>放射線モニタ<br>(RE295-17C)</th><th>原子炉棟排気高レンジ<br>放射線モニタ<br>(RE295-17D)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>120</td><td>120</td></tr>
<tr><td>横</td><td>535</td><td>535</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>210</td><td>210</td></tr>
</table>
（単位：mm）
</td></tr>
</table>

2.2　評価方針

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの応力評価は，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」にて示す原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　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，原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価フローを図2－1に示す。

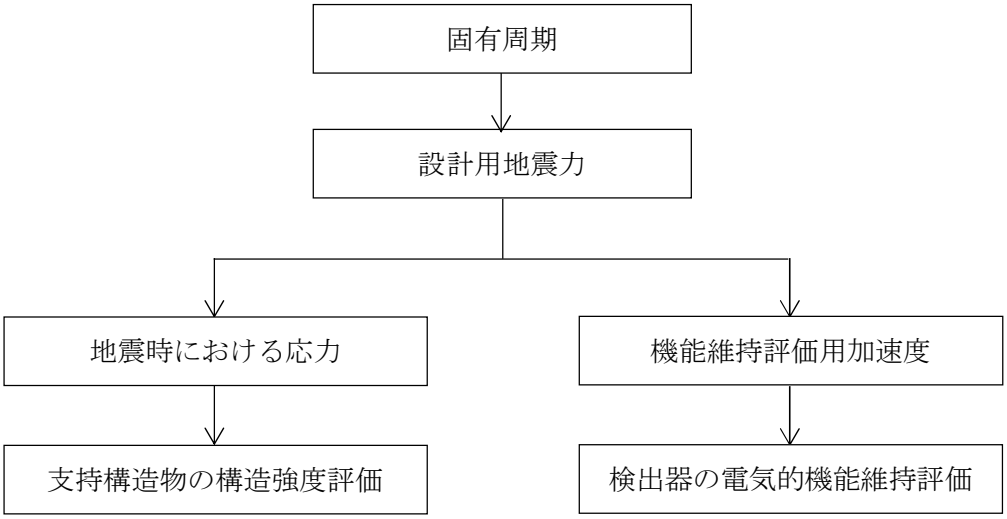



図2－1　原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
| $F_{b1i}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形）*1 | N |
| $F_{b2i}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形）*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 |
| $\ell_{1i}$ | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）*1 | mm |
| $\ell_{2i}$ | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）*1 | mm |
| $\ell_{3i}$ | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形）*1 | mm |
| $m_i$ | 質量*2 | kg |
| $n_i$ | ボルトの本数*1 | — |
| $n_{fVi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形）*1 | — |
| $n_{fHi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形）*1 | — |
| $Q_{bi}$ | ボルトに作用するせん断力*1 | N |
| $Q_{b1i}$ | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）*1 | N |
| $Q_{b2i}$ | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）*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 |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力*1 | MPa |
| $\tau_{bi}$ | ボルトに生じるせん断応力*1 | MPa |

注記＊1：$A_{bi}$，$d_i$，$F_i$，$F_i^*$，$F_{bi}$，$F_{b1i}$，$F_{b2i}$，$f_{sbi}$，$f_{toi}$，$f_{tsi}$，$\ell_{1i}$，$\ell_{2i}$，$\ell_{3i}$，$n_i$，$n_{fVi}$，$n_{fHi}$，$Q_{bi}$，$Q_{b1i}$，$Q_{b2i}$，$S_{ui}$，$S_{yi}$，$S_{yi}(RT)$，$\sigma_{bi}$及び$\tau_{bi}$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：検出器＋架台

i＝2：検出器

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2－3に示すとおりである。

表2－3　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | ― | ― | 整数位*1 |
| 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。

3. 評価部位

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価は，「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。

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価部位については，表 2－1 及び表 2－2 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの固有周期は，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。原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの外形図を表 2－1 及び表 2－2 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) | 水平 | [redacted] |
| | 鉛直 | [redacted] |

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

(1)　原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は原子炉棟排気高レンジ放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　原子炉棟排気高レンジ放射線モニタは取付ボルトで架台に固定されており，固定端とする。また，架台は基礎ボルトで壁に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向は，計算モデルにおける正面方向及び側面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)　原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

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

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2　許容応力

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの許容応力は，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

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－3に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ | | S | —* | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | $III_AS$ |
| | | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | $IV_AS$ |
| 計測制御系統施設 | 工学的安全施設等の起動信号 | 非常用ガス処理系 | 原子炉棟放射能高 | S | —* | $D+P_D+M_D+S_d^*$ | $III_AS$ |
| | | | | | | $D+P_D+M_D+S_s$ | $IV_AS$ |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢAS | 1.5・f t | 1.5・f s |
| ⅣAS | 1.5・f t* | 1.5・f s* |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 50 | 241 | 394 | — |
| 取付ボルト | SS400 (16mm＜径≦40mm) | 周囲環境温度 | 50 | 231 | 394 | — |

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 機器名称 | 据付場所及び床面高さ(m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ(RE295-17A) | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1, 34.8*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝1.92*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.33*3 | $C_V$＝2.39*3 |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ(RE295-17B) | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝1.92*2 | $C_V$＝1.25*2 | $C_H$＝2.33*3 | $C_V$＝2.31*3 |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ(RE295-17C) | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝1.92*2 | $C_V$＝1.25*2 | $C_H$＝2.33*3 | $C_V$＝2.31*3 |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ(RE295-17D) | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1, 34.8*1) | [redacted] | [redacted] | $C_H$＝1.92*2 | $C_V$＝1.31*2 | $C_H$＝2.33*3 | $C_V$＝2.39*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用震度Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。

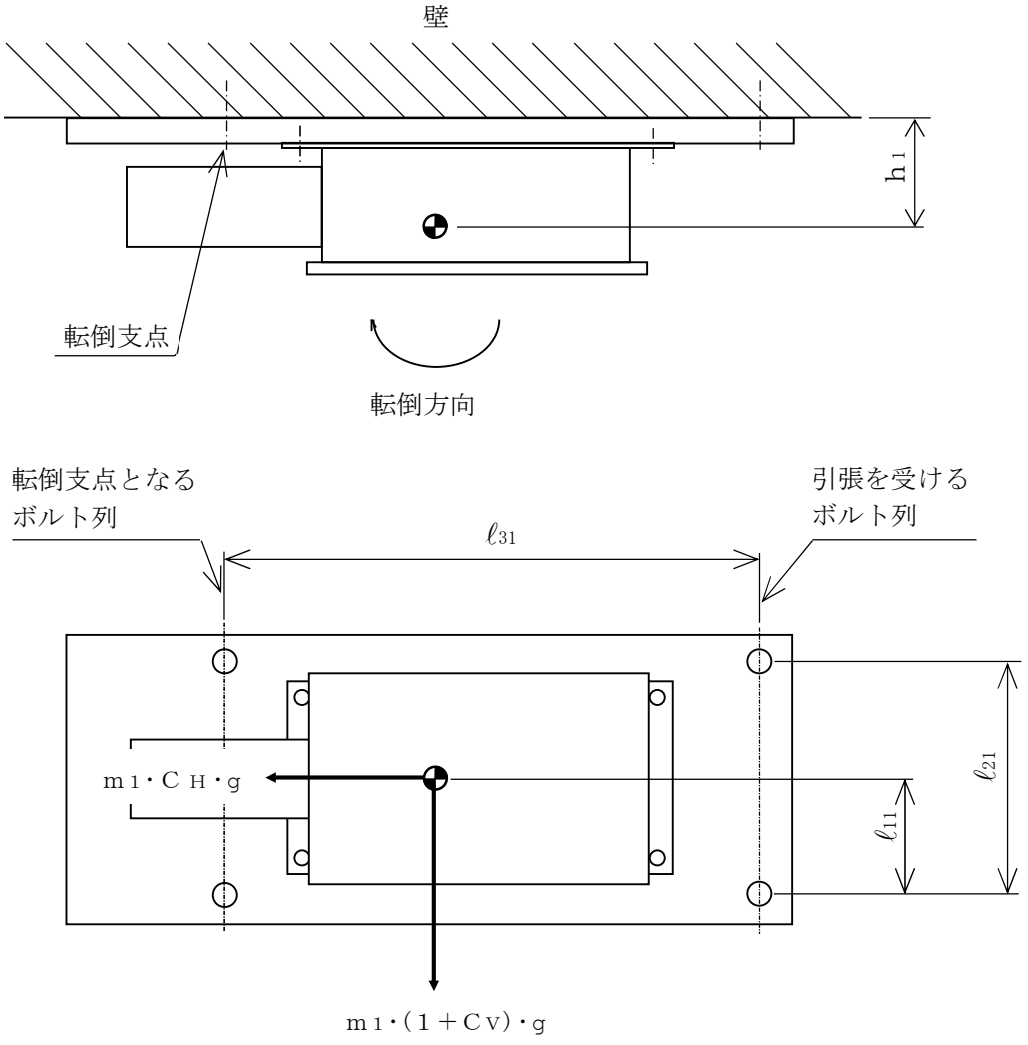



図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

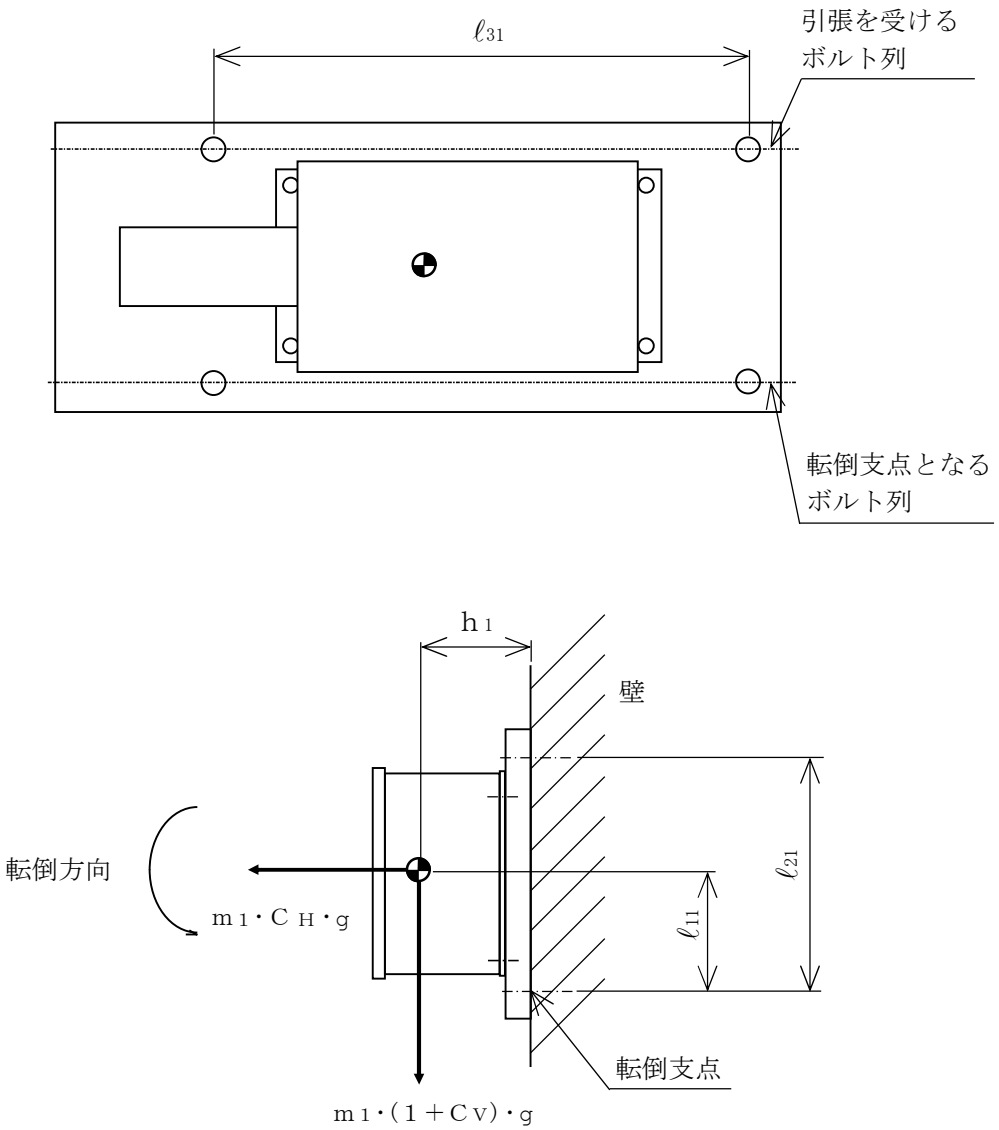



図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b11}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}}+\frac{m_1\cdot C_H\cdot h_1\cdot g}{n_{fH1}\cdot \ell_{31}} \cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g+m_1\cdot C_H\cdot \ell_{11}\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}} \cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1}=\mathrm{Max}(F_{b11},F_{b21}) \cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1}=\frac{F_{b1}}{A_{b1}} \cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_{b1}$は次式により求める。

$$A_{b1}=\frac{\pi}{4}\cdot d_1^{\,2} \cdots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11}=m_1\cdot C_H\cdot g \cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21}=m_1\cdot(1+C_V)\cdot g \cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1}=\sqrt{(Q_{b11})^2+(Q_{b21})^2} \cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1}=\frac{Q_{b1}}{n_1\cdot A_{b1}} \cdots (5.4.1.1.9)$$

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。

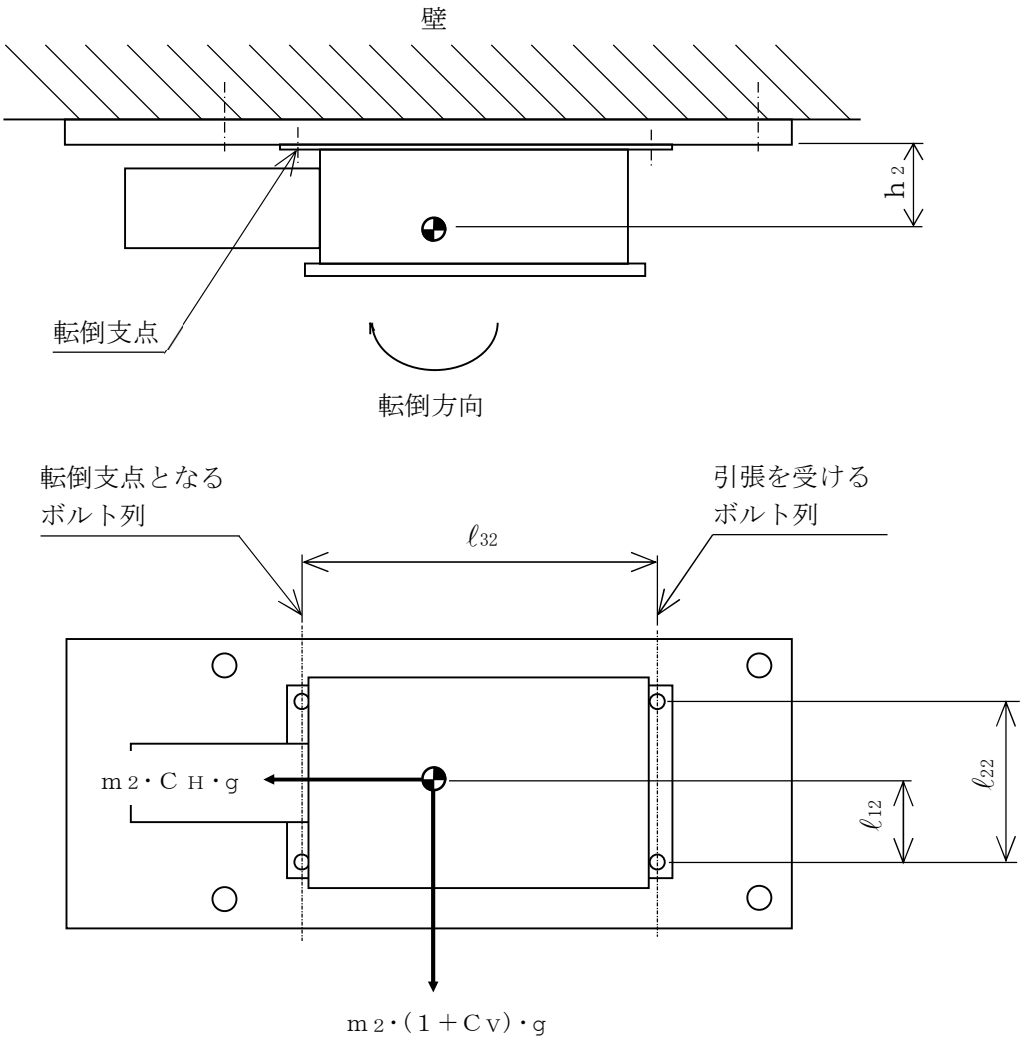



図5－3　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

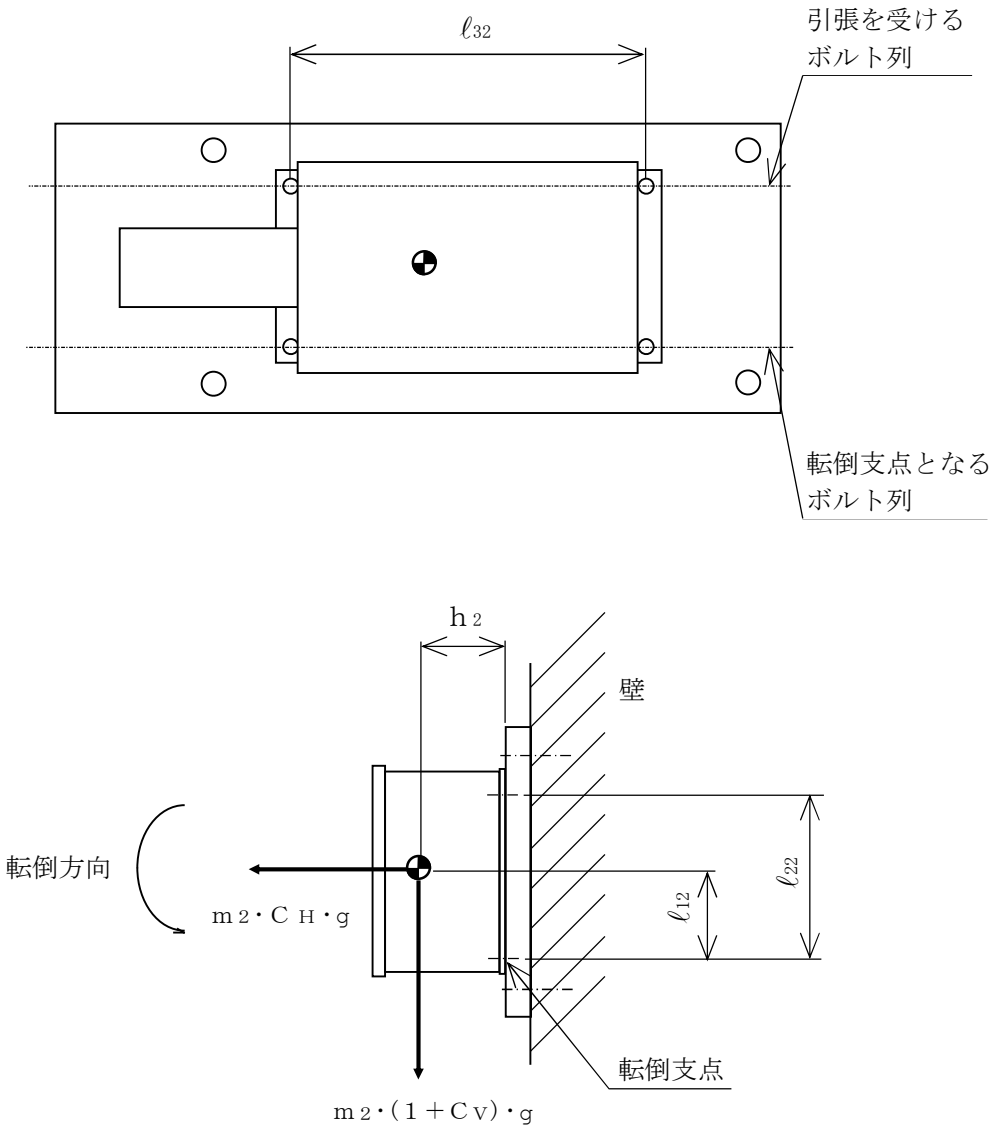



図5－4　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b12}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}}+\frac{m_2\cdot C_H\cdot h_2\cdot g}{n_{fH2}\cdot \ell_{32}} \cdots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g+m_2\cdot C_H\cdot \ell_{12}\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}} \cdots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2}=\mathrm{Max}(F_{b12},F_{b22}) \cdots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2}=\frac{F_{b2}}{A_{b2}} \cdots (5.4.1.2.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積$A_{b2}$は次式により求める。

$$A_{b2}=\frac{\pi}{4}\cdot d_2^{\,2} \cdots (5.4.1.2.5)$$

ただし，$F_{b2}$が負のときボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

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

$$Q_{b12}=m_2\cdot C_H\cdot g \cdots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22}=m_2\cdot(1+C_V)\cdot g \cdots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2}=\sqrt{(Q_{b12})^2+(Q_{b22})^2} \cdots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2}=\frac{Q_{b2}}{n_2\cdot A_{b2}} \cdots (5.4.1.2.9)$$

## 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【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17D）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【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17D）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$\sigma_{bi}$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。

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

せん断応力$\tau_{bi}$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Ｓｄ<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合 | 基準地震動Ｓｓによる<br>荷重との組合せの場合 |
|---|---|---|
| 許容引張応力<br>$f_{toi}$ | $\frac{F_i}{2}\cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力<br>$f_{sbi}$ | $\frac{F_i}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ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Ｓｓ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。

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ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/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17A）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) | S | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1, 34.8*1) | □ | □ | $C_H$=1.92*2 | $C_V$=1.31*2 | $C_H$=2.33*3 | $C_V$=2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | □ | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ=2) | □ | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ=1) | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ=2) | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^*$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^*$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

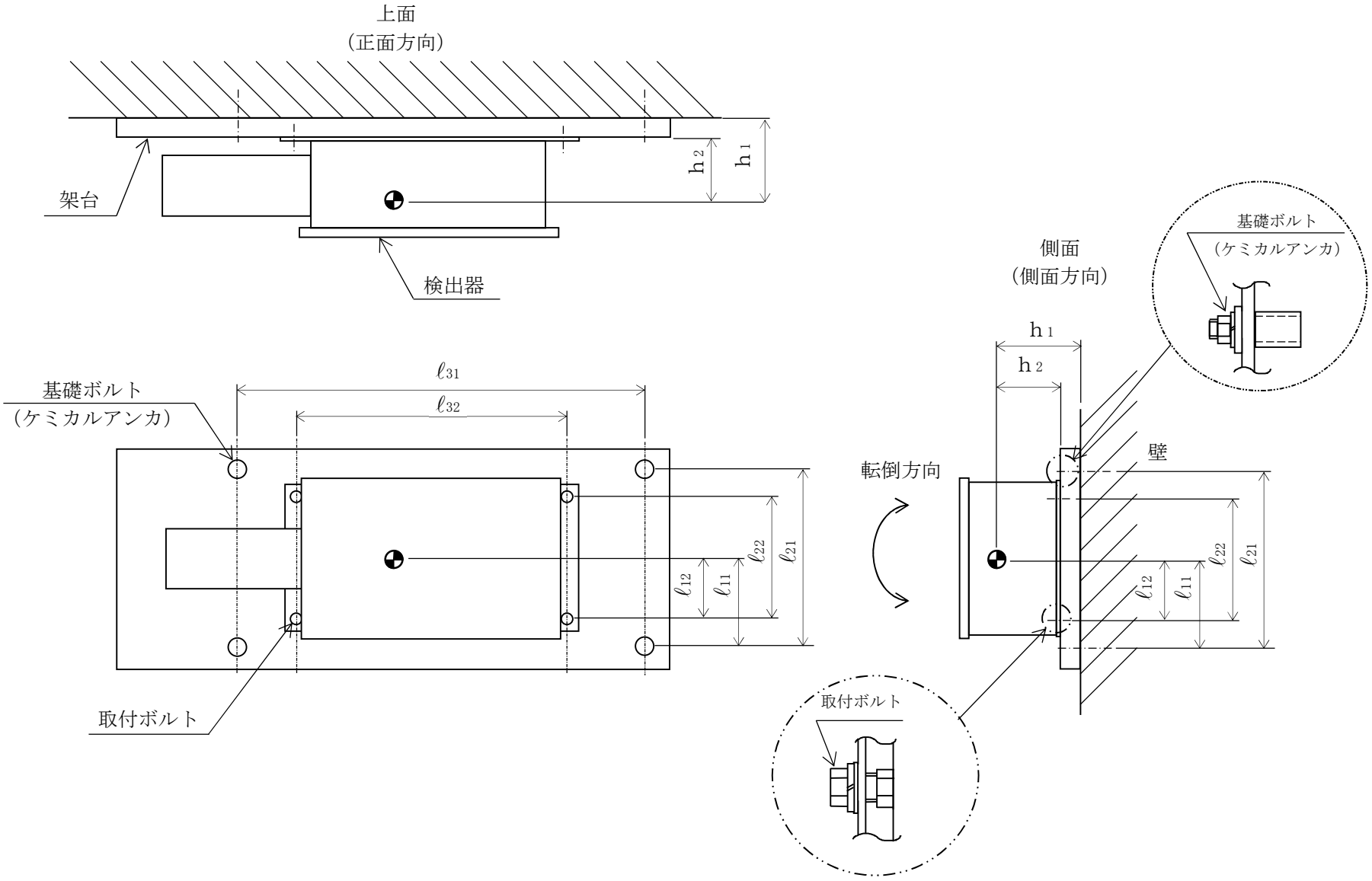
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) | 水平方向 | 1.95 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
架台
検出器
h2
h1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ31
ℓ32
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
取付ボルト
側面
（側面方向）
転倒方向
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
取付ボルト

【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17B）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) | S | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1) | □ | □ | $C_H$=1.92*2 | $C_V$=1.25*2 | $C_H$=2.33*3 | $C_V$=2.31*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | □ | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^*$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^*$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

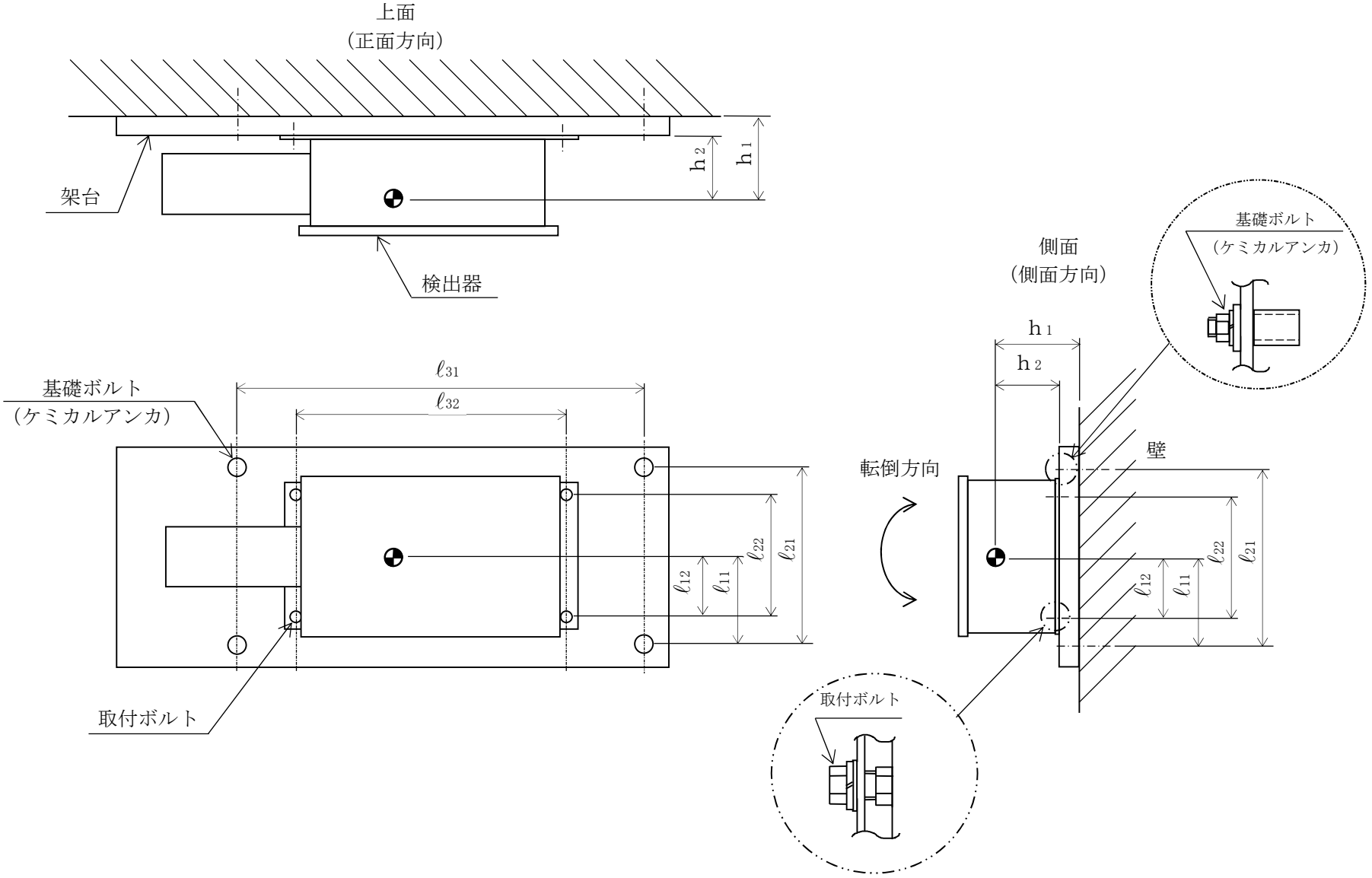
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) | 水平方向 | 1.95 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.94 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
架台
検出器
h2
h1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ31
ℓ32
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
取付ボルト
側面
（側面方向）
転倒方向
壁

【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17C）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) | S | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1) | □ | □ | $C_H$=1.92*2 | $C_V$=1.25*2 | $C_H$=2.33*3 | $C_V$=2.31*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | □ | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | □ | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ＝1) | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ＝2) | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^{*}$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^{*}$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

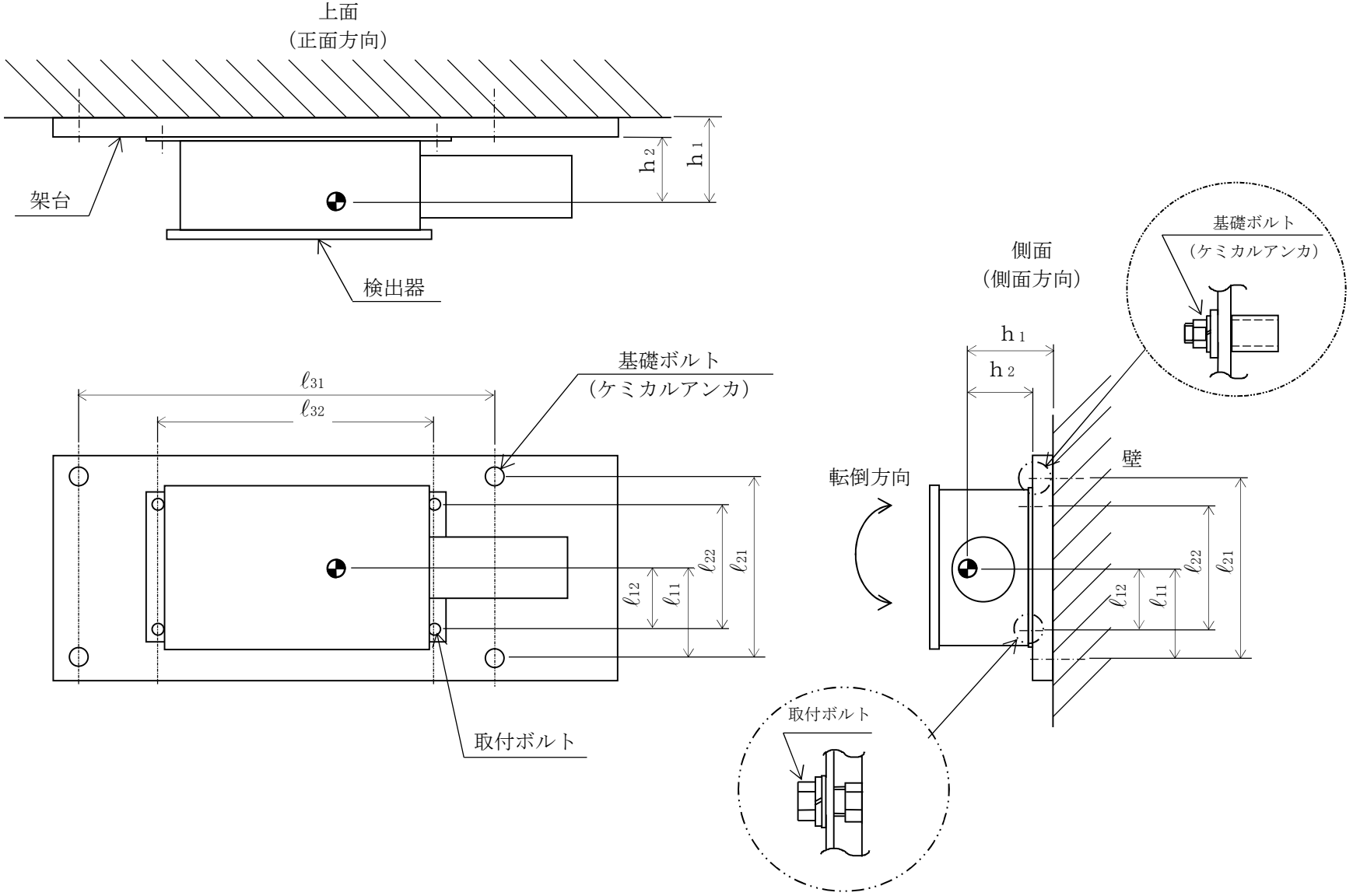
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) | 水平方向 | 1.95 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.94 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
架台
検出器
h2
h1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ31
ℓ32
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
取付ボルト
側面
（側面方向）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
h1
h2
転倒方向
壁
取付ボルト

【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ（RE295-17D）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) | S | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1, 34.8*1) | □ | □ | $C_H$=1.92*2 | $C_V$=1.31*2 | $C_H$=2.33*3 | $C_V$=2.39*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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) | ▯ | 80 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 241 (径≦16mm) | 394 |
| 取付ボルト (ｉ=2) | □ | 60 | 6 (M6) | 28.27 | 4 | 231 (16mm＜径≦40mm) | 394 |

| 部材 | $\ell_{1i}$* (mm) | $\ell_{2i}$* (mm) | $\ell_{3i}$* (mm) | $n_{fVi}$* | $n_{fHi}$* | $F_i$ (MPa) | $F_i$* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動 Ｓｓ |
| 基礎ボルト (ｉ=1) | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | 241 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 90 | 180 | 400 | 2 | 2 | | | | |
| 取付ボルト (ｉ=2) | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | 231 | 276 | 側面方向 | 側面方向 |
| | 62.5 | 125 | 265 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_{bi}$ | | $Q_{bi}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト（ｉ＝1） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=144^{*}$ | $\sigma_{b1}=1$ | $f_{ts1}=165^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=111$ | $\tau_{b1}=1$ | $f_{sb1}=127$ |
| 取付ボルト（ｉ＝2） | SS400 | 引張 | $\sigma_{b2}=2$ | $f_{ts2}=173^{*}$ | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=207^{*}$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=133$ | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=159$ |

すべて許容応力以下である。

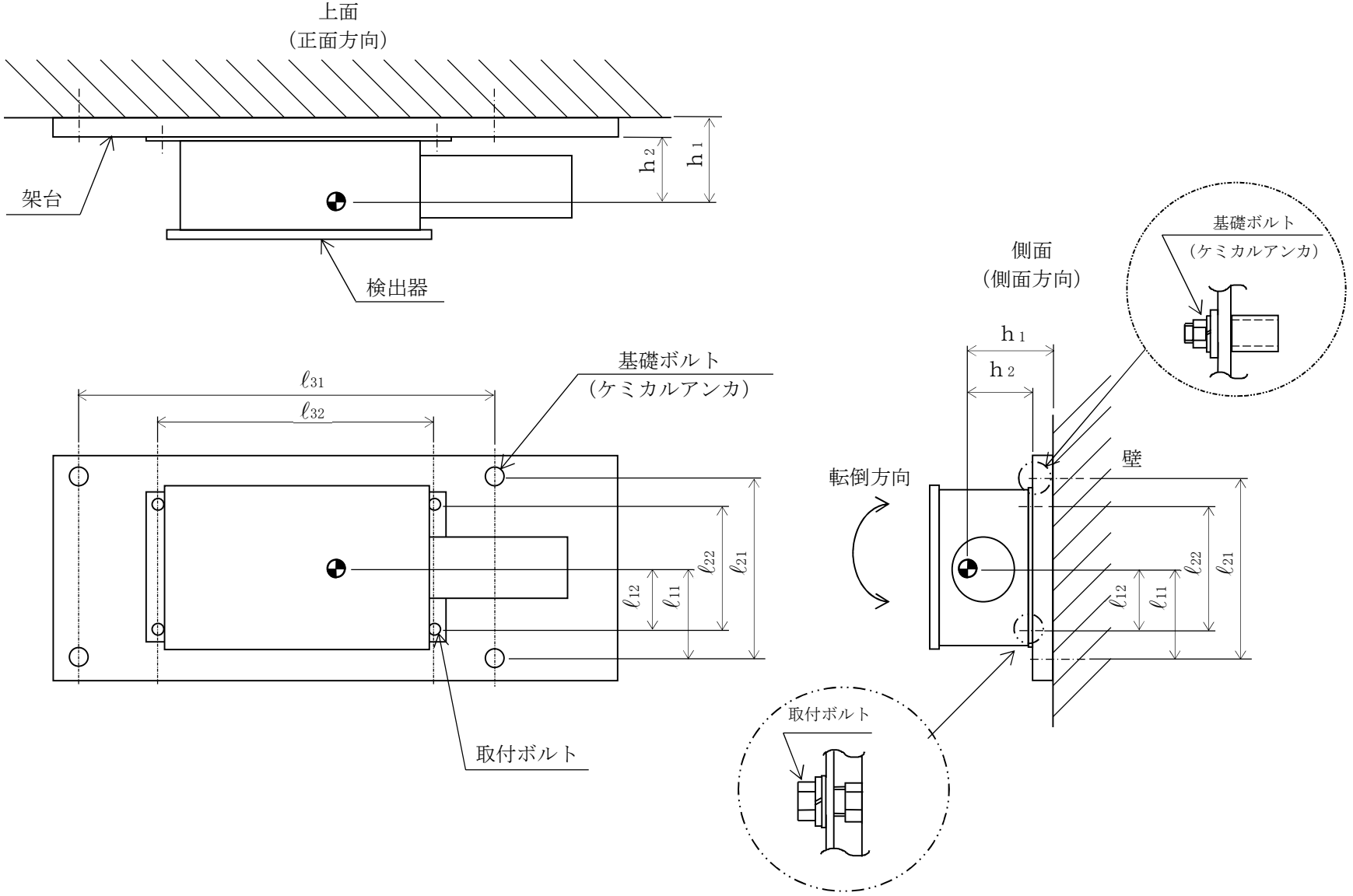
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) | 水平方向 | 1.95 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.98 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
架台
検出器
h2
h1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ31
ℓ32
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
取付ボルト
側面
（側面方向）
h1
h2
転倒方向
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
取付ボルト

# Ⅵ-2-8-2-6　非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 6
3.　評価部位 …… 7
4.　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 …… 16
5.6　応力の評価 …… 17
6.　機能維持評価 …… 18
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 18
7.　評価結果 …… 19
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 19

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，非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ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。

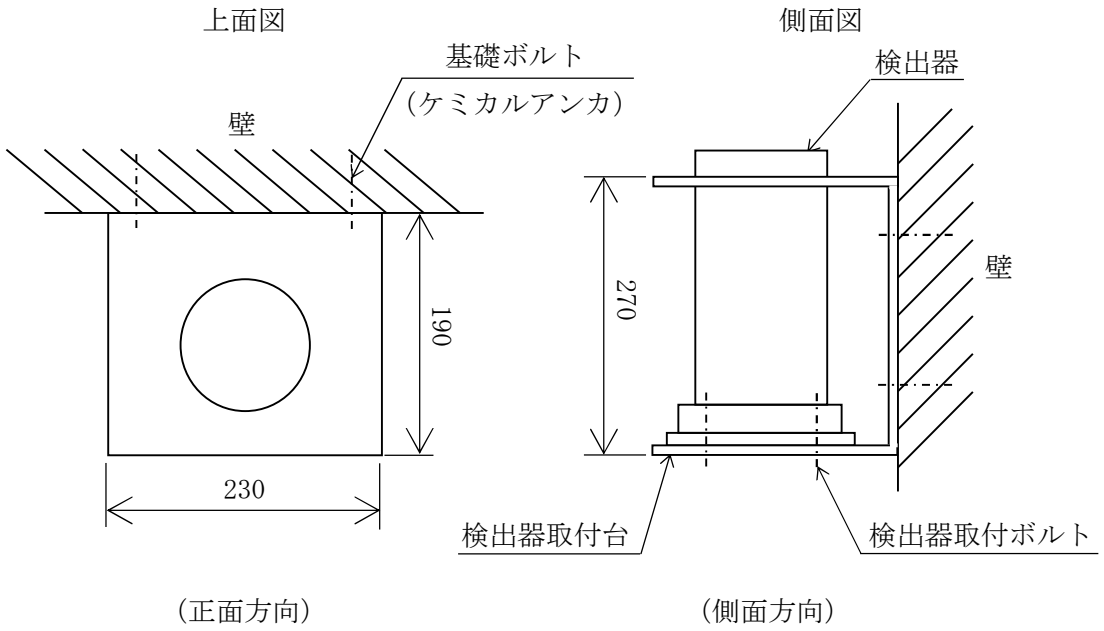
非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。<br>検出器取付台は，壁に基礎ボルトで設置される。 | 電離箱 |  |

（単位：mm）

2.2　評価方針

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの応力評価は，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」にて示す非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　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，非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震評価フローを図2－1に示す。

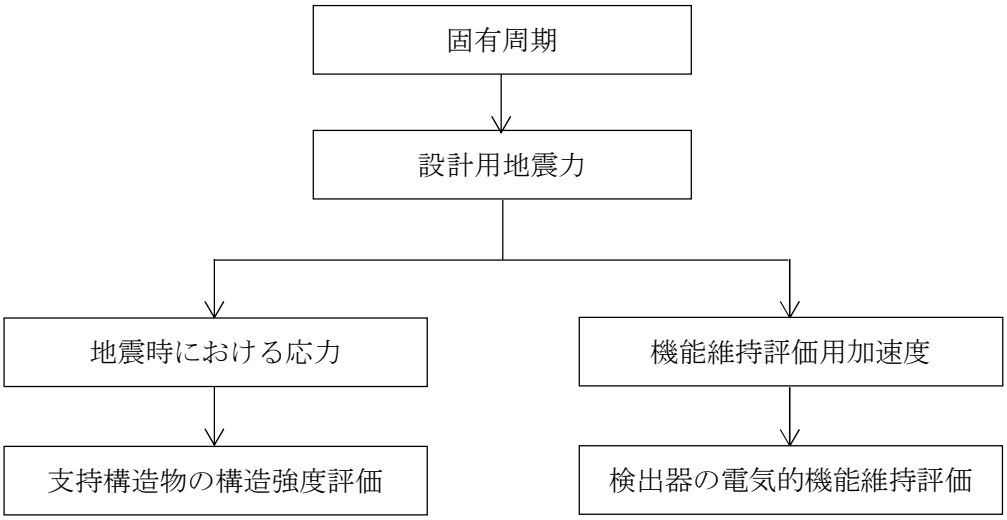



図2－1　非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
|---|---|---|
| $A_b$ | ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | ― |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | ― |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| F * | 設計・建設規格　SSB-3133 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | ボルトに作用する引張力（1 本当たり） | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $f_{sb}$ | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 | MPa |
| $f_{to}$ | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{ts}$ | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力） | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell_1$ | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_2$ | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_3$ | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形） | mm |
| m | 質量 | kg |
| n | ボルトの本数 | ― |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形） | ― |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形） | ― |
| $Q_b$ | ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値 | MPa |
| $S_y$（RT） | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値 | MPa |
| π | 円周率 | ― |
| $\sigma_b$ | ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

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。

3. 評価部位

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの固有周期は，構造が同等な検出器に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

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。非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの外形図を表2－1の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表4－1に示す。試験の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表4－1 固有周期 （単位：s）

| | | |
|---|---|---|
| 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ (RE295-21) | 水平 | 0.05以下 |
| | 鉛直 | 0.05以下 |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタは基礎ボルトで壁に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，正面方向及び側面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) 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの許容応力は，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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－3に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ | S | —* | D＋$P_D$＋$M_D$＋S d* | ⅢAS |
| | | | | | D＋$P_D$＋$M_D$＋S s | ⅣAS |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |

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

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

表 5－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS41* (40mm＜径) | 周囲環境温度 | 50 | 211 | 394 | — |

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 |
| 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1) | 0.05以下 | 0.05以下 | $C_H$＝1.92*2 | $C_V$＝1.25*2 | $C_H$＝2.33*3 | $C_V$＝2.31*3 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。

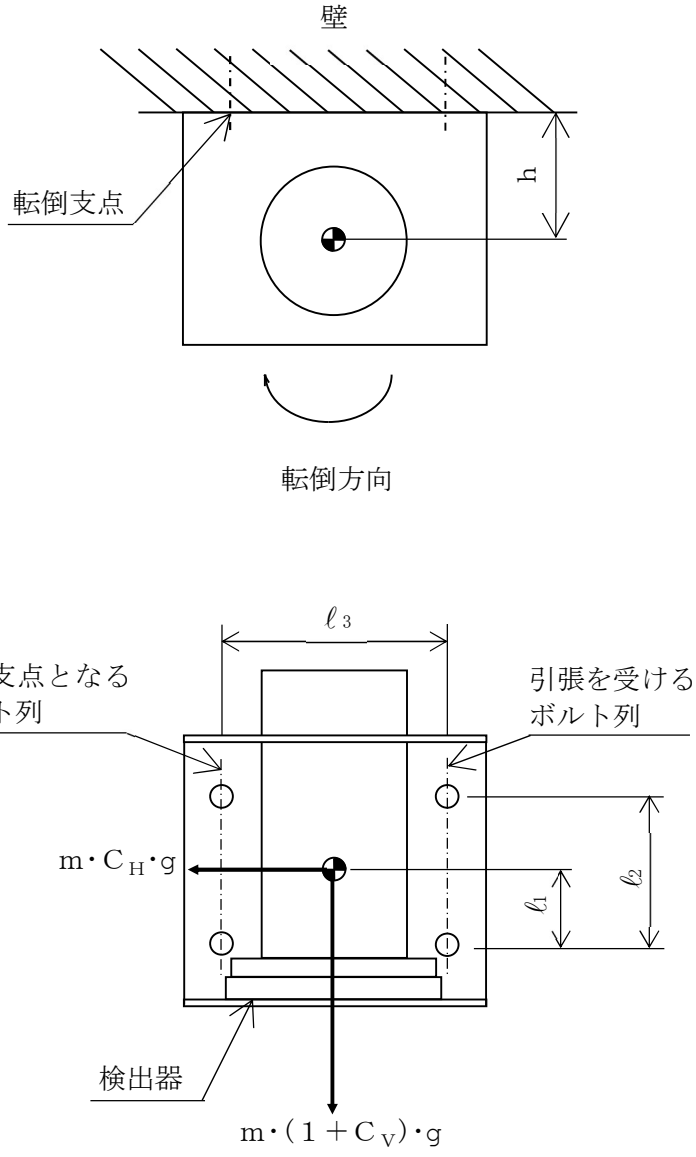



図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

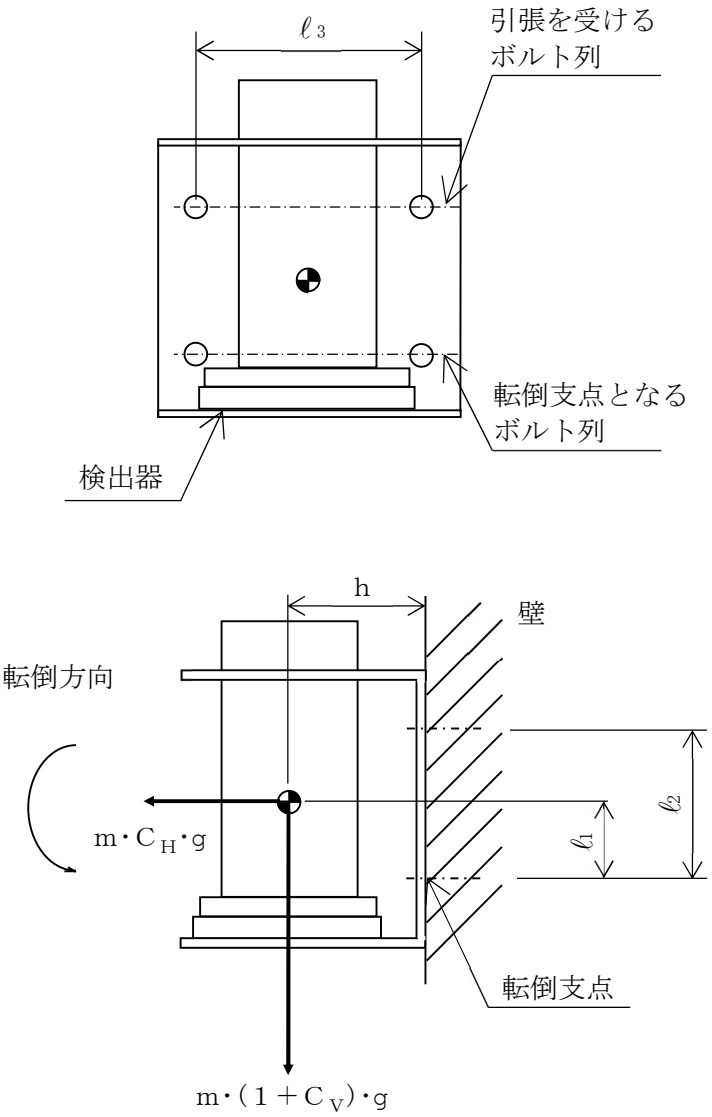



図 5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=m\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

## 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【非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ（RE295-21）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$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

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

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ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Ｓｓ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。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s$^2$)

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 非常用ガス処理系排ガス<br>高レンジ放射線モニタ<br>(RE295-21) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，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。

【非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ（RE295-21）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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度 | 鉛直方向設計震度 | |
| 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ (RE295-21) | S | 原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1) | 0.05 以下 | 0.05 以下 | $C_H$＝1.92*2 | $C_V$＝1.25*2 | $C_H$＝2.33*3 | $C_V$＝2.31*3 | 50 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度
＊3：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 110 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 211 (40mm＜径) | 394 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 90 | 180 | 180 | 2 | 2 | 211 | 253 | 正面方向 | 正面方向 |
| | 90 | 180 | 180 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS41 | 引張 | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=126^*$ | $\sigma_b=3$ | $f_{ts}=152^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=97$ | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=117$ |

すべて許容応力以下である。

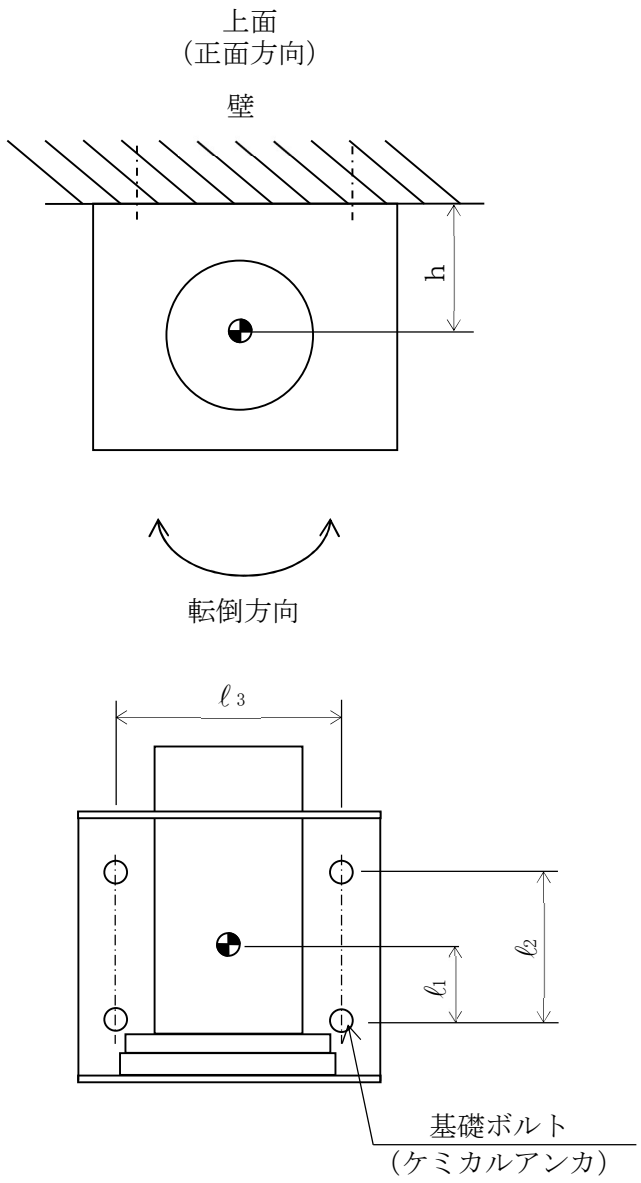
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

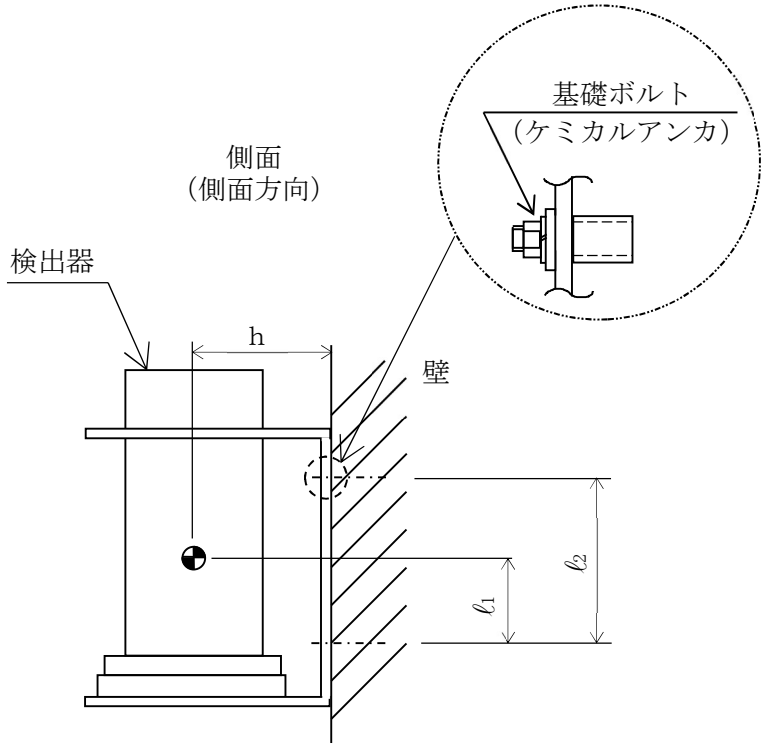
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ (RE295-21) | 水平方向 | 1.95 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 1.94 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向
ℓ3
ℓ1
ℓ2
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
側面
（側面方向）
検出器
h
壁
ℓ1
ℓ2

# Ⅵ-2-8-2-9　燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）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 …… 16
5.6　応力の評価 …… 17
6.　機能維持評価 …… 18
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 18
7.　評価結果 …… 19
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 19

1. 概要

本計算書は，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，燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

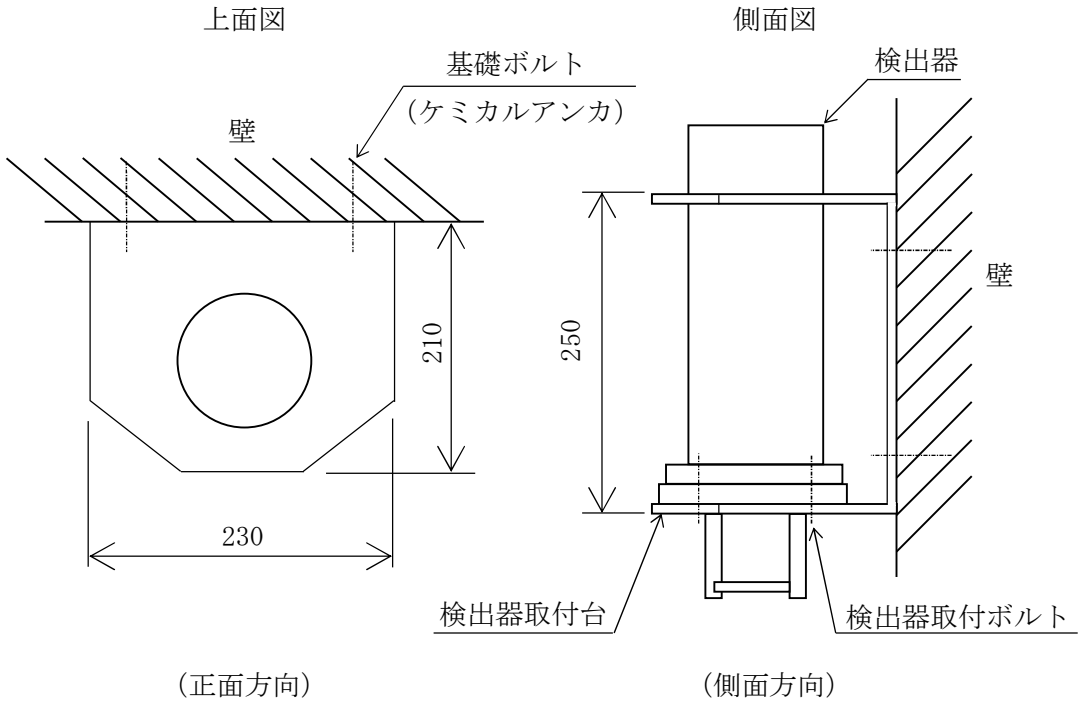
燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。<br>検出器取付台は，壁に基礎ボルトで設置される。 | 電離箱 |  <br>（単位：mm） |

2.2　評価方針

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）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」にて示す燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）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，燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

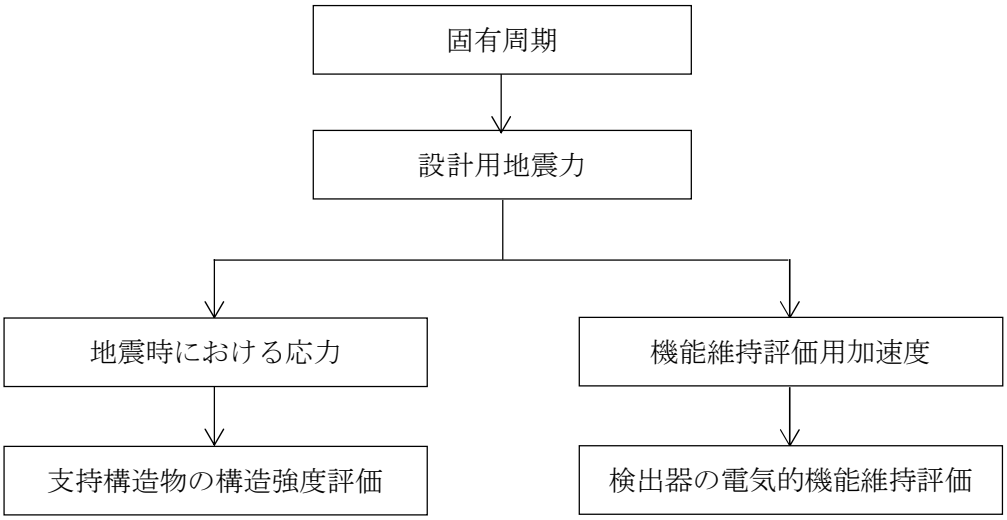



図2－1　燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
|---|---|---|
| $A_b$ | ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3133 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | ボルトに作用する引張力（1 本当たり） | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $f_{sb}$ | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 | MPa |
| $f_{to}$ | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{ts}$ | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力） | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell_1$ | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_2$ | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_3$ | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形） | mm |
| m | 質量 | kg |
| n | ボルトの本数 | — |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形） | — |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形） | — |
| $Q_b$ | ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値 | MPa |
| $S_y$（RT） | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値 | MPa |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\sigma_b$ | ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

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。

3.　評価部位

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　基本方針

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）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。燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3　固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有周期　　（単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）は基礎ボルトで壁に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，計算モデルにおける正面方向及び側面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) 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

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

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表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

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－3に示す。

表５－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表5－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 5－3　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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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<br>及び<br>床面高さ<br>(m) | 固有周期<br>(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物<br>EL 42.8*1<br>(EL 51.7*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| | □ | □ | ― | ― | $C_H$＝3.51*2 | $C_V$＝2.46*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。

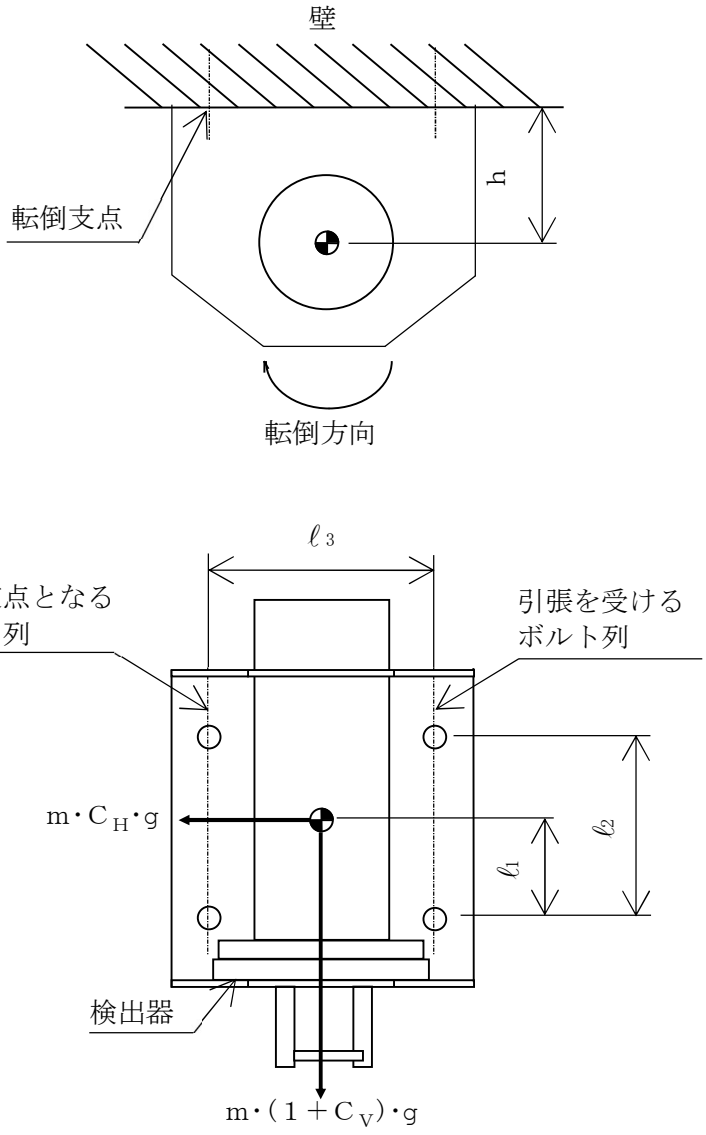



図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

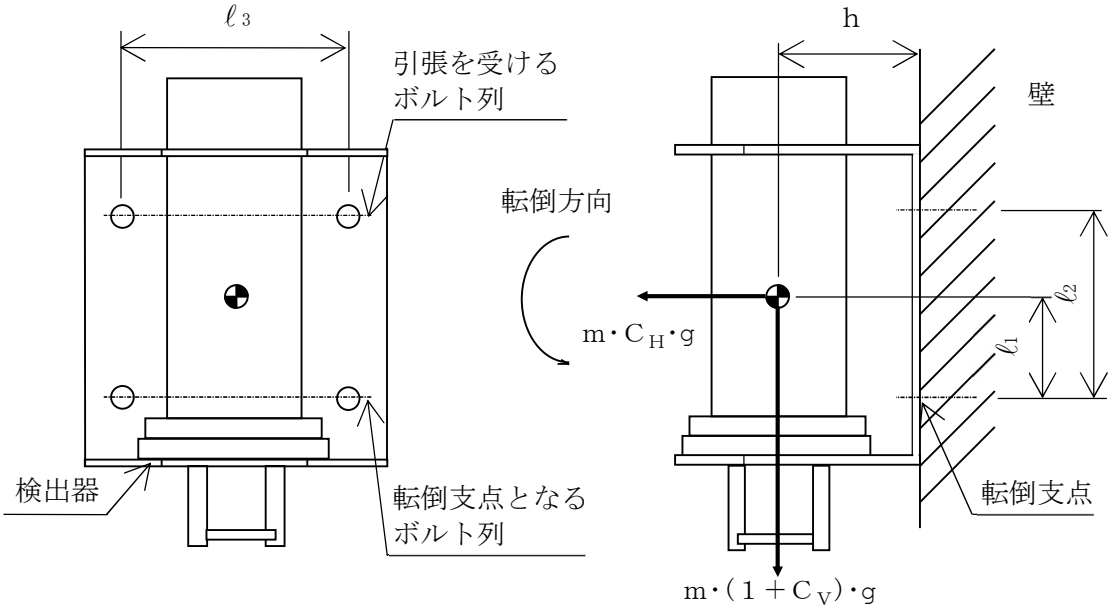



図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

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

(2)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=m\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

## 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【燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）（RE296-41）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$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

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

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）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Ｓｓ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。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6－1 に示す。

表 6－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 燃料プールエリア放射線モニタ<br>（低レンジ）（ＳＡ）<br>(RE296-41) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）（RE296-41）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）（RE296-41） | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | [redacted] | [redacted] | — | — | $C_H$=3.51*2 | $C_V$=2.46*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 110 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 221 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 85 | 160 | 200 | 2 | 2 | — | 261 | — | 正面方向 |
| | 85 | 160 | 200 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | [redacted] | ― | [redacted] |

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Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=3$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。

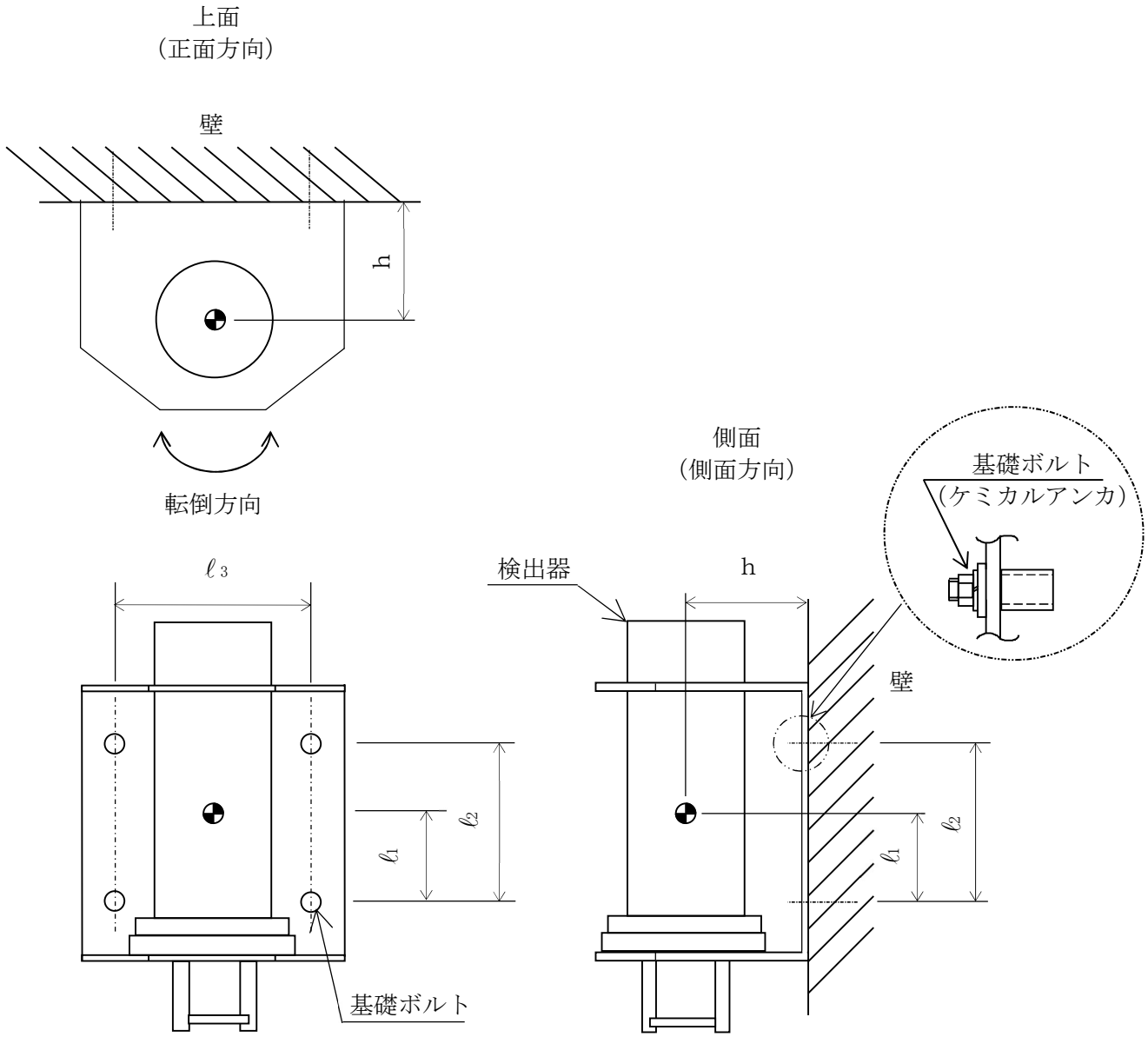
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（ＳＡ）（RE296-41） | 水平方向 | 2.93 | [redacted] |
| | 鉛直方向 | 2.06 | [redacted] |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向
側面
（側面方向）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
検出器
h
壁
ℓ3
ℓ1
ℓ2
ℓ1
ℓ2
基礎ボルト

# Ⅵ-2-8-2-10　燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）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 …… 16
5.6　応力の評価 …… 17
6.　機能維持評価 …… 18
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 18
7.　評価結果 …… 19
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 19

1. 概要

本計算書は，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，燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電気的機能を維持できることを説明するものである。

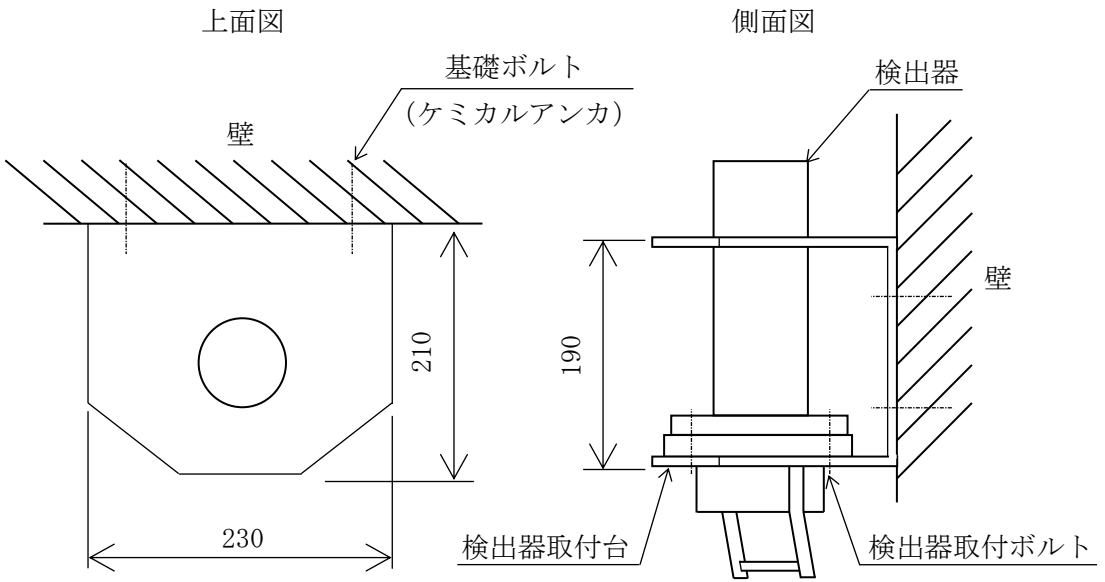
燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 検出器は，検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。<br>検出器取付台は，壁に基礎ボルトで設置される。 | 電離箱 |  |

（単位：mm）

2.2　評価方針

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）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」にて示す燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）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，燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の機能維持評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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。

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

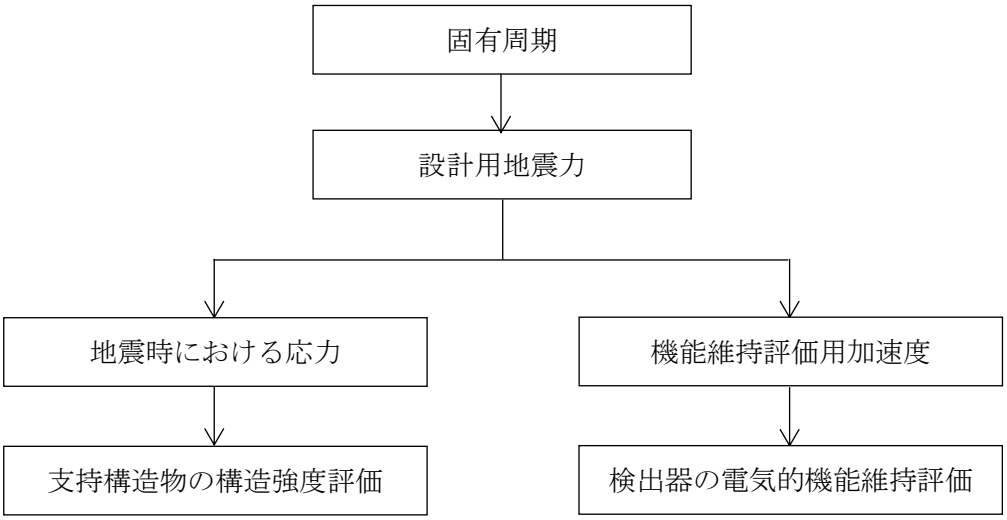



図2－1　燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
|---|---|---|
| $A_b$ | ボルトの軸断面積 | $mm^2$ |
| $C_H$ | 水平方向設計震度 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| $F^*$ | 設計・建設規格　SSB-3133 に定める値 | MPa |
| $F_b$ | ボルトに作用する引張力（1 本当たり） | N |
| $F_{b1}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $F_{b2}$ | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1 本当たり）（壁掛形） | N |
| $f_{sb}$ | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 | MPa |
| $f_{to}$ | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{ts}$ | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力） | MPa |
| g | 重力加速度（＝9.80665） | $m/s^2$ |
| h | 据付面から重心までの距離 | mm |
| $\ell_1$ | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_2$ | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形） | mm |
| $\ell_3$ | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形） | mm |
| m | 質量 | kg |
| n | ボルトの本数 | — |
| $n_{fV}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向）（壁掛形） | — |
| $n_{fH}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向）（壁掛形） | — |
| $Q_b$ | ボルトに作用するせん断力 | N |
| $Q_{b1}$ | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $Q_{b2}$ | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形） | N |
| $S_u$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値 | MPa |
| $S_y$ | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値 | MPa |
| $S_y$（RT） | 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値 | MPa |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\sigma_b$ | ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| $\tau_b$ | ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

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。

3.　評価部位

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　基本方針

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）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。燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3　固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表 4－1　固有周期　　（単位：s）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水平 | | | |
| 鉛直 | | | |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）は基礎ボルトで壁に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，計算モデルにおける正面方向及び側面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) 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

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

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表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

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－3に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 放射線管理用計測装置 | 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ） | 常設耐震／防止<br>常設／緩和 | —*2 | Ｄ＋$P_D$＋$M_D$＋Ｓｓ*3 | $Ⅳ_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SAD}$＋$M_{SAD}$＋Ｓｓ | $V_AS$（$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。） |

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表5－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2<br>（ボルト等） | |
|---|---|---|
| | 一次応力 | |
| | 引張 | せん断 |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* |
| ＶＡＳ<br>（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。） | | |

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

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

表 5－3　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 (℃) | | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | SS400 (径≦16mm) | 周囲環境温度 | 100 | 221 | 373 | ― |

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」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<br>及び<br>床面高さ<br>(m) | 固有周期<br>(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物<br>EL 42.8*1<br>(EL 51.7*1) | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| | [redacted] | [redacted] | — | — | $C_H$＝3.51*2 | $C_V$＝2.46*2 |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

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。

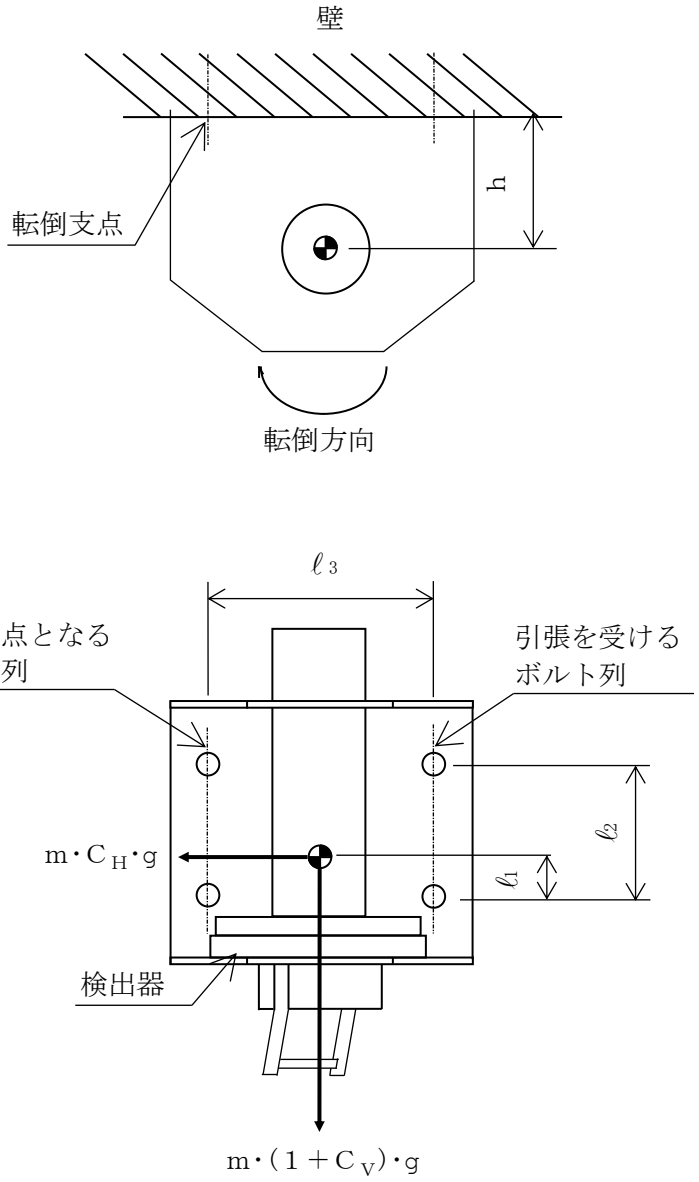



図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒）

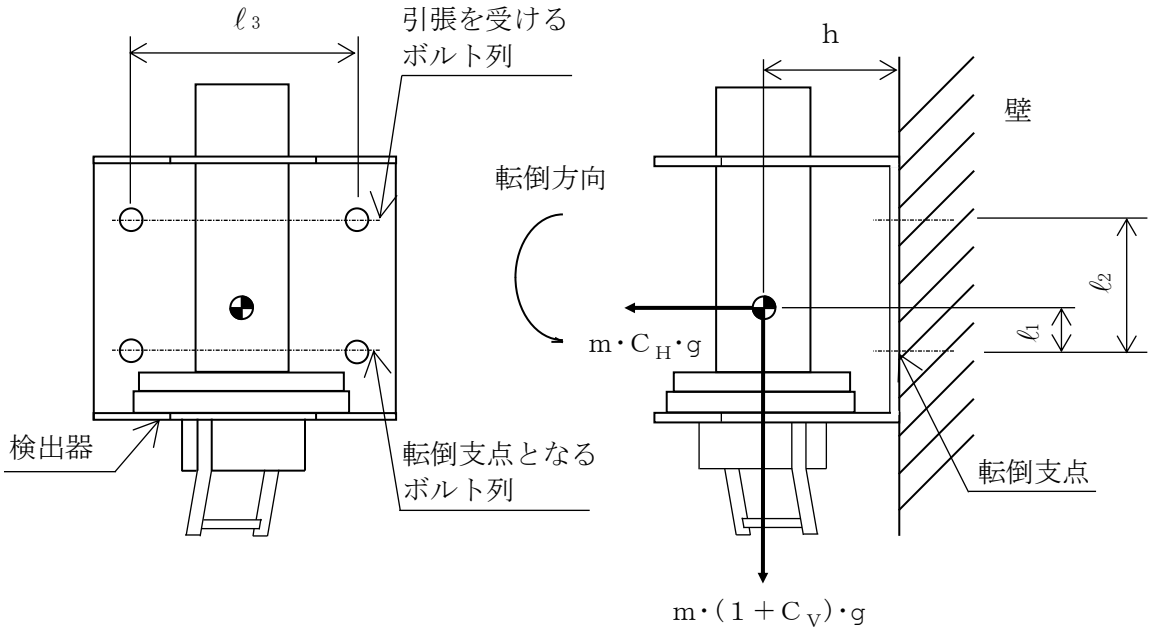



図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積$A_b$は次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=m\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

## 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【燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）（RE296-42）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$\sigma_b$は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$以下であること。ただし，$f_{to}$は下表による。

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

せん断応力$\tau_b$は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力$f_{sb}$以下であること。ただし，$f_{sb}$は下表による。

| | 基準地震動Ｓｓによる<br>荷重との組合せの場合 |
|---|---|
| 許容引張応力<br>$f_{to}$ | $\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力<br>$f_{sb}$ | $\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）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Ｓｓ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。

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の機能確認済加速度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s$^2$）

| 機器名称 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|
| 燃料プールエリア放射線モニタ<br>（高レンジ）（ＳＡ）<br>(RE296-42) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | □ |

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電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。

【燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）（RE296-42）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | | 周囲環境温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）（RE296-42） | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1) | [redacted] | [redacted] | — | — | $C_H$=3.51*2 | $C_V$=2.46*2 | 100 |

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | $A_b$ (mm$^2$) | n | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 基礎ボルト | [redacted] | 110 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 221 (径≦16mm) | 373 |

| 部材 | $\ell_1$* (mm) | $\ell_2$* (mm) | $\ell_3$* (mm) | $nf_V$* | $nf_H$* | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | 28 | 100 | 200 | 2 | 2 | — | 261 | — | 正面方向 |
| | 28 | 100 | 200 | 2 | 2 | | | | |

注記＊：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面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 | $F_b$ | | $Q_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | 基準地震動Ｓｓ |
| 基礎ボルト | ― | □ | ― | □ |

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

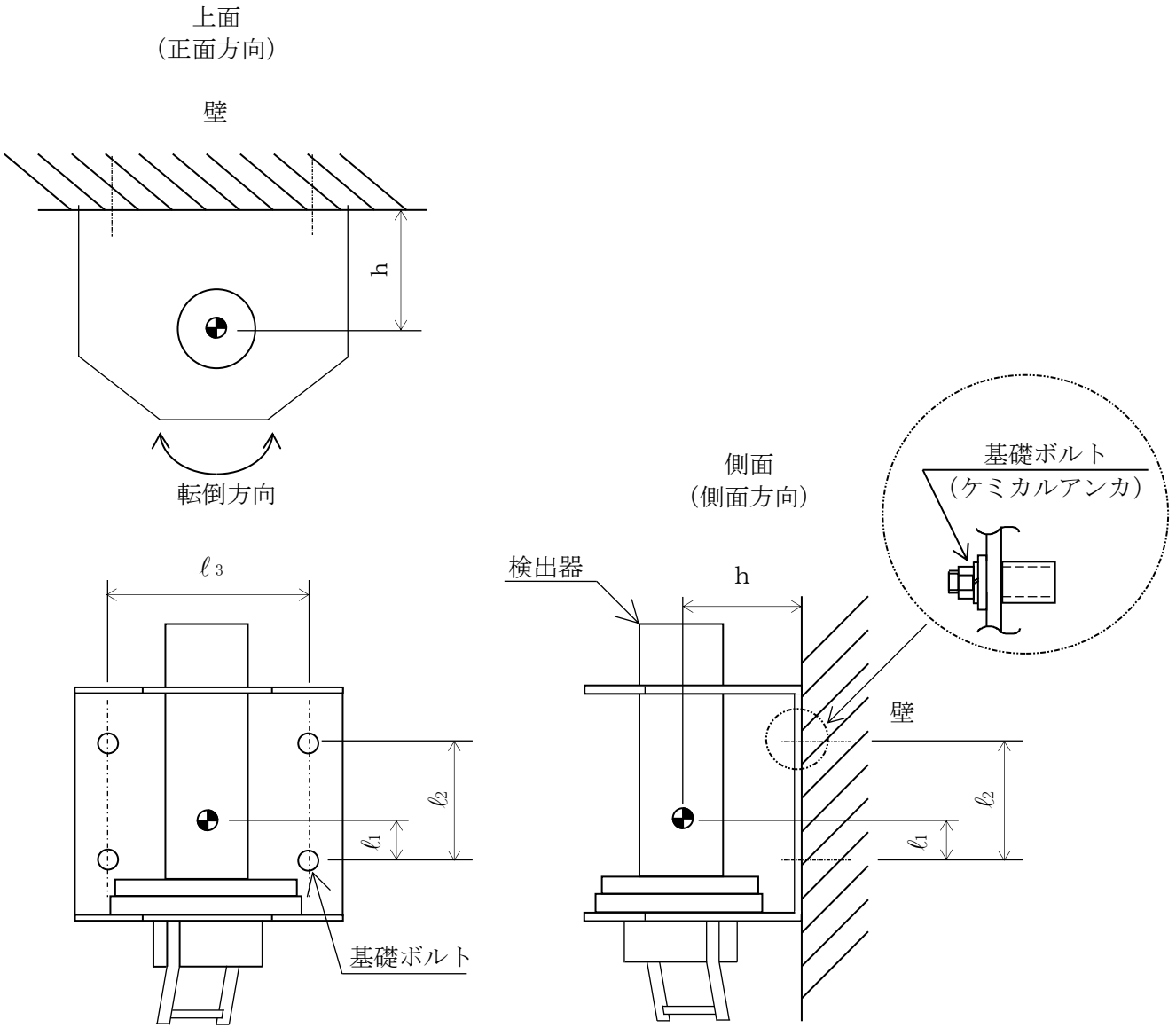
| 部材 | 材料 | 応力 | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 算出応力 | 許容応力 | 算出応力 | 許容応力 |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張 | ― | ― | $\sigma_b=3$ | $f_{ts}=156$* |
| | | せん断 | ― | ― | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=120$ |

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s$^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|---|---|---|---|
| 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（ＳＡ）（RE296-42） | 水平方向 | 2.93 | □ |
| | 鉛直方向 | 2.06 | □ |

注記＊：設計用震度Ⅱ（基準地震動Ｓｓ）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。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向
側面
（側面方向）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
検出器
h
壁
ℓ3
ℓ2
ℓ1
基礎ボルト
ℓ2
ℓ1

# Ⅵ-2-8-3　換気設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-8-3-1　中央制御室空調換気系の耐震性についての計算書

# 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）

目　　次


1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　ダクト設計の基本方針 ····· 1
2.2.1　耐震設計の原則 ····· 1
2.2.2　ダクト及び支持構造物の設計手順 ····· 1
2.2.3　耐震重要度別による設計方針 ····· 3
2.2.4　設計用地震力 ····· 3
2.2.5　ダクト支持点の設計方法 ····· 3
2.2.6　支持方法 ····· 5
2.3　適用規格・基準等 ····· 5
2.4　記号の説明 ····· 6
2.4.1　矩形ダクトの記号の説明 ····· 6
2.4.2　円形ダクトの記号の説明 ····· 7
2.4.3　支持構造物の記号の説明 ····· 8
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 9
3.　評価部位 ····· 9
4.　固有振動数の計算方法 ····· 9
4.1　計算モデル ····· 9
4.2　固有振動数計算方法 ····· 10
4.2.1　矩形ダクトの固有振動数計算方法 ····· 10
4.2.2　円形ダクトの固有振動数計算方法 ····· 10
5.　構造強度評価 ····· 11
5.1　構造強度評価方法 ····· 11
5.1.1　矩形ダクトの構造強度評価方法 ····· 11
5.1.2　円形ダクトの構造強度評価方法 ····· 11
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 12
5.3　設計用地震力 ····· 18
6.　耐震支持間隔算定結果 ····· 19
7.　支持構造物設計の基本方針 ····· 23
7.1　支持構造物の構造及び種類 ····· 23
7.2　支持構造物の考慮事項 ····· 24
7.3　支持構造物の耐震性確認 ····· 25
8.　引用文献 ····· 25

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」及びⅥ-2-1-13「ダクト及び支持構造物の耐震計算について」にて設定している設計方針に基づき，中央制御室空調換気系ダクトが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

中央制御室空調換気系ダクトは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室空調換気系ダクトの構造計画を表 2－1 に示す。

2.2 ダクト設計の基本方針

2.2.1 耐震設計の原則

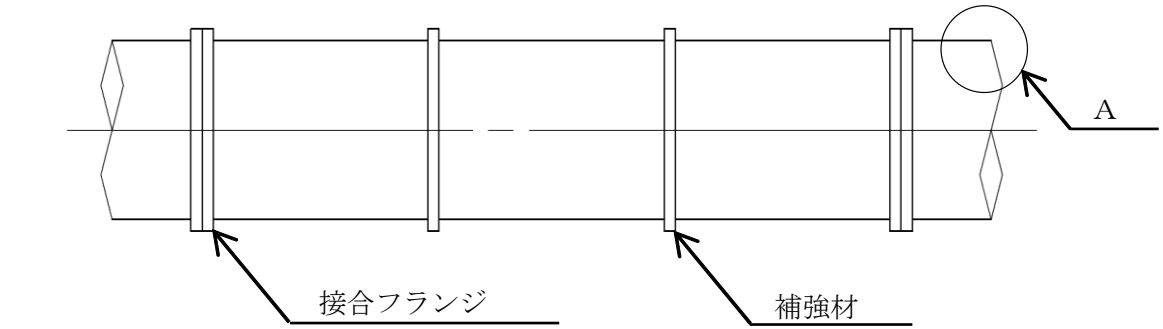
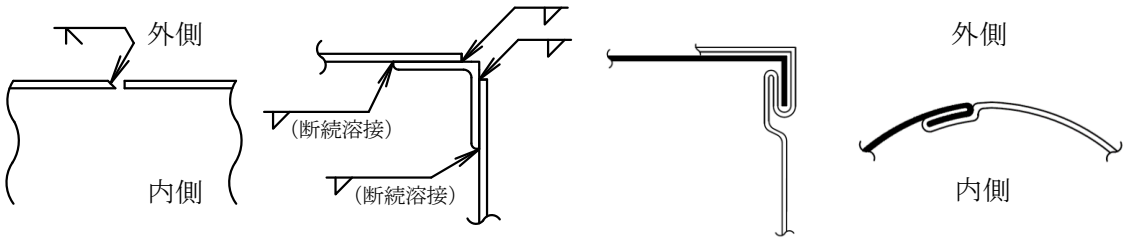
ダクト及びその支持構造物は，耐震重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

2.2.2 ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は，建物の形状，機器の配置，配管，ケーブルトレイ等の経路を考慮し，耐震性を加味して決定する。

以上を考慮して決定されたダクト経路について支持方法を定めて，ダクトが十分な耐震強度を有するように支持点を決定する。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 構造概略図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| ダクトは，支持構造物を介して躯体へ支持されている。 | 矩形ダクト<br>円形ダクト |  <br>  <br>溶接ダクト<br>ダクト継ぎ部　溶接ダクト（矩形）<br>コーナー部　ハゼ折ダクト（矩形）　ハゼ折ダクト（円形）<br>ダクト継目部（図中Ａ） |

2.2.3　耐震重要度別による設計方針

ダクトは，表 2－2 に示す設計方針とする。

表 2－2　耐震重要度分類と設計方針

| 分類 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 設計方針 |
|---|---|---|---|
| 設計基準対象施設 | Ｓクラス | ― | 地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること（最大許容ピッチは，「4.　固有振動数の計算方法」及び「5.　構造強度評価」に基づき算出する。）。 |
| 重大事故等対処設備 | ― | 重大事故等クラス２管 | |

2.2.4　設計用地震力

ダクトについては，Ⅵ-2-1-1「耐震設計の基本方針」に示す設計用地震力を用いて評価を行う。なお，「2.2.5　ダクト支持点の設計方法」のうち，手法 1 はダクトの固有振動数が十分剛（20Hz 以上）となる領域で設計することから，静的震度及び 1.2・ZPA を使用する。

2.2.5　ダクト支持点の設計方法

ダクト及びその支持構造物は適切な剛性を有するとともに，許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすることにより耐震性を確保する。

ダクトの支持点は，手法 1 の支持間隔で計画する。その支持間隔算定はダクトの固有振動数が 20Hz 以上となる支持間隔と静的震度及び 1.2・ZPA によりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる支持間隔を算定し，いずれか小さい方を支持間隔とする。支持点設計手順を図 2－1 に示す。

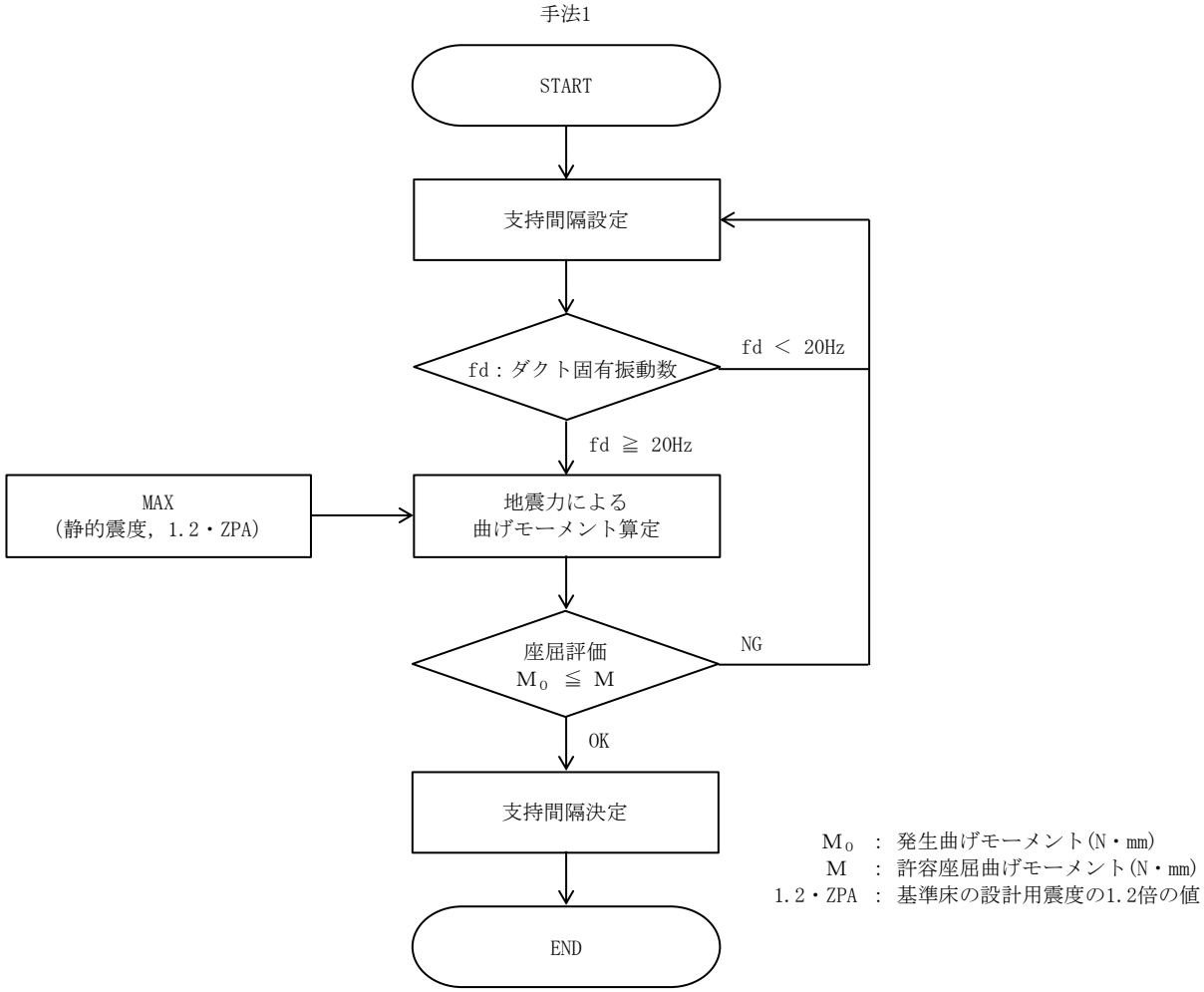



図 2－1　ダクト支持点設計手順

2.2.6　支持方法

(1)　直管部

ダクトの直管部は，「5.　構造強度評価」で求まる支持間隔以下で支持するものとする。また，直管部が長い箇所には軸方向を拘束する支持構造物を設ける設計とする。

(2)　曲管部

曲管部は，直管部に比べ剛性及び強度が低下するが，「5.　構造強度評価」で求まる支持間隔は，これら曲管部の縮小率を包絡する支持間隔としている。

(3)　分岐部

分岐部は，「5.　構造強度評価」で求まる支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔を用いて支持点を設計する。

