

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

平成31年1月15日  
東北電力株式会社

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
1	防潮堤の構造・仕様の詳細について今後提示すること。 また、防潮堤下部の盛土・旧表土については、設置許可基準規則第3条への適合性も踏まえて、支持性能の確保の考え方、不等沈下した場合に起き得る変状を踏まえた防潮堤の一体性確保の考え方等、津波防護施設としての構造の成立性等について今後提示すること。	H29.10.26	H30.1.18 ご説明済	防潮堤の設置許可基準規則（第3条、第4条、第5条）への適合性の確認内容ならびに防潮堤下部の盛土・旧表土の施設としての取扱いについて説明。 また、女川の防潮堤の特徴と他サイト防潮堤との比較等を踏まえた基本設計方針、地震時・津波時等における荷重伝達を踏まえた支持性能の確保の考え方と各部位の役割、不等沈下等を考慮した損傷モードの抽出と設計・施工上の配慮、部位毎の設計方針等について説明。 （【資料1-1-2】）
2	盛土・旧表土のうちの防潮堤直下の部分のみを「施設」として位置づけていることの考え方を提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【設計方針の変更】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することとし、盛土・旧表土及び改良地盤は地盤として取り扱うこととする。 （【資料3-1-2】）
3	「施設」として位置づけている盛土・旧表土について、耐震重要施設と同等の保安水準で設計・施工・維持管理されることを提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【設計方針の変更】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することとし、盛土・旧表土及び改良地盤は地盤として取り扱うこととする。 （【資料3-1-2】）
4	防潮堤の津波防護機能を保持するために高さの維持以外にも必要な機能があることを踏まえて、盛土・旧表土の「施設」の範囲の考え方を提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【設計方針の変更】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することとし、盛土・旧表土及び改良地盤は地盤として取り扱うこととする。 （【資料3-1-2】）
5	防潮堤下部を横断する取放水路の扱いについて、盛土・旧表土を「施設」として位置づけていることを踏まえて、整理して提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【設計方針の変更】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することとし、盛土・旧表土及び改良地盤は地盤として取り扱うこととする。 （【資料3-1-2】）
6	長杭及び短杭を合わせた構造全体の安定性について、長杭が岩盤に根入れしていないことによる影響なども踏まえて、提示すること。	H30.1.18	H30.11.6 ご説明済	防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、構造全体の安定性は向上が図られており、鋼管杭、背面補強工、改良地盤、置換コンクリート及びセメント改良土についてはほとんど変形せず、破壊領域も広範囲に連続することはなく、安定性が保たれていることを提示した。 （【資料2-1-3】 p.52～71）

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
7	鋼管式鉛直壁（一般部）の改良地盤直下の盛土・旧表土の不等沈下により改良地盤と盛土・旧表土の間に隙間が生じる可能性があることも踏まえて、防潮堤全体の一体性の確保について提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【No.17, 18の方針変更に伴い不要となる項目】 改良地盤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、沈下しない設計とする。 （【資料3-1-2】）
8	防潮堤の設置の目的、期待される効果及び要求性能について、一般産業施設と原子力施設との対比を提示すること。また、相対変位が大きく地盤沈下に追従する構造となっている一般産業施設の施工例の有無を確認すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	【No.17, 18の方針変更に伴い不要となる項目】 施設直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより沈下しない設計とし、原子力施設としても事例のある設計とする。
9	防潮堤の構造について、緊急安全対策による防潮堤との関係がわかるように図示するとともに、設計経緯を提示すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	緊急安全対策による防潮堤と現在の防潮堤構造の関係がわかるよう図示し、設計経緯について説明。 （【資料1-2-3】 補足説明資料5）
10	地下水位の低減に寄与している地中連続壁、揚水ポンプ及びサブドレーンの位置づけ及び管理方法を提示すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	揚水ポンプ及びサブドレーンの位置付け等について説明。（【資料1-2-6】 p.5～10） なお、地中連続壁については効果を期待せずに地下水位を設定することとしている。（【資料1-2-3】 p.48）
11	地下水位の設定における3次元的な地下水の浸透流等の把握の必要性について検討し、その内容を提示すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	地下水位の設定において、設置許可段階で3次元浸透流解析を実施することを説明。 （【資料1-2-6】 p.2）
12	地下水位の設定について、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」における地下水位の設定との関係を整理した上で、設定の妥当性を提示すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」等、各条文への適合性確認における地下水位の設定方針を説明。 （【資料1-2-6】 p.2～3）
13	防潮堤直下の盛土・旧表土の3次元的な層厚変化に伴う不等沈下も踏まえて、想定される浸水経路について検討し、その内容を提示すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	【No.17, 18の方針変更に伴い不要となる項目】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、不等沈下に伴う浸水経路の発生が起らない設計とする。

