

TK-1-499 改4
平成30年5月15日
日本原子力発電株式会社

原子炉建屋基礎盤の耐震評価

平成30年5月15日
日本原子力発電(株)

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。

【論点－4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(1/7)

1. 概要

- 原子炉建屋基礎盤の耐震評価について、評価への影響が大きい事項について、整理する。(次頁に構造概要)

No.	項目	内容	頁
1	応力解析モデルの境界条件	・既工認モデルと同様に人工岩盤を考慮しないモデルを適用する。 (2/13補正申請における応力解析モデルから見直すこととする。)	2,3
2	荷重の入力方法	・地震応答解析に基づき設定した地震力を、既工認と同様の手法(せん断力分配解析)により応力解析モデルに入力する。	—
3	局所応力の取り扱い (応力平均化)	・局所的な応力集中に対し、構造仕様及び周辺の応力分布を考慮したうえで、周辺要素との応力平均化を行う。	4～6
4	許容限界	・面材としての応力再配分が期待できることを踏まえ、梁の終局強度式を適用する。	7

※人工岩盤のモデル化は、地盤のせん断剛性による連成ばねを考慮しないウインクラ—ばねが基礎スラブの評価上の拘束条件として保守側な設定となっていることを踏まえ、より現実的な荷重伝達を考慮することを目的としたものであるが、既工認モデルと同様に人工岩盤を考慮しないモデルに見直すこととする。人工岩盤ありのモデルは現実的な応力状態を確認するための参考として位置付ける。

2. 確認事項

- 評価手法の妥当性について確認する。

3. 確認状況

- 局所応力に対し既工認実績のある応力平均化を行う際の平均化範囲の考え方について説明方針を示した。
- 許容限界として既工認実績のない終局強度式を適用することに対し、妥当性の説明方針を示した。

4. 今後の予定

- 上記内容の詳細を説明したうえで、評価結果を取りまとめて提示する。(6月末予定)

【論点－4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(2/7)

原子炉建屋基礎盤は耐震設計上の位置づけとして3つの領域に区分される。

表1 原子炉建屋基礎盤の領域と分類

記号	部位	耐震重要度分類	間接支持構造物	基準地震動 S_s による地震力に対する耐震設計方針
A	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	・Sクラスの設備 (原子炉格納容器)	基準地震動 S_s による地震力と地震力以外の荷重の組合せに対して、構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有すること。
B		原子炉棟基礎	・Sクラスの設備 (原子炉建屋原子炉棟の基礎)	
C		付属棟基礎	・Cクラス	基準地震動 S_s による地震力により発生する応力が、JEAG4601の規定、既往の研究等において試験・解析等により妥当性が確認されたものを参考に設定されている許容限界を超えていないこと。

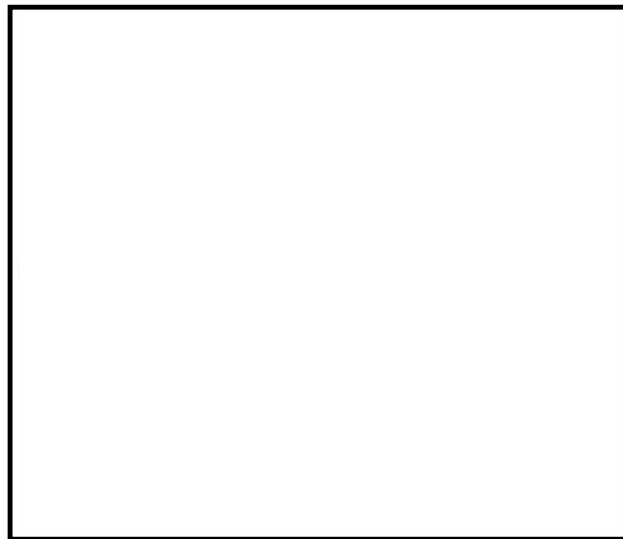


図1 原子炉建屋概略平面図



図2 原子炉建屋概略断面図(A-A断面)

