

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370 改0

## 工事計画に係る補足説明資料

### 補足-370【建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料】

平成 30 年 10 月

日本原子力発電株式会社



添付書類に係る補足説明資料

「耐震性に関する説明書」に係る添付書類の記載内容を補足するための説明資料を以下に示す。

工認添付書類	補足説明資料
V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書 V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書 V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書	補足-370-1 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
V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書 V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書 V-2-2-15-1 主排気筒の耐震性についての計算書 V-2-2-15-2 主排気筒の基礎の耐震性についての計算書 V-2-2-17 非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書 V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書 V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書 V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書 V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書 V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書	補足-370-2 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



工認添付書類	補足説明資料
<p>V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-15-2 主排気筒の基礎の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-370-3      応力解析における断面の評価部位の選定</p>



工認添付書類	補足説明資料
<p>V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-15 主排気筒の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-17 非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-370-4 地震荷重の入力方法</p>
<p>V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-370-5 中央制御室遮蔽の床スラブの耐震性評価に関する補足説明</p>
<p>V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-12 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結果</p>	<p>補足-370-6 応力解析における応力平均化の考え方</p>



工認添付書類	補足説明資料
<p>V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-15-1 主排気筒の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-15-2 主排気筒の基礎の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-17 非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書</p> <p>V-2-11-2-14 使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-370-7      建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用</p>
<p>V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書</p>	<p>補足-370-8      使用済燃料プールの耐震性評価に関する補足説明</p>
<p>V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書</p>	<p>補足-370-9      原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性評価についての補足説明</p>



工認添付書類	補足説明資料
V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書 V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書	補足-370-11 原子炉建屋の耐震性評価に関する補足説明
V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書	補足-370-12 原子炉建屋基礎盤の耐震性評価に関する補足説明
V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析 V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書 V-2-11-2-15 使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の耐震性についての計算書	補足-370-13 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性評価に関する補足説明
V-2-11-2-13 タービン建屋の耐震計算書	補足-370-14 タービン建屋の耐震性評価に関する補足説明
V-2-11-2-14 サービス建屋の耐震計算書	補足-370-15 サービス建屋の耐震性評価に関する補足説明
V-2-2-14 主排気筒の地震応答計算書 V-2-2-15-1 主排気筒の耐震性についての計算書 V-2-2-15-2 主排気筒の基礎の耐震性についての計算書	補足-370-16 主排気筒及び非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性評価に関する補足説明
V-2-2-16 非常用ガス処理系配管支持架構の地震応答計算書 V-2-2-17 非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書 V-2-7-2-5 非常用ガス処理系排気筒の耐震性についての計算書	補足-370-16 主排気筒及び非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性評価に関する補足説明



工認添付書類	補足説明資料
V-2-2-18 格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震 応答計算書 V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震 性についての計算書	補足-370-17 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性 評価に関する補足説明
V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書 V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての 計算書	補足-370-18 緊急時対策所建屋の耐震性評価に関する 補足説明
V-1-8-3 原子炉格納施設の基礎に関する説明書	補足-370-19 原子炉格納施設の基礎に関する説明書の 補足説明
V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書 V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書 V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての 計算書 V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計 算書 V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマッ トの耐震性についての計算書 V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性について の計算書 V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての 計算書	補足-370-20 原子炉建屋改造工事に伴う評価結果の影 響について



補足-370-1【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 .....	1
2. 応力解析モデル及び手法の比較 .....	2



## 1. 概要

本資料は、東海第二発電所の原子炉格納容器底部コンクリートマット、原子炉建屋原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤、並びに使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎（基礎スラブ及び杭）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。

また、本資料は、以下の資料の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」



## 2. 応力解析モデル及び手法の比較

東海第二発電所の建物・構築物の応力解析モデル及び手法の比較を、表2-1～表2-4に示す。また、今回工認時の応力解析モデルを図2-1～図2-4に示す。

比較に用いる既工認時の地震応答解析モデル及び手法は、建設工認（原子炉格納容器底部コンクリートマット，原子炉建屋原子炉棟基礎及び附属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤については，47公第12076号昭和48年4月9日認可，使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎（基礎スラブ及び杭）については，平成11・06・25資第1号平成11年9月2日認可）時のものである。



表 2-1 応力解析モデル及び手法の比較 (原子炉格納容器底部コンクリートマト)

項目	内容	既工認*	今回工認	備考
解析手法		・ 3次元FEMモデルを用いた応力解析	・ 同左	—
解析コード		・ MSC NASTRAN	・ MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1	—
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: $E_c = 20.6 \text{ kN/mm}^2$ (SI 換算) ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.167$	適用規準の見直しによる再設定 ・ コンクリートのヤング係数: $E_c = 22.1 \text{ kN/mm}^2$ ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.2$	①
要素種別		・ 上部構造 : 壁下端の鉛直変位を直線状に拘束 (MPC 拘束) ・ 基礎 : シェル要素	・ 上部構造 : はり要素 ・ 基礎 : シェル要素	②
境界条件		・ 基礎スラブ底面を弾性地盤ばねにより支持 ・ 基礎スラブ底面の弾性地盤ばねは浮上りを考慮 ・ 構造物の対称性を考慮して基礎半分をモデル化 ・ 上部構造の剛性を考慮	・ 基礎スラブ底面を弾性地盤ばねにより支持 ・ 基礎スラブ底面の弾性地盤ばねは浮上りを考慮 ・ 原子炉建屋基礎盤の全体をモデル化 ・ 上部構造の剛性を考慮	②
非線形特性		・ 考慮せず	・ 同左	—
地震荷重との組合せ		$D+O+S_1$ $D+O+S_2$ , $D+O+L+S_1$ D : 死荷重 O : 通常運転時荷重 L : 事故時の荷重 $S_1$ : 設計地震荷重 $S_2$ : $0.27 \text{ g}$ 地震荷重	荷重状態Ⅲ: $D+L+P_1+H_1+K (+T_1)$ , $D+L+P_2+K (+T_2)$ 荷重状態Ⅳ: $D+L+P_1+H_1+K$ , $D+L+P_2+K$ 荷重状態Ⅴ: $D+L+P_{SA}+H_{SA}+K$ , $D+L+P_{SA}+H_{SA}+K$ D : 死荷重 (地震時の積雪荷重を含む) L : 活荷重 (地震時の積雪荷重を含む) $P_1$ : 運転時圧力 $T_1$ : 運転時温度荷重 $P_2$ : 事故時圧力 $T_2$ : 事故時温度荷重 K : 地震荷重 (地震時増分土圧荷重を含む) $H_1$ : 述がし安全弁作動時荷重 $H_{SA}$ : SA 時水力的動荷重 $P_{SA}$ : SA 時圧力 $H_{SA}$ : SA 時水圧荷重	—
死荷重 + 活荷重		・ 基礎の自重及び上部構造物からの荷重	・ 基礎の自重及び上部構造からの荷重, 静止土圧による荷重	③
運転時荷重		・ 運転時圧力及び運転時水圧荷重	・ 同左	—
温度荷重		・ シェル要素に等価線形温度を考慮	・ 同左	—
L 事故時圧力		・ L 事故時圧力を考慮	・ 同左	—
SA 時圧力		・ 考慮せず	・ SA 事故時圧力, SA 事故時水圧荷重を考慮	—
SA 時水圧荷重		・ 上部構造からの地震動 (鉛直力, せん断力, 転倒モーメント) 及び基礎部の付加地震力を考慮	・ 同左	—
地震荷重		・ $D+O+S_1$ に対して発生応力が短期許容応力度を超えないことを確認 ・ $D+O+S_2$ 及び $D+O+L+S_1$ に対して発生応力により降伏状態にならないことを確認	・ 荷重状態Ⅲ: 発生応力が許容限界を超えないことを確認 ・ 荷重状態Ⅳ, V: 発生応力又はひずみが許容限界を超えないことを確認	④

注記 \* : 建設時の工事計画認可 (47 公第 12076 号 昭和 48 年 4 月 9 日認可)

【具体的な反映事項】(表の備考欄に対応)

① ヤング係数及びせん断弾性係数については, 「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) に基づき再計算。

② モデル適正化により,  $1/2$  モデルより全体モデルに変更し, 上部構造の拘束効果を実状に応じて変更。

③ 荷重適正化により, 静止土圧により地下外壁脚部に生じる反力を荷重として考慮。

④ 「発電用原子力設備規格 原子力用原子力設備規格」(2003 年日本建築学会)



表 2-2 応力解析モデル及び手法の比較 (原子炉建屋基礎盤 (原子炉格納容器底部コンクリートマットを除く))

項目	内容	既工認*	今回工認	備考
解析手法			・同左	—
解析コード		・ 3次元FEMモデルを用いた応力解析 ・ MSC NASTRAN	・ MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1	—
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: $E_c = 20.6 \text{ kN/mm}^2$ (SI換算) ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.167$		適用規準の見直しによる再設定 ・ コンクリートのヤング係数: $E_c = 22.1 \text{ kN/mm}^2$ (SI換算) ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.2$	①
要素種別	・ 上部構造 : 壁下端の鉛直変位を直線状に拘束 (MPC拘束) ・ 基礎 : シェル要素		・ 上部構造 : はり要素 ・ 基礎 : シェル要素	②
境界条件	・ 基礎スラブ底面を弾性地盤ばねにより支持 ・ 基礎スラブ底面の弾性地盤ばねは、浮上りを考慮 ・ 構造物の対称性を考慮して、基礎半分をモデル化 ・ 上部構造の剛性を考慮		・ 基礎スラブ底面を弾性地盤ばねにより支持 ・ 基礎スラブ底面の弾性地盤ばねは浮上りを考慮 ・ 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む基礎盤全体をモデル化 ・ 上部構造の剛性を考慮	②
非線形特性	・ 考慮せず		・ 同左	—
地震荷重との組合せ	$D+0+S_1$ D : 死荷重 0 : 通常運転時荷重 $S_1$ : 設計地震荷重		$S_d$ 地震時: $D+L+P_1+H_1+K(+T_1)$ $S_s$ 地震時: $D+L+P_1+H_1+K$ D : 死荷重 (静止土圧荷重を含む) L : 活荷重 (地震時の積雪荷重を含む) $P_1$ : 運転時圧力* K : 地震時増分土圧荷重を含む $H_1$ : 逃がし安全弁作動時荷重* ※: 原子炉格納容器底部コンクリートマットに作用	—
死荷重 活荷重	・ 基礎の自重及び上部構造からの荷重		・ 基礎の自重及び上部構造からの荷重、静止土圧による荷重	③
運転時荷重	・ 運転時圧力及び運転時水圧荷重		・ 同左	—
温度荷重	・ 考慮せず		・ シェル要素に等価線形温度を考慮	—
L事故時圧力	・ 考慮せず		・ 同左	—
地震荷重	・ 上部構造からの地震力 (鉛直力、せん断力、転倒モーメント) 及び基礎部の付加地震力を考慮		・ 同左	—
評価方法	・ $S_1$ (設計地震荷重) 地震力による発生応力が短期許容応力度を超えないことを確認		・ $S_d$ 地震時及び $S_s$ 地震時に対して発生応力が許容限界を超えないことを確認	④

注記 \* : 建設時の工事計画認可 (47 公第 12076 号 昭和 48 年 4 月 9 日認可)

【具体的な反映事項】 (表の備考欄に対応)

① ヤング係数及びせん断弾性係数については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(社) 日本建築学会, 1999) に基づき再計算。

② モデル適正化により, 1/2 モデルより全体モデルに変更し, 上部構造の拘束効果を実状に応じて変更。

③ 荷重適正化により, 静止土圧により地下外壁脚部に生じる反力を荷重として考慮。

④ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国上技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所・日本建築行政会議, 2015)



表 2-3 応力解析モデル及び手法の比較 (使用済燃料乾式貯蔵建屋 基礎スラブ)

項目	内容	既工認*	今回工認	備考
解析手法				
解析コード		・ 3次元FEMモデルを用いた応力解析 ・ MSC NASTRAN 検討時の各規程に基づき設定	・ 同左 ・ MSC NASTRAN ver. 2008 r1 適用規程の見直しによる再設定	—
材料物性		・ コンクリートのヤング係数: $E_c = 22.6 \text{ kN/mm}^2$ (SI換算) ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.167$	・ コンクリートのヤング係数: $E_c = 23.5 \text{ kN/mm}^2$ ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.2$	①
モデル		・ 耐震壁、屋根スラブ及び基礎スラブ: シェル要素 ・ 柱及び梁: 梁要素	・ 同左	②
境界条件		・ 底面を弾性ばねにより支持 ・ 地盤ばねには引張力を作用させない	・ 底面を弾性ばねにより支持 ・ 底面地盤ばねに引張力を作用させる	③
非線形特性		・ 考慮しない	・ 同左	—
地震荷重との組合せ		G+E+P+CL+K G: 固定荷重 E: 機器荷重 P: 積載荷重 CL: クレーン荷重 K: 地震荷重	G+E+P+S+CL+K <sub>S</sub> G: 固定荷重 (浮力を考慮) E: 機器荷重 P: 積載荷重 S: 積雪荷重 (地震時) CL: クレーン荷重 K <sub>S</sub> : S <sub>2</sub> 地震荷重	④
荷重の 設定	固定荷重 地震荷重	・ 構造体の自重を考慮 ・ 基礎自体の物体力及び上部構造物からの地震力 (転倒モーメント, 水平力, 鉛直力) を入力	・ 同左 ・ 同左	
評価 方法	線形応力解析	・ 静的地震力に対しては, 発生応力が短期許容応力度を超えないこと, S <sub>2</sub> 地震力に対しては, 部材の終局強度以内であることを確認	・ S <sub>2</sub> 地震力に対して, 部材の発生応力が終局耐力を超えないことを確認	⑤

注記 \*: 既工事計画認可申請書 添付資料「V-2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」(平成 11・06・25 資第 1 号 平成 11 年 9 月 2 日認可)

【具体的な反映事項】(表の備考欄に対応)

①ヤング係数及びせん断弾性係数については, 「鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説」( (社) 日本建築学会, 1999) に基づき再計算。

②メッシュサイズを細分割した。約  $2.5 \text{ m} \times$  約  $4.0 \text{ m}$  を約  $1.3 \text{ m} \times$  約  $2.0 \text{ m}$  とした。

③実状に合うように杭の引抜き抵抗力を考慮。

④2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所・日本建築行政会議, 2015)



表 2-4 応力解析モデル及び手法の比較 (使用済燃料乾式貯蔵建屋 杭)

項目	内容	既工認*	今回工認	備考
解析手法		・弾性支承ばりモデルを用いた応力解析	・はりとし地盤ばねによるモデルを用いた応力解析	—
解析コード		・MSC NASTRAN	・TDAPIII Ver3.07	—
材料物性	検討時の各基準に基づき設定 ・鋼管杭のヤング係数: $E_s = 206 \text{ kN/mm}^2$ (SI 換算) ・鋼管杭のポアソン比: $\nu = 0.3$		適用基準の見直しによる再設定 ・鋼管杭のヤング係数: $E_s = 206 \text{ kN/mm}^2$ (SI 換算) ・鋼管杭のポアソン比: 同左	①
要素種別	・鋼管杭: 梁要素 ・杭周地盤: ばね要素 (水平)		・同左	—
モデル	杭周地盤ばねの算定方法 ・水平方向地盤反力係数を杭の水平載荷試験に基づき設定		・左記の水平地盤反力係数に、適用基準に基づき、杭径と杭の中心間隔より求める群杭係数を乗じて設定	②
境界条件	・杭頭: 水平方向ローラー、回転方向拘束 ・杭先端: 水平方向及び鉛直方向拘束 (ピン支持)		・同左	—
非線形特性	・考慮しない		・非線形考慮 (はり: パイリニア ( $M \sim \phi$ ), 水平地盤ばね: 双曲線 (Hardin-Drnevich) モデル ( $p \sim \delta$ ))	—
地震荷重との組合せ	$G+E+P+CL+K$ G: 固定荷重 (浮力を考慮) E: 機器荷重 P: 積載荷重 CL: クレーン荷重 K: 地震荷重		$G+E+P+S+CL+K_s$ G: 固定荷重 (浮力を考慮) E: 機器荷重 P: 積載荷重 S: 積雪荷重 (地震時) CL: クレーン荷重 K <sub>s</sub> : S <sub>2</sub> 地震荷重	③
荷重の設定	固定荷重 ・構造体の自重を考慮 地震荷重 ・静的地震時: 建屋慣性力のみ考慮 ・S <sub>2</sub> 地震時: 建屋慣性力及び地盤変位を考慮		・同左 ・S <sub>2</sub> 地震時: 建屋慣性力及び地盤変位を考慮	—
評価方法	応力解析 ・静的地震力に対して、杭の軸力が杭の鉛直載荷試験結果から設定した短期許容支持力以下であることを確認、また、杭応力が短期許容応力度を超えないことを確認 ・S <sub>2</sub> 地震力に対して、杭の軸力が杭の載荷試験結果から設定した極限支持力以下であることを確認及び、杭に生じる曲げモーメントが杭断面の軸方向力を考慮した全塑性モーメントを超えないことを確認		・S <sub>2</sub> 地震力に対して、杭の軸力が杭の鉛直載荷試験及び引抜き試験から設定した極限支持力及び残留引抜き抵抗力を超えないことを確認、杭に生じる曲げモーメント及びせん断力が、杭断面の軸方向力を考慮した終局曲げ耐力及び終局せん断耐力を超えないことを確認	②

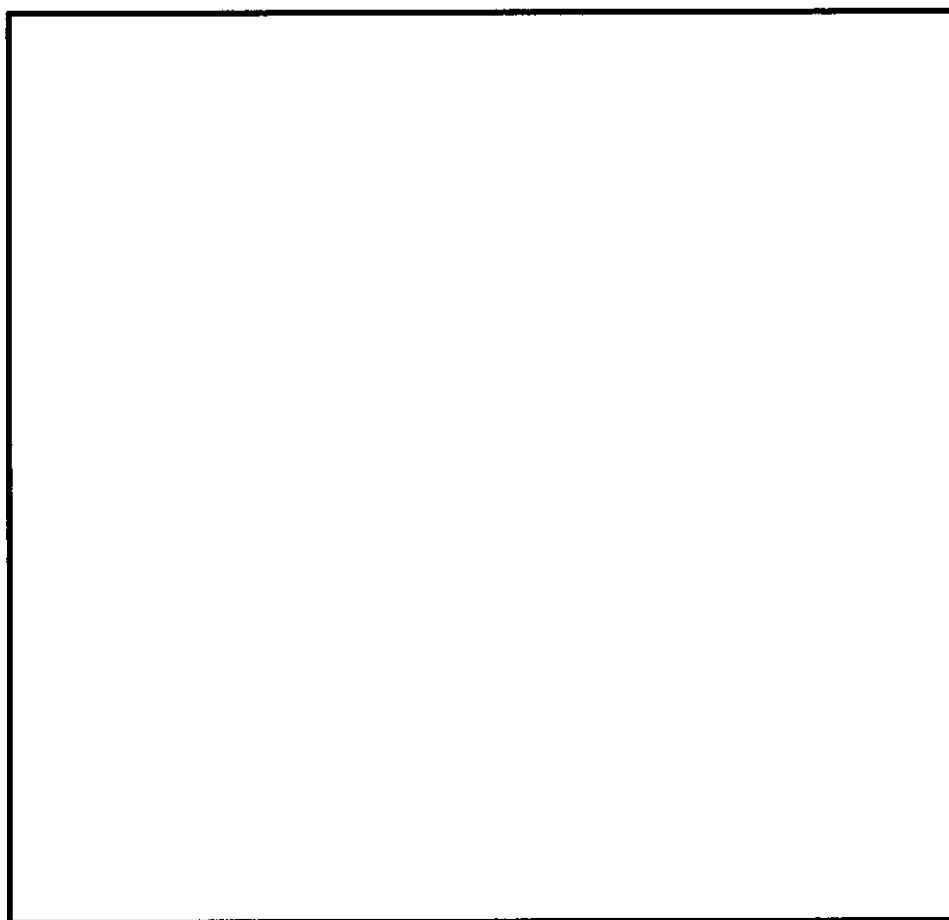
注記 \*: 既工事計画認可申請書 添付資料「IV-2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」(平成 11・06・2 資第 1 号 平成 11 年 9 月 2 日認可)

【具体的な反映事項】(表の備考欄に対応)

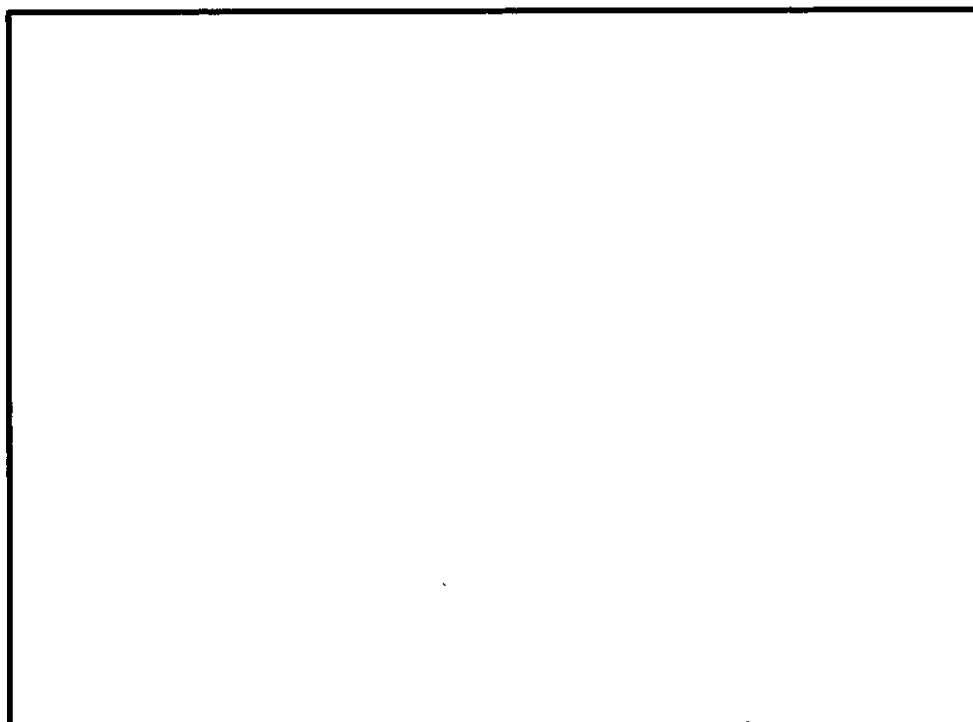
①鋼管杭のヤング係数は、「鋼構造設計標準—許容応力度設計—」(社) 日本建築学会, 2005) に基づく。

②既工認は、「建築基礎構造設計指針」(社) 日本建築学会, 1988) に基づき評価。今回工認は、「建築基礎構造設計指針」(社) 日本建築学会, 2001) に基づき評価。





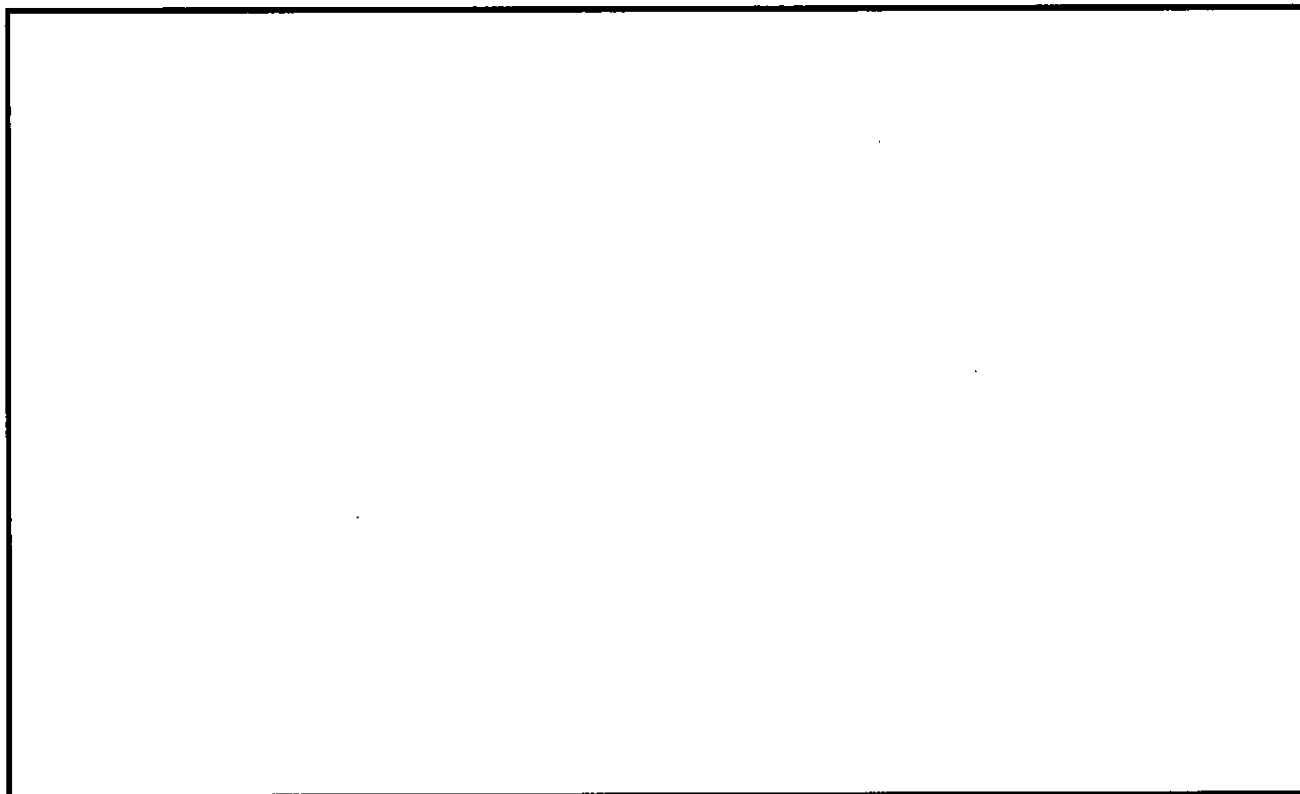
(a) 原子炉建屋 A-A 断面図



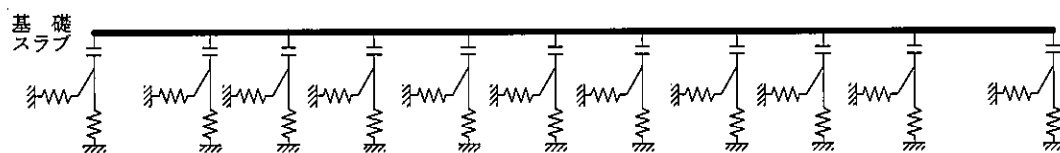
(b) 応力解析モデル (平面図)

図 2-1 応力解析モデル図 (原子炉格納容器底部コンクリートマット,  
原子炉建屋原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む基礎盤)





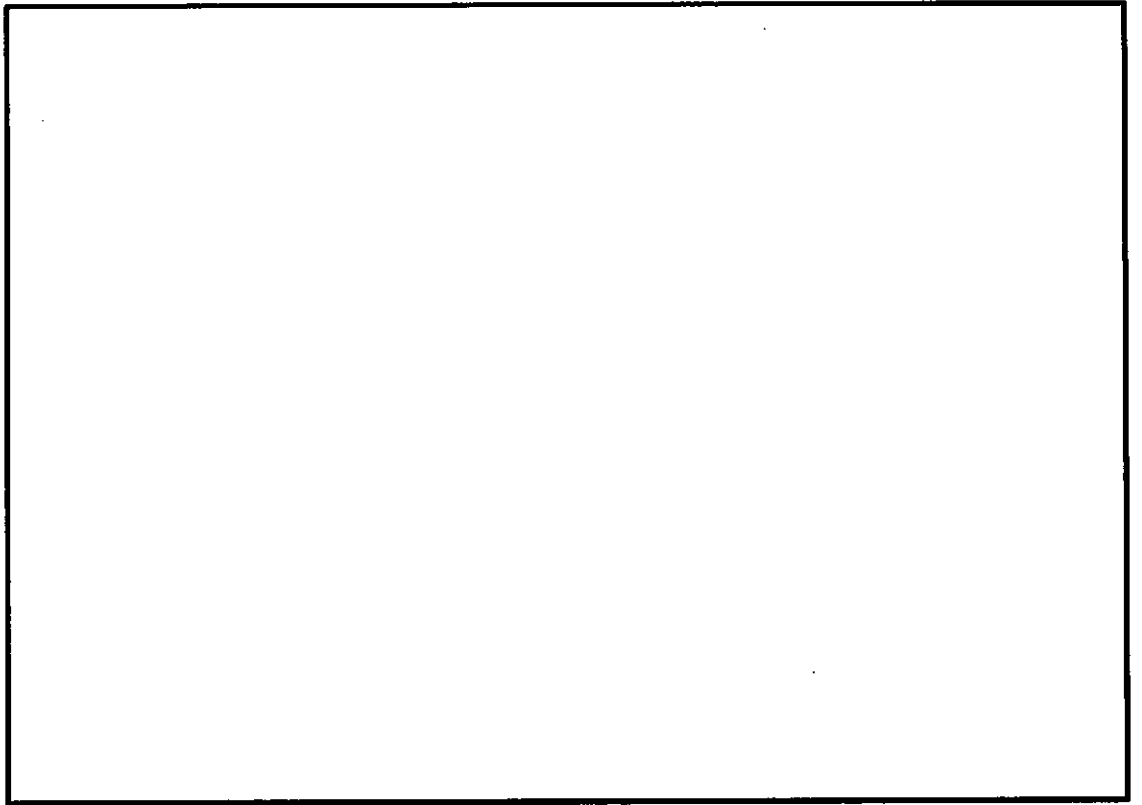
(a) 応力解析モデル (全体鳥瞰図)



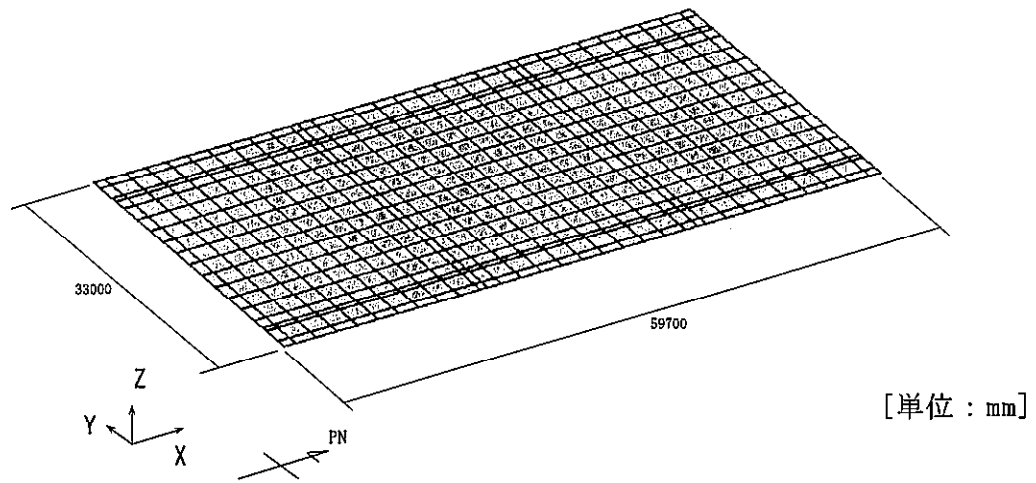
(b) 解析モデル模式断面図

図 2-2 応力解析モデル図 (原子炉格納容器底部コンクリートマット,  
原子炉建屋原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む基礎盤)





(a) 全体図



(b) 基礎スラブ

図 2-3 応力解析モデル図（使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ）（1/2）



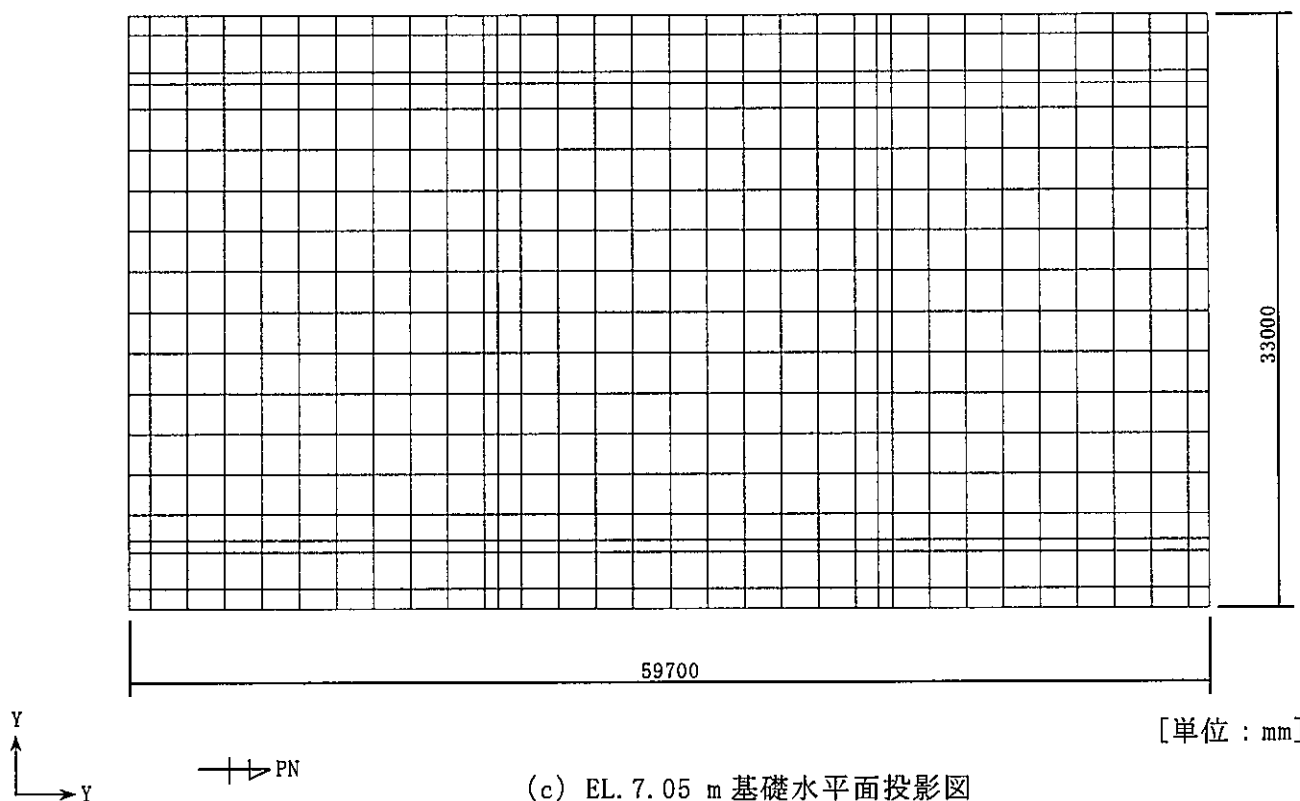


図 2-3 応力解析モデル図（使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ）（2/2）

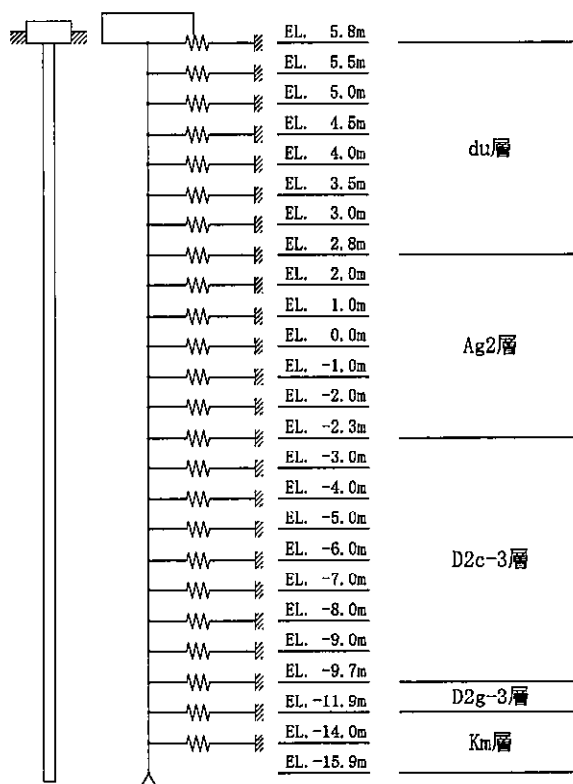


図 2-4 応力解析モデル図（使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭）



補足-370-2【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】



## 目次

1. 概要 .....	1
2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 .....	2



## 1. 概要

本資料は、使用済燃料乾式貯蔵建屋、緊急時対策所建屋、主排気筒、非常用ガス処理系配管支持架構、格納容器圧力逃がし装置格納槽、原子炉建屋原子炉棟、使用済燃料プール、原子炉格納容器底部コンクリートマット、及び原子炉建屋基礎盤の応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件についての概要を示すものである。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-15-1 主排気筒の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-15-2 主排気筒の基礎の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-17 非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」



## 2. 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件

各建物・構築物の応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件を表 2-1～表 2-9 に示す。

直接基礎の底面地盤ばねの設定における基本的な考え方については、以下の通り。

- ・水平ばね

水平ばねについては、振動アドミタンス理論に基づく水平ばねより算出する。

- ・鉛直ばね

水平加力時の鉛直ばねについては、基礎浮き上がりを考慮し、回転ばね反力として生じる転倒モーメントを適切に評価するため、振動アドミタンス理論に基づく回転ばねより算出する。

鉛直加力時及び常時の鉛直ばねについては、基礎浮き上がりを考慮する建物・構築物については、水平加力・上下加力・常時を同時に評価するため、水平加力時と同様とする。広がりのある建物・構築物については、ロッキング挙動が卓越しないため、振動アドミタンス理論に基づく鉛直ばねより算出する。

なお、格納容器圧力逃がし装置格納槽の地盤ばね剛性の算出については、2 次元 FEM モデルによる加振解析で算出したインピーダンスの実部の値とする。

杭基礎の底面地盤ばねの設定における基本的な考え方については、以下の通り。

- ・水平ばね

水平ばねについては、三次元薄層要素法に基づく水平ばねより算出する。

- ・鉛直ばね

水平加力時の鉛直ばねについては、回転ばね反力として生じる転倒モーメントを適切に評価するため、三次元薄層要素法に基づく回転ばねより算出する。

鉛直加力時及び長期荷重時の鉛直ばねについては、ロッキング挙動が卓越しないため、三次元薄層要素法に基づく鉛直ばねより算出する。

ただし、主排気筒及び非常用ガス処理系配管支持架構については、基礎から地盤への直接的な応力伝達を考慮せず、杭位置で支持し、杭頭固定により生じる曲げモーメントを考慮することにより、基礎には保守的な条件で設計をしているため、底面地盤ばねを用いていない。

有限要素法を用いた解析モデルにおける要素分割の考え方\*については、以下の通り。

- ・はり要素

はり要素の場合は、曲げの変位関数が 3 次で精度が高いため、基本的に要素分割の細分化は不要であるが、部材の接合点間で変位情報出力や荷重入力がある場合には複数要素に細分し、曲線部材がある場合は、その曲線が直線近似できる程度の分割にすることが一般的である。また、分布荷重がある場合や分布質量が関係する自重荷重などの計算では、要素分割することにより質量分布がより正確になり、解析結果の精度が向上する。更に、要素分割の細分化により、変形図やモード図で構造物の変形状態を容易に把握することが可能となる。



- ・シェル要素

要素分割は、基本的には発生する応力状態によって決まり、構造形状と荷重条件より要素分割数を考慮する。要素形状の縦横比（アスペクト比）は、重要部分で 1 : 2 以下、その他の領域や応力変化が少ない領域では、1 : 3 程度までで、分割に際しては 4 角形要素を利用して格子状とするのが一般的である。曲面板構造の場合は、平板要素や軸対称シェル要素の大きさは、集中荷重や不連続部を含む曲面部近傍では  $2.5\sqrt{R/t}$  を 10~20 分割すると適切な応力分布が求められ、構造物の半径 (R) と板厚 (t) が考慮されている。また、面内曲げ・軸力及び面外のせん断や曲げを受ける部材のシェル要素の辺の長さは、シェルの広がり方向の応力分布の状態から決まり、応力変化が大きい領域は要素を小さくする必要がある。

注記 \* : 構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（非線形 CAE 協会，2008 年）



表 2-1 (1/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマット及び原子炉建屋基礎盤

モデル概要	
<p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに，原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤及び，これから立ち上がる耐震壁をモデル化する。</li> <li>・耐震壁は，外部ボックス壁 (O/W)，内部ボックス壁 (I/W)，1 次遮蔽壁 (S/W) とし，EL. -4.0 m～14.0 m までの曲げ，せん断及び軸剛性を考慮しモデル化する。</li> </ul>	
<p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉格納容器底部コンクリートマット， 原子炉棟基礎及び付属棟基礎 : シェル要素</li> <li>・耐震壁 : はり要素</li> </ul>	
<p>○要素分割</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・要素の一片の長さを 2.0m 程度とし，耐震壁，PCV 及び RPV 基礎の配置を考慮して分割する。</li> </ul>	

図 2 モデル概要



表 2-1 (2/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマット及び原子炉建屋基礎盤

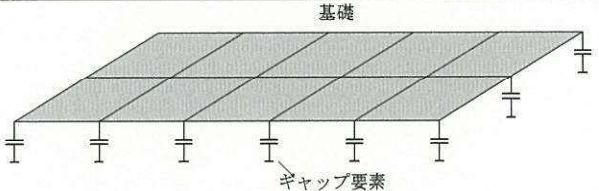
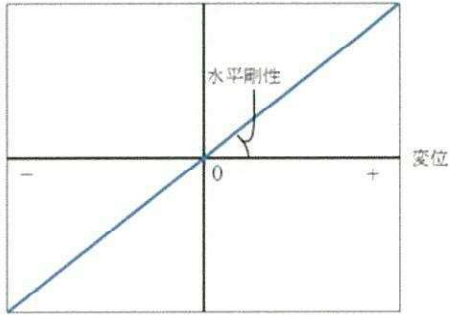
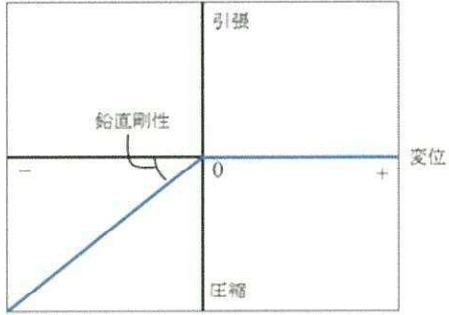
境界条件, 拘束条件	
上部構造物と基礎の境界	
<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに, 原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤と耐震壁の境界部は上部構造物の剛性による拘束を考慮するため各耐震壁の脚部に, はり要素を設けるとともに, 上部構造物からの曲げ, せん断力及び軸力を節点荷重として考慮。</li> <li>原子炉本体の基礎及び原子炉格納容器については, 各節点に節点荷重を考慮。</li> </ul>	
はり要素の剛性 (断面性能)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>軸剛性 (軸断断面積) : <math>A = t \times h</math></li> <li>曲げ剛性 (断面二次モーメント) : <math>I = t \times h^3 / 12 + A \times (h/2 + D/2)^2</math></li> <li>せん断剛性 (せん断断面積) : <math>A_s = t \times h</math></li> </ul>	t : 壁厚 h : モデル化する壁の高さ D : 基礎盤厚 (5.0m)
基礎と地盤の境界	
<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎スラブと底面地盤との間には, 底面地盤を表現するギャップ要素を設け, 基礎スラブと底面地盤との間の剥離 (基礎の浮上り) を考慮している。</li> </ul>	 <p>図 3 モデル概要</p>
<p>○ギャップ要素</p> <p>引張力が発生した際に, 水平剛性及び鉛直剛性をゼロとし, 浮上りを考慮する。水平剛性及び鉛直剛性は以下の通り設定する。なお, 剛性は NS 方向及び EW 方向の剛性の平均値とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水平剛性 <math>K_{Hi}</math> : 振動アドミッタンス理論による水平ばね <math>K_H</math> を節点支配面積 <math>A_i</math> で離散化。  <math display="block">K_{Hi} = (K_H / A) \times A_i \quad A : \text{基礎の底面積}</math> </li> <li>鉛直剛性 <math>K_{Vi}</math> : 地震時は, 転倒モーメントが支配的となるため振動アドミッタンス理論による回転ばね <math>K_R</math> を節点支配面積 <math>A_i</math> で離散化。  <math display="block">K_{Vi} = (K_R / I) \times A_i \quad I : \text{基礎の断面二次モーメント}</math> <p>地震時以外は, ロッキング挙動が卓越しないため, 振動アドミッタンス理論による鉛直ばね <math>K_V</math> を節点支配面積 <math>A_i</math> で離散化。  <math display="block">K_{Vi} = (K_V / A) \times A_i \quad A : \text{基礎の底面積}</math> </p> </li></ul>	
 <p>(a) 水平剛性</p>	 <p>(b) 鉛直剛性</p>
<p>注 : 引張力が作用する場合には, 水平剛性もゼロとする。</p> <p>図 4 ギャップ要素の概念図</p>	



表 2-2 (1/4) 原子炉建屋原子炉棟（屋根トラス）

モデル概要

○モデル化範囲

- ・EL. 46.5 m より上部の鉄筋コンクリート造及び鉄骨造部分をモデル化。

○モデル化範囲

- ・鉄筋コンクリート部：シェル要素（耐震壁），梁要素（柱・梁）
- ・鉄骨部：梁要素（主トラス弦材，上弦面つなぎ梁），トラス要素（主トラス斜材・束材，上弦面水平ブレース，母屋）。

\*屋根スラブについては，トラスの応力負担が大きくなるように，屋根スラブの剛性は考慮しない。

○要素分割

- ・評価対象である鉄骨部の部材長さに合わせて分割する。

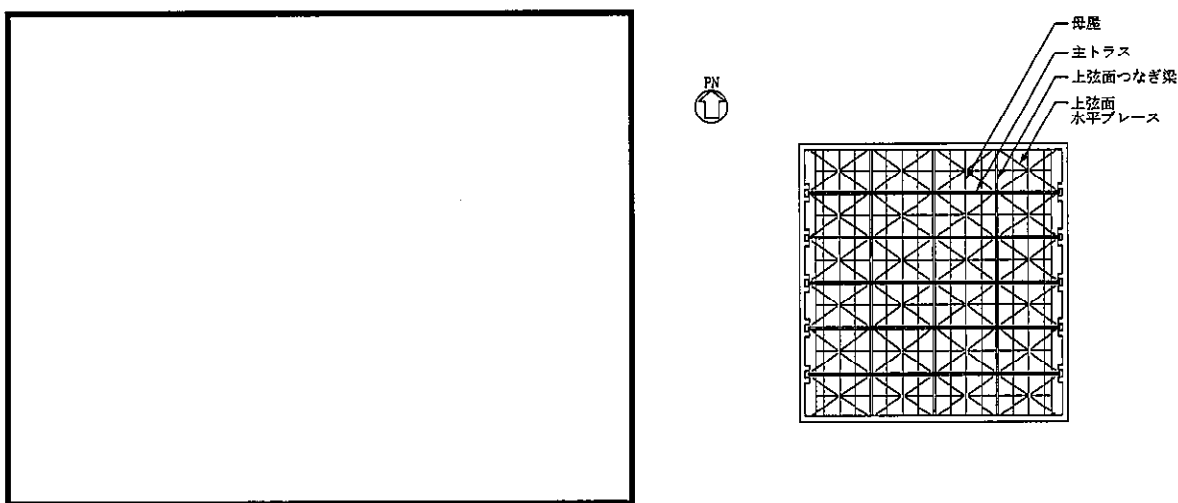


図 1 モデル化範囲

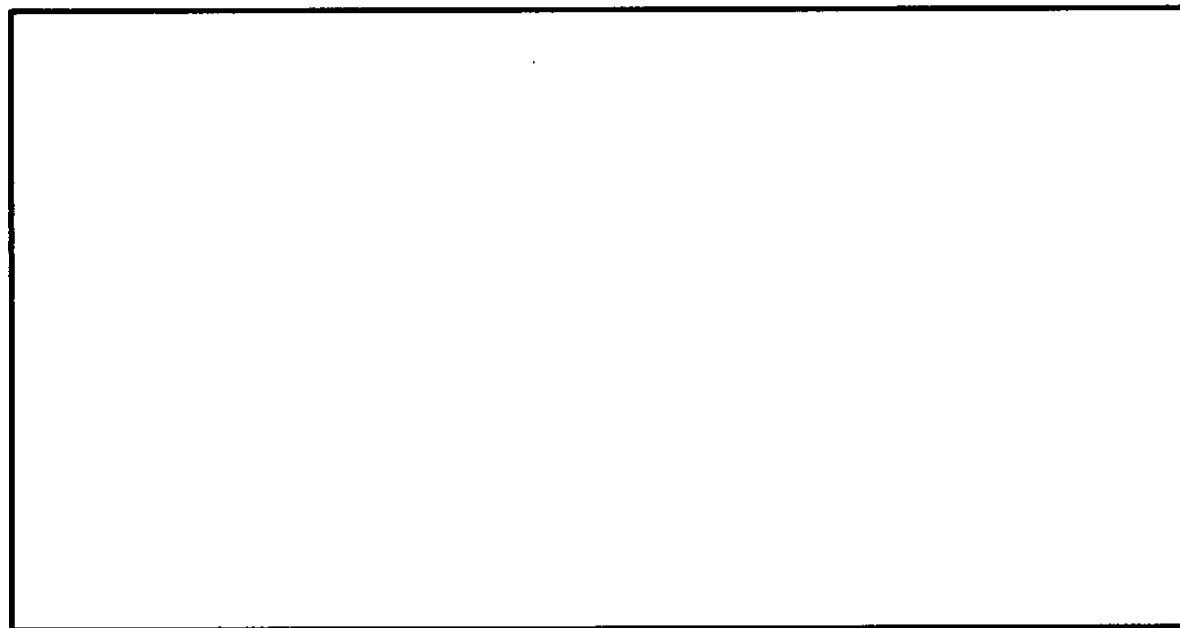


図 2 3次元FEMモデル



表 2-2 (2/4) 原子炉建屋原子炉棟（屋根トラス）

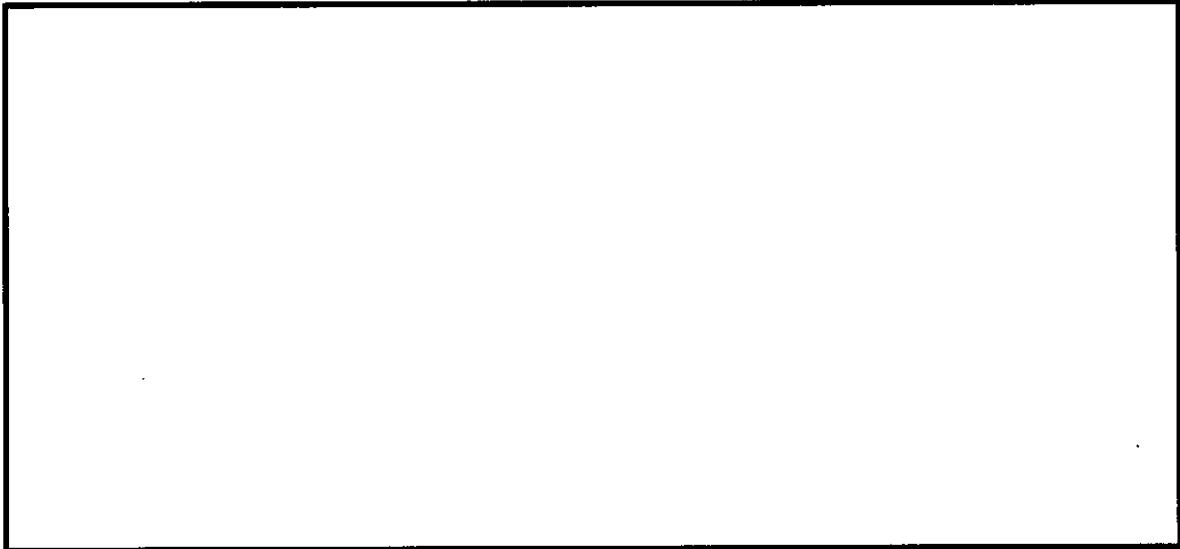
境界条件及び拘束条件
モデル下端の境界
<p>○境界条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル下端の境界条件は、EL. 46.5 m 位置について固定とする。</li> </ul> <p>○荷重の入力方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・長期荷重は、全体下向きの重力加速度を作用させることで入力する。</li> <li>・地震荷重は、質点系地震応答解析結果の EL. 46.5 m の質点の応答時刻歴（水平，鉛直，回転：回転中心はモデル中心）を入力する。</li> </ul>


図 3 境界条件（下方からの見上げ図）



表 2-2 (3/4) 原子炉建屋原子炉棟（屋根トラス）

境界条件，拘束条件
屋根トラス 柱の要素分割数及びモデル化要素による影響検討

○検討概要

屋根トラスの応力解析モデルでモデル化されている柱について，材長方向の要素分割数及び使用する要素の違いによる影響について検討する。

柱（1500mm×900mm，RC 造）を表 1 に示す 4 種類の組合せでモデル化し，図 4 に示すように柱頂部に曲げモーメントを与えた際の水平変位及び回転角を比較する。

検討結果を図 5 に示す。図 5 より，分割数によらず柱頭での節点変位は同一になる。従って，部材に中間荷重が作用しない場合には，材長方向の分割によらず変位は変わらない。また，梁要素でモデル化した場合とシェル要素でモデル化した場合の差異も見られないため，使用する要素の違いが応答に与える影響もないと判断できる。

表 1 組合せケース

ケース名	モデル化要素	高さ方向の分割数
梁要素:分割数-少	梁要素	3
梁要素:分割数-多	梁要素	30
シェル要素:分割数-少	シェル要素	3
シェル要素:分割数-多	シェル要素	30

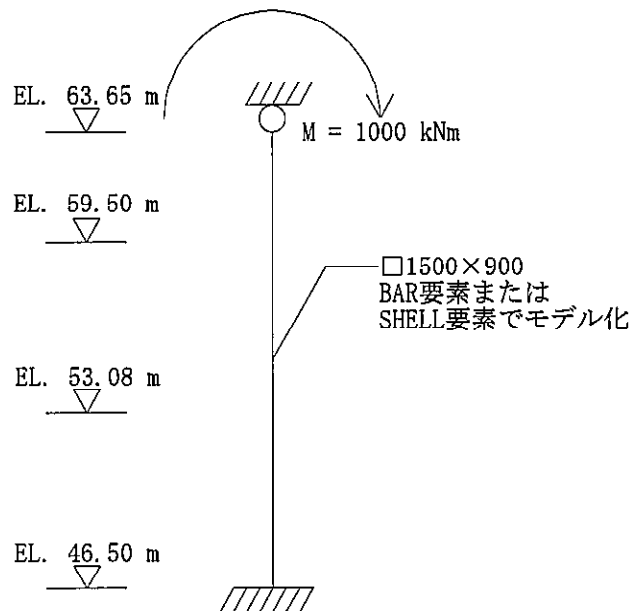


図 4 柱の検討モデル



表 2-2 (4/4) 原子炉建屋原子炉棟 (屋根トラス)

境界条件, 拘束条件

屋根トラス 柱の要素分割数及びモデル化要素による影響検討

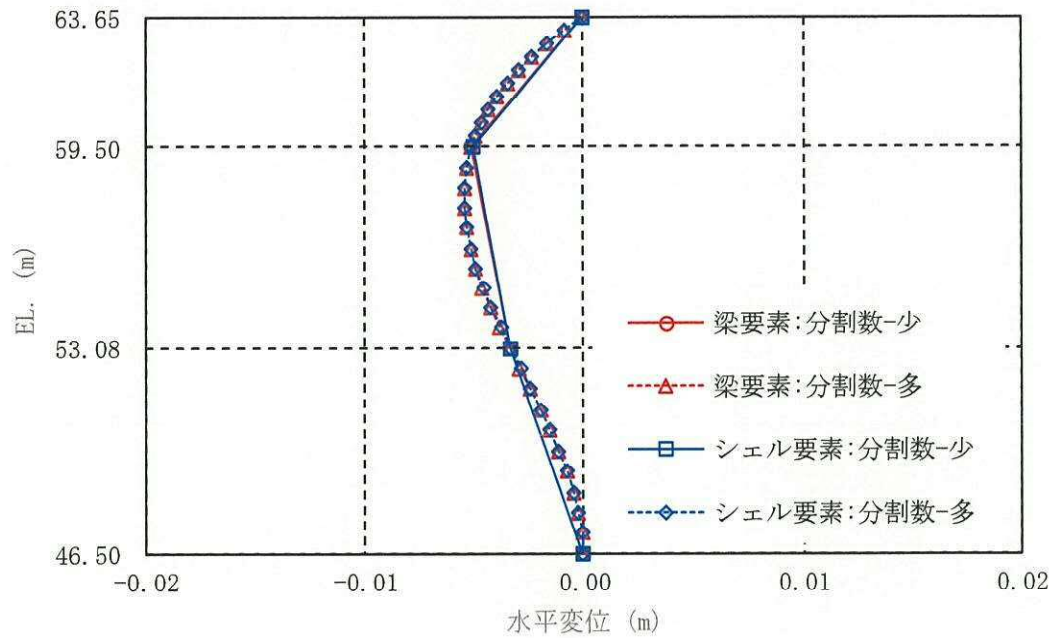


図 5 (1/2) 検討結果 (水平変位)

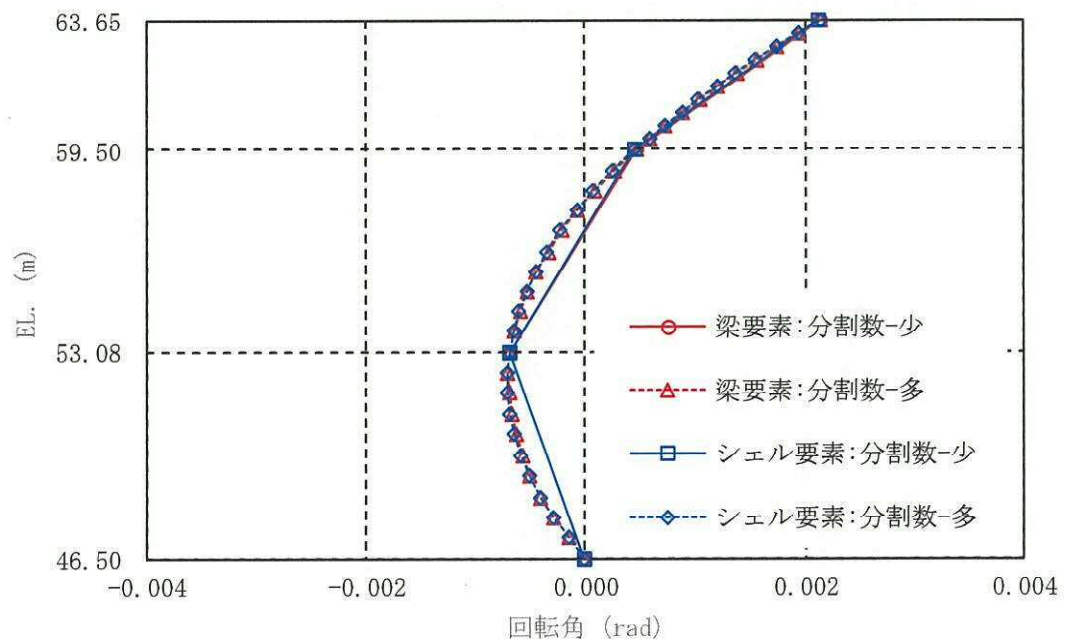


図 5 (2/2) 検討結果 (回転角)



表 2-3 (1/4) 使用済燃料プール

モデル概要
<p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋 (R/B) のうち、使用済燃料プール (SFP) と、その周囲 (EL. 33.09m~EL. 46.5m) をモデル化。</li> <li>・SFP に作用する周辺構造物からの地震時反力を適切に評価するために、以下の通り、使用済燃料プールと蒸気乾燥器・気水分離機ピット (DSP) (以下、SFP 及び DSP の両方を示す場合は、これを「プール部」という。)、原子炉ウェル、原子炉格納容器周囲の鉄筋コンクリート製 1 次遮蔽壁 (S/W) の一部、原子炉棟の外壁 (I/W) 及びプール部周囲の床・壁をモデル化。</li> </ul> <p>【モデル化範囲】</p> <p>SFP 北側：SFP 北側に位置する床及び原子炉棟外壁からの反力を適切に考慮するために、SFP 周辺構造物を原子炉棟の外壁 (I/W) 位置までモデル化。</p> <p>SFP 東側：SFP 東側に位置する床の拘束効果を適切に評価するために、プール部周囲の床を原子炉棟の外壁 (I/W) 位置までモデル化。</p> <p>SFP 南側：SFP 南側に位置する、原子炉ウェル、S/W の一部及び DSP の反力を適切に評価するために、SFP 周辺構造物を外壁 (I/W) 位置までモデル化。</p> <p>SFP 西側：SFP 西側に位置する床の拘束効果を適切に評価するために、プール部周囲の床を原子炉棟の外壁 (I/W) 位置までモデル化。</p> <div data-bbox="272 1234 1458 1803" style="border: 1px solid black; height: 250px; margin-top: 20px;"></div>
<p style="text-align: center;">図 1 3 次元 FEM モデル</p> <p>○要素分割</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・要素の一片の長さを 1.5m 程度とし、原子炉ウェル、DSP 及び I/W の配置を考慮して分割する。</li> </ul>



表 2-3 (2/4) 使用済燃料プール

モデル概要

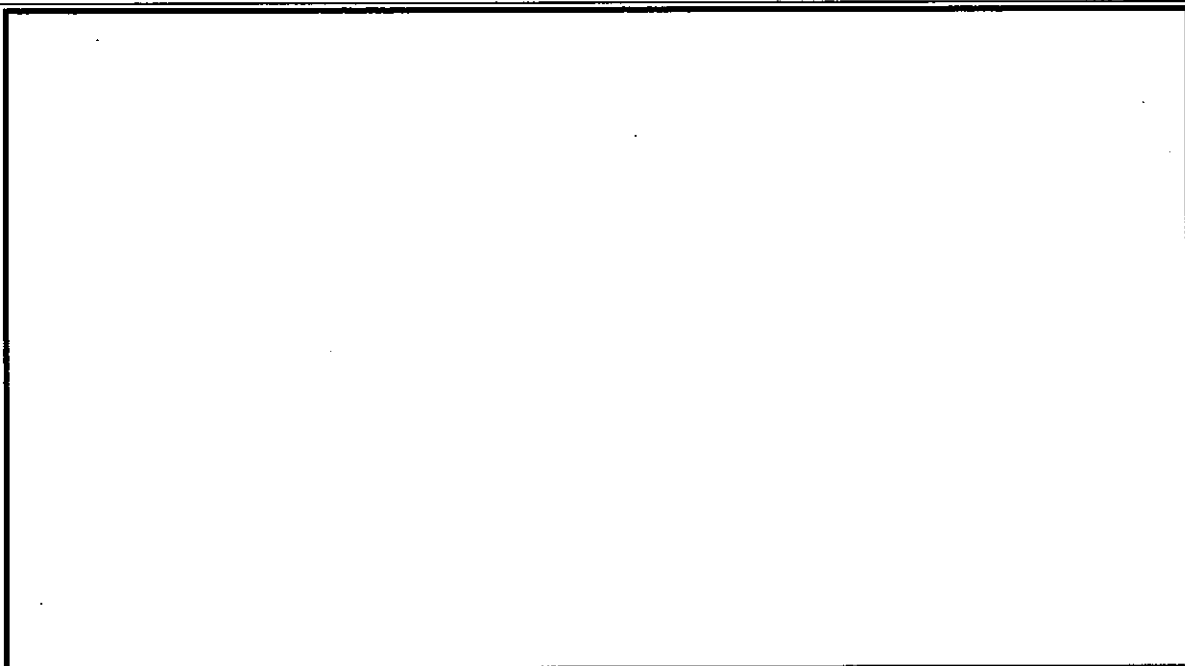


図 2 モデル化範囲（概略図）

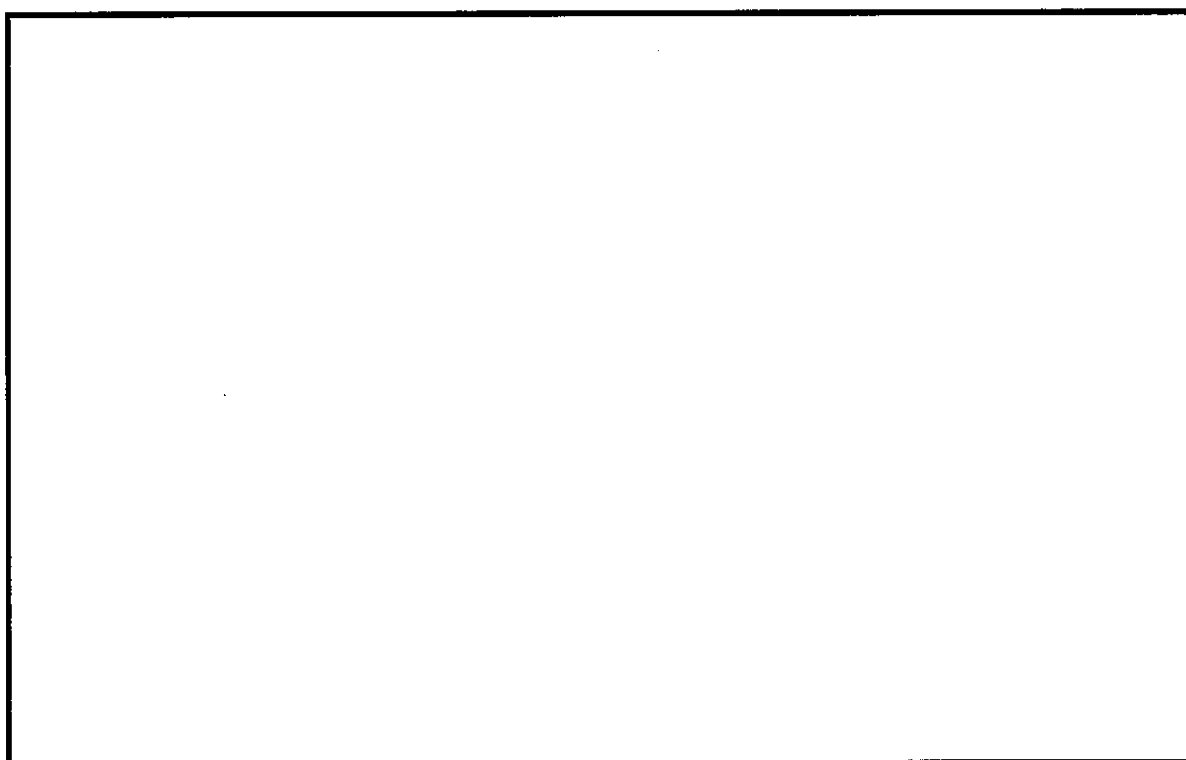


図 3 モデル化範囲（詳細図）



表 2-3 (3/4) 使用済燃料プール

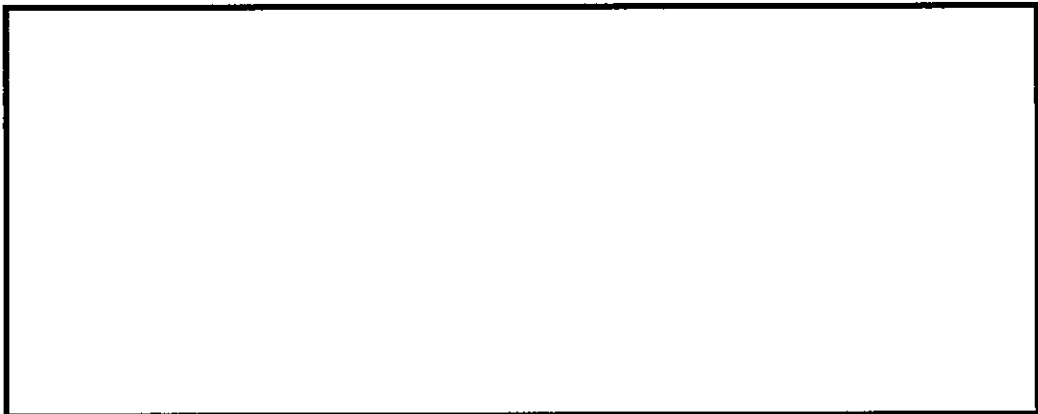
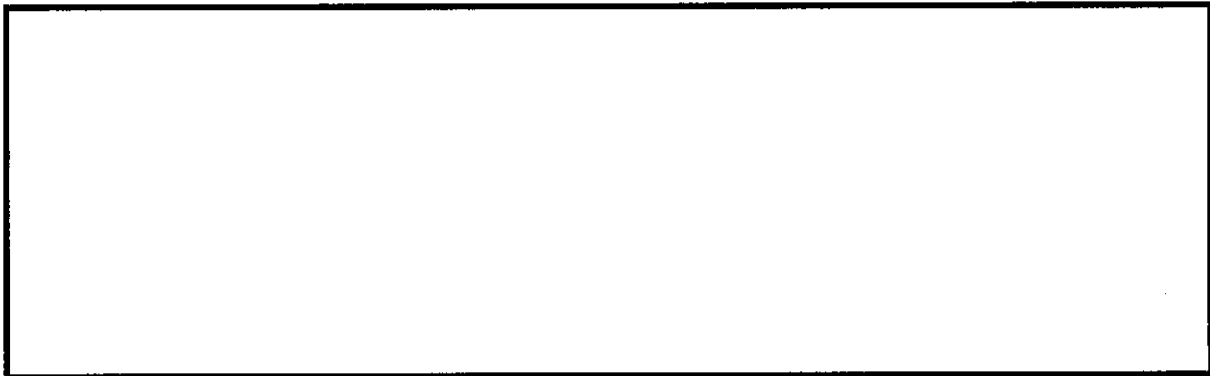
境界条件, 拘束条件	
使用済燃料プールと周辺構造物との境界	
<ul style="list-style-type: none"><li>・使用済燃料プール（シェル要素）は，周辺構造物（シェル要素，はり要素）と境界部で節点を共有しており，周辺構造物との間で生じる荷重の伝達や建屋の剛性による拘束を考慮している。</li></ul>	
	
(a) 3次元FEMモデル	
	
(b) 平面図	(c) A-A断面図
図4 モデル境界	
①：EL. 46.5 mの床	②：EL. 38.8 mの床
<ul style="list-style-type: none"><li>・EL. 46.5 mの床の面内剛性（曲げ剛性，せん断剛性，軸剛性）を評価した，はり要素をモデル化。</li><li>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・EL. 38.8 mの床の面内剛性（曲げ剛性，せん断剛性，軸剛性）を評価した，はり要素をモデル化。</li><li>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</li></ul>
③：I/W（上面）	④：I/W（側面）
<ul style="list-style-type: none"><li>・I/Wの面内剛性（曲げ剛性，せん断剛性，軸剛性）を評価した，はり要素でモデル化。</li><li>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・I/Wの面内剛性（曲げ剛性，せん断剛性，軸剛性）を評価した，はり要素でモデル化。</li><li>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</li></ul>
はり要素の剛性（断面性能）	
<ul style="list-style-type: none"><li>・軸剛性（軸断断面積）</li><li>・曲げ剛性（断面二次モーメント）</li><li>・せん断剛性（せん断断面積）</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・<math>A = t \times W</math></li><li>・<math>I = t \times W^3 / 12</math></li><li>・<math>A_s = t \times W</math></li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>・<math>t</math>：壁もしくは床の版厚</li><li>・<math>W</math>：壁もしくは床のモデル化する領域の幅</li></ul>



表 2-3 (4/4) 使用済燃料プール

境界条件, 拘束条件	
固定荷重・動水圧荷重・鉛直地震力	温度荷重
<p>・モデル下端位置は, 原子炉ウェル下端を水平ローラー拘束, I/W 下端を固定。</p> <p>&lt;モデル図を北西下側から俯瞰&gt;</p>	<p>・モデル下端位置は, I/W 下端の 1 節点を固定, 原子炉ウェル及びその他の I/W 下端を水平ローラー拘束。</p> <p>&lt;モデル図を北西下側から俯瞰&gt;</p>
水平地震力	
<p>・モデル下端位置は, 原子炉ウェル下端を固定。</p> <p>・NS 方向は, プールガードーに生じるせん断力を考慮するため, I/W (側面) 端部に節点荷重を適用。</p> <p>・EW 方向は, 原子炉ウェル部と I/W に生じる異なる回転変形量を考慮するため, I/W (側面) 端部に強制変位を適用。</p>	
<p>NS 方向地震時</p>	<p>EW 方向地震時</p>
<モデル図を北西下側から俯瞰>	



表 2-4 (1/4) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ及び杭  
モデル概要 (3次元FEMモデル)

○モデル化範囲及び評価対象

- ・ 上部構造物 (EL. 8.30 m～EL. 29.20 m) 及び基礎スラブ (EL. 5.80 m～EL. 8.30 m), 杭及び地盤 (EL. -15.90 m～EL. 5.80 m)
- ・ FEMモデルは基礎スラブを評価対象とする (杭応力は図5の弾性支承ばりモデルで評価)。

○使用要素

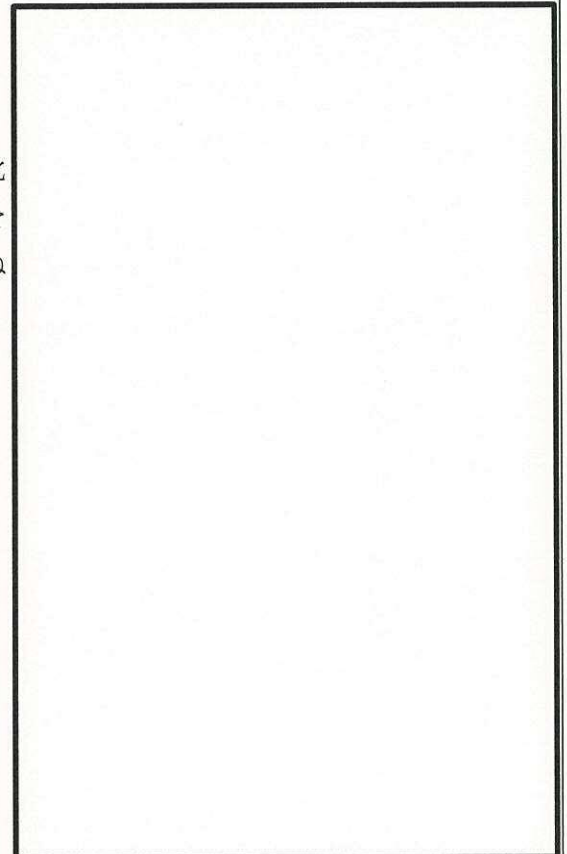
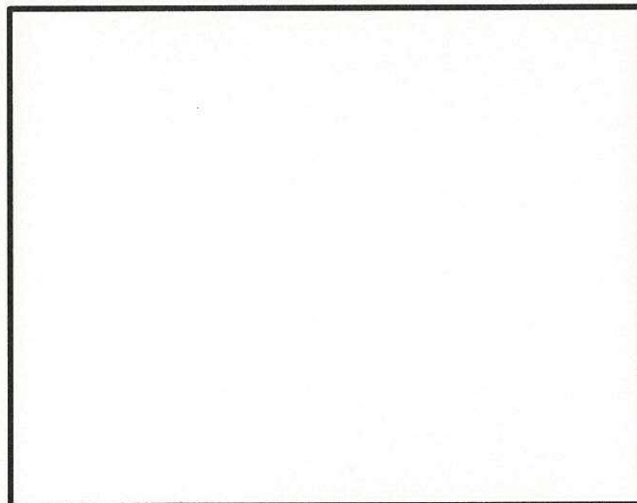
- ・ 梁要素：柱及び梁 (屋根トラスを含む) ※1
- ・ シェル要素：基礎スラブ, 床スラブ及び壁
- ・ ばね要素：杭及び地盤※2

注記 ※1：大断面の柱・梁はシェル要素でモデル化

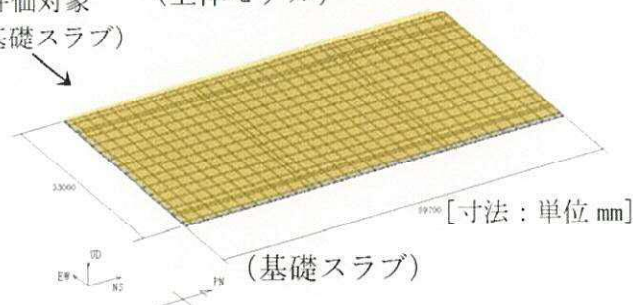
※2：杭と地盤は薄層要素法による等価ばねを  
応力解析モデルの基礎スラブ底面のばね  
要素としてモデル化。(図3を参照)

○要素分割

上部構造については,水平及び上下方向ともに既工  
認から要素サイズを半分程度に細分化した。基礎  
スラブについては変更は無い。



評価対象 (全体モデル)  
(基礎スラブ)









	基礎スラブ
	壁 (耐震壁は建屋外周壁のみ)
	床スラブ
	屋根トラス
	柱・梁
	杭 (モデル化は図5 参照)

図1 3次元FEMモデル及び構造図



表 2-4 (2/4) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ及び杭

境界条件，拘束条件

上部構造物と基礎スラブの境界

- ・基礎スラブは上部構造物との境界部で節点を共有し，上部構造物の剛性による拘束を考慮する。但し，上部構造の壁脚部と基礎スラブの節点位置が異なる部位については，不連続節点間の自由度を結合し一体化している。図 2 に上部構造物と基礎スラブの境界及び拘束条件を示す。
- ・基礎スラブは既工認と同じ要素分割とし，各杭の配置を反映。(次頁図 4 参照)
- ・上部構造物の要素分割は 1 スパンを 4 分割して既工認モデルから細分化。

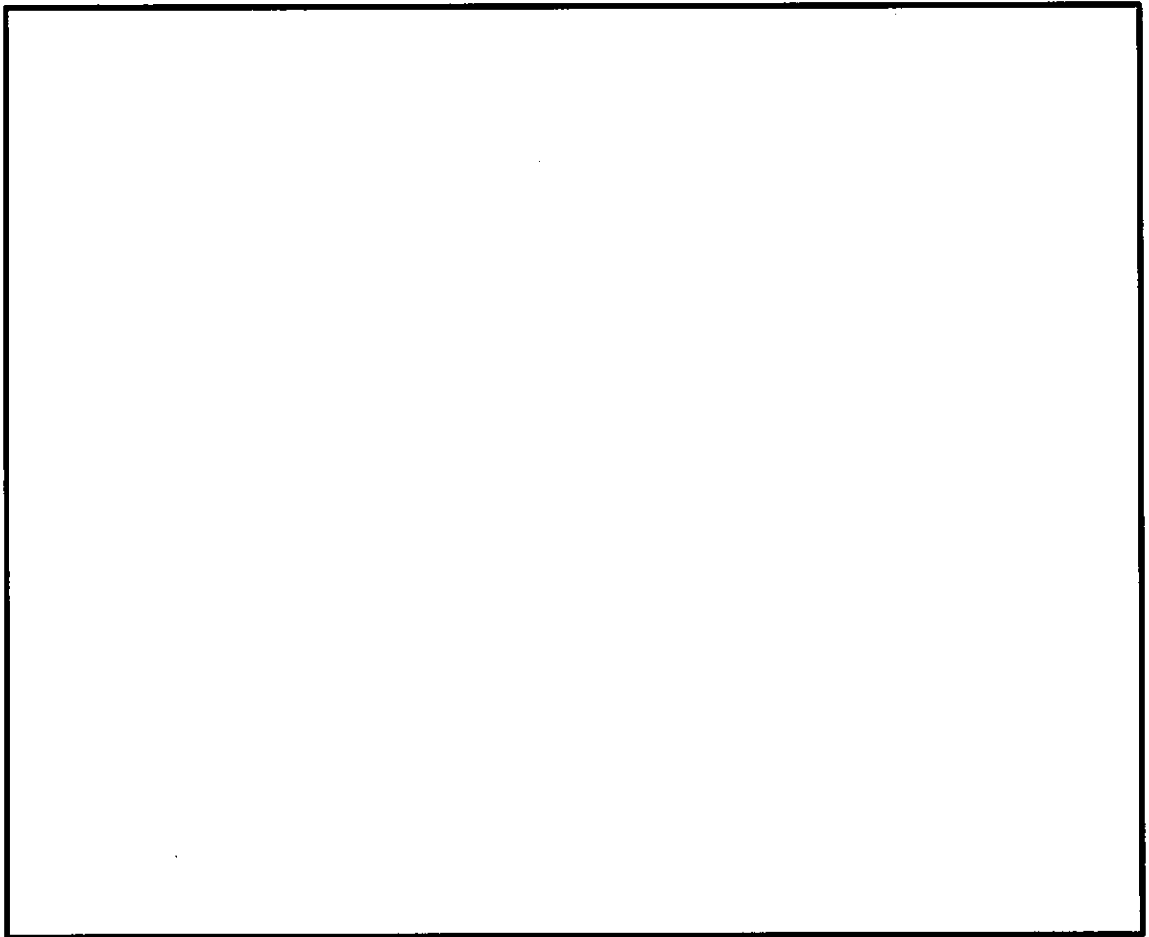


図 2 上部構造物と基礎スラブの境界及び拘束条件



表 2-4 (3/4) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ及び杭  
境界条件・拘束条件

基礎スラブと地盤との境界

- ・ 基礎スラブ底面の杭-地盤ばね(図 3 参照, 地震応答解析モデルに基づき設定)  
 水平ばね: 薄層要素法<sup>\*3</sup>による水平ばねを離散化  
 鉛直ばね: 水平加力時は薄層要素法<sup>\*3</sup>による回転ばねを鉛直ばねに変換して離散化。常時及び鉛直加力時は薄層要素法<sup>\*3</sup>による鉛直ばねを離散化。  
<sup>\*3</sup>: 薄層要素法 杭-地盤系の相互作用を評価するため三次元薄層要素法(杭及び半無限地盤を水平な薄層に分割し, 杭の点加振より得られるインピーダンスを算定)により地震応答解析モデルにおける基礎スラブ底面の動的地盤ばねを評価  
 ・ 上記の底面地盤ばね(3 方向)は各杭の位置に設置する。

