

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | |
|-----------------------|-------------------|
| 女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 02-工-B-19-0148_改1 |
| 提出年月日 | 2021年7月27日 |

VI-2-11-2-12 耐火隔壁の耐震性についての計算書

O 2 ③ VI-2-11-2-12 R 2

2021年7月
東北電力株式会社

まえがき

本書は、工事計画認可申請書に添付する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち耐火隔壁の耐震計算について、説明するものである。

本書は、以下により構成される。

- (1) 耐火隔壁（制御盤）の耐震性についての計算書
- (2) 耐火隔壁（計装ラック）の耐震性についての計算書

(1) 耐火隔壁（制御盤）の耐震性についての計算書

目次

| | | |
|-------|------------------|----|
| 1. | 概要 | 1 |
| 2. | 一般事項 | 2 |
| 2.1 | 配置概要 | 2 |
| 2.2 | 構造計画 | 3 |
| 2.3 | 評価方針 | 4 |
| 2.4 | 適用規格・基準等 | 5 |
| 2.5 | 記号の説明 | 6 |
| 2.6 | 計算精度の数値の丸め方 | 8 |
| 3. | 評価部位 | 9 |
| 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 | 9 |
| 4.3 | 解析モデル及び諸元 | 12 |
| 4.4 | 固有周期 | 14 |
| 4.4.1 | 耐火隔壁（制御盤） | 14 |
| 4.5 | 設計用地震力 | 16 |
| 4.6 | 計算方法 | 17 |
| 4.6.1 | フレーム部材の応力計算方法 | 17 |
| 4.6.2 | 基礎ボルトの計算方法 | 17 |
| 4.7 | 計算条件 | 18 |
| 4.8 | 応力の評価 | 18 |
| 4.8.1 | フレーム部材の応力評価 | 18 |
| 4.8.2 | 基礎ボルトの応力評価 | 19 |
| 5. | 評価結果 | 20 |
| 5.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 20 |

1. 概要

本計算書は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、耐火隔壁が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

耐火隔壁（制御盤）は、制御建屋に設置する。耐火隔壁（制御盤）の設置位置を図 2-1 に示す。

本資料では、図 2-1 に示す耐火隔壁（制御盤）の耐震性について示す。

対象とした耐火隔壁（制御盤）は、表 2-1 に示すように、上位クラス施設である制御盤の間に設置されており、耐火隔壁（制御盤）の転倒に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

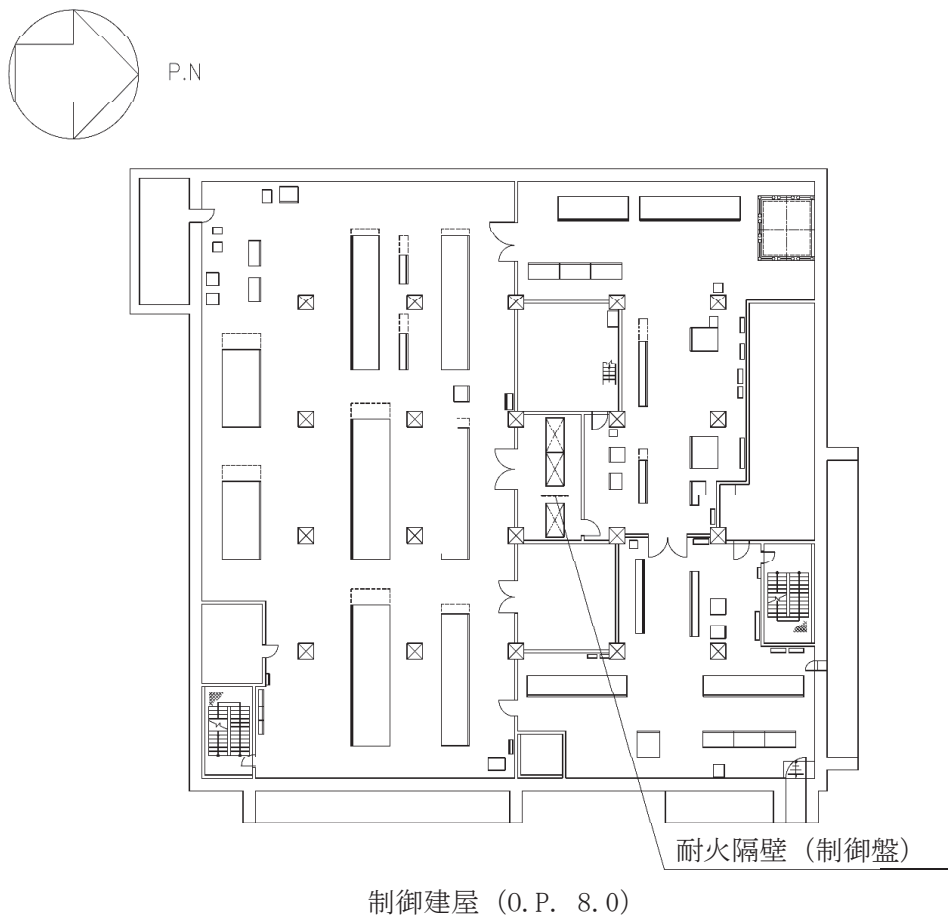


図 2-1 耐火隔壁（制御盤）の設置位置

2.2 構造計画

耐火隔壁（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 | |
| 耐火隔壁（制御盤）は、基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。 | 耐火隔壁（制御盤）を形成する耐火材は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。 | |

2.3 評価方針

耐火隔壁（制御盤）の応力評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す耐火隔壁の部位を踏まえ、「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。

耐火隔壁の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

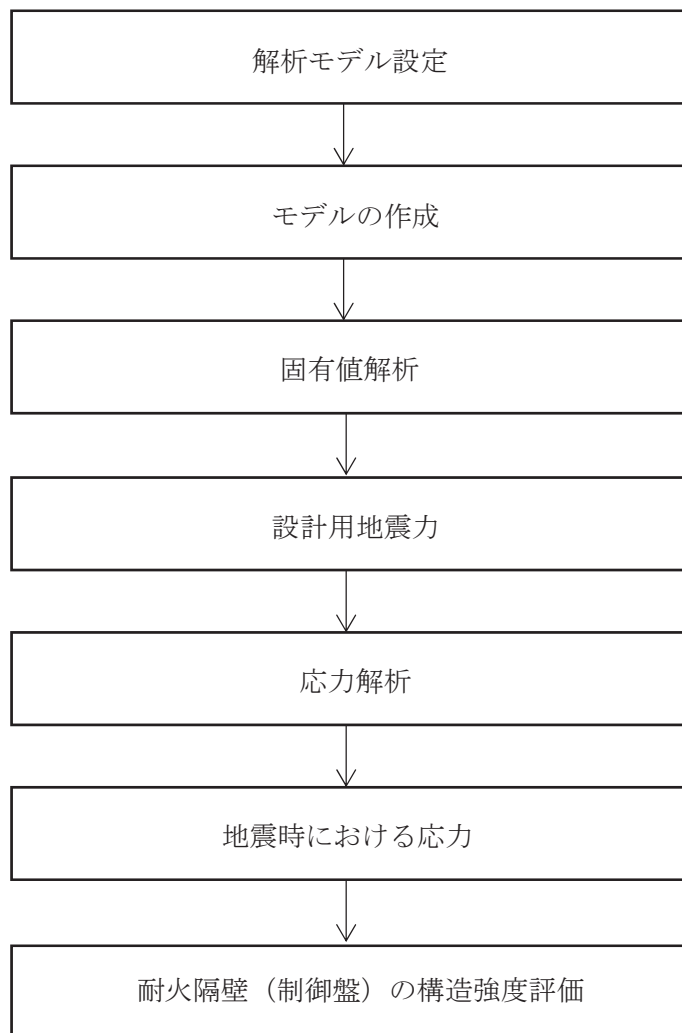


図 2-2 耐火隔壁（制御盤）の耐震評価フロー

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 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
- ・ J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
- ・ 鋼構造設計基準 一許容応力度設計法一（日本建築学会，2005）
- ・ 日本産業規格（J I S）

2.5 記号の説明

表 2-2 耐火隔壁 (制御盤) の応力評価に用いる記号の定義 (1/2)

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---------------|--------------------------|---------|
| A_{rea} | R_1 軸方向の力を受けるフレームの断面積 | mm^2 |
| A_{s1} | R_2 軸方向の力を受けるフレームの断面積 | mm^2 |
| A_{s2} | R_3 軸方向の力を受けるフレームの断面積 | mm^2 |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| 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 | — |
| E | フレームの縦弾性係数 | MPa |
| F^* | 設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値 | MPa |
| σ_a | フレームに生じる組合せ応力 | MPa |
| σ_b | フレームに生じる曲げ応力 | MPa |
| τ_s | フレームに生じるせん断応力 | MPa |
| σ_t | フレームに生じる引張応力 | MPa |
| F_b | 基礎ボルトに作用する引張力(1 本あたり) | N |
| Q_b | 基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| τ_{bs} | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |
| σ_{bt} | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| f_b | 許容曲げ応力 | MPa |
| f_s | 許容せん断応力 | MPa |
| f_t | 許容引張応力 | MPa |
| f_{ts} | せん断応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 | MPa |
| f_{to} | ボルトの許容引張応力 | MPa |
| f_{sb} | ボルトの許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度 (=9.80665) | m/s^2 |
| L | 基礎ボルト間の距離 | mm |

表 2-2 耐火隔壁 (制御盤) の応力評価に用いる記号の定義 (2/2)

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|----------|--|--------------|
| M_1 | R_1 軸廻りのモーメント | $N \cdot mm$ |
| M_2 | R_2 軸廻りのモーメント | $N \cdot mm$ |
| M_3 | R_3 軸廻りのモーメント | $N \cdot mm$ |
| n | 固定端 1 箇所あたりの基礎ボルトの本数 | — |
| n_f | 評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数 | — |
| R_1 | R_1 軸方向の力 | N |
| R_2 | R_2 軸方向の力 | N |
| R_3 | R_3 軸方向の力 | 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 |
| Z_1 | R_3 軸廻りのモーメント M_3 を受けるフレームの断面係数 | mm^3 |
| Z_2 | R_2 軸廻りのモーメント M_2 を受けるフレームの断面係数 | mm^3 |
| Z_{p1} | R_2 軸方向の応力を組合せる時のモーメント M_1 を受けるねじり断面係数 | mm^3 |
| Z_{p2} | R_3 軸方向の応力を組合せる時のモーメント M_1 を受けるねじり断面係数 | mm^3 |

2.6 計算精度の数値の丸め方

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 に示すとおりとする。

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 |
|-------|-----------------|------------|------|------------|
| 縦弾性係数 | MPa | 有効数字 4 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 3 桁 |
| 断面係数 | mm ³ | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 断面積 | mm ² | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 寸法 | mm | 公称寸法を採用 | | |
| 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 |
| 温度 | ℃ | 小数点以下第 1 位 | 四捨五入 | 整数 |
| モーメント | N・mm | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 力 | N | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 降伏点 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |
| 許容応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ | 整数位 |
| 裕度 | — | 小数点以下第 3 位 | 切捨て | 小数点以下第 2 位 |

