

島根原子力発電所 2号炉 地震による損傷の防止 (耐震設計の論点)

[基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用について]

令和元年 10月
中国電力株式会社

No.	論点	回答頁
論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく論点		
＜建物・構築物＞		
1	[論点Ⅱ－3：基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用] ・原子炉建物基礎スラブ等の基準地震動 S_s による検討においては、材料（コンクリート及び鉄筋）の非線形特性を考慮した弾塑性解析を採用する。	2～12

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（1）

■ 耐震設計の論点

【論点Ⅱ－3：基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用】（論点の重み付け：A）

○原子炉建物基礎スラブ等の基準地震動 S_s による検討においては、材料（コンクリート及び鉄筋）の非線形特性を考慮した弾塑性解析を採用する。

■ 論点に係る説明概要

基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用に関する方針を以下に示す。

○ 建設時の工事計画認可申請書（「既工認」）

- ・ 既工認における原子炉建物及びタービン建物の基礎スラブの鉄筋コンクリート部材の応力解析においては、3次元 FEMモデルを用いた弾性解析による評価を実施していた。また、制御室建物の基礎スラブの鉄筋コンクリート部材の応力解析においては、公式等による応力計算による評価を実施していた。

○ 今回の工事計画認可申請（「今回工認」）

- ・ 今回工認では、原子炉建物、タービン建物及び制御室建物の基礎スラブ（以下「原子炉建物の基礎スラブ等」という。）は、入力地震動の増大に伴い、基準地震動 S_s による検討において、材料（コンクリート及び鉄筋）の非線形特性を考慮した弾塑性解析を採用する。
- ・ 弾塑性解析で使用する材料構成則の設定にあたって、コンクリートの圧縮側については CEB-FIPモデル、引張側については岡村・出雲モデルを採用する。また、鉄筋については「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME SNE1-2003」に基づき完全弾塑性型として設定する。

■ 先行プラント実績

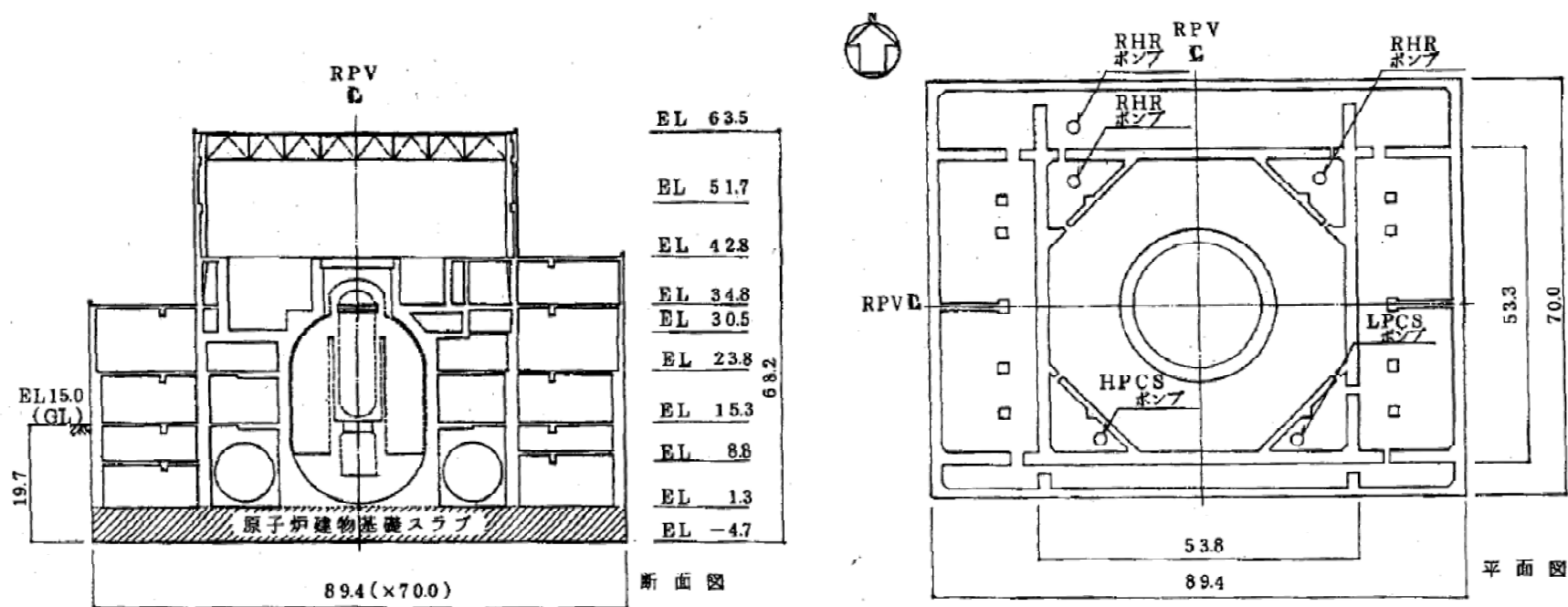
- ・ なし（工事計画認可実績はないが、柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉の鉄筋コンクリート製原子炉格納容器並びに女川原子力発電所2号炉の原子炉建屋基礎版の設置変更許可段階の審査において採用している手法を用いる）