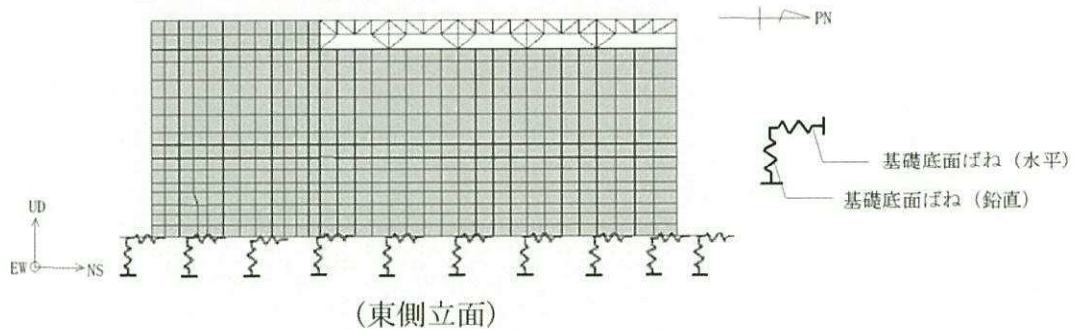


図 3 基礎スラブ底面の杭

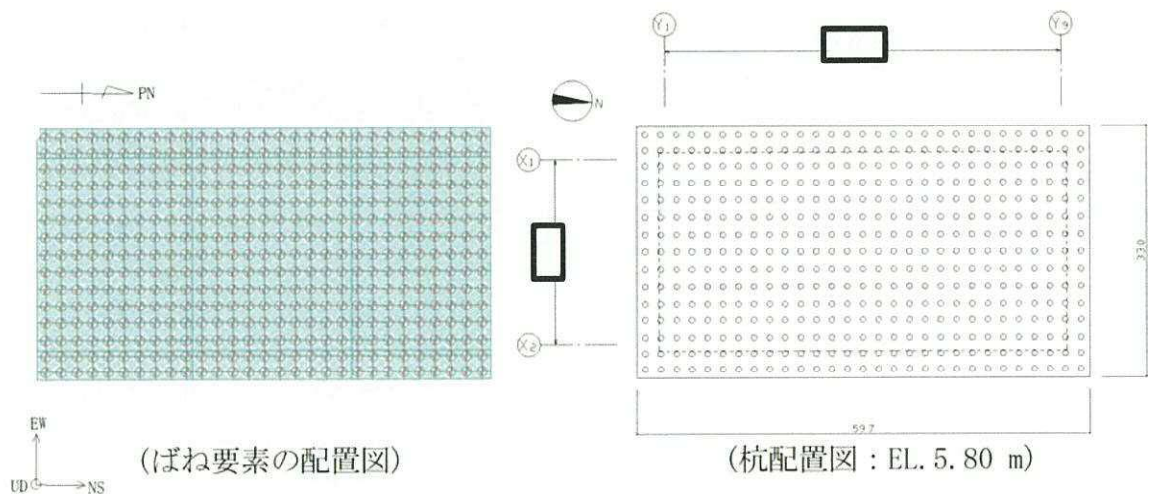


図 4 ばね要素の配置図及び杭配置図(鋼管杭 435 本)



表 2-4 (4/4) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ及び杭

モデル概要 (梁と地盤ばねによるモデル)

杭と杭周地盤ばね (水平地盤ばね)

○モデル化範囲及び評価対象

- ・ 杭と杭周の地盤 (EL. -15.90 m~EL. 5.80 m)
- ・ 梁と地盤ばねによるモデルでは杭を評価対象とし、建屋慣性力及び地盤変位による杭応力 (せん断力と曲げモーメント\*4) を評価。

\*4: 杭頭に生じる曲げモーメントは、杭頭曲げ戻し反力として、基礎スラブ側の応力に別途加算し、基礎スラブの断面検定に反映する。(図 6 参照)

○使用要素

- ・ 杭: 梁要素
- ・ 杭周の地盤: ばね要素

○境界条件及び拘束条件

- ・ 杭頭固定 (回転自由度拘束) - 杭先端ピン (水平自由度拘束) 条件
- ・ 水平ばね (水平地盤反力係数  $k_h$  は杭の水平載荷試験結果\*5に基づき設定した表 1 の値に、杭径と杭の中心間隔から求める群杭係数を考慮。)

\*5: 原子炉設置変更許可申請 (平成 9 年 9 月 17 日) 添付書類六, 1. 2. 4. 2. 3 原位置試験結果, (3) 杭の水平載荷試験

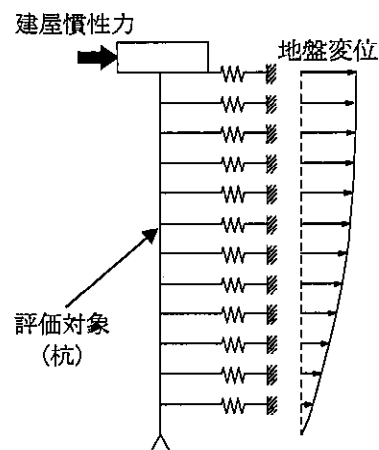
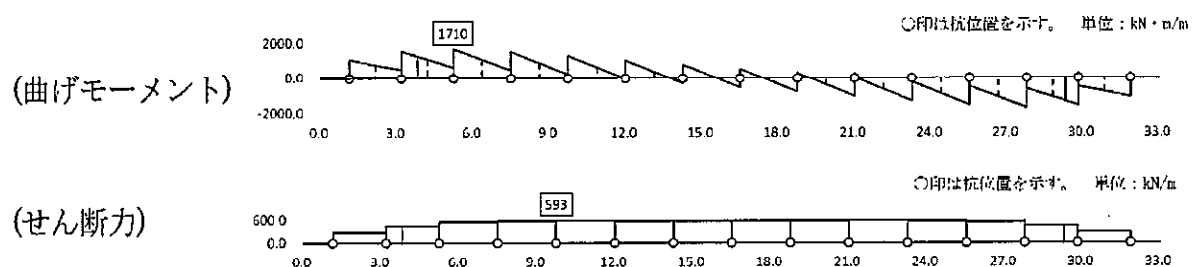


図 5 梁と地盤ばねによるモデル図

表 1 各層の水平地盤反力係数

地層	水平地盤反力係数 $k_h$ (kN/m <sup>3</sup> )
du	$1.67 \times 10^4$
Ag2	$5.00 \times 10^4$
D2c-3	$2.94 \times 10^4$
D2g-3	$5.00 \times 10^4$
Km	$6.96 \times 10^4$



(各杭位置 ○ に、図 5 に示すモデルで求めた杭頭曲げモーメントを載荷した時の基礎スラブ応力を示す。)

図 6 杭頭曲げ戻し反力による基礎スラブの付加応力 (EW 方向地震時)



表 2-5 (1/3) 緊急時対策所建屋の基礎スラブ及び杭

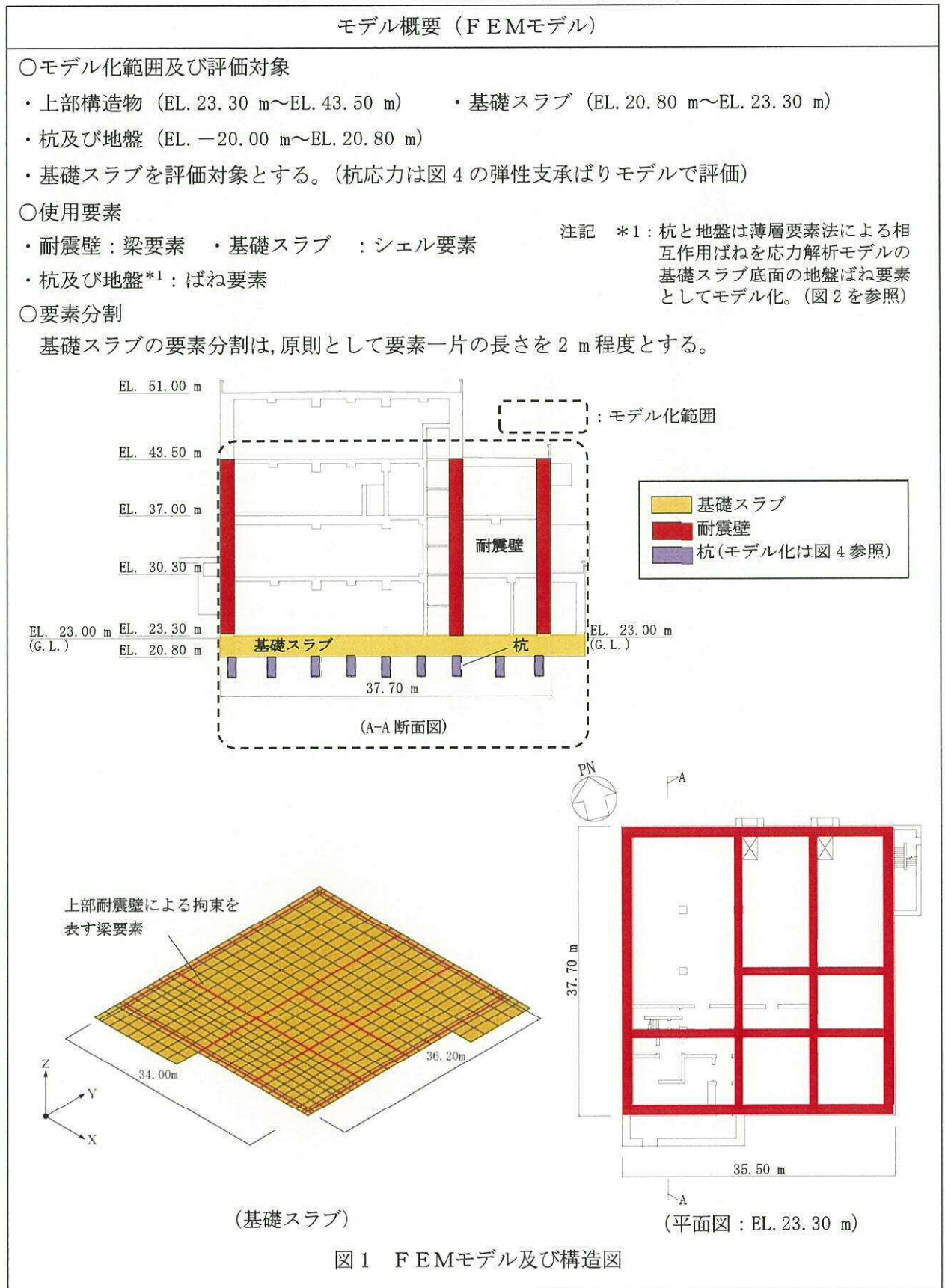




表 2-5 (2/3) 緊急時対策所建屋の基礎スラブ及び杭

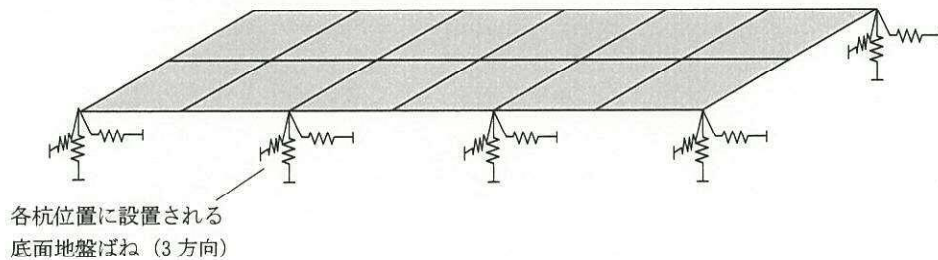
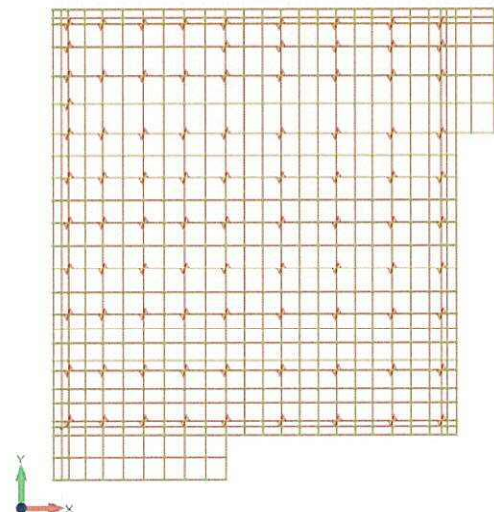
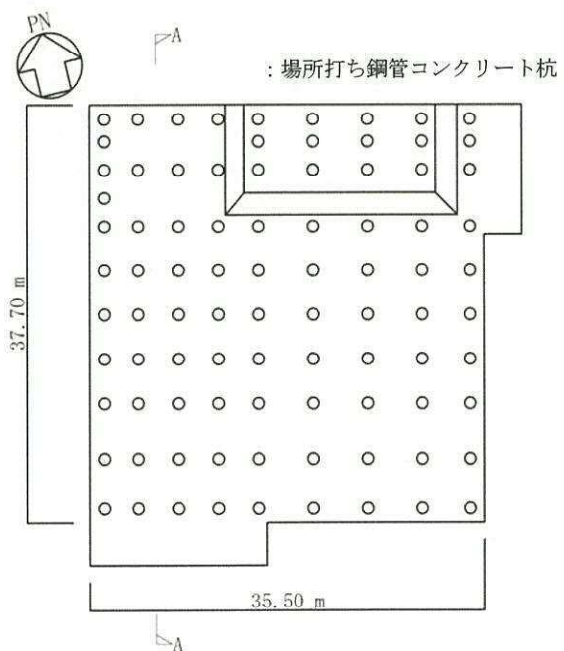
境界条件, 拘束条件	
上部構造物と基礎スラブの境界	
・基礎スラブ（シェル要素）と耐震壁（はり要素）の境界部で節点を共有し，上部構造物の剛性による拘束を考慮するため各耐震壁の脚部にはり要素を設けるとともに，上部構造物からの曲げモーメント，せん断力，軸力を節点荷重として考慮する。	
基礎スラブと地盤との境界	
・基礎スラブ底面の杭-地盤ばね(図 2 参照) 水平ばね：薄層要素法による水平ばねを離散化 鉛直ばね：水平加力時は薄層要素法による回転ばねを離散化して鉛直ばねを算定 常時及び鉛直加力時は薄層要素法による鉛直ばねを離散化	
・上記の底面地盤ばね(3 方向)は各杭の位置に設置する。	
<div><p>各杭位置に設置される 底面地盤ばね (3 方向)</p></div>	
図 2 境界条件の概念図	
<div><div><p>(a) FEMモデルにおけるばね要素の配置</p></div><div><p>PN</p><p>37.70 m</p><p>35.50 m</p><p>: 場所打ち鋼管コンクリート杭</p><p>(b) 杭配置図</p></div></div>	
図 3 ばね要素の配置図及び杭配置図（場所打ち鋼管コンクリート杭 88 本）	



表 2-5 (3/3) 緊急時対策所建屋の基礎スラブ及び杭

# モデル概要 (弾性支承ばりモデル)

## 杭と杭周地盤ばね(水平地盤ばね)

### ○モデル化範囲及び評価対象

- ・杭と杭周の地盤 (EL. -20.00 m～EL. 20.80 m)
- ・弾性支承ばりモデルでは杭を評価対象とし、建屋からの水平力及び地盤変位による杭応力 (せん断力と曲げモーメント\*2) を評価。

\*2: 杭頭に生じる曲げモーメントは、杭頭曲げ戻し反力として、基礎スラブの応力解析に節点荷重として考慮する。

### ○使用要素

- ・杭: 梁要素
- ・杭周の地盤: ばね要素

### ○境界条件及び拘束条件

- ・杭頭固定(回転自由度拘束)ー杭先端ピン(水平自由度拘束)条件
- ・水平ばね (水平地盤反力係数  $K_h$  は「日本建築学会: 建築基礎構造設計指針 (2001)」に基づき算定し、表 1 の通り設定\*3する。)

\*3: 設定根拠に関しては「緊急時対策所建屋の耐震性評価に関する補足説明資料」の「水平地盤反力係数  $k_h$  の設定について」の項に記載する。

表 1 水平地盤反力係数 (工認基本モデル)

標高 EL. (m)	地層名	水平地盤反力係数 $k_h$ (kN/m <sup>3</sup> )
20.8 ~ 19.0	改良土 (f1)	$4.70 \times 10^7$
19.0 ~ 15.3	改良土 (du)	$4.70 \times 10^7$
15.3 ~ 13.6	改良土 (D2c-3)	$4.70 \times 10^7$
13.6 ~ 7.2	D2g-3	$6.66 \times 10^4$
7.2 ~ 1.0	D2c-3	$3.23 \times 10^4$
1.0 ~ -5.5	D2s-3	$8.62 \times 10^4$
-5.5 ~ -15.2	D2g-3	$1.80 \times 10^5$
-15.2 ~ -20.0	Km	$1.09 \times 10^5$

図 4 弾性支承梁の概念図



表 2-6 (1/3) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

モデル概要

○モデル化範囲及び評価対象

- ・ 上部構造物 (EL. -12.80 m~EL. 8.00 m) 及び基礎スラブ (EL. -15.80 m~EL. -12.80 m)

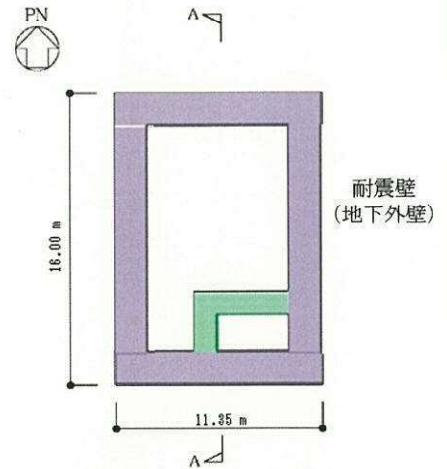
- ・ FEMモデルは基礎スラブ, 耐震壁 (地下外壁) 及び上版を評価対象とする。

○使用要素

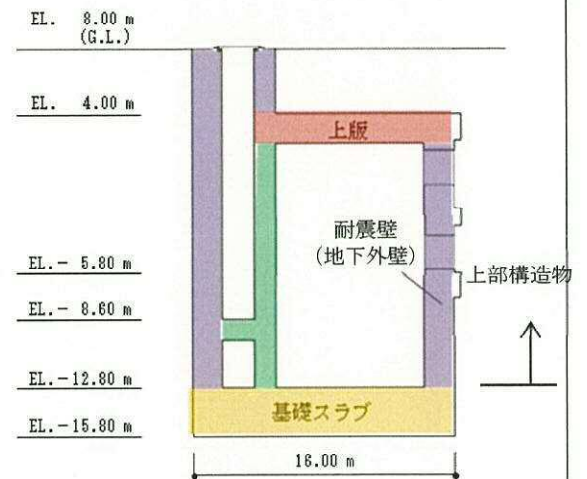
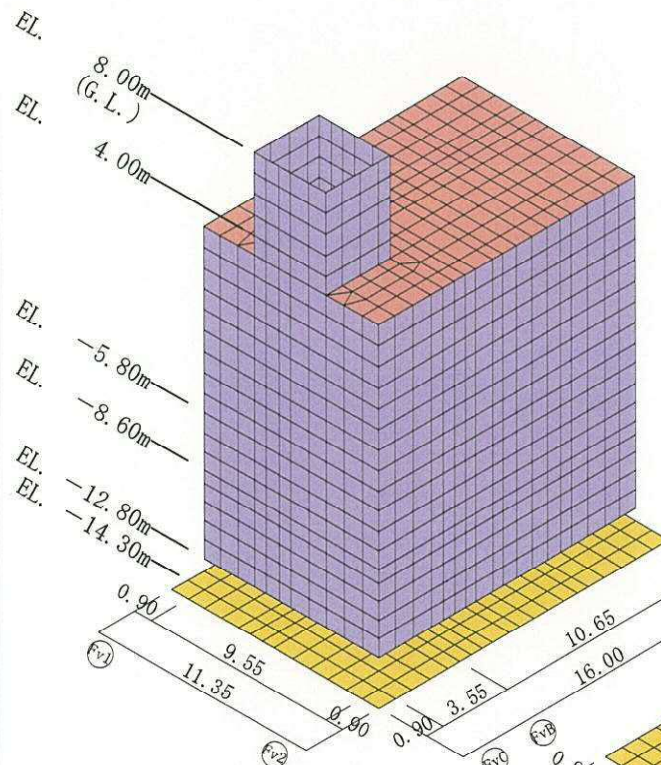
- ・ シェル要素: 基礎スラブ, 耐震壁及び上版

○要素分割

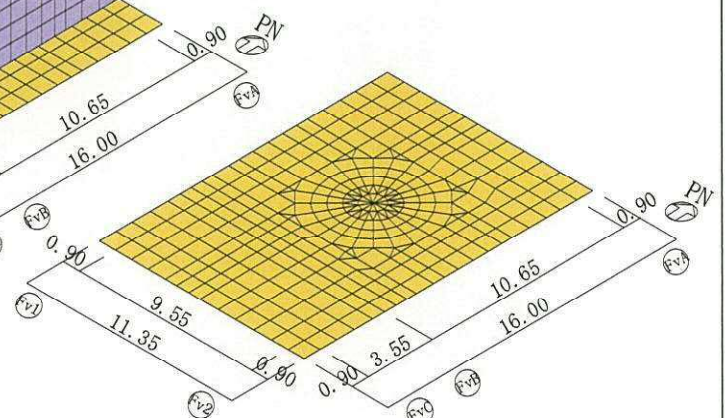
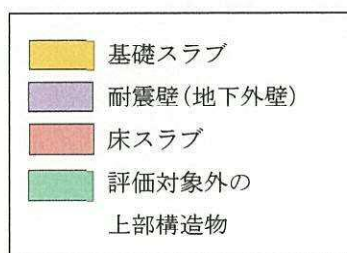
要素の一片の長さを 1 m 程度以下とし, 耐震壁及びフィルタ装置の配置を考慮して分割する。



(平面図:EL. -12.80 m)



(A-A 断面図)



(基礎スラブのみを表記)

図 1 3次元FEM解析モデル



表 2-6 (2/3) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

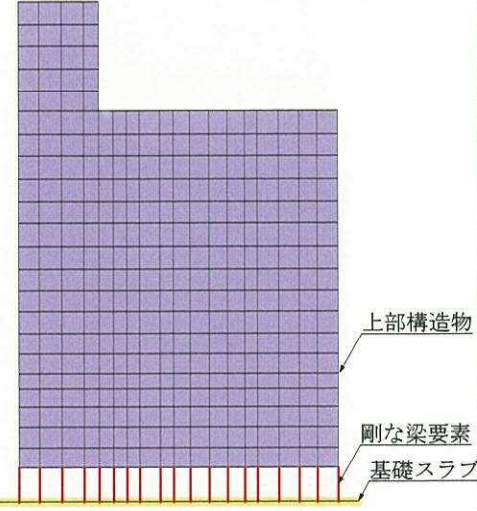
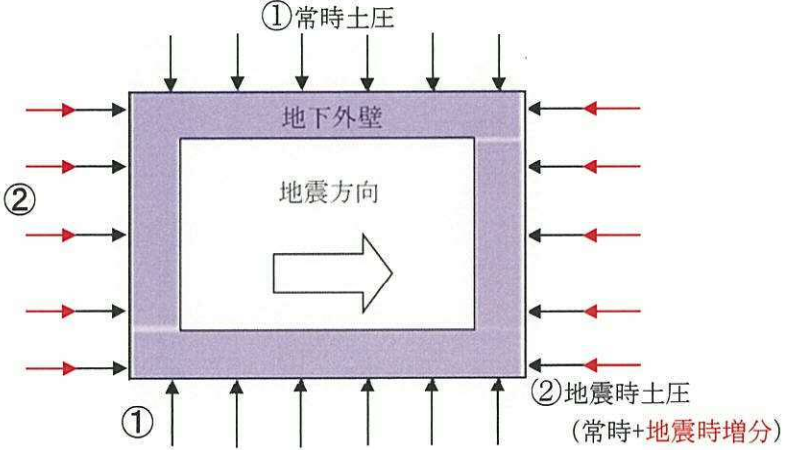
境界条件, 拘束条件	
上部構造物と基礎スラブの境界	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・上部構造物と基礎スラブの境界については, 上部構造物からの曲げモーメントを基礎スラブ中心高さでの値として適切に評価するため, 上部構造物要素下端と基礎スラブ要素を基礎スラブ厚の半分 (1.5 m) 離してモデル化する。</li> <li>・上部構造物と基礎スラブの境界には, 剛な梁要素を設置し, 基礎スラブ厚の範囲を剛域としてモデル化する。</li> <li>・上記の通りモデル化することで, 上部構造物と基礎スラブの連続性を確保する。</li> </ul>	 <p>図 2 剛な梁要素概要</p>
地下外壁と側面地盤の境界	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下外壁と側面地盤との境界の影響として土圧を考慮する。土圧は常時土圧及び地震時増分土圧を以下の通り考慮する。</li> </ul> <p>常時土圧 : 地下外壁全方位に外力として入力</p> <p>地震時増分土圧 : 地震方向の正負両方向に外力として入力</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地下外壁と側面地盤の境界に, 地盤ばねによる拘束条件は設定しない。</li> </ul>	
 <p>図 3 NS 方向地震時土圧概要 (平面図)</p>	



表 2-6 (3/3) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

境界条件, 拘束条件

基礎スラブと底面地盤の境界

- 基礎スラブと底面地盤との間には、底面地盤を表現するギャップ要素を設け、基礎スラブと底面地盤との間の剥離（基礎の浮上り）を考慮している。

図 4 境界条件の概念図

- ギャップ要素

引張力が発生した時に浮上りを考慮する。水平剛性及び鉛直剛性は以下の通り設定する。  
なお、剛性は NS 方向及び EW 方向の剛性の平均値とする。

水平剛性  $K_{Hi}$  : 地震応答解析モデルにより算出したインピーダンスの実部を用いて水平地盤ばね  $K_H$  を作成。それを節点支配面積  $A_i$  により離散化。

$$K_{Hi} = (K_H / A) \times A_i$$

$A$  : 基礎スラブの断面積

鉛直剛性  $K_{Vi}$  : 地震応答解析モデルにより算出したインピーダンスの実部を用いて回転地盤ばね  $K_R$  を作成。それを鉛直ばねとして節点支配面積  $A_i$  により離散化。

$$K_{Vi} = (K_R / I) \times A_i$$

$I$  : 基礎スラブの断面二次モーメント

注 : 鉛直変位が 0 を超えて基礎が浮上る場合、水平剛性を 0 とする。

(a) 水平剛性

(b) 鉛直剛性

図 5 ギャップ要素の概念図



表 2-7 (1/4) 主排気筒 (上部構造物)

モデル概要

○モデル化範囲, 対象部材

- ・ 基礎上端より上部の (EL. 8.5 m～EL. 148.0 m) の範囲
- ・ 筒身, 鉄塔構成部材 (主柱材, 斜材, 水平材, 補助主柱材, 補助斜材, 補助水平材)

○使用要素

- ・ 梁要素: 筒身, 鉄塔構成部材 (主柱材, 斜材, 水平材, 補助主柱材, 補助斜材, 補助水平材)

<解析モデルの使い分け>

- ・ 地震荷重: 2軸の質点系モデル (応力伝達考慮) による地震応答解析により鉄塔と筒身の応答が分離して出力される。このため, 各応答に対する部材応力評価モデルとして, 鉄塔については, トラス構造の各部材の応力を計算するため鉄塔のみの立体骨組モデルを使用し, 筒身については1本の連続梁とみなして手計算を実施する。
- ・ 風荷重: 鉄塔-筒身間の応力伝達を評価するため, 鉄塔と筒身をモデル化する。両者の応力伝達を担うダンパ部について, オイルダンパは風荷重 (静的荷重) に対して効かないためモデル化せず, 弾塑性ダンパは風荷重に対して塑性変形しない設計としているため, 鉄塔-筒身間の応力伝達部材の一部としてモデル化する。

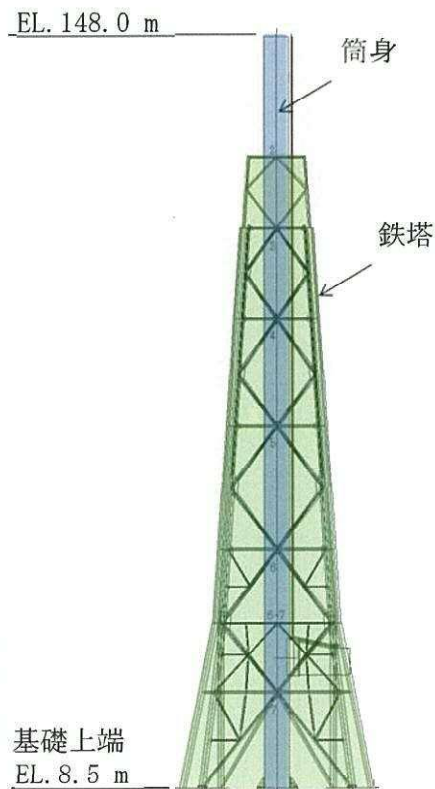


図1 モデル化範囲

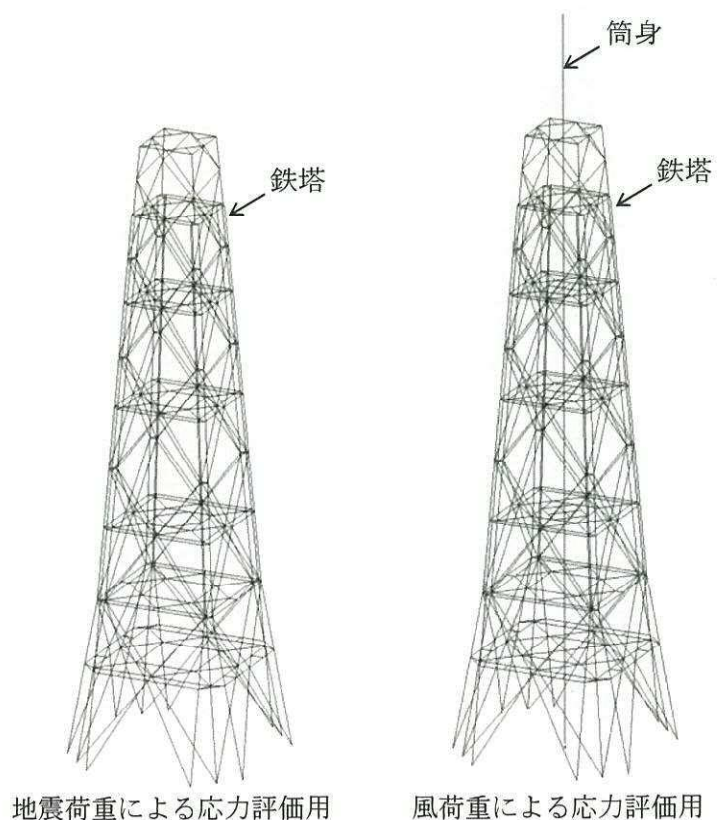


図2 解析モデル



表 2-7 (2/4) 主排気筒 (上部構造物)

境界条件, 拘束条件
<p data-bbox="256 347 568 376">上部構造物と基礎の境界</p> <p data-bbox="256 396 553 425">○境界条件及び拘束条件</p> <ul data-bbox="292 443 927 1099" style="list-style-type: none"> <li>筒身脚部と基礎の境界は、<math>\phi 4\text{m}</math> の構造体が接地しており、軸力、せん断力、曲げモーメントとも伝達するため完全固定 (移動、回転とも拘束)、筒身脚部の構造は図 4 を参照</li> <li>鉄塔脚部と基礎の境界は、鉄塔がトラス構造で脚部には軸力、せん断力のみが発生するためピン接合 (移動拘束)、鉄塔脚部の構造は図 5 を参照</li> <li>主柱材同士、補助主柱材同士、筒身同士については、溶接もしくはフランジ接合で軸力、せん断力、曲げモーメントとも伝達するため剛接合</li> <li>その他部材同士については、ガセットを介した高力ボルト摩擦接合としており、ガセット剛性が部材に与える曲げモーメントの影響は小さいことからピン接合、その他部材同士 (例：鉄塔継手部) の構造は図 6 を参照</li> </ul> <p data-bbox="256 1162 474 1191">○部材の要素分割</p> <p data-bbox="309 1207 911 1281">鉄塔はトラス構造のため、モデルは梁要素で構成され、部材交点ごとに要素分割している。</p> <p data-bbox="256 1344 474 1373">○荷重の入力方法</p> <ul data-bbox="292 1391 932 2002" style="list-style-type: none"> <li>長期荷重は、排気筒頂部、主柱材、補強主柱材の支持平面レベルに質点荷重として入力</li> <li>地震荷重 (鉄塔) は、地震応答解析により得られた最大応答 (曲げモーメント、せん断力) に対し、等価な曲げモーメント及びせん断力分布となる水平荷重及びモーメントを算出し、これを地震荷重として、鉄塔のみの解析モデルに入力</li> <li>地震荷重 (筒身) は、連続梁とみなして、地震応答解析により得られた最大応答 (曲げモーメント、せん断力) を断面力として使用</li> <li>風荷重は、鉄塔一筒身間の応力伝達を評価するため、鉄塔及び筒身をモデル化した解析モデルに入力</li> <li>地震荷重及び風荷重は、筒身頂部及び各支持平面の 4 隅に均等に入力</li> </ul> <div data-bbox="957 436 1460 840" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1155 866 1342 896">図 3 境界条件</p> <div data-bbox="1093 974 1396 1377" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1155 1404 1342 1433">図 4 筒身脚部</p> <div data-bbox="1125 1456 1364 1691" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1102 1700 1378 1729">図 5 補助主柱材脚部</p> <div data-bbox="1197 1758 1324 2004" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1070 2033 1406 2063">図 6 鉄塔継手部 (代表例)</p>



表 2-7 (3/4) 主排気筒 (上部構造物)

境界条件, 拘束条件
<p data-bbox="256 342 710 371">オイルダンパの解析モデル上の扱い</p> <p data-bbox="256 387 790 416">○渦励振による風直交方向風荷重について</p> <p data-bbox="269 434 456 463">1) 渦励振現象</p> <p data-bbox="285 479 1481 607">流れ場にある円筒構造物には、後方にカルマン渦と呼ばれる交番渦が発生する。この交番渦が起振源となり、円筒構造物が流れと直交方向に振動する現象を「渦励振」と言う。渦励振の概念図を図 7 に示す。</p> <div data-bbox="528 651 1166 938"> </div> <p data-bbox="735 958 1007 987">図 7 渦励振の概念図</p> <p data-bbox="269 1052 711 1081">2) 主排気筒に対する渦励振の影響</p> <p data-bbox="330 1099 1425 1128">「煙突構造設計指針」によれば、渦励振を抑制するための対策として以下の記載がある。</p> <p data-bbox="330 1146 655 1176">(2) 減衰付加による対策</p> <p data-bbox="1121 1146 1453 1176">(煙突構造設計指針 抜粋)</p> <p data-bbox="314 1193 1473 1370">減衰付加による対策とは、煙突に減衰性能を付加することで、風方向、風直行方向、近接する構造物の空力干渉による振動を抑制するものである。煙突の場合は、渦励振を抑えるためにTMD (同調形質量ダンパー) を用いることが多いが、チェーンを使用した衝撃ダンパーなどを用いることもある。</p> <p data-bbox="285 1388 1485 1610">東海第二発電所の主排気筒に設置しているオイルダンパ※についても、上述の煙突の構造減衰を増大させるための措置の一種であり、渦励振の影響は抑えられていることから、本評価においても渦励振に対する考慮は不要としている。また、煙突分野の設計においては、渦励振のような定常的な振動は、地震のような非定常な振動のある特殊な状態であるとみなされており、地震用のオイルダンパが設置されていれば、風 (渦励振) による振動も制御できるとみなされている。</p> <p data-bbox="285 1621 1485 1682">※東海第二発電所『既工事計画届出書 添付資料IV-1-2「主排気筒の耐震性についての計算書」(発室発第 583 号) 平成 21 年 3 月 9 日届出』</p> <p data-bbox="269 1740 769 1769">3) オイルダンパの解析モデル上の扱い</p> <p data-bbox="285 1787 1485 2009">主排気筒の風荷重に対する応力評価では、鉄塔と筒身をモデル化した解析モデルに対し、基準風速 30 m/s を静的負荷として主排気筒に作用させる。このとき、オイルダンパは、振動現象に対しては効果を発揮するものの、静的変位に対しては静的に伸縮するのみであり、応力伝達をしないため、モデル化はしない。一方、弾塑性ダンパについては、弾塑性ダンパは風荷重に対して塑性変形しない設計としているため、鉄塔―筒身間の応力伝達部材の一部としてモデル化する。</p>



表 2-7 (4/4) 主排気筒 (上部構造物)

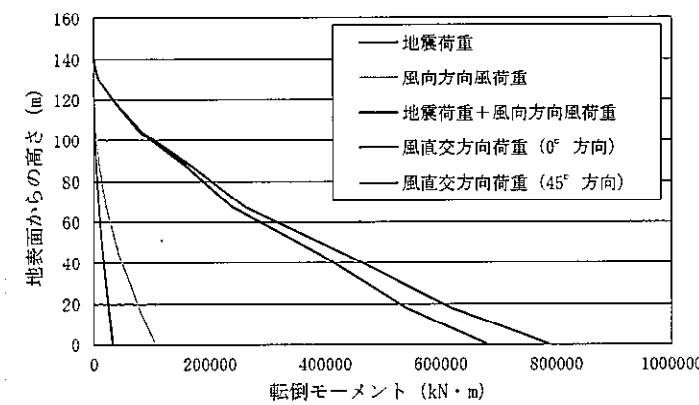
境界条件, 拘束条件
渦励振に関する考察
<p>○渦励振の共振風速と設計風速の比較</p> <p>「煙突構造設計指針」より, 渦励振の共振風速 <math>U_r</math> (円形断面) を, 以下の式により算定する。</p> $U_r = 5 \cdot f \cdot D = 5 \times 0.86 \times 4.532 \div 19.5 \text{ m/s}$ <p>ここで, <math>U_r</math> : 共振風速 (円形断面) (m/s)</p> <p><math>f</math> : 風直交方向振動の一次固有振動数 0.86 (Hz)</p> <p><math>D</math> : 円形断面を有する煙突の高さ <math>2H/3</math> における外径 4.532 (m)</p> <p>上記の共振風速は主排気筒の <math>2/3</math> 高さ (93.3 m) における共振風速であり, 建築基準法で定める設計風速は地上 10 m における値であるため, 共振風速を地上 10 m での風速に換算する。風速がべき乗則に従うとして, 「建築物荷重指針」の計算式より, 以下のとおり計算する。</p> $U_{r10} = U_r \cdot (10/93.3)^\alpha = 19.5 \cdot (10/93.3)^{0.15} \div 13.9 \text{ m/s}$ <p>ここで, <math>U_{r10}</math> : 地上 10 m 位置での共振風速 (m/s)</p> <p><math>\alpha</math> : 風速の鉛直分布を定めるパラメータ (—)</p> <p>以上より, 主排気筒の設計風速は 30 m/s は, 地上 10m での共振風速 <math>U_{r10} = 13.9 \text{ m/s}</math> を上回る。</p>
<p>○渦励振に対する影響検討</p> <p>「煙突構造設計指針」の渦励振の判定式によると, 以下の条件に当てはまることから, 渦励振に対する検討が必要となる。</p> $U_H / (f \cdot D) = 30 / (0.86 \times 4.532) \div 7.7 \geq 4.2$ <p>ここで, <math>U_H</math> : 設計風速 30 (m/s)</p> <p><math>f</math> : 風直交方向振動の一次固有振動数 0.86 (Hz)</p> <p><math>D</math> : 円形断面を有する煙突の高さ <math>2H/3</math> における外径 4.532 (m)</p> <p>渦励振の影響の程度を確認するため, オイルダンパによる主排気筒の構造減衰を 3 次元 FEM モデルより求め*, 「煙突構造設計指針」の渦励振による風直交方向荷重の算定式に基づき渦励振による荷重を計算し, 他の荷重を比較した。この結果, 渦励振による荷重は, 他の荷重に対して小さいことを確認した。渦励振による荷重と他の荷重を比較した結果を図 8 に示す。</p>
<p>図 8 渦励振による荷重と他の荷重を比較した結果</p> 
<p>注記 * : 3 次元 FEM モデルの筒身頂部に強制変位を与え, 変位を解除した際の主排気筒の挙動を解析により求め, 得られた減衰曲線から主排気筒全体の構造減衰を算定した。</p>



表 2-8 (1/2) 主排気筒（基礎梁）

モデル化概要

○モデル化範囲

- ・ 解析モデルの範囲は基礎梁全体とする。基礎梁としてモデル化する部材は、構造体として考慮している筒身基礎、鉄塔基礎、格子梁、斜め梁とする。
- ・ 基礎梁は、杭位置で支持された厚さ 4.0 m (EL. 4.5 m～EL. 8.5 m) の一枚の版として有限要素法により解析する。
- ・ 要素は四角形及び三角形とする。要素分割は、基礎梁の応力状態を適切に把握できるような要素の大きさ（概ね 1.0 m 程度）を基準に行う。

○使用要素

- ・ シェル要素：基礎梁（筒身基礎、鉄塔基礎、格子梁、斜め梁）

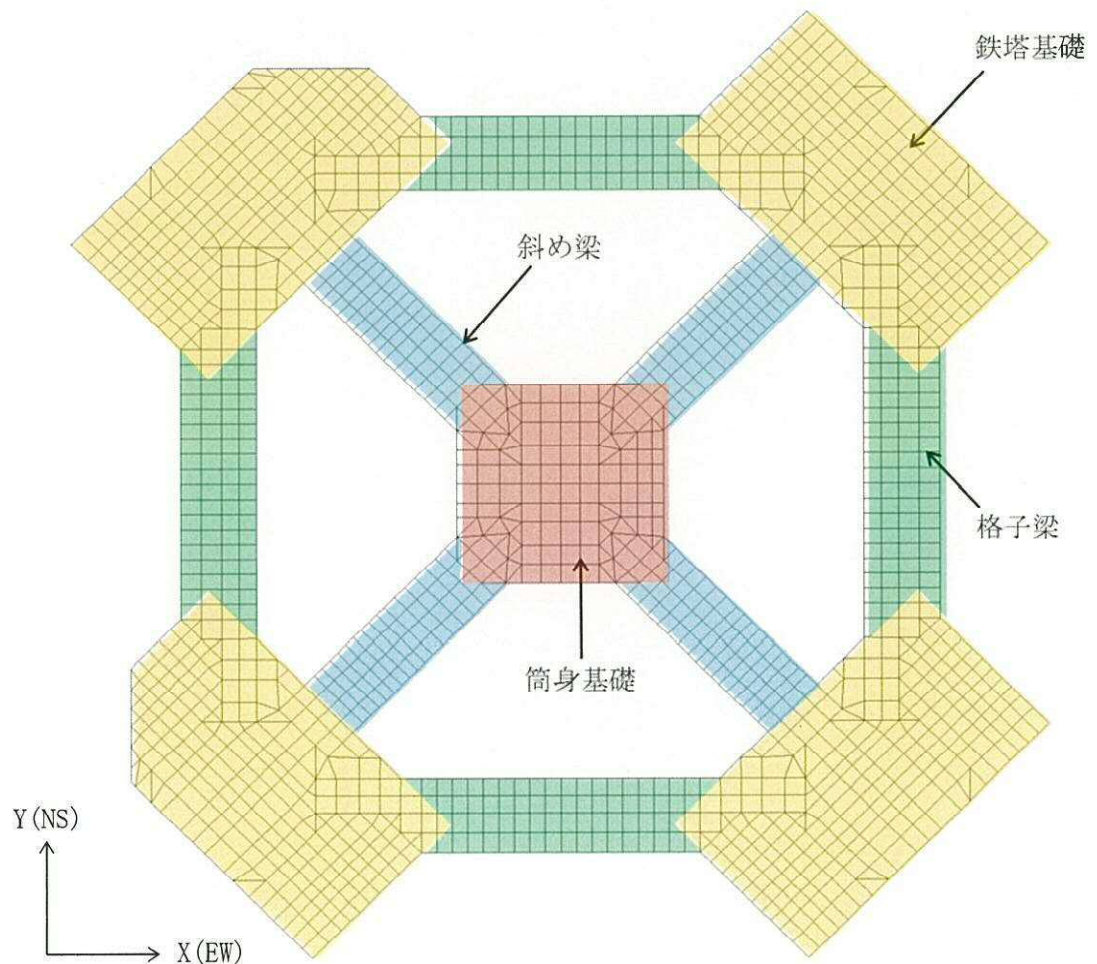


図 1 3次元FEMモデル



表 2-8 (2/2) 主排気筒（基礎梁）

境界条件，拘束条件

基礎梁と杭の境界

○境界条件

- ・基礎梁と杭の境界条件は，全ての杭の位置にてピン支持とする。基礎梁と地盤との境界条件は設定しない。

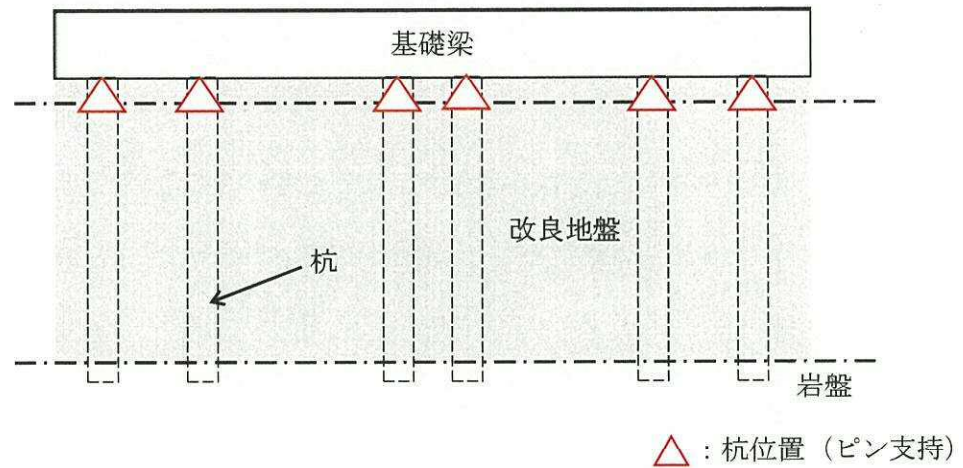


図 2 側面から見た解析モデルの支持状況の概念図

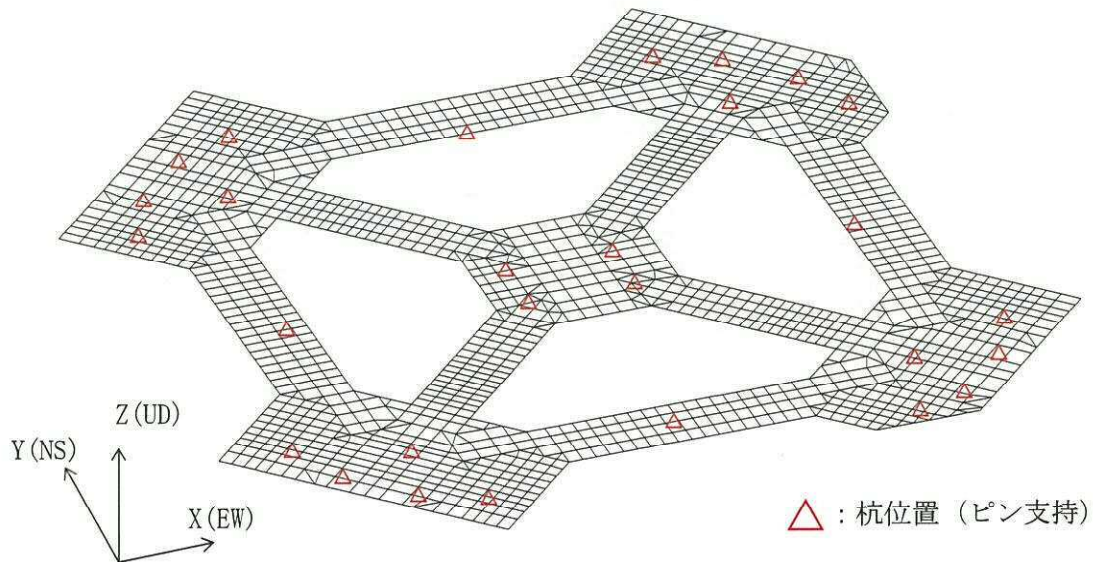


図 3 境界条件

○荷重の入力方法

- ・基礎梁への上部構造物からの荷重は，筒身及び鉄塔からの曲げ，せん断応力，軸力を節点荷重として考慮する。
- ・基礎梁への杭からの荷重は，付加軸力，付加曲げ，付加せん断力を節点荷重として考慮する。



表 2-9 (1/2) 非常用ガス処理系配管支持架構

モデル化概要

○モデル化範囲

- ・ 架構の柱脚 (EL. 7.7 m) より上部の柱, 梁, ブレースをモデル化する。

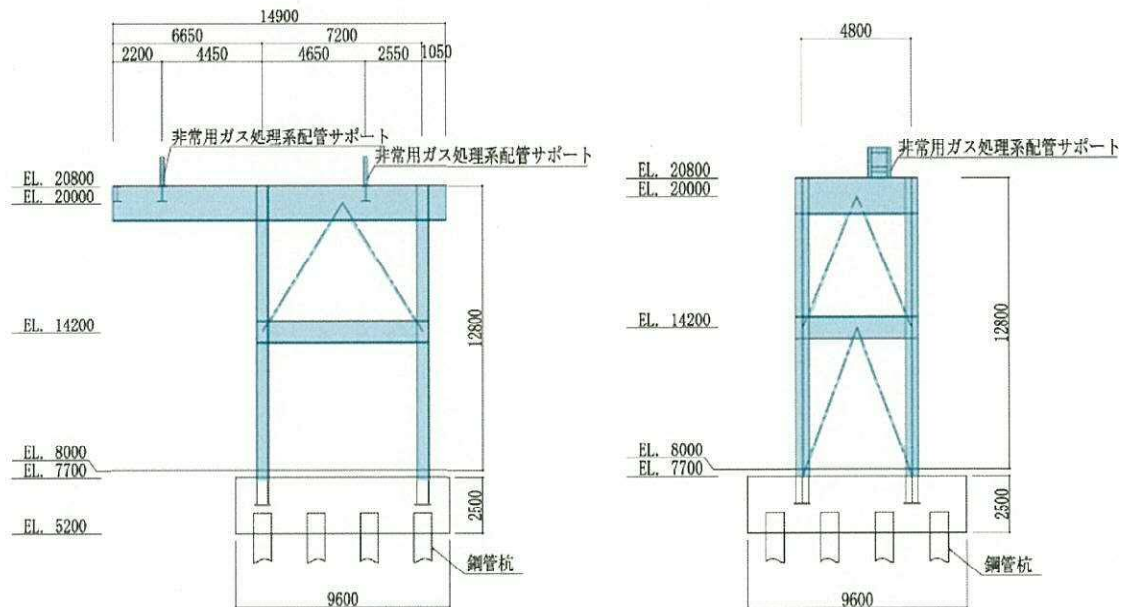


図 1 構造図及びモデル化範囲

○使用要素

- ・ 梁要素：柱, 梁 (曲げ, せん断及び軸力を考慮)
- ・ ロッド要素：ブレース (軸力のみ考慮)

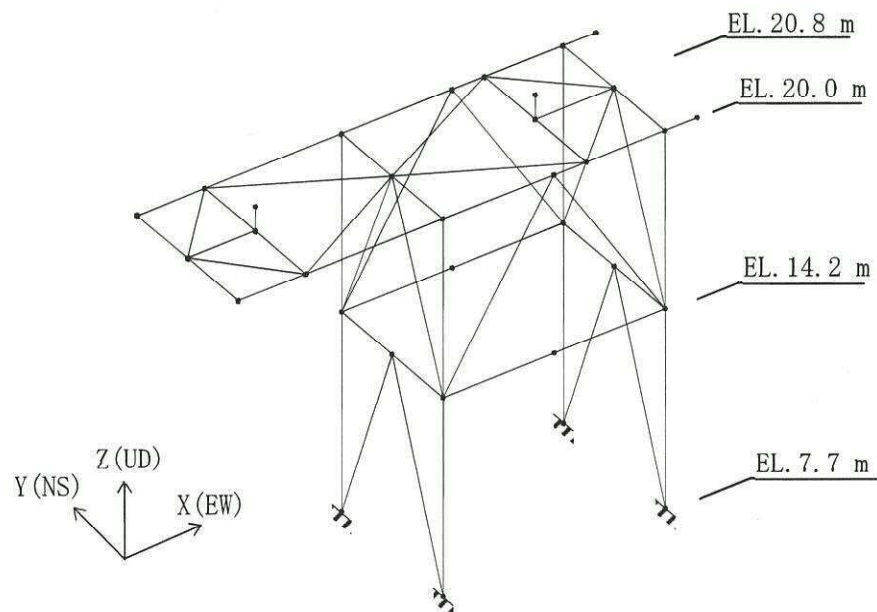


図 2 3次元FEMモデル



表 2-9 (2/2) 非常用ガス処理系配管支持架構

境界条件，拘束条件

上部構造物と基礎の境界

○境界条件

- ・ 上部構造物と基礎との境界は，柱脚を基礎スラブに埋め込むため，柱脚位置にて固定とする。
- ・ 柱と梁は，軸力，せん断，曲げモーメントを伝達するため，剛接合とする。
- ・ ブレースの両端は，軸力のみ伝達するため，ピン接合とする。

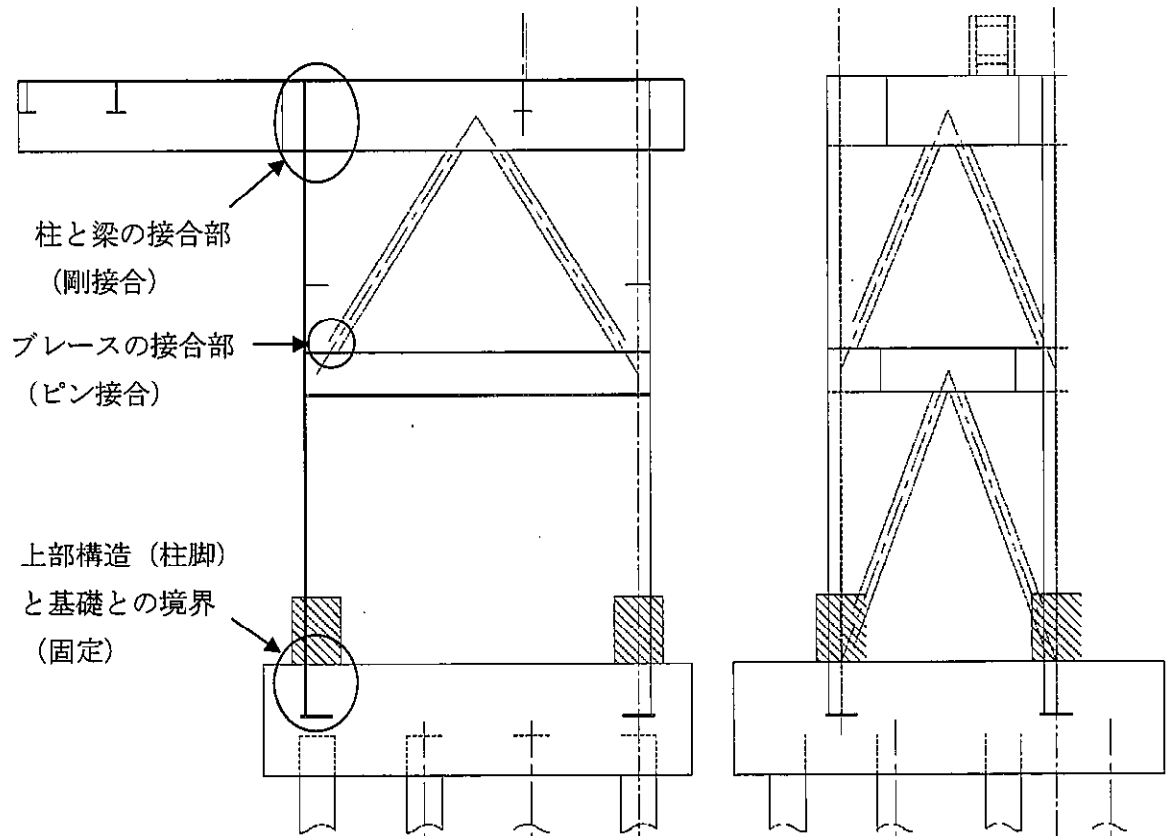


図 3 非常用ガス処理系配管支持架構の構造と境界条件

○荷重の入力方法

- ・ 鉛直方向の固定荷重は，線分布荷重又は集中荷重により評価する。
- ・ 地震荷重及び風荷重は，基礎下端から最上部までの柱と梁等の交点の節点に集中荷重として入力する。



補足-370-3【応力解析における断面の評価部位の選定】



## 目次

1. 概要 .....	1
2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎の断面の評価部位の選定 .....	2
2.1 基礎スラブ .....	2
2.2 杭 .....	10
3. 緊急時対策所建屋の断面の評価部位の選定 .....	12
3.1 基礎スラブ .....	12
3.2 杭 .....	22
4. 主排気筒の基礎の断面の評価部位の選定 .....	24
5. 格納容器圧力逃し装置格納槽の断面の評価部位の選定 .....	28
6. 使用済燃料プールの断面の評価部位の選定 .....	42
7. 原子炉格納容器底部コンクリートマットの断面の評価部位の選定 .....	61
8. 原子炉建屋基礎盤の断面の評価部位の選定 .....	89
9. 原子炉建屋屋根トラスの部材の評価部位の選定 .....	99



## 1. 概要

本資料は、応力解析における断面の評価部位の選定に関し、工認記載の断面の評価要素の選定結果について示すものである。また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-15-2 主排気筒の基礎の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」



## 2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎の断面の評価部位の選定

### 2.1 基礎スラブ

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの荷重の組合せケースを表2-1に、基礎スラブの厚さを図2-1に、配筋一覧を表2-2に示す。

また、各評価項目の検定値一覧に対する評価結果一覧を表2-3に、断面力ごとの検定比が最大となる要素及び断面の評価結果を図2-2に、断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図2-3に示す。

表2-1 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	101	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	102	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	103	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	104	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	105	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	106	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	107	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	108	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	109	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	110	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	111	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	112	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	113	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	114	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	115	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	116	$G+E+P_{\text{地震時}}+S_{\text{地震時}}+CL-0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$

注 :  $K_{SEW}$ は西向きを、 $K_{SNS}$ は北向きを、 $K_{SUD}$ は上向きをそれぞれ正とする。



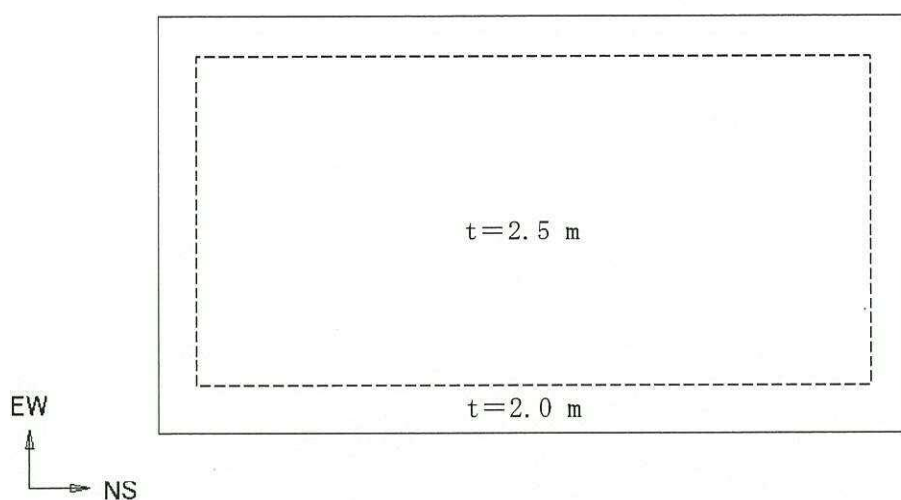


図 2-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの厚さ

表 2-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの配筋一覧

領域	標高 EL. (m)	断面厚 (m)	方向	位置	設計配筋
建屋外周部	5.8~8.0	2.0	NS	上端	D38@250
				下端	D38@250
			EW	上端	D38@250
				下端	D38@250
建屋中央部	5.8~8.3	2.5	NS	上端	D38@250
				下端	D38@250
			EW	上端	D38@250
				下端	D38@250

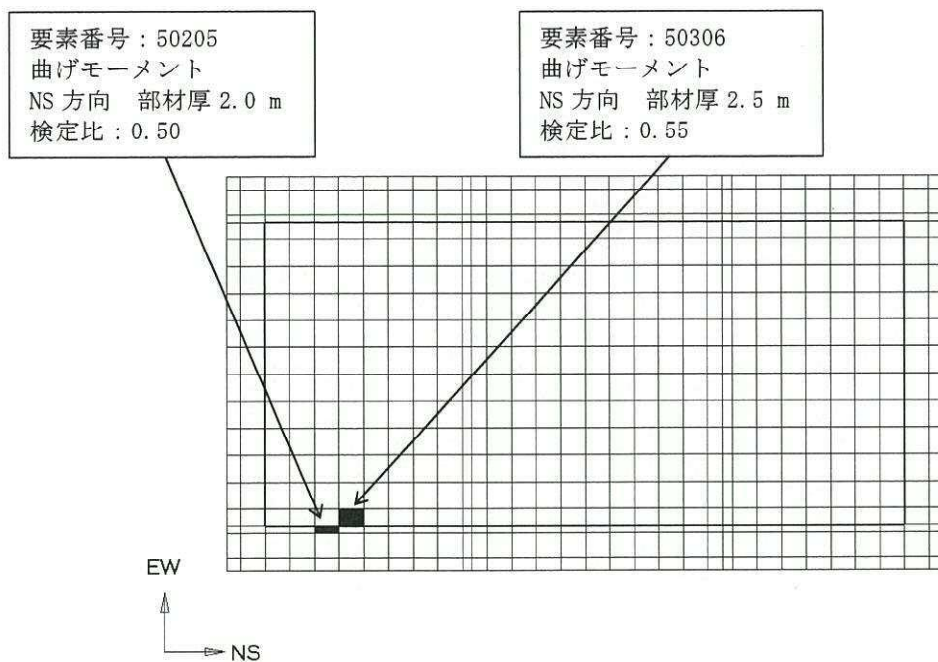
表 2-3 各評価項目の検定値一覧

	評価項目		要素 番号	荷重の 組合せ ケース	検定比	備考
曲げ モーメント	曲げモーメント／ 終局曲げモーメント	部材厚 2 m	50205	105	0.50	NS 方向
		部材厚 2.5 m	50306	108	0.55	NS 方向
		部材厚 2 m	50204	104	0.64*	EW 方向
		部材厚 2.5 m	50303	104	0.87	EW 方向
面外 せん断力	面外せん断力／ 終局せん断力	部材厚 2 m	50331	104	0.51	NS 方向
		部材厚 2.5 m	50308	108	0.55	NS 方向
		部材厚 2 m	50231	104	0.83	EW 方向
		部材厚 2.5 m	50323	104	0.51	EW 方向

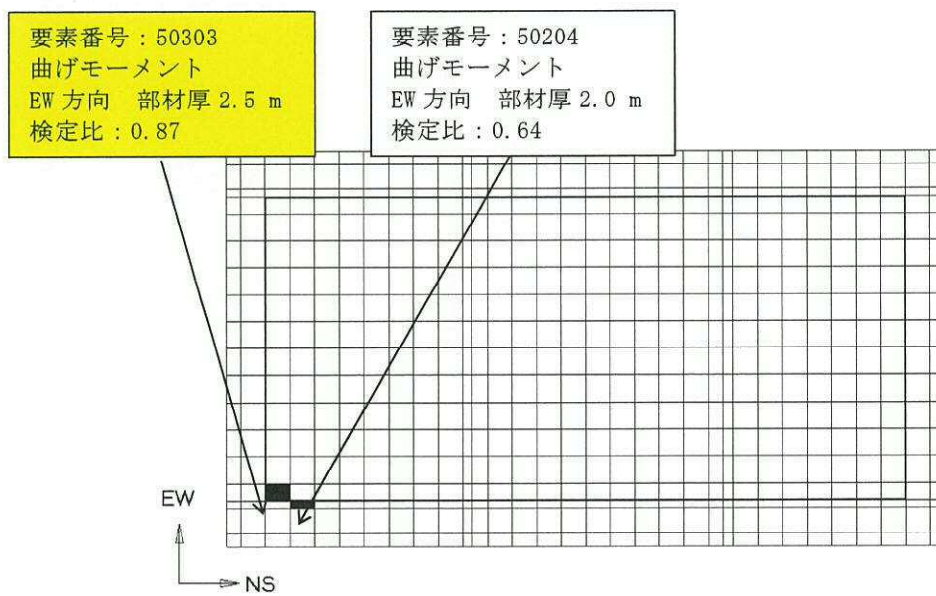
注記 \*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

は、検定比が最大となる要素を示す。





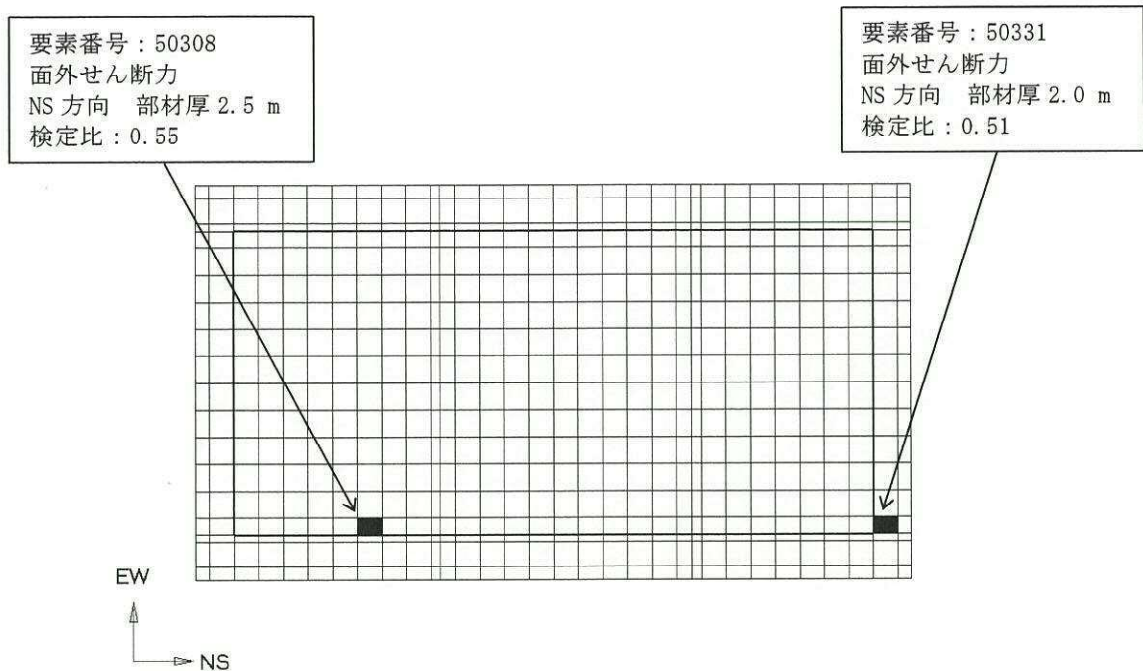
(a) 曲げモーメント (NS 方向)



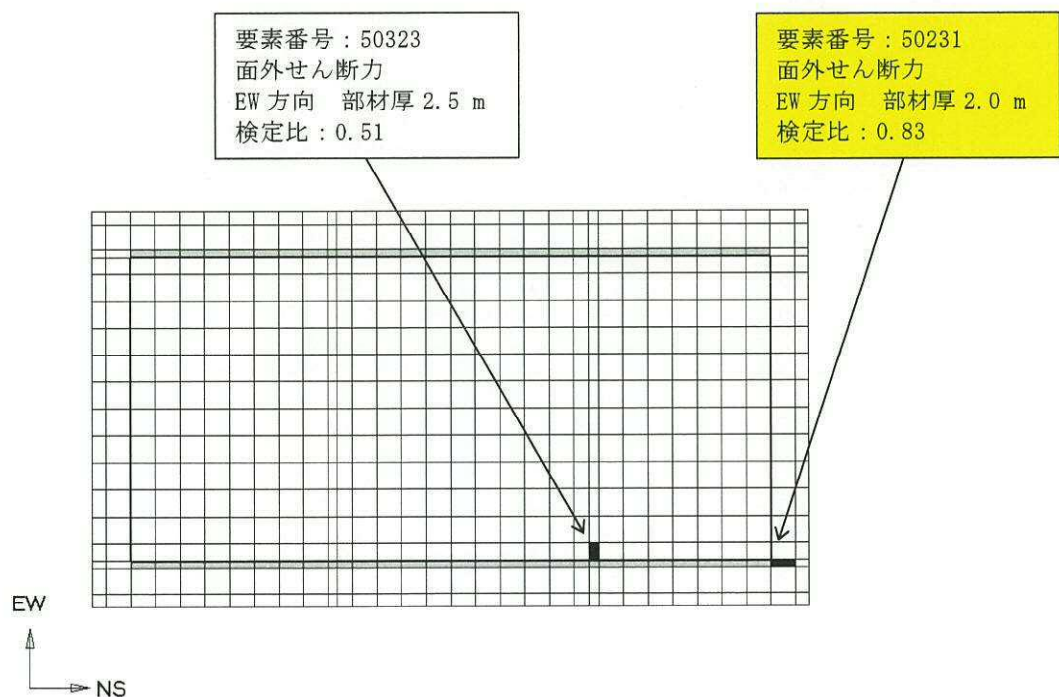
(b) 曲げモーメント (EW 方向)

図 2-2 (1/2) 断面力ごとの検定比が最大となる要素及び断面の評価結果





(a) 面外せん断力 (NS 方向)

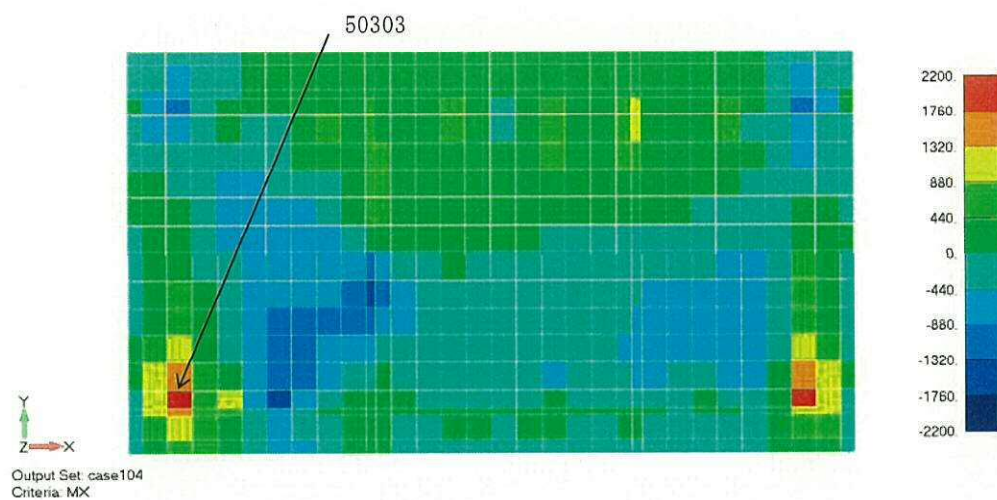


注 : 図中灰色部分は、耐震壁直下のため評価対象外とする。

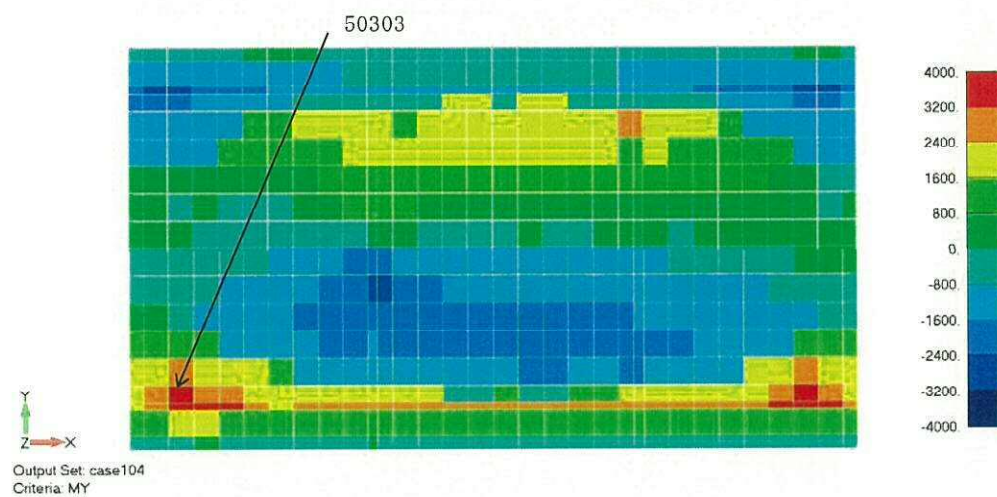
(b) 面外せん断力 (EW 方向)

図 2-2 (2/2) 断面力ごとの検定比が最大となる要素及び断面の評価結果





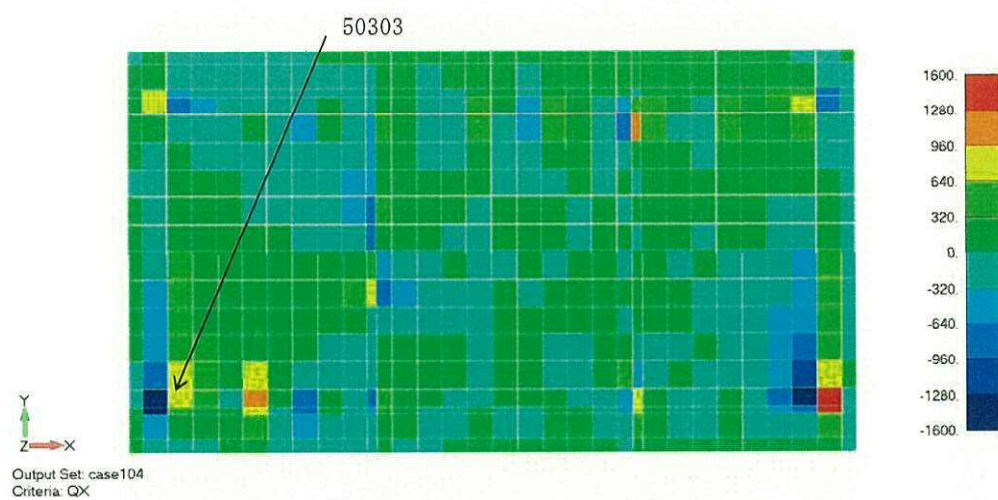
(a) ケース 104 曲げモーメント NS 方向 (単位 :  $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ )



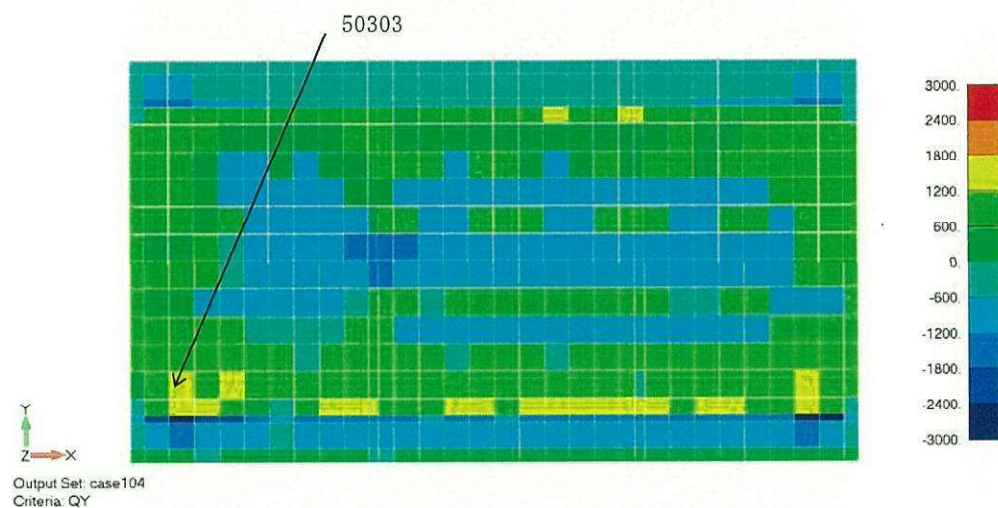
(b) ケース 104 曲げモーメント EW 方向 (単位 :  $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ )

図2-3 (1/4) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図





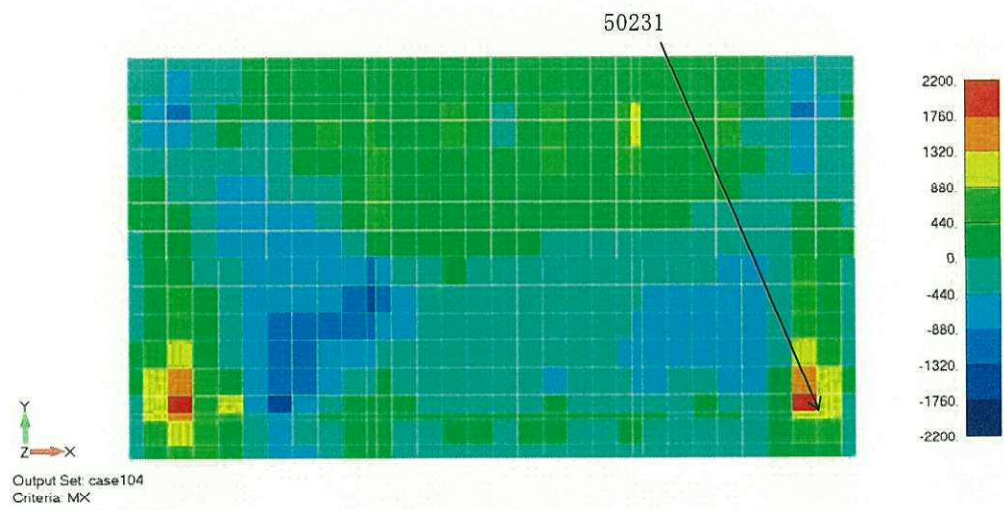
(a) ケース 104 面外せん断力 NS 方向 (単位: kN/m)