3. 評価部位

耐火隔壁（制御盤）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるフレーム部材および基礎ボルトについて実施する。耐火隔壁（制御盤）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 耐火隔壁（制御盤）を形成する耐火材は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。
- (2) 地震力は、耐火隔壁（制御盤）に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとし、組み合わせるものとする。
- (3) 動的地震力による解析は固有周期解析の結果、1次固有振動数が 20Hz 以上の場合は剛構造として 1.2ZPA の加速度を静的に作用させた静的解析を行い、20Hz 未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

耐火隔壁（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 に示す。

4.2.2 許容応力

耐火隔壁（制御盤）の許容応力は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

耐火隔壁（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 4-3 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 |
|------|-----------|---------|--------|-----------------------|------------------|
| その他 | 耐火隔壁（制御盤） | C | —* | $D + P_D + M_D + S_s$ | IV _{AS} |

注記*：その他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（その他支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界 ^{*1, *3} (ボルト以外) | | | 許容限界 ^{*2} (ボルト) | |
|------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| | 一次応力 | | | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 | 曲げ | 引張り | せん断 |
| IV _{AS} | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_s^*$ | $1.5 \cdot f_b^*$ | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_s^*$ |

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。

*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。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|-------|--------|--------------|--|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | フレーム部材 | | 周囲環境温度 | 40 | — | 245 |
| 基礎ボルト | 周囲環境温度 | 40 | | — | 215 | 400 | — |

4.3 解析モデル及び諸元

耐火隔壁（制御盤）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【耐火隔壁（制御盤）の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 耐火隔壁（制御盤）を構成するフレーム部材をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 拘束条件は、ベースプレート固定基礎ボルト位置において完全拘束とする。
- (3) モデルの全体重量については耐火材の重量を加味する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有周期及び荷重を求める。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-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・NX NASTRAN」に示す。

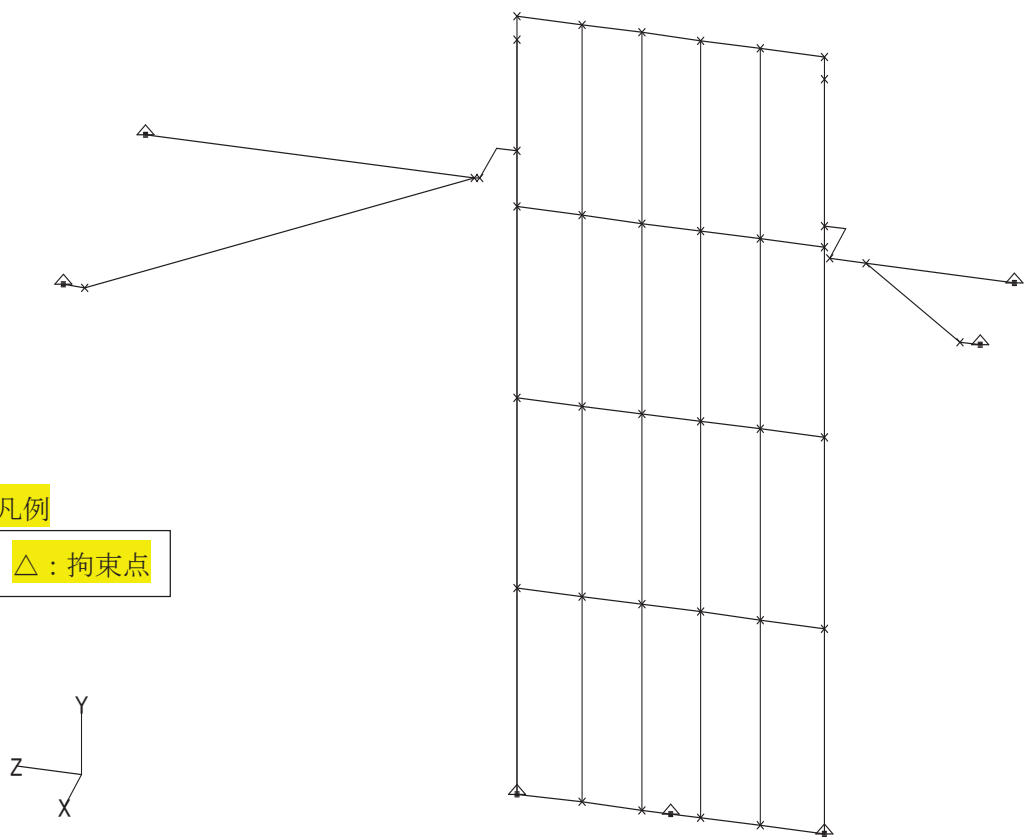


図 4-1 耐火隔壁（制御盤）解析モデル

4.4 固有周期

4.4.1 耐火隔壁（制御盤）

耐火隔壁（制御盤）の固有周期解析の結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期解析結果

| 方向 | 固有周期 (s) |
|----|-------------|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

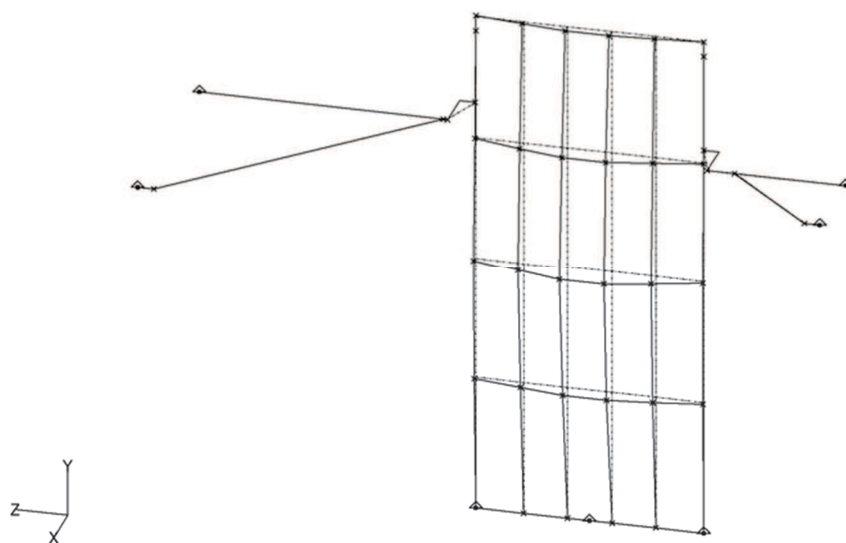


図 4-2 耐火隔壁（制御盤） 1次固有振動モード図（X方向）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

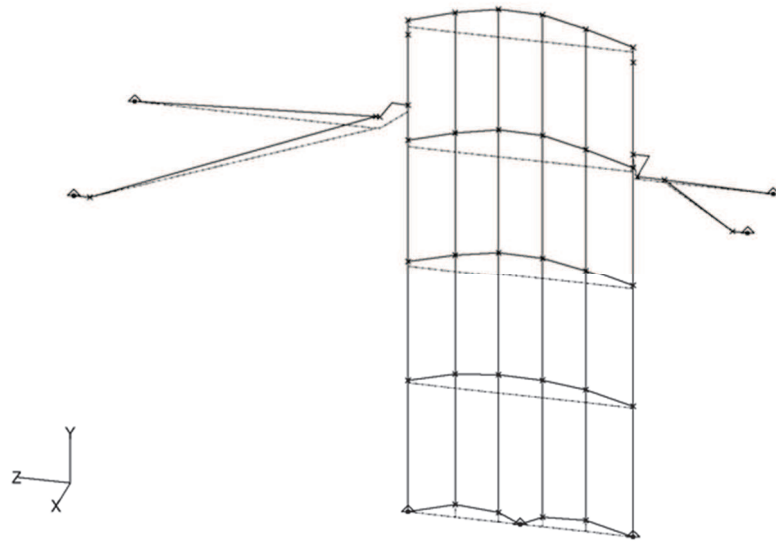


図 4-3 耐火隔壁（制御盤） 15 次固有振動モード図（Y 方向）

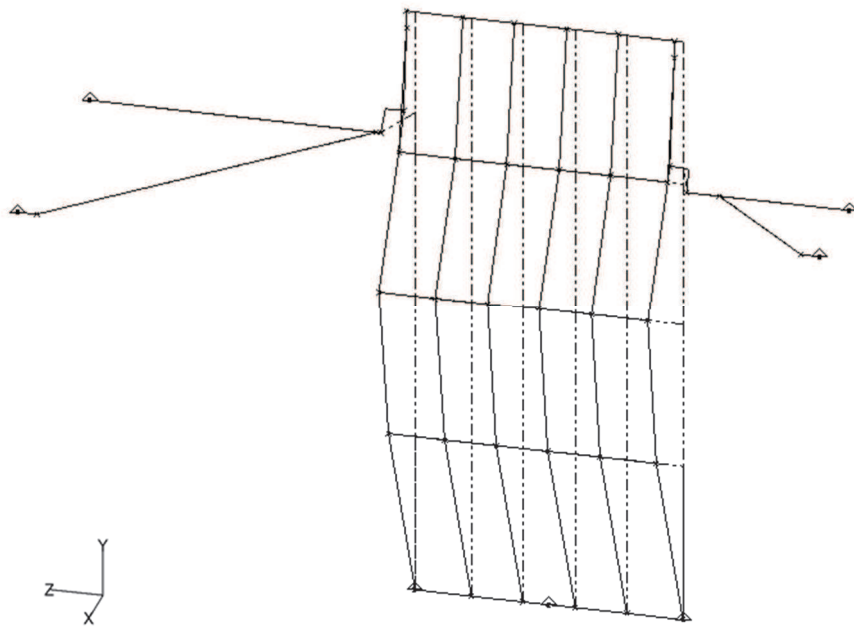


図 4-4 耐火隔壁（制御盤） 4 次固有振動モード図（Z 方向）

4.5 設計用地震力

設計用地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて示す耐火隔壁設置位置の上階下階のうちいずれか大きい方の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。応答加速度から算出した設計震度を表 4-5 に示す。

表 4-5 地震荷重の算出に用いる設計震度

| 設置場所及び床面高さ (m) | | 設計震度 | |
|-------------------|--|--------------------|--------------------|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 |
| 制御建屋 | O.P. 8.0 (O.P. 15.0 ^{*1}) | 2.25 ^{*2} | 1.39 ^{*2} |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：耐火隔壁（制御盤）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定されるため、設置床上下階のうちいずれか大きい方の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。

4.6 計算方法

4.6.1 フレーム部材の応力計算方法

モデルを用いて解析を行い、フレーム部材に生じる引張応力、せん断応力、曲げ応力ならびに組合せ応力が、許容応力以下となることを確認する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{R_1}{A_{rea}}$$

せん断応力

$$\tau_s = \text{Max} \left[\left(\frac{R_2}{A_{s1}} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left(\frac{R_3}{A_{s2}} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right]$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1}$$