(4)　重量物の取付部

ダクトに自動ダンパ等の重量物が取り付く場合は，その近傍又は重量物自体を支持するものとする。なお，近傍を支持する場合においては，「5.　構造強度評価」で求まる支持間隔と，当該重量物を考慮した支持間隔を用いて，支持点を設計する。

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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。）
・ＪＩＳ　Ｇ　３３０２(1994)「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」

2.4　記号の説明

2.4.1　矩形ダクトの記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| f | 固有振動数 | Hz |
| $\pi$ | 円周率 | — |
| $\ell$ | 両端単純支持間隔 | mm |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| g | 重力加速度 | $mm/s^2$ |
| I | 断面二次モーメント | $mm^4$ |
| W | ダクト単位長さ重量 | N/mm |
| $\beta$ | 断面二次モーメントの安全係数* | — |
| | [redacted] | |
| a | ダクト長辺寸法 | mm |
| b | ダクト短辺寸法 | mm |
| a e | ダクトフランジの有効幅 | mm |
| b e | ダクトウェブの有効幅 | mm |
| t | ダクト板厚 | mm |
| $M_0$ | 発生曲げモーメント | N･mm |
| $\alpha$ | 設計震度（水平震度又は鉛直震度の大きい方） | — |
| M | 許容座屈曲げモーメント | N･mm |
| S | 許容座屈曲げモーメントの安全係数（＝[redacted]） | — |
| $M_T$ | 座屈限界曲げモーメント | N･mm |
| $\lambda$ | 座屈限界曲げモーメントの補正係数* | — |
| $\nu$ | ポアソン比（＝0.3） | — |
| $\sigma_y$ | 降伏点（＝$S_y$） | MPa |
| $\gamma$ | 座屈限界曲げモーメントの安全係数*（＝[redacted]） | — |

注記＊：引用文献(1)より定義される係数。

2.4.2　円形ダクトの記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| f | 固有振動数 | Hz |
| π | 円周率 | — |
| ℓ | 両端単純支持間隔 | mm |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| g | 重力加速度 | $mm/s^2$ |
| I | 断面二次モーメント | $mm^4$ |
| Z | 断面係数 | $mm^3$ |
| W | ダクト単位長さ重量 | N/mm |
| C | 弾性座屈曲げモーメントの補正係数（= ） | — |
| $d_1$ | ダクト内径寸法 | mm |
| $d_2$ | ダクト外径寸法 | mm |
| R | ダクト内半径寸法 | mm |
| t | ダクト板厚 | mm |
| $M_0$ | 発生曲げモーメント | N･mm |
| α | 設計震度（軸直角 2 方向の震度のベクトル和） | — |
| M | 許容座屈曲げモーメント | N･mm |
| S | 許容座屈曲げモーメントの安全係数（= ） | — |
| $M_{cr}$ | 弾性座屈曲げモーメント | N･mm |
| $M_T$ | 座屈限界曲げモーメント | N･mm |
| ν | ポアソン比（＝0.3） | — |
| $\sigma_{cr}$ | 弾性座屈応力 | MPa |
| $\sigma_y$ | 降伏点（＝$S_y$） | MPa |

2.4.3　支持構造物の記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $f_t$ | 許容引張応力 | MPa |
| $f_s$ | 許容せん断応力 | MPa |
| $f_b$ | 許容曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_t$ | 引張（圧縮）応力 | MPa |
| $\sigma_b$ | 曲げ応力 | MPa |
| $\tau$ | せん断応力 | MPa |
| $\sigma$ | 組合せ応力 | MPa |
| A | 引張（圧縮）応力計算に用いる断面積 | $mm^2$ |
| $A_s$ | せん断応力計算に用いる断面積 | $mm^2$ |
| Z | 曲げ応力計算に用いる断面係数 | $mm^3$ |
| N | 引張（圧縮）方向荷重 | N |
| Q | せん断方向荷重 | N |
| $M_0$ | 曲げモーメント | N･mm |

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 2－3 に示すとおりである。

表 2－3　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第 3 位 | 切上げ | 小数点以下第 2 位 |
| 温度 | ℃ | 小数点以下第 1 位 | 四捨五入 | 整数位 |
| 外径 | mm | 小数点以下第 2 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 1 位 |
| 厚さ | mm | 小数点以下第 2 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 1 位 |
| 支持間隔 | mm | 十の位 | 切捨て | 整数位 |
| 力 | N | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁*1 |
| モーメント | N･mm | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁*1 |
| 計算応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*2 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |

注記＊1：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

＊2：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は，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

ダクトの耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，実施する。

4.　固有振動数の計算方法

4.1　計算モデル

ダクト系は，図 4－1 に示す両端を支持構造物で支持された両端単純支持はりにモデル化する。

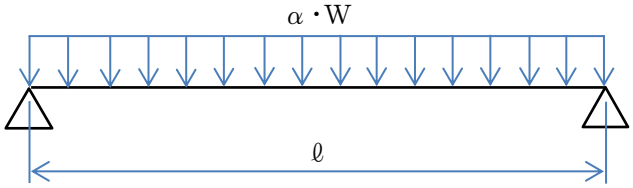



図 4－1　両端単純支持はり

4.2　固有振動数計算方法

4.2.1　矩形ダクトの固有振動数計算方法

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は，引用文献(1)より次式で与えられる。算出に用いる矩形ダクトの断面図を図 4－2 に示す。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.1)$$

ここで，

$$I = \left( \frac{t \cdot be^3}{6} + ae \cdot t \cdot \frac{be^2}{2} \right) \cdot \beta \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2)$$

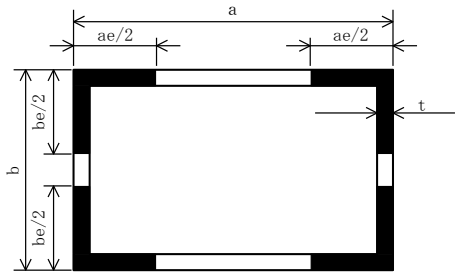



図 4－2　矩形ダクトの断面図

4.2.2　円形ダクトの固有振動数計算方法

両端単純支持された円形ダクトの固有振動数は，次式で与えられる。算出に用いる円形ダクトの断面図を図 4－3 に示す。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3)$$

ここで，

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_2^{\,4} - d_1^{\,4}) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.4)$$

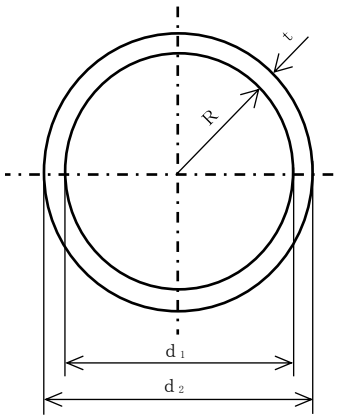



図 4－3　円形ダクトの断面図

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

5.1.1 矩形ダクトの構造強度評価方法

矩形ダクトの座屈評価を以下に示す。地震時，両端単純支持されたダクトに生じる曲げモーメントは，引用文献(1)より次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \cdots\cdots (5.1)$$

ここで，設計震度$\alpha$は水平震度又は鉛直震度の大きい方をダクト短辺寸法に考慮する。なお，鉛直震度の評価では自重も考慮する。また，ダクトの座屈による大変形を防ぐためにダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leqq M \quad \cdots\cdots (5.2)$$

(5.1)，(5.2)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \cdots\cdots (5.3)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \cdots\cdots (5.4)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1-\nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y} \cdot \gamma \quad \cdots\cdots (5.5)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a_e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \quad \cdots\cdots (5.6)$$

5.1.2 円形ダクトの構造強度評価方法

円形ダクトの座屈評価を以下に示す。地震時，両端単純支持されたダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \cdots\cdots (5.7)$$

ここで，設計震度$\alpha$は軸直角2方向の震度をベクトル和で組合せ，鉛直震度に対しては自重も考慮する。また，ダクトの座屈による大変形を防ぐためにダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leqq M \quad \cdots\cdots (5.8)$$

(5.7)，(5.8)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \qquad \cdots\cdots (5.9)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \qquad \cdots\cdots (5.10)$$

$$M_T = \min(\sigma_{cr}, \sigma_y) \cdot Z \qquad \cdots\cdots (5.11)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{Z} \qquad \cdots\cdots (5.12)$$

$$M_{cr} = \frac{C \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1-\nu^2)} \qquad \cdots\cdots (5.13)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \qquad \cdots\cdots (5.14)$$



5.2　荷重の組合せ及び許容応力

(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態

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

(2)　許容限界

ダクトの許容限界は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表5－3及び表5－4に，支持構造物の許容応力を表5－5に示す。

(3)　使用材料の許容応力評価条件

ダクト及び支持構造物の許容応力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－6に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－7に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 換気設備 | 中央制御室空調換気系主配管 | S | —*1 | $D+P_D+M_D+Sd^{*}$ *2 | ⅢAS |
| | | | | | $D+P_D+M_D+Ss$ | ⅣAS |

注記＊1：クラス４管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊2：ダクトの耐震支持間隔の算出においては，許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出に当たり，評価手法上，ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため，基準地震動Ｓｓ評価と弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的地震力（Ｓｄ*）評価に用いる係数，許容値に差異はない。また，発生曲げモーメントの算出に当たっては，Ｓｄ*はＳｓに包絡されるため，Ｓｄ*に対する評価は省略する。

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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 放射線管理施設 | 換気設備 | 中央制御室空調換気系主配管及び排気ダクト*2 | 常設耐震／防止常設／緩和 | 重大事故等クラス２管 | $D+P_D+M_D+Ss$ | ⅣAS |
| | | | | | $D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$ *3 | VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） |

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

＊2：中央制御室バウンダリを構成するダクトを示す。

＊3：「$D+P_D+M_D+Ss$」の評価に包絡される場合は，評価結果の記載を省略する。

表 5－3　許容限界（クラス４管）

| 許容応力状態 | 許容限界 |
|---|---|
| ⅢＡＳ | 地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。<br>（最大許容ピッチは「5.　構造強度評価」に基づき許容座屈曲げモーメントより算出する。） |
| ⅣＡＳ | |

表 5－4　許容限界（重大事故等クラス２管（クラス４管））

| 許容応力状態 | 許容限界 |
|---|---|
| ⅣＡＳ | 地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。<br>（最大許容ピッチは「5.　構造強度評価」に基づき許容座屈曲げモーメントより算出する。） |
| ＶＡＳ | |

表5－5　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）*1

| 許容応力状態 | 許容限界*2<br>（ボルト等以外） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | |
| | 引張 | せん断 | 曲げ | 組合せ*3 |
| ⅢAS | 1.5・$f_t$ | 1.5・$f_s$ | 1.5・$f_b$ | 1.5・$f_t$ |
| ⅣAS | 1.5・$f_t^*$ | 1.5・$f_s^*$ | 1.5・$f_b^*$ | 1.5・$f_t^*$ |
| VAS<br>（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。） | | | | |

注記＊1：$f_t^*$，$f_s^*$，$f_b^*$は，$f_t$，$f_s$，$f_b$の値を算出する際に設計・建設規格　SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表　Part5　表8に定める値」とあるのを「付録材料図表　Part5　表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。

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

＊3：組合せ応力の許容応力は，設計・建設規格に基づく値とする。

表 5－6　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 機器名称 | 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S *1 (MPa) | Sy (MPa) | Su *1 (MPa) | Sy(RT) *1 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中央制御室空調換気系主配管 | ダクト | SPGC | 最高使用温度 | 40 | — | [redacted] | — | — |
| | | SGCC | 最高使用温度 | 40 | — | [redacted] | — | — |
| | | SS41 | 最高使用温度 | 40 | — | 245 | — | — |
| | | SS400 | 最高使用温度 | 40 | — | 245 | — | — |
| | 支持架構 | SS41 | 周囲環境温度 | 50 | — | 241 | 394 | — |

注記＊1：評価に使用していない許容応力については「—」と記載する。

＊2：[redacted]

表 5－7　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S *1 (MPa) | Sy (MPa) | Su *1 (MPa) | Sy(RT) *1 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中央制御室空調換気系主配管 | ダクト | SPGC | 最高使用温度 | 40 | — | [redacted] | — | — |
| | | SGCC | 最高使用温度 | 40 | — | [redacted] | — | — |
| | | SS41 | 最高使用温度 | 40 | — | 245 | — | — |
| | | SS400 | 最高使用温度 | 40 | — | 245 | — | — |
| | 支持架構 | SS41 | 周囲環境温度 | 50 | — | 241 | 394 | — |
| | | SS400 | 周囲環境温度 | 50 | — | 241 | 394 | — |
| | | STKR400 | 周囲環境温度 | 50 | — | 234 | 394 | — |
| 中央制御室空調換気系排気ダクト | ダクト | SPGC | 周囲環境温度 | 50 | — | [redacted] | — | — |
| | | SS400 | 周囲環境温度 | 50 | — | 241 | — | — |

注記＊1：評価に使用していない許容応力については「—」と記載する。

＊2：[redacted]

5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5－8 及び表 5－9 に示す。

本計算書において評価に用いる弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度及び基準地震動Ｓｓ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」に基づく。

なお，ダクトの耐震支持間隔の算出においては，許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出に当たり，評価手法上，ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため，Ｓｓ評価とＳｄ*評価に用いる係数，許容値に差異はない。また，発生曲げモーメントの算出に当たっては，Ｓｄ*はＳｓに包絡されるため，Ｓｄ*に対する評価は省略する。

表 5－8　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 機器名称 | 建物・構築物 | 標高(EL)<br>(m) | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 中央制御室<br>空調換気系<br>主配管 | | | 1.31*1 | 0.59*1 | 1.55*2 | 1.16*2 |
| | | | 1.45*1 | 0.61*1 | 2.43*2 | 1.19*2 |

注記＊1：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）

表 5－9　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称 | 建物・構築物 | 標高(EL)<br>(m) | 弾性設計用地震動Ｓｄ<br>又は静的震度 | | 基準地震動Ｓｓ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 中央制御室<br>空調換気系<br>主配管 | | | 1.31*1 | 0.59*1 | 1.55*2 | 1.16*2 |
| | | | 1.45*1 | 0.61*1 | 2.43*2 | 1.19*2 |
| 中央制御室<br>空調換気系<br>排気ダクト | | | 1.77*1 | 0.62*1 | 2.24*2 | 1.29*2 |

注記＊1：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）又は静的震度

＊2：設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）

6. 耐震支持間隔算定結果

中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔は，「2.2 ダクト設計の基本方針」に示す手法1から定めており，設計基準対象施設としての支持間隔を表6－1に，重大事故等対処設備としての支持間隔を表6－2に示す。この支持間隔以内で支持することにより，耐震性を確保する。

表6－1 中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（設計基準対象施設としての評価結果）

| 機器名称 | ダクト種別* | ダクト | | 板厚 (mm) | 支持間隔 (fd≧20Hz) (mm) | 発生曲げモーメント $M_0$ (N･mm) | 許容座屈曲げモーメント M (N･mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 長辺 (mm) | 短辺 (mm) | | | | |
| 中央制御室空調換気系主配管 | 亜鉛鉄板ハゼ折ダクト (SPGC) | 900 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1000 | 900 | 0.8 | | | |
| | | 1100 | 700 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 700 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 700 | 1.0 | | | |
| | | 1200 | 1200 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 1200 | 1.0 | | | |
| | | 1300 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1100 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1500 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1500 | 1.2 | | | |
| | | 1600 | 1100 | 1.2 | | | |
| | | 1600 | 1600 | 1.0 | | | |
| | | 1800 | 1000 | 1.0 | | | |
| | | 1800 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 3000 | 800 | 1.2 | | | |
| | | $\phi$900 | | 1.0 | | | |
| | | $\phi$1040 | | 1.0 | | | |
| | 亜鉛めっき鋼板ハゼ折ダクト (SGCC) | 918 | 827 | 0.8 | | | |
| | | 1000 | 900 | 0.8 | | | |
| | | 1000 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1100 | 1000 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 700 | 0.8 | | | |
| | | 1300 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1300 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1500 | 1.0 | | | |

注記＊：全て保温有りとして算出

表 6－1　中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（設計基準対象施設としての評価結果）
（つづき）

| 機器名称 | ダクト種別* | ダクト 長辺 (mm) | ダクト 短辺 (mm) | 板厚 (mm) | 支持間隔 (fd≧20Hz) (mm) | 発生曲げモーメント $M_0$ (N･mm) | 許容座屈曲げモーメント M (N･mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中央制御室空調換気系主配管 | 亜鉛めっき鋼板ハゼ折ダクト (SGCC) | 1800 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 1800 | 1300 | 1.2 | | | |
| | | 2000 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 2100 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 2600 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 3000 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 3250 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 3800 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | φ900 | | 0.8 | | | |
| | 鋼板溶接ダクト (SS41) | 1100 | 700 | 2.3 | | | |
| | | 1300 | 900 | 2.3 | | | |
| | 鋼板溶接ダクト (SS400) | 1100 | 700 | 3.2 | | | |
| | | 1206 | 1206 | 2.3 | | | |
| | | 1300 | 900 | 3.2 | | | |
| | | 1306 | 1306 | 2.3 | | | |

注記＊：全て保温有りとして算出

表 6－2　中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（重大事故等対処設備としての評価結果）

| 機器名称 | ダクト種別*1 | ダクト | | 板厚 (mm) | 支持間隔 (fd≧20Hz) (mm) | 発生曲げモーメント $M_0$ (N･mm) | 許容座屈曲げモーメント M (N･mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 長辺 (mm) | 短辺 (mm) | | | | |
| 中央制御室空調換気系主配管 | 亜鉛鉄板ハゼ折ダクト (SPGC) | 900 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1000 | 900 | 0.8 | | | |
| | | 1100 | 700 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 700 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 700 | 1.0 | | | |
| | | 1200 | 1200 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 1200 | 1.0 | | | |
| | | 1300 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1100 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1500 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1500 | 1.2 | | | |
| | | 1600 | 1100 | 1.2 | | | |
| | | 1600 | 1600 | 1.0 | | | |
| | | 1800 | 1000 | 1.0 | | | |
| | | 1800 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 3000 | 800 | 1.2 | | | |
| | | φ900 | | 1.0 | | | |
| | | φ1040 | | 1.0 | | | |
| | 亜鉛めっき鋼板ハゼ折ダクト (SGCC) | 918 | 827 | 0.8 | | | |
| | | 1000 | 900 | 0.8 | | | |
| | | 1000 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1100 | 1000 | 0.8 | | | |
| | | 1200 | 700 | 0.8 | | | |
| | | 1300 | 900 | 1.0 | | | |
| | | 1300 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 1500 | 1500 | 1.0 | | | |

注記＊1：全て保温有りとして算出

＊2：重大事故等対処設備としての支持間隔は，設計基準対象施設としての支持間隔と同様であるため，記載を省略する。

表 6－2　中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（重大事故等対処設備としての評価結果）
（つづき）

| 機器名称 | ダクト種別*1 | ダクト 長辺 (mm) | ダクト 短辺 (mm) | 板厚 (mm) | 支持間隔 (fd≧20Hz) (mm) | 発生曲げモーメント $M_0$ (N･mm) | 許容座屈曲げモーメント M (N･mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中央制御室空調換気系主配管 | 亜鉛めっき鋼板ハゼ折ダクト (SGCC) | 1800 | 1300 | 1.0 | | | |
| | | 1800 | 1300 | 1.2 | | | |
| | | 2000 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 2100 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 2600 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 3000 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 3250 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | 3800 | 1000 | 1.2 | | | |
| | | φ900 | | 0.8 | | | |
| | | φ900 | | 1.0 | | | |
| | 鋼板溶接ダクト (SS41) | 1100 | 700 | 2.3 | | | |
| | | 1300 | 900 | 2.3 | | | |
| | 鋼板溶接ダクト (SS400) | 800 | 800 | 3.2 | | | |
| | | 1100 | 700 | 3.2 | | | |
| | | 1206 | 1206 | 2.3 | | | |
| | | 1300 | 900 | 3.2 | | | |
| | | 1306 | 1306 | 2.3 | | | |
| | | 1400 | 800 | 3.2 | | | |
| | | 5100 | 1400 | 3.2 | | | |
| | | φ900 | | 3.2 | | | |
| 中央制御室空調換気系排気ダクト | 亜鉛鉄板ハゼ折ダクト (SPGC) | 800 | 800 | 0.8 | | | |
| | | 800 | 800 | 1.2 | | | |
| | | 2800 | 1550 | 1.2 | | | |
| | | φ900 | | 0.8 | | | |
| | 鋼板溶接ダクト (SS400) | 800 | 800 | 2.3 | | | |
| | | 805 | 805 | 3.2 | | | |

注記＊1：全て保温有りとして算出

＊2：重大事故等対処設備としての支持間隔は，設計基準対象施設としての支持間隔と同様であるため，記載を省略する。

7.　支持構造物設計の基本方針

7.1　支持構造物の構造及び種類

支持構造物は，形鋼及び角形鋼管を組み合わせた溶接構造を原則とし，その用途に応じて以下に大別する。

(1)　ダクト軸直角の 2 方向を拘束するもの

(2)　ダクト軸方向及び軸直角の 3 方向を拘束するもの

(3)　ダクト軸方向及び軸直角の 3 方向並びにモーメントを拘束するもの（アンカ）

図 7－1 から図 7－4 に支持構造物の代表例を示す。

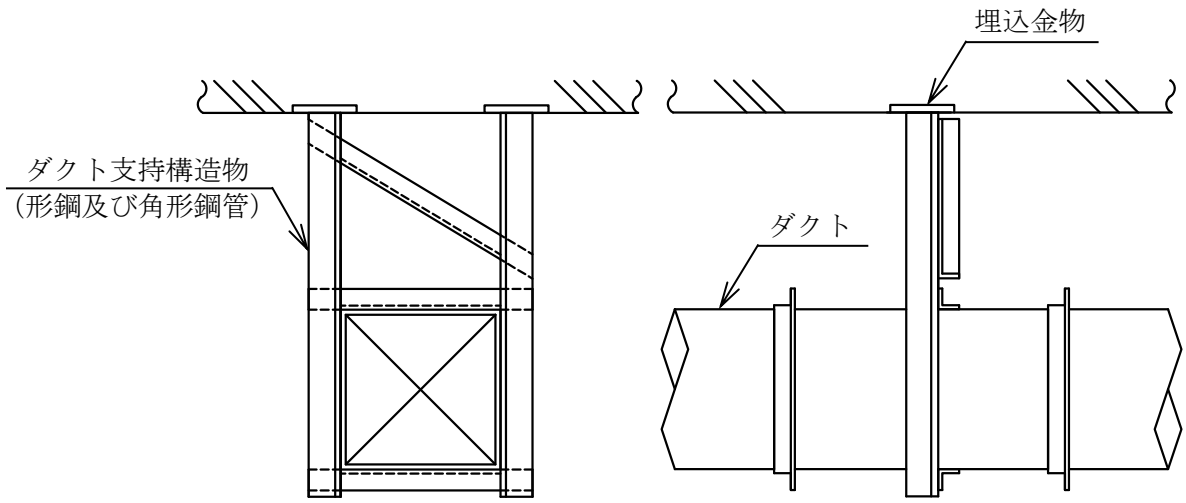



図 7－1　2 方向（軸直角方向）拘束の代表例

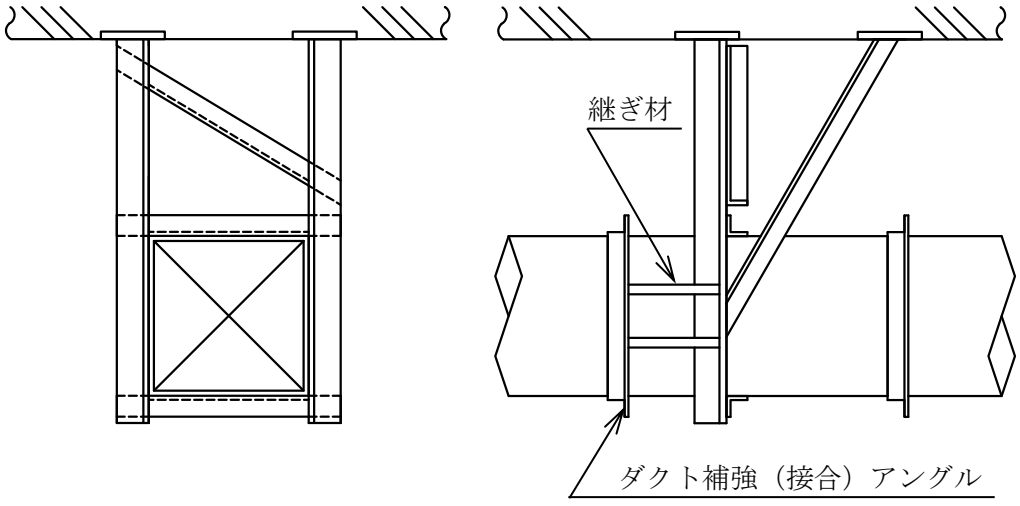



図 7－2　3 方向（軸方向及び軸直角方向）拘束の代表例

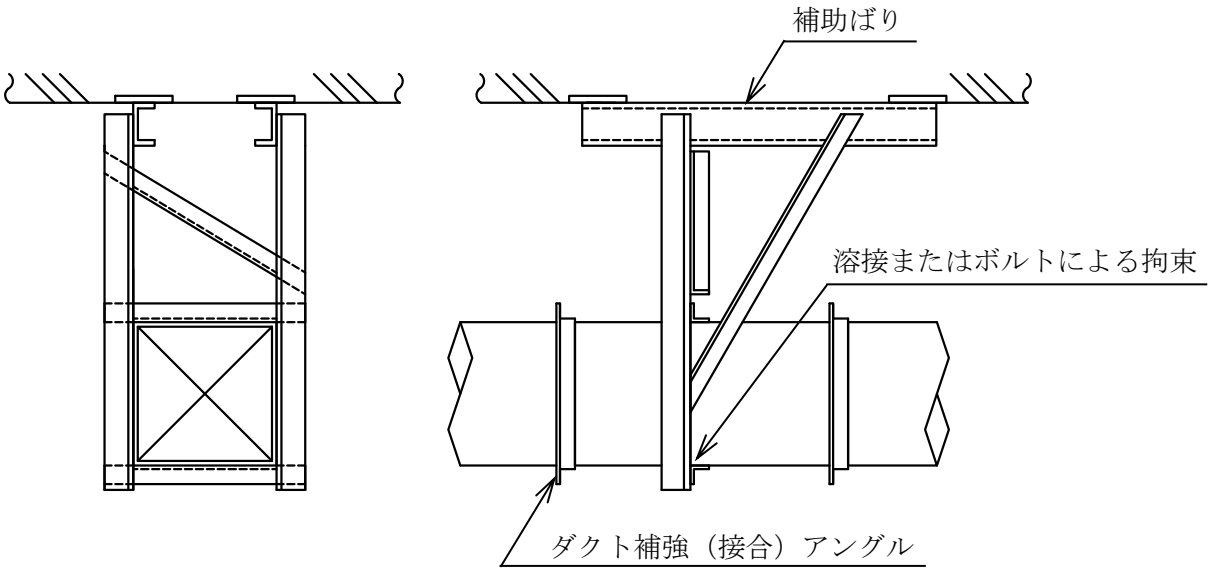



図 7－3　3 方向（軸方向及び軸直角方向）並びにモーメント拘束の代表例



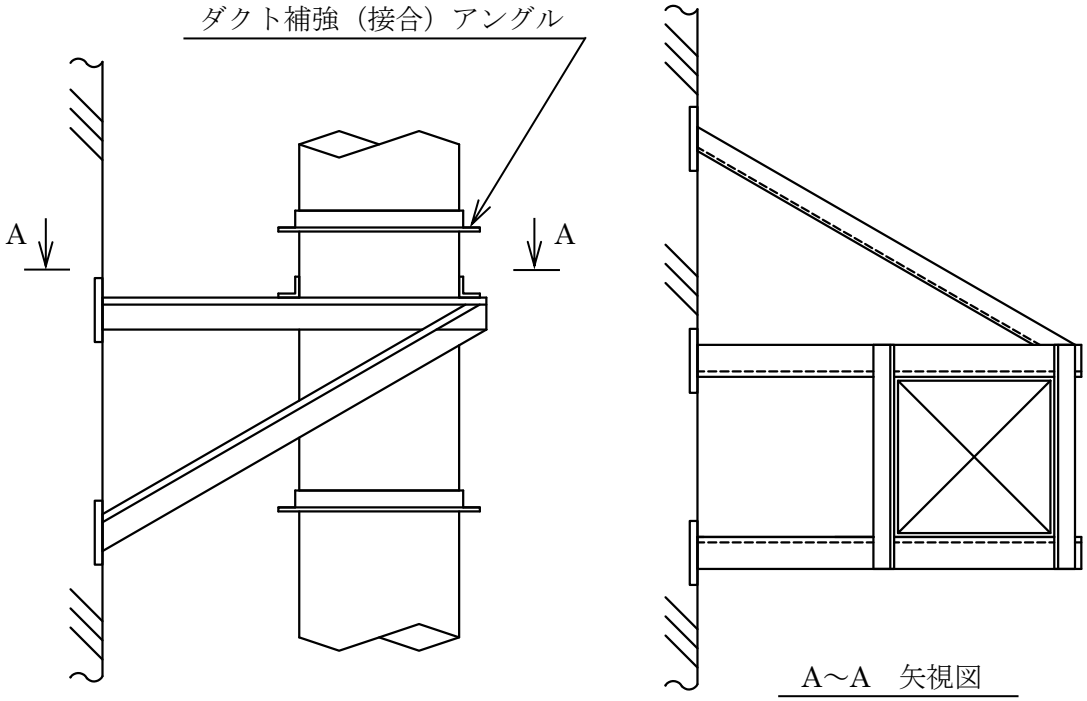



図 7－4　垂直ダクトの支持の代表例（2 方向（軸直角方向）拘束の代表例）

7.2　支持構造物の考慮事項

支持構造物の構造は，ダクトに作用する地震荷重に対し十分な強度を有する構造とする。なお，ダクトの荷重は，隣接する支持構造物の距離より定まる負担割合（ダクト長さ）から求めたダクト重量（ダクトに取付くダンパ等の重量物も考慮する）に地震力（震度）を乗じて算出する。

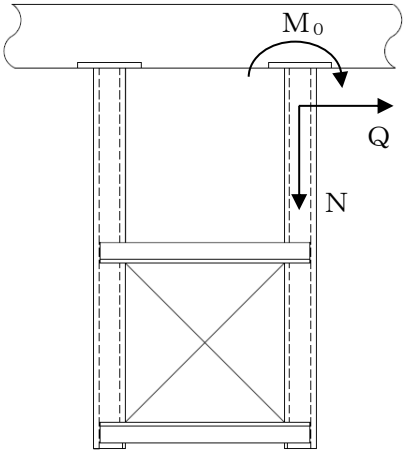
7.3　支持構造物の耐震性確認

各支持構造物を，種類及び型式ごとに分類し，それぞれ最大の荷重を負担する支持構造物を代表としてその耐震性の確認結果を表 7－1 に示す。

耐震性の確認には，解析コード「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。

また，支持構造物の強度計算式を以下に示す。

なお，以下に示す計算式は代表的な形状に対するものであり，記載のない形状についても同様の計算式で計算できる。




$\sigma_t = N / A$

$\tau = Q / A_s$

$\sigma_b = M_0 / Z$

したがって，

$$1.5 \cdot f_t^{*} \geqq \sigma = \sqrt{\left(\sigma_t + \sigma_b\right)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

表 7－1　ダクト支持構造物の耐震性確認結果

| 支持構造物番号 | 種類 | 型式* | 材質 | 温度(℃) | 支持点荷重 | | | | | | 評価結果 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 反力(N) | | | モーメント(N･mm) | | | 応力分類 | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) |
| | | | | | $F_X$ | $F_Y$ | $F_Z$ | $M_X$ | $M_Y$ | $M_Z$ | | | |
| W2F10-AS-2018 | レストレイント | ２ＲＥ | SS41 | 50 | 6.420E+03 | 8.960E+03 | 1.548E+04 | — | — | — | 組合せ | 120 | 276 |
| 757-S-001 | レストレイント | ３ＲＥ | STKR400 | 50 | 9.260E+03 | 1.417E+04 | 2.016E+04 | — | — | — | 組合せ | 85 | 276 |
| 446-S-001 | アンカ | ＡＮ | SS400 | 50 | 2.507E+04 | 3.494E+04 | 2.368E+04 | 1.534E+06 | 1.101E+06 | 0.000 | 組合せ | 125 | 276 |

注記＊：「２ＲＥ」はダクト軸直角の 2 方向を拘束するもの，「３ＲＥ」はダクト軸方向及び軸直角の 3 方向を拘束するもの，「ＡＮ」はダクト軸方向及び軸直角の 3 方向並びにモーメントを拘束するものを示す。

8.　引用文献

(1)　共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」，昭和 61 年 3 月

# Ⅵ-2-8-4　生体遮蔽装置の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-8-4-1　原子炉二次遮蔽の耐震性についての計算書

本計算書の評価結果については，Ⅵ-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」による。

# Ⅵ-2-8-4-2　補助遮蔽の耐震性についての計算書

本計算書の評価結果のうち，補助遮蔽（原子炉建物）についてはⅥ-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」，補助遮蔽（制御室建物）についてはⅥ-2-8-4-3「中央制御室遮蔽（１，２号機共用）の耐震性についての計算書」による。

# Ⅵ-2-8-4-5　緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 1
2.　基本方針 2
2.1　位置 2
2.2　構造概要 3
2.3　評価方針 9
2.4　適用規格・基準等 11
3.　地震応答解析による評価方法 12
4.　応力解析による評価方法 14
4.1　評価対象部位及び評価方針 14
4.1.1　屋根スラブ 14
4.2　荷重及び荷重の組合せ 17
4.2.1　屋根スラブ 17
4.3　許容限界 19
4.4　解析モデル及び諸元 21
4.4.1　屋根スラブ 21
4.5　応力評価方法 22
4.5.1　屋根スラブ 22
4.6　断面の評価方法 24
4.6.1　屋根スラブ 24
5.　地震応答解析による評価結果 26
5.1　耐震壁のせん断ひずみの評価結果 26
6.　応力解析による評価結果 29
6.1　屋根スラブの評価結果 29

1. 概要

本資料は，重大事故等が発生した場合において，緊急時対策所にとどまる要員の被ばくを低減するために設置する緊急時対策所遮蔽（以下「緊急時対策所遮蔽」という。）について，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり，その評価は，地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

また，緊急時対策所は，Ⅵ-1-9-3-2「緊急時対策所の居住性に関する説明書」において，「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第46条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に基づく居住性の評価を行っており，緊急時対策所換気設備の処理対象となるバウンダリ（以下「緊急時対策所正圧化バウンダリ」という。）を定めている。

以下，緊急時対策所のうち緊急時対策所遮蔽と緊急時対策所正圧化バウンダリの耐震評価を示す。

2.　基本方針

2.1　位置

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリは，緊急時対策所の一部を構成している。緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリを含む緊急時対策所の設置位置を図 2－1 に示す。

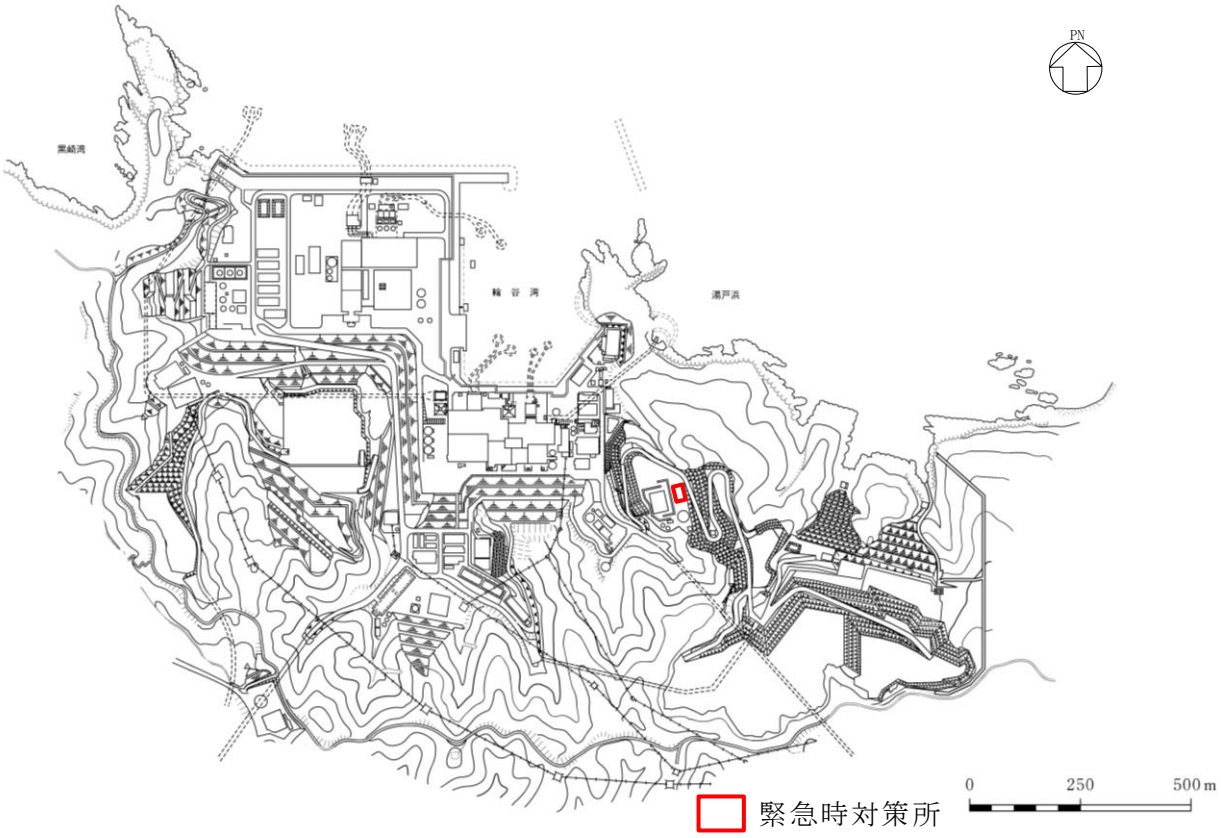



図 2－1　緊急時対策所の設置位置

## 2.2　構造概要

緊急時対策所は，地上1階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

緊急時対策所の平面寸法は，30.5m*（ＮＳ）×23.0m*（ＥＷ）である。基礎スラブ底面からの高さは8.35mである。

緊急時対策所の基礎は厚さ2.0mのべた基礎で，岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリは，緊急時対策所を取り囲むコンクリート壁（耐震壁及び間仕切壁）及びコンクリートスラブ（屋根スラブ）で構成されており，壁の厚さは□cm～□cm，屋根スラブの厚さは□cmである。

緊急時対策所遮蔽の概略平面図及び概略断面図を図2－2及び図2－3に，緊急時対策所正圧化バウンダリの範囲を図2－4に示す。

注記＊：建物寸法は壁外面寸法とする。

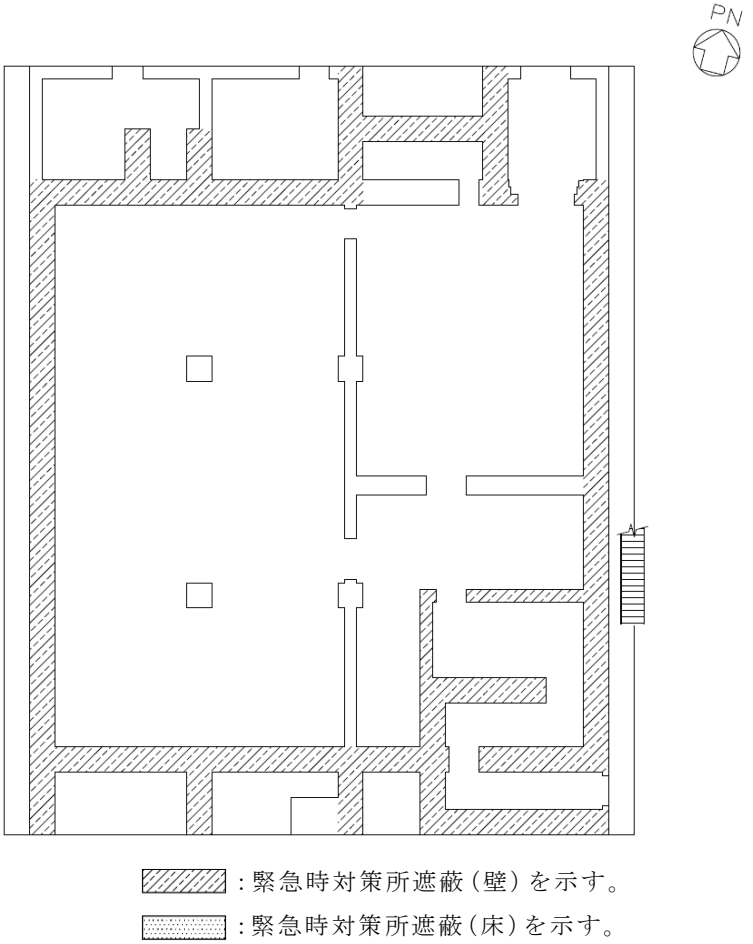



図 2－2(1)　緊急時対策所遮蔽の概略平面図(EL 50.25m*)

注記＊：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。

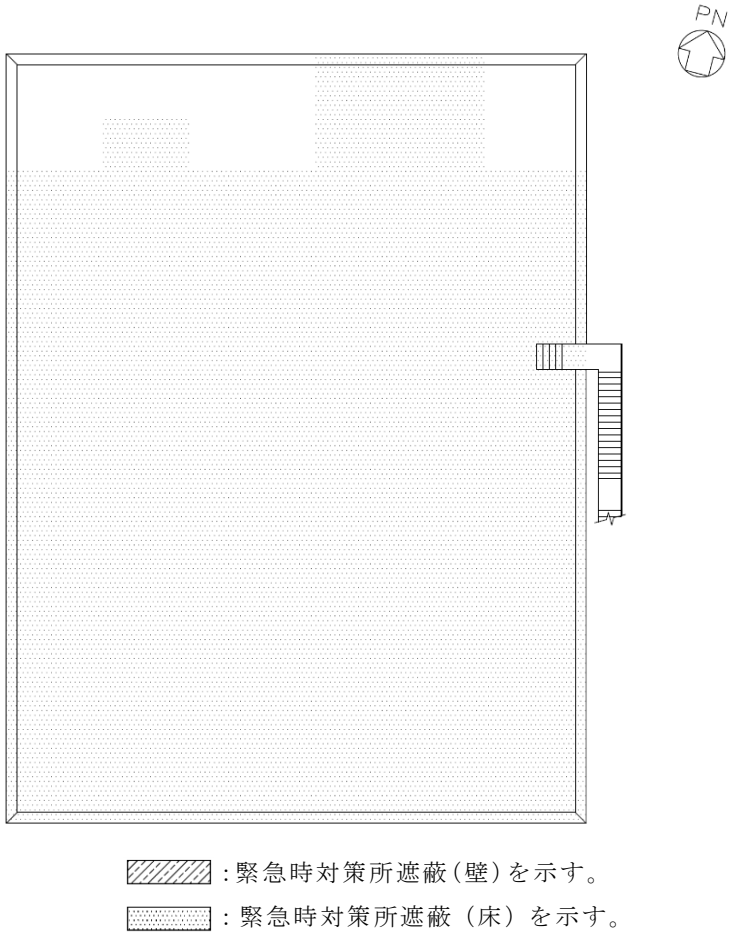



図 2－2(2)　緊急時対策所遮蔽の概略平面図(EL 56.6m)

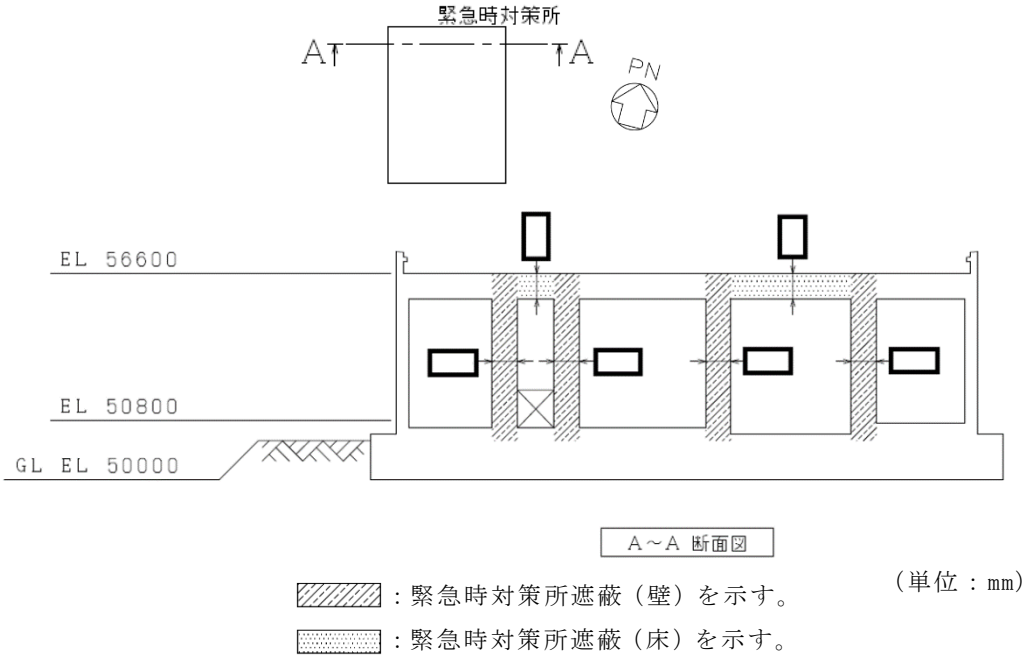



図 2－3(1)　緊急時対策所遮蔽の概略断面図（Ａ－Ａ断面，ＮＳ方向）

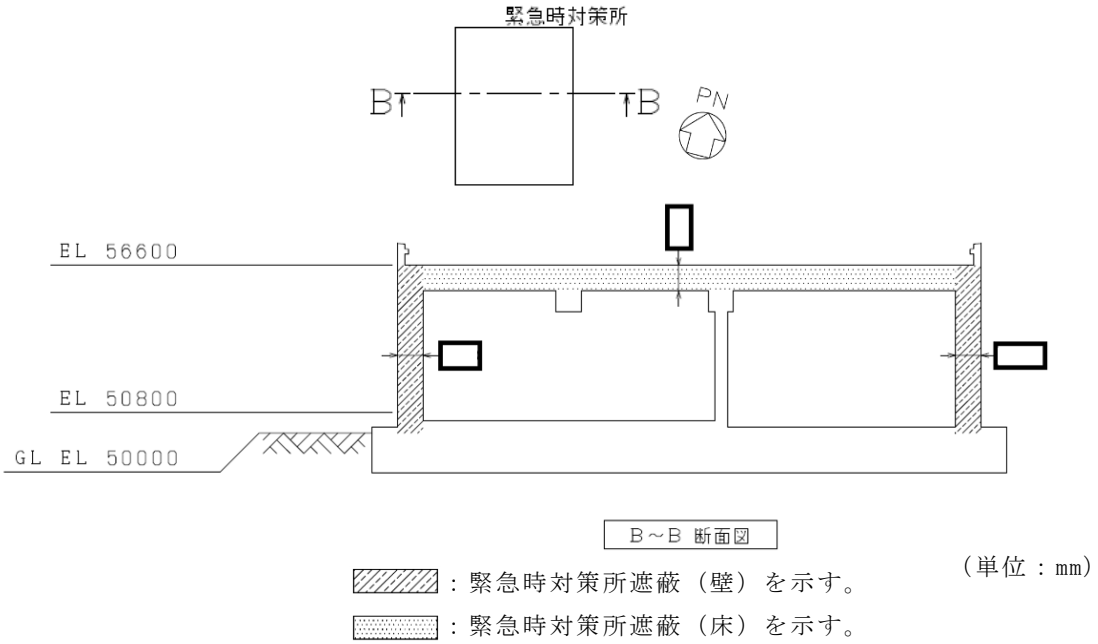
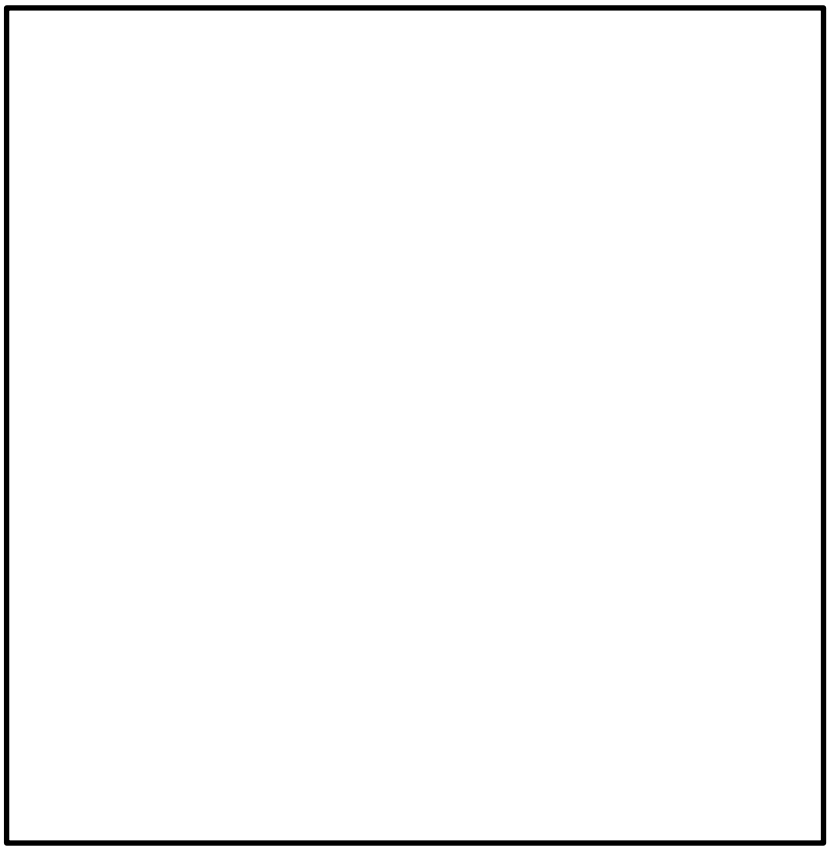
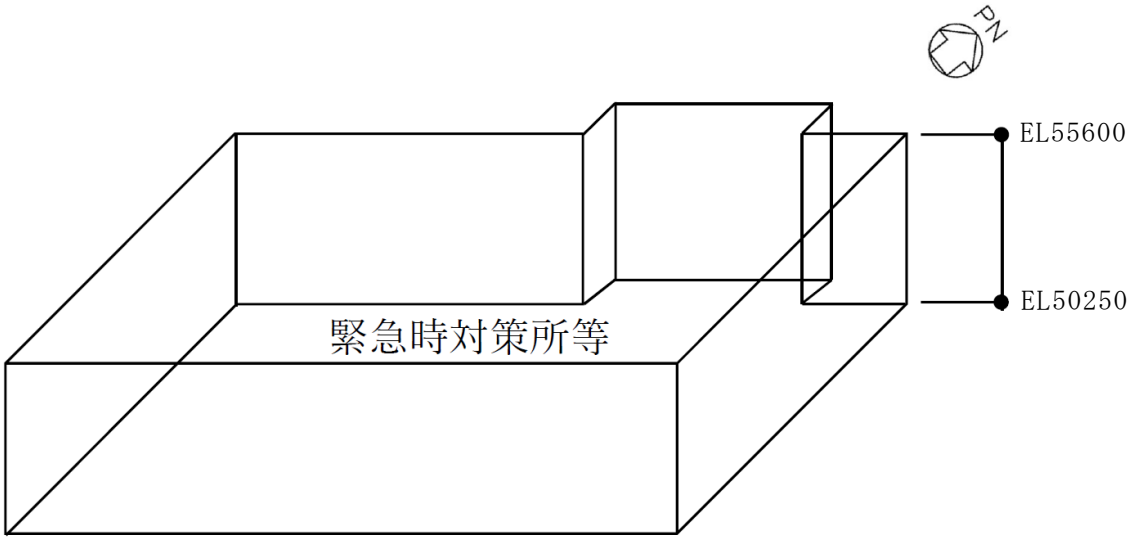



図 2－3(2)　緊急時対策所遮蔽の概略断面図（Ｂ－Ｂ断面，ＥＷ方向）



(a)　平面図(EL 50.25m)




(b)　緊急時対策所正圧化バウンダリの概要

図 2－4　緊急時対策所正圧化バウンダリの範囲

2.3　評価方針

緊急時対策所遮蔽は，重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また，緊急時対策所正圧化バウンダリは，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すとおり，換気設備とあいまって，気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。なお，重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリは，緊急時対策所を取り囲むコンクリート壁（耐震壁及び間仕切壁）及びコンクリートスラブ（屋根スラブ）で構成されており，重大事故等対処施設としての評価においては，基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価（以下「Ｓｓ地震時に対する評価」という。）を行う。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，地震応答解析による評価においては，耐震壁についてせん断ひずみの評価を，応力解析による評価においては，屋根スラブについて断面の評価を行うことで，地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

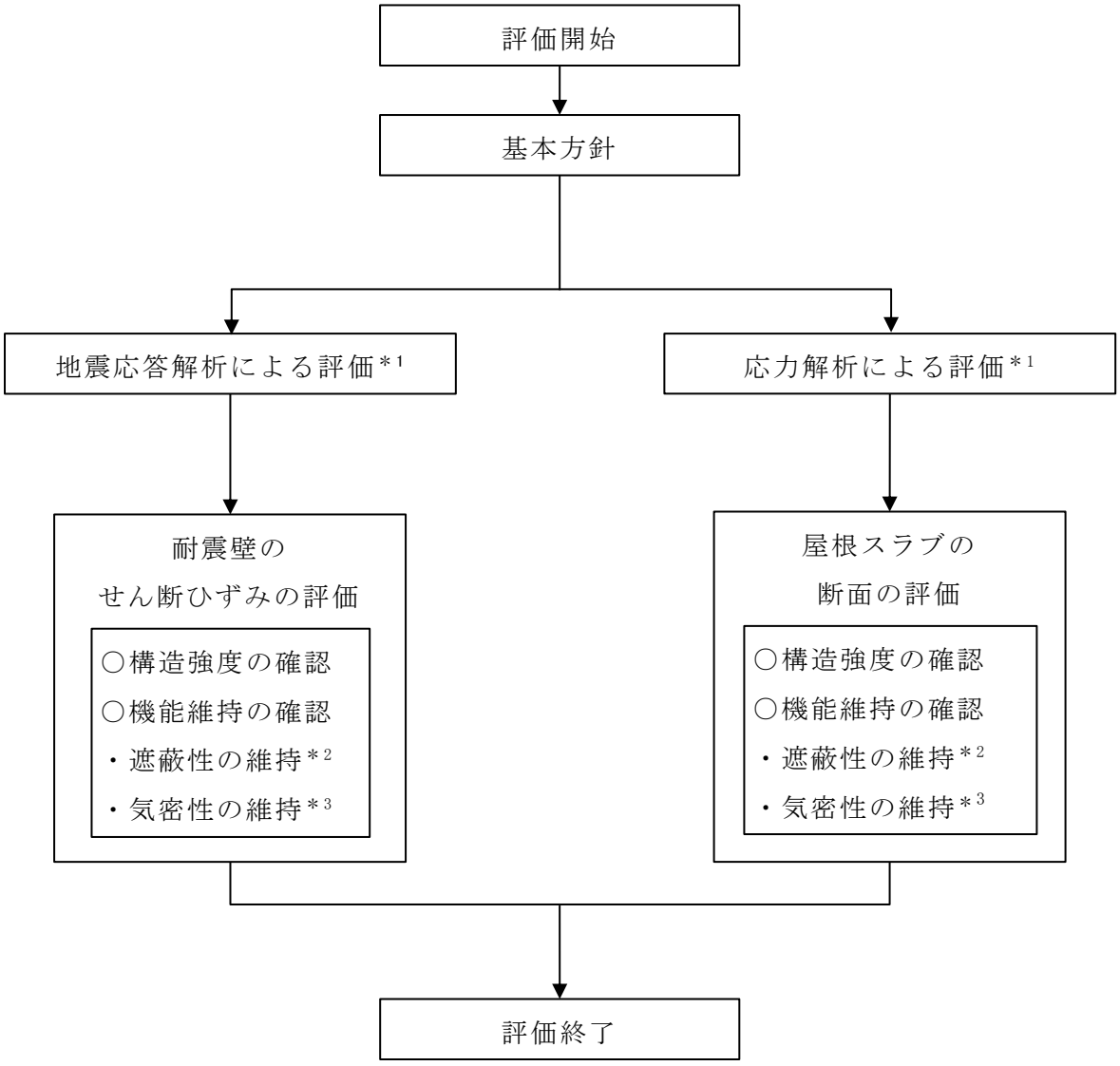
それぞれの評価は，Ⅵ-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表 2－1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの評価フローを図 2－5 に示す。



表 2－1　材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 検討ケース | コンクリート<br>剛性 | 地盤物性 | 備考 |
|---|---|---|---|
| ケース 1<br>（工認モデル） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 基本ケース |
| ケース 2<br>（地盤物性＋σ） | 設計基準強度 | 標準地盤＋σ<br>（＋10%，＋20%） | |
| ケース 3<br>（地盤物性－σ） | 設計基準強度 | 標準地盤－σ<br>（－10%，－20%） | |
| ケース 4<br>（積雪） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 積雪荷重との<br>組合せを考慮 |




注記＊1：VI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

＊2：緊急時対策所遮蔽について実施する。

＊3：緊急時対策所正圧化バウンダリについて実施する。

図 2－5　緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの評価フロー

## 2.4　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987((社)日本電気協会)
・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）
・建築基準法・同施行令
・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 改定）
・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）
・鋼構造設計規準　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
・2015 年版　建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）

3. 地震応答解析による評価方法

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの構造強度については，Ⅵ-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」による結果に基づき，材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また，遮蔽性及び気密性の維持については，Ⅵ-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」による結果に基づき，材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの許容限界は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表 3－1 のとおり設定する。

表 3－1　地震応答解析による評価における許容限界

（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| ― | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1 | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| 遮蔽性 | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1（緊急時対策所遮蔽） | 最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| 気密性 | 換気性能とあいまって気密性能を維持すること | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1（緊急時対策所正圧化バウンダリ） | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ *2 |

注記＊1：建物全体としては，耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており，剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱，はり，間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと，また，全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく屋根スラブの変形が抑えられることから，耐震壁の最大応答せん断ひずみの許容限界を満足していれば，建物・構築物に要求される機能は維持される。

＊2：緊急時対策所は，事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし，地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

# 4. 応力解析による評価方法

## 4.1 評価対象部位及び評価方針

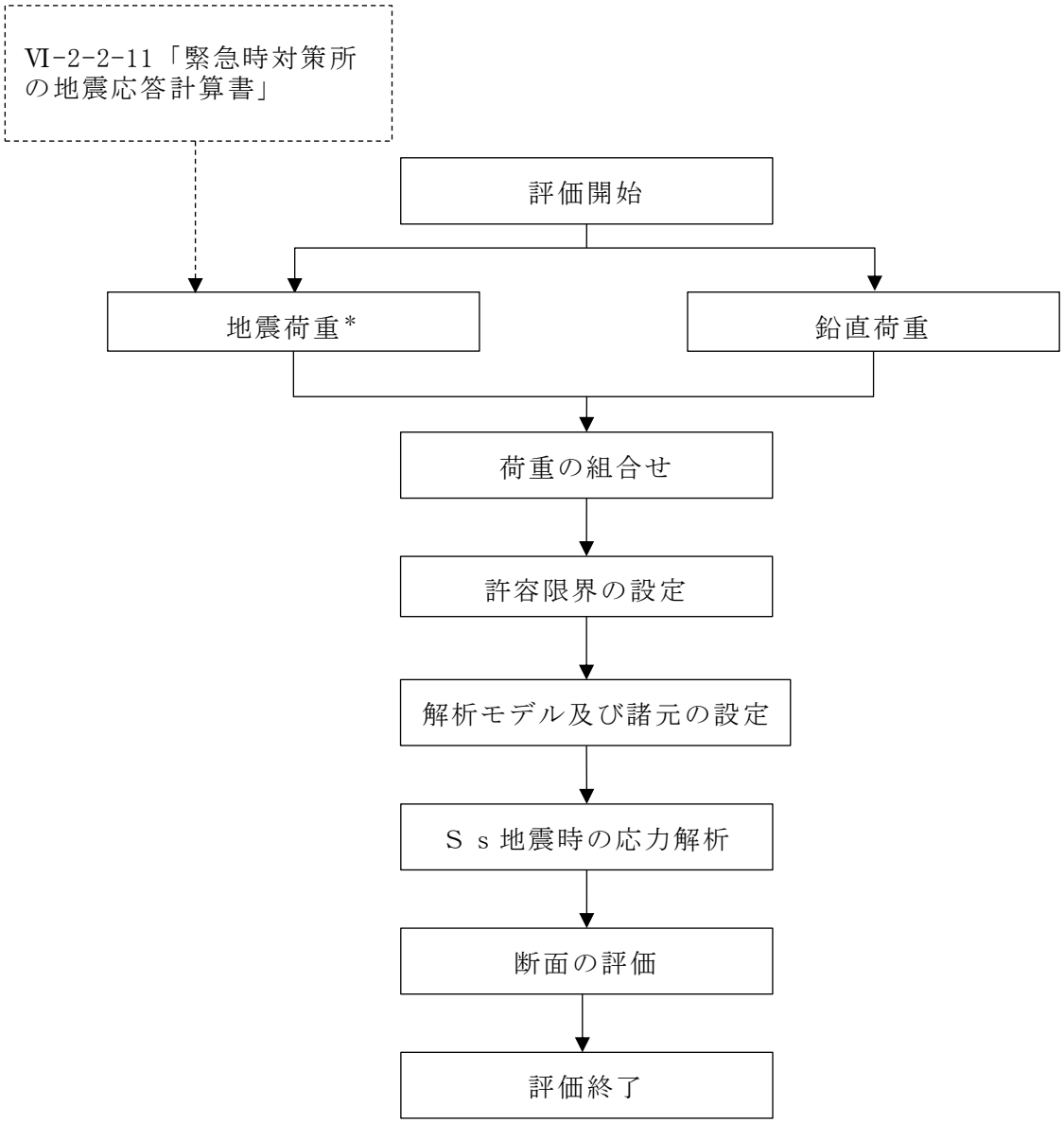
緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの応力解析による評価対象部位は，屋根スラブとし，弾性応力解析により評価を行う。

### 4.1.1 屋根スラブ

屋根スラブについては，鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって，Ｓｓ地震時に対する評価は，基準地震動Ｓｓによる鉛直震度を考慮した応力解析モデルを用いて，各部材の断面評価を行う。鉛直震度については，Ⅵ-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」により得られた基準地震動Ｓｓによる結果を用いる。許容限界については，屋根スラブは原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）（以下「ＲＣ－Ｎ規準」という。）に基づき設定する。

評価については，各断面の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4－1 に，選定した部材を図 4－2 に示す。




注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4－1　屋根スラブの応力解析による評価フロー

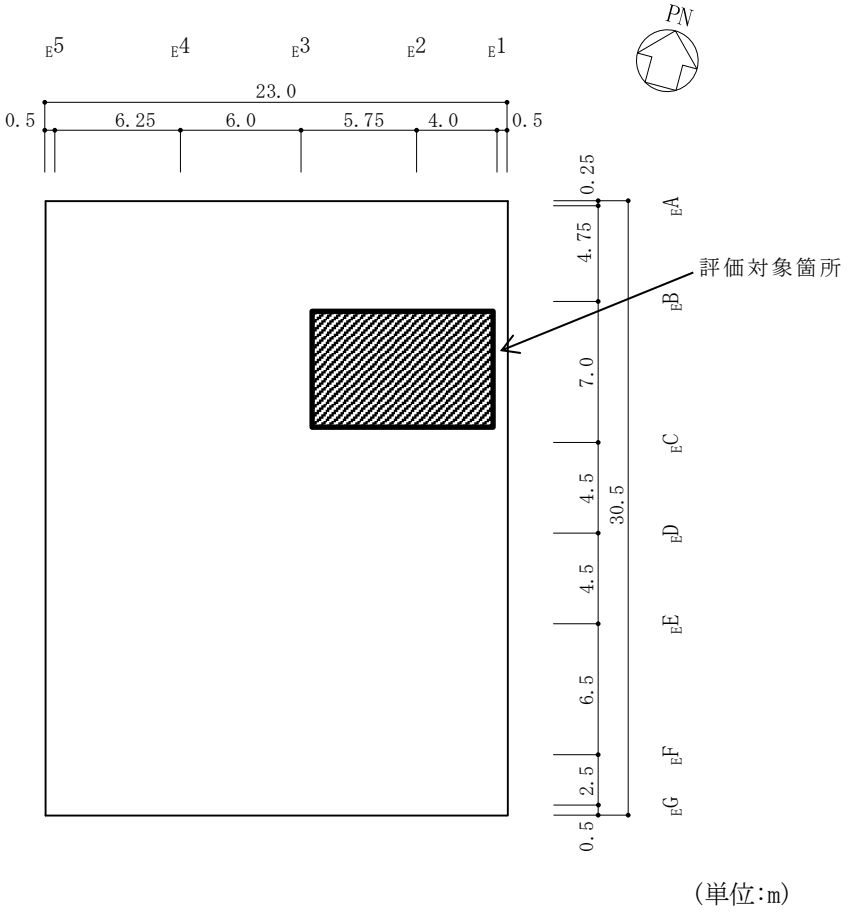



図 4－2　屋根スラブの評価を記載する部材の位置

(RF, EL 56.6m)

4.2　荷重及び荷重の組合せ

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

4.2.1　屋根スラブ

(1)　荷重

a.　鉛直荷重

固定荷重（Ｇ），積載荷重（Ｐ）及び積雪荷重（ＳＮＬ）を表4－1に示す。積雪荷重（ＳＮＬ）は，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとし，積雪量1cmごとに20N/m$^2$の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

表4－1　荷重一覧

（単位：kN/m$^2$）

| | |
|---|---|
| 固定荷重（Ｇ） | 31.8 |
| 積載荷重（Ｐ） | 13.2 |
| 積雪荷重（ＳＮＬ） | 0.7 |

b.　地震荷重

地震荷重（Ｓｓ）は，基準地震動Ｓｓに対する質点系モデルの屋上レベルの鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2)　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4－2 に示す。

表 4－2　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ss 地震時 | G＋P＋SNL＋S s |

G　　：固定荷重
P　　：積載荷重
SNL　：積雪荷重
S s　　：地震荷重

4.3　許容限界

応力解析による評価における緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの許容限界は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表 4－3 のとおり設定する。

また，表 4－4 及び表 4－5 にコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を示す。

表 4－3　応力解析による評価における許容限界

（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| ― | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 屋根スラブ | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*1 |
| 遮蔽性 | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 屋根スラブ | 部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*1 |
| 気密性 | 換気性能とあいまって気密性能を維持すること | 基準地震動Ｓｓ | 屋根スラブ | 部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*2 |

注記＊1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし，さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

＊2：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし，地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4－4　コンクリートの短期許容応力度

（単位：$N/mm^2$）

| 設計基準強度<br>Fc | 圧縮 | せん断 |
|---|---|---|
| 30.0 | 20.0 | 1.18 |

表 4－5　鉄筋の短期許容応力度

（単位：$N/mm^2$）

| 種別 | 引張及び<br>圧縮 | せん断 |
|---|---|---|
| SD345 | 345 | 345 |

4.4　解析モデル及び諸元

4.4.1　屋根スラブ

(1)　モデル化の基本方針

屋根スラブは，屋根スラブ周囲の境界条件を考慮して四辺固定版として評価する。

(2)　解析諸元

使用材料の物性値を表 4－6 に示す。

表 4－6　使用材料の物性値

| コンクリートの設計基準強度 $F_c$ ($N/mm^2$) | ヤング係数 $E$ ($N/mm^2$) | ポアソン比 $\nu$ |
|---|---|---|
| 30.0 | $2.44\times10^4$ | 0.2 |

4.5　応力評価方法

4.5.1　屋根スラブ

(1)　荷重ケース

Ｓｓ地震時の応力は，単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大鉛直加速度は，質点系モデルにより得られた屋根面の加速度のうち,最大の加速度を採用する。なお，対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから，共振は考慮しない。最大鉛直加速度及び鉛直震度を表 4－7 に示す。

Ｇ　　：固定荷重
Ｐ　　：積載荷重
ＳＮＬ　　：積雪荷重（地震時）
$S_{sUD}$　　：Ｓｓ地震荷重（鉛直方向）

表 4－7　最大鉛直加速度及び鉛直震度

| EL (m) | 階 | ケース | 最大鉛直加速度 ($m/s^2$) | 鉛直震度 |
|---|---|---|---|---|
| 56.6 | RF | Ｓｓ－Ｄ (ケース 3) | 7.89 | 0.81 |

(2)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4－8 に示す。

鉛直地震力は，固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4－8　荷重の組合せケース（屋根スラブ）

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | Ｇ＋Ｐ＋ＳＮＬ＋1.0・$S_{sUD}$ |

(3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

・短辺方向の端部曲げモーメント（$M_{X1}$）

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

・短辺方向の中央部曲げモーメント（$M_{X2}$）

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

・短辺方向のせん断力（$Q_X$）

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

・長辺方向の端部曲げモーメント（$M_{Y1}$）

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

・長辺方向の中央部曲げモーメント（$M_{Y2}$）

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

・長辺方向のせん断力（$Q_Y$）

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで,

$l_X$ ：短辺有効スパン（m）

$l_Y$ ：長辺有効スパン（m）

$w$ ：等分布荷重（$kN/m^2$）

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4+l_Y^4} \cdot w$$

## 4.6　断面の評価方法

### 4.6.1　屋根スラブ

断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し，各許容限界を超えないことを確認する。

(1)　曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が，許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで，

$\sigma_t$ ：鉄筋の引張応力度（N/mm$^2$）

M　：曲げモーメント（N･mm）

$a_t$ ：引張鉄筋断面積（mm$^2$）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

(2)　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，評価対象部位に生じる面外せん断力が，次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002)\}$$

ここで，

$Q_A$ ：許容面外せん断力（N）

b　：断面の幅（mm）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

$\alpha$　：許容せん断力の割り増し係数

（2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。）

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

ここで，

M　：曲げモーメント（N･mm）

Q　：せん断力（N）

d　：断面の有効せい（mm）

$f_s$ ：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 4－4 に示す値（N/mm$^2$）

$_wf_t$ ：せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 4－5 に示す値（N/mm$^2$）

$p_w$ ：せん断補強筋比で，次式による。（0.002 以上とする。*）

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$ ：せん断補強筋の断面積（mm$^2$）

$x$ ：せん断補強筋の間隔（mm）

注記＊：せん断補強筋がない領域については，第 2 項を 0 とする。

（なお，屋根スラブには，面外せん断補強筋は入っていない。）

5.　地震応答解析による評価結果

5.1　耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について，Ｓｓ地震時の最大応答せん断ひずみが許容限界($2.0\times10^{-3}$)を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは $0.10\times10^{-3}$（ＥＷ方向，Ｓｓ－Ｄ，ケース 4，要素番号 1）であり，許容限界（$2.0\times10^{-3}$）を超えないことを確認した。耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5－1 に示す。各表において，最大応答せん断ひずみをせん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5－1 に示す。

なお，気密性について，各方向の耐震壁とも最大応答せん断ひずみはせん断スケルトン曲線上の第 1 折点を超えておらず，おおむね弾性状態にとどまることから気密性能を維持することを確認した。

表 5－1(1)　最大応答せん断ひずみ（ＮＳ方向）

| EL<br>(m) | 要素<br>番号 | 最大応答せん断ひずみ<br>($\times 10^{-3}$) | 許容限界<br>($\times 10^{-3}$) |
|---|---|---|---|
| 56.6～50.25 | 1 | 0.08 | 2.0 |

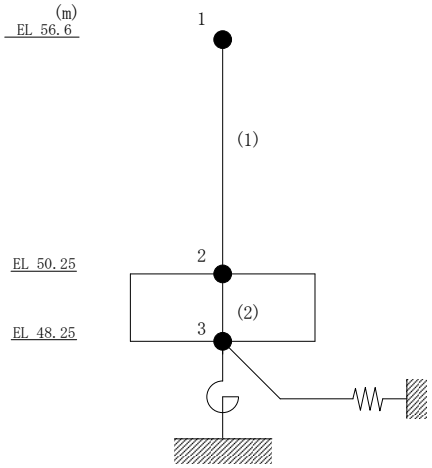
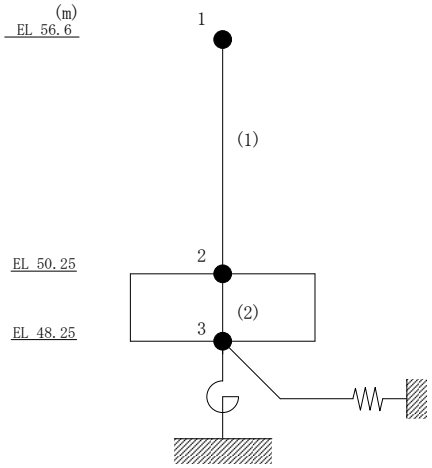
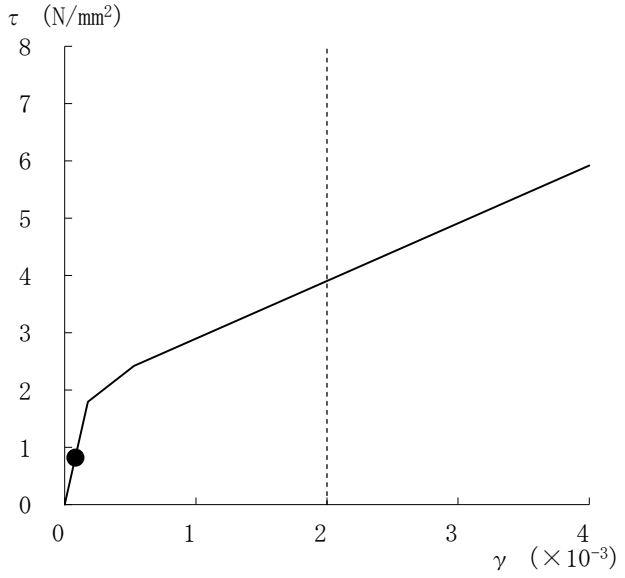



表 5－1(2)　最大応答せん断ひずみ（ＥＷ方向）

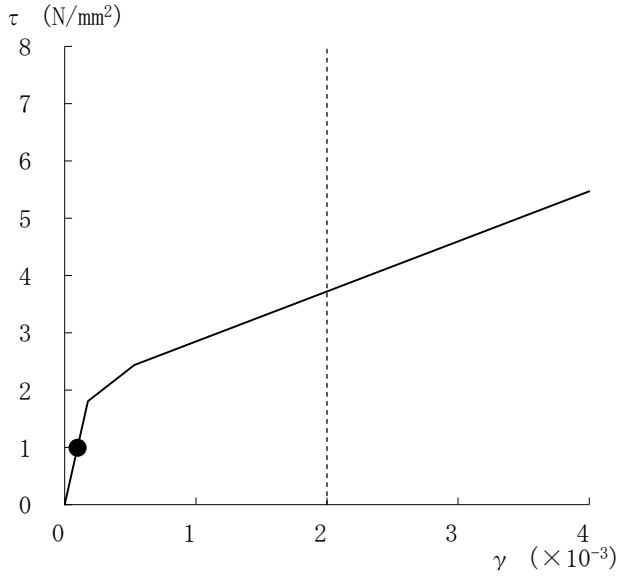
| EL<br>(m) | 要素<br>番号 | 最大応答せん断ひずみ<br>($\times 10^{-3}$) | 許容限界<br>($\times 10^{-3}$) |
|---|---|---|---|
| 56.6～50.25 | 1 | 0.10 | 2.0 |






(a)　ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｄ，ケース 4，要素番号 1）






(b)　ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｄ，ケース 4，要素番号 1）

図 5－1　せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ

6.　応力解析による評価結果

6.1　屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価結果を表 6－1 に示す。

屋根スラブについては，Ｓｓ地震時において，曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 6－1　評価結果（屋根スラブ）

| 方向 | | 短辺（ＮＳ）方向 | 長辺（ＥＷ）方向 |
|---|---|---|---|
| EL（m） | | 56.6 | |
| 厚さｔ（mm） | | □ | |
| 有効せいｄ(mm) | | □ | □ |
| 配　筋<br>（鉄筋断面積） | 上ば筋 | D25@200<br>(2535 $mm^2$/m) | D25@200<br>(2535 $mm^2$/m) |
| | 下ば筋 | D25@200<br>(2535 $mm^2$/m) | D25@200<br>(2535 $mm^2$/m) |
| 曲げモーメント | 発生曲げモーメント<br>Ｍ（kN・m/m） | 201.9 | 123.3 |
| | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$（N/$mm^2$） | 101 | 62 |
| | 許容限界<br>(N/$mm^2$) | 345 | 345 |
| | 検定値 | 0.30 | 0.18 |
| 面外せん断力 | 発生せん断力<br>Ｑ（kN/m） | 256.5 | 226.9 |
| | せん断スパン比による<br>割増し係数　$\alpha$ | 2.0 | 2.0 |
| | 許容限界<br>(kN/m) | 1858.5 | 1858.5 |
| | 検定値 | 0.14 | 0.13 |
| 判定 | | 可 | 可 |

# Ⅵ-2-9　原子炉格納施設の耐震性に関する説明書

# Ⅵ-2-9-2　原子炉格納容器の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-9-2-2　サプレッションチェンバの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 6
3.　評価部位 …… 7
4.　地震応答解析及び構造強度評価 …… 9
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 …… 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 9
4.3　地震応答解析モデル及び諸元 …… 16
4.4　固有周期 …… 19
4.5　設計用地震力 …… 27
4.6　計算方法 …… 32
4.7　計算条件 …… 37
4.8　応力の評価 …… 37
5.　評価結果 …… 38
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 38
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 45
6.　参照図書 …… 50

# 図　表　目　次


図 2－1　サプレッションチェンバの耐震評価フロー ····· 3
図 3－1　サプレッションチェンバの形状及び主要寸法 ····· 7
図 4－1　地震応答解析モデル（サプレッションチェンバ全体はりモデル） ····· 17
図 4－2　振動モード図（設計基準対象施設） ····· 21
図 4－3　振動モード図（重大事故等対処設備） ····· 25
図 4－4　サプレッションチェンバの応力評価点 ····· 33
図 4－5　応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル） ····· 35

表 2－1　構造計画 ····· 2
表 2－2　表示する数値の丸め方 ····· 6
表 3－1　使用材料表 ····· 8
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） ····· 10
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） ····· 11
表 4－3　クラスＭＣ容器の許容応力 ····· 12
表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設） ····· 13
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） ····· 13
表 4－6(1)　地震応答解析モデルの諸元（水平方向） ····· 18
表 4－6(2)　地震応答解析モデルの諸元（鉛直方向） ····· 18
表 4－7(1)　固有周期（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：水平方向） ····· 19
表 4－7(2)　固有周期（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：鉛直方向） ····· 20
表 4－8(1)　固有周期（重大事故等対処設備）（地震応答解析モデル：水平方向） ····· 23
表 4－8(2)　固有周期（重大事故等対処設備）（地震応答解析モデル：鉛直方向） ····· 24
表 4－9(1)　設計用地震力（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：水平方向） ···· 28
表 4－9(2)　設計用地震力（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：鉛直方向） ···· 29
表 4－10(1)　設計用地震力（重大事故等対処設備）
（地震応答解析モデル：水平方向） ····· 30
表 4－10(2)　設計用地震力（重大事故等対処設備）
（地震応答解析モデル：鉛直方向） ····· 31
表 4－11　応力評価点 ····· 32
表 4－12　応力解析モデルの諸元 ····· 36
表 5－1　許容応力状態ⅢＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋Ｓｄ*） ····· 39
表 5－2(1)　許容応力状態ⅣＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋Ｓｓ） ····· 41
表 5－2(2)　許容応力状態ⅣＡＳに対する評価結果（Ｄ＋$P_L$＋$M_L$＋Ｓｄ*） ····· 43
表 5－3(1)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋$P_{SAL}$＋$M_{SAL}$＋Ｓｄ） ····· 46
表 5－3(2)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋$P_{SALL}$＋$M_{SALL}$＋Ｓｓ） ··· 48

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，サプレッションチェンバが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

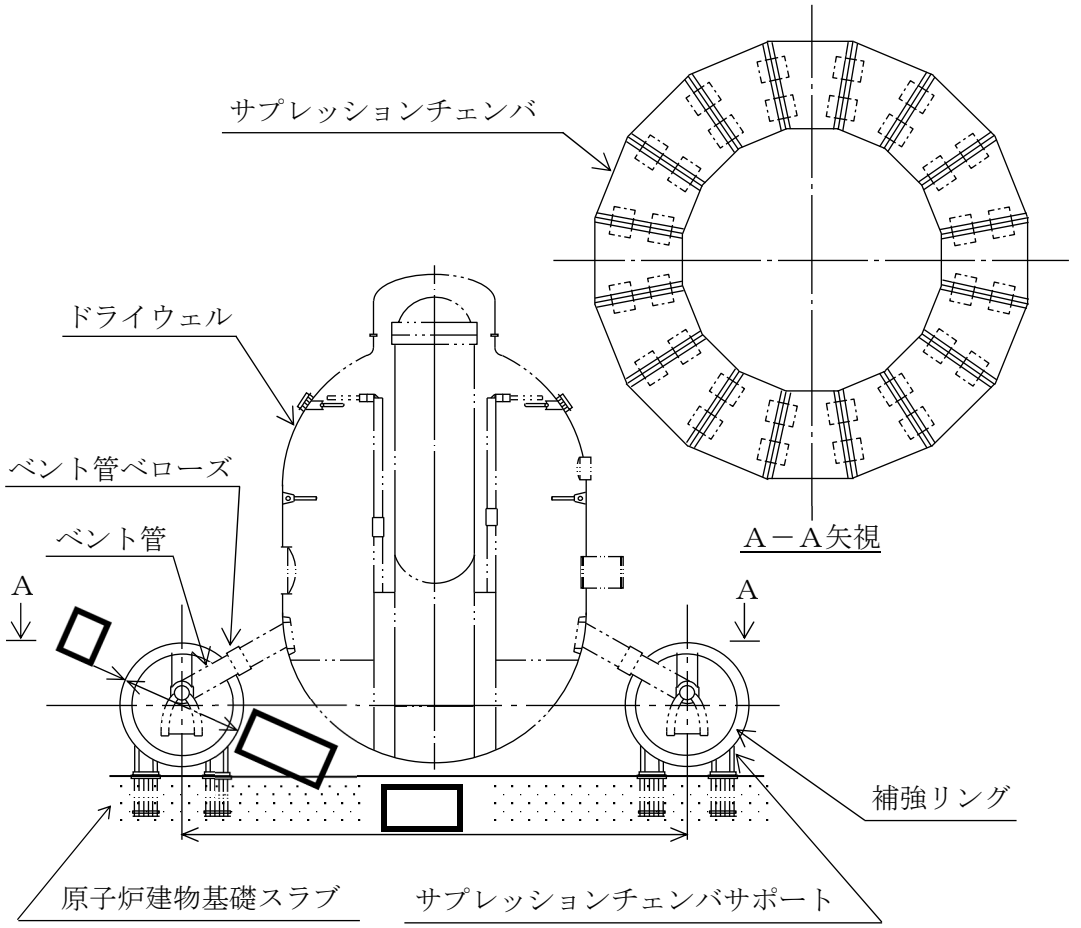
なお，本計算書においては，新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし，前述の荷重を除く荷重によるサプレッションチェンバの評価は，昭和 59 年 9 月 17 日付け 59 資庁第 8283 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

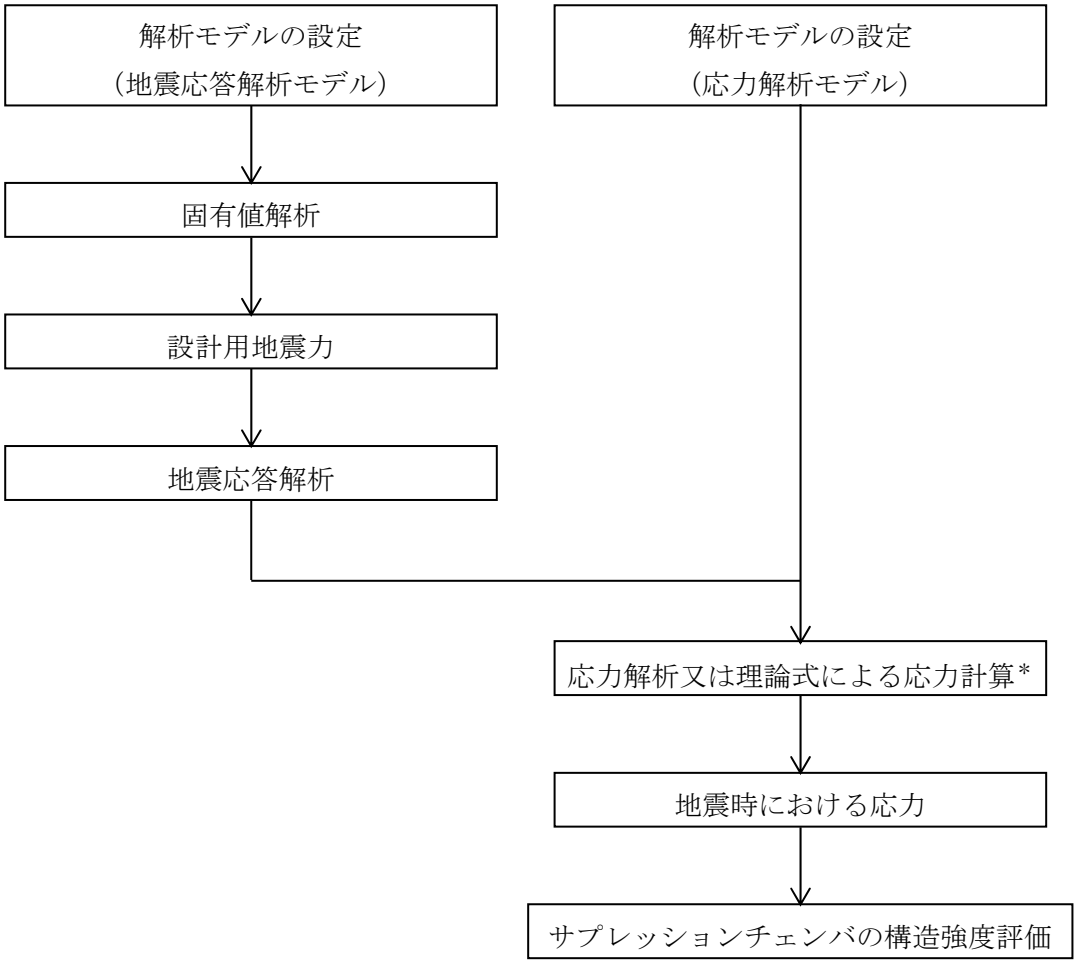
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| サプレッションチェンバは，サプレッションチェンバサポートにより支持される。<br>サプレッションチェンバの水平方向地震荷重及び鉛直方向地震荷重はサプレッションチェンバサポートを介して原子炉建物基礎スラブに伝達される。<br>サプレッションチェンバは，ベント管を介してドライウェルと接続されているが，ベント管ベローズにより振動が伝達しない構造であり，地震による振動は原子炉建物基礎スラブからサプレッションチェンバサポートを介してサプレッションチェンバに入力される。 | サプレッションチェンバは，内部水を有した 16 セグメントの内径 [redacted] mm，厚さ [redacted] mm の円筒胴で構成される中心径 [redacted] mm の円環状の鋼製構造物である。円筒胴内部に補強リングを備える。 |  |

（単位：mm）

2.2　評価方針

サプレッションチェンバの応力評価は，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

サプレッションチェンバの耐震評価フローを図 2－1 に示す。




注記＊：スロッシング荷重を考慮

図 2－1　サプレッションチェンバの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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 |
|---|---|---|
| $C_i$ | 地震層せん断力係数 | — |
| $C_V$ | 鉛直方向設計震度 | — |
| D | 死荷重，直径 | —，mm |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| $\ell$ | 長さ | mm |
| $m_0$ | 機器質量 | kg |
| $m_1$ | 水質量 | kg |
| M | 機械的荷重 | — |
| $M_L$ | 地震と組み合わせる機械的荷重 | — |
| $M_{SAL}$ | 機械的荷重（ＳＡ後長期機械的荷重） | — |
| $M_{SALL}$ | 機械的荷重（ＳＡ後長々期機械的荷重） | — |
| P | 圧力 | — |
| $P_L$ | 地震と組み合わせる圧力 | — |
| $P_{SAL}$ | 圧力（ＳＡ後長期圧力） | —，kPa |
| $P_{SALL}$ | 圧力（ＳＡ後長々期圧力） | —，kPa |
| S | 許容引張応力 | MPa |
| Ｓｄ | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力 | — |
| Ｓｄ* | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又は静的地震力 | — |
| $S_m$ | 設計応力強さ | MPa |
| Ｓｓ | 基準地震動Ｓｓにより定まる地震力 | — |
| $S_u$ | 設計引張強さ | MPa |
| $S_y$ | 設計降伏点 | MPa |
| $S_y$（ＲＴ） | 40℃における設計降伏点 | MPa |
| T | 温度 | ℃ |
| $T_{SAL}$ | 温度（ＳＡ後長期温度） | ℃ |
| $T_{SALL}$ | 温度（ＳＡ後長々期温度） | ℃ |
| $t_i$ | 厚さ（ｉ＝1，2，3） | mm |
| $\theta$ | 角度 | ° |
| $\nu$ | ポアソン比 | — |
| $\rho$ | 密度 | $kg/mm^3$ |

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

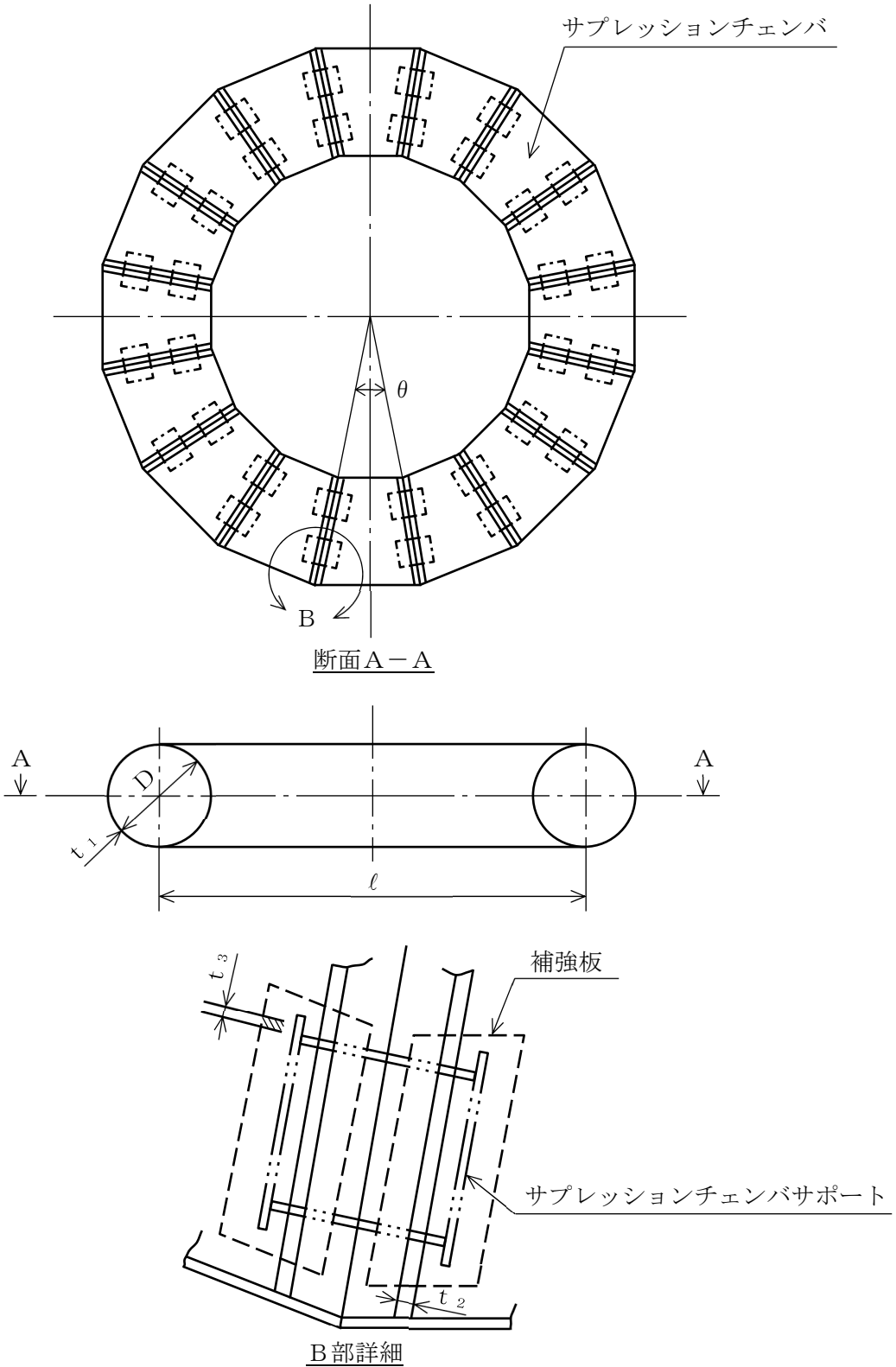
| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 固有周期 | s | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位 |
| 震度 | ― | 小数点以下第3位 | 切上げ | 小数点以下第2位 |
| 圧力 | kPa | ― | ― | 整数位 |
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 質量 | kg | 有効数字4桁 | 四捨五入 | 有効数字3桁 |
| 密度 | $kg/m^3$ | 有効数字4桁 | 四捨五入 | 有効数字3桁 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| 角度 | ° | ― | ― | 小数点以下第1位 |
| 縦弾性係数 | MPa | 有効数字4桁 | 四捨五入 | 有効数字3桁 |
| ポアソン比 | ― | ― | ― | 小数点以下第1位 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*2 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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

3. 評価部位

サプレッションチェンバの形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び評価部位を表3－1に示す。




D＝□　ℓ＝□　t 1＝□　t 2＝□　t 3＝□　θ＝□

（単位：mm）

図3－1　サプレッションチェンバの形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

| 評価部位 | 使用材料 | 備考 |
|---|---|---|
| サプレッションチェンバ | SPV50 | SPV490 相当 |

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)　サプレッションチェンバの水平方向地震荷重及び鉛直方向地震荷重はサプレッションチェンバサポートを介して原子炉建物基礎スラブに伝達される。なお，サプレッションチェンバサポートは，サプレッションチェンバの半径方向の熱膨張を吸収する目的でシアキー構造により可動する構造である。サプレッションチェンバは，ベント管を介してドライウェルと接続されているが，ベント管ベローズにより振動が伝達しない構造であり，地震による振動は原子炉建物基礎スラブからサプレッションチェンバサポートを介してサプレッションチェンバに入力される。

サプレッションチェンバの耐震評価として，Ⅵ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」により求めた地震力を用いて，既工認の手法に従い構造強度評価を行う。サプレッションチェンバサポートの耐震評価は，Ⅵ-2-9-2-4「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」に示す。

(2)　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は，「4.6.3　応力計算方法」に示す。

(3)　構造強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

(4)　概略構造図を表 2－1 に示す。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

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

4.2.2　許容応力

サプレッションチェンバの許容応力は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバの使用材料の許容応力評価条件のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ*1 | | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器 | サプレッションチェンバ | S | クラスMC容器 | D＋P＋M＋S d* | (10)<br>(11) *2<br>(14)<br>(16) | ⅢAS |
| | | | | | D＋P＋M＋S s | (12)<br>(13) *2<br>(15) | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_L$＋$M_L$＋S d**3 | (17) | ⅣAS |

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

＊2：運転状態Ⅰによる燃料交換時の活荷重は，サプレッションチェンバに作用しないことから，荷重の組合せとして考慮せず評価しない。

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

表４－２　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ*2 | | 許容応力状態*3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器 | サプレッションチェンバ | 常設耐震／防止<br>常設／緩和<br>常設／防止<br>（ＤＢ拡張） | 重大事故等クラス２容器 | Ｄ＋$P_{SAL}$＋$M_{SAL}$＋Ｓｄ*4 | （Ｖ（Ｌ）-1） | $V_AS$ |
| | | | | | Ｄ＋$P_{SALL}$＋$M_{SALL}$＋Ｓｓ | （Ｖ（ＬＬ）-1） | $V_AS$ |

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

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

＊3：$V_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。

＊4：重大事故等後の最高内圧と最高温度との組合せを考慮する。

表4－3　クラスＭＣ容器の許容応力

| 応力分類 ＼ 許容応力状態 | 一次一般膜応力 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 一次＋二次応力 | 一次＋二次＋ピーク応力 |
|---|---|---|---|---|
| ⅢＡＳ | Ｓｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Ｓとする。 | 左欄のα倍の値*1 | 3・Ｓ*2<br>Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる応力振幅について評価する。 | *3, *4<br>Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。 |
| ⅣＡＳ | 構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。 | 左欄のα倍の値*1 | | |
| ＶＡＳ*5 | | | | |

注記＊1：設計・建設規格　PVB-3111に準じる場合は，純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

＊2：3・Ｓを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313を除く。また，ＳｍはＳと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いることができる。

＊3：設計・建設規格　PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要
ただし，PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「Ｓｄ又はＳｓ地震動による応力の全振幅」と読み替える。

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

＊5：ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。

表4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サプレッションチェンバ | SPV50* | 周囲環境温度 | 104 | 167 | 459 | 562 | — |

注記＊：SPV490 相当

表4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サプレッションチェンバ | SPV50*1 | 周囲環境温度 | 200*2 | 167 | 417 | 545 | — |
| | | 周囲環境温度 | 70*3 | 167 | 478 | 581 | — |

注記＊1：SPV490 相当

＊2：ＳＡ後長期温度

＊3：ＳＡ後長々期温度

4.2.4　設計荷重

(1)　設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び水力学的動荷重は，以下のとおりとする。

a.　圧力及び最高使用温度

| | |
|---|---|
| 内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧） | 209kPa |
| 外圧 | 14kPa |
| 温度（最高使用温度） | 104℃ |

b.　死荷重

サプレッションチェンバ，サプレッションチェンバサポート及びサプレッションチェンバ内部水の自重を死荷重とする。

死荷重　　[redacted]N

設計基準対象施設の評価における水位は，H.W.L.(EL [redacted]mm)に対して保守的な条件として以下のとおりとする。

水位　　EL [redacted]mm

c.　逃がし安全弁作動時の荷重

逃がし安全弁作動時，排気管内の気体がクエンチャからサプレッションプール水中に放出される際，サプレッションチェンバに対して，参照図書(1)に示す圧力振動荷重が作用する。荷重の大きさは下記のとおりである。

| | |
|---|---|
| 最大正圧 | [redacted]kPa |
| 最大負圧 | [redacted]kPa |

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

重大事故等対処設備としての設計荷重である，評価圧力，評価温度，死荷重及び水力学的動荷重は，以下のとおりとする。

a. 評価圧力及び評価温度

| | |
|---|---|
| 内圧$P_{SAL}$ | 660kPa（ＳＡ後長期） |
| 内圧$P_{SALL}$ | 380kPa（ＳＡ後長々期） |
| 温度$T_{SAL}$ | 200℃（ＳＡ後長期） |
| 温度$T_{SALL}$ | 70℃（ＳＡ後長々期） |

b. 死荷重

サプレッションチェンバ，サプレッションチェンバサポート及びサプレッションチェンバ内部水の自重を死荷重とする。

死荷重 [redacted]N

重大事故等対処設備の評価における水位は，以下のとおりとする。

水位 EL [redacted]mm

c. チャギング荷重

サプレッションチェンバに対して，低流量蒸気凝縮時には，参照図書(1)に示すチャギング荷重が作用する。荷重の大きさは下記のとおりである。

| | |
|---|---|
| 最大正圧 | [redacted]kPa |
| 最大負圧 | [redacted]kPa |

4.3　地震応答解析モデル及び諸元

(1)　設計基準対象施設としての地震応答解析モデル及び諸元

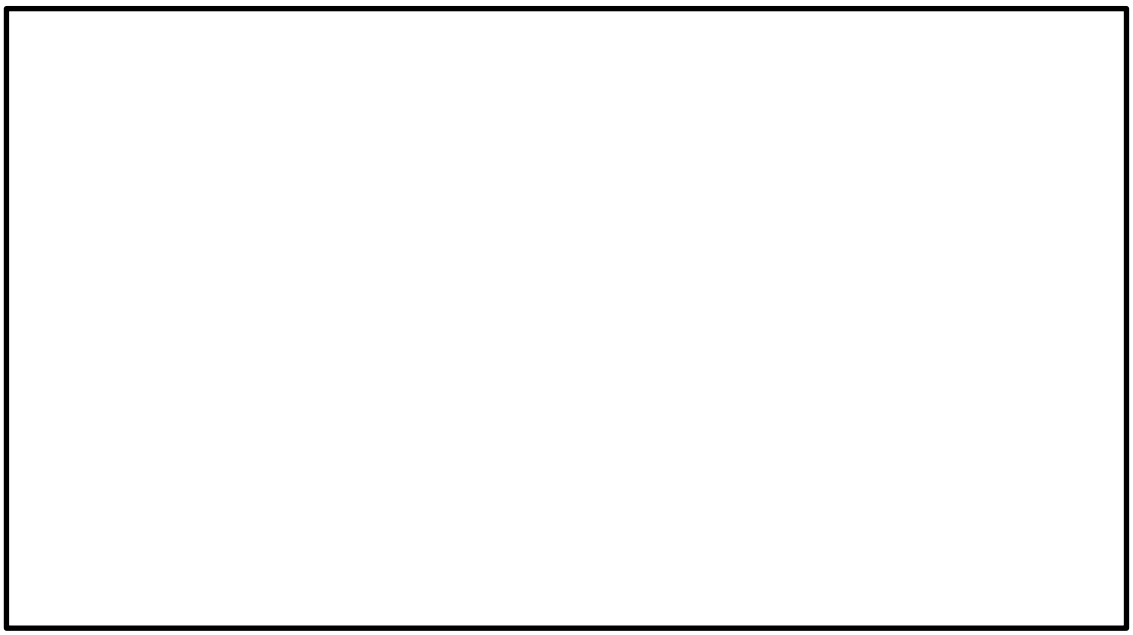
設計基準対象施設としての評価は，サプレッションチェンバ全体の地震時の荷重及び変位を算出するための地震応答解析モデル（サプレッションチェンバ全体はりモデル）及び「4.6.2　応力解析モデル及び諸元」に示すサプレッションチェンバ各部の応力を算出するための応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル）を用いて構造強度評価を実施する。動的解析手法としては，スペクトルモーダル解析法を用いる。

サプレッションチェンバの地震応答解析モデル（サプレッションチェンバ全体はりモデル）の概要を以下に示す。

a.　サプレッションチェンバ全体の解析モデルは，3次元はりモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルは，構造及び荷重の伝達経路を考慮し，サプレッションチェンバ，サプレッションチェンバサポート及びサプレッションチェンバ内部水をモデル化する。また，ストレーナ部の耐震評価用として，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を解析モデルに含める。なお，ストレーナ部の解析モデルの概要については，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」に示す。解析モデルを図 4－1 に，解析モデルの諸元について表 4－6 に示す。

b.