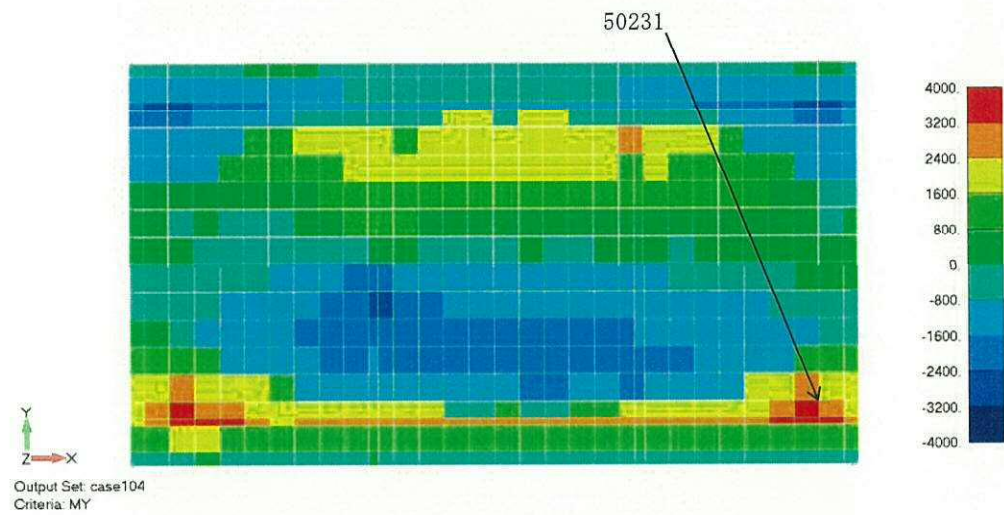
(b) ケース 104 面外せん断力 EW 方向 (単位: kN/m)

図2-3 (2/4) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図





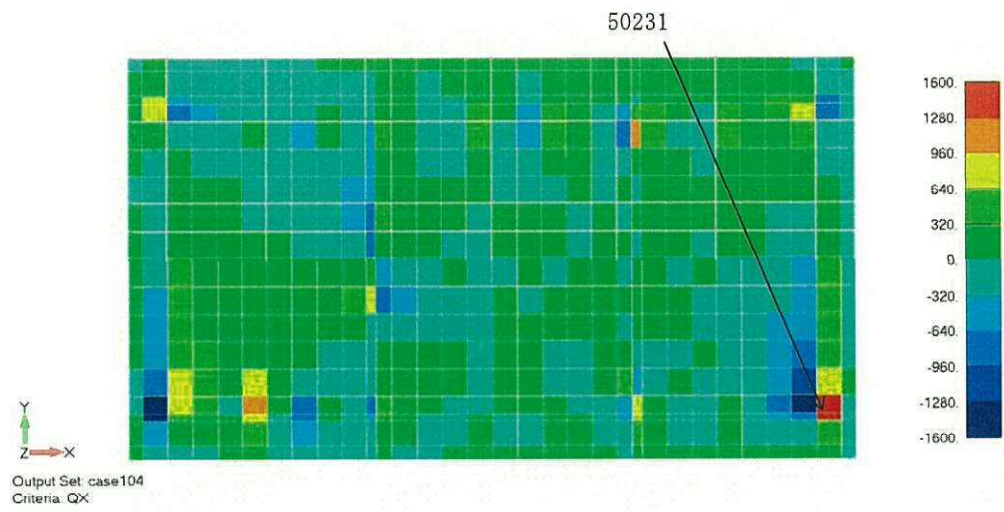
(a) ケース 104 曲げモーメント NS 方向 (単位:  $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ )



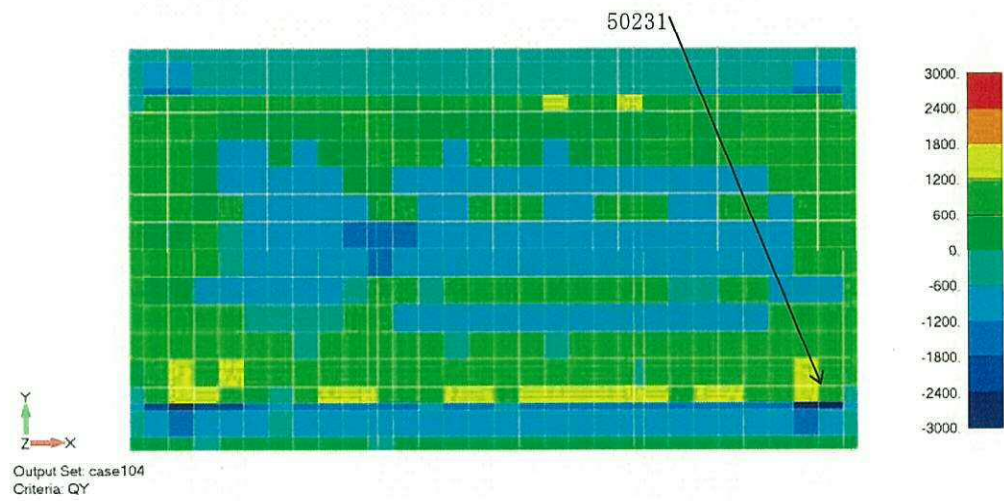
(b) ケース 104 曲げモーメント EW 方向 (単位:  $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ )

図2-3 (3/4) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図





(a) ケース 104 面外せん断力 NS 方向 (単位: kN/m)



(b) ケース 104 面外せん断力 EW 方向 (単位: kN/m)

図2-3 (4/4) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図



## 2.2 杭

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭の応力解析における荷重の組合せケースを表2-4に、荷重の組合せケース毎の許容限界である終局曲げ耐力及び終局せん断耐力の一覧を表2-5に示す。

また、各評価項目の検定比一覧に対する評価結果一覧を表2-6に、検定比が最大となる荷重の組合せケースにおける杭の応力分布を図2-4に示す。

表2-4 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	11	1.0K <sub>S<sub>S</sub>N</sub>
	12	1.0K <sub>S<sub>E</sub>W</sub>

表2-5 荷重の組合せケース毎の終局曲げ耐力及び終局せん断耐力の一覧

外力の状態	ケースNo.	終局曲げ耐力 (kN・m/本)	終局 せん断耐力 (kN/本)	備考
S <sub>s</sub> 地震時	11	2230	2350	
	12	2210	2350	



表 2-6 各評価項目の検定比一覧

	評価項目	位置	荷重の 組合せ ケース	検定比	備考
曲げ モーメント	曲げモーメント／ 終局曲げ耐力	杭頭	11	0.924	NS 方向
		杭頭	12	0.996	EW 方向
面外 せん断力	せん断力／ 終局せん断耐力	杭頭	11	0.230	NS 方向
		杭頭	12	0.243	EW 方向

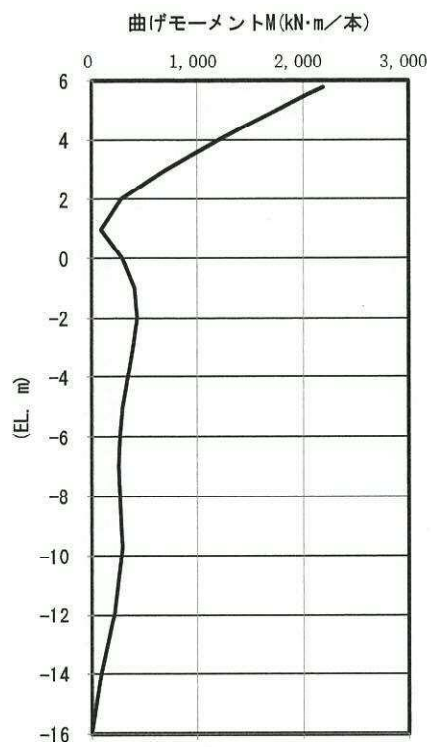


図2-4 検定比が最大となる荷重の組合せケースの応力分布図  
(ケースNo. 12 曲げモーメント)



### 3. 緊急時対策所建屋の断面の評価部位の選定

#### 3.1 基礎スラブ

緊急時対策所建屋の荷重の組合せケースを表 3-1 に、緊急時対策所建屋の配筋を表 3-2 に、緊急時対策所建屋のせん断補強筋範囲を図 3-1 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 3-3 に、断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図 3-2 に、断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図 3-3 に示す。



表 3-1 緊急時対策所建屋基礎スラブの荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	1-1	$G+E+P+S+1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	1-2	$G+E+P+S+1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	1-3	$G+E+P+S-1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	1-4	$G+E+P+S-1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	1-5	$G+E+P+S+1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	1-6	$G+E+P+S+1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	1-7	$G+E+P+S-1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	1-8	$G+E+P+S-1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	1-9	$G+E+P+S+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	1-10	$G+E+P+S-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	1-11	$G+E+P+S+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	1-12	$G+E+P+S-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	1-13	$G+E+P+S+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	1-14	$G+E+P+S-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	1-15	$G+E+P+S+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	1-16	$G+E+P+S-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$

注 :  $K_{SEW}$ は東向きを,  $K_{SNS}$ は北向きを,  $K_{SUD}$ は上向きをそれぞれ正とする。



表 3-2 緊急時対策所建屋基礎スラブの配筋

標高 (E. L. m)	断面厚 (m)	方向	位置	設計配筋
20.8～23.3	2.5	NS	上端	2-D38@200
			下端	2-D38@200
		EW	上端	2-D38@200
			下端	2-D38@200
20.8～23.0	2.2	NS	上端	2-D38@200
			下端	2-D38@200
		EW	上端	2-D38@200
			下端	2-D38@200
17.3～23.0	5.7	NS	上端	2-D38@200
			下端	2-D38@200
		EW	上端	2-D38@200
			下端	2-D38@200



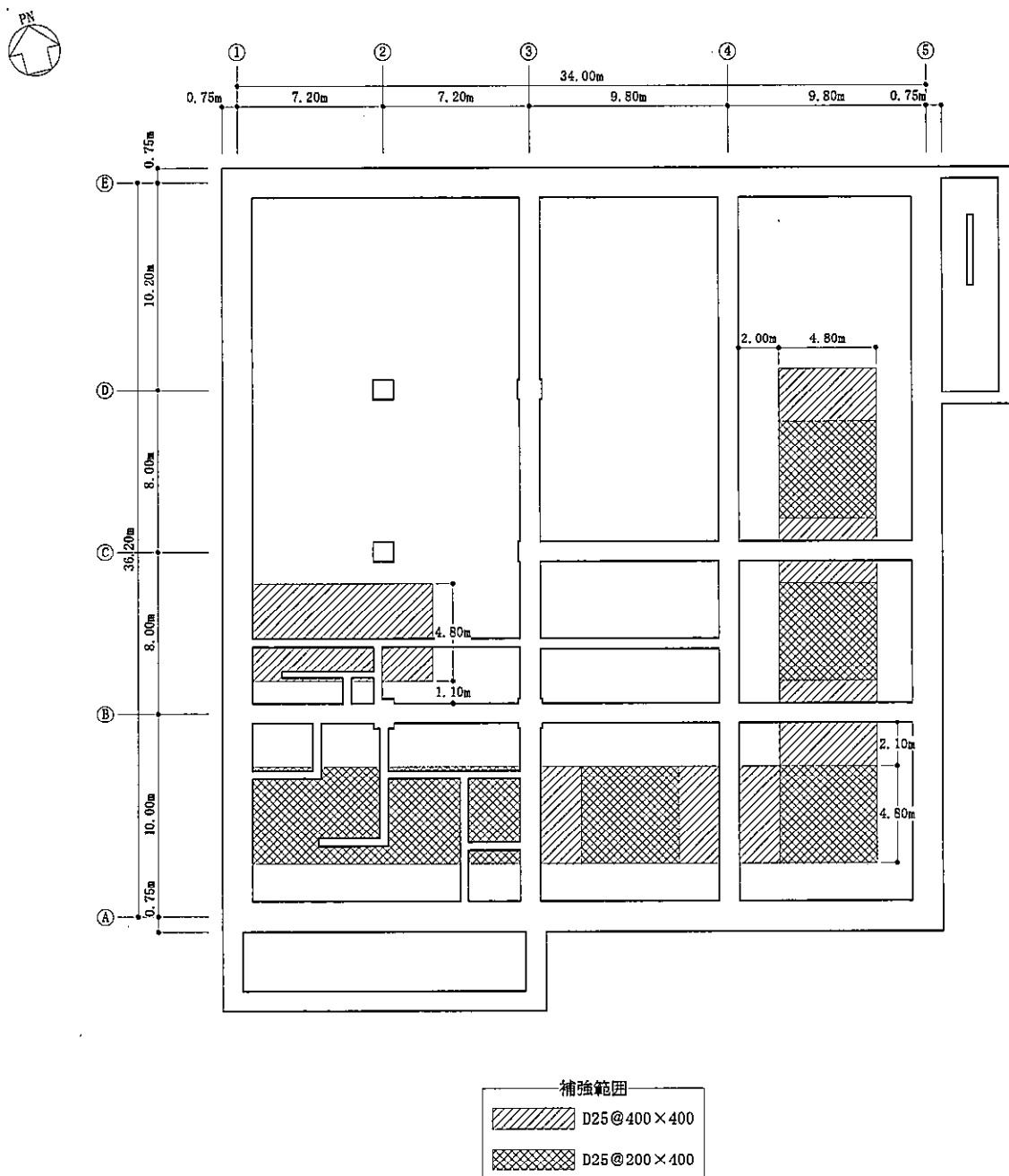


図 3-1 緊急時対策所建屋基礎スラブのせん断補強筋の設定範囲



表 3-3 緊急時対策所建屋基礎スラブの各評価項目の検定値一覧

		評価項目		部材 番号	荷重の 組合せ ケース	検定値	備考
軸力 ＋ 曲げ モーメント ＋ 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋比／配筋量	部材厚 2.5m	10708	1-3	0.448	引張鉄筋
		必要鉄筋比／配筋量	部材厚 2.2m	11924	1-3	0.380	引張鉄筋
		必要鉄筋比／配筋量	部材厚 5.7m	12411	1-2	0.308	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋比／配筋量	部材厚 2.5m	10417	1-2	0.440	引張鉄筋
		必要鉄筋比／配筋量	部材厚 2.2m	12020	1-5	0.399	引張鉄筋
		必要鉄筋比／配筋量	部材厚 5.7m	12417	1-2	0.439	引張鉄筋
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 ／許容値	部材厚 2.5m	10819	1-1	0.320	せん断補強筋
		面外せん断応力度 ／許容値	部材厚 2.2m	11720	1-1	0.246	せん断補強筋
		面外せん断応力度 ／許容値	部材厚 5.7m	12319	1-1	0.540	コンクリート
	EW 方向	面外せん断応力度 ／許容値	部材厚 2.5m	10819	1-1	0.300	せん断補強筋
		面外せん断応力度 ／許容値	部材厚 2.2m	11819	1-1	0.223	せん断補強筋
		面外せん断応力度 ／許容値	部材厚 5.7m	12219	1-1	0.439	コンクリート









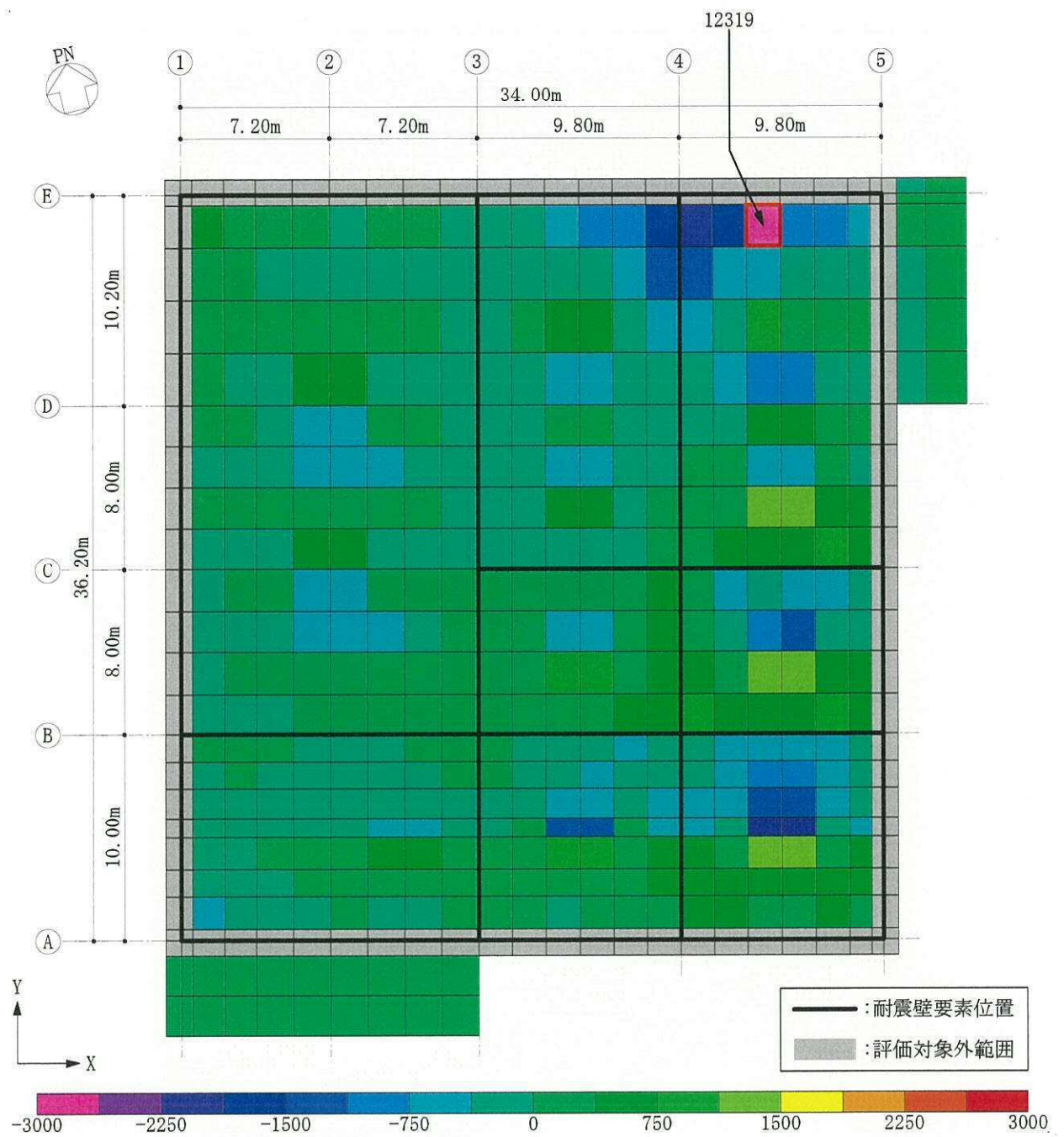












面外せん断力 (NS 方向 ケース No. 1-1) (単位 : kN)

図 3-3 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター



### 3.2 杭

緊急時対策所建屋の杭の応力解析における荷重の組合せケースを表3-4に、荷重の組合せケース毎の許容限界である短期許容曲げモーメント及び短期許容せん断力の一覧を表3-5に示す。

また、各評価項目の検定比一覧に対する評価結果一覧を表3-6に、検定比が最大となる荷重の組合せケースにおける杭の応力分布を図3-4に示す。

表3-4 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せ	備考
S <sub>1</sub> 地震時	1	1.0K <sub>SNS</sub>	最小軸力時（ケース No. 1-1）
	2	1.0K <sub>SNS</sub>	最大軸力時（ケース No. 1-2）
	3	1.0K <sub>SEW</sub>	最小軸力時（ケース No. 1-5）
	4	1.0K <sub>SEW</sub>	最大軸力時（ケース No. 1-6）

注：備考中のケース No. は下記による。下表中の K<sub>SUD</sub> は上向きを正とする。

ケース No.	荷重の組合せ
1-1	G+E+P+S+1.0K <sub>SNS</sub> -0.4K <sub>SUD</sub>
1-2	G+E+P+S+1.0K <sub>SNS</sub> +0.4K <sub>SUD</sub>
1-5	G+E+P+S+1.0K <sub>SEW</sub> -0.4K <sub>SUD</sub>
1-6	G+E+P+S+1.0K <sub>SEW</sub> +0.4K <sub>SUD</sub>

表3-5 荷重の組合せケース毎の短期許容曲げモーメント及び短期許容せん断力の一覧

	ケースNo.	短期許容 曲げモーメント (kN・m/本)	短期許容 せん断力 (kN/本)
S <sub>1</sub> 地震時	1	4945	6026
	2	4948	6026
	3	4917	6026
	4	4921	6026



表 3-6 各評価項目の検定比一覧

	評価項目	位置	荷重の 組合せ ケース	検定比	備考
曲げ モーメント	発生曲げモーメント／ 短期許容曲げモーメント	EL. 8.0 m	1	0.33	NS 方向
		EL. 8.0 m	2	0.33	NS 方向
		EL. 8.0 m	3	0.33	EW 方向
		EL. 8.0 m	4	0.33	EW 方向
せん断力	発生せん断力／ 短期許容せん断力	杭頭	1	0.11	NS 方向
		杭頭	2	0.11	NS 方向
		杭頭	3	0.11	EW 方向
		杭頭	4	0.11	EW 方向

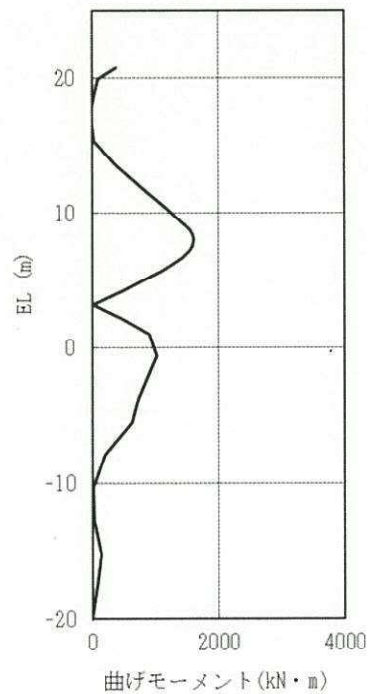


図3-4 検定比が最大となる荷重の組合せケースの応力分布図  
(ケースNo. 3 曲げモーメント)



#### 4. 主排気筒の基礎の断面の評価部位の選定

主排気筒の基礎の荷重の組合せケースを表4-1に、主排気筒の基礎の応力解析モデルを図4-1に示す。

基礎の断面の評価結果（曲げモーメント）を表4-2に、基礎梁・基礎の断面の評価結果（せん断力）を表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

外力の状態	水平荷重の入力方向	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	0°	$G + K_H + 0.4K_V + W$
		$G + 0.4K_H + K_V + W$
S <sub>s</sub> 地震時	45°	$G + K_H + 0.4K_V + W$
		$G + 0.4K_H + K_V + W$

ここで、

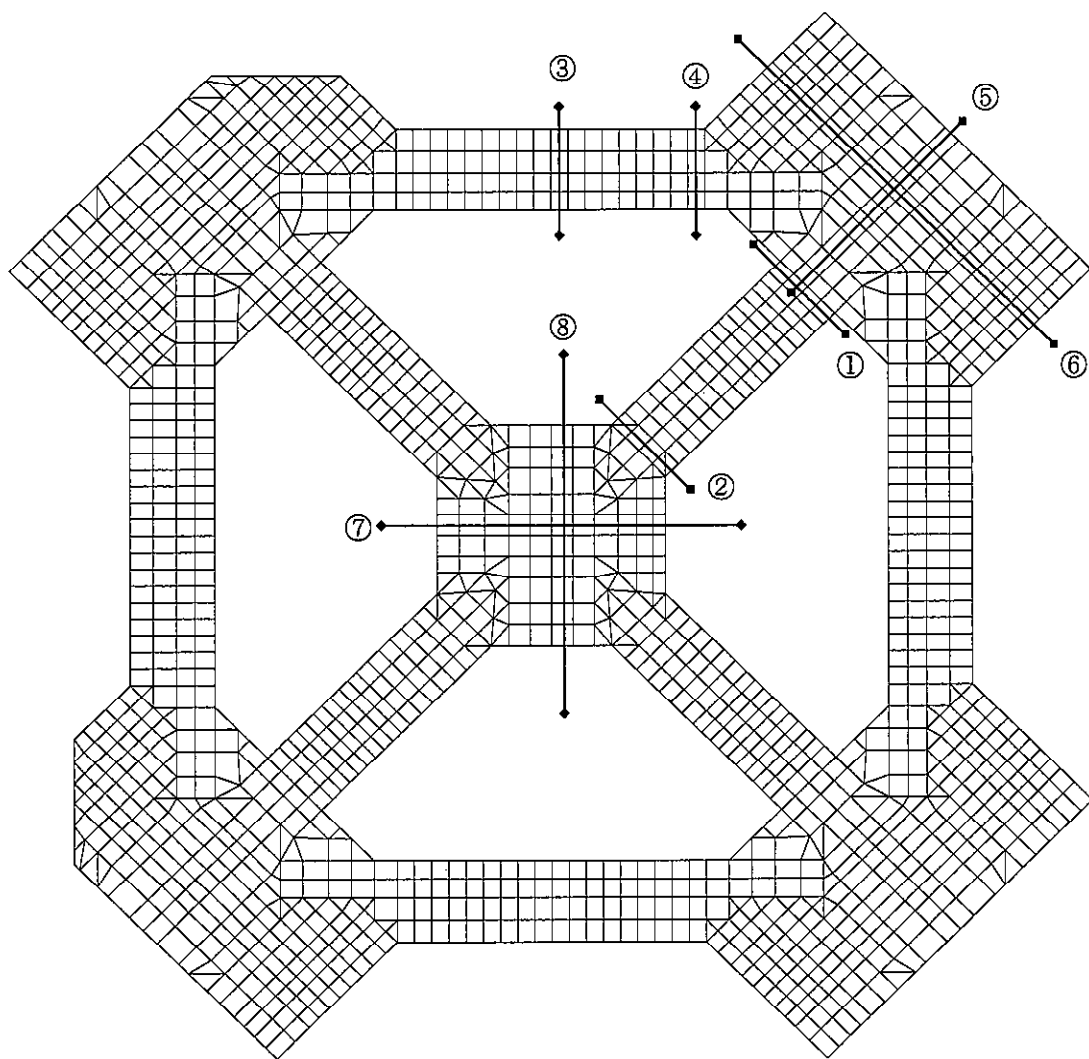
G : 固定荷重

$K_H$  : 水平方向地震荷重（地震応答解析結果を安全側に包絡するよう設定した値）

$K_V$  : 鉛直方向地震荷重（地震応答解析結果を安全側に包絡するよう設定した値）

W : 上部構造に作用する風荷重





注 : ◆——◆ にて, 検定を行う断面を示す。

図 4-1 主排気筒基礎の応力解析モデル



表 4-2 基礎の断面の評価結果（曲げモーメント）

部材	場所	梁幅 B (m)	有効せい d (mm)	鉄筋				許容限界 曲げモーメント/m $M_u$ (kN・m/m)	最大 曲げモーメント/m $M_d$ (kN・m/m)	検定比 $M_d/M_u$
				径	本数 (本)	径	本数 (本)			
①斜め梁 (鉄塔基礎端)	上端	3.0	3400	D25	—	D32	30	7872	126	0.02
	下端	3.0	3600	D25	24	D32	24	10925	1371	0.13
②斜め梁 (一般部)	上端	3.0	3400	D25	—	D32	30	7872	1085	0.14
	下端	3.0	3600	D25	12	D32	24	8796	437	0.05
③格子梁 (中央部)	上端	3.3	3600	D25	—	D32	20	5051	1645	0.33
	下端	3.3	3600	D25	—	D32	44	11113	0	0.00
④格子梁 (一般部)	上端	3.3	3600	D25	—	D32	20	5051	0	0.00
	下端	3.3	3600	D25	—	D32	38	9597	1183	0.12
⑤鉄塔基礎 (B-B 断面)	上端	8.4	3600	D25	—	D32	23	2282	514	0.23
	下端	8.4	3400	D25	31	D32	—	1855	85	0.05
⑥鉄塔基礎 (A-A 断面)	上端	14.8	3600	D25	38	D32	—	1366	776	0.57
	下端	14.8	3400	D25	38	D32	—	1290	406	0.31
⑦筒身基礎 (D-D 断面)	上端	9.0	3600	D25	—	D32	60	5556	1631	0.29
	下端	9.0	3600	D25	44	D32	—	2602	0	0.00
⑧筒身基礎 (C-C 断面)	上端	9.0	3600	D25	—	D32	60	5556	885	0.16
	下端	9.0	3600	D25	72	D32	—	4257	452	0.11



表 4-3 基礎梁・基礎の断面の評価結果（せん断力）

部材	梁幅 B (mm)	有効せい d (mm)	$\alpha$	許容限界 せん断力/m $Q_u$ (kN/m)	最大 せん断力/m $Q_{d0}$ (kN/m)	検定比 $Q_{d0}/Q_u$
①斜め梁 (鉄塔基礎端)	3000	3400	1.0	3153	484	0.15
②斜め梁 (一般部)	3000	3400	1.0	3153	704	0.22
③格子梁 (中央部)	3300	3600	1.0	3339	782	0.23
④格子梁 (一般部)	3300	3600	1.0	3339	263	0.08
⑤鉄塔基礎 (B-B 断面)	8400	3400	1.0	3153	519	0.16
⑥鉄塔基礎 (A-A 断面)	14800	3400	1.0	3153	326	0.10
⑦筒身基礎 (D-D 断面)	9000	3600	1.0	3339	339	0.10
⑧筒身基礎 (C-C 断面)	9000	3600	1.0	3339	268	0.08



#### 5. 格納容器圧力逃し装置格納槽の断面の評価部位の選定

格納容器圧力逃し装置格納槽の荷重の組合せケースを表5-1に、格納容器圧力逃し装置格納槽の配筋一覧を表5-2に、格納容器圧力逃し装置格納槽のせん断補強筋範囲を図5-1に示す。

各評価項目の検定値一覧を表5-3に、断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図5-2に、断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図5-3に示す。



表5-1 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	1-1	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
	1-2	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
	1-3	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
	1-4	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
	1-5	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SNS} + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	1-6	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SNS} + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	1-7	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SNS} - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	1-8	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SNS} - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	1-9	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
	1-10	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
	1-11	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
	1-12	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
	1-13	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SNS} + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	1-14	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SNS} + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
	1-15	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SNS} - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	1-16	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SNS} - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$



表 5-2 格納容器圧力逃がし装置格納槽の配筋一覧

## (a) 基礎スラブ

スラブ厚 (m)	方向	位置	設計配筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)
3.0	NS	上端	2-D38@200	11400
		下端	2-D38@200	11400
	EW	上端	2-D38@200	11400
		下端	2-D38@200	11400

## (b) 耐震壁（地下外壁）

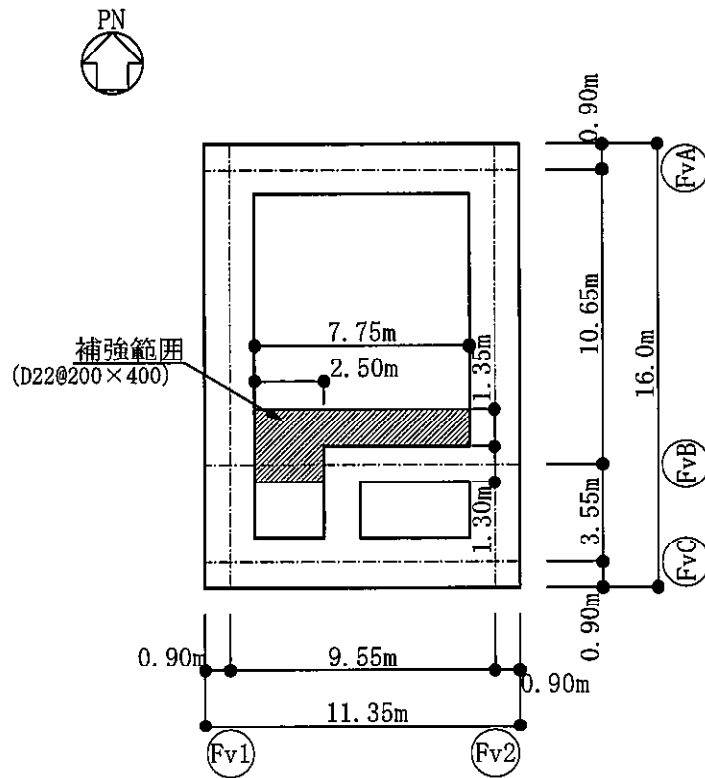
領域	標高 (EL. m)	断面厚 (m)	方向	内側	外側	断面積* (mm <sup>2</sup> /m)
耐震壁 (地下外壁)	-12.8～ 4.0	1.8	縦筋	2-D38@200	2-D38@200	11400
			横筋	2-D38@200	2-D38@200	11400
	4.0～8.0	1.3	縦筋	2-D38@200	2-D38@200	11400
			横筋	2-D38@200	2-D38@200	11400
		1.8	縦筋	2-D38@200	2-D38@200	11400
			横筋	2-D38@200	2-D38@200	11400

\*：内外それぞれの断面積とする。

## (c) 上版

断面厚 (m)	方向	位置	設計配筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)
1.8	NS	上端	2-D35@200	9550
		下端	2-D35@200	9550
	EW	上端	2-D35@200	9550
		下端	2-D35@200	9550





(a) 基礎スラブ

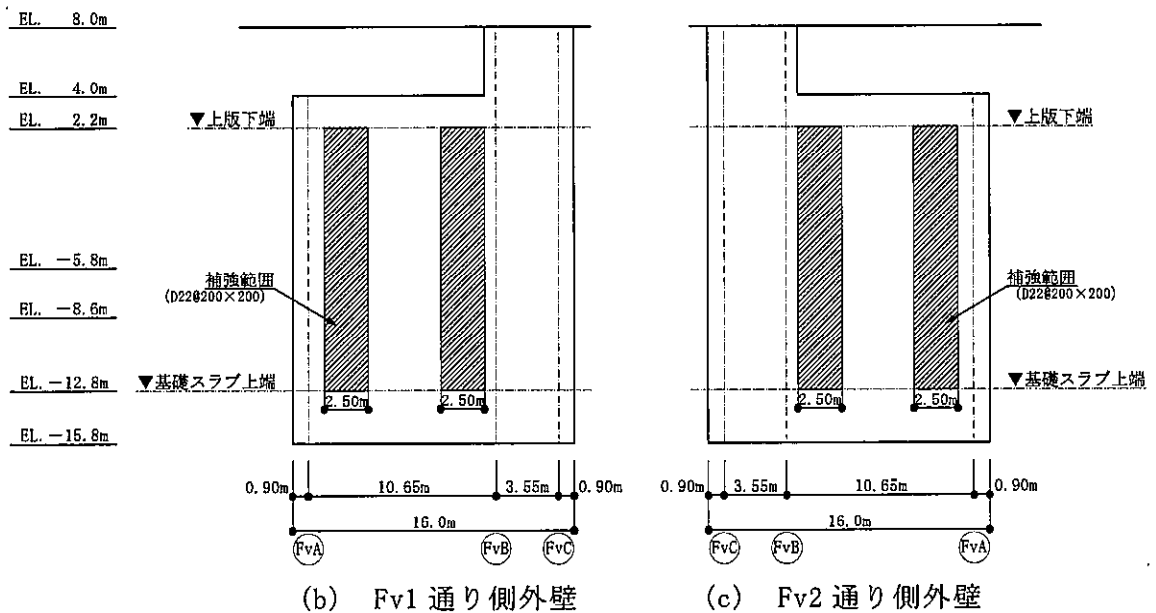


図5-1 (1/2) 格納容器圧力逃がし装置格納槽のせん断補強筋の設定範囲



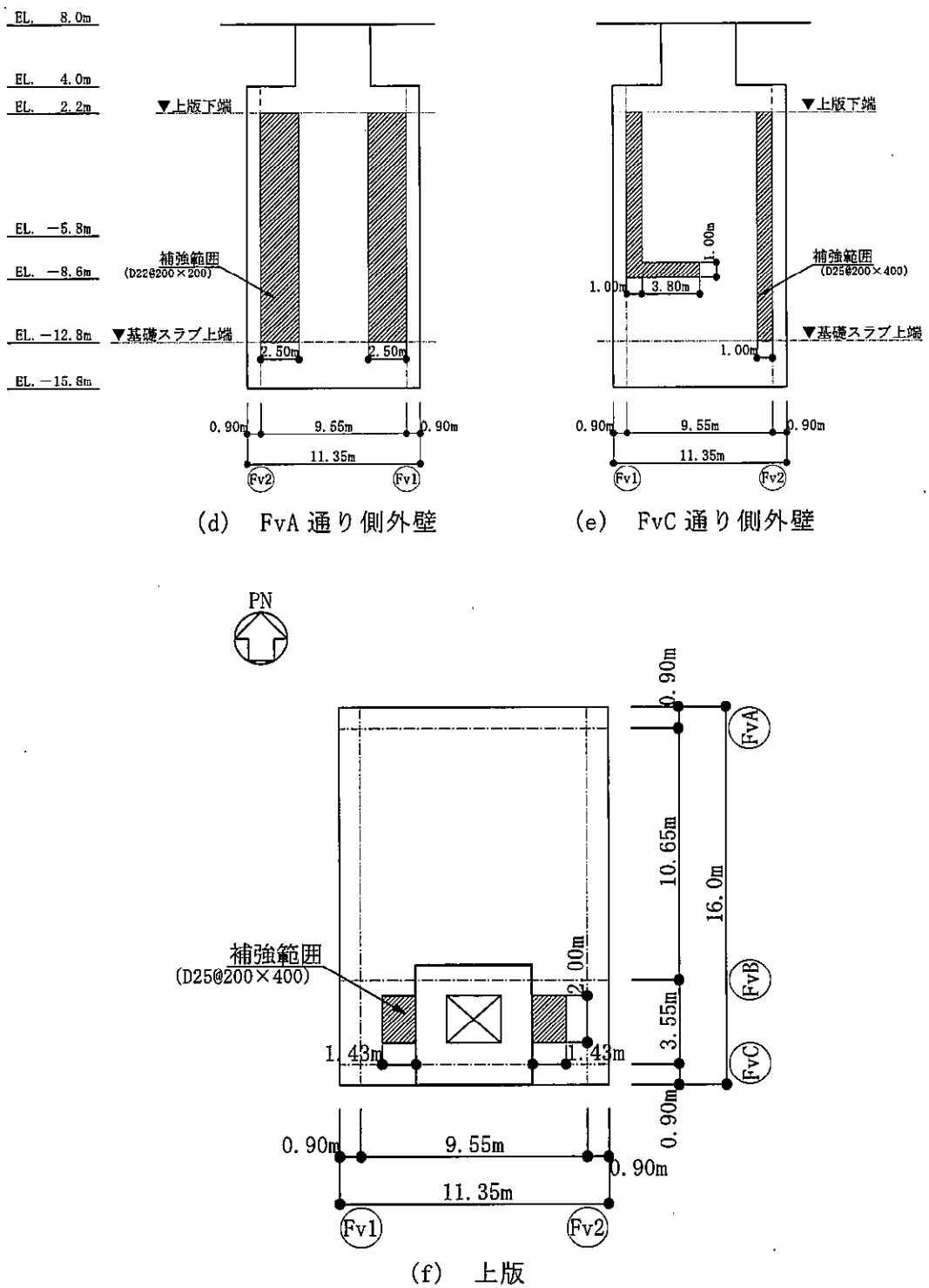


図5-1 (2/2) 格納容器圧力逃がし装置格納槽のせん断補強筋の設定範囲



表 5-3 評価結果

## (a) 基礎スラブ

		評価項目	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	検定値
軸力 ＋ 曲げ モーメント ＋ 面内せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	1406	1-4	0.180
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	2904	1-4	0.157
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 /許容値	1607	1-5	0.350
	EW 方向	面外せん断応力度 /許容値	1505	1-3	0.242

## (b) 耐震壁（地下外壁）

		評価項目	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	検定値
軸力 ＋ 曲げ モーメント ＋ 面内せん断力	水平 方向	必要鉄筋量/配筋量	109331	1-1	0.324
	鉛直 方向	必要鉄筋量/配筋量	109326	1-2	0.557
面外 せん断力	水平 方向	面外せん断応力度 /許容値	405086	1-4	0.335
	鉛直 方向	面外せん断応力度 /許容値	306021	1-5	0.242

## (c) 上版

		評価項目	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	検定値
曲げ モーメント ＋ 面内せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	1534	1-7	0.331
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1434	1-2	0.372
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 /許容値	1637	1-7	0.471
	EW 方向	面外せん断応力度 /許容値	1233	1-2	0.394



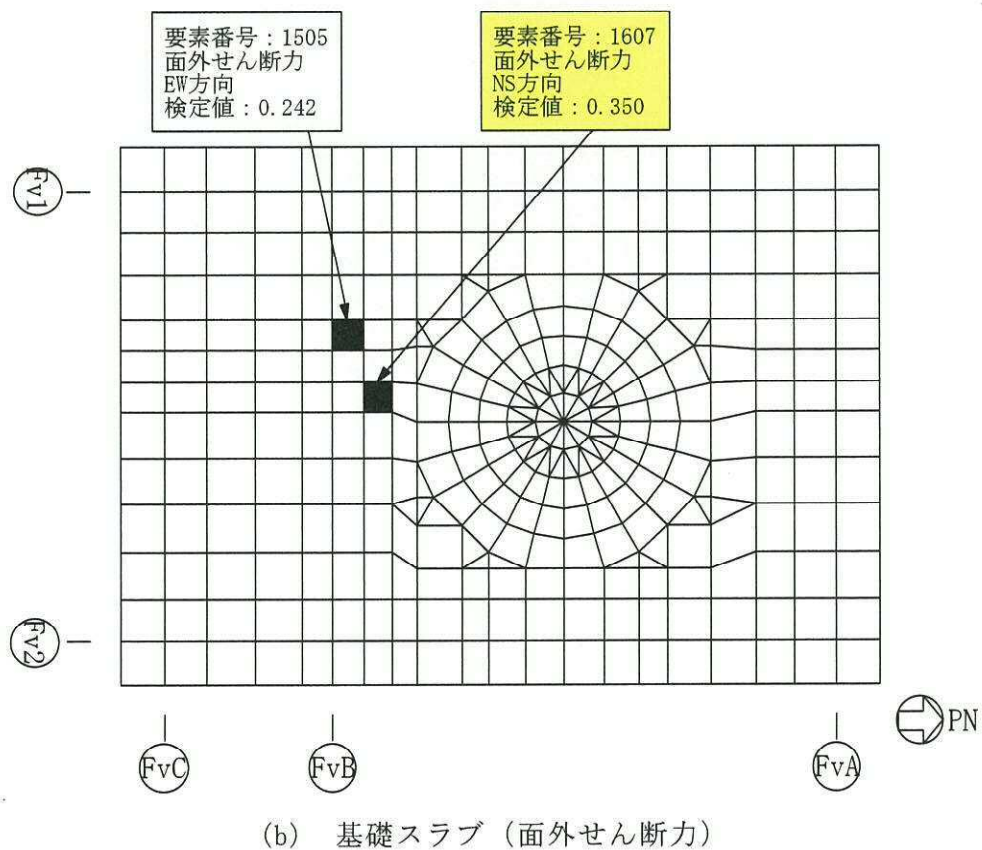
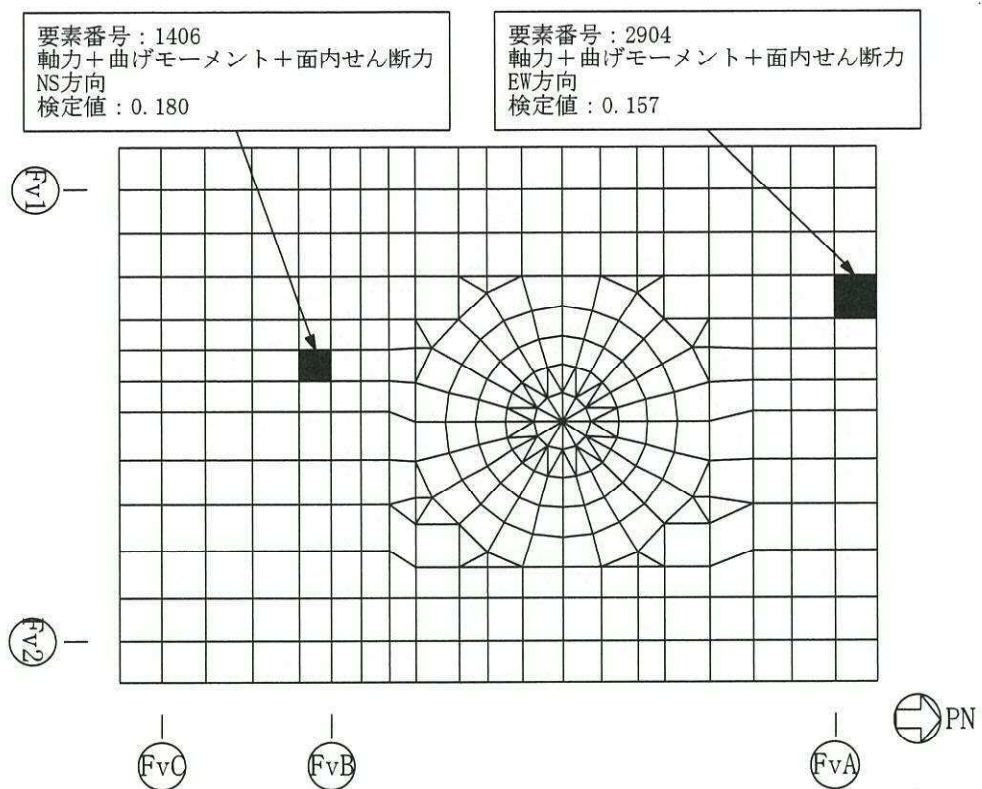
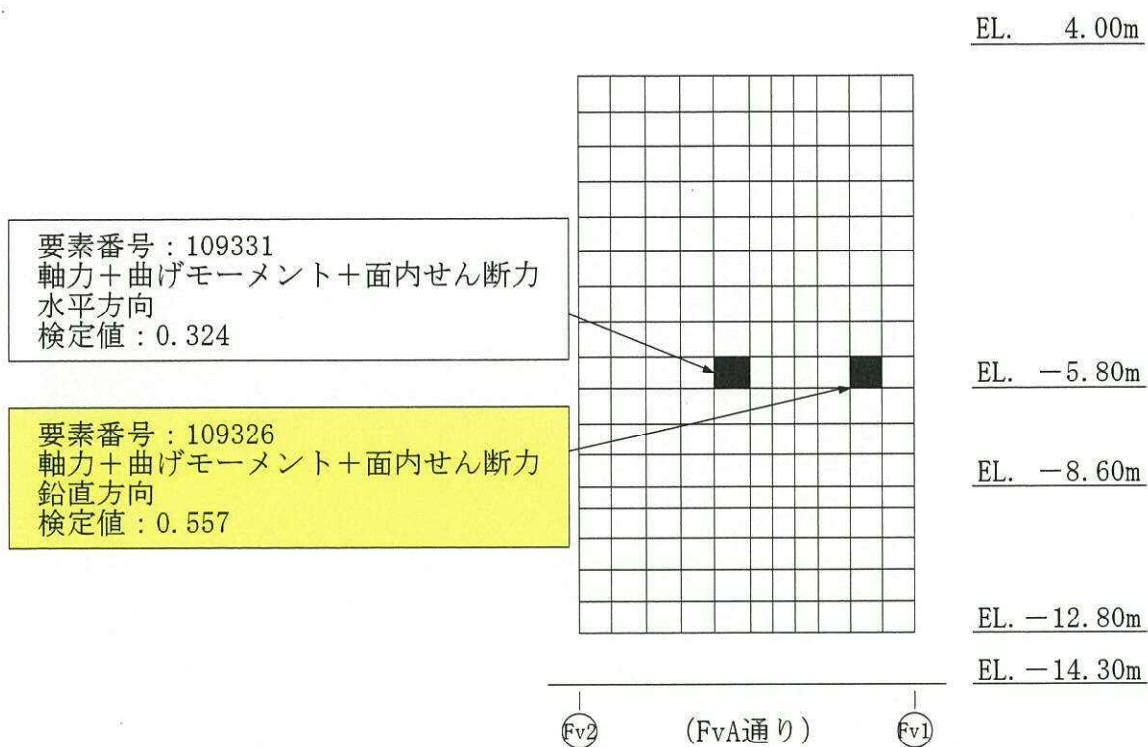
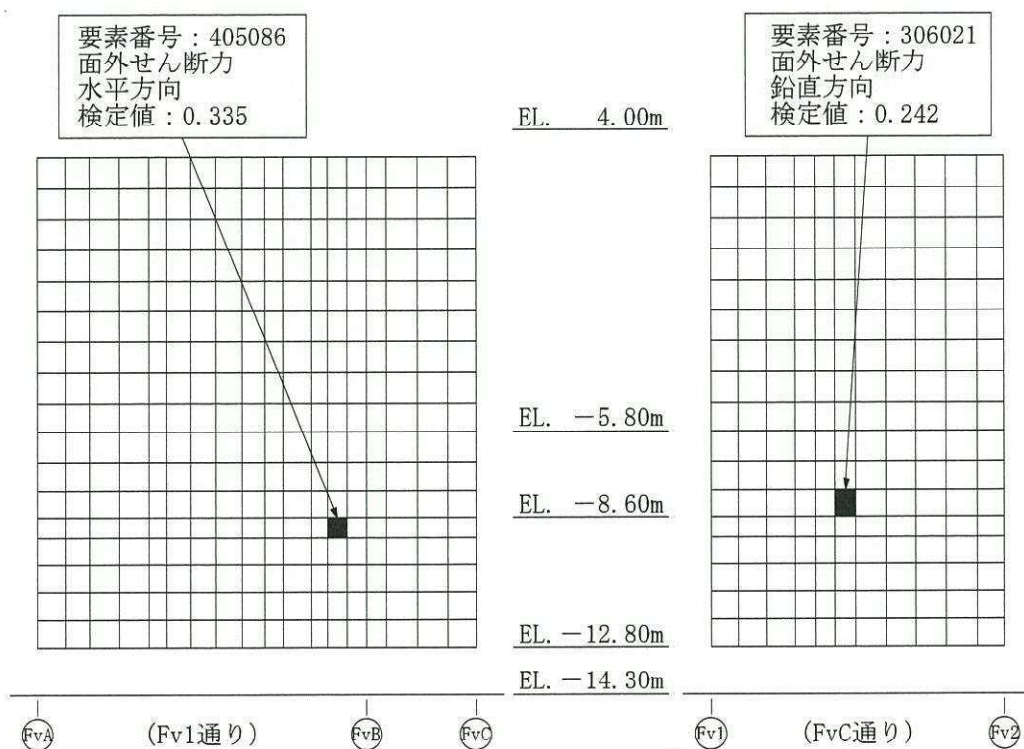


図5-2 (1/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果





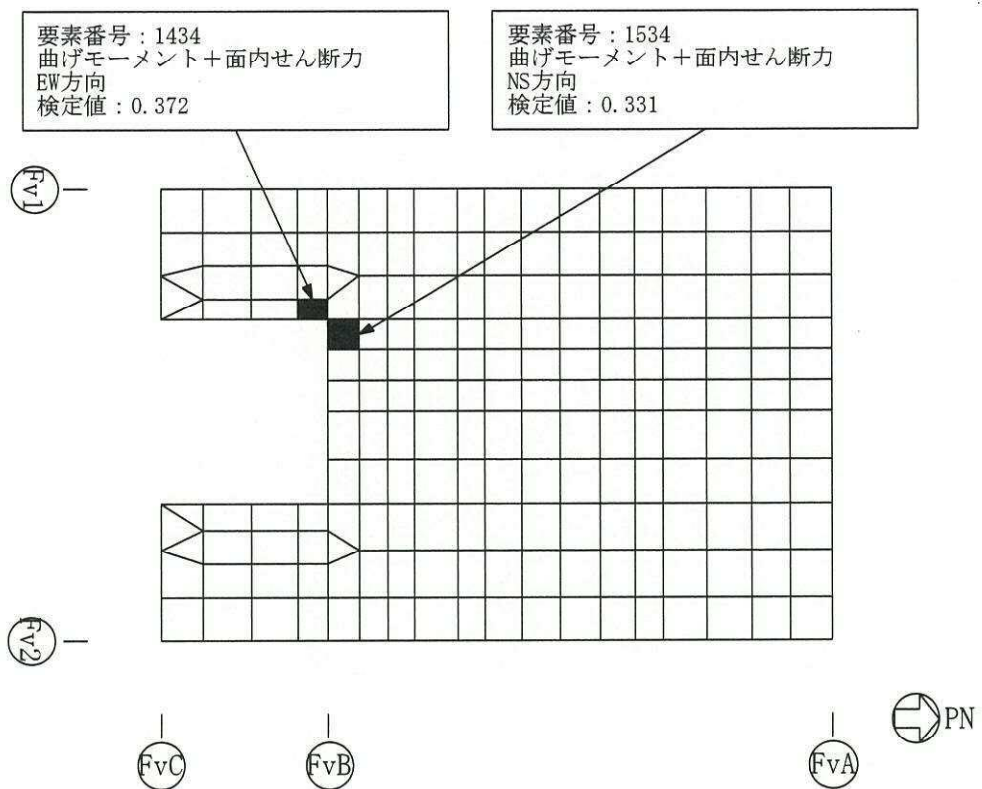
(c) 耐震壁（地下外壁）（軸力+曲げモーメント+面内せん断力）



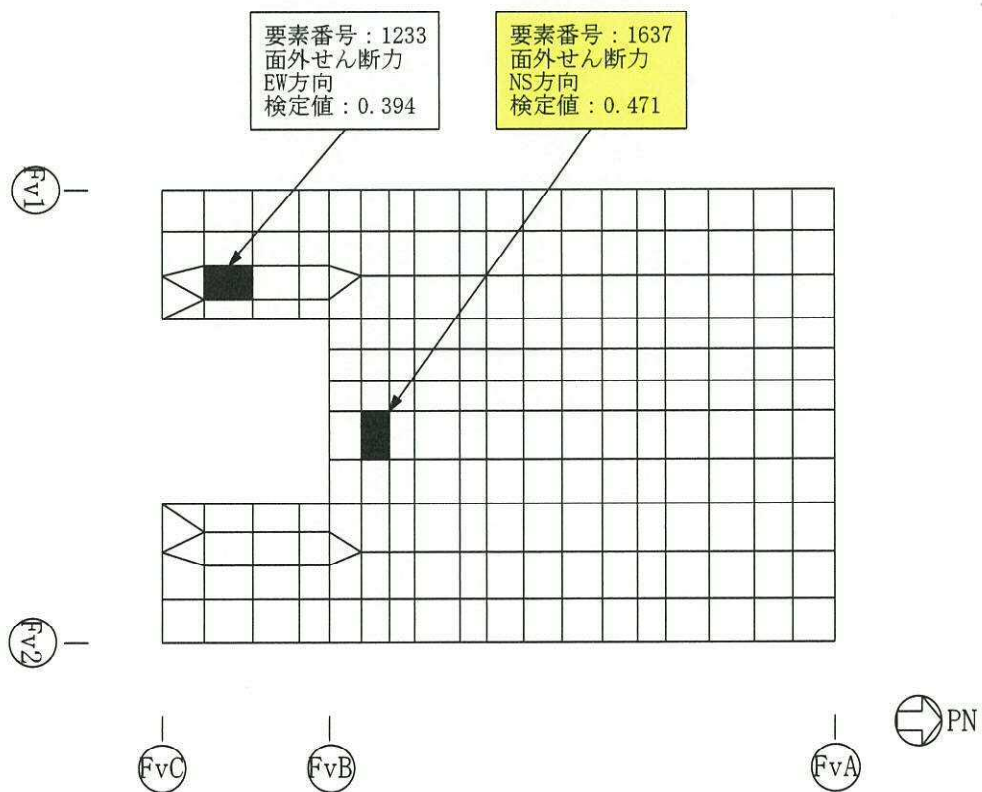
(d) 耐震壁（地下外壁）（面外せん断力）

図5-2 (2/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果





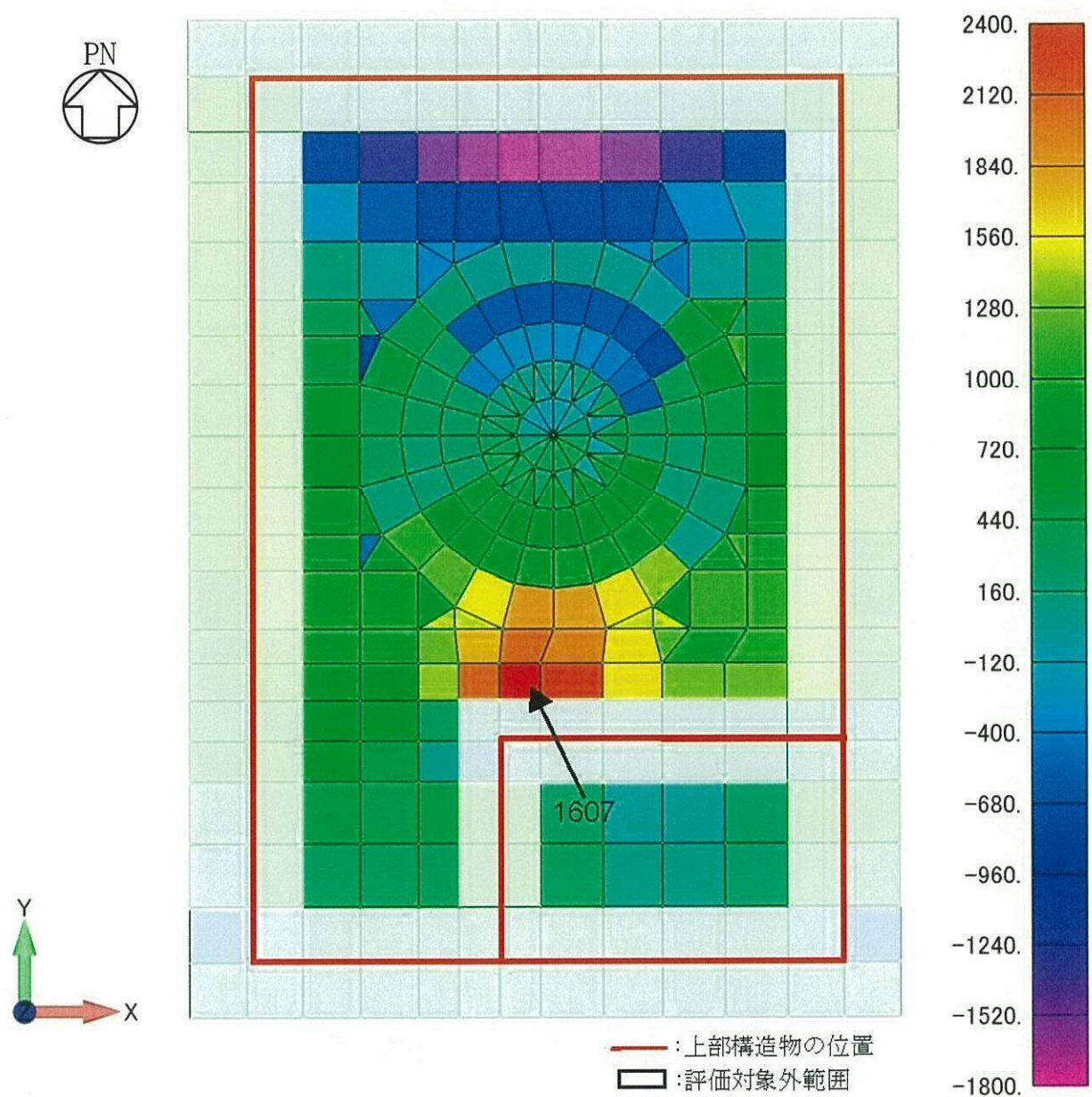
(e) 上版（曲げモーメント＋面内せん断力）



(f) 上版（面外せん断力）

図5-2 (3/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果

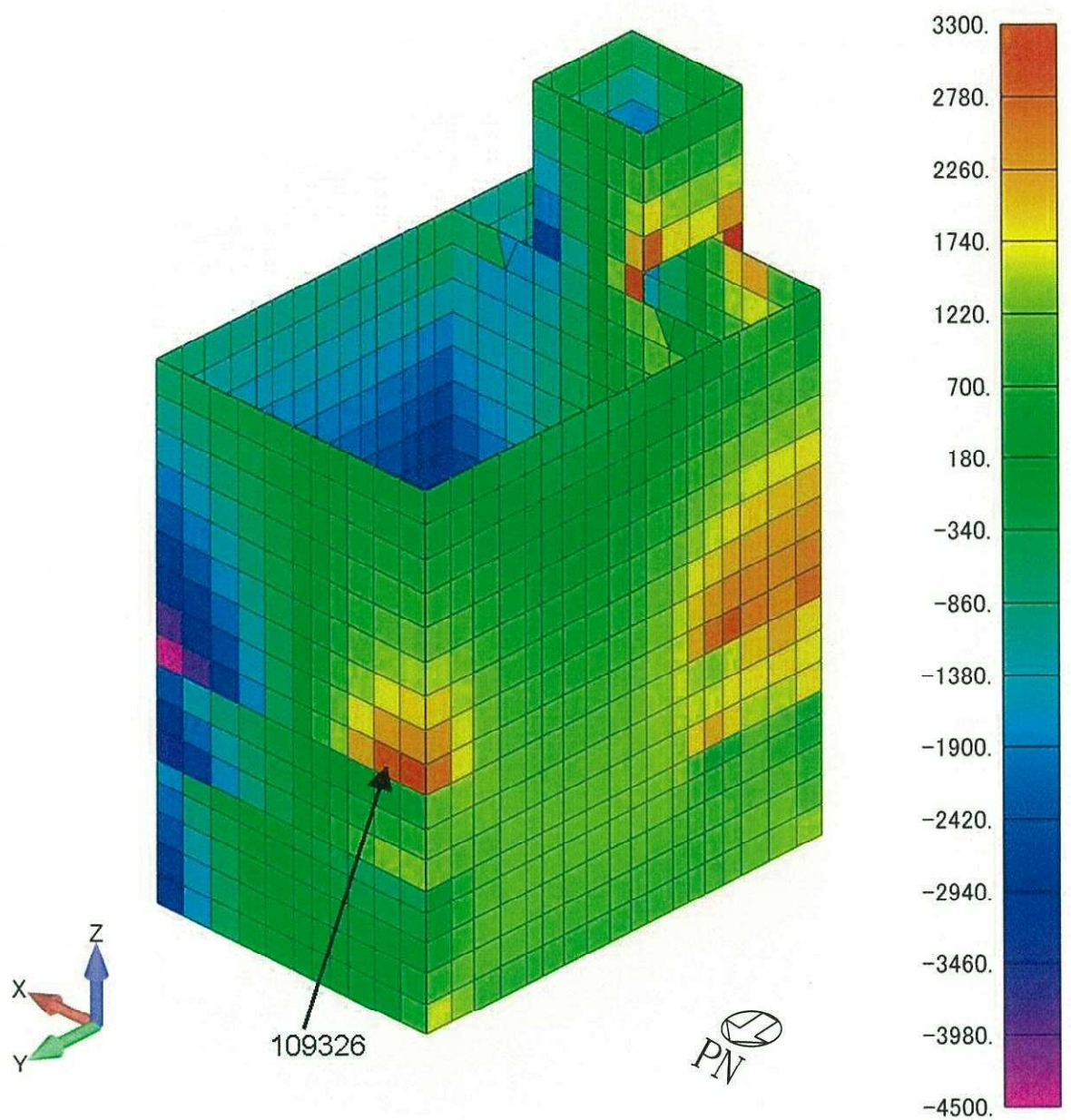




(a) 基礎スラブ 面外せん断力 (NS方向 ケースNo. 1-5) (単位 : kN/m)

図5-3 (1/5) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図

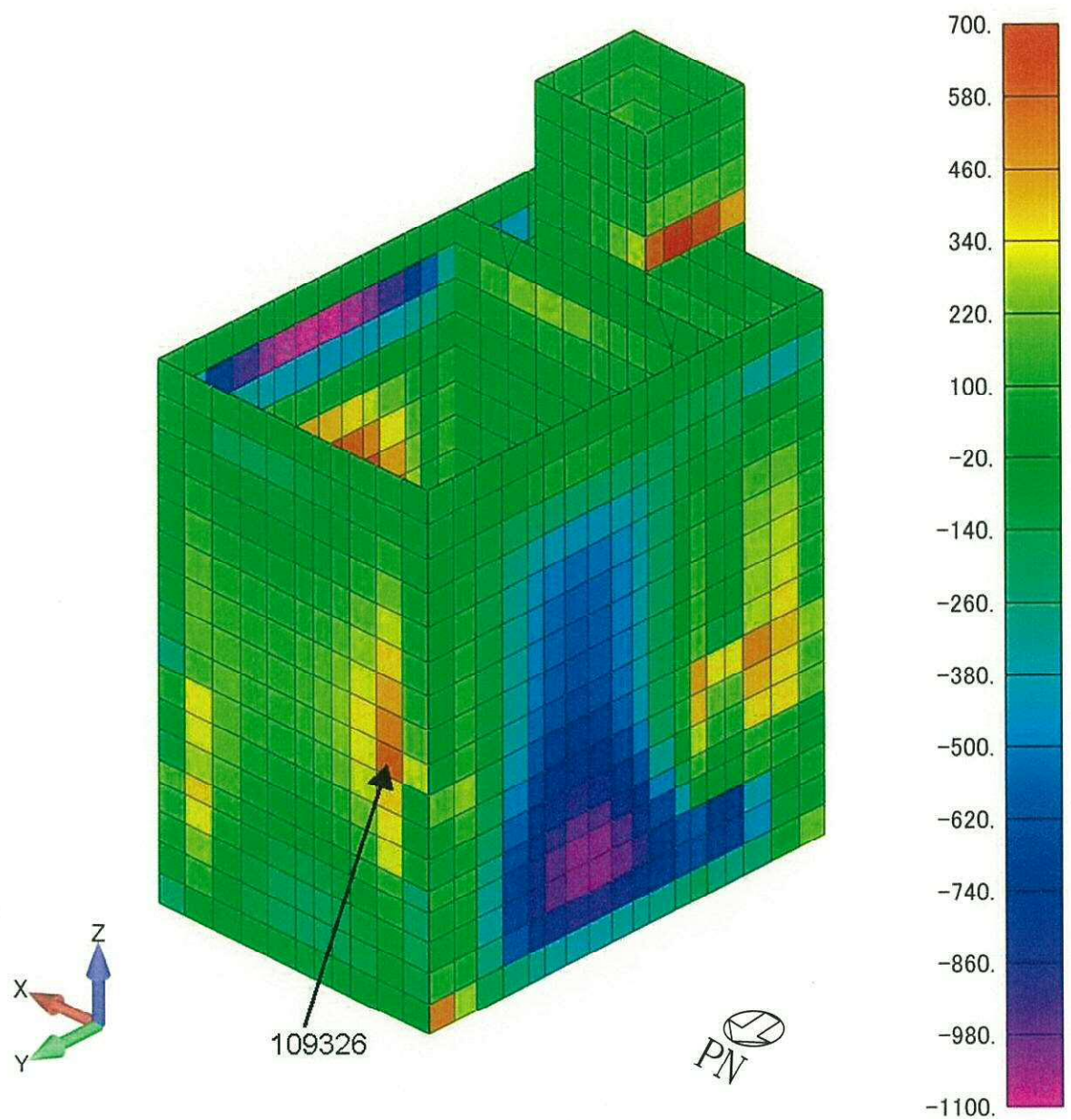




(b) 耐震壁(地下外壁) 軸力 (鉛直方向 ケースNo. 1-2) (単位: kN/m)

図5-3 (2/5) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図

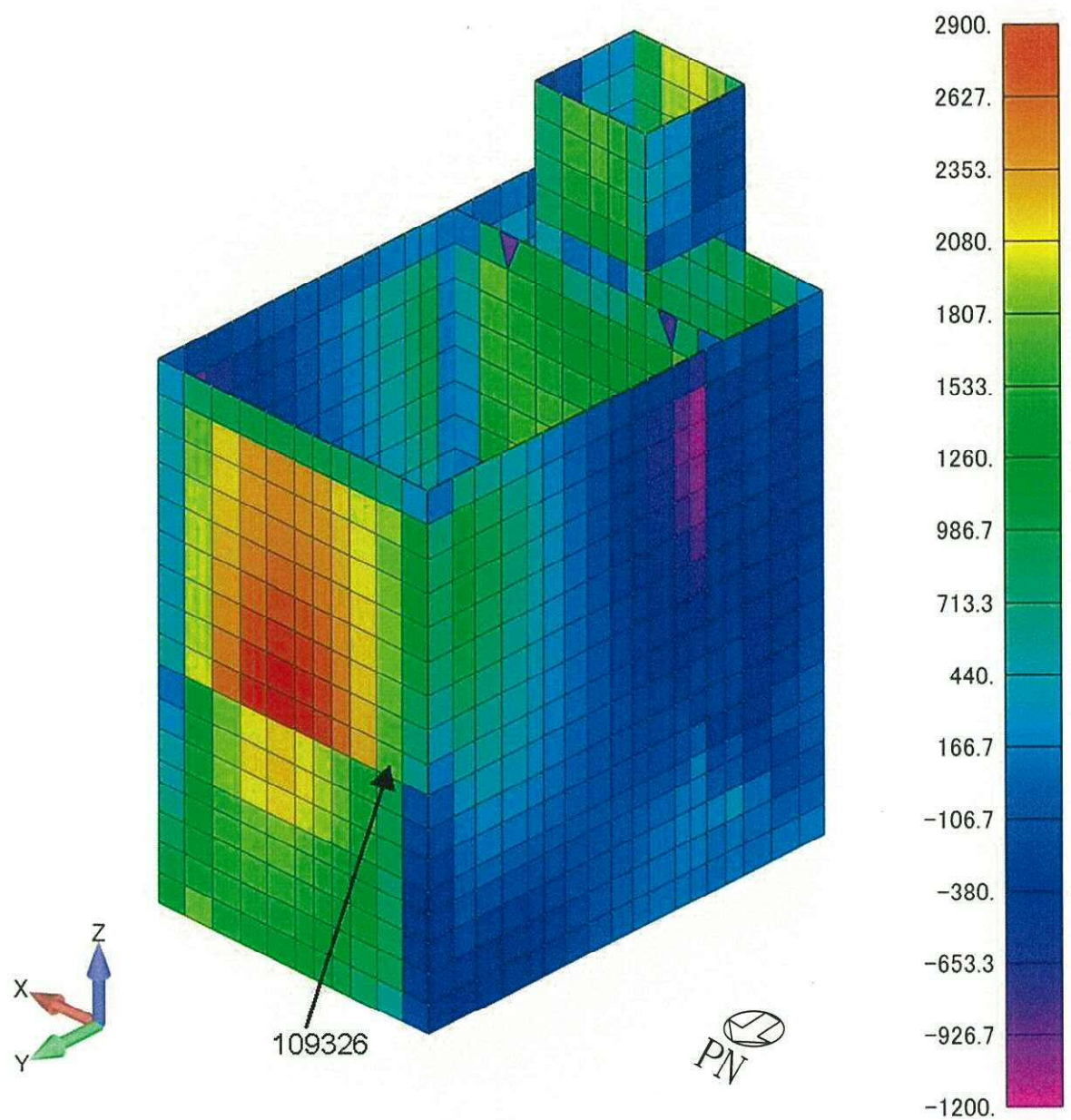




(b) 耐震壁(地下外壁) 曲げモーメント (鉛直方向 ケースNo.1-2) (単位: kNm/m)

図5-3 (3/5) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図

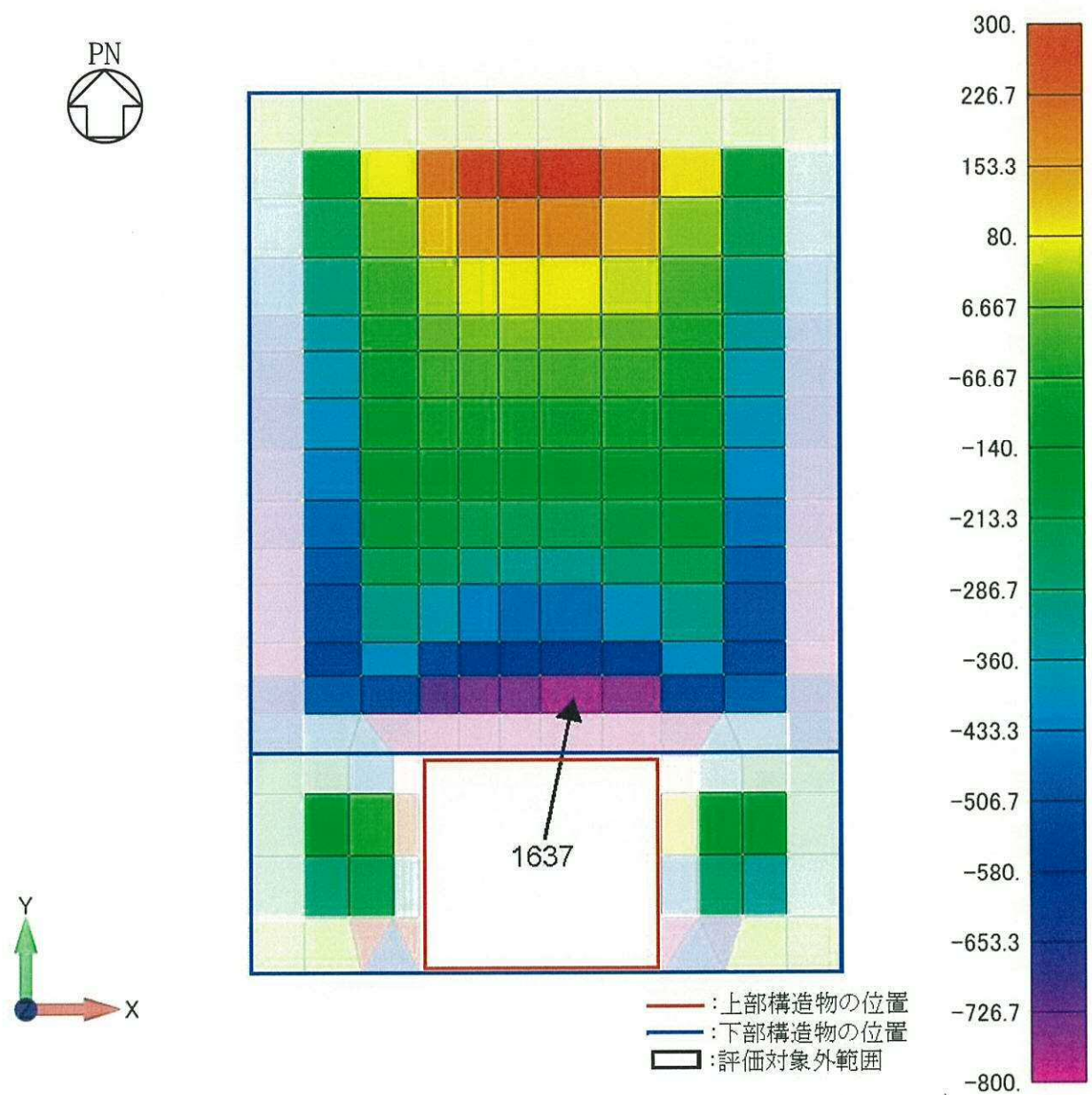




(d) 耐震壁(地下外壁) 面内せん断力 (鉛直方向 ケースNo. 1-2) (単位: kN/m)

図5-3 (4/5) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図





(e) 上版 面外せん断力 (NS方向 ケースNo. 1-7) (単位 : kN/m)

図5-3 (5/5) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図



#### 6. 使用済燃料プールの断面の評価部位の選定

使用済燃料プールの荷重の組合せケースを表6-1～表6-3に，使用済燃料プールの配筋一覧を表6-4に示す。

各評価項目の検定値一覧を表6-5に，断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図6-1～図6-3に，断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図6-4に示す。



表6-1 荷重の組合せケース (S<sub>d</sub>地震時)

組合せ 係数	鉛直 方向	水平 方向	ケース No.	荷重の組合せケース
水平 1.0 鉛直 0.4	上	W→E	1-1	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{dWE} + 1.0H_{dWE} + 0.4S_{dDU} + 0.4H_{dDU}$
		E→W	1-2	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{dWE} - 1.0H_{dWE} + 0.4S_{dDU} + 0.4H_{dDU}$
		S→N	1-3	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{dSN} + 1.0H_{dSN} + 0.4S_{dDU} + 0.4H_{dDU}$
		N→S	1-4	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{dSN} - 1.0H_{dSN} + 0.4S_{dDU} + 0.4H_{dDU}$
	下	W→E	1-5	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{dWE} + 1.0H_{dWE} - 0.4S_{dDU} - 0.4H_{dDU}$
		E→W	1-6	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{dWE} - 1.0H_{dWE} - 0.4S_{dDU} - 0.4H_{dDU}$
		S→N	1-7	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{dSN} + 1.0H_{dSN} - 0.4S_{dDU} - 0.4H_{dDU}$
		N→S	1-8	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{dSN} - 1.0H_{dSN} - 0.4S_{dDU} - 0.4H_{dDU}$
水平 0.4 鉛直 1.0	上	W→E	1-9	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{dWE} + 0.4H_{dWE} + 1.0S_{dDU} + 1.0H_{dDU}$
		E→W	1-10	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{dWE} - 0.4H_{dWE} + 1.0S_{dDU} + 1.0H_{dDU}$
		S→N	1-11	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{dSN} + 0.4H_{dSN} + 1.0S_{dDU} + 1.0H_{dDU}$
		N→S	1-12	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{dSN} - 0.4H_{dSN} + 1.0S_{dDU} + 1.0H_{dDU}$
	下	W→E	1-13	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{dWE} + 0.4H_{dWE} - 1.0S_{dDU} - 1.0H_{dDU}$
		E→W	1-14	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{dWE} - 0.4H_{dWE} - 1.0S_{dDU} - 1.0H_{dDU}$
		S→N	1-15	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{dSN} + 0.4H_{dSN} - 1.0S_{dDU} - 1.0H_{dDU}$
		N→S	1-16	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{dSN} - 0.4H_{dSN} - 1.0S_{dDU} - 1.0H_{dDU}$



表6-2 荷重の組合せケース (S<sub>d</sub>地震時+温度)

	組合せ 係数	鉛直 方向	水平 方向	ケース No.	荷重の組合せケース
冬	水平 1.0 鉛直 0.4	上	W→E	2-1	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{WE}} + 1.0H_{d_{WE}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} + 0.4H_{d_{DU}}$
			E→W	2-2	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{WE}} - 1.0H_{d_{WE}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} + 0.4H_{d_{DU}}$
			S→N	2-3	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{SN}} + 1.0H_{d_{SN}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} + 0.4H_{d_{DU}}$
			N→S	2-4	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{SN}} - 1.0H_{d_{SN}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} + 0.4H_{d_{DU}}$
		下	W→E	2-5	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{WE}} + 1.0H_{d_{WE}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} - 0.4H_{d_{DU}}$
			E→W	2-6	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{WE}} - 1.0H_{d_{WE}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} - 0.4H_{d_{DU}}$
			S→N	2-7	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{SN}} + 1.0H_{d_{SN}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} - 0.4H_{d_{DU}}$
			N→S	2-8	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{SN}} - 1.0H_{d_{SN}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{01} - 0.4H_{d_{DU}}$
	水平 0.4 鉛直 1.0	上	W→E	2-9	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{WE}} + 0.4H_{d_{WE}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} + 1.0H_{d_{DU}}$
			E→W	2-10	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{WE}} - 0.4H_{d_{WE}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} + 1.0H_{d_{DU}}$
			S→N	2-11	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{SN}} + 0.4H_{d_{SN}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} + 1.0H_{d_{DU}}$
			N→S	2-12	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{SN}} - 0.4H_{d_{SN}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} + 1.0H_{d_{DU}}$
		下	W→E	2-13	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{WE}} + 0.4H_{d_{WE}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} - 1.0H_{d_{DU}}$
			E→W	2-14	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{WE}} - 0.4H_{d_{WE}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} - 1.0H_{d_{DU}}$
			S→N	2-15	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{SN}} + 0.4H_{d_{SN}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} - 1.0H_{d_{DU}}$
			N→S	2-16	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{SN}} - 0.4H_{d_{SN}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{01} - 1.0H_{d_{DU}}$
夏	水平 1.0 鉛直 0.4	上	W→E	2-17	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{WE}} + 1.0H_{d_{WE}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} + 0.4H_{d_{DU}}$
			E→W	2-18	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{WE}} - 1.0H_{d_{WE}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} + 0.4H_{d_{DU}}$
			S→N	2-19	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{SN}} + 1.0H_{d_{SN}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} + 0.4H_{d_{DU}}$
			N→S	2-20	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{SN}} - 1.0H_{d_{SN}} + 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} + 0.4H_{d_{DU}}$
		下	W→E	2-21	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{WE}} + 1.0H_{d_{WE}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} - 0.4H_{d_{DU}}$
			E→W	2-22	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{WE}} - 1.0H_{d_{WE}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} - 0.4H_{d_{DU}}$
			S→N	2-23	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{d_{SN}} + 1.0H_{d_{SN}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} - 0.4H_{d_{DU}}$
			N→S	2-24	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{d_{SN}} - 1.0H_{d_{SN}} - 0.4S_{d_{DU}} + T_{02} - 0.4H_{d_{DU}}$
	水平 0.4 鉛直 1.0	上	W→E	2-25	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{WE}} + 0.4H_{d_{WE}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} + 1.0H_{d_{DU}}$
			E→W	2-26	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{WE}} - 0.4H_{d_{WE}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} + 1.0H_{d_{DU}}$
			S→N	2-27	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{SN}} + 0.4H_{d_{SN}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} + 1.0H_{d_{DU}}$
			N→S	2-28	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{SN}} - 0.4H_{d_{SN}} + 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} + 1.0H_{d_{DU}}$
		下	W→E	2-29	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{WE}} + 0.4H_{d_{WE}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} - 1.0H_{d_{DU}}$
			E→W	2-30	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{WE}} - 0.4H_{d_{WE}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} - 1.0H_{d_{DU}}$
			S→N	2-31	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{d_{SN}} + 0.4H_{d_{SN}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} - 1.0H_{d_{DU}}$
			N→S	2-32	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{d_{SN}} - 0.4H_{d_{SN}} - 1.0S_{d_{DU}} + T_{02} - 1.0H_{d_{DU}}$