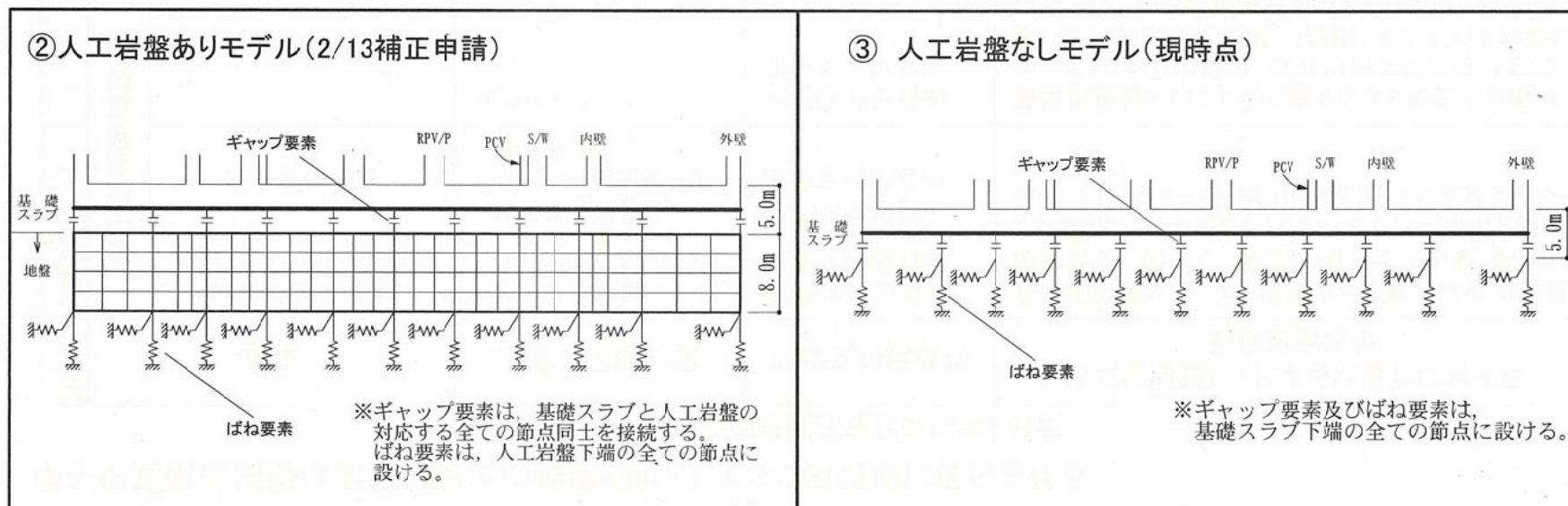
底部コンクリートマットについては評価上余裕がある見通しが得られており、本日は原子炉棟基礎及び付属棟基礎について説明する。

【論点-4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(3/7)

■ モデル変更経緯

時系列	① 既工認	② 2/13補正申請	③ 現時点
モデル名	既工認モデル	人工岩盤考慮モデル	人工岩盤なしモデル
モデル仕様	1/2モデル 人工岩盤なし	フルモデル 人工岩盤考慮	フルモデル 人工岩盤なし
位置づけ		現実的な荷重伝達を考慮	既工認モデルをベースとしたフルモデル

