

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	説明済	H29. 1. 17 資料1-2, 資料1-3 5. H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 1 既工認との差異について, 初期剛性低下を考慮したモデル化の考え方や静的地震力, 必要保有水平耐力を比較した。 今回工認では, すべての階で静的地震力に比べて弾性設計用地震動Sdによる動的地震力の方が大きくなっていること, また, 既工認と今回工認における必要保有水平耐力は, 概ね同程度の値となっていることを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1 建屋の初期剛性低下は, スケルトンカーブ上の履歴を更新する形で反映しているため, その力-変形関係は基本的にJ E A Gに則った復元力特性を用いている。また, コンクリートコアによる圧縮強度は設計基準強度を上回っていることを確認した。
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, 資料1-3 2. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 1~2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 地震による建屋への影響の把握状況について全体像を示し, 2号炉原子炉建屋において構造的損傷はなかったことを確認した。

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
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	説明済	H29. 1. 17 資料1-2, 資料1-3 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 3. 4, 資料1-2-4 5. H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1 建屋の初期剛性低下は, スケルトンカーブ上の履歴を更新する形で反映しているため, そのカー変形関係は基本的にJ E A Gに則った復元力特性を用いている。また, コンクリートコアによる圧縮強度は設計基準強度を上回っていることを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 2 今後の剛性低下の不確実性について, 基準地震動 S_s に対して更なる初期剛性の低下を考慮する方針とした。
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, 資料1-3 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 3. 4, 資料1-2-4 5. 初期剛性低下を考慮したシミュレーションモデルに補強部材を追加し設計モデルとした。
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 1. ~5. H29. 6. 15 資料1-4 II. ~III. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 1~2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 地震による建屋への影響の把握状況について全体像を示し, 2号炉原子炉建屋において構造的損傷はなかったことを確認した。

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
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と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, 資料1-3 3., 資料1-4 1. ~5. H29. 6. 15 資料1-4 II. ~III. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 1~2. 2, 資料1-2-4 2. 1 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した。また、構造的損傷が要因ではないことを確認した。 三次元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建屋の健全性を確認した。
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, 資料1-3 3. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 3, 資料1-2-4 2. 1 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ことを確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 1 今回工認の設計用地震力について、既工認の静的地震力等と比較した。今回工認においては、すべての階で静的地震力に比べてS _d による動的地震力のほうが大きくなっていることを確認した。
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 II. ~III. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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し、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し、建屋の健全性を確認した。

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
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 II. 1. ～ II. 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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し，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し，建屋の健全性を確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1～3. 2 乾燥収縮が初期剛性低下に影響を及ぼすことを，地震観測記録，文献調査，耐震壁実験，ひび割れ点検等により確認した。
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 II. 3. ～II. 4. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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，点検結果を補間している。
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 II. 3. ～II. 4. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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した。
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	説明済	H29. 6. 15 資料1-4 II. 3. ～II. 4. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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を確認した。 H30. 8. 30 資料1-1-3 4. 2 耐震補強工事による地震応答特性への影響について，耐震補強によるねじれ応答等の地震応答特性への影響は小さく，設計上適切に考慮されていることを確認した。

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
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拡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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 6 建屋の剛性低下に係る検討結果を踏まえ、建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する地震応答を用いて、設備への影響を検討する。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 6 建屋の剛性低下に係る検討結果を踏まえ、建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する地震応答を用いて、設備への影響を検討する。
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 別紙1 2. 2. 6, 資料1-2-4 2. 1 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した。また、乾燥収縮が初期剛性低下に影響を及ぼすことを地震観測記録による検討、文献調査により確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1～3. 2 設計体系における乾燥収縮ひび割れに起因した剛性低下の扱いについて記載を追加した。
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 別紙1 2. 2. 3, 資料1-2-4 2. 1 鉛直方向の建屋振動特性について、水平動と同様に地震動レベルの大きさと建屋の剛性低下（振動数低下）の相関性が全建屋で認められたが、水平動に比較して影響は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
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 3.1, 資料1-1-4 別紙13 3.1 入力地震動の算定方法に関して、地震観測記録の分析により、E+F入力を用いる方がより観測記録の傾向を捉えていることを確認した。
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 別紙1 2.4, 資料1-2-4 2.2 耐震実験を踏まえた剛性低下の要因分析より、初期剛性が低下した要因として、3.11地震等の影響に加え、コンクリートの乾燥収縮の影響が重畳したことを確認した。
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 別紙1 3.3.2, 資料1-2-4 4. オペフロ上部の耐震補強工事前後の比較から、剛性、耐力ともに向上していることを確認した。
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 II. 1. ~ II. 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2.2.4, 資料1-2-4 2.1 点検結果、質点系モデルおよび三次元FEMモデルの解析結果より、建屋全体の健全性を確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5.3 固有振動数の推移の確認結果やオペフロ上部の大架構の検討を踏まえ、原子炉建屋は代表性があることを確認した。

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
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 別紙1 2.2.4, 資料1-2-4 2.1 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余裕があることを確認した。 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した。
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 別紙1 2.2.4, 資料1-2-4 2.1 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	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.5 鉄筋コンクリート躯体の耐震性以外の要求機能について、女川の特異性が鉄筋コンクリート造として要求される機能に対して影響を与える可能性について確認のうえ、乾燥収縮ひび割れおよび地震時に生じるひび割れに対する機能維持の方針を整理した。
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	説明済	H30.7.5 資料2-1-7 3.1~3.2 建設後の経過年数から女川2号炉建屋の乾燥状態はほぼ定常状態にあるものと判断した。
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 別紙1 2.2.5, 資料1-2-4 2.1 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
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 3. 耐震実験の結果から、実機の剛性低下の要因として、地震による影響と乾燥収縮による影響が重畳したことを示す結果となっていることを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3.2 鉛直動について、水平動に比べ剛性の低下率は小さく、建屋シミュレーション解析では既工認モデルで記録を再現できたことから、既工認モデルの剛性を採用する。 H30. 8. 30 資料1-1-3 5.6 建屋剛性に係る検討結果を踏まえ、水平方向に併せて鉛直方向についても、建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する設備への影響を検討する。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 6. 点検や地震観測などのモニタリングの充実を図るとともに、今後中長期的に原子力リスク研究センターが主体となって進めていく、剛性低下を反映した建屋解析手法の高度化等を情報共有して取り組む。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 3. インナーループや繰り返し加力による事前損傷が、評価基準値付近の耐力や終局耐力に与える影響は小さいことを確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2.3(2) 3. 11地震前後のコンクリートコアによる圧縮強度試験結果は同程度であり安定していることを確認した。