表6-3 荷重の組合せケース (S<sub>s</sub>地震時)

組合せ 係数	鉛直 方向	水平 方向	ケース No.	荷重の組合せケース
水平 1.0 鉛直 0.4	上	W→E	3-1	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{sWE} + 1.0H_{sWE} + 0.4S_{sDU} + 0.4H_{sDU}$
		E→W	3-2	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{sWE} - 1.0H_{sWE} + 0.4S_{sDU} + 0.4H_{sDU}$
		S→N	3-3	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{sSN} + 1.0H_{sSN} + 0.4S_{sDU} + 0.4H_{sDU}$
		N→S	3-4	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{sSN} - 1.0H_{sSN} + 0.4S_{sDU} + 0.4H_{sDU}$
	下	W→E	3-5	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{sWE} + 1.0H_{sWE} - 0.4S_{sDU} - 0.4H_{sDU}$
		E→W	3-6	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{sWE} - 1.0H_{sWE} - 0.4S_{sDU} - 0.4H_{sDU}$
		S→N	3-7	$GP + H_s + R_0 + 1.0S_{sSN} + 1.0H_{sSN} - 0.4S_{sDU} - 0.4H_{sDU}$
		N→S	3-8	$GP + H_s + R_0 - 1.0S_{sSN} - 1.0H_{sSN} - 0.4S_{sDU} - 0.4H_{sDU}$
水平 0.4 鉛直 1.0	上	W→E	3-9	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{sWE} + 0.4H_{sWE} + 1.0S_{sDU} + 1.0H_{sDU}$
		E→W	3-10	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{sWE} - 0.4H_{sWE} + 1.0S_{sDU} + 1.0H_{sDU}$
		S→N	3-11	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{sSN} + 0.4H_{sSN} + 1.0S_{sDU} + 1.0H_{sDU}$
		N→S	3-12	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{sSN} - 0.4H_{sSN} + 1.0S_{sDU} + 1.0H_{sDU}$
	下	W→E	3-13	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{sWE} + 0.4H_{sWE} - 1.0S_{sDU} - 1.0H_{sDU}$
		E→W	3-14	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{sWE} - 0.4H_{sWE} - 1.0S_{sDU} - 1.0H_{sDU}$
		S→N	3-15	$GP + H_s + R_0 + 0.4S_{sSN} + 0.4H_{sSN} - 1.0S_{sDU} - 1.0H_{sDU}$
		N→S	3-16	$GP + H_s + R_0 - 0.4S_{sSN} - 0.4H_{sSN} - 1.0S_{sDU} - 1.0H_{sDU}$



表 6-4 使用済燃料プールの配筋一覧

(a) 壁

部位	レベル EL. (m)	壁厚 (cm)	配筋	
			縦筋	横筋
北側壁	34.689～ 39.191	200	D35@200 2段 内 D29@200 2段 外	D29@200 2段 内外共
	39.191～ 46.5	200	D29@200 2段 内外共	D29@200 2段 内外共
東側壁	34.689～ 39.191	215.4	D35@200 2段 内 D29@200 2段 外	D29@200 2段 内外共
	39.191～ 46.5	215.4	D29@200 2段 内外共	D29@200 2段 内外共
南側壁	34.689～ 46.5	157.6	D38@200 2段 内外共	D38@200 2段 内外共
西側壁	34.689～ 39.191	215.4	D35@200 2段 内 D29@200 2段 外	D29@200 2段 内外共
	39.191～ 41.547	215.4	D29@200 2段 内外共	D29@200 2段 内外共
	41.547～ 43.198	137.2	D29@200 2段 内外共	D29@200 2段 内外共
	43.198～ 46.5	137.2	D29@200 2段 内外共	D29@150 2段 内外共

(b) 床

部位	版厚 (cm)	配筋		
		主筋		せん断補強筋
		EW 方向	NS 方向	
底版	159.9	D38@200 2段 内外共	D38@200 2段 内外共	D19 @200×@200



表 6-5 (1/2) 評価結果

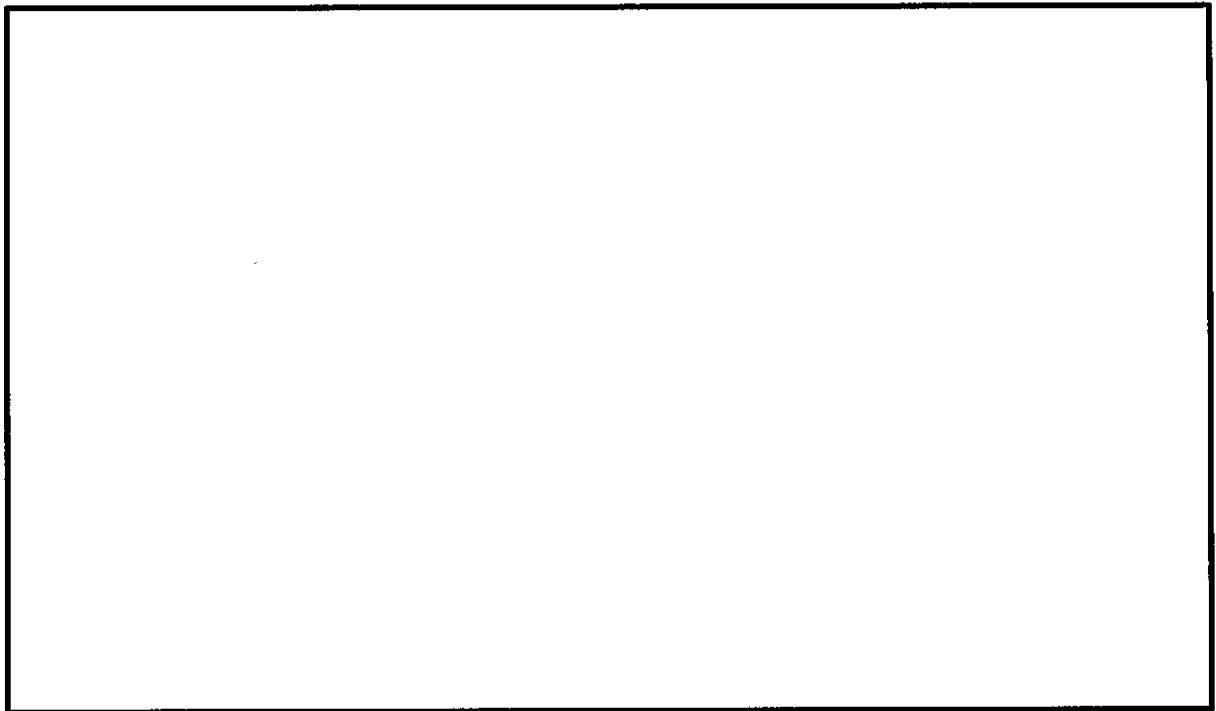
部 位	分 類 領 域	荷重状態等	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力						面内せん断力			面外せん断力		
			コンクリート			鉄筋			鉄筋コンクリート			鉄筋コンクリート		
			要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	北側壁	S <sub>d</sub> 地震時	2219	0.101	1-8	2272	0.908	1-5	2272	0.342	1-5	2228	0.533	1-8
		S <sub>d</sub> 地震時 ＋温度	2204	0.261	2-1	2272	0.869	2-21	2205	0.346	2-6	2228	0.554	2-8
	東側壁	S <sub>d</sub> 地震時	1535	0.107	1-5	1546	0.720	1-8	1586	0.552	1-7	1536	0.361	1-5
		S <sub>d</sub> 地震時 ＋温度	1582	0.365	2-3	1585	0.832	2-7	1586	0.603	2-7	1536	0.497	2-5
南側壁	S <sub>d</sub> 地震時	3055	0.276	1-15	3037	0.805	1-5	3037	0.657	1-5	7801	0.627	1-6	
	S <sub>d</sub> 地震時 ＋温度	3055	0.396	2-14	3031	0.770	2-18	3043	0.622	2-2	7801	0.768	2-6	
西側壁	S <sub>d</sub> 地震時	1035	0.113	1-6	1046	0.719	1-8	1086	0.572	1-7	1033	0.391	1-6	
	S <sub>d</sub> 地震時 ＋温度	1082	0.364	2-3	1085	0.827	2-7	1086	0.621	2-23	1033	0.367	2-22	
床	S <sub>d</sub> 地震時	4054	0.381	1-7	4054	0.481	1-16				4053	0.544	1-15	
	S <sub>d</sub> 地震時 ＋温度	4054	0.350	2-23	4054	0.476	2-32				4054	0.584	2-15	



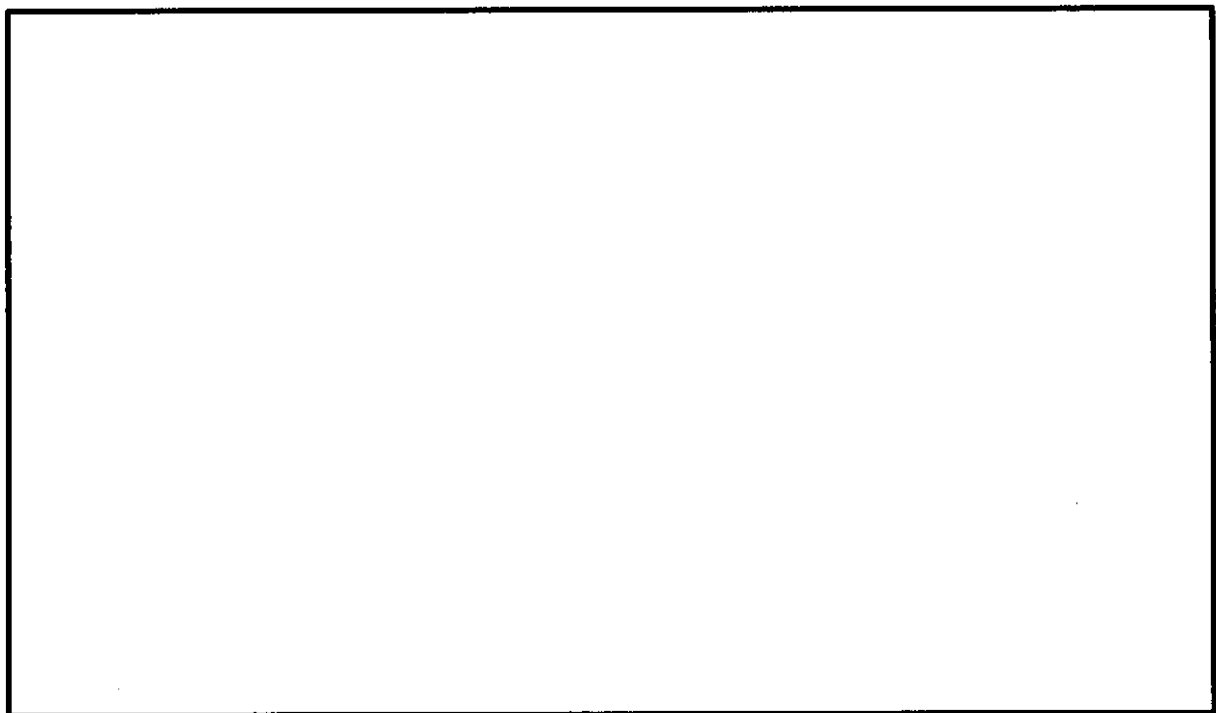
表 6-5 (2/2) 評価結果

部 位	分 類 領 域	荷重状態等	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力						軸 力			面内せん断力			面外せん断力		
			コンクリート			鉄 筋			鉄筋コンクリート			鉄筋コンクリート			鉄筋コンクリート		
			要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.	要素 番号	検定値	ケース No.
壁	北側壁	S <sub>s</sub> 地震時	2219	0.048	3-16	2272	0.354	3-5	2272	0.048	3-2	2268	0.329	3-13	2228	0.518	3-16
	東側壁	S <sub>s</sub> 地震時	1535	0.045	3-5	1590	0.356	3-7	1581	0.093	3-8	1590	0.705	3-7	1546	0.333	3-13
	南側壁	S <sub>s</sub> 地震時	3055	0.131	3-15	3037	0.293	3-5	3055	0.215	3-15	3037	0.529	3-5	7803	0.560	3-15
	西側壁	S <sub>s</sub> 地震時	1035	0.049	3-6	1046	0.316	3-8	1090	0.105	3-8	1087	0.576	3-7	1033	0.345	3-6
床	底版	S <sub>s</sub> 地震時	4054	0.181	3-15	4054	0.212	3-16							4054	0.716	3-15





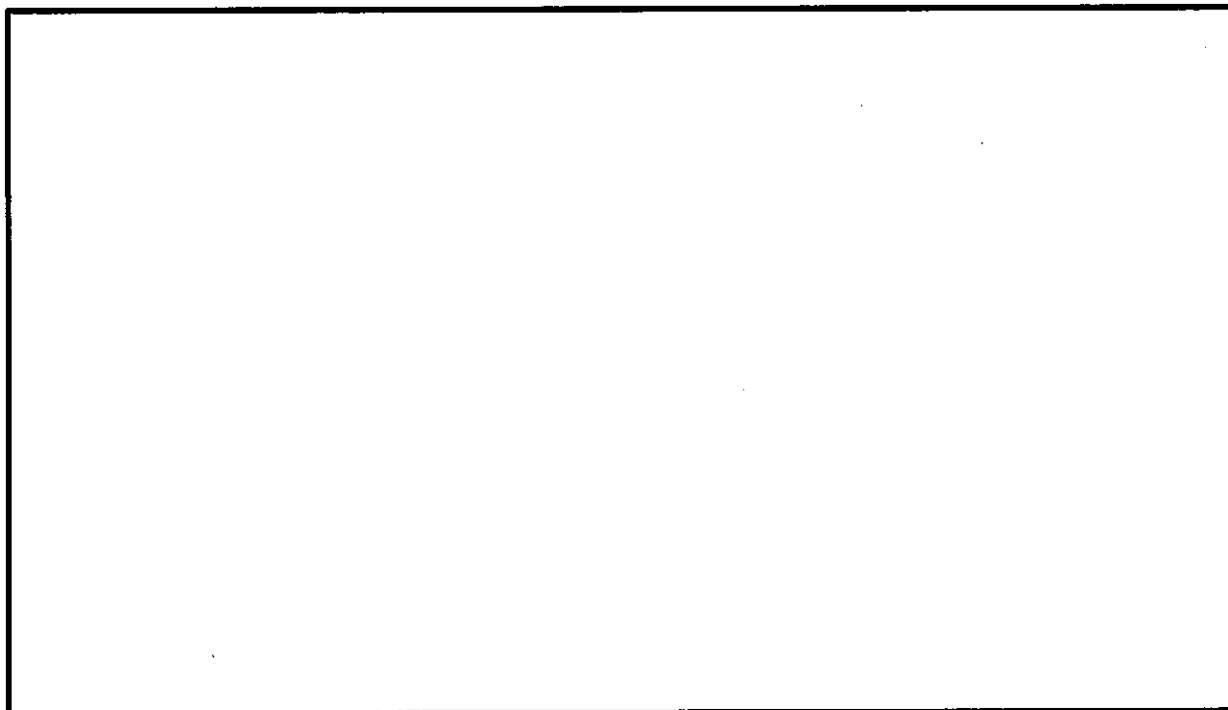
(a) 北側壁



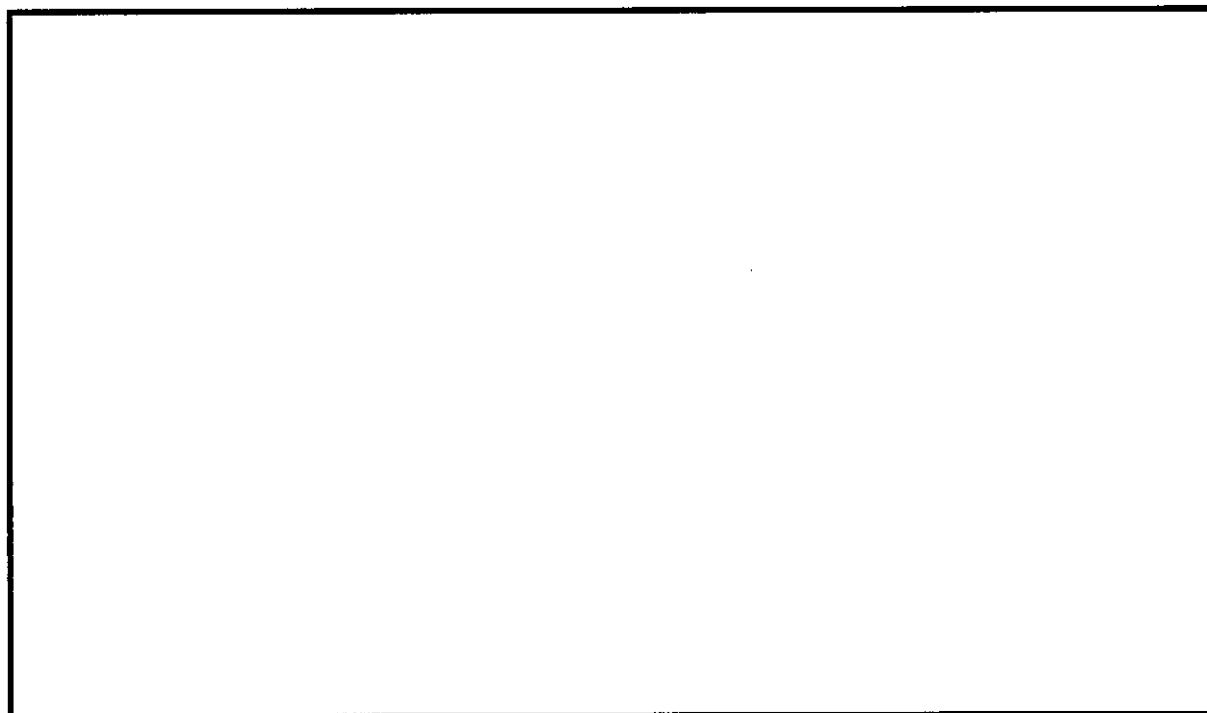
(b) 東側壁

図6-1 (1/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時)





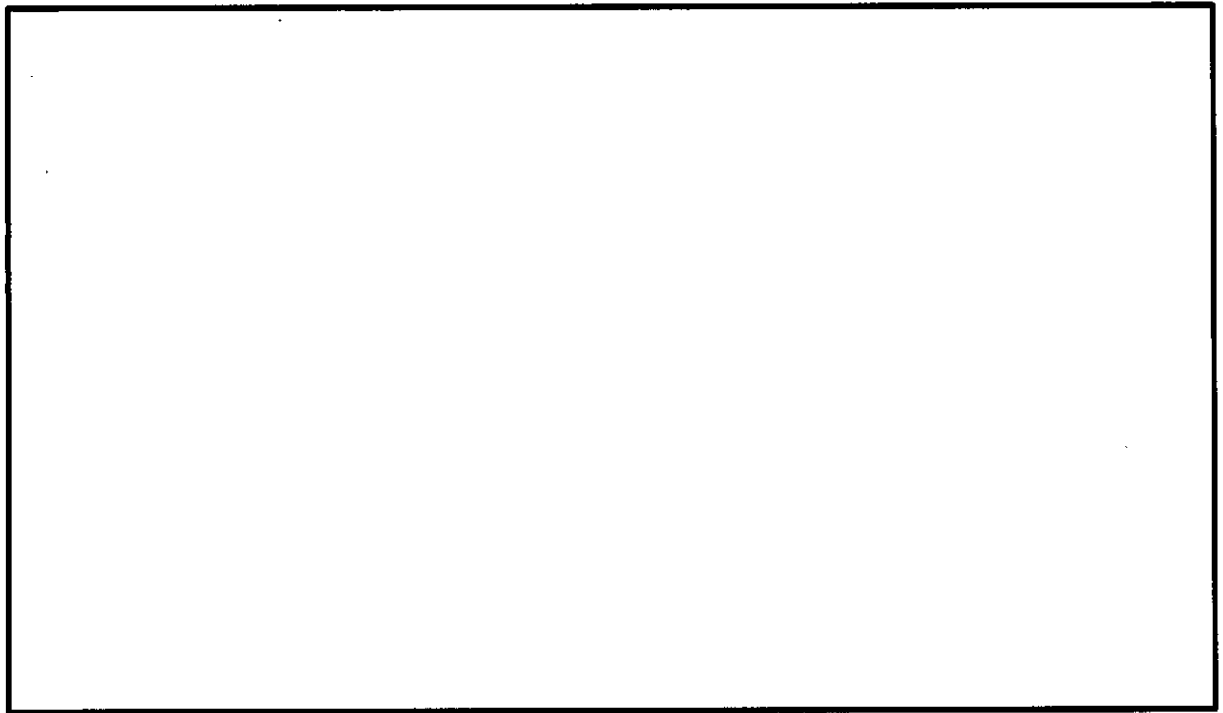
(c) 南側壁



(d) 西側壁

図6-1 (2/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時)

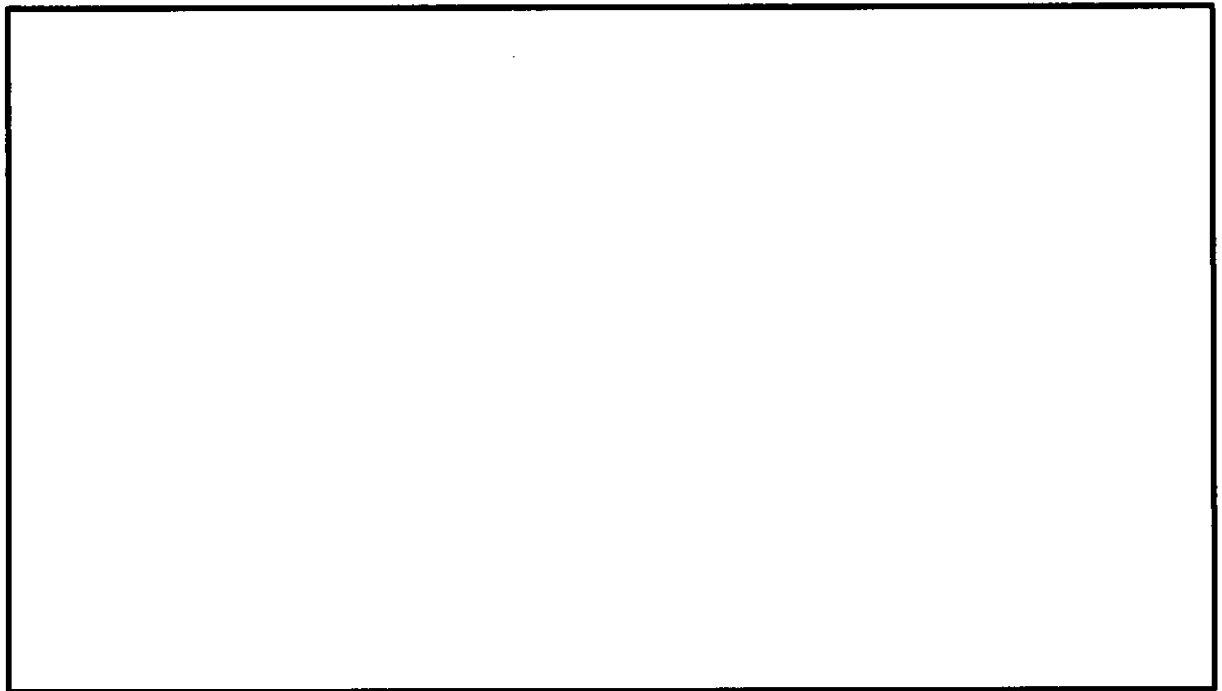




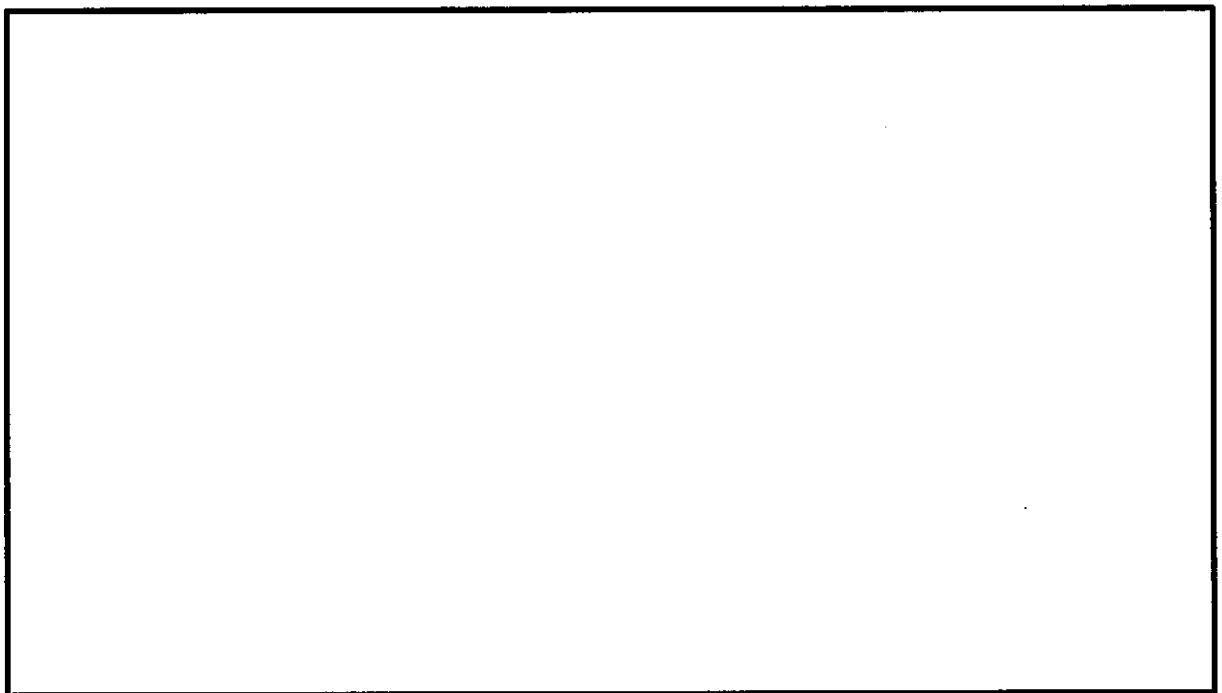
(f) 底版

図6-1 (3/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時)





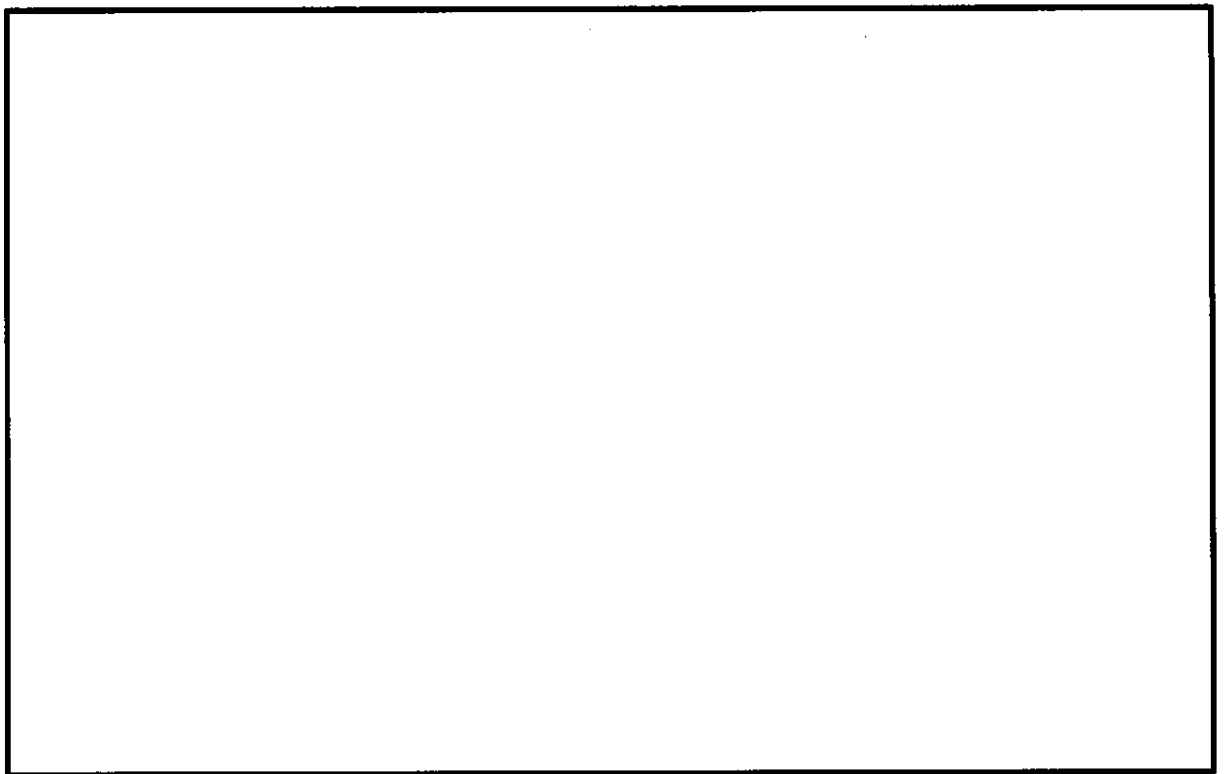
(a) 北側壁



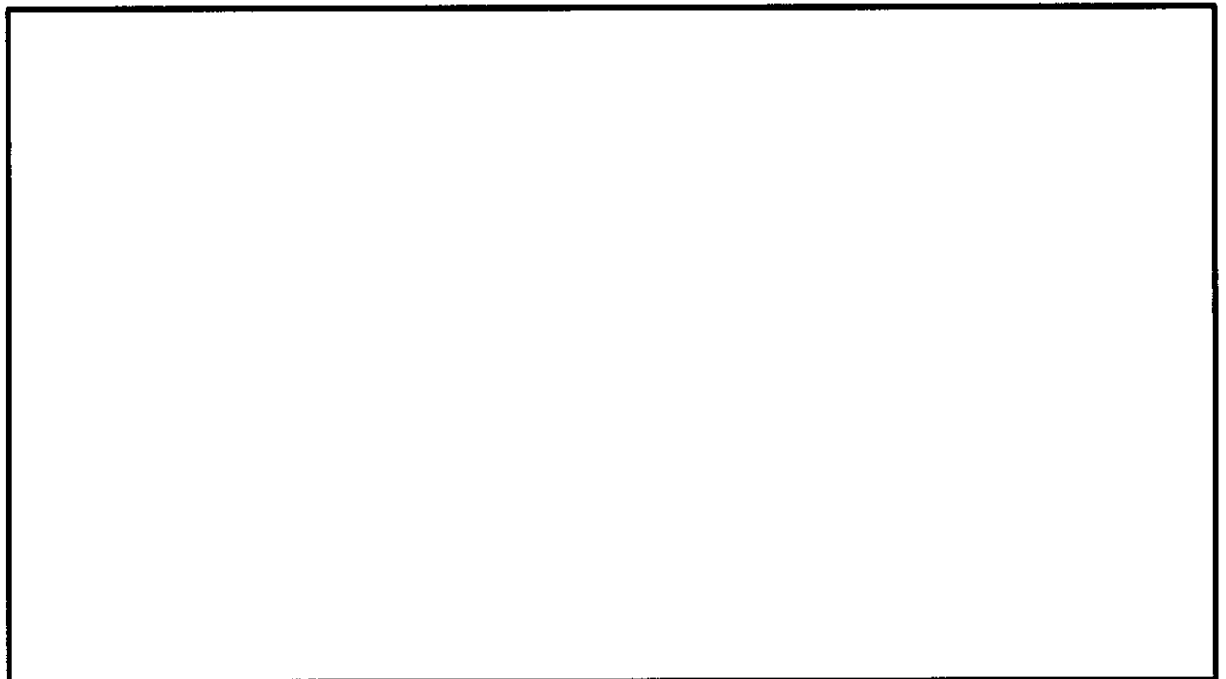
(b) 東側壁

図6-2 (1/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時+温度)





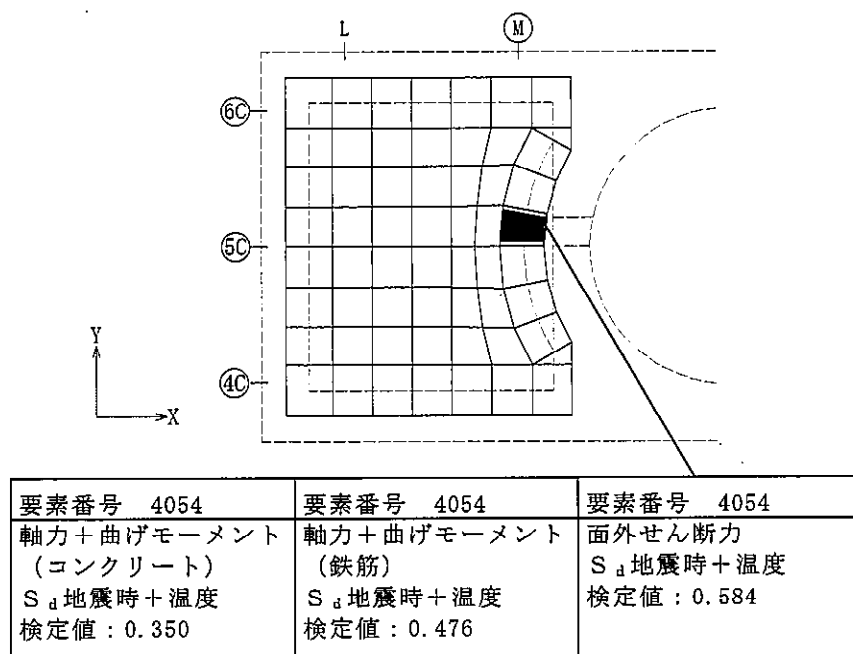
(c) 南側壁



(d) 西側壁

図6-2 (2/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時+温度)

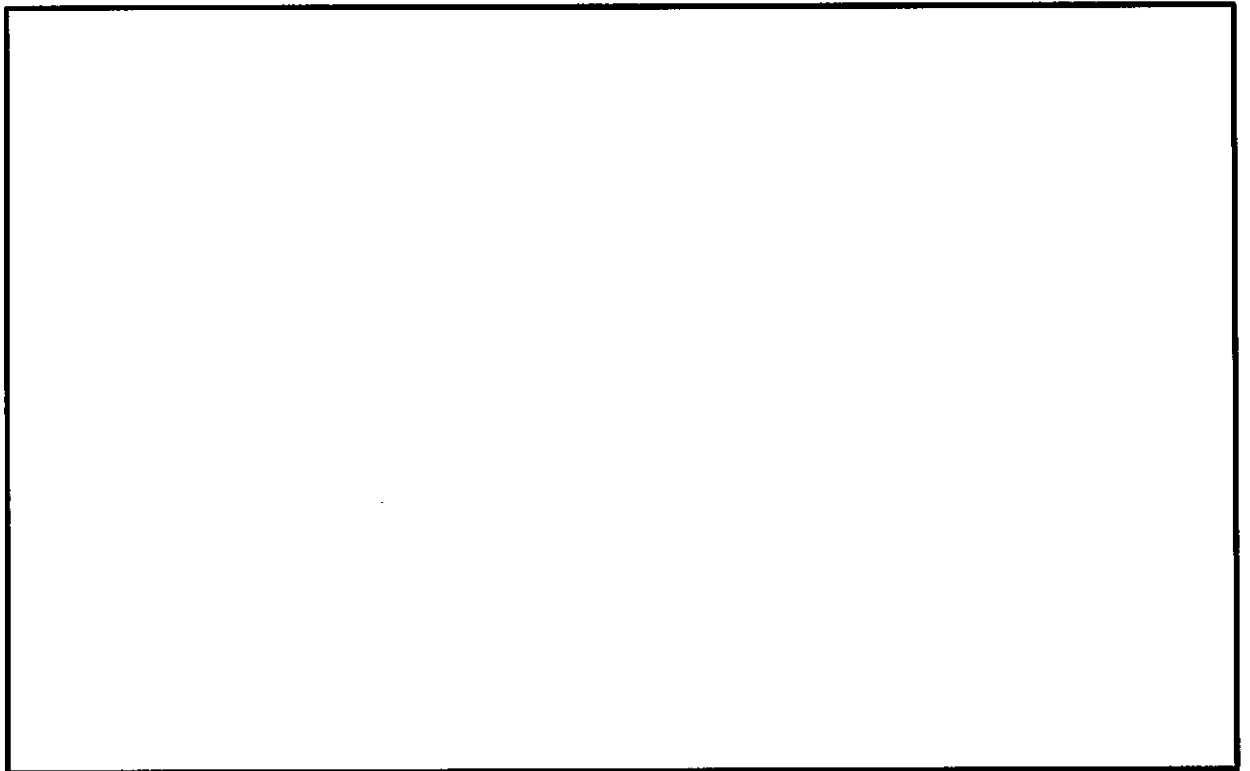




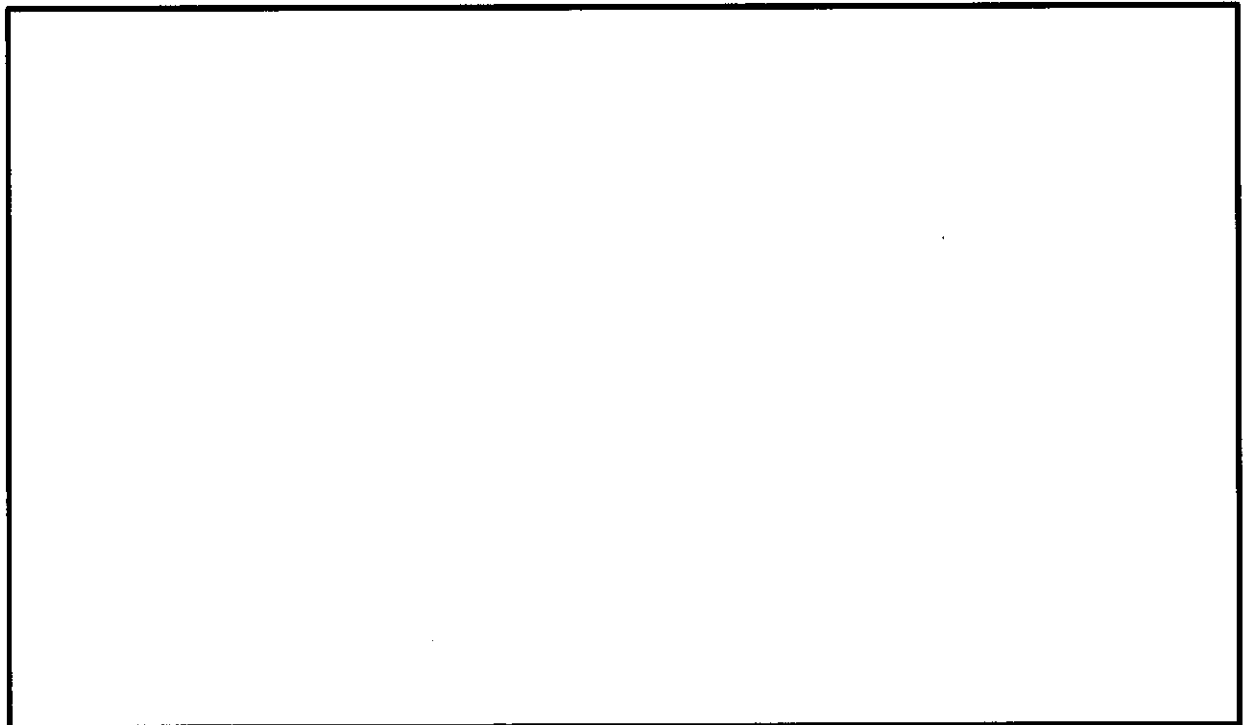
(e) 底版

図6-2 (3/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時+温度)





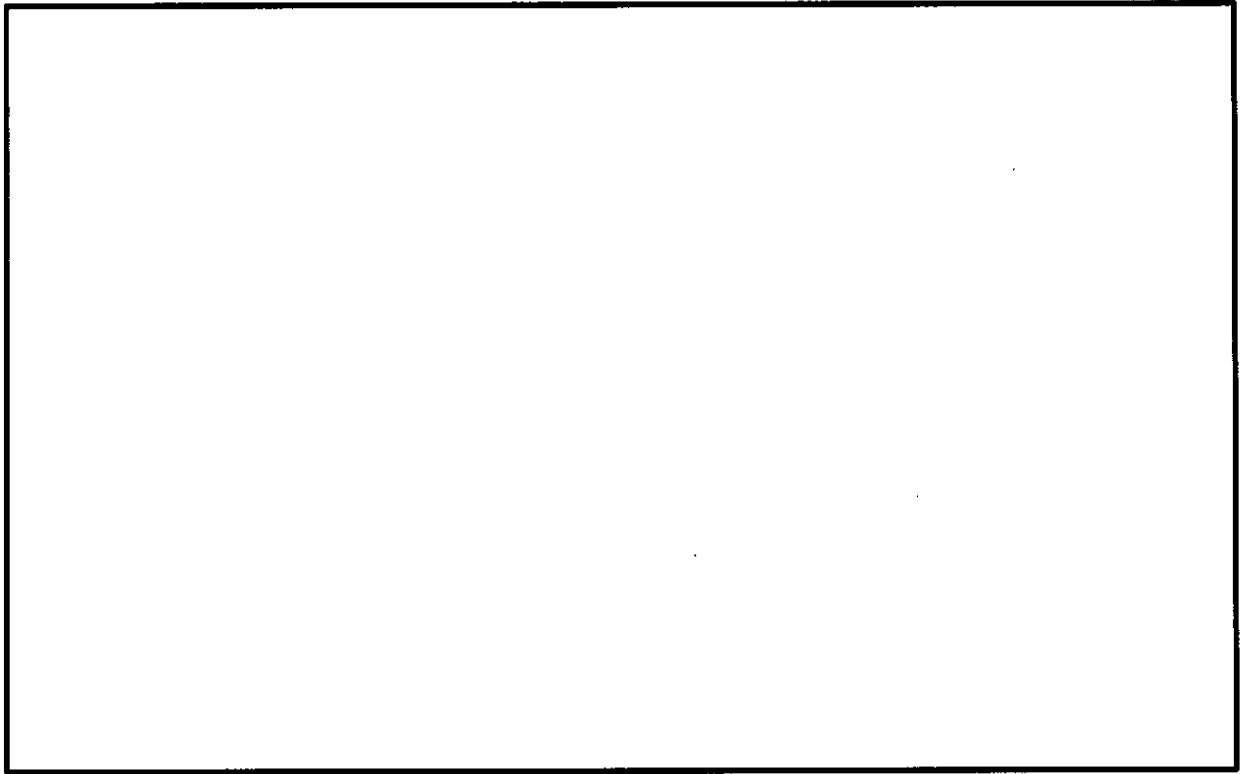
(a) 北側壁



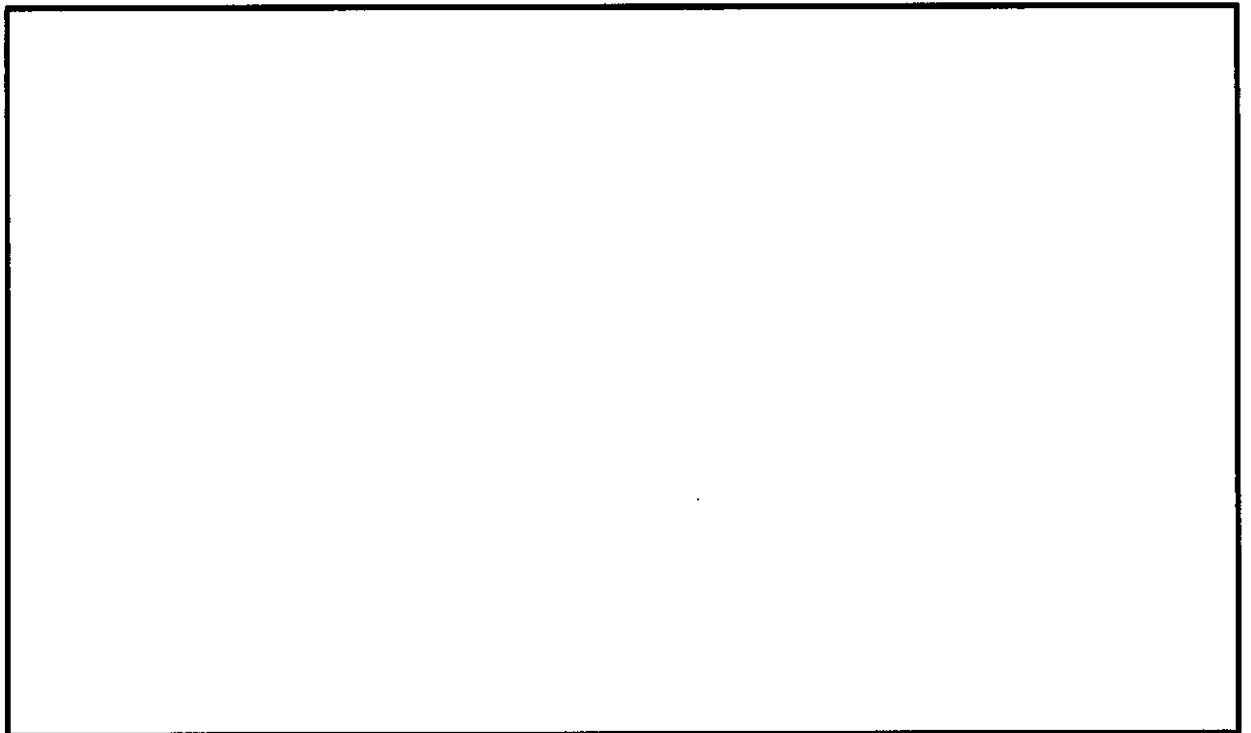
(b) 東側壁

図6-3 (1/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_s$  地震時)





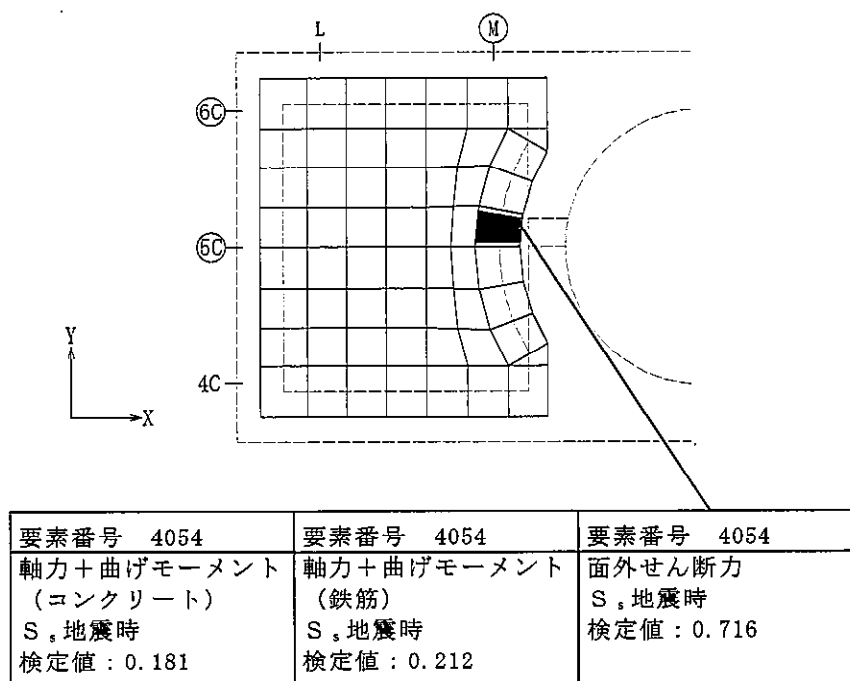
(c) 南側壁



(d) 西側壁

図6-3 (2/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_s$ 地震時)

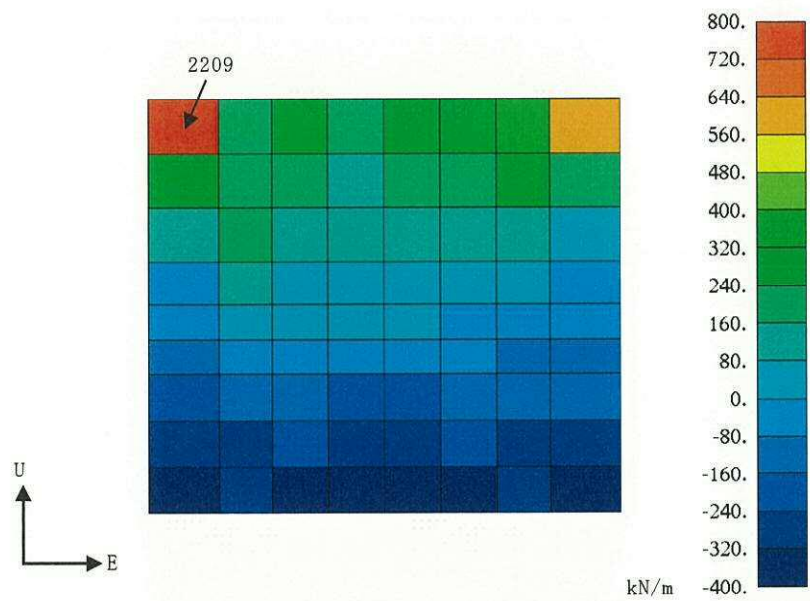




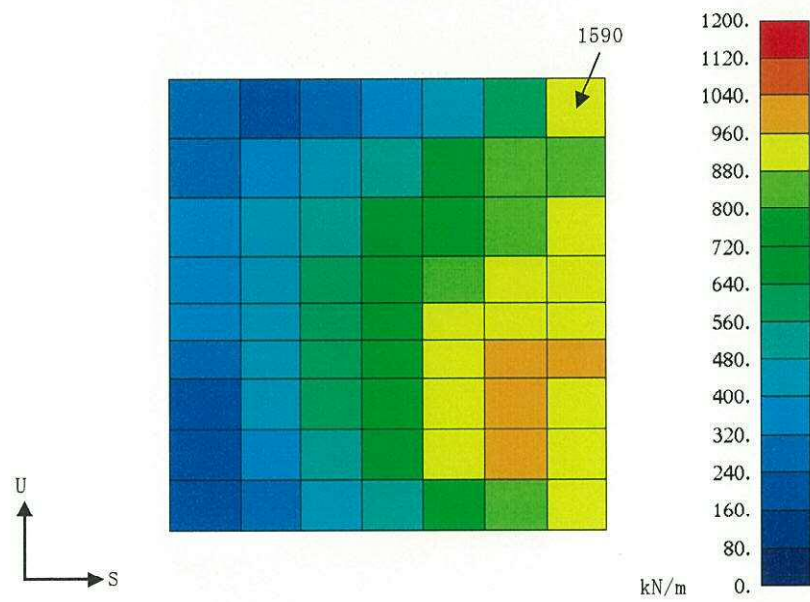
(e) 底版

図6-3 (3/3) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(S<sub>s</sub>地震時)





鉛直方向 面外せん断力 ケース 2-16 ( $S_d$ 地震時+温度)  
(a) 北側壁



鉛直方向 面内せん断力 ケース 2-24 ( $S_d$ 地震時+温度)  
(b) 東側壁

図 6-4 (1/3) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図



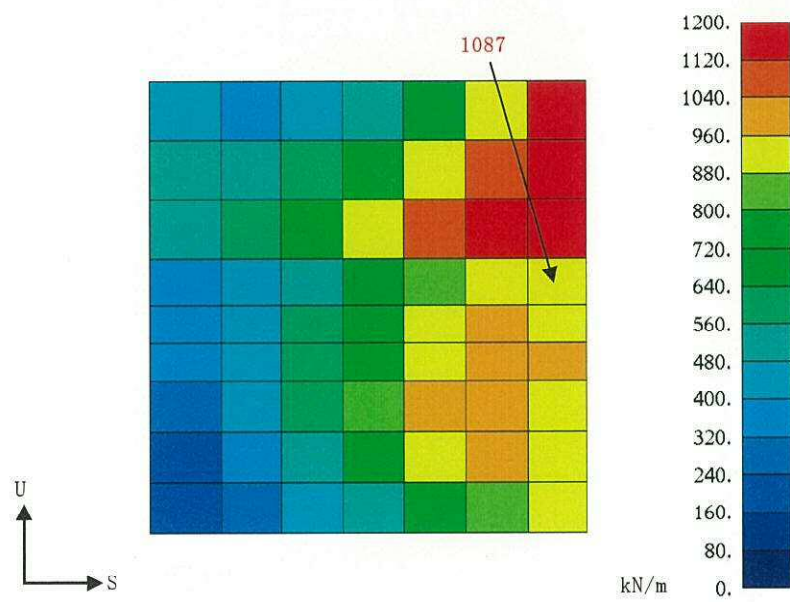
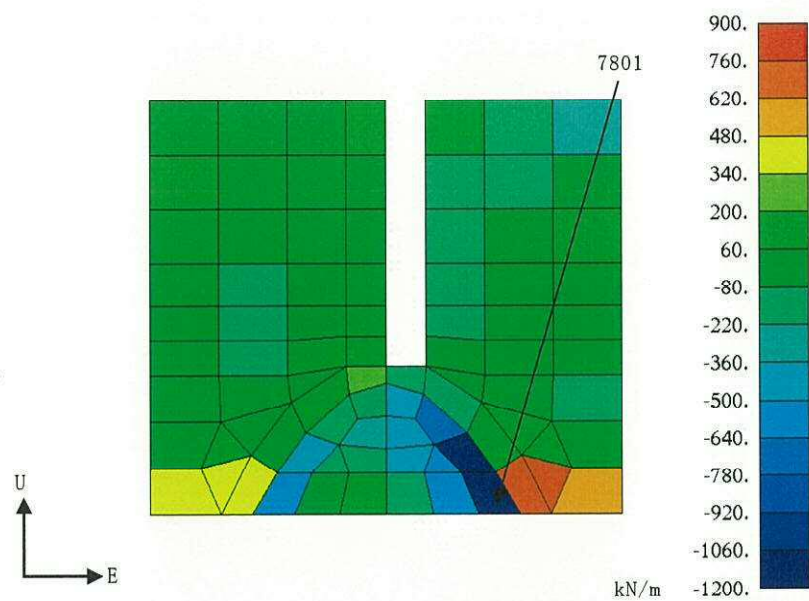
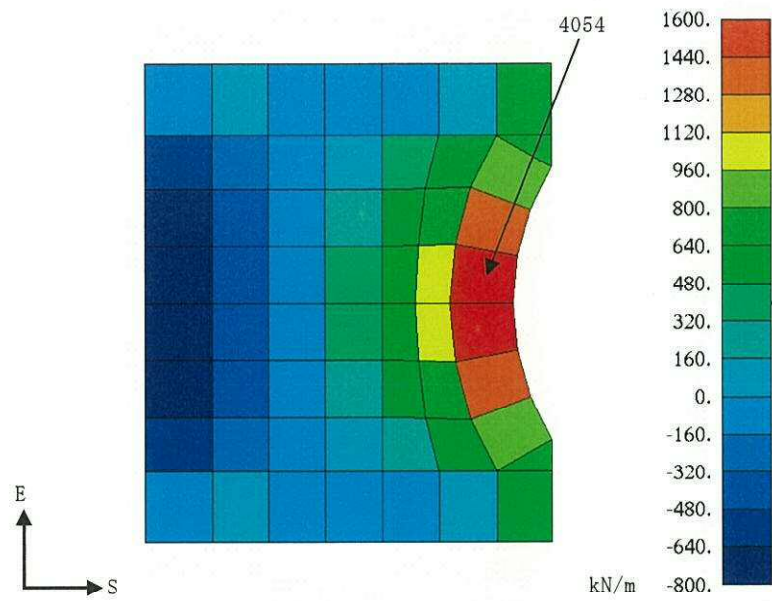


図 6-4 (2/3) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図





NS 方向 面外せん断力 ケース 2-16 (S<sub>d</sub>地震時+温度)  
(e) 底版

図 6-4 (3/3) 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図



## 7. 原子炉格納容器底部コンクリートマットの断面の評価部位の選定

原子炉格納容器底部コンクリートマットの荷重の組合せケースを表 7-1 に、配筋一覧を表 7-2 に、配筋領域図を図 7-1 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 7-3、断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図 7-2～図 7-8 に、断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンターを図 7-9 に示す。



表 7-1 (1/7) 荷重の組合せケース

(a) 荷重状態Ⅲ 地震時 (1)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
Ⅲ	地震時 (1)	1-1	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-2	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-3	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-4	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-5	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-6	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-7	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-8	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-9	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
		1-10	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
		1-11	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
		1-12	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
		1-13	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
		1-14	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
		1-15	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
		1-16	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
		1-17	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-18	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-19	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-20	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-21	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-22	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
		1-23	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
		1-24	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$

注 : [ ] は応力状態 2 に対する荷重を表す。



表 7-1 (2/7) 荷重の組合せケース

(b) 荷重状態Ⅲ (異常+地震) 時 (1)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
Ⅲ	(異常+地震) 時 (1)	2-1	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-2	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-3	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-4	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-5	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-6	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-7	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-8	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-9	$DL + E_0 + P_{25} + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-10	$DL + E_0 + P_{25} + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-11	$DL + E_0 + P_{25} - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-12	$DL + E_0 + P_{25} - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-13	$DL + E_0 + P_{25} + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-14	$DL + E_0 + P_{25} + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-15	$DL + E_0 + P_{25} - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-16	$DL + E_0 + P_{25} - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-17	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-18	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-19	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-20	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-21	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-22	$DL + E_0 + P_{25} + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$
		2-23	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_{25}]$
		2-24	$DL + E_0 + P_{25} - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_{25}]$

注 : [ ] は応力状態 2 に対する荷重を表す。



表 7-1 (3/7) 荷重の組合せケース

(c) 荷重状態Ⅳ 地震時 (2)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
Ⅳ	地震時 (2)	3-1	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-2	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-3	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-4	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-5	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-6	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-7	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sN}$
		3-8	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-9	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-10	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		3-11	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-12	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		3-13	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-14	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		3-15	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-16	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$



表 7-1 (4/7) 荷重の組合せケース

(d) 荷重状態Ⅳ (異常+地震) 時 (2)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
Ⅳ	(異常+地震) 時 (2)	4-1	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-2	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-3	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-4	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-5	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-6	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-7	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-8	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-9	$DL + E_0 + P_{21} + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		4-10	$DL + E_0 + P_{21} + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		4-11	$DL + E_0 + P_{21} - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		4-12	$DL + E_0 + P_{21} - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		4-13	$DL + E_0 + P_{21} + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		4-14	$DL + E_0 + P_{21} + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		4-15	$DL + E_0 + P_{21} - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		4-16	$DL + E_0 + P_{21} - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		4-17	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-18	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-19	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-20	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-21	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-22	$DL + E_0 + P_{21} + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW}$
		4-23	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS}$
		4-24	$DL + E_0 + P_{21} - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW}$



表 7-1 (5/7) 荷重の組合せケース

(e) 荷重状態 V (異常+地震) 時(3)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時 (3)	5-1	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		5-2	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		5-3	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		5-4	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		5-5	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		5-6	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		5-7	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		5-8	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		5-9	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		5-10	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		5-11	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		5-12	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		5-13	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		5-14	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		5-15	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		5-16	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$



表 7-1 (6/7) 荷重の組合せケース

(f) 荷重状態 V (異常+地震) 時 (4)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時 (4)	6-1	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		6-2	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		6-3	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		6-4	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		6-5	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		6-6	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		6-7	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS}$
		6-8	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW}$
		6-9	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		6-10	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		6-11	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		6-12	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		6-13	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		6-14	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$
		6-15	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS}$
		6-16	$DL + E_0 + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW}$



表 7-1 (7/7) 荷重の組合せケース

(g) 荷重状態 V (異常+地震) 時 (5)

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時 (5)	7-1	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		7-2	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		7-3	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		7-4	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		7-5	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		7-6	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		7-7	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		7-8	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		7-9	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		7-10	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		7-11	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		7-12	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		7-13	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		7-14	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		7-15	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		7-16	$DL + E_0 + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$



表 7-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの配筋一覧

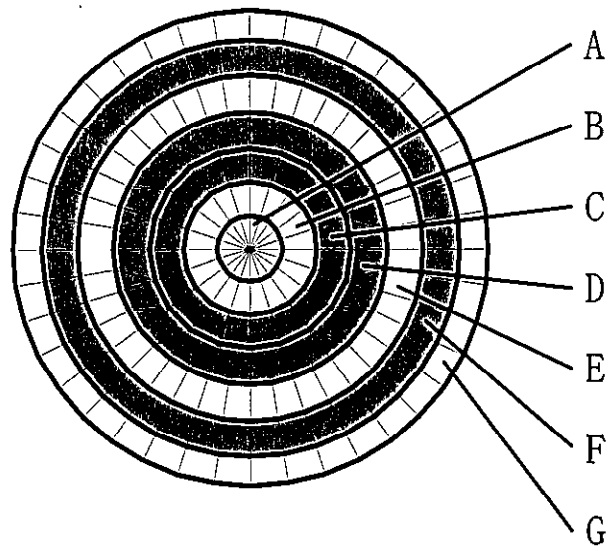
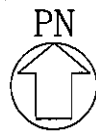
(a) 格子配筋

領域	方向	上端筋	下端筋	せん断補強筋
A	EW	3-D38@128	3-D38@128	—
	NS	3-D38@128	3-D38@128	—

(b)  $r - \theta$  方向配筋

領域	方向	上端筋	下端筋	せん断補強筋
B	半径	17-D38/45° (3 段)	17-D38/45° (3 段)	—
	円周	3-D38@200	3-D38@200	—
C	半径	34-D38/45° (3 段)	34-D38/45° (3 段)	D22@400
	円周	3-D38@200	3-D38@200	D22@400
D	半径	34-D38/45° (3 段)	34-D38/45° (3 段)	D22@400
	円周	3-D38@180	3-D38@180	D22@400
E	半径	34-D38/45° (3 段)	34-D38/45° (3 段)	—
	円周	3-D38@175	3-D38@175	—
F	半径	68-D38/45° (3 段)	68-D38/45° (3 段)	D22@400
	円周	3-D38@200	3-D38@200	D22@400
G	半径	68-D38/45° (4 段)	68-D38/45° (4 段)	—
	円周	4-D38@200	4-D38@200	—






注 :  はせん断補強筋を考慮する領域を示す。

図 7-1 原子炉格納容器底部コンクリートマットの配筋領域図



表 7-3 (1/3) 各評価項目の検定値一覧

(a) 荷重状態Ⅲ 地震時 (1)

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート	半径	21	1-22	0.218
	鉄筋	円周	21	1-22	0.398
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	40	1-22	0.712

注 :      は、検定値が最大となる要素を示す。

(b) 荷重状態Ⅲ (異常＋地震) 時 (1)

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート	半径	60	2-22	0.286
	鉄筋	円周	21	2-22	0.580
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	40	2-22	0.681

注 :      は、検定値が最大となる要素を示す。

(c) 荷重状態Ⅳ 地震時 (2)

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート	半径	40	3-6	0.111
	鉄筋	円周	40	3-4	0.129
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	40	3-6	0.953 (1.13)

注 :      は、検定値が最大となる要素を示す。

( ) 内は、応力平均化前の値を示す。



表 7-3 (2/3) 各評価項目の検定値一覧

(d) 荷重状態Ⅳ (異常+地震) 時 (2)

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート	半径	40	4-6	0.096
	鉄筋	半径	26	4-5	0.118
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	40	4-6	0.634

注 :      は、検定値が最大となる要素を示す。

(e) 荷重状態Ⅴ (異常+地震) 時 (3)

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート	半径	40	5-6	0.125
	鉄筋	円周	21	5-6	0.179
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	131	5-5	0.737

注 :      は、検定値が最大となる要素を示す。

(f) 荷重状態Ⅴ (異常+地震) 時 (4)

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート	半径	40	6-6	0.114
	鉄筋	円周	21	6-6	0.168
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	211	6-5	0.683

注 :      は、検定値が最大となる要素を示す。



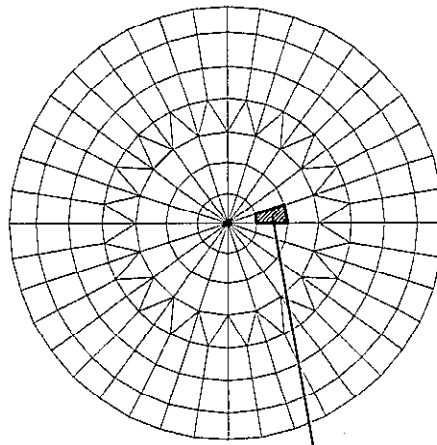
表 7-3 (3/3) 各評価項目の検定値一覧

(g) 荷重状態 V (異常+地震) 時 (5)

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート	半径	40	7-6	0.142
	鉄筋	円周	21	7-6	0.163
面外せん断力	鉄筋コンクリート	半径	30	7-6	0.926 (1.10)

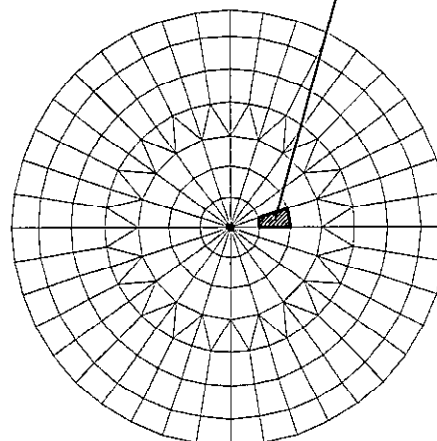
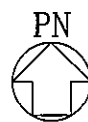
注 :   は, 検定値が最大となる要素を示す。  
( ) 内は, 応力平均化前の値を示す。





要素番号 : 21  
コンクリート圧縮応力度  
ケース : 1-22  
検定値 : 0.218

(a) 軸力+曲げモーメント (コンクリート)

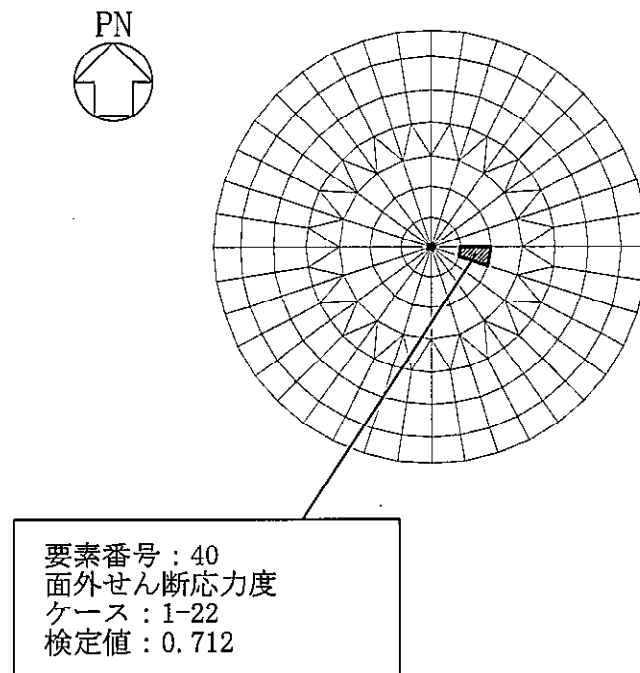


要素番号 : 21  
鉄筋引張応力度  
ケース : 1-22  
検定値 : 0.398

(b) 軸力+曲げモーメント (鉄筋)

図 7-2 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅲ・地震時(1))

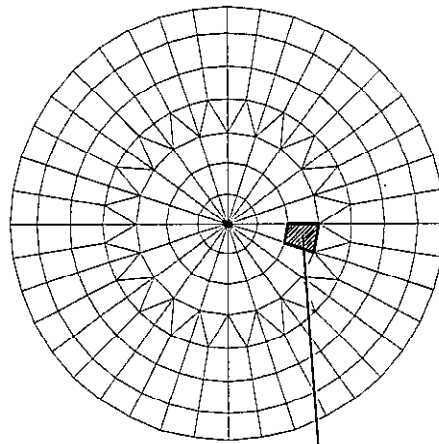
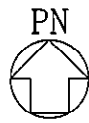




(c) 面外せん断力

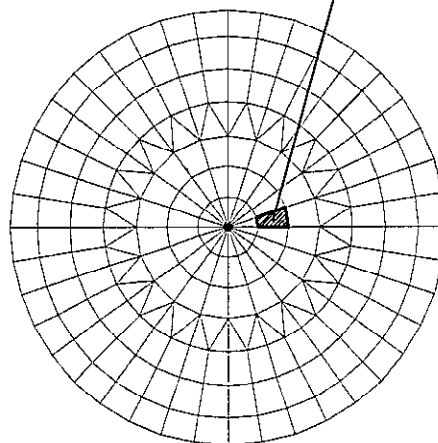
図 7-2 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅲ・地震時 (1))





要素番号：60  
コンクリート圧縮応力度  
ケース：2-22  
検定値：0.286

(a) 軸力+曲げモーメント（コンクリート）

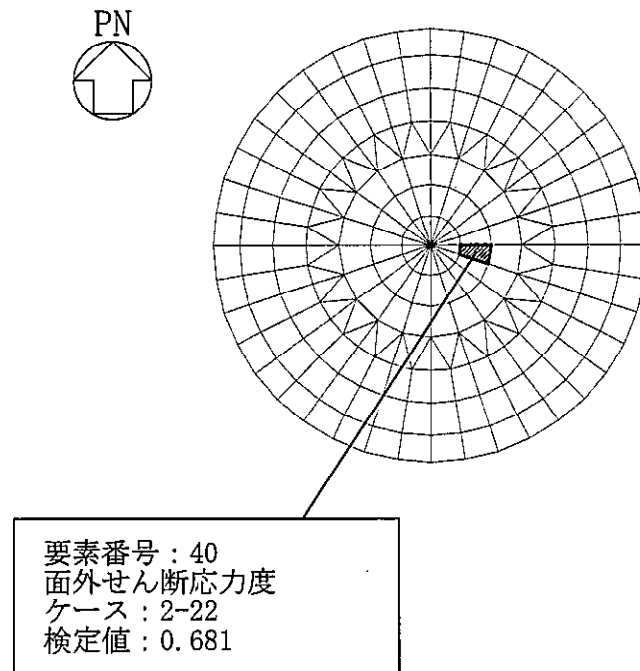


要素番号：21  
鉄筋引張応力度  
ケース：2-22  
検定値：0.580

(b) 軸力+曲げモーメント（鉄筋）

図 7-3 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時 (1))

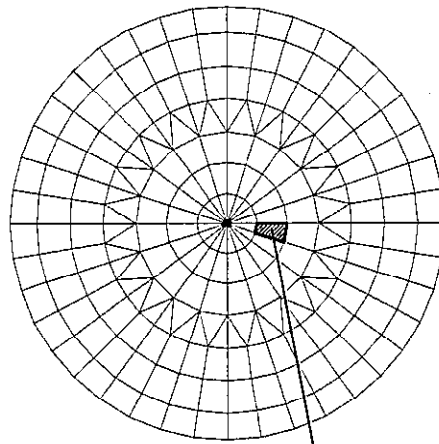
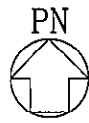




(c) 面外せん断力

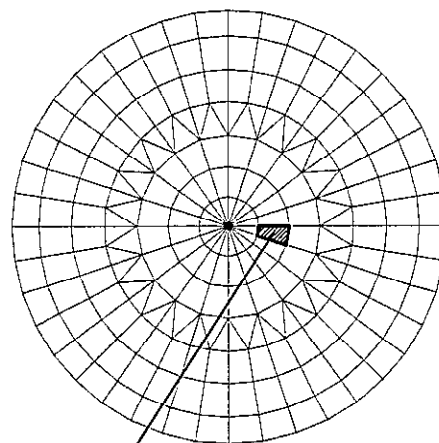
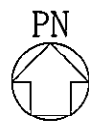
図 7-3 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1))





要素番号：40  
コンクリート圧縮ひずみ  
ケース：3-6  
検定値：0.111

(a) 軸力+曲げモーメント（コンクリート）

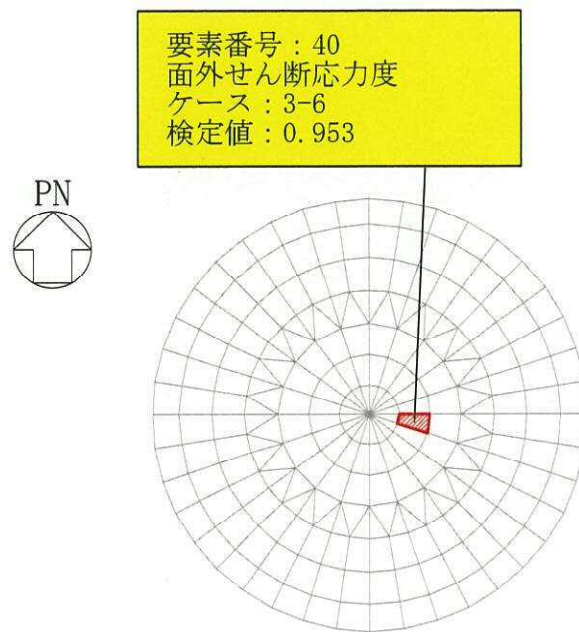


要素番号：40  
鉄筋引張ひずみ  
ケース：3-4  
検定値：0.129

(b) 軸力+曲げモーメント（鉄筋）

図 7-4 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅳ・地震時 (2))

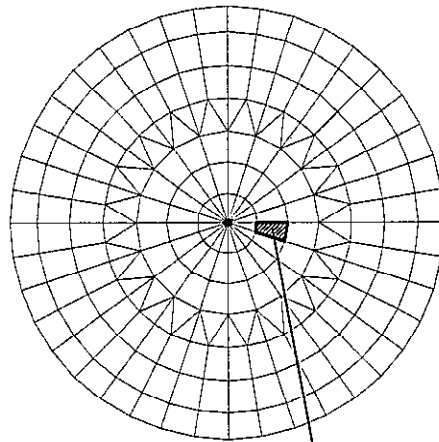
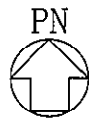




(c) 面外せん断力

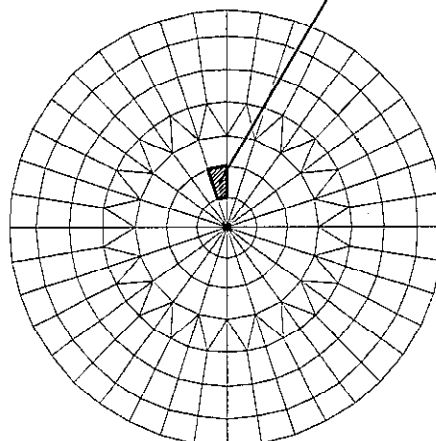
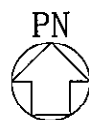
図 7-4 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅳ・地震時 (2))





要素番号：40  
コンクリート圧縮ひずみ  
ケース：4-6  
検定値：0.096

(a) 軸力+曲げモーメント（コンクリート）

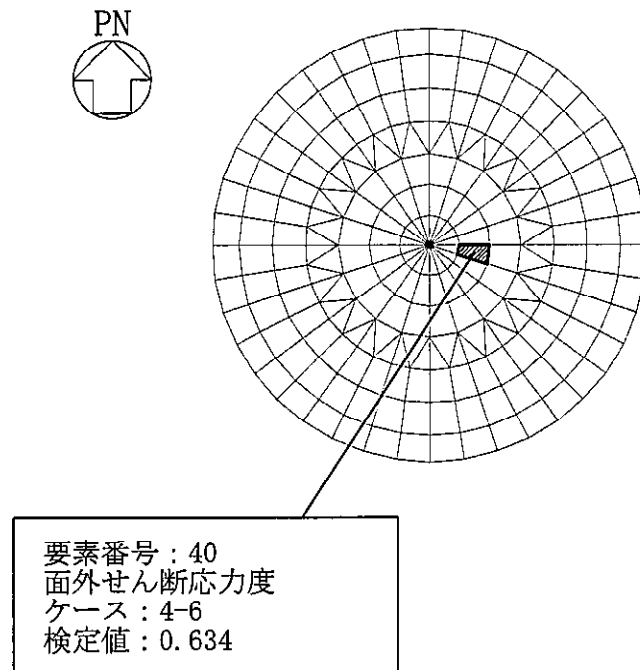


要素番号：26  
鉄筋引張ひずみ  
ケース：4-5  
検定値：0.118

(b) 軸力+曲げモーメント（鉄筋）

図 7-5 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅳ・(異常+地震)時(2))

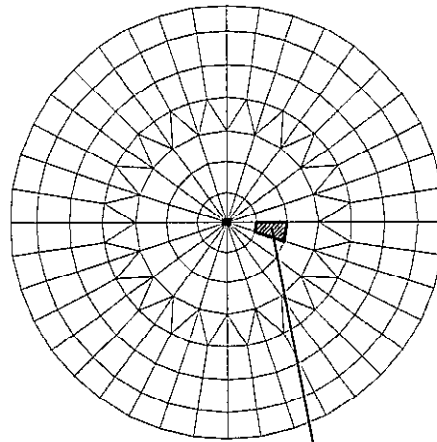
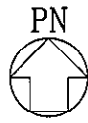




(c) 面外せん断力

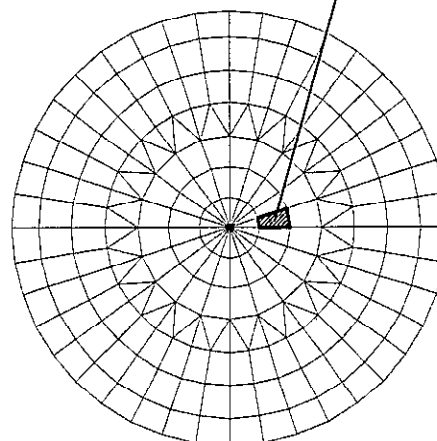
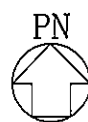
図 7-5 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅳ・(異常+地震)時(2))





要素番号：40  
コンクリート圧縮ひずみ  
ケース：5-6  
検定値：0.125

(a) 軸力+曲げモーメント（コンクリート）



要素番号：21  
鉄筋引張ひずみ  
ケース：5-6  
検定値：0.179

(b) 軸力+曲げモーメント（鉄筋）

図 7-6 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(3))



