

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可申請に係る論点整理について

TEPCO

2020年7月30日
東京電力ホールディングス株式会社

【説明内容】

- ▶ 下記の工事計画認可申請に係る論点及び第867回審査会合における指摘事項に対する回答について説明する。

■ 耐震評価に関する論点整理・指摘事項への回答

分類	No.	説明項目（論点/指摘事項への回答）	関連する 主な説明事項
耐震	1	建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点 「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて	[3]－4

【論点1】

建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点

「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて
【指摘事項に対する回答】

本日のご説明内容

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1-1	令和2年6月16日 第867回 審査会合	応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いについて、設計上の位置付けをより明確にした上で、不確かさ要因の重畳に係る設計上の取扱いを整理して説明すること。また、原子炉建屋と同様に、他の主要建屋（タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋）での取扱いを整理して説明すること。
1-2	令和2年7月16日 第877回 審査会合	柏崎刈羽7号機では、軟岩としてのサイト特性、建屋の配置、埋込状況等の複合的な要因から、他サイトに比べて影響が大きい評価結果となっているため、影響評価結果の申請上の位置付けを明確化し、次回会合において、物性のばらつき、不確かさの考慮に係る考え方の整理に含めて説明すること。

【論点1】「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて【指摘事項に対する回答】

第867回 審査会合（令和2年6月16日）における説明（1/2）

- 第867回審査会合では、「応答結果に影響する不確かさ要因」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

耐震性に影響を与える他の要因（1 / 2）（指摘事項No.1-3）

- 耐震性に影響を与える他の要因について、以下のとおり検討を実施し、設計上の考え方を整理した。

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・構築物及び機器・配管系)
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、物性値の不確かさ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、設計用地震力に考慮する。
改造工事に伴う重量の増加	応答性状に影響を与える重量の増加は基本モデルに取り入れた上で、その他の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、耐震評価における材料物性の不確かさ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。
補助壁の曲げ変形	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・地震観測記録による検討 ・不確かさを考慮した地震応答解析	基本モデルと応答値が同等であることから基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
側面地盤からの回転入力	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・地震観測記録による検討 ・建屋質点系・地盤2次元FEMモデルとの比較 ・不確かさを考慮した地震応答解析	基本モデルと応答値が同等であることから基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
表層地盤からの入力	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・地震観測記録による検討 ・地盤の等価線形解析 ・不確かさを考慮した地震応答解析	基本モデルと応答値が同等であることから基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。

（第867回 審査会合（令和2年6月16日）スライド25より抜粋）

【論点1】「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて【指摘事項に対する回答】

第867回 審査会合（令和2年6月16日）における説明（2/2）

- 第867回審査会合では、「応答結果に影響する不確かさ要因」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