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
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 3. 2(2) Sasano et al. (2018) より、乾燥収縮の影響に関する文献調査の網羅性・代表性に関する記述を追加した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2. 2(2) 粗骨材が乾燥収縮の程度に与える影響に関する文献を提示するとともに、乾燥収縮ひび割れ調査結果、材料試験結果を踏まえた考察を追加した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2. 2(2) 乾燥収縮ひび割れについて、調査方法の適用性を示すとともに、建屋全体を網羅的に調査し、ひび割れ密度は女川の方が東通よりも多いことを確認した。また、乾燥収縮ひび割れの平均ひび割れ幅は女川と東通では同等であることを確認した。
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J E A G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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 2. 2 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、設計基準強度及び実強度からJ E A G式に基づき設定したスケルトンカーブを重ねて提示し、J E A G式の評価基準値付近の耐力低下は認められないこと、終局耐力に与える影響は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
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	説明済	H30.7.5 資料2-1-5 2.4 実験に用いたコンクリートと実機のコンクリートの材料試験結果を踏まえて、乾燥収縮がコンクリート部材の終局耐力に与える影響は耐震壁試験体に比べて実機の方が小さく、耐震実験結果の実機への適用性があることを確認した。
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J E A G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	説明済	H30.7.5 資料2-1-5 2.3 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、設計基準強度からJ E A G式に基づき設定したスケルトンカーブを重ねて提示し、基準地震動S _s に対する評価基準値付近や終局耐力付近では、J E A G式に対し、実験結果の耐力は上回る結果となったことを確認した。
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	説明済	H30.7.5 資料2-1-5 3. これまでの観測記録から確認した固有振動数の低下傾向が、耐震実験3による低下傾向と概ね整合していることを確認した。
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	説明済	H30.7.5 資料2-1-5 2.3, 3. 乾燥試験体におけるインナーループの結果の分析より、乾燥試験体に事前損傷を与えた場合にも終局耐力に与える影響が小さいことを確認した。
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	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 4.2 耐震補強工事による地震応答特性への影響について、耐震補強によるねじれ応答等の地震応答特性への影響は小さく、設計上適切に考慮されていることを確認した。

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
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 1 補強部材の地震応答解析モデルへの反映方針について、追設耐震壁は、既存躯体および鋼製型枠により覆われているため、乾燥収縮の影響を受けにくい構造であり、また、大きな地震を経験していないことから、初期剛性低下は考慮しないこととする。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 2 実機の乾燥程度はほぼ定常状態にあることから乾燥収縮による剛性低下の可能性は小さいが、これまでの更新地震による剛性低下傾向と同様の低下量を基準地震動S s時の不確かさケースとして考慮する。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 3 原子炉建屋以外の建屋の地震応答解析モデルの策定は、2号炉原子炉建屋オペフロ上部における検討と同様の考え方を適用することによって構築していく。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1～3. 2 耐震実験結果を踏まえ、設計体系として初期剛性低下を考慮し、終局耐力はJ E A G式に従うこととする。
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	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
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
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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.3, 資料1-2-4 別紙13 参考1 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.3, 資料1-2-4 別紙13 4.1 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 $V_s = 900 \text{ m/s}$ とする。また, 層境界と表層地盤下部の V_s の建屋応答への感度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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.4, 資料1-2-4 別紙13 4.2 伝達関数を比較した結果, 表層地盤の1次周期(4~6Hz付近)の再現性は, 表層地盤の層境界をO. P. 0mと設定した場合に観測記録との適合が良い。 床応答スペクトルの比較においては, 伝達関数による検討程の大きな差異は見られないものの, 建屋の1次周期(0.2~0.3秒)付近のピークに着目するとO. P. -2mの結果は観測記録に比べて小さい傾向にあり, O. P. +2mの結果は観測記録に比べて過大に評価する傾向となっており, O. P. 0mが観測を平均的に表していることを確認した。

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
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、3.1.1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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.5, 資料1-2-4 別紙13 4.3 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 S_s 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.4~2.5, 資料1-2-4 別紙13 4.2~4.3 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妥当であることを確認した。また、基準地震動 S_s 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 S_s 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 3.1~3.5, 資料1-2-4 別紙13 5.(2) 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。
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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 1., 資料1-2-4 別紙13 5.(1) 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3, 資料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。

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
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	説明済	H30. 4. 17 資料1-2-4 7. 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ことから、それらについては今後方針をご説明する。
61	基準地震動に対する地盤モデルについて、表層地盤上部における全ての基準地震動のひずみレベルを踏まえて、適用性を提示すること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-4 2.5 地盤のひずみが大きくなると物性値の差異による影響は小さくなることを確認した。
62	入力地震動の変更に関する検討について、各検討内容の関係性を整理し、必要な検討が網羅的に行われていることを提示すること。特に、基準地震動への適用性については、適用性を確認するための方針及び各検討内容との関係を明確にすること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-3, 資料2-1-4 1., 2.5 検討概要のフローと各検討内容の関係がわかるように整理した。
63	埋込み効果に関する検討について、「トータル的な保守性の確認」の方針を具体的に提示すること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-4 1., 3.1 建屋が埋め込まれていることのトータル的な影響については、E+F入力を採用するため、既工認において直接入力としていた裕度が減少すること、硬質岩盤サイトにおける埋込み効果が建屋応答を増大させるかどうかについて、詳細に検討しE+F入力が過小評価にならないことを確認した。
64	3号炉海水熱交換器建屋の埋込み効果に関する検討について、p 40及びp 49に示されている検討内容に係る解析モデルの条件の違いを整理して提示すること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-4 3.1~3.3 解析モデルの条件を追記した。