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（2）

- 本資料では原子炉建物の基礎スラブを代表として、既工認モデルと今回工認で採用予定のモデルの差異を整理し、論点を抽出した上で、その適用性・妥当性を検討する。なお、タービン建物及び制御室建物の基礎スラブの解析モデルについては詳細設計段階で示す。

1. 原子炉建物基礎スラブの概要

原子炉建物の基礎スラブは、70.0m（NS）×89.4m（EW）の矩形を成しており、厚さ6.0mの鉄筋コンクリート造のべた基礎で、岩盤に直接設置している。また、原子炉格納容器及びその内部構造物、原子炉一次しゃへい壁並びに原子炉建物の内外壁等から伝わる荷重を支持する部材である。



原子炉建物の基礎スラブの概要（単位：m）

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（3）

2. 既工認モデルと今回工認で採用予定のモデルの差異について

- 既工認と今回工認における解析モデルには、以下の2点に差異がある。
 - （1）応力解析に弾塑性解析を採用すること
 - （2）コンクリートの物性値（ヤング係数，ポアソン比）
- なお，（2）については適用基準の見直しによるものであり，先行審査でも認可実績があることから本資料における論点としては取り扱わないこととする。

応力解析モデル及び手法の比較（原子炉建物の基礎スラブ）

項目	既工認	今回工認	
解析手法	・弾性地盤上に支持された厚さ6.0mの一枚の版として有限要素法により解析する。	・同左	
解析コード	・NASTRAN	・ABAQUS	
荷重	・固定荷重，機器配管荷重，積載荷重，地震荷重（s2），土圧等	・固定荷重，機器配管荷重，積載荷重，地震荷重（ss），土圧等	
モデル化	モデル化範囲	・基礎スラブ全体と剛性の高い一部壁をモデル化する。従って，モデルの大きさは外壁の最外端までの70.0m（NS）×89.4m（EW）となる。	・同左
	メッシュサイズ	・モデル全体で概ね1～3m程度	・同左
	要素タイプ	・基礎スラブ全体をシェル要素でモデル化する。 ・基礎スラブより立ち上がっている耐震壁（外部ボックス壁，内部ボックス壁及びドライウェル外側壁）は，その剛性を考慮した等価な梁要素でモデル化する。外部ボックス壁及び内部ボックス壁は燃料取替床レベル（EL 42.8m）まで，ドライウェル外側壁はEL約23mまでの剛性を考慮する。また，梁要素の剛性算定においては開口部による影響は考慮しない。	・同左 （ただし，基礎スラブのシェル要素は，コンクリート及び鉄筋それぞれに弾塑性特性を設定した積層シェル要素でモデル化）
材料物性	・コンクリートのヤング係数 $E = 2.1 \times 10^6$ (t/m ²) ・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 $E = 2.25 \times 10^4$ (N/m ²) ※1 ・コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.2$ ※1	
評価方法	応力解析	・弾性解析	・弾塑性解析
	許容限界	（機能維持）部材に発生する応力が終局強度を超えないことを確認する。 接地圧が地盤の許容支持力度を超えないことを確認する。	（機能維持）部材に発生する応力，ひずみが終局強度を超えないことを確認する。 ※2 接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認する。
モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎スラブより立ち上がっている耐震壁は，その剛性を考慮した等価な梁要素でモデル化，底面には支持地盤と等価な弾性ばねをモデル化。 ・基礎スラブより立ち上がっている独立柱はその剛性を考慮しない。 ・梁要素のモデル化位置は，B2F壁の比較的小さい開口の影響はないと判断して設定。 		・同左

※1：コンクリートのヤング係数及びポアソン比は，日本建築学会「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－」（1999）による計算式に基づく値を用いる。

※2：許容限界については，日本機械学会「発電用原子炉設備規格コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E I - 2003」等によるものとする。