組合せ応力

$$\sigma_a = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau_s^2}$$

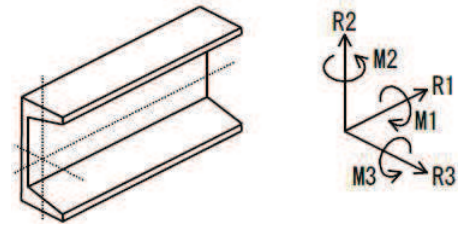


図4-5 フレーム部材応力評価方向

4.6.2 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトに生じる引張応力、せん断応力並びに組合せ応力が、許容応力以下となることを確認する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

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。

せん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{Q_b}{n A_b}$$

4.7 計算条件

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

4.8 応力の評価

4.8.1 フレーム部材の応力評価

4.6.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_t 以下であること。

| | 基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 |
|------------------|--|
| 許容引張応力 f_t | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_s | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |
| 許容曲げ応力 f_b | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |

4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_{bt} は許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bs}, f_{to}]$$

せん断応力 τ 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。

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

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

耐火隔壁（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ていることにより波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(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。

【耐火隔壁（制御盤）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) | | 基準地震動 S_s | | 周辺環境温度 (°C) |
|---------------|---------|-----------------------------------|----------|------|-----------------|-----------------|----------------|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 耐火隔壁 (制御盤) | C | 制御建屋 O.P. 8.0 (O.P. 15.0*1) | | | $C_H=2.25^{*2}$ | $C_V=1.39^{*2}$ | 40 |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：耐火隔壁（制御盤）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定されるため、設置床上下階のうちいずれか大きい方の階の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。

1.2 機器要目

1.2.1 フレーム部材

| 部材 | E (MPa) | S_y (MPa) | S_u (MPa) | F^* (MPa) | A_{rea} (mm ²) | Z_1 (mm ³) | Z_2 (mm ³) | A_{s1} (mm ²) | A_{s2} (mm ²) | Z_{p1} (mm ³) | Z_{p2} (mm ³) |
|----|------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.2 基礎ボルト

| 部材 | E (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F* (MPa) | A _b (mm ²) | d (mm) | n | n _f | L (mm) |
|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|---|----------------|-----------|
| | | | | | | | | | |

1.3 計算数値

1.3.1 フレーム部材に作用する部材力

| 部材 | R ₁ (N) | R ₂ (N) | R ₃ (N) | M ₁ (N・mm) | M ₂ (N・mm) | M ₃ (N・mm) |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | | | | |

1.3.2 基礎ボルトに作用する発生力

| 部材 | F _b (N) | Q _b (N) |
|----|-----------------------|-----------------------|
| | | |

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

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

1.4.2 応力 (単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 基準地震動 S _s | |
|--------|----|-----------------|----------------------|------------------|
| | | | 算出応力 | 許容応力 |
| フレーム部材 | | 引張 | $\sigma_t = 5$ | $f_t = 280$ |
| | | せん断 | $\tau_s = 9$ | $f_s = 161$ |
| | | 曲げ | $\sigma_b = 33$ | $f_b = 280$ |
| | | 組合せ (引張+曲げ+せん断) | $\sigma_a = 41$ | $f_t = 280$ |
| 基礎ボルト | | 引張 | $\sigma_{bt} = 28$ | $f_{ts} = 154^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{bs} = 31$ | $f_{sb} = 119$ |

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bs}, f_{to}]$ より算出

(2) 耐火隔壁（計装ラック）の耐震性についての計算書

目次

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| 1. | 概要 | 1 |
| 2. | 一般事項 | 2 |
| 2.1 | 配置概要 | 2 |
| 2.2 | 構造計画 | 8 |
| 2.3 | 評価方針 | 10 |
| 2.4 | 適用規格・基準等 | 11 |
| 2.5 | 記号の説明 | 12 |
| 2.6 | 計算精度の数値の丸め方 | 14 |
| 3. | 評価部位 | 15 |
| 4. | 地震応答解析及び構造強度評価 | 15 |
| 4.1 | 地震応答解析及び構造強度評価方法 | 15 |
| 4.2 | 荷重の組合せ及び許容応力 | 15 |
| 4.2.1 | 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 15 |
| 4.2.2 | 許容応力 | 15 |
| 4.2.3 | 使用材料の許容応力評価条件 | 15 |
| 4.3 | 解析モデル及び諸元 | 19 |
| 4.4 | 固有周期 | 22 |
| 4.4.1 | 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | 22 |
| 4.4.2 | 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | 24 |
| 4.5 | 設計用地震力 | 26 |
| 4.6 | 計算方法 | 27 |
| 4.6.1 | フレーム部材の応力計算方法 | 27 |
| 4.6.2 | 基礎ボルトの計算方法 | 27 |
| 4.7 | 計算条件 | 28 |
| 4.8 | 応力の評価 | 28 |
| 4.8.1 | フレーム部材の応力評価 | 28 |
| 4.8.2 | 基礎ボルトの応力評価 | 29 |
| 5. | 評価結果 | 30 |
| 5.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 30 |
| 5.2 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 30 |

1. 概要

本計算書は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、耐火隔壁が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

耐火隔壁（計装ラック）は鋼製であり，原子炉建屋に設置する。耐火隔壁（計装ラック）の設置位置を図 2-1～図 2-5 に示す。

本資料では，図 2-1～図 2-5 に示す耐火隔壁のうち，構造強度評価の評価部位である基礎ボルトとフレーム部材においてそれぞれ最も裕度が厳しい耐火隔壁を代表として，耐震性について示す。

対象とした耐火隔壁（計装ラック）は，表 2-1 に示すように，上位クラス施設である計測装置の周囲に設置されており，耐火隔壁（計装ラック）の転倒に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