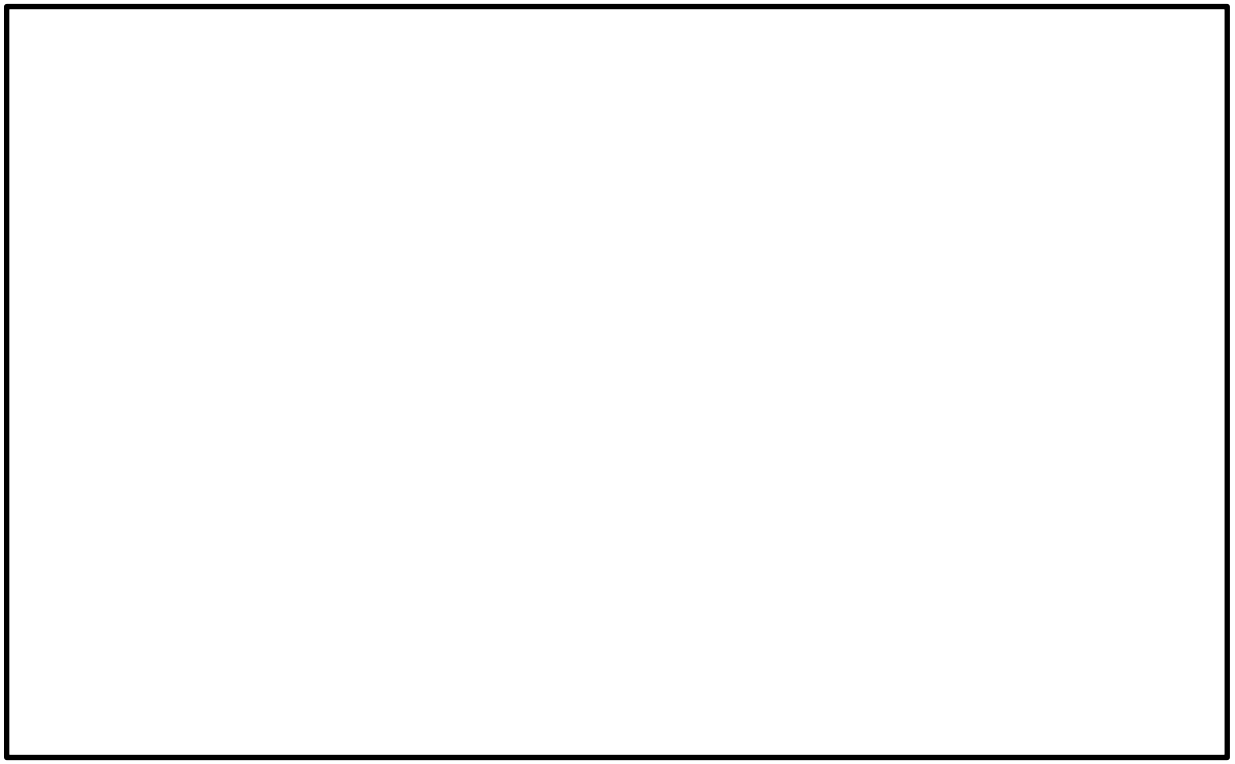
c.



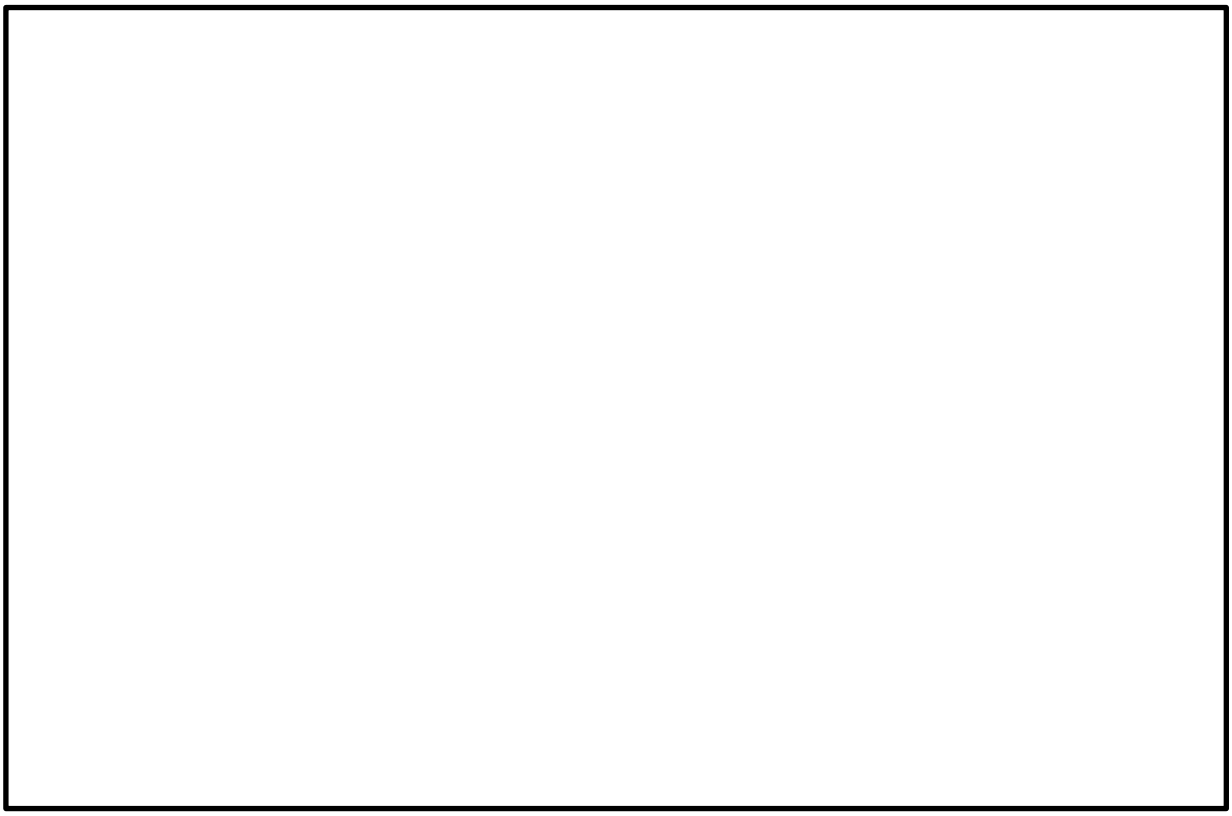
d.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，荷重及び変位を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2)　重大事故等対処設備としての地震応答解析モデル及び諸元

重大事故等対処設備としての地震応答解析モデル（サプレッションチェンバ全体はりモデル）及び諸元は，設計基準対象施設と同じとする。



(a)　水平方向



(b)　鉛直方向

図 4－1　地震応答解析モデル（サプレッションチェンバ全体はりモデル）

表 4－6(1)　地震応答解析モデルの諸元（水平方向）

| 項目 | | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|---|
| 材質 | サプレッションチェンバ胴 | — | — | SPV50*1 |
| | サプレッションチェンバサポート，補強リング | — | — | SGV49*2 |
| | ストレーナ | — | — | SUS304L，SUS304，STS42*3，SGV480 |
| 機器質量 | | $m_0$ | kg | [redacted] |
| 水密度 | | $\rho$ | kg/mm$^3$ | [redacted] |
| 温度条件 | | T | ℃ | 104 |
| 縦弾性係数 | | E | MPa | 198000（SPV50*1，SGV480，STS42*3）<br>190000（SUS304L，SUS304） |
| ポアソン比 | | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | | — | — | [redacted] |
| 節点数 | | — | — | [redacted] |

注記＊1：SPV490 相当

＊2：SGV480 相当

＊3：STS410 相当

表 4－6(2)　地震応答解析モデルの諸元（鉛直方向）

| 項目 | | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|---|
| 材質 | サプレッションチェンバ胴 | — | — | SPV50*1 |
| | サプレッションチェンバサポート，補強リング | — | — | SGV49*2 |
| | ストレーナ | — | — | SUS304L，SUS304，STS42*3，SGV480 |
| 質量 | 機器質量 | $m_0$ | kg | [redacted] |
| | 水質量 | $m_1$ | kg | [redacted] |
| 温度条件 | | T | ℃ | 104 |
| 縦弾性係数 | | E | MPa | 198000（SPV50*1，SGV480，STS42*3）<br>190000（SUS304L，SUS304） |
| ポアソン比 | | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | | — | — | [redacted] |
| 節点数 | | — | — | [redacted] |

注記＊1：SPV490 相当

＊2：SGV480 相当

＊3：STS410 相当

4.4　固有周期

(1)　設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設における固有周期を表 4－7 に，振動モード図を代表して図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており，柔構造であることを確認した。

表 4－7(1)　固有周期（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：水平方向）

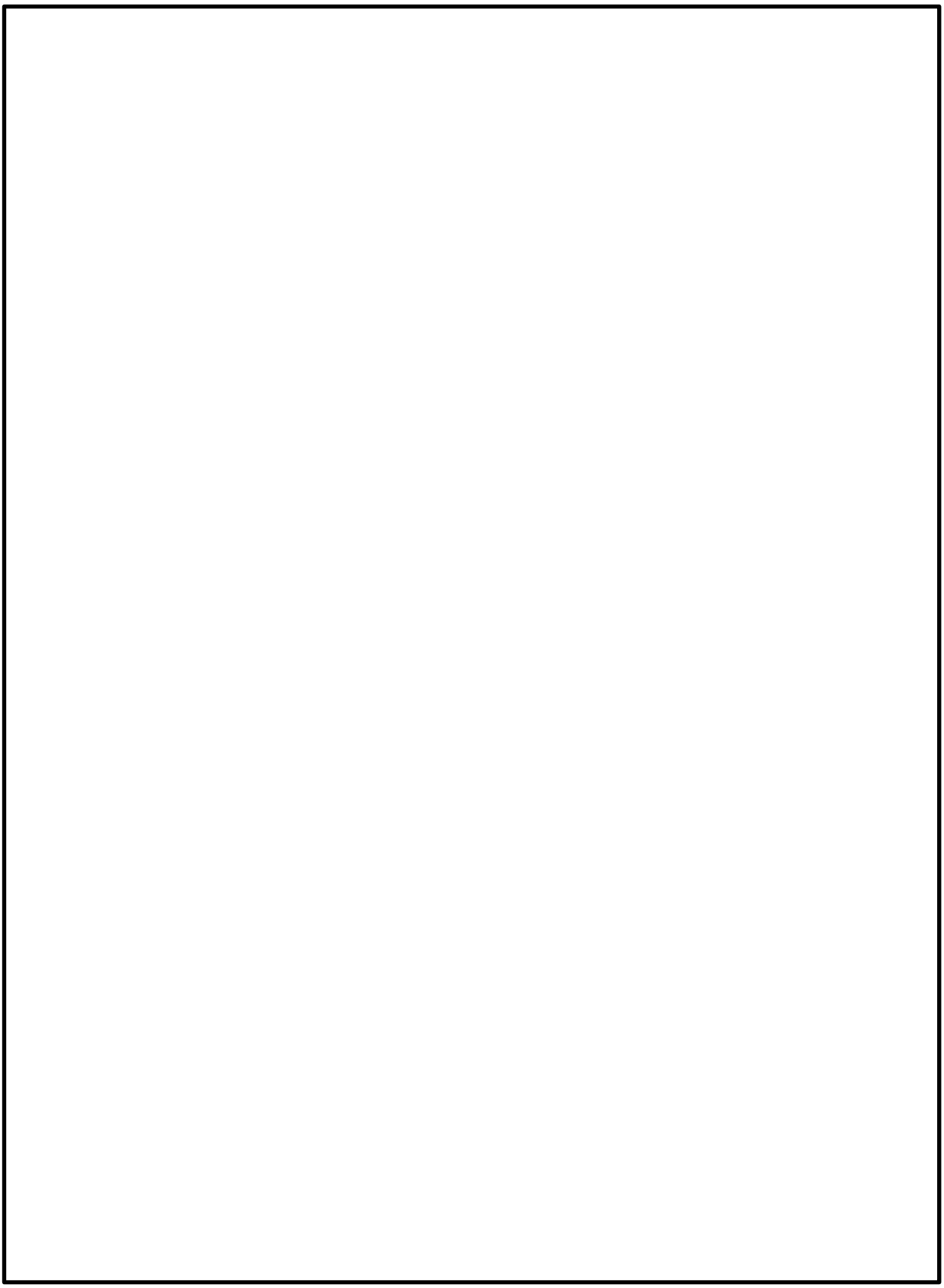
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |
| 8 次 | | | | |
| 9 次 | | | | |
| 10 次 | | | | |
| 11 次 | | | | |
| 12 次 | | | | |
| 13 次 | | | | |
| 14 次 | | | | |
| 15 次 | | | | |
| 16 次 | | | | |
| 17 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。

表 4－7(2)　固有周期（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：鉛直方向）

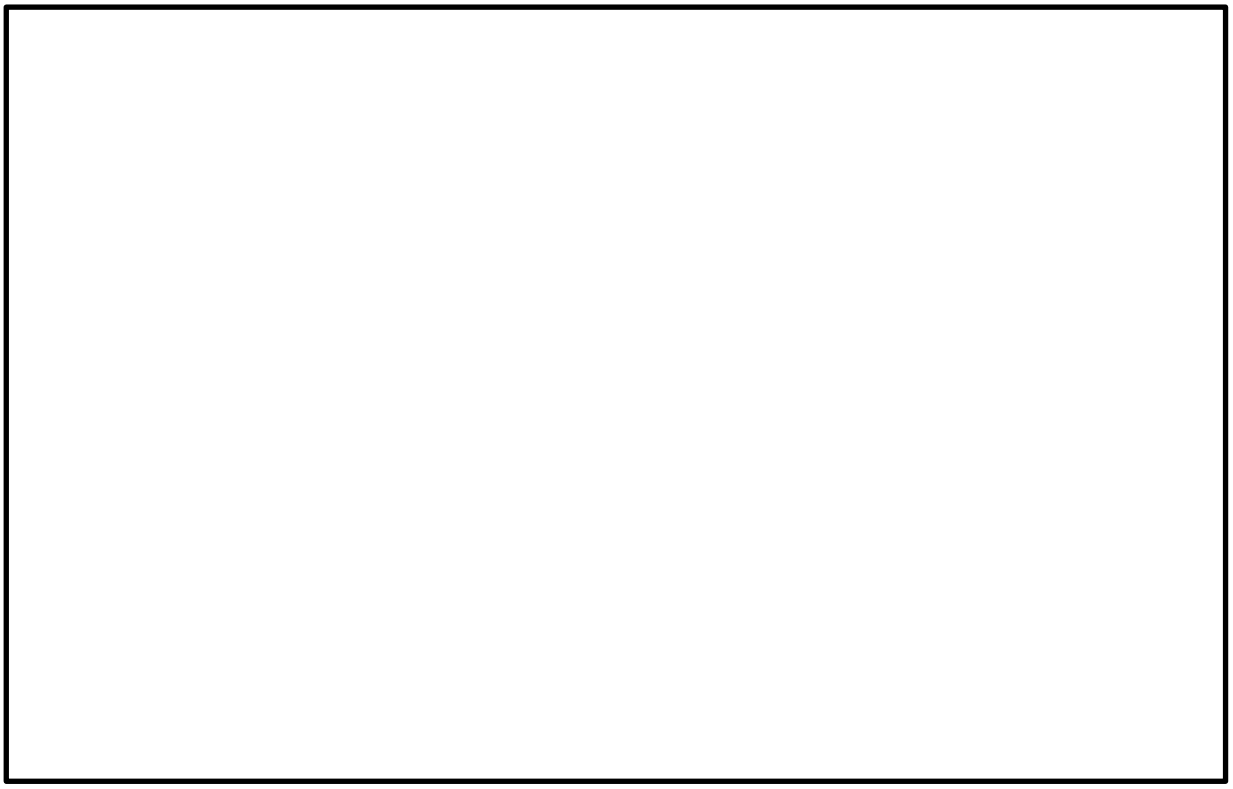
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |
| 8 次 | | | | |
| 9 次 | | | | |
| 10 次 | | | | |
| 11 次 | | | | |
| 12 次 | | | | |
| 13 次 | | | | |
| 14 次 | | | | |
| 15 次 | | | | |
| 16 次 | | | | |
| 17 次 | | | | |
| 18 次 | | | | |
| 19 次 | | | | |
| 20 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。



(a)　地震応答解析モデル：水平方向

図 4－2　振動モード図（設計基準対象施設）（その１）



(b)　地震応答解析モデル：鉛直方向

図 4－2　振動モード図（設計基準対象施設）（その２）

(2)　重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備における固有周期を表 4－8 に，振動モード図を代表して図 4－3 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており，柔構造であることを確認した。

表 4－8(1)　固有周期（重大事故等対処設備）（地震応答解析モデル：水平方向）

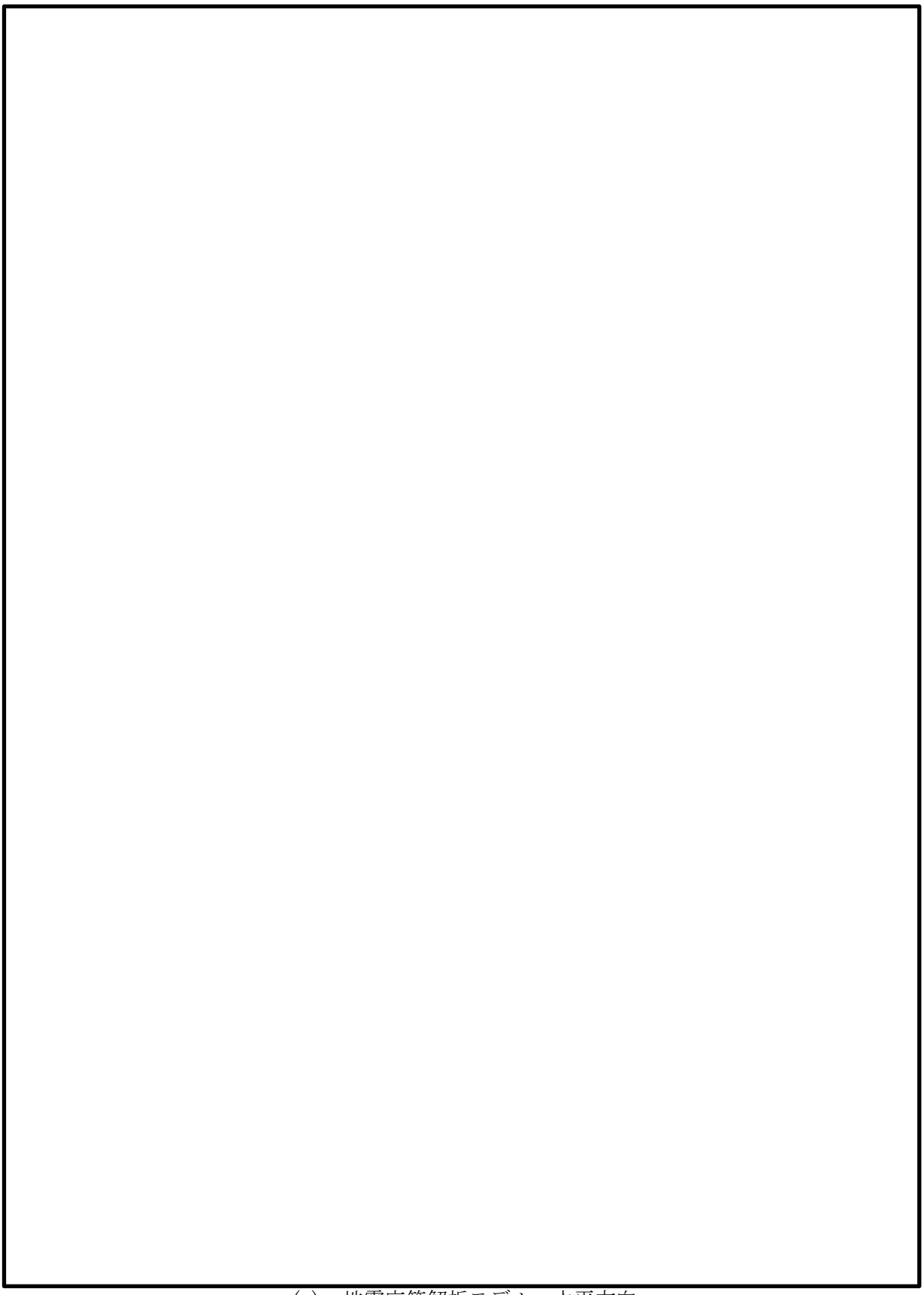
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |
| 8 次 | | | | |
| 9 次 | | | | |
| 10 次 | | | | |
| 11 次 | | | | |
| 12 次 | | | | |
| 13 次 | | | | |
| 14 次 | | | | |
| 15 次 | | | | |
| 16 次 | | | | |
| 17 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。

表 4－8(2)　固有周期（重大事故等対処設備）（地震応答解析モデル：鉛直方向）

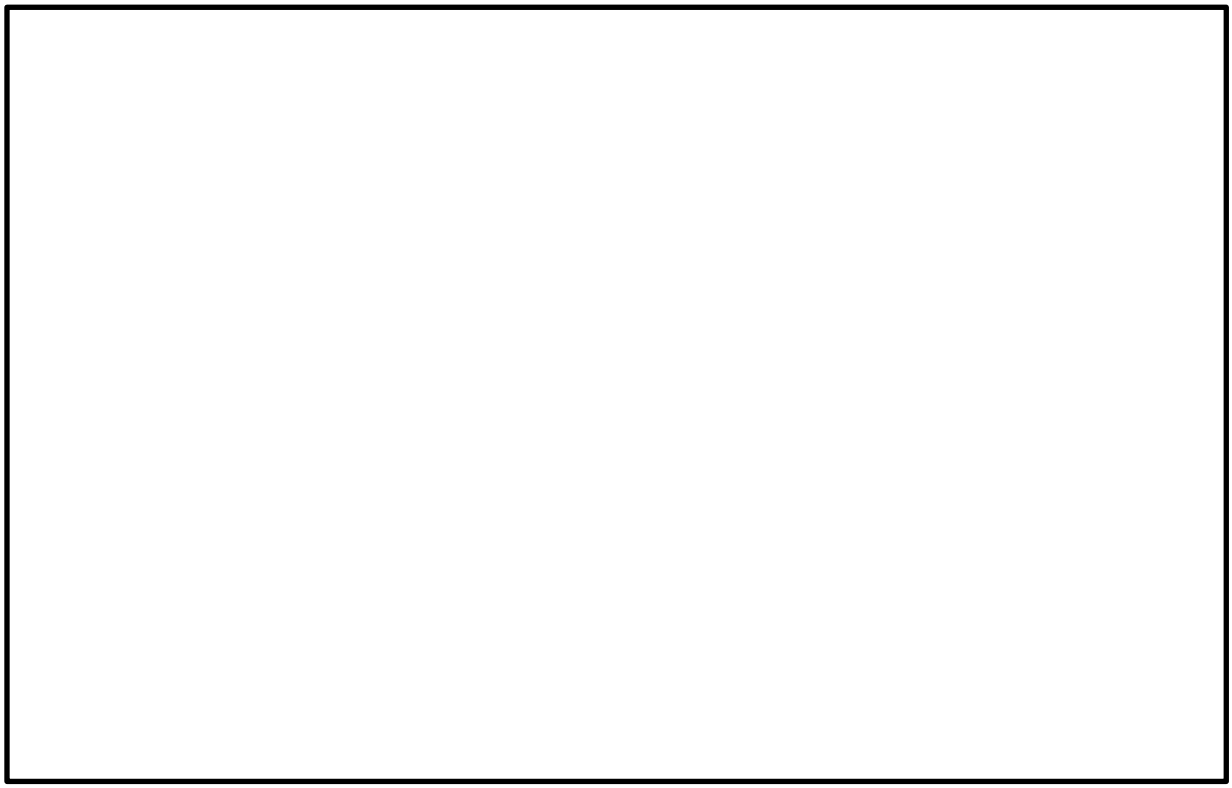
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |
| 8 次 | | | | |
| 9 次 | | | | |
| 10 次 | | | | |
| 11 次 | | | | |
| 12 次 | | | | |
| 13 次 | | | | |
| 14 次 | | | | |
| 15 次 | | | | |
| 16 次 | | | | |
| 17 次 | | | | |
| 18 次 | | | | |
| 19 次 | | | | |
| 20 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。



(a)　地震応答解析モデル：水平方向

図 4－3　振動モード図（重大事故等対処設備）（その１）



(b)　地震応答解析モデル：鉛直方向

図 4－3　振動モード図（重大事故等対処設備）（その２）

4.5　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4－9 及び表 4－10 に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」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」により求めた地震力を設定する。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。

(1)　設計基準対象施設としての設計用地震力

設計基準対象施設としてサプレッションチェンバの応力計算に用いる設計用地震力を表 4－9 に示す。

(2)　重大事故等対処設備としての設計用地震力

重大事故等対処設備としてサプレッションチェンバの応力計算に用いる設計用地震力を表 4－10 に示す。

表 4－9(1)　設計用地震力（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：水平方向）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物 EL [　] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0*1 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード | 固有周期(s) | 応答水平震度*2 | | 応答鉛直震度*2 | 応答水平震度*3 | | 応答鉛直震度*3 |
| | | Ｘ方向 | Ｙ方向 | Ｚ方向 | 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 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 9 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 10 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 11 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 12 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 13 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 14 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 15 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 16 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 17 次 | [　] | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 動的地震力*4 | | [　] | [　] | — | [　] | [　] | — |
| 静的地震力*5, *6 | | [　] | [　] | — | — | — | — |

注記＊1：サプレッションチェンバは溶接構造物に区分されるため，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）より得られる震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）より得られる震度

＊5：静的震度（3.0・Ｃｉ及び1.0・Ｃｖ）を示す。

＊6：水平方向の静的地震力は，サプレッションチェンバ内部水の全質量を考慮した鉛直方向用地震応答解析モデルに静的震度を負荷することで算出する。

表 4－9(2)　設計用地震力（設計基準対象施設）（地震応答解析モデル：鉛直方向）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物 EL [ ] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0*1 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード | 固有周期(s) | 応答水平震度*2 | | 応答鉛直震度*2 | 応答水平震度*3 | | 応答鉛直震度*3 |
| | | Ｘ方向 | Ｙ方向 | Ｚ方向 | 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 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 9 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 10 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 11 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 12 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 13 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 14 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 15 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 16 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 17 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 18 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 19 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 20 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 動的地震力*4 | | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 静的地震力*5 | | — | — | [ ] | — | — | — |

注記＊1：サプレッションチェンバは溶接構造物に区分されるため，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）より得られる震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）より得られる震度

＊5：静的震度（3.0・Ｃｉ及び1.0・Ｃｖ）を示す。

表 4－10(1)　設計用地震力（重大事故等対処設備）（地震応答解析モデル：水平方向）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物 EL [redacted] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 減衰定数(%) | | 水平：1.0*1 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード | 固有周期(s) | 応答水平震度*2 | | 応答鉛直震度*2 | 応答水平震度*3 | | 応答鉛直震度*3 |
| | | Ｘ方向 | Ｙ方向 | Ｚ方向 | Ｘ方向 | Ｙ方向 | Ｚ方向 |
| 1 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 2 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 3 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 4 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 5 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 6 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 7 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 8 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 9 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 10 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 11 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 12 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 13 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 14 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 15 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 16 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 17 次 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 動的地震力*4 | | [redacted] | [redacted] | — | [redacted] | [redacted] | — |
| 静的地震力*5, *6 | | [redacted] | [redacted] | — | — | — | — |

注記＊1：サプレッションチェンバは溶接構造物に区分されるため，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）より得られる震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）より得られる震度

＊5：静的震度（3.0・Ｃｉ及び1.0・Ｃｖ）を示す。

＊6：水平方向の静的地震力は，サプレッションチェンバ内部水の全質量を考慮した鉛直方向用地震応答解析モデルに静的震度を負荷することで算出する。

表 4－10(2)　設計用地震力（重大事故等対処設備）（地震応答解析モデル：鉛直方向）

| 据付場所及び設置高さ(m) | | 原子炉建物 EL [ ] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 減衰定数(%) | | 鉛直：1.0*1 | | | | | |
| 地震力 | | 弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度 | | | 基準地震動Ｓｓ | | |
| モード | 固有周期(s) | 応答水平震度*2 | | 応答鉛直震度*2 | 応答水平震度*3 | | 応答鉛直震度*3 |
| | | Ｘ方向 | Ｙ方向 | Ｚ方向 | 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 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 9 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 10 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 11 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 12 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 13 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 14 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 15 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 16 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 17 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 18 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 19 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 20 次 | [ ] | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 動的地震力*4 | | — | — | [ ] | — | — | [ ] |
| 静的地震力*5 | | — | — | [ ] | — | — | — |

注記＊1：サプレッションチェンバは溶接構造物に区分されるため，Ⅵ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

＊4：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動Ｓｄ）より得られる震度及び設計用震度Ⅰ（基準地震動Ｓｓ）より得られる震度

＊5：静的震度（3.0・Ｃｉ及び1.0・Ｃｖ）を示す。

4.6　計算方法

4.6.1　応力評価点

サプレッションチェンバの応力評価点は，サプレッションチェンバを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－11 及び図 4－4 に示す。

表 4－11　応力評価点

| 応力評価点番号 | 応力評価点 |
|---|---|
| Ｐ１ | サプレッションチェンバ胴中央部上部 |
| Ｐ２ | サプレッションチェンバ胴中央部下部 |
| Ｐ３ | サプレッションチェンバ胴中央部内側 |
| Ｐ４ | サプレッションチェンバ胴中央部外側 |
| Ｐ５ | サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 |
| Ｐ６ | サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 |
| Ｐ７ | サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 |
| Ｐ８ | サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 |
| Ｐ９ | サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 |
| Ｐ１０ | サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部 |

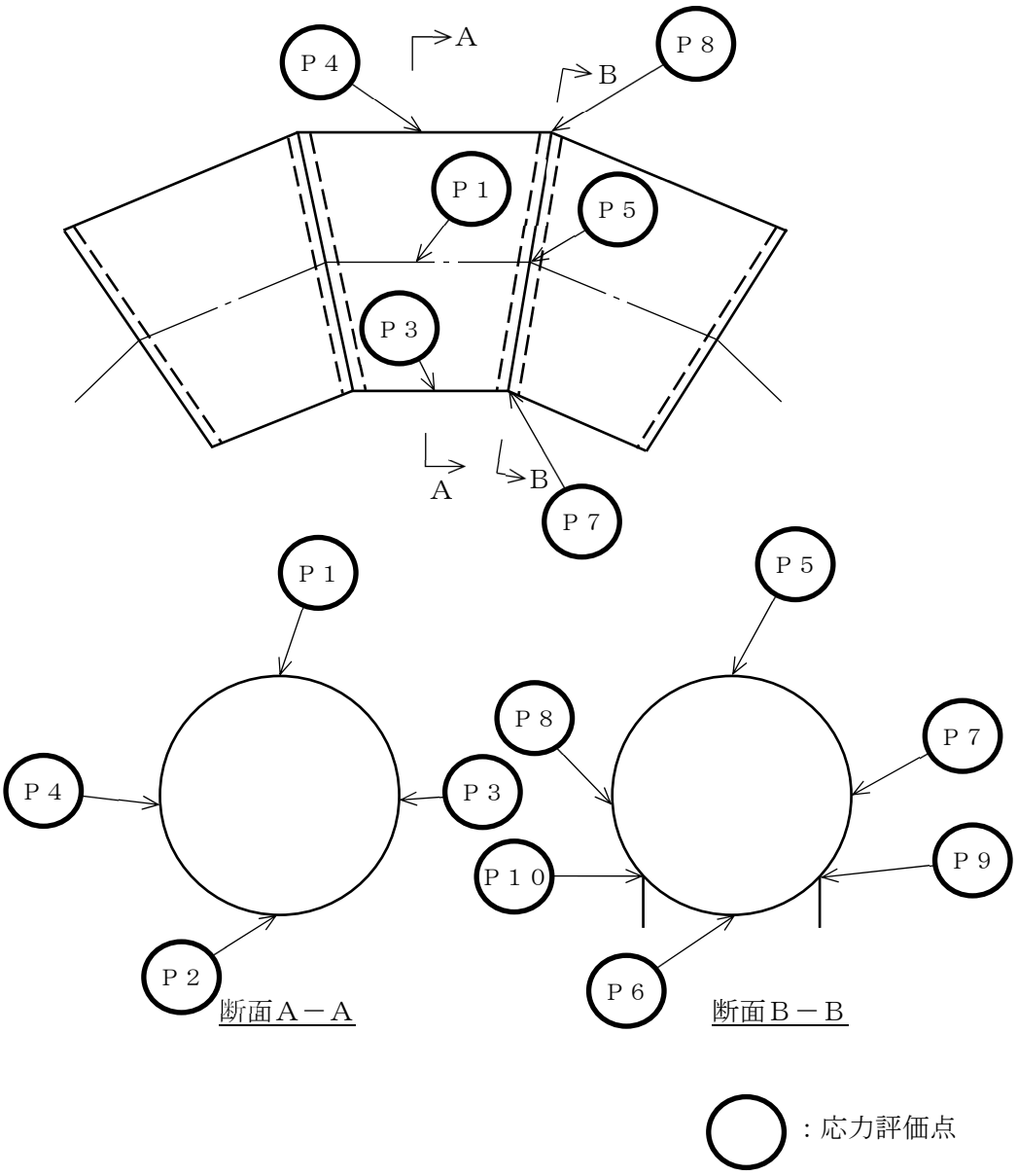



図 4－4　サプレッションチェンバの応力評価点

4.6.2　応力解析モデル及び諸元

(1)　設計基準対象施設としての応力解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価における，サプレッションチェンバの応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル）の概要を以下に示す。

a.　サプレッションチェンバの部分解析モデルは，3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルは，構造の対称性を考慮し，サプレッションチェンバを構成する 16 セグメントの円筒胴のうち隣り合う 2 セグメントの 1/2 の範囲についてモデル化する。また，サプレッションチェンバサポートは，内側及び外側各 1 個についてサプレッションチェンバサポート下部のフランジまでをモデル化する。解析モデルを図 4－5 に，解析モデルの諸元について表 4－12 に示す。

b.

c.

d.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，Ⅵ-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2)　重大事故等対処設備としての応力解析モデル及び諸元

重大事故等対処設備としての応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル）及び諸元は，設計基準対象施設と同じとする。

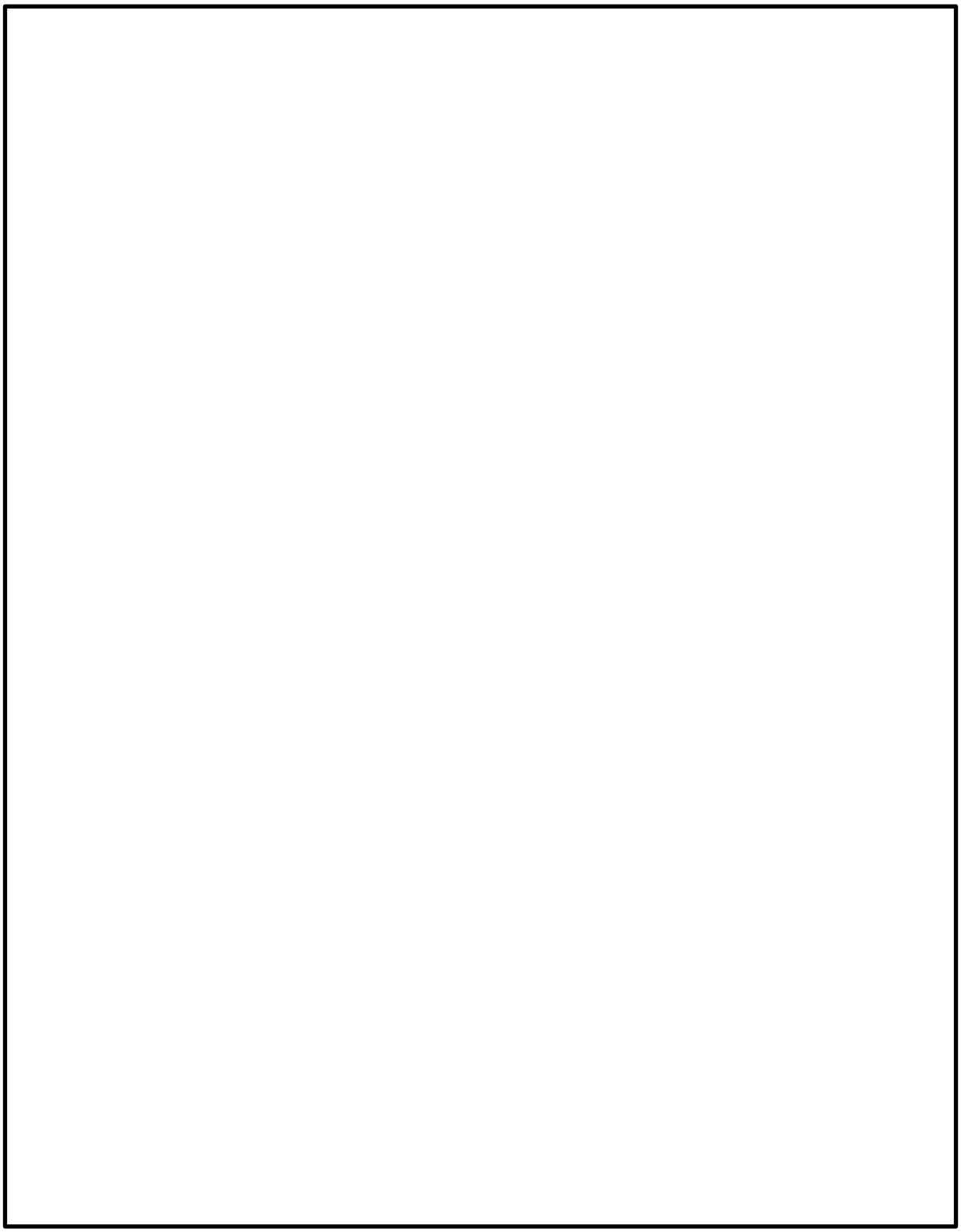


図 4－5　応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル）

表 4－12　応力解析モデルの諸元

| 項目 | 記号 | 単位 | 入力値 |
|---|---|---|---|
| 材質 | — | — | SPV50（SPV490相当）<br>SGV49（SGV480相当） |
| 機器質量 | $m_0$ | kg | —* |
| 温度条件 | T | ℃ | 104 |
| 縦弾性係数 | E | MPa | 198000 |
| ポアソン比 | $\nu$ | — | 0.3 |
| 要素数 | — | — | [redacted] |
| 節点数 | — | — | [redacted] |

注記＊：圧力荷重又は強制変位荷重による解析のため，質量は定義不要

4.6.3　応力計算方法

サプレッションチェンバの応力計算方法について，以下に示す。

(1)　設計基準対象施設としての応力計算

a.　応力評価点Ｐ１～Ｐ４に生じる応力

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

水平 2 方向の設計用地震力による応力は，ＳＲＳＳ法により組み合わせる。また，水平方向及び鉛直方向の設計用地震力による応力は，絶対値和により組み合わせる。

b.　応力評価点Ｐ５～Ｐ１０に生じる応力

(a)　サプレッションチェンバに作用する圧力荷重による応力は，「4.6.2　応力解析モデル及び諸元」に示す応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル）により算出する。

(b)　サプレッションチェンバに作用する死荷重及び地震荷重による応力は，「4.3　地震応答解析モデル及び諸元」に示す地震応答解析モデル（サプレッションチェンバ全体はりモデル）により変位を算出し，その変位を強制変位として「4.6.2　応力解析モデル及び諸元」に示す応力解析モデル（サプレッションチェンバ部分シェルモデル）に与えることで応力を算出する。水平 2 方向及び鉛直方向の設計用地震力による応力は，ＳＲＳＳ法により組み合わせる。

(c)　水力学的動荷重による応力は，参照図書(1)に示す応力を用いる。

(2)　重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力計算方法は，設計基準対象施設と同じとする。

4.7　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5　設計用地震力」に示す。

4.8　応力の評価

「4.6　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし，一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く。また，Ｓｍは Ｓと読み替える。）に基づいて疲労評価を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバ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

構造強度評価結果を表 5－1 及び表 5－2 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5－2 の荷重の組合せの No.を記載する。

なお，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて，設計・建設規格　PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため，一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

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

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅢＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ１ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部上部 | 一次一般膜応力 | 36 | 337 | ○ | (14) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 36 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 62 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ２ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部下部 | 一次一般膜応力 | 54 | 337 | ○ | (14) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 54 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 62 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ３ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部内側 | 一次一般膜応力 | 43 | 337 | ○ | (14) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 43 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 58 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ４ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部外側 | 一次一般膜応力 | 41 | 337 | ○ | (14) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 41 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 58 | 501 | ○ | (14) | |

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

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅢＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ５ | サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 58 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 166 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ６ | サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 69 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 106 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ７ | サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 76 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 142 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ８ | サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 89 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 222 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ９ | サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 105 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 156 | 501 | ○ | (14) | |
| | Ｐ１０ | サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 93 | 505 | ○ | (14) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 176 | 501 | ○ | (14) | |

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

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅣＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ１ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部上部 | 一次一般膜応力 | 68 | 337 | ○ | (15) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 68 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 128 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ２ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部下部 | 一次一般膜応力 | 86 | 337 | ○ | (15) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 86 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 128 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ３ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部内側 | 一次一般膜応力 | 75 | 337 | ○ | (15) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 75 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 122 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ４ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部外側 | 一次一般膜応力 | 73 | 337 | ○ | (15) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 73 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 122 | 501 | ○ | (15) | |

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

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅣＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ５ | サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 118 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 360 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ６ | サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 105 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 228 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ７ | サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 122 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 302 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ８ | サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 161 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 478 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ９ | サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 173 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 334 | 501 | ○ | (15) | |
| | Ｐ１０ | サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 151 | 505 | ○ | (15) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 342 | 501 | ○ | (15) | |

表５－２(2)　許容応力状態ⅣＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_L$＋Ｍ$_L$＋Ｓｄ*）（その１）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅣＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ１ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部上部 | 一次一般膜応力 | 74 | 337 | ○ | (17) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 74 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 62 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ２ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部下部 | 一次一般膜応力 | 73 | 337 | ○ | (17) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 73 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 62 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ３ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部内側 | 一次一般膜応力 | 71 | 337 | ○ | (17) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 71 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 58 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ４ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部外側 | 一次一般膜応力 | 66 | 337 | ○ | (17) | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 66 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 58 | 501 | ○ | (17) | |

表５－２(2)　許容応力状態ⅣＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_L$＋Ｍ$_L$＋Ｓｄ*）（その２）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅣＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ５ | サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 163 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 166 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ６ | サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 100 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 106 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ７ | サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 164 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 142 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ８ | サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 147 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 222 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ９ | サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 124 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 156 | 501 | ○ | (17) | |
| | Ｐ１０ | サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 109 | 505 | ○ | (17) | |
| | | | 一次＋二次応力 | 176 | 501 | ○ | (17) | |

5.2　重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5－3 に示す。

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

なお，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて，設計・建設規格　PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため，一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

表5－3(1)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SAL}$＋Ｍ$_{SAL}$＋Ｓｄ）（その１）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ１ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部上部 | 一次一般膜応力 | 196 | 327 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 196 | 490 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 62 | 501 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ２ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部下部 | 一次一般膜応力 | 198 | 327 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 198 | 490 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 62 | 501 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ３ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部内側 | 一次一般膜応力 | 197 | 327 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 197 | 490 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 58 | 501 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ４ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部外側 | 一次一般膜応力 | 196 | 327 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 196 | 490 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 58 | 501 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |

表5－3(1)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋ＰSAL＋MSAL＋Ｓｄ）（その２）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ５ | サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 422 | 490 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 166 | 501 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ６ | サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 253 | 490 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 106 | 501 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ７ | サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 424 | 490 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 142 | 501 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ８ | サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 292 | 490 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 222 | 501 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ９ | サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 327 | 490 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 156 | 501 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ１０ | サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 225 | 490 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 176 | 501 | ○ | Ｖ（Ｌ）-1 | |

表５－3(2)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SALL}$＋Ｍ$_{SALL}$＋Ｓｓ）（その１）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ１ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部上部 | 一次一般膜応力 | 144 | 349 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 144 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 128 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ２ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部下部 | 一次一般膜応力 | 136 | 349 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 136 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 128 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ３ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部内側 | 一次一般膜応力 | 137 | 349 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 137 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 122 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ４ | サプレッションチェンバ胴<br>中央部外側 | 一次一般膜応力 | 125 | 349 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 125 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 122 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |

表5－3(2)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SALL}$＋Ｍ$_{SALL}$＋Ｓｓ）（その２）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバ | Ｐ５ | サプレッションチェンバ胴エビ継部上部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 312 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 360 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ６ | サプレッションチェンバ胴エビ継部下部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 194 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 228 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ７ | サプレッションチェンバ胴エビ継部内側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 316 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 302 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ８ | サプレッションチェンバ胴エビ継部外側 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 272 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 478 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ９ | サプレッションチェンバ胴と内側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 250 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 334 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ１０ | サプレッションチェンバ胴と外側サポート補強板との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 204 | 523 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 一次＋二次応力 | 342 | 501 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |

6. 参照図書

(1) 島根原子力発電所第２号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-5-13「サプレッションチェンバの強度計算書」

# Ⅵ-2-9-2-4　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

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　構造強度評価 ····· 9
4.1　構造強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.3　固有周期 ····· 18
4.4　設計用地震力 ····· 18
4.5　計算方法 ····· 20
4.6　計算条件 ····· 23
4.7　応力の評価 ····· 23
5.　評価結果 ····· 24
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 24
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 29
6.　参照図書 ····· 34

図　表　目　次


図２－１　サプレッションチェンバサポートの耐震評価フロー　························　3
図３－1(1)　サプレッションチェンバサポートの形状及び主要寸法（その１）　··········　6
図３－1(2)　サプレッションチェンバサポートの形状及び主要寸法（その２）　··········　7
図４－１　サプレッションチェンバサポートの応力評価点　···························　21
図４－２　計算モデル　···························································　22

表２－１　構造計画　·····························································　2
表２－２　表示する数値の丸め方　·················································　5
表３－１　使用材料表　···························································　8
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）　·····················　10
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）　···················　11
表４－３　クラスＭＣ支持構造物の許容応力　·······································　12
表４－４　コンクリートの許容応力度　·············································　13
表４－５　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）　·······················　14
表４－６　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）　·····················　15
表４－７　サプレッションチェンバサポート１個当たりに作用する鉛直方向荷重
（設計基準対象施設）　·················································　16
表４－８　サプレッションチェンバサポート１個当たりに作用する鉛直方向荷重
（重大事故等対処設備）　···············································　17
表４－９　設計用地震力（設計基準対象施設）　·····································　19
表４－10　設計用地震力（重大事故等対処設備）　···································　19
表４－11　応力評価点　···························································　20
表５－１　許容応力状態Ⅲ$_{A}$Ｓに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋Ｓｄ*）　················　25
表５－２　許容応力状態Ⅳ$_{A}$Ｓに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋Ｓｓ）　················　27
表５－3(1)　許容応力状態Ｖ$_{A}$Ｓに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SAL}$＋Ｍ$_{SAL}$＋Ｓｄ）　······　30
表５－3(2)　許容応力状態Ｖ$_{A}$Ｓに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SALL}$＋Ｍ$_{SALL}$＋Ｓｓ）　···　32

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，サプレッションチェンバサポートが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバサポートは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

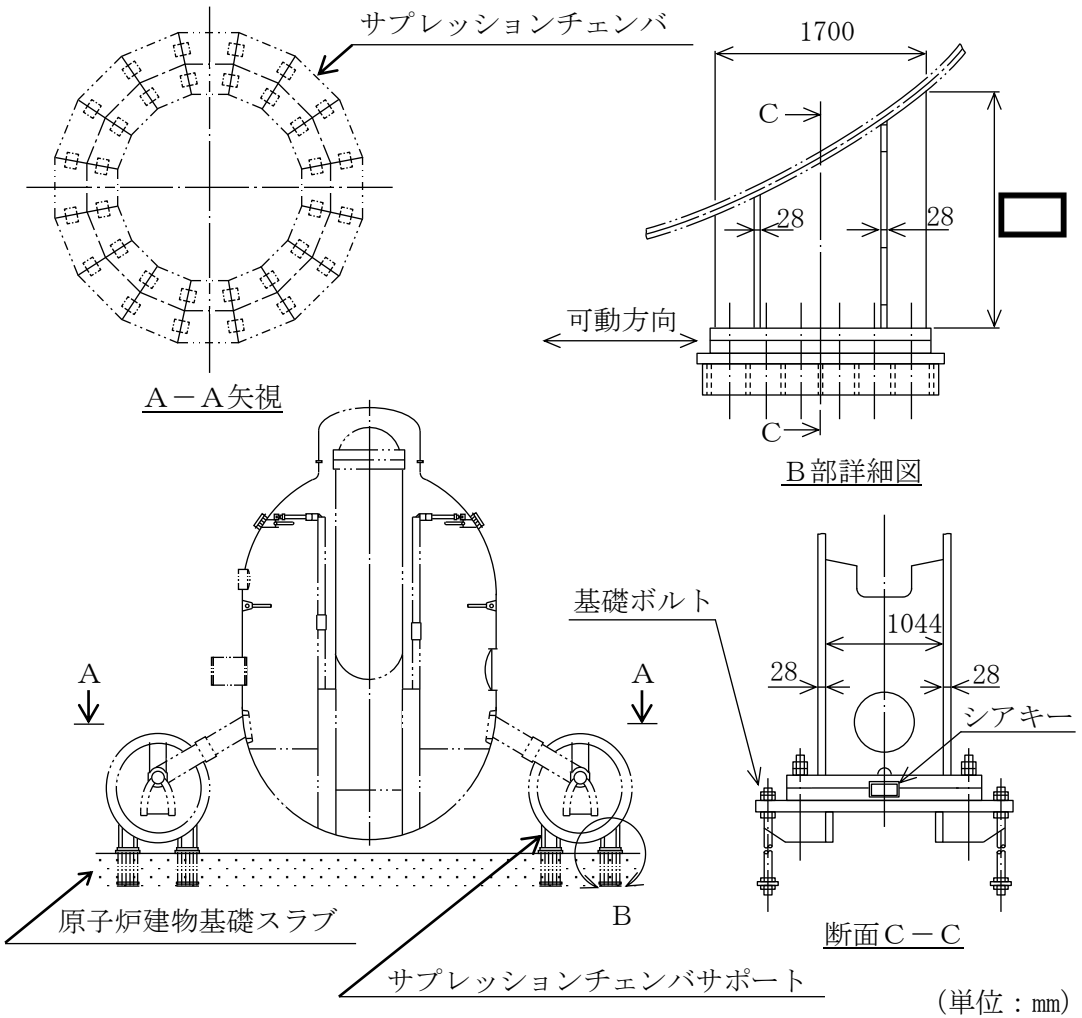
なお，本計算書においては，新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし，前述の荷重を除く荷重によるサプレッションチェンバサポートの評価は，昭和 59 年 9 月 17 日付け 59 資庁第 8283 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバサポートの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|---|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| サプレッションチェンバサポートは，原子炉建物基礎スラブに基礎ボルトで固定される。サプレッションチェンバサポートは，サプレッションチェンバの半径方向の熱膨張を吸収する目的でシアキー構造により可動する構造である。サプレッションチェンバの周方向及び鉛直方向の地震荷重は，サプレッションチェンバサポートを介して原子炉建物基礎スラブに伝達される。 | サプレッションチェンバサポートは，たて 1700mm，横 1044mm，高さ [redacted] mm，板厚 28mm の鋼製構造物である。 |  |

2.2　評価方針

サプレッションチェンバサポートの応力評価は，Ⅵ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅥ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

サプレッションチェンバサポートの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

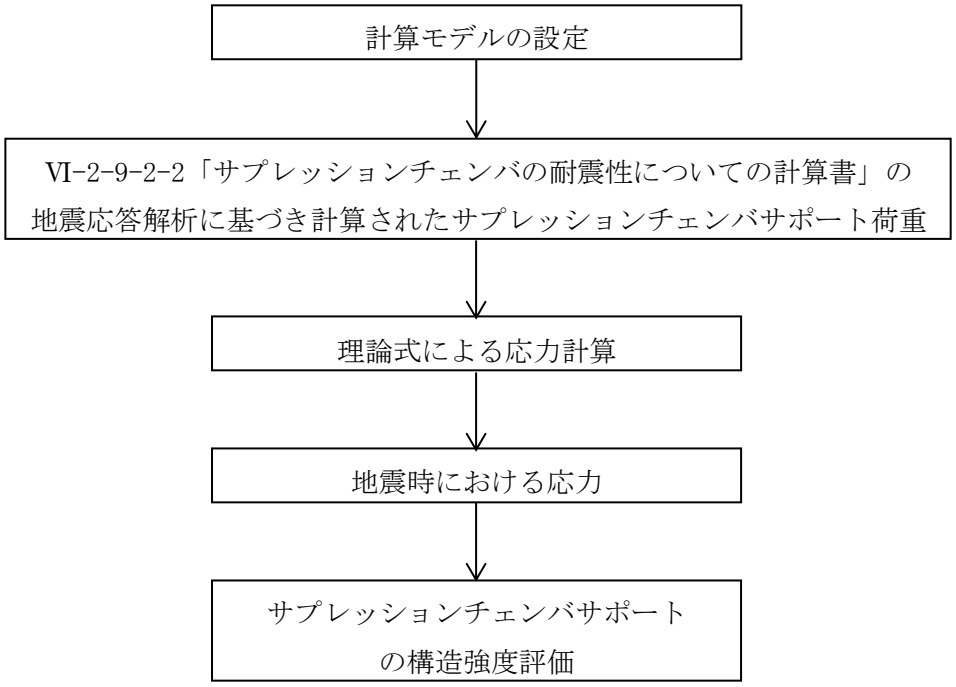



図 2－1　サプレッションチェンバサポートの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　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）

2.4　記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---|---|---|
| $A_b$ | ボルト1本の断面積 | $mm^2$ |
| $b_i$ | 長さ（i＝1，2，3，…） | mm |
| D | 死荷重 | — |
| $d_1$ | 直径 | mm |
| $L_1$ | 長さ | mm |
| F | 荷重 | N |
| $F_c$ | コンクリートの設計基準強度 | $kg/cm^2$，$N/mm^2$ |
| $f_b$ | 許容曲げ応力 | MPa |
| $f_c$ | 許容圧縮応力 | MPa |
| $f_p$ | 許容支圧応力 | MPa |
| $f_s$ | 許容せん断応力 | MPa |
| $f_t$ | 許容引張応力 | MPa |
| $\ell_i$ | 長さ（i＝1，2，3，…） | mm |
| M | 機械的荷重，曲げモーメント | —，N･mm |
| $M_L$ | 地震と組み合わせる機械的荷重 | — |
| $M_{SAL}$ | 機械的荷重（ＳＡ後長期機械的荷重） | — |
| $M_{SALL}$ | 機械的荷重（ＳＡ後長々期機械的荷重） | — |
| P | 圧力 | — |
| $P_L$ | 地震と組み合わせる圧力 | — |
| $P_{SAL}$ | 圧力（ＳＡ後長期圧力） | — |
| $P_{SALL}$ | 圧力（ＳＡ後長々期圧力） | — |
| S | 許容引張応力 | MPa |
| Ｓｄ | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力 | — |
| Ｓｄ* | 弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又は静的地震力 | — |
| Ｓｓ | 基準地震動Ｓｓにより定まる地震力 | — |
| $S_u$ | 設計引張強さ | MPa |
| $S_y$ | 設計降伏点 | MPa |
| $S_y$（ＲＴ） | 40℃における設計降伏点 | MPa |
| $T_{SAL}$ | 温度（ＳＡ後長期温度） | ℃ |
| $T_{SALL}$ | 温度（ＳＡ後長々期温度） | ℃ |
| $t_i$ | 厚さ（i＝1，2，3，…） | mm |
| Z | 断面係数 | $mm^3$ |
| $\sigma_b$ | 曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_s$ | ボルトの引張応力 | MPa |
| $\tau$ | せん断応力 | MPa |

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---|---|---|---|---|
| 温度 | ℃ | ― | ― | 整数位 |
| 長さ | mm | ― | ― | 整数位*1 |
| モーメント | N・mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*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 |

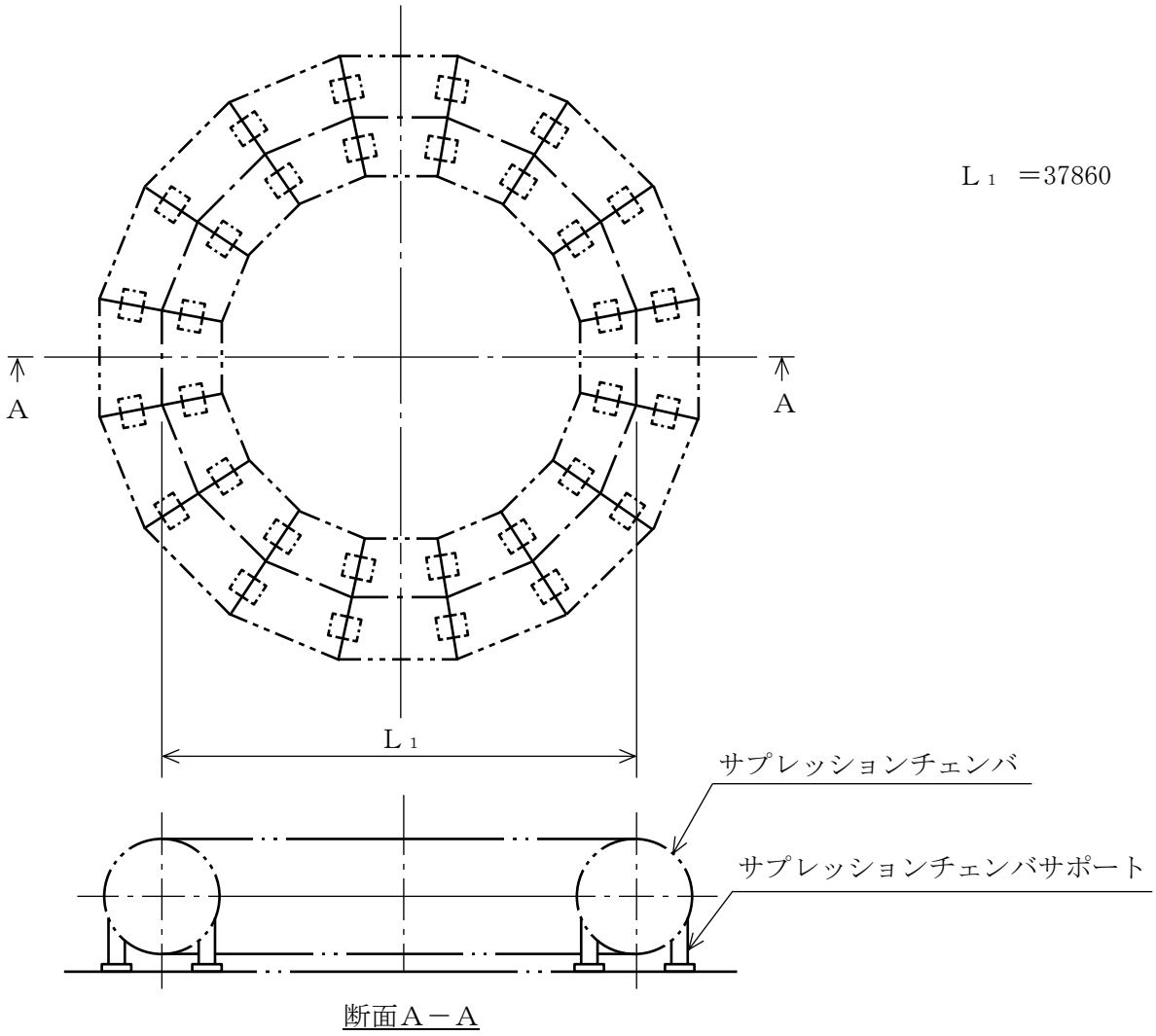
注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊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設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

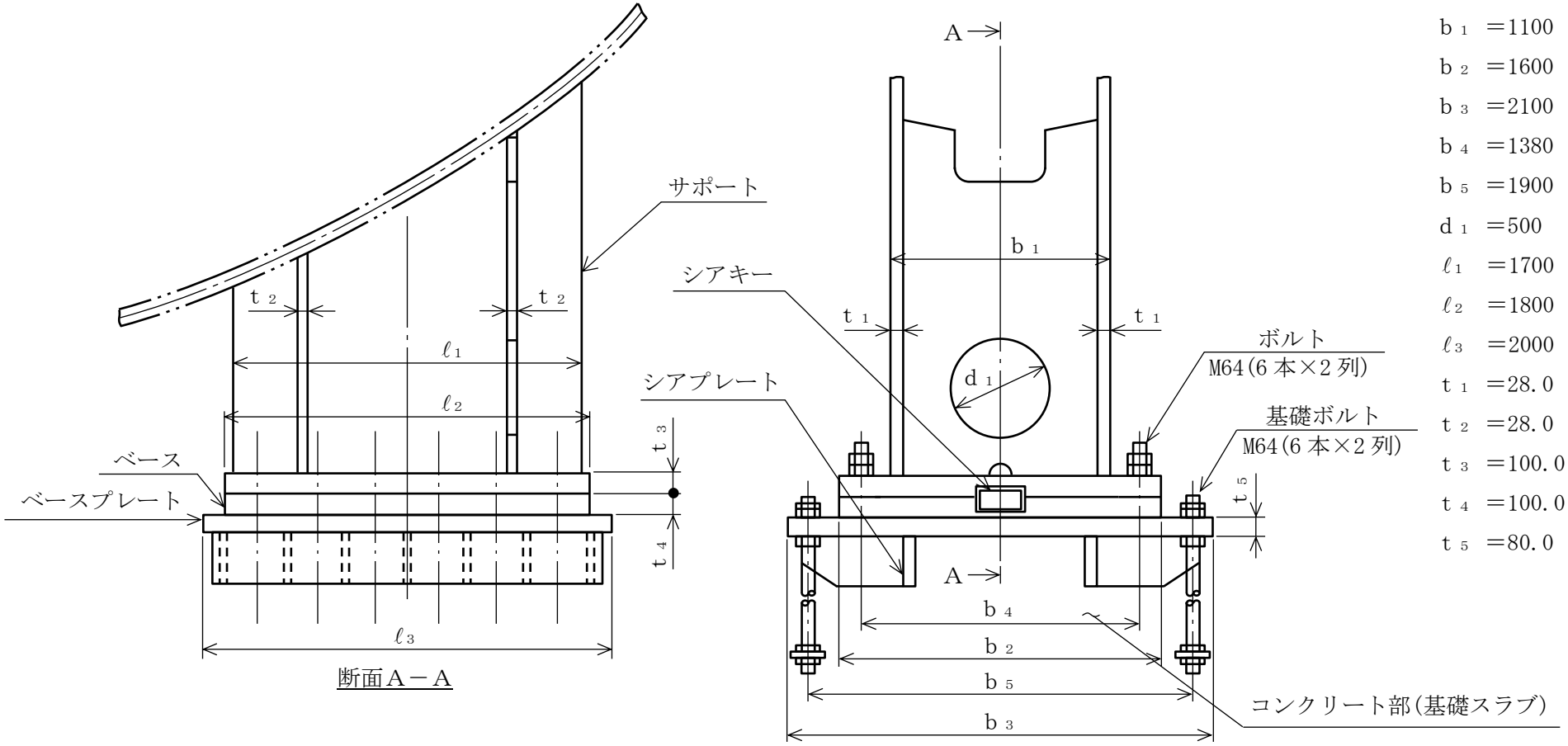
3. 評価部位

サプレッションチェンバサポートの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び評価部位を表 3－1 に示す。




（単位：mm）

図 3－1(1)　サプレッションチェンバサポートの形状及び主要寸法（その１）




（単位：mm）

図 3－1(2)　サプレッションチェンバサポートの形状及び主要寸法（その２）

表 3－1　使用材料表

| 評価部材 | 使用材料 | 備考 |
|---|---|---|
| サポート | SGV49 | SGV480 相当 |
| ベース | SGV49 | SGV480 相当 |
| ベースプレート | SGV49 | SGV480 相当 |
| シアプレート | SGV49 | SGV480 相当 |
| シアキー | SGV49 | SGV480 相当 |
| 基礎ボルト | SNCM439 | |
| ボルト | SNCM439 | |
| コンクリート部 | コンクリート（$F_c$＝240kg/cm$^2$） | $F_c$＝23.5N/mm$^2$ |

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

(1)　サプレッションチェンバサポートは，サプレッションチェンバの半径方向の熱膨張を吸収する目的でシアキー構造により可動する構造である。サプレッションチェンバの水平方向地震荷重は，サプレッションチェンバの周方向に対しサポート，シアキー，ベース，ベースプレート及びシアプレートを介して原子炉建物基礎スラブに伝達される。また，サプレッションチェンバの鉛直方向地震荷重は，サポート，ボルト，ベース，ベースプレート及び基礎ボルトを介して原子炉建物基礎スラブに伝達される。

サプレッションチェンバサポートの耐震評価として，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」に示す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地震応答解析で計算された，サプレッションチェンバサポートに作用する荷重を用いて，「4.5　計算方法」にて示す方法に従い，構造強度評価を行う。

(2)　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法を適用する。

(3)　構造強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

(4)　概略構造図を表 2－1 に示す。



4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバサポートの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

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

4.2.2　許容応力

サプレッションチェンバサポートの許容応力及び許容応力度は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバサポートの使用材料の許容応力評価条件のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

表4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ*1 | | 許容応力状態 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器 | サプレッションチェンバサポート | S | クラスMC支持構造物 | D＋P＋M＋S d* | (10)<br>(11)*2<br>(14)<br>(16) | ⅢAS |
| | | | | | D＋P＋M＋S s | (12)<br>(13)*2<br>(15) | ⅣAS |
| | | | | | D＋$P_L$＋$M_L$＋S d**3 | (17)*4 | ⅣAS |

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

＊2：運転状態Ⅰによる燃料交換時の活荷重は，サプレッションチェンバに作用しないことから，荷重の組合せとして考慮せず評価しない。

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

＊4：サプレッションチェンバサポートに対しては，荷重の組合せD＋P＋M＋S d*に包絡されるため，評価しない。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ*2 | | 許容応力状態*3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器 | サプレッションチェンバサポート | 常設耐震／防止常設／緩和 | 重大事故等クラス２支持構造物 | $D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d$ *4 | （V（L）-1） | $V_AS$ |
| | | | | | $D+P_{SALL}+M_{SALL}+S_s$ | （V（LL）-1） | $V_AS$ |

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

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

＊3：$V_AS$として$IV_AS$の許容限界を用いる。

＊4：重大事故等後の最高内圧と最高温度との組合せを考慮する。

表4－3　クラスＭＣ支持構造物の許容応力

| 許容応力状態 | 許容限界*1，*2，*3<br>（ボルト等以外） | | | | | 許容限界*3，*4<br>（ボルト等） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 一次応力 | | | | | 一次応力 |
| | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ | 支圧 | 引張 |
| ⅢＡＳ | 1.5・ｆｔ | 1.5・ｆｓ | 1.5・ｆｃ | 1.5・ｆｂ | 1.5・ｆｐ | 1.5・ｆｔ |
| ⅣＡＳ | 1.5・ｆｔ* | 1.5・ｆｓ* | 1.5・ｆｃ* | 1.5・ｆｂ* | 1.5・ｆｐ* | 1.5・ｆｔ* |
| ＶＡＳ*5 | | | | | | |

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

＊2：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。垂直応力とせん断応力の組合せには，引張に対する許容限界を適用する。

＊3：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。

＊4：コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって，トルク管理，材料の照合等を行わないものについては，材料の品質，据付状態等のゆらぎ等を考慮して，ⅢＡＳの許容応力を一次引張応力に対してはｆｔ，一次せん断応力に対してはｆｓとして，またⅣＡＳ→ⅢＡＳとして応力評価を行う。

＊5：ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。

表 4－4　コンクリートの許容応力度

| 許容応力状態 | 許容圧縮応力度 |
|---|---|
| ⅢAS | 2/3・Fc |
| ⅣAS | 0.75・Fc |
| VAS* | |

注記＊：VASとしてⅣASの許容限界を用いる。

表4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サポート，ベース，<br>ベースプレート，<br>シアプレート，シアキー | SGV49* | 周囲環境温度 | 104 | ― | 237 | 430 | ― |
| 基礎ボルト，ボルト | SNCM439 | 周囲環境温度 | 104 | ― | 824 | 902 | ― |

注記＊：SGV480 相当

表4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (℃) | | S (MPa) | $S_y$ (MPa) | $S_u$ (MPa) | $S_y$（RT） (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サポート，ベース，ベースプレート，シアプレート，シアキー | SGV49*1 | 周囲環境温度 | 200*2 | — | 226 | 422 | — |
| | | 周囲環境温度 | 70*3 | — | 248 | 453 | — |
| 基礎ボルト，ボルト | SNCM439 | 周囲環境温度 | 200*2 | — | 754 | 865 | — |
| | | 周囲環境温度 | 70*3 | — | 850 | 930 | — |

注記＊1：SGV480 相当

＊2：ＳＡ後長期温度

＊3：ＳＡ後長々期温度

4.2.4　設計荷重

(1)　設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用温度，死荷重及び水力学的動荷重は，以下のとおりとする。

a.　最高使用温度

温度（最高使用温度）　　104℃

b.　死荷重

サプレッションチェンバ，サプレッションチェンバサポート及びサプレッションチェンバ内部水の自重を死荷重とする。

死荷重　　[redacted] N

設計基準対象施設の評価における水位は，H.W.L.(EL [redacted] mm)に対して保守的な条件として以下のとおりとする。

水位　　EL [redacted] mm

c.　水力学的動荷重（逃がし安全弁作動時の荷重）

逃がし安全弁作動時，排気管内の気体がクエンチャからサプレッションプール水中に放出される際，サプレッションチェンバに対して，参照図書(1)に示す圧力振動荷重が作用する。荷重の大きさは以下のとおりとする。

最大正圧　　[redacted] kPa

最大負圧　　[redacted] kPa

d.　サプレッションチェンバサポート1個当たりに作用する鉛直方向荷重

サプレッションチェンバサポート 1 個当たりに作用する鉛直方向荷重を表 4−7 に示す。

表 4−7　サプレッションチェンバサポート 1 個当たりに作用する鉛直方向荷重

（設計基準対象施設）

| 応力評価点*1 | 荷重 | | 死荷重及び動荷重*2(N) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ｐ１～Ｐ８ | 死荷重*3 | | | [redacted] | |
| | | | | [redacted] | |
| | 逃がし安全弁作動時の荷重 | 最大上向 | | [redacted] | |
| | | 最大下向 | | [redacted] | |

注記＊1：応力評価点の位置は，図 4−1 参照のこと。

＊2：＋は上向き（引張），－は下向き（圧縮）荷重であることを示す。

＊3：上段はサプレッションチェンバ大円の内側及び外側に設置されたサプレッションチェンバサポートの中で最大値を抽出した荷重，下段は耐震評価で最も厳しい結果となるサプレッションチェンバサポートに加わる荷重を示す。

(2)　重大事故等対処設備としての設計荷重

重大事故等対処設備としての設計荷重である，評価温度，死荷重及び水力学的動荷重は，以下のとおりとする。

a.　評価温度

温度$T_{SAL}$　　200℃　（ＳＡ後長期）

温度$T_{SALL}$　　70℃　（ＳＡ後長々期）

b.　死荷重

サプレッションチェンバ，サプレッションチェンバサポート及びサプレッションチェンバ内部水の自重を死荷重とする。

死荷重　　[redacted]N

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

水位　　EL [redacted]mm

c.　水力学的動荷重（チャギング荷重）

サプレッションチェンバに対して，低流量蒸気凝縮時には，参照図書(1)に示すチャギング荷重が作用する。荷重の大きさは以下のとおりとする。

最大正圧　　[redacted]kPa

最大負圧　　[redacted]kPa

d.　サプレッションチェンバサポート 1 個当たりに作用する鉛直方向荷重

サプレッションチェンバサポート 1 個当たりに作用する鉛直方向荷重を表 4－8 に示す。

表 4－8　サプレッションチェンバサポート 1 個当たりに作用する鉛直方向荷重

（重大事故等対処設備）

| 応力評価点*1 | 荷重 | | 死荷重及び動荷重*2(N) |
|---|---|---|---|
| Ｐ１～Ｐ８ | 死荷重*3 | | [redacted] |
| | チャギング荷重 | 最大上向 | [redacted] |
| | | 最大下向 | [redacted] |

注記＊1：応力評価点の位置は，図 4－1 参照のこと。

＊2：＋は上向き（引張），－は下向き（圧縮）荷重であることを示す。

＊3：上段はサプレッションチェンバ大円の内側及び外側に設置されたサプレッションチェンバサポートの中で最大値を抽出した荷重，下段は耐震評価で最も厳しい結果となるサプレッションチェンバサポートに加わる荷重を示す。

4.3　固有周期

サプレッションチェンバサポートは，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」に示す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固有周期に基づく地震応答解析で計算した荷重を用いて評価をするため，本計算書ではサプレッションチェンバサポートの固有周期の計算は実施しない。

4.4　設計用地震力

「4.2.4　設計荷重」の条件に基づき，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」に示す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地震応答解析で計算された設計用地震力を設定する。

(1)　設計基準対象施設としての設計用地震力

設計基準対象施設としてサプレッションチェンバサポートの応力計算に用いる設計用地震力を表 4－9 に示す。

(2)　重大事故等対処設備としての設計用地震力

重大事故等対処設備としてサプレッションチェンバサポートの応力計算に用いる設計用地震力を表 4－10 に示す。

表 4－9　設計用地震力（設計基準対象施設）

| 応力評価点*1 | 地震荷重 | 水平方向荷重 (N) | 鉛直方向荷重 (N) | モーメント (N･mm) |
|---|---|---|---|---|
| Ｐ１～Ｐ３ | 地震荷重Ｓｄ* 作用時 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| | 地震荷重Ｓｓ 作用時*2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| Ｐ４～Ｐ８ | 地震荷重Ｓｄ* 作用時 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| | 地震荷重Ｓｓ 作用時*2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

注記＊1：応力評価点の位置は，図 4－1 参照のこと。

＊2：上段はサプレッションチェンバ大円の内側及び外側に設置されたサプレッションチェンバサポートの中で，荷重成分毎に最大値を抽出し，それらを包絡した荷重，下段は耐震評価で最も厳しい結果となるサプレッションチェンバサポートに加わる荷重を示す。



表 4－10　設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 応力評価点*1 | 地震荷重 | 水平方向荷重 (N) | 鉛直方向荷重 (N) | モーメント (N･mm) |
|---|---|---|---|---|
| Ｐ１～Ｐ３ | 地震荷重Ｓｄ*2 作用時 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| | 地震荷重Ｓｓ 作用時*3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| Ｐ４～Ｐ８ | 地震荷重Ｓｄ*2 作用時 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| | 地震荷重Ｓｓ 作用時*3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

注記＊1：応力評価点の位置は，図 4－1 参照のこと。

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

＊3：上段はサプレッションチェンバ大円の内側及び外側に設置されたサプレッションチェンバサポートの中で，荷重成分毎に最大値を抽出し，それらを包絡した荷重，下段は耐震評価で最も厳しい結果となるサプレッションチェンバサポートに加わる荷重を示す。

4.5　計算方法

4.5.1　応力評価方法

サプレッションチェンバサポートの応力評価点は，サプレッションチェンバサポートを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－11 及び図 4－1 に示す。

ベースプレート（応力評価点Ｐ６）のボルト反力側評価での評価断面の変更を除き，応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

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」に示す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地震応答解析で計算された設計用地震力を用いて，参照図書(1)にて示す方法に基づき評価する。ベースプレート（応力評価点Ｐ６）のボルト反力側評価での評価断面は既工認から変更しており，「4.5.2　ベースプレート（応力評価点Ｐ６）」に示すとおりである。

表 4－11　応力評価点

| 応力評価点番号 | 応力評価点 |
|---|---|
| Ｐ１ | サポート |
| Ｐ２ | シアキー |
| Ｐ３ | ボルト |
| Ｐ４ | ベースとベースプレートの接合部 |
| Ｐ５ | 基礎ボルト |
| Ｐ６ | ベースプレート |
| Ｐ７ | シアプレート |
| Ｐ８ | コンクリート |

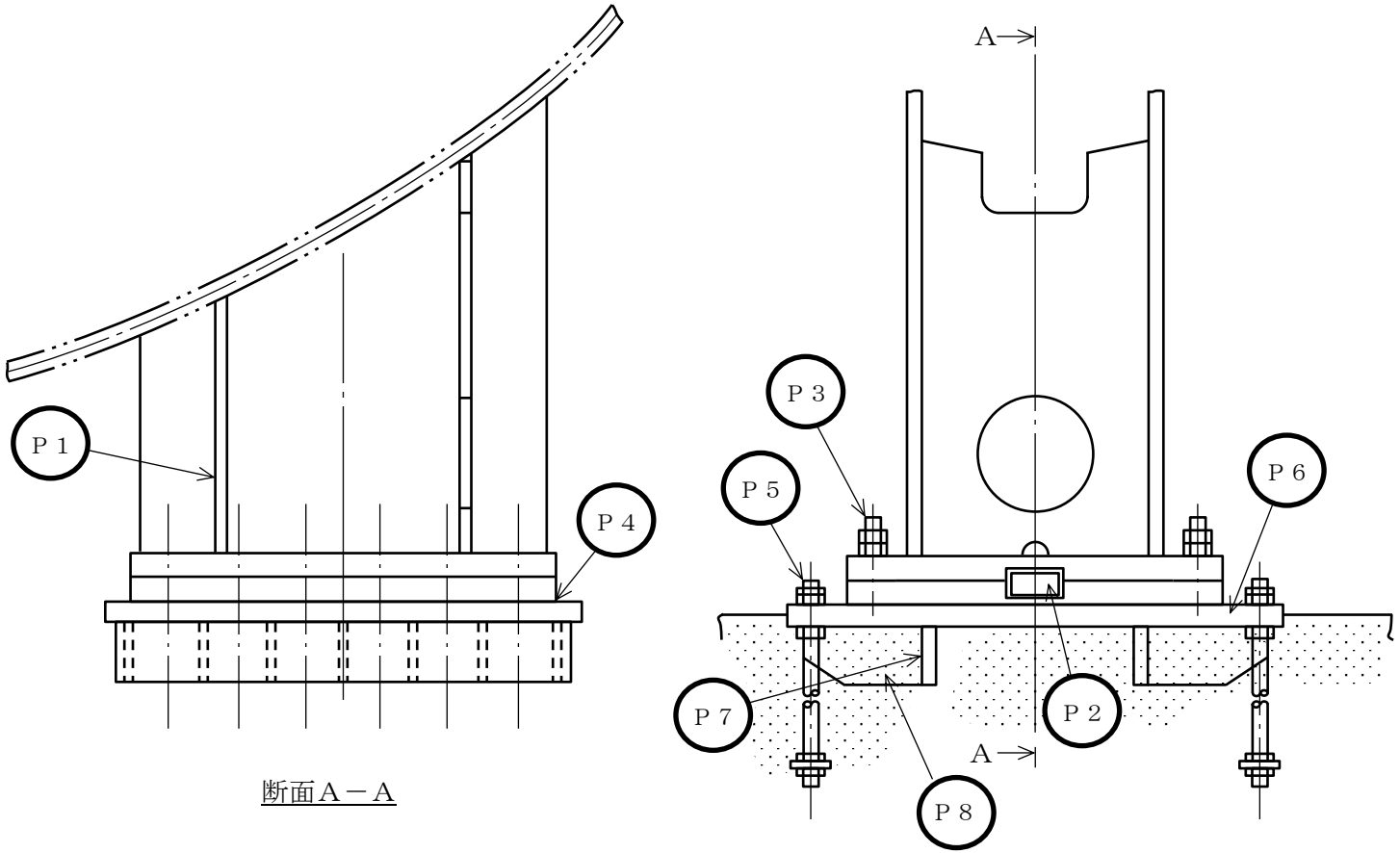
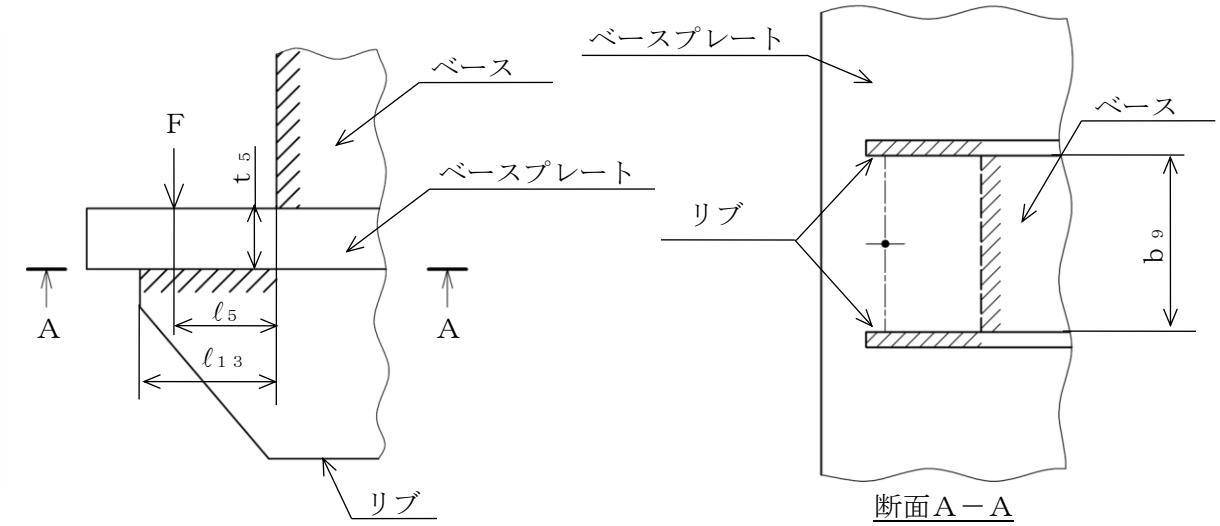



図 4－1　サプレッションチェンバサポートの応力評価点

4.5.2　ベースプレート（応力評価点Ｐ６）

(1)　基礎ボルトの引張応力に対する反力による応力

ベースプレートはベース及びリブにより固定されているものとして，基礎ボルトの引張応力に対する反力により生じる応力を計算する。




b 9＝276　ℓ5＝150　ℓ13＝180　t 5＝80

（単位：mm）

図 4－2　計算モデル

a.　反力

反力Ｆは次式から求める。

$$F = \sigma_s A_b$$

ここで，

$\sigma_s$ ：基礎ボルトの引張応力

$A_b$ ：ボルト１本の断面積＝$3.22\times10^{3}$ mm$^2$

b.　曲げモーメント

$$M = F\ell_5$$

c.　断面係数

$$Z = \frac{1}{6}\left(b_9 + 2\ell_{13}\right)t_5^{\,2}$$

d.　曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

e.　せん断応力

$$\tau = \frac{F}{\left(b_9 + 2\ell_5\right)t_5}$$

4.6　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.4　設計用地震力」に示す。

4.7　応力の評価

「4.5　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバサポートの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5－1 及び表 5－2 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には，VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5－2 の荷重の組合せの No.を記載する。

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

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅢＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ１ | サポート | 引張応力 | 26 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | 圧縮応力 | 52 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | せん断応力 | 21 | 137 | ○ | (14) | |
| | | | 曲げ応力 | 60 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | 組合せ応力* | 94 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | | 118 | | ○ | (14) | |
| | Ｐ２ | シアキー | せん断応力 | 8 | 137 | ○ | (14) | |
| | | | 支圧応力 | 59 | 323 | ○ | (14) | |
| | Ｐ３ | ボルト | 引張応力 | 223 | 473 | ○ | (14) | |
| | Ｐ４ | ベースとベースプレートの接合部 | 引張応力 | 27 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | 圧縮応力 | 55 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | せん断応力 | 21 | 137 | ○ | (14) | |
| | | | 曲げ応力 | 55 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | 組合せ応力* | 90 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | | 116 | | ○ | (14) | |
| | Ｐ５ | 基礎ボルト | 引張応力 | 199 | 473 | ○ | (14) | |

注記＊：上段は引張側荷重による応力を示し，下段は圧縮側荷重による応力を示す。

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

| 評価対象設備 | 評価部位 | | | 応力分類 | ⅢＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ６ | ベースプレート | ボルト反力側 | 曲げ応力 | 142 | 273 | ○ | (14) | |
| | | | | せん断応力 | 14 | 137 | ○ | (14) | |
| | | | | 組合せ応力 | 144 | 237 | ○ | (14) | |
| | | | コンクリート反力側 | 曲げ応力 | 132 | 273 | ○ | (14) | |
| | | | | せん断応力 | 14 | 137 | ○ | (14) | |
| | | | | 組合せ応力 | 135 | 237 | ○ | (14) | |
| | Ｐ７ | シアプレート | | 曲げ応力 | 67 | 273 | ○ | (14) | |
| | | | | せん断応力 | 33 | 137 | ○ | (14) | |
| | | | | 組合せ応力 | 88 | 237 | ○ | (14) | |
| | Ｐ８ | コンクリート | ベースプレート部 | 圧縮応力度 | 4.5* | 15.6* | ○ | (14) | |
| | | | シアプレート部 | 圧縮応力度 | 5.5* | 15.6* | ○ | (14) | |

注記＊：単位は$N/mm^2$とする。

表5－2　許容応力状態ⅣＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋Ｓｓ）（その１）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ⅣＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ１ | サポート | 引張応力 | 52 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | 圧縮応力 | 79 | 284 | ○ | (15) | |
| | | | せん断応力 | 41 | 164 | ○ | (15) | |
| | | | 曲げ応力 | 125 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | 組合せ応力* | 191 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | | 216 | | ○ | (15) | |
| | Ｐ２ | シアキー | せん断応力 | 16 | 164 | ○ | (15) | |
| | | | 支圧応力 | 118 | 388 | ○ | (15) | |
| | Ｐ３ | ボルト | 引張応力 | 419 | 473 | ○ | (15) | |
| | Ｐ４ | ベースとベースプレートの接合部 | 引張応力 | 55 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | 圧縮応力 | 82 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | せん断応力 | 43 | 164 | ○ | (15) | |
| | | | 曲げ応力 | 113 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | 組合せ応力* | 184 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | | 209 | | ○ | (15) | |
| | Ｐ５ | 基礎ボルト | 引張応力 | 371 | 473 | ○ | (15) | |

注記＊：上段は引張側荷重による応力を示し，下段は圧縮側荷重による応力を示す。

表５－２　許容応力状態ⅣＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋Ｓｓ）（その２）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | | 応力分類 | ⅣＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ６ | ベースプレート | ボルト反力側 | 曲げ応力 | 265 | 328 | ○ | (15) | |
| | | | | せん断応力 | 26 | 164 | ○ | (15) | |
| | | | | 組合せ応力 | 269 | 285 | ○ | (15) | |
| | | | コンクリート反力側 | 曲げ応力 | 252 | 328 | ○ | (15) | |
| | | | | せん断応力 | 27 | 164 | ○ | (15) | |
| | | | | 組合せ応力 | 257 | 285 | ○ | (15) | |
| | Ｐ７ | シアプレート | | 曲げ応力 | 136 | 328 | ○ | (15) | |
| | | | | せん断応力 | 68 | 164 | ○ | (15) | |
| | | | | 組合せ応力 | 180 | 285 | ○ | (15) | |
| | Ｐ８ | コンクリート | ベースプレート部 | 圧縮応力度 | 8.6* | 17.6* | ○ | (15) | |
| | | | シアプレート部 | 圧縮応力度 | 11.2* | 17.6* | ○ | (15) | |

注記＊：単位は$N/mm^2$とする。

5.2　重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバサポートの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5－3 に示す。

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

表5－3(1)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SAL}$＋Ｍ$_{SAL}$＋Ｓｄ）（その１）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ１ | サポート | 引張応力 | 15 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 圧縮応力 | 41 | 270 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | せん断応力 | 21 | 156 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 曲げ応力 | 60 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 組合せ応力* | 84 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | 108 | | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ２ | シアキー | せん断応力 | 8 | 156 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 支圧応力 | 59 | 369 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ３ | ボルト | 引張応力 | 181 | 454 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ４ | ベースとベースプレートの接合部 | 引張応力 | 15 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 圧縮応力 | 43 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | せん断応力 | 21 | 156 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 曲げ応力 | 55 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | 組合せ応力* | 79 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | 105 | | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ５ | 基礎ボルト | 引張応力 | 160 | 454 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |

注記＊：上段は引張側荷重による応力を示し，下段は圧縮側荷重による応力を示す。

表5－3(1)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SAL}$＋Ｍ$_{SAL}$＋Ｓｄ）（その２）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ６ | ベースプレート | ボルト反力側 | 曲げ応力 | 114 | 312 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | せん断応力 | 12 | 156 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | 組合せ応力 | 116 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | コンクリート反力側 | 曲げ応力 | 126 | 312 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | せん断応力 | 14 | 156 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | 組合せ応力 | 129 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ７ | シアプレート | | 曲げ応力 | 67 | 312 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | せん断応力 | 33 | 156 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | | 組合せ応力 | 88 | 271 | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | Ｐ８ | コンクリート | ベースプレート部 | 圧縮応力度 | 4.3* | 17.6* | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |
| | | | シアプレート部 | 圧縮応力度 | 5.5* | 17.6* | ○ | Ⅴ（Ｌ）-1 | |

注記＊：単位は$N/mm^2$とする。

表５－3(2)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋ＰSALL＋MSALL＋Ｓｓ）（その１）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ１ | サポート | 引張応力 | 40 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 圧縮応力 | 66 | 297 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | せん断応力 | 41 | 172 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 曲げ応力 | 125 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 組合せ応力* | 180 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | 204 | | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ２ | シアキー | せん断応力 | 16 | 172 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 支圧応力 | 118 | 406 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ３ | ボルト | 引張応力 | 385 | 488 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ４ | ベースとベースプレートの接合部 | 引張応力 | 41 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 圧縮応力 | 69 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | せん断応力 | 43 | 172 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 曲げ応力 | 113 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | 組合せ応力* | 171 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | 197 | | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ５ | 基礎ボルト | 引張応力 | 339 | 488 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |

注記＊：上段は引張側荷重による応力を示し，下段は圧縮側荷重による応力を示す。

表５－3(2)　許容応力状態ＶＡＳに対する評価結果（Ｄ＋ＰSALL＋MSALL＋Ｓｓ）（その２）

| 評価対象設備 | 評価部位 | | | 応力分類 | ＶＡＳ | | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 算出応力 | 許容応力 | | | |
| | | | | | MPa | MPa | | | |
| サプレッションチェンバサポート | Ｐ６ | ベースプレート | ボルト反力側 | 曲げ応力 | 242 | 344 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | せん断応力 | 24 | 172 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | 組合せ応力 | 246 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | コンクリート反力側 | 曲げ応力 | 246 | 344 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | せん断応力 | 27 | 172 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | 組合せ応力 | 251 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ７ | シアプレート | | 曲げ応力 | 136 | 344 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | せん断応力 | 68 | 172 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | | 組合せ応力 | 180 | 298 | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | Ｐ８ | コンクリート | ベースプレート部 | 圧縮応力度 | 8.4* | 17.6* | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |
| | | | シアプレート部 | 圧縮応力度 | 11.2* | 17.6* | ○ | Ｖ（ＬＬ）-1 | |

注記＊：単位は$N/mm^2$とする。

6. 参照図書

(1) 島根原子力発電所第２号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-5-14「サプレッションチェンバサポートの強度計算書」