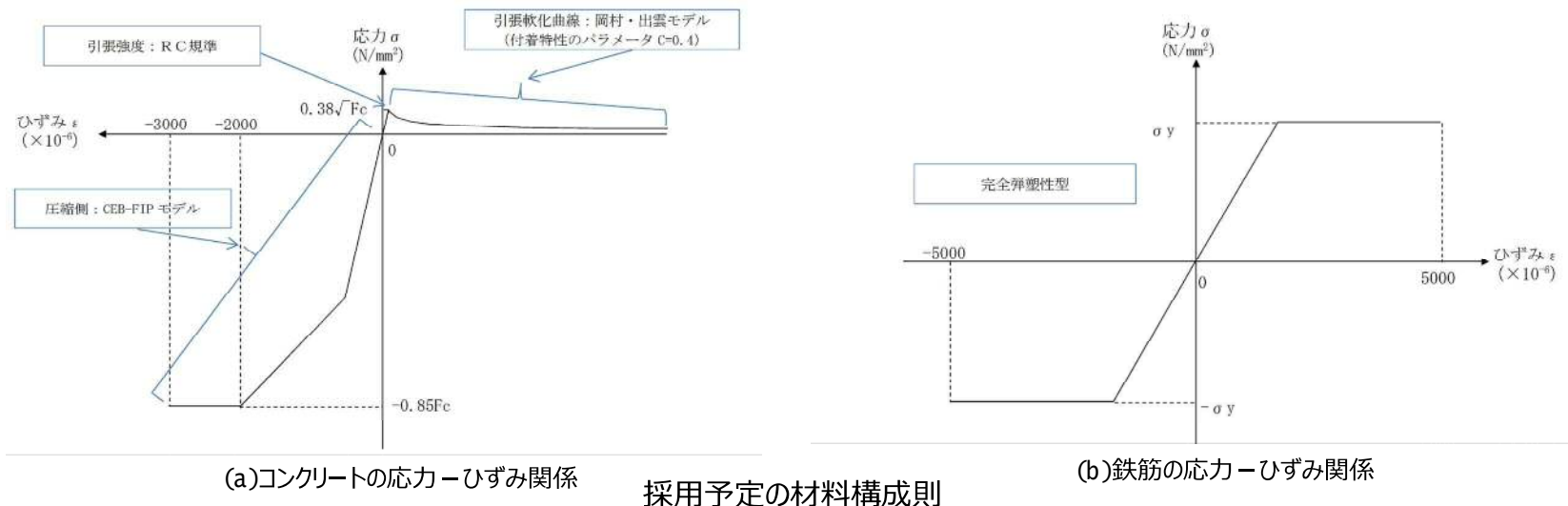
注1：タービン建物及び制御室建物の基礎スラブについては，剛性の高い壁のうち低層部の一部をシェル要素でモデル化し，壁の立体的な形状による剛性への寄与を考慮する予定であるが，詳細については，詳細設計段階で説明する。モデル化の考え方については補足1（P11）に示す。

注2：弾塑性解析の適用に関する先行プラントとの比較を補足2（P12）に示す。

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（4）

3. 弾塑性解析を採用する目的と論点について

- 今回工認では、基準地震動 S_s による入力が増大に伴い、原子炉建物等の鉄筋コンクリート構造全体としての挙動が塑性領域に入ると考えられることから、入力レベルに応じた構造物の挙動を適切に評価することを目的として弾塑性解析を採用する。
- 原子炉建物の基礎スラブ等の応力解析に弾塑性解析を取り入れることによる利点としては、既工認で採用していた弾性解析では表現出来ないような大入力時の弾塑性挙動を評価できることにある。弾塑性挙動を適切に評価するに当たっては、塑性領域を含めた鉄筋及びコンクリートの材料構成則（材料の応力とひずみの関係をモデル化したもの）を適切に設定し解析を実施する必要があると考えられる。
- 今回工認で採用予定の材料構成則を下図に示す。ここで、コンクリート（圧縮側）はCEB-FIP⁽¹⁾モデル、コンクリート（引張側）はRC規準（ひび割れ点の評価）と岡村・出雲モデル⁽²⁾（ひび割れ点以降の引張軟化曲線）、鉄筋（圧縮・引張側）は完全弾塑性型を用いているが、弾塑性挙動へ与える影響が大きいため、その設定の妥当性・適用性については十分に確認する必要があると判断し、「材料構成則の設定の妥当性」を弾塑性解析採用に当たっての論点として位置づけ、その適用性・妥当性を検討する。
- また、応力解析においてシェル要素を用いた弾塑性解析を採用することについても、その適用性・妥当性を検討する。



(1) Comite Euro-International du Beton : CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993

(2) 出雲 淳一, 島 弘, 岡村 甫: 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol.25, No.9, pp.107-120, 1987.9

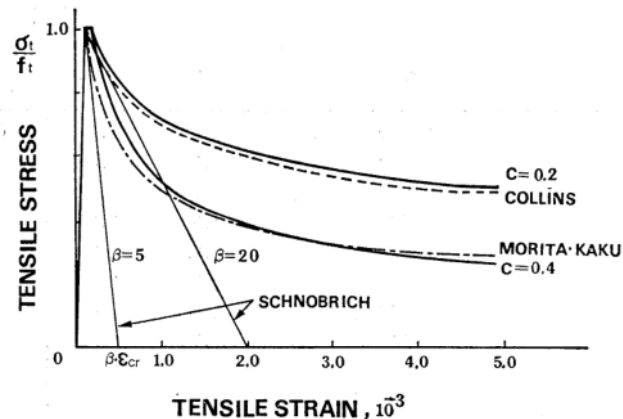
論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（5）