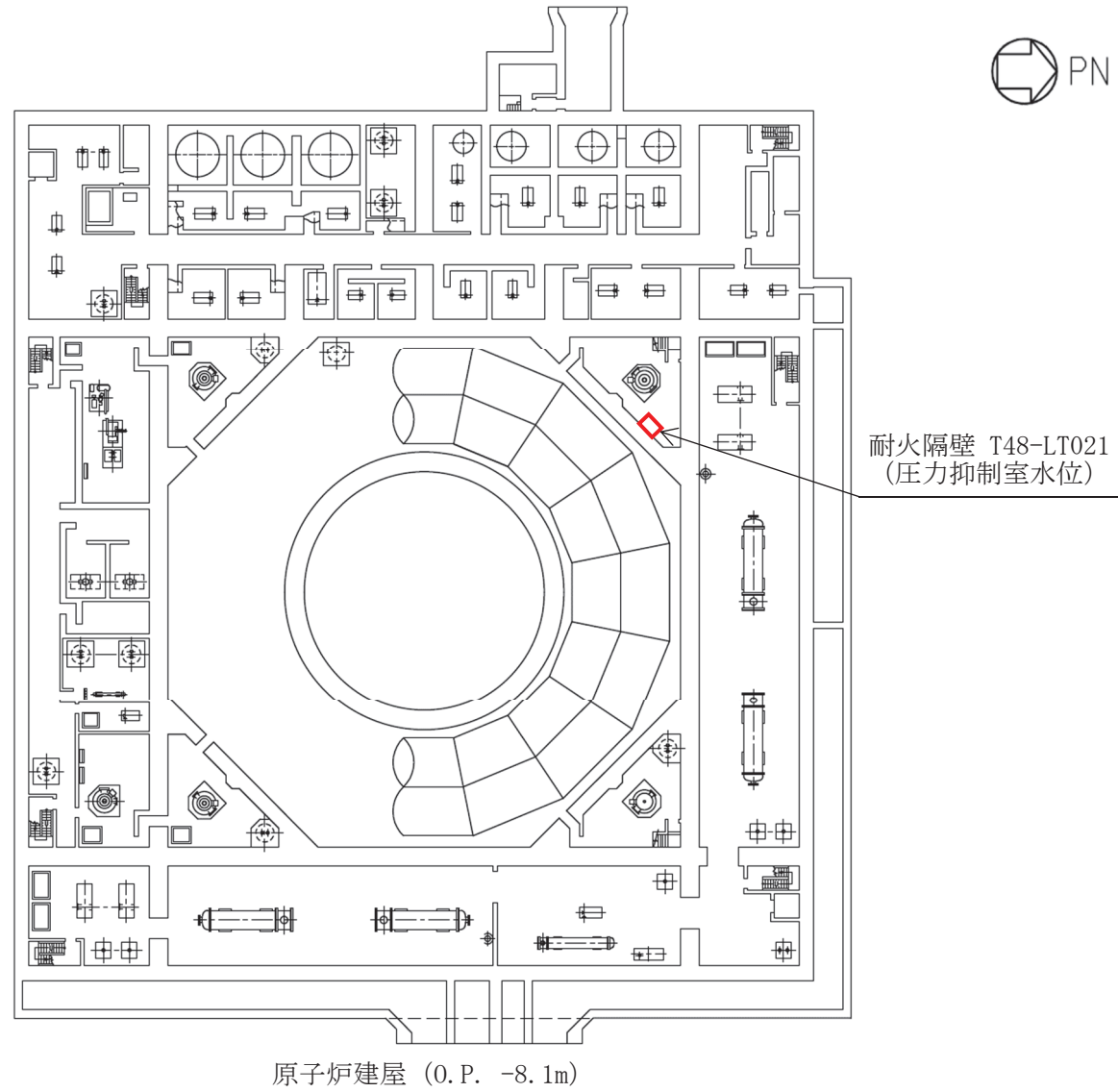


図 2-1 耐火隔壁 T48-LT021 (压力抑制室水位) の設置位置

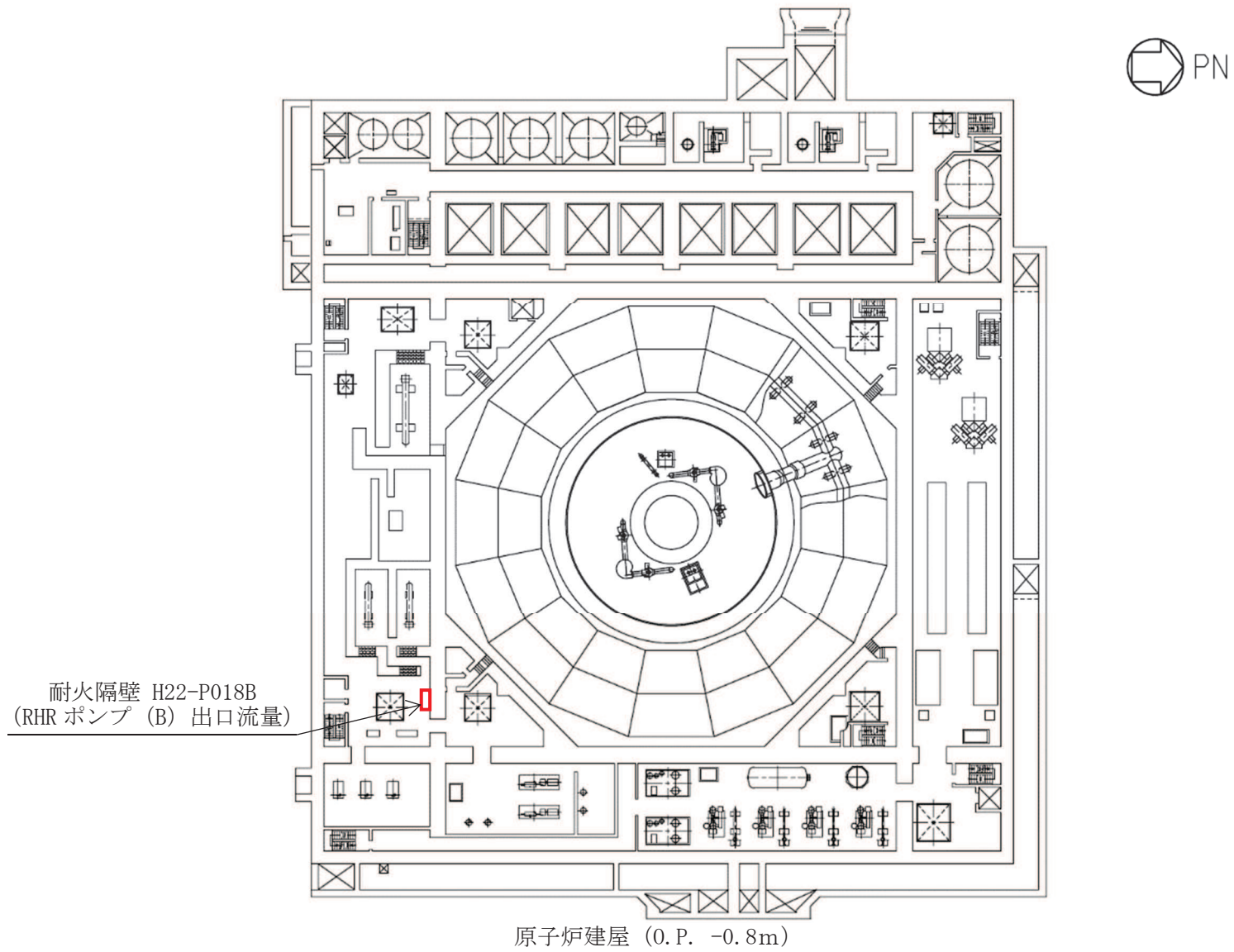


図 2-2 耐火隔壁 H22-P018B (RHR ポンプ (B) 出口流量) の設置位置

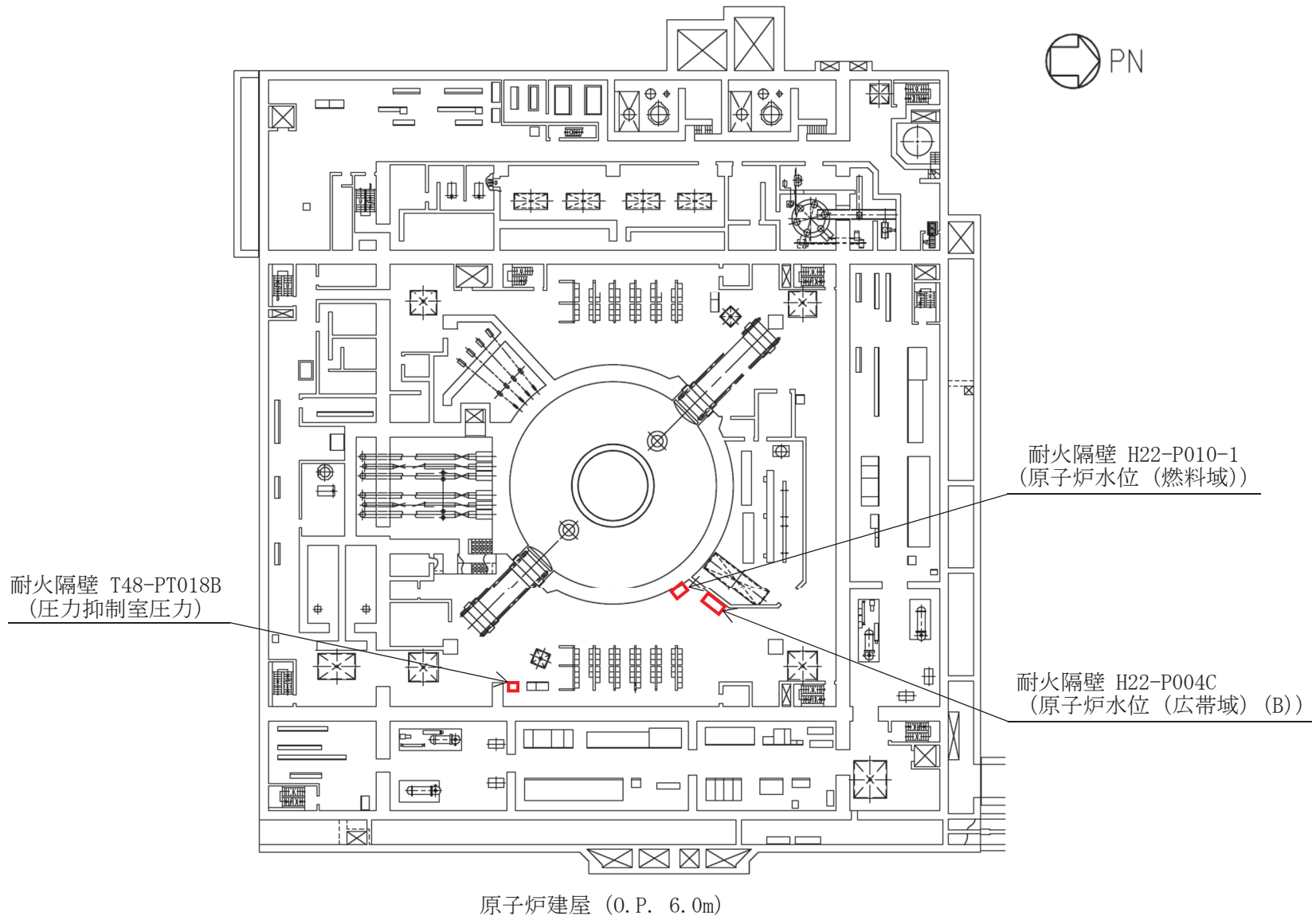
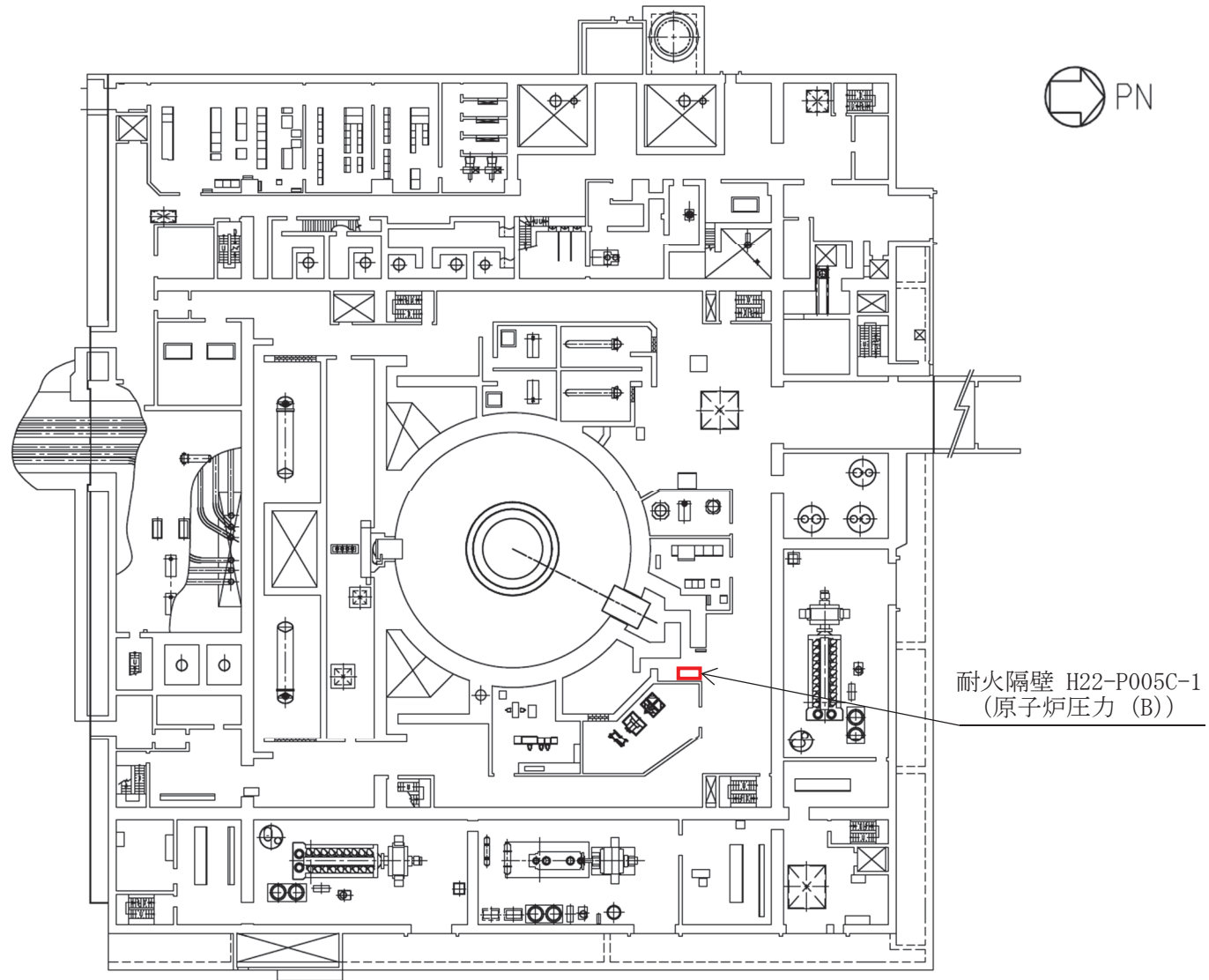
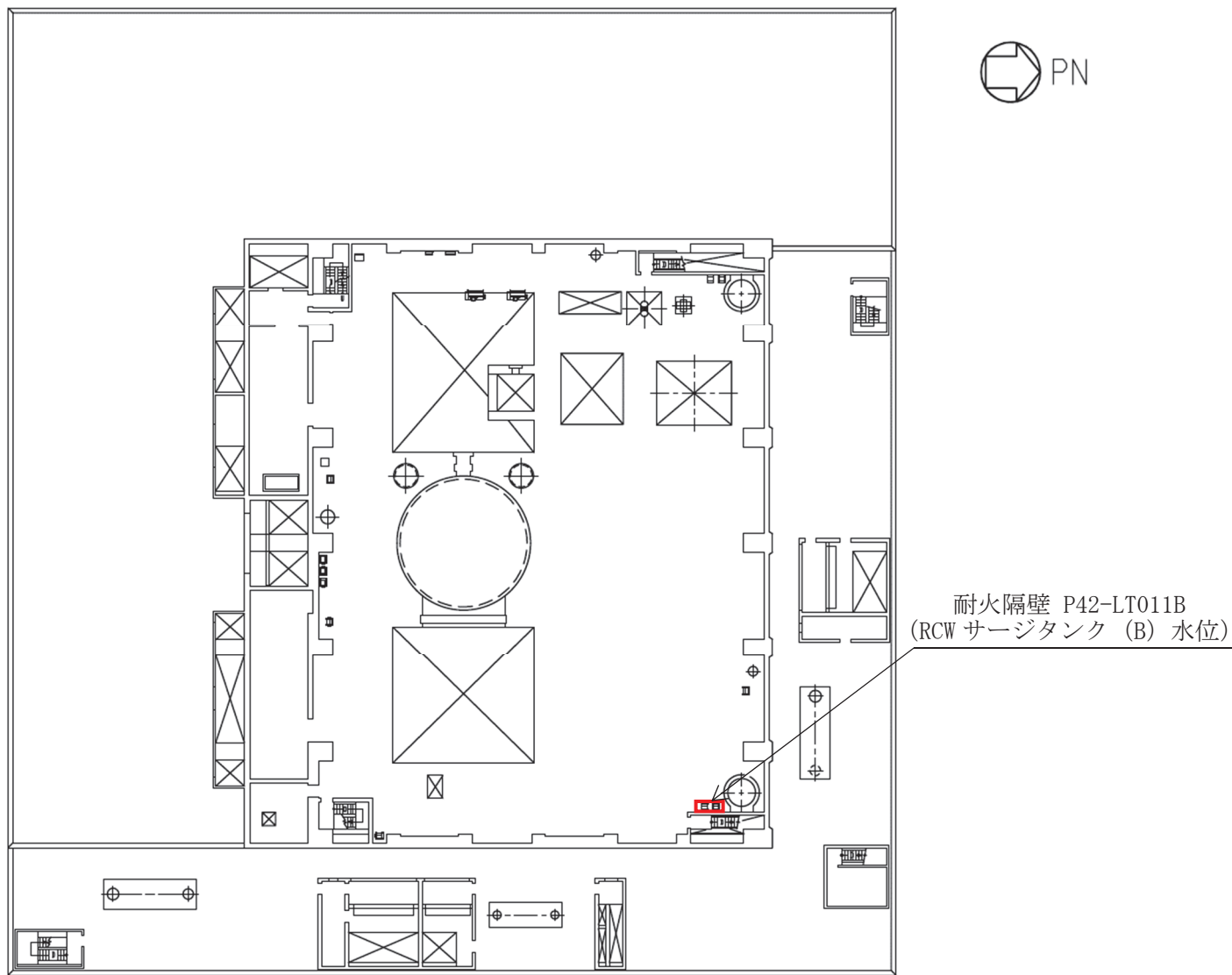


