

BWR5社(東京, 東北, 中部, 中国, 原電) 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	-	事業者					審査体制 (合同, 個別)	審査予定時期 ^{*2}
						東京 (柏崎6.7号)	東北 (女川2号)	中部 (浜岡4号)	中国 (島根2号)	原電 ^{*1} (東海第二)		
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	-	○	○	○	○	○	4社合同 (東京, 東北, 中部, 中国)	10月以降
	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	-	○	○	○	○	○	4社合同 (東京, 東北, 中部, 中国)	10月以降
	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	-	○	○	○	○	○	4社合同 (東京, 東北, 中部, 中国)	8月下旬
	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	-	○	○	○	○	○	4社合同 (東京, 東北, 中部, 中国)	7月上旬
個別	E	重要度分類の見直し	地震大MSIV閉及び線量評価に基づく、放射性廃棄物を内蔵している施設及び放射性物質に関連する施設(タービン系配管等)の耐震重要度分類の見直し結果及びその妥当性を整理	高	-	-	-	○	-	-	中国個別	4月中旬
	F	施設設計へのSs1又はSs2の適用の考え方	浜岡原子力発電所では敷地における地震動の増幅特性を踏まえ、基準地震動としてSs1とSs2の2種類を設定しており、施設設計へのSs1又はSs2の選定の考え方を整理	中	-	-	○	-	-	-	中部個別	6月上旬
共通 / 個別	G	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、下表「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						

*1 基準地震動への耐震成立性の検討のために資料準備期間として、基準地震動の審議を経てから3ヶ月必要であり、基本は個別審査で対応させて頂く

*2 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	事業者					審査体制 (合同、個別)	審査予定時期 ^{*2}
							東京 (柏崎6.7号)	東北 (女川2号)	中部 (浜岡4号)	中国 (島根2号)	原電 ^{*1} (東海第二)		
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	建屋の地震応答解析に係る個々の変更項目について、事業者間で共通項目もあるが、各サイトによって建物の配置、地盤の硬軟、埋め込み深さ等の差異があり、各項目を組み合わせた地震応答解析モデルについて妥当性を検証するため、サイト毎の個別対応とする	東京個別	4月中旬			
			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						
			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						
			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、この部分の埋め込み効果を無視する	高	—	・観測記録のシミュレーション解析等						
	2	建屋の地震応答解析モデル(島根2号)	変更なし	低接地率となる場合の解析の扱い	低	PWR (高浜3,4号中間建屋)	—		中国個別	7月上旬			
			3	建屋の地震応答解析モデル(女川2号)	地震観測シミュレーション知見反映	2011年東北地方太平洋沖地震及び2011年4月7日宮城県沖の地震の観測記録によるシミュレーション解析で得られた知見(初期剛性は観測記録に合わせて補正、強度は設計基準強度、床は柔性を考慮)を反映している 複数の観測記録によるシミュレーション等で妥当性を説明する	高		—	・観測記録によるシミュレーション等	東北個別	6月下旬	
	入力地震動の算定	建屋への入力地震動を算定する際に、既工認では基準地震動を直接入力としていたが、今回工認では建屋の掘り込み効果を考慮する			高	—							
	地盤の非線形性考慮	建屋側面の埋め戻し土については、入力地震動レベル(ひずみ)に応じた地盤の非線形性を考慮している 複数の観測記録によるシミュレーション等で妥当性を説明する			高	—							
	4	建屋の地震応答解析モデル(浜岡4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		中部個別	7月上旬			
			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)	・建屋周辺の地盤状況説明 ・各種試験結果 ・観測記録のシミュレーション解析等						
			ひずみレベルに応じた岩盤剛性の採用	地震動の増大に対して、より現実的な挙動把握のため、岩盤のひずみに応じた剛性を採用する	高	—	・地盤応答解析結果						
			格子型モデルの境界条件の変更	建設時工認(底面固定条件、側面・面外とも自由境界)から底面・側面・面外ともに粘性境界とする	低	—	・JEAG4601-1987						
5	建屋の地震応答解析モデル(東海第二)	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)	・建屋周辺の地盤状況説明 ・観測記録のシミュレーション解析等	原電個別	10月以降					
		入力地震動の算定	建屋への入力地震動を算定する際に、既工認では基準地震動を直接入力としていたが、今回工認では建屋の掘り込み効果を考慮する	高	—	・観測記録のシミュレーション解析							
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要素の解析モデル」)	3社合同 (東京、東北、中国)	8月中旬					
		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」)							
屋外重要土木構築物	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)	3社合同 (東京、東北、中部)	9月上旬				
			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	—	—	4社合同 (東京、東北、中部、中国)	10月以降				
	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)	①東京個別 ②東北、中部、中国合同	①9月上旬 ②10月以降				
			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								