4. 材料構成則の適用性・妥当性について

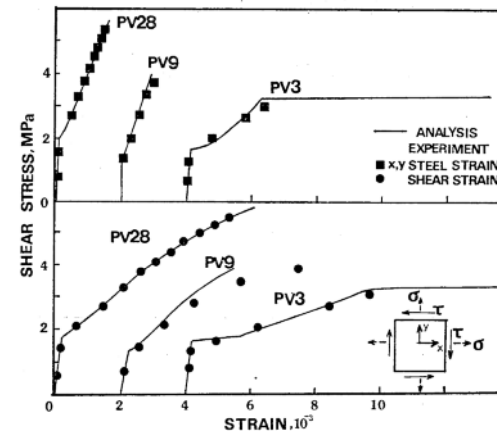
以下に材料構成則の適用性・妥当性について示す。

(1) コンクリート（引張側）

- ・コンクリートの引張側の材料構成則のうち、引張強度についてはR C規準に基づき設定している。なお、R C規準は既工認でも適用実績のある規格規準である。
- ・コンクリートの引張側のひび割れ点以降のコンクリートの構成則は岡村・出雲モデルを採用する。
原論文では、岡村・出雲モデルを用いることで既往の実験（Collins-Vecchioの実験⁽¹⁾、森田・角の実験⁽²⁾）から求められたコンクリートの平均応力-平均ひずみ曲線をほぼ再現できることを確認している（左図）。また、ひび割れ後のコンクリートの構成則として岡村・出雲モデルを用いた検討を実施し、既往の実験時の挙動を再現できるかを確認している。ここでは、既往の実験（Collins-Vecchioの実験及び青柳・山田の実験⁽³⁾）からコンクリートの引張剛性の影響を受ける供試体を選定し、鉄筋コンクリート部材の挙動（せん断ひずみ、鉄筋のひずみ）が実験値とよく一致する結果となることを確認している（右図）。このことから岡村・出雲モデルがひび割れ後の挙動をよく表現できるモデルであるとしている。



岡村・出雲モデルと他のモデルとの比較



コンクリート引張剛性モデルの検証結果

- ・岡村・出雲モデルは、上記の通り提案時より既往の複数の実験結果を用いて妥当性が十分に検証されていること、また、今回使用する解析プログラム「ABAQUS」を用いた検討例でも鉄筋コンクリート部材の各種実験結果との対応が良好とされていることから、3次元FEMモデルによる弾塑性解析を実施する際のコンクリート（引張側）の構成則（引張軟化曲線）として、採用することは妥当であると考えている。

(1) M.P.Collins, F.J. Vecchio: The response of reinforced concrete to in-plane shear and normal stresses, University of Toronto, March 1982

(2) 森田司郎・角徹三：鉄筋コンクリート部材の引張試験による付着効果の研究，セメント技術年報，Vol.18，pp.426-430，昭39

(3) 山田一宇，青柳征夫：ひび割れ面におけるせん断伝達，第2回RC構造物のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，pp.19-26，1983.10

論点Ⅱ－３ 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（６）

7

4. 材料構成則の適用性・妥当性について（続き）

（２）コンクリート（圧縮側）

・コンクリートの圧縮応力度とひずみの関係は、CCV規格の図CVE3511.2-1を参考にした上で、パラボラ型の応力ひずみ曲線を想定するに当たって標準的なCEB-FIP Model Codeに基づき設定している。

CCV規格においても、パラボラ型の応力ひずみ曲線を仮定しており、CCV規格に示されるコンクリートの応力度・ひずみ関係を右図に示す。以上のことから、コンクリートの圧縮側の弾塑性特性については、CEB-FIP Model Codeに基づき設定することは妥当であると考えている。

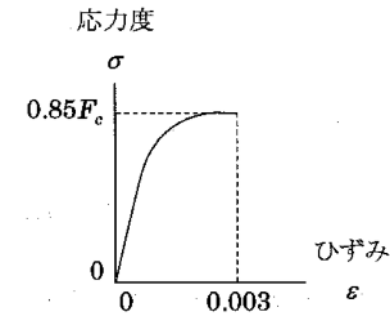


図 CVE3511.2-1 コンクリートの
応力度・ひずみ関係

コンクリートの応力度・ひずみ関係（CCV規格より引用）

（３）鉄筋（引張側，圧縮側）

・鉄筋の非線形特性については、CCV規格（CVE-3511.2の記載）に基づき完全弾塑性型として設定している。

CCV規格では、完全弾塑性型を仮定しており、CCV規格に示される鉄筋の応力度・ひずみ関係を右図に示す。以上のことから、鉄筋（引張側，圧縮側）の材料構成則として、完全弾塑性型を採用することは妥当であると考えている。