図 2-3 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)), H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)), T48-PT018B (压力抑制室压力) の設置位置



原子炉建屋 (O.P. 15.0m)

図 2-4 耐火隔壁 H22-P005C-1 (原子炉圧力 (B)) の設置位置



原子炉建屋 (O.P. 33.2m)

図 2-5 耐火隔壁 P42-LT011B (RCW サージタンク (B) 水位) の設置位置

2.2 構造計画

耐火隔壁（計装ラック）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画（1/2）

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|--|--------------------|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 耐火隔壁（計装ラック）は、基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。 | 耐火隔壁（計装ラック）を形成する鋼板（発泡性耐火被覆付）は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。 | <p>【H22-P004C】</p> |

表 2-1 構造計画 (2/2)

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|--|--|--|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 耐火隔壁 (計装ラック) は, 基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。 | 耐火隔壁 (計装ラック) を形成する鋼板 (発泡性耐火被覆付) は, 鋼製のフレーム部材により支持し, 鋼製のフレーム部材 (支柱) は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。 | <p>【H22-P010-1】</p> <p>基礎ボルト (メカニカルアンカ)</p> <p>フレーム</p> <p>平面図</p> <p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>1850</p> <p>2440</p> <p>(単位: mm)</p> |

2.3 評価方針

耐火隔壁（計装ラック）の応力評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す耐火隔壁の部位を踏まえ、「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。

耐火隔壁（計装ラック）の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

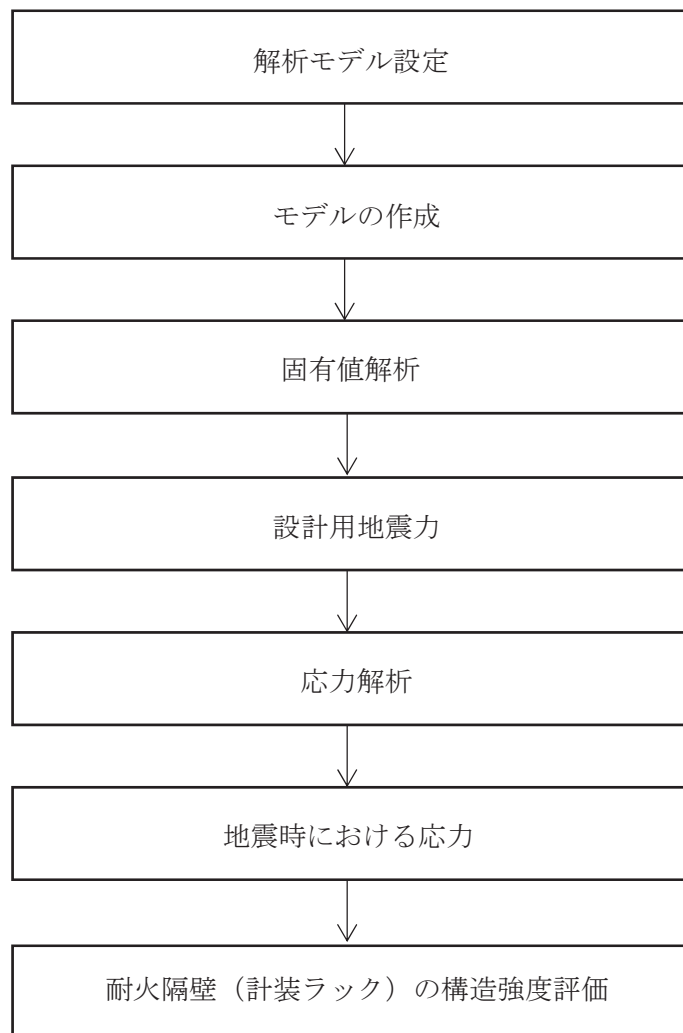


図 2-6 耐火隔壁（計装ラック）の耐震評価フロー

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 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
- ・ J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
- ・ 鋼構造設計基準 一許容応力度設計法一（日本建築学会，2005）
- ・ 日本産業規格（J I S）

2.5 記号の説明

表 2-2 耐火隔壁（計装ラック）の応力評価に用いる記号の定義（1/2）

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|----------------|--------------------------|---------|
| $A_{r e a}$ | R_1 軸方向の力を受けるフレームの断面積 | mm^2 |
| $A_{s 1}$ | R_2 軸方向の力を受けるフレームの断面積 | mm^2 |
| $A_{s 2}$ | R_3 軸方向の力を受けるフレームの断面積 | mm^2 |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| 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 | — |
| E | フレームの縦弾性係数 | MPa |
| F^* | 設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値 | MPa |
| σ_a | フレームに生じる組合せ応力 | MPa |
| σ_b | フレームに生じる曲げ応力 | MPa |
| τ_s | フレームに生じるせん断応力 | MPa |
| σ_t | フレームに生じる引張応力 | MPa |
| F_b | 基礎ボルトに作用する引張力(1 本あたり) | N |
| Q_b | 基礎ボルトに作用するせん断力 | N |
| $\tau_{b s}$ | 基礎ボルトに生じるせん断応力 | MPa |
| $\sigma_{b t}$ | 基礎ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| f_b | 許容曲げ応力 | MPa |
| f_s | 許容せん断応力 | MPa |
| f_t | 許容引張応力 | MPa |
| $f_{t s}$ | せん断応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{t o}$ | ボルトの許容引張応力 | MPa |
| $f_{s b}$ | ボルトの許容せん断応力 | MPa |
| g | 重力加速度 (=9.80665) | m/s^2 |
| L | 基礎ボルト間の距離 | mm |

表 2-2 耐火隔壁（計装ラック）の応力評価に用いる記号の定義（2/2）

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|----------|--|--------------|
| M_1 | R_1 軸廻りのモーメント | $N \cdot mm$ |
| M_2 | R_2 軸廻りのモーメント | $N \cdot mm$ |
| M_3 | R_3 軸廻りのモーメント | $N \cdot mm$ |
| n | 固定端 1 箇所あたりの基礎ボルトの本数 | — |
| n_{FH} | 評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数（水平方向） | — |
| n_{FV} | 評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数（鉛直方向） | — |
| R_1 | R_1 軸方向の力 | N |
| R_2 | R_2 軸方向の力 | N |
| R_3 | R_3 軸方向の力 | 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 |
| Z_1 | R_3 軸廻りのモーメント M_3 を受けるフレームの断面係数 | mm^3 |
| Z_2 | R_2 軸廻りのモーメント M_2 を受けるフレームの断面係数 | mm^3 |
| Z_{p1} | R_2 軸方向の応力を組合せる時のモーメント M_1 を受けるねじり断面係数 | mm^3 |
| Z_{p2} | R_3 軸方向の応力を組合せる時のモーメント M_1 を受けるねじり断面係数 | mm^3 |

2.6 計算精度の数値の丸め方

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 に示すとおりとする。

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 |
|-------|-----------------|------------|------|------------|
| 縦弾性係数 | MPa | 有効数字 4 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 3 桁 |
| 断面係数 | mm ³ | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 断面積 | mm ² | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 寸法 | mm | 公称寸法を採用 | | |
| 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 |
| 温度 | ℃ | 小数点以下第 1 位 | 四捨五入 | 整数 |
| モーメント | N・mm | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 力 | N | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 |
| 降伏点 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |
| 許容応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ | 整数位 |
| 裕度 | — | 小数点以下第 3 位 | 切捨て | 小数点以下第 2 位 |

3. 評価部位

耐火隔壁（計装ラック）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるフレーム部材および基礎ボルトについて実施する。耐火隔壁（計装ラック）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 耐火隔壁（計装ラック）は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定される。
- (2) 地震力は、耐火隔壁（計装ラック）に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとし、組み合わせるものとする。
- (3) 動的地震力による解析は固有周期解析の結果、1次固有振動数が 20Hz 以上の場合は剛構造として 1.2ZPA の加速度を静的に作用させた静的解析を行い、20Hz 未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

耐火隔壁（計装ラック）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

耐火隔壁（計装ラック）の許容応力は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

耐火隔壁（計装ラック）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。

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 |
|------|-----------------|---------|--------|-----------------------|-----------|
| その他 | 耐火隔壁 (計装ラック) | C | —* | $D + P_D + M_D + S_s$ | IV_{AS} |