耐震性に影響を与える他の要因（2 / 2）（指摘事項No.1-3）

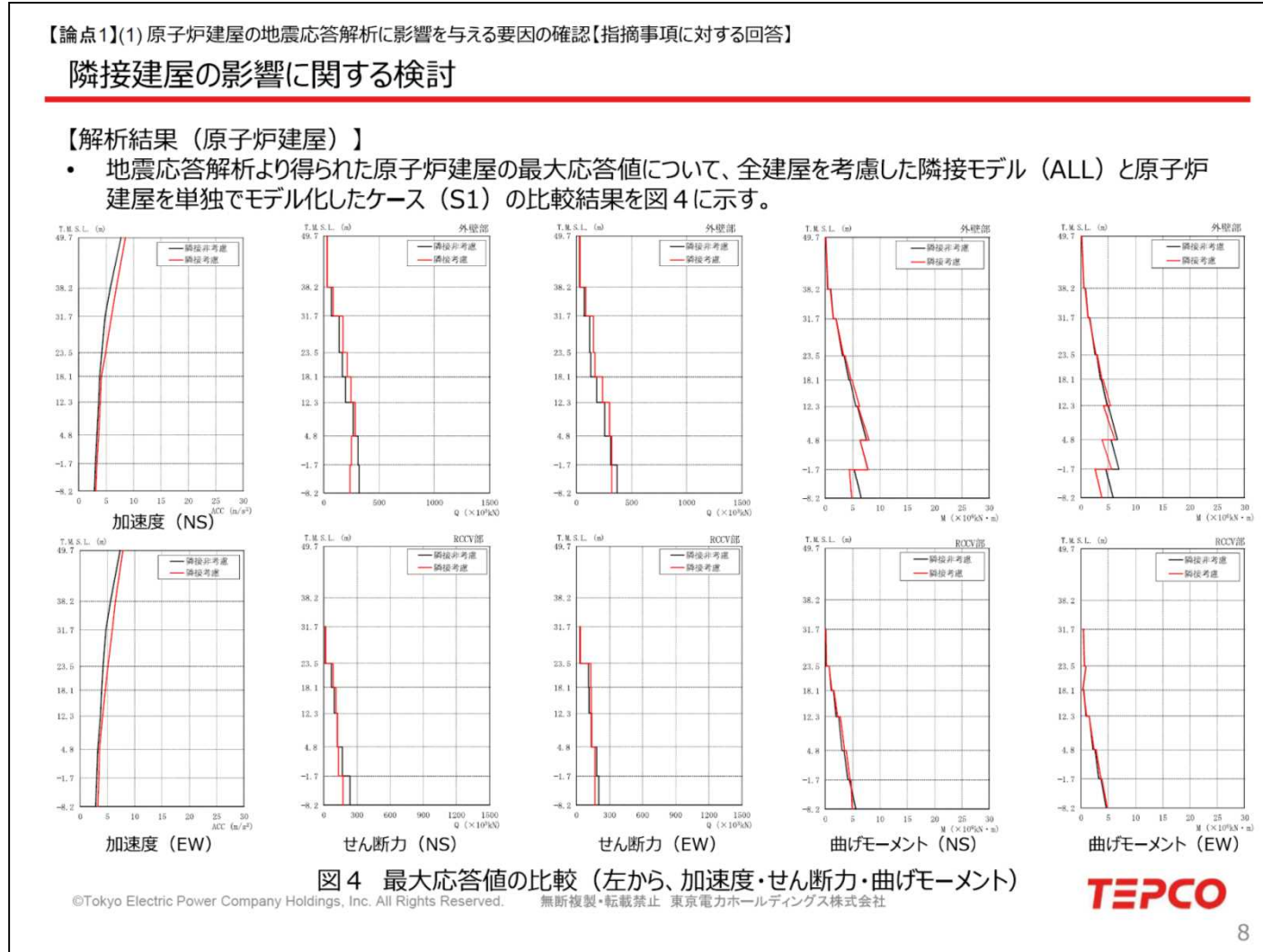
耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物及び機器・配管系)
SITによる剛性低下	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・既往の知見による検討 ・地震観測記録による検討 ・RCCV部の剛性の感度解析	基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
鉄筋コンクリート造部の減衰定数の減衰定数	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・既往の知見による検討 ・地震観測記録による検討 ・減衰定数の感度解析 ・入力地震動及び建物・構築物の構造と形状を踏まえた考察	基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
重大事故時の高温による剛性低下	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にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。
3次元動的挙動	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 ・床柔性 ・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、耐震評価に与える影響がないことを確認する。
隣接建屋の影響	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にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

（第867回 審査会合（令和2年6月16日）スライド26より抜粋）

第877回 審査会合（令和2年7月16日）における説明

- 第877回審査会合では、「隣接建屋の影響に関する検討」について説明した。



（第877回 審査会合（令和2年7月16日）スライド8より抜粋）

第877回 審査会合（令和2年7月16日）における説明

- 第877回審査会合では、「隣接建屋の影響に関する検討」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

隣接建屋の影響に関する検討

【解析結果（原子炉建屋の床応答スペクトル）】

- 地震応答解析より得られた原子炉建屋の加速度応答に基づく床応答スペクトルについて、全建屋を考慮した隣接モデル（ALL）と原子炉建屋を単独でモデル化したケース（S1）の比較結果を図5に示す。

