

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
1	今回設計に使用する地震応答解析モデルと既工認モデルとの差異について説明すること。	H28. 11. 17	一部説明済 後日回答予定 (平成30年5月下旬)	H29. 1. 17資料1-2, 1-3 (初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
2	剛性が低下した建屋を安全設計の前提とすることについて, 基準やJ E A Gへの適合関係を説明すること。	H28. 11. 17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
3	過去の地震による建屋部材への影響に関する現状把握の結果について, 旧保安院における議論等も踏まえて詳細に説明すること。	H28. 11. 17	説明済	H29. 1. 17資料1-2, 1-3 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 地震による建屋への影響の把握状況について全体像を説明。
4	J E A Gではスケルトンカーブの第2勾配, 第3勾配もコンクリートの圧縮強度や初期剛性に依存しているが, J E A Gへの適合性, 力学特性上の意味等について整理して説明すること。	H28. 11. 17	一部説明済 後日回答予定 (平成30年5月下旬)	H29. 1. 17資料1-2, 1-3 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 コンクリートコアによる圧縮強度は低下していないことから, 初期剛性を低減させていることを説明。 (初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
5	地震後の低下剛性を考慮する場合, 今後受ける地震によって剛性が低下するという不確実性をどのように設計に反映するのか説明すること。	H28. 11. 17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
6	設計における補強工事の取扱いの考え方について説明すること。	H28. 11. 17	説明済	H29. 1. 17資料1-2, 1-3 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 地震観測記録を再現するシミュレーションモデルに補強部材を追加したモデルとしていることを説明。
7	地震直後のひび割れの部位, 性状等の補修や補強工事の前提となる事実関係について説明すること。	H28. 11. 17	説明済	H29. 1. 17資料1-4 H29. 6. 15資料1-4 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 耐震壁等の点検結果を説明。

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
8	地震観測シミュレーションによる応答性状の分析とそれを踏まえた点検等を組み合わせた要因の特定及びその原因の特定について、網羅性・代表性に留意して説明すること。	H28. 11. 17	説明済	H29. 1. 17資料1-2, 1-3, 1-4 H29. 6. 15資料1-4 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 初期剛性低下の要因に関しては、地震によるものとそれ以外の要因について整理。また、点検結果から構造的損傷が無いことも確認。 3次元FEM解析等による応答性状の分析とそれを踏まえた点検結果の両面から評価を行い健全性を確認。
9	東北太平洋沖地震及び4月7日の最大余震以外の地震データの分析も含めて説明すること。	H28. 11. 17	説明済	H29. 1. 17資料1-2, 1-3参照 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 建屋の固有振動数は、竣工後から徐々に低下し、大きな地震の経験毎に低下する傾向がある。
10	耐震設計の体系はS _d 又は静的地震力に対する弾性設計、S _s に対する機能保持の設計で構成されているため、静的地震力が設計体系においてどれくらいの重み付けになっているのか定量的に説明すること。	H28. 11. 17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後、設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
11	建屋の全ての壁、床等について、点検対象が明確になるように整理し、点検調査が網羅的に行われていることを点検対象選定の理由と共に詳細に説明すること。その際、具体的な調査方法(塗装面の処理等)についても説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H29. 6. 15資料1-4 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 建屋の点検は、構造特性を踏まえて基本的に水平地震力を負担する耐震壁を対象に実施。その他の部位については、三次元FEM解析の結果も踏まえて追加評価のための点検を実施。
12	床と壁との接合部、鉄筋量変化部等の構造上の脆弱点も踏まえて、網羅性・代表性及び方法の適切性の観点から、点検調査方法が損傷部位と損傷状況を把握する上で適切であることを説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H29. 6. 15資料1-4 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 建屋の点検は、構造特性を踏まえて基本的に水平地震力を負担する耐震壁を対象に実施。その他の部位については、三次元FEM解析の結果も踏まえて追加評価のための点検を実施。
13	建屋の剛性低下の原因の一つとしている乾燥収縮について、地震前の乾燥収縮ひび割れの発生・収束状況及び地震発生との関連性等に基づき、点検記録等を含めて定量的に説明すること。また、微細なひび割れが無数に発生するような状況の有無と、剛性への影響について説明すること。	H29. 1. 17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(ひび割れ状況の調査結果を含めた初期剛性低下の要因分析結果を説明予定)