注記*：その他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 | 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 |
|------|-----------------|---------|--------|-------------------------------|--|
| その他 | 耐火隔壁 (計装ラック) | — | —* | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる。) |

注記*：その他支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-3 許容応力（その他支持構造物及び重大事故その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *3 (ボルト等以外) | | | 許容限界*2 (ボルト等) | |
|---|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 一次応力 | | | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 | 曲げ | 引張り | せん断 |
| IV _{AS} | 1.5・f _t * 1.5・f _s * 1.5・f _b * | 1.5・f _s * | 1.5・f _b * | 1.5・f _t * | 1.5・f _s * |
| V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許 容限界を用いる。) | | | | | |

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

*2：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。

*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。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|--------|-------------------------|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | | | | | | |
| フレーム部材 | STKR400 | 周囲環境温度 | 40 | — | 245 | 400 | — |
| | SS400 (40mm<径≦100mm) | | | — | 215 | 400 | — |
| 基礎ボルト | SS400 (40mm<径≦100mm) | | | — | 215 | 400 | — |

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材 | 材料 | 温度条件 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|--------|-------------------------|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | | | | | | |
| フレーム部材 | STKR400 | 周囲環境温度 | 66 | — | 216 | 385 | — |
| | SS400 (40mm<径≦100mm) | | | — | 206 | 385 | — |
| 基礎ボルト | SS400 (40mm<径≦100mm) | | | — | 206 | 385 | — |

4.3 解析モデル及び諸元

耐火隔壁（計装ラック）の解析モデルを図 4-1 及び図 4-2 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【耐火隔壁（計装ラック）の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 耐火隔壁（計装ラック）を構成するフレーム部材をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 拘束条件は、ベースプレート固定基礎ボルト位置において完全拘束とする。
- (3) モデルの全体重量については耐火材の重量を加味する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有周期及び荷重を求める。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-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・NX NASTRAN」に示す。

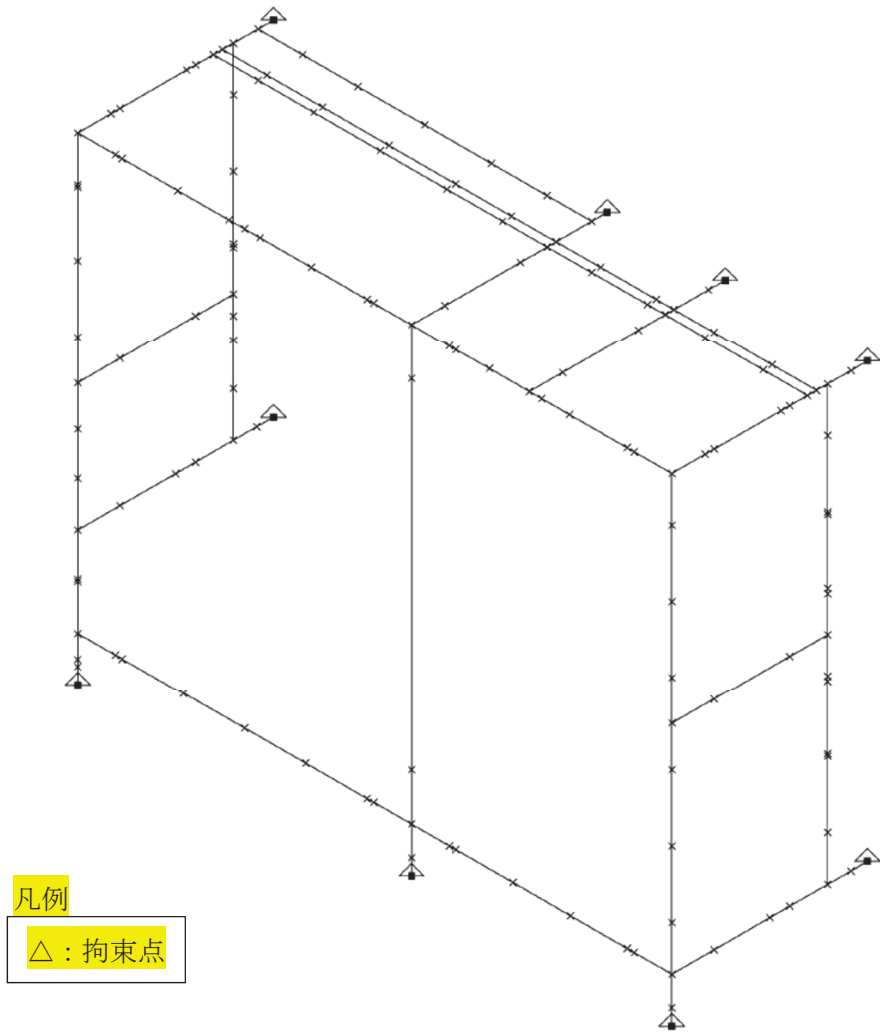


图 4-1 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) 解析モデル

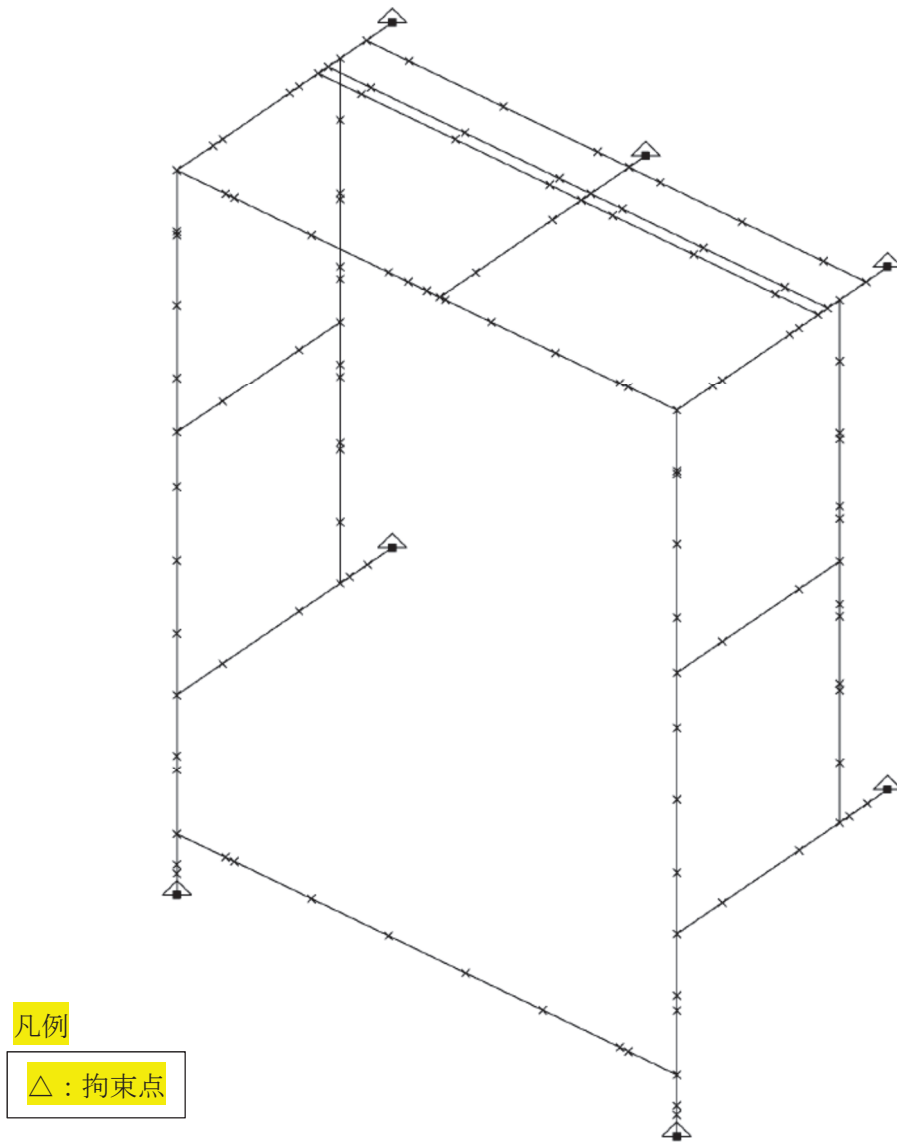


図 4-2 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) 解析モデル

4.4 固有周期

4.4.1 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B))

耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) の固有周期解析の結果を表 4-6 に示す。

表 4-6 固有周期解析結果

| 方向 | 固有周期 (s) |
|----|-------------|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

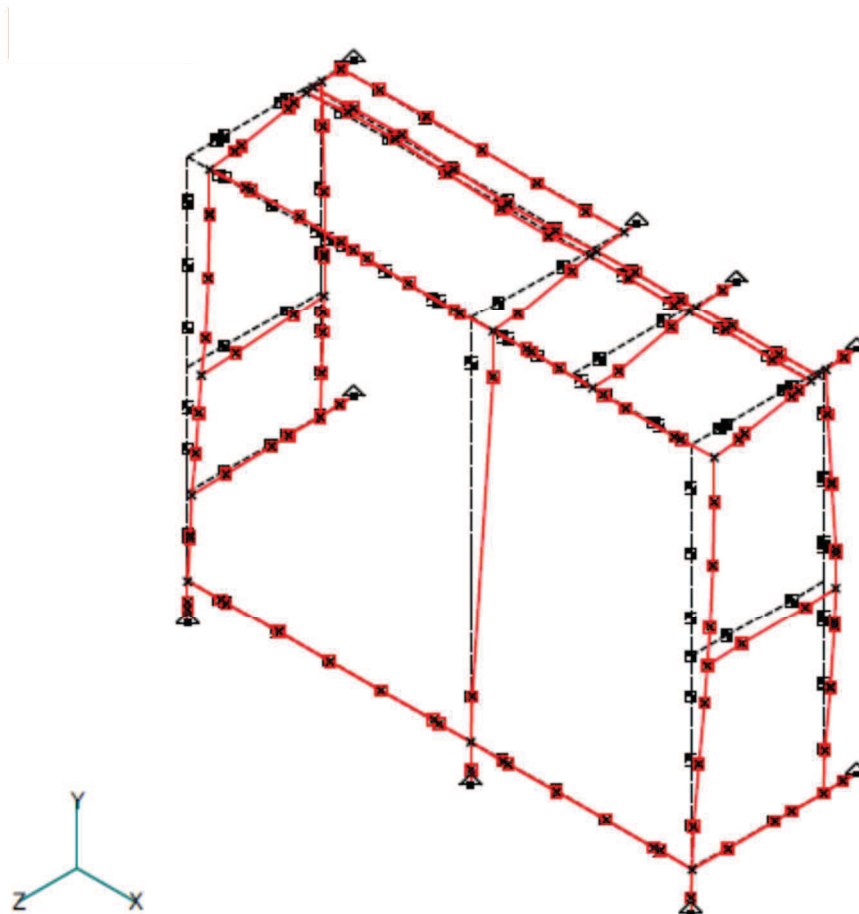


図 4-3 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) 1次固有振動モード図 (X方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

