

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-他-F-19-0057_改1
提出年月日	2021年10月15日

地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理

緑字が変更箇所を表す。

No.	地震応答解析を行う施設、モデル	耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物、土木構築物及び機器・配管系)	具体的な評価等の方法		申請上の位置付け
					建物・構築物／土木構築物	機器・配管系	
1	建物全般 建屋一大型機器連成モデル	材料物性の不確かさ (設計条件)	基本モデルの妥当性を確認した上で、材料物性の不確かさ(地盤物性の不確かさ±σ、建屋剛性の不確かさ(剛性低下))を考慮した地震応答解析を実施した。	設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。	基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡することにより、設計用地震力に考慮している。	基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡した設計用地震力を適用して評価を実施している。なお、設計用地震力の設定においては基本ケースのFRSを±10%幅幅したものを用いている。	設計用地震力に考慮しているため、 各施設の耐震計算書 に材料物性の不確かさを考慮した結果を記載する。
2	①原子炉建屋 ②建屋一大型機器連成モデル	地震応答解析モデルの不確かさ (コンクリート物性値)	①既設建屋のコンクリート物性値について、既工認時におけるRC規準(1988)に基づき設定しているため、RC規準(1999)に基づく物性値とした場合の応答検討により、基本モデルの妥当性を確認した。 ②RC規準(1999)に基づく物性値による剛性が、No.8の剛性低下で考慮する剛性に十分包絡されることを確認した。	①基本モデルの妥当性を確認したため、設計上考慮しない。 ②他の不確かさケースに包絡されることから、設計上考慮しない。	-	-	①基本モデルの妥当性確認結果について、 補足説明資料 にて説明する。 ②剛性の包絡性の確認結果について、 補足説明資料 にて説明する。
3	原子炉建屋 制御建屋	地震応答解析モデルの不確かさ (床ばねの非線形性)	床柔モデルを採用している建屋について、床ばねの応答が大きいことから、床ばねの非線形性を考慮した応答検討により、基本モデルの妥当性を確認した。	基本モデルの妥当性を確認したため、設計上考慮しない。	-	-	基本モデルの妥当性確認結果について、 補足説明資料 にて説明する。
4	新設建屋	材料物性の不確かさ	基本モデルの妥当性を確認した上で、新設建屋について材料物性の不確かさ(建屋コンクリート実強度、建屋コンクリート減衰3%)を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	基本モデルに対する現象の不確かさとして、設計用地震力をおおむね下回ること、また、耐震評価における基本モデルの応答値に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	地震応答解析結果が設計用地震力をおおむね下回り、耐震性に与える影響が小さいことを確認した。	設計用地震力と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果の地震力との応答比率を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。 応答比率=材料物性の不確かさケースの地震力/設計用地震力	各施設の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。
5	新設建屋	地震応答解析モデルの不確かさ	新設建屋の地震応答解析においては、基礎版部分にのみ側面水平地盤ばねを設定しているが、側面回転地盤ばねを考慮した応答検討により基本モデルの保守性を確認した。	基本モデルの保守性を確認したため、設計上考慮しない。	-	-	基本モデルの保守性確認結果について、 補足説明資料 にて説明する。
6	原子炉建屋 制御建屋	隣接建屋の影響	以下の検討・考察により、隣接建屋の影響を確認した。 ・既往の知見による検討結果の確認 ・地震観測記録を用いた検討 ・隣接建屋を考慮した応答検討	基本モデルの妥当性を確認していること、また、隣接建屋の影響が小さいことを確認したことから設計上考慮しない。	-	-	隣接建屋の影響検討結果について、 補足説明資料 にて説明する。
7	原子炉建屋	3次元的地盤動	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。 ・基礎のロッキング ・建屋のねじれ ・水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	<面外> 建物・構築物における「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」という応答特性を踏まえ、3次元的な応答特性が想定される部位として原子炉建屋(燃料取替床レベル)の壁を抽出し、影響評価を実施している。 ・原子炉建屋(燃料取替床レベル)の壁 建屋3次元FEMIによる最大応答加速度に、応答比率を乗じて算出したSs地震時の面外慣性力を用いた断面算定を実施し耐震性への影響が無いことを確認している。 応答比率=(材料物性の不確かさケース/基本ケース)×(質点系(Ss)/質点系(Sd))	<面外> 影響評価条件によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。 影響評価条件=基本ケース×(3DFEM/質点系)	(原子炉建屋) 建屋の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。 (機器・配管系) 面外応答による機器・配管系の影響評価の結果、許容値と同程度の発生値となったことを踏まえ、その結果について 添付資料「VI-2-12-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果」 へ反映する。
					<局所応答の影響> 基本ケースのせん断ひずみに、応答比率を乗じて許容値以下であることを確認している。 応答比率=(3DFEM/質点系モデル)×(水平2方向鉛直方向/水平1方向)	<質点系モデルでは見られないFRSへの影響> 影響確認条件によるFRSを用いて、設計用床応答曲線との比較を行い、影響確認条件によるFRSが設計用床応答曲線を顕著に上回らず、機器・配管系の耐震評価に影響がないことを確認している。 影響確認条件=基本ケース×応答比率(3DFEM/質点系)	各施設の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。