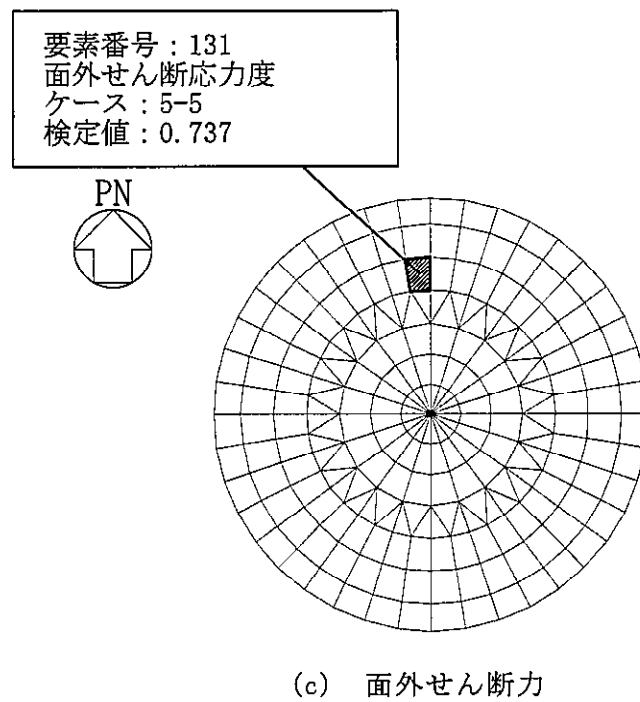
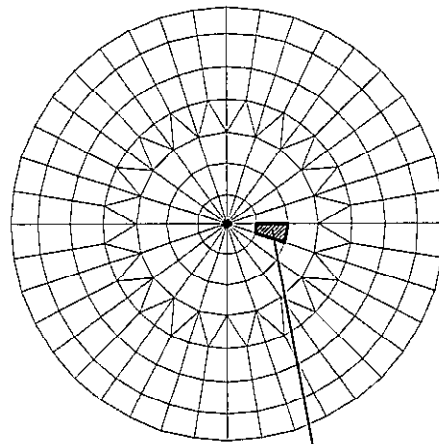
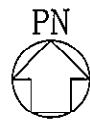


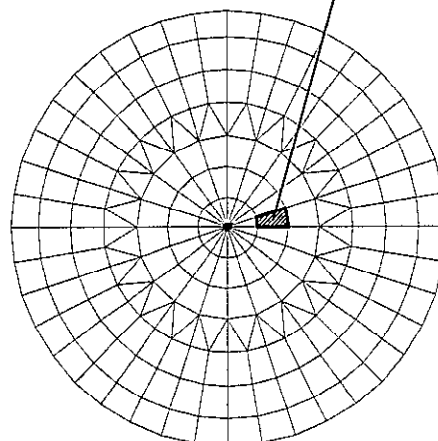
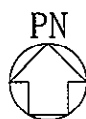
図 7-6 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
 (荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(3))





要素番号：40  
コンクリート圧縮ひずみ  
ケース：6-6  
検定値：0.114

(a) 軸力+曲げモーメント（コンクリート）

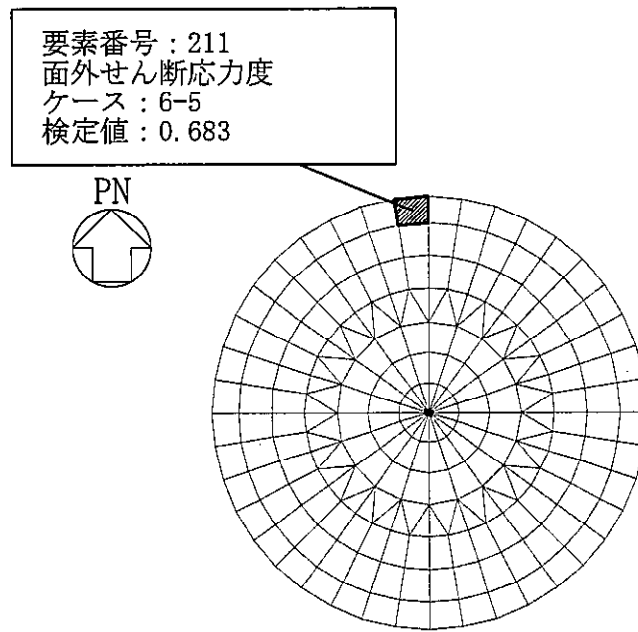


要素番号：21  
鉄筋引張ひずみ  
ケース：6-6  
検定値：0.168

(b) 軸力+曲げモーメント（鉄筋）

図 7-7 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(4))

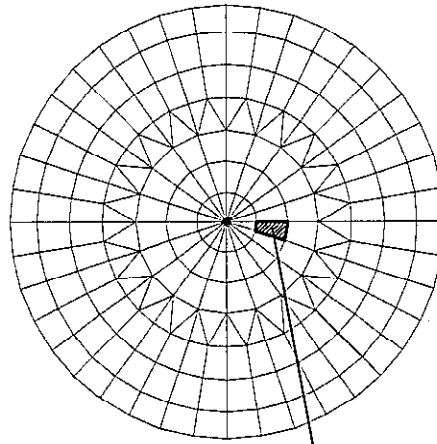
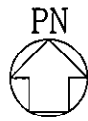




(c) 面外せん断力

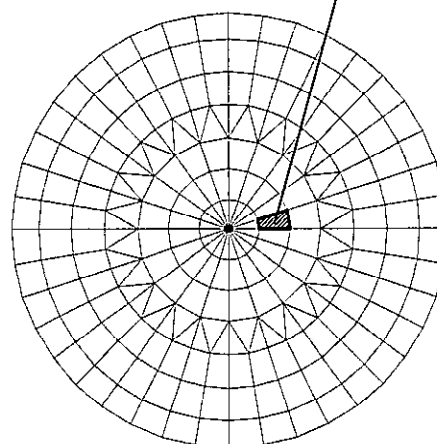
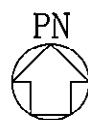
図 7-7 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(4))





要素番号：40  
コンクリート圧縮ひずみ  
ケース：7-6  
検定値：0.142

(a) 軸力+曲げモーメント（コンクリート）

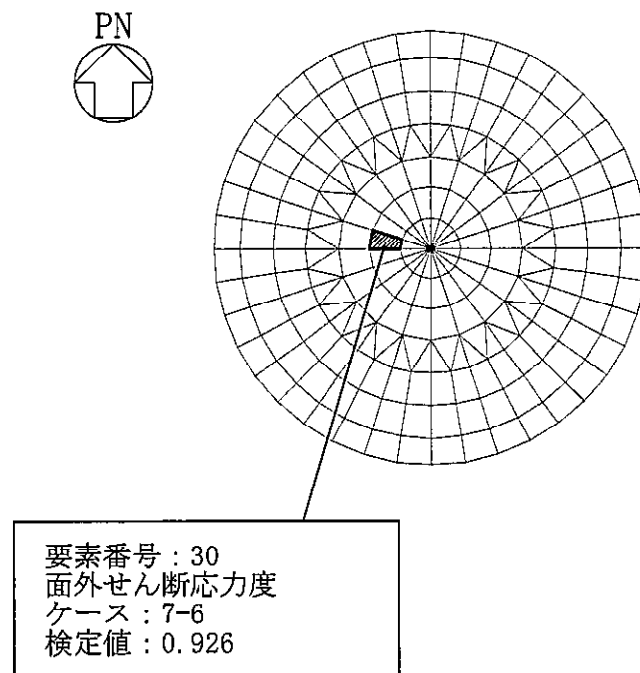


要素番号：21  
鉄筋引張ひずみ  
ケース：7-6  
検定値：0.163

(b) 軸力+曲げモーメント（鉄筋）

図 7-8 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(5))

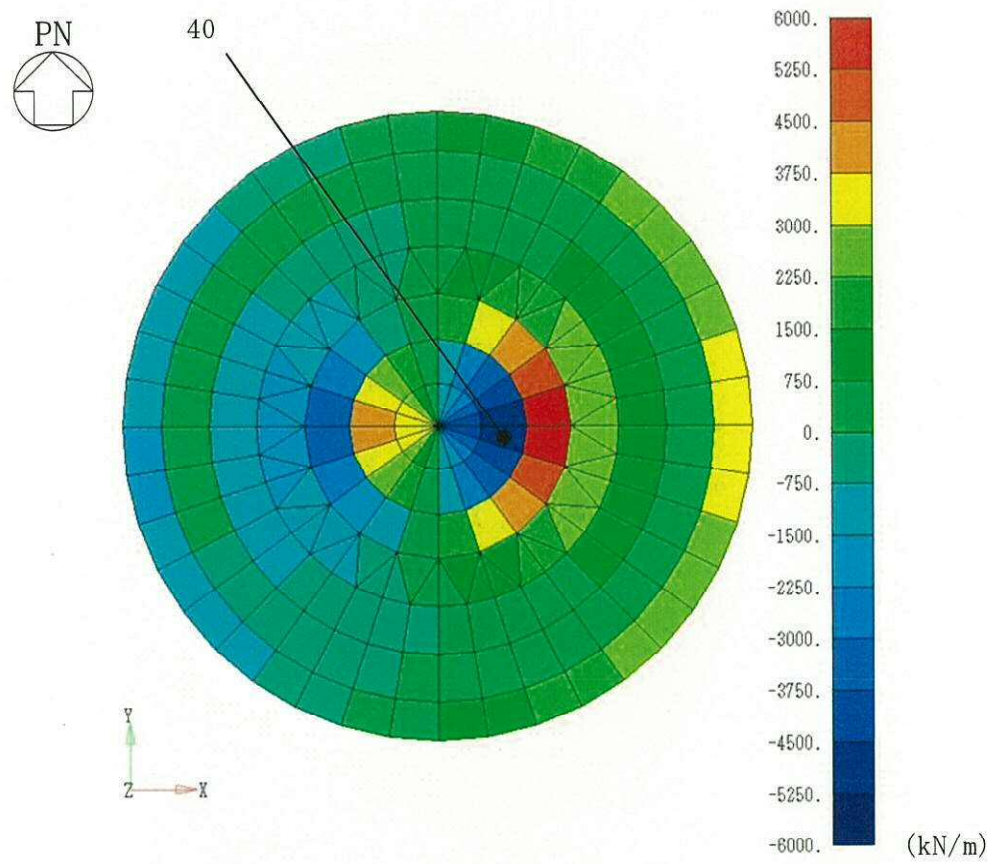




(c) 面外せん断力

図 7-8 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
(荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(5))





半径方向 面外せん断力 ケース No. 3-6

図 7-9 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター



#### 8. 原子炉建屋基礎盤の断面の評価部位の選定

原子炉建屋基礎盤の荷重の組合せケースを表 8-1 に、配筋領域図を図 8-1 に、配筋一覧を表 8-2 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 8-3、断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果（S<sub>d</sub>地震時）を図 8-2、断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果（S<sub>d</sub>地震時）を図 8-3、断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図 8-4 に示す。



表 8-1 (1/2) 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>d</sub> 地震時	1-1	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-2	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-3	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-4	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-5	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-6	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-7	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-8	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-9	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
	1-10	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
	1-11	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
	1-12	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
	1-13	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
	1-14	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
	1-15	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dNS} + [T_1]$
	1-16	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + 0.4E_{dEW} + [T_1]$
	1-17	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-18	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-19	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-20	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-21	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-22	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$
	1-23	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dNS} + [T_1]$
	1-24	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + 1.0E_{dEW} + [T_1]$

注 : [ ] は応力状態 2 に対する荷重を表す。



表 8-1 (2/2) 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	2-1	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
	2-2	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
	2-3	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
	2-4	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
	2-5	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
	2-6	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
	2-7	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sN}$
	2-8	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
	2-9	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
	2-10	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
	2-11	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
	2-12	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
	2-13	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
	2-14	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
	2-15	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
	2-16	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$



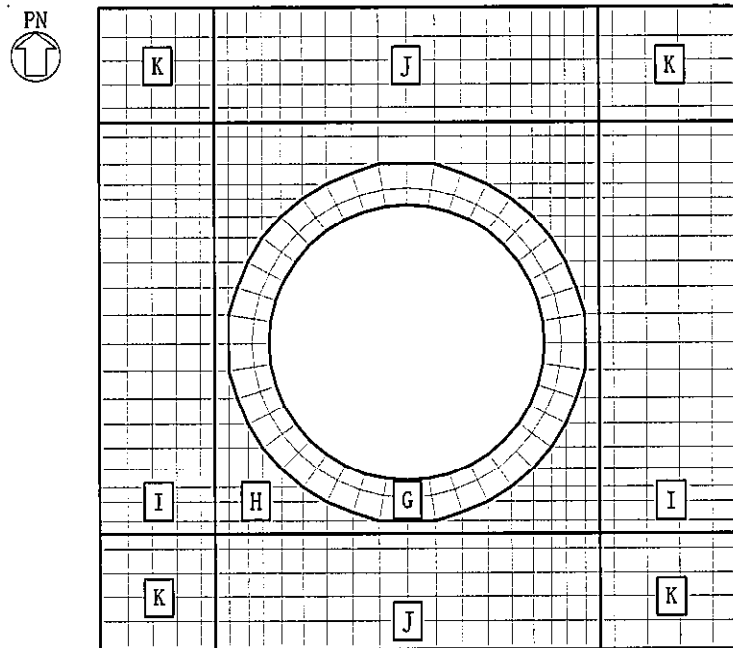


図 8-1 原子炉建屋基礎の配筋領域図



表 8-2 配筋一覽

(a) 格子配筋

領域	方向	上端筋	下端筋
H	EW	3-D38@200	3-D38@200
	NS	3-D38@200	3-D38@200
I	EW	D38@200+2-D38@400	D38@200+2-D38@400
	NS	3-D38@200	3-D38@200
J	EW	3-D38@200	3-D38@200
	NS	D38@200+2-D38@400	D38@200+2-D38@400
K	EW	D38@200+2-D38@400	D38@200+2-D38@400
	NS	D38@200+2-D38@400	D38@200+2-D38@400

(b)  $r - \theta$  方向配筋

領域	方向	上端筋	下端筋
G	半径	68-D38/45° (4 段)	68-D38/45° (4 段)
	円周	4-D38@200	4-D38@200



表 8-3 各評価項目の検定値一覧

(a)  $S_d$ 地震時

検討項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	半径	280	1-22	0.444
	鉄筋引張応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	NS	851	1-19	0.702
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	半径	280	1-22	0.514

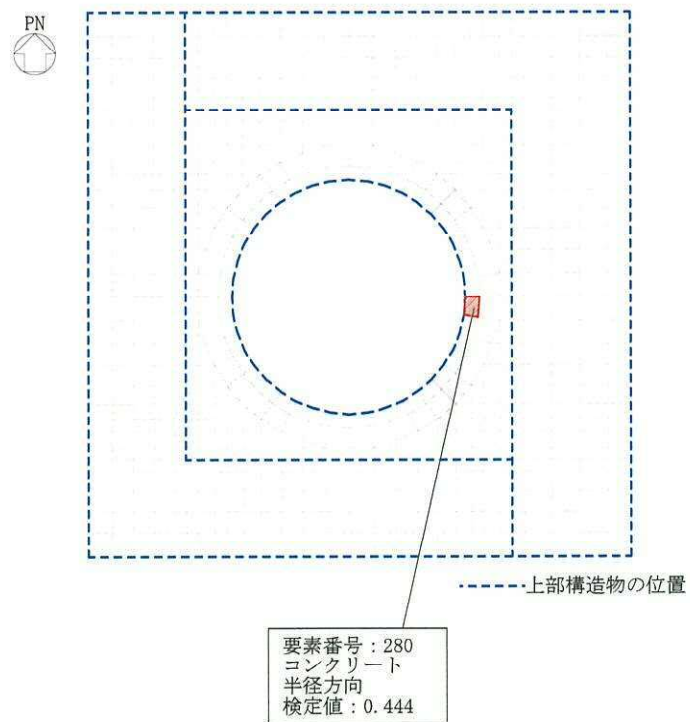
注：      は、検定値が最大となる要素を示す。

(b)  $S_s$ 地震時

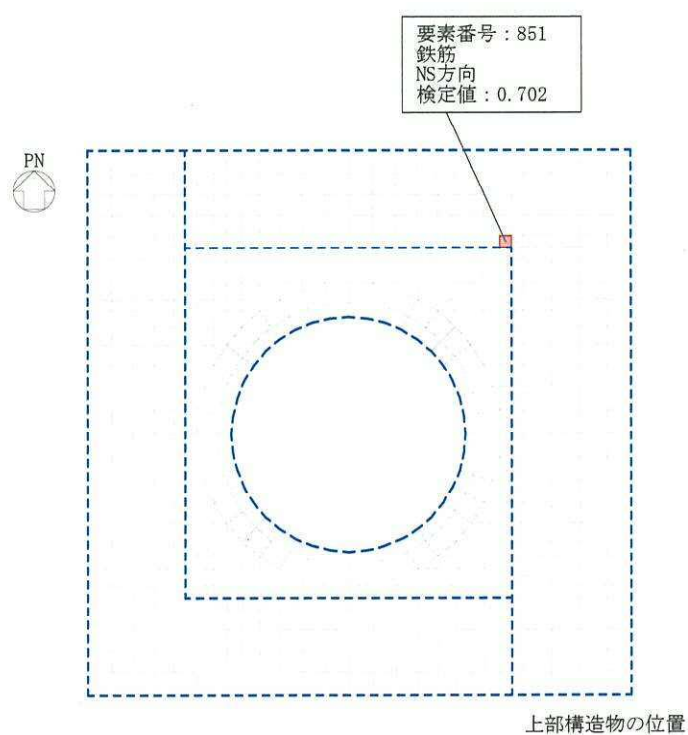
検討項目		方向	要素番号	組合せケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント	曲げモーメント ( $\times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ )	NS	851	2-7	0.894
		EW	626	2-6	0.717
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	NS	851	2-1	0.731
		EW	465	2-4	0.868

注：      は、検定値が最大となる要素を示す。





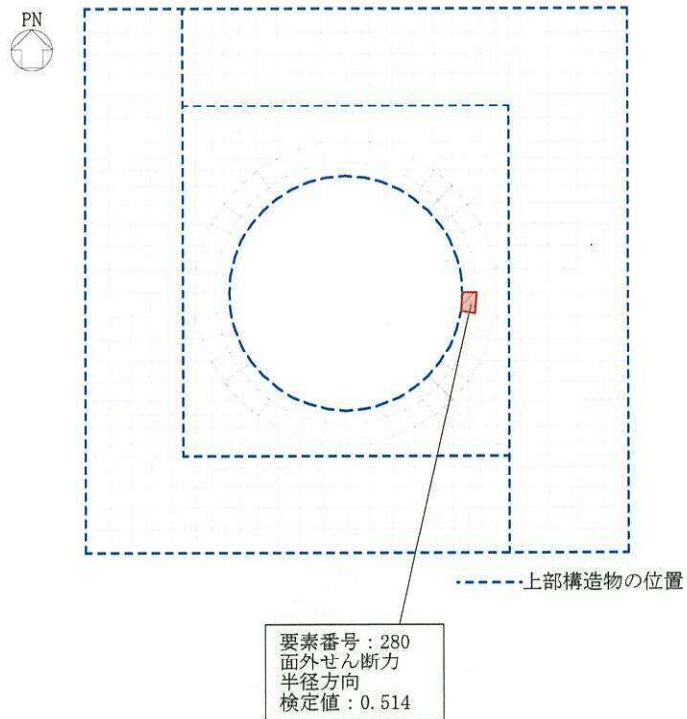
(a) 軸力+曲げモーメント (コンクリート)



(b) 軸力+曲げモーメント (鉄筋)

図 8-2 (1/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時)

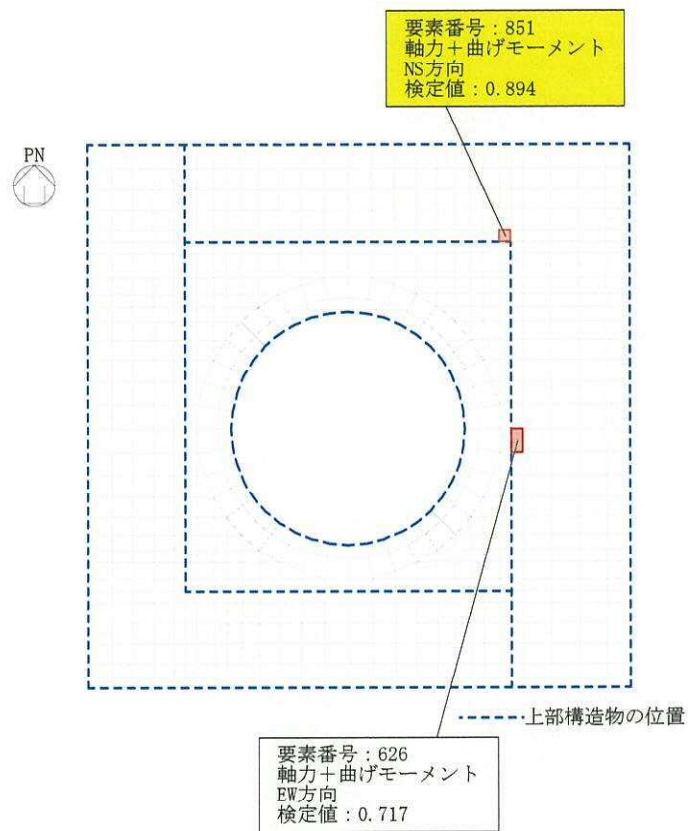




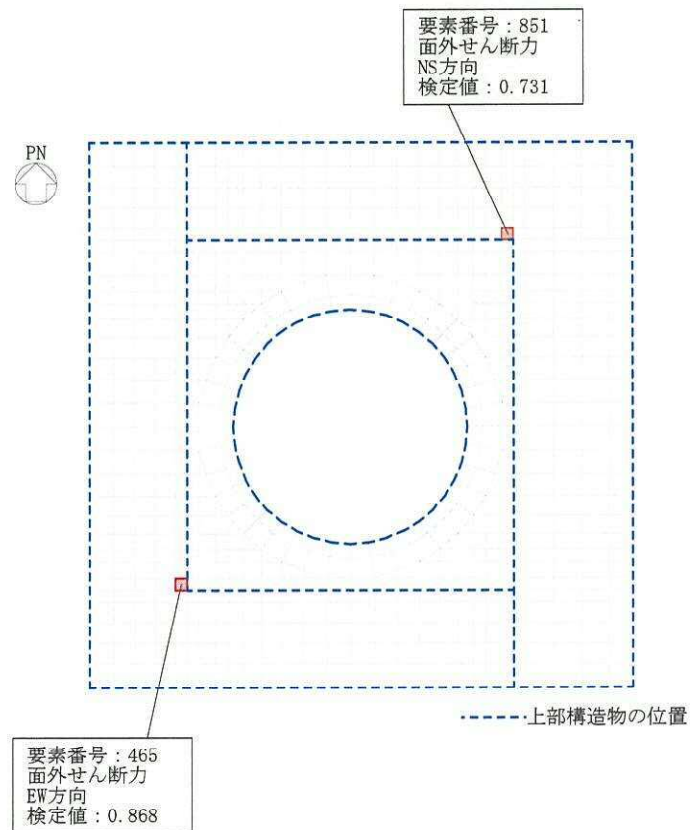
(c) 面外せん断力

図 8-2 (2/2) 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果  
( $S_d$ 地震時)





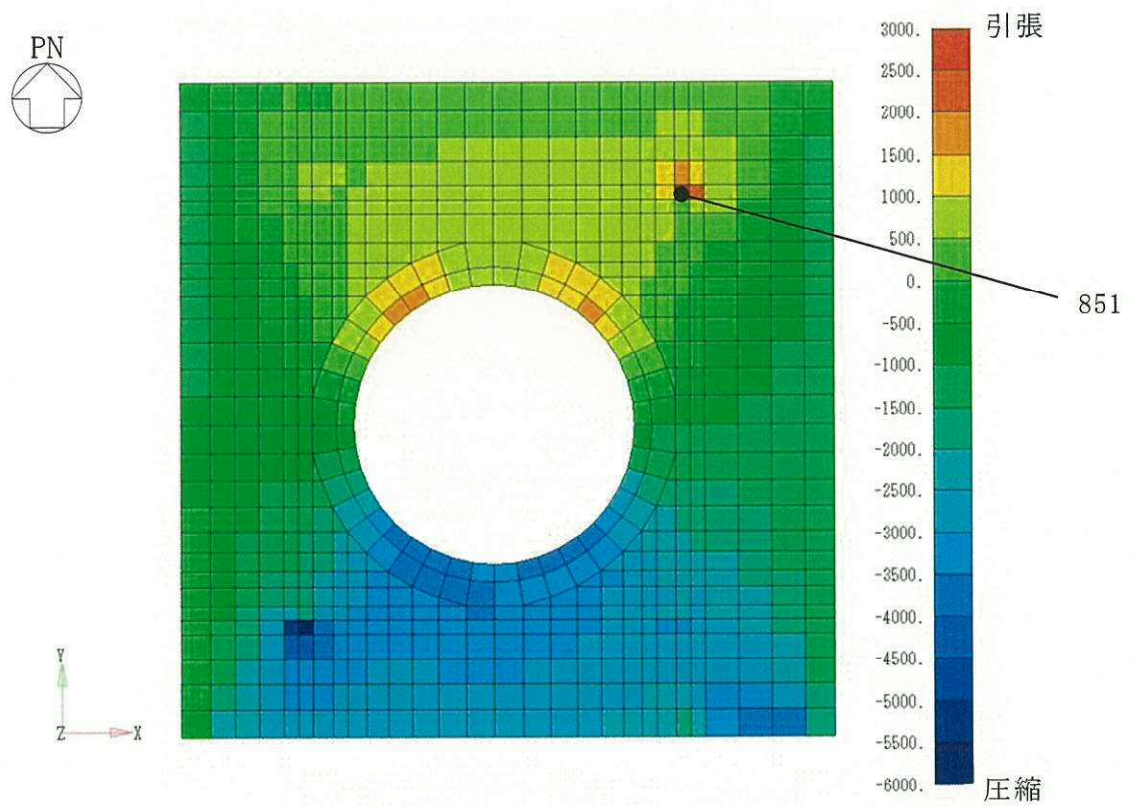
(a) 軸力+曲げモーメント



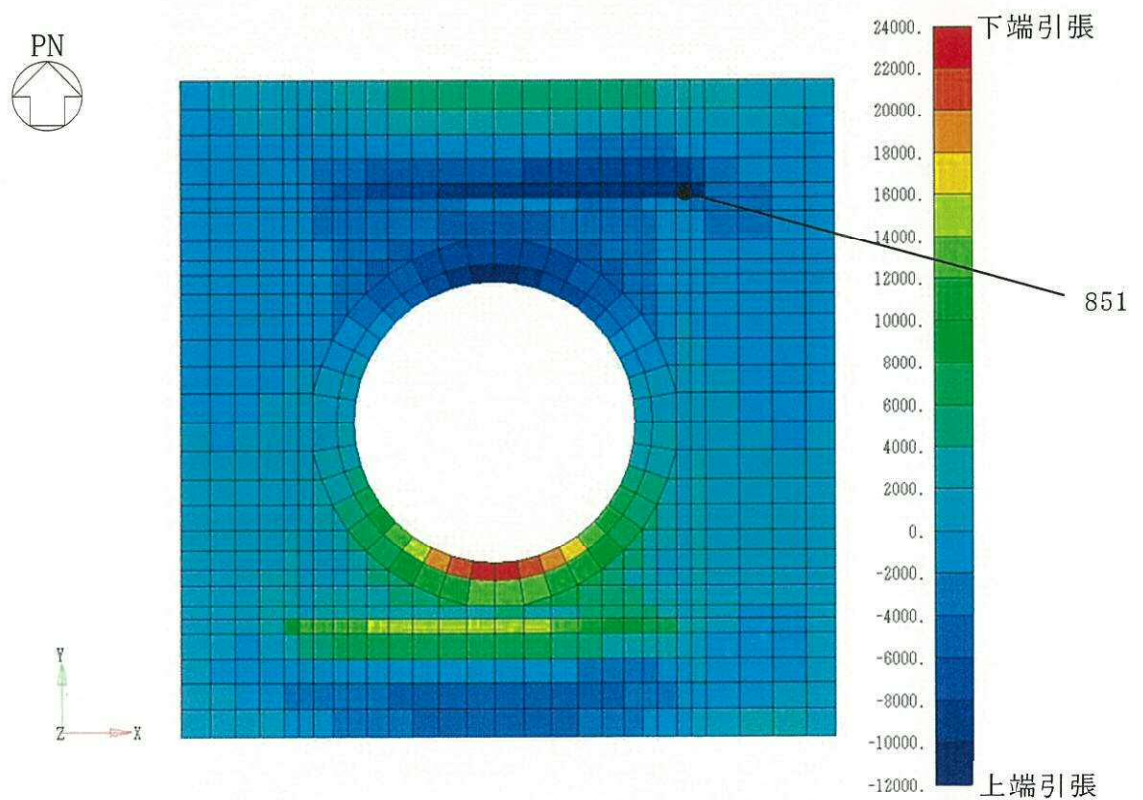
(b) 面外せん断力

図 8-3 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果 (S。地震時)





(a) NS 方向 軸力 ケース No. 2-7



(b) NS 方向 曲げモーメント ケース No. 2-7

図 8-4 断面算定部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図



#### 9. 原子炉建屋屋根トラスの部材の評価部位の選定

原子炉建屋屋根トラスの荷重の組合せケースを表 9-1 に、部材符号位置図を図 9-1 に、部材一覧を表 9-2 に示す。

各部材の検定値一覧を表 9-3、検定値が最大となるケースにおける、主トラス各構面の全部材の  $S_d$  地震動の検定値を図 9-2 に、 $S_s$  地震動の検定値を図 9-3 に示す。また、図中に各部材の最大検定値を赤枠で示す。



表 9-1 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>d</sub> 地震時	1-1* <sup>1</sup>	$G + SNL + S_{dWE} + S_{dDU}$
	1-2* <sup>1</sup>	$G + SNL + S_{dWE} - S_{dDU}$
	1-3* <sup>1</sup>	$G + SNL - S_{dWE} + S_{dDU}$
	1-4* <sup>1</sup>	$G + SNL - S_{dWE} - S_{dDU}$
	1-5* <sup>1</sup>	$G + SNL + S_{dSN} + S_{dDU}$
	1-6* <sup>1</sup>	$G + SNL + S_{dSN} - S_{dDU}$
	1-7* <sup>1</sup>	$G + SNL - S_{dSN} + S_{dDU}$
	1-8* <sup>1</sup>	$G + SNL - S_{dSN} - S_{dDU}$
	2-1* <sup>2</sup>	$G + SNL + S_{dWE} + S_{dSN} + S_{dDU}$
S <sub>s</sub> 地震時	3-1* <sup>3</sup>	$G + SNL + S_{sWE} + S_{sDU}$
	3-2* <sup>3</sup>	$G + SNL + S_{sWE} - S_{sDU}$
	3-3* <sup>3</sup>	$G + SNL - S_{sWE} + S_{sDU}$
	3-4* <sup>3</sup>	$G + SNL - S_{sWE} - S_{sDU}$
	3-5* <sup>3</sup>	$G + SNL + S_{sSN} + S_{sDU}$
	3-6* <sup>3</sup>	$G + SNL + S_{sSN} - S_{sDU}$
	3-7* <sup>3</sup>	$G + SNL - S_{sSN} + S_{sDU}$
	3-8* <sup>3</sup>	$G + SNL - S_{sSN} - S_{sDU}$
	4-1* <sup>4</sup>	$G + SNL + S_{sWE} + S_{sSN} + S_{sDU}$

注記 \*1: S<sub>d</sub>-D 1 及び S<sub>d</sub>-3 1 による地震荷重に適用する。

\*2: S<sub>d</sub>-1 1, S<sub>d</sub>-1 2, S<sub>d</sub>-1 3, S<sub>d</sub>-1 4, S<sub>d</sub>-2 1 及び S<sub>d</sub>-2 2 による地震荷重に適用する。

\*3: S<sub>s</sub>-D 1 及び S<sub>s</sub>-3 1 による地震荷重に適用する。

\*4: S<sub>s</sub>-1 1, S<sub>s</sub>-1 2, S<sub>s</sub>-1 3, S<sub>s</sub>-1 4, S<sub>s</sub>-2 1 及び S<sub>s</sub>-2 2 による地震荷重に適用する。



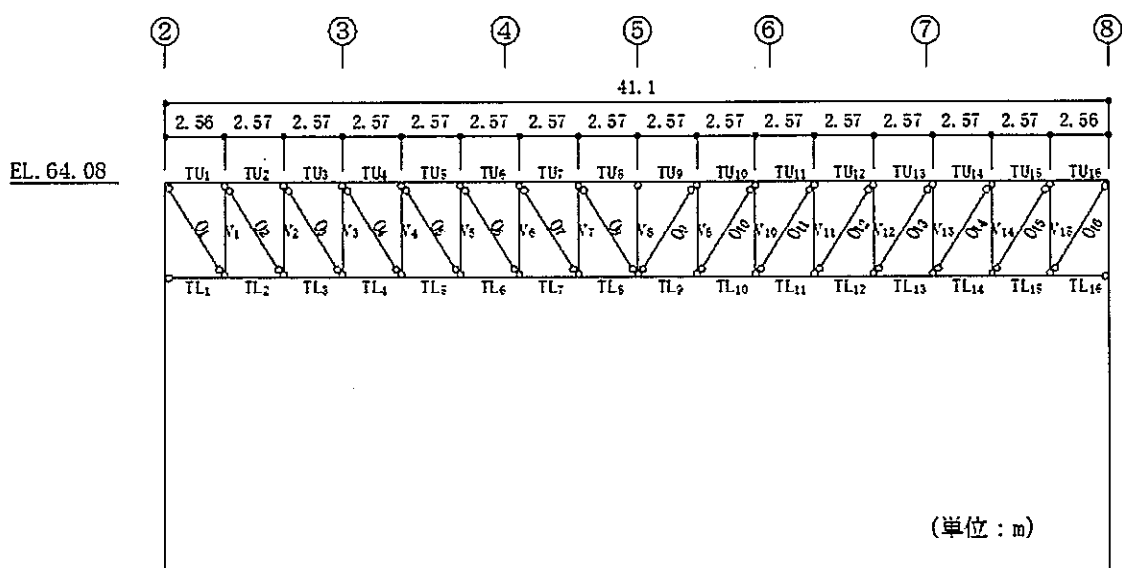


図 9-1 屋根トラス部材符号位置図

表 9-2 部材一覧

部位	符号	部材
上弦材	TU <sub>1</sub> ～TU <sub>16</sub>	H-400×400×13×21
下弦材	TL <sub>1</sub> ～TL <sub>16</sub>	H-400×400×13×21
斜材	O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub>	2Ls-200×200×15
	O <sub>3</sub> , O <sub>4</sub> , O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub>	2Ls-150×150×15
	O <sub>5</sub> ～O <sub>12</sub>	2Ls-150×100×12
束材	V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>15</sub>	2Ls-200×200×15
	V <sub>3</sub> , V <sub>4</sub> , V <sub>12</sub> , V <sub>13</sub>	2Ls-150×150×15
	V <sub>5</sub> ～V <sub>11</sub>	2Ls-150×100×12



表 9-3 各部材の検定値一覧

(a)  $S_d$ 地震時

部 材		検定値	位 置	組合せ ケース
上弦材	(曲げ圧縮)	0.44	$TU_9$ (M通り)	2-1 ( $S_d - 21$ )
下弦材	(曲げ引張)	0.71	$TL_9$ (M通り)	2-1 ( $S_d - 21$ )
斜材	(引張)	0.71	$O_{15}$ (M通り)	2-1 ( $S_d - 21$ )
束材	(圧縮)	0.88	$V_{13}$ (M通り)	2-1 ( $S_d - 21$ )

(b)  $S_s$ 地震時

部 材		検定値	位 置	組合せ ケース
上弦材	(曲げ圧縮)	0.61	$TU_9$ (M通り)	4-1 ( $S_s - 21$ )
下弦材	(曲げ引張)	0.95	$TL_9$ (M通り)	4-1 ( $S_s - 21$ )
斜材	(引張)	0.92	$O_{12}$ (N通り)	3-1 ( $S_s - D1$ )
束材	(圧縮)	0.97	$V_{13}$ (M通り)	4-1 ( $S_s - 21$ )



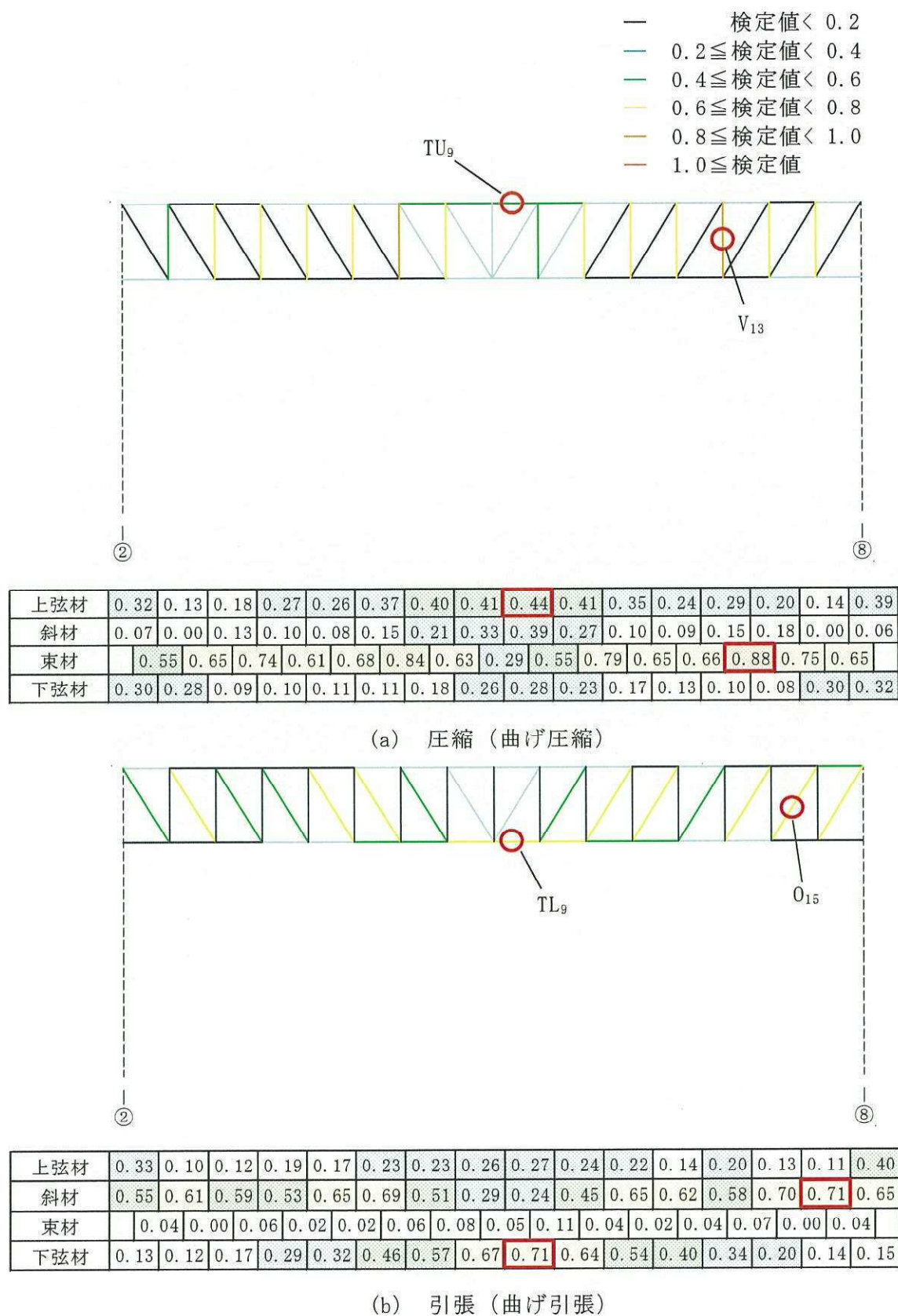
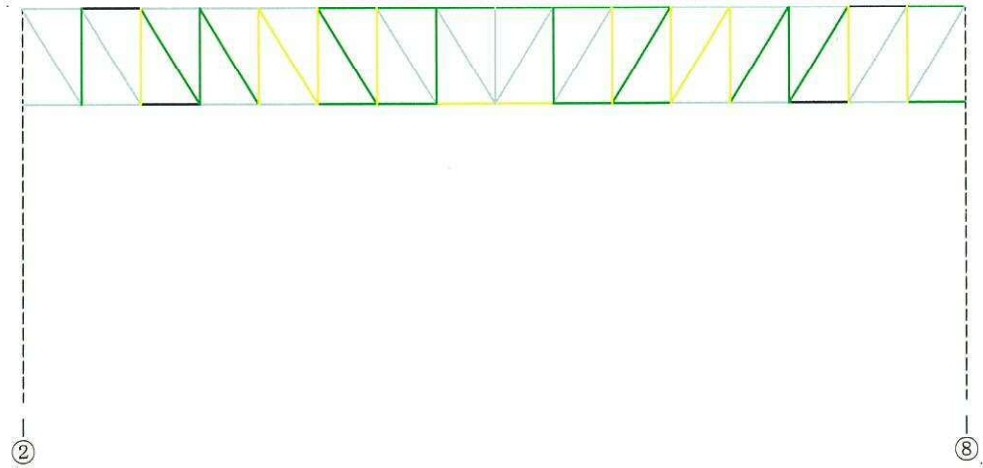


図 9-2 検定値が最大となるケースの主トラス検定値  
 (S<sub>d</sub>地震時：ケース 2-1, M 通り)

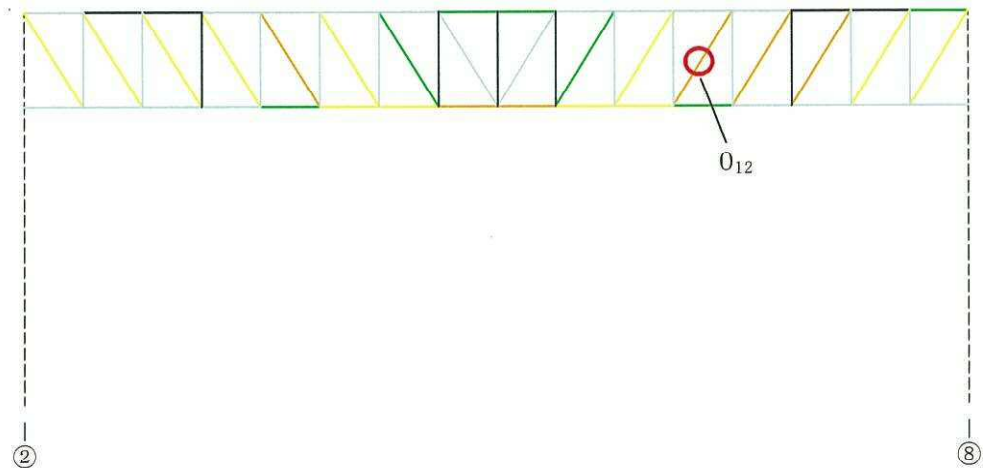


- 検定値 < 0.2  
 —  $0.2 \leq$  検定値 < 0.4  
 —  $0.4 \leq$  検定値 < 0.6  
 —  $0.6 \leq$  検定値 < 0.8  
 —  $0.8 \leq$  検定値 < 1.0  
 —  $1.0 \leq$  検定値



上弦材	0.39	0.14	0.24	0.39	0.32	0.42	0.50	0.56	0.53	0.50	0.45	0.33	0.39	0.25	0.14	0.43
斜材	0.37	0.35	0.57	0.49	0.66	0.58	0.34	0.33	0.33	0.33	0.55	0.65	0.46	0.52	0.31	0.34
束材		0.59	0.63	0.43	0.68	0.61	0.74	0.59	0.30	0.50	0.74	0.63	0.72	0.47	0.70	0.67
下弦材	0.39	0.28	0.14	0.21	0.36	0.44	0.53	0.65	0.64	0.51	0.43	0.35	0.22	0.16	0.32	0.44

(a) 圧縮 (曲げ圧縮)

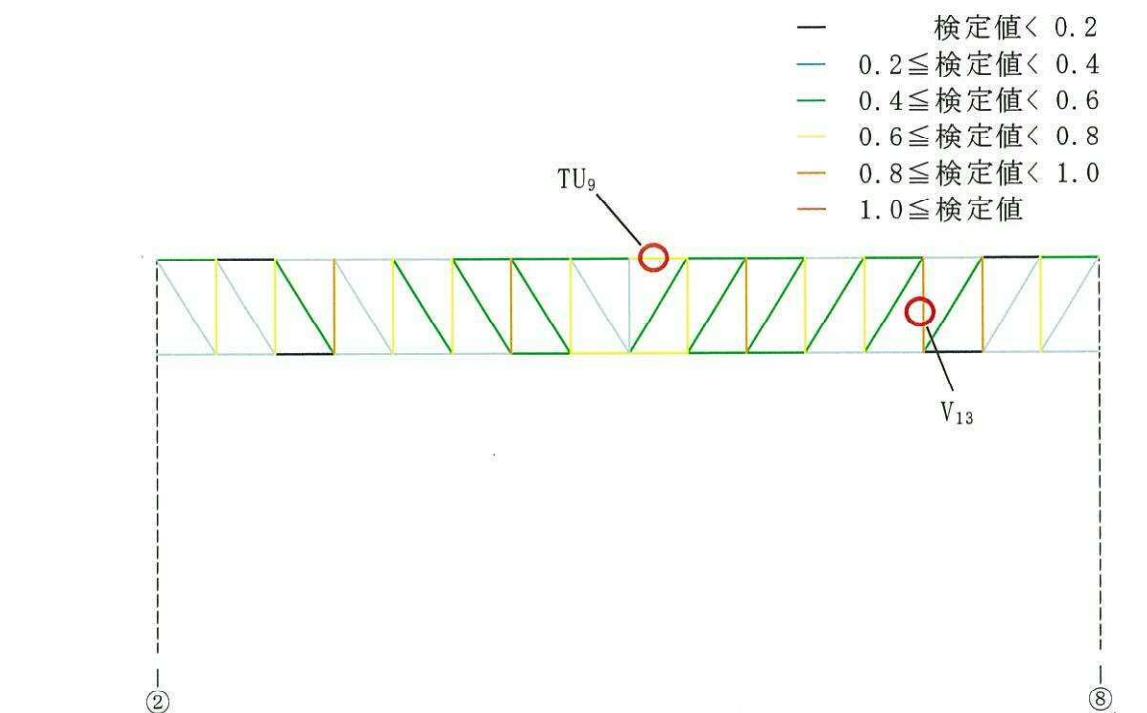


上弦材	0.39	0.11	0.19	0.31	0.24	0.35	0.39	0.43	0.42	0.39	0.35	0.24	0.28	0.18	0.12	0.44
斜材	0.64	0.66	0.78	0.75	0.89	0.73	0.56	0.29	0.28	0.47	0.74	0.92	0.80	0.85	0.74	0.73
束材		0.25	0.23	0.18	0.25	0.23	0.30	0.18	0.09	0.18	0.28	0.22	0.24	0.17	0.21	0.23
下弦材	0.26	0.20	0.22	0.35	0.51	0.63	0.75	0.89	0.90	0.78	0.67	0.56	0.37	0.22	0.21	0.29

(b) 引張 (曲げ引張)

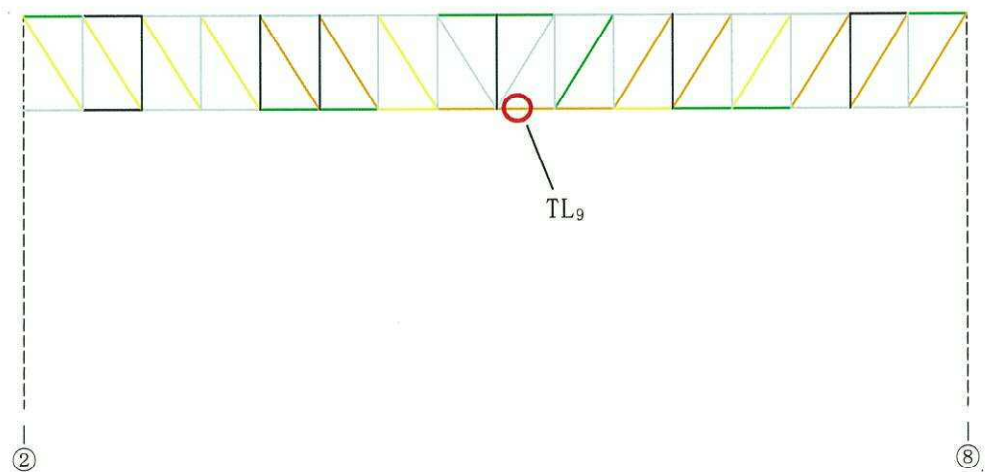
図 9-3 (1/2) 検定値が最大となるケースの主トラス検定値  
 (S<sub>s</sub>地震時：ケース 3-1, N 通り)





上弦材	0.41	0.16	0.27	0.39	0.37	0.50	0.55	0.59	0.61	0.57	0.49	0.33	0.42	0.29	0.17	0.50
斜材	0.31	0.25	0.48	0.37	0.48	0.49	0.44	0.36	0.45	0.49	0.43	0.50	0.45	0.50	0.23	0.29
束材		0.63	0.70	0.80	0.69	0.75	0.94	0.71	0.35	0.62	0.88	0.72	0.77	0.97	0.84	0.75
下弦材	0.35	0.30	0.16	0.24	0.30	0.38	0.47	0.62	0.66	0.54	0.43	0.32	0.23	0.17	0.35	0.39

(a) 圧縮 (曲げ圧縮)



上弦材	0.42	0.13	0.20	0.29	0.27	0.36	0.37	0.42	0.44	0.39	0.34	0.23	0.32	0.21	0.14	0.50
斜材	0.69	0.73	0.75	0.69	0.84	0.90	0.67	0.39	0.32	0.59	0.84	0.80	0.75	0.90	0.87	0.82
束材		0.21	0.17	0.26	0.18	0.17	0.25	0.23	0.13	0.25	0.23	0.18	0.21	0.27	0.16	0.20
下弦材	0.24	0.18	0.24	0.39	0.41	0.57	0.74	0.90	0.95	0.85	0.72	0.53	0.46	0.28	0.21	0.23

(b) 引張 (曲げ引張)

図 9-3 (2/2) 検定値が最大となるケースの主トラス検定値  
(S<sub>s</sub>地震時：ケース 4-1, M 通り)



## 補足-370-4 【地震荷重の入力方法】

※



## 目次

1. 概要	1
2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋（基礎スラブ）	2
3. 使用済燃料乾式貯蔵建屋（杭）	7
4. 緊急時対策所建屋	9
5. 主排気筒	18
6. 非常用ガス処理系配管支持架構	26
7. 格納容器圧力逃がし装置格納槽	28
8. 使用済燃料プール	36
9. 原子炉格納施設の基礎	42

別紙 原子炉建屋基礎盤の応力解析における荷重の入力方法について



## 1. 概要

本資料は、使用済燃料乾式貯蔵建屋、緊急時対策所建屋、主排気筒、非常用ガス処理系配管支持架構、格納容器圧力逃がし装置格納槽、使用済燃料プール、原子炉格納容器底部コンクリートマット及び原子炉建屋基礎盤に作用する地震荷重の入力方法について示すものである。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-15 主排気筒の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-17 非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」



## 2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋（基礎スラブ）

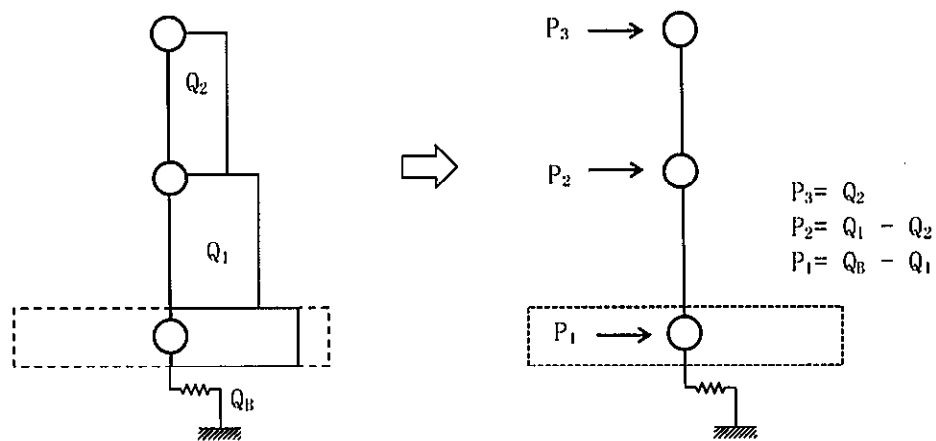
使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブの応力解析に当たって、FEMモデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力を考慮する。また、上部構造物の基礎への地震時反力を考慮する。なお、FEMモデルについては、評価対象である基礎に加え、基礎に作用する上部構造物からの地震時反力を適切に評価するため、建屋全体をモデル化している。

地震荷重の入力は、基準地震動 $S_0$ に対する地震応答解析結果を考慮し、FEMモデルの基礎底面ばね（地盤ばね反力＋減衰力）並びに基礎質点位置でせん断力、曲げモーメント及び軸力が地震応答解析結果と等価になるように設定する。

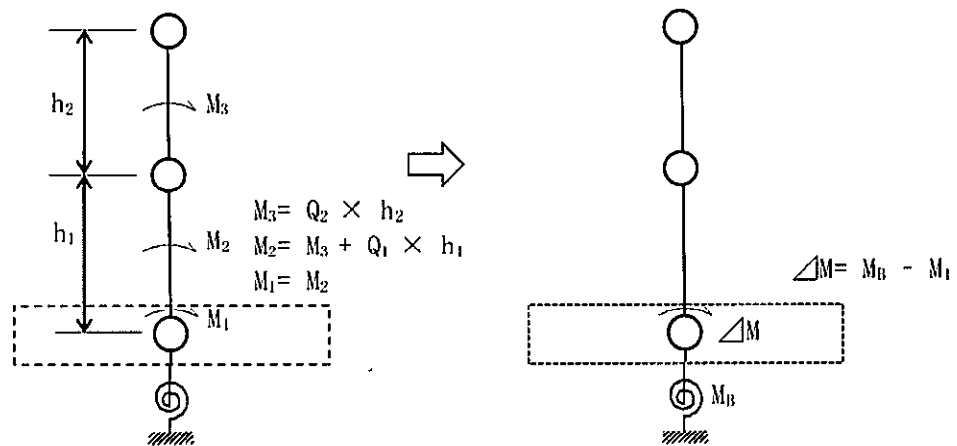
具体的には、最大応答せん断力及び最大応答軸力より算定した水平荷重及び鉛直荷重を、FEMモデルの上部構造物の各床レベルに対して、床の要素の面荷重または各節点の支配面積に応じて分配した節点荷重として入力する。このとき、水平荷重については、地震応答解析モデルの各節点に接続する上下部材に生じる最大応答せん断力及び最大応答水平地盤ばね反力（地盤ばね反力＋減衰力）の差分として、鉛直荷重については、地震応答解析モデルの各節点に接続する上下部材に生じる最大応答軸力及び地盤の最大応答鉛直地盤ばね反力（地盤ばね反力＋減衰力）の差分として設定する。最大応答地盤回転ばね反力（地盤ばね反力＋減衰力）により設定した基礎スラブ位置の検討用曲げモーメントの不足分は、補正モーメントとして、基礎スラブのシェル要素全体に三角形分布となるよう偶力置換した面荷重として与える。地震荷重の設定方法を図 2-1 に示す。

FEMモデルに作用させる水平力及び補正モーメントを図 2-2 及び図 2-3 に、FEMモデルに作用させる鉛直力を図 2-4 に示す。

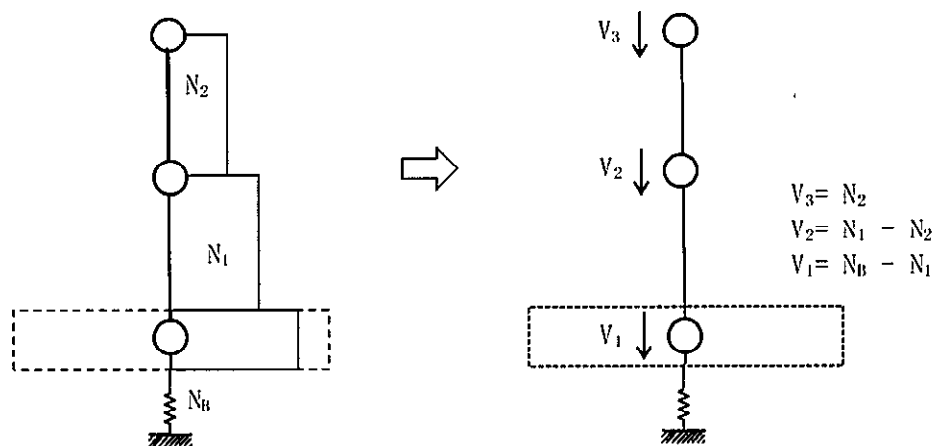




(a) 最大応答せん断力  $Q_n$  と水平荷重  $P_n$  の関係



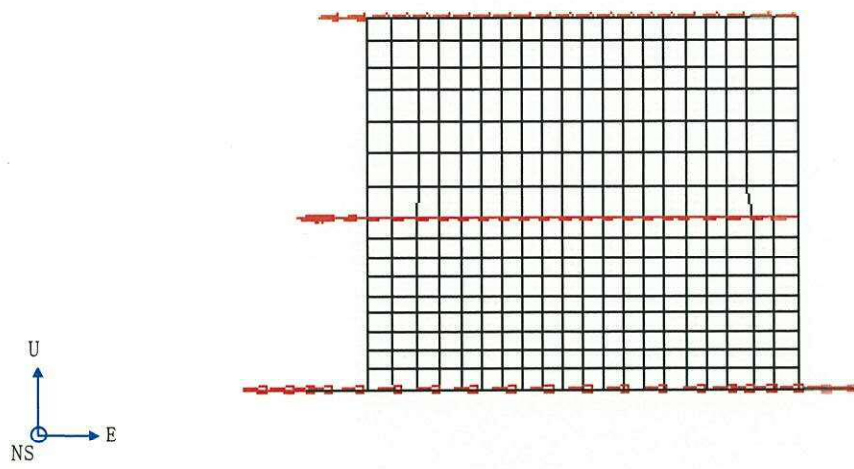
(b) 地盤の最大応答回転ばね反力  $M_B$  と基礎スラブの補正モーメント  $\Delta M$  の関係



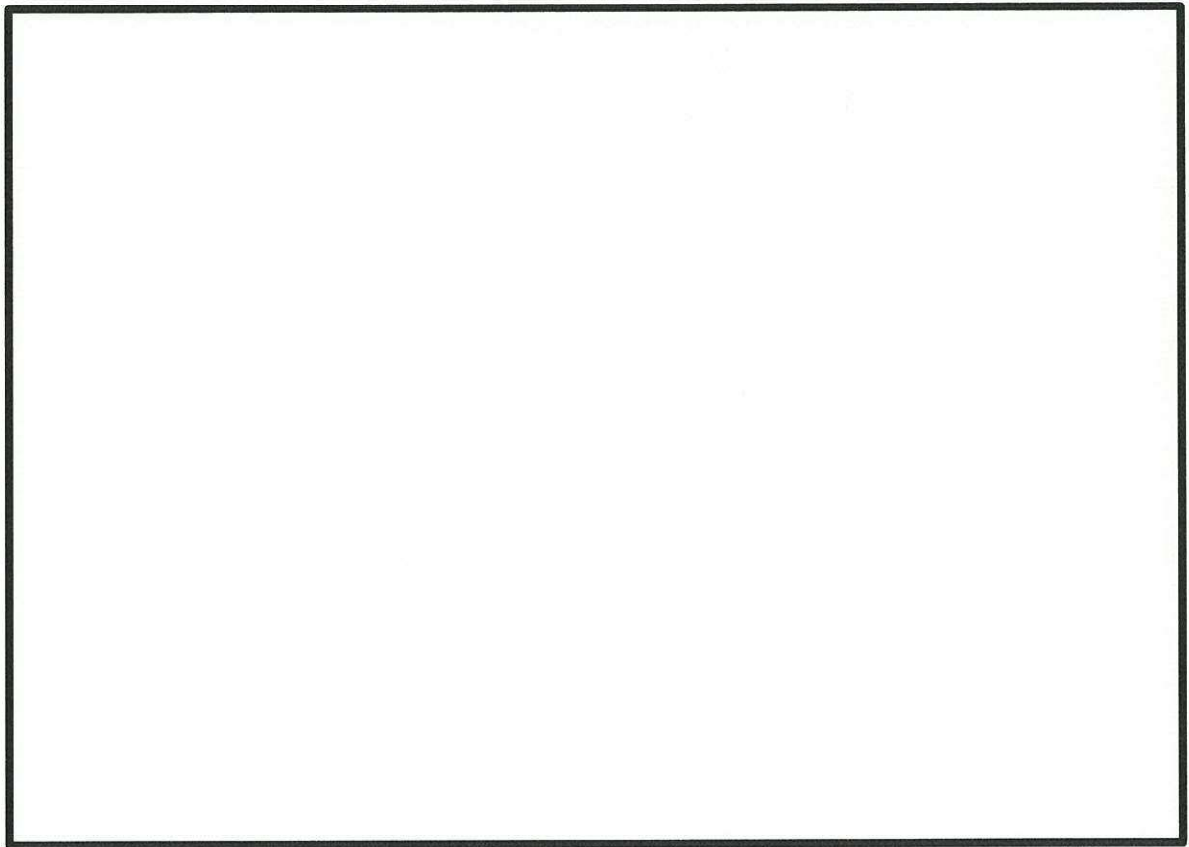
(c) 最大応答軸力  $N_n$  と鉛直荷重  $V_n$  の関係

図 2-1 地震荷重の設定方法





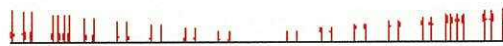
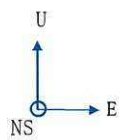
(a) 断面荷重図



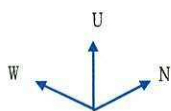
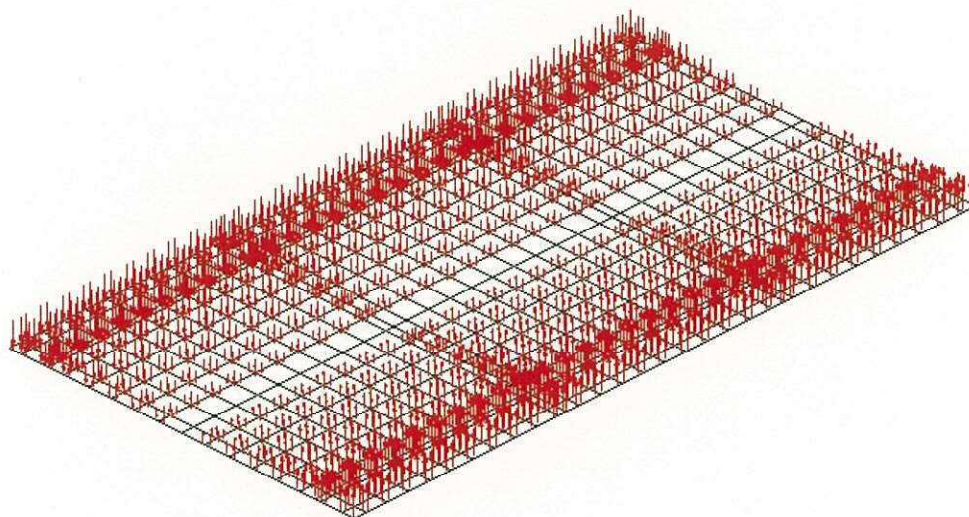
(b) 鳥瞰荷重図

図2-2 FEMモデルに作用させる水平力 (EW方向)





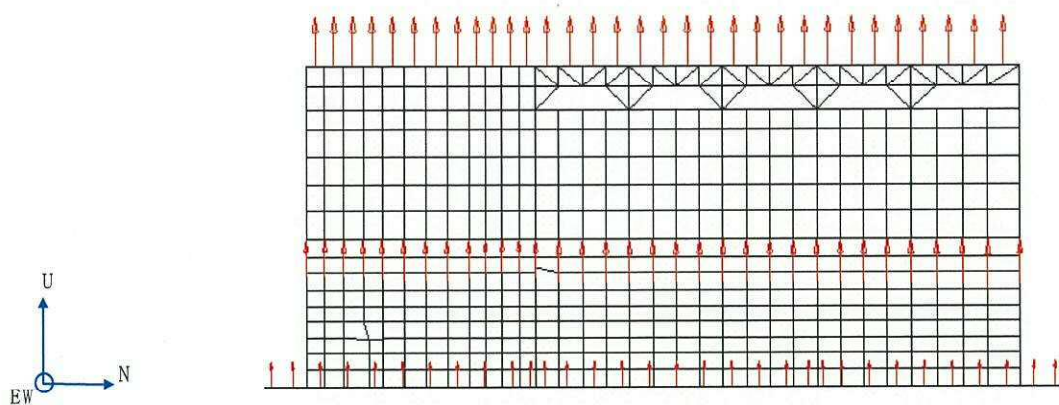
(a) 断面荷重図



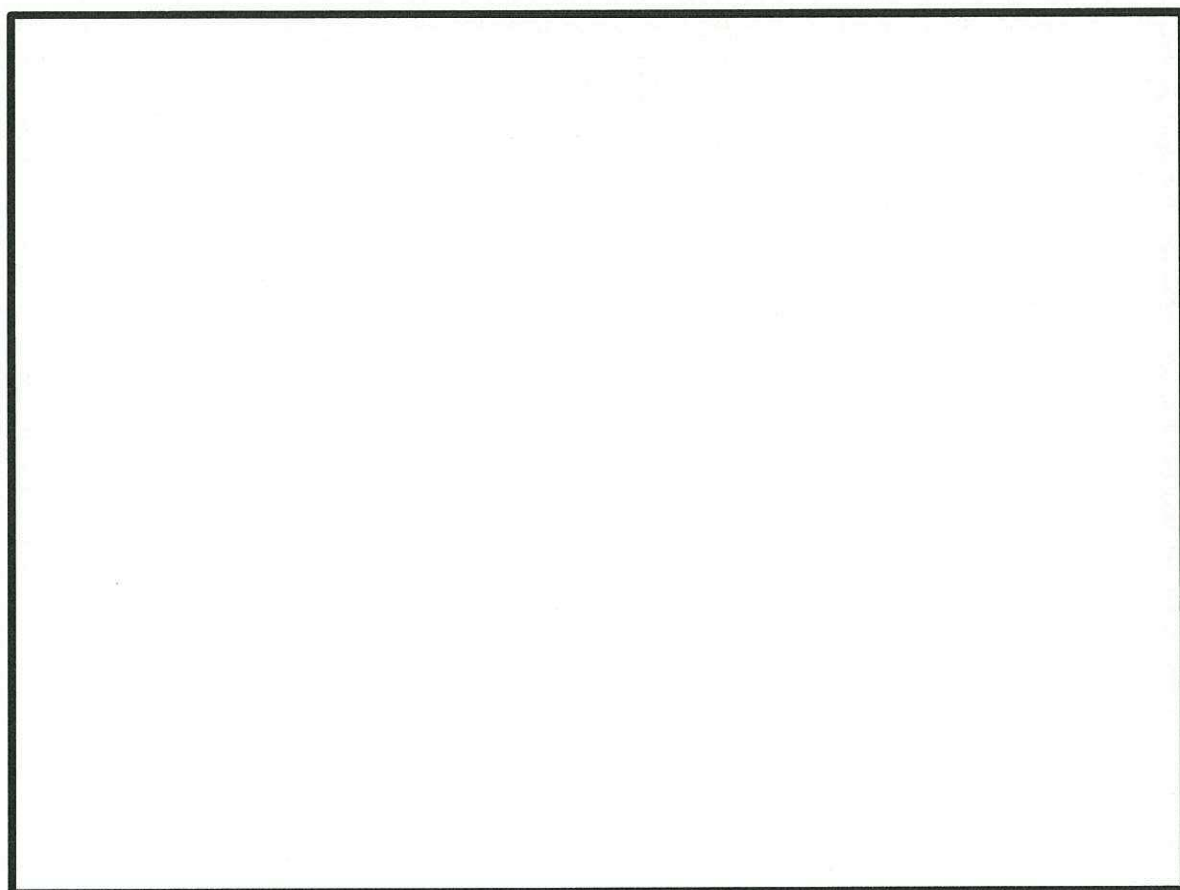
(b) 鳥瞰荷重図

図2-3 FEMモデルに作用させる基礎スラブの補正モーメント (EW方向)





(a) 断面荷重図



(b) 鳥瞰荷重図

図2-4 F E Mモデルに作用させる鉛直力



### 3. 使用済燃料乾式貯蔵建屋（杭）

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭の応力解析にあたっては、梁と地盤ばねによるモデルに  
入力する地震荷重として、建屋慣性力と地盤変位による地盤変位を考慮する。

建屋慣性力は、基準地震動  $S_e$  に対する水平方向の地震応答解析より得られる基礎底  
面の水平地盤ばね反力（地盤ばね反力＋減衰力）を杭本数で除した杭 1 本当たりの荷重  
を、杭頭位置に入力する。

地盤変位は、基準地震動  $S_e$  に対する水平方向の自由地盤応答解析より得られる杭先  
端位置に対する地盤の相対変位の最大値を強制変位として、水平地盤ばねの固定位置に  
入力する。

地震荷重の入力方法の概念図を図 3-1 に示す。



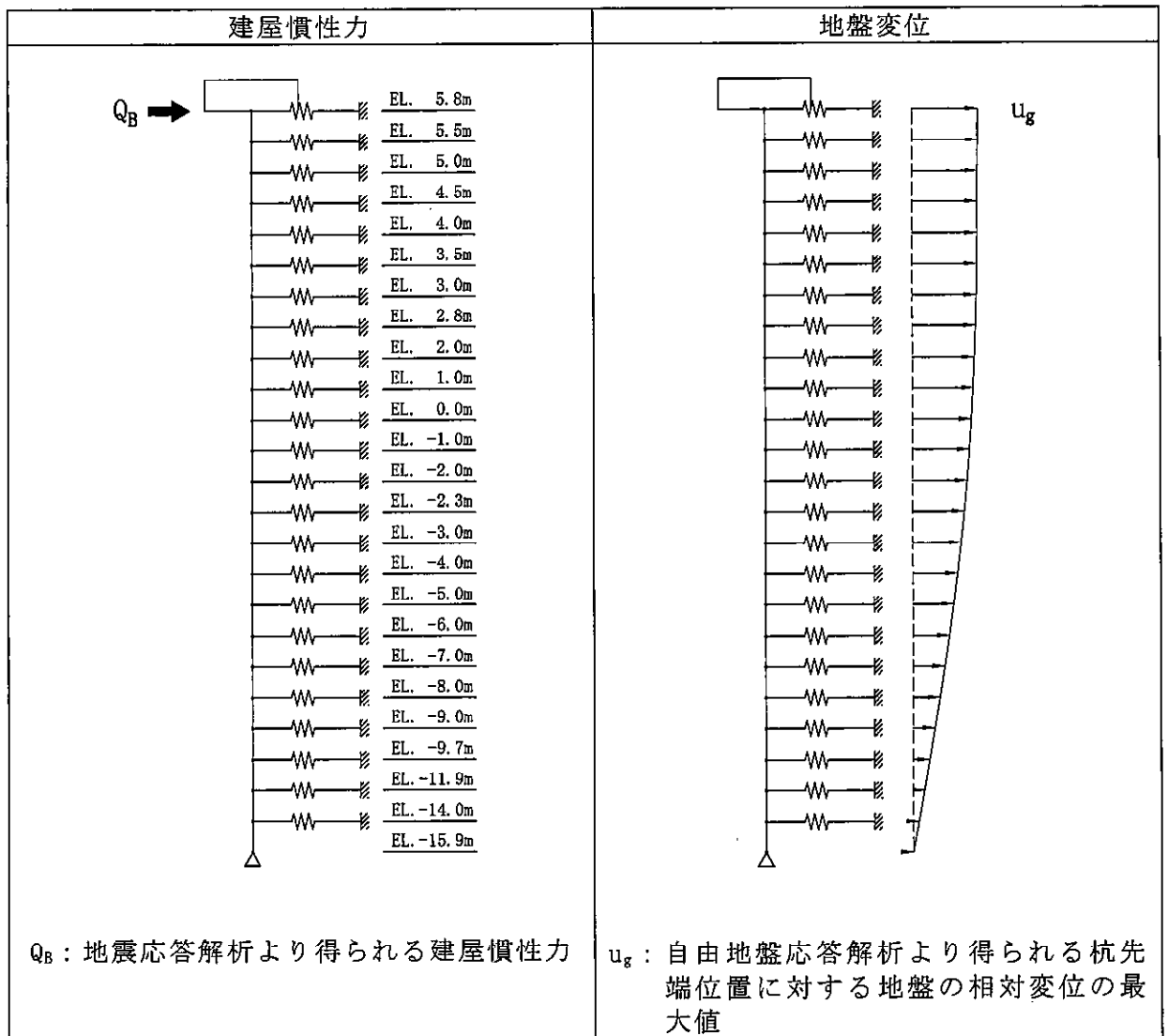


図3-1 杭の応力解析モデルに作用させる水平地震荷重（動的地震力）



## 4. 緊急時対策所建屋

### 4.1 緊急時対策所建屋（基礎スラブ）

緊急時対策所建屋の基礎スラブの応力解析に当たって、F E Mモデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力を考慮する。また、上部構造物の基礎への地震時反力を考慮する。

地震荷重の入力は、基準地震動 $S_a$ に対する地震応答解析結果を考慮し、F E Mモデルの基礎底面ばね（地盤ばね反力+減衰力）並びに基礎質点位置でせん断力、曲げモーメント及び軸力が地震応答解析結果と等価になるように設定する。

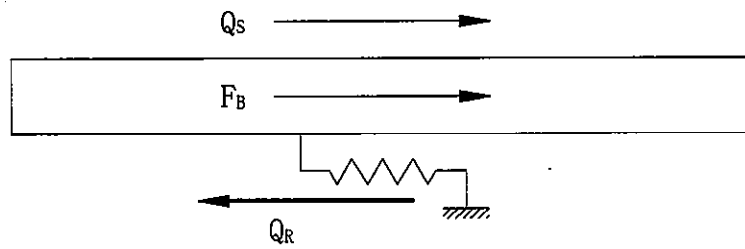
具体的には、水平荷重のうち、各上部構造物から作用する基礎への地震時反力は、F E Mモデルにおける各上部構造物脚部に対応する各節点に支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。基礎については、地震応答解析より求まる基礎底面地盤ばねのせん断力から、上部構造物から作用する水平力を差し引いた値をF E Mモデルの基礎の各節点に節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。

曲げモーメントのうち、各上部構造物から作用する基礎への地震時反力は、偶力に置換して水平荷重の入力位置と同じ箇所に節点荷重として入力する。基礎については、地震応答解析より求まる基礎底面地盤ばねの曲げモーメントから上部構造物から作用する曲げモーメントを差し引いた値をF E Mモデルの基礎の各節点に節点の支配面積と中心位置からの距離に応じて鉛直方向の偶力に置換して分配し、節点荷重として入力する。

鉛直荷重のうち、各上部構造物から作用する基礎への地震時反力は、F E Mモデルにおける各上部構造物脚部に対応する各節点に支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。基礎については、地震応答解析より求まる基礎底面地盤ばねの軸力から、上部構造物から作用する鉛直力を差し引いた値をF E Mモデルの基礎の各節点に節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。

