

## 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 耐震設計の論点に係る整理表

## I. 耐震設計に係る主な論点

分類	整理 No.	論点	内容	難易度	—	補足	審査予定時期*
共通	A	評価対象の網羅性	別表第二及び耐震重要度分類の区分に照らし、過去の工認及び最新プラントの建設工認の評価実績を踏まえて、評価対象施設、評価部位、評価項目の網羅性を確認した結果を整理	低	—	建屋の地震応答解析モデルを優先して実施。	9月第1週
	B	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方針	水平2方向及び鉛直方向の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことに伴う、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに係る影響評価方針を整理	低	—	中越沖地震シミュレーション及びSd-2を用いて、地震応答解析モデルと3次元FEMモデルとの比較を実施。	8月第4週
	C	耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響 (影響検討対象施設の抽出プロセス・抽出結果)	耐震重要施設の安全機能への波及的影響検討のうち、敷地全体を俯瞰した調査・検討等の結果及び波及的影響を及ぼす可能性のある施設、設備の選定結果を整理	中	—	ヒアリングにおける指摘事項について対応中。	8月第4週
	D	重大事故等による荷重と地震動の組合せの設定の考え方	重大事故等対処施設に必要な耐震設計条件に適用する荷重条件と地震動の組合せを明確にし、重大事故等対処施設の耐震設計におけるその考え方の妥当性を整理	中	—	審査会合における指摘事項について、準備は終了。他の関連する議題の審査会合に併せて説明予定。	随時
共通 / 個別		既工認からの解析評価条件の変更	評価対象施設に適用した評価手法・評価条件について、既工認からの変更点を確認した結果を整理 詳細については、次ページ以降、「II. 既工認からの主な解析評価条件の変更点」参照	高～低	—	詳細については、下表「II. 既工認からの主な解析評価条件の変更点」参照	