地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理

No.	地震応答解析を行う施設、モデル	耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物、土木構築物及び機器・配管系)	具体的な評価等の方法		申請上の位置付け
					建物・構築物／土木構築物	機器・配管系	
8	建屋—大型機器連成モデル	材料物性の不確かさ (一部設計条件)	① 既往の知見による検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとしてベDESTALの剛性低下を考慮した地震応答解析を実施した。 ② 以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・ベDESTAL実剛性を考慮した応答検討	① 設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。 ② 基本モデルの妥当性を確認しているため、設計上考慮しない。	-	① 基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡した設計用地震力を適用して評価を実施している。なお、設計用地震力の設定においては基本ケースのFRSを±10%拡幅したものをを用いている。 ② -	① 設計用地震力に考慮しているため、 各施設の耐震計算書 に材料物性の不確かさを考慮した結果を記載する。 ② 基本モデルの妥当性確認結果について、 補足説明資料 にて説明する。
9	原子炉建屋 建屋—大型機器連成モデル	改造工事に伴う重量の増加	原子炉建屋のオベフロ上部の耐震補強に伴う重量の増加は基本モデルに取り入れていることを踏まえ、設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量の増加を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	設計上の保守性を担保するため、耐震評価における重量増加の影響を考慮した応答値に応答比率を乗じて許容値以下であることを確認する方法により考慮する。	設計用地震力による部材評価の発生値に、応答比率を乗じて許容値以下であることを確認している。 応答比率=重量変更/基本ケース	設計用地震力×応答比率によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。 応答比率=補強反映モデルによる応答/基本ケースによる応答	原子炉建屋の地震応答計算書の別紙 にて、設計用地震力に応答比率を乗じた場合であっても各施設の耐震性が確保されることを記載する。
10	原子炉建屋 建屋—大型機器連成モデル	重大事故時の高温による剛性低下	既往の知見による検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値に応答比率を乗じた場合またはSA時環境考慮モデルの応答値が許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析モデルによるせん断ひずみ及び接地率に、応答比率を乗じて許容値以下であることを確認している。 応答比率=SA環境考慮モデル/基本モデル	設計用地震力とSA時環境考慮モデルによる地震力との応答比率又はSA時環境考慮モデルによる地震力を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。 応答比率=SA時環境考慮モデルによる応答/設計用地震力	各施設の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。
11	土木構築物(全般)	材料物性の不確かさ (一部設計条件)	① 地盤の液状化時の挙動を考慮した有効応力解析と、考慮する必要のない全応力解析のそれぞれの基本ケースに対し、材料物性の不確かさ(地盤物性の不確かさ±σ、コンクリート実強度に相当する剛性)を考慮した地震応答解析を実施した。 ② 材料物性の不確かさ(コンクリートの剛性低下)を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	① 設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。 ② (土木構築物) 耐震性に支配的な要因は土圧であり、コンクリートの剛性低下を考慮すると、構築物と地盤との剛性差が小さくなり土圧が小さく評価され、耐震裕度が向上することから、設計上考慮しない。 (機器・配管系) 基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	-	① 全応力解析の基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡した設計用地震力を適用して評価を実施している。また、地盤の液状化時の挙動を考慮した有効応力解析の床応答は、固有周期が長周期化することにより機器・配管系の固有周期帯への影響は小さいと考えられるため、地盤が最も軟らかい剛となる地盤物性-σのケースを考慮する。なお、設計用地震力の設定においては基本ケースのFRSを±10%拡幅したものをを用いている。 ② 設計用地震力と影響検討ケースの地震力との応答比率を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。 応答比率=影響検討ケースの地震力/設計用地震力	① 設計用地震力に考慮しているため、 各施設の耐震計算書 に材料物性の不確かさを考慮した結果を記載する。 ② (土木構築物) 建物・構築物で確認しているコンクリートの剛性低下の影響については土木構築物では考慮しない。 (機器・配管系) 各施設の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。
12	土木構築物(全般)	地震動の位相の不確かさ (設計条件)	地盤の液状化時の挙動を考慮した有効応力解析と、考慮する必要のない全応力解析のそれぞれの基本ケースに対し、水平動の位相反転を考慮した地震応答解析を実施した。	設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。	地盤の液状化時の挙動を考慮した有効応力解析と、考慮する必要のない全応力解析のそれぞれの基本ケースの地震応答解析結果と地震動位相の不確かさケースの地震応答解析結果を全て設計用地震力に考慮している。	地盤の液状化時の挙動を考慮した有効応力解析と、考慮する必要のない全応力解析のそれぞれの基本ケースの地震応答解析結果と地震動位相の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡した設計用地震力を適用して評価を実施している。なお、設計用地震力の設定においては基本ケースのFRSを±10%拡幅したものをを用いている。	設計用地震力に考慮しているため、 各施設の耐震計算書 に地震動の位相の不確かさを考慮した結果を記載する。
13	排気筒連絡ダクト(岩盤部)	断層交差部の影響 (設計条件)	断層と交差する構築物のうち、断層が構築物を横断している排気筒連絡ダクト(岩盤部)について、断層をモデル化した地震応答解析を実施した。	設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。	断層を考慮したモデルによる地震応答解析結果を設計用地震力に考慮している。	基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡した設計用地震力を適用して評価を実施している。なお、設計用地震力の設定においては基本ケースのFRSを±10%拡幅したものをを用いている。	設計用地震力に考慮しているため、 各施設の耐震計算書 に断層を考慮した結果を記載する。