

本資料のうち、枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

※なお、本資料は抜粋版のため、公開できない箇所はありません。

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-補-E-19-0610-4_改4
提出年月日	2021年10月4日

補足-610-4 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙1-1 原子炉建屋屋根トラスの解析モデルと設計クライテリアについて

別紙1-1-1 原子炉建屋屋根トラスの地震時シミュレーション

別紙1-1-2 原子炉建屋屋根トラスの入力地震動に係る影響検討について

別紙1-2 原子炉建屋屋根トラスの補強概要

別紙1-3 屋根トラス評価モデルにおける減衰について

別紙2 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙3 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙4 原子炉建屋の既工認時の設計用地震力と今回工認における静的地震力及び弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力の比較

別紙5 剛性低下を考慮した原子炉建屋屋根トラスの影響検討

別紙6 屋根スラブの面外剛性を考慮した原子炉建屋屋根トラスの影響検討

別紙7 大物搬入口の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

別紙 7-1 地震応答解析におけるモデル化方針

別紙 7-2 地震応答解析におけるスケルトンカーブの設定

別紙 7-3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 7-3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 7-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 7-4 大物搬入口躯体の耐震補強

別紙 7-5 地震応答解析モデルに関する検討

別紙 7-6 原子炉建屋と大物搬入口躯体の相対変位に関する検討

 本日の説明範囲

別紙 1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

## 目 次

1. 概要 ..... 別紙 1-1
2. 応力解析モデル及び手法の比較 ..... 別紙 1-2

## 1. 概要

本資料は、原子炉建屋屋根トラスの既工認時及び今回工認時の応力解析モデル及び手法の比較を示すものである。

## 2. 応力解析モデル及び手法の比較

原子炉建屋屋根トラスの応力解析モデル及び手法の比較を表 2-1 に示す。また、今回工認時の応力解析モデルを図 2-1 及び図 2-2 に示す。

比較に用いる既工認時の解析モデル及び手法は、平成元年 6 月 8 日付け元資庁第 2015 号にて認可された工事計画の添付資料「IV-2-6-1 原子炉建屋の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）のものである。

表 2-1 応力解析モデル及び手法の比較（原子炉建屋屋根トラス）

項目	内容	既工認	今回工認	備考
解析手法		・ 2次元フレームモデルを用いた応力解析 (静的弾性解析)	・ 3次元 FEM モデルを用いた応力解析 (時刻歴弾塑性解析)	(1) (2)
解析コード		・ S D	・ fappase	(2)
モデル	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 ・ コンクリートのヤング係数： $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) ・ コンクリートのポアソン比： $\nu = 0.167$ ・ 鋼材のヤング係数： $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) ・ 鋼材のポアソン比： $\nu = 0.3$	質点系地震応答解析モデルに基づき設定 ・ 耐震壁のコンクリートのヤング係数： $E = 7.94 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ (NS 方向) $E = 1.32 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (EW 方向) ・ 屋根スラブのヤング係数： $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ・ コンクリートのポアソン比： $\nu = 0.167$ ・ 鋼材のヤング係数： $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ・ 鋼材のポアソン比： $\nu = 0.3$	(3) (4) (5)
	減衰	—	剛性比例型減衰 ・ コンクリート：5%      ・ 鋼材：2%	—
	要素分割	・ はり要素：主トラスの上下弦材，柱，はり ・ トラス要素：主トラスの斜材，束材 ・ シェル要素：壁	・ はり要素：主トラス及びサブトラスの上下弦材，母屋，柱，はり ・ トラス要素：主トラス及びサブトラスの斜材・束材，方杖，壁面補強ブレース ・ シェル要素：耐震壁，追設耐震壁，間仕切壁，スラブ	—
	境界条件	・ 各通りに，2次元平面トラスと建屋フレームを一体としてモデル化 ・ 1階スラブ上端との接点は固定端，プール壁との接点ではプール壁の回転を考慮しばね支持 ・ トラスの上下弦材は剛接合 ・ トラスの斜材，束材はピン接合	・ 3階 (O.P. 33.2m) より上部を3次元 FEM モデルとしてモデル化 ・ 3階を剛床とし，3階柱の柱脚は同変位条件で固定端とする ・ 主トラスの上下弦材，サブトラスの端部を除く下弦材は剛接合 ・ 主トラス及びサブトラスの斜材・束材，サブトラスの上弦材，サブトラスの下弦材の端部，母屋，方杖はピン接合	—
	非線形特性	・ 考慮せず	・ 考慮する (主トラス及びサブトラスの斜材・束材，方杖は修正若林モデルで座屈を考慮)	(2)
地震荷重との組合せ		$V L + C L + S_A$ ( $V L = D L + L L + P L + E L$ ) D L    : 固定荷重 L L    : 積載荷重 P L    : 配管荷重 C L    : クレーン荷重 E L    : 機器荷重 $S_A$ : 地震荷重	$G + P + S_s$ G    : 固定荷重 (クレーン荷重を含む) P    : 積載荷重 (配管荷重及び機器荷重を含む) $S_s$ : $S_s$ 地震荷重	—
荷重の設定	鉛直荷重	・ 構造物の自重，配管，機器荷重及び積載荷重	・ 構造物の自重，配管，機器荷重及び積載荷重 (耐震強化工事による重量変動を反映)	—
	クレーン荷重	・ クレーン自重及びホイスト重量	・ 同左	—
	地震荷重	・ 基準地震動 $S_1$ により算定される地震力及び静的地震力を包絡した地震力	・ 基準地震動 $S_s$ による地震力	—
評価方法	応力解析	・ 短期：発生応力が短期許容応力度を超えないことを確認	・ 基準地震動 $S_s$ 時：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弾性限強度 (鋼材の基準強度に 1.1 倍を考慮) 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	(5) (6)