地震荷重の入力方法の概念図を図 4-1～図 4-3 に示す。またF E Mモデルへの入力荷重の例を図 4-4～図 4-6 に示す。





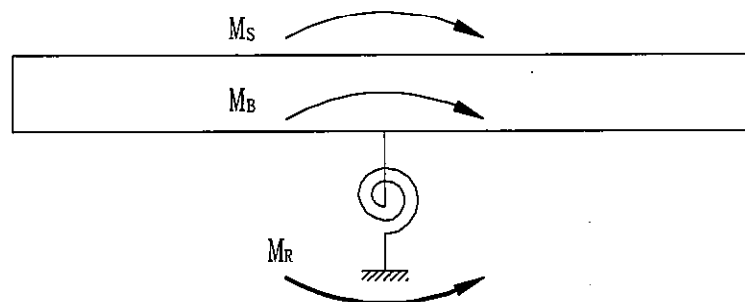
$Q_S$  : 地震応答解析より設定した上部構造物から基礎へ作用するせん断力

$F_B$  : 基礎に作用する水平荷重

$Q_R$  : 地震応答解析より設定した基礎底面に生じるせん断力

$$F_B = Q_R - Q_S$$

図 4-1 FEMモデルに作用させる水平荷重



$M_S$  : 地震応答解析より設定した上部構造物から基礎へ作用する曲げモーメント

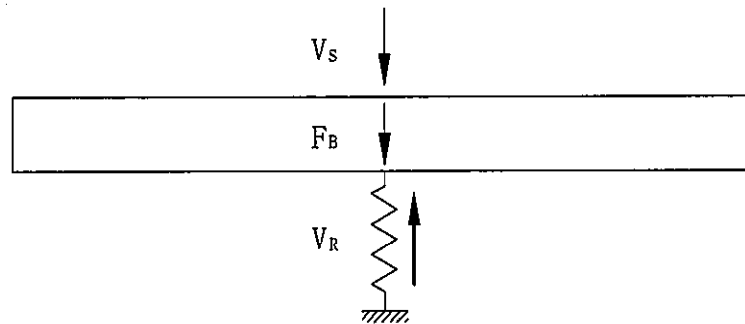
$M_B$  : 基礎に作用する曲げモーメント

$M_R$  : 地震応答解析より設定した基礎底面に生じる曲げモーメント

$$M_B = M_R - M_S$$

図 4-2 FEMモデルに作用させる曲げモーメント





$V_s$  : 地震応答解析より設定した上部構造物から基礎へ作用する軸力

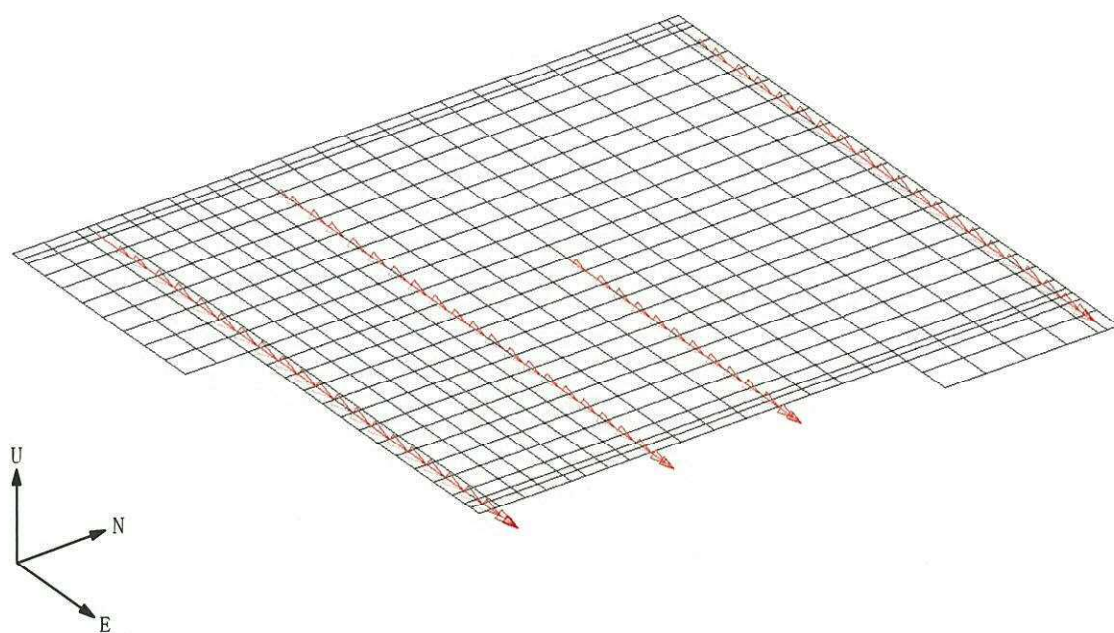
$F_B$  : 基礎に作用する鉛直荷重

$V_R$  : 地震応答解析より設定した基礎底面に生じる軸力

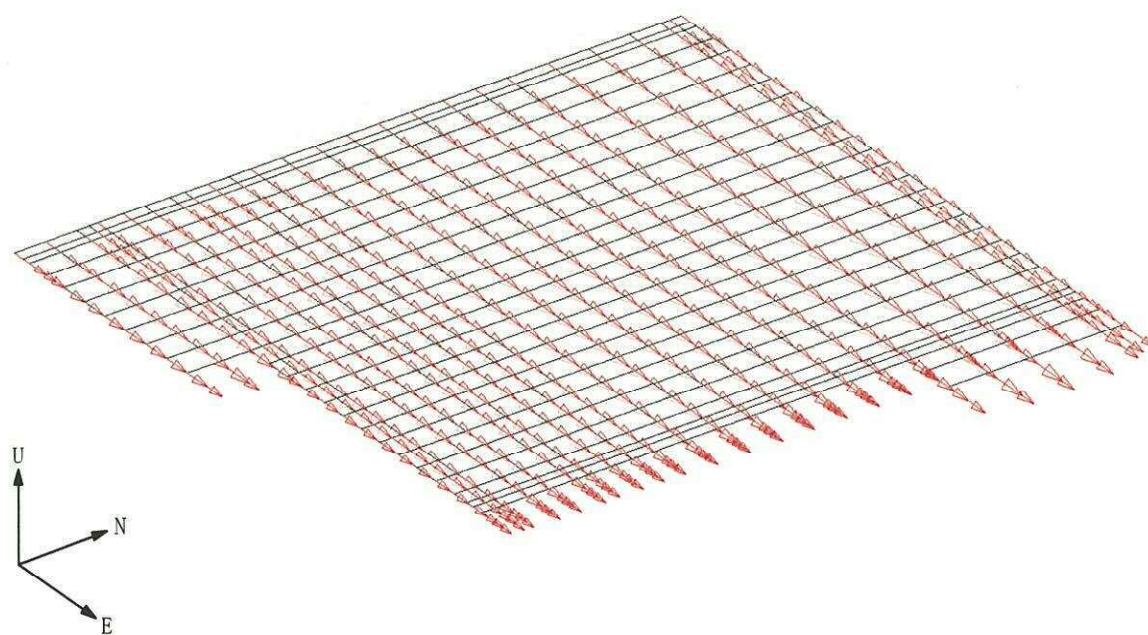
$$F_B = V_R - V_s$$

図 4-3 FEMモデルに作用させる鉛直荷重





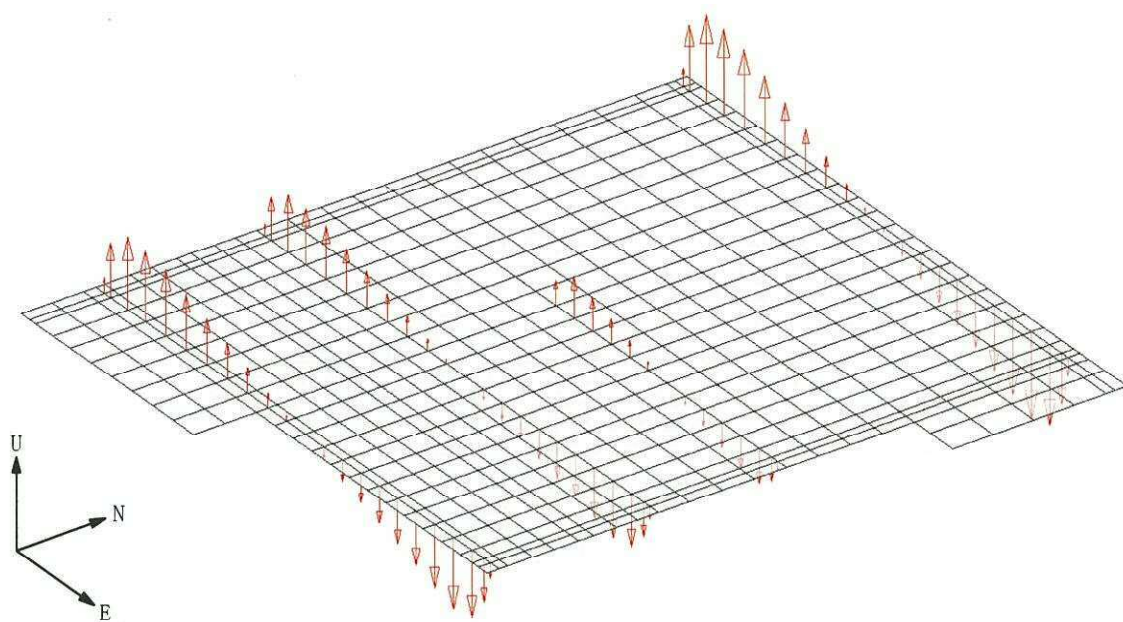
(a) 上部構造物の地震力



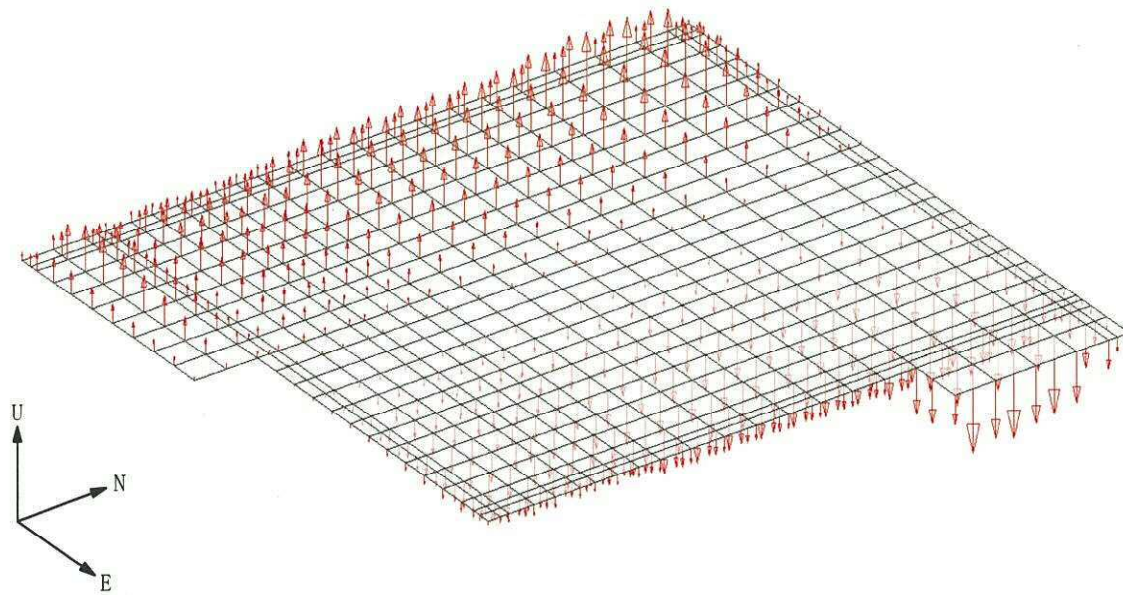
(b) 基礎スラブの地震力

図 4-4 F E Mモデルに作用させる水平力 (EW 方向)





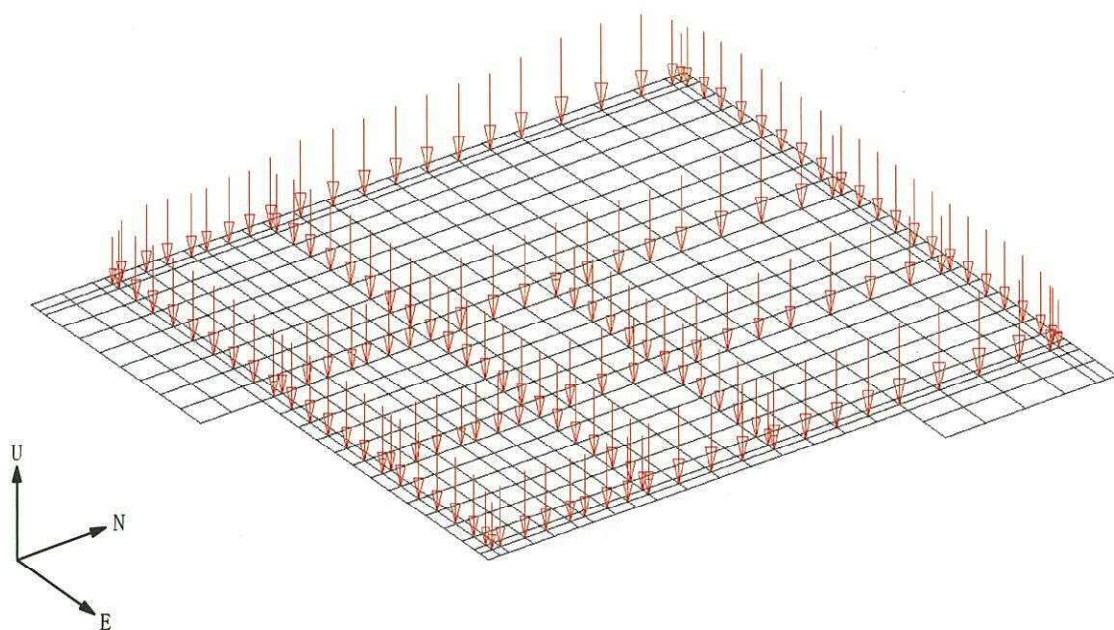
(a) 上部構造物の地震力



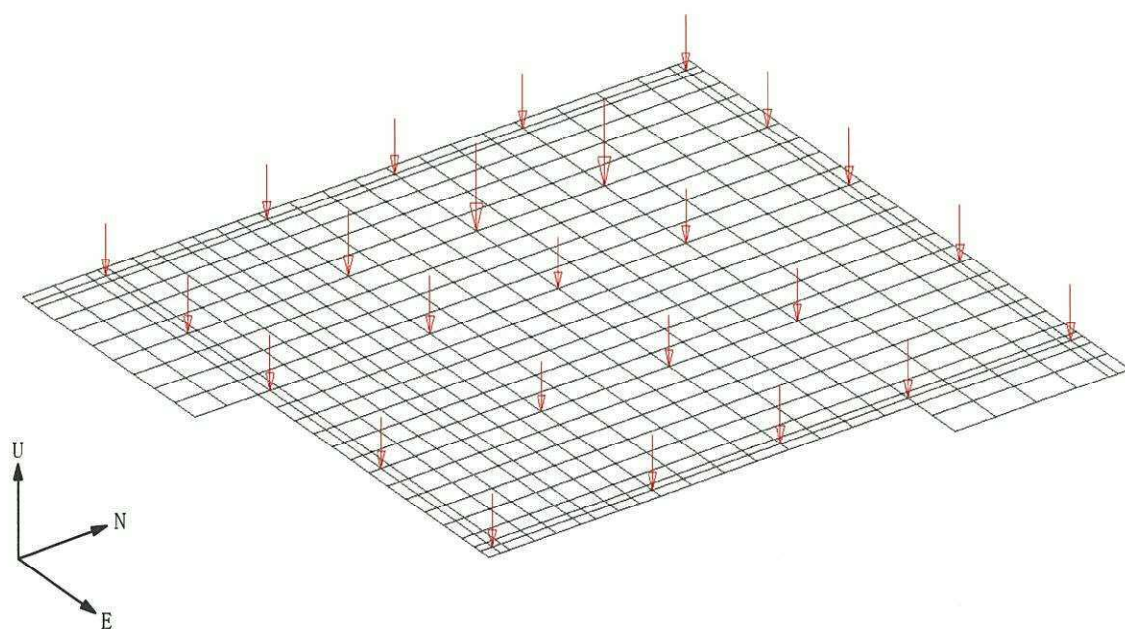
(b) 基礎スラブの地震力

図 4-5 F E Mモデルに作用させる曲げモーメント (EW 方向)





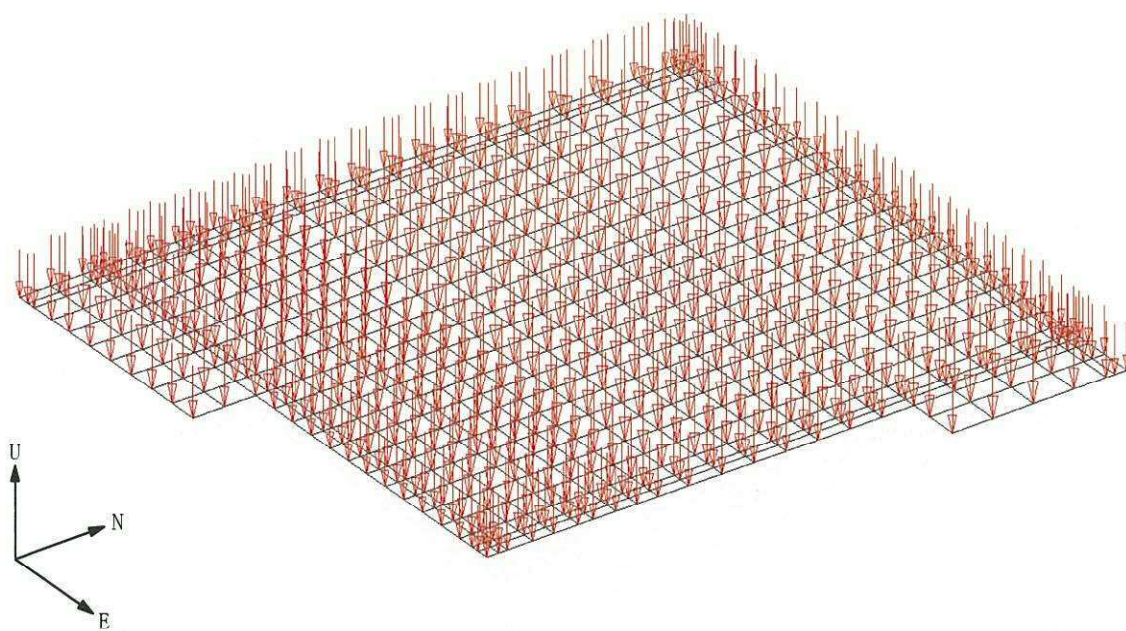
(a) 上部構造物の地震力（耐震壁）



(b) 上部構造物の地震力（柱）

図 4-6 (1/2) F E Mモデルに作用させる鉛直力





(c) 基礎スラブの地震力

図 4-6 (2/2) F E Mモデルに作用させる鉛直力



#### 4.2 緊急時対策所建屋（杭）

緊急時対策所建屋の杭の応力解析にあたっては，弾性支承ばりモデルに入力する地震荷重として，建屋慣性力と地盤震動による地盤変位を考慮する。

建屋慣性力は，基準地震動  $S_e$  に対する水平方向の地震応答解析より求まる基礎底面の水平地盤ばね反力（地盤ばね反力＋減衰力）を杭本数で除した杭 1 本当たりの水平力を，杭頭位置に入力する。

地盤震動による地盤変位は，基準地震動  $S_e$  に対する水平方向の自由地盤応答解析より求まる地盤変位を用いることとし，地盤変位としては，杭先端位置に対する地盤の相対変位の最大値を水平地盤ばねの固定位置に強制変位として入力する。

地震荷重の入力方法の概念図を図 4-7 に示す。



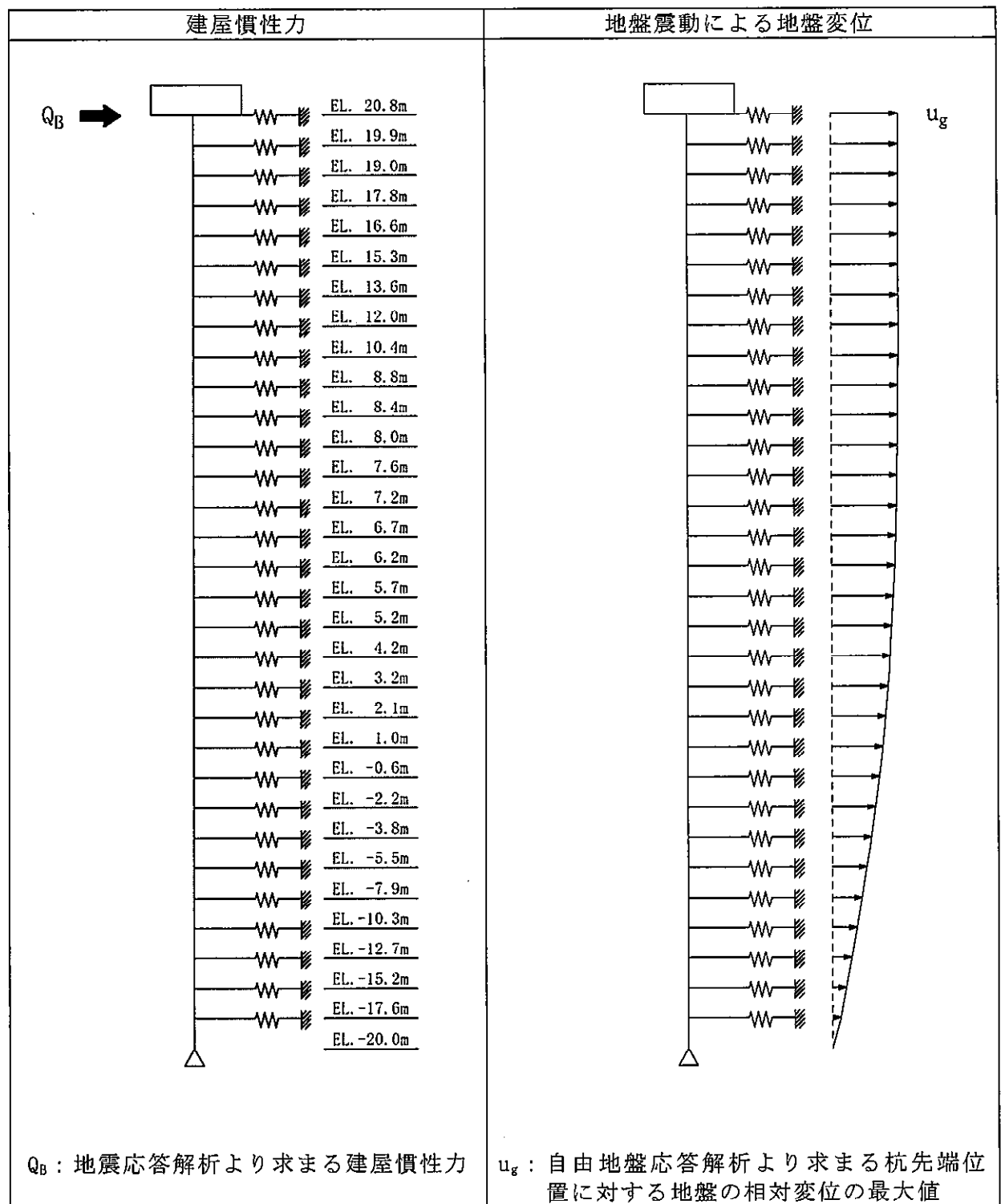


図4-7 弾性支承ばりに作用させる水平地震荷重（動的地震力）



## 5. 主排気筒

### 5.1 主排気筒（上部構造物）

主排気筒の上部構造物の応力解析に当たって、立体骨組モデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力を考慮する。また、水平方向については地震と組合せる風荷重についても考慮する。

水平地震力については、鉄塔と筒身で入力方法を使い分けている。鉄塔については、基準地震動  $S_h$  に対する地震応答解析により算定される鉄塔の最大応答（曲げモーメント、せん断力）に対し、等価な曲げモーメント及びせん断力分布となる水平荷重及びモーメントを算出し、これを地震荷重として鉄塔部のみをモデル化した解析モデルに入力する。また、筒身については、単純構造であることから連続梁とみなせるため、基準地震動  $S_h$  に対する地震応答解析により算定される筒身の最大応答（曲げモーメント、せん断力）をそのまま水平地震力として評価に使用する。鉄塔に作用させる水平地震力の設定方法を図 5-1 に示す。

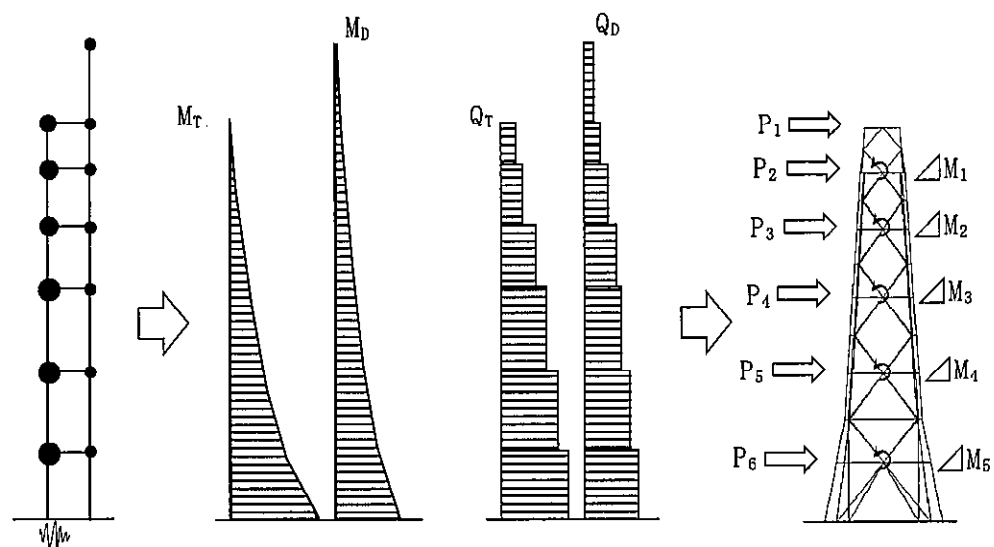
鉛直地震力については、基準地震動  $S_v$  に対する地震応答解析により算定される鉄塔及び筒身の最大応答（軸力）を用いることとし、鉄塔については、鉄塔部のみをモデル化した解析モデルに鉛直地震力として入力する。また筒身については、水平方向と同様に連続梁とみなして、そのまま鉛直地震力として評価に使用する。

風荷重については、鉄塔－筒身間で応力の伝達が発生する事から、鉄塔と筒身をモデル化した解析モデルの各節点に風荷重を入力する。鉄塔に作用させる風荷重の設定方法を図 5-2 に示す。

以上より算出した水平地震力、鉛直地震力及び風荷重によるそれぞれの応力解析の結果から得られた部材応力を足し合わせて部材の応力評価を行う。

なお、水平方向の荷重の載荷方向としては、ブレース材の発生応力が大きくなる構面直交方向（0 度方向）、及び柱材の発生応力が大きくなる対角方向（45 度方向）の、2 方向についてそれぞれ評価を行う。主排気筒への荷重の載荷方向の違いによる発生応力の違いについて、図 5-3 に概念図を示す。





地震応答解析 曲げモーメント分布 せん断力分布

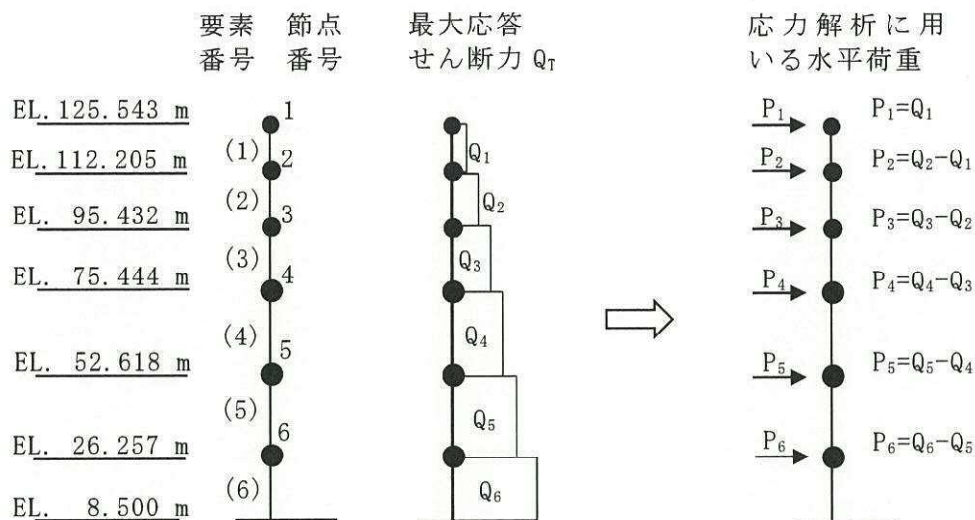
地震荷重入力

- $M_T$  : 質点系モデルの地震応答解析から得られた鉄塔の最大曲げモーメント
- $M_D$  : 質点系モデルの地震応答解析から得られた筒身の最大曲げモーメント
- $Q_T$  : 質点系モデルの地震応答解析から得られた鉄塔の最大せん断力
- $Q_D$  : 質点系モデルの地震応答解析から得られた筒身の最大せん断力
- $P_n$  : 鉄塔の最大せん断力分布と等価なせん断力分布を生じさせる水平荷重（鉄塔支持点高さに載荷）
- $\Delta M_n$  : 水平荷重  $P_n$  から得られる転倒モーメント分布と  $M_T$  との差異を調整する偶力モーメント

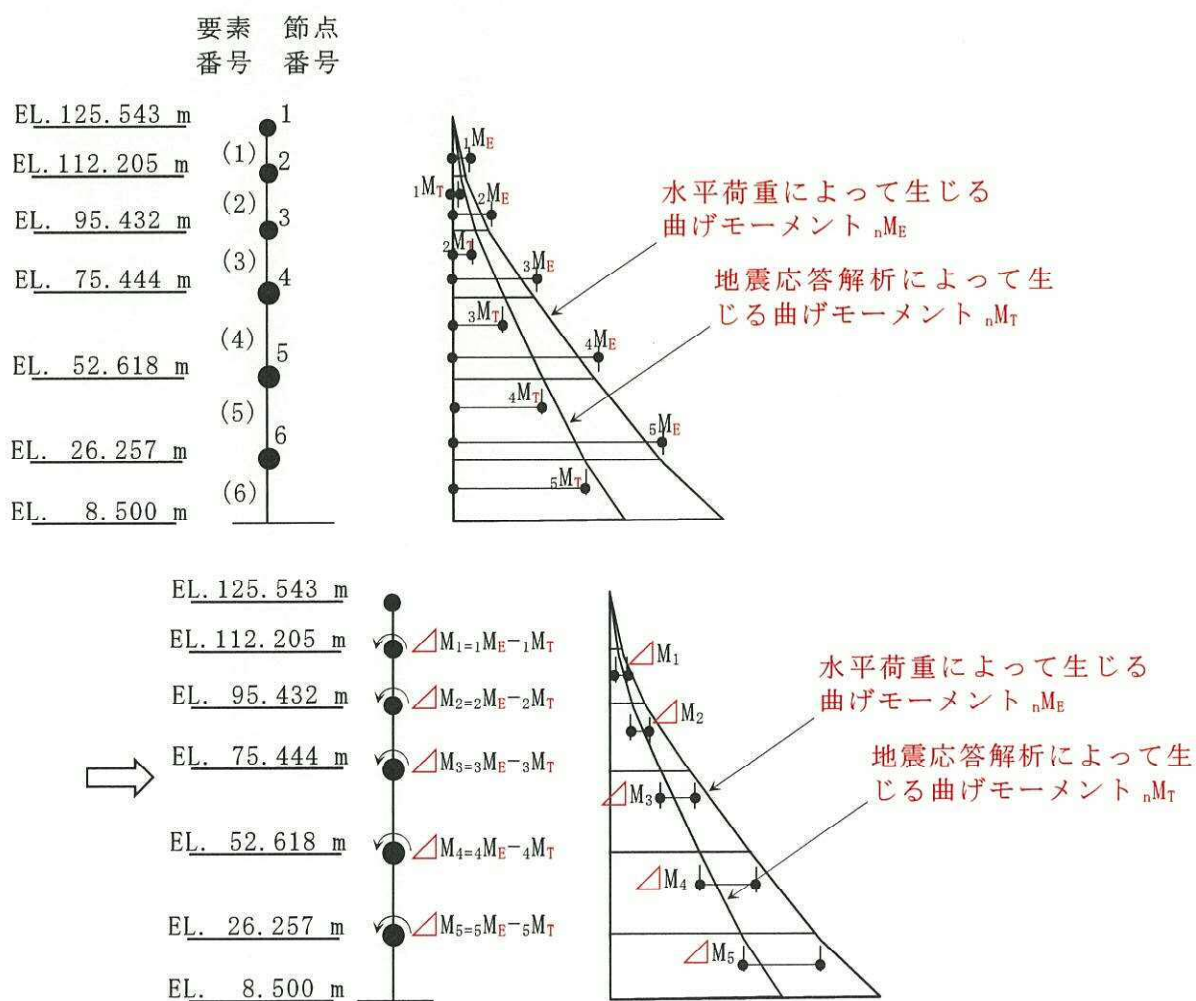
注記 :  $M_D$ ,  $Q_D$  は直接筒身の応力評価に用いる。

図 5-1 鉄塔に作用させる水平地震力の設定方法 (1/2)





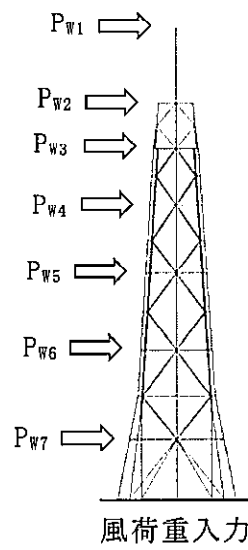
(a) 最大応答せん断力  $Q_n$  と水平荷重  $P_n$  の関係



(b) 最大応答曲げモーメント  $M_T$  と補正モーメント  $\Delta M_n$  の関係

図 5-1 鉄塔に作用させる水平地震力の設定方法 (2/2)





$P_{Wn}$  : 排気筒に作用させる風荷重

図 5-2 排気筒に作用させる風荷重の設定方法

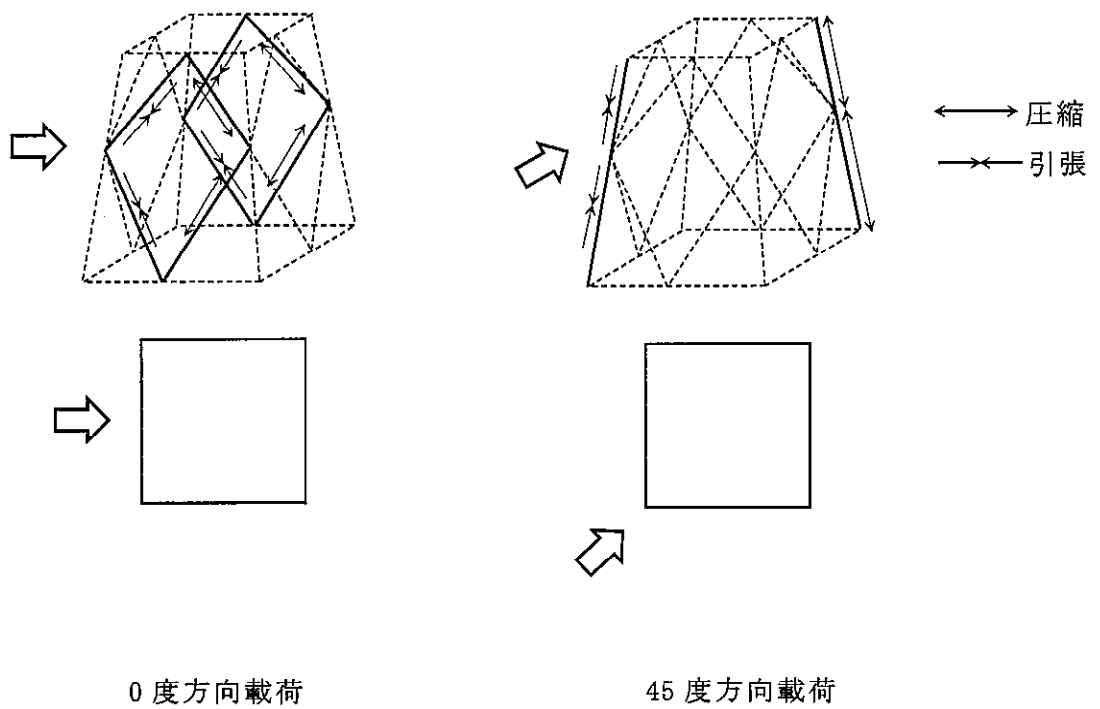


図 5-3 主排気筒への荷重の载荷方向の違いによる発生応力の違い



## 5.2 主排気筒（基礎）

主排気筒の基礎の応力解析に当たって、F E Mモデルに入力する地震荷重として、上部構造物及び杭による基礎への地震時反力を考慮する。地震荷重の入力は、基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析結果をもとに定める。また、水平方向については地震と組合せる風荷重についても考慮する。

上部構造物からの地震外力として、筒身によるものは筒身脚部が位置する円周近傍に分散させた点荷重として、また、鉄塔のように柱脚を介するものは柱脚近傍位置に点荷重として作用させる。杭からの荷重は杭頭近傍位置に点荷重として作用させる。基礎自身に起因する荷重は、分散した節点への荷重とする。

具体的には、水平方向の荷重によって上部構造物から作用する基礎上でのせん断力は、筒身脚部と柱脚のそれぞれの近傍の節点に分散させて水平力として加える。基礎自身が受ける慣性力は、各杭の杭頭近傍の節点に分散させて水平力として考慮する。また、基礎下には、基礎下に作用するせん断力を杭に加えた際に生じる杭頭での曲げモーメントを各杭の杭頭位置に作用させる。

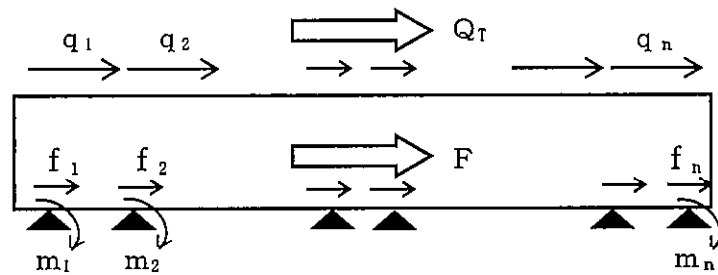
水平方向の荷重によって上部構造物から作用する基礎上での曲げモーメントは、筒身脚部と柱脚のそれぞれの近傍の節点に偶力として分散させて鉛直力として加える。また、基礎上に作用するせん断力に基礎の厚さ分を考慮して付加曲げモーメントを評価し、杭頭近傍の節点に偶力として分散させて鉛直力として与える。

鉛直方向の荷重による上部構造物から作用する基礎上での軸力は、筒身脚部と柱脚のそれぞれの近傍の節点に分散させて鉛直力として与える。また、基礎自身が受ける慣性力は杭頭近傍の節点に分散させて鉛直力として与える。

また、水平方向の風荷重により上部構造物から作用するせん断力及び曲げモーメントについては、地震荷重と同じ方法で与える。ただし、風荷重の場合、慣性力はない。

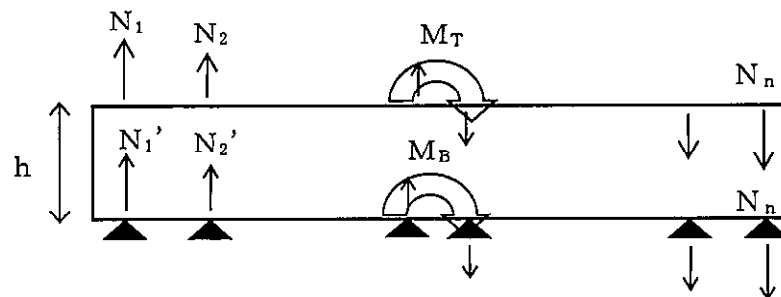
地震荷重の入力方法の概念図を図 5-4～図 5-6 に示す。また F E Mモデルへの入力荷重の例を図 5-7～図 5-9 に示す。





- $Q_r$  : 水平方向の荷重によって上部構造物から作用する基礎上でのせん断力  
 $q_n$  : 上記 $Q_r$ を筒身脚部と柱脚のそれぞれの近傍に分散させて加える際の水平力  
 $F$  : 基礎自身が受ける慣性力  
 $f_n$  : 上記 $F$ を杭頭近傍に分散させて加える際の水平力  
 $m_n$  : 基礎下に作用するせん断力 ( $Q + F$ ) を各杭で分散させて加えた際に生じる各杭の頭部で生じる曲げモーメント

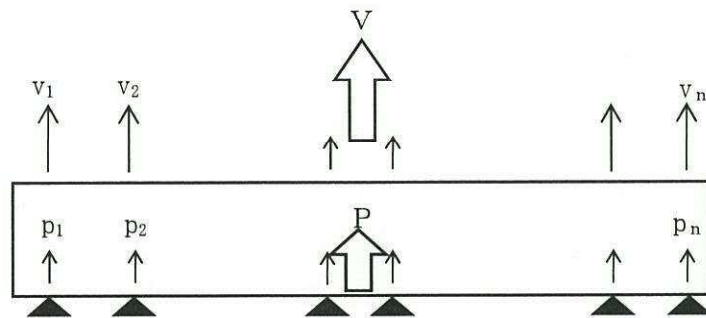
図 5-4 FEMモデルに作用させる水平荷重



- $M_T$  : 水平方向の荷重によって上部構造物から作用する基礎上での曲げモーメント  
 $N_n$  : 上記 $M_T$ を筒身脚部と柱脚のそれぞれの近傍に偶力として分散させて加える際の鉛直力  
 $M_B$  : 基礎の厚さ分の影響として考慮すべき付加曲げモーメント  
 $N_n'$  : 上記 $M_B$ を杭頭近傍に偶力として分散させて加える際の鉛直力  
 $h$  : 基礎の厚さ

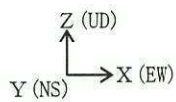
図 5-5 FEMモデルに作用させる曲げモーメント



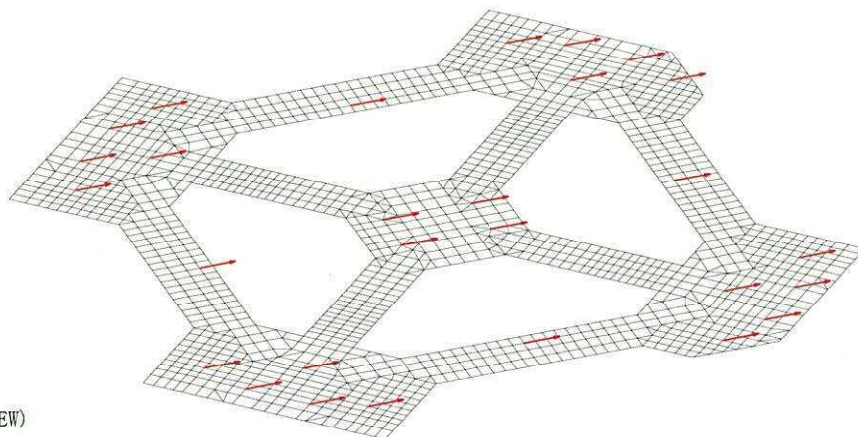
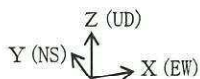


- $V$  : 鉛直方向の荷重による上部構造物から作用する基礎上での軸力  
 $v_n$  : 上記 $V$ を筒身脚部と柱脚のそれぞれの近傍に分散させて加える際の鉛直力  
 $P$  : 基礎自身が受ける慣性力  
 $p_n$  : 上記 $P$ を杭頭近傍に分散させて加える際の鉛直力

図 5-6 FEMモデルに作用させる鉛直荷重



(a) 断面荷重図



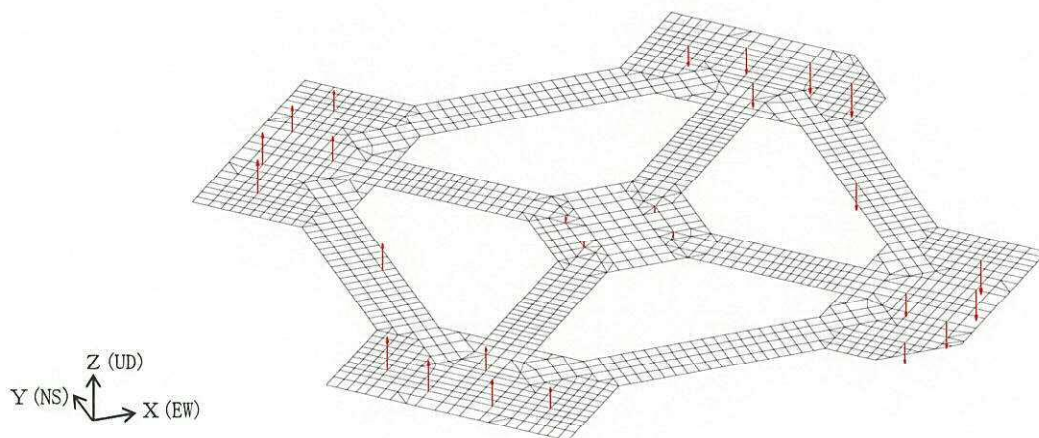
(b) 鳥瞰荷重図

図 5-7 FEMモデルに作用させる水平荷重の例





(a) 断面荷重図

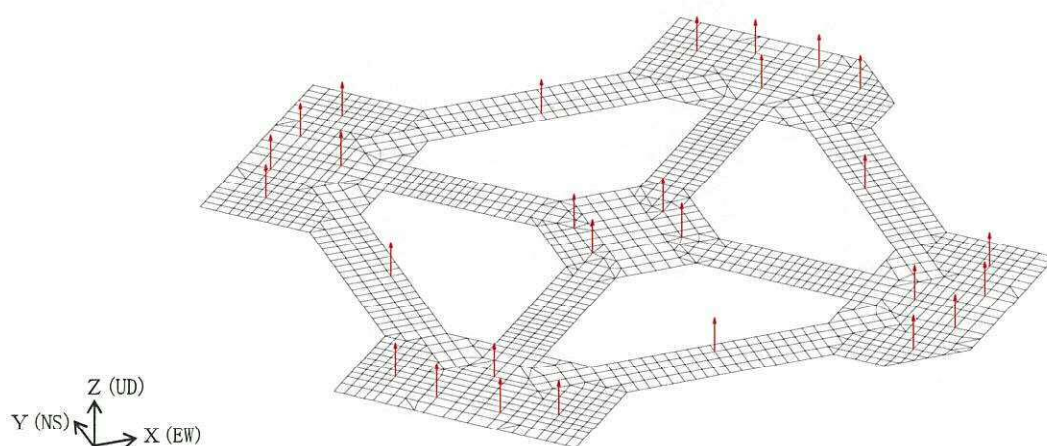


(b) 鳥瞰荷重図

図 5-8 FEMモデルに作用させる曲げモーメントの例



(a) 断面荷重図



(b) 鳥瞰荷重図

図 5-9 FEMモデルに作用させる鉛直荷重の例



## 6. 非常用ガス処理系配管支持架構

非常用ガス処理系配管支持架構の応力解析に当たって、立体骨組モデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力を考慮する。また、水平方向については地震と組み合わせる風荷重についても考慮する。

水平地震力は、基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析により算定される最大応答を、各部の部材応力（曲げモーメント、せん断力及び軸方向力）として考慮する。

鉛直地震力は、基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析により算定される最大応答加速度と、常時荷重作用時の応力分布を参照し、基礎上端から最上部までの柱、梁及びブレースの交点等の節点での荷重（曲げモーメント、せん断力および軸方向力）として考慮する。

風荷重については、基礎下端から最上部までの柱、梁及びブレースの交点等の節点での集中荷重として考慮する。

図 6-1 及び図 6-2 に、解析モデルに作用させる水平地震力、鉛直地震力の概念図を示す。



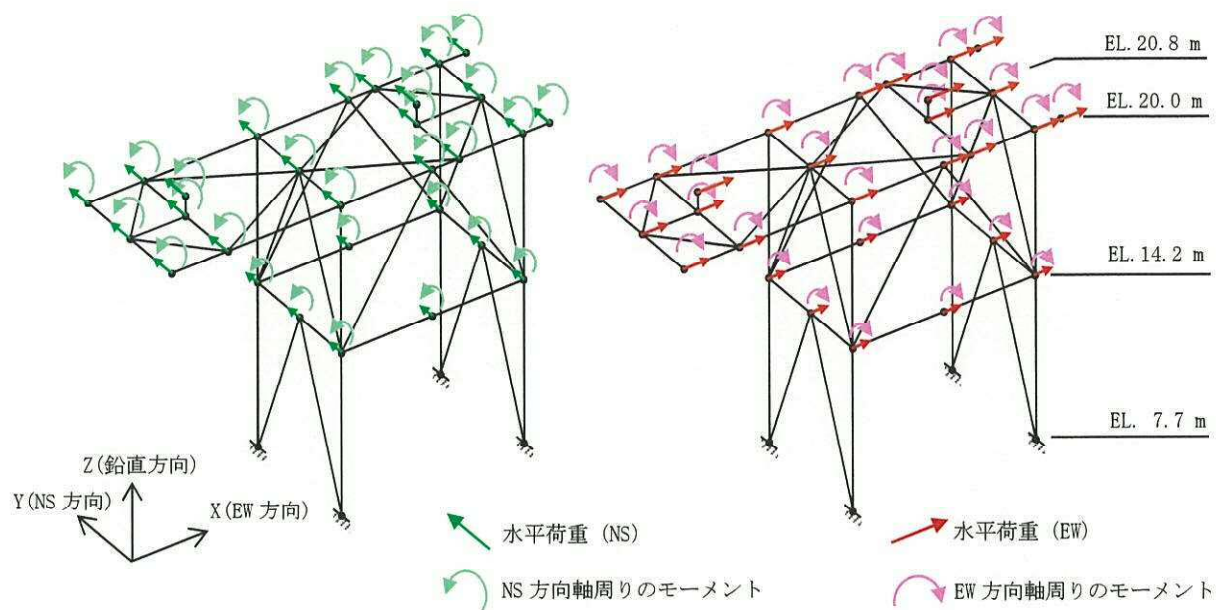


図6-1 解析モデルに作用させる水平地震力の概念図

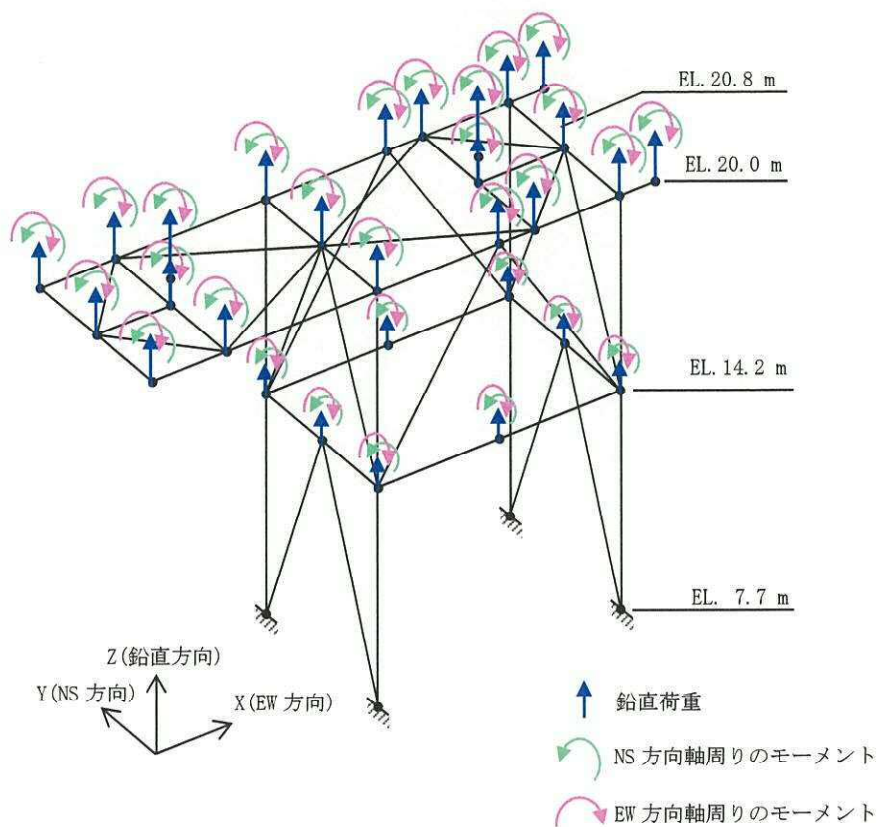


図6-2 解析モデルに作用させる鉛直地震力の概念図



## 7. 格納容器圧力逃がし装置格納槽

格納容器圧力逃がし装置格納槽の応力解析に当たって、FEMモデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力を考慮する。また、地震時の側方地盤からの土圧についても考慮する。なお、FEMモデルについては、評価対象である基礎スラブ、耐震壁（地下外壁）及び上版に加え、内部耐震壁もモデル化し、上部構造物からの地震荷重等を適切に評価する。

地震荷重のうち水平地震力の入力は、基準地震動 $S_a$ に対する地震応答解析結果を考慮し、各質点の地震応答解析結果と、FEMモデルの対応する高さにおける節点でのせん断力及び曲げモーメントが等価になるように設定する。

具体的には、最大応答せん断力より得られた水平荷重を、FEMモデルの耐震壁の節点のうち地震応答解析の質点レベルに対応する節点に、各節点の支配面積に応じて分配した荷重として入力する。このとき、水平荷重は地震応答解析モデルの各質点の上下部材に生じる最大応答せん断力の差分とする。基礎スラブ部に生じるせん断力は、基礎スラブの各節点の支配面積に応じて分配した水平荷重に置換し、算出した水平荷重を基礎スラブに入力する。

上部構造物の最大応答曲げモーメントについては、質点の回転慣性重量及び地下外壁と地盤との摩擦による影響で、地震応答解析の質点上下で差がある。その差を調整する補正モーメントを、耐震壁の節点のうち、地震応答解析の質点レベルに対応する節点に、鉛直荷重に置換して入力する。

基礎スラブ部内に生じる曲げモーメントについては、FEMモデルの地盤ばねの反力による回転モーメントと、基礎スラブ下端に発生する曲げモーメント( $m_b'$ )が同じ値となるように算出した付加曲げモーメント( $\Delta M_b$ )を、基礎スラブのシェル要素全体に三角形分布となるよう偶力置換した面荷重として与える。

地震荷重のうち鉛直荷重については、地震応答解析より算出した鉛直方向の応答加速度のうち最大の値を震度換算し、全ての常時荷重に作用する鉛直震度として入力する。この鉛直荷重の入力方法は「2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋（基礎スラブ）」の鉛直荷重の入力方法と異なる。格納槽では応力解析結果により耐震壁を評価するため構造物を三次元連続体として評価しており、最大鉛直震度を考慮した係数を自重に乘じ、鉛直力として入力することで、軸力が連続的に評価できるようにしている。

地震荷重の設定方法を図 7-1 に示す。

FEMモデルに作用させる水平力及び補正モーメントを図 7-2 に、FEMモデルに作用させる鉛直力を図 7-3 に示す。

地震荷重のうち地震時土圧荷重については、添付書類V-2-2-19「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」に基づき常時土圧と地震時増分土圧を設定する。FEMモデルに作用させる荷重を図 7-4～図 7-6 に示す。



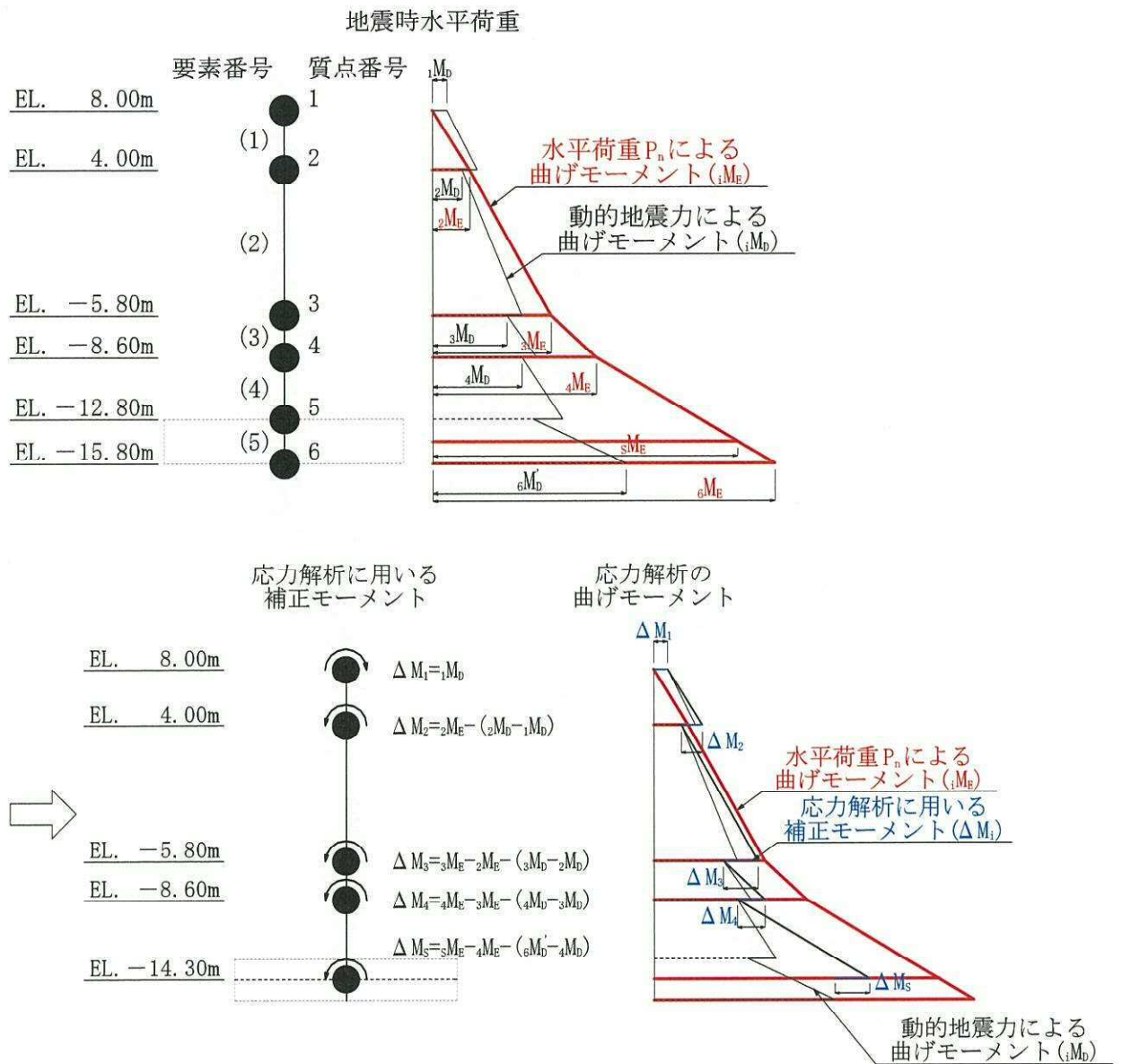
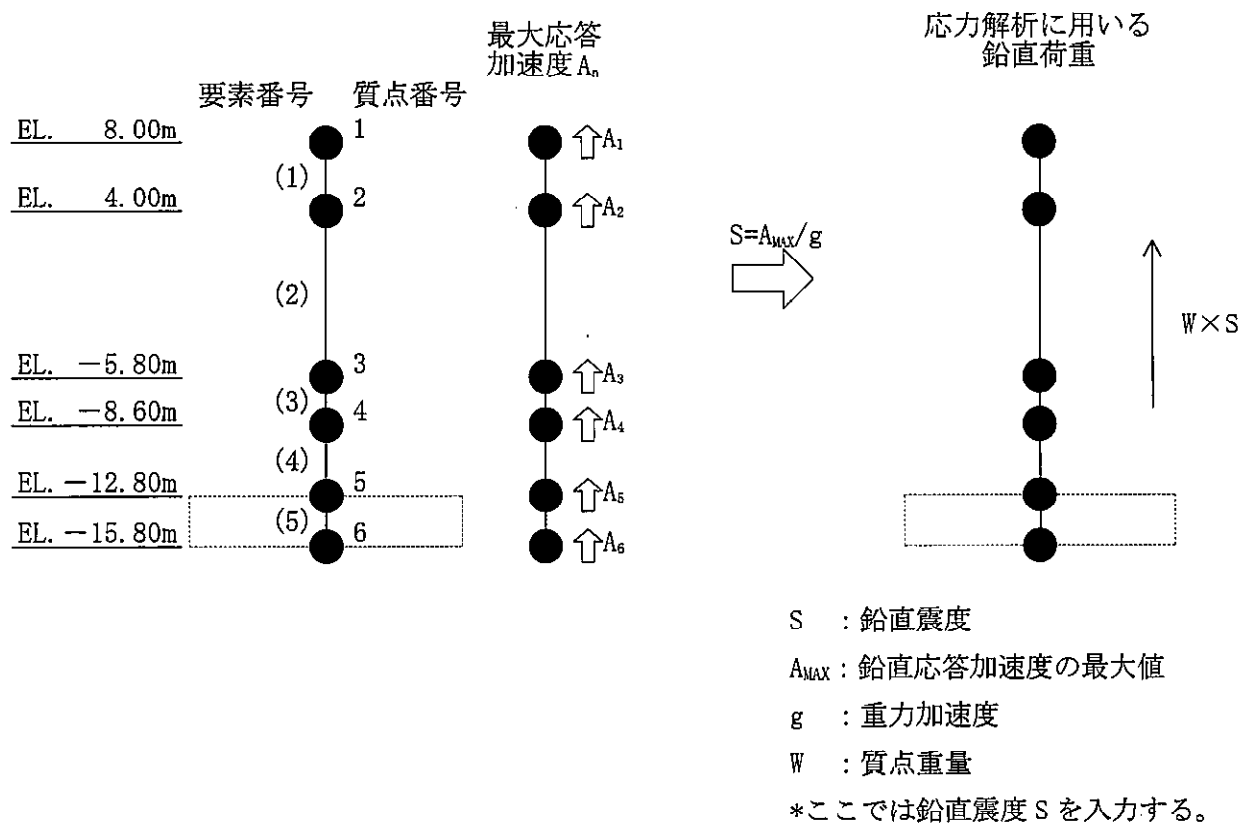


図 7-1 地震荷重の設定方法 (1/2)





(b) 最大応答加速度  $A_n$  と鉛直荷重  $W \times S$  の関係

図 7-1 地震荷重の設定方法 (2/2)



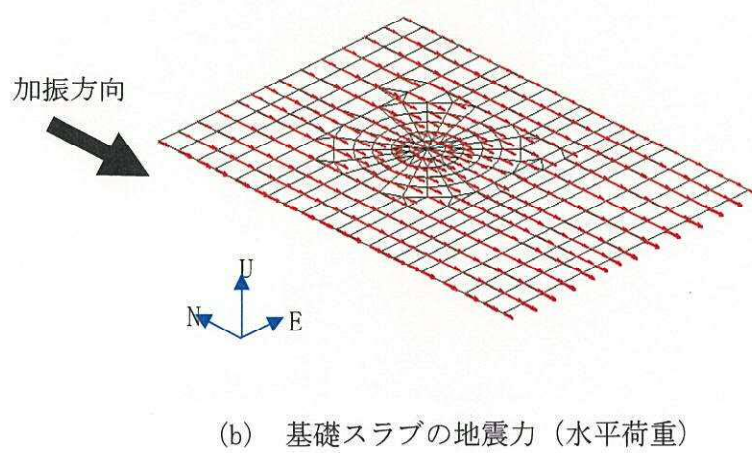
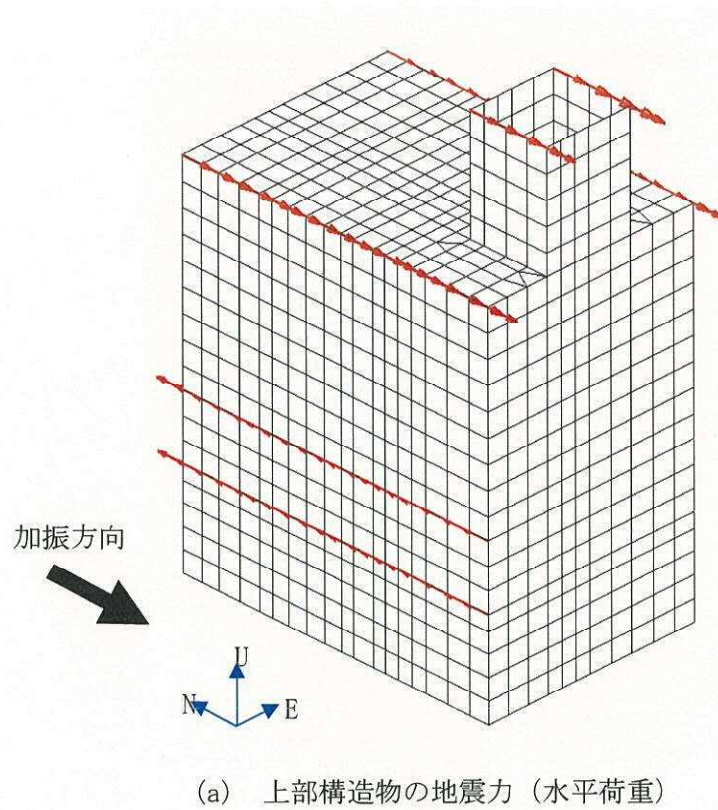
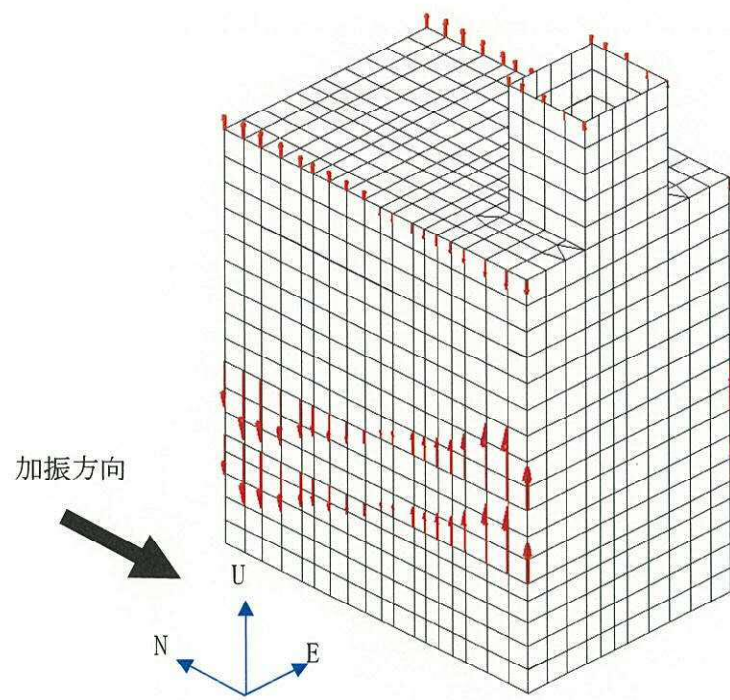
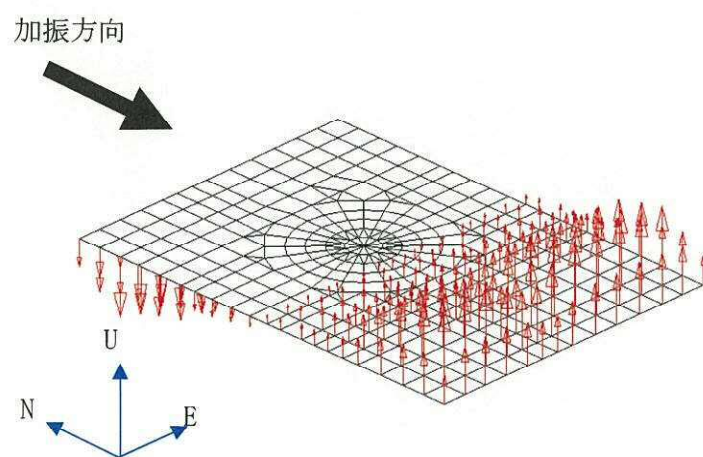


図7-2 FEMモデルに作用させる水平力（NS方向）（1/2）





(c) 上部構造物の地震力（補正モーメント）



(d) 基礎スラブの地震力（補正モーメント）

図7-2 FEMモデルに作用させる水平力（NS方向）（2/2）



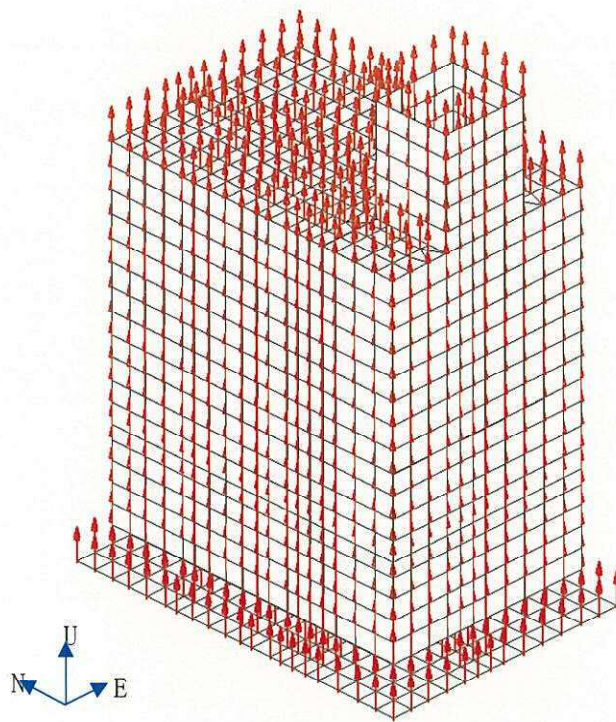


図7-3 FEMモデルに作用させる鉛直力



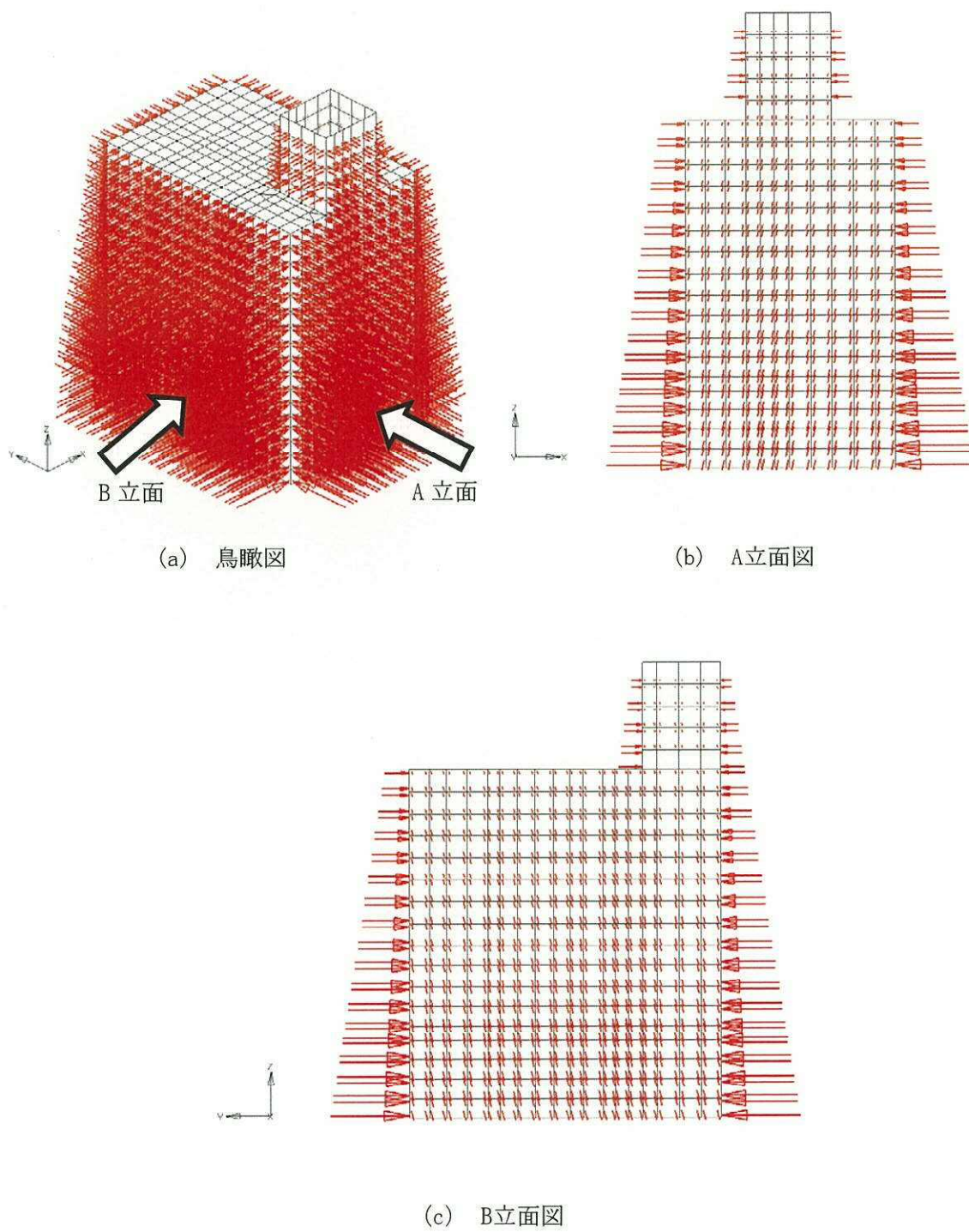


図7-4 FEMモデルに作用させる土圧（常時土圧）



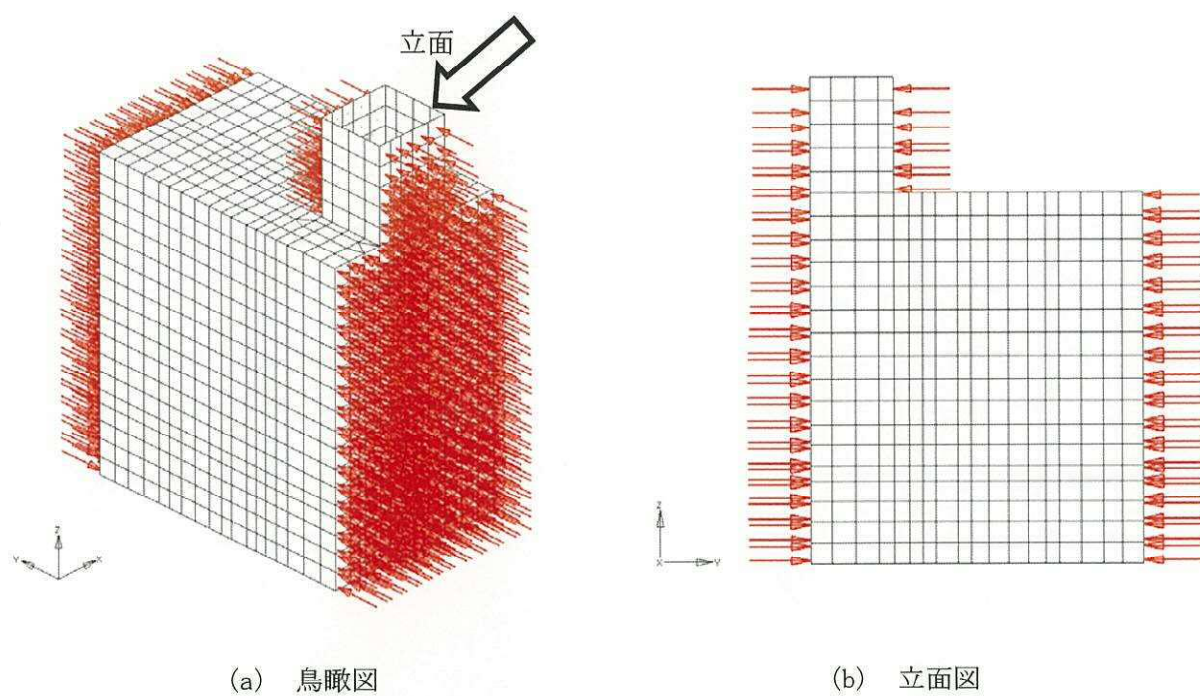


図7-5 F E Mモデルに作用させる土圧（地震時増分土圧\_NS方向）

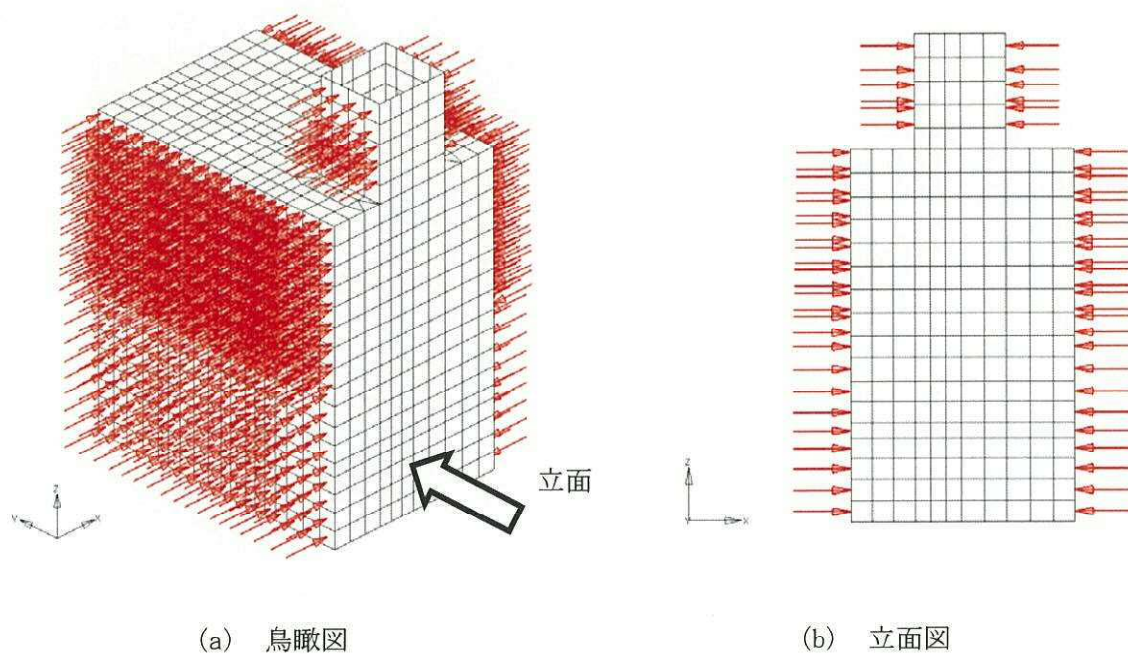


図7-6 F E Mモデルに作用させる土圧（地震時増分土圧\_EW方向）



## 8. 使用済燃料プール

使用済燃料プールは、原子炉ウェルをはさんで反対側に燃料交換時に蒸気乾燥器と気水分離器を仮置きする蒸気乾燥器・気水分離器ピットがあり、これらは同一のFEMモデルで応力解析を実施している。

応力解析に当たって、FEMモデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力に加えて動水圧荷重を考慮する。また、水平方向については周辺構造物である内部ボックス壁（I/W）の地震時反力を考慮する。

地震荷重の入力は、基準地震動 $S_0$ 、弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的地震力に対する地震応答解析結果を考慮し、FEMモデルの原子炉ウェルの節点のうち地震応答解析の質点レベルに対応する節点で、せん断力及び曲げモーメントが地震応答解析結果と等価になるように設定する。

具体的には、地震応答解析の質点系の最大応答せん断力より求まる層せん断力を、FEMモデルの対応する各節点に節点の支配長さに応じて分配し、節点荷重として入力する。

曲げモーメントは、偶力に置換して水平荷重の入力位置に節点荷重として入力する。地震応答解析の質点系より求まる各層の付加曲げモーメントを、対応する各節点に節点の支配長さを中心位置からの距離に応じて偶力に置換して分配し、節点荷重として入力する。

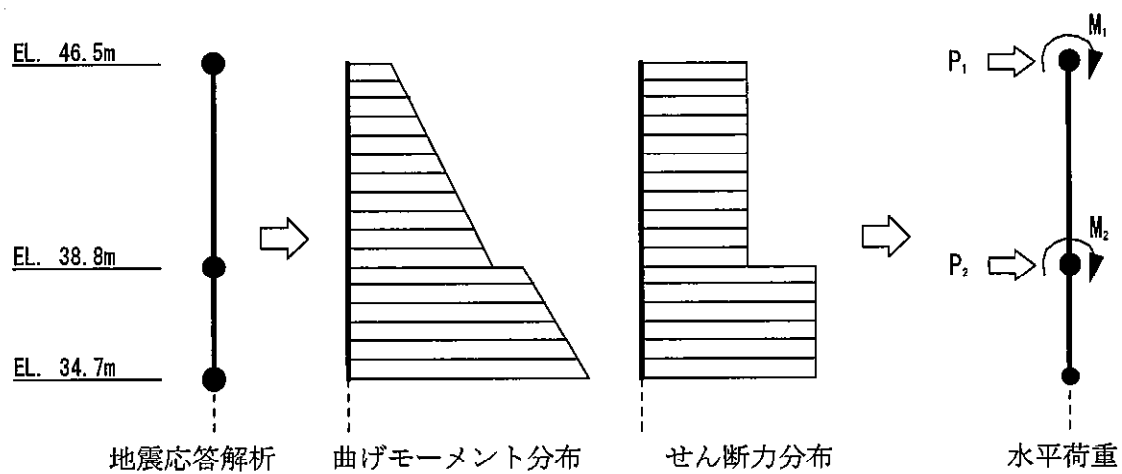
また、NS方向の水平荷重のうち、プール側壁に生じるせん断力は、プールガーダー端部のI/Wと交わる節点に鉛直方向の線荷重として入力する。EW方向の水平荷重のうち、I/Wと原子炉ウェルの回転角の差分は、プールガーダー端部のI/Wと交わる節点に強制変位として入力する。

鉛直荷重は、地震応答解析より算定されるプール部において包絡した最大応答加速度から換算した鉛直震度を、固定荷重及び機器荷重、配管荷重及び積載荷重に乗じて入力する。

水平荷重の設定方法を図8-1に、入力方法の概念図を図8-2に示す。

動水圧荷重の入力方法の概念図を図8-3に示す。また、参考に静水圧荷重の入力方法の概念図についても図8-4に示す。



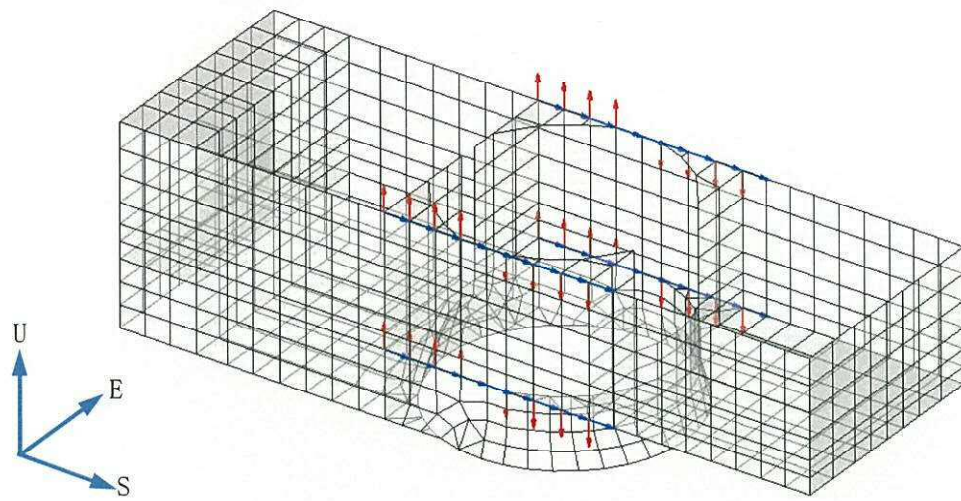


$P_n$  : 最大せん断力分布と等価なせん断力分布を生じさせる水平荷重

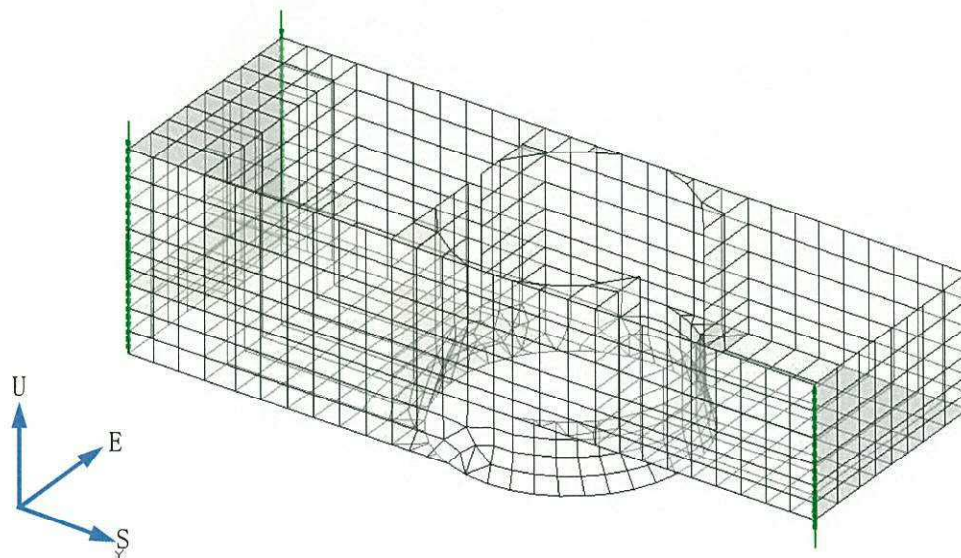
$M_n$  : 水平荷重  $P_n$  から得られる転倒モーメント分布と曲げモーメント分布との差異を調整する付加曲げモーメント