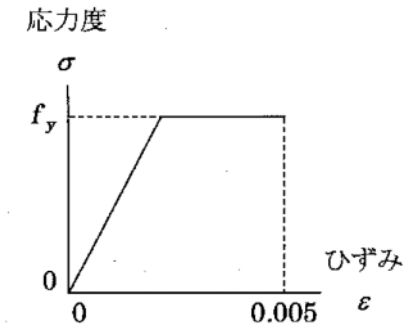


図 CVE3511.2-2 鉄筋の
応力度・ひずみ関係

鉄筋の応力度・ひずみ関係（CCV規格より引用）

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（7）

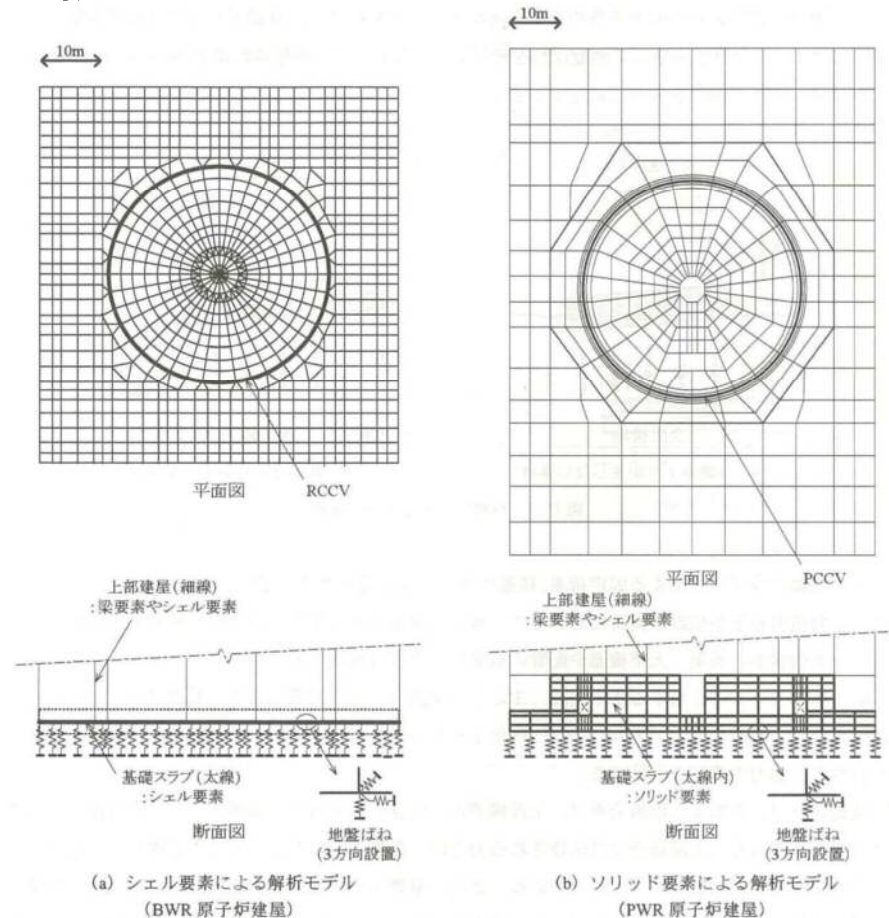
5. 既往研究に基づく弾塑性解析の適用性・妥当性について

以下に基礎スラブの弾塑性解析にシェル要素を用いることの適用性・妥当性について示す。

（1）基礎スラブの応力解析における適用要素の規基準類上の扱い

・J E A G 4 6 0 1 -1987には、「格納施設の基礎マット等の厚いコンクリート構造のF E M解析のモデル化については、基礎の幾何学的形状、上部構造及び基礎の解析モデル作成上の整合性を考慮して適切な要素を選択しなければならない。一般的に、原子炉建屋の基礎マットのようにマット厚の厚い部位の3次元F E M解析にはソリッド要素、又は面外せん断を考慮した平板要素を採用するのが良い。」と記載されている。ここで、面外せん断を考慮した平板要素とは、今回適用するシェル要素に該当する。

・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）には、「基礎スラブは荷重状態が複雑なため、弾性地盤に支持された板としてF E Mでモデル化する場合が多い。要素としてはシェル要素またはソリッド要素が用いられる。」とされており、また、「11条 基礎スラブ」の解説には、「原子炉建屋の基礎スラブの解析モデルは図11.1に示すように基礎スラブの形状に応じて、シェル要素やソリッド要素によりモデル化する。また、ボックス壁やボックス壁に接合する上層の床スラブによる全体変形の拘束効果を適切に反映する。」として、シェル要素を用いた基礎スラブのモデル化例が記載されている。



F E Mによる解析モデルの例
（原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）, 図11.1）

論点Ⅱ-3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用 (8)

5. 既往研究に基づく弾塑性解析の適用性・妥当性について (続き)

(2) 弾塑性解析を用いた解析的検討

- 小柳他, 小林他 (2009) の既往文献⁽¹⁾⁽²⁾においては, 基礎スラブをシェル要素でモデル化した場合とソリッド要素でモデル化した場合の弾性解析及び弾塑性解析を実施し, 曲げモーメント及びせん断力の応力性状について比較検討することにより, 合理的な応力評価法について検討している。これらより, 曲げモーメントに関しては, シェル要素の弾性解析結果と弾塑性解析結果の比較により平均化応力の範囲を検討し, 既往知見の塑性ヒンジ領域と同等であることが確認された (下図: シェル要素を用いた基礎スラブの弾塑性解析結果の概要)。また, ソリッド要素によるモデルでは, 基礎スラブの圧縮ストラット角度から面外せん断力に関する平均化応力の範囲は平均的には基礎スラブ厚さの1.0倍程度と想定できること, この結果は実験等による既往知見とも概ね対応していることが示されている (下図: ソリッド要素を用いた基礎スラブの弾塑性解析結果の概要)。これらの結果より, 検討に用いているモデルは違うものの, シェル要素とソリッド要素を用いた検討では同程度の平均化応力の範囲を示していることが確認された。
- 以上から, 原子炉建物の基礎スラブの応力解析において, シェル要素を用いた弾塑性解析による手法を採用することは妥当であると考えられる。
- また, シェル要素を用いた応力解析の検証の観点から, 面外せん断力が大きい場合には, 詳細設計段階において代表ケースを選定してソリッド要素で基礎スラブをモデル化した解析を行い, モデル化手法による比較を行うこととする。