\* 今後の審査状況に応じて調整があり得る

II. 既工認からの主な解析評価条件の変更点

分類	整理No.	変更項目	変更内容	難易度	適用実績、審査実績	参考根拠等	補足	審査予定時期*	
建物・構築物	1	建屋の地震応答解析モデル(柏崎6, 7号)	コンクリート実剛性の採用	コア圧縮試験、建設時材齢強度(管理材齢時及び長期材齢時)等からコンクリートの実剛性を設定し、観測記録のシミュレーションや分析等により妥当性を説明する	高	-	・各種試験結果 ・観測記録のシミュレーション解析等	審査会合の指摘事項については、地震応答解析モデル全体の説明時に回答予定。	随時
			基礎側面回転バネの採用	より現実的な挙動として採用する	高	PWR(高浜3, 4号補助一般建屋)	・観測記録のシミュレーション解析 ・K-6R/Bを想定した地中外壁摩擦実験の結果とSsによる回転ばね反力の比較	妥当性を示すための実験結果を8月第3週に説明予定。併せて、2次元FEM解析を実施しており、解析結果の説明は、8月第4週となる見込み。	8月第3週(実験結果) 8月第4週(解析結果)
			補助壁の考慮	既工認では剛性対象範囲外としたが実際は建屋剛性に寄与すると考えられる壁を補助壁として、剛性を評価する	中	-	・観測記録のシミュレーション解析 ・RC-N規準等	審査会合の指摘事項については、地震応答解析モデル全体の説明時に回答予定。	随時
			表層部の埋込み効果の無視	中越沖地震時に表層地盤の変状を踏まえ、地盤-建屋相互作用効果が見込めないと判断し、この部分の埋込み効果を無視する	高一	-	・観測記録のシミュレーション解析等	柏崎刈羽6号及び7号炉で想定するような強い地震時に表層部分の埋込み効果は期待できず、これらを無視することは、工学的に妥当な判断であるため、論点とはならないと考えられる。	-
	6	弾塑性解析の適用	応力解析モデルへの弾塑性解析の適用	地震動の増大に対し、より現実的な挙動把握のため、原子炉格納施設の基礎などの鉄筋コンクリート部材の応力解析において、材料(コンクリート、鉄筋)の非線形特性を考慮した弾塑性解析を採用する予定としている	中	-	・既往知見(NUPEC報告書, AIJ「コンクリート系構造物の部材解析モデルと設計への応用」, 出雲他「面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル」)	建屋の地震応答解析モデルを優先して実施。	9月第2週
			原子炉建屋屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の採用	原子炉建屋の屋根トラスの地震応答解析及び部材応力評価において、材料(鉄骨)の非線形特性を考慮した3次元FEMモデルによる弾塑性解析を適用	低	PWR(川内1,2号タービン建屋, 伊方3号タービン建屋)	・既往知見(谷口他「鉄骨X型ブレース架構の復元力特性に関する研究」)	建屋の地震応答解析モデルを優先して実施。	9月第1週
屋外重要土木構造物	7	解析モデルの精緻化	構造解析における三次元モデルの適用	現実的な構造物の挙動特性を考慮するため、構造解析において三次元モデル(材料非線形モデル等)を適用	中	-	・コンクリート標準示方書(土木学会) ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会)	ヒアリングの指摘事項について対応中。	8月第4週
			隣接構造物のモデル化	現実的な挙動特性を考慮するため、隣接構造物をモデル化することによる精緻化を実施	低	-	-		8月第4週
	8	解析手法の精緻化	時刻歴応答解析	・現実的な挙動特性を考慮するため、地震応答解析にFEMモデルによる非線形解析手法を適用(時刻歴応答解析) ・鉛直地震動について静的入力から動的入力に変更(水平・上下同時入力) ・評価基準値は、限界状態設計法も考慮	低	PWR(川内1,2, 高浜1,2,3,4, 伊方3)	・コンクリート標準示方書(土木学会) ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会) ・道路橋示方書(日本道路協会)		8月第4週
			減衰定数の変更	地震応答解析手法の変更に伴い、減衰定数にも非線形特性を適用(履歴減衰, レーリー減衰)	低	-	-		-
10	原子炉本体基礎の復元力特性の考慮	地震動の増大に対してより現実的な応答特性を考慮するため、非線形特性を適用(既往試験に基づく知見をもとに説明。なお、原子炉建屋は設計時より非線形モデルを用いている)	高	-	・SC構造設計の基礎式を参考にベDESTAL弾塑性手法を構築 ・RCCV共研の試験結果にて検証	-	本日の審査会合の議題		
12	クレーン類のギャップ非線形モデルの採用	燃料交換機	鉛直1Gを超える加速度への対応として、車輪部に浮き上がり・衝突を考慮した非線形要素(ギャップ)を追加合わせて滑り、衝突を考慮した3次元線形梁モデルを適用	高一	-	・JNES天井クレーン実証試験	地震時に燃料交換機の落下を防止するために追設したガイドプレートと燃料交換機脚部の接触を考慮した解析モデルを採用する効果を精査した結果、ガイドプレートを考慮せずとも、既工認で考慮していた落下防止措置のみでも落下防止を達成できることを確認したので、解析を複雑にするメリットが無いと判断し、適用しない方針に変更。	-	
		原子炉建屋クレーン		低	他BWR(大間)	・JNES天井クレーン実証試験	建屋の地震応答解析モデルを優先して実施。	8月第4週	
13	燃料ラックの減衰定数の変更	角管並列型, 格子型	加振試験に基づき減衰定数を適用(Ss:7%, Sd:5%)	中	-	・燃料ラック加振試験結果	「角管市松型」に関して、ヒアリングの指摘事項について対応中。	8月第3週	
		角管市松型		中	-	・燃料ラック加振試験結果			
15	ポンプ等の応答解析モデルの精緻化	一部のポンプ等について、最新工認実績等を踏まえ応答解析モデルを見直し(1軸モデル→3軸モデル, モデル質点の追加, FEMモデルの適用等)		低	PWR(川内1,2, 高浜3,4, 伊方3, 玄海3,4)	-	建屋の地震応答解析モデルを優先して実施。	8月第4週	
		クレーン類, 配管系の減衰定数の変更	振動試験結果を踏まえ、クレーン類及び配管系について、JEAC4601-2008に規定されている減衰定数に変更する	低	PWR(川内1,2, 高浜3,4, 伊方3) 他BWR(大間)	・試験, 解析(JEAC4601-2008に記載)		8月第4週	
共通	17	鉛直方向の動的地震力の適用	鉛直方向に動的地震力を適用するのに伴い、鉛直方向に柔な設備については鉛直方向の減衰定数を新たに考慮しており、鉛直方向の解析モデルを追加する	低	PWR(川内1,2, 高浜3,4, 伊方3) 他BWR(大間)	-	-	随時	
		水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ方法の変更	鉛直方向地震力が動的地震力に変更になったことに伴い、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ方法を、絶対値和法から組合せ係数法やSRSS法に一部変更する	低	PWR(川内1,2, 高浜3,4, 伊方3) 他BWR(大間)	-			