図 8-1 作用させる水平地震力の設定方法





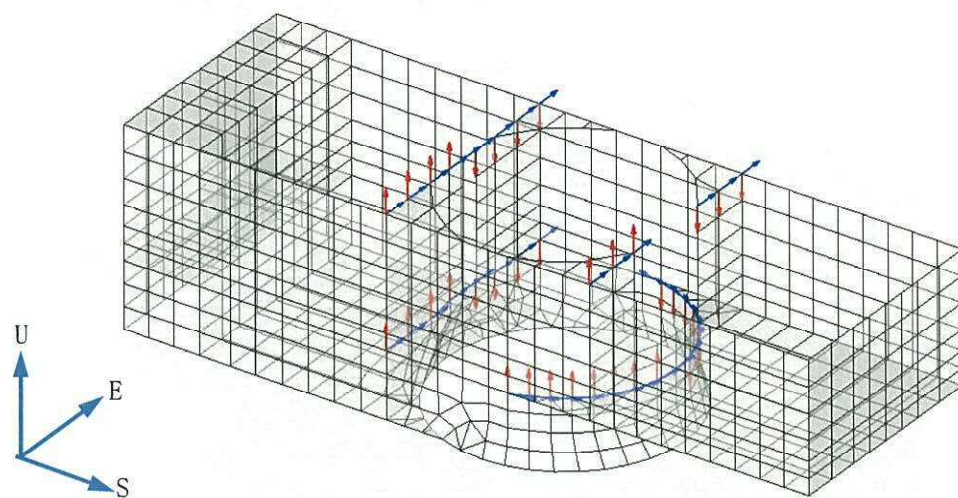
(a) せん断力及び曲げモーメント N→S



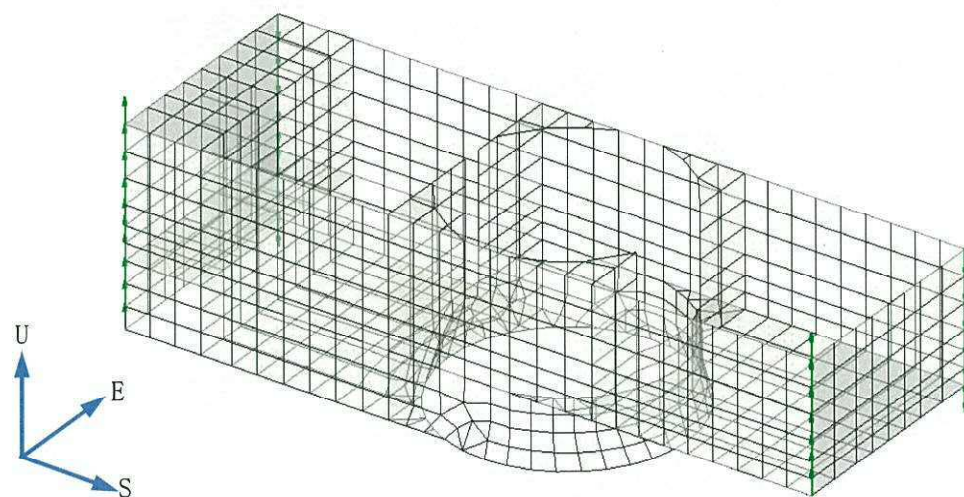
(b) プール部の壁が負担するせん断力 N→S

図 8-2 (1/2) FEMモデルに作用させる水平地震力





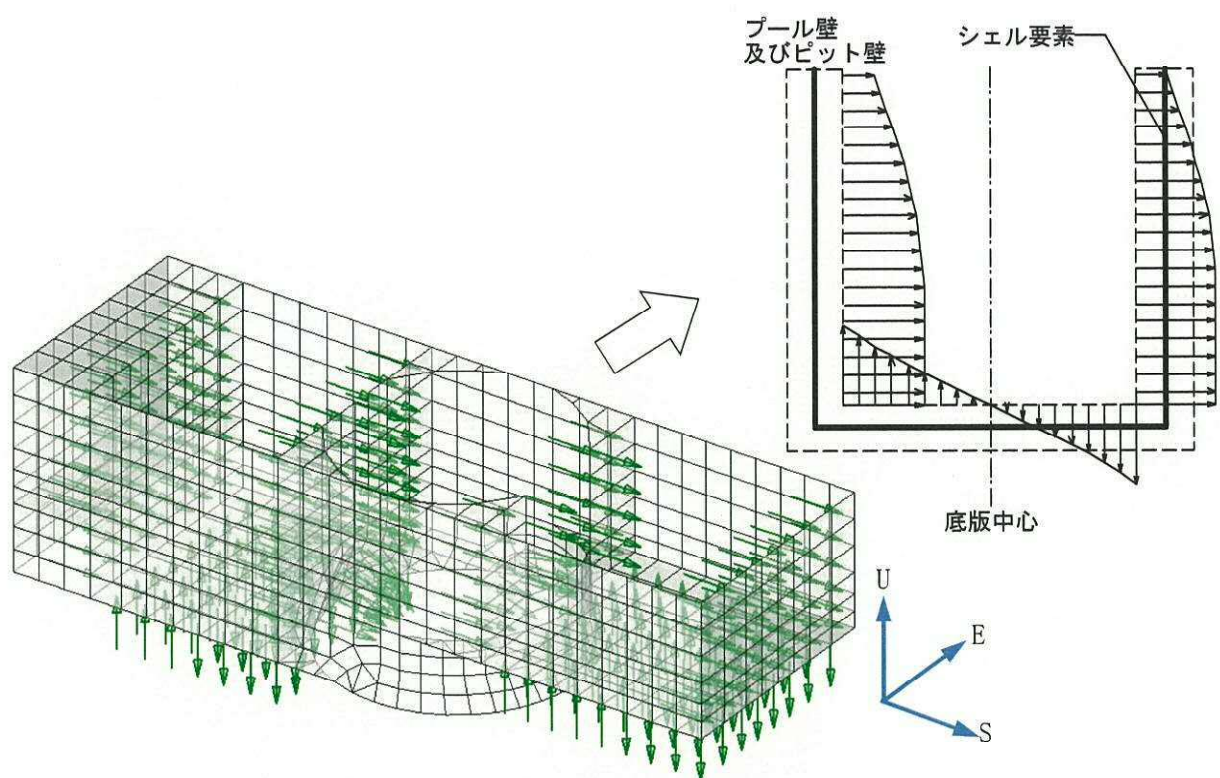
(a) せん断力及び曲げモーメント W→E



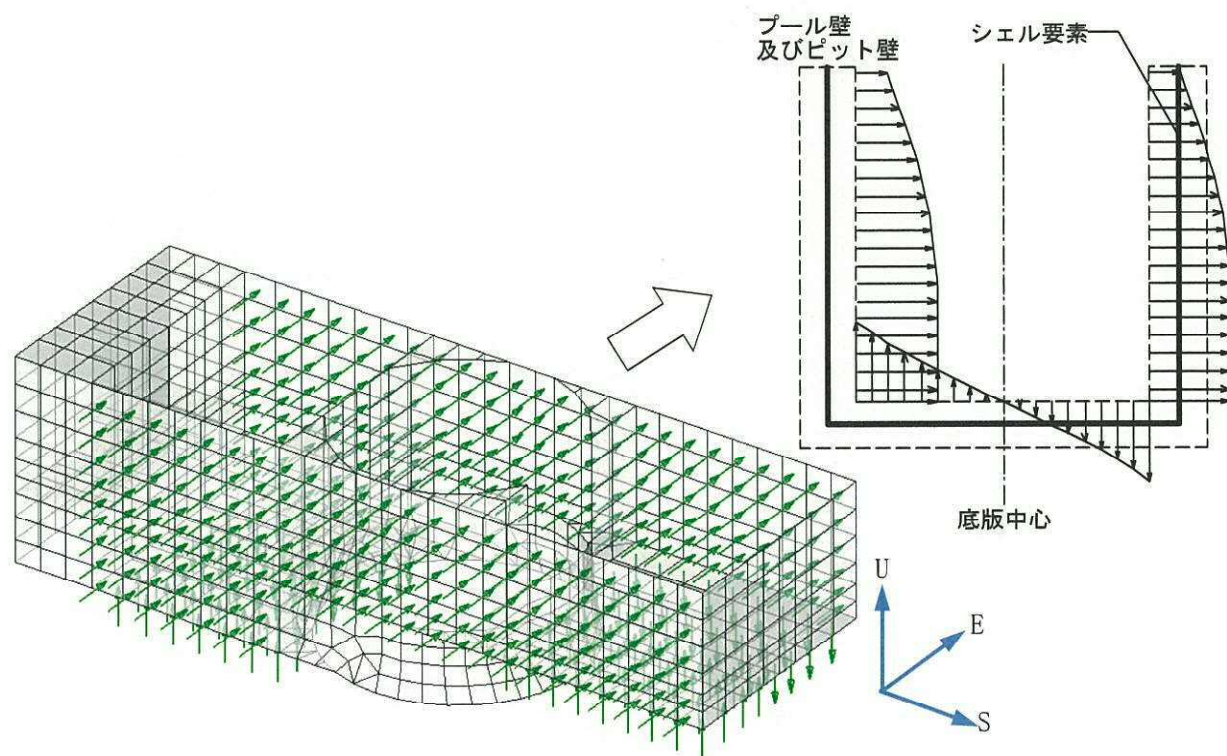
(b) 内部ボックス壁の回転変形 W→E

図 8-2 (2/2) FEMモデルに作用させる水平地震力





(a) 動水圧 N→S



(b) 動水圧 W→E

図 8-3 FEMモデルに作用させる動水圧荷重



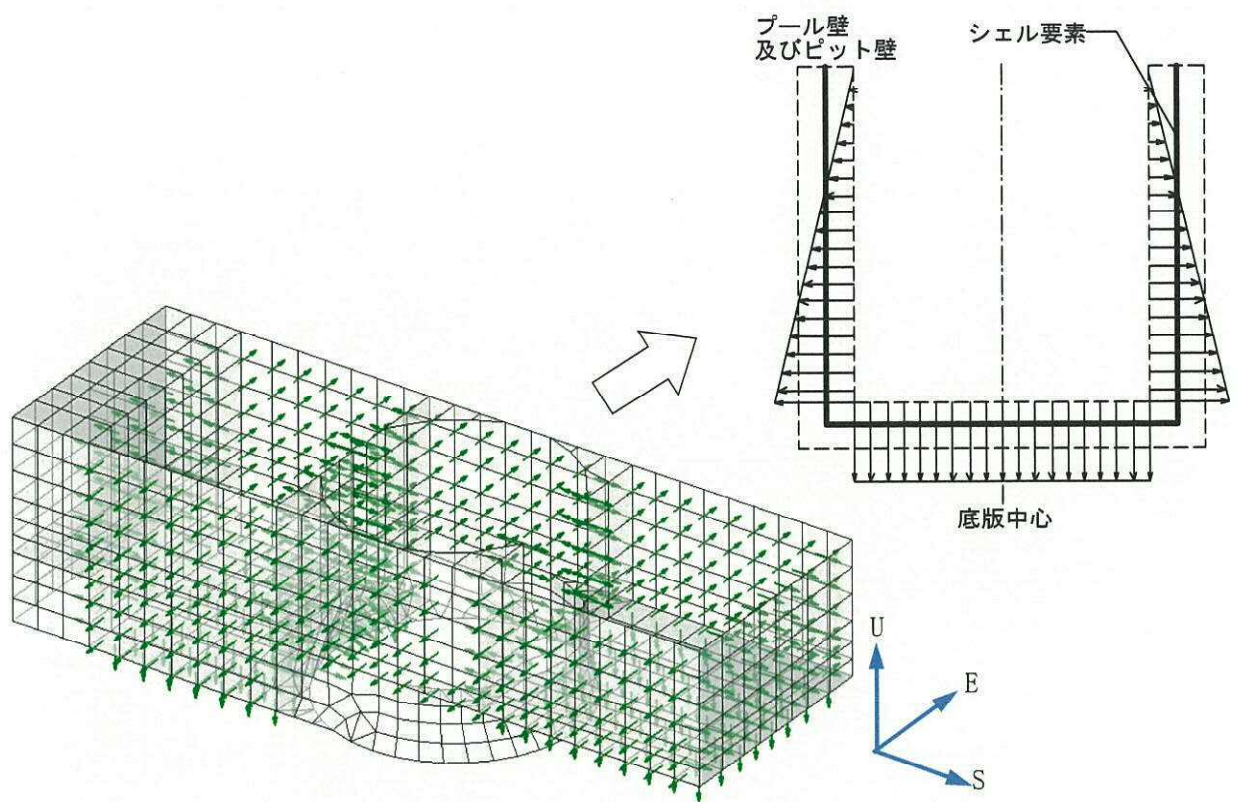


図 8-4 FEMモデルに作用させる静水圧荷重（参考）



## 9. 原子炉格納施設の基礎

原子炉格納施設の基礎は、原子炉格納容器底部に当たる部分（原子炉格納容器底部コンクリートマット）とその周辺部の原子炉建屋の基礎で構成され、これらは同一のFEMモデルで応力解析を実施している。

応力解析に当たって、FEMモデルに入力する地震荷重として、水平地震力及び鉛直地震力を考慮する。また、上部構造物である外部ボックス壁（O/W）、内部ボックス壁（I/W）、シェル壁（S/W）、PCV及びRPV基礎の基礎への地震時反力を考慮する。

地震荷重の入力は、基準地震動 $S_s$ 、弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的地震力に対する地震応答解析結果を考慮し、FEMモデルの基礎底面ばね（地盤ばね反力+減衰力）並びに上部構造物及び基礎質点位置でせん断力、曲げモーメント及び軸力が地震応答解析結果と等価になるように設定する。

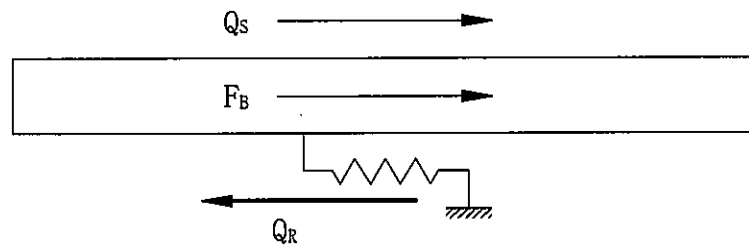
具体的には、水平荷重のうち、各上部構造物から作用する基礎への地震時反力は、FEMモデルにおける各上部構造物脚部に対応する各節点に、支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。基礎については、地震応答解析より求まる基礎底面地盤ばねのせん断力から、上部構造物から作用する水平力を差し引いた値を、FEMモデルの基礎の各節点に節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。

曲げモーメントのうち、各上部構造物から作用する基礎への地震時反力は、偶力に置換して水平荷重の入力位置に節点荷重として入力する。地震応答解析より求まる基礎底面地盤ばねの曲げモーメントから上部構造物から作用する曲げモーメントを差し引いた値を、FEMモデルの基礎の各節点に、節点の支配面積と中心位置からの距離に応じて偶力に置換して分配し、節点荷重として入力する。

鉛直荷重のうち、各上部構造物から作用する基礎への地震時反力は、FEMモデルにおける各上部構造物脚部に対応する各節点に、支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。基礎については、地震応答解析より求まる基礎底面地盤ばねの軸力から、上部構造物から作用する鉛直力を差し引いた値を、FEMモデルの基礎の各節点に節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。

地震荷重の入力方法の概念図を図9-1～図9-3に示す。またFEMモデルへの入力荷重の例を図9-4～図9-6に示す。





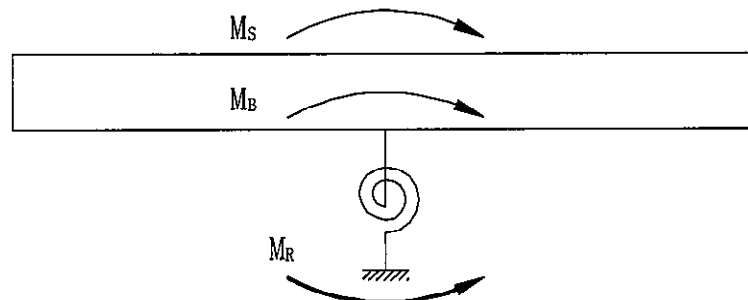
$Q_S$  : 地震応答解析より設定した上部構造物から基礎へ作用するせん断力

$F_B$  : 基礎に作用する水平荷重

$Q_R$  : 地震応答解析より設定した基礎底面に生じるせん断力

$$F_B = Q_R - Q_S$$

図 9-1 FEMモデルに作用させる水平荷重



$M_S$  : 地震応答解析より設定した上部構造物から基礎へ作用する曲げモーメント

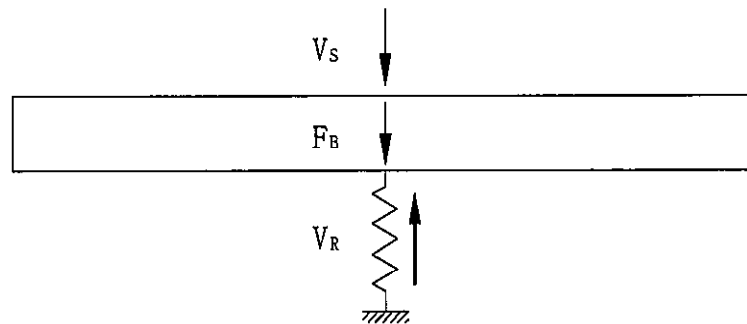
$M_B$  : 基礎に作用する曲げモーメント

$M_R$  : 地震応答解析より設定した基礎底面に生じる曲げモーメント

$$M_B = M_R - M_S$$

図 9-2 FEMモデルに作用させる曲げモーメント





$V_S$  : 地震応答解析より設定した上部構造物から基礎へ作用する軸力

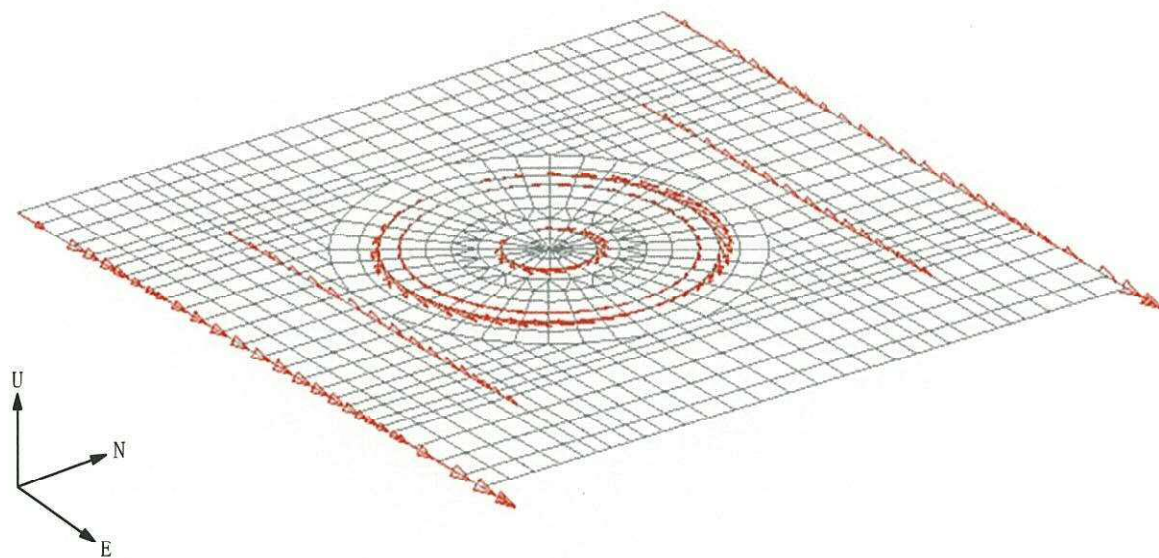
$F_B$  : 基礎に作用する鉛直荷重

$V_R$  : 地震応答解析より設定した基礎底面に生じる軸力

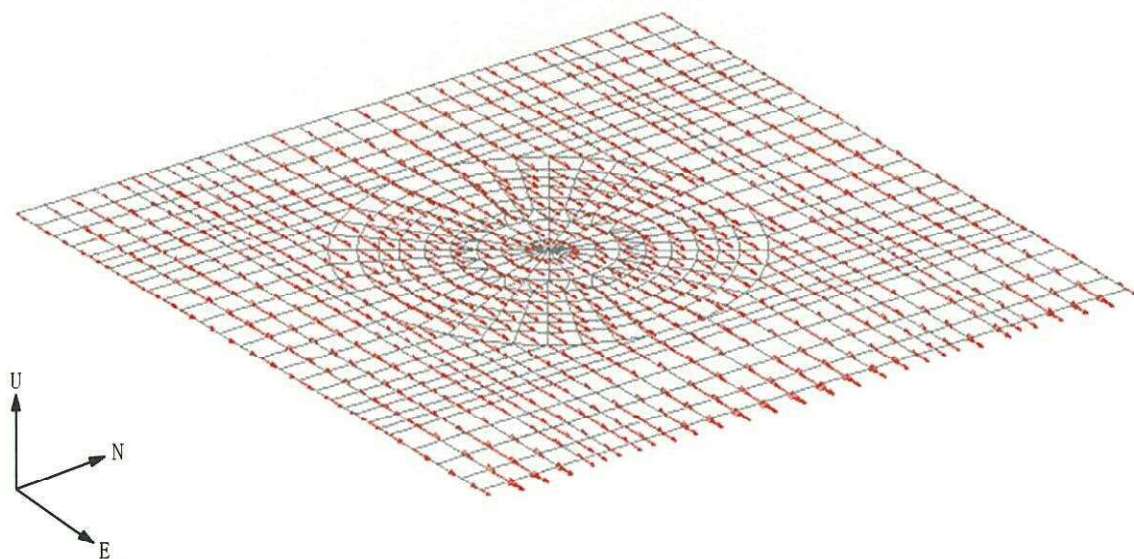
$$F_B = V_R - V_S$$

図 9-3 FEMモデルに作用させる鉛直荷重





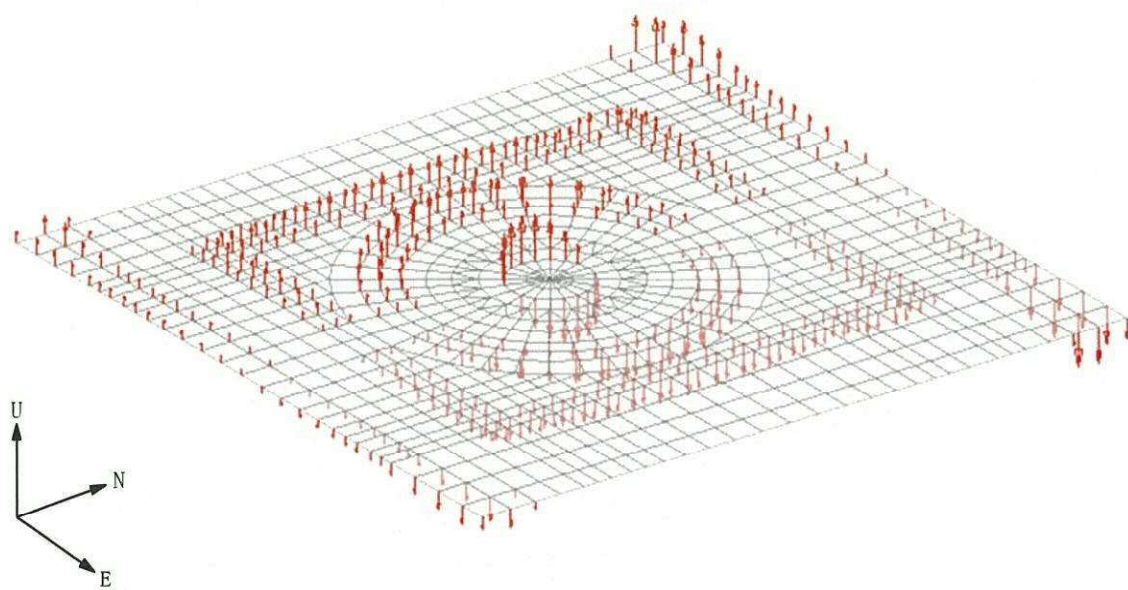
(a) 上部構造物の地震力



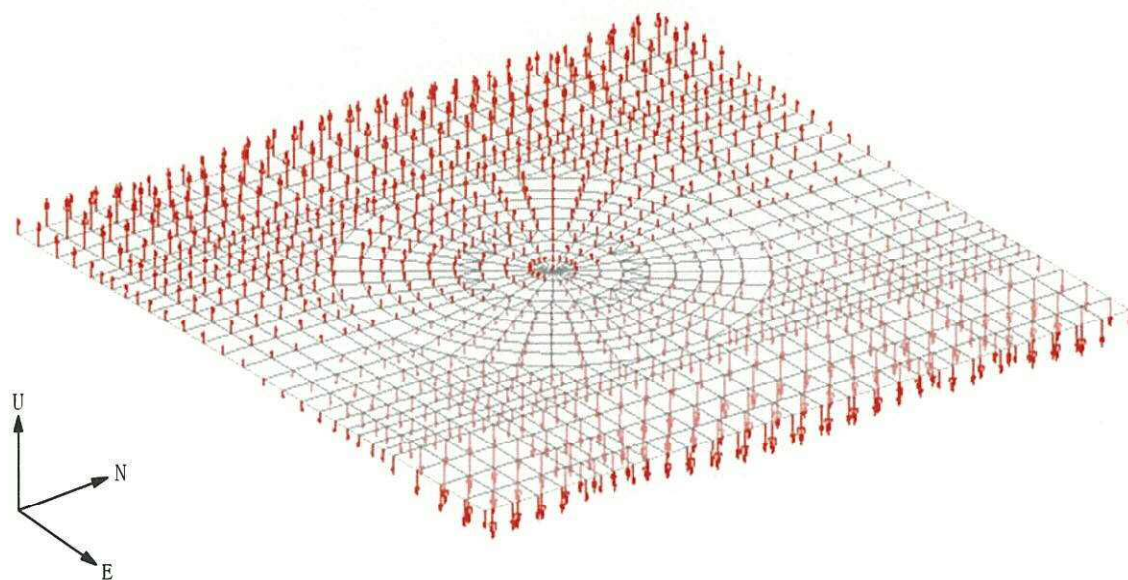
(b) 基礎スラブの地震力

図 9-4 FEMモデルに作用させる水平力 (EW 方向)





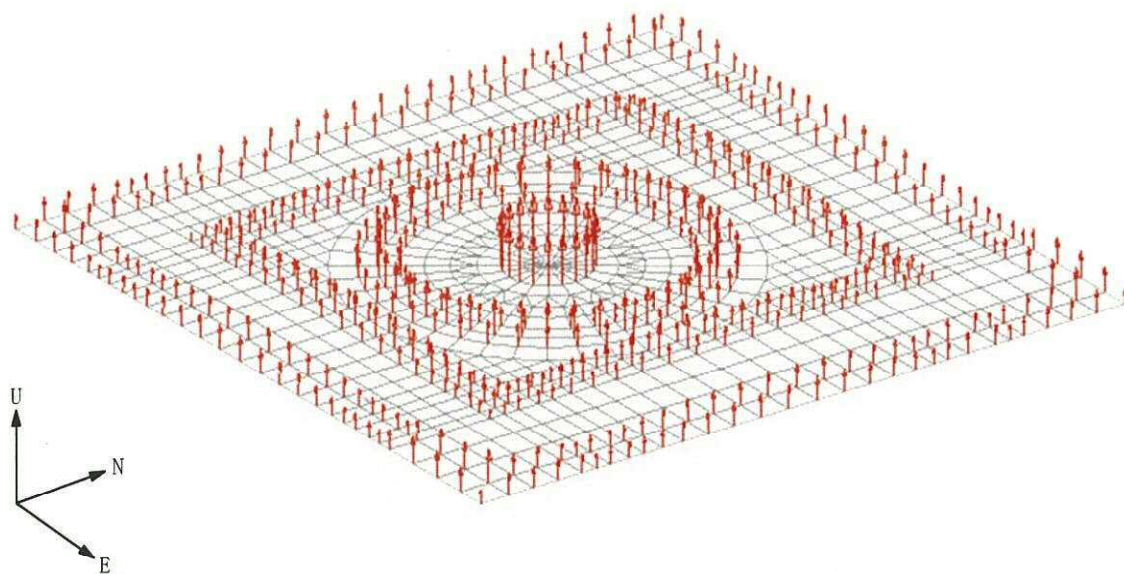
(a) 上部構造物の地震力



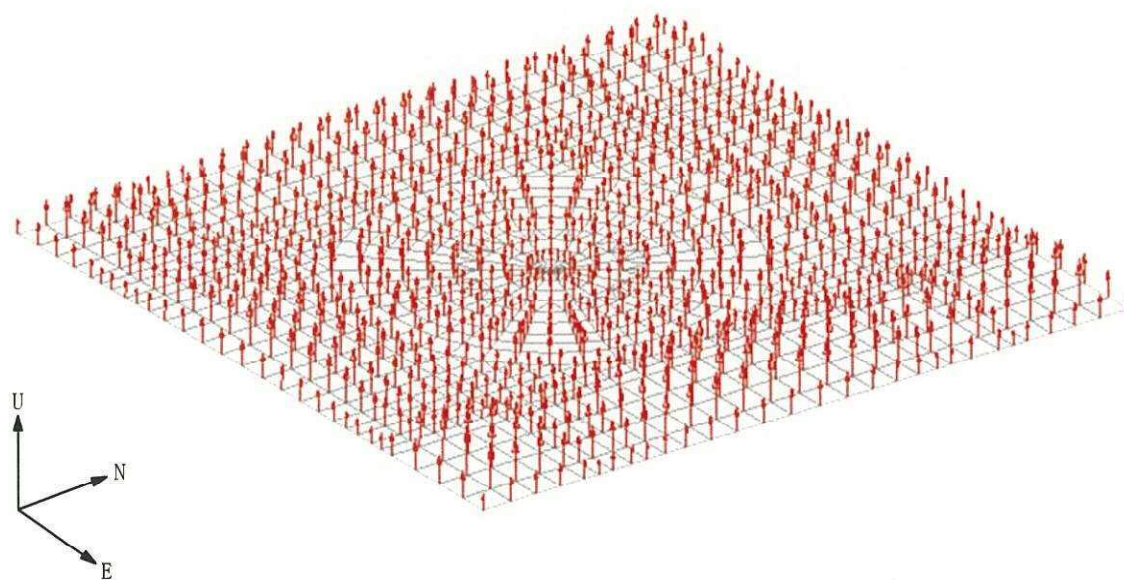
(b) 基礎スラブの地震力

図 9-5 FEMモデルに作用させる曲げモーメント (EW 方向)





(a) 上部構造物の地震力



(b) 基礎スラブの地震力

図 9-6 FEMモデルに作用させる鉛直力



別紙 原子炉建屋基礎盤の応力解析における荷重の入力方法について



## 目次

1. 荷重の入力位置..... 別紙-1
2. 荷重の入力方法..... 別紙-7



## 1. 荷重の入力位置

各荷重について、考慮する位置を以下に示す。

### (a) 耐震壁（外部ボックス壁：O/W，内部ボックス壁：I/W 及びシェル壁：S/W）

耐震壁は壁芯位置に荷重を作用させる。なお、鉛直荷重については、壁面から 45 度方向に荷重が分配されると仮定し、壁芯の節点から基礎版厚さの半分（2.5 m）までの範囲に存在する節点に分配する。耐震壁から作用する荷重の入力位置を図 1 に示す。

### (b) 原子炉格納容器（PCV）及び原子炉本体の基礎（RPV 基礎）

PCV 及び RPV ペデスタルから作用する荷重は、各位置に対応する節点の支配長さに応じて節点荷重に変換して作用させる。PCV 及び RPV ペデスタルから作用する荷重の入力位置を図 2 に示す。

### (c) クエンチャサポート及びコラムサポート

クエンチャサポート及びコラムサポートは、円周上に配置されており、図 3 に示すように、設置位置近傍の節点に等分割で作用させる。

### (d) サプレッションプール水

サプレッションプール水から作用する静水圧は、PCV 内部に等分布面荷重として作用させる。PCV 及び RPV ペデスタルから作用する荷重の入力位置を図 4 に示す。

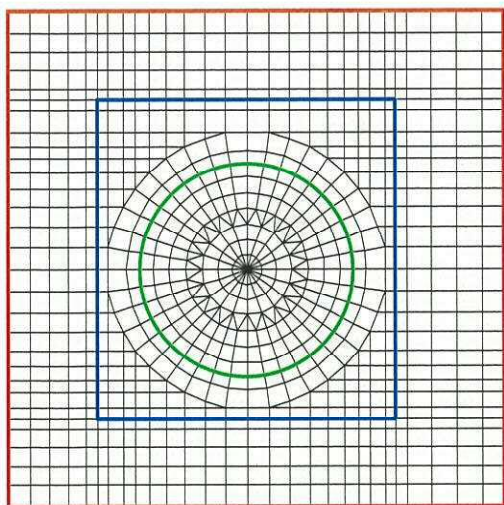
### (e) 基礎盤自重

基礎盤の自重は、単位体積重量  $24 \text{ kN/m}^3$  として考慮する。また、荷重の合計値を質点系モデルと整合させるために基礎盤全体に作用させている荷重については、基礎盤上の節点の支配面積に応じて節点荷重として考慮する。

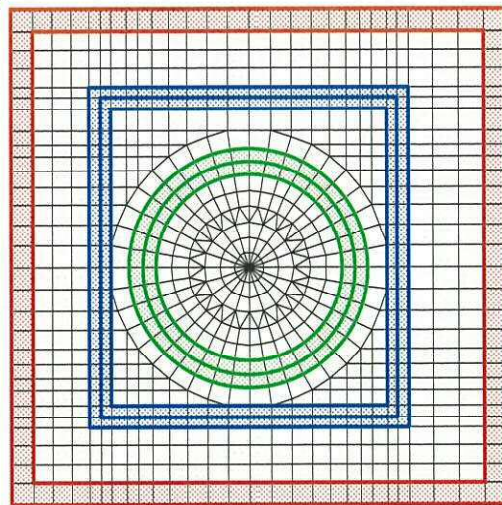
### (f) 土圧荷重

土圧荷重は、基礎版そのものに作用する土圧及び地下外壁から基礎上端に作用する荷重を考慮する。地下外壁から作用する土圧荷重は、図 5 に示すように、外壁を梁として切り出したモデルの脚部固定端反力が基礎上端位置に作用するものとし、基礎版中央におけるせん断力による付加曲げモーメント及び基礎版側面に作用する付加水平力を考慮し、節点の支配長さに応じて節点水平力及び節点モーメントとして考慮する。





(a) 水平荷重

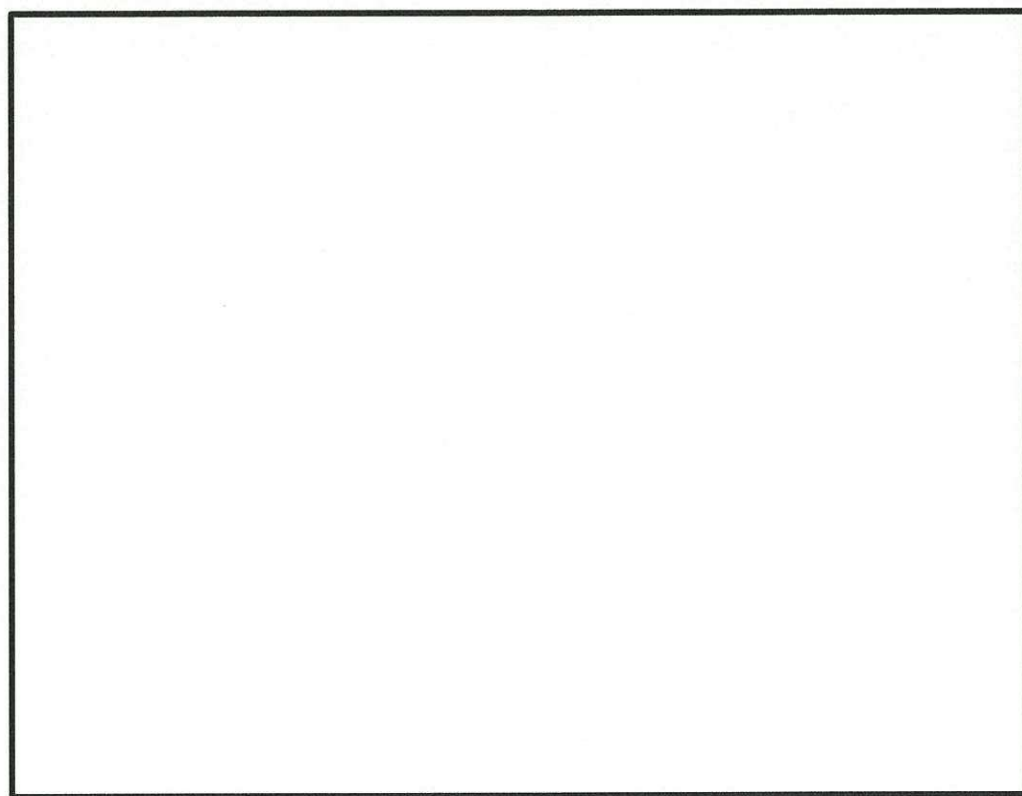


(b) 鉛直荷重

— 0/W

— I/W

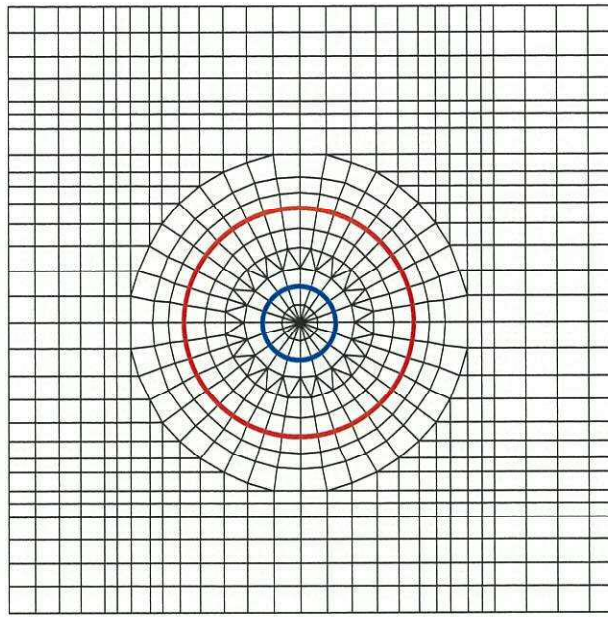
— S/W



概略平面図 (EL. -4.0 m)

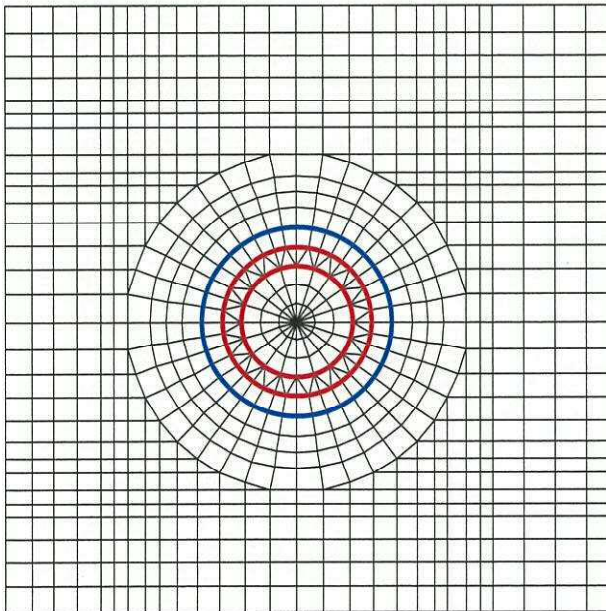
図1 荷重の入力位置 (耐震壁)





— PCV — RPV 基礎

図2 荷重の入力位置 (PCV 及び RPV 基礎)



●解析上のクエンチャサポート位置 [図3(1/2)]

内側：半径 (r) = 6202mm

外側：半径 (r) = 8440mm

●解析上のコラムサポート位置 [図3(1/2)]

半径 (r) = 10670mm

●図面上のクエンチャサポート位置 [図3(2/2)]

内側：半径 (r) = 6784mm

外側：半径 (r) = 8827mm

●図面上のコラムサポート位置 [図3(2/2)]

半径 (r) = 10360mm

— クエンチャサポート — コラムサポート

図3 荷重の入力位置 (クエンチャサポート及びコラムサポート) (1/2)



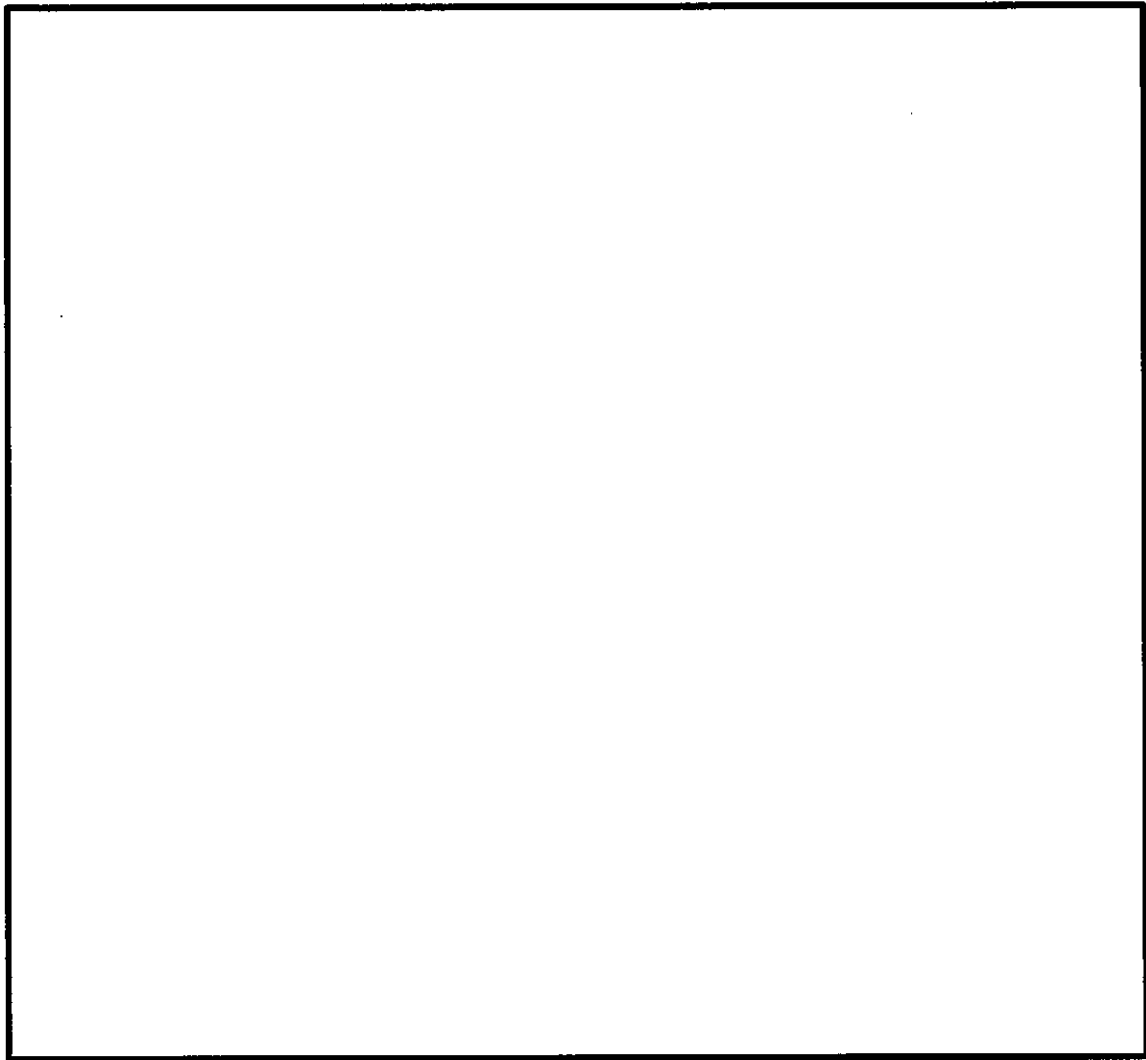


図3 荷重の入力位置（クエンチャサポート及びコラムサポート位置 平面図）（2／2）



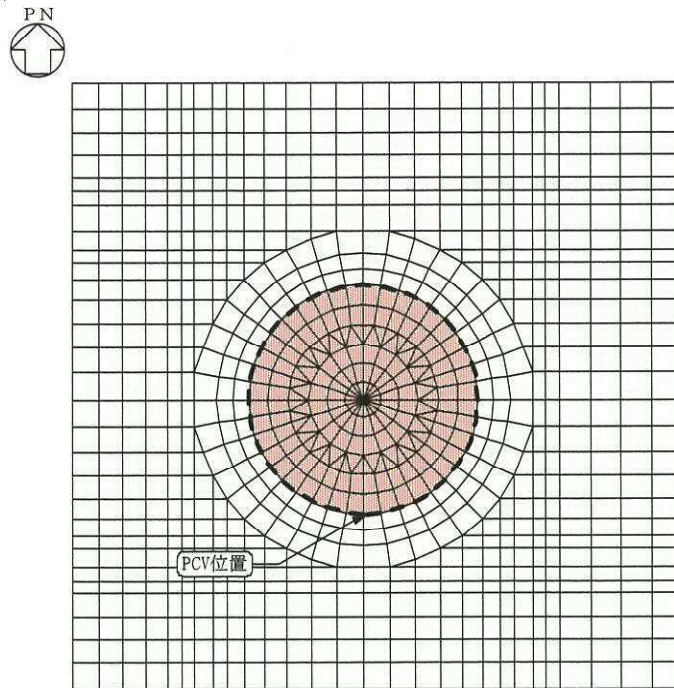


図 4 荷重の入力位置（サプレッションプール水）（1/2）

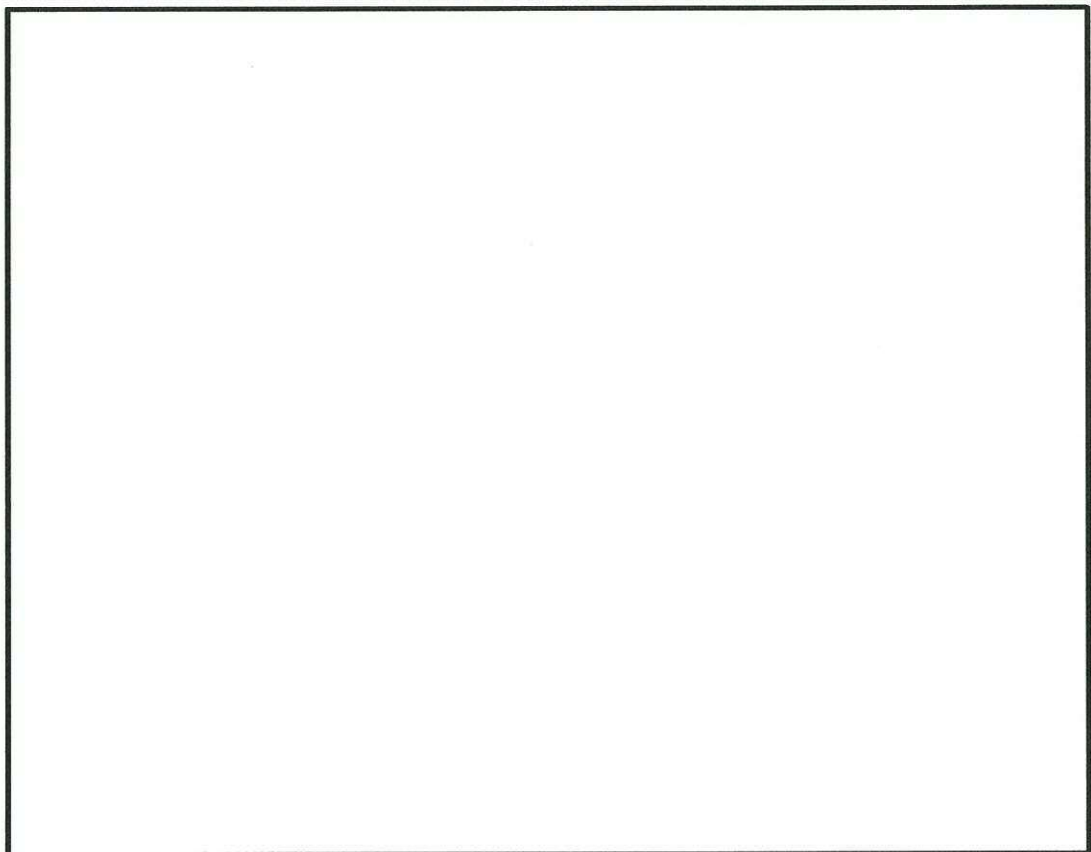


図 4 荷重の入力位置（原子炉格納容器内 サプレッションプール 断面図）（2/2）



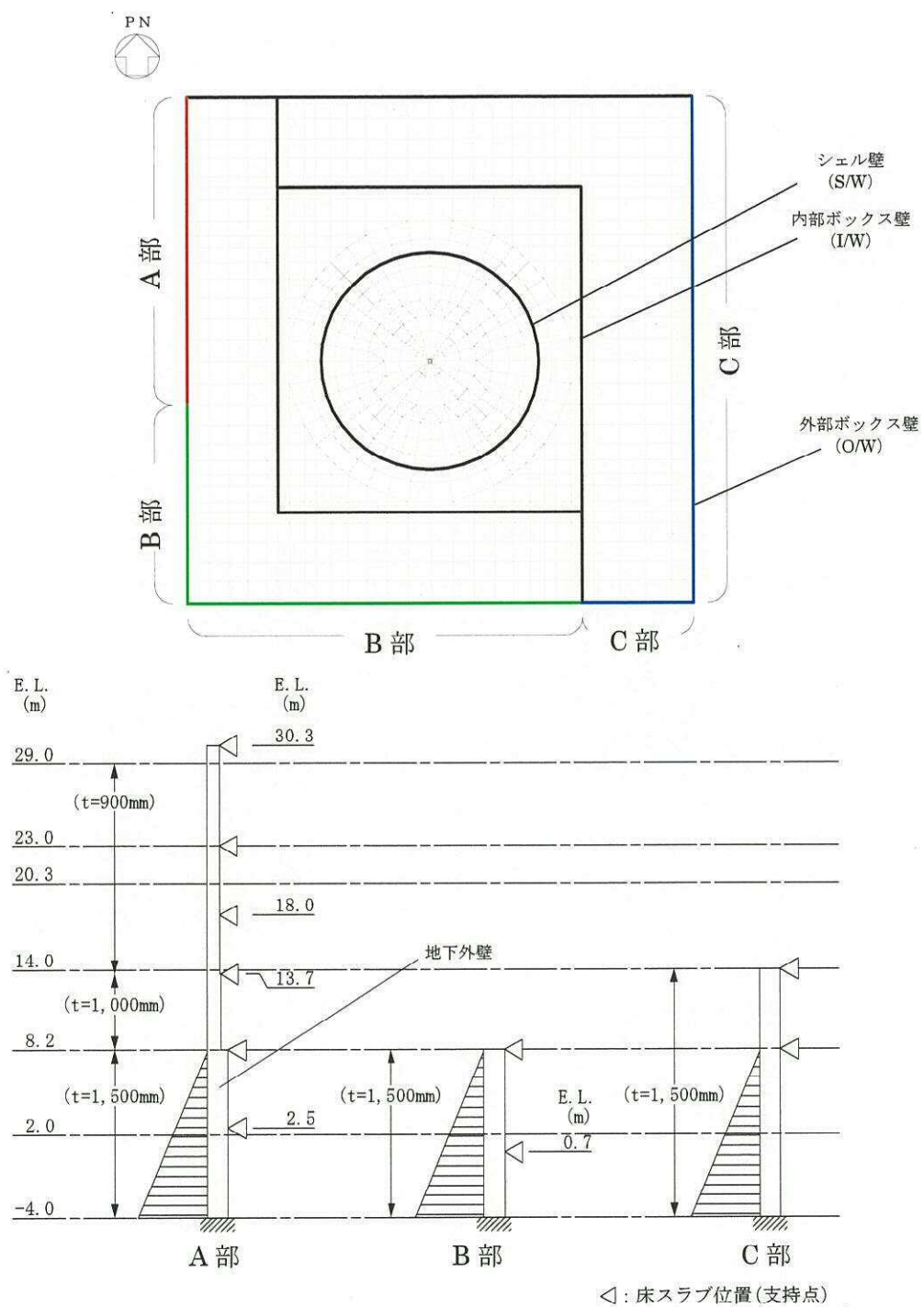


図5 土圧荷重算定の解析モデル



## 2. 荷重の入力方法

### (a) せん断力

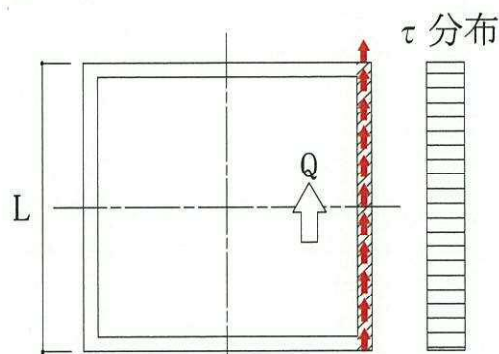
- ・ 矩形部 (O/W 及び I/W)

ウェブ部に等分布する線荷重として考慮し、各節点の支配長さ $\Delta L$ に応じて節点荷重 $\Delta Q$ として入力する。

$$\Delta Q = \frac{Q}{L} \Delta L$$

ここで、 $Q$  : 対象部の負担せん断力

$L$  : 対象部の長さ



【地震時の荷重入力】

- ・ 円筒部 (S/W, PCV 及び RPV ペデスタル)

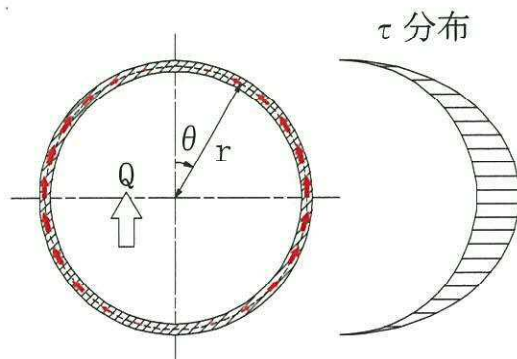
X方向もしくはY方向に作用するせん断力は、円周方向に sin 分布する線荷重として考慮し、各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて円周方向の節点荷重 $\Delta Q$ として入力する。

半径方向に作用するせん断力は、半径方向の等分布荷重として考慮し、各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点荷重 $\Delta Q$ として入力する。

$$\Delta Q = -\frac{Q}{\pi} \sin \theta \Delta\theta \quad (\text{X 方向 or Y 方向}) \quad \Delta Q = \frac{Q}{2\pi} \Delta\theta \quad (\text{半径方向})$$

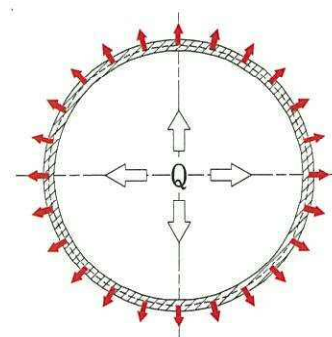
ここで、 $Q$  : 対象部の負担せん断力

$\theta$  : 載荷方向軸からの対象節点の角度



(a) X 方向 or Y 方向

【地震時の荷重入力】



(b) 半径方向

【圧力、水力学的動荷重による入力】



・円筒部（クエンチャサポート及びコラムサポート）

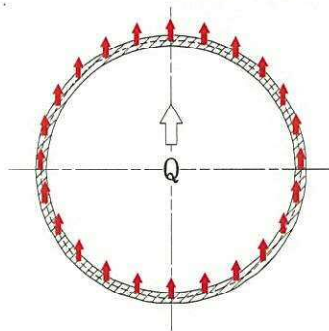
X方向もしくはY方向に作用するせん断力は，考慮する台数分の合計せん断力を円周上の等分布荷重として各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点荷重 $\Delta Q$ として入力する。

半径方向に作用するせん断力は，考慮する台数分の合計せん断力を半径方向の等分布荷重として考慮し，各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点荷重 $\Delta Q$ として入力する。

$$\Delta Q = \frac{Q}{2\pi} \Delta\theta$$

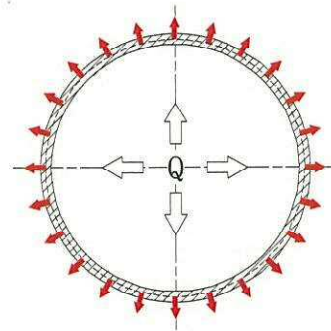
ここで， $Q$  : 対象部に考慮する台数分の合計せん断力

$\theta$  : 载荷方向軸からの対象節点の角度



(a) X方向 or Y方向

【地震時の荷重入力】



(b) 半径方向

【圧力，水力学的動荷重による入力】



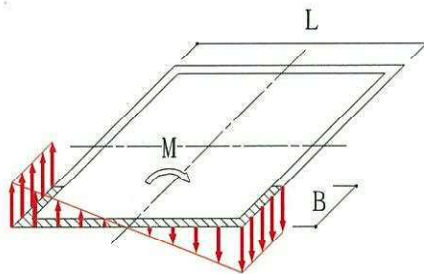
(b) 曲げモーメント

- ・矩形部 (O/W 及び I/W)

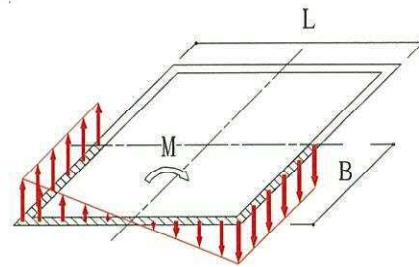
鉛直方向の等変分布する面荷重として考慮し、節点の支配面積 $\Delta A$ に応じて節点荷重 $\Delta P$ として入力する。なお、フランジ幅 $B$ は、O/W については、壁外面から 5.0 m の範囲、I/W については、全幅とする。

$$\Delta P = \frac{M}{I} y \Delta A$$

ここで、 $M$  : 対象部の負担モーメント  
 $I$  : 対象部の断面 2 次モーメント  
 $y$  : 対象部の図心からの対象節点の距離



(a) O/W



(b) I/W

【地震時の荷重入力】

- ・円筒部 (S/W, PCV 及び RPV ペデスタル)

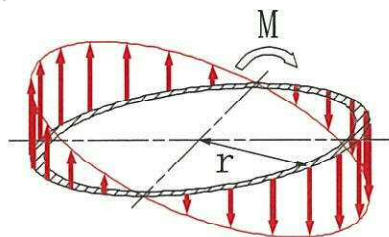
X 方向もしくは Y 方向に作用する曲げモーメントは鉛直方向の等変分布する線荷重もしくは面荷重として考慮\*し、各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点荷重 $\Delta P$ として入力する。

半径方向に作用する曲げモーメントは、半径方向の等分布の曲げモーメントとして考慮し、各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点曲げモーメント $\Delta M$ として入力する。

$$\Delta P = \frac{M}{I} y \Delta A \quad (X \text{ 方向 or } Y \text{ 方向}) \quad \Delta M = \frac{M}{2\pi} \Delta\theta \quad (\text{半径方向})$$

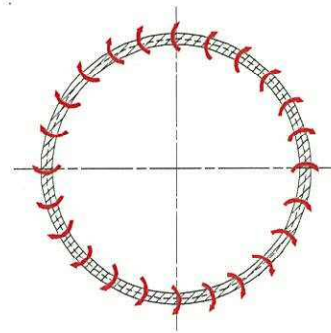
ここで、 $M$  : 対象部の負担モーメント  
 $I$  : 対象部の断面 2 次モーメント  
 $r$  : 対象部の半径  
 $y$  : 対象部の図心からの対象節点の距離

注記 \* : S/W は図 1 より面荷重とし、PCV 及び RPV は図 2 より線荷重として与える。



(a) X 方向 or Y 方向

【地震時の荷重入力】



(b) 半径方向

【圧力、水力学的動荷重による入力】



- ・円筒部（クエンチャサポート及びコラムサポート）

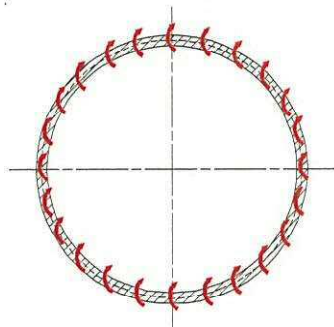
X方向もしくはY方向に作用する曲げモーメントは、考慮する台数分の合計曲げモーメントを円周上の各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点曲げモーメント $\Delta M$ として入力する。

半径方向に作用する曲げモーメントは、半径方向の等分布の曲げモーメントとして考慮し、各節点の支配角度 $\Delta\theta$ に応じて節点曲げモーメント $\Delta M$ として入力する。

$$\Delta M = \frac{M}{2\pi} \Delta\theta$$

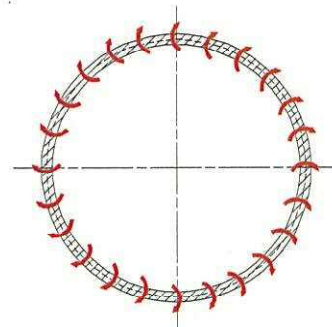
ここで、 $M$  : 対象部の負担モーメント

$\theta$  : 載荷方向軸からの対象節点の角度



(a) X方向 or Y方向

【地震時の荷重入力】



(b) 半径方向

【圧力，水力学的動荷による入力】



補足-370-5【中央制御室遮蔽の床スラブの耐震性評価に関する

補足説明】



## 目次

1. 概要 .....	1
2. 評価方針 .....	2
3. 振動特性の確認 .....	3
3.1 解析方法 .....	3
3.2 固有値解析結果 .....	7
4. 応答増幅の影響評価 .....	10
4.1 評価方法 .....	10
4.2 応力解析方法 .....	10
4.3 評価結果 .....	15

別紙1 ねじれの影響を考慮した耐震壁及びスラブの検討

別紙2 天井スラブの応答増幅を考慮した場合の影響評価



## 1. 概要

本資料は、東海第二発電所の中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書におけるスラブの鉛直地震力に対する耐震評価を補足的に説明するものである。

本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」



## 2. 評価方針

中央制御室遮蔽を構成するスラブは気密性及び遮蔽性を維持するための構成部材の一つであり、基準地震動  $S_0$  による地震力に対し機能維持が求められている。

地震時の機能維持の確認では、当該スラブは十分に剛であるとし、地震荷重は質点系モデルにおいて、当該部が位置する質点の鉛直方向の応答値を用いている。

ここでは、当該スラブの支持条件を適切にモデル化した 3 次元 FEM モデルを用いた固有値解析により当該スラブの振動特性を確認し、1 次固有振動数が 20 Hz を下回る場合には、当該スラブの応答増幅について影響評価を行う。



### 3. 振動特性の確認

#### 3.1 解析方法

評価対象部位の振動性状の確認は、3次元FEMモデルを用いた固有値解析により行う。

図3-1に示す耐震壁及び梁で囲まれたスラブの範囲のうち、スラブのスパンから判断して、鉛直方向地震力による増幅の影響が最も大きいと思われる部位を評価対象部位としてモデル化する。また、梁についても幅の半分をモデル化し、梁の柔性の影響を考慮する。なお、床部については開口についてもモデル化する。解析モデルに使用するFEM要素は、形状及び厚さを踏まえたシェル要素とする。境界条件は、添付書類「V-2-8-4-2 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」では、鉄筋コンクリート造の梁もしくは耐震壁に支持されている状況に応じ、4辺固定版または両端固定梁としてモデル化している。本検討における境界条件は、耐震壁で支持されている範囲を固定とし、梁の上部もしくは下部に壁がない場合に、鉛直方向のみ自由とする。

固有値解析には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1」を用いる。材料物性値を表3-1に、解析モデルを図3-2に示す。

表 3-1 鉄筋コンクリートの物性値

コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
22.1	$2.21 \times 10^4$	0.2



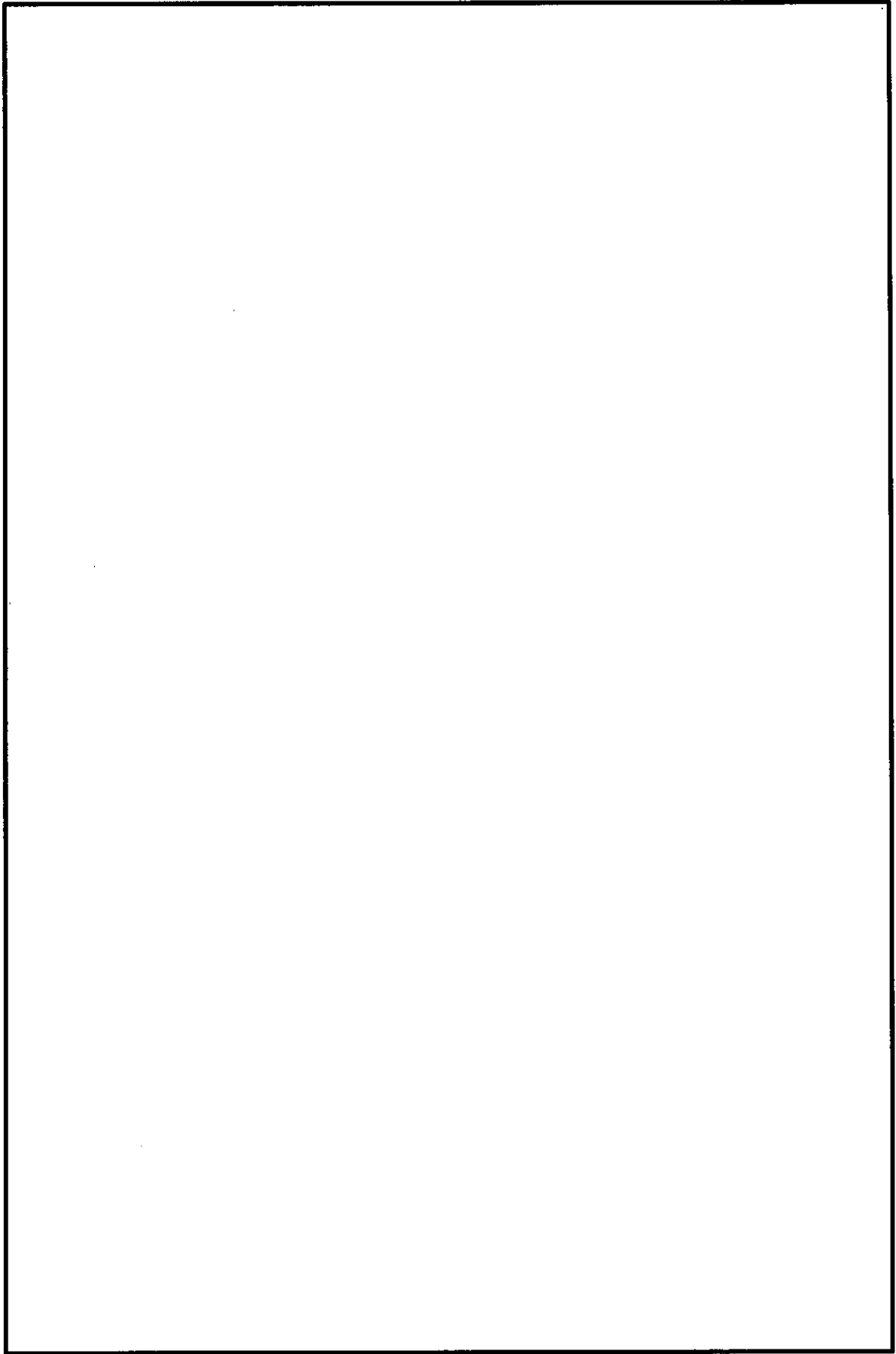
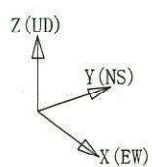
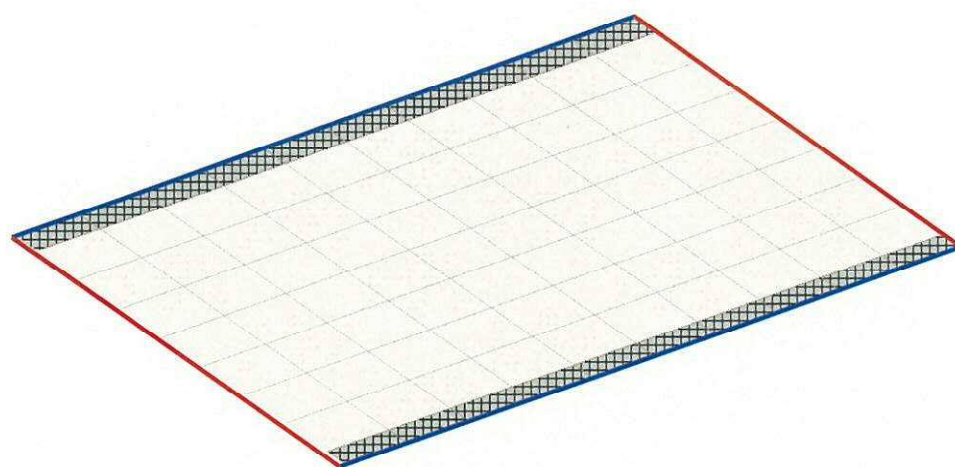


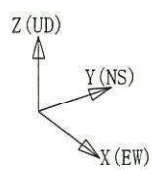
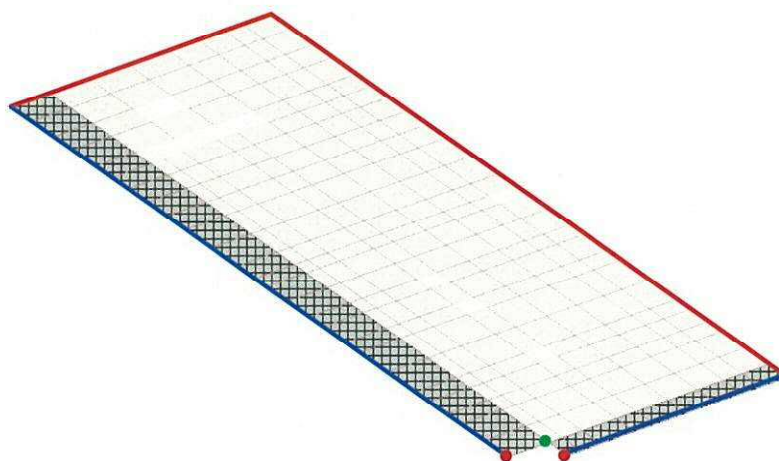
图 3-1 評価対象部位





— : 固定  
 — : 鉛直方向のみ自由  
 (ハッチング部は梁の範囲を示す)

(a) 天井スラブ

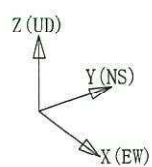
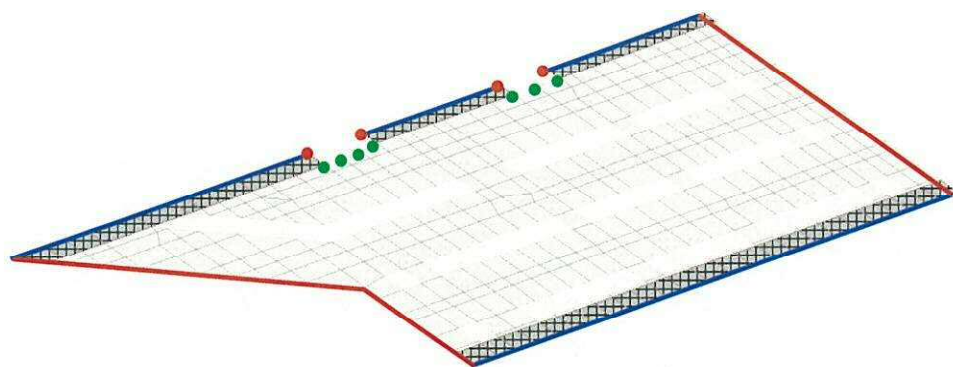


— : 固定  
 — : 鉛直方向のみ自由  
 ● : 鉛直方向拘束  
 (ハッチング部は梁の範囲を示す)

(b) 床スラブ①

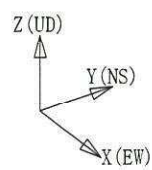
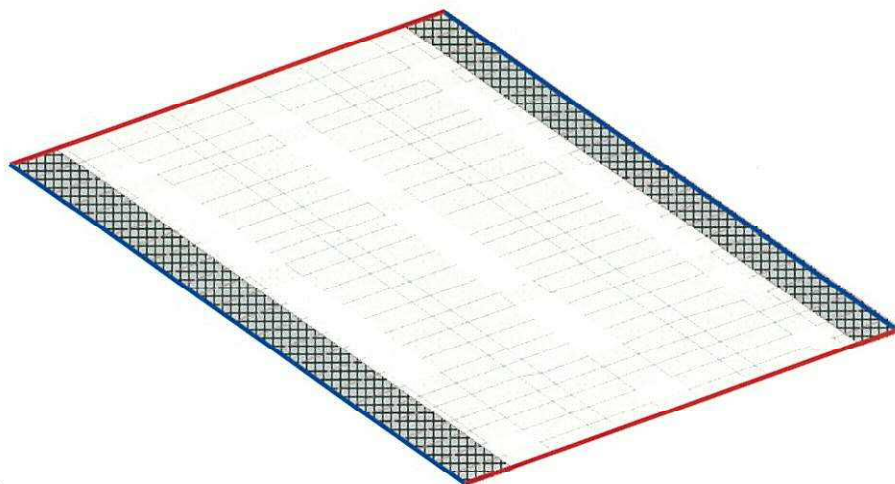
図 3-2 (1/2) 解析モデル図





- : 固定
  - : 鉛直方向のみ自由
  - : 鉛直方向拘束
- (ハッチング部は梁の範囲を示す)

(c) 床スラブ②



- : 固定
  - : 鉛直方向のみ自由
- (ハッチング部は梁の範囲を示す)

(d) 床スラブ③

図 3-2 (2/2) 解析モデル図



### 3.2 固有値解析結果

床及び天井スラブの固有振動数を表 3-2 に、モード図を図 3-3 に示す。

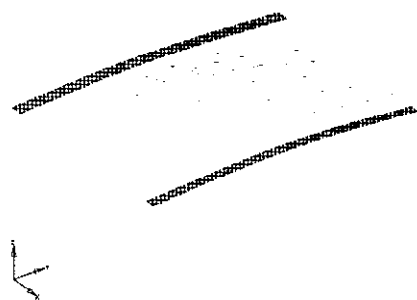
1 次固有振動数が 20 Hz を下回っているスラブについては応答増幅の影響評価を行うこととする。なお、天井スラブ及び床スラブ①の 1 次固有振動数は 20 Hz を上回っており、当該部位の応答の増幅は考慮しない。

表 3-2 床及び天井スラブの固有振動数

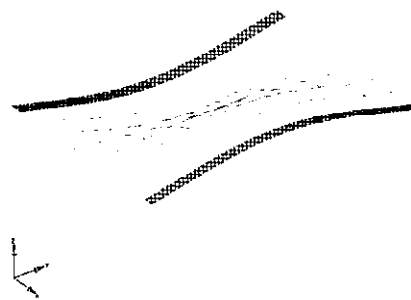
部 位	次 数	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
天井スラブ	1 次	21.6	11.64
	2 次	36.3	−0.27
	3 次	36.4	0.00
床スラブ①	1 次	32.1	9.33
	2 次	56.0	−0.31
	3 次	76.2	3.51
床スラブ②	1 次	15.9	10.77
	2 次	27.4	−0.05
	3 次	30.1	−0.88
床スラブ③	1 次	16.3	11.13
	2 次	28.7	−0.42
	3 次	30.0	0.19

注記 \*：一般化質量の値が 1.0 になるように正規化した値を示す。

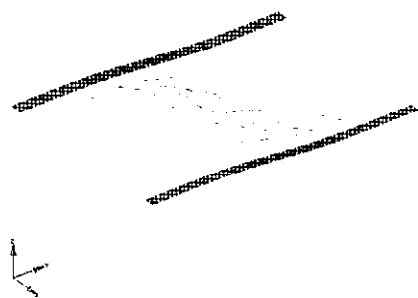




1 次 : 21.6 Hz

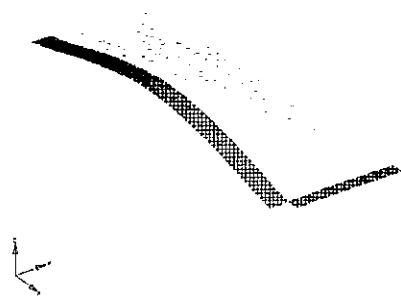


2 次 : 36.3 Hz



3 次 : 36.4 Hz

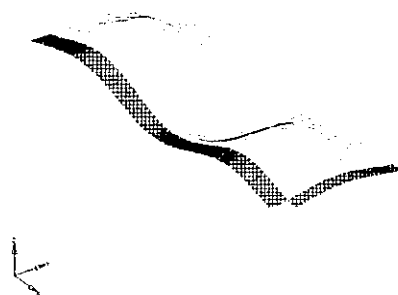
(a) 天井スラブ



1 次 : 32.1 Hz



2 次 : 56.0 Hz

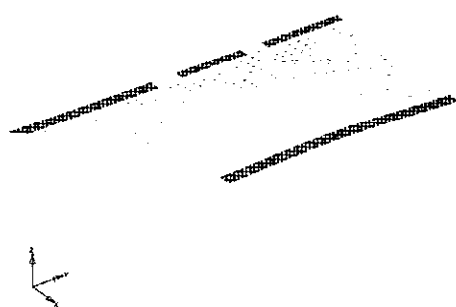


3 次 : 76.2 Hz

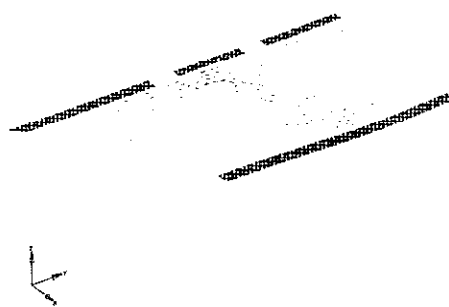
(b) 床スラブ①

図 3-3 (1/2) 床及び天井スラブのモード図

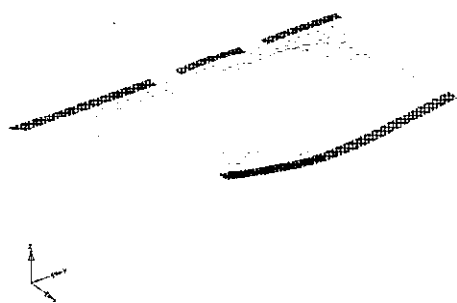




1 次 : 15.9 Hz

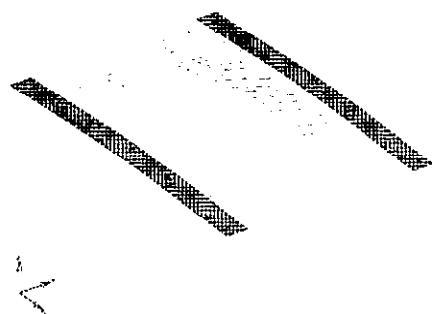


2 次 : 27.4 Hz

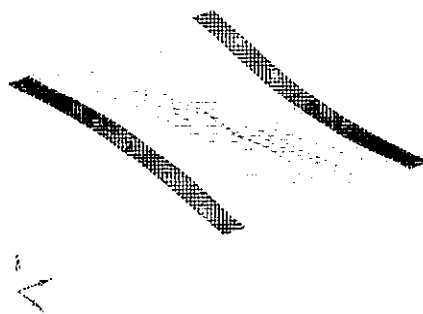


3 次 : 30.1 Hz

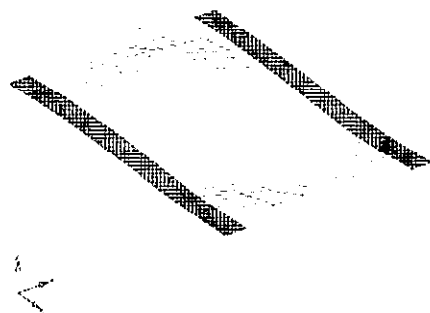
(c) 床スラブ②



1 次 : 16.3 Hz



2 次 : 28.7 Hz



3 次 : 30.0 Hz

(d) 床スラブ③

図 3-3 (2/2) 床及び天井スラブのモード図



#### 4. 応答増幅の影響評価

固有値解析の結果、1 次固有振動数が 20 Hz を下回ったスラブを評価対象とし、振動特性を踏まえ鉛直方向の応答増幅による影響評価を行う。

##### 4.1 評価方法

鉛直方向の応答増幅の影響評価にあたっては、中央制御室床レベルの質点がないため、安全側に直上階レベルに位置する質点の床応答スペクトルより、評価対象の固有振動数に相当する応答加速度から鉛直震度を算出し、その鉛直震度を用いて得られた応力により影響評価を行う。