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
65	原子炉建屋に係る直接入力（2E入力）とE（入射波）+F（反射波）入力の応答スペクトルに差があることについて考察し、その内容を提示すること。	H30.4.17	説明済	H30.7.5 資料2-1-4 参考検討 解析条件の違いやひずみレベルにより、床応答スペクトルに与える影響には違いがあることを確認した。
66	各建屋に対する埋込み効果及び側面地盤ばねの採用に係る検討について、建屋規模、振動特性、埋込み状況等を踏まえて、検討プロセス及び妥当性を提示すること。	H30.4.17	説明済	H30.7.5 資料2-1-4 1., 4. J E A G 4 6 0 1 の建屋埋込み効果の評価法を参照して、検討対象建屋を選定し、観測記録との整合を踏まえて埋込み効果、側面地盤ばねの採用検討を実施している。
67	各建屋に対する埋込み効果及び側面地盤ばねの採用に係る検討について、建屋規模、振動特性、埋込み状況等を踏まえて、検討プロセス及び妥当性を提示すること。	H30.4.17	説明済	H30.7.5 資料2-1-4 2.1~3.3 各建屋の埋込み深さ、建屋周辺の地盤状況、建屋規模、建屋周辺の埋戻し状況を整理し、検討対象建屋は、2号炉タービン建屋、3号炉海水熱交換器建屋を選定した。両建屋とも、建屋に入力する地震動については表層地盤の影響が現れており、E+F入力を採用することとした。
68	原子炉建屋の地下外壁に作用する地震時増分土圧に対する評価方針について、土木構造物の評価方針を踏まえて整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.4 建屋の地下外壁に対する地震時増分土圧は、修正物部・岡部式及び J E A G 4 6 0 1 - 1 9 9 1 追補版に基づいて求めた包絡値とし、詳細評価が必要な場合は土木構造物の評価方針も踏まえて F E M 解析により土圧を算定する。
69	耐震壁の地震による損傷が終局耐力に及ぼす影響について、文献調査を行い、耐震実験2に関連する文献を提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付②2.2 事前加力が終局耐力に与える影響に関する既往知見について、耐震壁の損傷と性能低下に着目した実験データが少ないことを確認した。

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
70	初期剛性低下に対する乾燥収縮の寄与について、初期剛性低下を他の建屋に適用することを念頭に、ある程度の幅を持って定量化できるか検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付⑧ 初期剛性低下における乾燥収縮の寄与を地震の振幅の影響から分離することはできないが、3.11地震即ちSd相当の振幅では、建設時(実強度相当)から約0.5倍の剛性となっていることを確認した。
71	事前損傷及び乾燥収縮は、評価基準値及び終局耐力に影響を与えないことを確認するとの観点から、耐震実験の結果とJ E A G式のせん断力について、デジタル値及び比率を提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付② 各耐震実験結果について、せん断応力度の数値、比率等を追記した。
72	耐震実験1及び耐震実験3における各ステップのせん断剛性低下率の比較について、各加力ステップの傾向を踏まえた考察を行い、設計への反映の必要性を検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 3.2(1) 耐震実験1と耐震実験3の加力ステップごとの比較により、両方で剛性低下の傾向がほとんど変わらないことから、乾燥収縮の影響が、剛性低下率の変動に与える影響は小さいことを確認した。
73	乾燥収縮ひび割れの調査について、調査対象建屋及び箇所を選定理由並びに調査結果に対する考察を整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付③ 乾燥収縮ひび割れ調査の選定理由について、建物形状および建設時期の類似事項をもとに選定した理由を追記した。 乾燥収縮ひび割れ調査結果について、ひび割れ密度は女川の方が東通よりも多いことを、平均ひび割れ幅は女川と東通では同等であることを確認した。
74	2号炉原子炉建屋オペフロ(オペレーティングフロア)上部の耐力評価の検討について、FEMモデルのせん断力の荷重-変形が部分的に低下することの要因を分析し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 2.1(3) 三次元FEMモデルの場合には、屋根の柔らかさが耐震壁のせん断力-変形関係に対して全体的に影響することを踏まえ、変形0.01m付近で部分的に低下する点については、屋根の剛性に起因するものではなく、設定したコンクリートの引張剛性モデル(コンクリートのひび割れ発生後の応力-ひずみ関係を表すモデル)に起因するものであると分析した。

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
75	2号炉原子炉建屋オペフロ上部における質点系モデルとFEMモデルとの比較結果を踏まえ、質点系モデルの剛性評価の妥当性を提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 2.1(3) 原子炉建屋の基本モデルは、3.11地震による質点系シミュレーション解析におけるオペフロ上部の初期剛性低下を考慮しているが、このことは、初期剛性が適用される変形レベルでは実際の曲げ変形による剛性低下量の多くをせん断剛性の剛性低下量とみなし、変形としてはせん断変形が大きめに評価される剛性低下量を使用していることと等価になり保守的評価となることを確認した。
76	床スラブにおける乾燥収縮ひび割れによる剛性低下の影響について検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付⑥ 床スラブの初期剛性を低下させた場合の影響について、耐震壁と同様の初期剛性低下を考慮しても基準地震動S _s に対する地震応答解析結果にはほとんど影響しないことを確認した。
77	地震応答解析モデルへの不確かさの反映の考え方について、サイト固有の特徴を踏まえ、材料のばらつき要因の選定プロセスを提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.2 不確かさを考慮する建屋の地震応答解析の材料物性値は、審査ガイドの要求事項および女川サイトの特徴を踏まえた検討結果より、ばらつき因子を選定した。
78	耐震以外の要求事項に対する乾燥収縮ひび割れの影響を網羅的に検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.5 鉄筋コンクリート躯体の耐震性以外の要求機能について、女川の特異性が鉄筋コンクリート造として要求される機能に対して影響を与える可能性について確認のうえ、乾燥収縮ひび割れおよび地震時に生じるひび割れに対する機能維持の方針を整理した。