# Ⅵ-2-9-3　原子炉建物の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-9-3-1　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　位置 ····· 2
2.2　構造概要 ····· 3
2.3　評価方針 ····· 16
2.4　適用規格・基準等 ····· 19
3.　地震応答解析による評価方法 ····· 20
4.　応力解析による評価方法 ····· 22
4.1　評価対象部位及び評価方針 ····· 22
4.1.1　屋根スラブ及び床スラブ ····· 22
4.1.2　屋根トラス ····· 26
4.1.3　耐震壁 ····· 31
4.2　荷重及び荷重の組合せ ····· 33
4.2.1　屋根スラブ ····· 33
4.2.2　床スラブ ····· 34
4.2.3　屋根トラス ····· 35
4.2.4　耐震壁 ····· 93
4.3　許容限界 ····· 102
4.3.1　屋根スラブ，床スラブ及び耐震壁 ····· 102
4.3.2　屋根トラス ····· 104
4.4　解析モデル及び諸元 ····· 106
4.4.1　屋根スラブ ····· 106
4.4.2　床スラブ ····· 106
4.4.3　屋根トラス ····· 107
4.4.4　耐震壁 ····· 112
4.5　応力評価方法 ····· 113
4.5.1　屋根スラブ ····· 113
4.5.2　床スラブ ····· 115
4.5.3　屋根トラス ····· 118
4.5.4　耐震壁 ····· 119
4.6　断面の評価方法 ····· 123
4.6.1　屋根スラブ ····· 123
4.6.2　床スラブ ····· 125
4.6.3　屋根トラス ····· 127
4.6.4　耐震壁 ····· 128

5. 地震応答解析による評価結果 ····· 130
5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果 ····· 130
6. 応力解析による評価結果 ····· 134
6.1 屋根スラブの評価結果 ····· 134
6.2 床スラブの評価結果 ····· 136
6.3 屋根トラスの評価結果 ····· 138
6.3.1 固有値解析結果 ····· 138
6.3.2 断面の評価結果 ····· 145
6.4 耐震壁の評価結果 ····· 152
7. 引用文献 ····· 154

別紙1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書

1. 概要

本資料は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，原子炉建物のうち，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり，その評価は，地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は，設計基準対象施設においては「Ｓクラスの施設」に，重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また，原子炉建物を構成する壁及びスラブの一部は，原子炉建物の原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）に該当し，その原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）は，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の「Ｓクラスの施設」及び「常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価並びに原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価を示す。

2.　基本方針

2.1　位置

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は原子炉建物の一部を構成している。原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建物の設置位置を図 2－1 に示す。

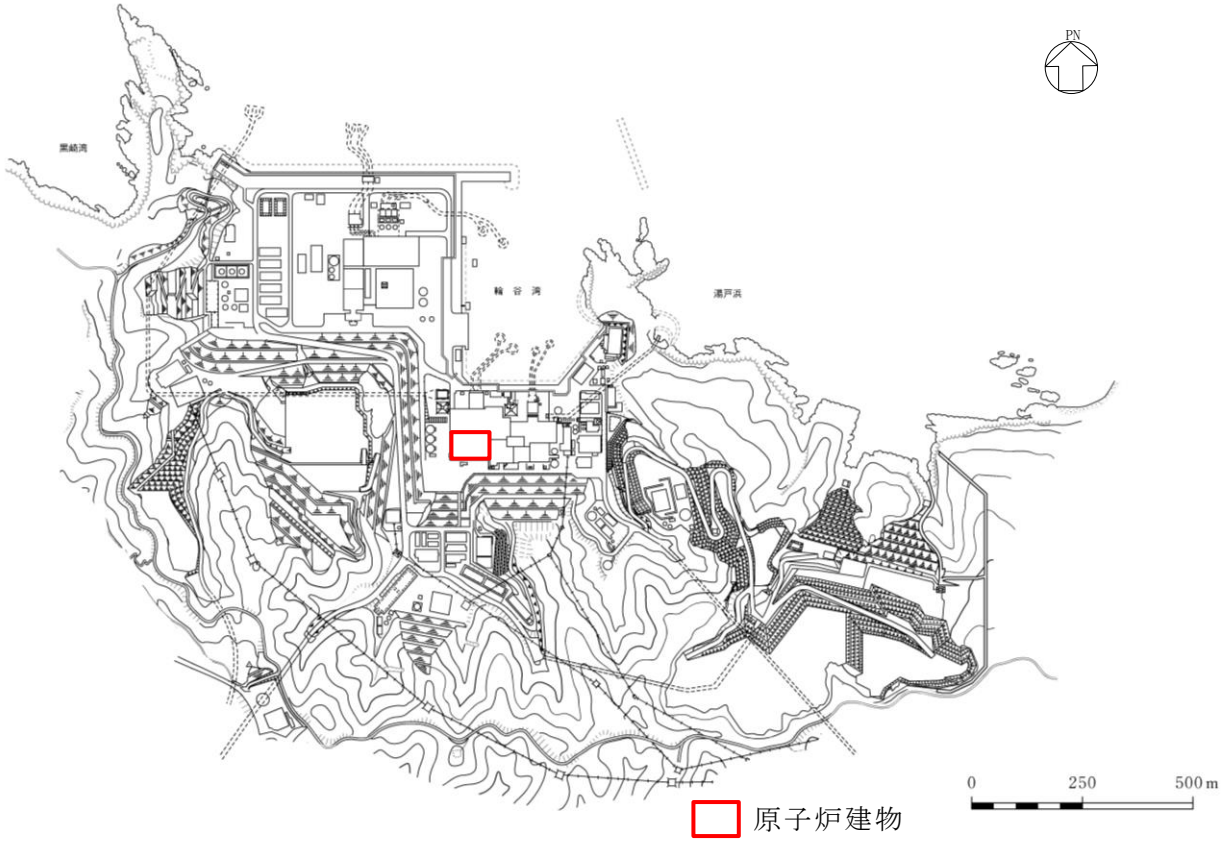



図 2－1　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建物の設置位置

## 2.2　構造概要

原子炉建物は，中央部に地上 4 階，地下 2 階建で平面寸法が 53.3m*（ＮＳ）×53.8m*（ＥＷ）の原子炉棟があり，その周囲に地上 2 階（一部 3 階），地下 2 階建の原子炉建物付属棟（以下「付属棟」という。）を配置した鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。

原子炉棟と付属棟は，一体構造で同一基礎スラブ上に設置され，本建物の平面寸法は，70.0m*（ＮＳ）×89.4m*（ＥＷ）の矩形を成している。基礎スラブ底面からの高さは 68.2m である。

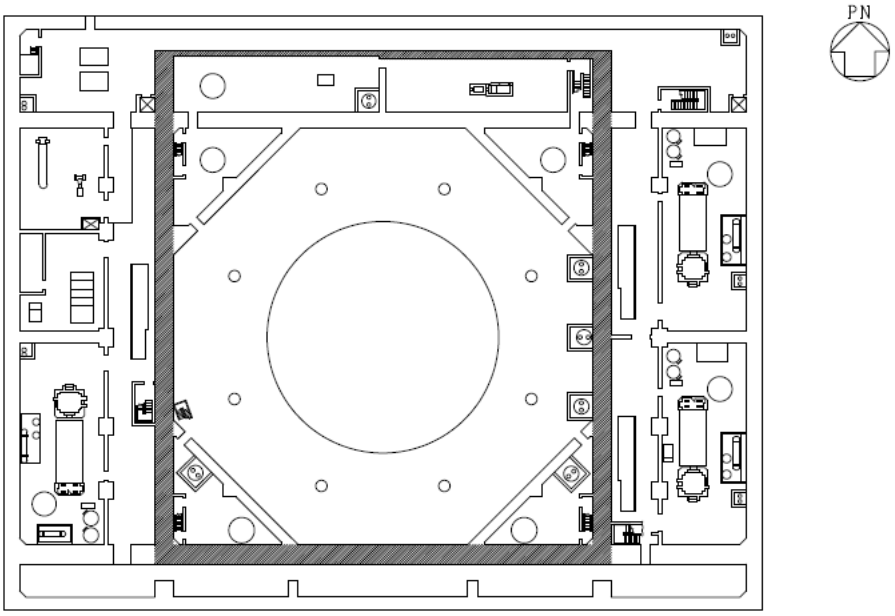
原子炉建物最上部に位置する鉄骨フレーム（以下「屋根トラス」という。）の平面は，39.9m*（ＮＳ）×53.8m*（ＥＷ）の長方形を成しており，燃料取替階からの高さは 20.7m である。

原子炉建物の基礎は厚さ 6.0m のべた基礎で，岩盤に直接設置している。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は，基礎スラブから屋根面まで連続した壁，床スラブ及び屋根トラスに支持される屋根スラブから構成されている。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図及び断面図を図 2－2 及び図 2－3 に示す。また，原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図及び断面図を図 2－4 及び図 2－5 に示す。

注記＊：建物寸法は壁外面寸法とする。

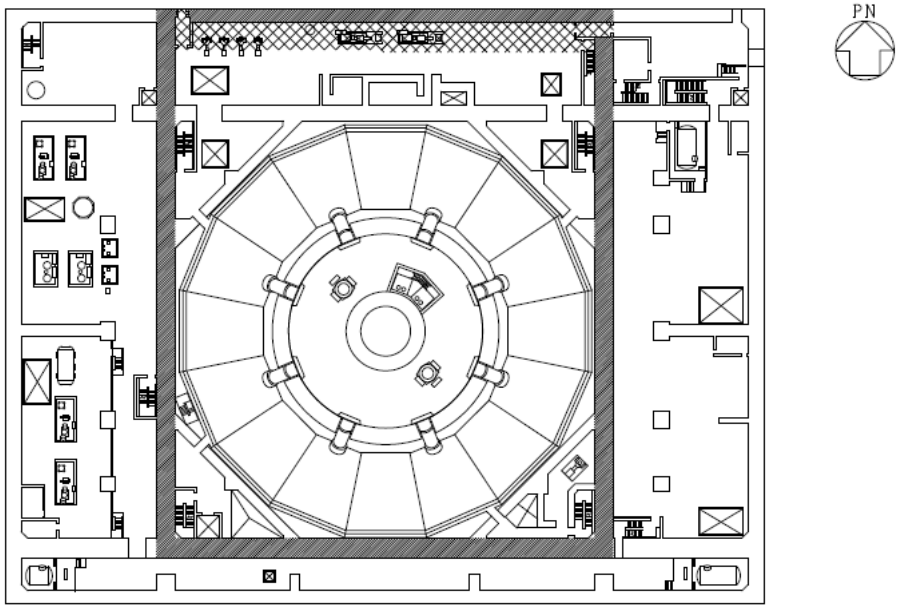



：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

図 2－2(1)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（B2F，EL 1.3m*）

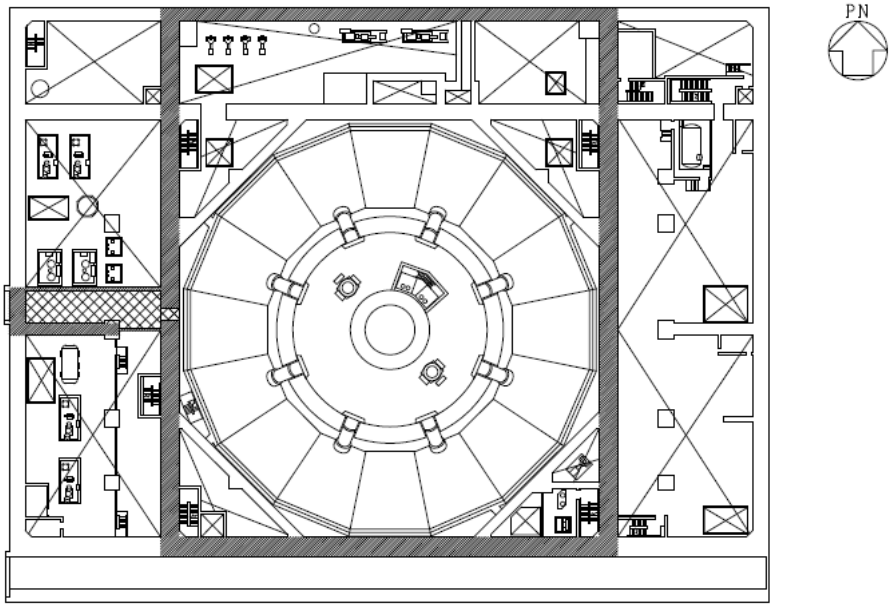
注記＊：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

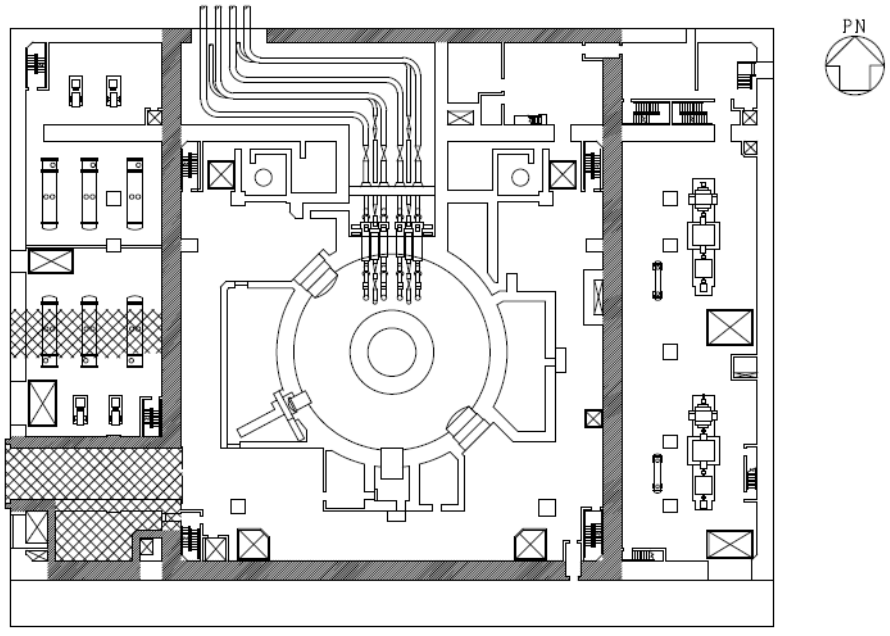
図 2－2(2)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（B1F，EL 8.8m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

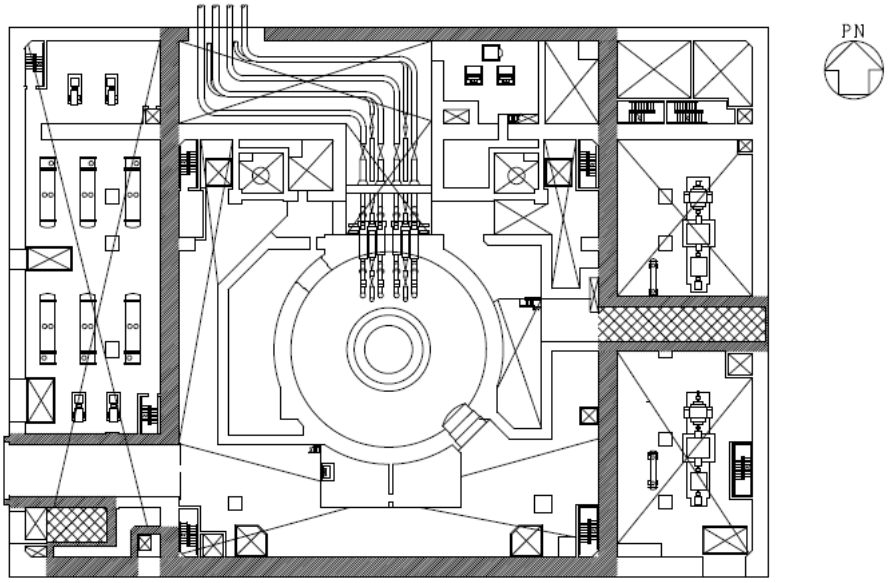
図 2－2(3)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（MB1F，EL 12.5m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

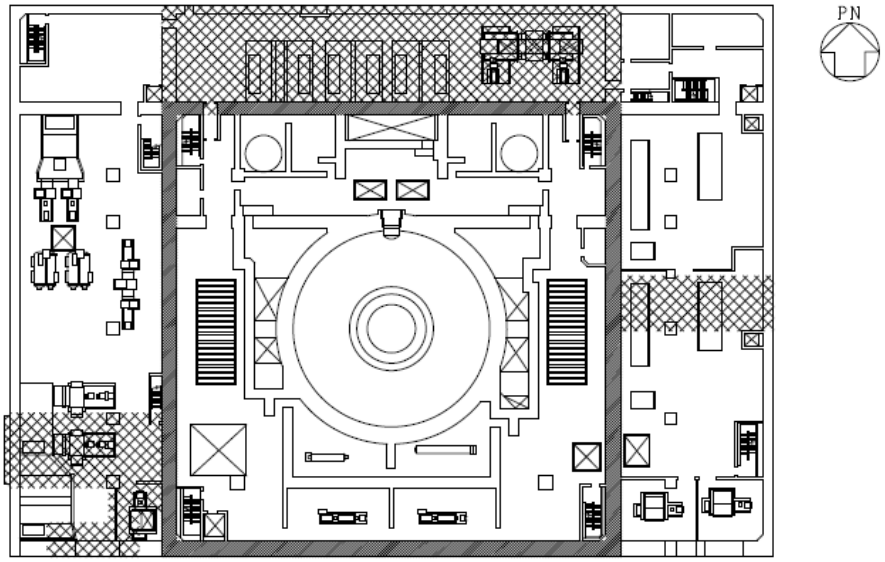
図 2－2(4)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（1F，EL 15.3m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

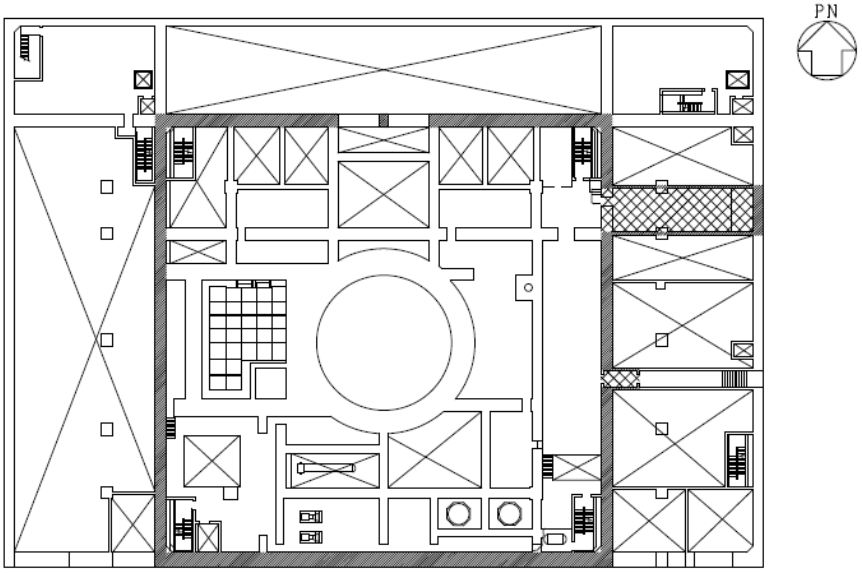
図 2－2(5)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（M2F，EL 19.5m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

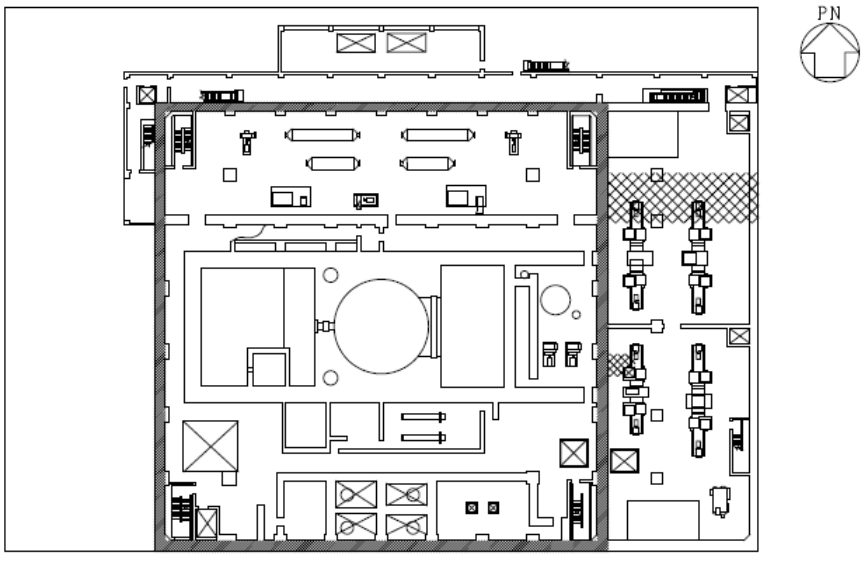
図 2－2(6)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（2F，EL 23.8m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

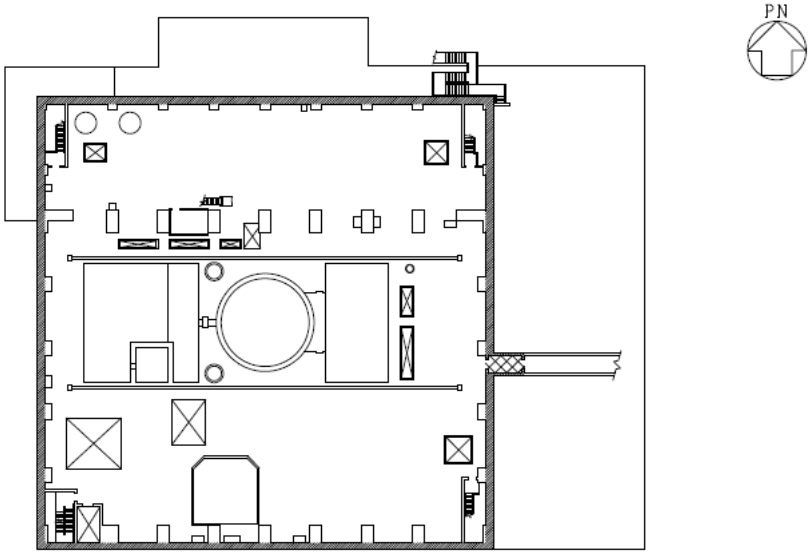
図 2－2(7)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（M3F，EL 30.5m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

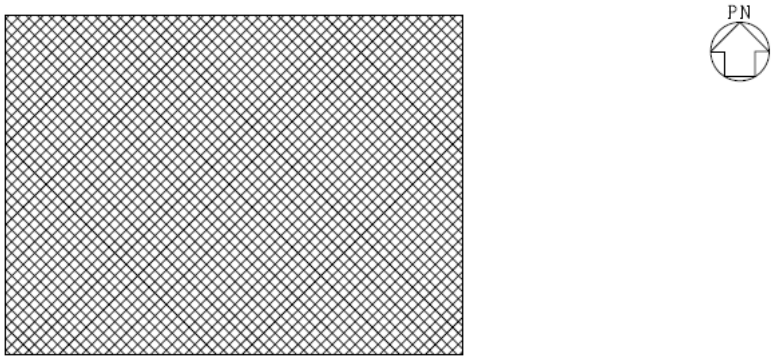
図 2－2(8)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（3F，EL 34.8m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

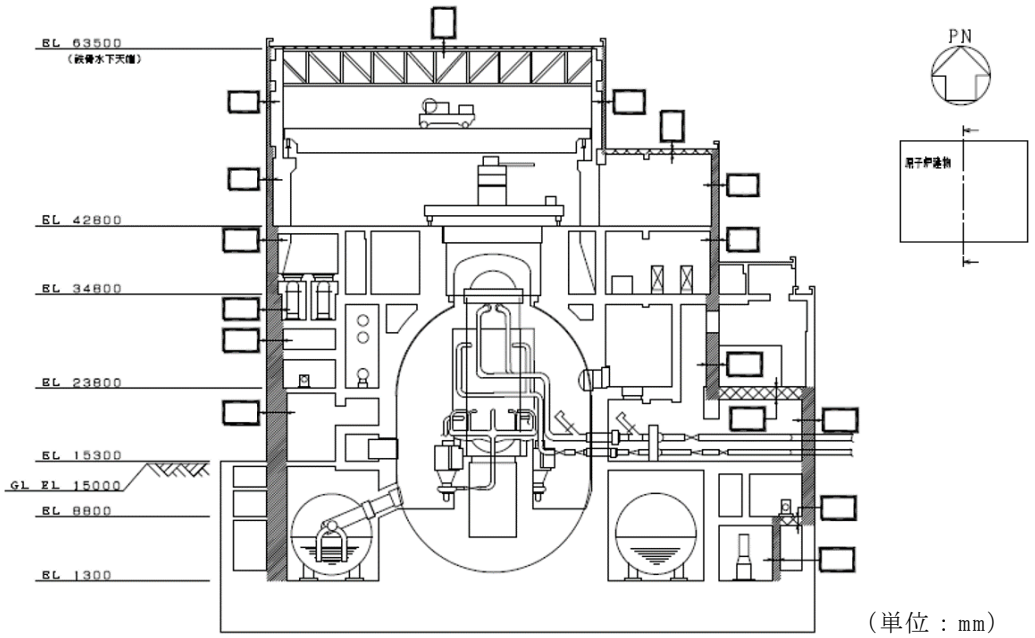
図 2－2(9)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（4F，EL 42.8m）




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

図 2－2(10)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図
（RF，EL 63.5m）

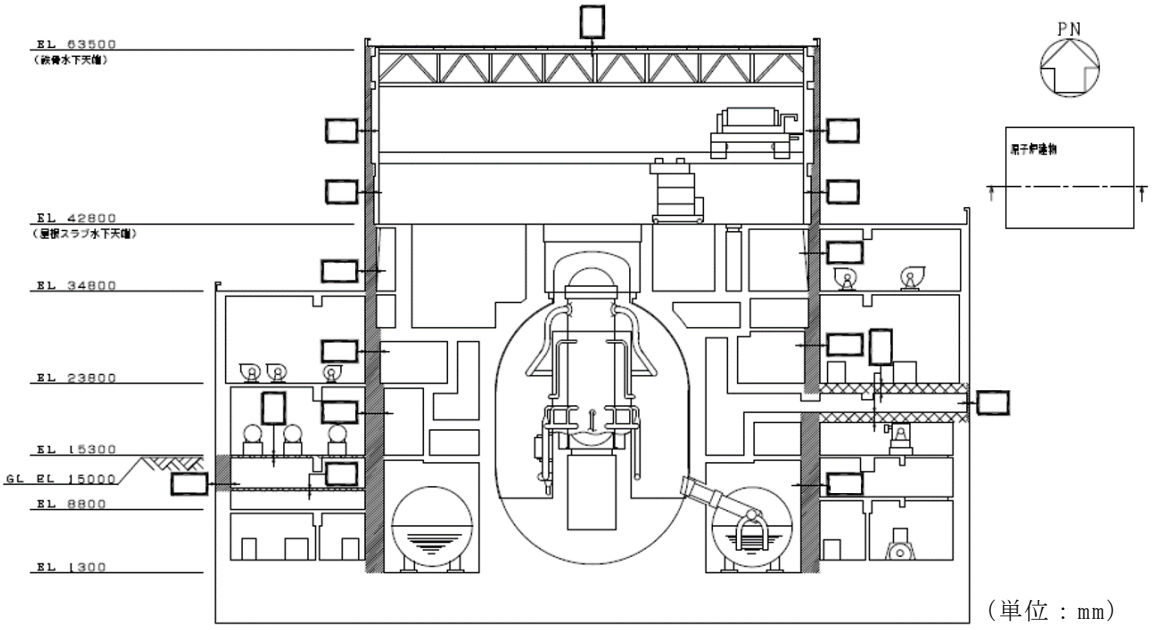



（単位：mm）

：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

図 2－3(1)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図（ＮＳ方向）




（単位：mm）

：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

図 2－3(2)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図（ＥＷ方向）

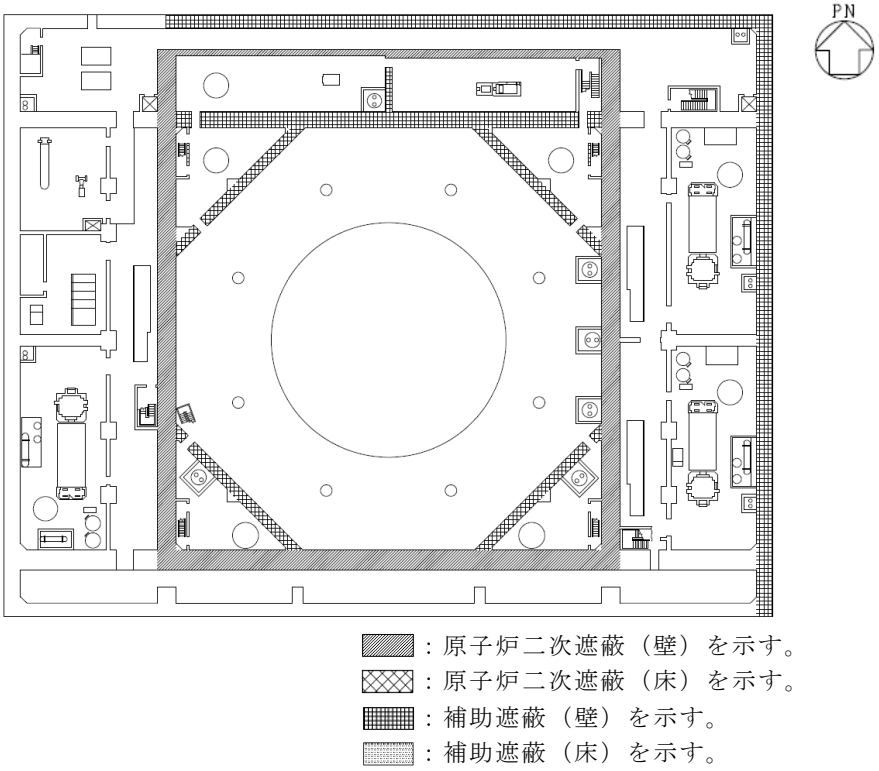



図 2－4(1)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
(B2F, EL 1.3m)

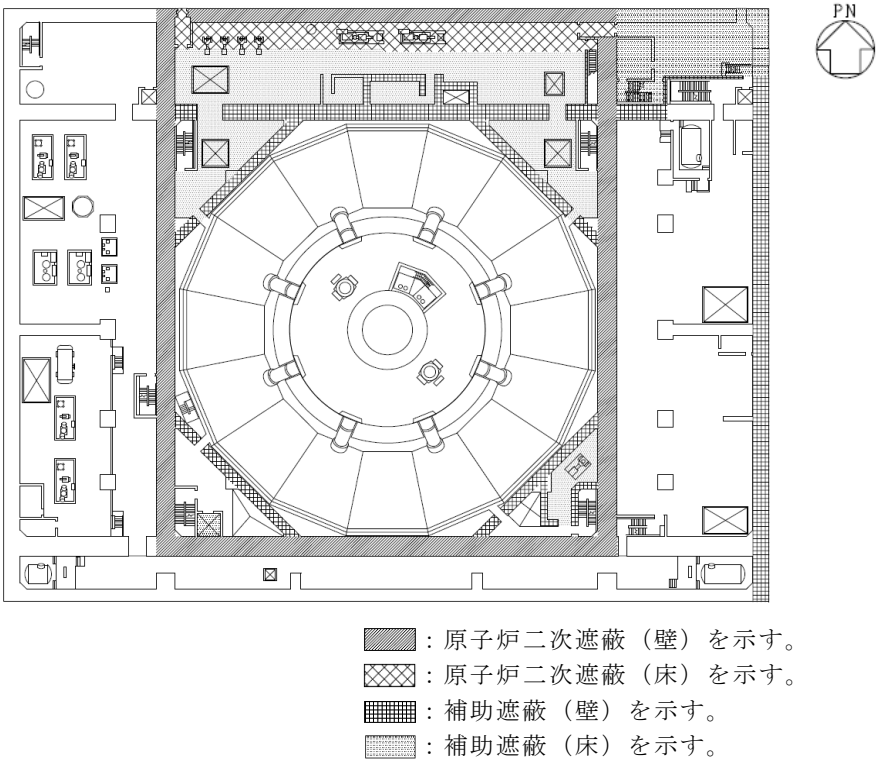
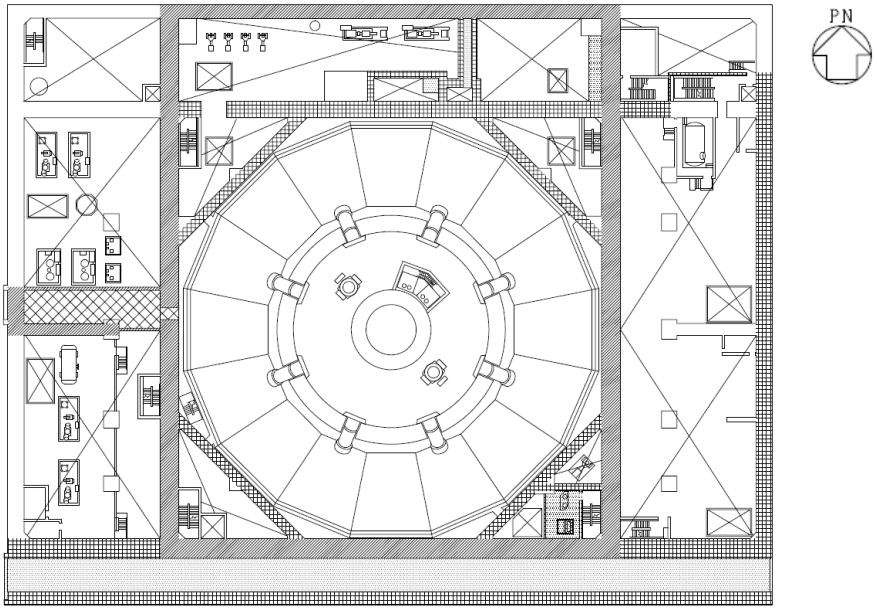
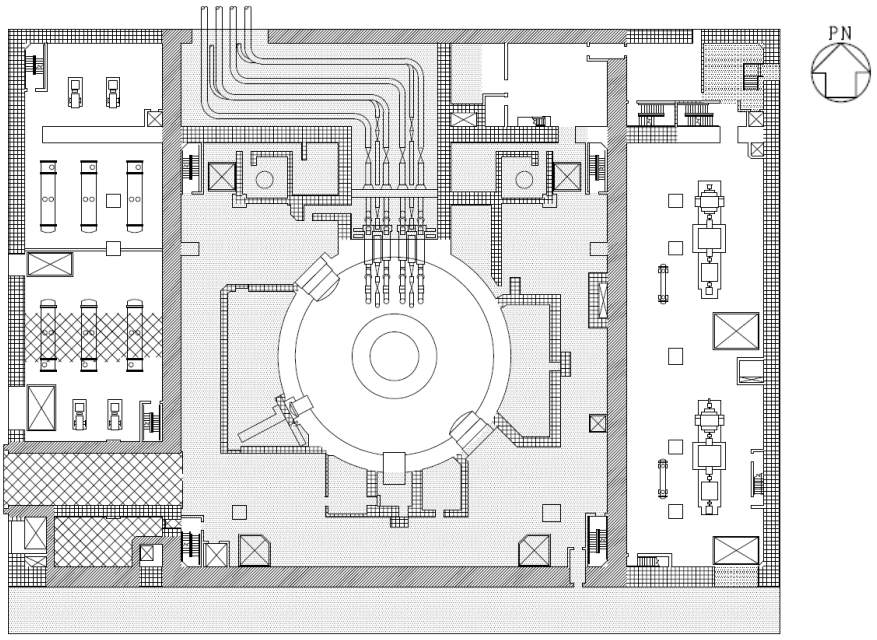



図 2－4(2)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
(B1F, EL 8.8m)



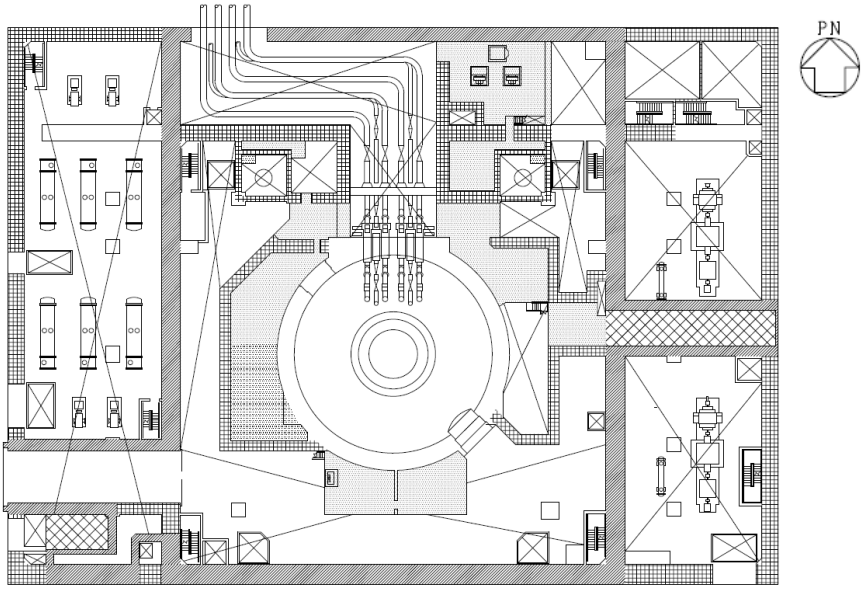

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(3)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（MB1F，EL 12.5m）



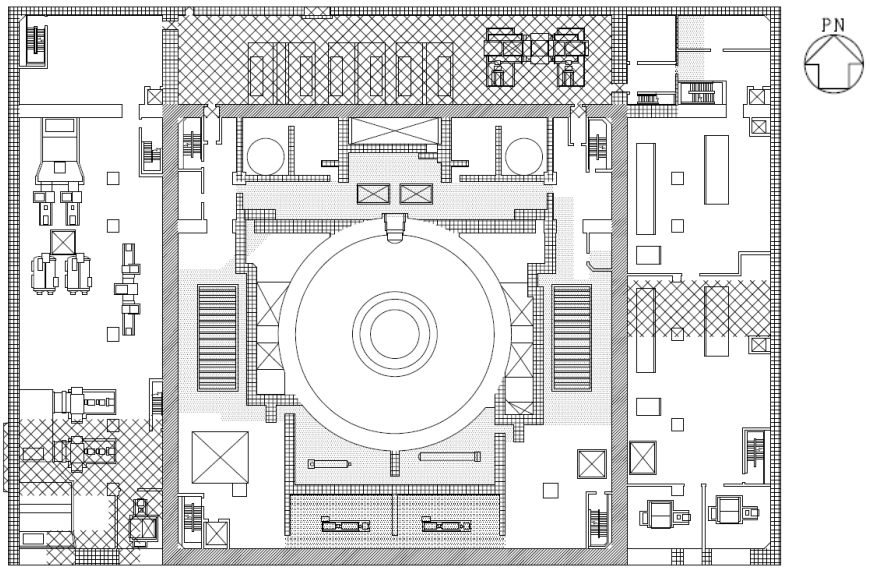

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(4)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（1F，EL 15.3m）



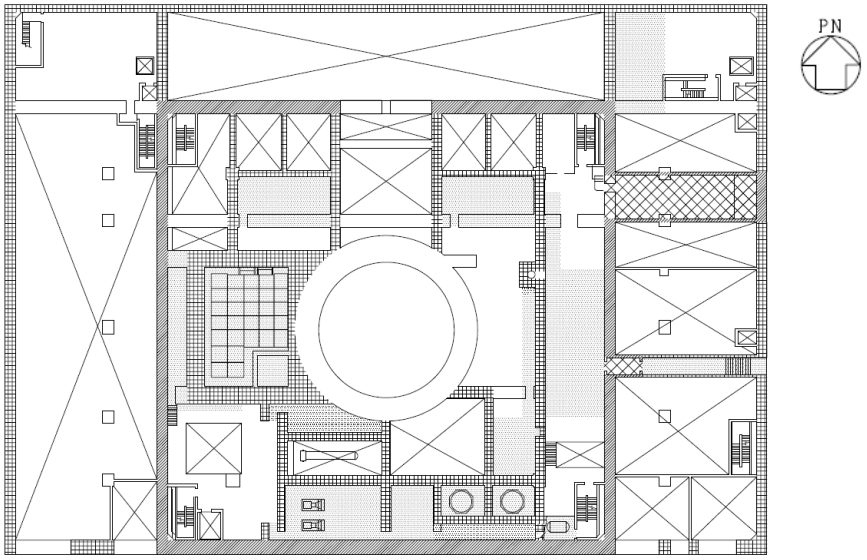

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(5)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（M2F，EL 19.5m）



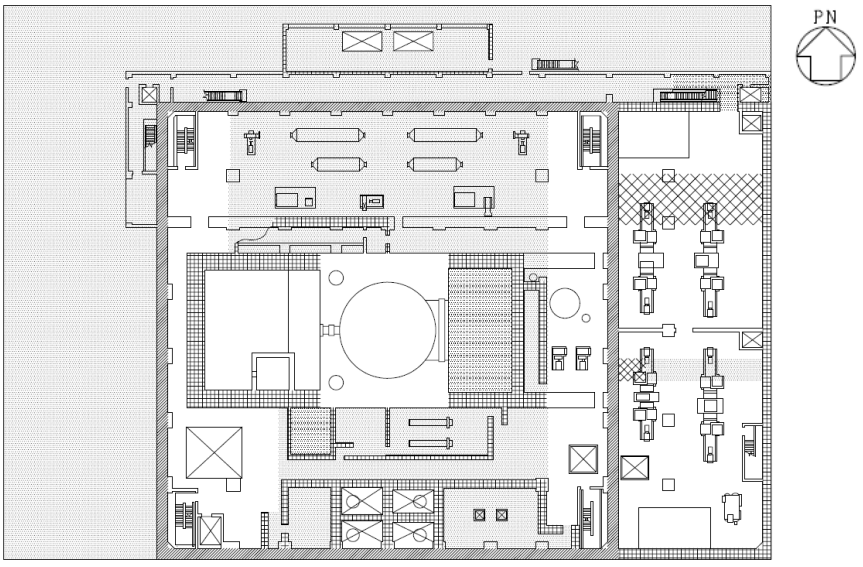

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(6)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（2F，EL 23.8m）



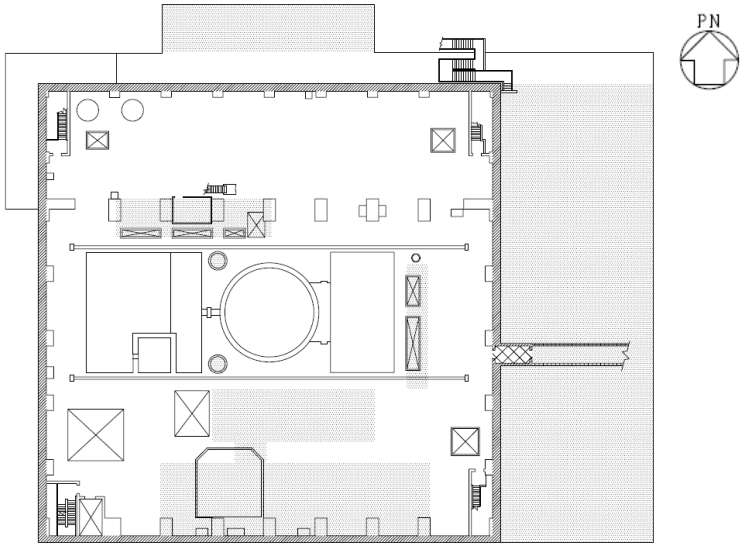

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(7)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（M3F，EL 30.5m）



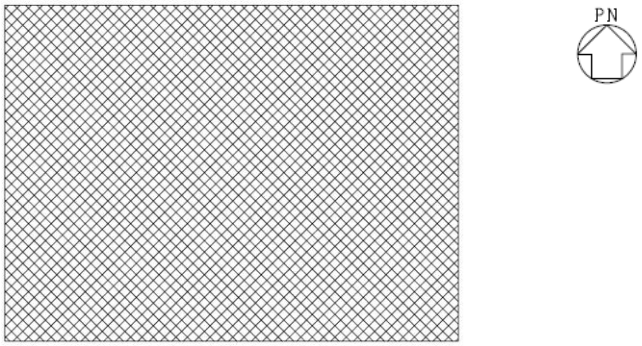

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(8)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（3F，EL 34.8m）



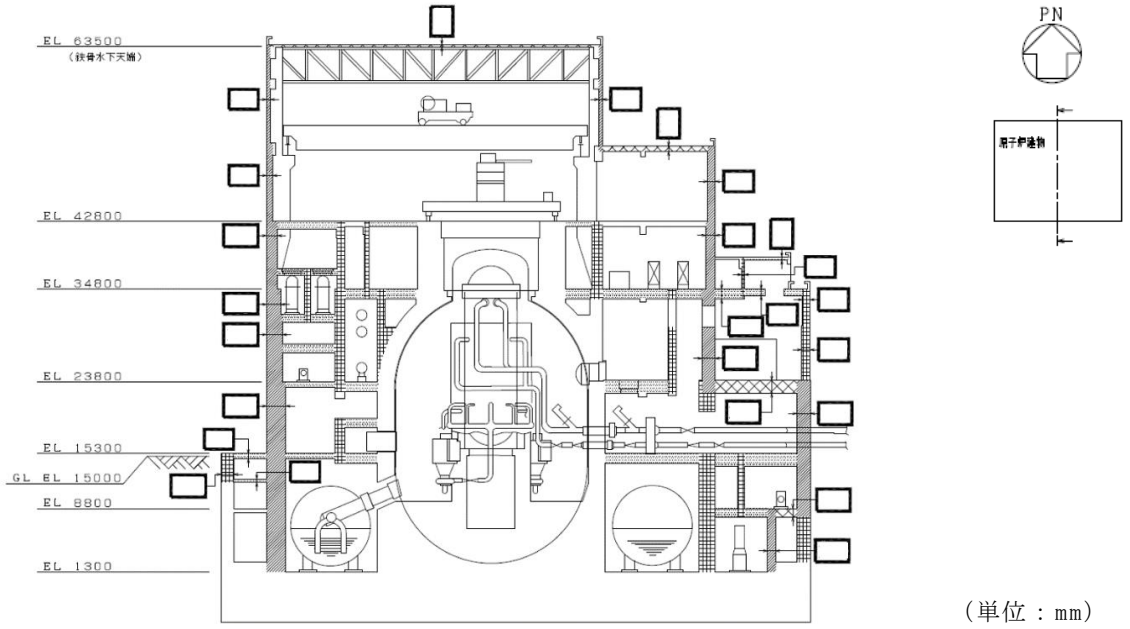

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－4(9)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（4F，EL 42.8m）




：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。
：補助遮蔽（壁）を示す。
：補助遮蔽（床）を示す。

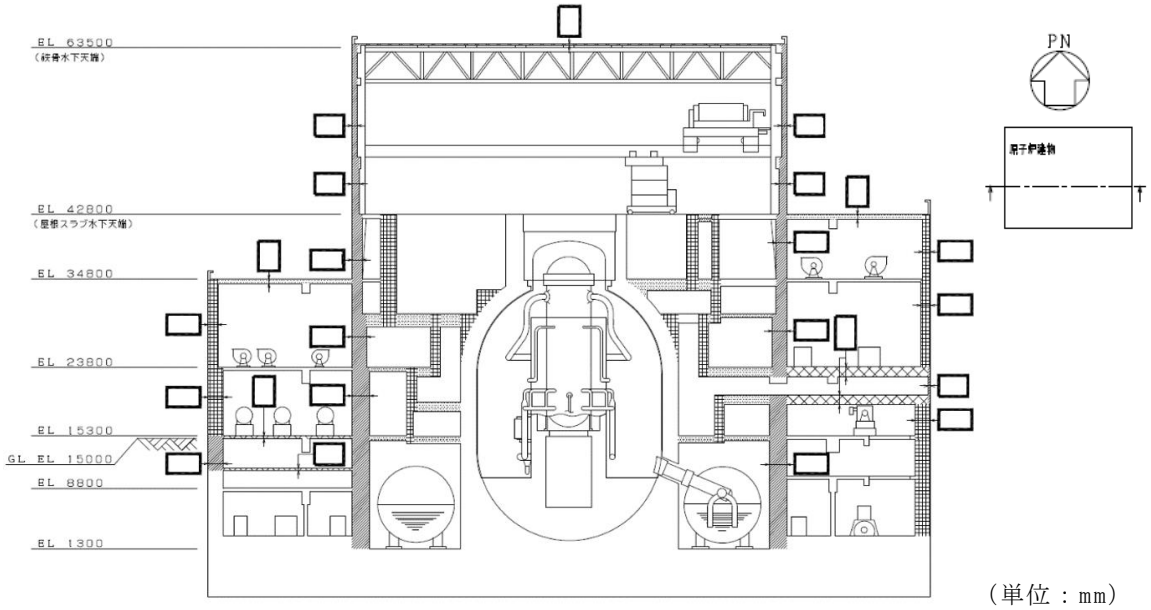
図 2－4(10)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図
（RF，EL 63.5m）




（単位：mm）

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。：補助遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－5(1)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の断面図（ＮＳ方向）




（単位：mm）

：原子炉二次遮蔽（壁）を示す。：補助遮蔽（壁）を示す。
：原子炉二次遮蔽（床）を示す。：補助遮蔽（床）を示す。

図 2－5(2)　原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の断面図（ＥＷ方向）

## 2.3　評価方針

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は，設計基準対象施設においては「Ｓクラスの施設」に，重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また，原子炉建物を構成する壁及びスラブの一部は，原子炉建物の原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）に該当し，その原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）は，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の設計基準対象施設としての評価においては，弾性設計用地震動Ｓｄによる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「Ｓｄ地震時に対する評価」という。），基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価（以下「Ｓｓ地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし，それぞれの評価は，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の評価は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，地震応答解析による評価においては，耐震壁のせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を，応力解析による評価においては断面の評価を行うことで，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては，材料物性の不確かさを考慮する。表 2－1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

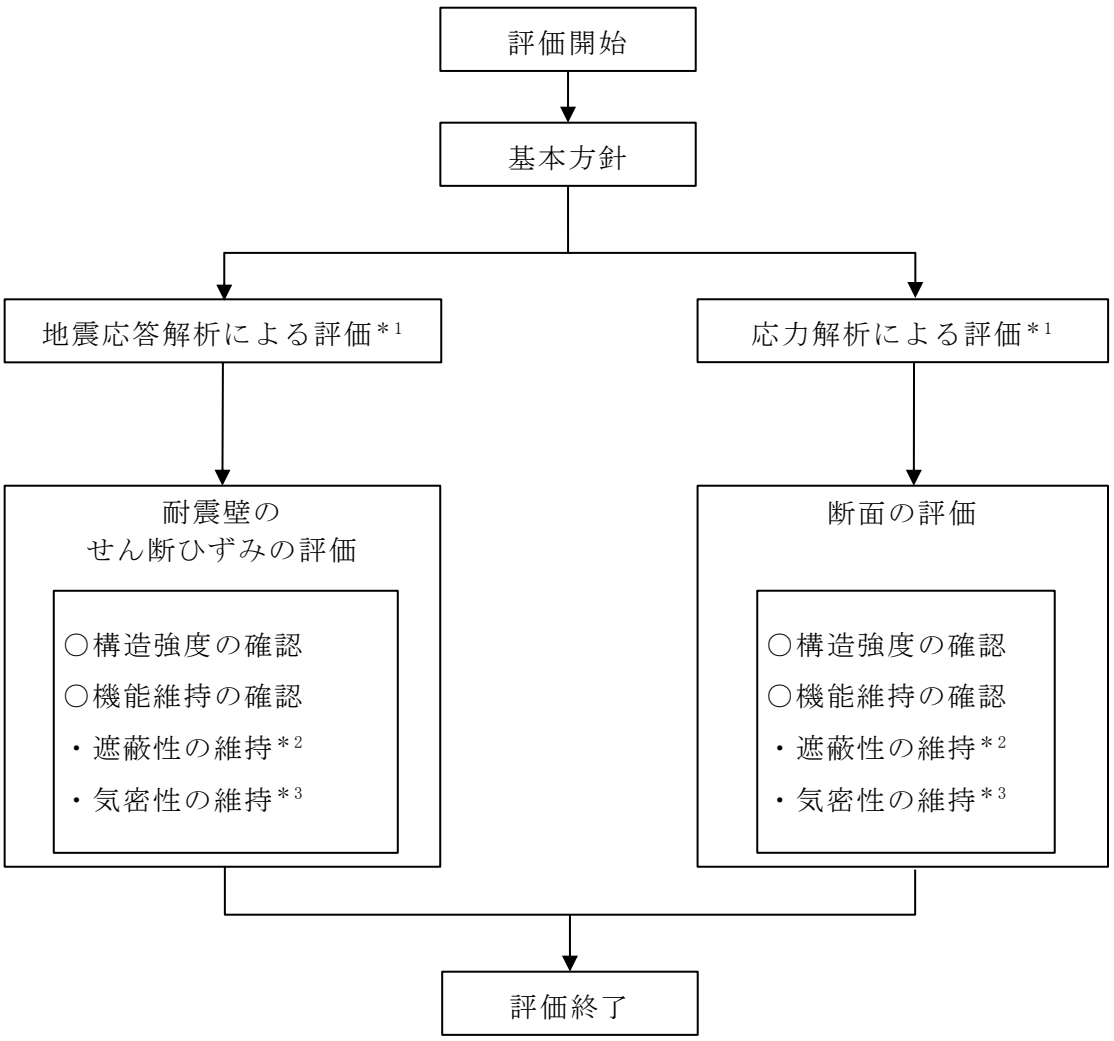
なお，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の地震時の構造強度及び機能維持の確認には，地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）が原子炉建物の一部であることを踏まえ，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建物全体としての評価結果をⅥ-2-2-3「原子炉建物の耐震性についての計算書」に示す。

また，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の重大事故等対処施設としての評価においては，Ｓｓ地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで，原子炉建物は燃料プールにおいて，運転時，設計基準事故時及び重大事故等時の状態で，温度の条件が異なるが，コンクリートの温度が上昇した場合においても，コンクリートの圧縮強度の低下は認められず，剛性低下は認められるが，その影響は小さいと考えられること，また，「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」では要素内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり，十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないとされていることから，重大事故等対処施設としての評価は，設計基準対象施設としての評価と同一となる。

図 2－6 に原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の評価フローを示す。

表 2－1　材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 検討ケース | コンクリート<br>剛性 | 地盤物性 | 備考 |
|---|---|---|---|
| ケース 1<br>（工認モデル） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 基本ケース |
| ケース 2<br>（地盤物性＋σ） | 設計基準強度 | 標準地盤＋σ<br>（＋10%，＋20%） | |
| ケース 3<br>（地盤物性－σ） | 設計基準強度 | 標準地盤－σ<br>（－10%，－20%） | |
| ケース 4<br>（積雪） | 設計基準強度 | 標準地盤 | 積雪荷重との<br>組合せを考慮 |




注記＊1：VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。
＊2：原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）について実施する。
＊3：原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）について実施する。

図 2－6　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の評価フロー

## 2.4　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）
- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 改定）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）
- 鋼構造設計規準　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- 2015 年版　建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）
- 発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）
- 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計と保有水平耐力－（（社）日本建築学会，2001 改定）

3. 地震応答解析による評価方法

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の構造強度については，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また，遮蔽性及び気密性の維持については，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の許容限界は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持方針に基づき，表 3－1 及び表 3－2 のとおり設定する。

表 3－1　地震応答解析による評価における許容限界

（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1 | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| 気密性 | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1（原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）） | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ *2 |

注記＊1：建物全体としては，耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており，剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱，はり，間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと，また，全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから，各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば，建物・構築物に要求される機能は維持される。

＊2：事故時においては，PCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する設計とし，地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する許容限界の適用性は，「別紙 1　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書」に示す。

表 3－2　地震応答解析による評価における許容限界

（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1 | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| 遮蔽性 | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1（原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）） | 最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| 気密性 | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動Ｓｓ | 耐震壁*1（原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）） | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ *2 |

注記＊1：建物全体としては，耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており，剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱，はり，間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと，また，全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから，各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば，建物・構築物に要求される機能は維持される。

＊2：事故時においては，PCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する設計とし，地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する許容限界の適用性は，「別紙 1　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書」に示す。

4. 応力解析による評価方法

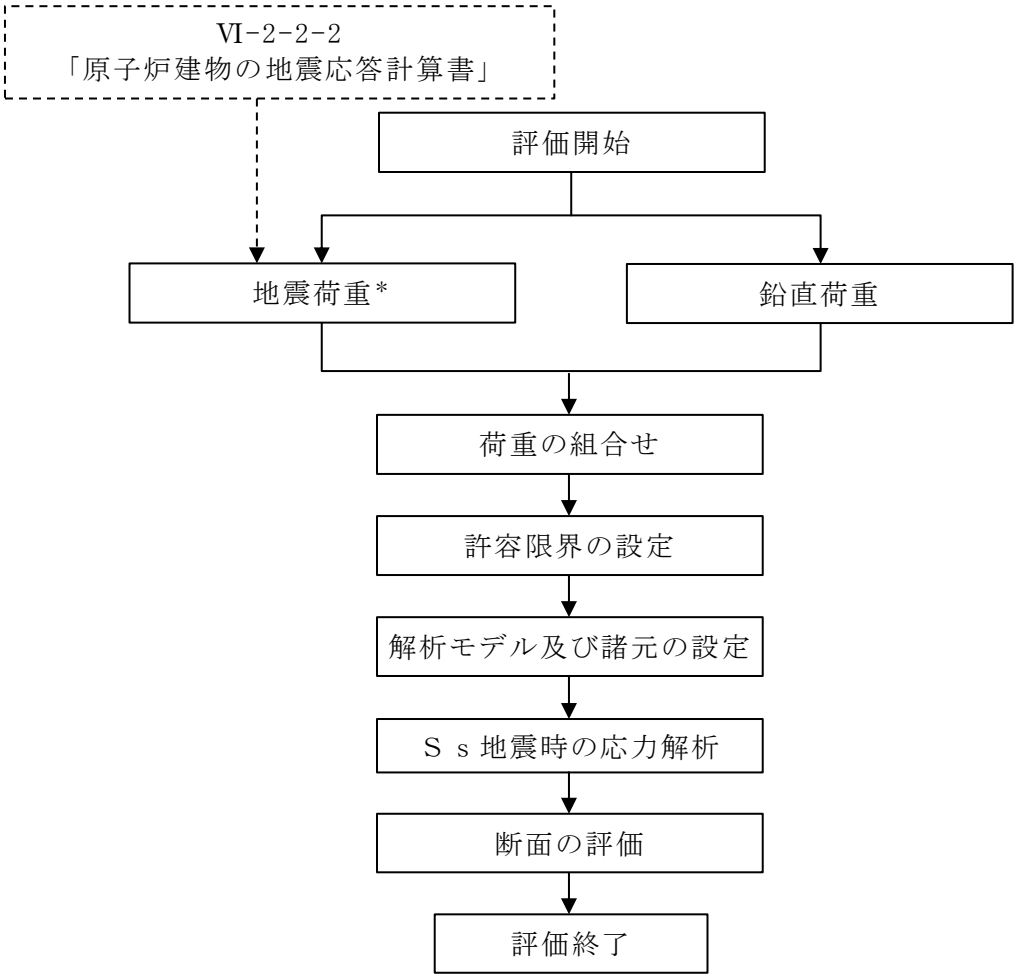
4.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の応力解析による評価対象部位は，屋根スラブ，床スラブ，屋根トラス及び耐震壁とする。

4.1.1 屋根スラブ及び床スラブ

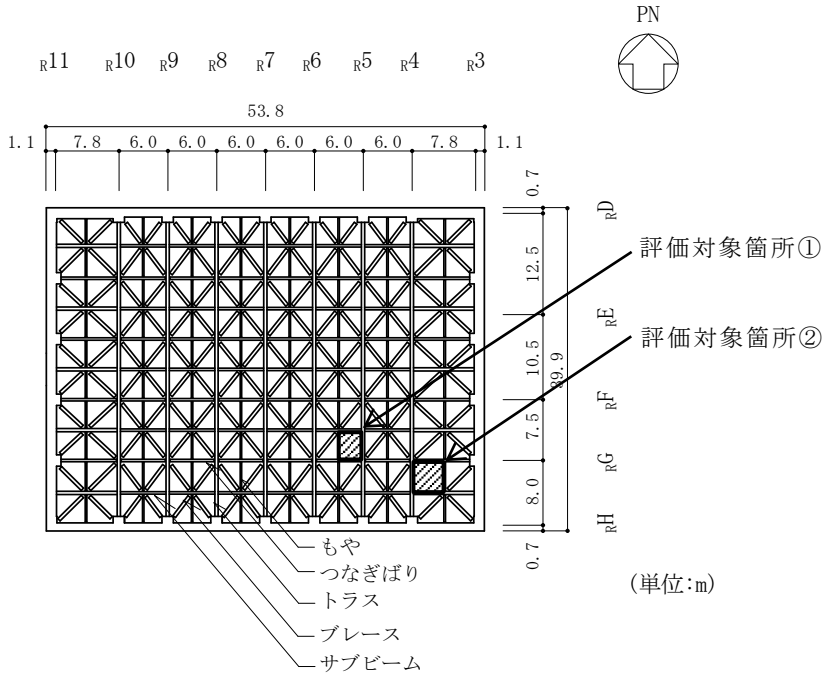
屋根スラブ及び床スラブについては，鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって，Ｓｓ地震時に対する評価は，基準地震動Ｓｓによる鉛直震度を考慮した応力解析モデルを用いて，各部材の断面評価を行う。鉛直震度については，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」により得られた基準地震動Ｓｓによる結果を用いる。許容限界については，屋根スラブ及び床スラブは，「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）」（以下「ＲＣ－Ｎ規準」という。）に基づき設定する。Ｓｄ地震時に対する評価については，上記のとおり基準地震動Ｓｓで評価するため新たな検討は行わない。評価については，各断面の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4－1 に，選定した部材を図 4－2 に示す。

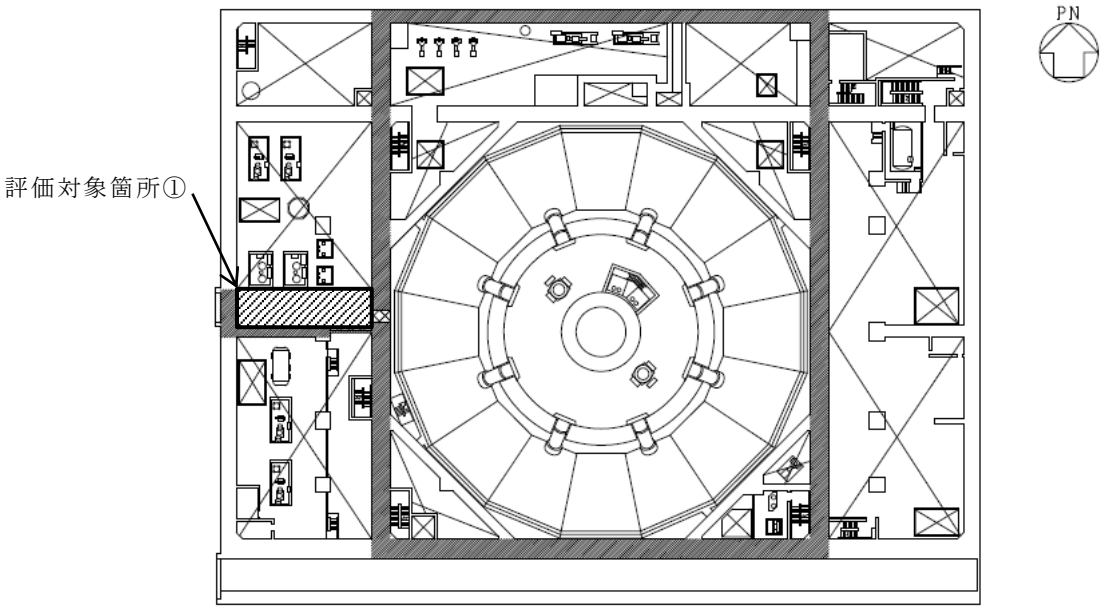



注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4－1　屋根スラブ及び床スラブの応力解析による評価フロー

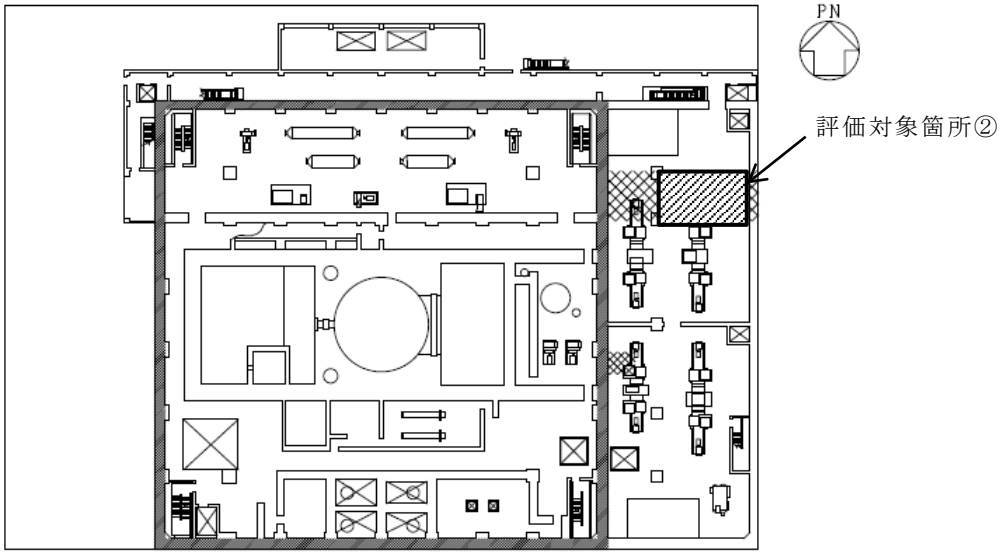



(a) 屋根スラブ (RF, EL 63.5m)




(b) 床スラブ (MB1F, EL 12.5m)

図 4－2(1) 評価を記載する部材の位置




：二次格納施設バウンダリ（壁）を示す。

：二次格納施設バウンダリ（床）を示す。

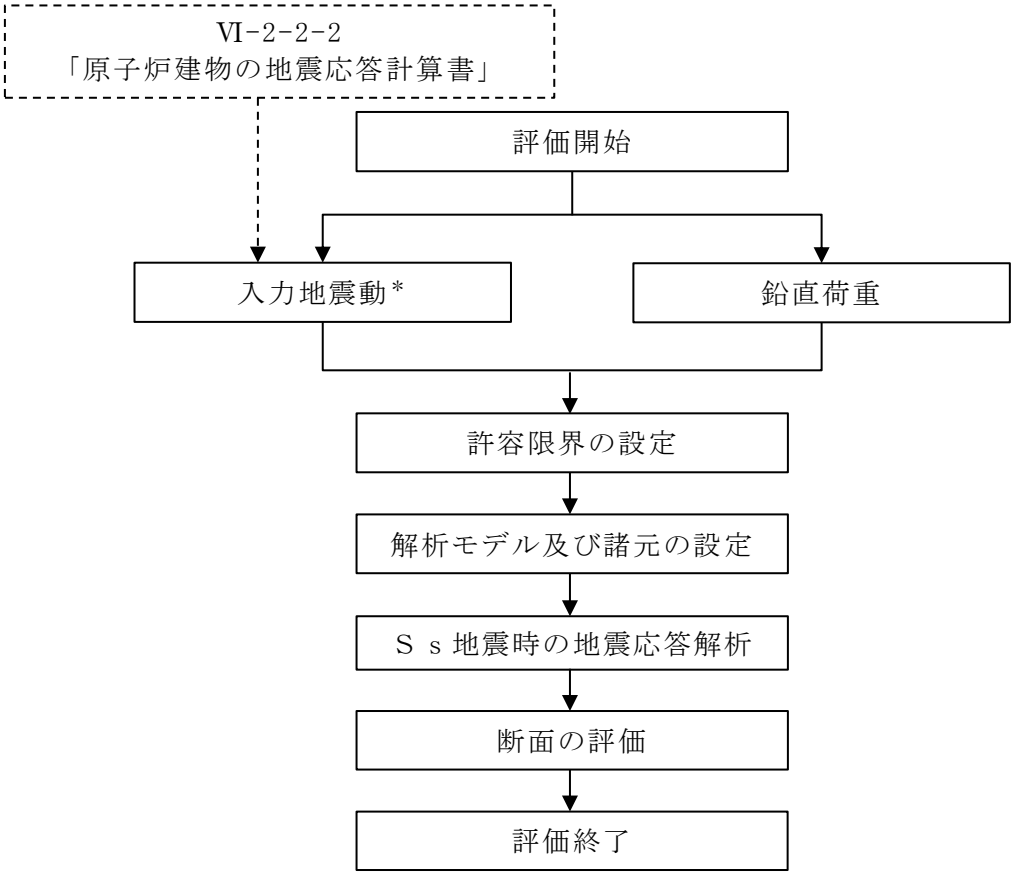
（c） 床スラブ（3F，EL 34.8m）

図 4－2(2) 評価を記載する部材の位置

4.1.2　屋根トラス

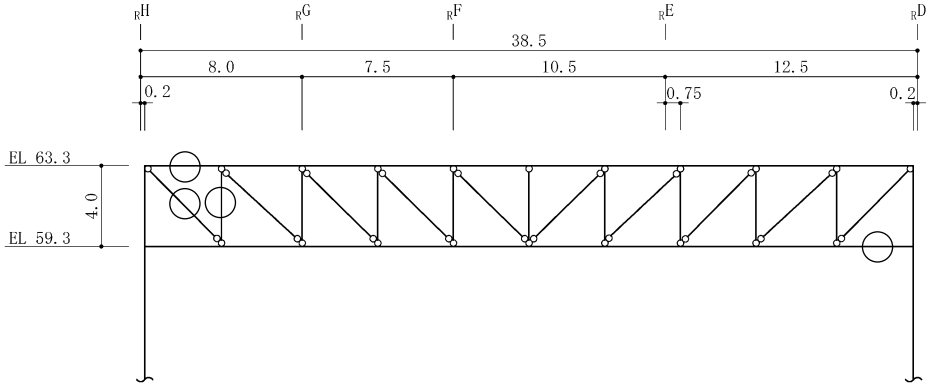
屋根トラスについては，水平方向の地震動に加え，鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって，水平方向と鉛直方向地震力の同時入力による評価を行うために，3 次元ＦＥＭモデルを用いた地震応答解析により生じた応力を用いて，各部材の断面の評価を行う。Ｓｓ地震時に対する評価については，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」により得られた基準地震動Ｓｓによる結果を用いる。許容限界については，「平12建告第2464号」に基づきＦ値に1.1倍の割増しを考慮した弾性限強度とする。評価については，各部材の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4－3 に，選定した部材を図 4－4～図 4－9 に示す。




注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

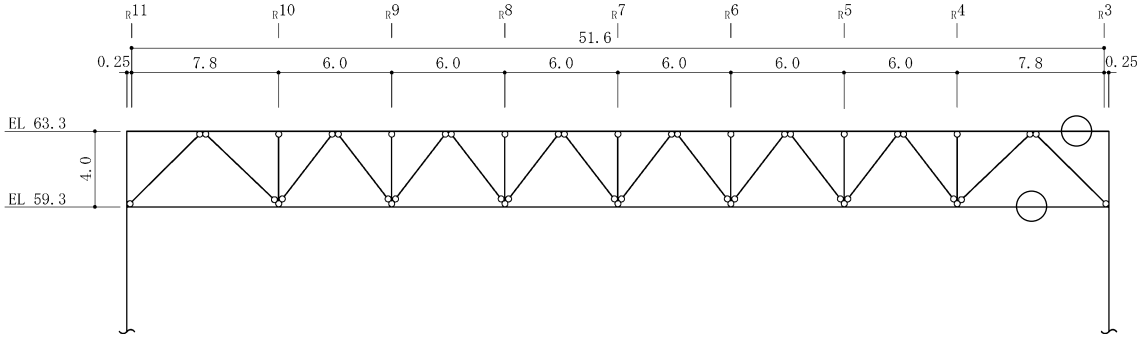
図 4－3　屋根トラスの応力解析による評価フロー




◯：最大応力発生箇所を示す。

（単位：m）

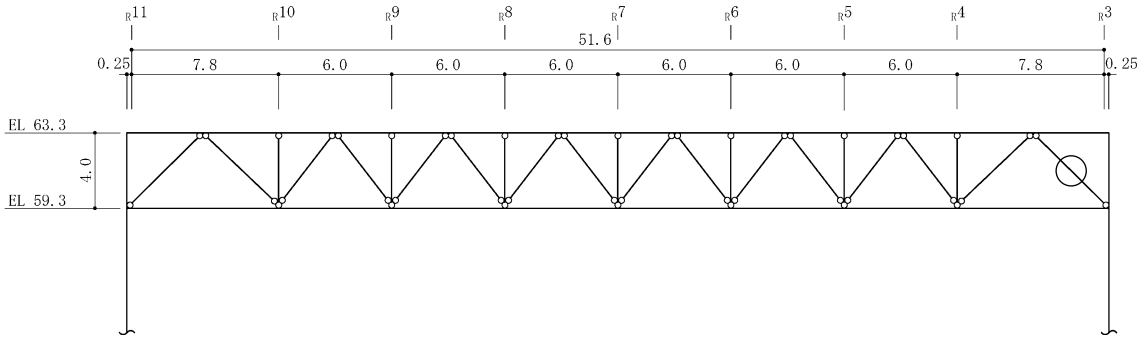
図 4－4　評価を記載する部材の位置（主トラス：R7 通り）




◯：最大応力発生箇所を示す。

（単位：m）

(a)　サブトラス：RF 通り

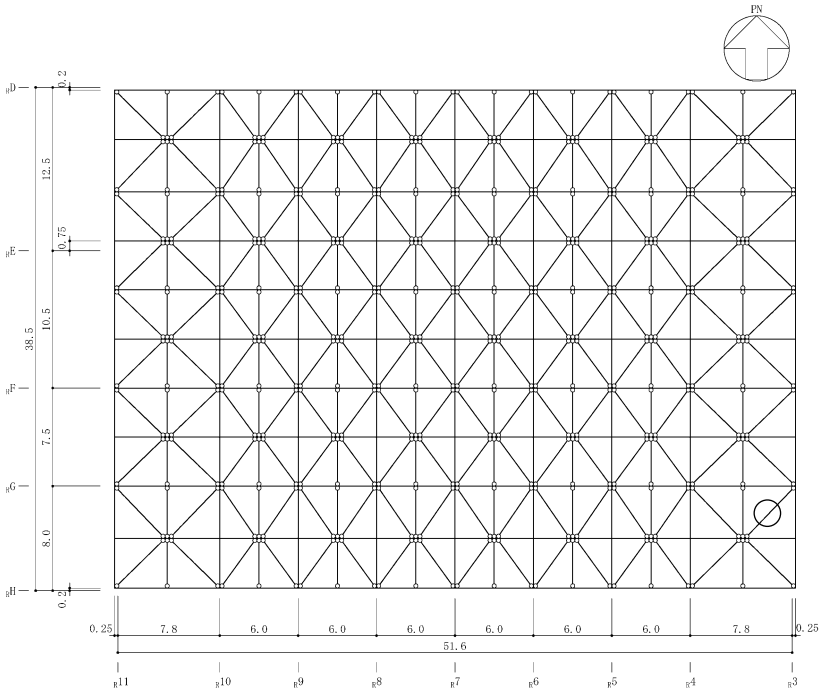



◯: 累積塑性変形倍率が最も大きい箇所を示す。

（単位：m）

(b)　サブトラス：RE 通り+3.0m

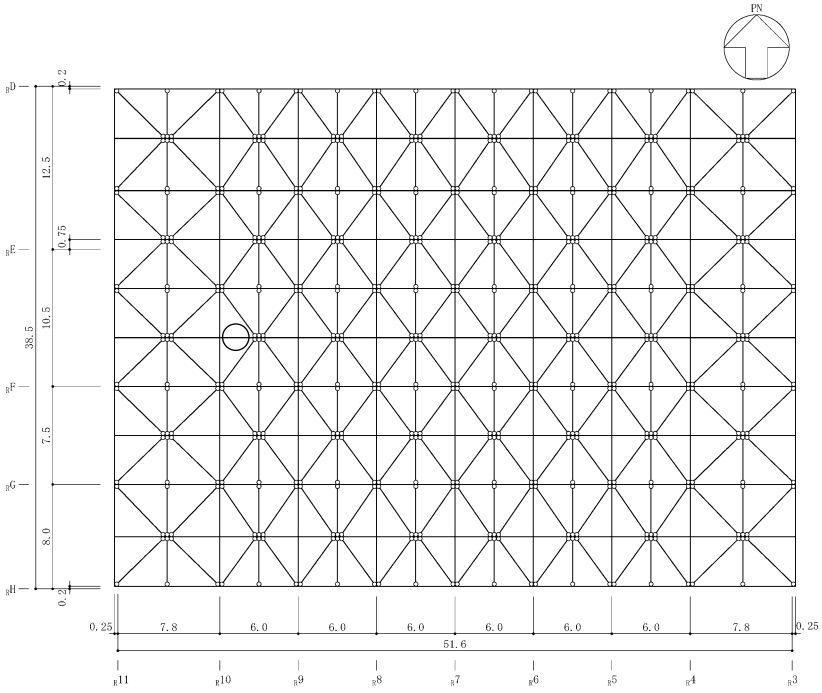
図 4－5　評価を記載する部材の位置（サブトラス）




◯：最大応力発生箇所を示す。

（単位：m）

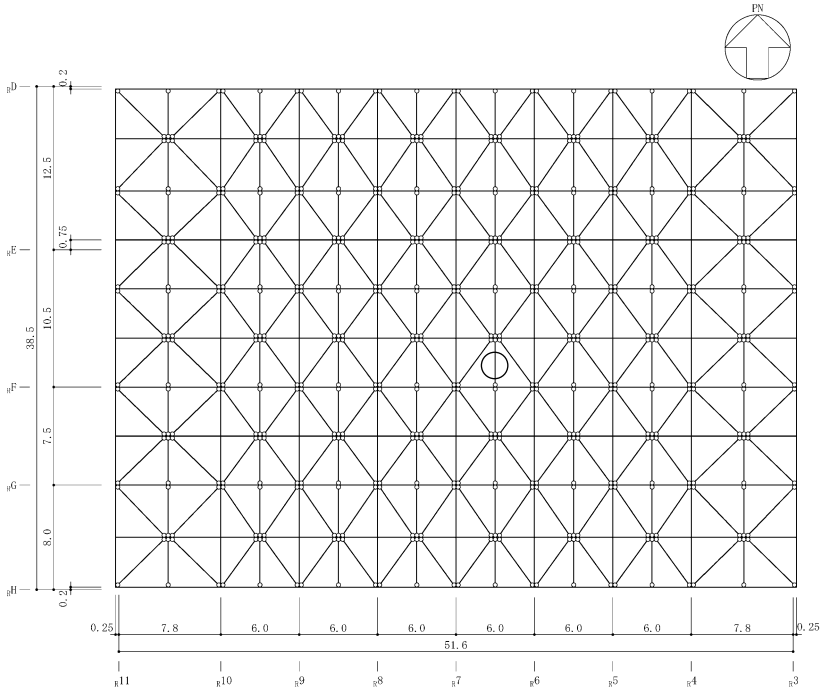
図 4－6　評価を記載する部材の位置（水平ブレース：EL 63.3m）




◯：最大応力発生箇所を示す。

（単位：m）

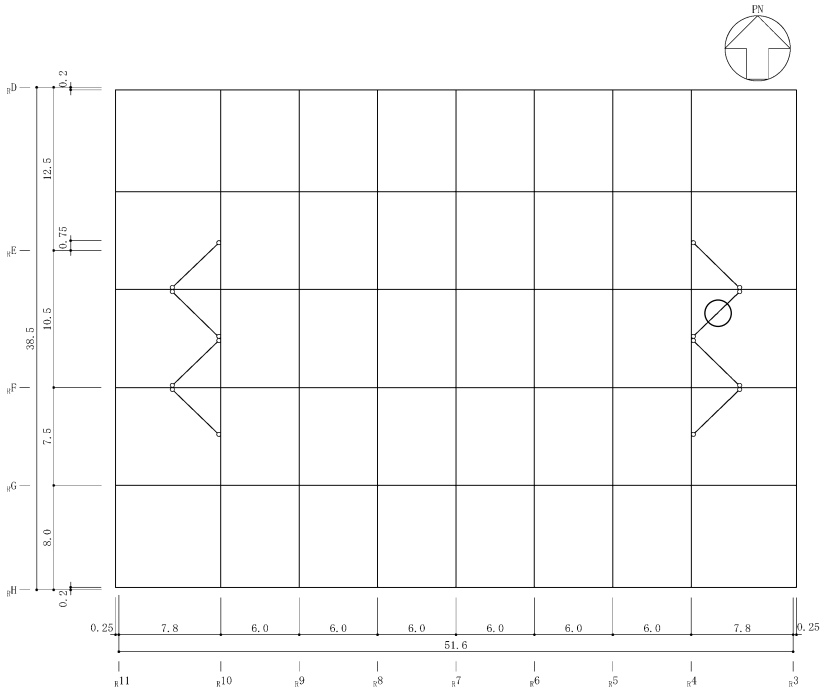
図 4－7　評価を記載する部材の位置（サブビーム：EL 63.3m）




◯：最大応力発生箇所を示す。

（単位：m）

図 4－8　評価を記載する部材の位置（母屋：EL 63.3m）




◯：最大応力発生箇所を示す。

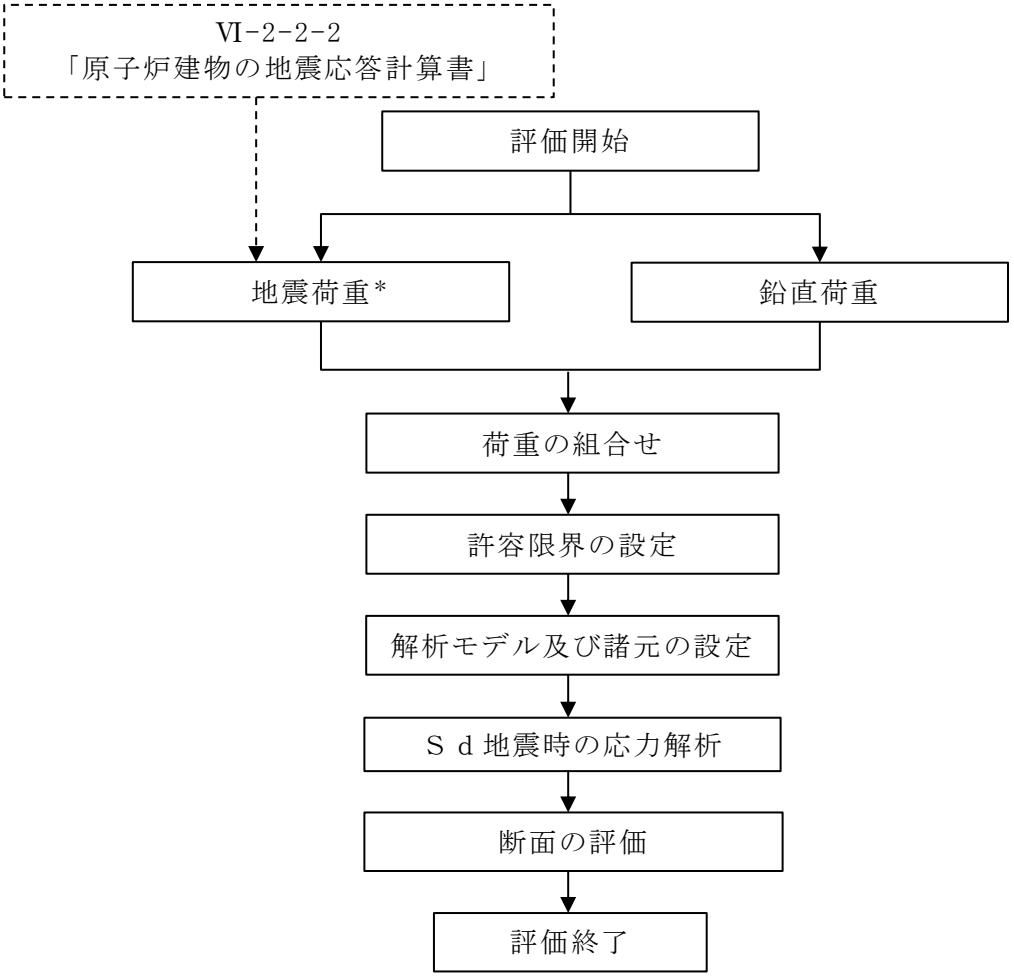
（単位：m）

図4－9　評価を記載する部材の位置（サブトラス下弦材座屈止め：EL 59.3m）

4.1.3　耐震壁

Ｓｄ地震時に対する評価は，材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。評価については，耐震壁の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図4－10に，選定した部材を図4－11に示す。




注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4－10　耐震壁の応力解析による評価フロー

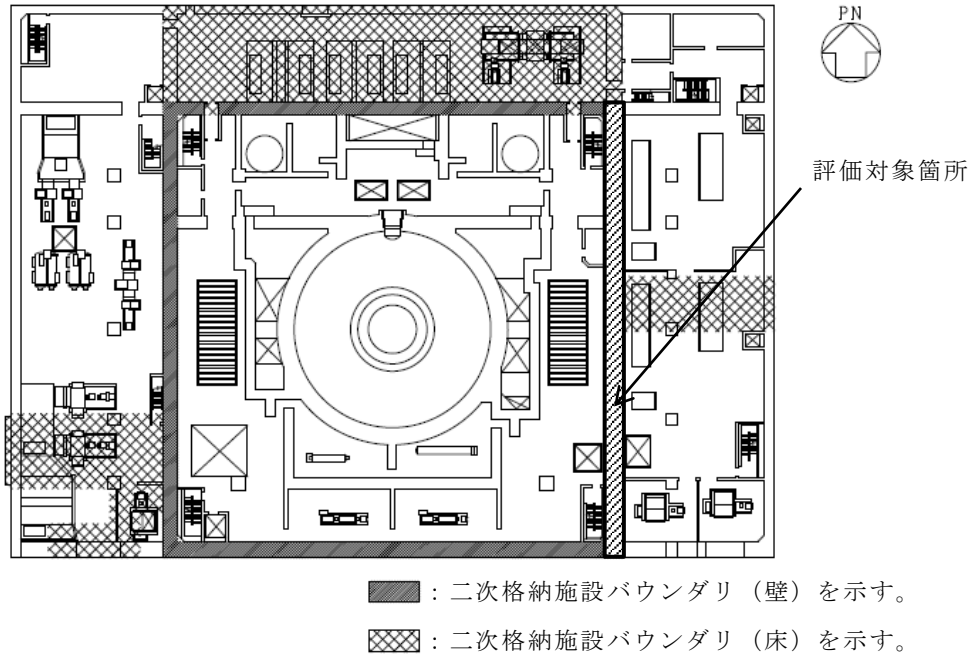



図 4－11　耐震壁の評価を記載する部材の位置
（2F，EL 23.8m）

4.2　荷重及び荷重の組合せ

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

4.2.1　屋根スラブ

(1)　荷重

a.　鉛直荷重

固定荷重（G），積載荷重（P）は昭和 59 年 2 月 24 日付け 58 資庁第 15180 号にて認可された工事計画の添付資料Ⅳ-2-4-2「原子炉建物の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）に基づき設定する。積雪荷重（ＳＮＬ）は，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0cm とし，積雪量 1cm ごとに 20N/m$^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

b.　地震荷重

地震荷重（Ｓｓ）は，基準地震動Ｓｓに対する質点系モデルの屋根トラス部の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2)　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4－1 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | Ｇ＋Ｐ＋ＳＮＬ＋Ｓｓ |

Ｇ　　：固定荷重
Ｐ　　：積載荷重
ＳＮＬ：積雪荷重
Ｓｓ　：地震荷重

4.2.2　床スラブ

(1)　荷重

a.　鉛直荷重

固定荷重（G），積載荷重（P）は「既工認」に基づき設定する。積雪荷重（ＳＮＬ）は，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0cm とし，積雪量 1cm ごとに 20N/m$^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

b.　地震荷重

地震荷重（Ｓｓ）は，基準地震動Ｓｓに対する質点系モデルの各層の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2)　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4－2 に示す。

表 4－2　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | Ｇ＋Ｐ＋ＳＮＬ*＋Ｓｓ |

Ｇ　　：固定荷重

Ｐ　　：積載荷重

ＳＮＬ：積雪荷重

Ｓｓ　：地震荷重

注記＊：積雪荷重（ＳＮＬ）は，積雪荷重が作用する屋外に面する床スラブに対して考慮する。

4.2.3　屋根トラス

(1)　荷重

a.　鉛直荷重

荷重の一覧を表 4－3 に示す。固定荷重（G）及び積載荷重（P）は「既工認」に基づき設定する。積雪荷重（ＳＮＬ）は，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0cm とし，積雪量 1cm ごとに 20N/$m^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。なお，原子炉建物内は負圧となっており，屋根スラブに鉛直下向きの圧力荷重が作用しているが，鉛直荷重と比較して 6.28×$10^{-2}$kN/$m^2$ と非常に軽微なため考慮しない。

表 4－3　荷重一覧

| | | |
|---|---|---|
| 固定荷重（G） | 屋根スラブ | 6.10kN/$m^2$ |
| | トラス鋼材 | 77.0kN/$m^3$ |
| | クレーン荷重 | 3432kN |
| 積載荷重（P） | | 0.30kN/$m^2$ |
| 積雪荷重（ＳＮＬ） | | 0.70kN/$m^2$ |

b.　地震荷重

地震荷重（Ｓｓ）は，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」から得られる燃料取替階レベル（4F，EL　42.8m）のＳｓ地震時の水平及び鉛直方向の時刻歴応答加速度とし，「2.3　評価方針」に示したとおり，材料物性の不確かさを考慮する。Ｓｓ－Ｄ，Ｓｓ－Ｆ１，Ｓｓ－Ｆ２，Ｓｓ－Ｎ１及びＳｓ－Ｎ２の水平 2 成分，鉛直成分及び回転 2 成分の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 4－12～図 4－67 に示す。

(2)　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4－4 に示す。

表 4－4　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | Ｇ＋Ｐ＋ＳＮＬ*＋Ｓｓ |

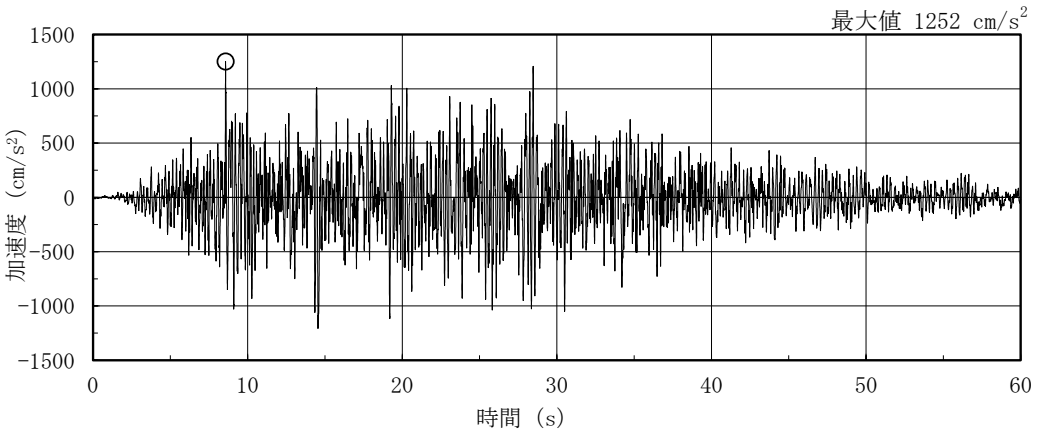
Ｇ　　：固定荷重

Ｐ　　：積載荷重

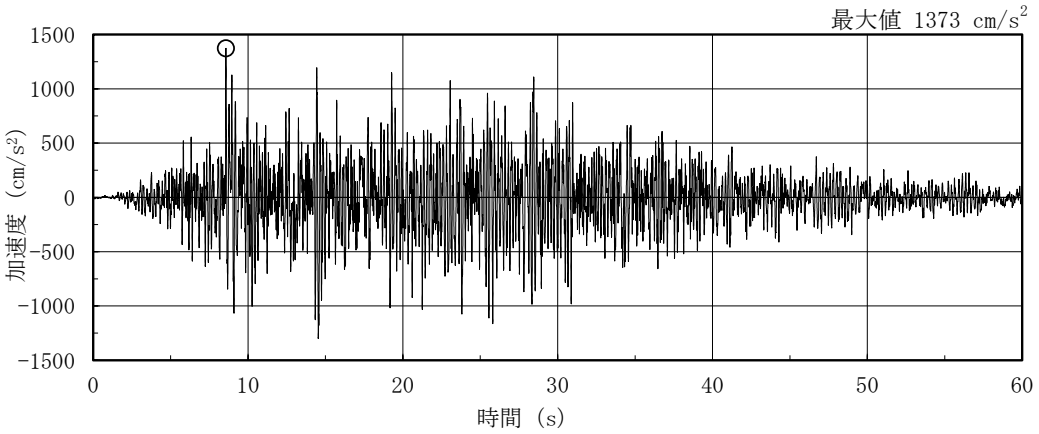
ＳＮＬ：積雪荷重

Ｓｓ　：地震荷重

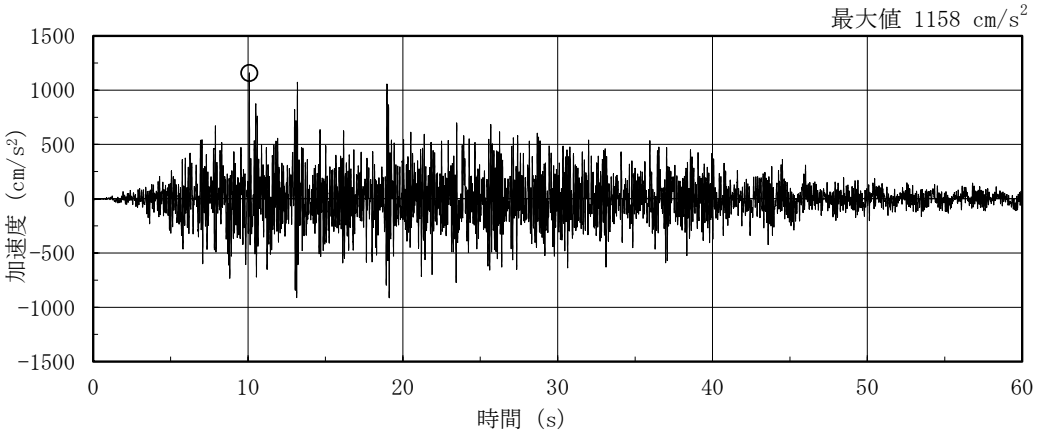
注記＊：材料物性の不確かさ等を考慮する解析ケースのうち，積雪荷重との組合せを考慮するケース 4 において，積雪荷重（ＳＮＬ）を考慮する。