【主要な差異】（表の備考欄に対応）

- (1) 原子炉建屋屋根トラスが鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられるため、水平方向と鉛直方向地震力の同時入力による評価を適切に行うことを目的として3次元FEMモデルによる弾塑性時刻歴応力解析を採用する。
- (2) トラスを構成する部材の一部が弾塑性領域に入る可能性があるため、弾塑性挙動を適切に評価することを目的として採用する。考慮した弾塑性特性の詳細及び弾塑性特性の設定の妥当性・適用性については別紙1-1に示す。
- (3) 耐震壁のコンクリートのヤング係数及びせん断弾性係数については、質点系の地震応答解析モデルと同様に初期剛性の低下を考慮する。
- (4) 鋼材のヤング係数については、「日本建築学会 2005年 鋼構造設計基準 ー許容応力度設計法ー」に基づき設定する。
- (5) 弾性部材は、「建設省告示第2464号」に基づきF値に1.1倍の割増しを考慮し、圧縮及び曲げについては座屈強度を用いる。
- (6) 塑性化部材は、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，127-136，1995年3月）に基づき評価する



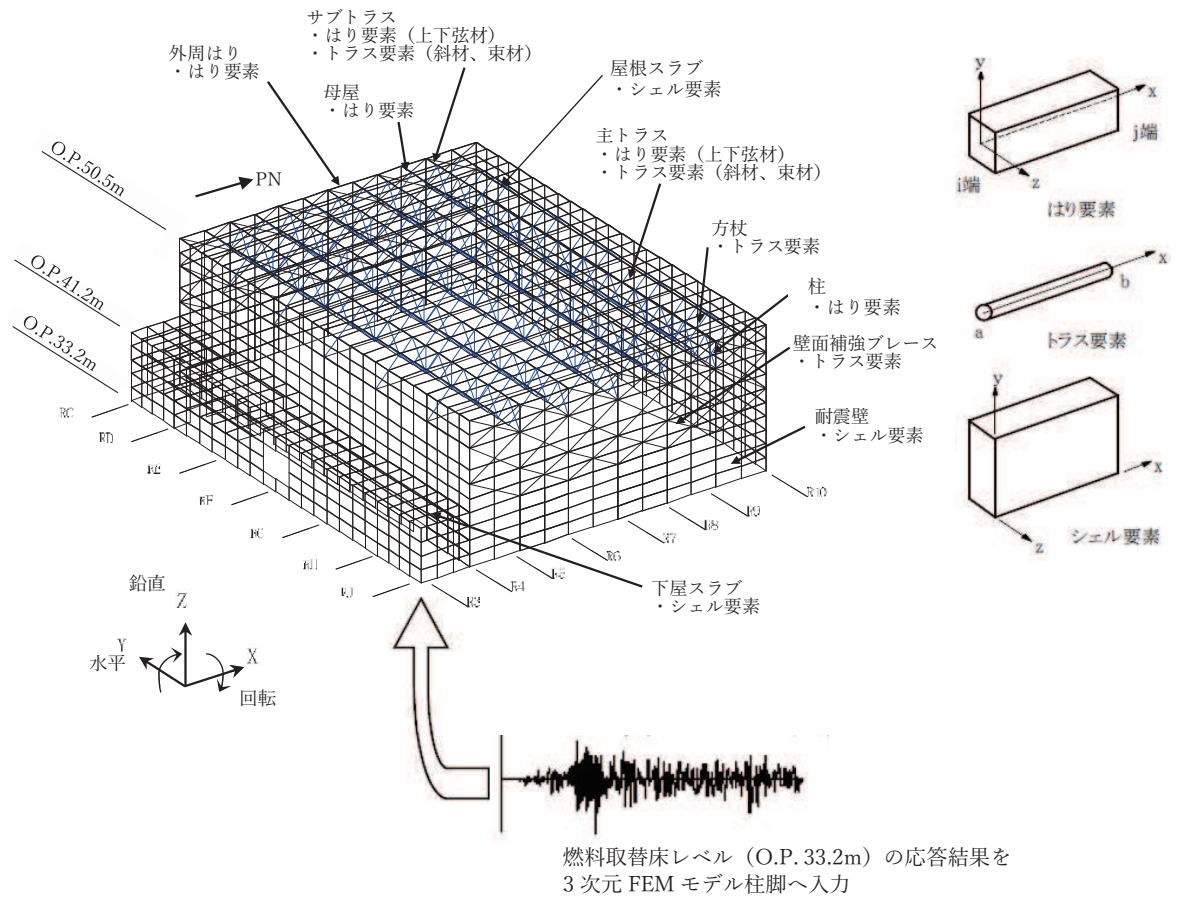


図 2-1 応力解析モデル図

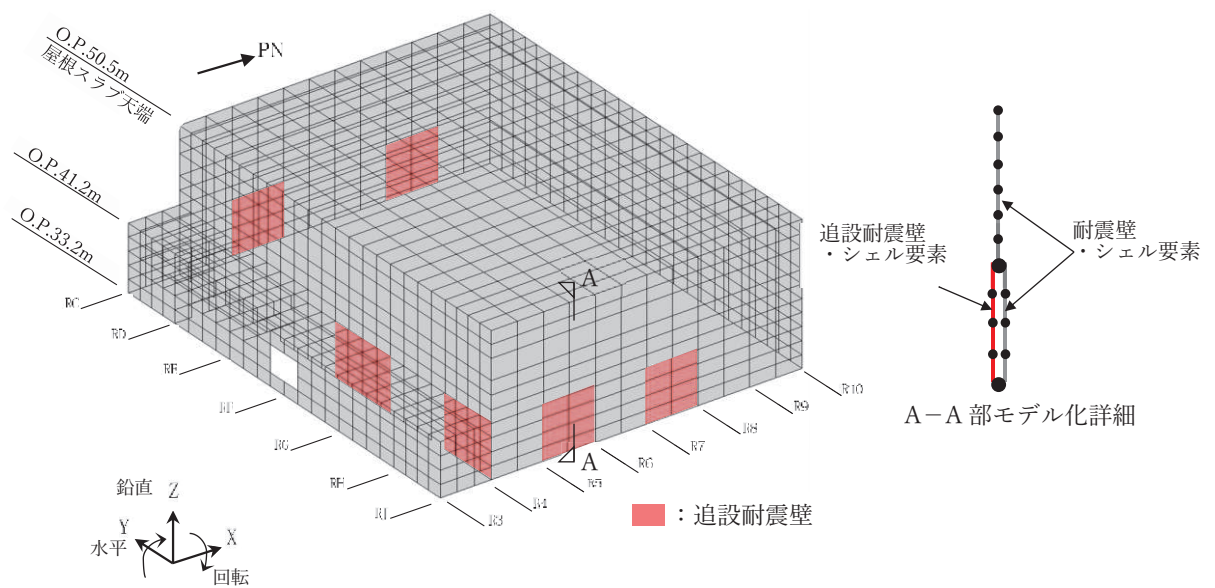


図 2-2 追加耐震壁のモデル化