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
79	建屋全体及び原子炉本体基礎等の設備関連の構造物における初期剛性低下の設定の考え方を体系的に整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.4 原子炉建屋の初期剛性低下の要因を分析した結果を踏まえて、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体構造としている建物・構築物について、初期剛性（主に地震応答解析）、耐力（主に構造強度評価）に係る設計への反映について整理した。
80	添付1～8の検討内容について、不確かさケースの設定に係る検討内容との関係性がわかるよう整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 1. 初期剛性低下の要因に関する各検討項目の位置づけ、設計体系への反映までの流れを再整理した。
81	EW方向屋上において、質点系モデルの建屋シミュレーション解析から得られた加速度応答スペクトルと観測記録に差異が生じた理由を提示すること。	H30.8.30	本日回答	H30.9.25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11添付1 2.2.4 東北地方太平洋沖地震のEW方向の屋上については、地震計位置がコーナー部にあることなどが影響し、比較的再現性が良くないと考えられることを追記した。
82	コンクリートの材料の圧縮強度の確認において、設計基準強度との比較に加え、3.11地震の前後における圧縮強度の比較を行い、解釈を提示すること。	H30.8.30	本日回答	H30.9.25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11添付10 4. 建設時の91日強度の変動係数は温度補正を考慮すると建屋全体で7～8%程度であり、91日強度と今回の試験結果の差異は最大でも7%程度であるため、ばらつきの範囲内となっている。
83	鉄筋コンクリート躯体の要求性能について、乾燥収縮及び地震による影響を踏まえ、設置許可基準規則の各条文との関係性を整理し提示すること。また、機能維持の方針についても対象構造物等の役割及び要求機能並びに維持管理指針を踏まえた妥当性を各条文との関係性の整理とともに提示すること。	H30.8.30	次回以降説明予定	(鉄筋コンクリート躯体の要求性能に対して、乾燥収縮及び地震による影響を踏まえて各条文との関係性および機能維持の方針を整理し、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
84	設計モデルの策定において、原子炉建屋を代表とする妥当性の説明及び他の建屋へ適用する妥当性の説明を表等により提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 3 2号炉原子炉建屋オペフロ上部の特徴を踏まえ、その他の原子炉建屋よりも規模が小さい建屋、比較的壁の薄い建屋等へも同様の考え方を適用可能と考えられることから、原子炉建屋以外の他建屋の地震応答解析モデルの策定に際しては、原子炉建屋オペフロ上部における検討と同様の考え方を適用することによって構築していく。
85	原子炉建屋の代表性に関して、原子炉建屋から得られた知見が既設及び新設の建物・構築物への初期剛性低下の反映における課題を網羅していることを整理して提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 3 新設建屋の初期剛性は、基本ケースとして設計基準強度に対応した建屋初期剛性を採用する。また、念のため、不確かさケースとして、女川2号炉原子炉建屋のオペフロ下部のシミュレーション結果を参考に初期剛性の低下を考慮する。
86	変形追従部材である柱・梁およびフレーム構造として地震力を負担させる柱・梁における初期剛性低下の設計への反映方針を提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 3 フレーム部材において耐震壁に生じる水平変位を強制変形として与え応力を算定する解析にあたっては、フレームの剛性に対しても耐震壁と同程度の剛性低下を考慮するが、低下量を過大に評価することは応力算定上は過小評価になるため、2号炉原子炉建屋のオペフロ下部の剛性低下量(0.8)を考慮する。
87	不確かさを考慮した機器・配管系の耐震設計について、工認段階での対応方針を整理して提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 6 基本ケースと不確かさケースでの地震応答解析結果を比較し、建屋床面の最大応答加速度を用いて設計する設備、床応答スペクトルを用いて設計する設備、地震応答解析から得られる荷重を用いて設計する設備に分類して影響評価を行う。

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
88	設備の耐震設計方針における評価方法、条件等について、床応答スペクトルの拡幅以外に、乾燥収縮及び地震の影響を踏まえた検討事項がないか再度整理して提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2 乾燥収縮及び地震影響によるひびの影響については、建屋応答解析における建屋躯体コンクリートの初期剛性、評価基準値における機器アンカー部の耐力（建屋のせん断ひずみ度に応じた低減係数）として、機器・配管系の耐震評価に反映する。
89	床応答スペクトルの10%拡幅について、乾燥収縮及び地震の影響を踏まえ、女川2号機設備への適用の妥当性を整理して提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2 初期剛性の低下要因の検討を踏まえ、スケルトンカーブにおける評価基準値付近の非線形特性は、既工認と同じJ E A G式を採用している。従って、基準地震動S sによって強非線形状態となった場合の地震応答解析の精度は既工認モデルと同等である。今回床応答スペクトルの拡幅として10%を採用することは、既工認モデルと同等の保守性を有している。

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

3. 1 1地震, 4. 7地震（点検, シミュレーション）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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 1. ～5. H29. 6. 15 資料1-4 II. ～III. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 1～2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 地震による建屋への影響の把握状況について全体像を示し、2号炉原子炉建屋において構造的損傷はなかったことを確認した。
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と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, 資料1-3 3., 資料1-4 1. ～5. H29. 6. 15 資料1-4 II. ～III. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 1～2. 2, 資料1-2-4 2. 1 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した。また、構造的損傷が要因ではないことを確認した。 三次元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建屋の健全性を確認した。
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, 資料1-3 3. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 3, 資料1-2-4 2. 1 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ことを確認した。
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 II. ～III. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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し、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し、建屋の健全性を確認した。

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

3. 1 1 地震, 4. 7 地震 (点検, シミュレーション)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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 II. 1. ~ II. 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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し、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し、建屋の健全性を確認した。
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 II. 3. ~ II. 4. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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、点検結果を補間している。
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 II. 3. ~ II. 4. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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した。
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	説明済	H29. 6. 15 資料1-4 II. 3. ~ II. 4. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 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を確認した。 H30. 8. 30 資料1-1-3 4. 2 耐震補強工事による地震応答特性への影響について、耐震補強によるねじれ応答等の地震応答特性への影響は小さく、設計上適切に考慮されていることを確認した。