弾性解析結果と弾塑性解析結果の比較により平均化応力の範囲は既往知見の塑性ヒンジ領域と同等 (基礎スラブ厚さ程度) であることを確認

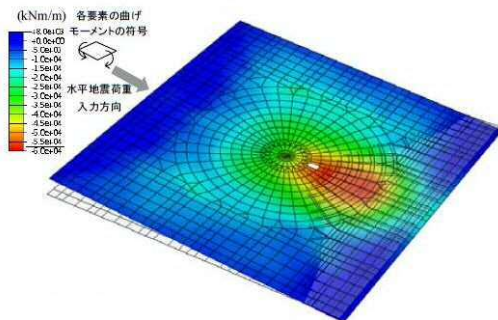


図-3 弾塑性解析 (M-2) による曲げモーメント分布

シェル要素を用いた基礎スラブの弾塑性解析結果の概要 (小林他 (2009))

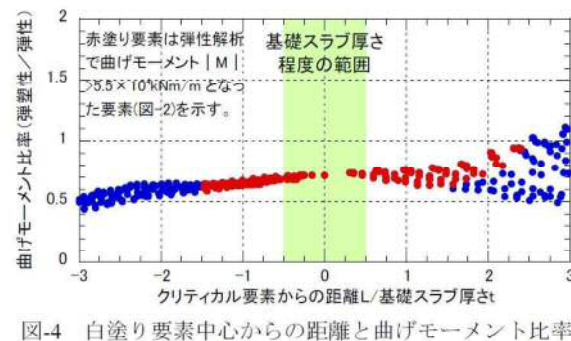


図-4 白塗り要素中心からの距離と曲げモーメント比率

基礎スラブの断面内の応力分布から圧縮ストラット角度を30~45°と評価
→圧縮ストラット角度から面外せん断力に関する平均化応力の範囲を平均的には基礎スラブ厚さの1.0倍程度と想定

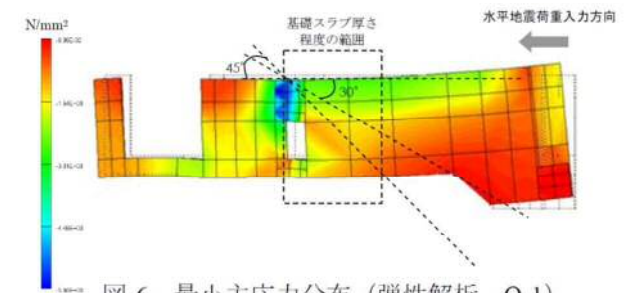


図-6 最小主応力分布 (弾性解析、Q-1)

ソリッド要素を用いた基礎スラブの弾塑性解析結果の概要 (小林他 (2009))

(1) 小柳他: 原子炉建屋基礎スラブの合理的応力評価方法に関する解析的検討 (その1) 基礎スラブの試験解析, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.1039-1040, 2009

(2) 小林他: 原子炉建屋基礎スラブの合理的応力評価方法に関する解析的検討 (その2) 合理的応力評価法 (案), 日本建築学会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.1041-1042, 2009

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（9）

6. まとめ

原子炉建物の基礎スラブ等の応力解析で採用予定の解析モデルについて、既工認との手法の差異を整理した。論点として、弾塑性挙動に与える影響が大きい材料構成則（鉄筋、コンクリート）を抽出した。今回工認で採用する材料構成則について、適用文献の内容を整理し、その適用性・妥当性を確認した。