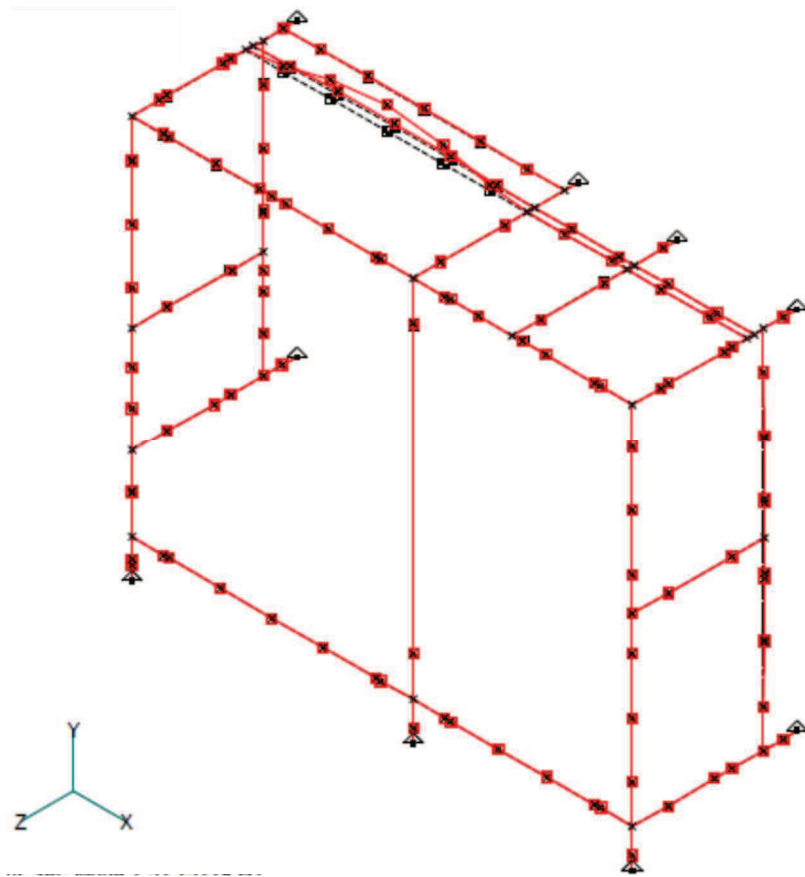


图 4-4 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) 2次固有振動モード図 (Y方向)

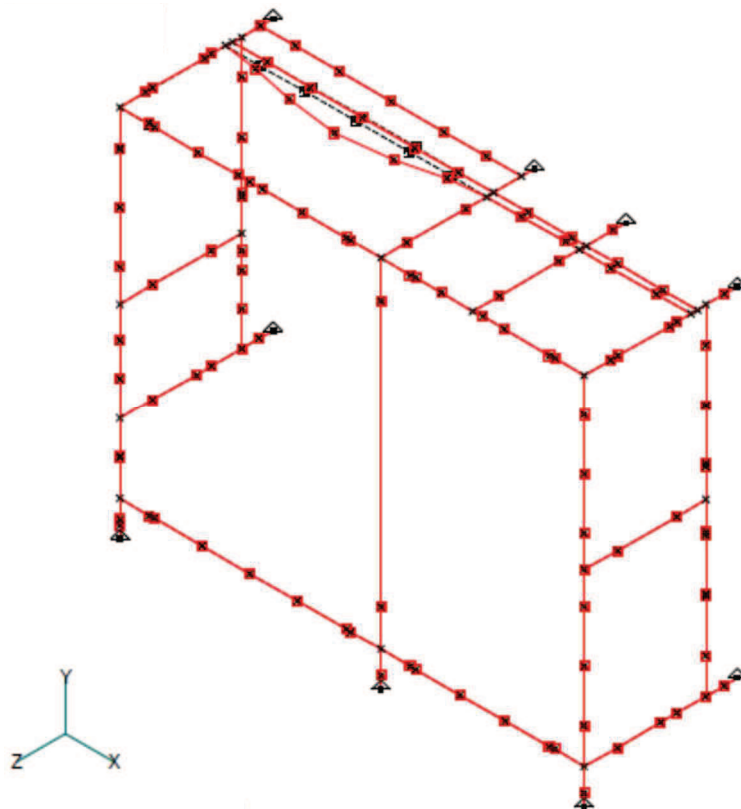


图 4-5 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) 3次固有振動モード図 (Z方向)

4.4.2 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域))

耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) の固有周期解析の結果を表 4-7 に示す。

表 4-7 固有周期解析結果

| 方向 | 固有周期 (s) |
|----|-------------|
| 水平 | |
| 鉛直 | |

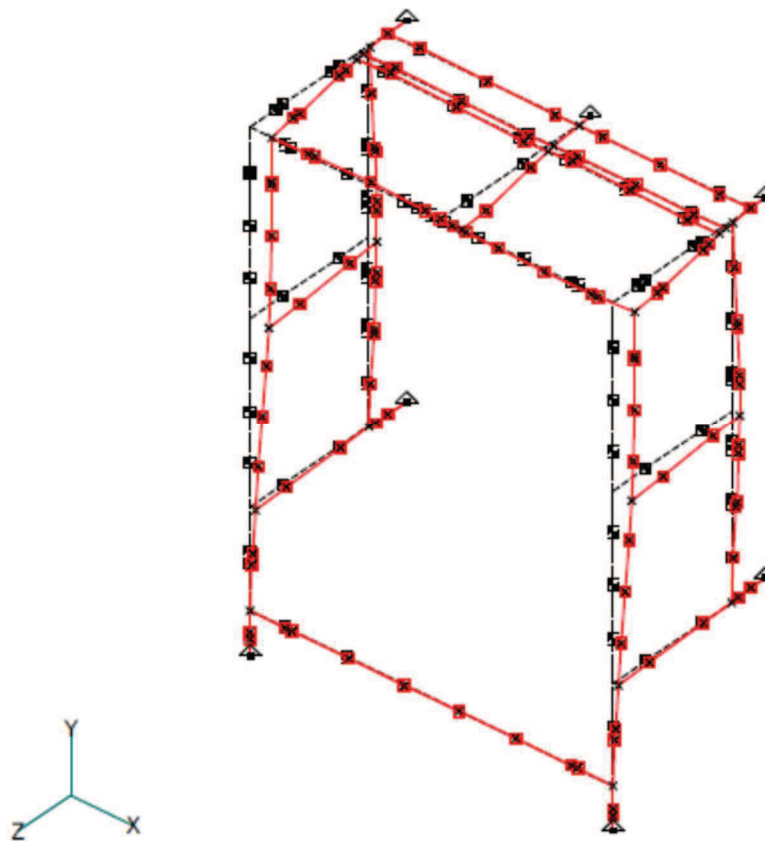


図 4-6 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) 1次固有振動モード図 (X方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

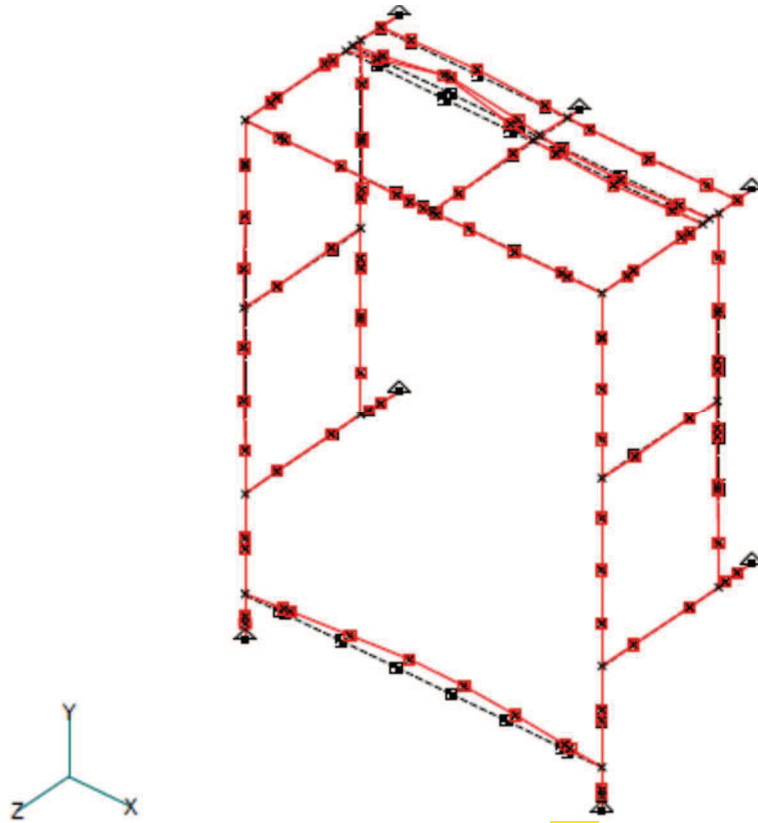


图 4-7 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) 9次固有振動モード図 (Y方向)

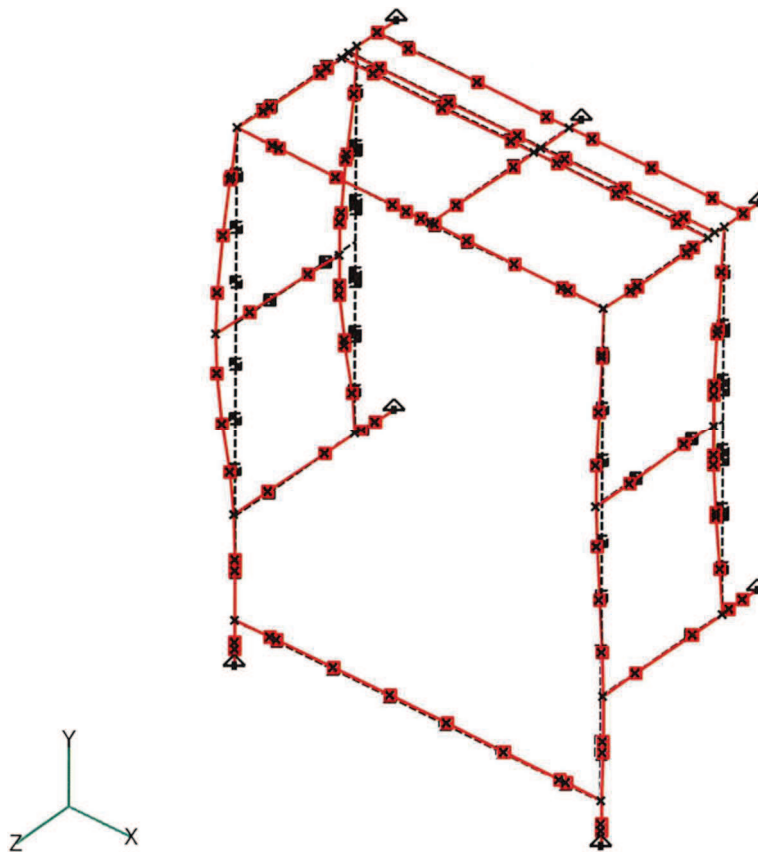


图 4-8 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) 5次固有振動モード図 (Z方向)