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

3. 1 1地震, 4. 7地震 (点検, シミュレーション)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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 別紙1 2. 2. 6, 資料1-2-4 2. 1 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した。また, 乾燥収縮が初期剛性低下に影響を及ぼすことを地震観測記録による検討, 文献調査により確認した。
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 別紙1 2. 2. 3, 資料1-2-4 2. 1 鉛直方向の建屋振動特性について, 水平動と同様に地震動レベルの大きさと建屋の剛性低下(振動数低下)の相関性が全建屋で認められたが, 水平動に比較して影響は小さいことを確認した。
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 3. 1, 資料1-1-4 別紙13 3. 1 入力地震動の算定方法に関して, 地震観測記録の分析により, E+F入力を用いる方がより観測記録の傾向を捉えていることを確認した。
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 別紙1 2. 4, 資料1-2-4 2. 2 耐震実験を踏まえた剛性低下の要因分析より, 初期剛性が低下した要因として, 3. 11地震等の影響に加え, コンクリートの乾燥収縮の影響が重畳したことを確認した。
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I W以外のS W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 II. 1. ~ II. 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 点検結果, 質点系モデルおよび三次元FEMモデルの解析結果より, 建屋全体の健全性を確認した。

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

3. 1 1地震, 4. 7地震 (点検, シミュレーション)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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 別紙1 2.2.4, 資料1-2-4 2.1 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した。 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した。
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 別紙1 2.2.4, 資料1-2-4 2.1 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。
81	EW方向屋上において、質点系モデルの建屋シミュレーション解析から得られた加速度応答スペクトルと観測記録に差異が生じた理由を提示すること。	H30.8.30	本日回答	H30.9.25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11添付1 2.2.4 東北地方太平洋沖地震のEW方向の屋上については、地震計位置がコーナー部にあることなどが影響し、比較的再現性が良くないと考えられることを追記した。

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

コンクリート材料の影響検討

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3.1~3.2 乾燥収縮が初期剛性低下に影響を及ぼすことを、地震観測記録、文献調査、耐震壁実験、ひび割れ点検等により確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3.1~3.2 建設後の経過年数から女川2号炉建屋の乾燥状態はほぼ正常状態にあるものと判断した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2.3(2) 3.11地震前後のコンクリートコアによる圧縮強度試験結果は同程度であり安定していることを確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 3.2(2) Sasano et al. (2018) より、乾燥収縮の影響に関する文献調査の網羅性・代表性に関する記述を追加した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2.2(2) 粗骨材が乾燥収縮の程度に与える影響に関する文献を提示するとともに、乾燥収縮ひび割れ調査結果、材料試験結果を踏まえた考察を追加した。

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

コンクリート材料の影響検討

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2. 2(2) 乾燥収縮ひび割れについて、調査方法の適用性を示すとともに、建屋全体を網羅的に調査し、ひび割れ密度は女川の方が東通よりも多いことを確認した。また、乾燥収縮ひび割れの平均ひび割れ幅は女川と東通では同等であることを確認した。
73	乾燥収縮ひび割れの調査について、調査対象建屋及び箇所を選定理由並びに調査結果に対する考察を整理し、提示すること。	H30. 7. 5	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 添付③ 乾燥収縮ひび割れ調査の選定理由について、建物形状および建設時期の類似事項をもとに選定した理由を追記した。 乾燥収縮ひび割れ調査結果について、ひび割れ密度は女川の方が東通よりも多いことを、平均ひび割れ幅は女川と東通では同等であることを確認した。
82	コンクリートの材料の圧縮強度の確認において、設計基準強度との比較に加え、3. 1. 1地震の前後における圧縮強度の比較を行い、解釈を提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11添付10 4. 建設時の91日強度の変動係数は温度補正を考慮すると建屋全体で7~8%程度であり、91日強度と今回の試験結果の差異は最大でも7%程度であるため、ばらつきの範囲内となっている。

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

耐震補強（設計方針，悪影響）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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, 資料1-3 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 3.4, 資料1-2-4 5. 初期剛性低下を考慮したシミュレーションモデルに補強部材を追加し設計モデルとした。
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 別紙1 3.3.2, 資料1-2-4 4. オペフロ上部の耐震補強工事前後の比較から，剛性，耐力ともに向上していることを確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 4.2 耐震補強工事による地震応答特性への影響について，耐震補強によるねじれ応答等の地震応答特性への影響は小さく，設計上適切に考慮されていることを確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5.1 補強部材の地震応答解析モデルへの反映方針について，追設耐震壁は，既存躯体および鋼製型枠により覆われているため，乾燥収縮の影響を受けにくい構造であり，また，大きな地震を経験していないことから，初期剛性低下は考慮しないこととする。

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

入力地震動

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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 別紙1 2. 2. 5, 資料1-2-4 2. 1 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した。
52	地盤モデルについて, O. P. - 2 0 0 m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	説明済	H30. 4. 17 資料1-2-3 2. 3, 資料1-2-4 別紙13 参考1 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	説明済	H30. 4. 17 資料1-2-3 2. 3, 資料1-2-4 別紙13 4. 1 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. 0 mとする2層地盤, 表層地盤下部のせん断波速度を $V_s = 900 \text{ m/s}$ とする。また, 層境界と表層地盤下部の V_s の建屋応答への感度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	説明済	H30. 4. 17 資料1-2-3 2. 4, 資料1-2-4 別紙13 4. 2 伝達関数を比較した結果, 表層地盤の1次周期 (4 ~ 6 Hz 付近) の再現性は, 表層地盤の層境界をO. P. 0 mと設定した場合に観測記録との適合が良い。 床応答スペクトルの比較においては, 伝達関数による検討程の大きな差異は見られないものの, 建屋の1次周期 (0. 2 ~ 0. 3 秒) 付近のピークに着目するとO. P. - 2 mの結果は観測記録に比べて小さい傾向にあり, O. P. + 2 mの結果は観測記録に比べて過大に評価する傾向となっており, O. P. 0 mが観測を平均的に表していることを確認した。