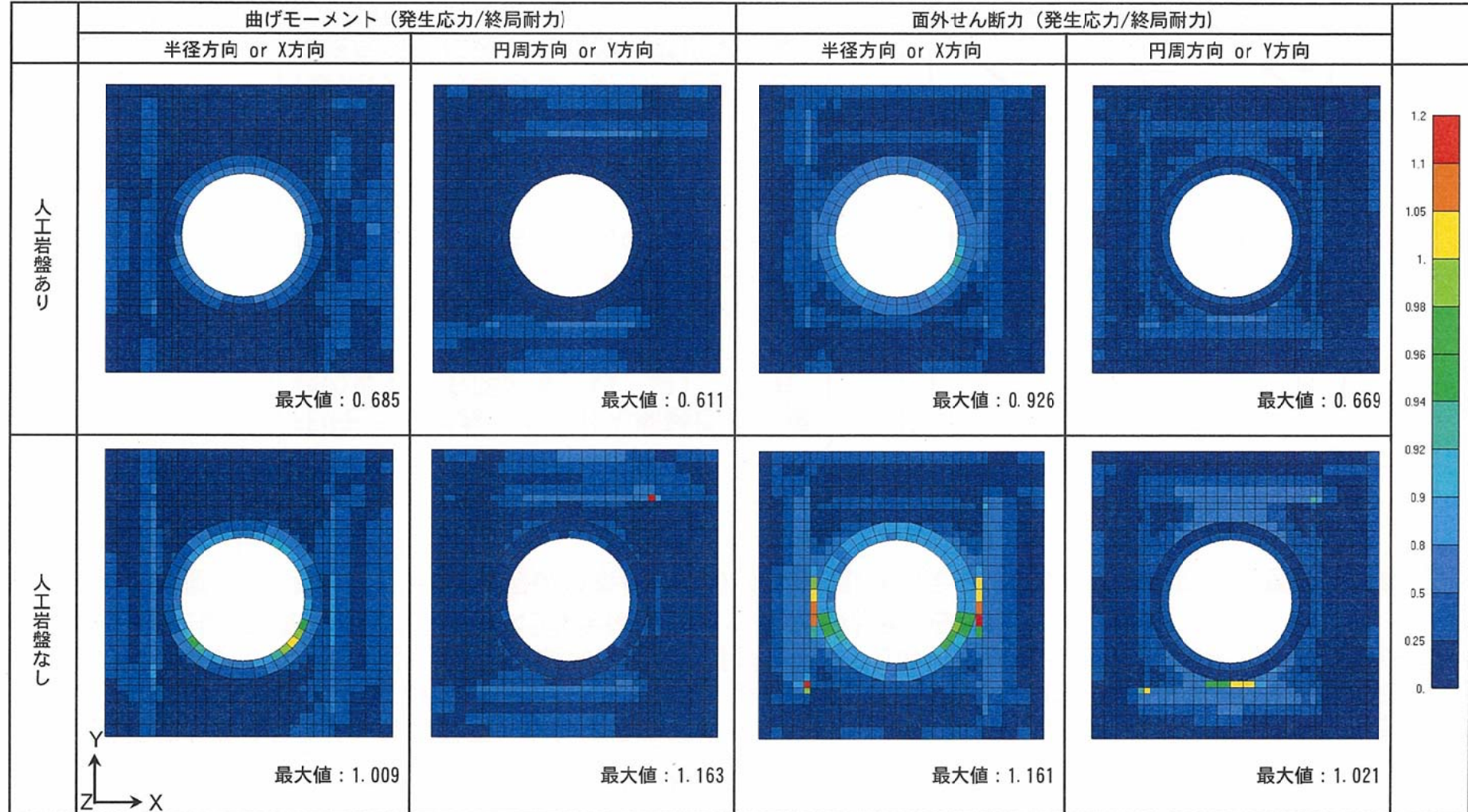
■ 解析モデル変更箇所



【論点-4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(4/7)

■ 解析評価結果(②人工岩盤あり ③人工岩盤なしの比較)

評価結果_Ss地震時 (原子炉棟基礎および付属棟基礎, 水平2方向+鉛直方向)



【論点－4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(5/7)

■ 応力平均化(面外せん断力の応力平均化範囲の考え方)

- ・局所的な応力により一部の要素において発生応力が大きくなる場合がある。基礎スラブは、地盤(人工岩盤)と接しているため、地盤に局所破壊が生じない限り、基礎スラブの面外方向変位は拘束され、せん断ひび割れの発生・拡大が抑制される。また、基礎スラブでは、局所的に応力の集中があったとしても2次元的な応力の再配分が生じ、構造性能を消失するような全体破壊は生じにくいと考えられる。

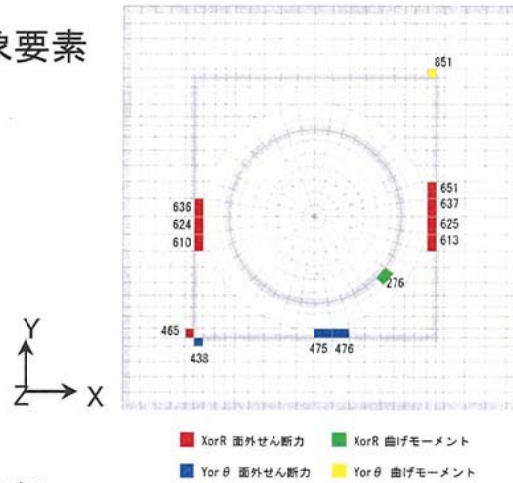
以上を踏まえ、基礎スラブでは、周辺要素の応力状態を確認したうえで、せん断力の方向を仮想梁の材軸方向とし、以下のとおり考慮する。