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
14	目視不能な箇所等の損傷状況の推定について、質点系モデル以外に三次元FEMモデルの応答性状を検討し局所的な損傷部位を推定した上で建屋の健全性がどのような状況にあるのかについて説明すること。	H29.1.17	説明済	H29.6.15資料1-4 H29.12.26資料1-2-3, 1-2-4 目視不能な箇所については、三次元FEM解析の結果より損傷部位を推定し、点検結果を補間。
15	三次元FEMモデルの解析結果（局所的な損傷部位）と点検調査結果（ひび割れ発生箇所）との整合性を踏まえて、目視不能範囲の損傷箇所の推定について説明すること。	H29.1.17	説明済	H29.6.15資料1-4 H29.12.26資料1-2-3, 1-2-4 三次元FEM解析による結果と点検結果を比較し整合性を確認した上で、目視不能な箇所に応力集中箇所が無いことを確認。
16	建屋の復旧状況の確認及び補修・補強による建屋剛性や固有周期への影響を含めて、点検調査結果及び三次元FEMモデルの解析結果等を踏まえて総合的に再整理した上で建屋の健全性について説明すること。	H29.1.17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	H29.6.15資料1-4 H29.12.26資料1-2-3, 1-2-4 点検結果、質点系モデルおよび三次元FEM解析の結果を踏まえて総合的に建屋の健全性について確認。 補強による影響については、今後ご説明する。
17	地震による振動特性への影響（剛性低下）の要因と部位の特定を踏まえ、耐力低下の有無を評価した上で、設計体系において地震による影響を考慮する事項の妥当性について、質点系モデルの妥当性及び、一連の検討で明らかとなった不確実性の設計への配慮（保守的なスペクトルの振幅及び振幅方向のピーク的なスペクトルの取扱い等）について整理して説明すること。	H29.1.17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後、設計体系に反映すべき不確実性への配慮について説明予定)
18	建屋の剛性低下により既設設備の健全性にどれだけ影響があるのかという観点で重点化しなければならない課題を抽出し説明すること。	H29.1.17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の一部として今後説明予定)
19	乾燥収縮による初期剛性低下の要因及び地震後の剛性低下の要因（乾燥収縮によるひび割れの進展、地震の繰り返し荷重を受けたことにより発生するひび割れ）を分析、整理し説明すること。	H29.1.17	説明済	H29.12.26資料1-2-3, 1-2-4 地震の繰り返し荷重が剛性低下に与える影響は小さいことを耐震壁実験より確認。 地震観測記録、文献調査により乾燥収縮が剛性低下に及ぼす影響について検討。
20	乾燥収縮によるひび割れに起因した剛性低下について、従来の設計体系における考え方を整理した上で、今回の設計体系における扱いを検討し説明すること。	H29.1.17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後、設計体系に反映すべき事項と合わせて説明予定)

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
21	鉛直地震動用の解析モデルの建屋剛性が水平地震動用モデルと相違することの妥当性について、点検結果に基づくひび割れ状況が建屋剛性に及ぼす影響及び水平地震動との（相互）関係を踏まえて整理して説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 鉛直方向の建屋振動特性について、地震観測記録等の分析により、水平方向との差異等を検討。
22	建屋質点系モデルへの観測地震波の入力について、一次元波動論により算出した表面地盤の地震動も含まれた地中波（E + F）を用いることの妥当性について整理して説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H30. 2. 20資料1-1-2, 資料1-1-3, 資料1-1-4 入力地震動の算定方法に関して、既工認からの変更点について説明。
23	p. 29の固有周期低下傾向のグラフについて、点検結果等によるひび割れ状況（乾燥収縮や地震起因によるひび割れ）との整合を踏まえ、観測記録から算出した固有振動数の低下傾向の要因を分析し説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 地震観測記録の分析により、各建屋の固有振動数の低下傾向やその要因について分析。
24	p. 37のオペフロ上部改造工事について、剛性復元、耐力向上の定量的データについて説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 オペフロ上部の耐震補強部材について、その目的、補強効果、地震応答解析モデルへの反映について説明。
25	ひび割れ点検調査計画や三次元FEMによる詳細な検討においてIW以外のSW等の健全性評価も含めて説明すること。	H29. 1. 17	説明済	H29. 6. 15資料1-4 H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 点検結果、質点系モデルおよび三次元FEM解析の結果より、建屋全体の健全性について確認。
26	耐震計算を実施する全ての建屋を対象に、3. 1 1地震及び3. 1 1以前の中小地震において確認される初期剛性の低下の程度、被害調査結果の概要、設計体系への反映方針について網羅的に整理し、原子炉建屋を全ての建屋の代表として検討していることがわかるよう説明すること。	H29. 1. 17	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後、設計体系に反映すべき事項と合わせて説明予定)
27	ひび割れの点検結果と三次元FEMの解析結果の比較において、基礎スラブだけでなく上下動の影響が大きい床等のせん断以外の応力又はひずみについても着目して説明すること。	H29. 6. 15	説明済	H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 3. 11地震等の建屋への影響についてせん断以外の応力等についても検討し、オペフロ階より上部の耐震壁について比較的大きな面外方向の応力が発生しているが、部材断面の検討結果、降伏曲げモーメントに対しては裕度があることを確認。点検結果でも、地震によるひび割れ幅の大きなひび割れは無いことを確認。