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
14	鋼管杭（長杭）の変形が塑性域に達して残留変形が発生する場合においても津波防護機能が保持できることを、実証試験の実施等も踏まえて、提示すること。	H30.1.18	H30.3.20 ご説明済	【No.17, 18の方針変更に伴い不要となる項目】 改良地盤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、鋼管杭（長杭）の応答がおおむね弾性範囲に留まる設計とする。
15	NFシートについて、瞬時の沈下における挙動及び性状変化の確認のための実証試験の実施を検討し、その内容を提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【No.17, 18の方針変更に伴い不要となる項目】 改良地盤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、NFシートの機能に期待しない設計とする。 （【資料3-1-2】）
16	NFシートを施工した鋼管杭を含めた防潮堤の機構が不等沈下に対して追従性を有するかどうかについて、実証試験の実施を検討し、その内容を提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【No.17, 18の方針変更に伴い不要となる項目】 改良地盤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、NFシートの機能に期待しない設計とする。 （【資料3-1-2】）
17	盛土・旧表土を「地盤」とするのか「施設」とするのかを明確にし、統一した方針を提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【設計方針の変更】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することとし、盛土・旧表土及び改良地盤は地盤として取り扱うこととする。 （【資料3-1-2】）
18	盛土・旧表土について、地盤沈下に対する抜本的な対策の可能性について検討し、その内容を提示すること。	H30.1.18	H30.2.13 ご説明済	【設計方針の変更】 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することにより、沈下しない設計とする。 （【資料3-1-2】）
19	1月18日（第539回）及び1月30日（第542回）の「原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合」における原子力規制庁からの指摘事項について、方針変更を踏まえて対応の要否等を整理して提示すること。	H30.2.13	H30.3.20 ご説明済	指摘事項に対する対応状況について説明。 （【資料1-2-1】）
20	防潮堤の設計方針変更後の地盤改良の範囲について、防潮堤の構造成立性及び津波防護機能の保持の観点から、具体的に提示すること。	H30.2.13	H30.6.19 ご説明済	地盤改良範囲について説明。（【資料1-1-3】（2.地盤改良範囲設定の考え方） 設定した範囲での防潮堤の成立性について説明。（【資料1-1-3】（6.鋼管式鉛直壁（一般部）の成立性検討結果、7.盛土堤防の成立性検討結果）

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
21	既設施設（防潮堤）直下の地盤改良工事の妥当性及び成立性について提示すること。その際、以下の観点も含めること。 ・ 既設の改良地盤と一体となり、必要改良範囲及び強度が確保可能な工法であること ・ 防潮堤を含む周辺施設へ悪影響を及ぼさない工法であること ・ 改良地盤の品質確保方法（確認方法、確認時期）	H30. 2. 13	H30. 6. 19 ご説明済	地盤改良の施工事例を分析した結果と今後実施予定の地盤改良の特異性の有無について整理した結果を踏まえ、妥当性及び成立性について説明。 （【資料1-1-4】補足説明資料7.）
22	地盤改良の実施、液状化強度特性及び地下水位の設定について、例えば、防潮堤の下方を広範囲に地盤改良することによる地下水位への影響等、方針変更したことによる悪影響を検討し、その内容を提示すること。	H30. 2. 13	H30. 3. 20 ご説明済	想定される影響と対応方針について説明。 （【資料1-2-3】補足説明資料7 p. 179～180）
23	設置許可段階の設計方針として、液状化パラメータ及び地下水位の設定の基本方針を提示すること。その際、詳細設計段階で拡充予定のデータ及び設定方針についても併せて提示すること。また、設置許可段階における方針と詳細設計段階における方針の相違点及び相違する場合はそれぞれの方針について、整理して提示すること。	H30. 2. 13	H30. 3. 20 ご説明済	構造成立性評価の方針及び設置許可段階での提示内容を説明。また、詳細設計段階（工認）において、設置許可段階の設定を基本とすることを説明。 （【資料1-2-3】p. 98）
24	防潮堤の設計方針の変更について、目的、理由及び期待される効果を体系的に整理して提示すること。	H30. 2. 13	H30. 3. 20 ご説明済	設計方針を変更した目的・理由と期待される効果について説明。 （【資料1-2-3】補足説明資料8）
25	盛土堤防の法尻補強に関し、方針変更後における損傷モードの想定上の位置付けについて、現状における設置状況等の実態を踏まえた内容を具体的に提示すること。	H30. 2. 13	H30. 3. 20 ご説明済	盛土堤防の法尻補強について、方針変更後においても実施することを説明。 （【資料1-2-3】p. 88）
26	追加の地盤改良により生じる影響への対応方法について、設置許可段階及び工事計画認可段階のそれぞれにおいて提示可能な内容を提示すること。	H30. 3. 20	H30. 6. 19 ご説明済	地盤改良の施工上の課題について特異性の有無を整理し、設置許可段階及び工認段階における提示内容について説明。 （【資料1-1-4】補足説明資料7 p. 49）