【表の見方】  
 ・難易度: 先行実績での有無, 規格基準等での有無などを考慮して, 高, 中, 低に区分する。区分目安は, 以下のとおり  
 高: 観測記録によるシミュレーション, 試験等により説明するもの。また, 妥当性に係る説明内容が多いと考えられるもの  
 中: 既往論文(NUPEC報告書)や民間規格(日本建築学会, 土木学会, 日本道路協会, 日本電気協会)等, 参考となる知見を既に有するもの。また, 妥当性に係る説明内容が「高」に比べて少ないと考えられるもの  
 低: 適用実績・審査実績, 是認(エンドース)された民間規格等を基に説明可能なもの  
 ・参考根拠等: 適用実績, 審査実績以外の説明根拠について記載する

\* 今後の審査状況に応じて調整があり得る

Ⅲ. その他

分類	整理 No.	項目	概要	難易度	-	-	補足	審査予定時期*
	1	地盤の液状化	地盤物性の整理, 地盤物性の代表性・網羅性の整理及び構造物影響評価(代表)を説明する。	-	-	-	審査会合の指摘事項を踏まえ, 地盤物性の代表性・網羅性及び構造物影響評価の方針(ばらつきの考え方, 要求機能に対する損傷モードやそれに対応した性能目標水準についての考え方等)の検討を追加実施。 その後, 追加対策が必要となる場合には, その有効性を含めて, 取水路及び荒浜側防潮堤の構造評価の見直しを説明する。	8月第1週(代表性・網羅性及び構造物影響評価の方針) 8月第3週(取水路) 9月第1週(荒浜側防潮堤)
	2	保管場所・アクセスルート	保管場所の沈下及び斜面評価, 並びに, アクセスルートの段差及び斜面崩壊を考慮した仮復旧評価を説明する。	-	-	-	アクセスルートの仮復旧評価については, 液状化等を考慮した段差(沈下)評価及び動的解析による斜面崩壊範囲の評価を実施。保管場所の沈下及び斜面評価については, 液状化等を考慮した沈下評価, 動的解析に基づく斜面評価を実施。	8月第1週(アクセスルート) 8月第4週(保管場所)
	3	耐津波設計	入力津波の妥当性を示した上で, 大湊側の外郭防護, 荒浜側の外郭防護及び内郭防護の妥当性を検証するとともに, 入力津波に基づき設計で考慮する漂流物を選定	-	-	-	敷地内の沈下量(含む液状化)及び斜面崩壊による影響範囲を仮定した上で, 入力津波の妥当性(液状化の審議に応じてフィードバック要)を示すとともに, 入力津波に対する大湊側の外郭防護の妥当性を検証。 また, 入力津波に対する荒浜側の外郭防護, 内郭防護の妥当性も評価。 確定した津波条件(流向, 流速)に基づき, 防潮堤等の設計で考慮する漂流物(衝突荷重)の設定, 取水口通水性の詳細評価(堆積物の積算効果等)で考慮する漂流物の選定を実施。	8月第1週(入力津波, 大湊側) 8月第4週(荒浜側, 漂流物)
	4	3号炉原子炉建屋内緊急時対策所の耐震設計方針	緊急時対策所として, 確実に機能が維持されることの説明	-	-	-	3号炉原子炉建屋の地震応答解析を実施し, 該当する耐震壁のひずみを評価する。	9月第1週

\* 今後の審査状況に応じて調整があり得る