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

入力地震動

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.5, 資料1-2-4 別紙13 4.3 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 S_s 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 2.4~2.5, 資料1-2-4 別紙13 4.2~4.3 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妥当であることを確認した。また、基準地震動 S_s 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 S_s 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 3.1~3.5, 資料1-2-4 別紙13 5.(2) 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。
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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3 1., 資料1-2-4 別紙13 5.(1) 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	説明済	H30.4.17 資料1-2-3, 資料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。

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

入力地震動

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30. 4. 17 資料1-2-4 7. 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ことから、それらについては今後方針をご説明する。
61	基準地震動に対する地盤モデルについて、表層地盤上部における全ての基準地震動のひずみレベルを踏まえて、適用性を提示すること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-4 2.5 地盤のひずみが大きくなると物性値の差異による影響は小さくなることを確認した。
62	入力地震動の変更に関する検討について、各検討内容の関係性を整理し、必要な検討が網羅的に行われていることを提示すること。特に、基準地震動への適用性については、適用性を確認するための方針及び各検討内容との関係を明確にすること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-3, 資料2-1-4 1., 2.5 検討概要のフローと各検討内容の関係がわかるように整理した。
63	埋込み効果に関する検討について、「トータルの保守性の確認」の方針を具体的に提示すること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-4 1., 3.1 建屋が埋め込まれていることのトータルの影響については、E+F入力を採用するため、既工認において直接入力としていた裕度が減少すること、硬質岩盤サイトにおける埋込み効果が建屋応答を増大させるかどうかについて、詳細に検討しE+F入力が過小評価にならないことを確認した。
64	3号炉海水熱交換器建屋の埋込み効果に関する検討について、p 40及びp 49に示されている検討内容に係る解析モデルの条件の違いを整理して提示すること。	H30. 4. 17	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-4 3.1~3.3 解析モデルの条件を追記した。

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

入力地震動

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
65	原子炉建屋に係る直接入力（2E入力）とE（入射波）+F（反射波）入力の応答スペクトルに差があることについて考察し、その内容を提示すること。	H30.4.17	説明済	H30.7.5 資料2-1-4 参考検討 解析条件の違いやひずみレベルにより、床応答スペクトルに与える影響には違いがあることを確認した。
66	各建屋に対する埋込み効果及び側面地盤ばねの採用に係る検討について、建屋規模、振動特性、埋込み状況等を踏まえて、検討プロセス及び妥当性を提示すること。	H30.4.17	説明済	H30.7.5 資料2-1-4 1., 4. J E A G 4 6 0 1の建屋埋込み効果の評価法を参照して、検討対象建屋を選定し、観測記録との整合を踏まえて埋込み効果、側面地盤ばねの採用検討を実施している。
67	各建屋に対する埋込み効果及び側面地盤ばねの採用に係る検討について、建屋規模、振動特性、埋込み状況等を踏まえて、検討プロセス及び妥当性を提示すること。	H30.4.17	説明済	H30.7.5 資料2-1-4 2.1~3.3 各建屋の埋込み深さ、建屋周辺の地盤状況、建屋規模、建屋周辺の埋戻し状況を整理し、検討対象建屋は、2号炉タービン建屋、3号炉海水熱交換器建屋を選定した。両建屋とも、建屋に入力する地震動については表層地盤の影響が現れており、E+F入力を採用することとした。

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

実験

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 3. 耐震実験の結果から、実機の剛性低下の要因として、地震による影響と乾燥収縮による影響が重畳したことを示す結果となっていることを確認した。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 6. 点検や地震観測などのモニタリングの充実を図るとともに、今後中長期的に原子力リスク研究センターが主体となって進めていく、剛性低下を反映した建屋解析手法の高度化等を情報共有して取り組む。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 3. インナーループや繰返し加力による事前損傷が、評価基準値付近の耐力や終局耐力に与える影響は小さいことを確認した。
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J E A G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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 2.2 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、設計基準強度及び実強度からJ E A G式に基づき設定したスケルトンカーブを重ねて提示し、J E A G式の評価基準値付近の耐力低下は認められないこと、終局耐力に与える影響は小さいことを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 2.4 実験に用いたコンクリートと実機のコンクリートの材料試験結果を踏まえて、乾燥収縮がコンクリート部材の終局耐力に与える影響は耐震壁試験体に比べて実機の方が小さく、耐震実験結果の実機への適用性があることを確認した。

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

実験

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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J E A G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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 2. 3 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、設計基準強度からJ E A G式に基づき設定したスケルトンカーブを重ねて提示し、基準地震動S _s に対する評価基準値付近や終局耐力付近では、J E A G式に対し、実験結果の耐力は上回る結果となったことを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 3. これまでの観測記録から確認した固有振動数の低下傾向が、耐震実験3による低下傾向と概ね整合していることを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-5 2. 3, 3. 乾燥試験体におけるインナーループの結果の分析より、乾燥試験体に事前損傷を与えた場合にも終局耐力に与える影響が小さいことを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1～3. 2 耐震実験結果を踏まえ、設計体系として初期剛性低下を考慮し、終局耐力はJ E A G式に従うこととする。
69	耐震壁の地震による損傷が終局耐力に及ぼす影響について、文献調査を行い、耐震実験2に関連する文献を提示すること。	H30. 7. 5	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 添付②2. 2 事前加力が終局耐力に与える影響に関する既往知見について、耐震壁の損傷と性能低下に着目した実験データが少ないことを確認した。

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

実験

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
71	事前損傷及び乾燥収縮は、評価基準値及び終局耐力に影響を与えないことを確認するとの観点から、耐震実験の結果とJ E A G式のせん断力について、デジタル値及び比率を提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付② 各耐震実験結果について、せん断応力度の数値、比率等を追記した。
72	耐震実験1及び耐震実験3における各ステップのせん断剛性低下率の比較について、各加力ステップの傾向を踏まえた考察を行い、設計への反映の必要性を検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 3.2(1) 耐震実験1と耐震実験3の加力ステップごとの比較により、両方で剛性低下の傾向がほとんど変わらないことから、乾燥収縮の影響が、剛性低下率の変動に与える影響は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（項目別）
 （4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連）