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
27	地盤改良の施工事例を詳細に分析した上で、これらを踏まえた今後実施予定の地盤改良の特異性の有無を提示すること。	H30. 3. 20	H30. 6. 19 ご説明済	地盤改良の施工事例を分析した結果と、今後実施予定の地盤改良の特異性の有無について整理した結果を説明。 〔資料1-1-4〕補足説明資料7 p. 48)
28	解析用物性値の妥当性について提示すること。	H30. 3. 20	後日 回答予定	基礎地盤の安定性の審査において説明する。
29	置換コンクリート（MMR）の役割、機能、申請上の位置づけ、地震時の挙動等を整理して提示すること。	H30. 6. 19	H30. 11. 6 ご説明済	置換コンクリートの役割と要求性能を再整理し、すべり安定性の確保及び長杭・短杭の変形抑制という役割と内的安定（破壊領域が広範囲に連続しない）という要求性能を考慮し、地盤として位置づけることで整理して提示した。 〔資料2-1-2〕 p. 9～12, p. 54～73)
30	構造成立性検討結果について、鋼管杭の変形図、鋼製遮水壁の荷重分布図、応力図等、結果に関する図を加えて提示すること。	H30. 6. 19	H30. 11. 6 ご説明済	鋼管杭を含めた変形図、応力分布図等、結果に関する図を加えて構造成立性検討結果を提示した。なお、鋼製遮水壁については単純ばり若しくは片持ちばりで照査することを提示した。 〔資料2-1-3〕 p. 53～58, p. 35)
31	構造成立性評価について、現状の評価条件における裕度を明確にすること。また、物性値のばらつき、水平2方向及び鉛直方向の地震動の組合せ等を踏まえた構造成立性の確保方針について、詳細設計における具体的な見通しを提示すること。	H30. 6. 19	H30. 11. 6 ご説明済	現状の評価条件における裕度として、頂部はりを撤去した場合の裕度や津波荷重を精査した場合の裕度を定量的に示し、物性値のばらつきや水平2方向の地震動の組合せ等による荷重増分要因を踏まえても構造成立性が確保できる見込みであることを提示した。 〔資料2-1-3〕 p. 76～82)
32	構造成立性評価におけるMMRの評価結果について、応力分布及び局所的な引っ張り破壊の状態を示すとともに、MMRの粘性係数及び内部摩擦角の設定根拠を提示すること。	H30. 6. 19	H30. 11. 6 ご説明済	置換コンクリートの応力分布及び局所的な引っ張り破壊の状態を示し、局所安全係数がおおむね $f_s > 2.0$ であり、破壊領域が広範囲に連続しないことを示した。 〔資料2-1-3〕 p. 66～71) 置換コンクリートの粘性係数及び内部摩擦角の設定根拠について、根拠とした文献とその適用性について提示した。 〔資料2-1-2〕 p. 50)



女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
33	MMRと改良地盤または基礎地盤との境界面における密着性について、それを確保する方法及び密着性が確保されていることを確認する方法を提示すること。	H30. 6. 19	H30. 11. 6 ご説明済	置換コンクリートの施工において境界面における密着性を確保する方法として、支持層への着岩の確認方法及び孔底処理の実施及び水中不分離コンクリートの使用を行うことを提示した。 (【資料2-1-4】 p. 79～96) 解析においては、置換コンクリートと改良地盤、置換コンクリートと基礎地盤の境界面にはジョイント要素を設定し、剥離・すべりを考慮することを提示した。 また、置換コンクリートの透水係数を盛土・旧表土相当と仮定したり、置換コンクリートまで海水が滞水した状態を仮定しても敷地に津波が浸水しないことを確認したことを提示した。 (【資料2-1-3】 p. 26, 44, 83～86)
34	防潮堤の各構成部位を施設と地盤に区分する考え方について、防潮堤を斜面上に設置していることなどの特異性も踏まえて提示すること。また、施設と地盤に期待する止水機能について、遮水性及び透水性の観点を踏まえた考え方を提示すること。	H30. 11. 6	本日 ご説明	防潮堤の各構成部位を施設と地盤に区分する考え方について、防潮堤を斜面上に設置していることから、津波荷重を置換コンクリート等を介して岩盤に伝達する役割や、地震時に海側への変形が卓越することも踏まえて各部位の役割を再整理して記載した。 再整理した役割を踏まえ、遮水性の役割をもつ背面補強工と、コンクリート強度によりすべり安定性を確保する役割をもつ置換コンクリートについては施設として区分することを記載した。 (【資料1-2】 p. 8～10, 13～15)