また、応力解析においてシェル要素を用いた弾塑性解析を採用することについても、既往研究に基づき適用性・妥当性を確認した。

以上より、今回採用予定の応力解析モデルの妥当性を確認した。

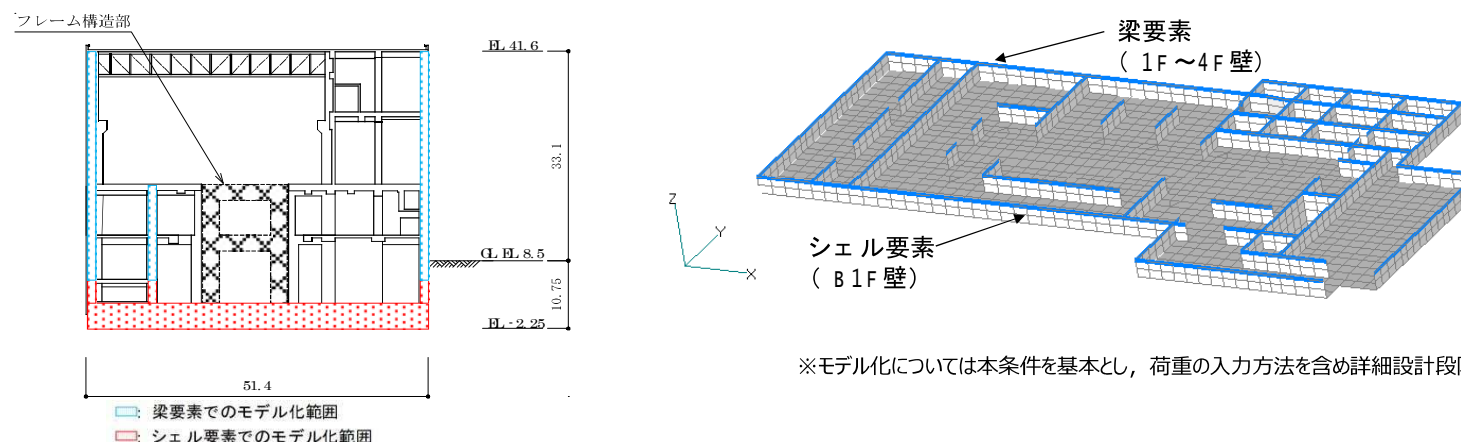
論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（補足1）

■ 耐震壁のシェル要素でのモデル化について（タービン建物及び制御室建物）

・タービン建物の基礎スラブの3次元FEMモデルにおける耐震壁のモデル化について既工認と今回工認では以下の違いがある。

既工認	今回工認
梁要素は基礎スラブに対する面外剛性として寄与。本来、基礎スラブより上階において直交する耐震壁は相互に繋がっているが、その効果は考慮されない。	左記に加え、壁全体として基礎スラブへの拘束部材として寄与。例えば、地震荷重時に基礎スラブが面外に変形しながら浮き上がりを生ずる挙動に対して、地震方向の耐震壁と直交方向の耐震壁が一体性を保持しつつ、立体的に抵抗する。また、既工認モデルの梁要素は中立軸を耐震壁の図心として評価したものを基礎スラブ中心位置に設定しており偏心が考慮されないのに対し、今回工認モデルではシェル要素を基礎スラブ上端より立ち上げるため、基礎スラブ中心（モデル化位置）と耐震壁の図心の偏心距離が考慮されることにより曲げ剛性が大きく評価される。これらの結果、基礎スラブの面外変形が既工認モデルに比較して小さくなり、基礎スラブの応力は低減することとなる。以上のとおり、今回工認モデルの方が、より実現象に近い応答性状を与えるモデルとなっている。

- ・耐震壁の地震力算定に用いる地震応答解析では基礎スラブを剛体として扱っていること、また、耐震壁の土圧荷重の評価においては一方向版を仮定し、基礎スラブとの接続部で固定とした評価を実施していること等から耐震壁には十分な余裕があるが、シェル要素でモデル化した耐震壁に発生する応力については、念のため詳細設計段階でその影響について確認する。
- ・また、制御室建物の今回工認で用いる3次元FEMモデルではタービン建物と同様の考え方により、剛性の高い壁のうち低層部の一部をシェル要素でモデル化する。
- ・なお、耐震壁のシェル要素でのモデル化については、女川原子力発電所2号炉の原子炉建屋基礎版の設置変更許可段階の審査において採用している手法と同様である。