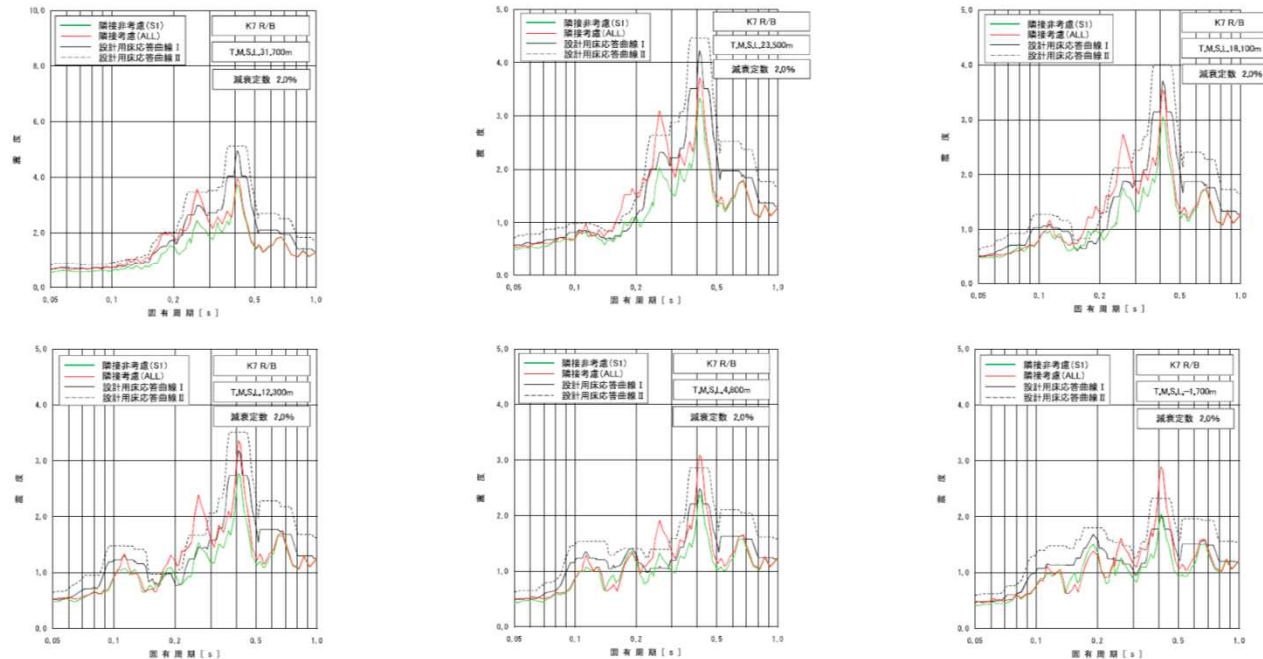


図5 床応答スペクトルの比較（R/B、水平方向（NS、EW包絡）、減衰定数2.0%）

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

9

（第877回 審査会合（令和2年7月16日）スライド9より抜粋）

【論点1】「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて【指摘事項に対する回答】

審査会合での指摘事項（指摘事項No.1-1）

- 前回の審査会合では、「応答結果に影響する不確かさ要因」に関連し、以下の指摘を受けた。

■ 指摘事項No.1-1

応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いについて、設計上の位置付けをより明確にした上で、不確かさ要因の重畳に係る設計上の取扱いを整理して説明すること。また、原子炉建屋と同様に、他の主要建屋（タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋）での取扱いを整理して説明すること。

■ 指摘事項No.1-2

柏崎刈羽7号機では、軟岩としてのサイト特性、建屋の配置、埋込状況等の複合的な要因から、他サイトに比べて影響が大きい評価結果となっているため、影響評価結果の申請上の位置付けを明確化し、次回会合において、物性のばらつき、不確かさの考慮に係る考え方の整理に含めて説明すること。

指摘事項に対する回答

■ 指摘事項No.1-1

応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いについて、設計上の位置付けをより明確にした上で、不確かさ要因の重畳に係る設計上の取扱いを整理して説明すること。また、原子炉建屋と同様に、他の主要建屋（タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋）での取扱いを整理して説明すること。