4.5 設計用地震力

設計用地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて示す耐火隔壁設置位置の上階下階のうちいずれか大きい方の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。応答加速度から算出した設計震度を表 4-8 に示す。

表 4-8 地震荷重の算出に用いる設計震度

| 設置場所及び床面高さ (m) | | 設計震度 | |
|-------------------|--|--------------------|--------------------|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 |
| 原子炉建屋 | O.P. 6.0 (O.P. 15.0 ^{*1}) | 1.97 ^{*2} | 1.37 ^{*2} |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：耐火隔壁（計装ラック）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定されるため、設置床上下階のうちいずれか大きい方の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。

4.6 計算方法

4.6.1 フレーム部材の応力計算方法

モデルを用いて解析を行い、フレーム部材に生じる引張応力、せん断応力、曲げ応力ならびに組合せ応力が、許容応力以下となることを確認する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{R_1}{A_{rea}}$$

せん断応力

$$\tau_s = \text{Max} \left[\left(\frac{R_2}{A_{s1}} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left(\frac{R_3}{A_{s2}} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right]$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1}$$

組合せ応力

$$\sigma_a = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau_s^2}$$

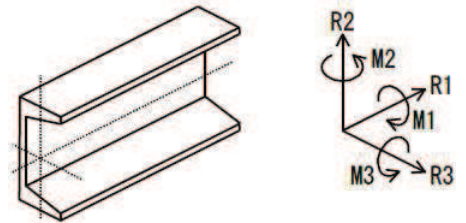


図 4-9 フレーム部材応力評価方向

4.6.2 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトに生じる引張応力、せん断応力並びに組合せ応力が、許容応力以下となることを確認する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

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、引張力の計算は行わない。

せん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{Q_b}{n A_b}$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【耐火隔壁（計装ラック）】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。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレーム部材の応力評価

4.6.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_t 以下であること。

| | 基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 |
|------------------|--|
| 許容引張応力 f_t | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_s | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |
| 許容曲げ応力 f_b | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |

4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_{bt} は許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bs}, f_{to}]$$

せん断応力 τ 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。

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

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

耐火隔壁（計装ラック）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ていることにより波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(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

耐火隔壁（計装ラック）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ていることにより波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(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。

【耐火隔壁（計装ラック）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) | | 基準地震動 S _s | | 周辺環境温度 (°C) |
|---------------------------------------|---------|---|----------|------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 耐火隔壁 H22- P004C（原子炉水位 （広帯域）(B)） | C | 原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 15.0* ¹) | | | C _H =1.97* ² | C _V =1.37* ² | 40 |
| 耐火隔壁 H22- P010-1（原子炉水 位（燃料域）） | C | 原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 15.0* ¹) | | | C _H =1.97* ² | C _V =1.37* ² | 40 |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：耐火隔壁（計装ラック）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定されるため、設置床上下階のうちいずれか大きい方の階の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。

1.2 機器要目

1.2.1 フレーム部材

| 機器名称 | 部材 | E (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F* (MPa) | A _{r e a} (mm ²) | Z ₁ (mm ³) | Z ₂ (mm ³) | A _{s1} (mm ²) | A _{s2} (mm ²) | Z _{p1} (mm ³) | Z _{p2} (mm ³) |
|----------------------------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | | | | | | | | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | | | | | | | | | | |

1.2.2 基礎ボルト

| 機器名称 | 部材 | E (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F* (MPa) | A _b (mm ²) | d (mm) | n | n _{fH} | n _{fV} | L (mm) |
|----------------------------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|---|-----------------|-----------------|-----------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | | | | | | | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | | | | | | | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 フレーム部材に作用する部材力

| 機器名称 | 部材 | R_1 (N) | R_2 (N) | R_3 (N) | M_1 (N・mm) | M_2 (N・mm) | M_3 (N・mm) |
|----------------------------------|----|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | | | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | | | | | |

88

1.3.2 基礎ボルトに作用する発生力

| 機器名称 | 部材 | F_b (N) | Q_b (N) |
|----------------------------------|----|--------------|--------------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

| 機器名称 | 方向 | 固有周期 |
|----------------------------------|----|------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

1.4.2 応力

(単位：MPa)

| 機器名称 | 部材 | 材料 | 応力 | 基準地震動 S _s | |
|----------------------------------|--------|------------|-----------------|----------------------|------------------|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 |
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | フレーム部材 | [Redacted] | 引張 | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 258$ |
| | | | せん断 | $\tau_s = 2$ | $f_s = 148$ |
| | | | 曲げ | $\sigma_b = 40$ | $f_b = 258$ |
| | | | 組合せ (引張+曲げ+せん断) | $\sigma_a = 40$ | $f_t = 258$ |
| | 基礎ボルト | | 引張 | $\sigma_{bt} = 92$ | $f_{ts} = 154^*$ |
| | | | せん断 | $\tau_{bs} = 8$ | $f_{sb} = 119$ |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | フレーム部材 | [Redacted] | 引張 | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 280$ |
| | | | せん断 | $\tau_s = 5$ | $f_s = 161$ |
| | | | 曲げ | $\sigma_b = 32$ | $f_b = 280$ |
| | | | 組合せ (引張+曲げ+せん断) | $\sigma_a = 33$ | $f_t = 280$ |
| | 基礎ボルト | | 引張 | $\sigma_{bt} = 93$ | $f_{ts} = 154^*$ |
| | | | せん断 | $\tau_{bs} = 7$ | $f_{sb} = 119$ |

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bs}, f_{to}]$ より算出

2. 重大事故等対処設備

2.1 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) | | 基準地震動 S_s | | 周辺環境温度 (°C) |
|---|---------|---|----------|------|-----------------|-----------------|----------------|
| | | | 水平方向 | 鉛直方向 | 水平方向 設計震度 | 鉛直方向 設計震度 | |
| 耐火隔壁 H22- P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | — | 原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 15.0 ^{*1}) | | | $C_H=1.97^{*2}$ | $C_V=1.37^{*2}$ | 66 |
| 耐火隔壁 H22- P010-1 (原子炉水 位 (燃料域)) | — | 原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 15.0 ^{*1}) | | | $C_H=1.97^{*2}$ | $C_V=1.37^{*2}$ | 66 |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：耐火隔壁（計装ラック）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び壁に固定されるため、設置床上下階のうちいずれか大きい方の階の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。

2.2 機器要目

2.2.1 フレーム部材

| 機器名称 | 部材 | E (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F* (MPa) | A _{r e a} (mm ²) | Z ₁ (mm ³) | Z ₂ (mm ³) | A _{s1} (mm ²) | A _{s2} (mm ²) | Z _{p1} (mm ³) | Z _{p2} (mm ³) |
|----------------------------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | | | | | | | | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | | | | | | | | | | |

2.2.2 基礎ボルト

| 機器名称 | 部材 | E (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F* (MPa) | A _b (mm ²) | d (mm) | n | n _{fH} | n _{fV} | L (mm) |
|----------------------------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|---|-----------------|-----------------|-----------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | | | | | | | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | | | | | | | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1 フレーム部材に作用する部材力

| 機器名称 | 部材 | R_1 (N) | R_2 (N) | R_3 (N) | M_1 (N・mm) | M_2 (N・mm) | M_3 (N・mm) |
|----------------------------------|----|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | | | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | | | | | |

88

2.3.2 基礎ボルトに作用する発生力

| 機器名称 | 部材 | F_b (N) | Q_b (N) |
|----------------------------------|----|--------------|--------------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | | | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

| 機器名称 | 方向 | 固有周期 |
|----------------------------------|----|------|
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

2.4.2 応力

(単位：MPa)

| 機器名称 | 部材 | 材料 | 応力 | 基準地震動 S _s | |
|----------------------------------|--------|----|-----------------|----------------------|------------------|
| | | | | 算出応力 | 許容応力 |
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | フレーム部材 | | 引張 | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 247$ |
| | | | せん断 | $\tau_s = 2$ | $f_s = 142$ |
| | | | 曲げ | $\sigma_b = 40$ | $f_b = 247$ |
| | | | 組合せ (引張+曲げ+せん断) | $\sigma_a = 40$ | $f_t = 247$ |
| | 基礎ボルト | | 引張 | $\sigma_{bt} = 92$ | $f_{ts} = 148^*$ |
| | | | せん断 | $\tau_{bs} = 8$ | $f_{sb} = 114$ |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | フレーム部材 | | 引張 | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 260$ |
| | | | せん断 | $\tau_s = 5$ | $f_s = 150$ |
| | | | 曲げ | $\sigma_b = 32$ | $f_b = 260$ |
| | | | 組合せ (引張+曲げ+せん断) | $\sigma_a = 33$ | $f_t = 260$ |
| | 基礎ボルト | | 引張 | $\sigma_{bt} = 93$ | $f_{ts} = 148^*$ |
| | | | せん断 | $\tau_{bs} = 7$ | $f_{sb} = 114$ |

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bs}, f_{to}]$ より算出

3. 代表機器の選定結果及び全機器の評価結果

| 機器名称 | 据付場所及び 床面高さ (m) | 評価結果 (基準地震動 S s) | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|---------------|---------------|-------|----|-------|---------------|---------------|------|----|
| | | フレーム部材 | | | | | 基礎ボルト | | | | |
| | | 応力 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度 | 代表 | 応力 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度 | 代表 |
| 耐火隔壁 T48-LT021 (圧力抑制室水位) | 原子炉建屋 O.P. -8.1* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 6 | 261 | 43.5 | | 引張 | 18 | 148 | 8.22 | |
| 耐火隔壁 H22-P018B (RHR ポンプ (B) 出口流量) | 原子炉建屋 O.P. -0.8* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 33 | 260 | 7.87 | | 引張 | 81 | 148 | 1.82 | |
| 耐火隔壁 H22-P010-1 (原子炉水位 (燃料域)) | 原子炉建屋 O.P. 6.0* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 33 | 260 | 7.87 | | 引張 | 93 | 148 | 1.59 | ○ |
| 耐火隔壁 H22-P004C (原子炉水位 (広帯域) (B)) | 原子炉建屋 O.P. 6.0* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 40 | 247 | 6.17 | ○ | 引張 | 92 | 148 | 1.60 | |
| 耐火隔壁 T48-PT018B (圧力抑制室圧力) | 原子炉建屋 O.P. 6.0* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 13 | 280 | 21.53 | | 引張 | 46 | 154 | 3.34 | |
| 耐火隔壁 H22-P005C-1 (原子炉圧力 (B)) | 原子炉建屋 O.P. 15.0* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 33 | 247 | 7.48 | | 引張 | 85 | 148 | 1.74 | |
| 耐火隔壁 P42-LT011B (RCW サージタンク (B) 水位) | 原子炉建屋 O.P. 33.2* | 組合せ (引張+曲げ +せん断) | 28 | 258 | 9.21 | | 引張 | 60 | 154 | 2.56 | |

注記* : 基準床レベルを示す。

すべて許容応力以下である