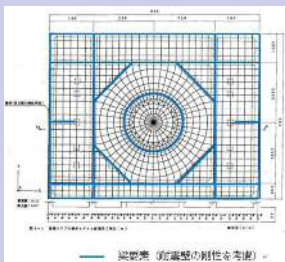


※モデル化については本条件を基本とし、荷重の入力方法を含め詳細設計段階にて検討する。

基礎スラブの3次元FEMモデルの概念図（タービン建物の例）

論点Ⅱ－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用（補足2）

弾塑性解析の適用に関する先行プラントとの比較

プラント	島根2号炉	女川2号炉（参考） ^注	柏崎刈羽6号及び7号炉（参考） ^注
部位	原子炉建物の基礎スラブ	原子炉建屋の基礎	RCCVコンクリート部
分類	間接支持構造物（検討用地震動：Ss）	間接支持構造物（検討用地震動：Ss）	主要設備（Sクラス）
解析手法	・弾性地盤上に支持された厚さ6.0mの一枚の版として有限要素法により解析する。	・弾性地盤上に支持された厚さ6.0mの一枚の版として有限要素法により解析する。	・3次元FEMモデルを用いた応力解析
解析コード	・ABAQUS	・ABAQUS	・NASTRAN ・ABAQUS
荷重状態	—	—	荷重状態Ⅰ～Ⅲ 荷重状態Ⅳ
考慮する荷重	・固定荷重，機器配管荷重，積載荷重，地震荷重（Ss），土圧等	・固定荷重，機器配管荷重，積載荷重，地震荷重（Ss），土圧等	・死荷重，運転時圧力等 ・死荷重，運転時圧力，地震荷重等
モデル化	モデル化範囲	・基礎版全体と剛性の高い一部壁をモデル化	・360°全周をモデル化
	メッシュサイズ	・モデル全体で概ね1～3m程度	・モデル全体で概ね1～2m程度
要素タイプ	・基礎スラブ全体を積層シェル要素でモデル化する。 ・基礎スラブより立ち上がっている耐震壁（外部ボックス壁，内部ボックス壁及びドライウェル外側壁）は，その剛性を考慮した等価な梁要素でモデル化する。外部ボックス壁及び内部ボックス壁は燃料取替床レベル（E L 42.8m）まで，ドライウェル外側壁はE L 約23mまでの剛性を考慮する。また，梁要素の剛性算定においては開口部による影響は考慮しない。	・基礎版全体を積層シェル要素でモデル化する。 ・外部，内部ボックス壁，火打ち壁，シェル壁等の剛性の高い壁は，等価な剛性を考慮した梁要素でモデル化する。 ・地下部分の壁の一部はシェル要素でモデル化し，壁の立体的な形状による剛性への寄与を考慮する。	積層シェル要素：シェル部，トップスラブ部 ROD要素，BAR（梁）要素：境界条件の設定に使用
	・コンクリートのヤング係数 $E = 2.25 \times 10^4$ (N/mm ²) ^{※1} ・コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.2$ ^{※1}	・コンクリートのヤング係数 $E = 2.51 \times 10^4$ (N/mm ²) ^{※1} ・コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.2$ ^{※1}	・コンクリートのヤング係数 $E = 2.88 \times 10^4$ (N/mm ²) ・コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.2$
評価方法	応力解析 （機能維持）	・弾塑性解析 ^{※2} （機能維持）	・弾性解析 （弾性範囲内）
	許容限界 部材に発生する応力，ひずみが終局強度を超えないことを確認する。 ^{※2} 接地圧が地盤の極限支持力を超えないことを確認する。	部材に生じる応力，ひずみが許容限界を超えないことを確認する。 ^{※3} 接地圧が地盤の許容支持力を超えないことを確認する。	部材に発生する応力・ひずみが許容限界を超えないことを確認
境界条件及びモデル図	・基礎スラブより立ち上がっている耐震壁は，その剛性を考慮した等価な梁要素でモデル化，底面には支持地盤と等価な弾性はばねをモデル化。 ・基礎スラブより立ち上がっている独立柱はその剛性を考慮しない。 ・梁要素のモデル化位置は，B2F壁の比較的小さい開口の影響はないと判断して設定。	・基礎版より立ち上がっている耐震壁はその剛性を考慮してシェル要素及び梁要素でモデル化，底面には支持地盤と等価な弾性はばねをモデル化。 ^{※4}	基礎スラブとシェル部とは固定とし，シェル部及びブルガードに取り付け床スラブはそれぞれ梁要素としてモデル化。
			
備考	※1：コンクリートのヤング係数及びポアソン比は，日本建築学会「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－」（1999）による計算式に基づく値を用いる。 ※2：許容限界については，日本機械学会「発電用原子力設備規格コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E I - 2003」等によるものとする。 注：タービン建物及び制御室建物の基礎スラブについては，剛性の高い壁のうち低層部の一部をシェル要素でモデル化し，壁の立体的な形状による剛性への寄与を考慮する予定であるが，詳細については，詳細設計段階で説明する。	※1：コンクリートのヤング係数及びポアソン比は，日本建築学会「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－」（1999）による計算式に基づく値を用いる。なお，地震応答解析モデルと同様の初期剛性低下については，地震観測記録の分布等を踏まえて，その影響を考慮することとする。 ※2：終局強度設計の許容値に基づく評価を実施することとした。 ※3：許容限界についてはcCV規格によるものを基本とする。 ※4：基準地震動Ss以外の荷重（常時荷重及び弾性設計用地震動sd）に対して検討する場合については，基準地震動Ssに対する検討に用いる解析モデルを採用する予定である。また，そのクライテリアはそれぞれの荷重に対する要求機能を踏まえた設定とする。	・荷重状態Ⅰ～Ⅲに対しては弾性解析を実施する。荷重状態Ⅰ～Ⅲについては，RCCVの挙動を弾性範囲内に収めるという設計思想に基づき設計が行われており，許容値も弾性範囲内とされていること，並びに，温度荷重により発生する熱応力については荷重状態Ⅰ及び荷重状態Ⅱにおいては弾性剛性を1/2に，荷重状態Ⅲにおいては弾性剛性を1/3に一律低減して算定することにより考慮することから既工認時と同様に弾性解析を実施することとし，過重状態Ⅳについては，評価基準値が塑性化を許容した終局強度設計を行っており，許容値も塑性化を考慮した数値となっていることから，弾塑性解析を実施することとした。 ・許容限界については，既工認時：通商産業省告示452号「コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準」今回工認：CCV規格に基づき設定しているが，数値は同じである。荷重状態Ⅳ（Ss（既工認時はS2）を含む荷重組合せ等）の場合は，鉄筋：5000μ，コンクリート：3000μ

注：他サイトの情報に係る記載内容については，公開資料を基に弊社の責任において独自解釈したものです。