方向	考え方	概念図
材軸方向	FEMモデルにおいて、せん断破壊面が複数の要素(右図の赤、緑、青)で共有されることを踏まえ、当該複数要素による応力平均化を考慮し、平均化範囲は部材厚 t とする。部材厚の範囲内に耐震壁がある場合は壁面の内法を平均化範囲とする。	
材軸直交方向	1要素の幅を1本の梁(梁①)と見なし、終局強度に達した場合、隣接する梁②との間で荷重伝達ができる範囲で応力再配分が生じると考え、その範囲において応力平均化を考慮する。 (今回の評価では使わない見通しである。)	

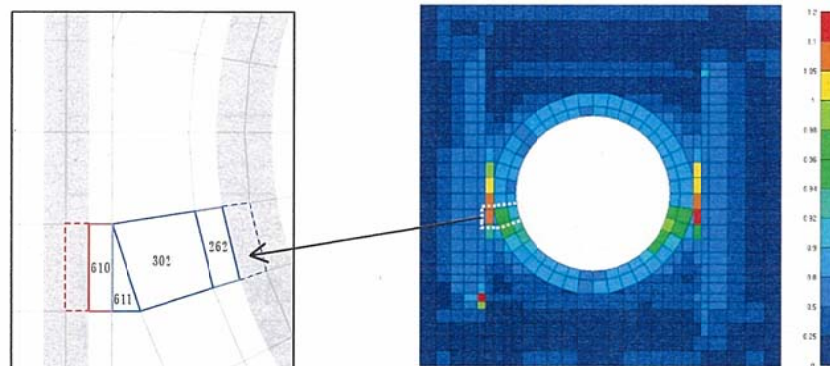
【論点-4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(6/7)

■ 応力平均化

(1) 応力平均化の対象要素



(2) 応力平均化の評価例



要素610,262のうち耐震壁直下の範囲は、評価対象外とする。

	面外せん断力	許容せん断力	検定比
平均化前	9.34×10^3 kN	8.78×10^3 kN	1.064
平均化後	9.84×10^3 kN	1.04×10^4 kN	0.950

(3) 応力平均化の評価まとめ

要素番号	応力成分	方向	平均化前 検定比	平均化後 検定比	
276	曲げモーメント	半径R	1.009	0.997	
851		Y	1.163	0.935	
465	面外せん断	X	1.161	0.721	
610			1.064	0.950	
613			1.105	0.939	
624			1.086	0.922	
625			1.081	0.913	
636			1.018	0.869	
637			1.032	0.877	
651			1.014	0.869	
438			Y	1.009	0.627
475				1.001	0.851
476	1.021	0.874			

【論点－4】原子炉建屋基礎盤の耐震評価(7/7)

■ 許容限界の設定

原子炉建屋基礎盤の面外せん断力に対する許容限界として、せん断終局強度を適用する。

せん断終局強度式は建築物の梁(線材)を対象とした実験式であり、基礎スラブ(面材)に適用する場合は、保守性を有する。評価式の適用に関する部材の特徴を下表にて比較する。今後、比較を踏まえた妥当性について詳細を説明する。

表 梁と基礎スラブに対するせん断終局強度の位置づけの比較

部材	特徴と説明方針
梁 (線材)	<ul style="list-style-type: none">◆部材断面全体に対する評価を行うものであり、終局強度に達すると脆性的なせん断破壊が生じることを意味する。◆梁下に壁がない場合は、せん断ひび割れの発生・拡大が生じやすい。
基礎スラブ (面材)	<ul style="list-style-type: none">◆FEMモデルとして分割した要素に対し評価を行っており、局所的な応力集中により部分的に終局強度に達しても、応力直交方向に対する応力再配分が生じるため、機能を喪失するような全体破壊は生じにくい。 ⇒スラブの面外せん断力に関する既往実験の結果等と梁のせん断終局強度式の関係を整理し梁式の保守性を説明する。◆基礎スラブには地震力と側面の土圧により軸力が生じるため、柱式のように軸力の効果を考慮することも可能であるが、保守的に考慮しないこととする。 ⇒軸力の影響を考慮する柱式での評価との比較により梁式の保守性を説明する。◆基礎スラブは地盤と接しているため、地盤に局部破壊が生じない限り、基礎スラブの面外方向変位は拘束されるため、せん断ひび割れの発生・拡大は抑制される。 ⇒人工岩盤ありのモデルの結果との比較により応力解析の保守性を説明する。