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
28	残留変位について、解析モデルの妥当性の観点も含めて定量的に示すこと。	H29. 6. 15	説明済	H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 残留変位は、水平最大約0.4mm, 鉛直最大約0.85mmであり、大きな残留変位は認めらなかった。
29	建屋の部位に要求される機能、役割を踏まえて影響評価内容と耐震設計との関係を整理した上で、影響評価を反映した設計体系を説明すること。	H29. 6. 15	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後、設計体系に反映すべき事項と合わせて説明予定)
30	乾燥収縮のひび割れと地震によるひび割れの状況を整理するに当たり、地震前のひび割れの状況と地震後の状況を踏まえた上で、今後予想される進展などを説明すること。	H29. 6. 15	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(ひび割れ状況の調査結果を含めた初期剛性低下の要因分析結果を説明予定)
31	支持岩盤が剛性低下していないことについては、定性的な説明だけでなく、定量的にも評価を交えて説明すること。	H29. 6. 15	説明済	H29. 12. 26資料1-2-3, 1-2-4 地盤系地震観測記録等による定量的な評価の結果、支持地盤に剛性低下が生じていないことを確認。
32	地震観測記録の傾向分析における剛性低下の傾向について、本件に関する実験等を含め剛性低下の要因を踏まえた考察を加え整理して提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(ひび割れ状況の調査結果を含めた初期剛性低下の要因分析結果を説明予定)
33	地震観測記録による傾向分析に関して、水平方向より少ないものの鉛直方向においても認められる剛性低下の要因及び鉛直方向の地震応答解析モデルへの剛性のバラツキの反映要否について、機器への影響も含めて、整理して提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後、設計体系に反映すべき不確実性への配慮について説明予定)
34	本件に関する実験等について、適合性審査に必要な検討内容とそれ以外の検討内容、例えば審査以降も継続して研究を実施していく内容とを区分、整理した上で、適合性審査に必要な検討内容についてはその結果を速やかに提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(各耐震壁実験について、適合性審査に必要な検討内容と中長期的課題を区分・整理し、審査に必要な検討結果について今後説明予定)
35	繰り返し作用する地震力が剛性低下に与える影響について、試験結果のうち加カステップにおける剛性低下に対する考察を適切に加え再整理して提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で実験結果を整理し今後説明予定)

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
36	3.11地震前後での初期剛性の低下傾向について、3.11地震前後のコンクリートコアによる試験結果の比較等から検討し、その内容を提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で今後説明予定)
37	乾燥収縮が初期剛性及び終局耐力に与える影響に関する文献レビューについて、文献調査の網羅性・代表性を提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(乾燥収縮が初期剛性及び終局耐力に与える影響に関する文献レビューについて説明予定)
38	実機の乾燥収縮状態等の把握における材料試験による確認について、粗骨材が乾燥収縮の程度に与える影響に関する文献の内容を提示するとともに、乾燥収縮の要因の絞り込みのプロセスも含めて、粗骨材の違いと乾燥収縮の程度との因果関係を整理して提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(乾燥収縮が初期剛性及び終局耐力に与える影響に関する文献レビューについて説明予定)
39	乾燥収縮に関するひび割れ調査について、地震によらない幅0.3mm未満のひび割れも含めた調査結果及びそれに対する考察を提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(ひび割れ状況の調査結果を含めた初期剛性低下の要因分析結果を説明予定)
40	地震による事前損傷が終局耐力に与える影響に関する耐震実験について、P59の図に設計基準強度及び実強度からJEAG式に基づき設定したスケルトンカーブを重ねて提示するとともに、2,000 μ までのスケルトンカーブの傾きについての比較及び考察を提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で実験結果を整理し今後説明予定)
41	乾燥収縮が終局耐力に与える影響に関する耐震実験について、試験体に用いている骨材が実機と異なることを踏まえて、実験の女川原子力発電所2号炉への適用性を整理して提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で実験結果を整理し今後説明予定)
42	乾燥収縮が終局耐力に与える影響に関する耐震実験について、P66の図に設計基準強度からJEAG式に基づき設定したスケルトンカーブを重ねて提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で実験結果を整理し今後説明予定)
43	耐震実験を踏まえた剛性低下の要因分析についての考察について、耐震実験3の方が建設当初からの剛性低下量と整合する根拠を提示すること。	H29.12.26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で実験結果を整理し今後説明予定)