設計体系（復元力特性、原子炉建屋代表性、設備への影響）

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	説明済	H29. 1. 17 資料1-2, 資料1-3 5. H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 1 既工認との差異について、初期剛性低下を考慮したモデル化の考え方や静的地震力、必要保有水平耐力を比較した。 今回工認では、すべての階で静的地震力に比べて弾性設計用地震動Sdによる動的地震力の方が大きくなっていること、また、既工認と今回工認における必要保有水平耐力は、概ね同程度の値となっていることを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1 建屋の初期剛性低下は、スケルトンカーブ上の履歴を更新する形で反映しているため、その力-変形関係は基本的にJ E A Gに則った復元力特性を用いている。また、コンクリートコアによる圧縮強度は設計基準強度を上回っていることを確認した。
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, 資料1-3 2. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 2. 2. 1~2. 2. 4, 資料1-2-4 2. 1 地震による建屋への影響の把握状況について全体像を示し、2号炉原子炉建屋において構造的損傷はなかったことを確認した。
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	説明済	H29. 1. 17 資料1-2, 資料1-3 5. H29. 12. 26 資料1-2-3 別紙1 3. 4, 資料1-2-4 5. H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 1 建屋の初期剛性低下は、スケルトンカーブ上の履歴を更新する形で反映しているため、その力-変形関係は基本的にJ E A Gに則った復元力特性を用いている。また、コンクリートコアによる圧縮強度は設計基準強度を上回っていることを確認した。

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

設計体系（復元力特性、原子炉建屋代表性、設備への影響）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.1 今回工認の設計用地震力について、既工認の静的地震力等と比較した。今回工認においては、すべての階で静的地震力に比べてS _d による動的地震力のほうが大きくなっていることを確認した。
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拡張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	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.6 建屋の剛性低下に係る検討結果を踏まえ、建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する地震応答を用いて、設備への影響を検討する。
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	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.6 建屋の剛性低下に係る検討結果を踏まえ、建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する地震応答を用いて、設備への影響を検討する。
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	説明済	H30.7.5 資料2-1-7 3.1～3.2 設計体系における乾燥収縮ひび割れに起因した剛性低下の扱いについて記載を追加した。
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	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.3 固有振動数の推移の確認結果やオペフロ上部の大架構の検討を踏まえ、原子炉建屋は代表性があることを確認した。

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

設計体系（復元力特性，原子炉建屋代表性，設備への影響）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 5 鉄筋コンクリート躯体の耐震性以外の要求機能について，女川の特異性が鉄筋コンクリート造として要求される機能に対して影響を与える可能性について確認のうえ，乾燥収縮ひび割れおよび地震時に生じるひび割れに対する機能維持の方針を整理した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 2 鉛直動について，水平動に比べ剛性の低下率は小さく，建屋シミュレーション解析では既工認モデルで記録を再現できたことから，既工認モデルの剛性を採用する。 H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 6 建屋剛性に係る検討結果を踏まえ，水平方向に併せて鉛直方向についても，建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する設備への影響を検討する。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 3 原子炉建屋以外の建屋の地震応答解析モデルの策定は，2号炉原子炉建屋オペフロ上部における検討と同様の考え方を適用することによって構築していく。
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	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（項目別）
 （4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連）

設計体系（復元力特性，原子炉建屋代表性，設備への影響）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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
68	原子炉建屋の地下外壁に作用する地震時増分土圧に対する評価方針について、土木構造物の評価方針を踏まえて整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.4 建屋の地下外壁に対する地震時増分土圧は、修正物部・岡部式及び J E A G 4 6 0 1 - 1 9 9 1 追補版に基づいて求めた包絡値とし、詳細評価が必要な場合は土木構造物の評価方針も踏まえて F E M 解析により土圧を算定する。
74	2号炉原子炉建屋オペフロ（オペレーティングフロア）上部の耐力評価の検討について、F E M モデルのせん断力の荷重 - 変形が部分的に低下することの要因を分析し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 2.1(3) 三次元 F E M モデルの場合には、屋根の柔らかさが耐震壁のせん断力 - 変形関係に対して全体的に影響することを踏まえ、変形 0.01 m 付近で部分的に低下する点については、屋根の剛性に起因するものではなく、設定したコンクリートの引張剛性モデル（コンクリートのひび割れ発生後の応力 - ひずみ関係を表すモデル）に起因するものであると分析した。
75	2号炉原子炉建屋オペフロ上部における質点系モデルと F E M モデルとの比較結果を踏まえ、質点系モデルの剛性評価の妥当性を提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 2.1(3) 原子炉建屋の基本モデルは、3.11地震による質点系シミュレーション解析におけるオペフロ上部の初期剛性低下を考慮しているが、このことは、初期剛性が適用される変形レベルでは実際の曲げ変形による剛性低下量の多くをせん断剛性の剛性低下量とみなし、変形としてはせん断変形が大きめに評価される剛性低下量を使用していることと等価になり保守的評価となることを確認した。

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

設計体系（復元力特性，原子炉建屋代表性，設備への影響）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
78	耐震以外の要求事項に対する乾燥収縮ひび割れの影響を網羅的に検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.5 鉄筋コンクリート躯体の耐震性以外の要求機能について、女川の特異性が鉄筋コンクリート造として要求される機能に対して影響を与える可能性について確認のうえ、乾燥収縮ひび割れおよび地震時に生じるひび割れに対する機能維持の方針を整理した。
79	建屋全体及び原子炉本体基礎等の設備関連の構造物における初期剛性低下の設定の考え方を体系的に整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.4 原子炉建屋の初期剛性低下の要因を分析した結果を踏まえて、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体構造としている建物・構築物について、初期剛性（主に地震応答解析）、耐力（主に構造強度評価）に係る設計への反映について整理した。
80	添付1～8の検討内容について、不確かさケースの設定に係る検討内容との関係性がわかるよう整理し、提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 1. 初期剛性低下の要因に関する各検討項目の位置づけ、設計体系への反映までの流れを再整理した。
83	鉄筋コンクリート躯体の要求性能について、乾燥収縮及び地震による影響を踏まえ、設置許可基準規則の各条文との関係性を整理し提示すること。また、機能維持の方針についても対象構造物等の役割及び要求機能並びに維持管理指針を踏まえた妥当性を各条文との関係性の整理とともに提示すること。	H30.8.30	次回以降説明予定	（鉄筋コンクリート躯体の要求性能に対して、乾燥収縮及び地震による影響を踏まえて各条文との関係性および機能維持の方針を整理し、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（項目別）
 （4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連）