（a） ＮＳ方向

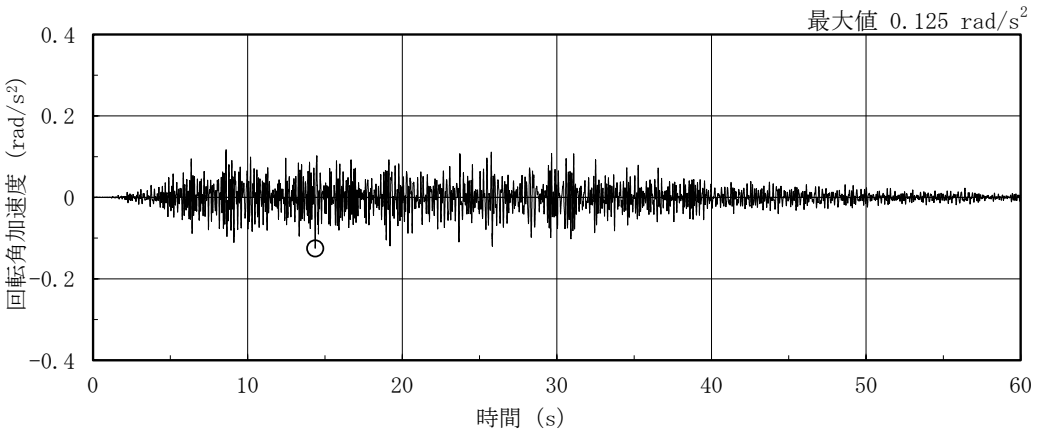



（b） ＥＷ方向

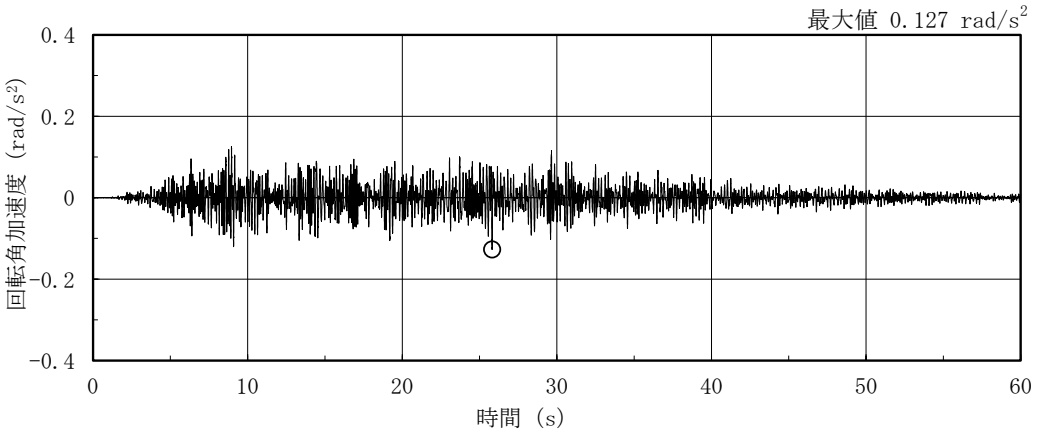



（c） 鉛直方向

図 4－12 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 1，水平，鉛直成分）

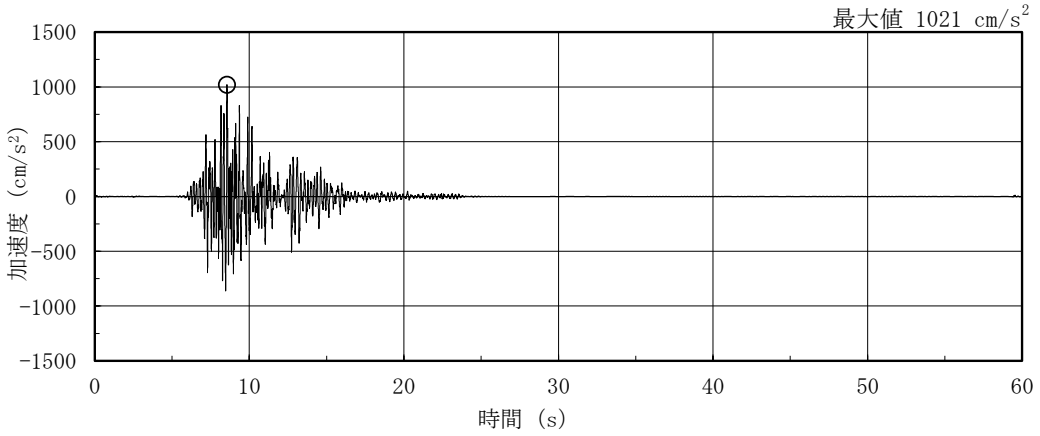



（a） ＮＳ方向

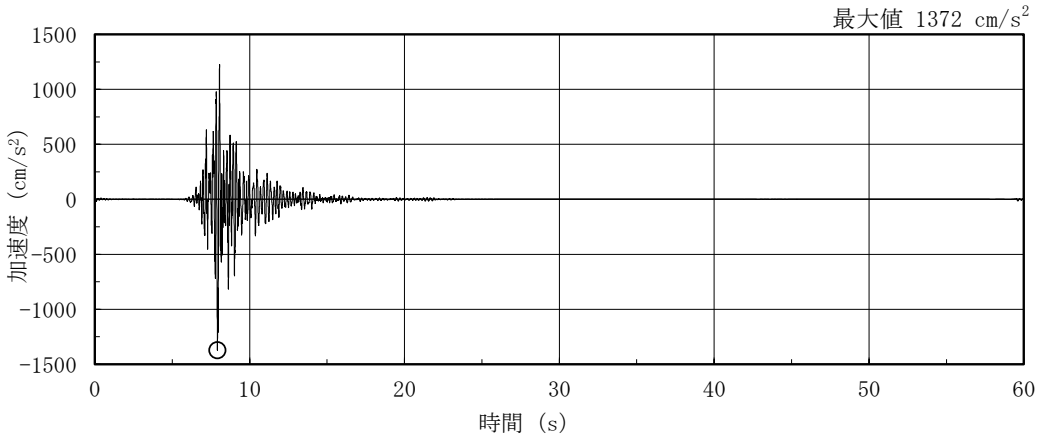



（b） ＥＷ方向

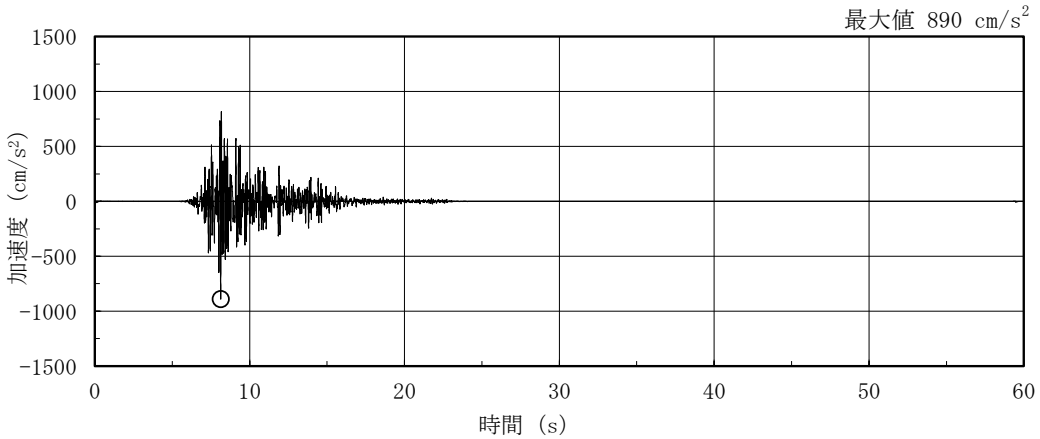
図 4－13 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 1，回転成分）




（a） ＮＳ方向

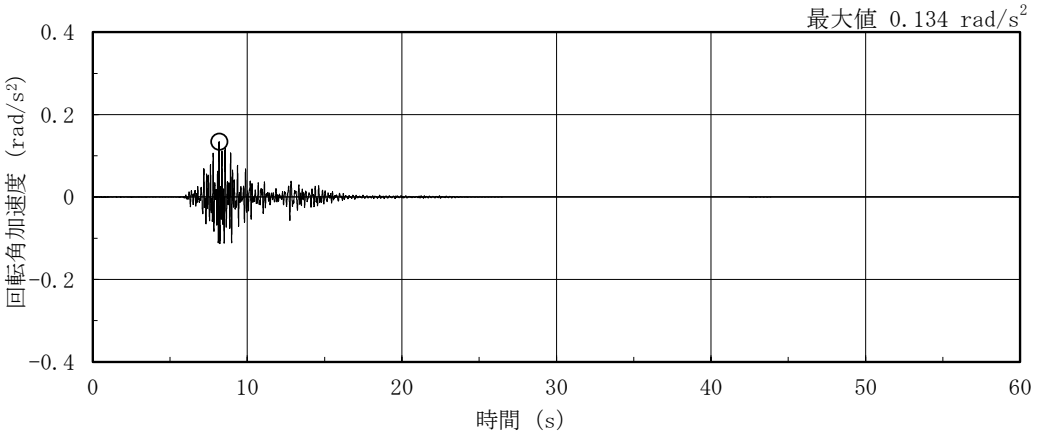



（b） ＥＷ方向

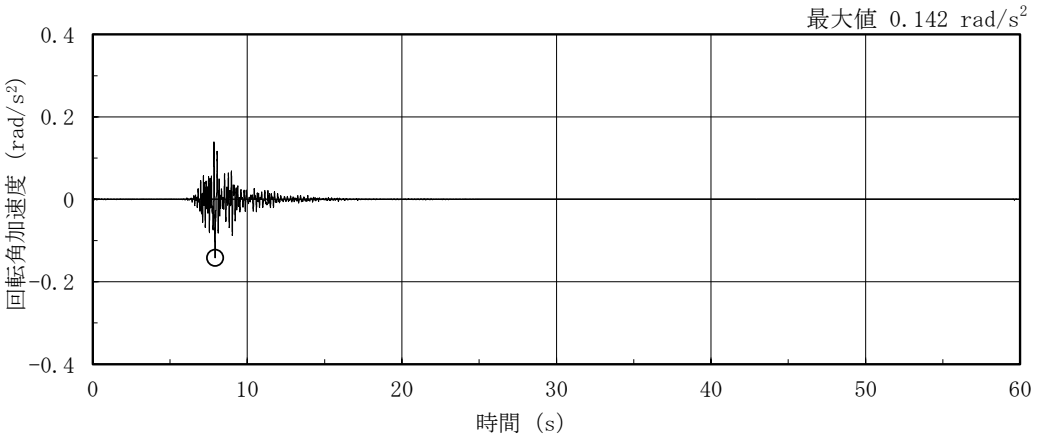



（c） 鉛直方向

図 4－14 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース 1，水平，鉛直成分）

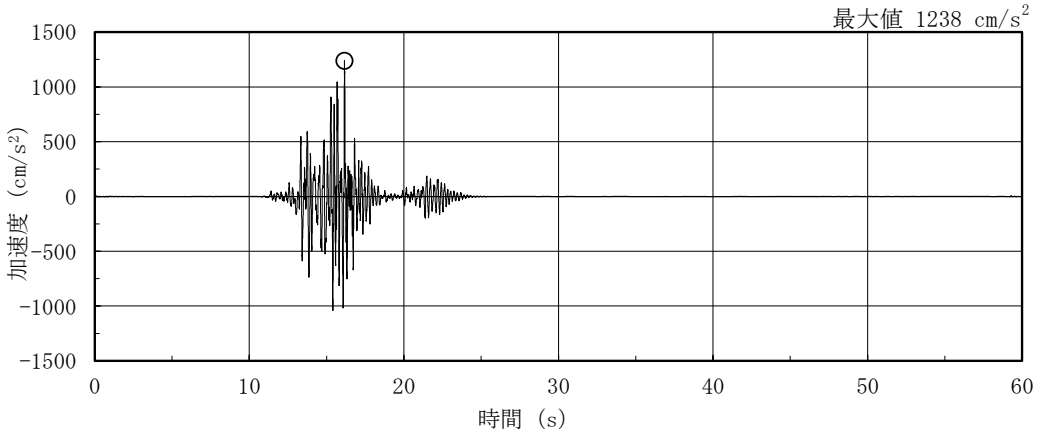



（a） ＮＳ方向

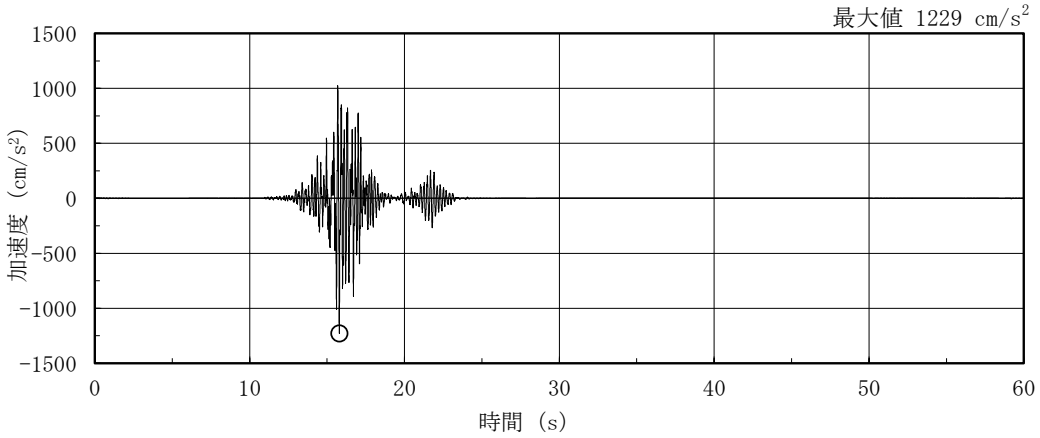



（b） ＥＷ方向

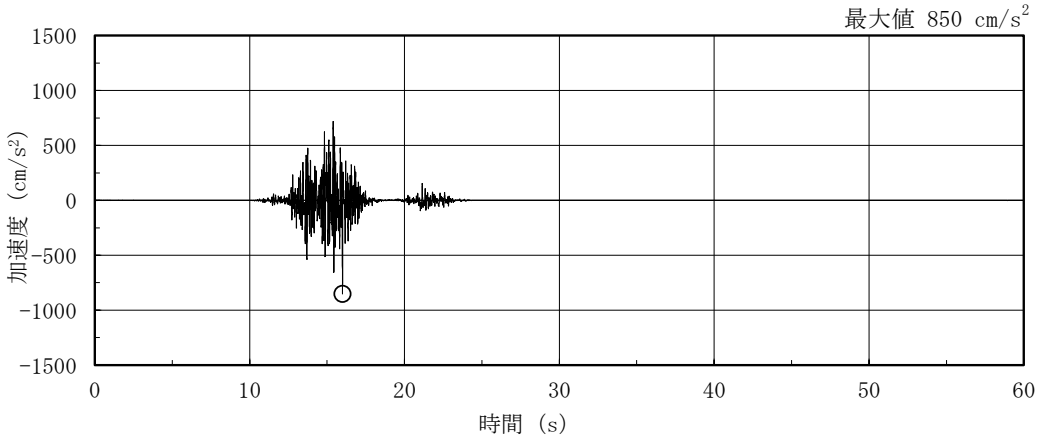
図 4－15 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース 1，回転成分）




（a） ＮＳ方向

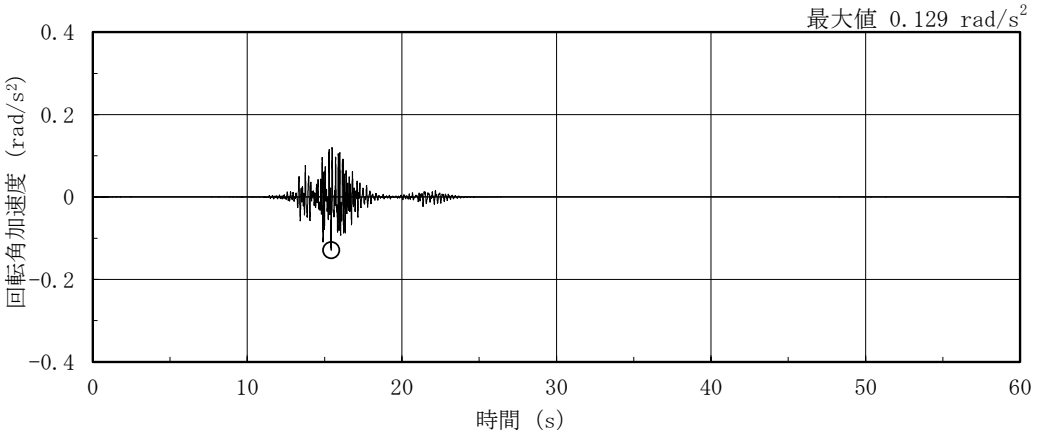



（b） ＥＷ方向

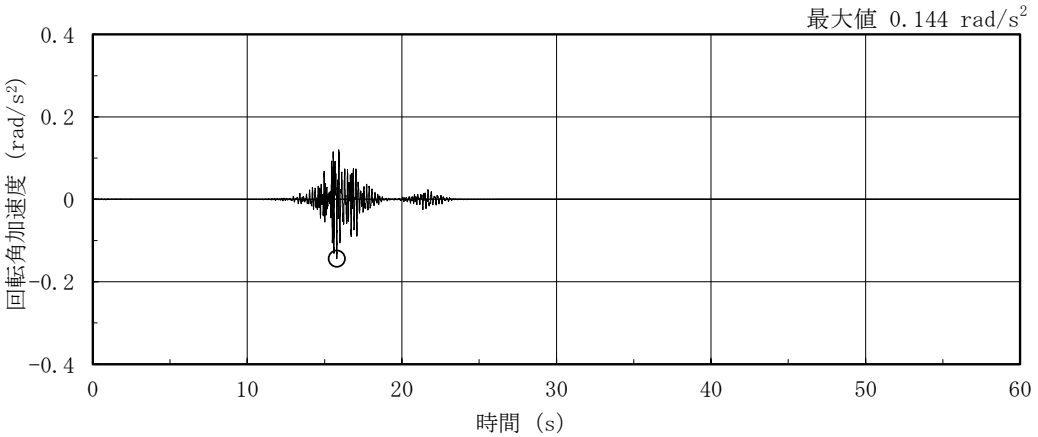



（c） 鉛直方向

図 4－16 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース 1，水平，鉛直成分）

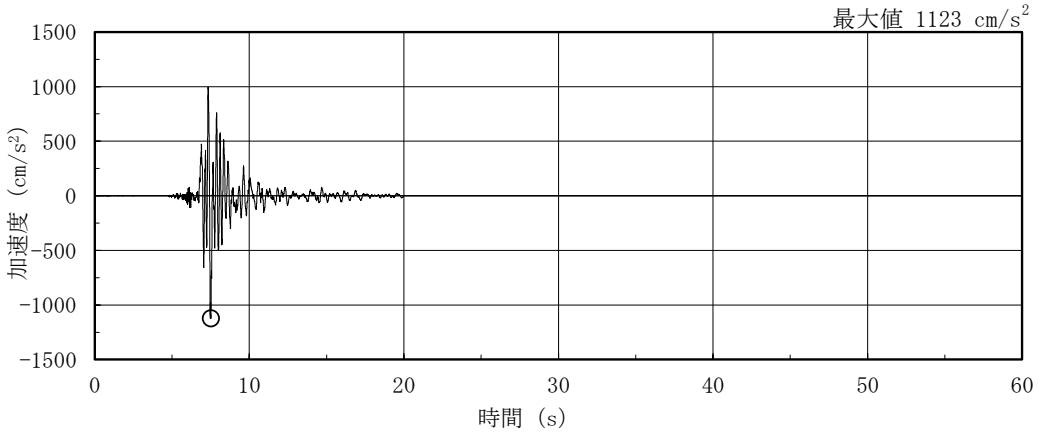



（a） ＮＳ方向

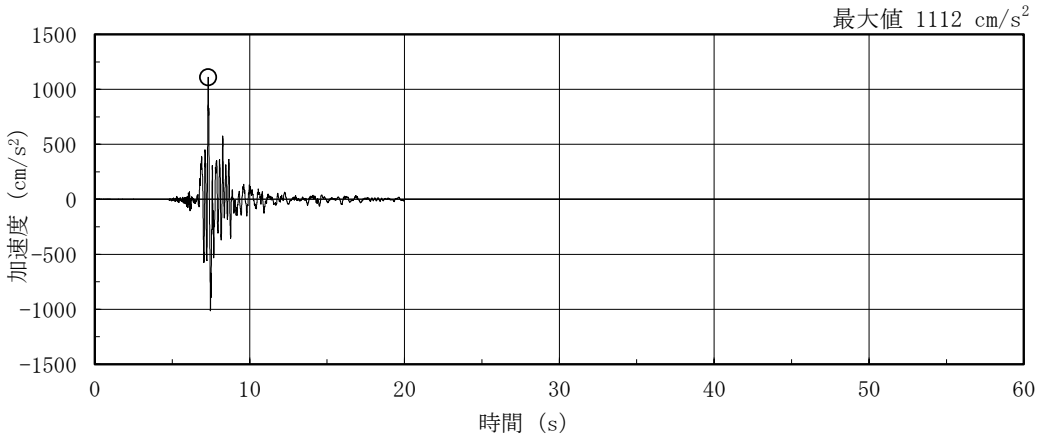



（b） ＥＷ方向

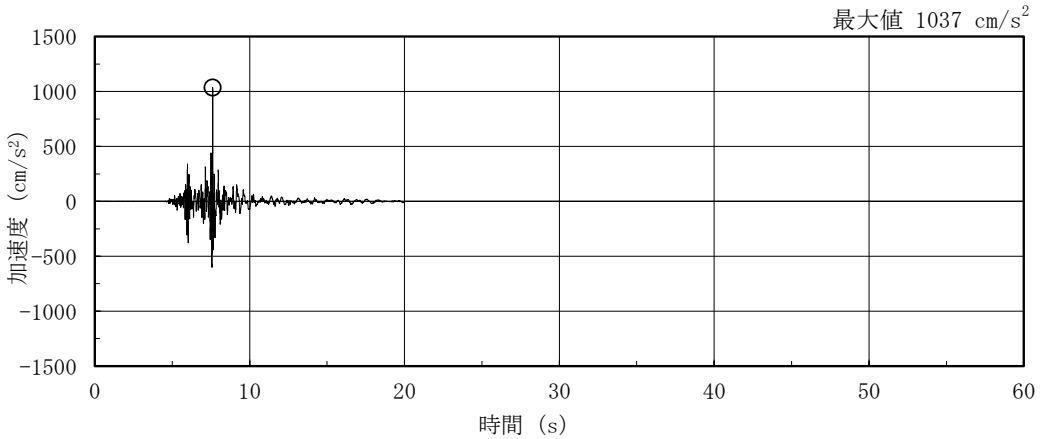
図 4－17 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース 1，回転成分）




（a） ＮＳ方向

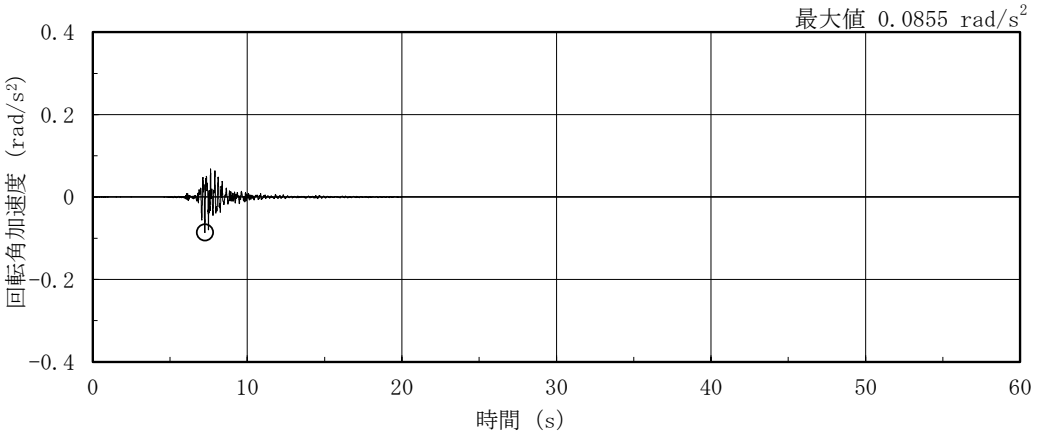



（b） ＥＷ方向

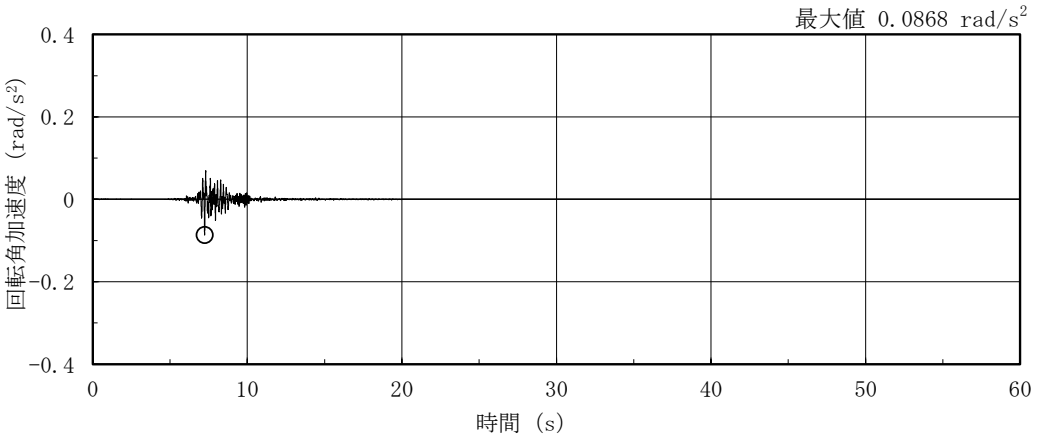



（c） 鉛直方向

図 4－18 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース 1，水平，鉛直成分）

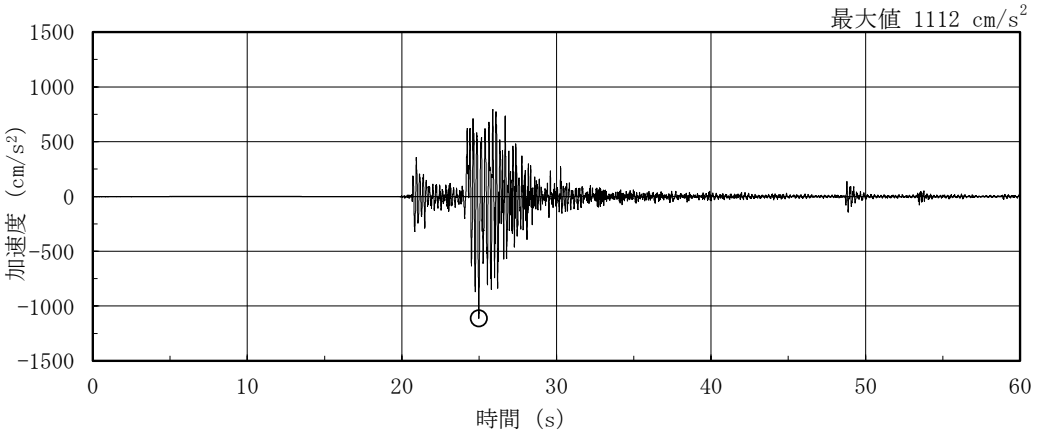



（a） ＮＳ方向

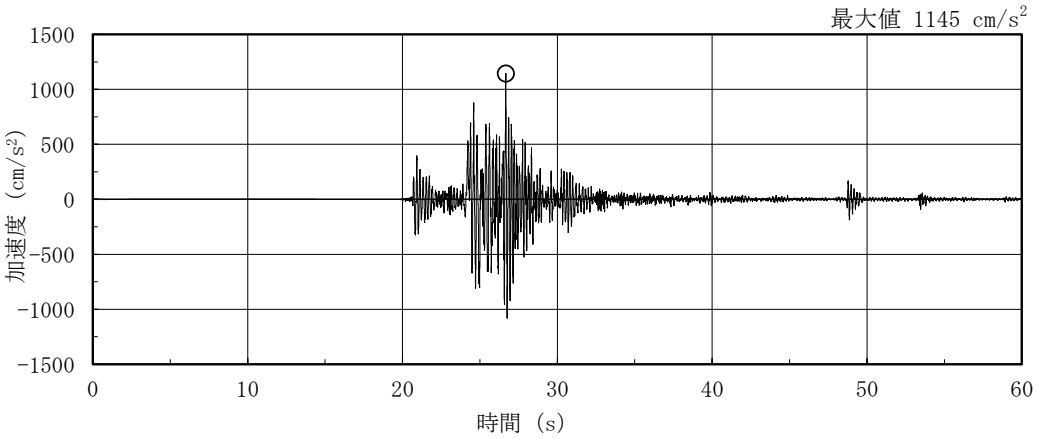



（b） ＥＷ方向

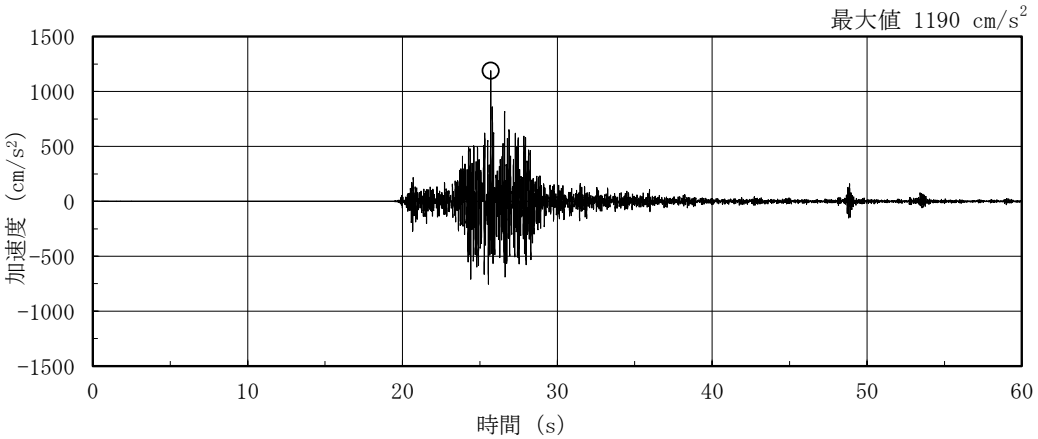
図 4－19 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース 1，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

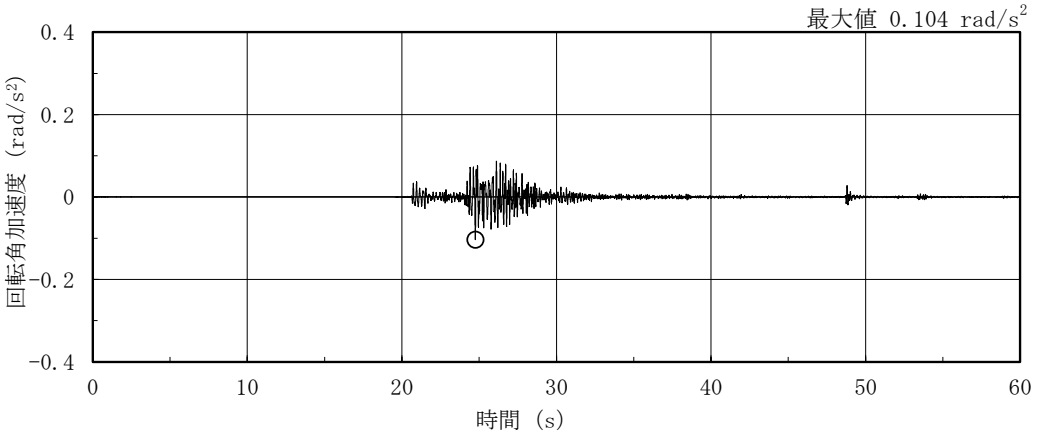



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

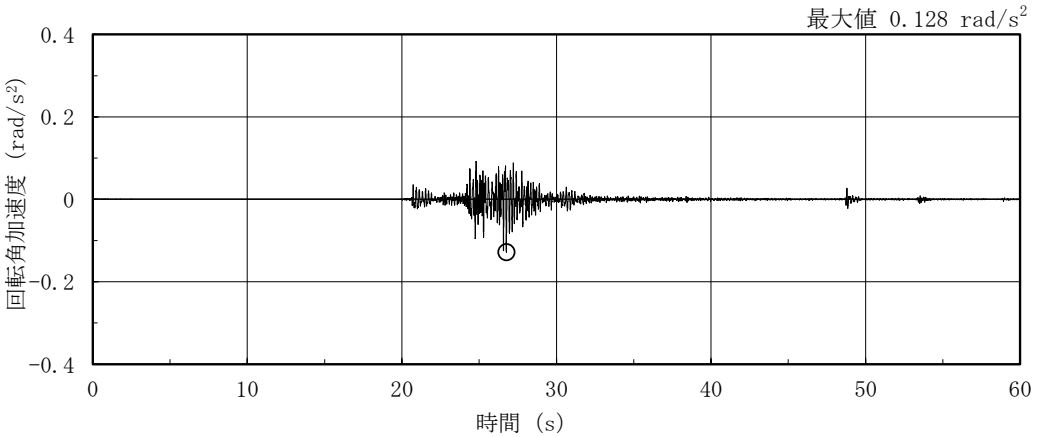



（c） 鉛直方向

図 4－20 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 1，水平，鉛直成分）

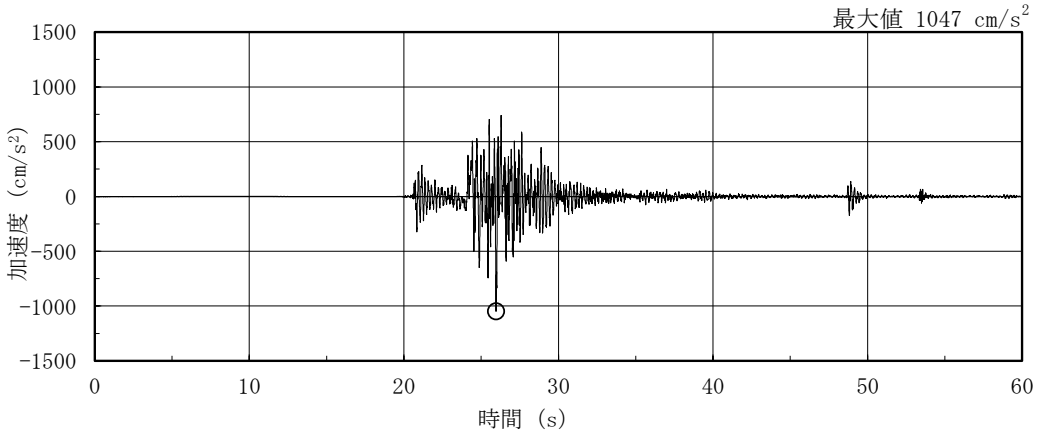



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

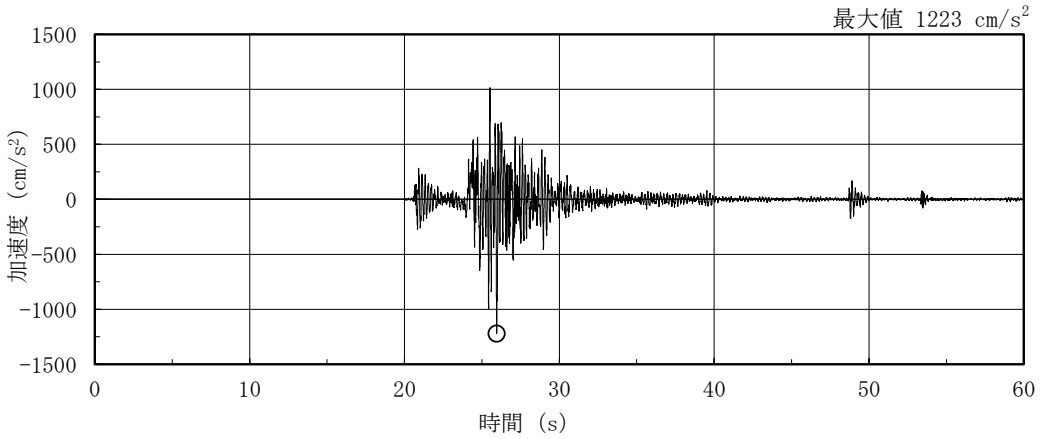



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

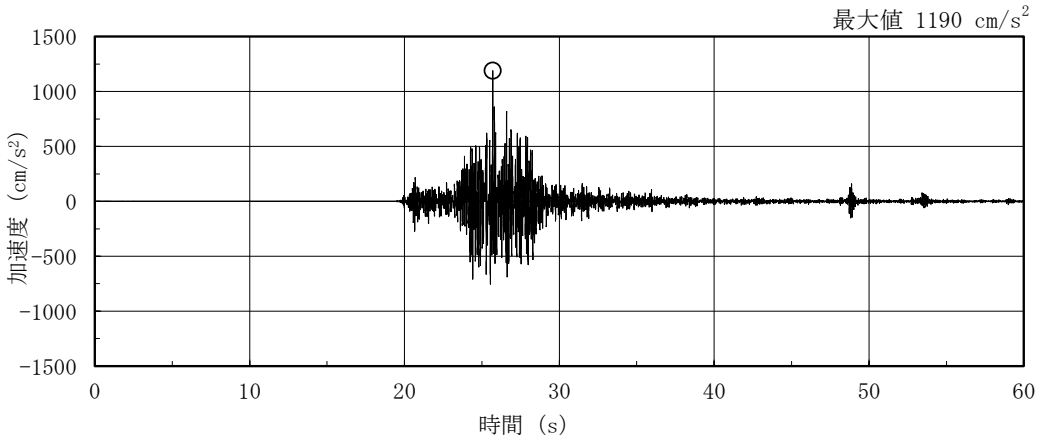
図 4－21 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 1，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

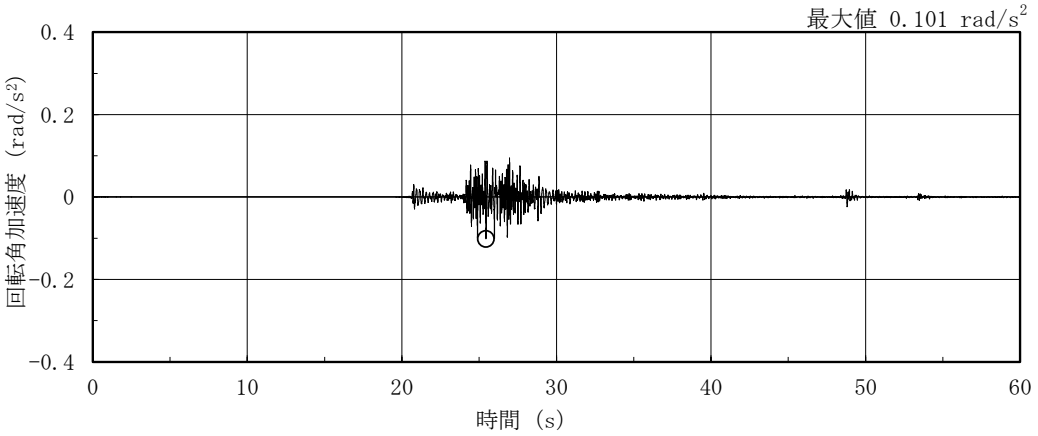



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

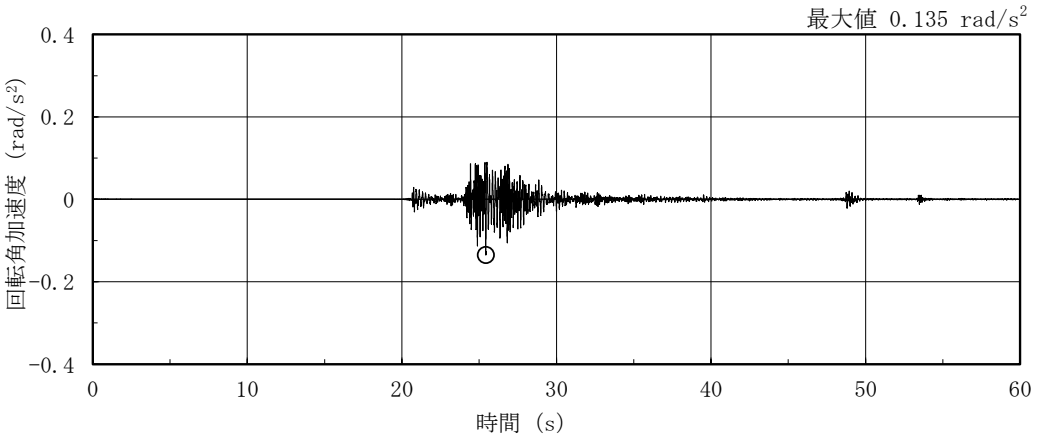



（c） 鉛直方向

図 4－22 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 1，水平，鉛直成分）

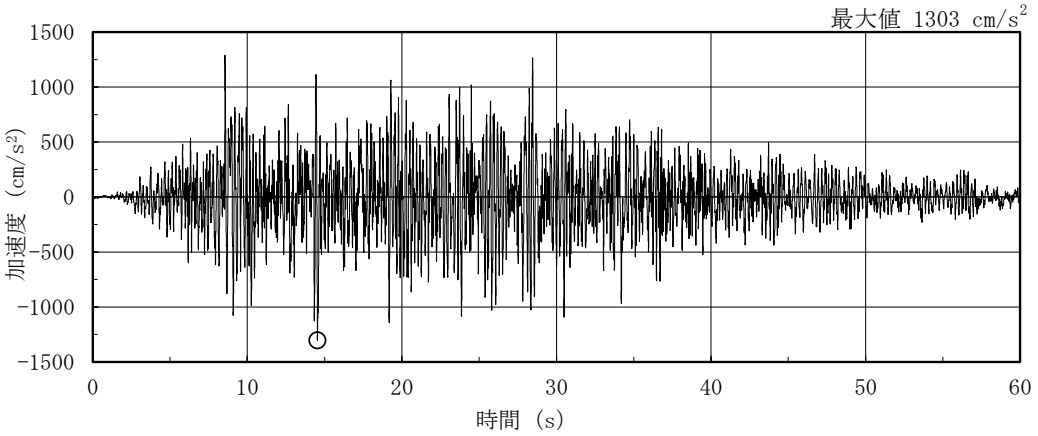



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

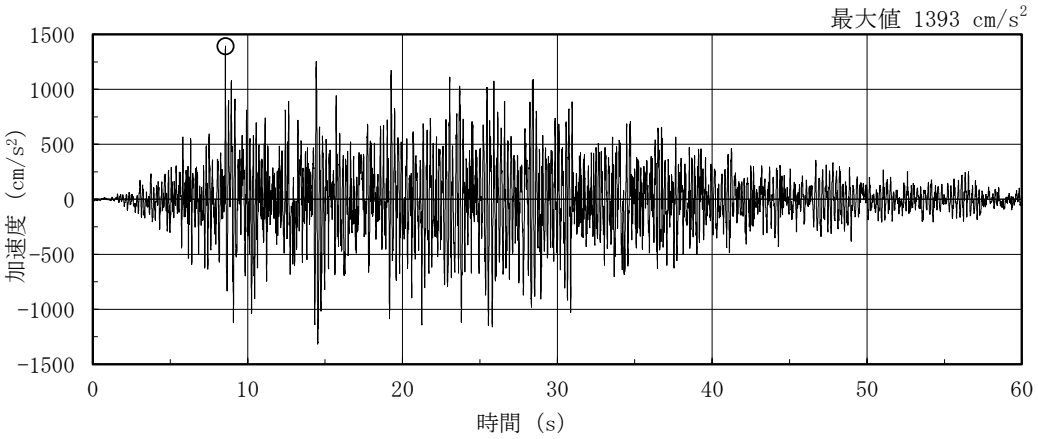



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

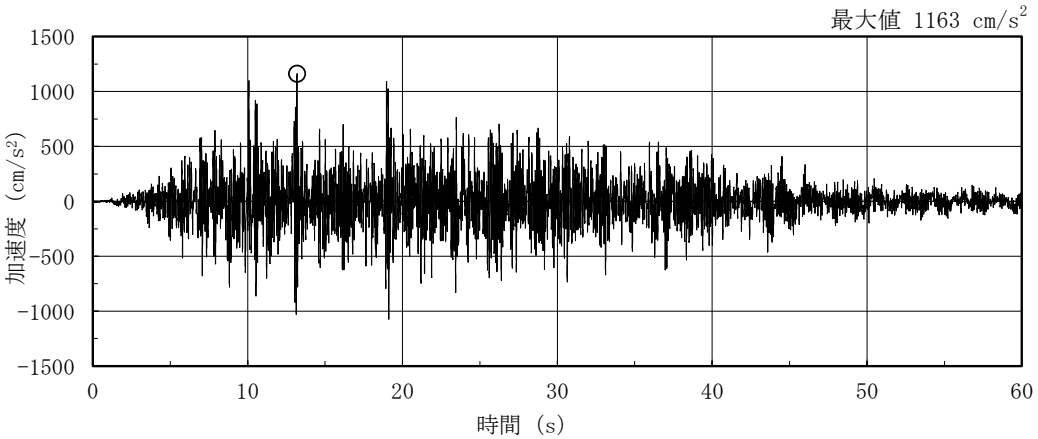
図 4－23 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 1，回転成分）




（a） ＮＳ方向

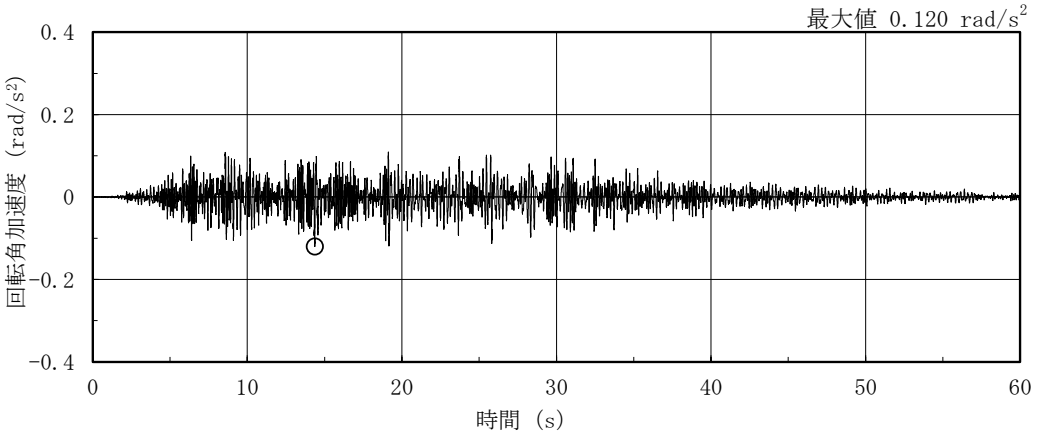



（b） ＥＷ方向

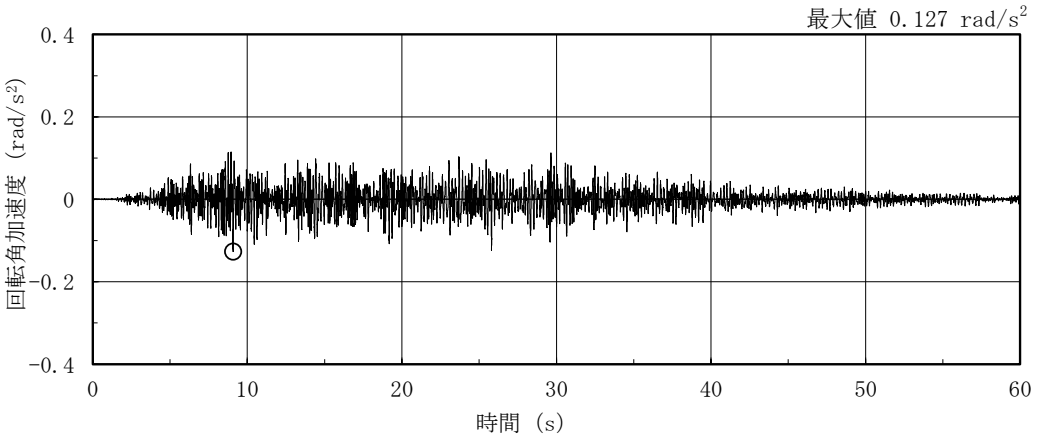



（c） 鉛直方向

図 4－24 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 2，水平，鉛直成分）

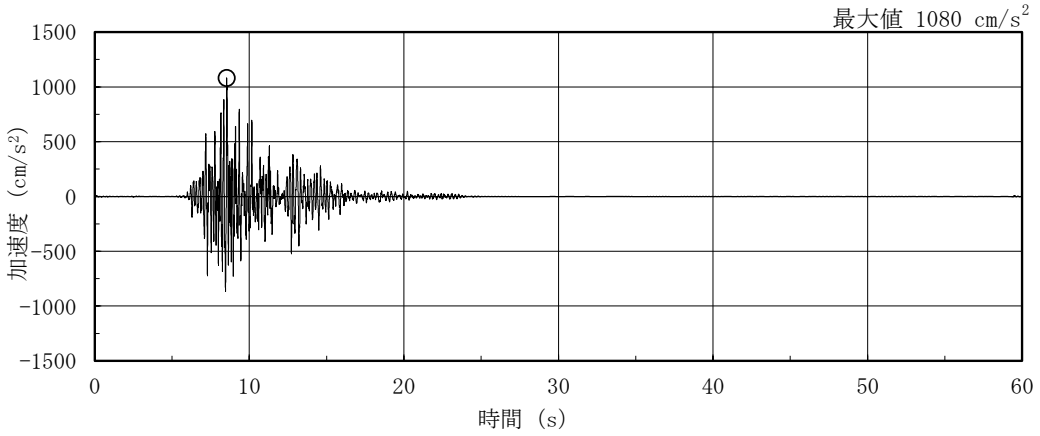



（a） ＮＳ方向

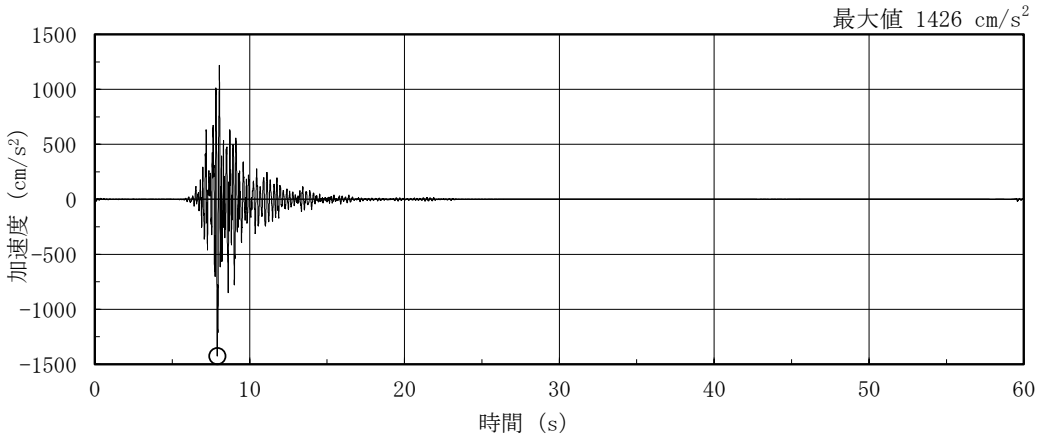



（b） ＥＷ方向

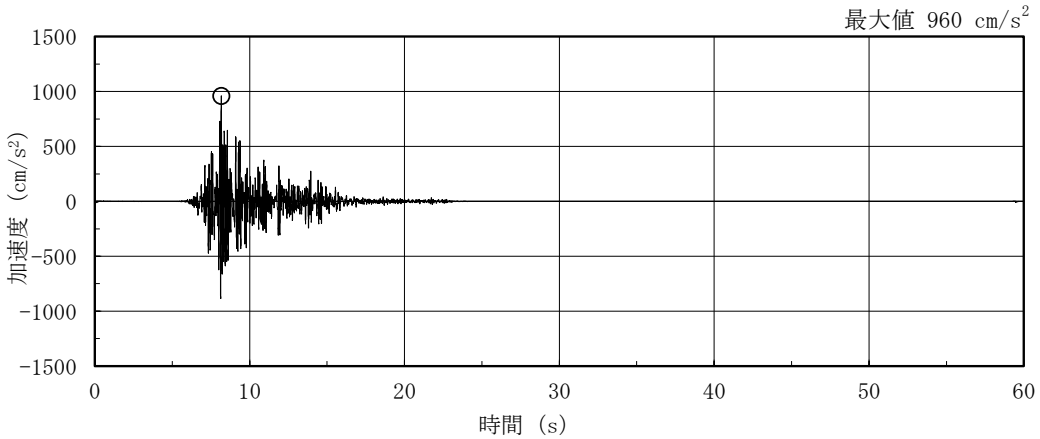
図 4－25 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 2，回転成分）




（a） ＮＳ方向

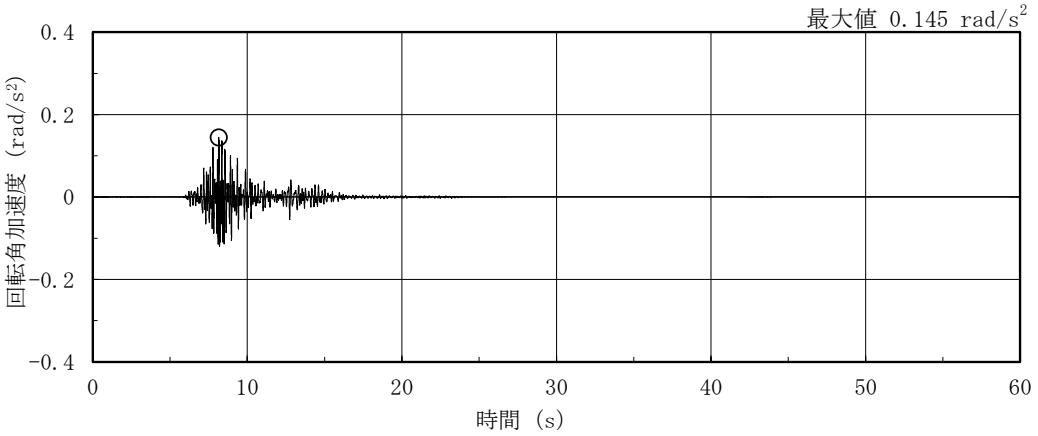



（b） ＥＷ方向

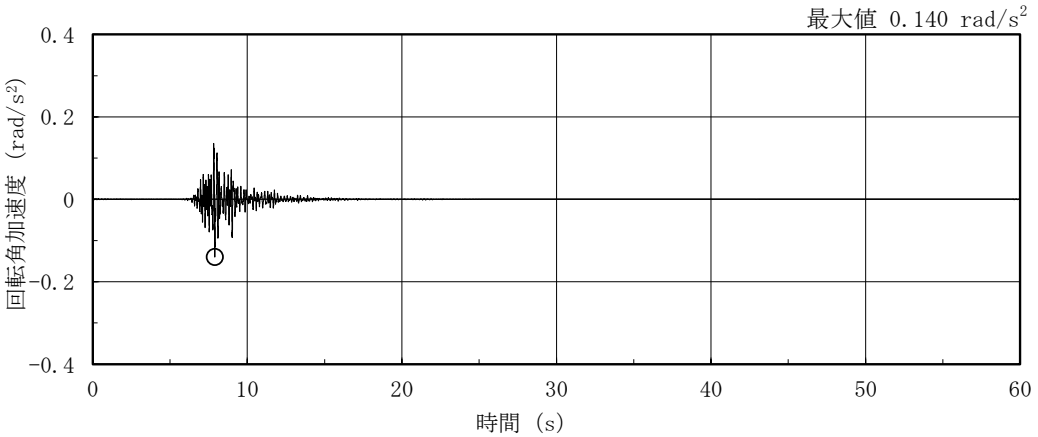



（c） 鉛直方向

図 4－26 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース 2，水平，鉛直成分）

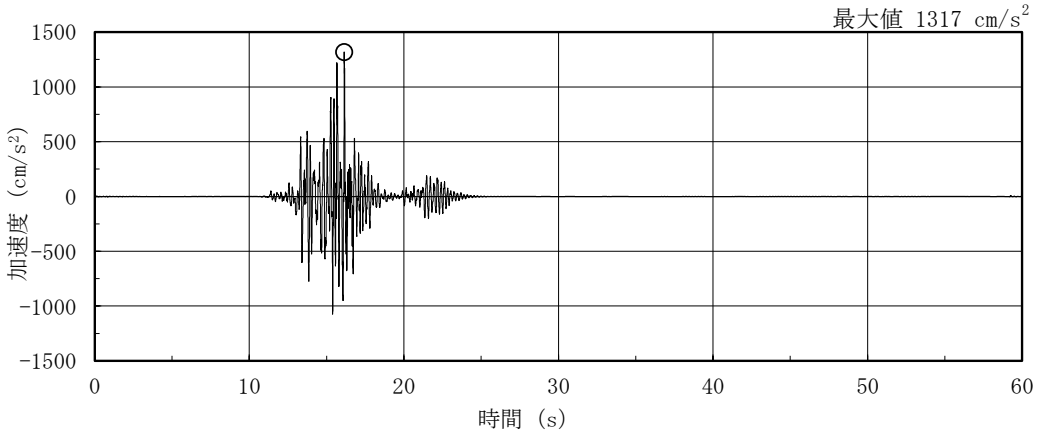



（a） ＮＳ方向

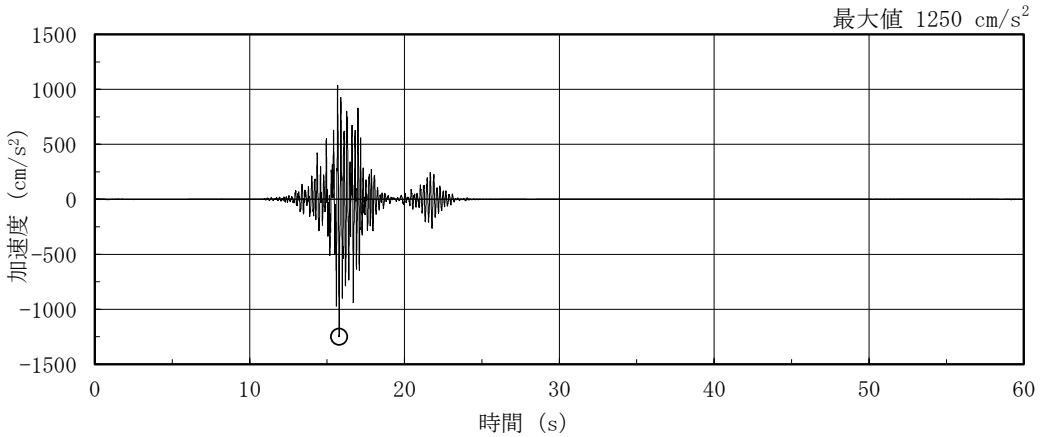



（b） ＥＷ方向

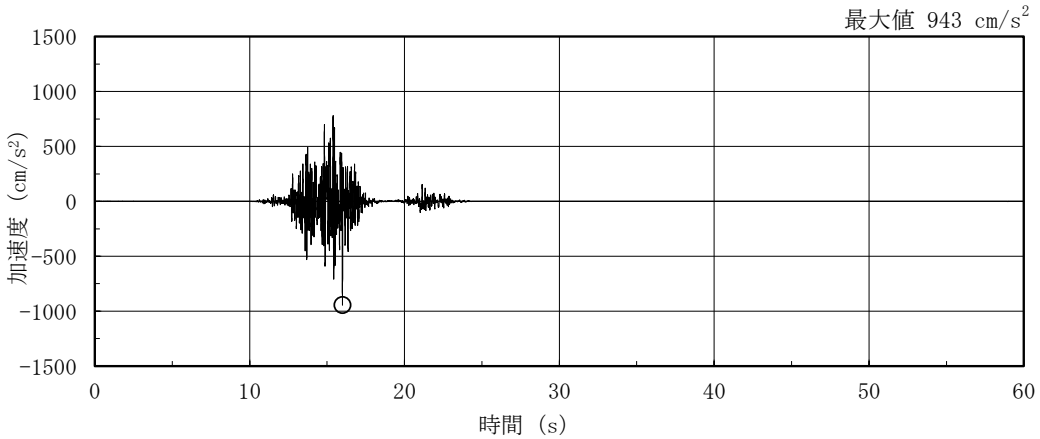
図 4－27 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース 2，回転成分）




（a） ＮＳ方向

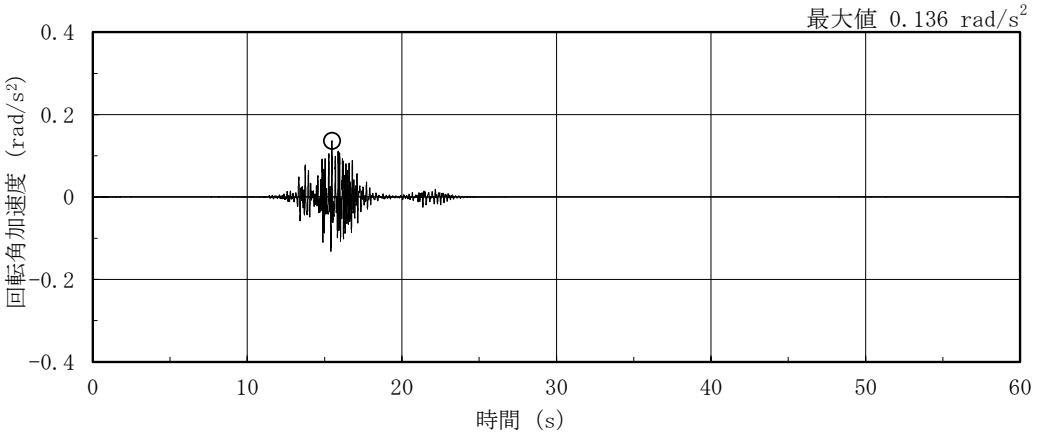



（b） ＥＷ方向

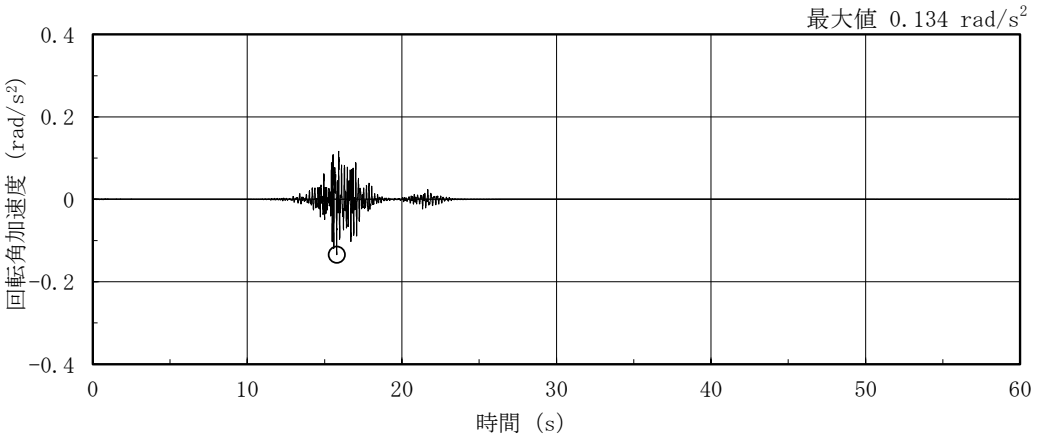



（c） 鉛直方向

図 4－28 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース 2，水平，鉛直成分）

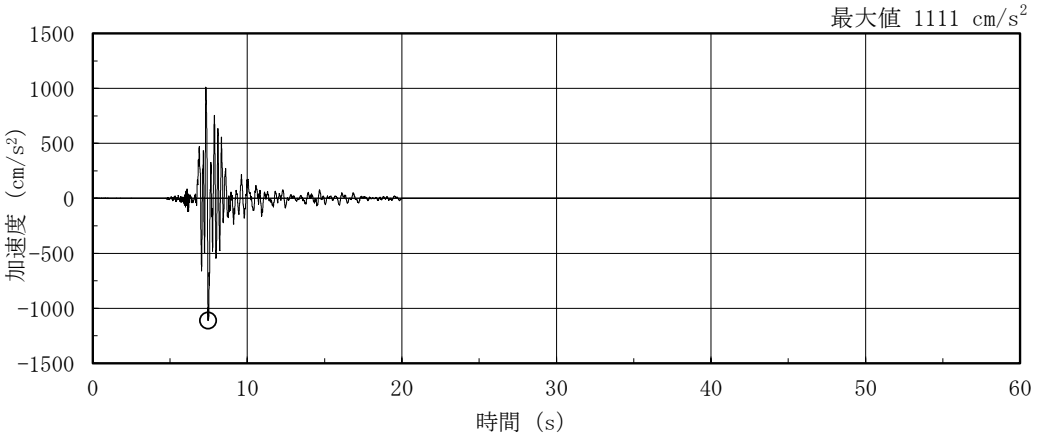



（a） ＮＳ方向

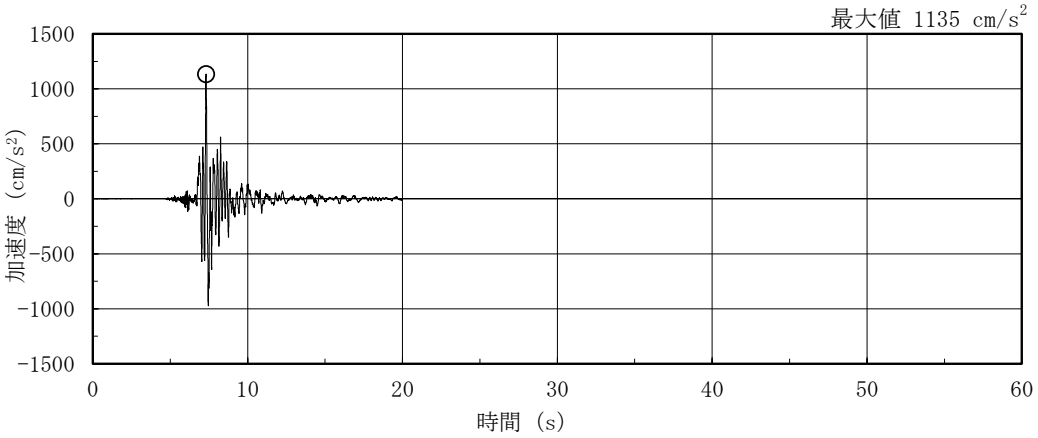



（b） ＥＷ方向

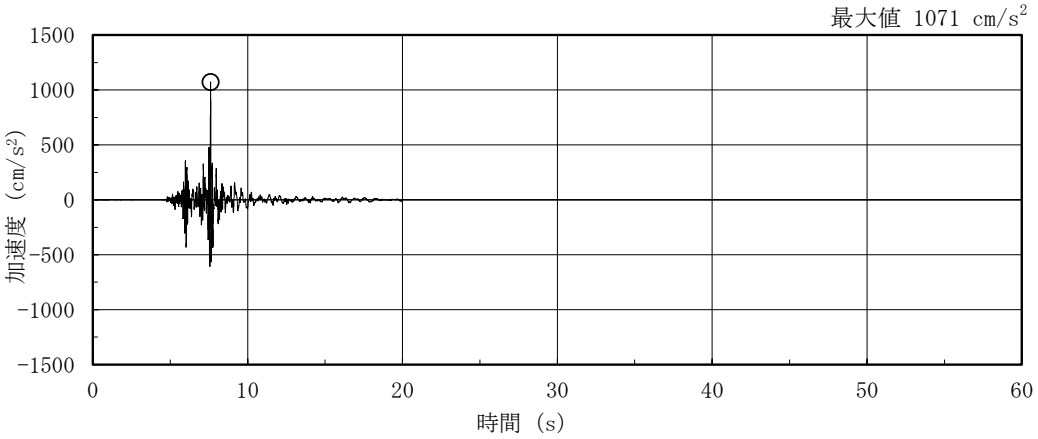
図 4－29 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース 2，回転成分）




（a） ＮＳ方向

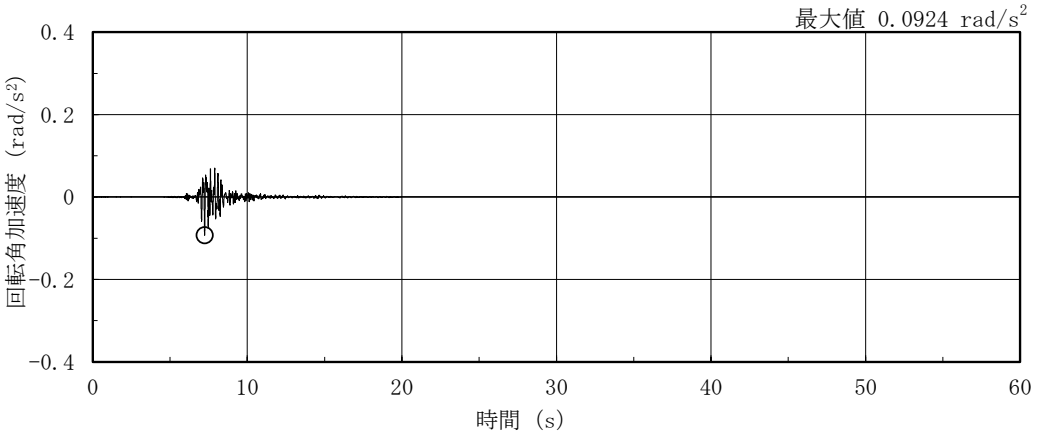



（b） ＥＷ方向

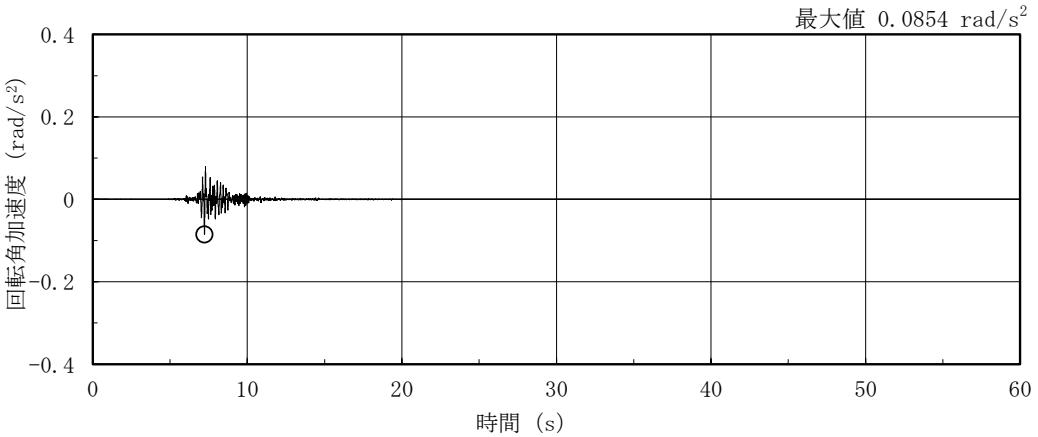



（c） 鉛直方向

図 4－30 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース 2，水平，鉛直成分）

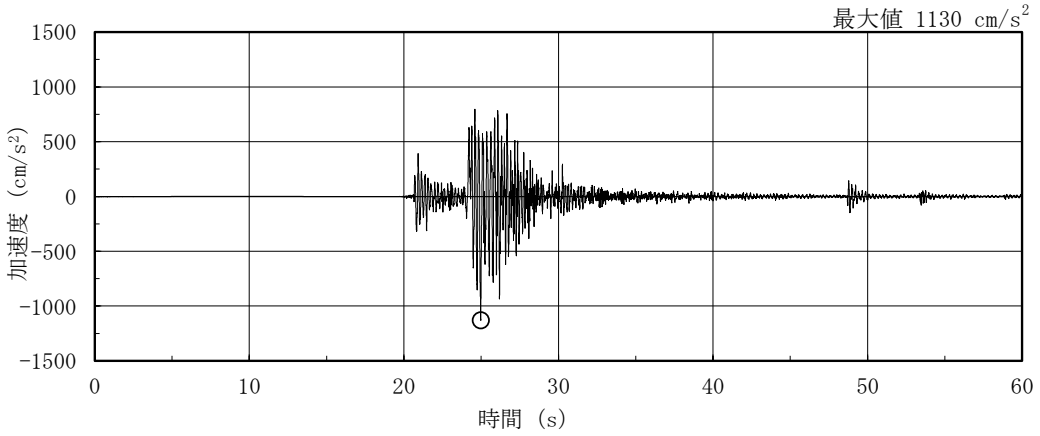



（a） ＮＳ方向

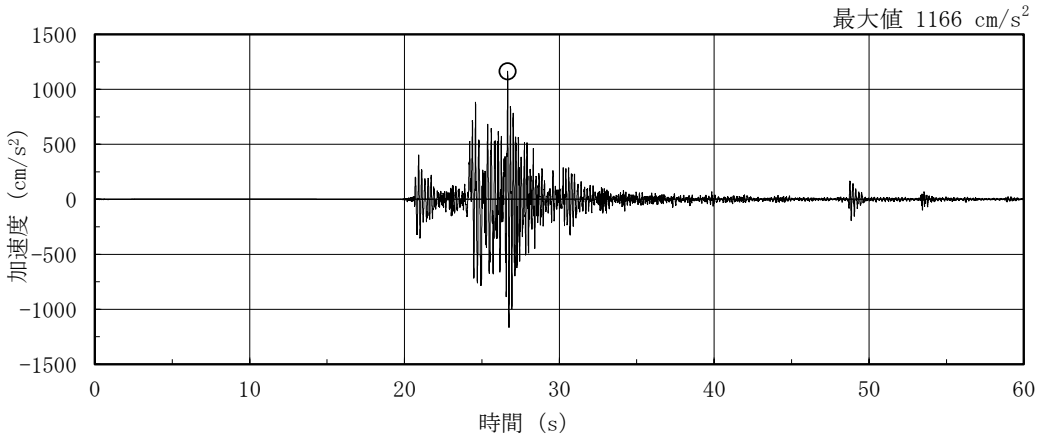



（b） ＥＷ方向

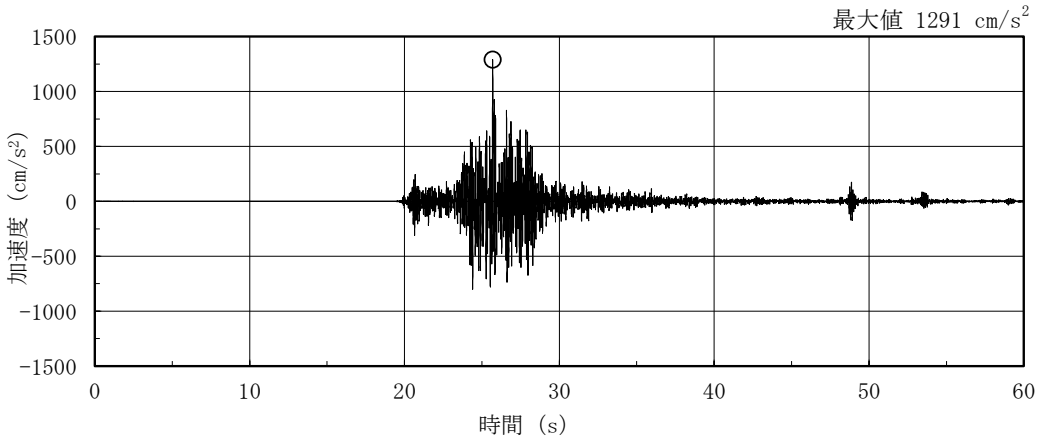
図４－31 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース２，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

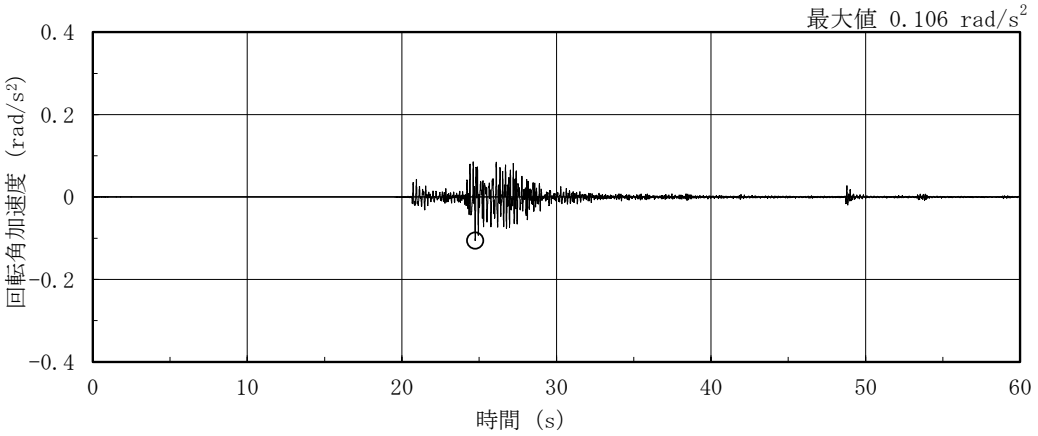



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

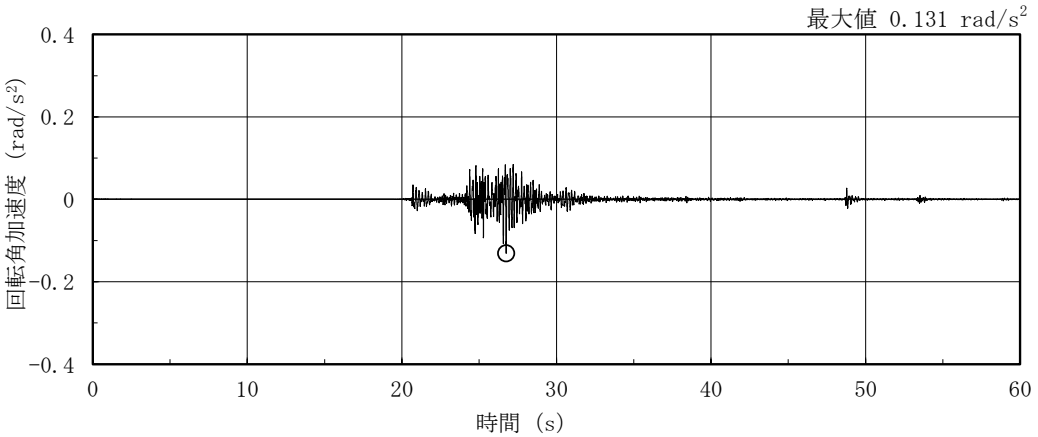



（c） 鉛直方向

図 4－32 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 2，水平，鉛直成分）

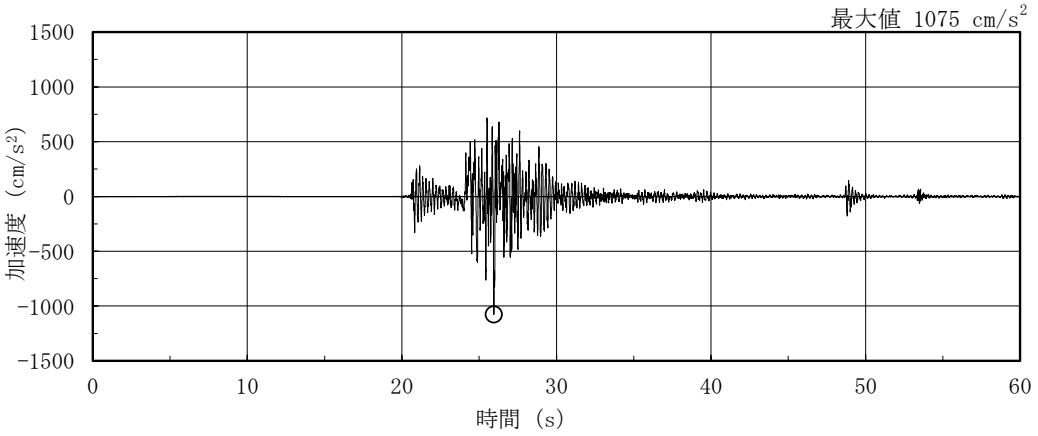



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

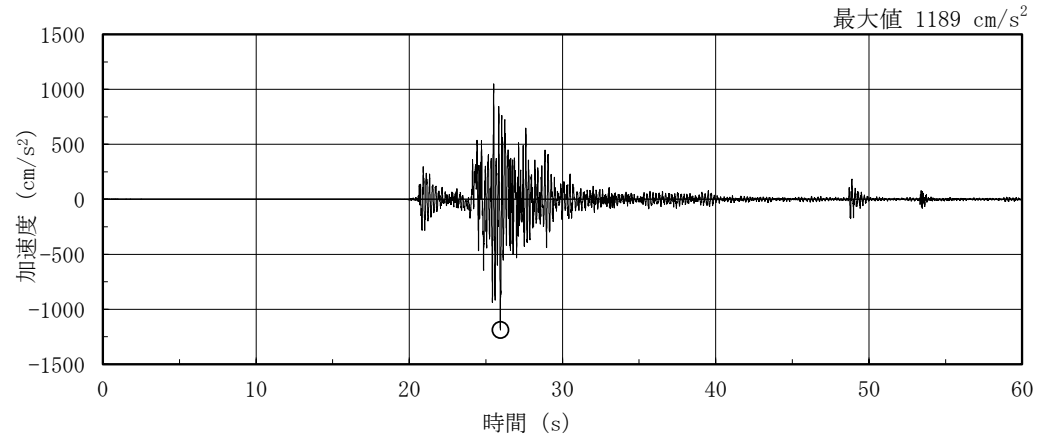



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

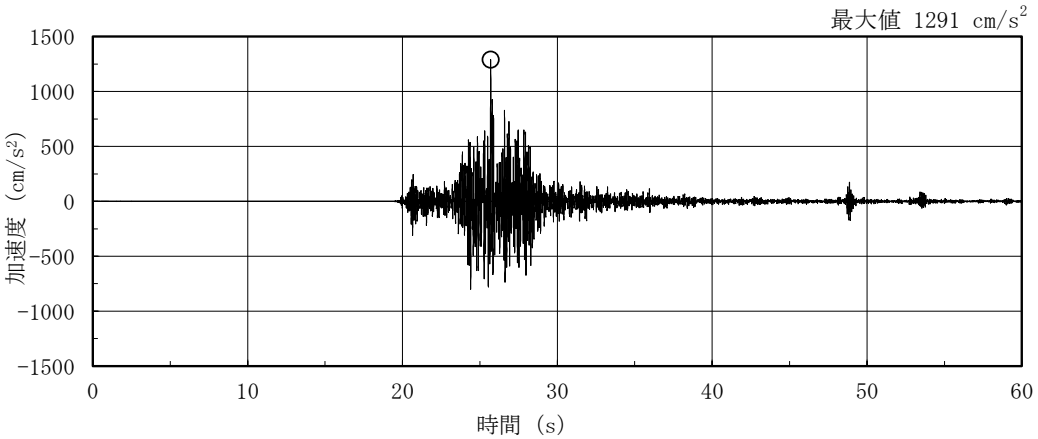
図 4－33 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 2，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

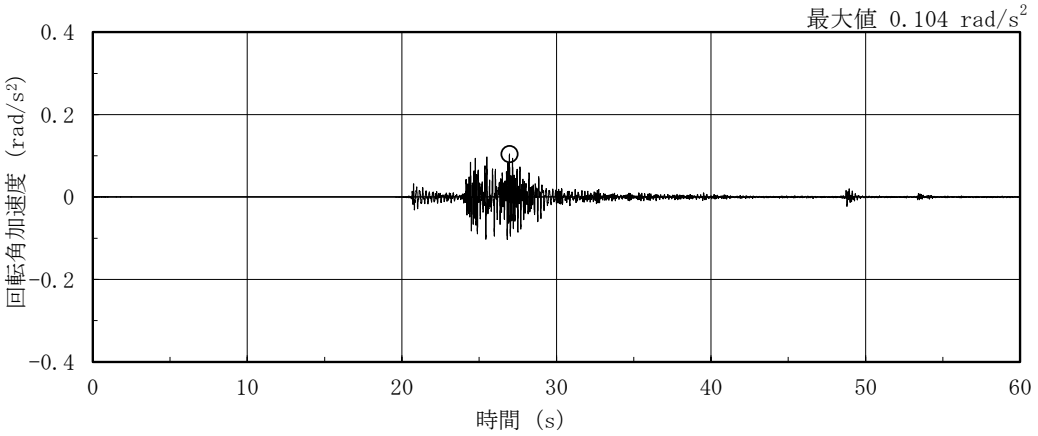



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

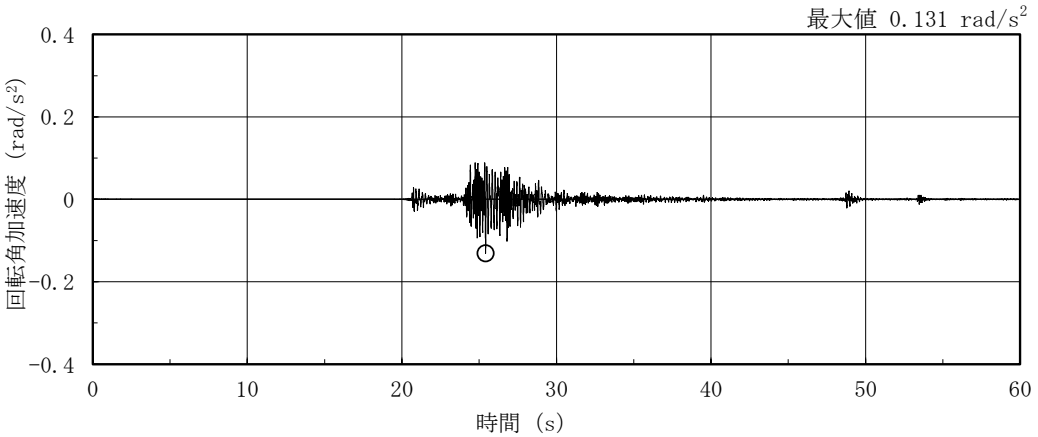



（c） 鉛直方向

図 4－34 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 2，水平，鉛直成分）

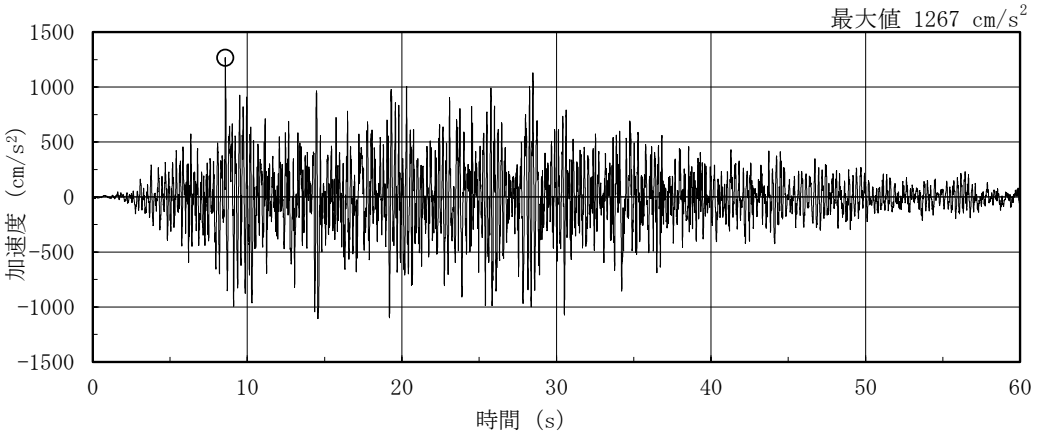



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

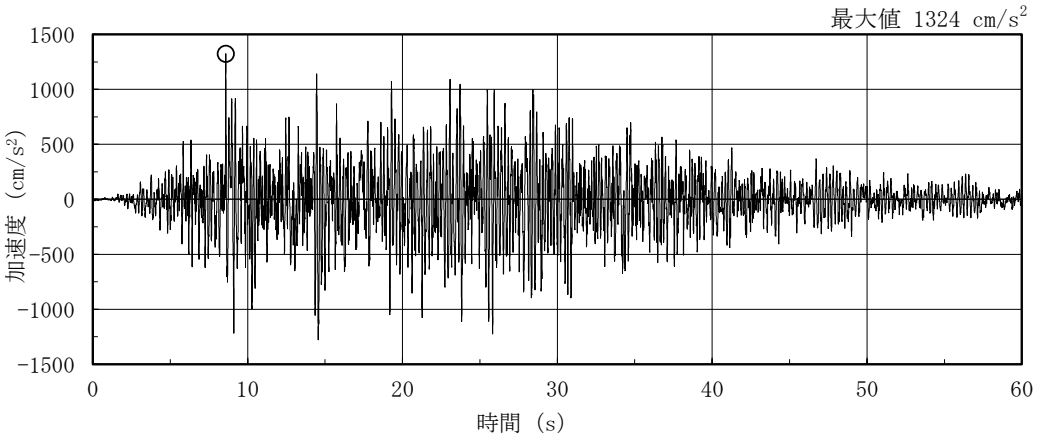



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

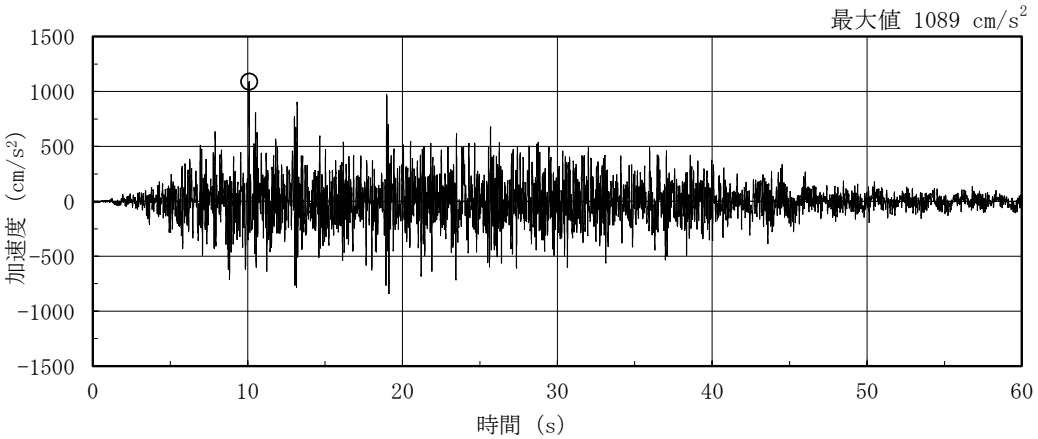
図 4－35 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 2，回転成分）




（a） ＮＳ方向

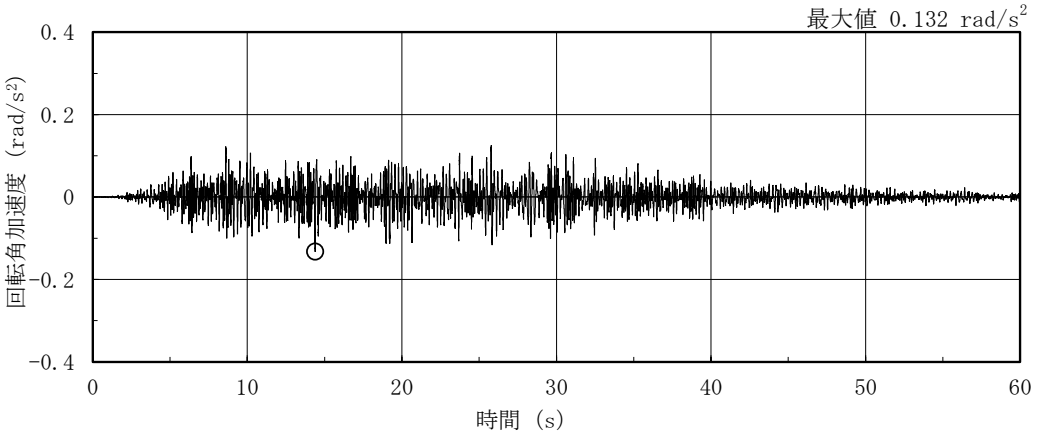



（b） ＥＷ方向

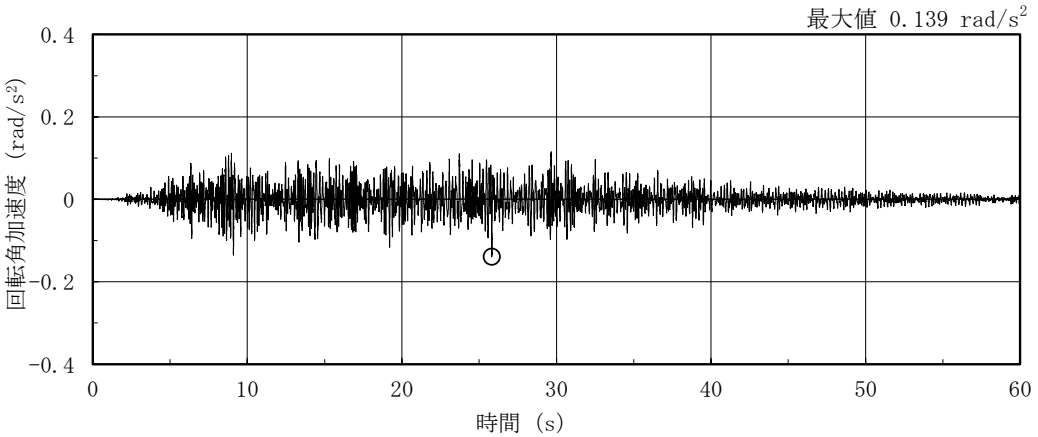



（c） 鉛直方向

図 4－36 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 3，水平，鉛直成分）

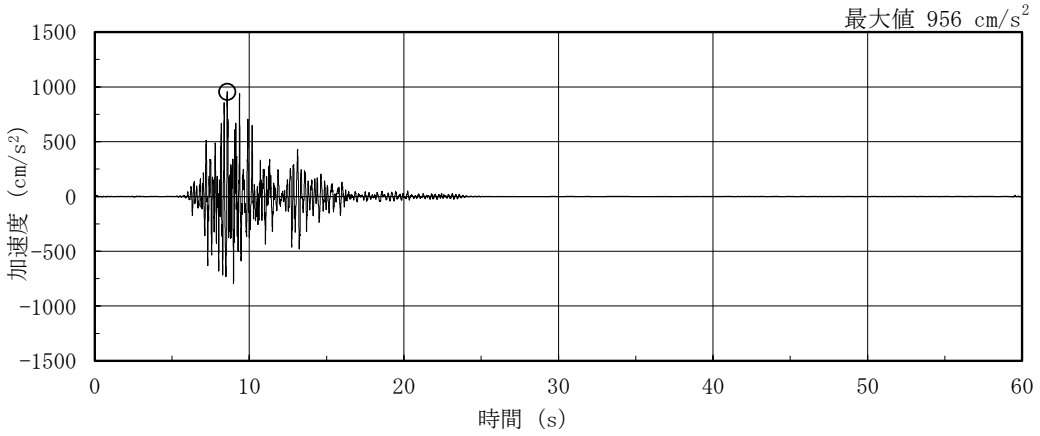



（a） ＮＳ方向

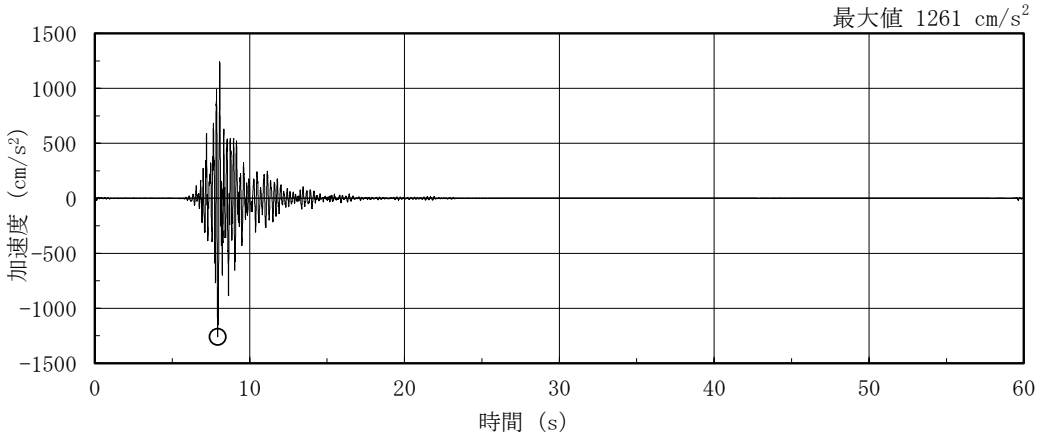



（b） ＥＷ方向

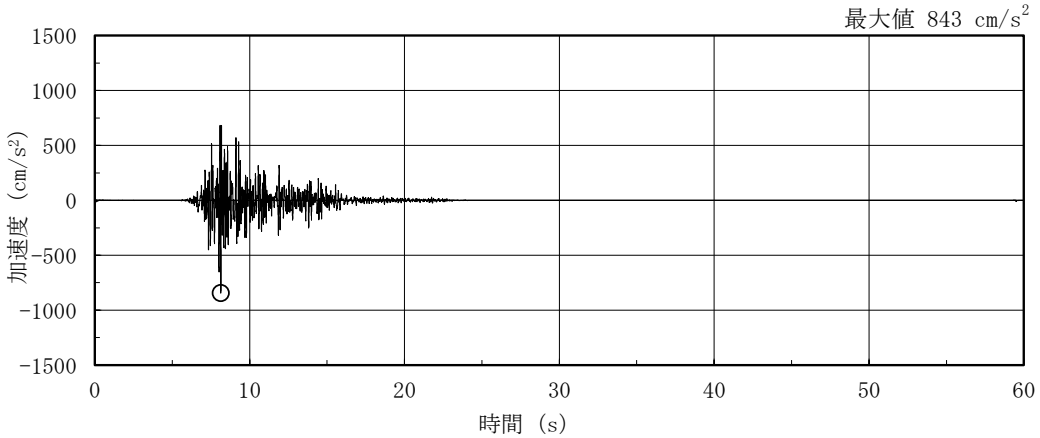
図 4－37 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 3，回転成分）