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
44	乾燥収縮しやすい試験体を用いた場合の地震による事前損傷が終局耐力に与える影響について、検討の方針、内容、結果及び考察を提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下の要因分析の中で実験結果を整理し今後説明予定)
45	2号炉原子炉建屋オペフロ上部の耐震補強工事による悪影響及びそれに対する設計方針について提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(耐震補強前後のねじれ補正係数の比較, 質点系モデルおよび地震観測記録の分析から耐震補強の影響が小さいことを説明予定。)
46	耐震補強工事により設置している追設耐震壁について、今後起こり得る剛性低下の地震応答解析モデルへの反映方針を提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
47	地震応答解析モデルに用いる剛性低下のバラツキについて、基準地震動による剛性低下及び振幅依存性も踏まえた設定の考え方を提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
48	原子炉建屋以外の設計基準対象施設について、剛性低下の設計への反映方針を提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
49	地震による事前損傷が終局耐力に与える影響及び乾燥収縮が終局耐力に与える影響に係る耐震実験結果の設計への反映方針について提示すること。	H29. 12. 26	後日回答予定 (平成30年5月下旬)	(初期剛性低下要因を説明後, 設計体系に反映すべき事項と合わせて今後説明予定)
50	資料1-2-1(指摘事項に対する回答一覧表)の対応状況において「本日回答」としている項目について、説明資料に回答箇所を提示すること。	H29. 12. 26	説明済	各資料に反映する
51	資料1-2-1(指摘事項に対する回答一覧表)の対応状況について、「後日回答予定」としている項目には回答予定日を提示すること。	H29. 12. 26	説明済	H30. 2. 20 資料1-1-1に反映済み

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
(4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
52	地盤モデルについて、O. P. - 200mまでモデル化していることの妥当性を原子炉建屋の下部が成層構造であることも含めて提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 敷地の地質構造、地下構造モデルおよび敷地の鉛直アレイで得られた地震観測記録の分析より地盤を成層構造とみなせると判断した。また、地盤モデルの下端深さを変えても解析結果に影響しないことを解析的検討により確認した。
53	地盤モデルの設定について、表層地盤を2層に分けていること、地層レベルの設定及び表層地盤下部のせん断波速度の設定の妥当性を提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 地盤モデルの仮設定において、岩盤分布状況、建設時の掘削状況およびPS検層結果から、表層地盤の層境界をO. P. 0mとする2層地盤、表層地盤下部のせん断波速度をVs=900m/sとする。また、層境界と表層地盤下部のVsの建屋応答への感度を確認し影響が小さいことを確認した。
54	表層地盤の層境界に関する検討について、伝達関数及び応答スペクトルの比較に対する考察を提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 各図において凡例を統一し、O. P. 0mが観測記録と調和的であることの考察を追加した。
55	入力地震動の算定を表層地盤の影響を考慮した手法に変更したことについて、基準地震動に対する耐震性評価への適用性を提示すること。その際、3.11地震等による検討結果を基準地震動による評価に外挿する際に適用する手法の妥当性、条件設定等の不確実さを考慮した保守性確保の考え方も含めて提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 表層地盤について、ひずみ依存のあるパラメータや解析手法に関して感度解析を実施し、基準地震動Ssに対しても設定した地盤モデルが適用可能であることを確認した。
56	表層地盤上部の非線形特性における地盤物性を含むH-D (Hardin-Drnevich) モデル、Rayleigh 減衰等の解析条件及び手法について、地盤調査結果等に基づく設定根拠の妥当性、地盤安定性評価との整合性、建屋及び機器・配管への影響、解析プログラムの信頼性を含めて、妥当性を提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 設定した地盤モデルおよび解析プログラムについては、観測記録を用いたシミュレーション解析によりその妥当性を確認している。また、基準地震動Ssに対しては、過去の地震による地盤のひずみより大きくなることから感度解析を実施し、基準地震動Ssに対しても設定した地盤モデルが適用可能であることを確認した。
57	建屋の埋め込み効果について、基準地震動の違い及びフロアレベルの違いによる影響に対する考察を提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 固有モード図や側面からの入力地震動を整理し、振動特性として側面地盤ばねの影響が小さいことを確認した。

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表
 (4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
58	入力地震動の算定において既工認から手法を変更することによる応答低減効果について、設備への影響も含めて提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 表層地盤の影響を考慮した入力地震動の算定が機電設備へ与える影響について検討し、直接入力(2E)では試算ではあるものの一部の設備で発生値が許容値を超過する見込みであることを確認した。
59	各検討における解析について、モデル、条件、方法、プロセス、結果及び適用するプログラムの名称、仕様等を具体的に提示すること。	H30.2.20	本日回答	資料1-2-3, 1-2-4 各検討において、解析条件等の詳細について記載した。
60	建屋の埋め込み効果について、女川原子力発電所2号炉の建屋で適用する場合は、その妥当性を提示すること。	H30.2.20	本日回答	新設建屋については、立地条件等を確認した上で側面地盤ばねを採用する予定としているものもあることから、それらについては今後方針をご説明する。