##### 4.2 応力解析方法

###### (1) 荷重ケース

作用荷重のうち地震荷重は、固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、地震荷重は鉛直下向きの場合のみ考慮する。

###### (2) 発生応力の算出

影響評価を行うスラブにおいて、基準地震動  $S_0$ （鉛直方向）に対する質点モデルの床レベルの加速度応答スペクトル図より、スラブの 1 次固有振動数相当の最大応答加速度を求め、この最大応答加速度を重力加速度で除すことにより鉛直震度を算出する。

地震時の発生応力は、長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を鉛直震度により係数倍することで算出する。なお、長期荷重時の端部モーメント、中央モーメントは「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）」に準拠して算出する。

評価対象に用いる床応答スペクトルを図 4-1～図 4-3 に、それらより算出した鉛直震度を表 4-1 に示す。また、長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 4-2 に、鉛直震度より算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 4-3 に示す。



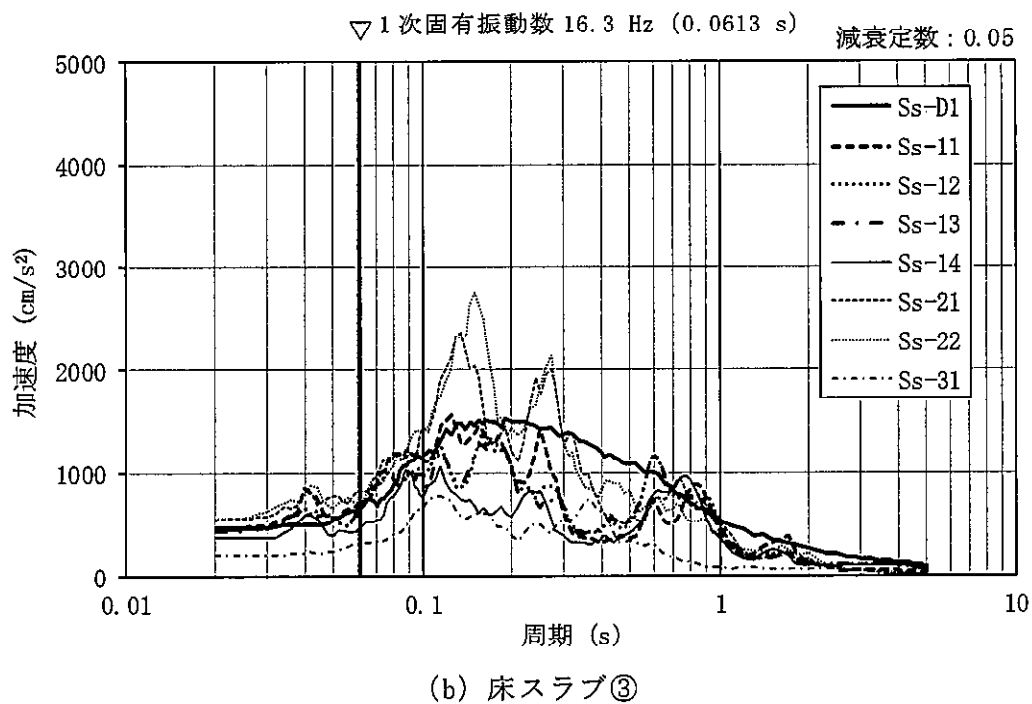
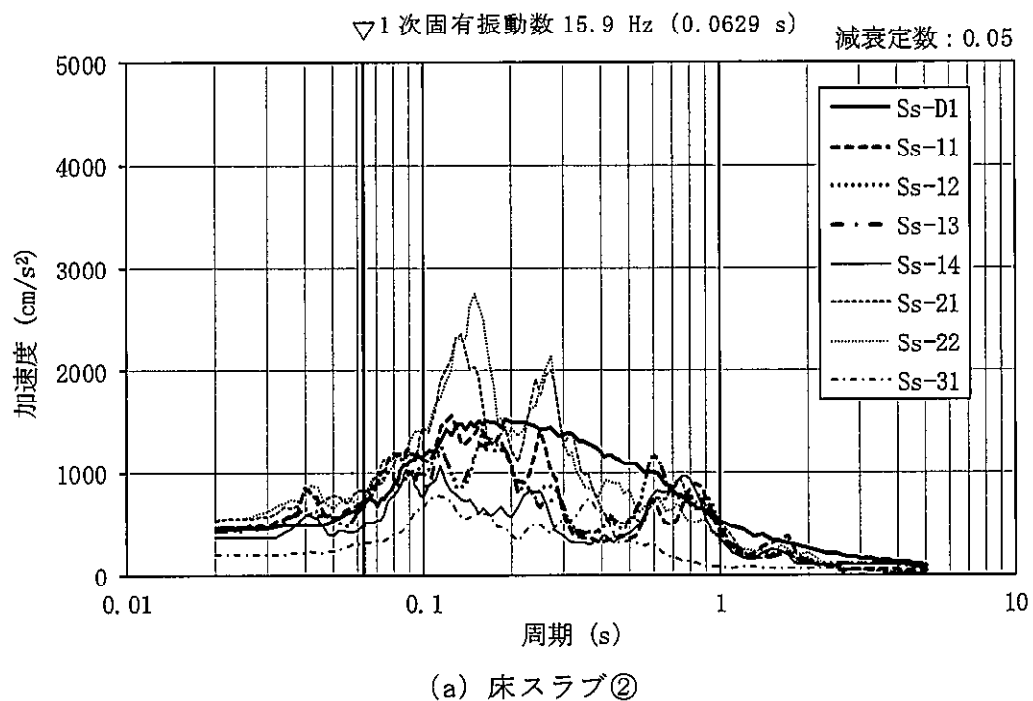


図 4-1 評価に用いる床応答スペクトル  
(質点番号 7,  $S_s$ , 基本ケース, 鉛直方向)



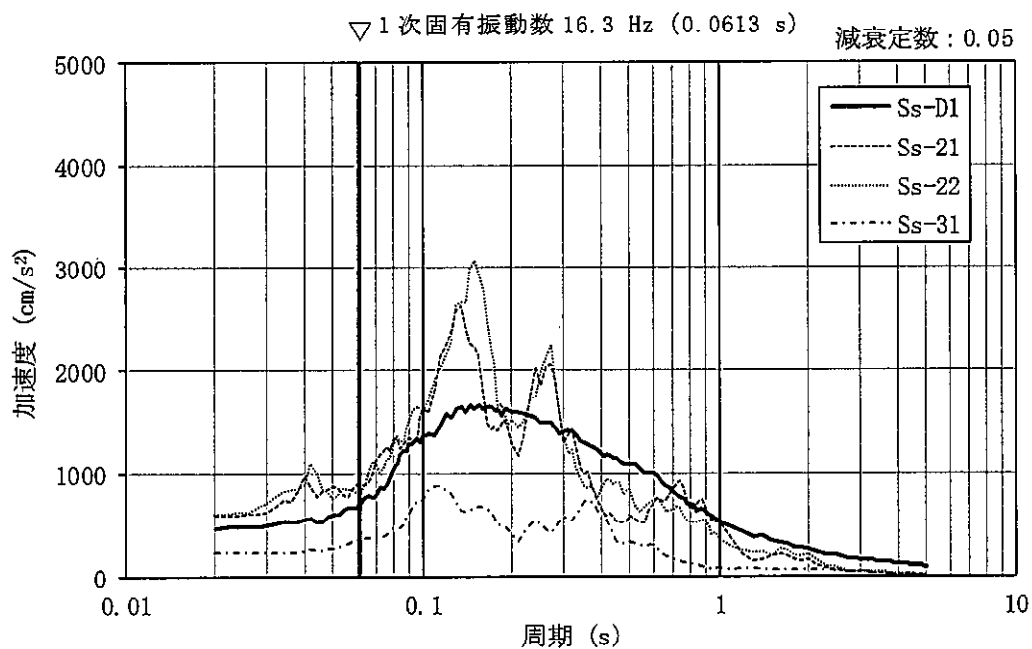
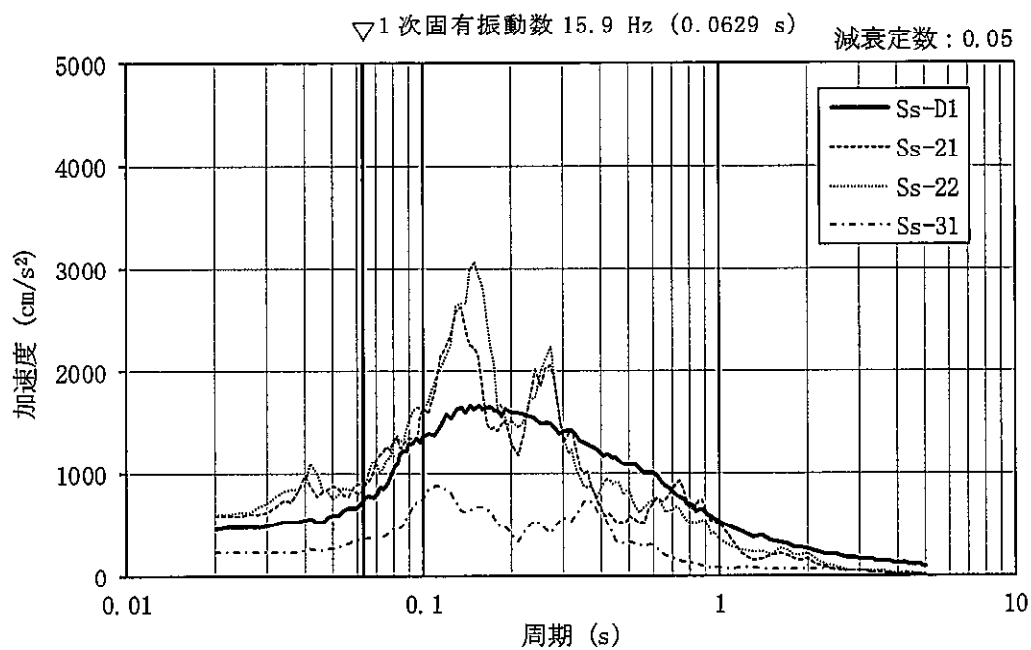


図 4-2 評価に用いる床応答スペクトル  
(質点番号 7,  $S_s$ ,  $+\sigma$  相当, 鉛直方向)



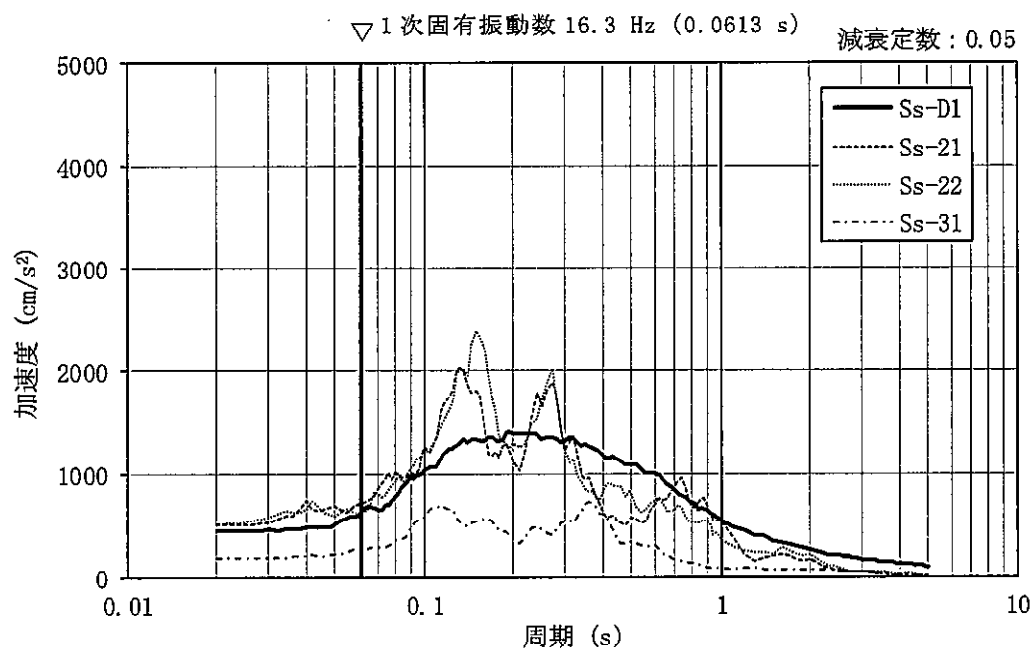
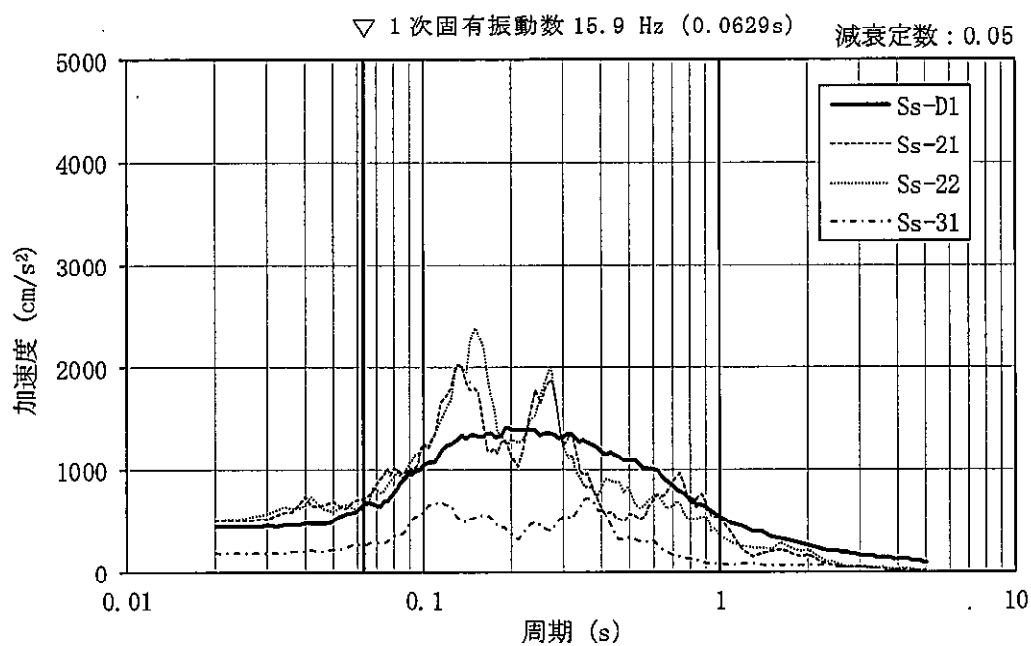


図 4-3 評価対象に用いる床応答スペクトル  
(質点番号 7,  $S_s$ ,  $-\sigma$  相当, 鉛直方向)



表 4-1 1次固有振動数を考慮した鉛直震度

部 位	1次固有振動数 (Hz)	基 本*1 (cm/s <sup>2</sup> )	地盤 +σ相当*2 (cm/s <sup>2</sup> )	地盤 -σ相当*2 (cm/s <sup>2</sup> )	最大値 (cm/s <sup>2</sup> )	検討用*3 鉛直震度
床スラブ②	15.9	824	884	723	884	1.91
床スラブ③	16.3	825	893	700	893	1.92

注記 \*1: S<sub>s</sub>-D1, S<sub>s</sub>-11, S<sub>s</sub>-12, S<sub>s</sub>-13, S<sub>s</sub>-14,  
S<sub>s</sub>-21, S<sub>s</sub>-22及びS<sub>s</sub>-31の最大値

\*2: S<sub>s</sub>-D1, S<sub>s</sub>-21, S<sub>s</sub>-22及びS<sub>s</sub>-31の最大値

\*3: 長期荷重を含む

表 4-2 長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力

部 位	スラブ厚 (mm)	方 向	端部モーメント (kN・m/m)	中央モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
床スラブ②	500	長辺 (NS)	317.4	158.7	179.7
床スラブ③	500	長辺 (EW)	317.4	158.7	179.7

表 4-3 鉛直震度より算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力

部 位	検討用 鉛直震度	方 向	端部モーメント (kN・m/m)	中央モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
床スラブ②	1.91	長辺 (NS)	606.2	303.1	343.2
床スラブ③	1.92	長辺 (EW)	609.4	304.7	345.0



#### 4.3 評価結果

中央制御室遮蔽を構成するスラブについて、鉛直震度を乗じた発生応力に対する評価結果を表 4-4 に示す。スラブの応答増幅を考慮した場合においても、発生応力が「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）」に基づく許容値を超えないことを確認した。



表 4-4 (1/2) 評価結果 (床スラブ②)

方 向		NS 方向
厚さ $t$ (mm) $\times$ 幅 $b$ (mm)		500 $\times$ 1000
有効せい $d$ (mm)		400
配 筋	上 端	D32@140 (5673 mm <sup>2</sup> )
	下 端	D32@140 (5673 mm <sup>2</sup> )
発生曲げモーメント $M$ (kN $\cdot$ m)		606.2
許容値 $M_A$ (kN $\cdot$ m)		685
検定値 $M/M_A$		0.89
発生せん断力 $Q$ (kN)		343.2
せん断スパン比による割増係数 $\alpha$		1.00
許容値 $Q_A$ (kN)		371
検定値 $Q/Q_A$		0.93
判 定		可



表 4-4 (2/2) 評価結果 (床スラブ③)

方 向		EW 方向
厚さ $t$ (mm) $\times$ 幅 $b$ (mm)		500 $\times$ 1000
有効せい $d$ (mm)		400
配 筋	上 端	D32@140 (5673 mm <sup>2</sup> )
	下 端	D32@140 (5673 mm <sup>2</sup> )
発生曲げモーメント $M$ (kN $\cdot$ m)		609.4
許容値 $M_A$ (kN $\cdot$ m)		685
検定値 $M/M_A$		0.89
発生せん断力 $Q$ (kN)		345.0
せん断スパン比による割増係数 $\alpha$		1.00
許容値 $Q_A$ (kN)		371
検定値 $Q/Q_A$		0.93
判 定		可



## 別紙1 ねじれの影響を考慮した耐震壁及びスラブの検討



## 目次

1. 概要.....	別紙 1-1
2. ねじれの影響を考慮した耐震壁の評価.....	別紙 1-1
3. ねじれの影響を考慮したスラブの評価.....	別紙 1-4



## 1. 概要

中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書において、地震応答解析による耐震壁の評価を行っている。中央制御室は偏心して位置しており、耐震壁はねじれの影響を受ける可能性がある。各その場合、耐震壁の挙動の差により中央制御室のスラブに面内せん断力が生じる。

ここでは、中央制御室におけるねじれの影響を考慮した耐震壁及びスラブの評価を行う。

## 2. ねじれの影響を考慮した耐震壁の評価

### 2.1 評価方針

「補足 370-11 原子炉建屋の耐震性評価に関する補足説明」に示す、ねじれを考慮して算定した各耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。ねじれを考慮して算定した各耐震壁の最大せん断ひずみを表 2-1 に示す。

なお、ねじれを考慮した各耐震壁のせん断ひずみの評価に用いた地震力は、基準地震動  $S_{s-D1} \sim S_{s-31}$  及び地盤物性のばらつき ( $S_{s-D1}$ ,  $S_{s-21}$ ,  $S_{s-22}$ ,  $S_{s-31}$ ) を考慮した地震力の包絡値を用いている。



表 2-1 各耐震壁の最大せん断ひずみ

(a) NS 方向

最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )					
EL. (m)	I/W-W	I/W-E	S/W	O/W-W	O/W-E
63.65					
	0.11	0.11			
57.00	0.20	0.20			
46.50	0.27	0.26	0.04		
38.80	0.56	0.54	0.18		
34.70	1.22	1.17	0.56		
29.00	0.85	0.47	0.46	0.23	
20.30	0.75	0.55	0.79	0.43	
14.00	0.32	0.31	0.22	0.21	0.15
8.20	0.21	0.22	0.18	0.18	0.14
2.00	0.24	0.24	0.23	0.23	0.22
-4.00					

注 : I/W-W : 西側内部ボックス壁  
I/W-E : 東側内部ボックス壁  
O/W-W : 西側外部ボックス壁  
O/W-E : 東側外部ボックス壁

(b) EW 方向

最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )					
EL. (m)	I/W-N	I/W-S	S/W	O/W-N	O/W-S
63.65					
	0.11	0.11			
57.00	0.21	0.21			
46.50	0.12	0.13	0.05		
38.80	0.22	0.26	0.14		
34.70	0.54	0.65	0.36		
29.00	1.59	0.36	0.66	0.23	
20.30	0.63	1.12	0.73	0.56	
14.00	0.59	0.44	0.58	0.27	
8.20	0.24	0.24	0.20	0.18	0.14
2.00	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22
-4.00					

注 : I/W-N : 北側内部ボックス壁  
I/W-S : 南側内部ボックス壁  
O/W-N : 北側外部ボックス壁  
O/W-S : 南側外部ボックス壁

     : 評価対象部位



## 2.2 評価結果

ねじれを考慮した中央制御室遮蔽の耐震壁の最大せん断ひずみを表2-2に示す。

表2-2より,ねじれを考慮して算定した各耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

表 2-2 ねじれを考慮した中央制御室遮蔽の耐震壁の最大せん断ひずみ

(a) NS 方向

部 位	せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )
外部ボックス壁 (西側)	0.43
内部ボックス壁 (西側)	0.85

(b) EW 方向

部 位	せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )
外部ボックス壁 (北側)	0.56
内部ボックス壁 (北側)	1.59



### 3. ねじれの影響を考慮したスラブの評価

#### 3.1 評価方針

ねじれによる各耐震壁の挙動の差により生じるスラブのせん断ひずみについて確認する。スラブのせん断ひずみは、ねじれによる耐震壁間の相対変位をスラブの内法スパンで除して算定する。耐震壁間の相対変位は、地震応答解析による基礎版上端からの水平変位に、「補足 370-11 原子炉建屋の耐震性評価に関する補足説明」に示す、ねじれに対する補正係数を乗じて算定する。ここで、中央制御室天井スラブ及び床スラブ位置の水平変位は、線形補間により算定する。また、ねじれ補正係数は、天井部（EL. 23.0 m）については EL. 20.3 m～EL. 29.0 m の値を、床部（EL. 18.0 m）については EL. 14.0 m～EL. 20.3 m の値を用いる。

なお、検討は、水平変位が最も大きくなる基準地震動  $S_{\text{e}}-31$  に対して行う。また、建屋全体をモデル化した 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析結果に基づき、床スラブのせん断応力度から算出したせん断ひずみについて確認する。

基礎版上端からの水平変位を表 3-1 に、ねじれに対する補正係数を表 3-2 に、スラブのせん断ひずみを表 3-3 に示す。

表 3-1 地震応答解析による基礎版上端からの水平変位（基準地震動  $S_{\text{e}}-31$ ）

(a) NS 方向

EL. (m)	水平変位 (cm)	基礎版上端からの水平変位 (cm)
29.0	2.41	1.93
23.0 <sup>*1</sup>	2.00	1.52
20.3	1.81	1.33
18.0 <sup>*2</sup>	1.63	1.15
14.0	1.32	0.84
-4.0	0.48	—

注記 \*1 :

\*2 :

(b) EW 方向

EL. (m)	水平変位 (cm)	基礎版上端からの水平変位 (cm)
29.0	2.54	2.05
23.0 <sup>*1</sup>	2.13	1.64
20.3	1.94	1.45
18.0 <sup>*2</sup>	1.74	1.25
14.0	1.38	0.89
-4.0	0.49	—

注記 \*1 :

\*2 :



表 3-2 ねじれに対する補正係数

(a) NS 方向

EL. (m)	I/W-W	I/W-E	S/W	O/W-W	O/W-E
63.65					
	1.000	1.000			
57.00	1.000	1.000			
46.50					
	1.019	0.981	1.000		
38.80	1.030	0.970	1.000		
34.70	1.030	0.970	1.000		
29.00	1.089	0.792	0.941	1.171	
20.30	0.884	1.231	1.057	0.787	
14.00	1.218	0.913	1.066	1.306	0.807
8.20	0.991	1.008	1.000	0.986	1.014
2.00	0.991	1.008	1.000	0.986	1.014
-4.00					

注 : I/W-W : 西側内部ボックス壁  
 I/W-E : 東側内部ボックス壁  
 O/W-W : 西側外部ボックス壁  
 O/W-E : 東側外部ボックス壁

(b) EW 方向

EL. (m)	I/W-N	I/W-S	S/W	O/W-N	O/W-S
63.65					
	1.000	1.000			
57.00	1.000	1.000			
46.50					
	1.076	0.927	0.997		
38.80	1.051	0.951	0.997		
34.70	1.051	0.951	0.997		
29.00	0.897	1.282	1.102	0.798	
20.30	0.971	1.045	1.010	0.951	
14.00	0.934	1.269	1.113	0.846	
8.20	1.068	0.939	0.999	1.102	0.905
2.00	1.049	0.954	0.998	1.073	0.929
-4.00					

注 : I/W-N : 北側内部ボックス壁  
 I/W-S : 南側内部ボックス壁  
 O/W-N : 北側外部ボックス壁  
 O/W-S : 南側外部ボックス壁



表 3-3 ねじれを考慮したスラブのせん断ひずみ

(a) NS 方向

位置	部位	水平変位 (cm)	相対変位 (cm)	せん断ひずみ* ( $\times 10^{-3}$ )
天井 (EL. 23.0 m)	O/W-W	1.780	0.125	0.118
	I/W-W	1.655		
床 (EL. 18.0 m)	O/W-W	1.196	0.148	0.140
	I/W-W	1.344		

注記 \* : 相対変位をスラブの内法スパン (10.6 m) で除して算定

(b) EW 方向

位置	部位	水平変位 (cm)	相対変位 (cm)	せん断ひずみ* ( $\times 10^{-3}$ )
天井 (EL. 23.0 m)	O/W-N	1.309	0.162	0.153
	I/W-N	1.471		
床 (EL. 18.0 m)	O/W-N	1.560	0.032	0.031
	I/W-N	1.592		

注記 \* : 相対変位をスラブの内法スパン (10.6 m) で除して算定



### 3.2 評価結果

ねじれにより生じるスラブの面内せん断ひずみは最大で  $0.153 \times 10^{-3}$  となっている。なお、実際のねじれ変形には、剛体的な挙動が含まれるが、ねじれによる相対変形を全てスラブの面内せん断変形とすることで保守的な評価となる。ここで、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に示される耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の第1折点をせん断ひび割れ時と考えた場合のせん断ひずみを表 3-4 に示す。

ねじれにより生じるスラブの面内せん断ひずみ ( $0.153 \times 10^{-3}$ ) は、せん断ひび割れ時のせん断ひずみ ( $0.158 \times 10^{-3}$ ) 以下であり、せん断ひび割れを生じないことから、スラブの評価に影響を及ぼさないことを確認した。

表 3-4 せん断ひび割れ発生時のせん断ひずみ

ひび割れ時のせん断応力度	1.457 N/mm <sup>2</sup>
コンクリートのせん断弾性係数	9210 N/mm <sup>2</sup>
ひび割れ時のせん断ひずみ	$0.158 \times 10^{-3}$

注 :  $\tau_1 = \sqrt{0.31\sqrt{F_c}(0.31\sqrt{F_c} + \sigma_v)}$

$F_c$  は、コンクリートの設計基準強度で 22.1 N/mm<sup>2</sup> を用いる。

$\sigma_v$  は圧縮を正とする縦軸応力度で、0 N/mm<sup>2</sup> とする。



### 3.3 3次元FEMモデルを用いた確認

#### (1) せん断応力度の算出

床スラブのせん断応力度は、3次元FEMモデルに対する水平2方向及び鉛直方向の同時入力による解析結果に基づいて算出する。ここで、入力地震動は、NS方向に弾性設計用地震動 $S_d-D1$ を、EW方向に模擬地震波\*を、鉛直方向には弾性設計用地震動 $S_d-D1$ の鉛直方向成分を用いる。

中央制御室の床スラブについて、面内せん断応力度の最大値を図3-1に示す。

注記 \*：弾性設計用地震動 $S_d-D1$ の設計用応答スペクトルに適合するが、 $S_d-D1$ とは位相特性が異なる地震波。



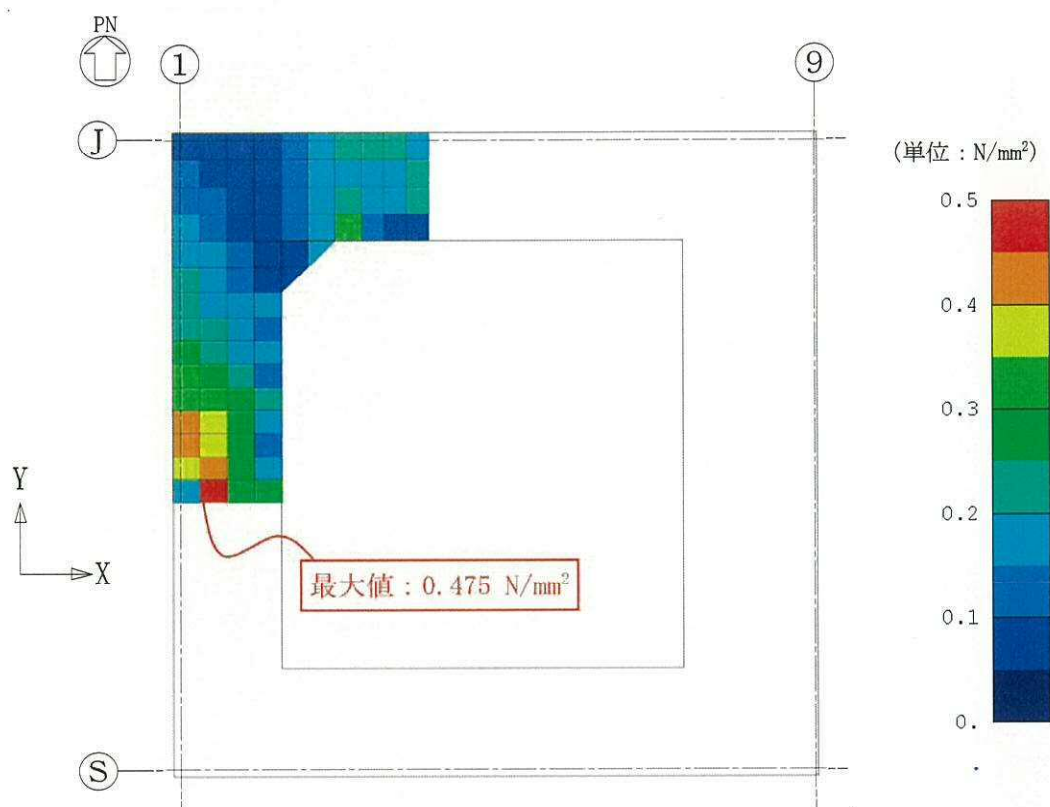


図 3-1 最大面内せん断応力度分布（弾性設計用地震動  $S_d-D1, 3$  方向入力）

## (2) 評価結果

せん断応力度をコンクリートのせん断弾性係数で除してせん断ひずみを算出する。なお， $S_s$ 地震時に対する評価として，応答値を 2 倍してせん断ひずみを算出する。

せん断ひずみの評価結果を表 3-5 に示す。

せん断ひずみの最大値は  $0.104 \times 10^{-3}$  となっており，せん断ひび割れ時のせん断ひずみ ( $0.158 \times 10^{-3}$ ) ならびにねじれに対する補正係数を用いた検討結果 ( $0.140 \times 10^{-3}$ ) よりも小さいことを確認した。

表 3-5 せん断ひずみの評価結果（ $S_s$ 地震時）

最大せん断応力度	$0.950 \text{ N/mm}^2$
せん断弾性係数	$9210 \text{ N/mm}^2$
最大せん断ひずみ	$0.104 \times 10^{-3}$



## 別紙2 天井スラブの応答増幅を考慮した場合の評価結果



## 目次

1. 検討概要.....	別紙 2-1
2. 発生応力の算出.....	別紙 2-1
3. 評価結果.....	別紙 2-1



### 1. 検討概要

天井スラブは、固有値解析の結果、1次固有振動数が20 Hzを上回っているものの、ここでは、鉛直方向の応答増幅による影響評価を行う。

### 2. 発生応力の算出

天井スラブが位置する質点の床応答スペクトルを図 2-1～図 2-3 に、それらより算出した鉛直震度を表 2-1 に示す。また、長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 2-2 に、鉛直震度より算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 2-3 に示す。

### 3. 評価結果

天井スラブについて、鉛直震度を乗じた発生応力に対する評価結果を表 3-1 に示す。スラブの増幅を考慮した場合においても、発生応力が「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)」に基づく許容値を超えないことを確認した。



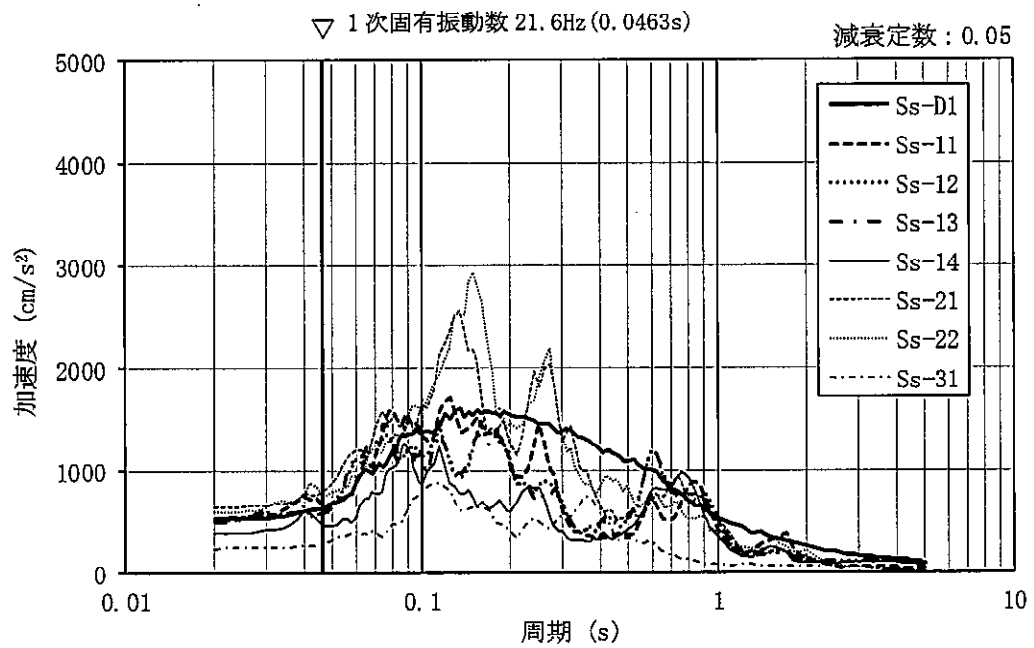


図 2-1 天井スラブが位置する質点での床応答スペクトル ( $S_s$ , 基本ケース, 質点番号 6)

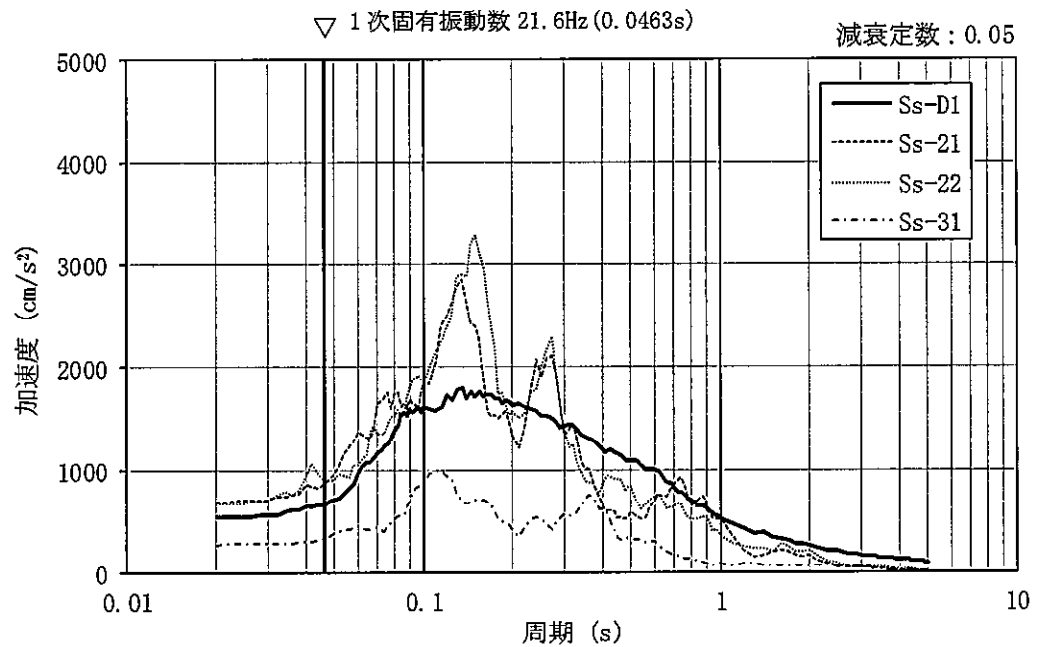


図 2-2 天井スラブが位置する質点での床応答スペクトル ( $S_s$ ,  $+\sigma$  ケース, 質点番号 6)



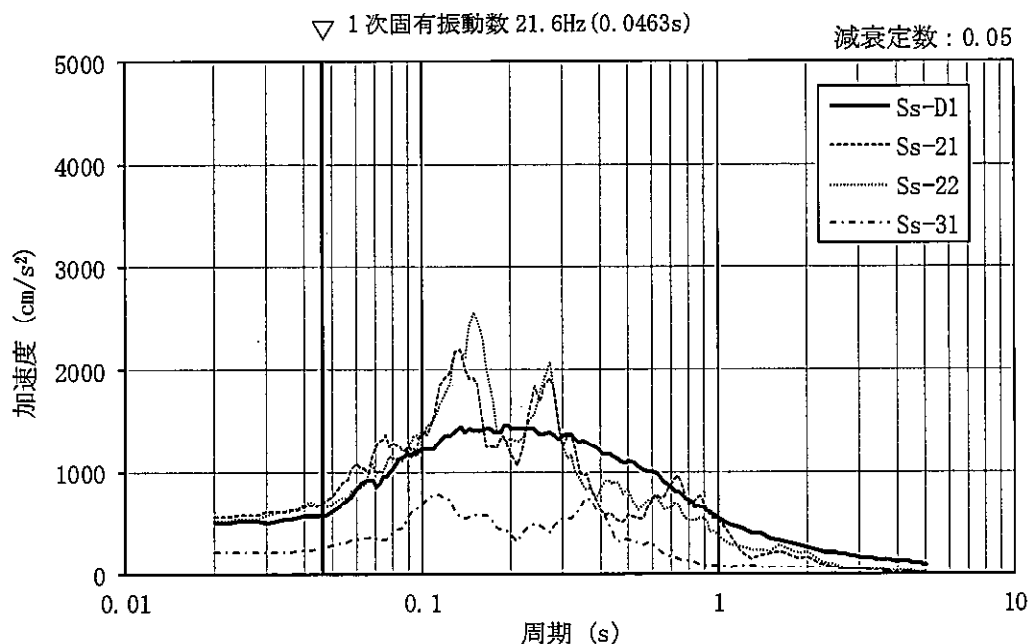


図 2-3 天井スラブが位置する質点での床応答スペクトル ( $S_s$ ,  $-\sigma$  ケース, 質点番号 6)

表 2-1 1次固有振動数を考慮した鉛直震度

部 位	1次固有周期 (s)	基 本*1 (cm/s <sup>2</sup> )	地盤+ $\sigma$ *2 (cm/s <sup>2</sup> )	地盤- $\sigma$ *2 (cm/s <sup>2</sup> )	最大値 (cm/s <sup>2</sup> )	検討用*3 鉛直震度
天井スラブ	0.0463	788	910	696	910	1.93

注記 \*1:  $S_s-D1$ ,  $S_s-11$ ,  $S_s-12$ ,  $S_s-13$ ,  $S_s-14$ ,  $S_s-21$ ,  $S_s-22$  及び  $S_s-31$  の最大値

\*2:  $S_s-D1$ ,  $S_s-21$ ,  $S_s-22$  及び  $S_s-31$  の最大値

\*3: 長期荷重を含む

表 2-2 長期荷重時の端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力

部 位	スラブ厚 (mm)	方 向	端部モーメント (kN・m/m)	中央モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
天井スラブ	500	短辺 (EW)	83.4	55.6	88.5
		長辺 (NS)	49.6	33.1	78.2

表 2-3 鉛直震度より算出した端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力

部 位	検討用 鉛直震度	方 向	端部モーメント (kN・m/m)	中央モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
天井スラブ	1.93	短辺 (EW)	161.0	107.3	170.8
		長辺 (NS)	95.7	63.9	150.9



表 3-1 評価結果 (天井スラブ)

方 向		EW 方向	NS 方向
厚さ $t$ (mm) $\times$ 幅 $b$ (mm)		500 $\times$ 1000	
有効せい $d$ (mm)		400	
配 筋	上 端	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )
	下 端	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )	D19@200 (1433 mm <sup>2</sup> )
発生曲げモーメント $M$ (kN $\cdot$ m)		161.0	95.7
許容値 $M_A$ (kN $\cdot$ m)		173	173
検定値 $M/M_A$		0.94	0.54
発生せん断力 $Q$ (kN)		170.8	150.9
せん断スパン比による割増係数 $\alpha$		1.19	1.55
許容値 $Q_A$ (kN)		441	575
検定値 $Q/Q_A$		0.39	0.27
判 定		可	可



## 補足-370-6 【応力解析における応力平均化の考え方】



## 目次

1. 概要	1
2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の応力平均化の考え方	2
2.1 応力平均化を実施した領域における断面の評価要素	2
2.2 応力平均化の方法	3
2.3 応力平均化の結果	14
2.4 断面の評価結果	16
3. 原子炉建屋基礎盤の応力平均化の考え方	17
3.1 応力平均化を実施した領域における断面の評価要素	17
3.2 応力平均化の方法	19
3.3 応力の平均結果	28
3.4 断面の評価	30
4. 原子炉格納容器底部コンクリートマットの応力平均化の考え方	31
4.1 応力平均化を実施した領域における断面の評価要素	31
4.2 応力平均化の方法	37
4.3 応力の平均結果	53
4.4 断面の評価	71



## 1. 概要

3次元FEMモデルを用いた応力の算定において、FEM要素に応力集中等が見られる場合については、「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)」(以下「RC-N規準」という。)に基づき、応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行っている。この場合、当該要素における応力度ではなく、周囲の複数の要素で平均化した応力度に対して断面の評価を実施していることから、本資料では、複数の要素での応力平均化の考え方及びその結果を示す。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-5 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-12 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結果」



## 2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の応力平均化の考え方

### 2.1 応力平均化を実施した領域における断面の評価要素

断面の評価要素は、応力平均化を行うことによって応力が変わることから、応力平均化前の断面力に対する検定値を元に選定している。

応力平均化前の応力分布において、局所的に大きな曲げモーメントが発生している要素を断面の評価要素とし、応力平均化を行い、応力平均化後の値に対する断面の評価を実施した。応力平均化を実施した要素を表 2-1、要素位置図を図 2-1 に示す。

表 2-1 応力平均化要素 S<sub>0</sub>地震時

	方向	要素番号	荷重の 組合せ ケース	平均化前の 検定値 (発生値/許容値)
曲げ モーメント	EW方向	50203	101	1.06
	EW方向	50203	102	1.00
	EW方向	50204	103	1.04
	EW方向	50204	104	1.07
	EW方向	50230	101	1.05
	EW方向	50230	102	1.01
	EW方向	51503	103	1.01
	EW方向	51530	103	1.04
	EW方向	51530	104	1.00

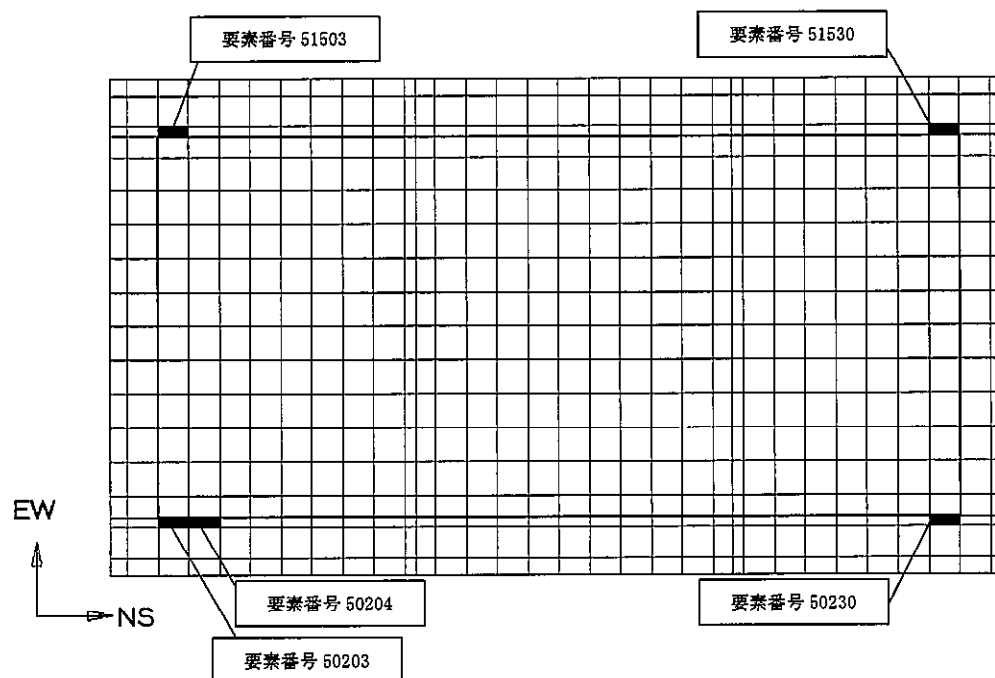


図 2-1 要素位置図



## 2.2 応力平均化の方法

3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析においては、部材断面やモデル形状が大きく変化して不連続になっている箇所は、局所的な応力集中が発生しやすい。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析において、耐震壁との接続部分の基礎において、局所的に大きな曲げモーメントが発生している。局所応力の発生部材周囲における拘束状況の代表例を図2-2に、軸力と曲げモーメントの断面力の例を図2-3に示す。

そこで、今回の使用済燃料乾式貯蔵建屋の弾性応力解析においては、「RC-N規準」を参考に、コンクリートのひび割れによる応力の再配分を考慮し、応力の平均化を行った。応力の平均化は、曲げモーメントが支配的であることを踏まえ、応力伝達を考慮できる範囲として、各応力コンター図及び基礎の直上の壁配置等を考慮し、不連続にならない範囲の要素に対して行った。

各要素について応力度の平均化範囲を図2-4に示す。応力平均化は2通りの方法で実施した。応力平均化①は加力方向に応力平均化する方法、応力平均化②は加力方向と直交方向に応力平均化する方法である。

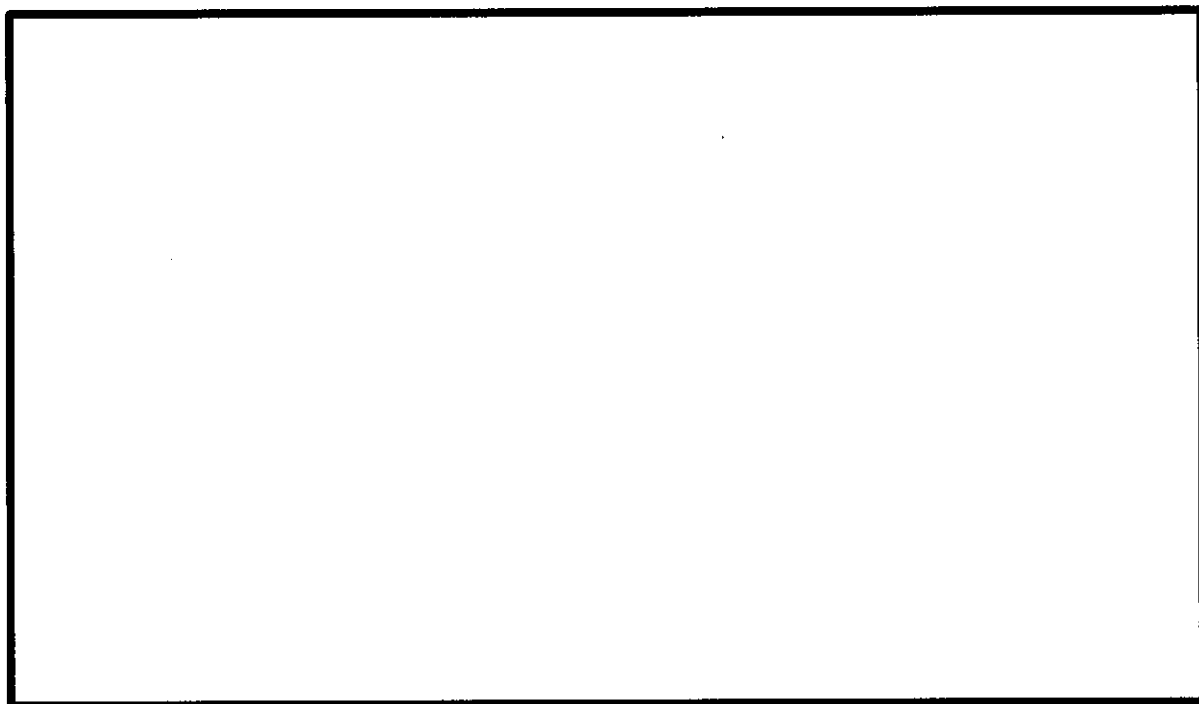
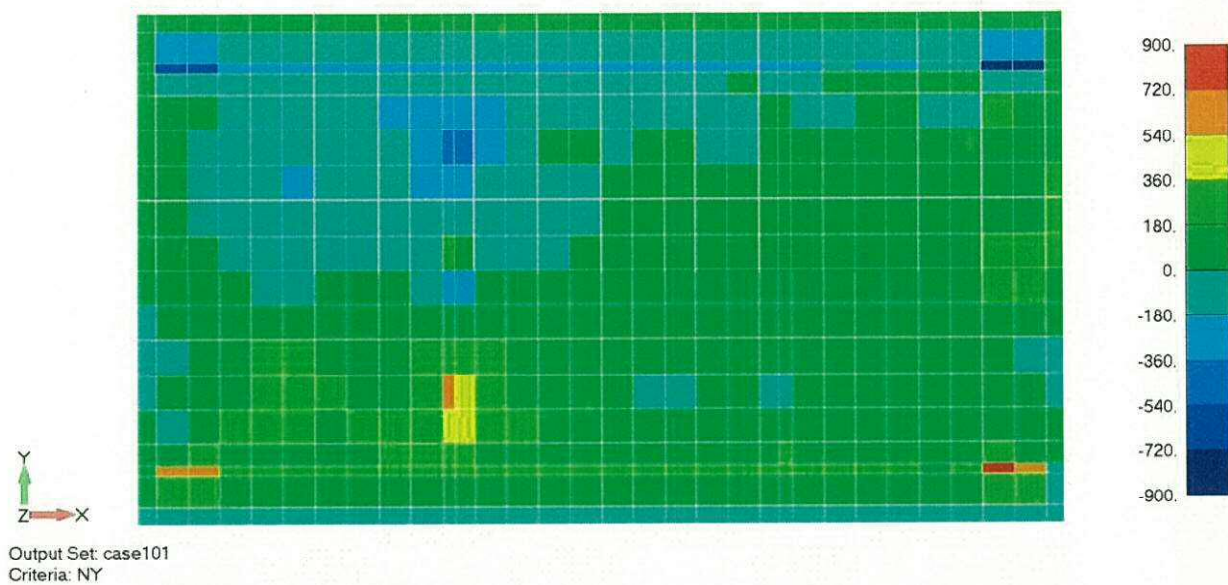
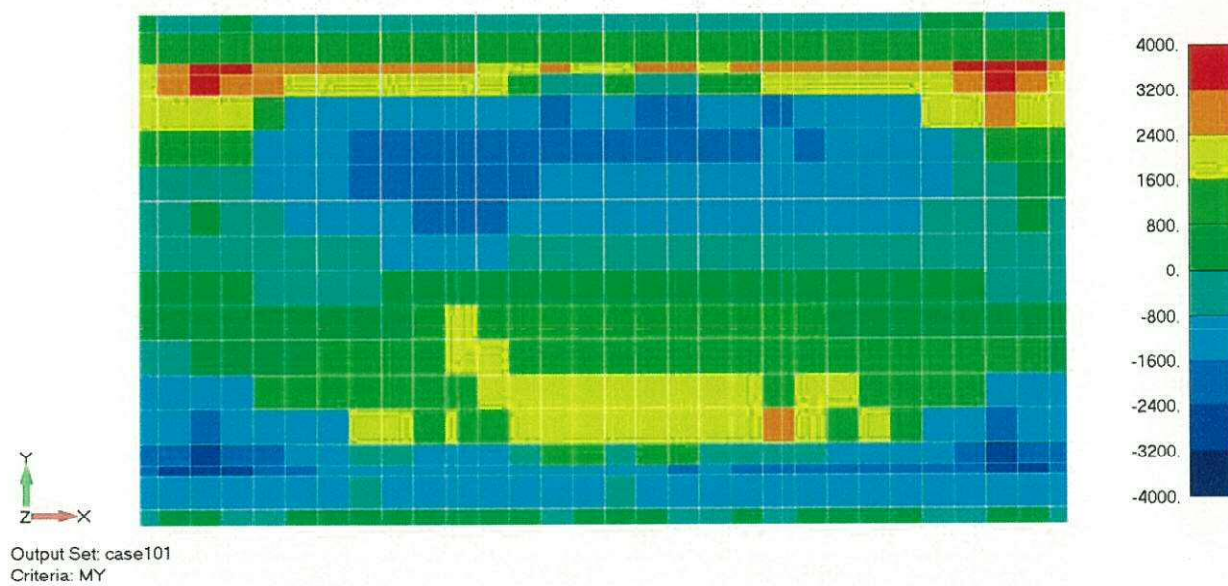


図 2-2 局所応力の発生部材周囲における拘束状況





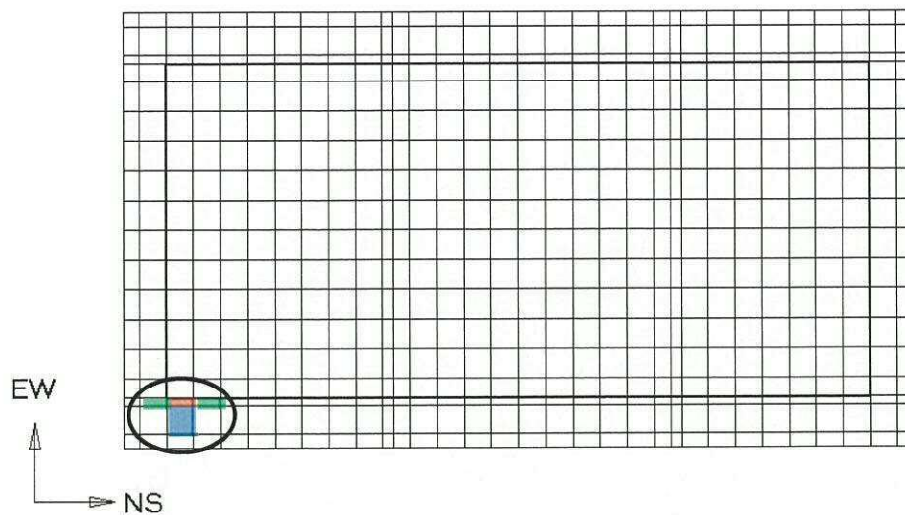
(a) EW 方向 軸力 (kN/m)



(b) EW 方向 曲げモーメント (kN・m/m)

図 2-3 基礎版断面力 (荷重組合せケース 101)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
50401 22.8	50402 -35.1	50403 24.4	50404 214.9	50405 253.6	50401 -1573.6	50402 -1555.4	50403 -1731.6	50404 -1478.2	50405 -1206.3
50301 64.9	50302 126.3	50303 205.1	50304 142.1	50305 150.8	50301 -1652	50302 -1889.2	50303 -2578.2	50304 -1985.4	50305 -1837.7
50201 67.7	50202 610.4	50203 643.9	50204 212.4	50205 230.7	50201 -2020	50202 -2483.8	50203 -2898.4	50204 -2668.3	50205 -2391.4
50101 14.1	50102 251.4	50103 276.7	50104 92	50105 85.5	50101 -1072	50102 -1154.9	50103 -1297.7	50104 -1303.2	50105 -1147.9
50001 -34.8	50002 -47	50003 -24.3	50004 -43.9	50005 -47.5	50001 -9.4	50002 17.5	50003 9.9	50004 -17.4	50005 -1.5

(b) 軸力

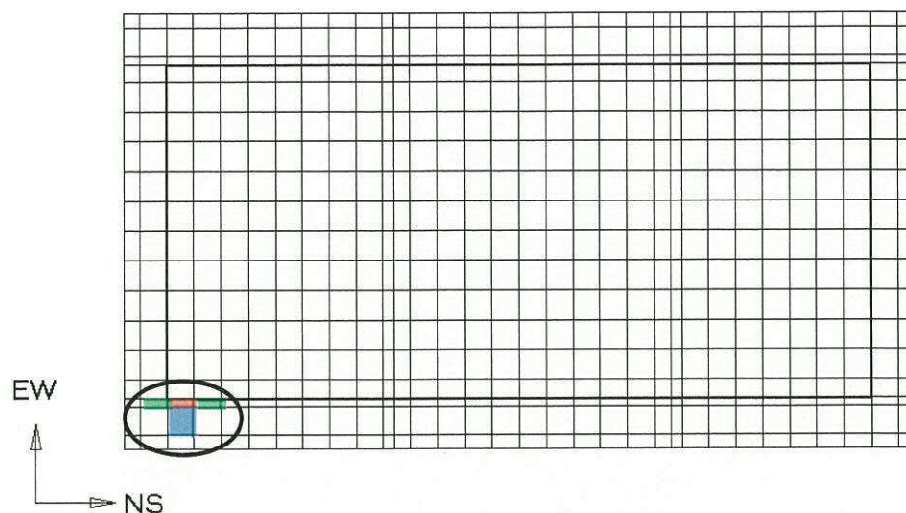
(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (1/9) 応力平均化範囲

(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 50203 荷重組合せケース 101)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
-128.4	-8.5	101.	139.1	205.1	-1008	-1005.6	-1003.3	-860.3	1040.1
50401 20.2	50402 -38.7	50403 19.4	50404 206.5	50405 250.6	50401 -1534.6	50402 -1508.8	50403 -1655.2	50404 -1414.6	50405 -1132.5
50301 78.5	50302 131.7	50303 206.9	50304 137.9	50305 162.8	50301 -1599.2	50302 -1806.	50303 -2416.2	50304 -1854.	50305 -1700.1
50201 87.5	50202 605.8	50203 633.1	50204 210.2	50205 235.7	50201 -1985.2	50202 -2399.6	50203 -2762.4	50204 -2542.7	50205 -2288.4
50101 24.9	50102 248.	50103 270.9	50104 91.8	50105 88.3	50101 -1073.	50102 -1149.9	50103 -1273.5	50104 -1274.8	50105 -1129.9
50001 -33.4	50002 -47.4	50003 -25.1	50004 -43.9	50005 -46.9	50001 -21.	50002 0.3	50003 -6.1	50004 -30.6	50005 -15.5

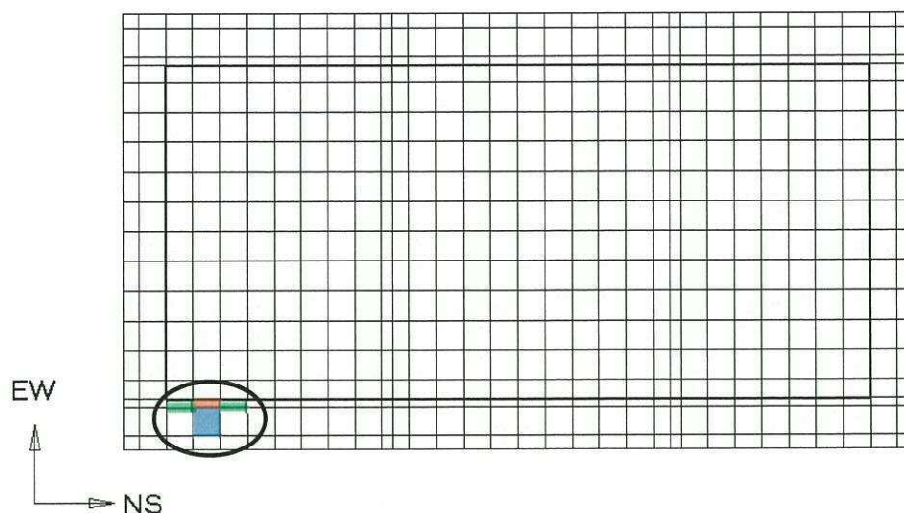
(b) 軸力

(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (2/9) 応力平均化範囲  
(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 50203 荷重組合せケース 102)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
215.4	110.7	7.2	-108.9	-254.5	1191.	1274.4	1410.3	1009.5	-978.5
50401 64.	50402 167.1	50403 123.2	50404 -162.1	50405 -209.	50401 1908.	50402 1939.	50403 2389.	50404 2099.4	50405 1903.9
50301 7.7	50302 -67.7	50303 -144.1	50304 -103.7	50305 -72.4	50301 2066.6	50302 2471.8	50303 3685.8	50304 2927.	50305 2894.1
50201 14.9	50202 -682.	50203 -734.5	50204 -170.6	50205 -184.9	50201 2345.4	50202 3098.8	50203 3830.4	50204 3582.3	50205 3229.8
50101 26.7	50102 -287.	50103 -317.9	50104 -73.4	50105 -63.1	50101 1205.2	50102 1344.5	50103 1605.1	50104 1657.2	50105 1447.3
50001 39.8	50002 43.	50003 20.1	50004 45.3	50005 50.7	50001 0.4	50002 -44.1	50003 -28.1	50004 17.	50005 -7.1

(b) 軸力

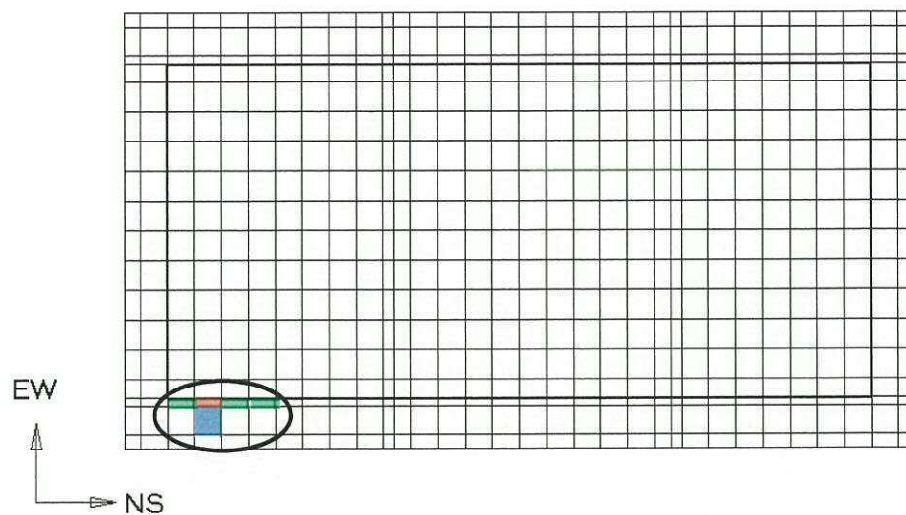
(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (3/9) 応力平均化範囲

(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 50204 荷重組合せケース 103)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)						要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)					
193	92.3	-12.8	-130.1	-285.3	-287.4	1206.2	1299.8	1439.9	990.1	-1018.3	-1180.4
50401	50402	50403	50404	50405	50406	50401	50402	50403	50404	50405	50406
61.4	163.5	118.2	-170.5	-212	-211.7	1947	1985.6	2465.4	2163	1977.7	1732.9
50301	50302	50303	50304	50305	50306	50301	50302	50303	50304	50305	50306
21.3	-62.3	-142.3	-107.9	-60.4	-59.4	2119.4	2555	3847.8	3058.4	3031.7	2348.9
50201	50202	50203	50204	50205	50206	50201	50202	50203	50204	50205	50206
34.7	-686.6	-745.3	-172.8	-179.9	-193	2380.2	3183	3966.4	3707.9	3332.8	2643.7
50101	50102	50103	50104	50105	50106	50101	50102	50103	50104	50105	50106
37.5	-290.4	-323.7	-73.6	-60.3	-67.7	1204.2	1349.5	1629.3	1665.6	1465.3	1205.6
50001	50002	50003	50004	50005	50006	50001	50002	50003	50004	50005	50006
41.2	42.6	19.3	45.3	51.3	47.4	-11.2	-61.3	-44.1	3.8	-21.1	-33.1

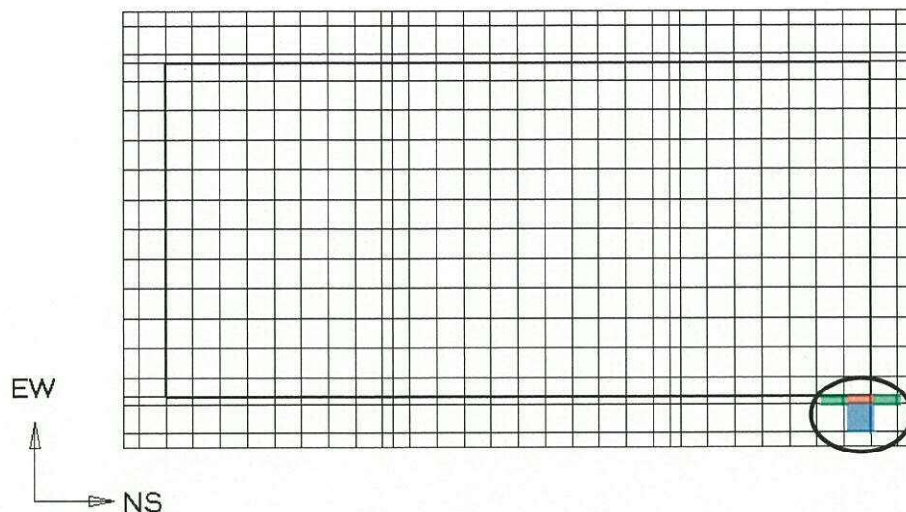
(b) 軸力

(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (4/9) 応力平均化範囲  
(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 50204 荷重組合せケース 104)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
50428	50429	50430	50431	50432	50428	50429	50430	50431	50432
119.1	126.7	59.4	24.3	89.5	-1096.	-1393.6	-1646.8	-1504.1	-1546.3
50328	50329	50330	50331	50332	50328	50329	50330	50331	50332
44.8	77.3	242.4	169.9	35.2	-1385.4	-1723.	-2437.9	-1902.1	-1659.5
50228	50229	50230	50231	50232	50228	50229	50230	50231	50232
146.4	230.8	723.5	661.5	-11.1	-2039.8	-2379.5	-2824.7	-2548.1	-2036.1
50128	50129	50130	50131	50132	50128	50129	50130	50131	50132
48.4	95.2	320.9	280.4	-33.1	-1042.4	-1178.4	-1251.	-1162.7	-1091.8
50028	50029	50030	50031	50032	50028	50029	50030	50031	50032
-51.7	-44.2	-18.1	-43.1	-42.3	-3.1	-7.4	20.9	22.	-13.5

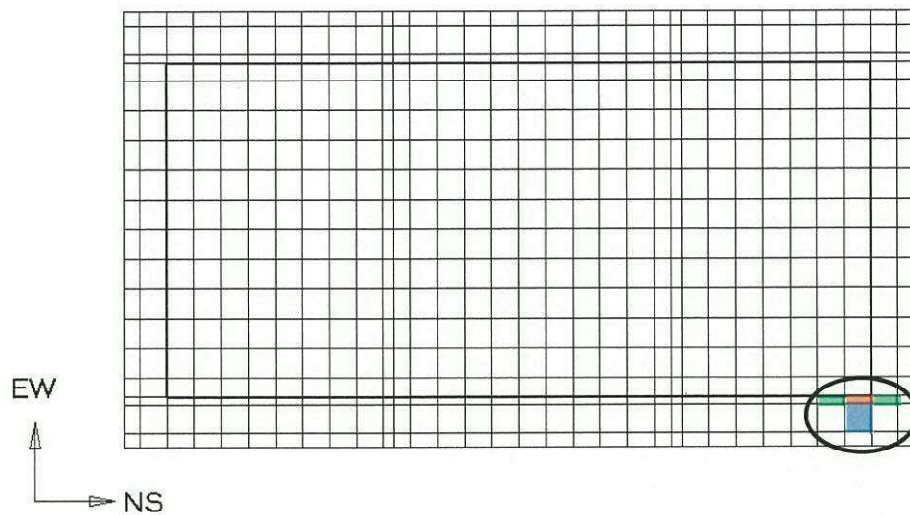
(b) 軸力

(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (5/9) 応力平均化範囲  
(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 50230 荷重組合せケース 101)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
50428	50429	50430	50431	50432	50428	50429	50430	50431	50432
128.3	136.7	79.8	38.7	83.1	-1067.	-1352.	-1571.2	-1465.7	-1516.7
50328	50329	50330	50331	50332	50328	50329	50330	50331	50332
55.2	88.3	254.6	176.7	33.	-1260.2	-1614.	-2305.7	-1641.5	-1626.7
50228	50229	50230	50231	50232	50228	50229	50230	50231	50232
159.2	241.6	715.3	651.5	-5.9	-1902.8	-2264.3	-2716.7	-2490.7	-2021.9
50128	50129	50130	50131	50132	50128	50129	50130	50131	50132
53.6	99.6	317.1	275.6	-29.9	-1003.6	-1152.	-1238.8	-1171.9	-1105.4
50028	50029	50030	50031	50032	50028	50029	50030	50031	50032
-51.3	-44.	-18.5	-43.7	-41.7	-13.3	-19.6	3.7	2.4	-27.5

(b) 軸力

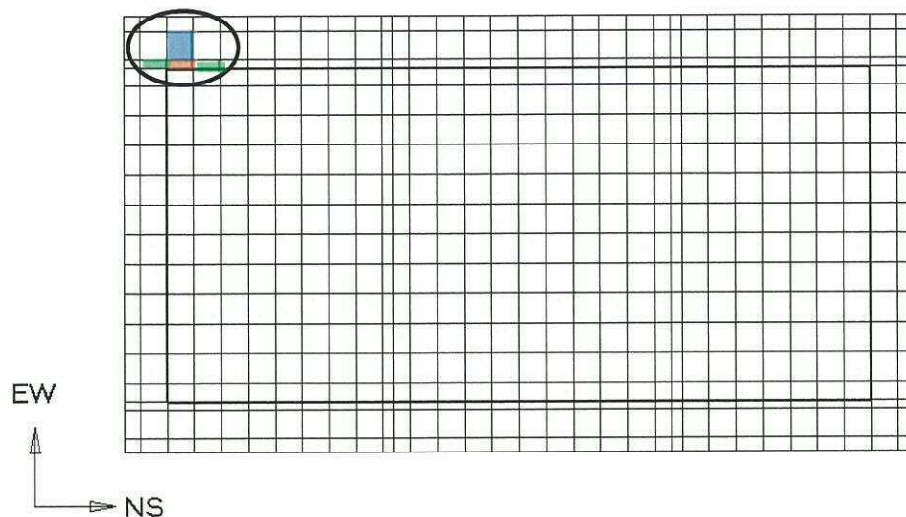
(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (6/9) 応力平均化範囲

(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 50230 荷重組合せケース 102)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
51701 -39.	51702 -46.9	51703 -21.8	51704 -43.1	51705 -47.7	51701 -16.9	51702 14.9	51703 15.9	51704 -9.8	51705 0.5
51601 -19.7	51602 248.5	51603 286.	51604 109.2	51605 95.8	51601 -1103.2	51602 -1155.2	51603 -1230.9	51604 -1188.1	51605 -1070.
51501 4.1	51502 597.8	51503 652.9	51504 255.5	51505 261.3	51501 -2054.6	51502 -2497.8	51503 -2771.5	51504 -2388.4	51505 -2162.6
51401 16.3	51402 136.	51403 229.5	51404 159.8	51405 138.2	51401 -1679.6	51402 -1917.6	51403 -2467.3	51404 -1691.8	51405 -1360.7
51301 58.1	51302 26.7	51303 81.8	51304 199.9	51305 187.8	51301 -1568.7	51302 -1541.	51303 -1638.3	51304 -1292.2	51305 -854.8

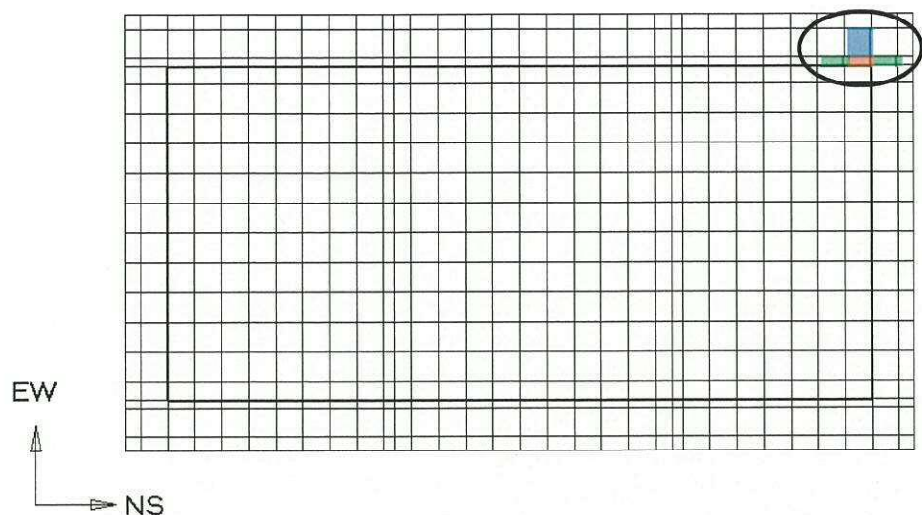
(b) 軸力

(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (7/9) 応力平均化範囲  
(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 51503 荷重組合せケース 103)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
51728 -51.3	51729 -43.4	51730 -18.5	51731 -43.9	51732 -40.8	51728 -3.4	51729 -6.	51730 20.6	51731 22.	51732 -11.4
51628 50.9	51629 104.5	51630 316.5	51631 274.7	51632 -20.7	51628 -1044.3	51629 -1173.4	51630 -1231.7	51631 -1142.1	51632 -1076.9
51528 146.9	51529 246.7	51530 719.7	51531 651.9	51532 11.2	51528 -2042	51529 -2377.7	51530 -2794.1	51531 -2502.8	51532 -2001.8
51428 41.	51429 72.2	51430 231.2	51431 174.5	51432 60.2	51428 -1357.	51429 -1687.8	51430 -2376.2	51431 -1860.9	51432 -1628.9
51328 113.8	51329 128.6	51330 95.8	51331 62.6	51332 122.6	51328 -1082.9	51329 -1375.6	51330 -1632.7	51331 -1494.3	51332 -1540.1

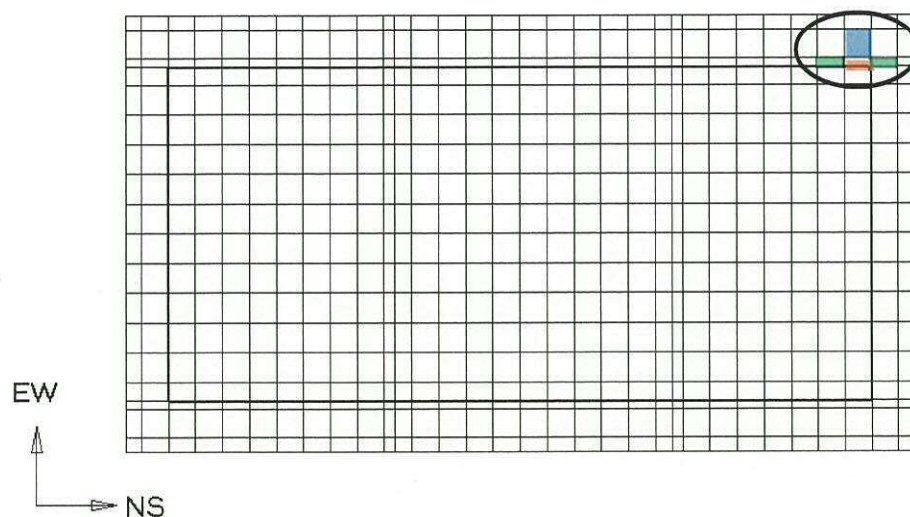
(b) 軸力

(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (8/9) 応力平均化範囲  
(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 51530 荷重組合せケース 103)





(a) 基礎版全体

要素番号 軸力 (kN/m)					要素番号 曲げモーメント (kN・m/m)				
51728	51729	51730	51731	51732	51728	51729	51730	51731	51732
-50.9	-43.2	-18.9	-44.3	-40.2	-13.8	-18.4	3.4	2.4	-25.6
51628	51629	51630	51631	51632	51628	51629	51630	51631	51632
55.9	108.9	313.7	270.9	-17.5	-1005.9	-1147.6	-1221.3	-1153.1	-1091.9
51528	51529	51530	51531	51532	51528	51529	51530	51531	51532
159.5	258.1	713.7	643.5	16.4	-1902.2	-2260.9	-2689.7	-2447.8	-1989.2
51428	51429	51430	51431	51432	51428	51429	51430	51431	51432
52.6	83.6	243.4	181.3	58.2	-1229.8	-1577.4	-2246.2	-1802.3	-1597.9
51328	51329	51330	51331	51332	51328	51329	51330	51331	51332
123.6	138.4	114.8	76.	116.	-1054.1	-1335.6	-1559.1	-1457.7	-1513.1

(b) 軸力

(c) 曲げモーメント

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素(①)
- : 平均化実施に用いた周辺要素(②)
- : 壁の位置

図 2-4 (9/9) 応力平均化範囲  
(S<sub>s</sub>地震時 EW 方向 要素番号 51530 荷重組合せケース 104)



## 2.3 応力平均化の結果

応力平均化前と後の比較結果を表2-2に示す。

表 2-2(1) 応力平均化の結果 (EW 方向、応力平均化①)

## (a) 軸力

要素番号	荷重の 組合せ ケース	軸力 (平均化前) [kN/m]	軸力 (平均化後) [kN/m]
50203	101	643.9	362.5
50203	102	633.1	355.5
50204	103	-170.6	-96.1
50204	104	-172.8	-96.8
50230	101	723.5	415.0
50230	102	715.3	410.1
51503	103	652.9	376.9
51530	103	719.7	416.4
51530	104	713.7	412.8

## (b) 曲げモーメント

要素番号	荷重の 組合せ ケース	曲げモーメント (平均化前) [kN・m/m]	曲げモーメント (平均化後) [kN・m/m]
50203	101	-2898.4	-1671.7
50203	102	-2762.4	-1621.3
50204	103	3582.3	2107.0
50204	104	3707.9	2158.1
50230	101	-2824.7	-1618.7
50230	102	-2718.7	-1584.6
51503	103	-2771.5	-1612.5
51530	103	-2794.1	-1618.7
51530	104	-2689.7	-1585.1



表 2-2(2) 応力平均化の結果 (EW 方向、応力平均化②)

## (a) 軸力

要素番号	荷重の 組合せ ケース	軸力 (平均化前) [kN/m]	軸力 (平均化後) [kN/m]
50203	101	643.9	488.9
50203	102	633.1	483.0
50204	103	-170.6	-363.3
50204	104	-172.8	-322.8
50230	101	723.5	538.6
50230	102	715.3	536.1
51503	103	652.9	502.1
51530	103	719.7	539.4
51530	104	713.7	538.4

## (b) 曲げモーメント

要素番号	荷重の 組合せ ケース	曲げモーメント (平均化前) [kN・m/m]	曲げモーメント (平均化後) [kN・m/m]
50203	101	-2898.4	-2683.5
50203	102	-2762.4	-2568.2
50204	103	3582.3	3547.5
50204	104	3707.9	3412.7
50230	101	-2824.7	-2584.1
50230	102	-2718.7	-2491.2
51503	103	-2771.5	-2552.6
51530	103	-2794.1	-2558.2
51530	104	-2689.7	-2466.2