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	事業者					審査体制 (合同、個別)	審査予定時期 ^{*2}	
							東京 (柏崎6.7号)	東北 (女川2号)	中部 (浜岡4号)	中国 (島根2号)	原電 ^{*1} (東海第二)			
機器・配管系	9	サブプレッションチェンバ内部水質量の考え方変更及び評価断面の精緻化	内部水質量の考え方	サブプレッションチェンバ内部水の扱いについて、固定水からサブプレッションチェンバ内部水の流動を考慮した有効質量へ変更 実機模擬の縮小試験体による加振試験及び検証解析結果に基づき説明	高	—	・トラス体の縮小モデル試験にて検証	—	○	○	○	—	3社合同 (東北、中部、中国)	5月下旬
			評価断面の精緻化	水平方向荷重を受ける部材を実構構造に合わせて精緻化	低	—	—	—	—	○	—	—	中部個別	5月下旬
	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デスタル弾塑性手法を構築 ・RCCV共研の試験結果にて検証	①	②	②	—	—	①東京個別 ②東北・中部合同	①4月中旬 ②8月上旬	
	11	配管系へのダンパの設置(Sクラスは除く)	配管系にダンパを設置する(Sクラスは除く) ダンパを用いた地震応答解析は配管系の振動試験やダンパ特性試験結果に基づき説明する	高	—	・確性委員会報告書(配管系の振動試験、ダンパ特性試験についてまとめた報告書)	—	—	—	○	—	中国個別	5月上旬	
	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	—	・JNES天井クレーン実証試験	○ (K6)	○	○	—	—	3社合同 (東京、東北、中部)	5月下旬
			原子炉建屋クレーン		低	他BWR (大間)		○	○	○	○	○	4社合同 (東京、東北、中部、中国)	
	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7%を適用	中	—	・燃料ラック加振試験結果	○	○	○	—	—	3社合同 (東京、東北、中部)	5月中旬
			角管市松型	加振試験に基づき減衰定数7%を適用	中	—	・燃料ラック加振試験結果	○	—	—	—	—	東京個別	
	14	時刻歴解析の適用	既工認で公式等による応力評価、スペクトルモーダル解析を実施している設備について、地震応答解析において時刻歴応答解析を適用する	低	PWR (川内1.2, 高浜3.4, 伊方3)	—	—	—	—	—	—	○	原電個別	10月以降
	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)	—	—	○	○	○	○	○	4社合同 (東京、東北、中部、中国)	10月以降
容器等の応力解析へのFEMモデルの適用		既工認で公式等による応力評価を実施している設備について、今回工認では容器等の一部設備に対してFEMモデルによる応力解析を実施する	低	他BWR (大間)	—	—	—	○	—	○	○			
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)	○	○	○	○	○	○			
16	解析コードの変更	東海第二発電所における地震応答解析に適用する解析コードについて、一部設備の評価においては至近工認実績のある解析コードに変更する	低	他BWR (原電以外)	—	—	—	—	—	—	○	原電個別	10月以降	
共通	17	鉛直方向の動的地震力の適用	地震応答解析モデルの追加及び鉛直方向の減衰定数の考慮	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)	—	○	○	○	○	○	4社合同 (東京、東北、中部、中国)	10月以降
			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)	—	○	○	○	○	○		
その他	18	免震構造の採用(新規)	新設の緊急時ガスタービン発電機建屋に免震構造を採用	中	—	・JEAG4614-2013	—	—	○	—	—	中部個別	10月以降	

【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

【注記】
・既工認からの変更点には該当しないが、浜岡原子力発電所の防波壁に作用する津波波力については、敷地前面の砂丘堤防等の浜岡特有の状況を踏まえた実験結果に基づき設定しており、別途説明を行う。審査予定時期は7月中旬。

*1 基準地震動への耐震成立性の検討のために資料準備期間として、基準地震動の審議を終ってから3ヶ月必要であり、基本は個別審査で対応させて頂く
*2 今後の審査状況に応じて調整があり得る