■ 指摘事項No.1-2

柏崎刈羽7号機では、軟岩としてのサイト特性、建屋の配置、埋込状況等の複合的な要因から、他サイトに比べて影響が大きい評価結果となっているため、影響評価結果の申請上の位置付けを明確化し、次回会合において、物性のばらつき、不確かさの考慮に係る考え方の整理に含めて説明すること。



■ 回答

- 応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いとして示した項目のうち、設計上の位置付けが明確でなかった項目（基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しないとしたもの以外の項目）について、不確かさ要因の重畳を含めた具体的な検討方法について整理した。
- その上で、設計上の考え方を踏まえて各項目の申請上の位置付けについて整理した。また、「隣接建屋の影響」については、各施設の耐震評価に与える影響が無いことを補足説明資料にて確認しているものの、影響が有意な施設については工認添付書類※として、影響検討結果を記載する方針とした。
※「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」の別添
- 他の主要建屋については、原子炉建屋に準じて同様の取扱いを行う方針とした。

【論点1】「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて【指摘事項に対する回答】

各項目に対する設計上の考え方及び不確かさ要因の重畳に係る具体的な評価方法（1 / 2）

- 前回審査会合にて、応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いとして示した項目のうち、設計上の位置付けが明確でなかった項目※について、材料物性の不確かさとの重畳の有無を含めた具体的な評価等の方法について整理した。

※「基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しないとした」以外の項目

赤字：材料物性の不確かさを考慮 青字：材料物性の不確かさを非考慮

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・構築物及び 機器・配管系)	具体的な評価等の方法	
			建物・構築物	機器・配管系
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、物性値の不確かさ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、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することにより、 設計用地震力 に考慮している。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。
改造工事に伴う重量の増加	応答性状に影響を与える重量の増加は基本モデルに取り入れた上で、その他の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、その他の重量の増加が有意な場合は耐震評価における材料物性の不確かさ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 = 重量変更 / 基本ケース
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 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。	設計用地震力 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剛性低下ケース / 基本ケース	SA剛性低下ケース 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。

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

【論点1】「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて【指摘事項に対する回答】

各項目に対する設計上の考え方及び不確かさ要因の重畳に係る具体的な評価方法（2 / 2）

赤字：材料物性の不確かさを考慮 青字：材料物性の不確かさを非考慮

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・構築物及び 機器・配管系)	具体的な評価等の方法	
			建物・構築物	機器・配管系
3次元挙動	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 ・床柔性 ・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、耐震評価に与える影響がないことを確認する。	<p><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、建屋3次元FEM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)}</p>	<p><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)</p>
			<p><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 = {建屋模擬モデル (3DFEM) / 質点系対応モデル (3DFEM)} × (水平2方向鉛直方向* / 水平1方向*) ※：建屋模擬モデル (3DFEM) の応答を用いる</p>	<p><質点系モデルでは見られないFRSへの影響> 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 × 応答比率 (3DFEM / 質点系) ※ ※：NS方向のFRSに対してのみ実施</p>
隣接建屋の影響	既往の知見による検討・考察により、定性的には影響が小さいことが確認出来るものの、柏崎刈羽原子力発電所が軟岩サイトであること及び6, 7号機がツインプラントであり建屋群が近接して設置されていることを踏まえて、隣接建屋を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認したため、耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。	<p>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 = 隣接有り / 隣接無し</p>	<p>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 = 隣接有り / 隣接無し</p>