（a） ＮＳ方向

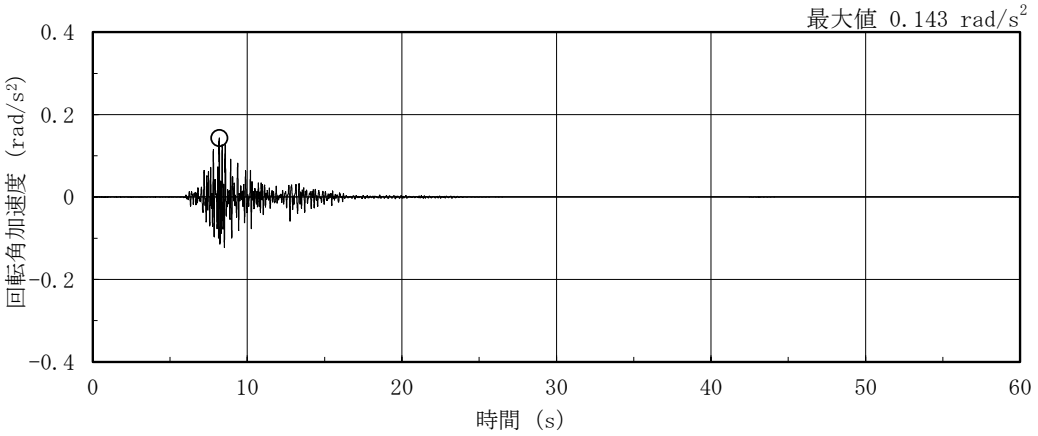



（b） ＥＷ方向

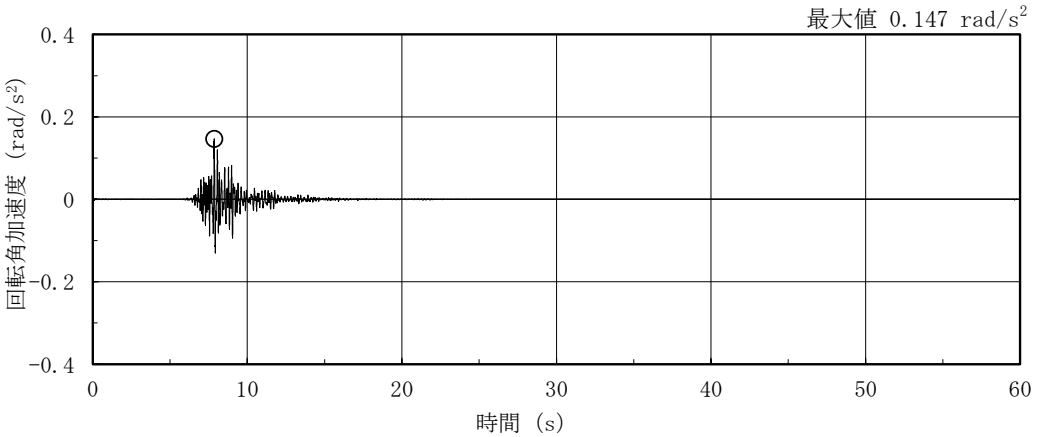



（c） 鉛直方向

図 4－38 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース 3，水平，鉛直成分）

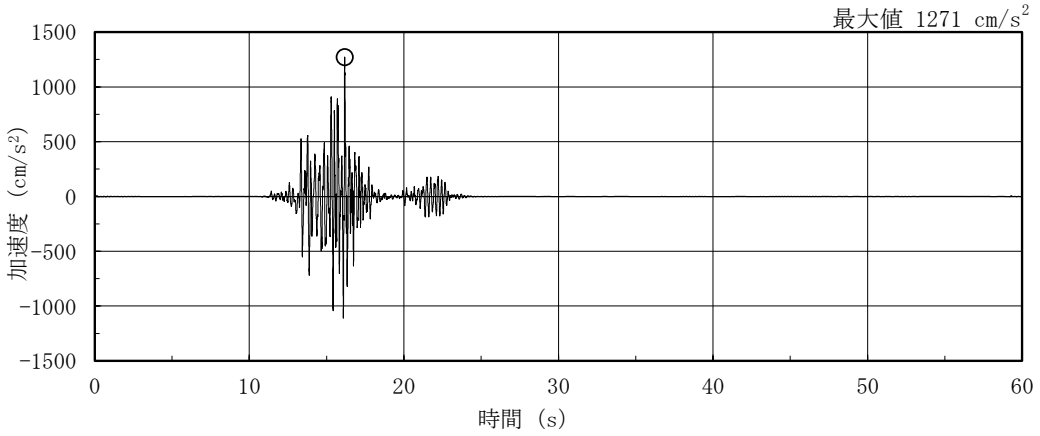



（a） ＮＳ方向

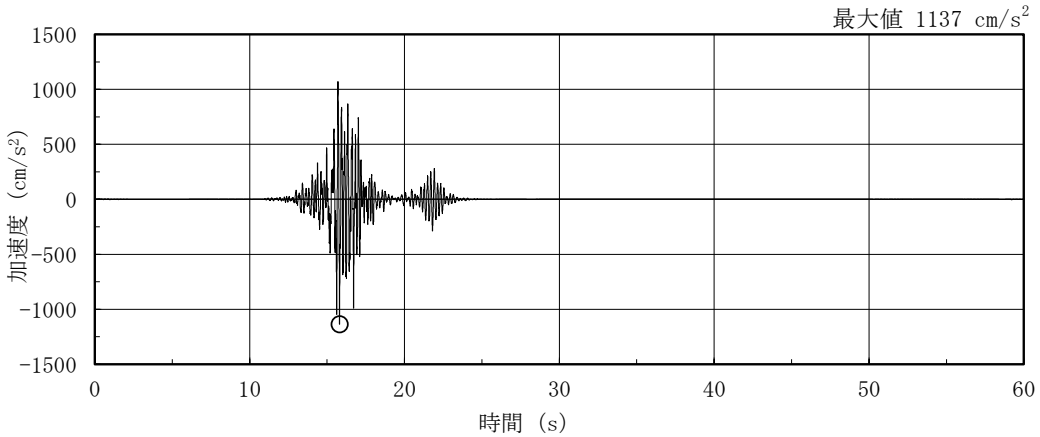



（b） ＥＷ方向

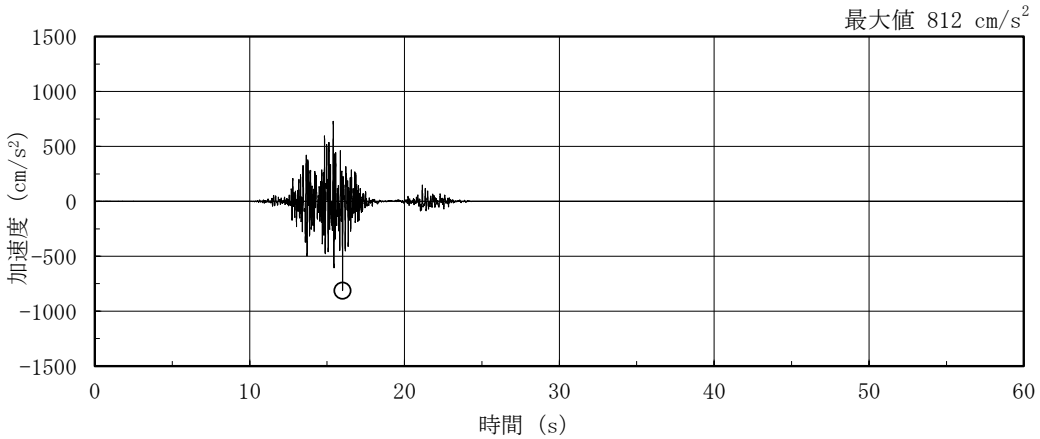
図４－39 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース3，回転成分）




（a） ＮＳ方向

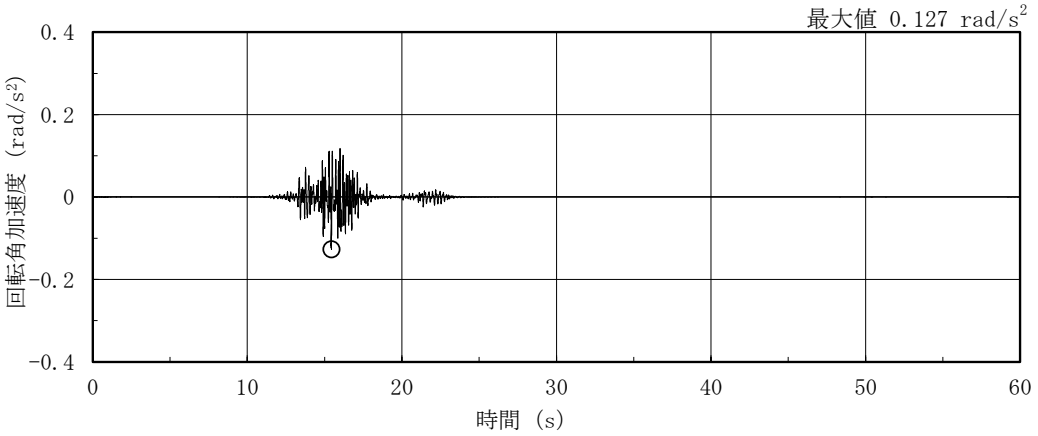



（b） ＥＷ方向

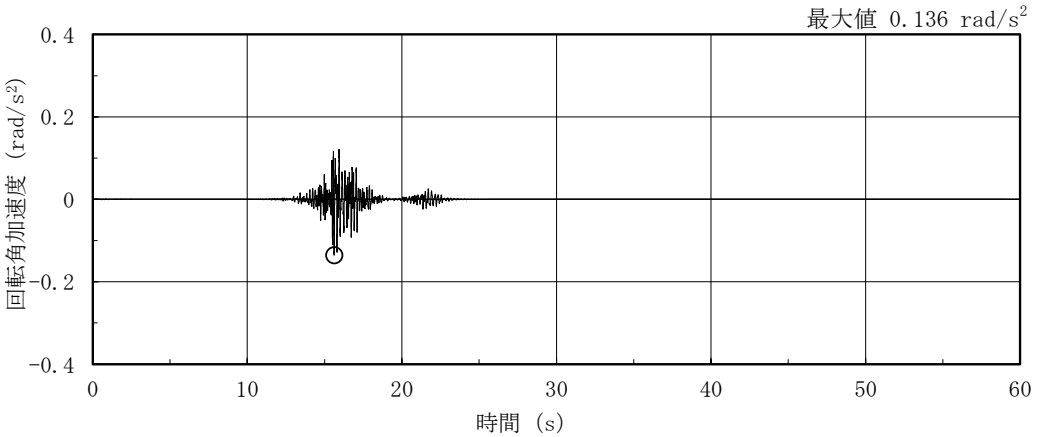



（c） 鉛直方向

図 4－40 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース 3，水平，鉛直成分）

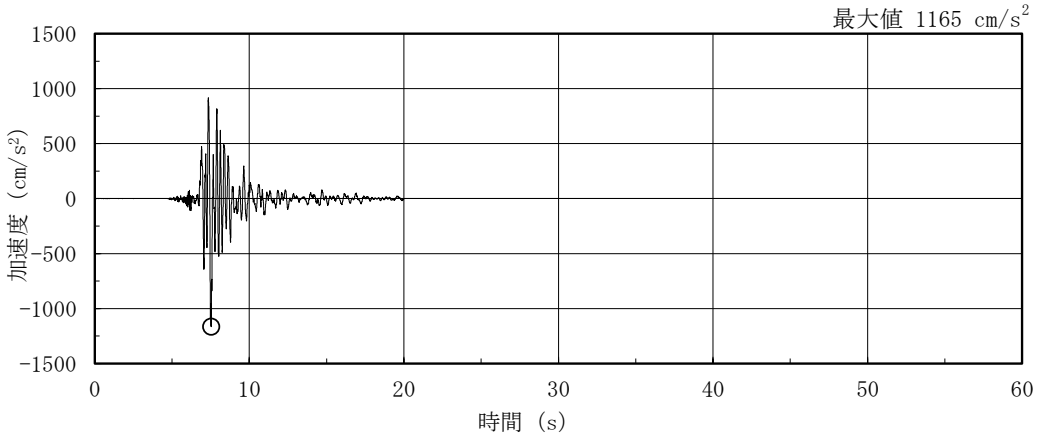



（a） ＮＳ方向

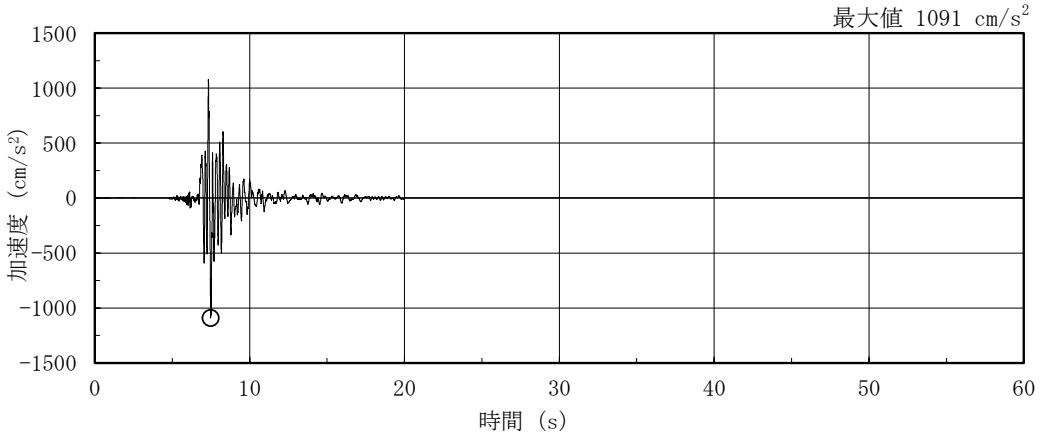



（b） ＥＷ方向

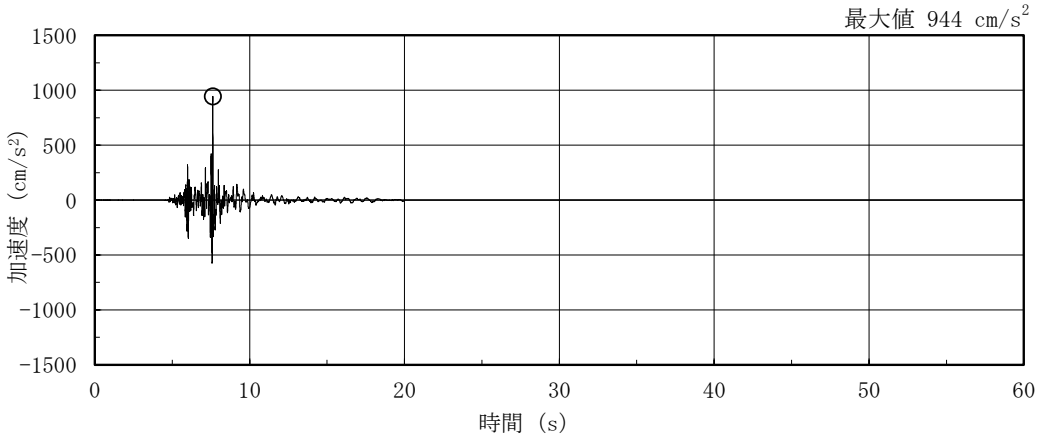
図 4－41 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース 3，回転成分）




（a） ＮＳ方向

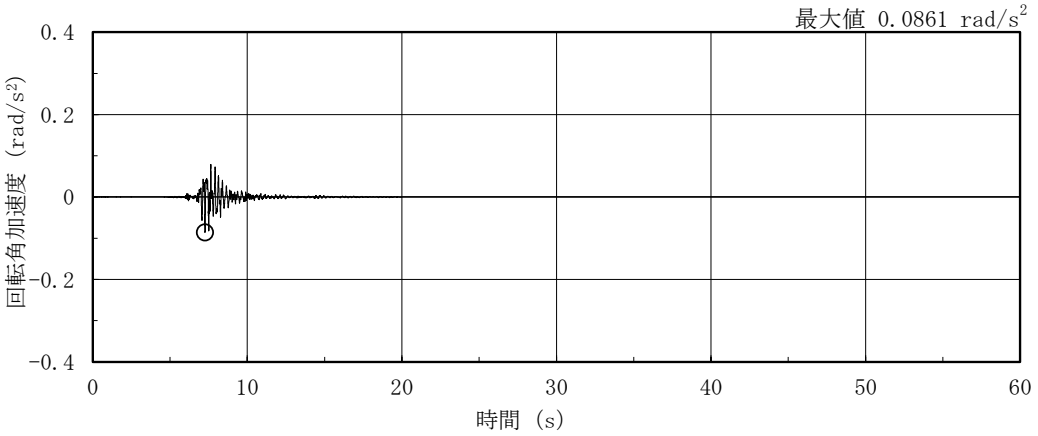



（b） ＥＷ方向

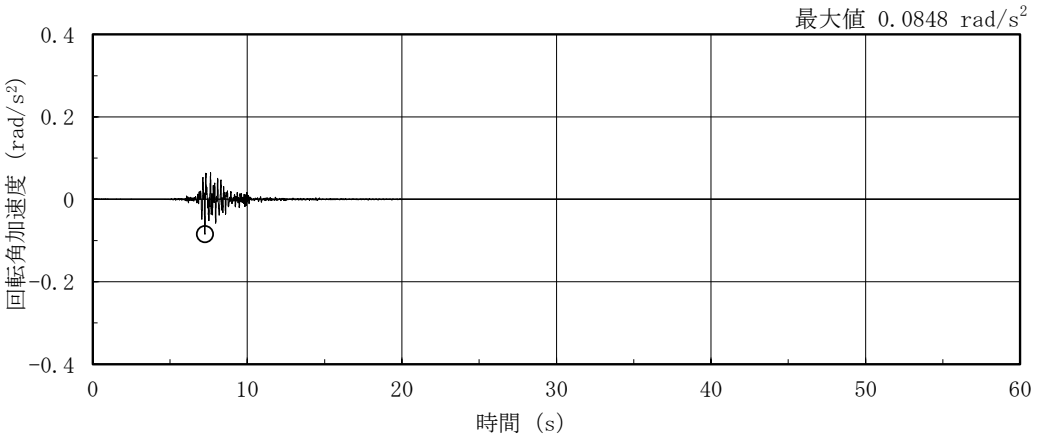



（c） 鉛直方向

図４－42 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース３，水平，鉛直成分）

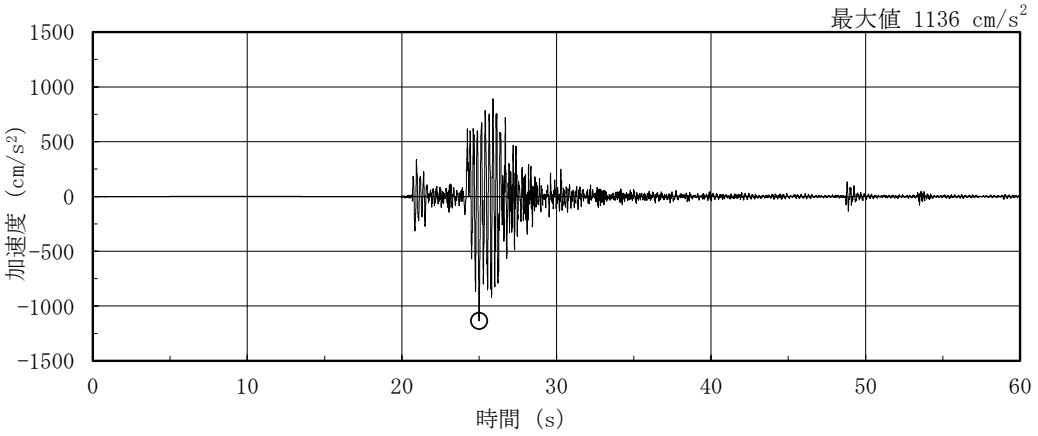



（a） ＮＳ方向

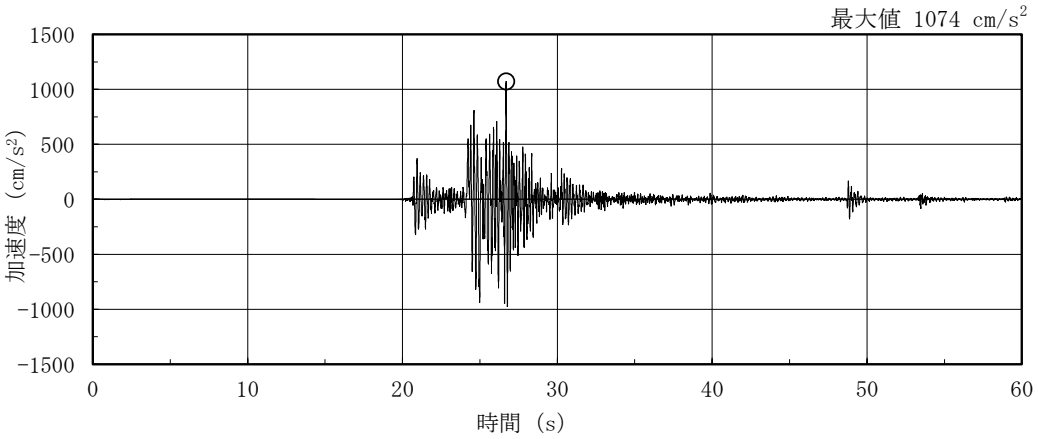



（b） ＥＷ方向

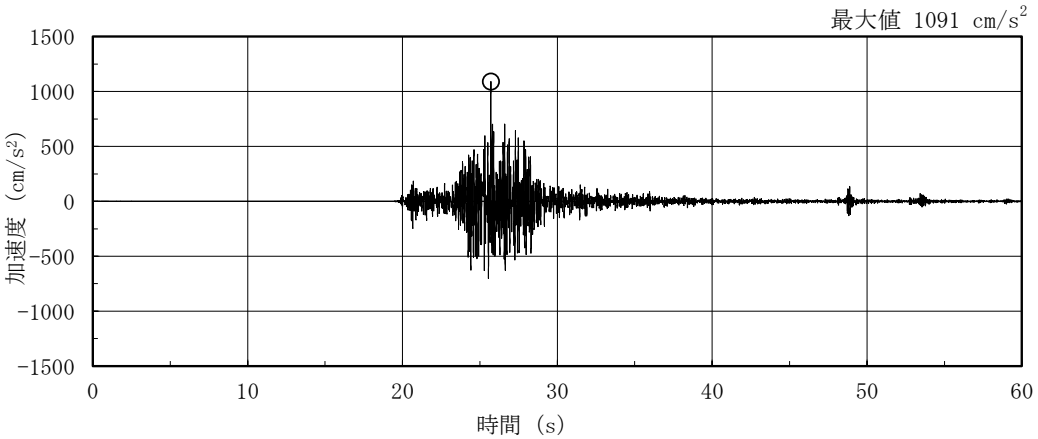
図４－43 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース 3，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

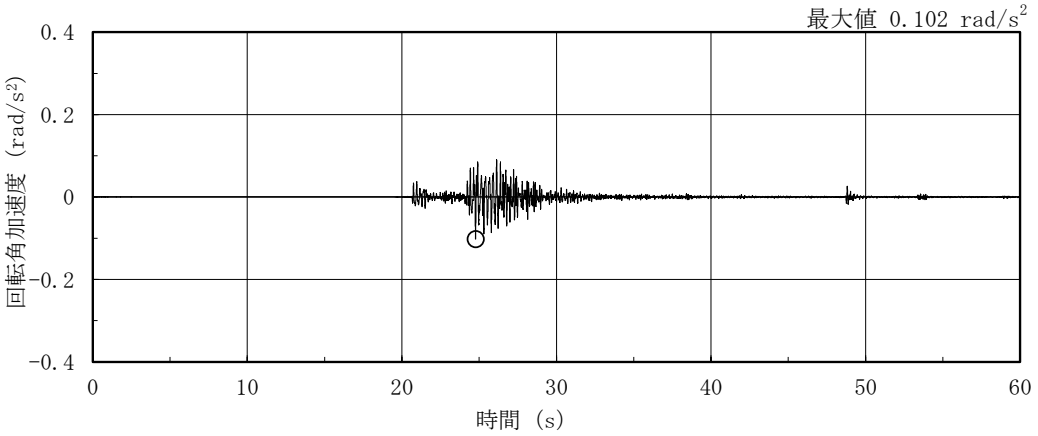



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

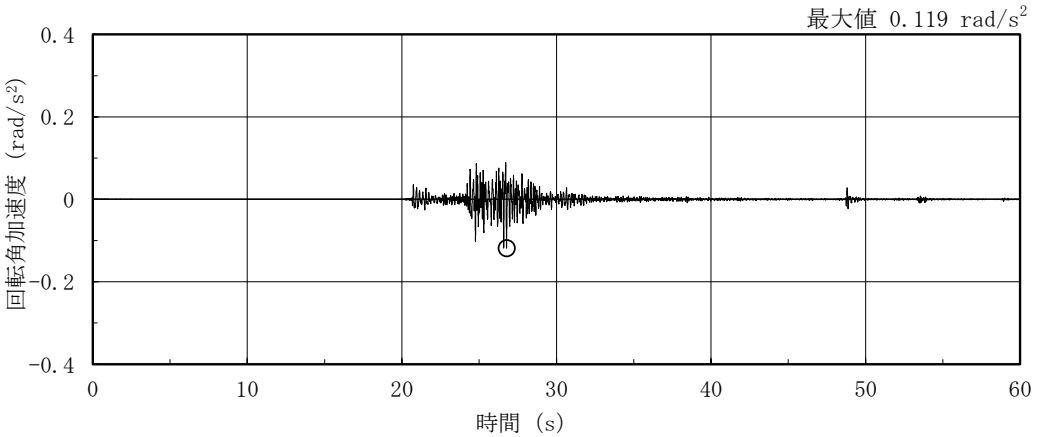



（c） 鉛直方向

図 4－44 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 3，水平，鉛直成分）

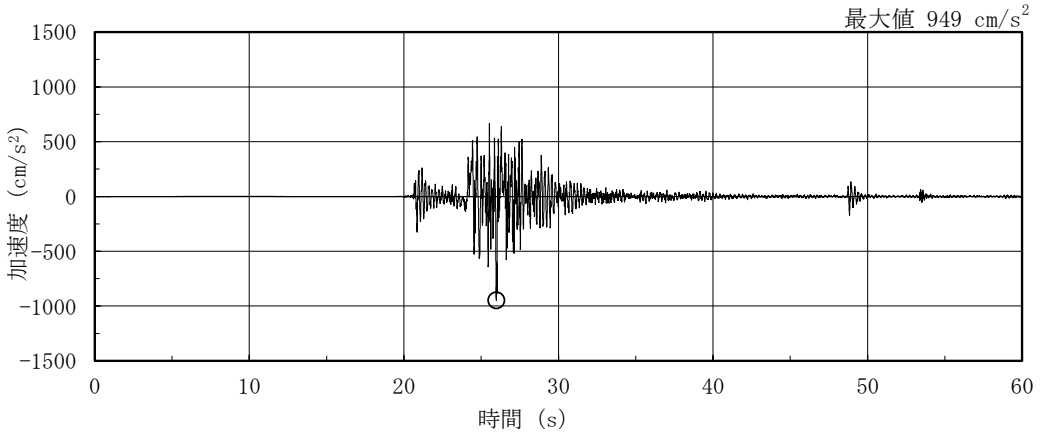



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

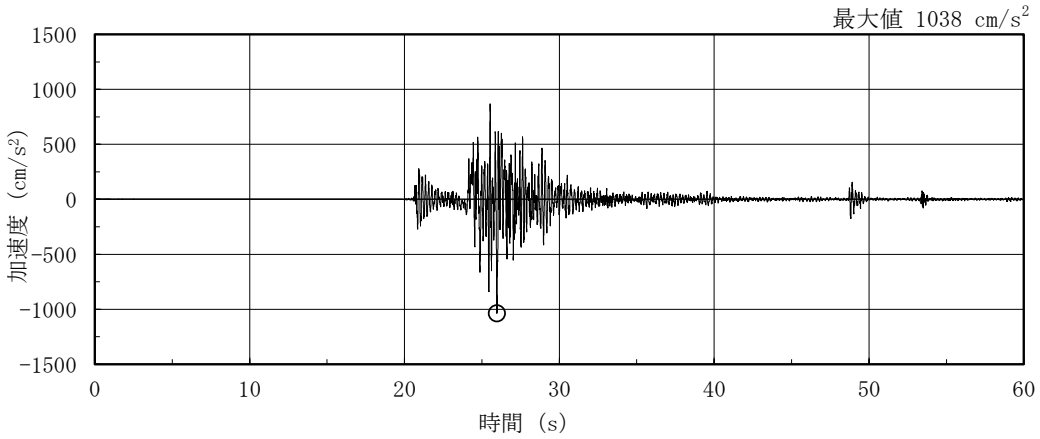



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

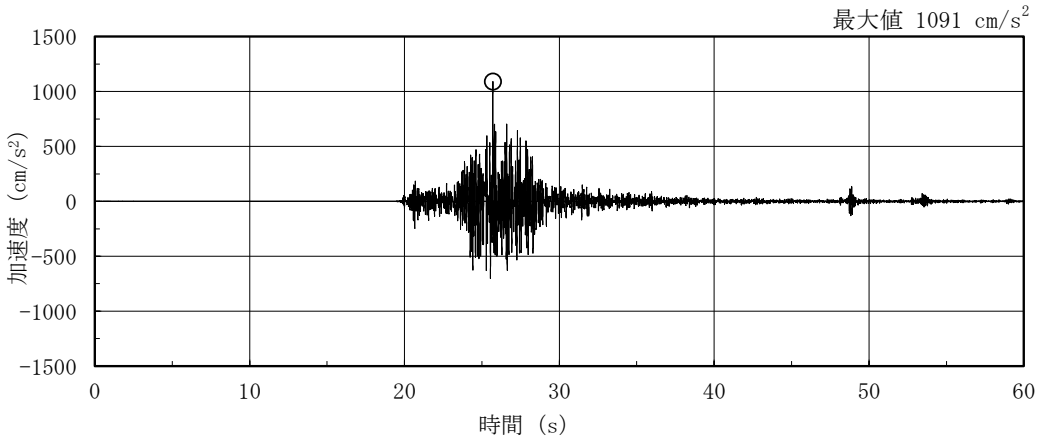
図 4－45 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 3，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

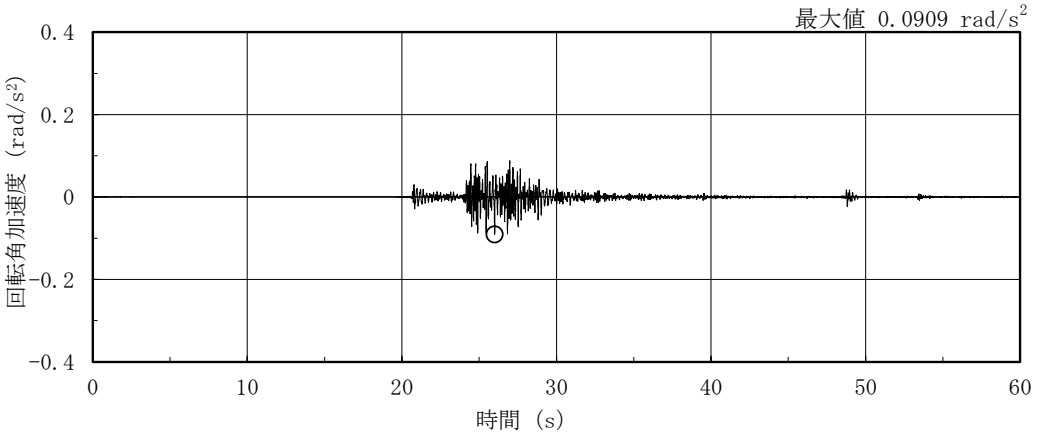



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

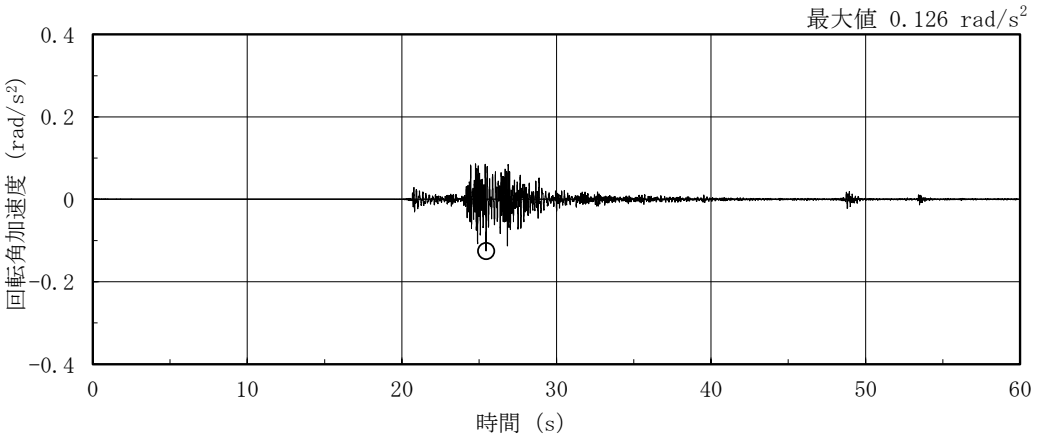



（c） 鉛直方向

図 4－46 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 3，水平，鉛直成分）

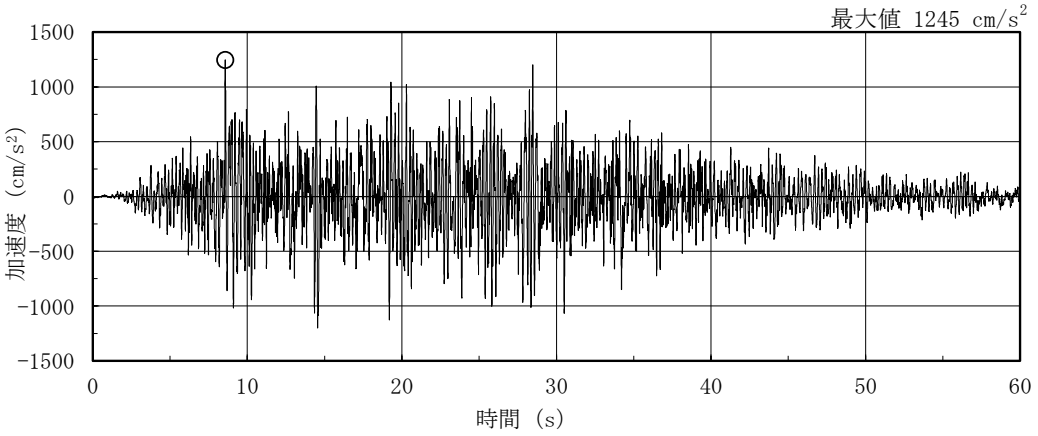



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

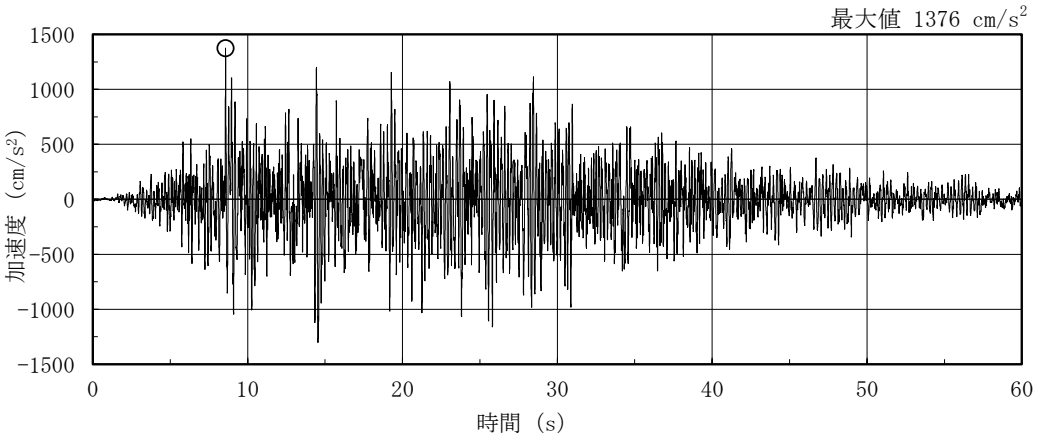



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

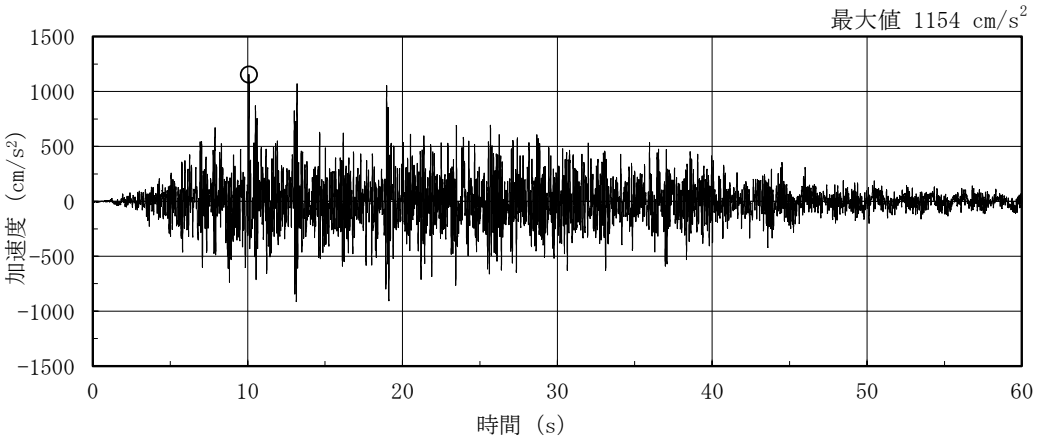
図 4－47 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 3，回転成分）




（a） ＮＳ方向

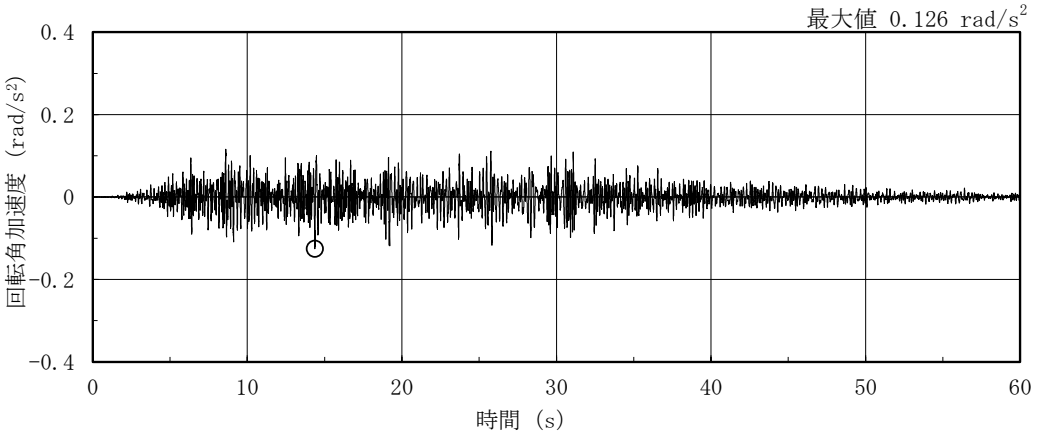



（b） ＥＷ方向

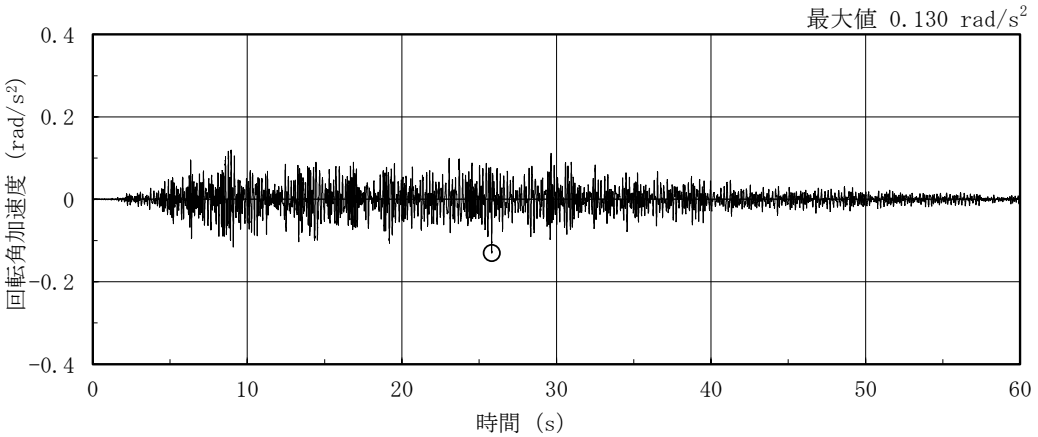



（c） 鉛直方向

図 4－48 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 4，水平，鉛直成分）

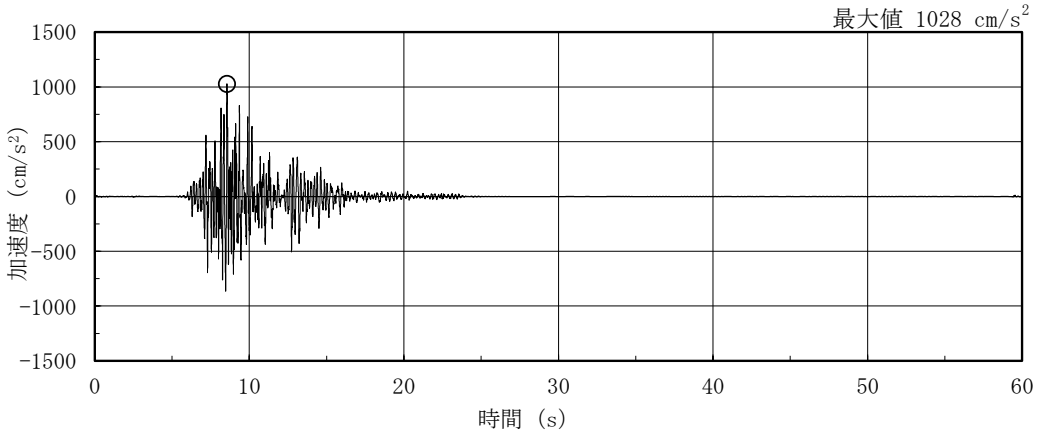



（a） ＮＳ方向

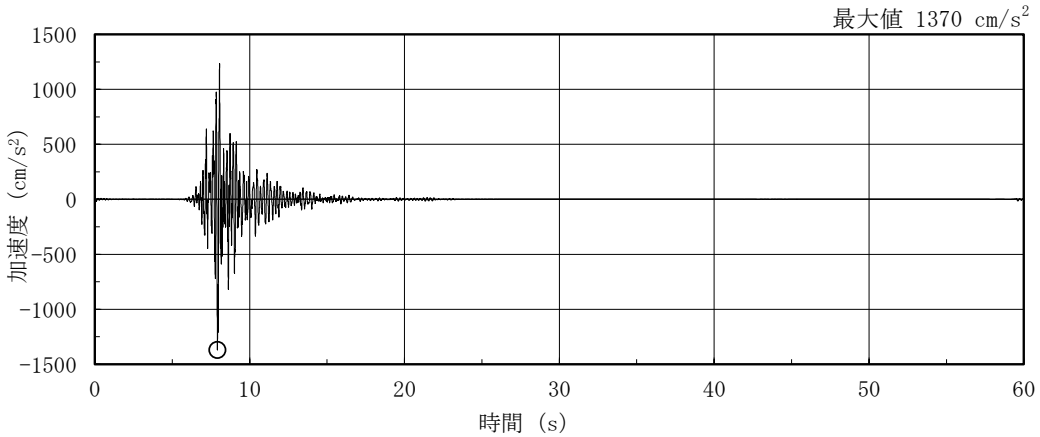



（b） ＥＷ方向

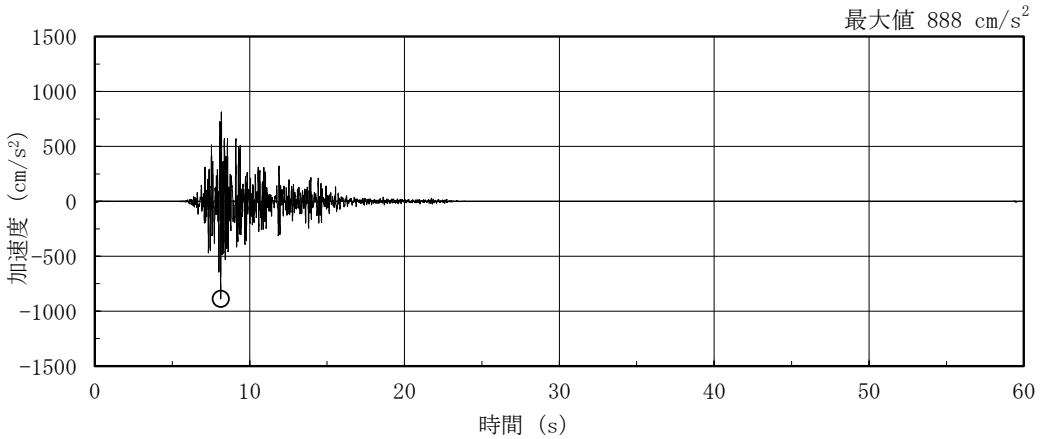
図 4－49 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｄ，ケース 4，回転成分）




（a） ＮＳ方向

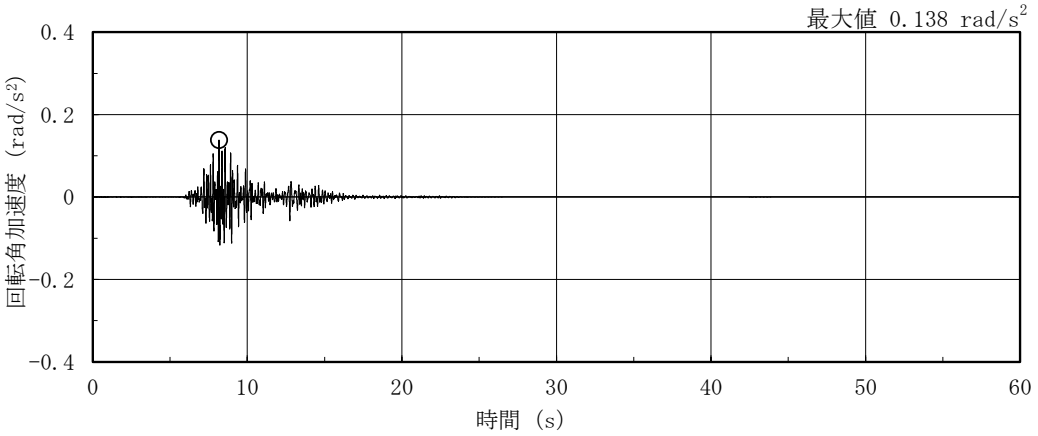



（b） ＥＷ方向

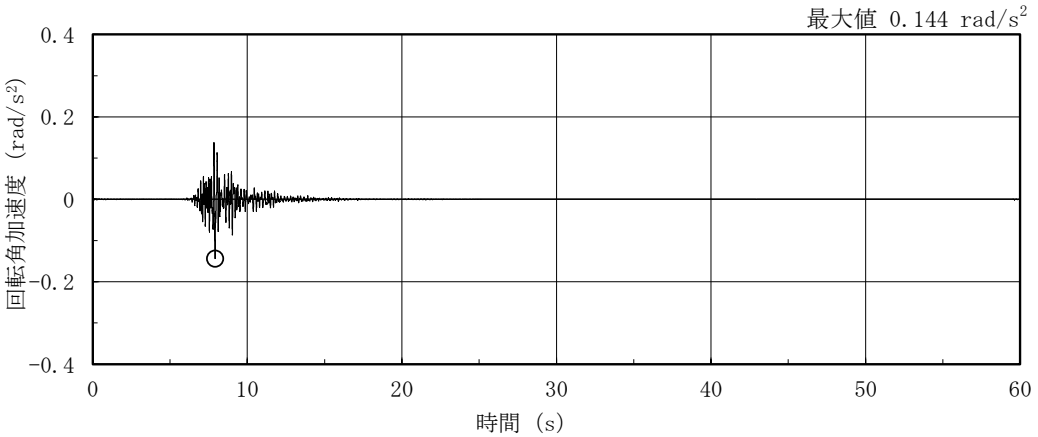



（c） 鉛直方向

図４－50 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース４，水平，鉛直成分）

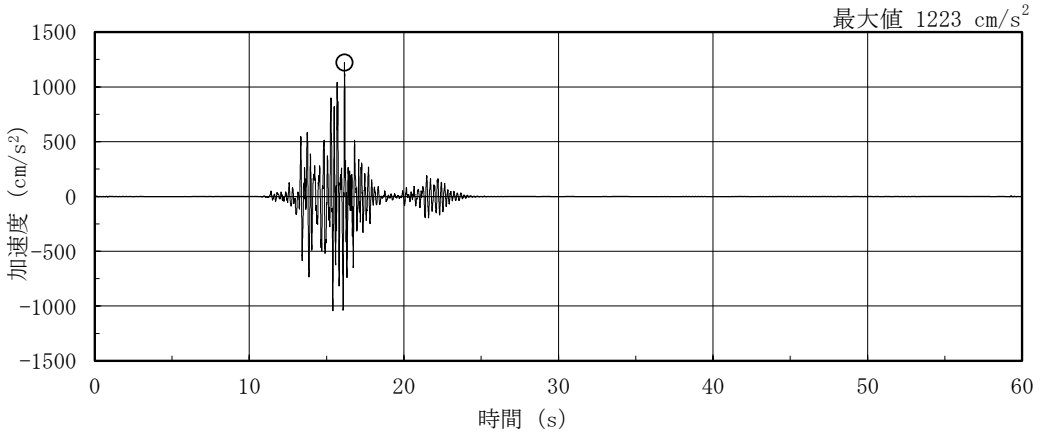



（a） ＮＳ方向

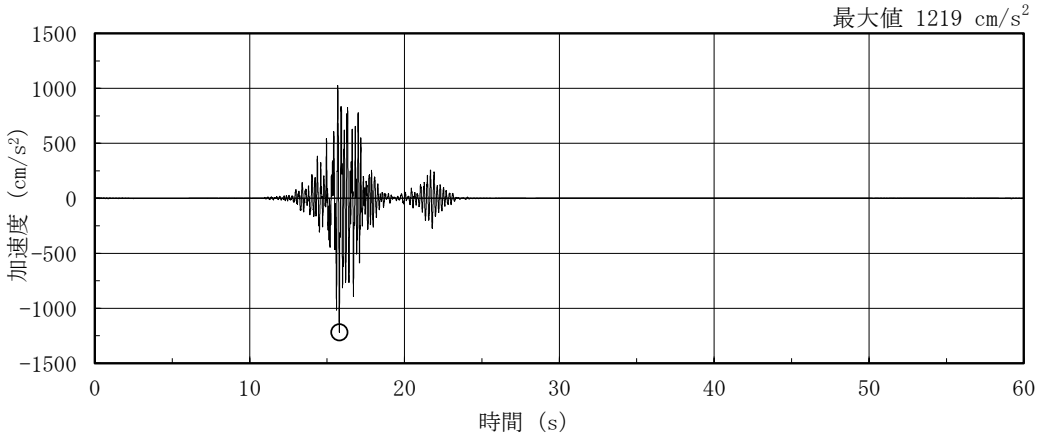



（b） ＥＷ方向

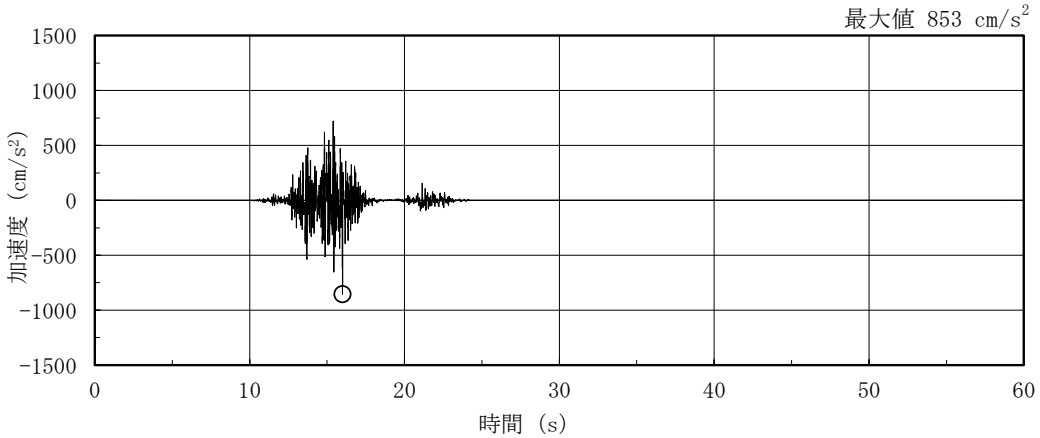
図４－51 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ１，ケース４，回転成分）




（a） ＮＳ方向

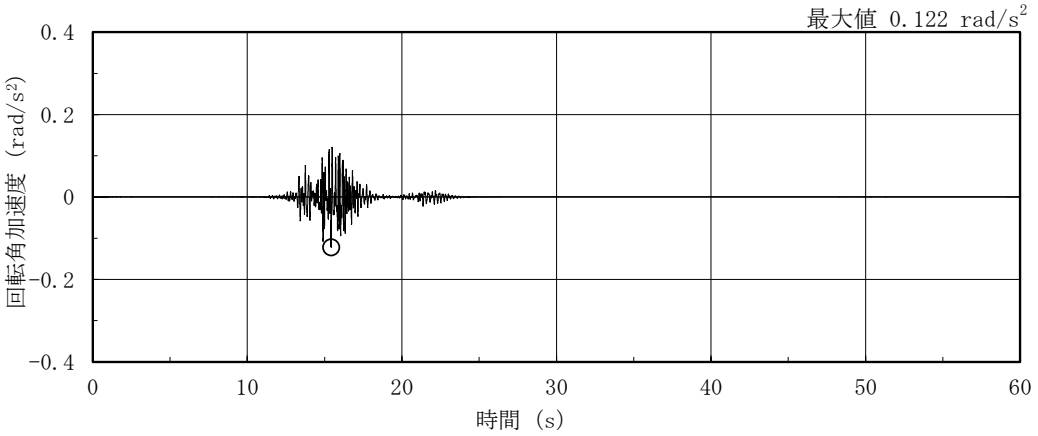



（b） ＥＷ方向

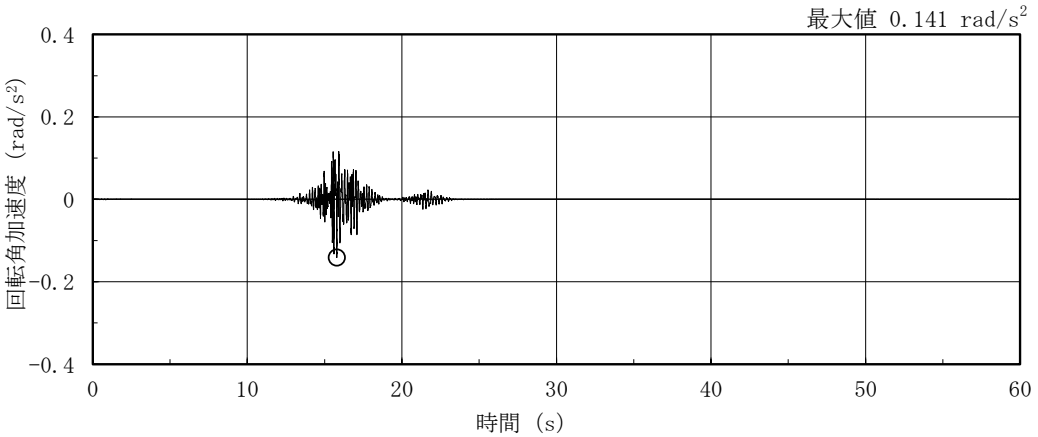



（c） 鉛直方向

図４－52 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース４，水平，鉛直成分）

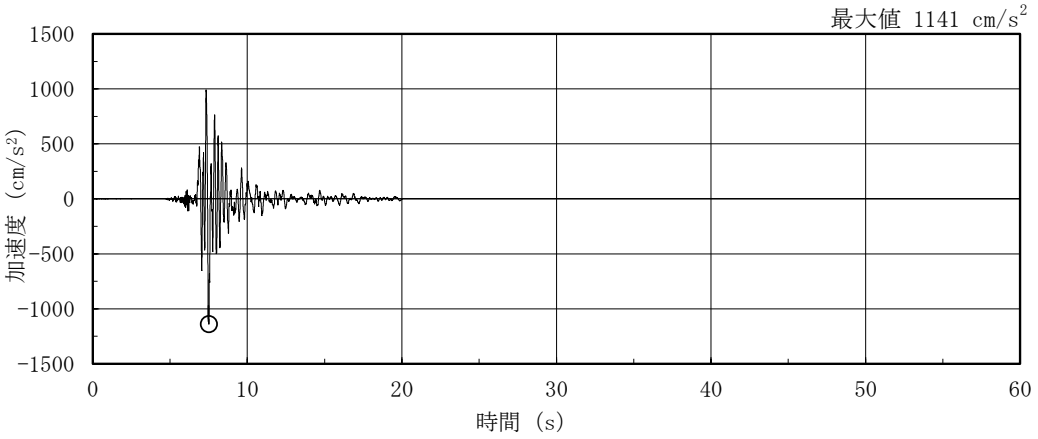



（a） ＮＳ方向

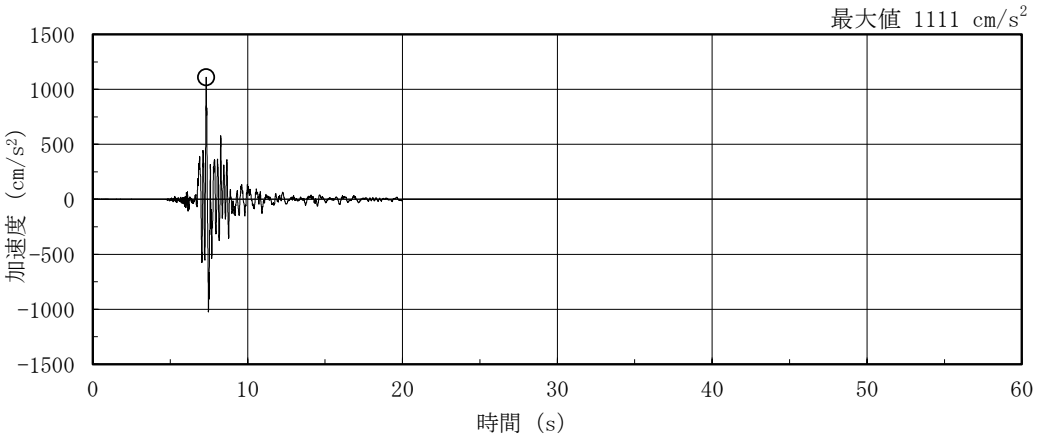



（b） ＥＷ方向

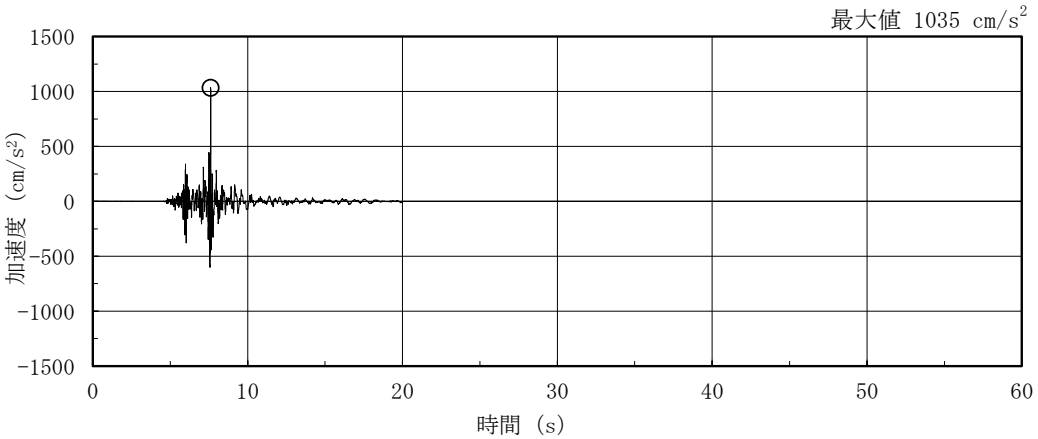
図４－53 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｆ２，ケース４，回転成分）




（a） ＮＳ方向

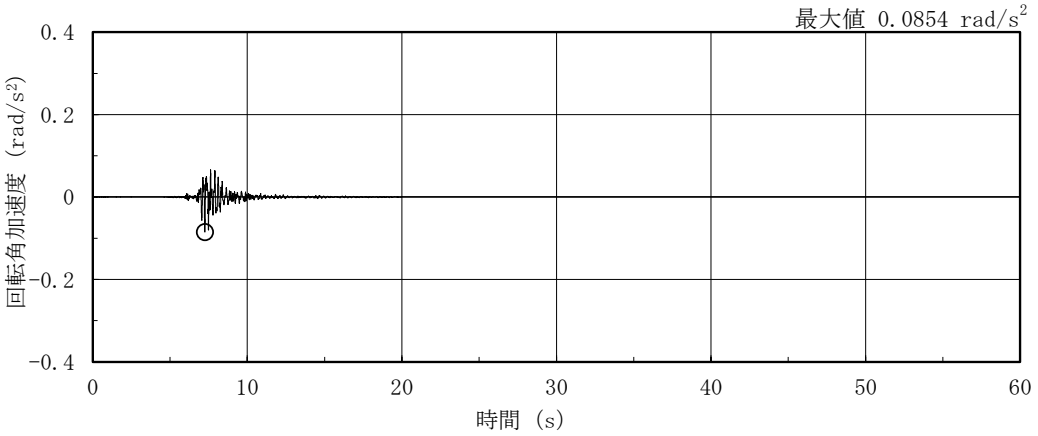



（b） ＥＷ方向

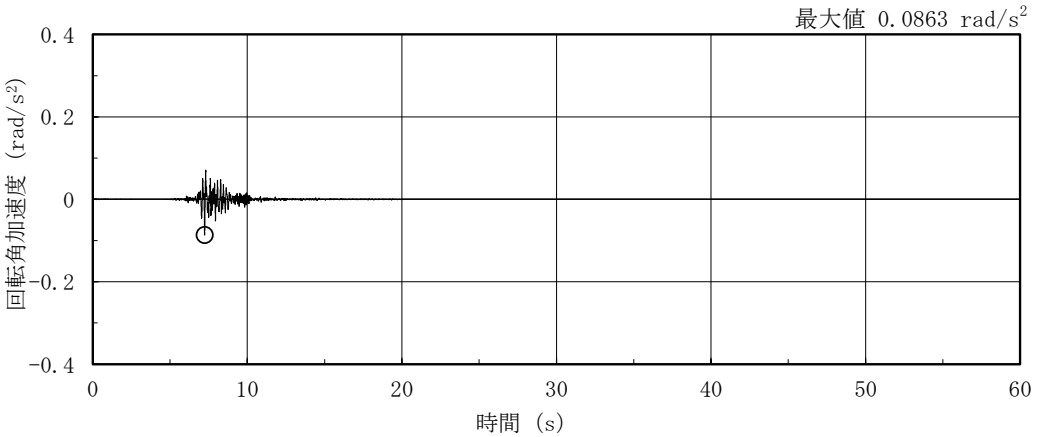



（c） 鉛直方向

図 4－54 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース 4，水平，鉛直成分）

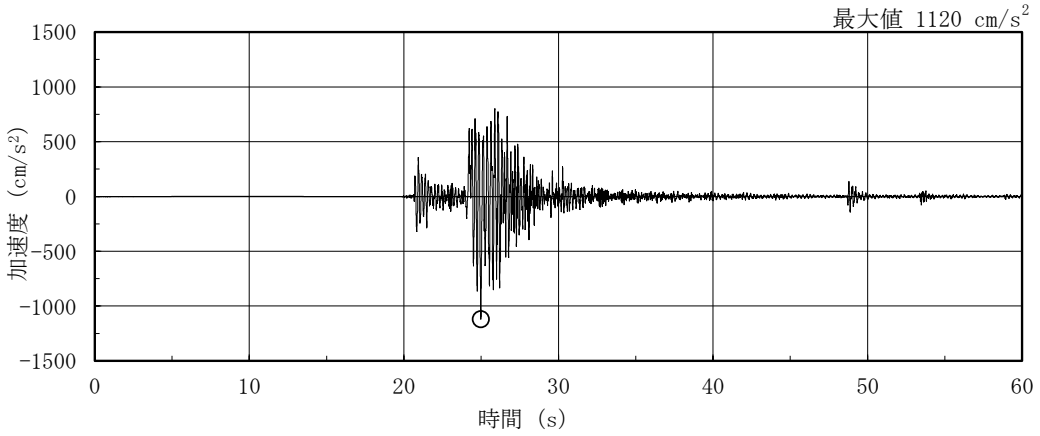



（a）　ＮＳ方向

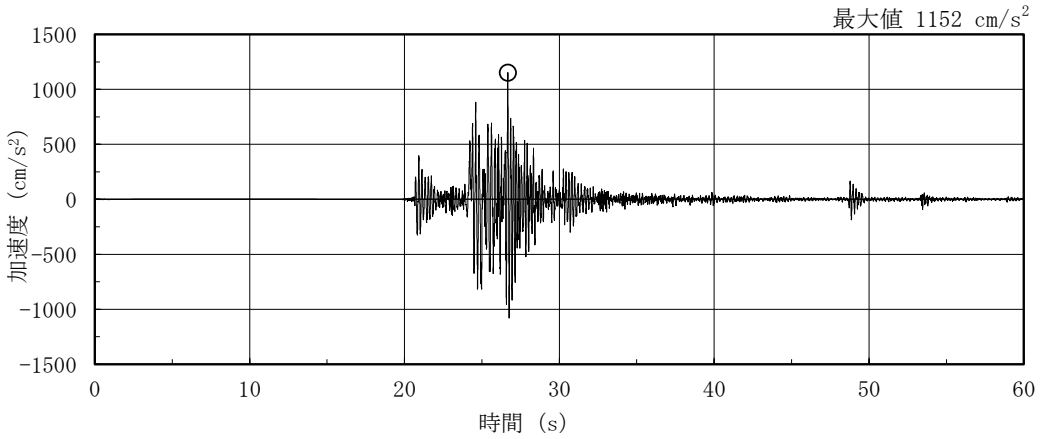



（b）　ＥＷ方向

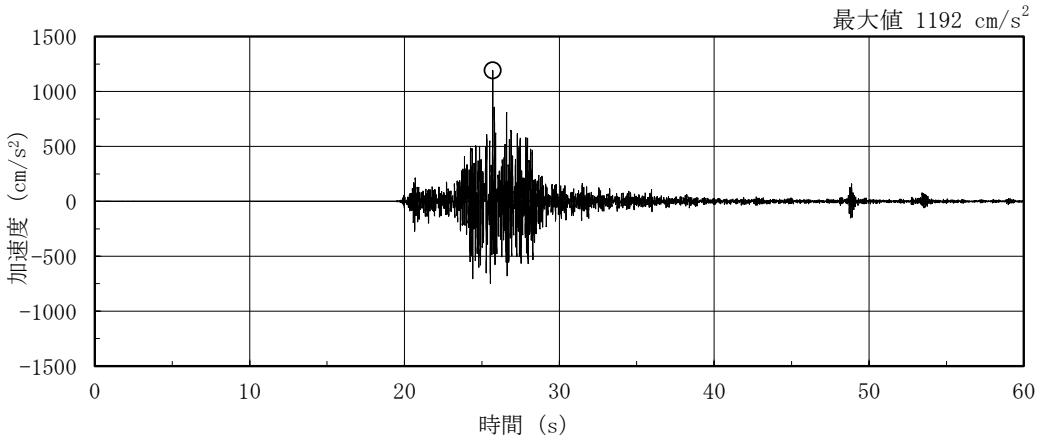
図４－55　燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ１，ケース４，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

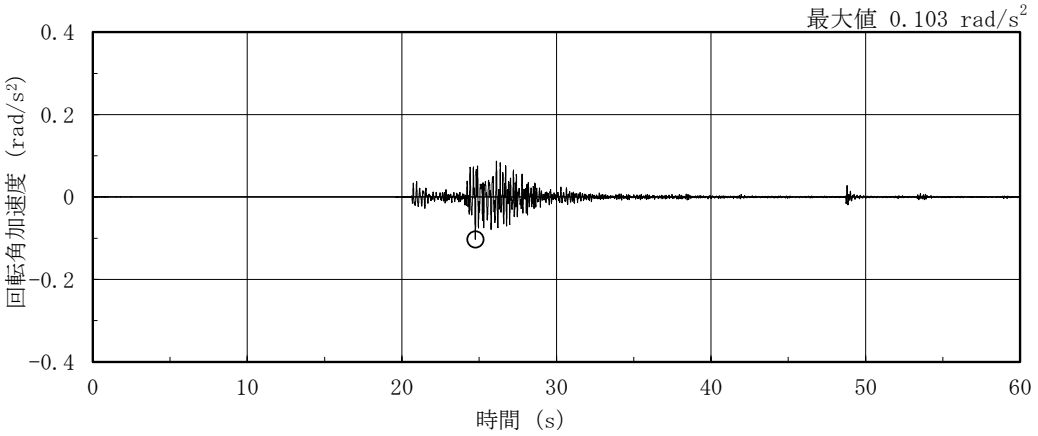



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

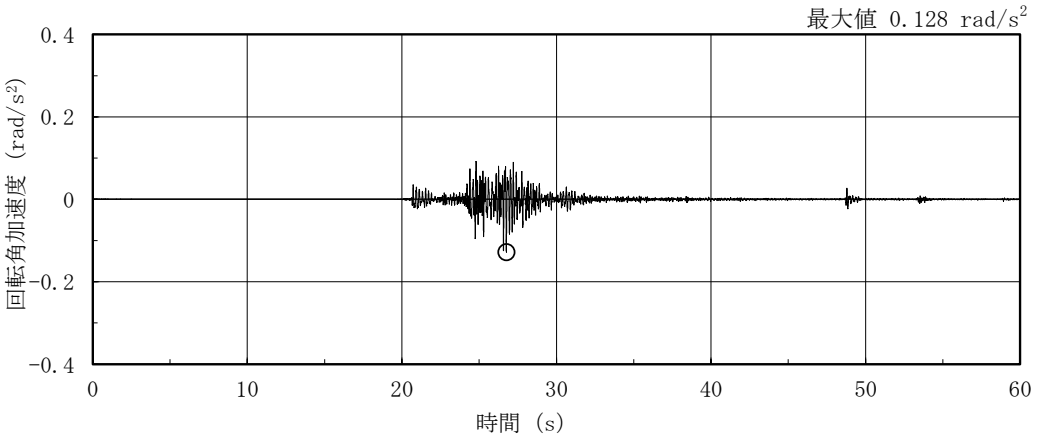



（c） 鉛直方向

図 4－56 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 4，水平，鉛直成分）

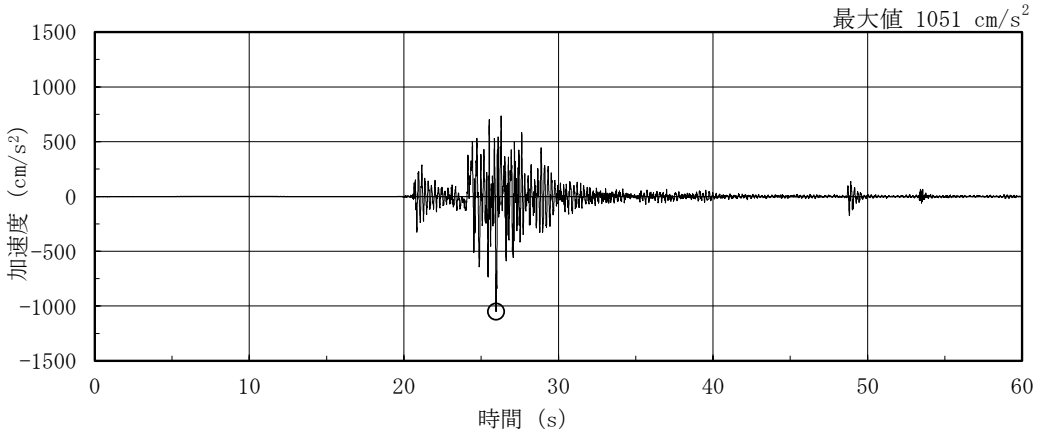



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

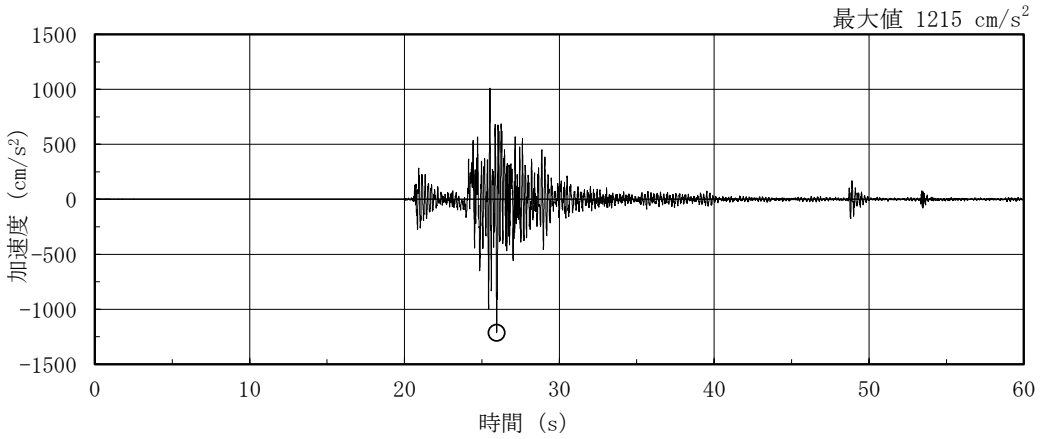



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＮＳ）

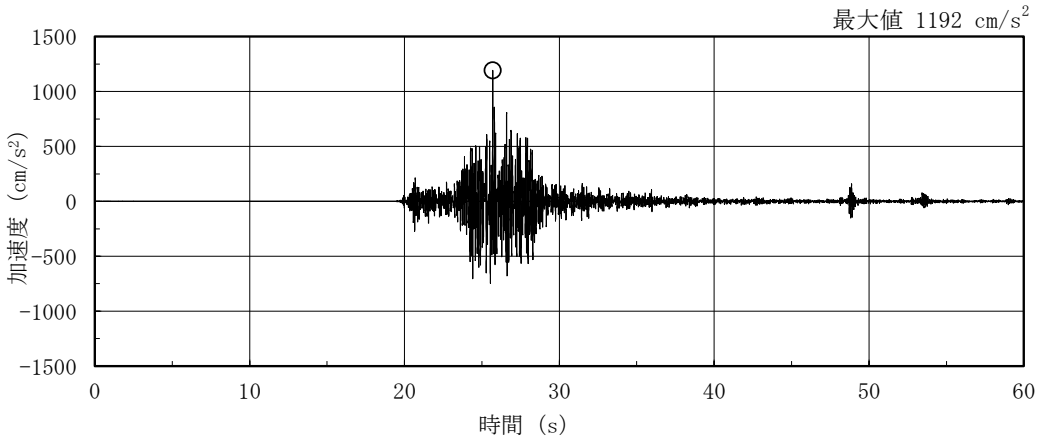
図 4－57 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 4，回転成分）




（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

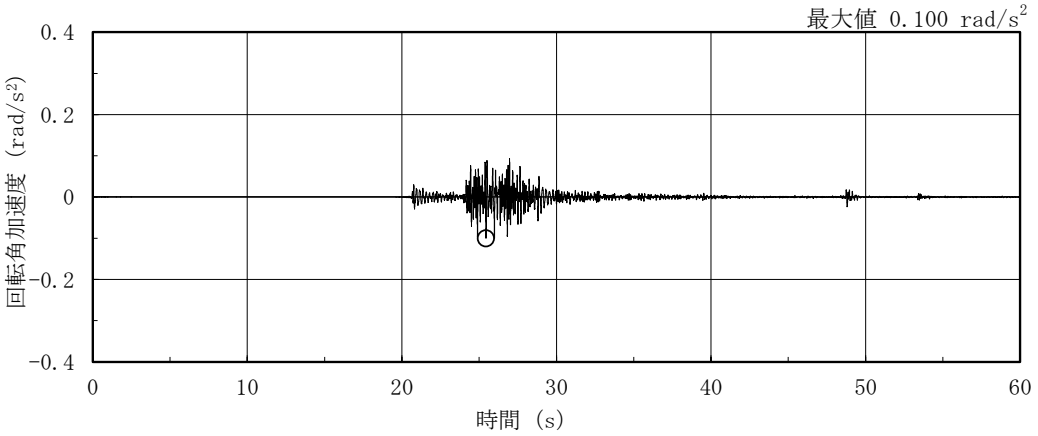



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

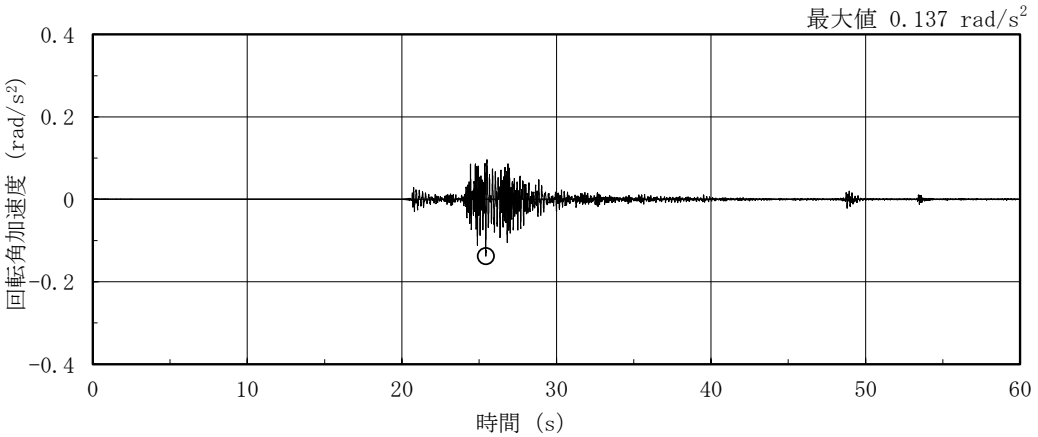



（c） 鉛直方向

図 4－58 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 4，水平，鉛直成分）

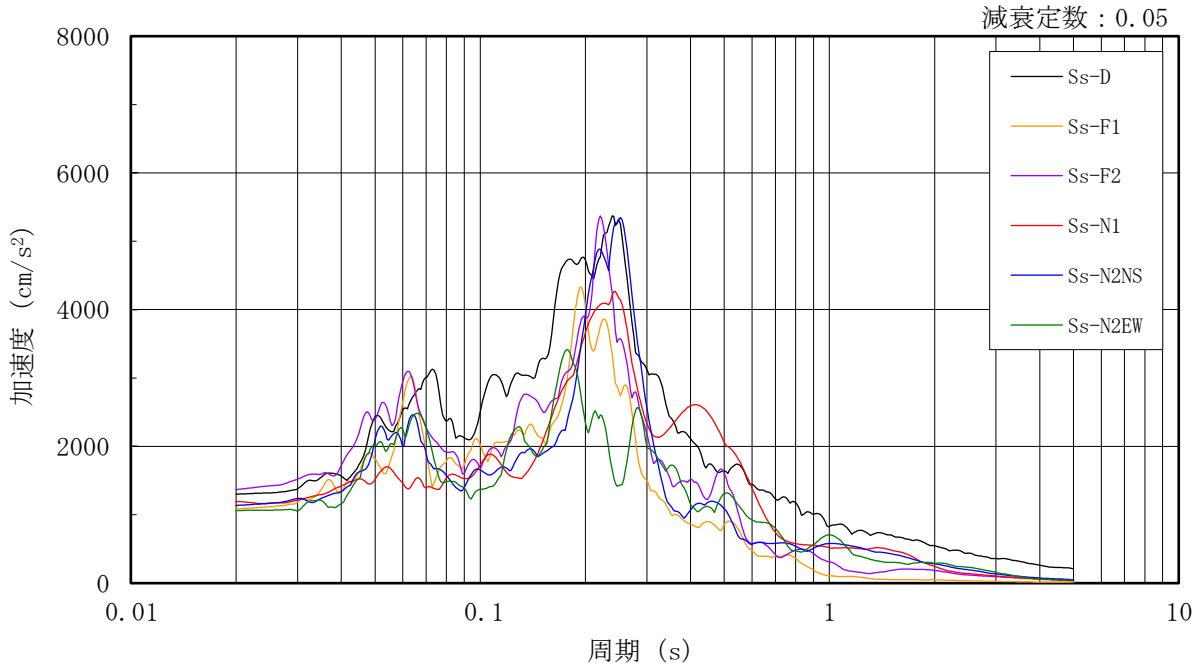



（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

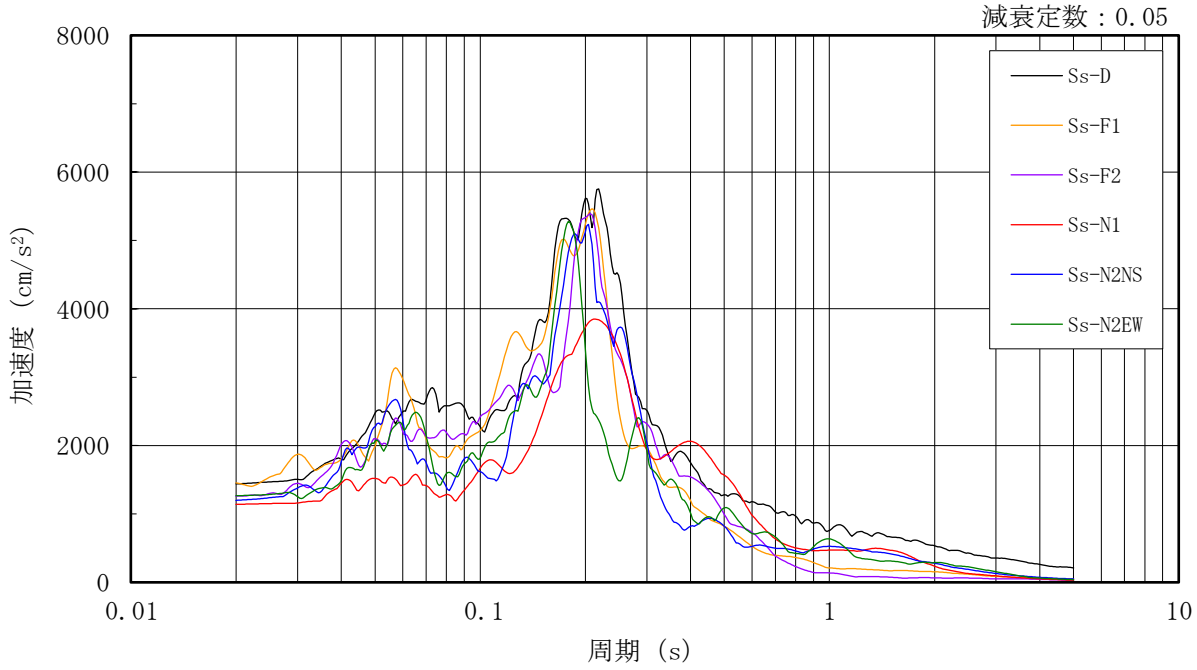



（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｎ２ＥＷ）

図 4－59 燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m）の加速度時刻歴波形
（Ｓｓ－Ｎ２，ケース 4，回転成分）




（a）　ＮＳ方向




（b）　ＥＷ方向

図 4－60　水平成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 1）

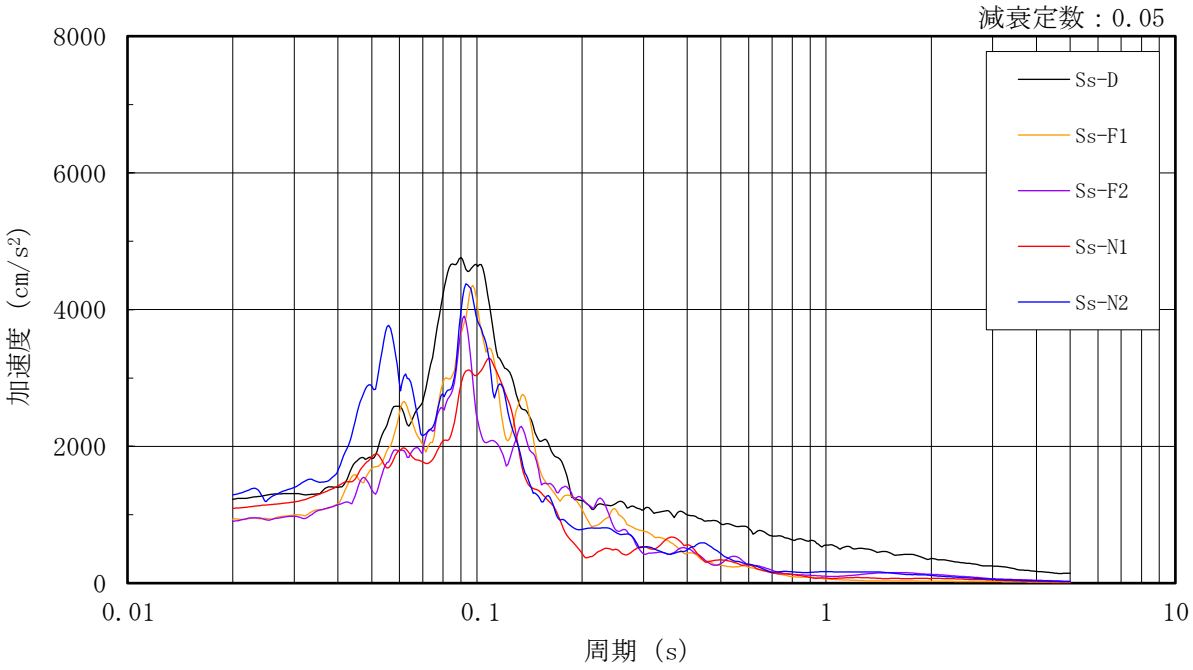
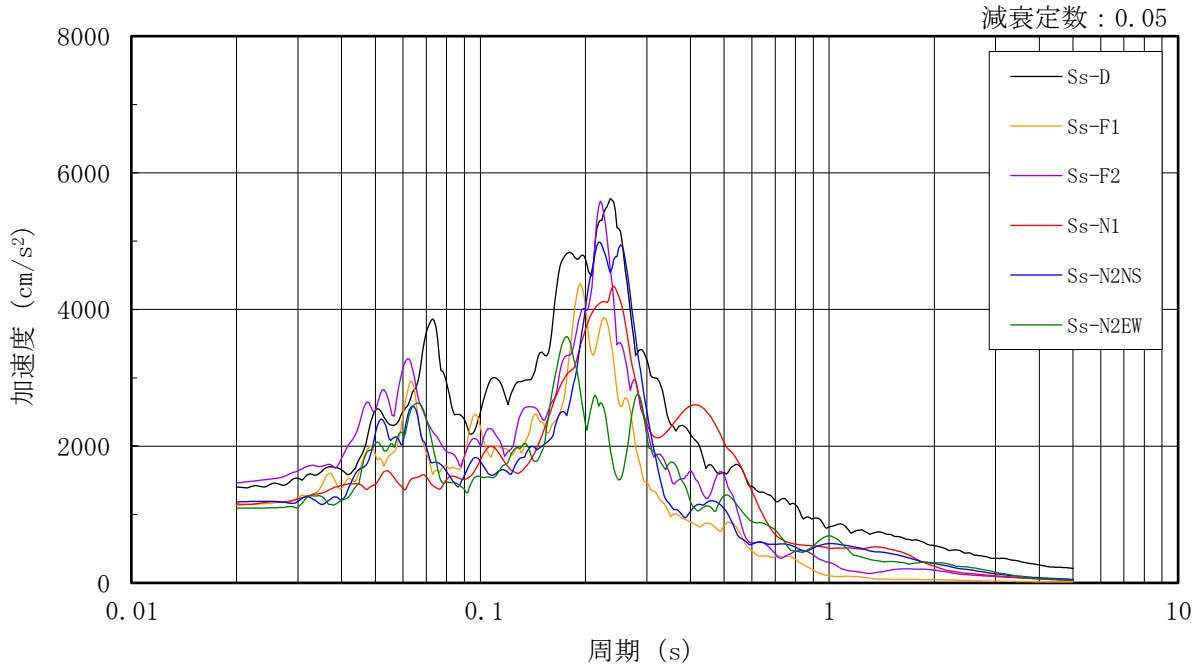
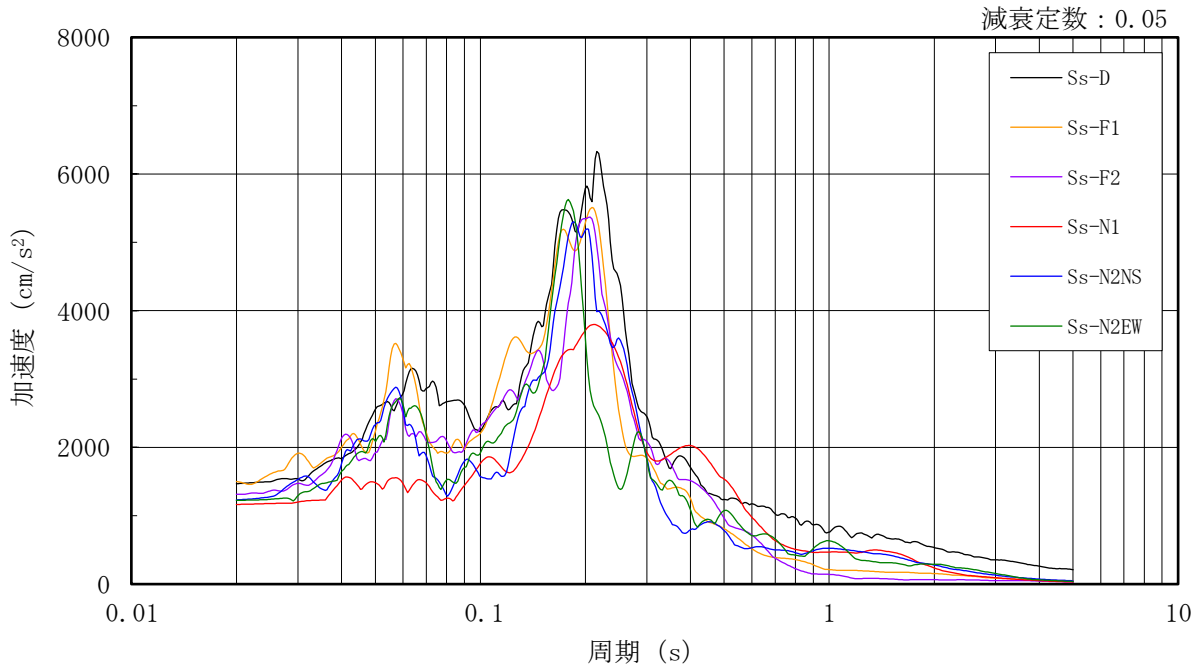



図 4－61　鉛直成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 1）




（a）　ＮＳ方向




（b）　ＥＷ方向

図 4－62　水平成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 2）

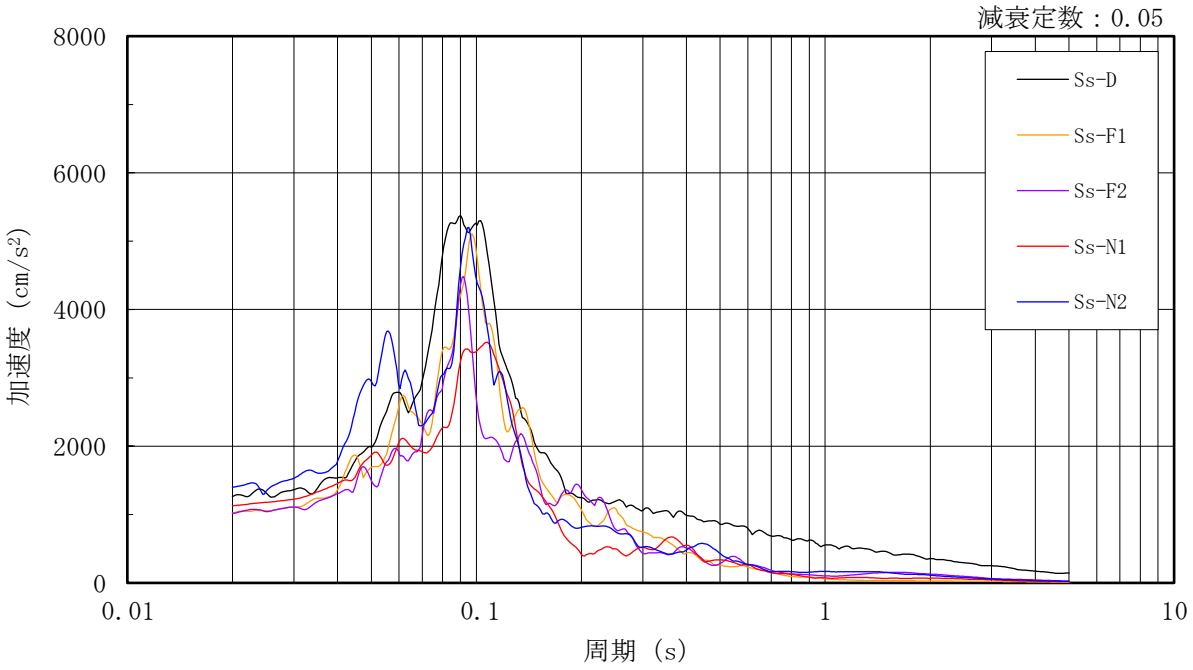
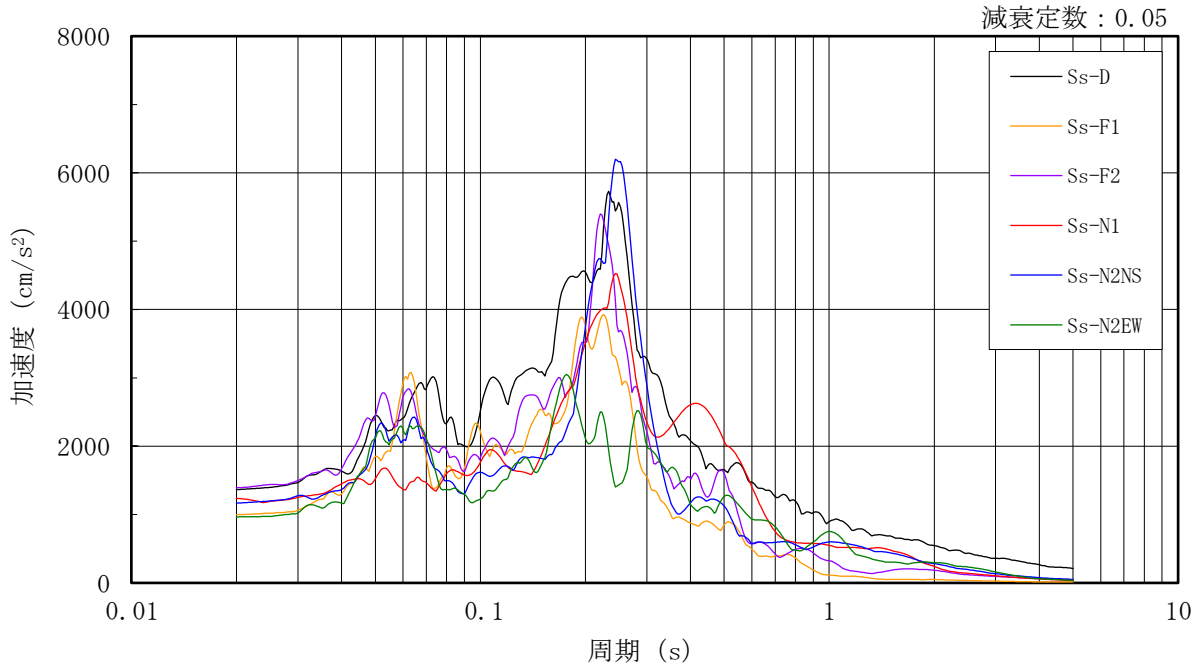
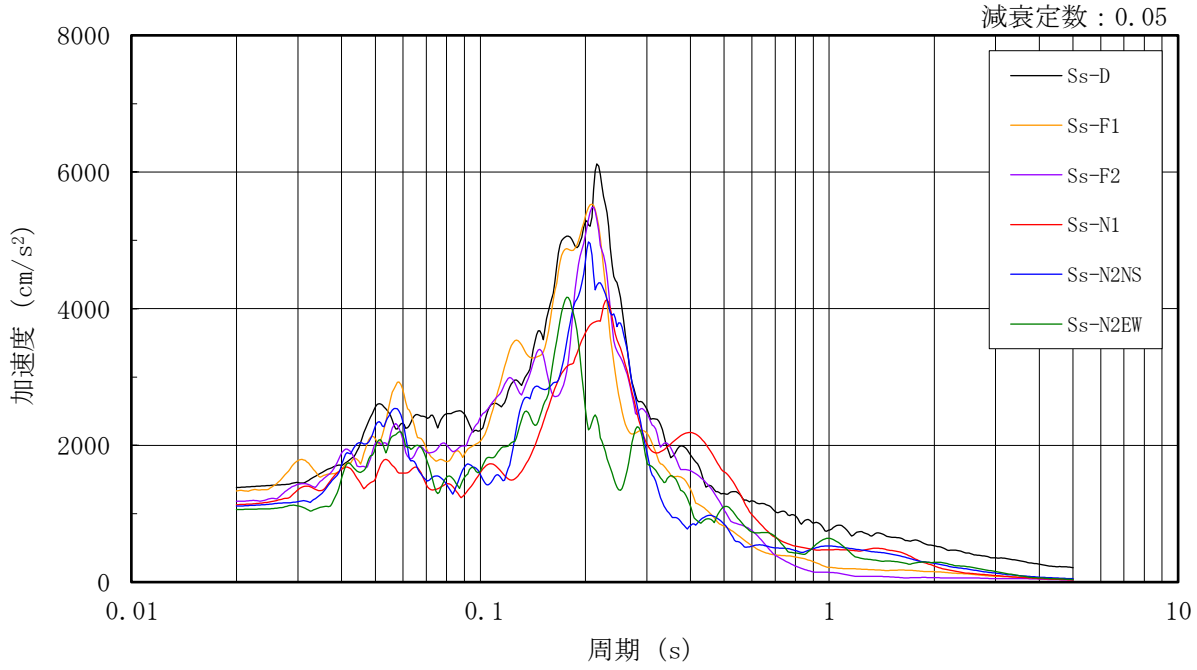