設計体系（復元力特性，原子炉建屋代表性，設備への影響）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
84	設計モデルの策定において、原子炉建屋を代表とする妥当性の説明及び他の建屋へ適用する妥当性の説明を表等により提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 3 2号炉原子炉建屋オペフロ上部の特徴を踏まえ、その他の原子炉建屋よりも規模が小さい建屋、比較的壁の薄い建屋等へも同様の考え方を適用可能と考えられることから、原子炉建屋以外の他建屋の地震応答解析モデルの策定に際しては、原子炉建屋オペフロ上部における検討と同様の考え方を適用することによって構築していく。
85	原子炉建屋の代表性に関して、原子炉建屋から得られた知見が既設及び新設の建物・構築物への初期剛性低下の反映における課題を網羅していることを整理して提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 3 新設建屋の初期剛性は、基本ケースとして設計基準強度に対応した建屋初期剛性を採用する。また、念のため、不確かさケースとして、女川2号炉原子炉建屋のオペフロ下部のシミュレーション結果を参考に初期剛性の低下を考慮する。
86	変形追従部材である柱・梁およびフレーム構造として地震力を負担させる柱・梁における初期剛性低下の設計への反映方針を提示すること。	H30. 8. 30	本日回答	H30. 9. 25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5. 3 フレーム部材において耐震壁に生じる水平変位を強制変形として与え応力を算定する解析にあたっては、フレームの剛性に対しても耐震壁と同程度の剛性低下を考慮するが、低下量を過大に評価することは応力算定上は過小評価になるため、2号炉原子炉建屋のオペフロ下部の剛性低下量（0. 8）を考慮する。

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

不確かさの考え方（初期剛性、減衰定数）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
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か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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 2 今後の剛性低下の不確か性について、基準地震動 S_s に対して更なる初期剛性の低下を考慮する方針とした。
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か性の設計への配慮（保守的なスペクトルの拡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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 5. 6 建屋の剛性低下に係る検討結果を踏まえ、建屋地震応答解析モデルの基本ケースおよび不確かさケースに対する地震応答を用いて、設備への影響を検討する。
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	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 2. 3(2) 3. 11地震前後のコンクリートコアによる圧縮強度試験結果は同程度であり安定していることを確認した。
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	説明済	H30. 7. 5 資料2-1-7 3. 2 実機の乾燥程度はほぼ定常状態にあることから乾燥収縮による剛性低下の可能性は小さいが、これまでの更新地震による剛性低下傾向と同様の低下量を基準地震動 S_s 時の不確かさケースとして考慮する。
70	初期剛性低下に対する乾燥収縮の寄与について、初期剛性低下を他の建屋に適用することを念頭に、ある程度の幅を持って定量化できるか検討すること。	H30. 7. 5	説明済	H30. 8. 30 資料1-1-3 添付⑧ 初期剛性低下における乾燥収縮の寄与を地震の振幅の影響から分離することはできないが、3. 11地震即ち S_d 相当の振幅では、建設時（実強度相当）から約0. 5倍の剛性となっていることを確認した。

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

不確かさの考え方（初期剛性、減衰定数）

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
76	床スラブにおける乾燥収縮ひび割れによる剛性低下の影響について検討すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 添付⑥ 床スラブの初期剛性を低下させた場合の影響について、耐震壁と同様の初期剛性低下を考慮しても基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果にはほとんど影響しないことを確認した。
77	地震応答解析モデルへの不確かさの反映の考え方について、サイト固有の特徴を踏まえ、材料のばらつき要因の選定プロセスを提示すること。	H30.7.5	説明済	H30.8.30 資料1-1-3 5.2 不確かさを考慮する建屋の地震応答解析の材料物性値は、審査ガイドの要求事項および女川サイトの特徴を踏まえた検討結果より、ばらつき因子を選定した。
87	不確かさを考慮した機器・配管系の耐震設計について、工認段階での対応方針を整理して提示すること。	H30.8.30	本日回答	H30.9.25 資料1-1-2, 資料1-1-3別紙11 5.6 基本ケースと不確かさケースでの地震応答解析結果を比較し、建屋床面の最大応答加速度を用いて設計する設備、床応答スペクトルを用いて設計する設備、地震応答解析から得られる荷重を用いて設計する設備に分類して影響評価を行う。
88	設備の耐震設計方針における評価方法、条件等について、床応答スペクトルの拡幅以外に、乾燥収縮及び地震の影響を踏まえた検討事項がないか再度整理して提示すること。	H30.8.30	本日回答	H30.9.25 資料1-1-2 乾燥収縮及び地震影響によるひびの影響については、建屋応答解析における建屋躯体コンクリートの初期剛性、評価基準値における機器アンカー部の耐力（建屋のせん断ひずみ度に応じた低減係数）として、機器・配管系の耐震評価に反映する。

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

不確かさの考え方 (初期剛性, 減衰定数)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
89	床応答スペクトルの10%拡幅について、乾燥収縮及び地震の影響を踏まえ、女川2号機設備への適用の妥当性を整理して提示すること。	H30.8.30	本日回答	H30.9.25 資料1-1-2 初期剛性の低下要因の検討を踏まえ、スケルトンカーブにおける評価基準値付近の非線形特性は、既工認と同じJ E A G式を採用している。従って、基準地震動S _s によって強非線形状態となった場合の地震応答解析の精度は既工認モデルと同等である。今回床応答スペクトルの拡幅として10%を採用することは、既工認モデルと同等の保守性を有している。