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

各項目の申請上の位置付けについて

- 各要因に対する設計上の考え方を踏まえ、申請上の位置付けを下記の通り整理した。

赤字：工認添付書類 青字：補足説明資料

耐震性に影響を与える要因	設計上の考え方 (建物・構築物及び機器・配管系)	申請上の位置づけ
材料物性の不確かさ	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。	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。
改造工事に伴う重量の増加	設計上の保守性を担保するため、その他の重量の増加が有意な場合は耐震評価における材料物性の不確かさ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。	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に影響が無いことを記載する。
重大事故時の高温による剛性低下	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、耐震評価に与える影響がないことを確認する。	現実にコンクリートの剛性低下は起きないと考えるが、現象の不確かさとして極端にコンクリートの剛性を低下させた検討であり、各施設の耐震性への影響が無いことを 補足説明資料 にて説明する。
3次元の挙動	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、耐震評価に与える影響がないことを確認する。	個別の施設については、 各施設の耐震計算書 において、必要に応じて、3次元の挙動を考慮可能な解析モデルを採用している。 3次元の挙動を考慮した建屋応答については、基本モデルに対する現象の不確かさとして、各施設の耐震性への影響が無いことを 補足説明資料 にて説明する。 なお、検討の結果、耐震性が確保されない場合は、各施設の設計の見直しを行い、 耐震計算書 に反映する。
隣接建屋の影響	隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認したため、耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。	隣接建屋の影響と材料物性の不確かさの重畳を考慮した場合にも、各施設の耐震評価に与える影響が無いことを 補足説明資料 にて確認しているものの、影響が有意な施設については「 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書 」の別添に影響検討結果を記載する。

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

「応答結果に影響する不確かさ要因」の他の主要建屋での扱いについて

- 他の主要建屋（タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋）については，「応答結果に影響する不確かさ要因」について，原子炉建屋に準じた取扱いを行うものとする。

- ただし，下記項目については，他の主要建屋での検討は不要と整理した。

- 重大事故時の高温による影響

(理由)

- 原子炉建屋以外の主要建屋では，重大事故時に建屋内の温度が原子炉建屋のように上昇せず，高温によるコンクリートの剛性低下を考慮する必要がないため。

- 3次元の挙動

(理由)

- 原子炉建屋以外の主要建屋では，3次元的な挙動が想定されるフロア（オペフロより上部）に重要な機器が設置されていないこと。*

注記*：タービン建屋については，オペフロより上部の壁が一面存在せず，ねじれの影響が想定されるため，建屋3次元FEMによる検討により，影響が軽微であることを確認している。

まとめ

- 応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いとして示した項目のうち、設計上の位置付けが明確でなかった項目について、不確かさ要因の重畳を含めた具体的な検討方法について整理した。
- その上で、設計上の考え方を踏まえて、各項目の申請上の位置付けについて整理した。また、「隣接建屋の影響」については、各施設の耐震評価に与える影響が無いことを補足説明資料にて確認しているものの、影響が有意な施設については工事計画認可申請書の添付書類※として、影響検討結果を記載する方針とした。

※「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」の別添

- 他の主要建屋については、原子炉建屋に準じて同様の取扱いを行う方針とした。

【参考】

第769回審査会合にて説明した主な説明事項



主な説明事項		
[1] 詳細設計段階における設置変更 許可審査時からの設計変更	1	中央制御室待避室の遮蔽設計の見直し
	2	5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し
	3	5号機原子炉建屋内緊急時対策所可搬型電源設備の保管方法の変更
	4	復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し
[2] 設計方針に関する説明事項	1	使用済燃料貯蔵プール水位の監視
	2	重大事故等時の格納容器評価における評価条件
	3	火災感知器の配置
	4	地下水に対する浸水防護対策
	5	竜巻設計飛来物の感度解析
	6	ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置
[3] 耐震・強度評価に関する説明事項	1	津波漂流物の衝撃荷重（海水貯留堰）
	2	地盤物性の設定
	3	基礎地盤傾斜による建物・構築物及び機器の耐震性への影響
	4	建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
	5	原子炉本体基礎の復元力特性
	6	建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用
	7	格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析モデルのモデル化方針
	8	屋外重要土木建造物のモデル化方針
	9	耐震評価における等価繰返し回数
	10	加振試験に基づく使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定
	11	弁の動的機能維持評価（一定の余裕の確保）
	12	燃料集合体の耐震性
	13	制御棒・破損燃料貯蔵ラックにおける排除水体积質量減算の適用
	14	ECCSストレナーナの耐震・強度評価への流動解析の適用