図 4－63　鉛直成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 2）




（a）　ＮＳ方向




（b）　ＥＷ方向

図 4－64　水平成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 3）

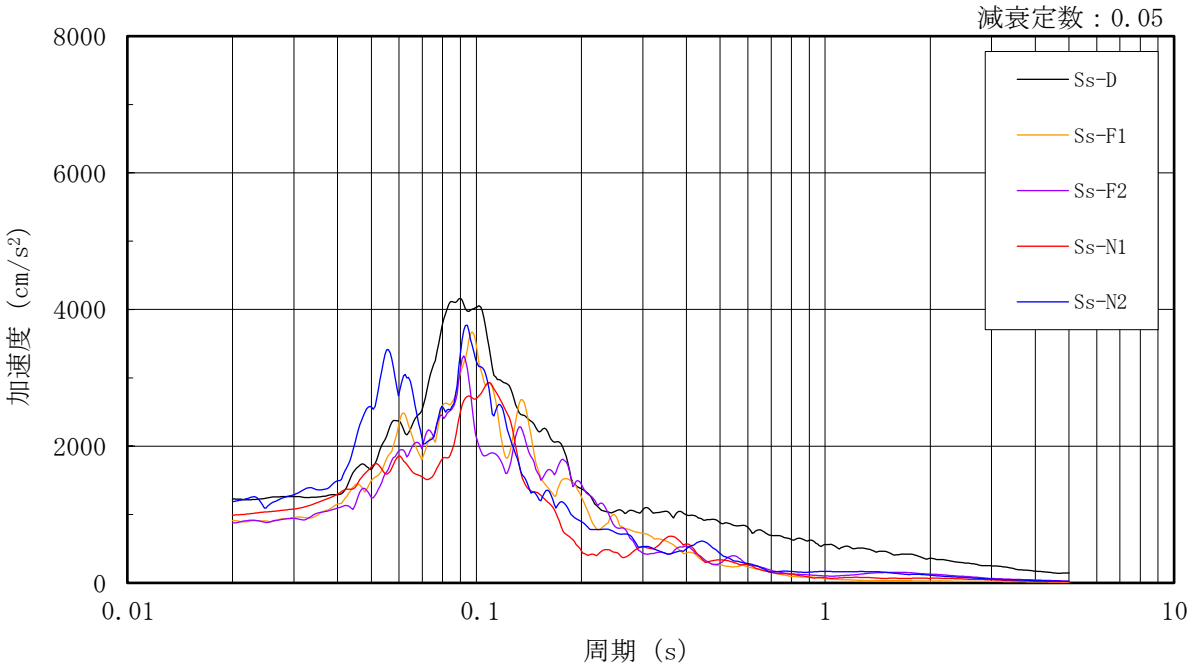
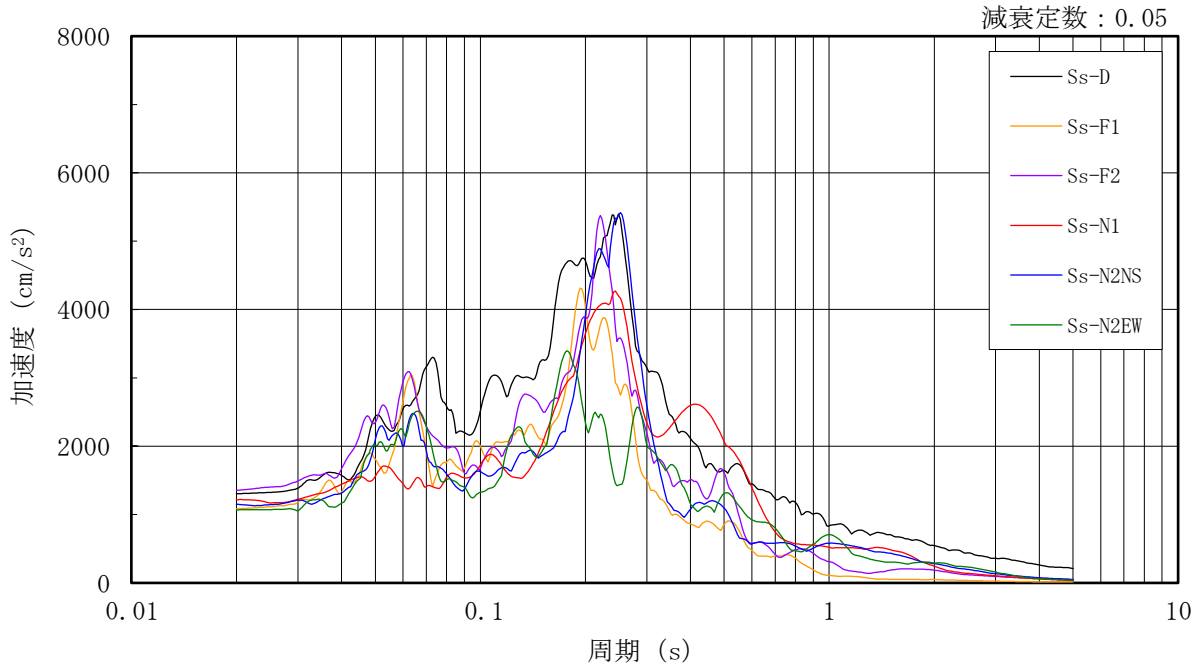
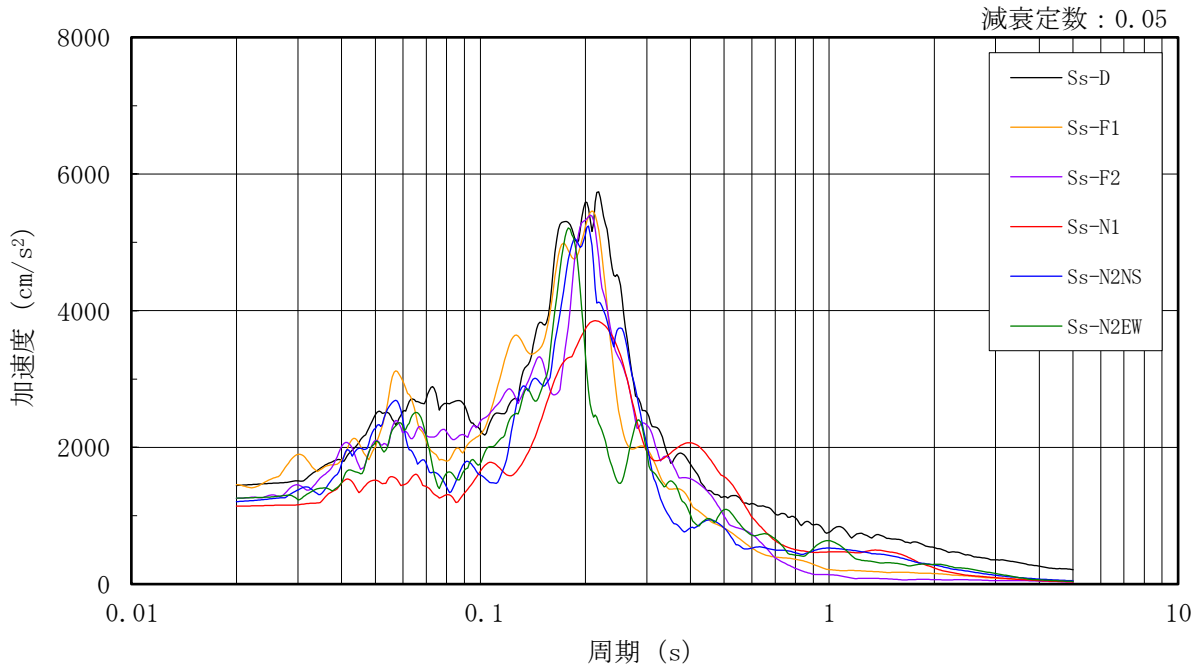



図 4－65　鉛直成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 3）




（a）　ＮＳ方向




（b）　ＥＷ方向

図 4－66　水平成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 4）

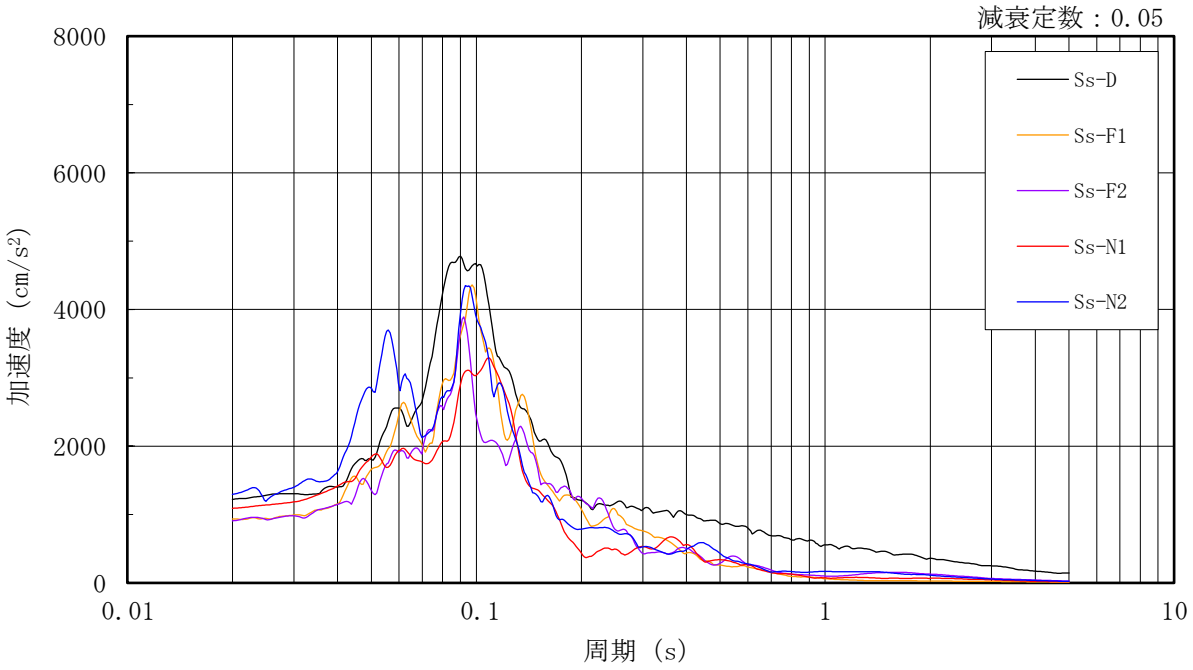



図 4－67　鉛直成分の加速度応答スペクトル
（燃料取替階レベル（4F，EL 42.8m），ケース 4）

4.2.4　耐震壁

(1)　荷重

a.　鉛直荷重

固定荷重（G），積載荷重（P）は「既工認」に基づき設定する。

b.　地震荷重

(a)　地震荷重

地震荷重（Ｓｄ）は，静的地震力と弾性設計用地震動Ｓｄに対する地震応答解析により算定される動的地震力を包絡した荷重とする。このとき，弾性設計用地震動Ｓｄに対する地震応答解析より算定される動的地震力は，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重を表 4－5～表 4－9 に示す。

表 4－5　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力によるせん断力，ＮＳ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | せん断力 ($\times 10^4$ kN) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sd | 静的 | 最大値 |
| OW-13 | 34.8～30.5 | 1 | 13.2 | 11.2 | 13.2 |
| | 30.5～23.8 | 2 | 14.5 | 12.2 | 14.5 |
| | 23.8～15.3 | 3 | 18.6 | 15.0 | 18.6 |
| | 15.3～8.8 | 4 | 22.5 | 16.9 | 22.5 |
| | 8.8～1.3 | 5 | 25.3 | 19.1 | 25.3 |
| IW-11 | 63.5～51.7 | 6 | 3.86 | 4.22 | 4.22 |
| | 51.7～42.8 | 7 | 8.16 | 7.48 | 8.16 |
| | 42.8～34.8 | 8 | 12.5 | 9.87 | 12.5 |
| | 34.8～30.5 | 9 | 16.0 | 12.1 | 16.0 |
| | 30.5～23.8 | 10 | 23.4 | 17.2 | 23.4 |
| | 23.8～15.3 | 11 | 26.9 | 19.6 | 26.9 |
| | 15.3～8.8 | 12 | 31.6 | 22.6 | 31.6 |
| | 8.8～1.3 | 13 | 33.0 | 23.5 | 33.0 |
| DW | 42.8～34.8 | 14 | 3.68 | 3.02 | 3.68 |
| | 34.8～30.5 | 15 | 5.66 | 3.12 | 5.66 |
| | 30.5～23.8 | 16 | 8.04 | 5.33 | 8.04 |
| | 23.8～15.3 | 17 | 10.6 | 6.57 | 10.6 |
| | 15.3～10.1 | 18 | 16.2 | 11.5 | 16.2 |
| | 10.1～1.3 | 19 | 18.6 | 13.6 | 18.6 |
| IW-3 | 63.5～51.7 | 20 | 3.89 | 4.32 | 4.32 |
| | 51.7～42.8 | 21 | 8.76 | 7.94 | 8.76 |
| | 42.8～34.8 | 22 | 12.5 | 10.0 | 12.5 |
| | 34.8～30.5 | 23 | 16.5 | 11.9 | 16.5 |
| | 30.5～23.8 | 24 | 23.4 | 17.2 | 23.4 |
| | 23.8～15.3 | 25 | 28.8 | 20.7 | 28.8 |
| | 15.3～8.8 | 26 | 31.8 | 22.8 | 31.8 |
| | 8.8～1.3 | 27 | 33.0 | 23.5 | 33.0 |
| OW-1 | 42.8～34.8 | 28 | 9.09 | 7.69 | 9.09 |
| | 34.8～30.5 | 29 | 13.4 | 10.4 | 13.4 |
| | 30.5～23.8 | 30 | 14.8 | 11.4 | 14.8 |
| | 23.8～15.3 | 31 | 22.7 | 17.0 | 22.7 |
| | 15.3～8.8 | 32 | 22.7 | 16.6 | 22.7 |
| | 8.8～1.3 | 33 | 25.8 | 19.0 | 25.8 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

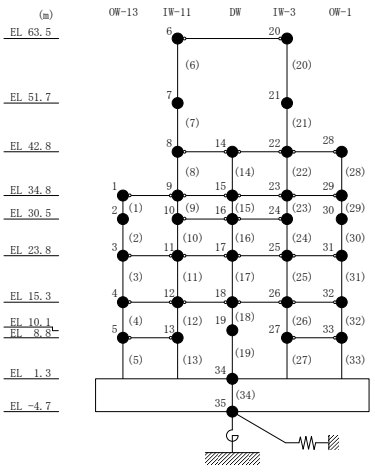


表 4－6　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力によるせん断力，ＥＷ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | せん断力 ($\times 10^4$ kN) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sd | 静的 | 最大値 |
| OW-I | 15.3～8.8 | 1 | 21.7 | 17.1 | 21.7 |
| | 8.8～1.3 | 2 | 20.8 | 15.6 | 20.8 |
| IW-H | 63.5～51.7 | 3 | 4.84 | 4.26 | 4.84 |
| | 51.7～42.8 | 4 | 8.50 | 6.66 | 8.50 |
| | 42.8～34.8 | 5 | 13.7 | 9.68 | 13.7 |
| | 34.8～30.5 | 6 | 20.6 | 14.6 | 20.6 |
| | 30.5～23.8 | 7 | 23.5 | 17.0 | 23.5 |
| | 23.8～15.3 | 8 | 38.6 | 28.8 | 38.6 |
| | 15.3～8.8 | 9 | 37.3 | 27.2 | 37.3 |
| | 8.8～1.3 | 10 | 42.1 | 31.6 | 42.1 |
| DW | 42.8～34.8 | 11 | 6.98 | 4.92 | 6.98 |
| | 34.8～30.5 | 12 | 1.92 | 1.13 | 1.92 |
| | 30.5～23.8 | 13 | 8.89 | 6.63 | 8.89 |
| | 23.8～15.3 | 14 | 11.1 | 6.97 | 11.1 |
| | 15.3～10.1 | 15 | 12.4 | 9.22 | 12.4 |
| | 10.1～1.3 | 16 | 15.3 | 11.3 | 15.3 |
| IW-D | 63.5～51.7 | 17 | 4.18 | 3.92 | 4.18 |
| | 51.7～42.8 | 18 | 1.27 | 0.785 | 1.27 |
| | 42.8～34.8 | 19 | 8.51 | 5.93 | 8.51 |
| | 34.8～30.5 | 20 | 8.53 | 5.62 | 8.53 |
| | 30.5～23.8 | 21 | 13.0 | 9.55 | 13.0 |
| IW-B | 51.7～42.8 | 22 | 9.16 | 7.77 | 9.16 |
| | 42.8～34.8 | 23 | 12.4 | 8.78 | 12.4 |
| | 34.8～30.5 | 24 | 22.6 | 16.1 | 22.6 |
| | 30.5～23.8 | 25 | 25.1 | 18.4 | 25.1 |
| | 23.8～15.3 | 26 | 30.6 | 23.0 | 30.6 |
| | 15.3～8.8 | 27 | 28.3 | 21.0 | 28.3 |
| | 8.8～1.3 | 28 | 31.1 | 23.1 | 31.1 |
| OW-A | 34.8～30.5 | 29 | 13.7 | 10.4 | 13.7 |
| | 30.5～23.8 | 30 | 15.0 | 11.5 | 15.0 |
| | 23.8～15.3 | 31 | 25.4 | 20.4 | 25.4 |
| | 15.3～8.8 | 32 | 21.4 | 15.9 | 21.4 |
| | 8.8～1.3 | 33 | 23.2 | 17.2 | 23.2 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

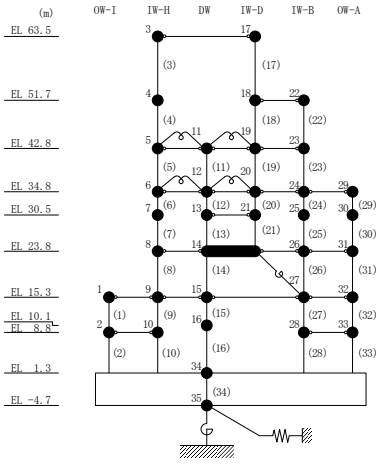


表 4－7(1)　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力による曲げモーメント，ＮＳ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 曲げモーメント ($\times 10^5$ kN･m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sd | 静的 | 最大値 |
| OW-13 | 34.8～30.5 | 1 | 0.00 | 0.00 | — |
| | | | 5.66 | 4.84 | 5.66 |
| | 30.5～23.8 | 2 | 5.66 | 4.84 | 5.66 |
| | | | 15.4 | 13.0 | 15.4 |
| | 23.8～15.3 | 3 | 15.4 | 13.0 | 15.4 |
| | | | 31.1 | 25.8 | 31.1 |
| | 15.3～8.8 | 4 | 31.1 | 25.8 | 31.1 |
| | | | 45.5 | 36.8 | 45.5 |
| | 8.8～1.3 | 5 | 45.5 | 36.8 | 45.5 |
| | | | 64.4 | 51.1 | 64.4 |
| IW-11 | 63.5～51.7 | 6 | 0.00 | 0.00 | — |
| | | | 4.55 | 4.98 | 4.98 |
| | 51.7～42.8 | 7 | 4.55 | 4.98 | 4.98 |
| | | | 11.8 | 11.6 | 11.8 |
| | 42.8～34.8 | 8 | 11.8 | 11.6 | 11.8 |
| | | | 21.6 | 19.5 | 21.6 |
| | 34.8～30.5 | 9 | 21.6 | 19.5 | 21.6 |
| | | | 28.4 | 24.8 | 28.4 |
| | 30.5～23.8 | 10 | 28.4 | 24.8 | 28.4 |
| | | | 44.0 | 36.3 | 44.0 |
| | 23.8～15.3 | 11 | 44.0 | 36.3 | 44.0 |
| | | | 66.8 | 52.9 | 66.8 |
| | 15.3～8.8 | 12 | 66.8 | 52.9 | 66.8 |
| | | | 87.2 | 67.6 | 87.2 |
| | 8.8～1.3 | 13 | 87.2 | 67.6 | 87.2 |
| | | | 112 | 85.3 | 112 |
| DW | 42.8～34.8 | 14 | 0.00 | 0.00 | — |
| | | | 2.94 | 2.42 | 2.94 |
| | 34.8～30.5 | 15 | 2.94 | 2.42 | 2.94 |
| | | | 5.37 | 3.76 | 5.37 |
| | 30.5～23.8 | 16 | 5.37 | 3.76 | 5.37 |
| | | | 10.5 | 7.33 | 10.5 |
| | 23.8～15.3 | 17 | 10.5 | 7.33 | 10.5 |
| | | | 19.4 | 12.9 | 19.4 |
| | 15.3～10.1 | 18 | 19.4 | 12.9 | 19.4 |
| | | | 27.3 | 18.9 | 27.3 |
| | 10.1～1.3 | 19 | 27.3 | 18.9 | 27.3 |
| | | | 43.4 | 30.9 | 43.4 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と
静的地震力のうち大きい値を表示。

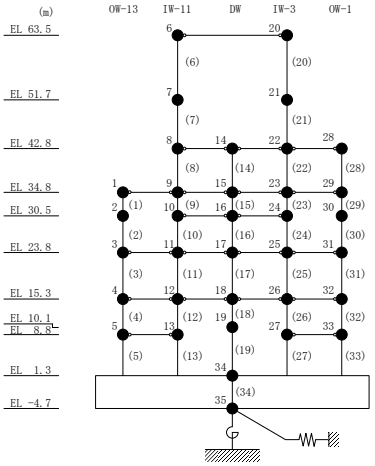


表 4－7(2)　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力による曲げモーメント，ＮＳ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 曲げモーメント ($\times 10^5$ kN･m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sd | 静的 | 最大値 |
| IW-3 | 63.5～51.7 | 20 | 0.00 | 0.00 | — |
| | | | 4.59 | 5.09 | 5.09 |
| | 51.7～42.8 | 21 | 4.59 | 5.09 | 5.09 |
| | | | 12.4 | 12.2 | 12.4 |
| | 42.8～34.8 | 22 | 12.4 | 12.2 | 12.4 |
| | | | 22.1 | 20.1 | 22.1 |
| | 34.8～30.5 | 23 | 22.1 | 20.1 | 22.1 |
| | | | 29.1 | 25.3 | 29.1 |
| | 30.5～23.8 | 24 | 29.1 | 25.3 | 29.1 |
| | | | 44.7 | 36.8 | 44.7 |
| | 23.8～15.3 | 25 | 44.7 | 36.8 | 44.7 |
| | | | 69.1 | 54.4 | 69.1 |
| | 15.3～8.8 | 26 | 69.1 | 54.4 | 69.1 |
| | | | 89.6 | 69.2 | 89.6 |
| | 8.8～1.3 | 27 | 89.6 | 69.2 | 89.6 |
| | | | 114 | 86.8 | 114 |
| OW-1 | 42.8～34.8 | 28 | 0.00 | 0.00 | — |
| | | | 7.27 | 6.16 | 7.27 |
| | 34.8～30.5 | 29 | 7.27 | 6.16 | 7.27 |
| | | | 13.0 | 10.6 | 13.0 |
| | 30.5～23.8 | 30 | 13.0 | 10.6 | 13.0 |
| | | | 22.9 | 18.3 | 22.9 |
| | 23.8～15.3 | 31 | 22.9 | 18.3 | 22.9 |
| | | | 42.2 | 32.7 | 42.2 |
| | 15.3～8.8 | 32 | 42.2 | 32.7 | 42.2 |
| | | | 56.5 | 43.5 | 56.5 |
| | 8.8～1.3 | 33 | 56.5 | 43.5 | 56.5 |
| | | | 75.8 | 57.7 | 75.8 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と
静的地震力のうち大きい値を表示。

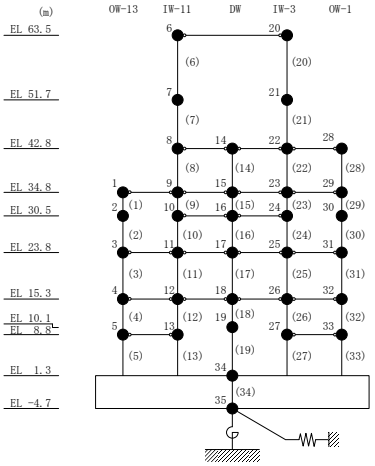


表 4－8(1)　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力による曲げモーメント，ＥＷ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 曲げモーメント ($\times 10^5$ kN･m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sd | 静的 | 最大値 |
| OW-I | 15.3～8.8 | 1 | 0.00<br>14.1 | 0.00<br>11.1 | —<br>14.1 |
| | 8.8～1.3 | 2 | 14.1<br>29.6 | 11.1<br>22.8 | 14.1<br>29.6 |
| IW-H | 63.5～51.7 | 3 | 0.00<br>5.71 | 0.00<br>5.02 | —<br>5.71 |
| | 51.7～42.8 | 4 | 5.71<br>13.3 | 5.02<br>10.9 | 5.71<br>13.3 |
| | 42.8～34.8 | 5 | 14.9<br>25.8 | 12.1<br>19.8 | 14.9<br>25.8 |
| | 34.8～30.5 | 6 | 27.7<br>36.5 | 21.1<br>27.4 | 27.7<br>36.5 |
| | 30.5～23.8 | 7 | 36.5<br>52.2 | 27.4<br>38.8 | 36.5<br>52.2 |
| | 23.8～15.3 | 8 | 52.2<br>84.8 | 38.8<br>63.3 | 52.2<br>84.8 |
| | 15.3～8.8 | 9 | 84.8<br>109 | 63.3<br>81.0 | 84.8<br>109 |
| | 8.8～1.3 | 10 | 109<br>139 | 81.0<br>105 | 109<br>139 |
| DW | 42.8～34.8 | 11 | 2.87<br>2.72 | 1.98<br>1.95 | 2.87<br>2.72 |
| | 34.8～30.5 | 12 | 1.63<br>1.89 | 0.373<br>0.114 | 1.63<br>1.89 |
| | 30.5～23.8 | 13 | 1.89<br>6.23 | 0.114<br>4.56 | 1.89<br>6.23 |
| | 23.8～15.3 | 14 | 6.23<br>15.2 | 4.56<br>10.5 | 6.23<br>15.2 |
| | 15.3～10.1 | 15 | 15.2<br>21.4 | 10.5<br>15.3 | 15.2<br>21.4 |
| | 10.1～1.3 | 16 | 21.4<br>33.9 | 15.3<br>25.2 | 21.4<br>33.9 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と
静的地震力のうち大きい値を表示。

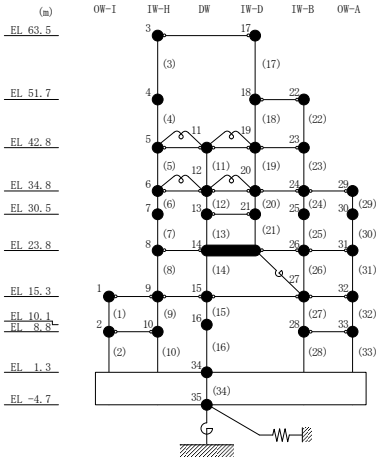


表 4－8(2)　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力による曲げモーメント，ＥＷ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 曲げモーメント ($\times 10^5$ kN･m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sd | 静的 | 最大値 |
| IW-D | 63.5～51.7 | 17 | 0.00<br>4.93 | 0.00<br>4.63 | —<br>4.93 |
| | 51.7～42.8 | 18 | 4.93<br>5.82 | 4.63<br>5.33 | 4.93<br>5.82 |
| | 42.8～34.8 | 19 | 7.06<br>13.8 | 6.20<br>10.9 | 7.06<br>13.8 |
| | 34.8～30.5 | 20 | 15.3<br>18.9 | 12.0<br>14.4 | 15.3<br>18.9 |
| | 30.5～23.8 | 21 | 18.9<br>27.6 | 14.4<br>20.8 | 18.9<br>27.6 |
| IW-B | 51.7～42.8 | 22 | 0.00<br>8.15 | 0.00<br>6.91 | —<br>8.15 |
| | 42.8～34.8 | 23 | 8.15<br>18.0 | 6.91<br>13.9 | 8.15<br>18.0 |
| | 34.8～30.5 | 24 | 18.0<br>27.7 | 13.9<br>20.9 | 18.0<br>27.7 |
| | 30.5～23.8 | 25 | 27.7<br>44.5 | 20.9<br>33.2 | 27.7<br>44.5 |
| | 23.8～15.3 | 26 | 44.5<br>70.3 | 33.2<br>52.8 | 44.5<br>70.3 |
| | 15.3～8.8 | 27 | 97.9<br>116 | 73.6<br>87.2 | 97.9<br>116 |
| | 8.8～1.3 | 28 | 116<br>139 | 87.2<br>105 | 116<br>139 |
| OW-A | 34.8～30.5 | 29 | 0.00<br>5.89 | 0.00<br>4.47 | —<br>5.89 |
| | 30.5～23.8 | 30 | 5.89<br>15.8 | 4.47<br>12.2 | 5.89<br>15.8 |
| | 23.8～15.3 | 31 | 15.8<br>37.2 | 12.2<br>29.5 | 15.8<br>37.2 |
| | 15.3～8.8 | 32 | 37.2<br>51.0 | 29.5<br>39.8 | 37.2<br>51.0 |
| | 8.8～1.3 | 33 | 51.0<br>68.2 | 39.8<br>52.7 | 51.0<br>68.2 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と
静的地震力のうち大きい値を表示。

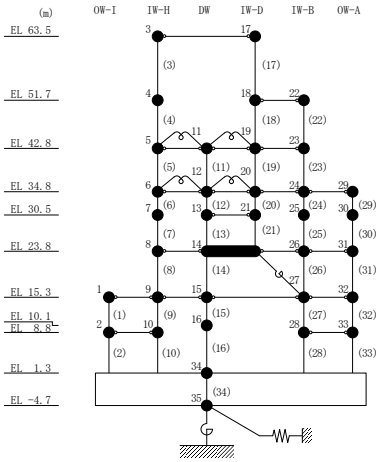
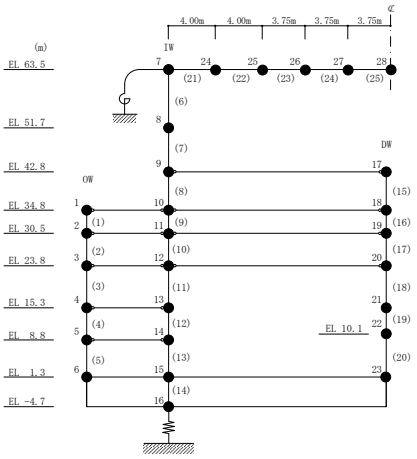


表 4－9　地震荷重

（弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力による鉛直震度）

| EL (m) | 鉛直震度 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Sd | 0.4×Sd | 静的 | 包絡値 |
| 63.5～51.7 | 0.81 | 0.32 | 0.24 | 0.32 |
| 51.7～42.8 | 0.74 | 0.30 | 0.24 | 0.30 |
| 42.8～34.8 | 0.66 | 0.26 | 0.24 | 0.26 |
| 34.8～30.5 | 0.57 | 0.23 | 0.24 | 0.24 |
| 30.5～23.8 | 0.52 | 0.21 | 0.24 | 0.24 |
| 23.8～15.3 | 0.45 | 0.18 | 0.24 | 0.24 |
| 15.3～8.8 | 0.36 | 0.14 | 0.24 | 0.24 |
| 8.8～1.3 | 0.32 | 0.13 | 0.24 | 0.24 |

注：ハッチングは弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。



(b)　地震時土圧

地震時土圧荷重は，「原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（（社）日本電気協会）」に基づき算出し，常時土圧に地震時増分土圧を加えて算定した地震時土圧を設定する。なお，北側はタービン建物，東側は廃棄物処理建物及びタービン建物が隣接しているため，地震時土圧荷重を考慮しない。

(2)　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4－10 に示す。

表 4－10　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｄ地震時 | Ｇ＋Ｐ＋Ｓｄ |

Ｇ　　：固定荷重

Ｐ　　：積載荷重（常時土圧を含む）

Ｓｄ　：地震荷重（地震時土圧荷重を含む）

4.3　許容限界

4.3.1　屋根スラブ，床スラブ及び耐震壁

応力解析による評価における屋根スラブ，床スラブ及び耐震壁の許容限界は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表 4－11 及び表 4－12 のとおり設定する。また，表 4－13 及び表 4－14 にコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を示す。

表 4－11　応力解析による評価における許容限界

（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の屋根スラブ及び床スラブ | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*1 |
| | | 弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力 | 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震壁 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度 |
| 気密性 | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動Ｓｓ | 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の屋根スラブ及び床スラブ | 部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*2 |
| | | 弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的地震力 | 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震壁 | 部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度 |

注記＊1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし，さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

＊2：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし，地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4－12　応力解析による評価における許容限界

（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の屋根スラブ及び床スラブ，原子炉二次遮蔽（床）及び補助遮蔽（原子炉建物）（床） | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*1 |
| 遮蔽性 | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 原子炉二次遮蔽（床）及び補助遮蔽（原子炉建物）（床） | 部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*1 |
| 気密性 | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動Ｓｓ | 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の屋根スラブ及び床スラブ | 部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく短期許容応力度*2 |

注記＊1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし，さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

＊2：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし，地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4－13　コンクリートの短期許容応力度（屋根スラブ及び床スラブ）

（単位：$N/mm^2$）

| 設計基準強度 Fc | 圧縮 | せん断 |
|---|---|---|
| 23.5 | 15.6 | 1.08 |

表 4－14　鉄筋の短期許容応力度（屋根スラブ，床スラブ及び耐震壁）

（単位：$N/mm^2$）

| 種別 | 引張及び圧縮 | せん断 |
|---|---|---|
| SD35（SD345 相当） | 345 | 345 |

4.3.2　屋根トラス

応力解析による評価における屋根トラスの許容限界は，Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表 4－15 及び表 4－16 のとおり設定する。また，表 4－17 に鉄骨の弾性限強度を示す。

表 4－15　応力解析による評価における許容限界

（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| ― | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 主トラス<br>サブトラス<br>水平ブレース<br>サブビーム<br>母屋<br>サブトラス下弦材<br>座屈止め | 部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度* |
| 支持機能 | 屋根スラブを支持する機能を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 主トラス<br>サブトラス<br>水平ブレース<br>サブビーム<br>母屋<br>サブトラス下弦材<br>座屈止め | 部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度* |

注記＊：弾性限強度を上回る場合は，応答による繰返し回数が最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）に対して十分な裕度を有することを確認する。

表 4－16　応力解析による評価における許容限界

（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 主トラス<br>サブトラス<br>水平ブレース<br>サブビーム<br>母屋<br>サブトラス下弦材<br>座屈止め | 部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度* |
| 支持機能 | 屋根スラブを支持する機能を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 主トラス<br>サブトラス<br>水平ブレース<br>サブビーム<br>母屋<br>サブトラス下弦材<br>座屈止め | 部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度* |

注記＊：弾性限強度を上回る場合は，応答による繰返し回数が最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）に対して十分な裕度を有することを確認する。

表 4－17　鉄骨の弾性限強度

（単位：$N/mm^2$）

| 材料 | 板厚 | Ｆ値 | 弾性限強度 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 圧縮及び引張* | 曲げ* | せん断 |
| SS41（SS400 相当）<br>SS400 | t≦40mm | 235 | 258 | 258 | 135 |
| SM50A（SM490A 相当）<br>SN490B | t≦40mm | 325 | 357 | 357 | 187 |

注記＊：「平 12 建告第 2464 号」に基づきＦ値に 1.1 倍の割増しを考慮する。ただし，圧縮及び曲げの弾性限強度に対しては上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

4.4　解析モデル及び諸元

4.4.1　屋根スラブ

(1)　モデル化の基本方針

屋根スラブは，屋根トラスで支持され，厚さが同じでスパンがほぼ均等なスラブが連続しており，その外周がスラブに比べて十分剛性の大きい鉄筋コンクリート造の耐震壁に接合されていることから，屋根スラブの辺長比を考慮して四辺固定版として評価する。

(2)　解析諸元

使用材料の物性値を表 4－18 に示す。

表 4－18　使用材料の物性値

| コンクリートの設計基準強度 Fc（$N/mm^2$） | ヤング係数 E（$N/mm^2$） | ポアソン比 $\nu$ |
|---|---|---|
| 23.5 | $2.25\times10^4$ | 0.2 |

4.4.2　床スラブ

(1)　モデル化の基本方針

床スラブは，床スラブの辺長比及び周囲の境界条件を考慮して，片持ちはり，両端固定はり，三辺固定・一辺自由版又は四辺固定版として評価する。

(2)　解析諸元

使用材料の物性値を表 4－19 に示す。

表 4－19　使用材料の物性値

| コンクリートの設計基準強度 Fc（$N/mm^2$） | ヤング係数 E（$N/mm^2$） | ポアソン比 $\nu$ |
|---|---|---|
| 23.5 | $2.25\times10^4$ | 0.2 |

4.4.3　屋根トラス

(1)　モデル化の基本方針

屋根トラスの評価に用いる応力は，地震応答解析により評価する。屋根トラスの地震応答解析モデルは，燃料取替階（4F，EL　42.8m）より上部の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）の柱，はり，耐震壁及び屋根スラブ並びに鉄骨造の屋根トラスを線材及び面材により立体的にモデル化した 3 次元ＦＥＭモデルとする。

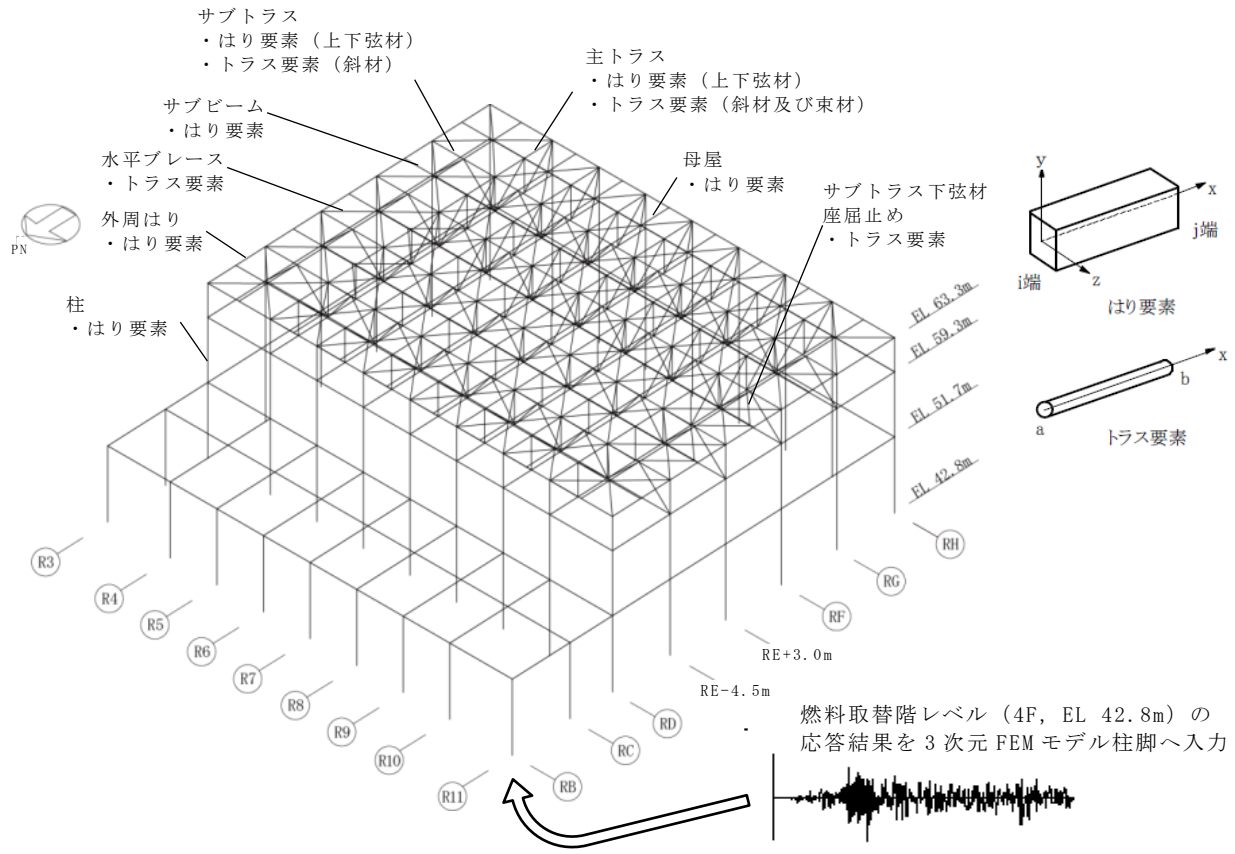
屋根トラスは，主トラス，サブトラス，水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止めをモデル化する。各鉄骨部材は軸，曲げ変形を考慮したはり要素（トラスの上下弦材，サブビーム及び母屋）と軸変形のみを考慮したトラス要素（トラスの斜材，束材，水平ブレース及びサブトラス下弦材座屈止め）としてモデル化し，減衰を剛性比例型減衰として設定する。屋根スラブはシェル要素でモデル化し，面内剛性のみ考慮することとし，屋根トラスの応力評価に対する保守性の観点から，面外剛性については考慮しない。耐震壁及び外周はりは各々シェル要素並びに軸，曲げ変形を考慮したはり要素としてモデル化し，耐震壁の開口部についても考慮する。柱脚の条件は固定とする。また，屋根トラスについては，主トラス及びサブトラスの補強工事の内容を解析モデルに反映している。解析モデルの節点数は 524，要素数は 1440 である。

解析モデルの概要を図 4－68 に，部材リストを表 4－20 に示す。

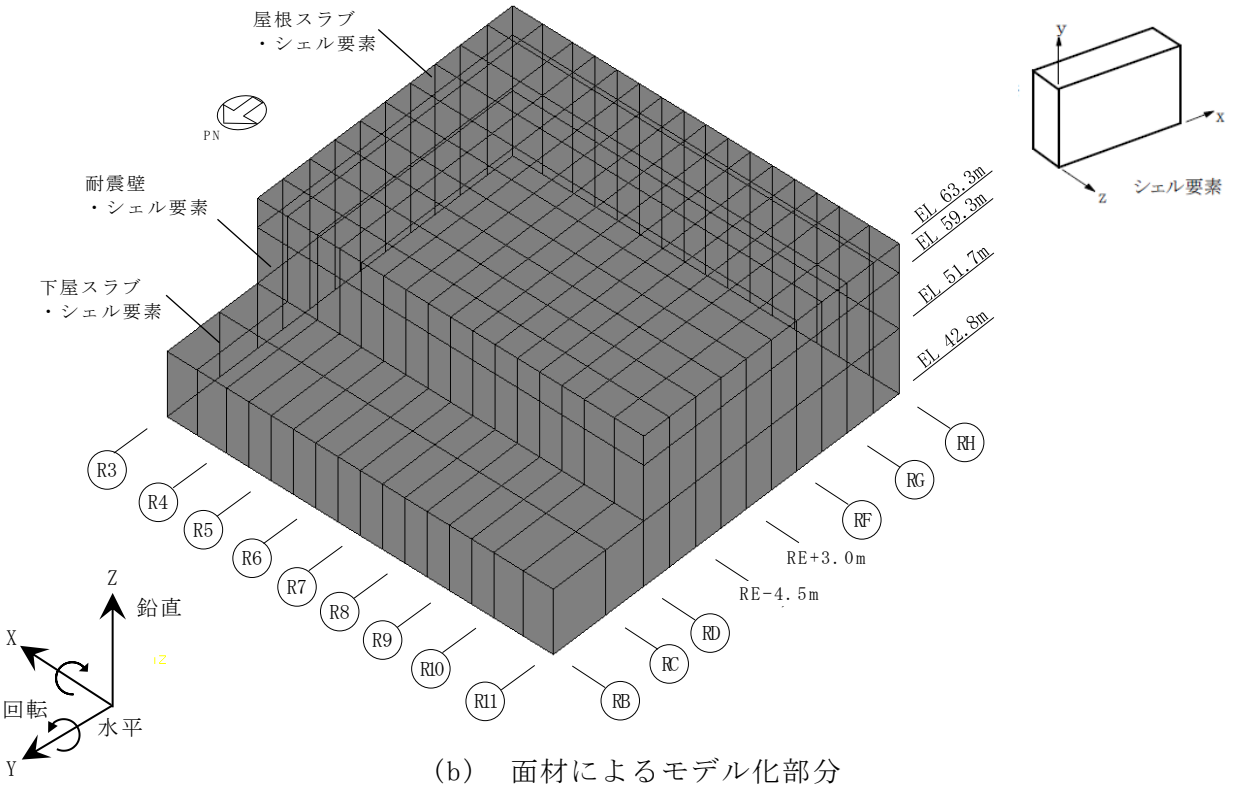
基準地震動Ｓｓに対する評価を実施する際，屋根トラスを構成する部材の一部が弾性範囲を超えることが確認されたため，屋根トラスを構成する部材の一部に対して弾塑性特性として修正若林モデル（引用文献(1)参照）を適用する。修正若林モデルの弾塑性特性を図 4－69 に示す。修正若林モデルは，繰返し載荷による初期座屈以降の耐力低下を累積塑性ひずみの関数で表現し，実験との対応度を向上させた手法である。屋根トラス部材の弾塑性特性について表 4－21 に示す。

解析モデルへの入力は，原子炉建物全体の地震応答解析から得られる燃料取替階レベル（4F，EL　42.8m）の応答結果を用いることとし，燃料取替階位置を固定として水平方向と鉛直方向の同時入力とする。なお，応答スペクトルに基づく地震動であるＳｓ－Ｄ及び震源を特定せず策定する地震動であるＳｓ－Ｎ１については，2 方向（3 成分）（水平 1 方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。一方で，断層モデルに基づく地震動であるＳｓ－Ｆ１及びＳｓ－Ｆ２並びに震源を特定せず策定する地震動であるＳｓ－Ｎ２については，3 方向（5 成分）（水平 2 方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。

解析には，解析コード「ｆａｐｐａｓｅ」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。

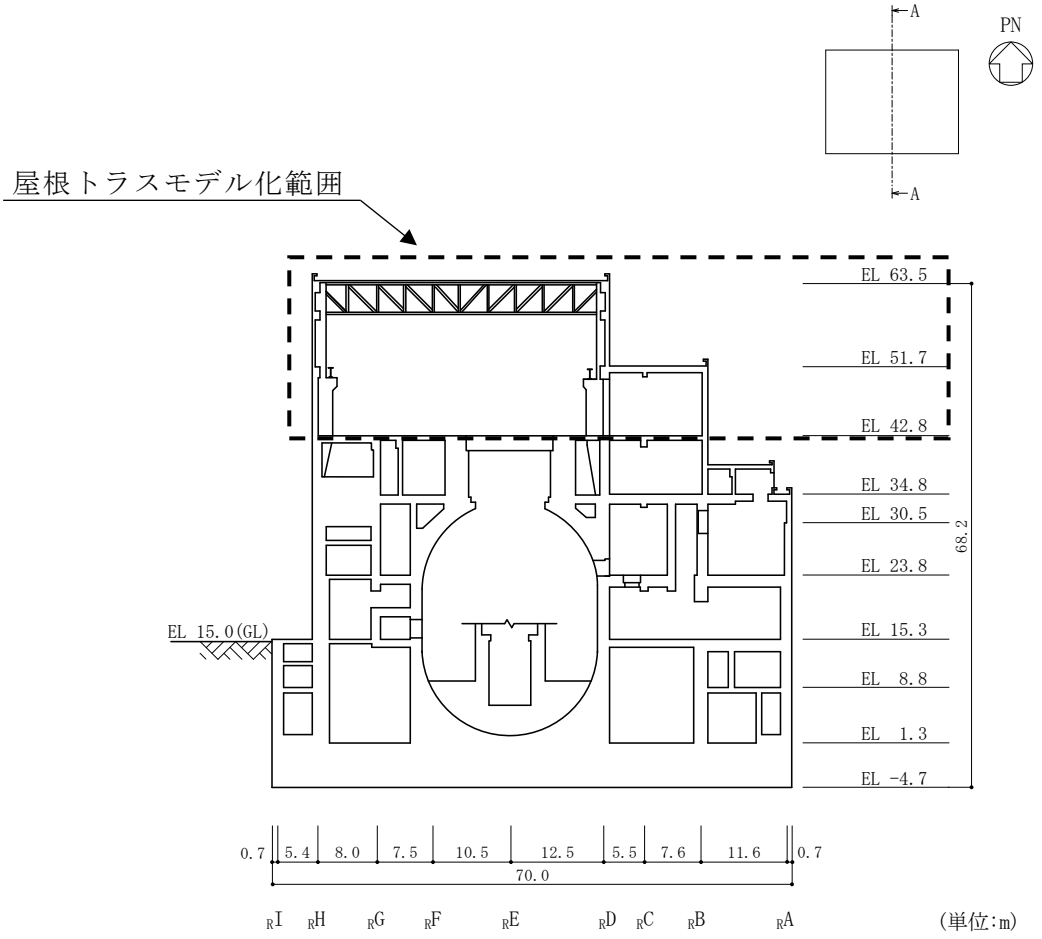



（a） 線材によるモデル化部分




（b） 面材によるモデル化部分

図 4－68(1) 屋根トラス（燃料取替階上部フレーム）の解析モデル図と入力概要




Ａ－Ａ断面

図 4－68(2)　屋根トラス（燃料取替階上部フレーム）の解析モデル図と入力概要

表 4－20　部材リスト

| 部位 | | 使用部材 | 材質 | 断面積 ($\times 10^2 mm^2$) | 断面二次モーメント ($\times 10^4 mm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 主トラス | 上弦材 | H-400×400×13×21 | SM50A (SM490A 相当) | 218.7 | 66600 |
| | 下弦材 | H-400×400×13×21 | SM50A (SM490A 相当) SN490B | 218.7 | 66600 |
| | | BH-400×400×19×35 | | 342.7 | 99230 |
| | | BH-400×400×19×35 +2PLs-16×330* | | 448.3 | 108800 |
| | 斜材 | 2CTs-175×350×12×19 | SS41 (SS400 相当) SS400 | 173.9 | — |
| | | 2CTs-150×300×10×15 | | 119.8 | |
| | | 2CTs-150×300×10×15 +4Ls-90×90×10* | | 187.8 | |
| | | 2CTs-125×250× 9×14 +4Ls-90×90×10* | | 160.2 | |
| | 束材 | 2CTs-175×350×12×19 | SS41 (SS400 相当) | 173.9 | — |
| | | 2CTs-150×300×10×15 | | 119.8 | |
| | | 2CTs-125×250× 9×14 | | 92.20 | |
| サブトラス | 上弦材 下弦材 | H-390×300×10×16 | SS41 (SS400 相当) | 136.0 | 38700 |
| | 斜材 | 2CTs-125×250×9×14 | SS41 (SS400 相当) SS400 | 92.20 | — |
| | | 2CTs-125×250×9×14 +4Ls-65×65×6* | | 122.3 | |
| 水平ブレース | | H-400×408×21×21 | SS41 (SS400 相当) | 250.7 | — |
| | | H-400×400×13×21 | | 218.7 | |
| | | H-394×398×11×18 | | 186.8 | |
| サブビーム | | H-400×400×13×21 | SS41 (SS400 相当) | 218.7 | 66600 |
| | | H-390×300×10×16 | | 136.0 | 38700 |
| 母屋 | | H-244×175× 7×11 | SS41 (SS400 相当) | 56.24 | 6120 |
| | | H-294×200× 8×12 | | 72.38 | 11300 |
| サブトラス下弦材座屈止め | | 2[s-150×75×9×12.5* | SS400 | 61.20 | — |

注記＊：補強工事で追加した部材

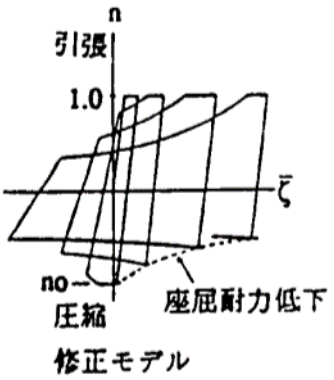



図 4－69　修正若林モデルの弾塑性特性

表 4－21　屋根トラス部材の弾塑性特性について

| 部位 | | モデル要素 | 弾塑性特性 |
|---|---|---|---|
| 主トラス | 上弦材 | はり要素 | 考慮しない（弾性） |
| | 下弦材 | | |
| | 斜材 | トラス要素 | 弾塑性(修正若林モデル) |
| | 束材 | | |
| サブトラス | 上弦材 | はり要素 | 考慮しない（弾性） |
| | 下弦材 | | |
| | 斜材 | トラス要素 | 弾塑性(修正若林モデル) |
| 水平ブレース | | トラス要素 | 弾塑性(修正若林モデル) |
| サブビーム | | はり要素 | 考慮しない（弾性） |
| 母屋 | | はり要素 | 考慮しない（弾性） |
| サブトラス下弦材<br>座屈止め | | トラス要素 | 弾塑性(修正若林モデル) |

(2)　解析諸元

使用材料の物性値を表 4－22 に示す。

表 4－22　使用材料の物性値

| 使用材料 | ヤング係数<br>E (N/mm$^2$) | せん断弾性係数<br>G (N/mm$^2$) | 減衰定数<br>h (%) |
|---|---|---|---|
| 鉄筋<br>コンクリート | $2.25\times10^4$ | $9.38\times10^3$ | 5 |
| 鉄骨 | $2.05\times10^5$ | $7.90\times10^4$ | 2 |

4.4.4　耐震壁

(1)　モデル化の基本方針

耐震壁の応力は，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき評価する。

地震時土圧に対する地下外壁の応力解析は，図 4－70 に示すように，基礎スラブ上端で固定，各床位置をピン支承とする一方向版として行う。

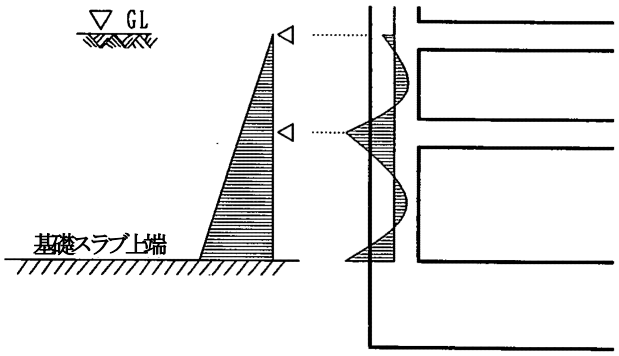



図 4－70　地下外壁の応力解析モデル

(2)　解析諸元

使用材料の物性値を表 4－23 に示す。

表 4－23　使用材料の物性値

| コンクリートの設計基準強度 Fc (N/mm$^2$) | ヤング係数 E (N/mm$^2$) | ポアソン比 $\nu$ |
|---|---|---|
| 23.5 | $2.25\times10^4$ | 0.2 |

4.5　応力評価方法

4.5.1　屋根スラブ

(1)　荷重ケース

Ｓｓ地震時の応力は，単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は，質点系モデルにより得られた屋根面の加速度のうち，最大の加速度を採用する。なお，対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから，共振は考慮しない。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 4－24 に示す。

Ｇ　　：固定荷重

Ｐ　　：積載荷重

ＳＮＬ　：積雪荷重

$Ｓｓ_{UD}$　：Ｓｓ地震荷重（鉛直方向）

表 4－24　最大応答鉛直加速度及び鉛直震度

| EL (m) | 階 | ケース | 最大応答鉛直加速度 ($cm/s^2$) | 鉛直震度 |
|---|---|---|---|---|
| 63.5 | RF | Ｓｓ－Ｄ (ケース 2) | 4287 | 4.38 |

(2)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4－25 に示す。

鉛直地震力は，固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4－25　荷重の組合せケース（屋根スラブ）

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | $Ｇ＋Ｐ＋ＳＮＬ＋1.0Ｓｓ_{UD}$ |

(3)　応力算出方法

等分布荷重を受ける四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

・短辺方向の端部曲げモーメント（$M_{X1}$）

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot {l_X}^2$$

・短辺方向の中央部曲げモーメント（$M_{X2}$）

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot {l_X}^2$$

・短辺方向のせん断力（$Q_X$）

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

・長辺方向の端部曲げモーメント（$M_{Y1}$）

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot {l_X}^2$$

・長辺方向の中央部曲げモーメント（$M_{Y2}$）

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot {l_X}^2$$

・長辺方向のせん断力（$Q_Y$）

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで，

$l_X$　：短辺有効スパン（m）

$l_Y$　：長辺有効スパン（m）

w　：等分布荷重（$kN/m^2$）

$$w_X = \frac{{l_Y}^4}{{l_X}^4 + {l_Y}^4} \cdot w$$

4.5.2　床スラブ

(1)　荷重ケース

Ｓｓ地震時の応力は，単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は，Ⅵ-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」による。なお，対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから，共振は考慮しない。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 4－26 に示す。

Ｇ　　：固定荷重

Ｐ　　：積載荷重

ＳＮＬ　：積雪荷重

$Ss_{UD}$　：Ｓｓ地震荷重（鉛直方向）

表 4－26　最大応答鉛直加速度及び鉛直震度

| EL (m) | 階 | ケース | 最大応答鉛直加速度 ($cm/s^2$) | 鉛直震度 |
|---|---|---|---|---|
| 51.7 | CRF | Ｓｓ－Ｎ２ (ケース 2) | 1444 | 1.48 |
| 42.8 | 4F | Ｓｓ－Ｎ２ (ケース 2) | 1291 | 1.32 |
| 34.8 | 3F | Ｓｓ－Ｎ２ (ケース 2) | 1075 | 1.10 |
| 30.5 | M3F | Ｓｓ－Ｎ２ (ケース 2) | 959 | 0.98 |
| 23.8 | 2F | Ｓｓ－Ｎ２ (ケース 2) | 826 | 0.85 |
| 15.3 | 1F | Ｓｓ－Ｄ (ケース 1) | 695 | 0.71 |
| 8.8 | B1F | Ｓｓ－Ｄ (ケース 1) | 627 | 0.64 |

(2)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4－27 に示す。

鉛直地震力は，固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4－27　荷重の組合せケース（床スラブ）

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓｓ地震時 | Ｇ＋Ｐ＋ＳＮＬ＊＋1.0Ｓｓ$_{UD}$ |

注記＊：積雪荷重（ＳＮＬ）は，積雪荷重が作用する屋外に面する床スラブに対して考慮する。

(3)　応力算出方法

等分布荷重を受ける片持ちはり，両端固定はり及び四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。また，等分布荷重を受ける三辺固定・一辺自由版の曲げモーメント及びせん断力は，計算図表（引用文献(2)参照）を用いて求める。

（片持ちはり）

・端部曲げモーメント（$M_E$）

$$M_E = -\frac{1}{2} \cdot w \cdot l^2$$

・端部せん断力（$Q_E$）

$$Q_E = w \cdot l$$

（両端固定はり）

・端部曲げモーメント（$M_E$）

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

・中央部曲げモーメント（$M_C$）

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

・端部せん断力（$Q_E$）

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで，

$l$　：有効スパン（m）

$w$　：等分布荷重（kN/m）

（四辺固定版）

・短辺方向の端部曲げモーメント（$M_{X1}$）

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

・短辺方向の中央部曲げモーメント（$M_{X2}$）

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

・短辺方向のせん断力（$Q_X$）

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

・長辺方向の端部曲げモーメント（$M_{Y1}$）

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

・長辺方向の中央部曲げモーメント（$M_{Y2}$）

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

・長辺方向のせん断力（$Q_Y$）

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで，

$l_X$　：短辺有効スパン（m）

$l_Y$　：長辺有効スパン（m）

$w$　：等分布荷重（kN/m$^2$）

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

4.5.3　屋根トラス

屋根トラスについては，3 次元ＦＥＭモデルを用いた地震応答解析により得られた各部材の応力を評価する。

(1)　荷重ケース

Ｓｓ地震時の応力は，次の荷重を 3 次元ＦＥＭモデルに入力して求める。

荷重の記号を以下に示す。

Ｇ　　：固定荷重

Ｐ　　：積載荷重

ＳＮＬ　：積雪荷重*

Ｓｓ　　：Ｓｓ地震荷重（燃料取替階レベルのＳｓ地震時の水平及び鉛直方向の時刻歴応答加速度）

注記＊：材料物性の不確かさ等を考慮する解析ケースのうち，積雪荷重との組合せを考慮するケース 4 において，積雪荷重（ＳＮＬ）を考慮する。

(2)　荷重の組合せケース

水平地震荷重と鉛直地震荷重は，加速度時刻歴波形を同時に入力して組み合わせる。

(3)　荷重の入力方法

屋根面の固定荷重及び積雪荷重は節点に集中荷重として，天井クレーンは待機位置（$_{R}$3～$_{R}$4 通り間）にあるものとし，その重量は対応する節点に集中荷重として入力する。

地震荷重は，図 4－12～図 4－59 に示した加速度時刻歴波形を 3 次元ＦＥＭモデルの脚部に入力する。

4.5.4　耐震壁

(1)　地震時面内せん断応力度

地震荷重に対する耐震壁の面内せん断力に対して，耐震壁の有効せん断断面積により面内せん断応力度を評価する。

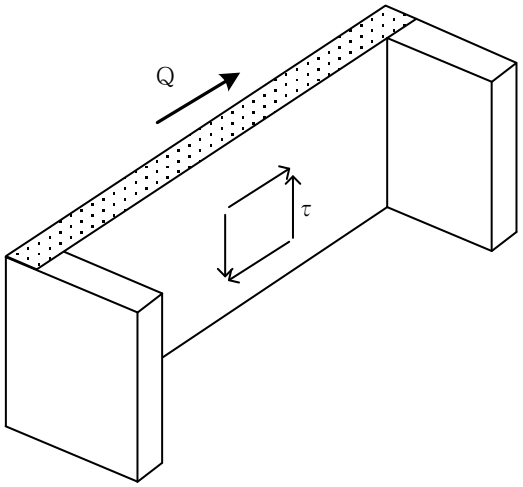
$$\tau = \frac{Q}{A_S}$$

ここで，

$\tau$　　：面内せん断応力度（N/mm$^2$）

Q　　：面内せん断力（N）

Ａｓ　　：有効せん断断面積（mm$^2$）



(2) 地震時曲げモーメント及び軸力

a. 鉄筋比により評価する場合

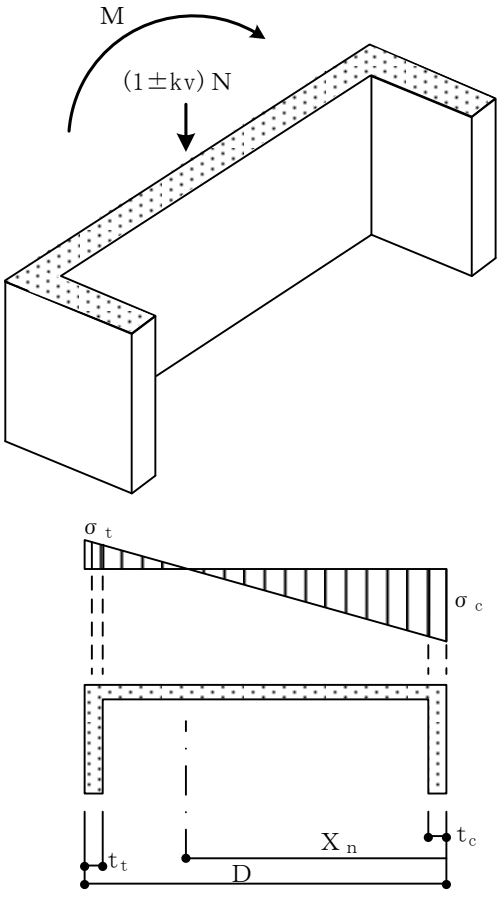
地震時曲げモーメント及び軸力に対して，耐震壁の有効断面二次モーメントにより軸方向応力度を評価する。なお，鉛直荷重に対しては，鉛直震度を考慮する。

$$\sigma_c = (1+k_v)\ \sigma_o + \frac{M}{I}(X_n - t_c) \times 10^{-3} \quad \text{（ウェブ）}$$

$$= (1+k_v)\ \sigma_o + \frac{M}{I} X_n \times 10^{-3} \quad \text{（フランジ）}$$

$$\sigma_t = (1-k_v)\ \sigma_o - \frac{M}{I}(D - X_n - t_t) \times 10^{-3} \quad \text{（ウェブ）}$$

$$= (1-k_v)\ \sigma_o - \frac{M}{I}\left(D - X_n - \frac{t_t}{2}\right) \times 10^{-3} \quad \text{（フランジ）}$$




ここで，

$\sigma_c$ ：軸方向最大圧縮応力度（N/mm²）

$\sigma_t$ ：軸方向最大引張応力度（N/mm²）

$\sigma_o$ ：鉛直荷重による平均軸圧縮応力度（N/mm²）

M ：地震時曲げモーメント（kN・m）

N ：長期軸力（kN）

$k_v$ ：鉛直震度

I ：耐震壁の断面二次モーメント(m⁴)

$X_n$ ：曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離（m）

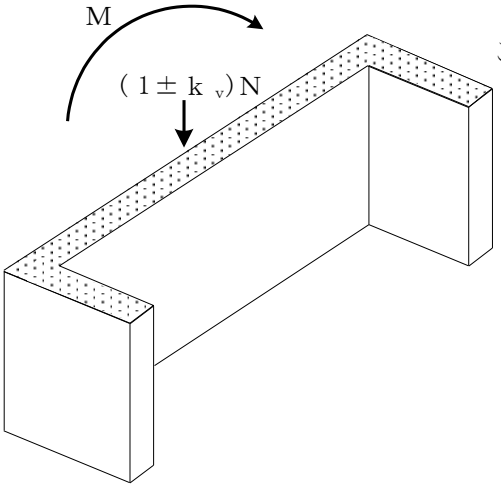
D ：曲げ材のせい(m)

$t_c$ ：圧縮側フランジ部分の厚さ(m)

$t_t$ ：引張側フランジ部分の厚さ(m)

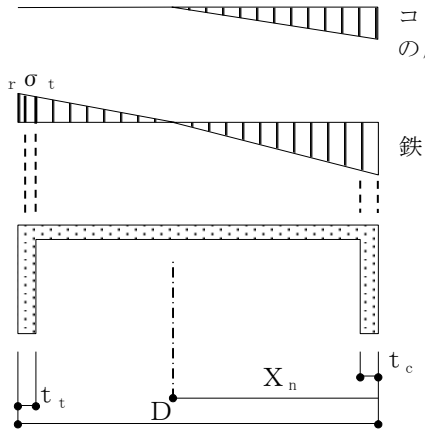
b.　応力度により評価する場合

鉄筋比により健全性が確認できなかった場合，「ＲＣ－Ｎ規準 14 条　柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて地震時曲げモーメント及び軸力に対する耐震壁の鉄筋の応力度を評価する。なお，鉛直荷重に対しては，鉛直震度を考慮する。




ここで，

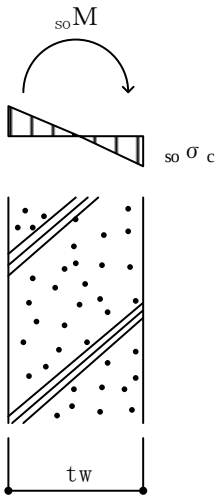
| | | |
|---|---|---|
| $_r\sigma_t$ | ： | 曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度(N/mm$^2$) |
| M | ： | 地震時曲げモーメント(kN・m) |
| N | ： | 長期軸力(kN) |
| $k_v$ | ： | 鉛直震度 |
| $X_n$ | ： | 曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離(m) |
| D | ： | 曲げ材のせい(m) |
| $t_c$ | ： | 圧縮側フランジ部分の厚さ(m) |
| $t_t$ | ： | 引張側フランジ部分の厚さ(m) |



(3)　地震時土圧による面外応力度

耐震壁で地震時土圧による面外曲げモーメントの生じる部分については，下式によりそれぞれコンクリートの最大圧縮応力度及び鉄筋の最大引張応力度を評価する。

$$ {}_{so}\sigma_c = \frac{{}_{so}M}{Z} $$




ここで，

$ {}_{so}\sigma_c $ ：コンクリートの最大圧縮応力度(N/mm²)

$ {}_{so}M $ ：土圧による面外曲げモーメント(kN・m)

$ Z $ ：単位幅あたりの壁の面外断面係数(m³)

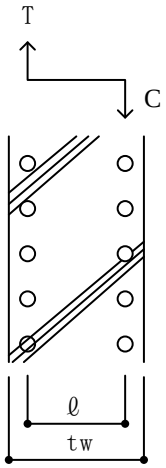
$ \left( = \frac{b \cdot t_w^{\,2}}{6} \right) $

$ b $ ：単位幅(m)

$ t_w $ ：壁の厚さ(m)

$$ a_t = \frac{{}_{so}M}{f_t \cdot \ell} $$

$$ P_{so} = \frac{2}{b} \cdot \frac{a_t}{t_w} $$




ここで，

$ a_t $ ：片側必要鉄筋断面積(m²)

$ \ell $ ：鉄筋の重心間距離(m)

$ f_t $ ：鉄筋の許容引張応力度(N/mm²)

$ b $ ：耐震壁の幅(m)

$ P_{so} $ ：土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比

## 4.6　断面の評価方法

### 4.6.1　屋根スラブ

断面の評価は以下の方法で行う。

屋根スラブについては，曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し，各許容限界を超えないことを確認する。

(1)　曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が，許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで，

$\sigma_t$　：鉄筋の引張応力度（N/mm$^2$）

M　：曲げモーメント（N･mm）

$a_t$　：引張鉄筋断面積（mm$^2$）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

(2)　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，評価対象部位に生じる面外せん断力が，次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_wf_t \cdot (p_w - 0.002)\}$$

ここで，

$Q_A$　：許容面外せん断力（N）

b　：断面の幅（mm）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

$\alpha$　：許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d)+1}$$

M　：曲げモーメント（N･mm）

Q　：せん断力（N）

d　：断面の有効せい（mm）

$f_s$　：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 4－13 に示す値

（N/mm$^2$）

$_wf_t$　：せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 4－14 に示す値
（N/mm$^2$）

$p_w$　：せん断補強筋比で，次式による。（0.002 以上とする。*）

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$　：せん断補強筋の断面積（mm$^2$）

$x$　：せん断補強筋の間隔（mm）

注記＊：せん断補強筋がない領域については，第 2 項を 0 とする。
（なお，屋根スラブには，面外せん断補強筋は入っていない。）

4.6.2　床スラブ

床スラブの評価対象箇所は，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の床スラブとし，断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し，各許容限界を超えないことを確認する。

(1)　曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が，許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで，

$\sigma_t$　：鉄筋の引張応力度（N/mm$^2$）

M　：曲げモーメント（N･mm）

$a_t$　：引張鉄筋断面積（mm$^2$）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

(2)　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，評価対象部位に生じる面外せん断力が，次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_wf_t \cdot (p_w - 0.002)\}$$

ここで，

$Q_A$　：許容面外せん断力（N）

b　：断面の幅（mm）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

$\alpha$　：許容せん断力の割り増し係数

（2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。）

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M　：曲げモーメント（N･mm）

Q　：せん断力（N）

d　：断面の有効せい（mm）

$f_s$　：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 4－13 に示す値（$N/mm^2$）

${}_wf_t$　：せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 4－14 に示す値（$N/mm^2$）

$p_w$　：せん断補強筋比で，次式による。（0.002 以上とする。*）

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$　：せん断補強筋の断面積（$mm^2$）

$x$　：せん断補強筋の間隔（mm）

注記＊：せん断補強筋がない領域については，第 2 項を 0 とする。
（なお，床スラブには，面外せん断補強筋は入っていない。）

4.6.3　屋根トラス

断面の評価は以下の方法で行う。

3 次元ＦＥＭモデルの時刻歴地震応答解析により各部材に生じる応力が許容限界を超えないこと及び塑性化部材では破断しないことを確認する。

(1)　主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止め

地震時に生じる軸力及び曲げモーメントに対する断面検定について，下式を用いて行う。ただし，主トラスの斜材，束材，水平ブレース及びサブトラス下弦材座屈止めは軸応力度のみ評価する。なお，主トラス上下弦材の弱軸周りの曲げモーメントはサブトラスが直交方向の変形を拘束しているため考慮しない。

（圧縮）

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1.0$$

ここで，$\sigma_c$　：地震時における部材の軸応力度

$\sigma_b$　：地震時における部材の曲げ応力度

$f_c$　：圧縮応力度に対する許容値*

$f_b$　：曲げ応力度に対する許容値*

（引張）

$$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1.0$$

ここで，$\sigma_t$　：地震時における部材の軸応力度

$\sigma_b$　：地震時における部材の曲げ応力度

$f_t$　：引張応力度に対する許容値*

$f_b$　：曲げ応力度に対する許容値*

注記＊：「平 12 建告第 2464 号」に基づく鋼材の材料強度（Ｆ値の 1.1 倍）による。

(2)　サブトラス（斜材）

各部材の累積塑性変形倍率を整理した上で，累積塑性変形倍率が最も大きい部材について評価する。当該部材の軸ひずみの時刻歴を参照し，座屈及び降伏の繰返し回数が，当該部材の最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）と比較し，十分な裕度を有していることを確認する。

### 4.6.4　耐震壁

耐震壁の断面評価の評価フローを図 4－71 に示す。

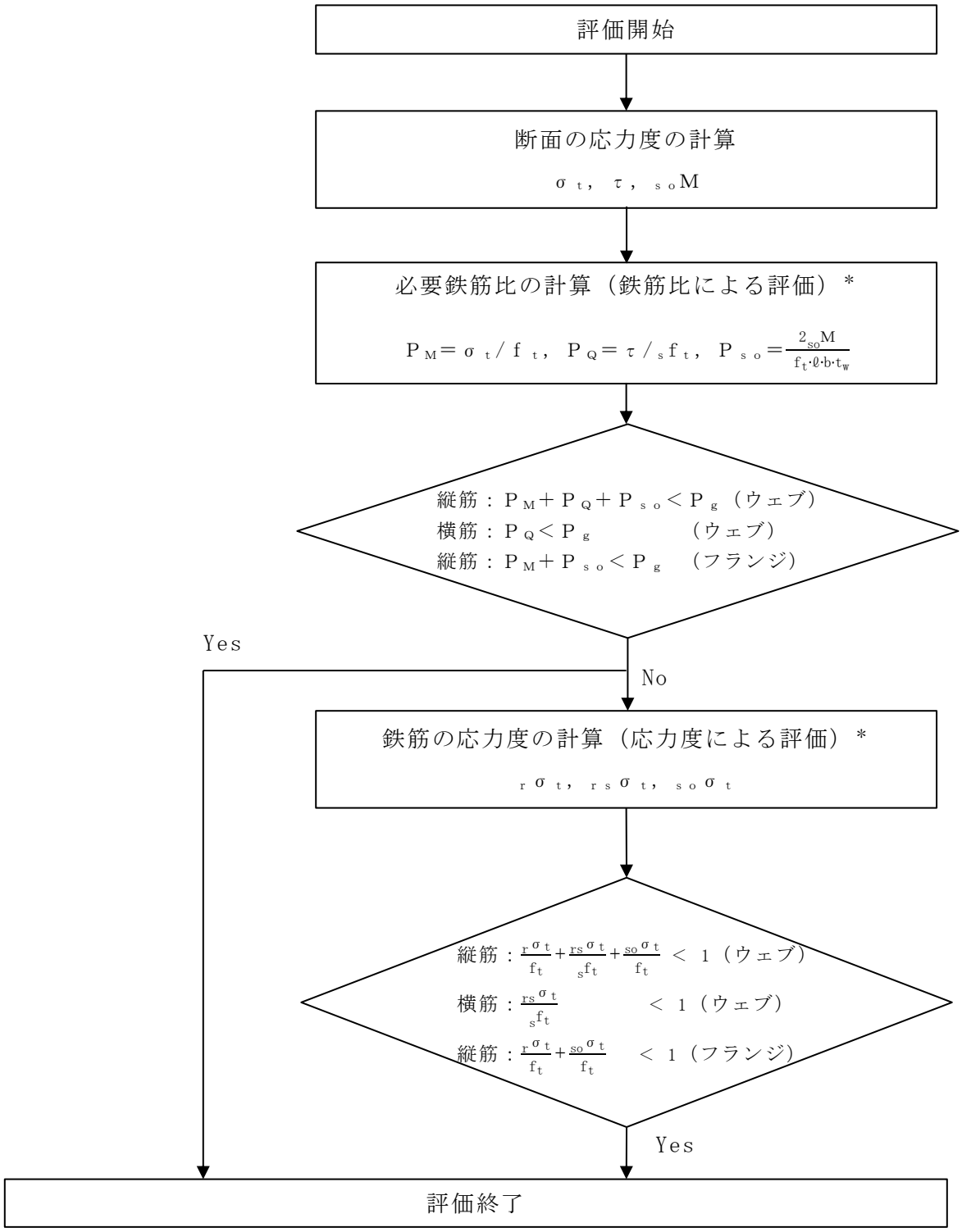
ここで，図中の記号は以下による。

| | |
|---|---|
| $\sigma_t$ | ：軸方向最大引張応力度 |
| $\tau$ | ：面内せん断応力度 |
| ${}_{so}\sigma_t$ | ：土圧による鉄筋の最大引張応力度 |
| $f_t$ | ：鉄筋の許容引張応力度 |
| ${}_{s}f_t$ | ：鉄筋のせん断補強用許容引張応力度 |
| $P_g$ | ：設計鉄筋比 |
| $P_Q$ | ：面内せん断力による必要鉄筋比 |
| $P_{so}$ | ：土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比 |
| $P_M$ | ：曲げモーメント及び軸力による必要鉄筋比 |
| ${}_{so}M$ | ：土圧による面外曲げモーメント |
| ${}_{r}\sigma_t$ | ：曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度 |
| ${}_{rs}\sigma_t$ | ：面内せん断力による鉄筋の最大引張応力度 |
| $b$ | ：耐震壁の幅 |
| $t_w$ | ：耐震壁の厚さ |
| $\ell$ | ：鉄筋の重心間距離 |

耐震壁の断面評価は，「4.5　応力評価方法」に示す方法により地震時面内せん断応力度，地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに土圧による面外応力度によってそれぞれ計算される必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を超えないことを確認する。

必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を上回る場合には，地震時曲げモーメント及び軸力に対して，「ＲＣ－Ｎ規準 14 条　柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて鉄筋の応力度を算定し，地震時面内せん断応力度及び地震時土圧による面外応力度を組み合わせた応力度が鉄筋の許容応力度を超えないことを確認する。

各部の評価において考慮する応力度は次のとおりとする。ウェブの評価においては，地震時面内せん断応力度，地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに常時土圧による面外応力度を考慮するものとする。フランジにおいては，地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに地震時土圧による面外応力度を考慮するものとする。なお，フランジのうちウェブと交差する箇所は，地震時面内せん断応力度も考慮するものとする。




注記＊：「4.5.4　耐震壁」による。

図 4－71　耐震壁の評価フロー

5.　地震応答解析による評価結果

5.1　耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について，Ｓｓ地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界（$2.0\times10^{-3}$）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは $0.77\times10^{-3}$（ＮＳ方向，Ｓｓ－Ｎ１，ケース 3，要素番号 18）であり，許容限界（$2.0\times10^{-3}$）を超えないことを確認した。各要素の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5－1 に示す。各表において，各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について，せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5－1 に示す。

表 5－1(1)　最大応答せん断ひずみ一覧（ＮＳ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$) | 許容限界 ($\times 10^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|
| OW-13 | 34.8～30.5 | 1 | 0.30 | 2.0 |
| | 30.5～23.8 | 2 | 0.37 | |
| | 23.8～15.3 | 3 | 0.38 | |
| | 15.3～8.8 | 4 | 0.43 | |
| | 8.8～1.3 | 5 | 0.52 | |
| IW-11 | 63.5～51.7 | 6 | 0.39 | |
| | 51.7～42.8 | 7 | 0.41 | |
| | 42.8～34.8 | 8 | 0.35 | |
| | 34.8～30.5 | 9 | 0.33 | |
| | 30.5～23.8 | 10 | 0.33 | |
| | 23.8～15.3 | 11 | 0.38 | |
| | 15.3～8.8 | 12 | 0.43 | |
| | 8.8～1.3 | 13 | 0.52 | |
| DW | 42.8～34.8 | 14 | 0.12 | |
| | 34.8～30.5 | 15 | 0.16 | |
| | 30.5～23.8 | 16 | 0.16 | |
| | 23.8～15.3 | 17 | 0.24 | |
| | 15.3～10.1 | 18 | 0.77 | |
| | 10.1～1.3 | 19 | 0.22 | |
| IW-3 | 63.5～51.7 | 20 | 0.33 | |
| | 51.7～42.8 | 21 | 0.48 | |
| | 42.8～34.8 | 22 | 0.35 | |
| | 34.8～30.5 | 23 | 0.33 | |
| | 30.5～23.8 | 24 | 0.33 | |
| | 23.8～15.3 | 25 | 0.38 | |
| | 15.3～8.8 | 26 | 0.42 | |
| | 8.8～1.3 | 27 | 0.53 | |
| OW-1 | 42.8～34.8 | 28 | 0.35 | |
| | 34.8～30.5 | 29 | 0.28 | |
| | 30.5～23.8 | 30 | 0.35 | |
| | 23.8～15.3 | 31 | 0.37 | |
| | 15.3～8.8 | 32 | 0.42 | |
| | 8.8～1.3 | 33 | 0.52 | |

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

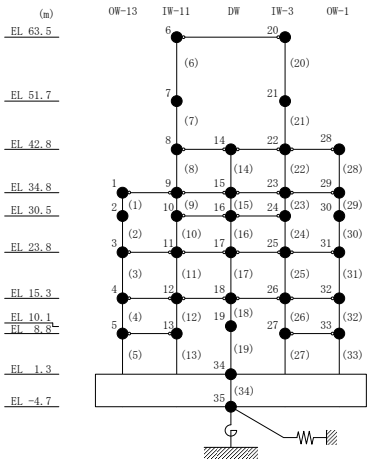
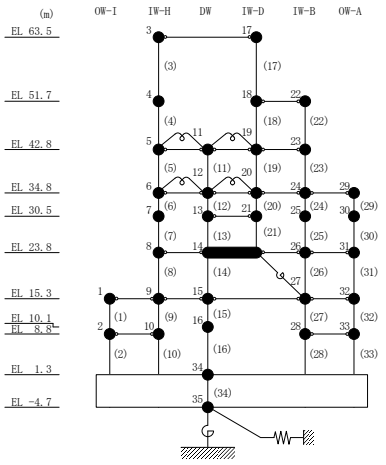
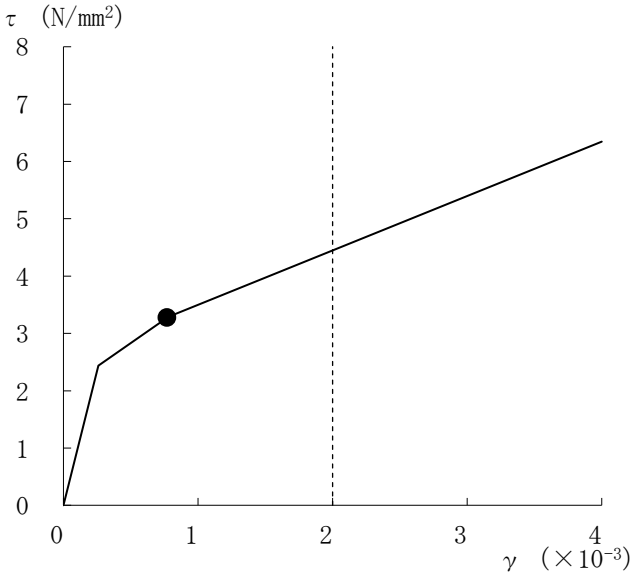


表５－1(2)　最大応答せん断ひずみ一覧（ＥＷ方向）

| 部位 | EL (m) | 要素番号 | 最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$) | 許容限界 ($\times 10^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|
| OW-I | 15.3～8.8 | 1 | 0.32 | 2.0 |
| | 8.8～1.3 | 2 | 0.23 | |
| IW-H | 63.5～51.7 | 3 | 0.31 | |
| | 51.7～42.8 | 4 | 0.37 | |
| | 42.8～34.8 | 5 | 0.19 | |
| | 34.8～30.5 | 6 | 0.18 | |
| | 30.5～23.8 | 7 | 0.40 | |
| | 23.8～15.3 | 8 | 0.50 | |
| | 15.3～8.8 | 9 | 0.31 | |
| | 8.8～1.3 | 10 | 0.22 | |
| DW | 42.8～34.8 | 11 | 0.09 | |
| | 34.8～30.5 | 12 | 0.07 | |
| | 30.5～23.8 | 13 | 0.27 | |
| | 23.8～15.3 | 14 | 0.37 | |
| | 15.3～10.1 | 15 | 0.29 | |
| | 10.1～1.3 | 16 | 0.16 | |
| IW-D | 63.5～51.7 | 17 | 0.24 | |
| | 42.8～34.8 | 19 | 0.17 | |
| | 34.8～30.5 | 20 | 0.18 | |
| | 30.5～23.8 | 21 | 0.40 | |
| IW-B | 51.7～42.8 | 22 | 0.48 | |
| | 42.8～34.8 | 23 | 0.21 | |
| | 34.8～30.5 | 24 | 0.26 | |
| | 30.5～23.8 | 25 | 0.37 | |
| | 23.8～15.3 | 26 | 0.50 | |
| | 15.3～8.8 | 27 | 0.22 | |
| | 8.8～1.3 | 28 | 0.30 | |
| OW-A | 34.8～30.5 | 29 | 0.32 | |
| | 30.5～23.8 | 30 | 0.33 | |
| | 23.8～15.3 | 31 | 0.50 | |
| | 15.3～8.8 | 32 | 0.22 | |
| | 8.8～1.3 | 33 | 0.30 | |

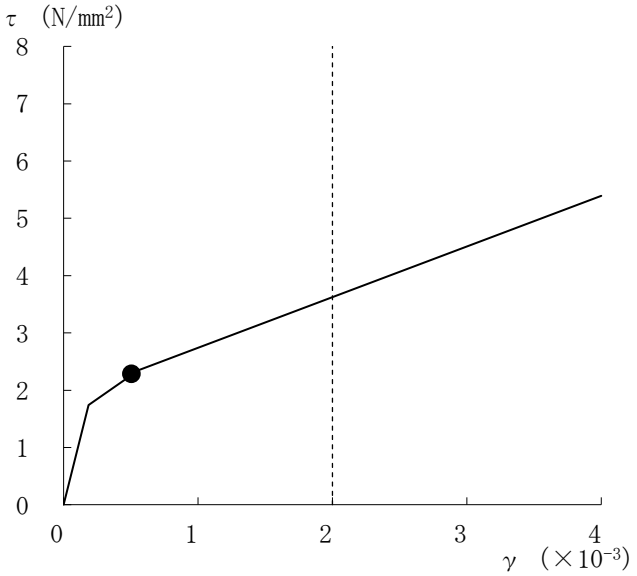
注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。






（a） ＮＳ方向（Ｓｓ－Ｎ１，ケース 3，要素番号 18）






（b） ＥＷ方向（Ｓｓ－Ｄ，ケース 2，要素番号 31）

図 5－1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ

6.　応力解析による評価結果

6.1　屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価結果を表 6－1 に示す。

屋根スラブについては，Ｓｓ地震時において，曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 6－1(1)　評価結果（屋根スラブ）（評価対象箇所①）

| 方向 | | 短辺（ＥＷ）方向 | 長辺（ＮＳ）方向 |
|---|---|---|---|
| EL（m） | | 63.5 | |
| 厚さｔ（mm） | | | |
| 有効せいｄ（mm） | | | |
| 配　筋<br>（鉄筋断面積） | 上ば筋 | D13@200<br>(635 $mm^2$/m) | D13@200<br>(635 $mm^2$/m) |
| | 下ば筋 | D13@200<br>(635 $mm^2$/m) | D13@200<br>(635 $mm^2$/m) |
| 曲げモーメント | 発生曲げモーメント<br>M（kN・m/m） | 19.5 | 13.7 |
| | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$（N/$mm^2$） | 292 | 274 |
| | 許容限界<br>(N/$mm^2$) | 345 | 345 |
| | 検定値 | 0.85 | 0.80 |
| 面外せん断力 | 発生せん断力<br>Q（kN/m） | 57.2 | 50.6 |
| | せん断スパン比による<br>割増し係数　$\alpha$ | 1.04 | 1.00 |
| | 許容限界<br>(kN/m) | 117.9 | 85.1 |
| | 検定値 | 0.49 | 0.60 |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－1(2)　評価結果（屋根スラブ）（評価対象箇所②）

| 方向 | | 短辺（ＮＳ）方向 | 長辺（ＥＷ）方向 |
|---|---|---|---|
| EL（m） | | 63.5 | |
| 厚さｔ（mm） | | [redacted] | |
| 有効せいｄ（mm） | | [redacted] | [redacted] |
| 配　筋<br>（鉄筋断面積） | 上ば筋 | D13@100<br>(1270 $mm^2$/m) | D13@100<br>(1270 $mm^2$/m) |
| | 下ば筋 | D13@100<br>(1270 $mm^2$/m) | D13@100<br>(1270 $mm^2$/m) |
| 曲げモーメント | 発生曲げモーメント<br>M（kN・m/m） | 24.7 | 24.4 |
| | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$（N/$mm^2$） | 247 | 183 |
| | 許容限界<br>(N/$mm^2$) | 345 | 345 |
| | 検定値 | 0.72 | 0.54 |
| 面外せん断力 | 発生せん断力<br>Q（kN/m） | 76.3 | 67.5 |
| | せん断スパン比による<br>割増し係数　$\alpha$ | 1.00 | 1.00 |
| | 許容限界<br>(kN/m) | 85.1 | 113.4 |
| | 検定値 | 0.90 | 0.60 |
| 判定 | | 可 | 可 |

6.2　床スラブの評価結果

床スラブの評価結果を表 6－2 に示す。

床スラブについては，Ｓｓ地震時において，曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 6－2(1)　評価結果（床スラブ）（評価対象箇所①）

| 方向 | | 短辺（ＮＳ）方向 |
|---|---|---|
| EL（m） | | 12.5 |
| 厚さｔ（mm） | | □ |
| 有効せいｄ（mm） | | □ |
| 配　筋<br>（鉄筋断面積） | 上ば筋 | D16@200<br>(995 $mm^2$/m) |
| | 下ば筋 | D16@200<br>(995 $mm^2$/m) |
| 曲げモーメント | 発生曲げモーメント<br>Ｍ（kN・m/m） | 40.0 |
| | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$（$N/mm^2$） | 219 |
| | 許容限界<br>($N/mm^2$) | 345 |
| | 検定値 | 0.64 |
| 面外せん断力 | 発生せん断力<br>Ｑ（kN/m） | 54.6 |
| | せん断スパン比による<br>割増し係数　$\alpha$ | 1.00 |
| | 許容限界<br>(kN/m) | 198.5 |
| | 検定値 | 0.28 |
| 判定 | | 可 |

表 6－2(2)　評価結果（床スラブ）（評価対象箇所②）

| 方向 | | 短辺（ＮＳ）方向 |
|---|---|---|
| EL（m） | | 34.8 |
| 厚さｔ（mm） | | □ |
| 有効せいｄ（mm） | | □ |
| 配　筋<br>（鉄筋断面積） | 上ば筋 | D22@200<br>(1935 $mm^2$/m) |
| | 下ば筋 | D22@200<br>(1935 $mm^2$/m) |
| 曲げモーメント | 発生曲げモーメント<br>M（kN・m/m） | 84.0 |
| | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$（$N/mm^2$） | 160 |
| | 許容限界<br>($N/mm^2$) | 345 |
| | 検定値 | 0.47 |
| 面外せん断力 | 発生せん断力<br>Q（kN/m） | 112.1 |
| | せん断スパン比による<br>割増し係数　$\alpha$ | 1.17 |
| | 許容限界<br>(kN/m) | 342.8 |
| | 検定値 | 0.33 |
| 判定 | | 可 |

6.3　屋根トラスの評価結果

6.3.1　固有値解析結果

屋根トラスの評価は，積雪荷重との組合せを考慮したケース（ケース 4 の燃料取替階レベルの時刻歴応答加速度を用いる場合）に対しては，積雪荷重を考慮した 3 次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析を行うため，積雪荷重を考慮しない 3 次元ＦＥＭモデル（以下「基本モデル」という。）及び積雪荷重を考慮した 3 次元ＦＥＭモデル（以下「積雪モデル」という。）のそれぞれのモデルに対する屋根トラスの固有値解析結果を示す。

(1)　基本モデル

屋根トラス（基本モデル）の固有値解析結果を表 6－3 及び図 6－1 に示す。

1次固有振動数は鉛直方向で4.60Hz，水平方向で7.87Hz（ＮＳ方向），8.12Hz（ＥＷ方向）となる。

表 6－3　固有値解析結果（基本モデル）

| 次数 | 振動数 (Hz) | 周期 (s) | 刺激係数 | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 (ＮＳ) | 水平方向 (ＥＷ) | 鉛直方向 (ＵＤ) | |
| 1 | 4.60 | 0.217 | 0.085 | -0.003 | 1.748 | 鉛直方向 1 次 |
| 2 | 6.23 | 0.160 | -0.004 | -0.040 | -0.001 | |
| 3 | 7.87 | 0.127 | -1.717 | 0.016 | -0.002 | ＮＳ方向 1 次 |
| 4 | 8.12 | 0.123 | -0.014 | -1.988 | 0.006 | ＥＷ方向 1 次 |

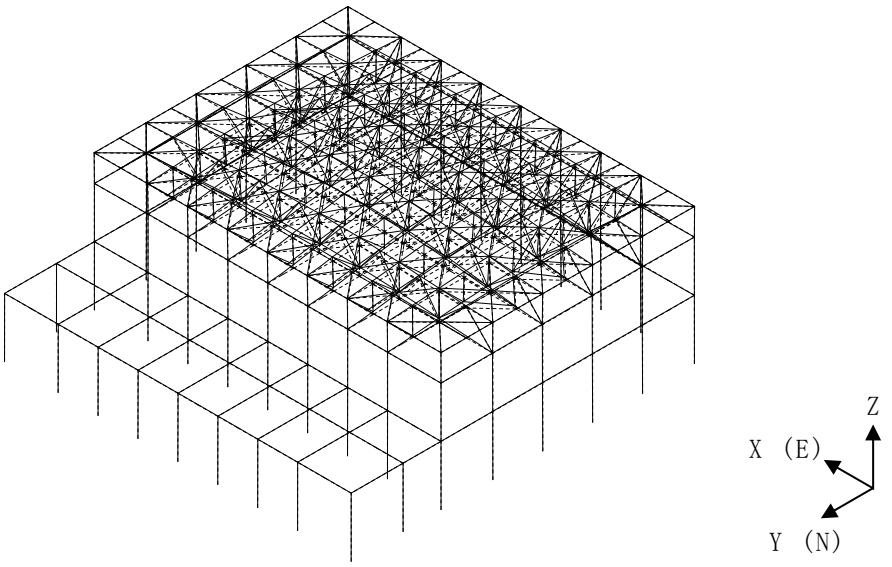
(2)　積雪モデル

屋根トラス（積雪モデル）の固有値解析結果を表 6－4 及び図 6－2 に示す。

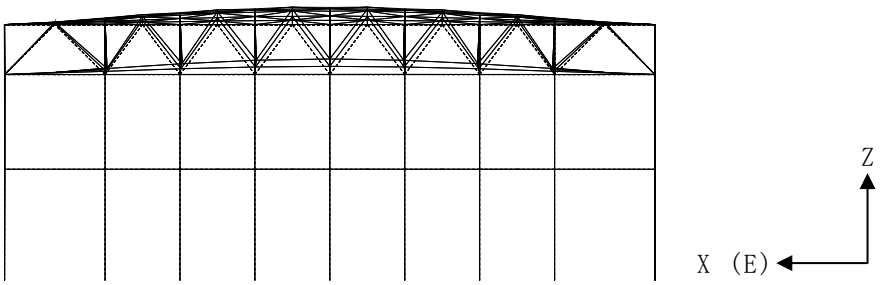
1次固有振動数は鉛直方向で4.50Hz，水平方向で7.79Hz（ＮＳ方向），8.06Hz（ＥＷ方向）となる。

表 6－4　固有値解析結果（積雪モデル）

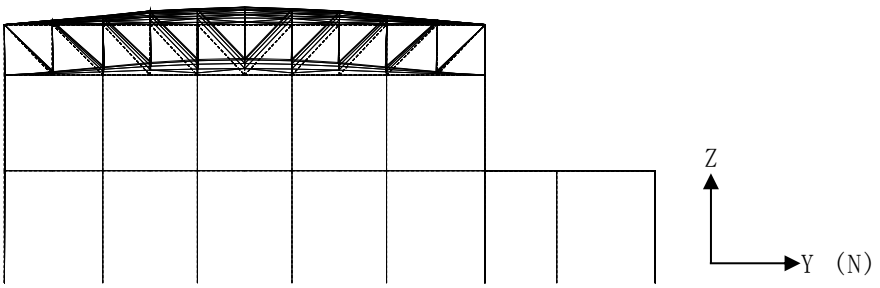
| 次数 | 振動数 (Hz) | 周期 (s) | 刺激係数 | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平方向 (ＮＳ) | 水平方向 (ＥＷ) | 鉛直方向 (ＵＤ) | |
| 1 | 4.50 | 0.222 | 0.081 | -0.003 | 1.744 | 鉛直方向 1 次 |
| 2 | 6.10 | 0.164 | -0.004 | -0.043 | -0.001 | |
| 3 | 7.79 | 0.128 | -1.713 | 0.015 | -0.005 | ＮＳ方向 1 次 |
| 4 | 8.06 | 0.124 | -0.013 | -1.986 | 0.008 | ＥＷ方向 1 次 |