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会 合 日	対応状況	回 答
35	防潮堤の周囲に存在している地震時及び津波時に役割を期待しない盛土・旧表土等について、設計上の取扱い及びこれらが防潮堤に与える影響確認の検討方針を提示すること。	H30.11.6	本 日 ご 説 明	<p>盛土・旧表土については、その形状を適切にモデル化し、試験等で得られた物性値に基づく有効応力解析により挙動を評価することを基本とするが、変形・損傷によって施設の評価に影響する可能性を考慮して、必要に応じて断面形状等を変化させた検討を行うことを記載した。</p> <p>鋼管式鉛直壁（一般部）海側の盛土斜面については、液状化に伴う流動で斜面形状が変化し、荷重伝達経路や津波波圧に影響する可能性があることから、盛土斜面が変状した場合の施設への影響の程度を検討するため、盛土斜面が無い場合の影響を評価することを記載した。</p> <p>また、盛土堤防の海側のセメント改良土については、堤体本体部分と一体的に構築しており、津波荷重も全体で受けることから、海側の道路部分も含めたセメント改良土全体を施設として評価することを記載した。</p> <p>（【資料1-2】 p. 98, 13）</p>
36	防潮堤（鋼管式鉛直壁（一般部））の健全性・変形抑制に係る許容限界を「破壊領域が広範囲に連続しない」としていることについて、施設と地盤それぞれの役割を踏まえ、「広範囲」の程度を目標性能の観点で具体的に整理し提示すること。	H30.11.6	本 日 ご 説 明	<p>鋼管式鉛直壁（一般部）の健全性・変形抑制に係る許容限界について、各部位の持つ、すべり安定性確保、変形抑制及び止水性（遮水性、難透水性）という役割を踏まえ、すべり破壊しないこと（内的安定保持）を確認するため、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用して「すべり安全率<math>&gt; 1.2</math>」を確認することを記載した。</p> <p>特に、施設である背面補強工と置換コンクリートについては、目標性能の観点から、破壊領域が生じた場合に破壊の進展を考慮できる解析（非線形解析等）を行うことを記載した。</p> <p>（【資料1-2】 p. 11）</p>

女川原子力発電所2号炉 指摘事項に対する回答一覧表  
(防潮堤の設計方針)

No	項目	審査 会合日	対応状況	回答
37	防潮堤に対し厳しい損傷モードを想定しても、現状の解析結果から構造成立性が確保される見通しであることを説明すること。また、防潮堤下部の地盤改良による地下水位の変動等の今後の荷重増分要因を踏まえた裕度低下への対応方針を提示すること。	H30. 11. 6	本 日 ご 説 明	<p>鋼管式鉛直壁（一般部）について、鋼管杭の曲げ圧縮、せん断照査の最小安全率時刻において評価していること、異種材料間での肌離れ・水みちとなる可能性など、応力状態や剥離状態を仮定しても構造成立性（止水性）が確保されることを記載した。            (【資料1-3】 p. 53～58, 68, 71, 74)</p> <p>また、地下水位の変動等の今後の荷重増分要因を踏まえた裕度低下に対して、置換コンクリート幅の拡大、背面補強工のかさ上げという裕度向上対策を示し、構造成立性が確保できることを記載した。            (【資料1-3】 p. 89～90)</p>
38	2次元FEM有効応力解析結果の変形図について、どの時点の変形図かを明示するとともに生じている現象についての考察を提示すること。	H30. 11. 6	本 日 ご 説 明	<p>変形図について、地震時及び津波＋余震重畳時においては鋼管杭の曲げ圧縮及びせん断照査の最小安全率時刻であること（津波時は時刻の概念なし）と各変形図においてどのような現象が生じているかを記載した。            (【資料1-3】 p. 53, 55, 57)</p>
39	液状化影響を考慮した設計を含め、地盤のばらつきの考慮に係る検討方針を提示すること。	H30. 11. 6	本 日 ご 説 明	<p>詳細設計段階における液状化影響の考慮及び地盤のばらつきの考慮に係る検討ケースを記載した。            (【資料1-2】 p. 101)</p>