(a)　鳥瞰図

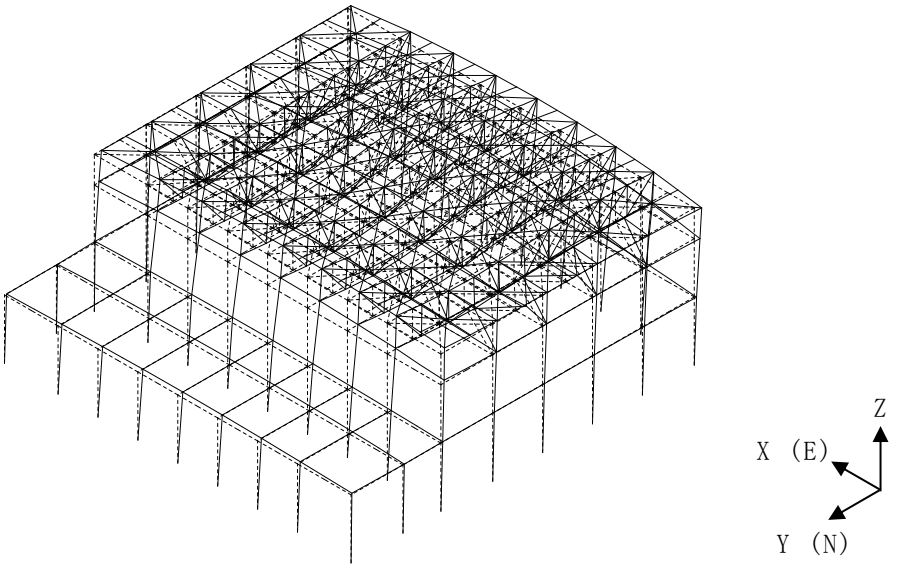



(b)　XZ 面

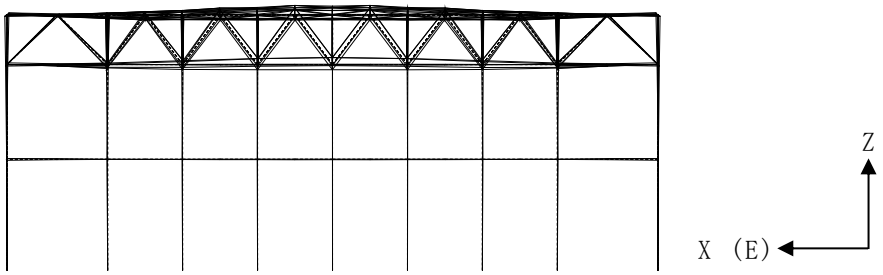



(c)　YZ 面

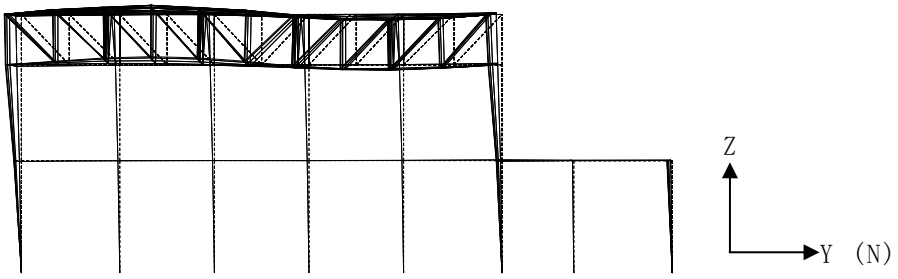
図 6－1(1)　固有モード図
（基本モデル，鉛直方向 1 次）




(a)　鳥瞰図

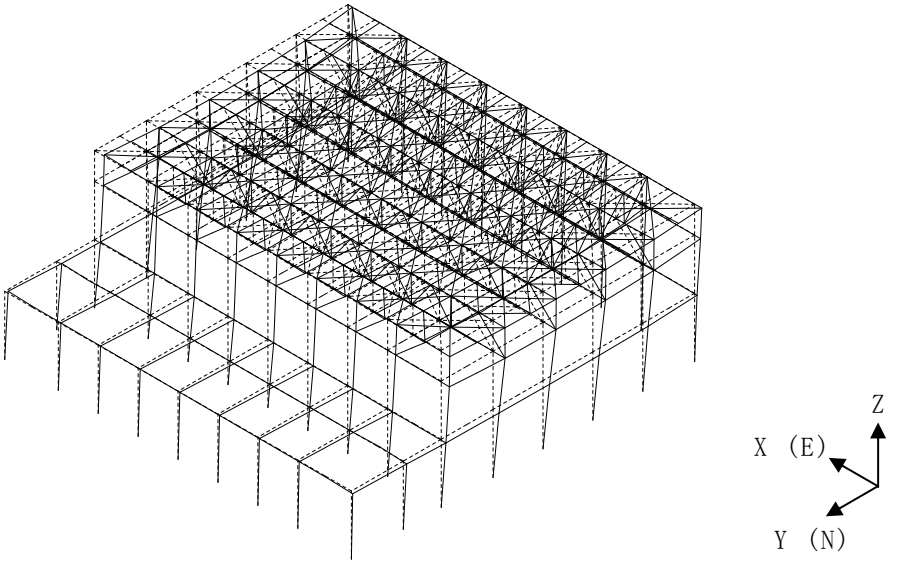



(b)　XZ 面

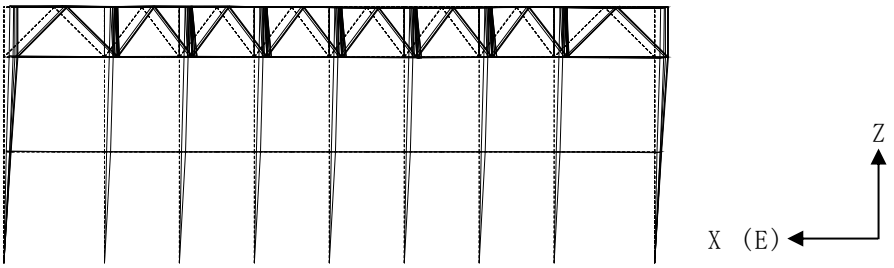



(c)　YZ 面

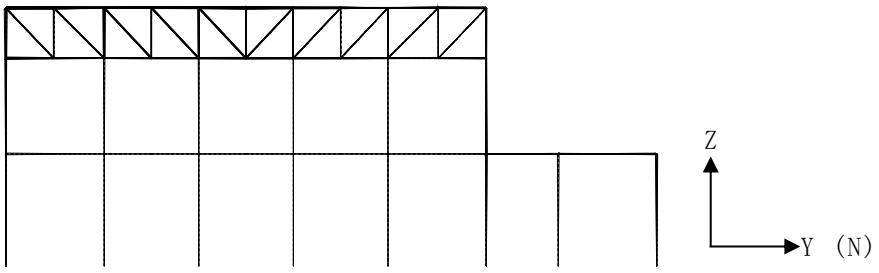
図 6－1(2)　固有モード図
（基本モデル，ＮＳ方向１次）




(a)　鳥瞰図

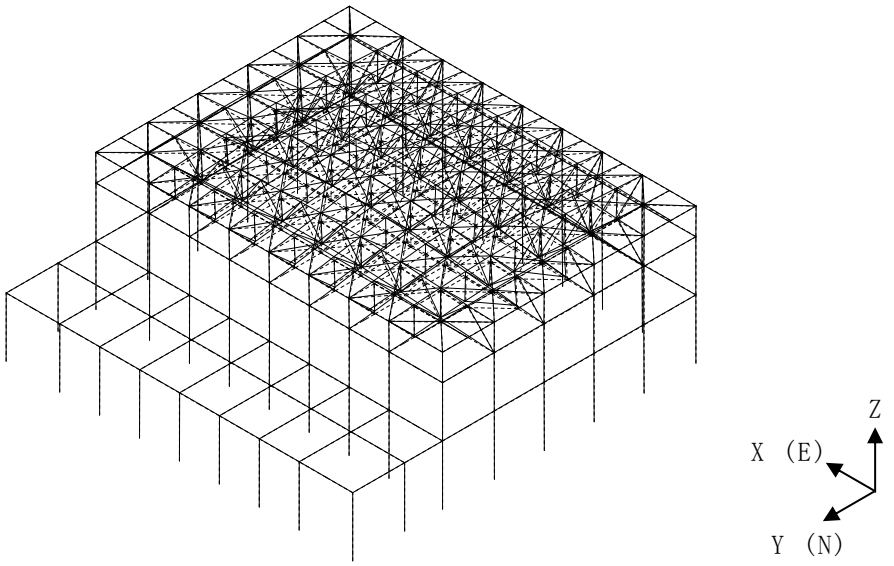



(b)　XZ 面

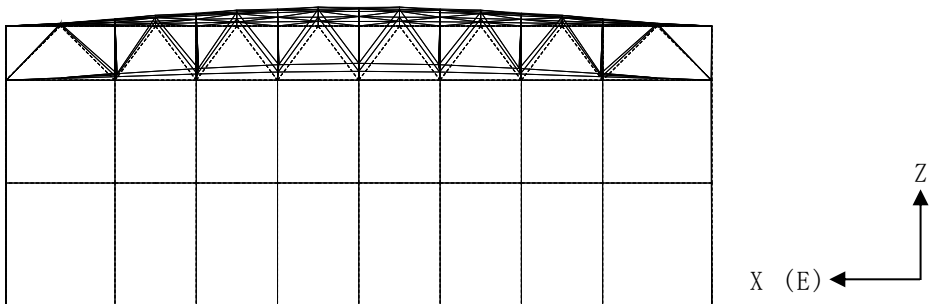



(c)　YZ 面

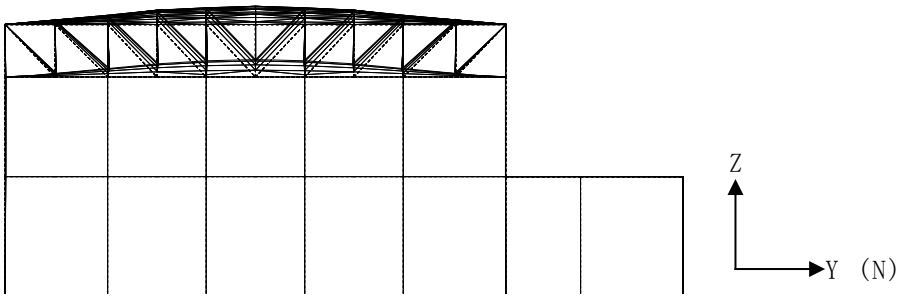
図 6－1(3)　固有モード図
（基本モデル，ＥＷ方向１次）




(a)　鳥瞰図

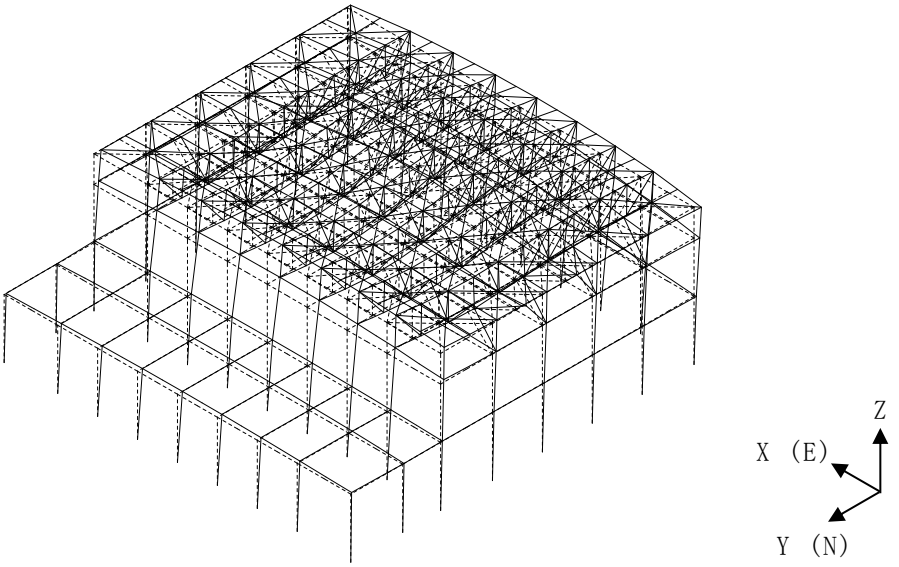



(b)　XZ 面

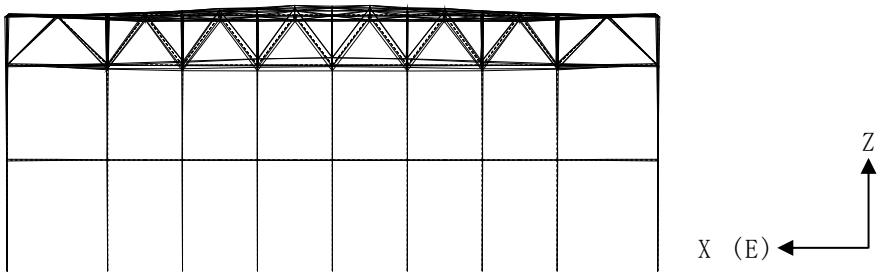



(c)　YZ 面

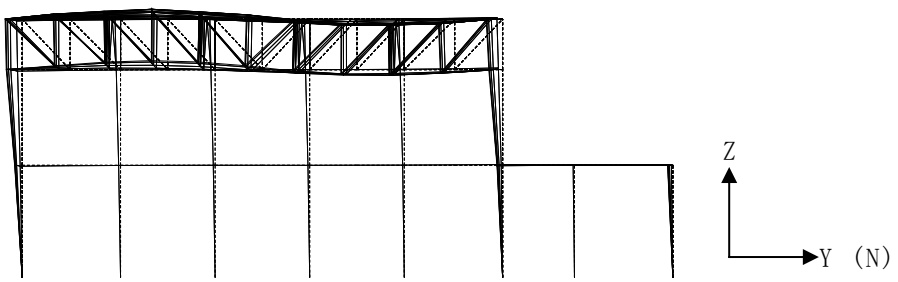
図 6－2(1)　固有モード図
（積雪モデル，鉛直方向 1 次）




(a)　鳥瞰図

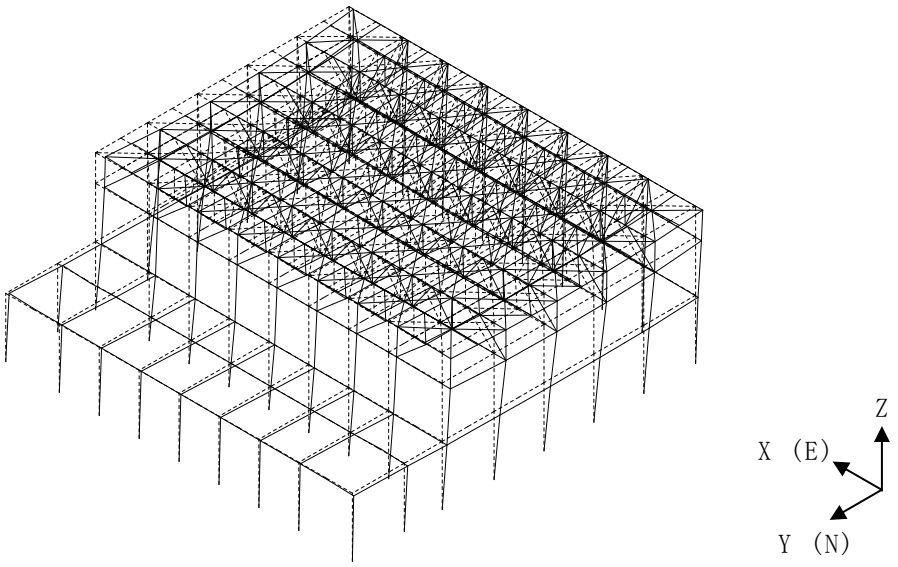



(b)　XZ 面

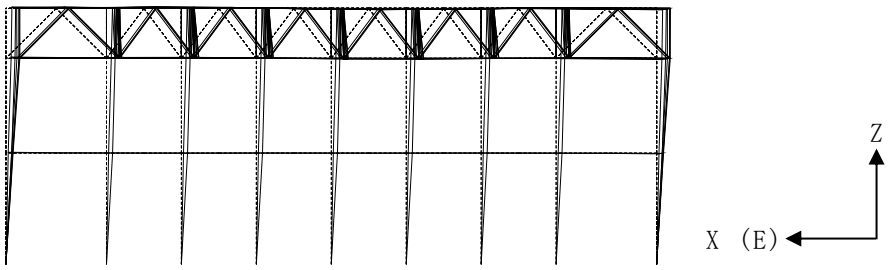



(c)　YZ 面

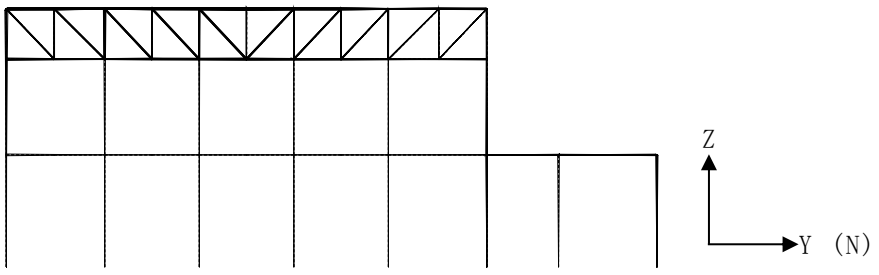
図 6－2(2)　固有モード図
（積雪モデル，ＮＳ方向１次）




(a)　鳥瞰図




(b)　XZ 面




(c)　YZ 面

図 6－2(3)　固有モード図
（積雪モデル，ＥＷ方向１次）

6.3.2　断面の評価結果

(1)　主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止め

屋根トラスの主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止めの断面算定結果を表 6－5～表 6－10 に示す。

各部材における発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。

表 6－5(1)　断面算定結果（主トラス：$_{R}$7 通り）

| 部材（種類） | | 上弦材 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$G 通り $_{R}$H 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | H-400×400×13×21 | |
| | 種別 | SM50A(SM490A 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 392 | 343 |
| M(kN・m) | | 435 | 435 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 17.9 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 15.7 |
| | $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 131 | 131 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 357 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 357 |
| | $f_b$ (N/mm$^2$) | 357 | 357 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.42 (＜1.0) | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | — | 0.42 (＜1.0) |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－5(2)　断面算定結果（主トラス：$_{R}$7 通り）

| 部材（種類） | | 下弦材 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$D 通り $_{R}$E 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | BH-400×400×19×35<br>+2PLs-16×330 | |
| | 種別 | SM50A(SM490A 相当)，SN490B | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 1150 | 5390 |
| M(kN・m) | | 482 | 482 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 33.6 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 157 |
| | $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 97.1 | 97.1 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 357 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 301 |
| | $f_b$ (N/mm$^2$) | 357 | 357 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.38 (＜1.0) | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | — | 0.81 (＜1.0) |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－5(3)　断面算定結果（主トラス：$_{R}$7 通り）

| 部材（種類） | | 斜材 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$G 通り $_{R}$H 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | 2CTs-175×350×12×19 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 4260 | 1510 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 245 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 86.8 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 181 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}$ | 0.95（＜1.0） | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}$ | — | 0.48（＜1.0） |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－5(4)　断面算定結果（主トラス：$_{R}$7 通り）

| 部材（種類） | | 束材 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$G 通り $_{R}$H 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | 2CTs-175×350×12×19 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 1120 | 3170 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 64.4 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 182 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 216 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}$ | 0.25（＜1.0） | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}$ | — | 0.85（＜1.0） |
| 判定 | | 可 | 可 |

表6－6(1)　断面算定結果（サブトラス：$_{R}$F通り）

| 部材（種類） | | 上弦材 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$3 通り $_{R}$4 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | H-390×300×10×16 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 557 | 308 |
| M(kN・m) | | 261 | 261 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 41.0 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 22.6 |
| | $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 131 | 131 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 258 |
| | $f_b$ (N/mm$^2$) | 258 | 258 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.67（＜1.0） | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | — | 0.60（＜1.0） |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－6(2)　断面算定結果（サブトラス：$_{R}$F 通り）

| 部材（種類） | | 下弦材 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$3 通り $_{R}$4 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | H-390×300×10×16 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 677 | 1630 |
| M(kN・m) | | 131 | 131 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 49.8 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 120 |
| | $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 66.0 | 66.0 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 243 |
| | $f_b$ (N/mm$^2$) | 258 | 258 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.46（＜1.0） | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | — | 0.76（＜1.0） |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－7　断面算定結果（水平ブレース：$_{R}$3 通り $_{R}$4 通り間）

| 部材（種類） | | 水平ブレース | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$G 通り $_{R}$H 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｆ２，ケース４ | |
| 鉄骨断面 | 部材 | H-400×408×21×21 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 2770 | 3260 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 110 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 130 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 246 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}$ | 0.43 (＜1.0) | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}$ | — | 0.53 (＜1.0) |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－8　断面算定結果（サブビーム：$_{R}$E 通り $_{R}$F 通り間）

| 部材（種類） | | サブビーム | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$9 通り $_{R}$10 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース２ | |
| 鉄骨断面 | 部材 | H-390×300×10×16 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 327 | 325 |
| M(kN・m) | | 194 | 194 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 24.0 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 23.9 |
| | $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 97.7 | 97.7 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 244 |
| | $f_b$ (N/mm$^2$) | 258 | 258 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.48 (＜1.0) | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | — | 0.48 (＜1.0) |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－9　断面算定結果（母屋：$_{R}$6 通り $_{R}$7 通り間）

| 部材（種類） | | 母屋 | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$E 通り $_{R}$F 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｄ，ケース 4 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | H-244×175×7×11 | |
| | 種別 | SS41(SS400 相当) | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 79.1 | 209 |
| M(kN・m) | | 0 | 0 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 14.1 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 37.2 |
| | $\sigma_b$ (N/mm$^2$) | 0 | 0 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 258 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 194 |
| | $f_b$ (N/mm$^2$) | 258 | 258 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.06（＜1.0） | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$ | — | 0.20（＜1.0） |
| 判定 | | 可 | 可 |

表 6－10　断面算定結果（サブトラス下弦材座屈止め：$_{R}$3 通り $_{R}$4 通り間）

| 部材（種類） | | サブトラス下弦材座屈止め | |
|---|---|---|---|
| 位置 | | $_{R}$E 通り $_{R}$F 通り間 | |
| ケース | | Ｓｓ－Ｆ1，ケース 2 | |
| 鉄骨断面 | 部材 | 2[s-150×75×9×12.5 | |
| | 種別 | SS400 | |
| 応力状態 | | 引張 | 圧縮 |
| N(kN) | | 248 | 275 |
| 断面算定 | $\sigma_t$ (N/mm$^2$) | 64.4 | — |
| | $\sigma_c$ (N/mm$^2$) | — | 44.9 |
| | $f_t$ (N/mm$^2$) | 235 | — |
| | $f_c$ (N/mm$^2$) | — | 61.3 |
| | $\frac{\sigma_t}{f_t}$ | 0.28（＜1.0） | — |
| | $\frac{\sigma_c}{f_c}$ | — | 0.74（＜1.0） |
| 判定 | | 可 | 可 |

（2） サブトラス（斜材）

サブトラス（斜材）の破断評価結果を表 6－11 に示す。

サブトラス（斜材）は，累積塑性変形倍率が最も大きい部材であっても，中込ほか（引用文献(3)参照）による破断寿命と比較し，十分な裕度を有していることを確認した。

表 6－11 破断評価結果（$_{R}$E 通り+3.0m，Ｓｓ－Ｄ，ケース 4）

| 使用部材 | 位置 | 最大等価軸ひずみ $\varepsilon_{max}$（$\times 10^{-3}$） | 累積塑性変形倍率 $\eta$ | 応答による繰返し回数*1 $n_i$ | 評価基準*2（破断寿命）$N_p$ | $\frac{n_i}{N_p}$ | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2CTs-125×250×9×14<br>+4Ls-65×65×6<br>SS41(SS400 相当),<br>SS400 | $_{R}$3 通り<br>$_{R}$4 通り間 | 1.006 | 0.9656 | 901 | 1190000 | 0.001 | 可 |

注記＊1：ピークカウント法を用い，対象部材の軸ひずみの時刻歴波形の最大及び最小を全てカウントする。

＊2：最大等価軸ひずみ（設定ひずみ振幅）に対応する鋼材の破断寿命を引用文献(3)より算定し，これを評価基準とする。

6.4　耐震壁の評価結果

耐震壁の評価結果を表 6－12 に示す。対象部位において，鉄筋比による評価を実施した結果，Ｓｓ地震時に曲げモーメント及び軸力並びに面内せん断力による必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。

表 6－12　評価結果（耐震壁）（評価対象箇所）

| | | |
|---|---|---|
| EL（m） | | 23.8～30.5 |
| 壁位置<br>（通り） | | $_{R}3$ |
| 壁厚（mm） | | [redacted] |
| せん断断面積（$m^2$） | | 116.2 |
| 配筋 | 縦筋配筋 | 2-D38@200<br>2-D35@400 |
| | 縦筋設計鉄筋比<br>$P_g$（%） | 0.899 |
| | 横筋配筋 | 2-D35@200<br>2-D35@400 |
| | 横筋設計鉄筋比<br>$P_g$（%） | 0.798 |
| せん断に対する検討 | せん断力<br>Q（$\times 10^4$kN） | 23.4 |
| | せん断応力度<br>$\tau$（$N/mm^2$） | 2.02 |
| | 面内せん断力による<br>必要鉄筋比<br>$P_Q$（%） | 0.584 |
| 曲げモーメントに対する検討 | 曲げモーメント<br>M（$\times 10^5$kN・m） | 44.7 |
| | 軸力<br>N（$\times 10^3$kN） | 185.4 |
| | 曲げモーメント及び軸力<br>による必要鉄筋比<br>$P_M$（%） | 0.246 |
| （$P_Q$＋$P_M$）／$P_g$ | | 0.93 |
| 判定 | | 可 |

7. 引用文献

(1) 谷口ほか「鉄骨 X 型ブレース架構の復元力特性に関する研究」（日本建築学会構造工学論文集，Vol.37B 号，1991 年 3 月，pp.303-316）

(2) 「鉄筋コンクリート構造計算用資料集」（（社）日本建築学会，2002 年）

(3) 中込ほか「繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究」（日本建築学会構造系論文集，第 469 号，pp.127-136，1995 年 3 月）

別紙1　　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　既往の知見等の整理 ····· 1
3.　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響検討····· 3
3.1　検討方針 ····· 3
3.2　空気漏えい量の算定結果 ····· 10
3.2.1　壁面からの漏えい量 ····· 10
3.3　総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較 ····· 12
3.4　検討結果 ····· 12
4.　まとめ ····· 12

## 1. 概要

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和 53 年 9 月制定）」におけるＡクラスの施設の気密性について，「原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社）日本電気協会）」（以下「ＪＥＡＧ４６０１-1987」という。）では，Ｓ１地震動に対し弾性範囲であることを確認することで，機能が維持されるとしている。

Ⅵ-2-1-9「機能維持の基本方針」の機能維持の設計方針では，耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本としたうえで，おおむね弾性状態を超える場合は，地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が，設置する換気設備の性能を下回ることで必要な気密性を維持する設計としている。その場合，気密性を要求される施設に対し，基準地震動Ｓｓによる鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界をせん断ひずみ$2.0\times10^{-3}$としている。

二次格納施設の気密バウンダリを構成する原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の地震応答解析による評価において，耐震壁の許容限界として設定したせん断ひずみ$2.0\times10^{-3}$の適用性について確認するために，耐震壁のせん断ひび割れと空気漏えい量の関係に係る既往の知見を整理するとともに，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響を評価する。

## 2. 既往の知見等の整理

（財）原子力発電技術機構は，「原子力発電施設耐震信頼性実証試験に関する報告書*1」において，「ＪＥＡＧ４６０１-1987」による許容限界の目安値（Ｓ２地震時に対してせん断変形角 2/1000rad，静的地震力に対して $\tau = \tau_u/1.5$）において想定されるひび割れを残留ひび割れと仮定した場合の外気侵入量を算出し，気圧差維持のためのファン容量と比較することで，空気漏えい量に対する評価を実施している。その結果「残留ひび割れからの外気侵入量は，ファン容量に比較すると無視できるほど小さいことが明らかになった」としている。

また，（財）原子力発電技術機構は，「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書*2」において，耐震壁の残留ひび割れからの通気量の評価式が，十分に実機への適用性があることを確認している。更に，開口部の存在による通気量割増率の評価式も示されており，「開口部の残留ひび割れ幅の割増率がおおよそ推定できる」としている。

したがって，二次格納施設の気密バウンダリとなる原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁が鉄筋コンクリート造であり，壁厚も「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に示される壁厚と同程度であることから，同文献にて提案されている各評価式を用い，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量の算出を行う。以下に評価式を示す。

$$Q = C \cdot \gamma^{2.57} \cdot \Delta P / T \quad \cdots\cdots (2.\ 1)$$

ここで,

Q　　：単位面積あたりの流量（L/min/m$^2$）

C　　：定数

（中央値は $2.24\times10^6$，95%非超過値は $1.18\times10^7$，5%非超過値は $4.21\times10^5$）

$\gamma$　　：最大応答せん断ひずみ

$\Delta P$　：差圧（mmAq）

T　　：壁厚（cm）

$$\Delta Q = \left\{ \left( \alpha^2 - 1 \right) \cdot \left( \frac{Q'}{Q_0} - 1 \right) - 1 \right\} \cdot \beta + 1 \quad \cdots\cdots (2.\ 2)$$

ここで,

$\Delta Q$　：通気量割増率

$\alpha$　　：通気量割増範囲（＝3）

$\frac{Q'}{Q_0}$　：定数

（中央値とみなされる評価法では 1.81，安全側とみなされる評価法では 7.41）

$\beta$　　：壁の見付け面積に対する開口の総面積の比

注記＊1：財団法人 原子力発電技術機構「原子力発電施設耐震信頼性実証試験 原子炉建屋総合評価 建屋基礎地盤系評価に関する報告書（その 2）平成 8 年度」

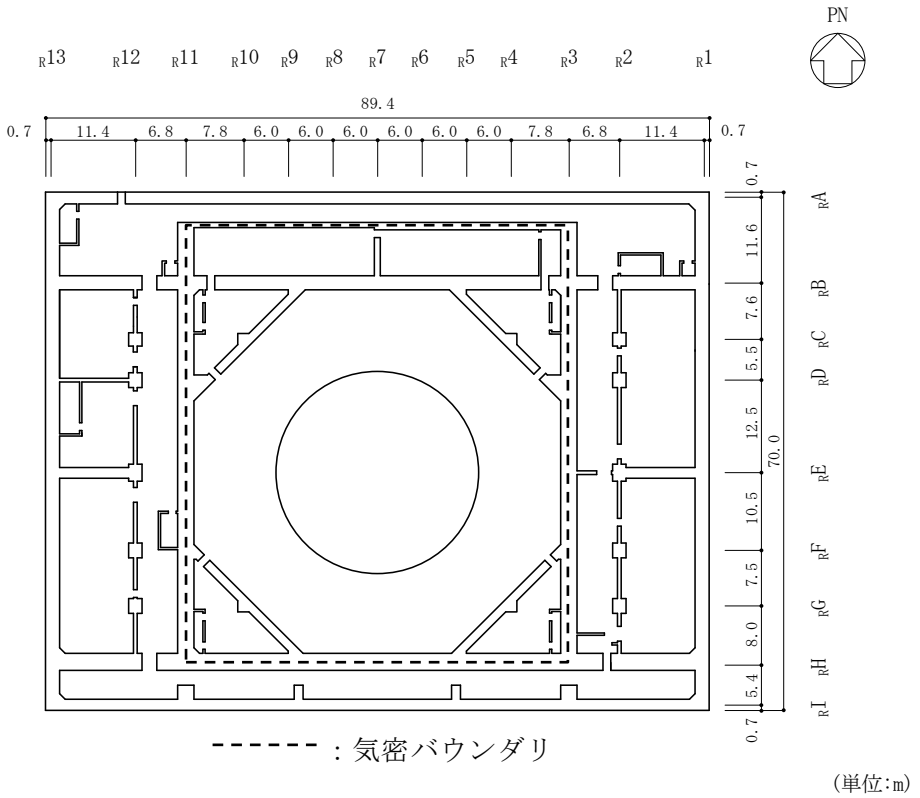
＊2：財団法人 原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成 5 年度」

3.　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響検討

3.1　検討方針

「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき，式(2．1)及び式(2．2）により気密バウンダリを構成する壁の最大応答せん断ひずみが許容限界（$2.0\times10^{-3}$）に達したときの空気漏えい量を算定し，非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認する。

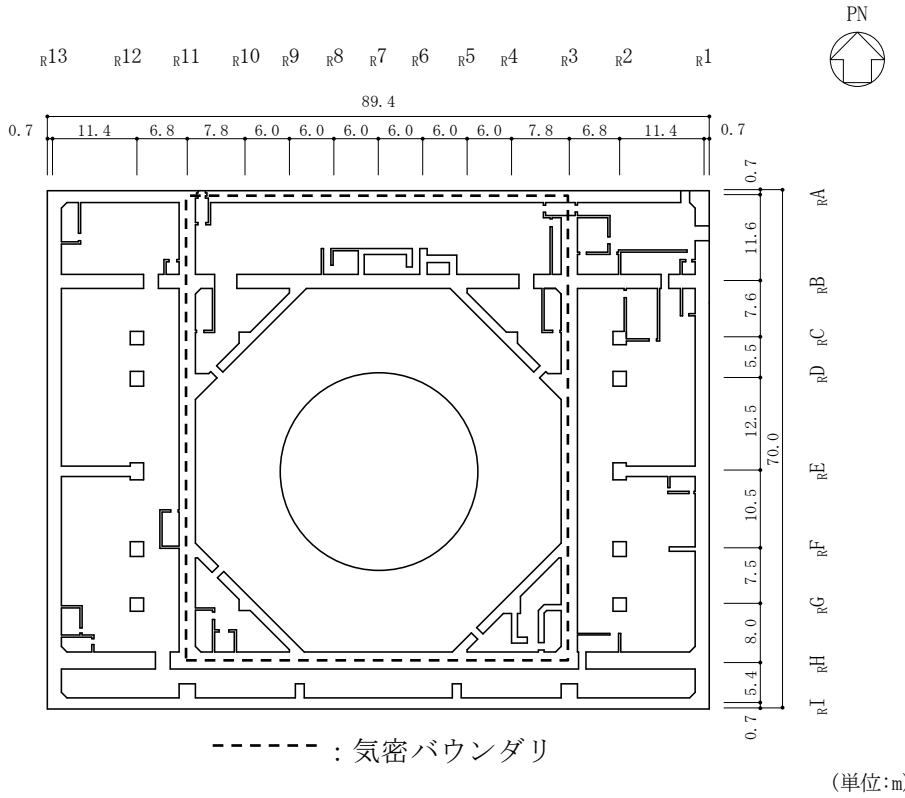
原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略図を図 3－1 及び図 3－2 に示す。原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）（EL 1.3m～EL 63.5m）を構成する壁の壁厚は約□cm から約□cm である。




（単位:m）

図 3－1(1)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 1.3m*）

注記＊：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。




（単位:m）

図 3－1(2)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 8.8m）

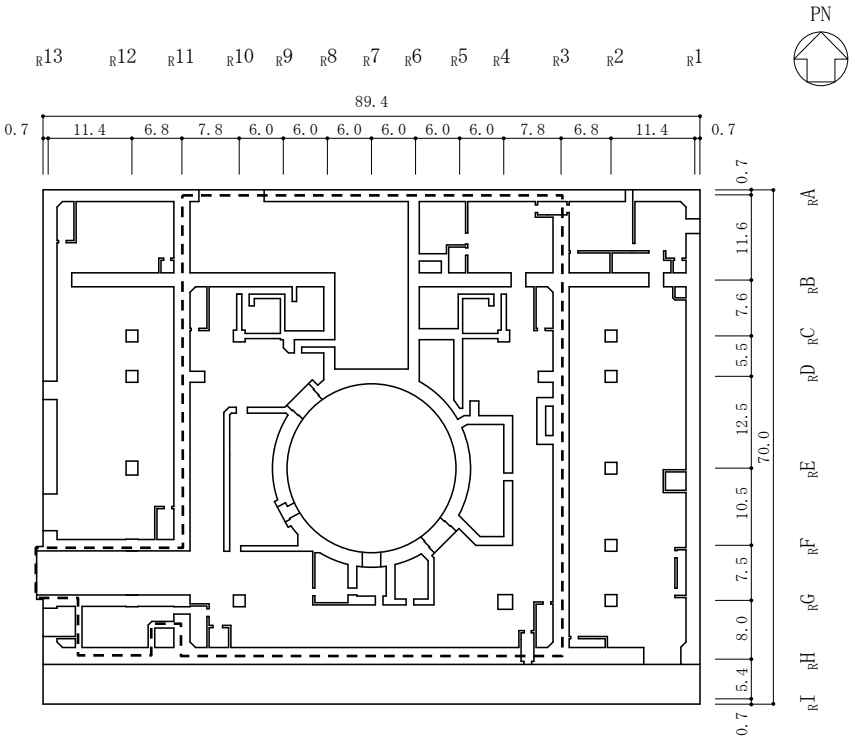



図 3－1(3)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 15.3m）

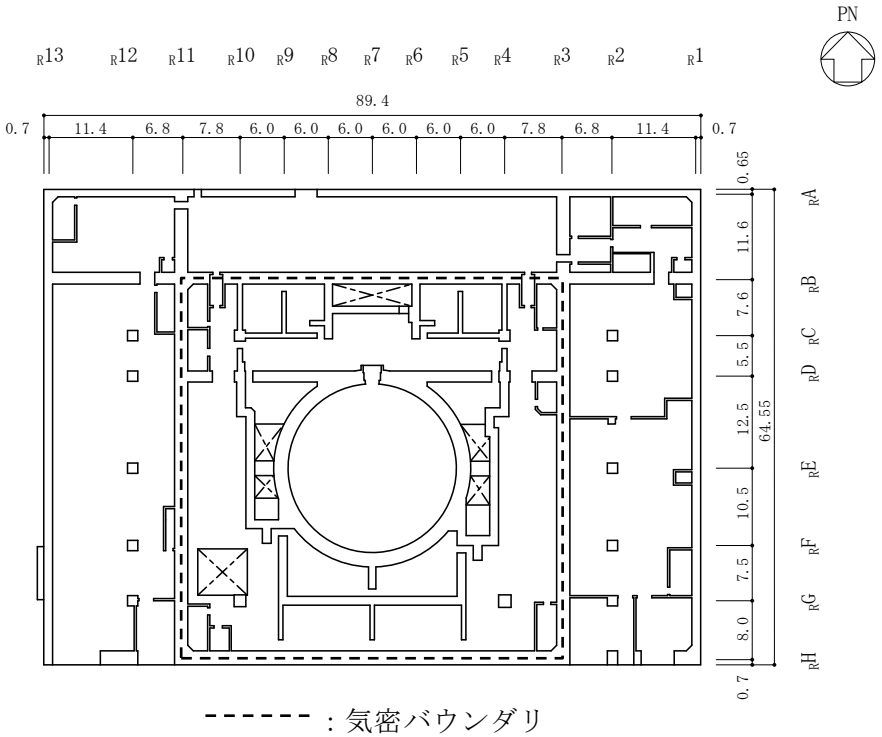



図 3－1(4)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 23.8m）

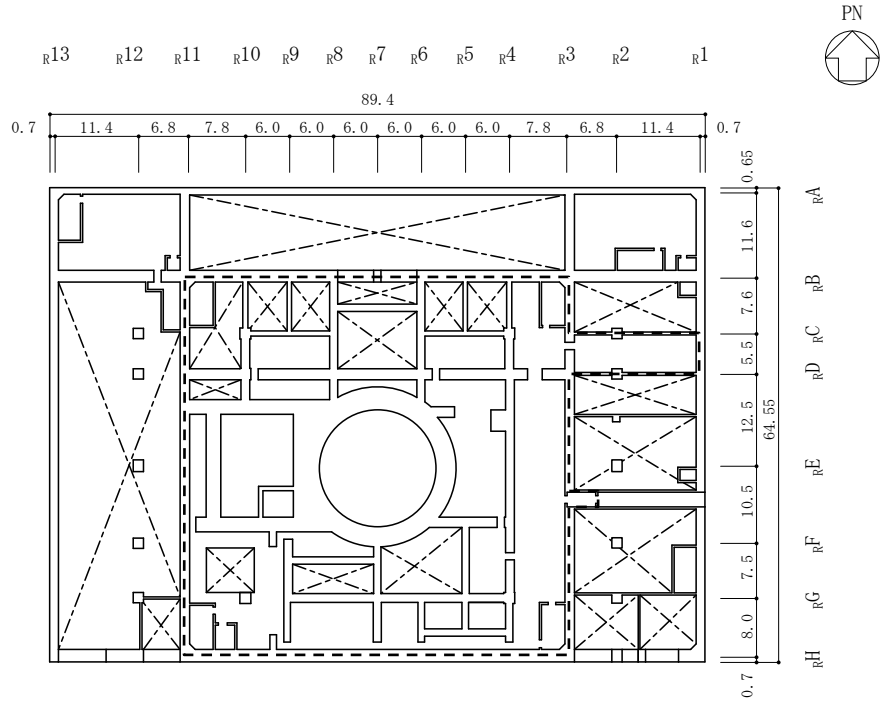



図 3－1(5)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 30.5m）

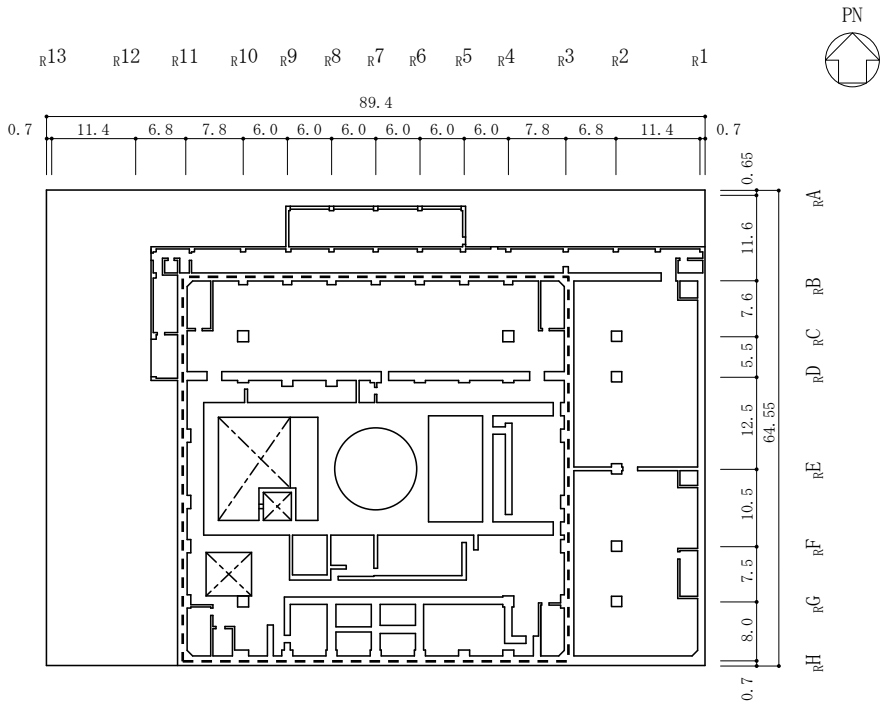



図 3－1(6)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 34.8m）

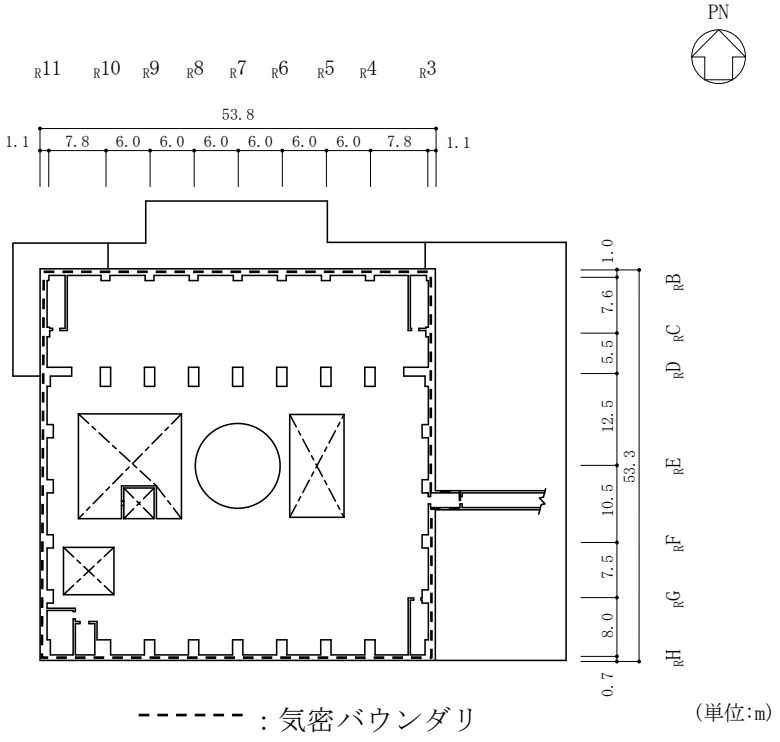



図 3－1(7)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 42.8m）

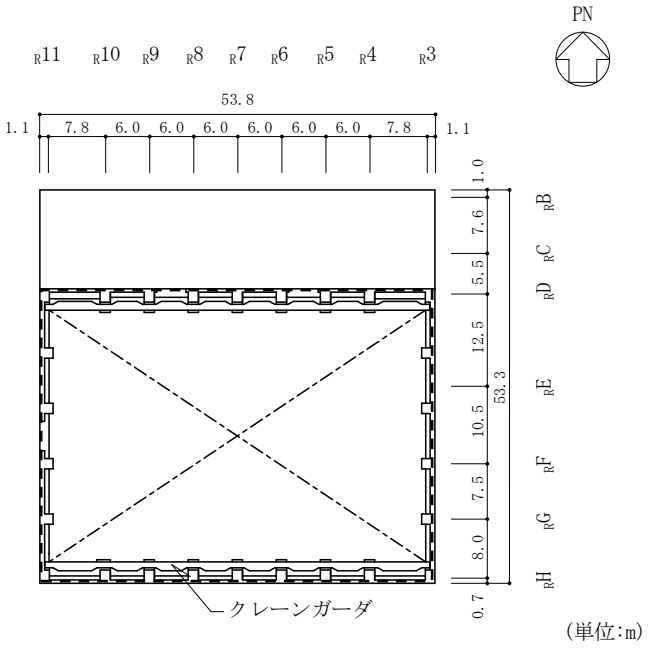



図 3－1(8)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 51.7m）

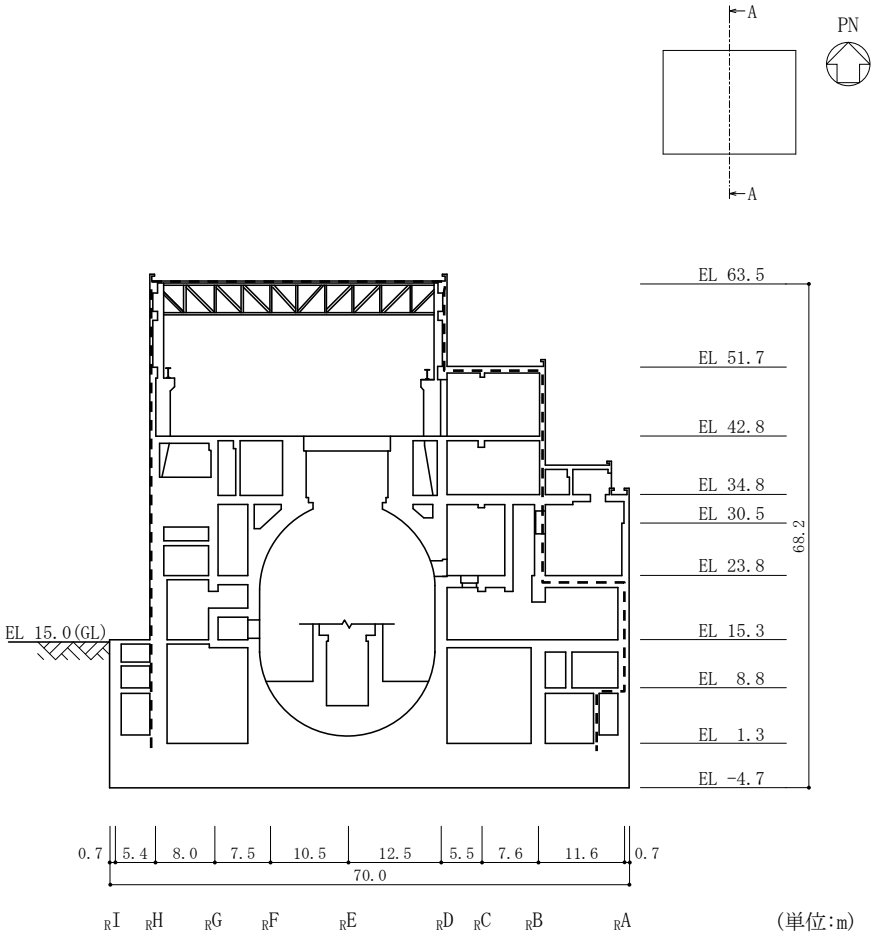



図 3－2(1)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略断面図（Ａ－Ａ断面，ＮＳ方向）

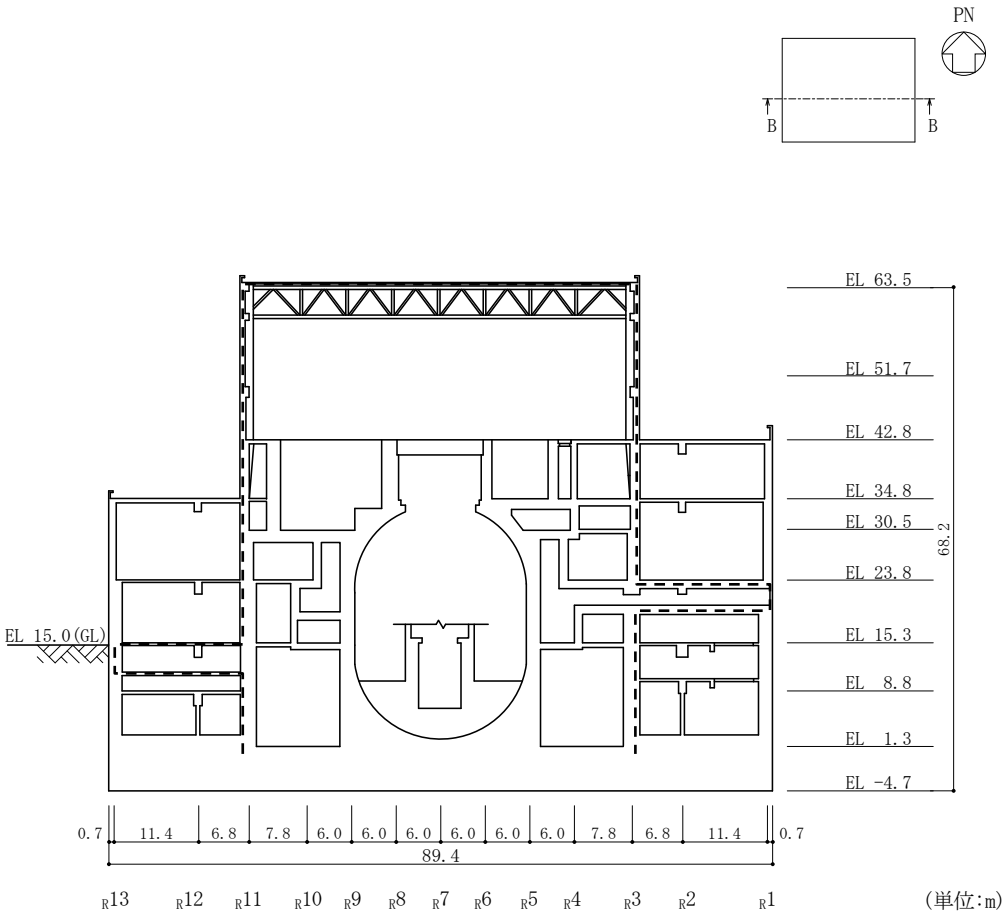



図 3－2(2)　原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略断面図（Ｂ－Ｂ 断面，ＥＷ 方向）

## 3.2　空気漏えい量の算定結果

### 3.2.1　壁面からの漏えい量

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁厚ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は，地震応答解析における耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ を用いることの適用性を確認することが目的であることから，評価式における定数について，安全側の値を用いた。算定結果を表3－1 に示す。

表3－1　算定結果（原子炉建物原子炉棟（二次格納施設））

| EL (m) | 壁厚 T (cm) | 定数 C | 定数 $\frac{Q'}{Q_0}$ | ＊1 最大応答せん断ひずみ $\gamma$ | ＊2 差圧 $\Delta P$ (mmAq) | ＊3 壁の見付面積 A ($m^2$) | 漏えい量 Q (L/min/$m^2$) | 壁の見付面積に対する開口の総面積の比 $\beta$ | 通気量割増率 $\Delta Q$ | 総漏えい量 Q×A×ΔQ (L/min) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.3 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 191 | 0.12 | 0.001 | 1.05 | 25 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 197 | 0.09 | 0.001 | 1.05 | 19 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 892 | 0.04 | 0.002 | 1.10 | 40 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 387 | 0.04 | 0.002 | 1.10 | 18 |
| 8.8 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 77 | 0.05 | 0.065 | 4.27 | 17 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 190 | 0.04 | 0.032 | 2.61 | 20 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 77 | 0.04 | 0.000 | 1.00 | 4 |
| 10.3 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 34 | 0.29 | 0.000 | 1.00 | 10 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 91 | 0.22 | 0.003 | 1.15 | 24 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 57 | 0.06 | 0.011 | 1.55 | 6 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 258 | 0.05 | 0.004 | 1.20 | 16 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 24 | 0.05 | 0.089 | 5.47 | 7 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 608 | 0.04 | 0.016 | 1.80 | 44 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 258 | 0.04 | 0.008 | 1.40 | 15 |
| 15.3 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 13 | 0.15 | 0.000 | 1.00 | 2 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 71 | 0.10 | 0.000 | 1.00 | 8 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 94 | 0.06 | 0.000 | 1.00 | 6 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 217 | 0.05 | 0.168 | 9.45 | 103 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 32 | 0.05 | 0.778 | 40.12 | 65 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 486 | 0.04 | 0.015 | 1.75 | 35 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 258 | 0.04 | 0.020 | 2.01 | 21 |
| 19.5 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 31 | 0.17 | 0.002 | 1.10 | 6 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 11 | 0.15 | 0.000 | 1.00 | 2 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 51 | 0.10 | 0.000 | 1.00 | 6 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 21 | 0.09 | 0.001 | 1.05 | 2 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 157 | 0.07 | 0.000 | 1.00 | 11 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 127 | 0.06 | 0.002 | 1.10 | 9 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 222 | 0.05 | 0.000 | 1.00 | 12 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 56 | 0.05 | 0.346 | 18.40 | 52 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 473 | 0.04 | 0.026 | 2.31 | 44 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 264 | 0.04 | 0.001 | 1.05 | 12 |
| 23.8 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 346 | 0.05 | 0.054 | 3.72 | 65 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 691 | 0.05 | 0.015 | 1.75 | 61 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 346 | 0.05 | 0.000 | 1.00 | 18 |
| 30.5 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 46 | 0.29 | 0.046 | 3.31 | 45 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 157 | 0.22 | 0.001 | 1.05 | 37 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 24 | 0.07 | 0.204 | 11.26 | 19 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 410 | 0.07 | 0.025 | 2.26 | 65 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 222 | 0.05 | 0.119 | 6.98 | 78 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 222 | 0.05 | 0.000 | 1.00 | 12 |
| 34.8 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 124 | 0.08 | 0.001 | 1.05 | 11 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 372 | 0.07 | 0.001 | 1.05 | 28 |
| 37.2 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 289 | 0.08 | 0.000 | 1.00 | 24 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 867 | 0.07 | 0.007 | 1.35 | 82 |
| 42.8 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 31 | 0.29 | 0.068 | 4.42 | 40 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 470 | 0.12 | 0.001 | 1.05 | 60 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 470 | 0.10 | 0.001 | 1.05 | 50 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 922 | 0.09 | 0.001 | 1.05 | 88 |
| 51.7 | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 1254 | 0.19 | 0.026 | 2.31 | 551 |
| | | $1.18\times10^7$ | 7.41 | $2.0\times10^{-3}$ | 6.4 | 931 | 0.13 | 0.017 | 1.85 | 224 |
| | | | | | | | | | 合計 | 2219 |

注記＊1：保守的に各壁の最大応答せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し，評価する。

＊2：設計気密度の差圧条件とする。

＊3：気密バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。

3.3　総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の総漏えい量と空気流入率を表3－2に示す。

表3－2　総漏えい量と空気流入率の比較

| 総漏えい量<br>($m^3$/min) | 非常用ガス処理設備放出流量<br>($m^3$/min) |
|---|---|
| 2.3 | 73.3* |

注記＊：非常用ガス処理系排風機流量とする。

3.4　検討結果

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）について総漏えい量は非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認した。

よって，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は，耐震壁の許容限界をせん断ひずみ$2.0\times10^{-3}$とした場合において，換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有している。

4.　まとめ

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は，耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ$2.0\times10^{-3}$を適用した場合において，原子炉格納容器から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できる気密性を有していることを確認した。

以上より，原子炉建物の地震応答解析による評価において，換気設備とあいまって気密性を維持するために設定する許容限界として，せん断ひずみ$2.0\times10^{-3}$を用いることの適用性を確認した。

# Ⅵ-2-9-4　圧力低減設備その他安全設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-9-4-4　原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書

# Ⅵ-2-9-4-4-3　ペデスタル代替注水系の耐震性についての計算書

# 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）

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 ····· 6
3.　計算条件 ····· 13
3.1　計算方法 ····· 13
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 14
3.3　設計条件 ····· 15
3.4　材料及び許容応力 ····· 25
3.5　設計用地震力 ····· 26
4.　解析結果及び評価 ····· 27
4.1　固有周期及び設計震度 ····· 27
4.2　評価結果 ····· 39
4.2.1　管の応力評価結果 ····· 39
4.2.2　支持構造物評価結果 ····· 40
4.2.3　弁の動的機能維持の評価結果 ····· 41
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ····· 42

1. 概要

本計算書は，Ⅵ-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法　添付資料-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，ペデスタル代替注水系の管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は，以下に示すとおりである。

(1)　管

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

(2)　支持構造物

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

(3)　弁

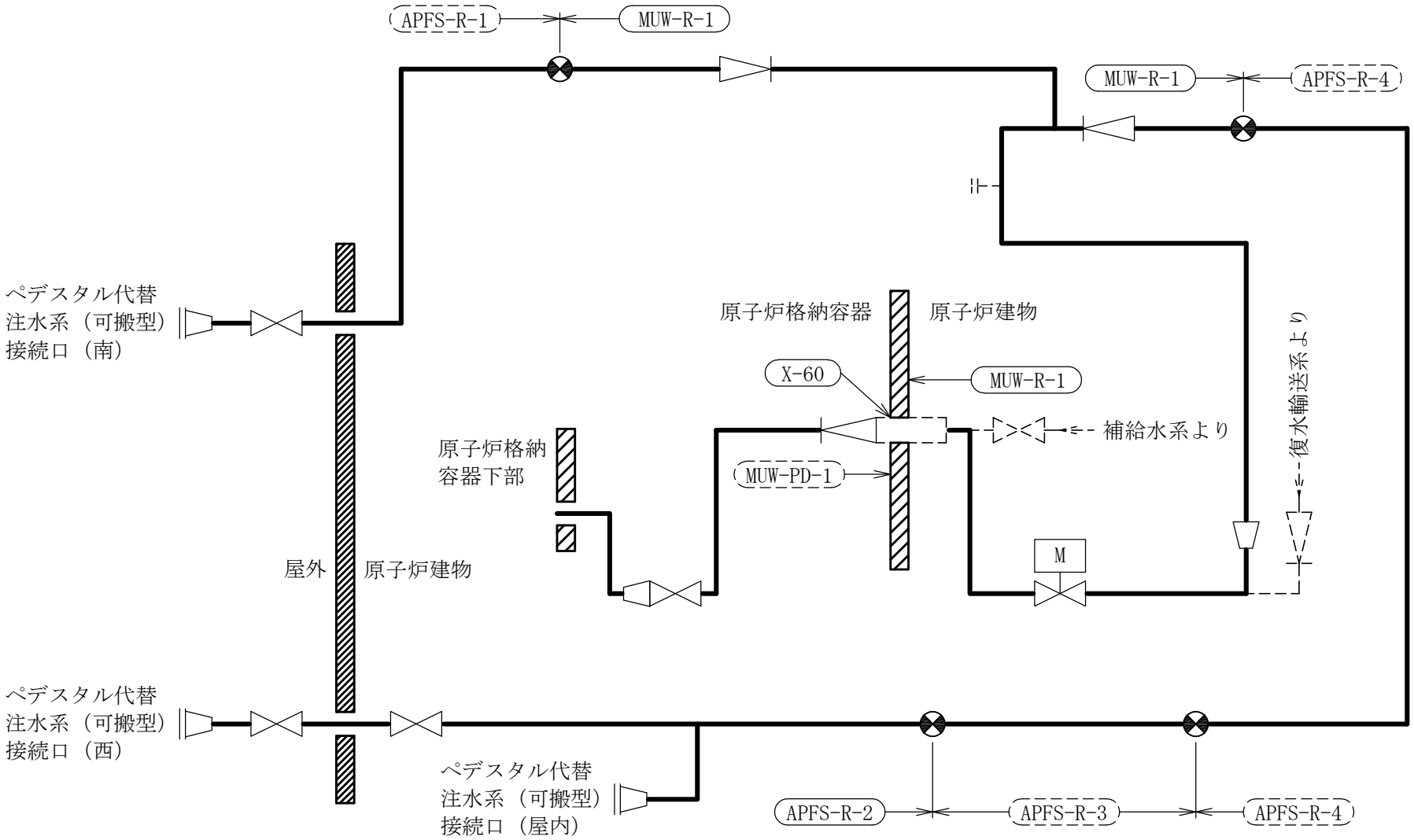
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，弁型式別に評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

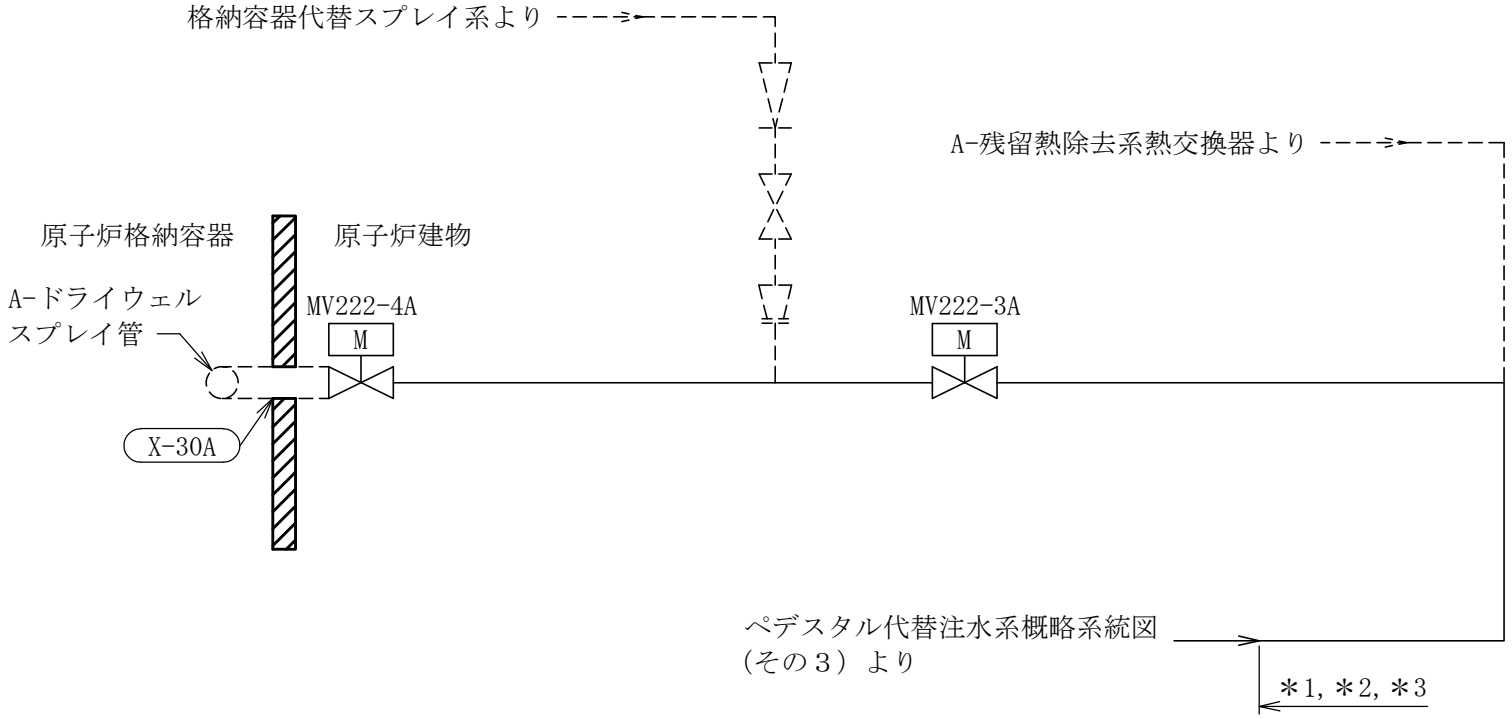
概略系統図記号凡例

| 記　　号 | 内　　容 |
|---|---|
| ―――― （太線） | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備） |
| ― ― ― （太破線） | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設） |
| ―――― （細線） | 工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管 |
| - - - - - - - - （破線） | 工事計画記載範囲外の管，又は工事計画記載範囲の管のうち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 | クラス１管 |
| DB2 | クラス２管 |
| DB3 | クラス３管 |
| DB4 | クラス４管 |
| SA2 | 重大事故等クラス２管 |
| SA3 | 重大事故等クラス３管 |
| DB1/SA2 | 重大事故等クラス２管であってクラス１管 |
| DB2/SA2 | 重大事故等クラス２管であってクラス２管 |
| DB3/SA2 | 重大事故等クラス２管であってクラス３管 |
| DB4/SA2 | 重大事故等クラス２管であってクラス４管 |



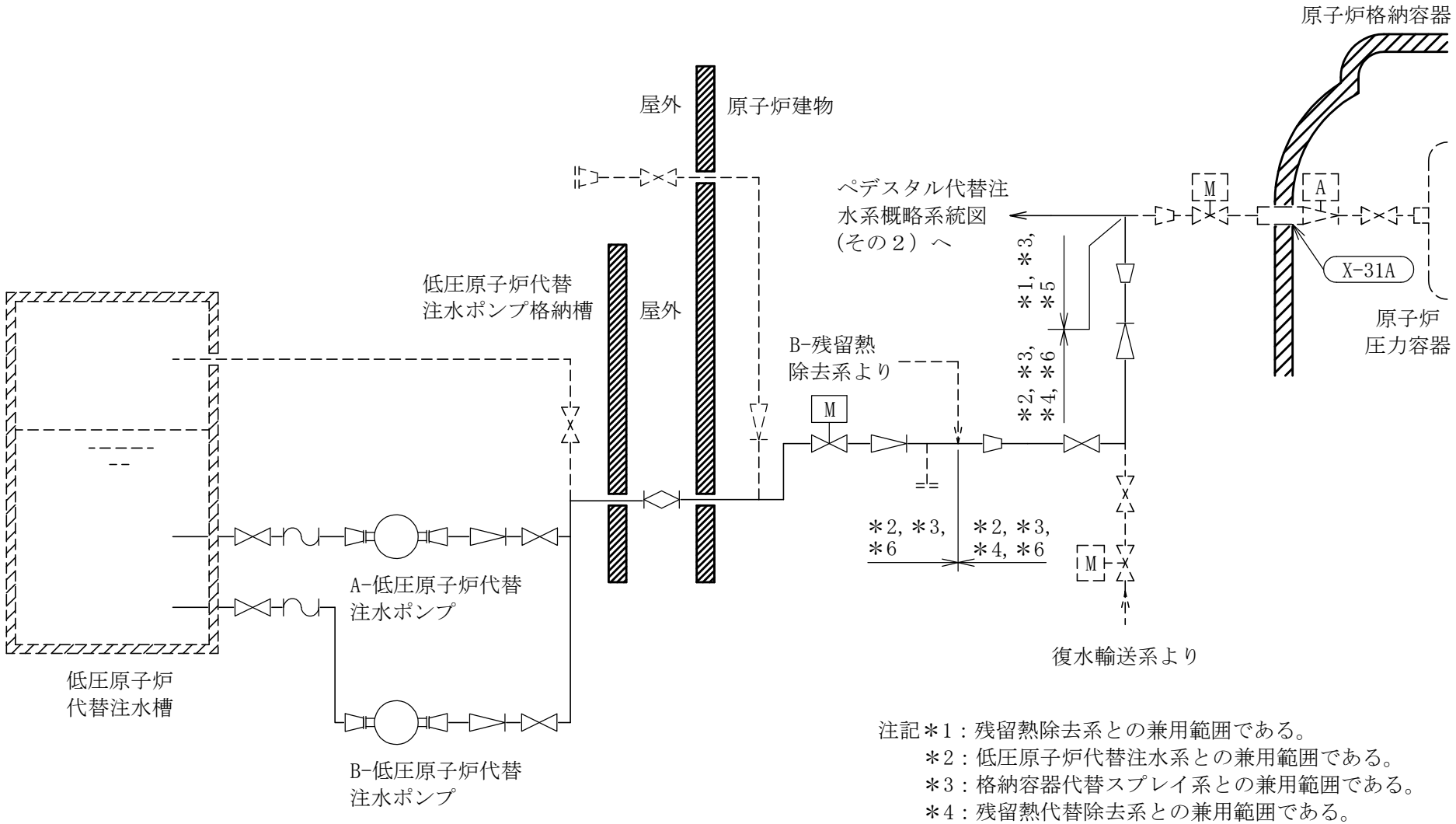

［注］太線範囲の管クラス：SA2

ペデスタル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）

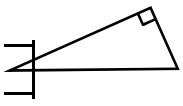
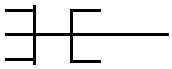
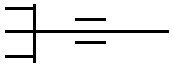
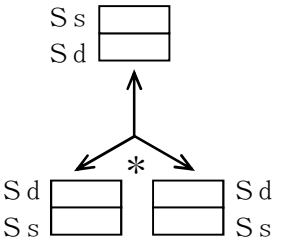



注記＊1：残留熱除去系との兼用範囲である。
＊2：低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
＊3：格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
＊4：残留熱代替除去系との兼用範囲である。
＊5：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
＊6：計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

ペデスタル代替注水系概略系統図（その３）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

| 記　　号 | 内　　容 |
|---|---|
| （太線） | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管<br>（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<br>（本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。） |
|  | スナッバ |
|  | 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)<br>（＊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，Ｓｓ機能維持の範囲はＳｓ地震動による変位量のみを記載する。） |
| | 注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。 |

| 鳥瞰図 | APFS-R-2(SA)(1/4) |
|---|---|

| 鳥瞰図 | APFS-R-2(SA)(2/4) |
|---|---|

| 鳥瞰図 | APFS-R-2(SA)(3/4) |
|---|---|

| 鳥瞰図 | APFS-R-2(SA)(4/4) |
|---|---|

| | |
|---|---|
| 鳥瞰図 | MUW-R-1(SA)(1/2) |

| 鳥瞰図 | MUW-R-1(SA)(2/2) |
|---|---|

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称 | 設備名称 | 系統名称 | 施設分類*1 | 設備分類*2 | 機器等の区分 | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ*3, *4 | 許容応力状態*5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器安全設備 | ペデスタル代替注水系 | ＳＡ | 常設／緩和 | 重大事故等クラス２管 | — | $I_L$＋Ｓｓ | $IV_AS$ |
| | | | | | | | $II_L$＋Ｓｓ | |
| | | | | | | | $V_L$(Ｌ)＋Ｓｄ *6～*8 | $V_AS$ |
| | | | | | | | $V_L$(ＬＬ)＋Ｓｓ *6, *9 | |
| | | | | | | | $V_L$＋Ｓｓ *10 | |

注記＊1：ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

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

＊4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

＊5：許容応力状態$V_AS$は許容応力状態$IV_AS$の許容限界を使用し，許容応力状態$IV_AS$として評価を実施する。

＊6：原子炉格納容器バウンダリのみにおいて考慮する。

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

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

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

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

3.3　設計条件

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

鳥　瞰　図　APFS-R-2

| 管番号 | 対応する評価点 | 最高使用圧力(MPa) | 最高使用温度(℃) | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 材料 | 耐震重要度分類 | 縦弾性係数(MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1F～2 | 2.45 | 66 | 165.2 | 7.1 | SUS304TP | — | 193867 |
| 2 | 3～7,8～17S | 2.45 | 66 | 114.3 | 6.0 | SUS304TP | — | 193867 |
| 3 | 17S～827,828～112A<br>829～144 | 2.45 | 66 | 114.3 | 6.0 | SUS304TP | — | 193667 |
| 4 | 145～146F | 2.45 | 66 | 165.2 | 7.1 | SUS304TP | — | 193667 |

フランジ部の質量

鳥　瞰　図　APFS-R-2

| 質量 | 対応する評価点 |
|---|---|
| [redacted] | 1F, 146F |

弁部の質量

鳥　瞰　図　APFS-R-2

| 質量 | 対応する評価点 | 質量 | 対応する評価点 |
|---|---|---|---|
| [redacted] | 7～8 | [redacted] | 827～828 |

弁部の寸法

鳥　瞰　図　APFS-R-2

| 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7～8 | [redacted] | | [redacted] | 827～828 | [redacted] | | [redacted] |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　APFS-R-2

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数(N/mm) | | | 各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 4 | | | | | | |
| 6001 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 43 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 54 | | | | | | |
| 62 | | | | | | |
| 69 | | | | | | |
| 74 | | | | | | |
| 822 | | | | | | |
| 8261 | | | | | | |
| 93 | | | | | | |
| 102 | | | | | | |
| 112A | | | | | | |
| 1130 | | | | | | |
| 120 | | | | | | |
| 127 | | | | | | |
| 138 | | | | | | |
| 142 | | | | | | |

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　MUW-R-1

| 管番号 | 対応する評価点 | 最高使用圧力(MPa) | 最高使用温度(℃) | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 材料 | 耐震重要度分類 | 縦弾性係数(MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1A～20,103～123A | 2.45 | 66 | 114.3 | 6.0 | SUS304TP | — | 193667 |
| 2 | 21～36,26～102 | 1.37 | 66 | 114.3 | 6.0 | SUS304TP | — | 193667 |
| 3 | 36～37 | 1.37 | 66 | 114.3 | 6.0 | STPT410 | — | 201667 |
| 4 | 38～44 | 1.37 | 66 | 89.1 | 5.5 | STPT410 | — | 201667 |
| 5 | 44～45 | 1.37 | 66 | 89.1 | 5.5 | STPG370 | — | 201667 |
| 6 | 46～57 | 0.93 | 200 | 89.1 | 5.5 | SUS304TP | — | 191800 |
| 7 | 57～59 | 0.93 | 200 | 114.3 | 6.0 | SUS304TP | — | 191800 |

配管の付加質量

鳥　瞰　図　MUW-R-1

| 質量 | 対応する評価点 |
|---|---|
| [redacted] | 21～36,57～59,26～102 |
| [redacted] | 36～37,38～45 |
| [redacted] | 46～57 |

弁部の質量

鳥　瞰　図　MUW-R-1

| 質量 | 対応する評価点 | 質量 | 対応する評価点 |
|---|---|---|---|
| [redacted] | 20～21, 102～103 | [redacted] | 45, 46 |
| [redacted] | 4501 | [redacted] | 4502 |
| [redacted] | 4504 | | |

弁部の寸法

鳥　瞰　図　MUW-R-1

| 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20～21 | | | | 45～4501 | | | |
| 4501～4502 | | | | 4502～4503 | | | |
| 4503～4504 | | | | 4501～46 | | | |
| 102～103 | | | | | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　MUW-R-1

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数(N/mm) | | | 各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 1A | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 4503 | | | | | | |
| 47 | | | | | | |
| 64N | | | | | | |
| ** 64N ** | | | | | | |
| | | | | | | |
| ** 64N ** | | | | | | |
| | | | | | | |
| 104 | | | | | | |
| 113 | | | | | | |
| 123A | | | | | | |

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 (℃) | 許容応力 (MPa) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Ｓｍ | Ｓｙ | Ｓｕ | Ｓ |
| SUS304TP | 66 | ― | 188 | 479 | ― |
| STPT410 | 66 | ― | 231 | 407 | ― |
| STPG370 | 66 | ― | 189 | 357 | ― |
| SUS304TP | 200 | ― | 144 | 402 | ― |

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

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」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅥ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図 | 建物・構築物 | 標高 | 減衰定数(%) | 等価繰返し回数 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ｓｄ | Ｓｓ |
| APFS-R-2 | 原子炉建物 | | | | |
| MUW-R-1 | 原子炉建物 | | | | |

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 APFS-R-2

| 適用する地震動等 | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 | | | | |
| 11 次 | | | | |
| 動 的 震 度*3 | | | | |

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

＊2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動Ｓｓ)より得られる震度

＊3：設計用震度Ⅱ(基準地震動Ｓｓ)

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　APFS-R-2

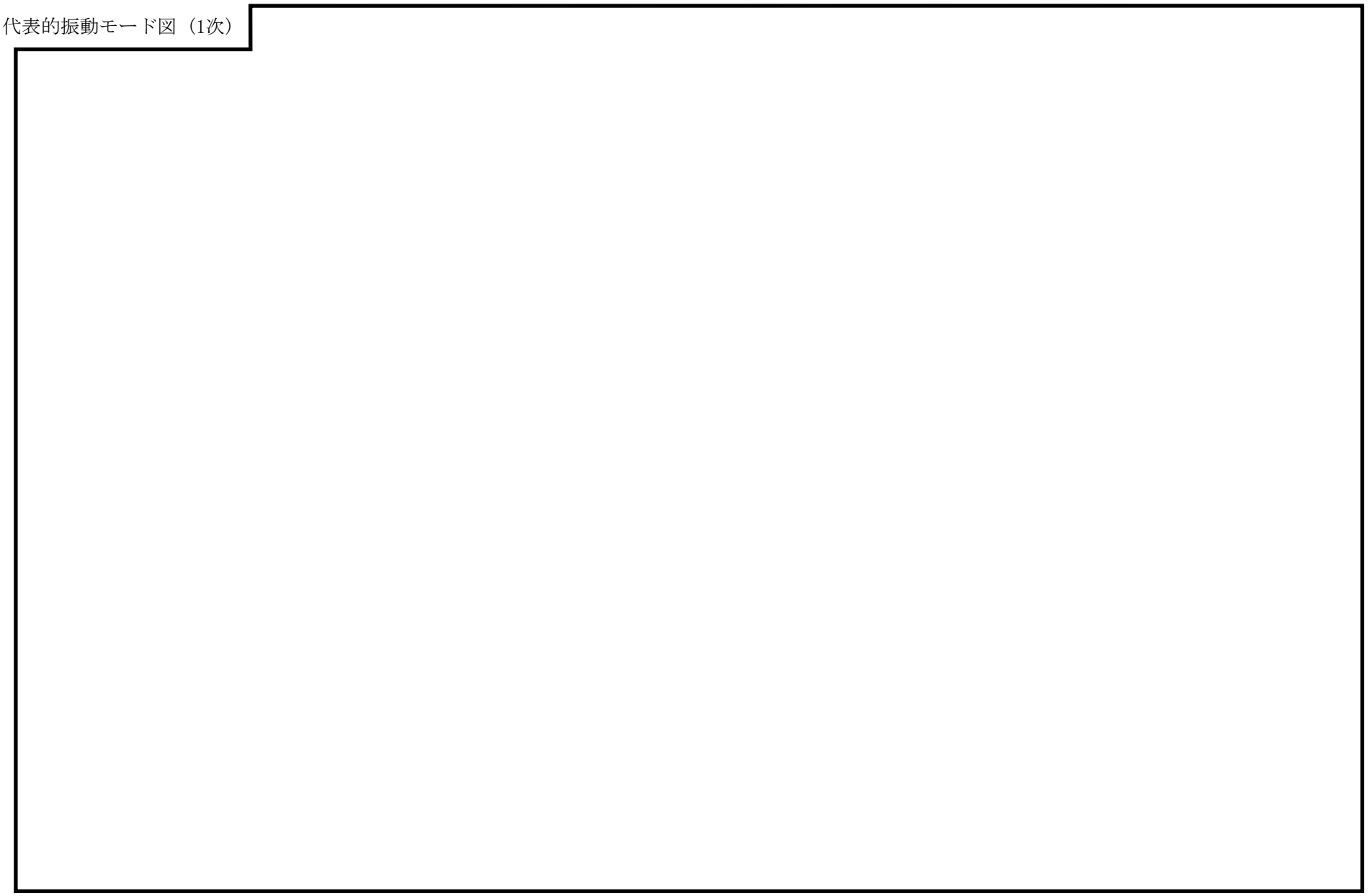
| モード | 固　有　周　期 (s) | 刺　激　係　数* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |
| 8 次 | | | | |
| 11 次 | | | | |

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

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）



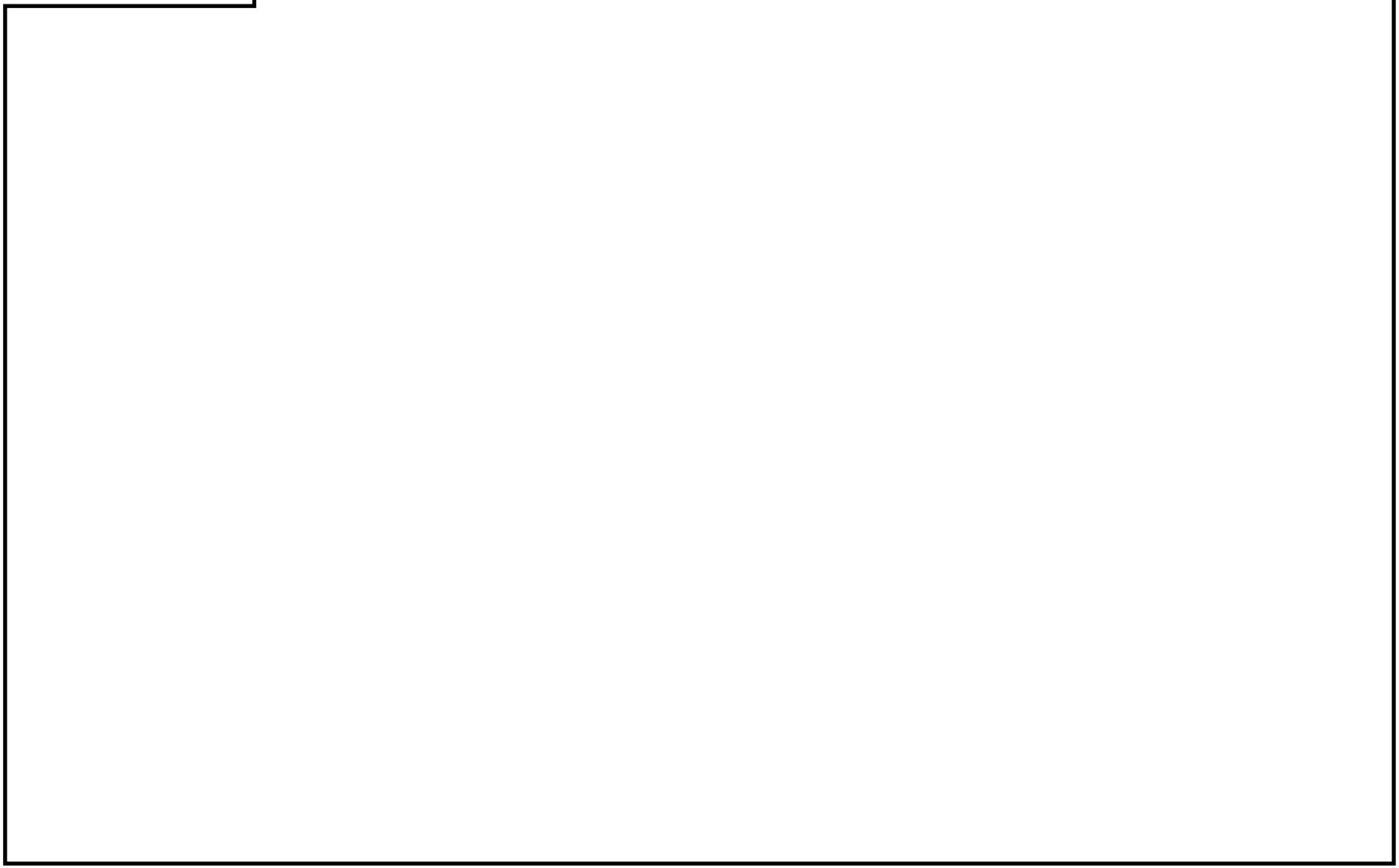
| 鳥瞰図 | ＡＰＦＳ－Ｒ－２ |
|---|---|

代表的振動モード図（2次）



| 鳥瞰図 | ＡＰＦＳ－Ｒ－２ |
|---|---|

代表的振動モード図（3次）



| 鳥瞰図 | ＡＰＦＳ－Ｒ－２ |
|---|---|

固有周期及び設計震度

鳥　瞰　図　MUW-R-1

| 適用する地震動等 | | 基準地震動Ｓｓ | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 | | | | |
| 動 的 震 度*3 | | | | |

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

＊2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動Ｓｓ)より得られる震度

＊3：設計用震度Ⅱ(基準地震動Ｓｓ)

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　MUW-R-1

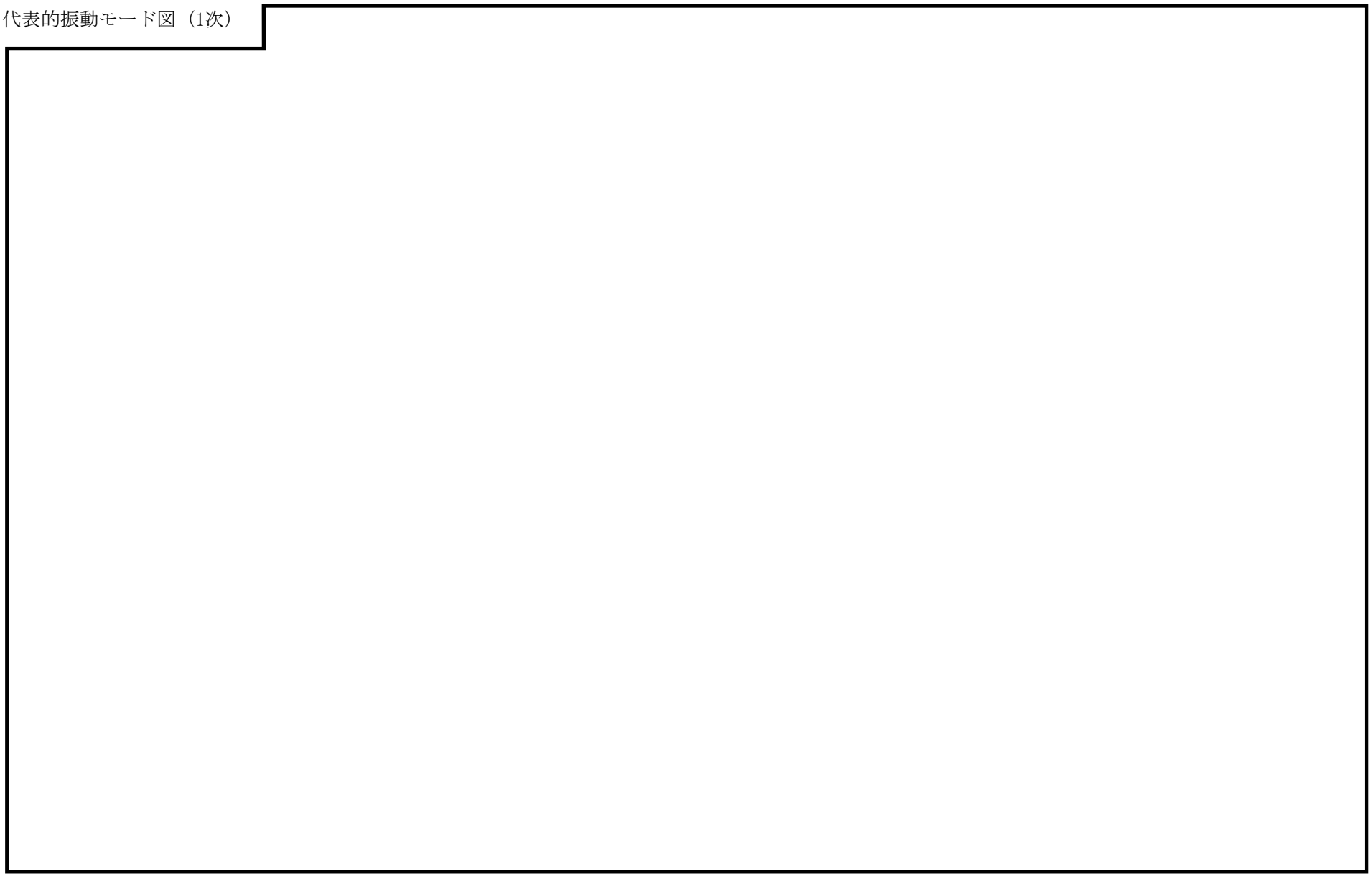
| モード | 固　有　周　期 (s) | 刺　激　係　数* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |

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

代表的振動モード図

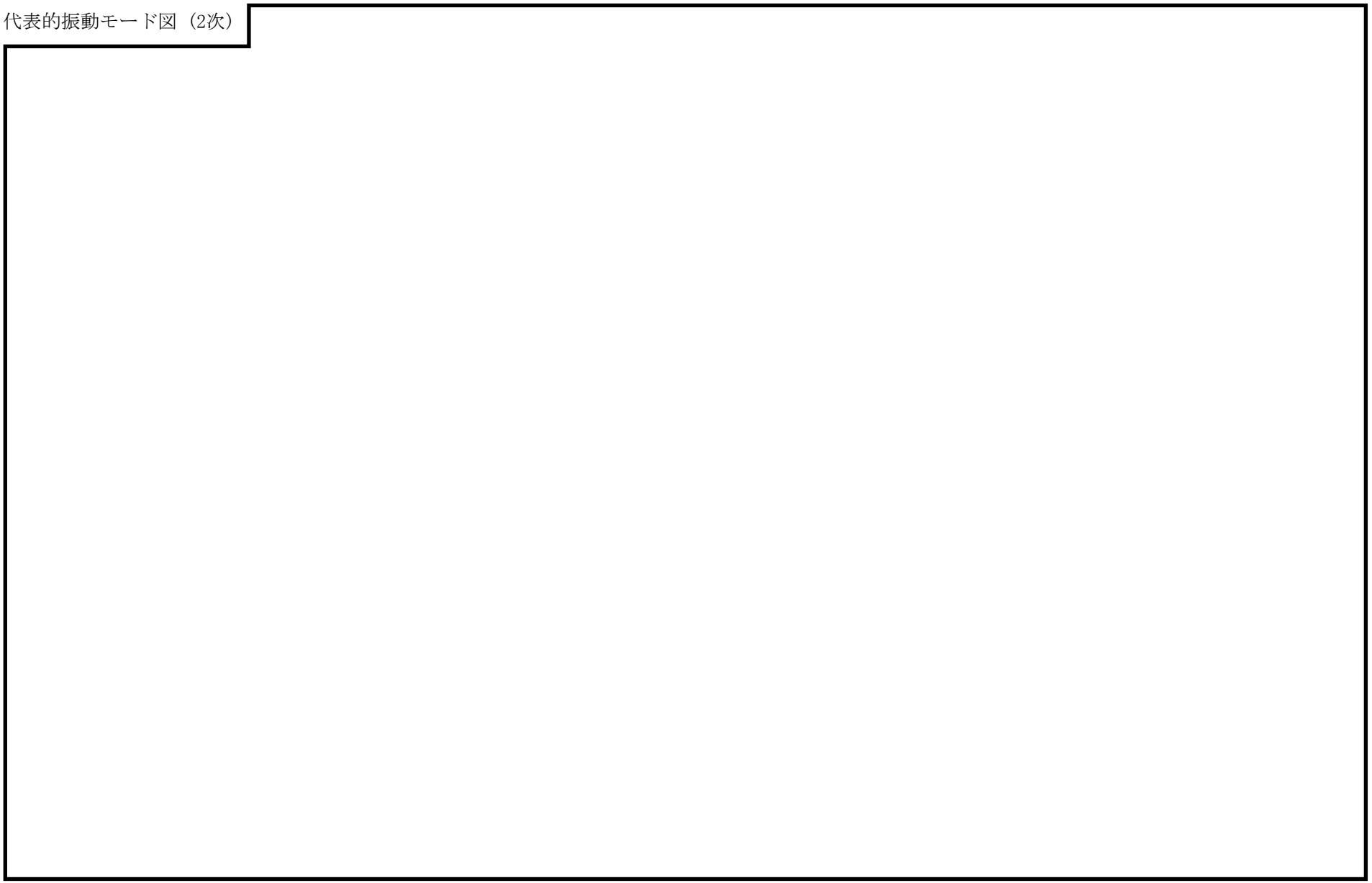
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



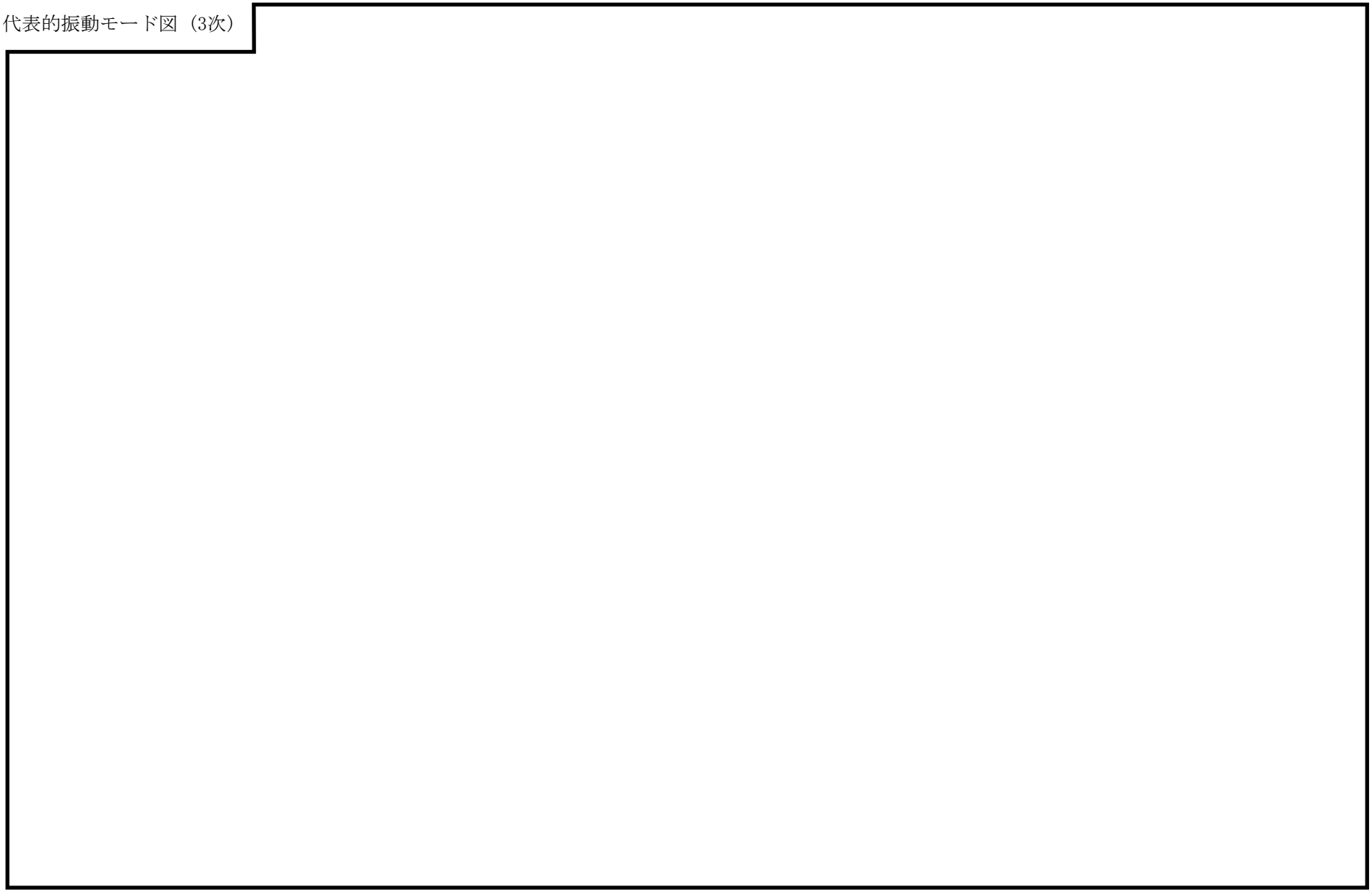
| 鳥瞰図 | ＭＵＷ－Ｒ－１ |
|---|---|

代表的振動モード図（2次）



| 鳥瞰図 | MUW－R－1 |
|---|---|

代表的振動モード図（3次）



| 鳥瞰図 | MUW－R－1 |
|---|---|

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管

| 許容応力状態 | 最大応力区分(許容応力) | 鳥瞰図番号 | 最大応力評価点 | 応力評価 | | 疲労評価 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 疲労累積係数 |
| ＶＡＳ | 一次応力(0.9・Ｓｕ) | APFS-R-2 | 139 | 156 | 431 | ― |
| | 一次＋二次応力(2・Ｓｙ) | MUW-R-1 | 57 | 206 | 288 | ― |

注：許容応力状態ⅣＡＳの評価が許容応力状態ＶＡＳの評価に包絡されるため，許容応力状態ⅣＡＳの評価記載を省略する。

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度(℃) | 評価結果 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 計算荷重(kN) | 許容荷重(kN) | |
| | | | | | | 一次評価*1 | 二次評価*2 |
| — | メカニカルスナッバ | — | VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照 | | — | — | — |
| — | オイルスナッバ | — | | | — | — | — |
| RE-MUW-6-1 | ロッドレストレイント | RSA-06 | | | 3 | 10.8 | — |
| — | 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，ＪＥＡＧ４６０１に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお，一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度(℃) | 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) |
| | | | | | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | | | |
| RE-APFS-27 | レストレイント | Uボルト | SM400B | 66 | 15 | 4 | 0 | — | — | — | 組合せ | 101 | 155 |
| AN-APFS-65 | アンカ | ラグ | SUS304 | 100 | 6 | 6 | 4 | 3 | 6 | 6 | 引張 | 65 | 132 |

4.2.3　弁の動的機能維持の評価結果

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

| 弁番号 | 形式 | 要求機能*1 | 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s$^2$) | | 機能確認済加速度 (×9.8m/s$^2$) | | 動作機能確認済加速度*2 (×9.8m/s$^2$) | | 構造強度評価結果*2 (MPa) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水平 | 鉛直 | 水平 | 鉛直 | 水平 | 鉛直 | 評価部位 | 応力分類 | 計算応力 | 許容応力 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

注記＊1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。
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
α（Ｓｄ）：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
β（Ｓｄ）：弾性設計用地震動Ｓｄ後に動的機能が要求されるもの
＊2：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，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ことを確認する。なお，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下の場合は「—」と記載する。

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。

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：許容応力状態ⅣＡＳの評価が許容応力状態ＶＡＳの評価に包絡されるため，許容応力状態ⅣＡＳの評価記載を省略する。