

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-01-0066_改3
提出年月日	2021年7月14日

女川原子力発電所第2号機 土木構造物の耐震評価手法一覧

目 次

1.	屋外重要土木構造物及び重大事故等対処施設	1-1
2.	津波防護施設	2-1
3.	地下水位低下設備	3-1

: 本日の説明範囲

土木構造物の耐震評価手法一覧

1. 屋外重要土木構造物及び重大事故等対処施設

1.1 線状構造物

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
軽油タンク 連絡ダクト	支持機能	全応力解析	—	限界層間変形角（断面保持） ^{*1} ・層間変形角：1/100	せん断耐力	—	全時刻照査	
		非線形はり要素 （ファイバー要素）	—	限界ひずみ（部材降伏相当） ^{*2} ・コンクリートの 圧縮ひずみ：2000 μ ・主筋ひずみ：1725 μ				
排気筒連絡 ダクト	支持機能	全応力解析	—	限界層間変形角（断面保持） ^{*1} ・層間変形角：1/100	せん断耐力	—	全時刻照査	解析手法 選定を踏 まえ、全 応力解析 及び有効 応力解析 を 実施
		非線形はり要素 （ファイバー要素）	—	限界ひずみ（部材降伏相当） ^{*2} ・コンクリートの 圧縮ひずみ：2000 μ ・主筋ひずみ：1725 μ				
		有効応力解析	—	限界層間変形角（断面保持） ^{*1} ・層間変形角：1/100	せん断耐力	—	全時刻照査	
		非線形はり要素 （M- ϕ モデル）	—	曲げモーメント（部材降伏相当） ^{*2} ・降伏曲げモーメント				
岩盤部	支持機能	全応力解析	—	短期許容応力度 ^{*1, 2} ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容引張応力度	短期許容応力度 ・許容せん断 応力度	—	全時刻照査	
		線形はり要素	—					
原子炉機器 冷却海水配管 ダクト （水平部）	支持機能	全応力解析	—	限界層間変形角（断面保持） ^{*1} ・層間変形角：1/100	せん断耐力	—	全時刻照査	
		非線形はり要素 （M- ϕ モデル）	—	曲げモーメント（部材降伏相当） ^{*2} ・降伏曲げモーメント				

注記*1：構造強度を有することの確認における許容限界

*2：支持機能を損なわないことの確認の確認における許容限界

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
原子炉機器 冷却海水配管 ダクト (鉛直部)	止水機能 支持機能	全応力解析	二次元静的構造解析	断面① 短期許容応力度 ^{*1, 2, 3} ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容引張応力度	断面① 短期許容応力度 ・許容せん断 応力度	—	断面ごとに基準地震 動 S s による荷重 (地震時土圧及び慣 性力等) の最大値を 作用させて照査	
		・NS 方向 平面応力要素 (海 水ポンプ室と等価 な重量及び剛性) ・EW 方向 (海水ポン プ室断面) 線形はり要素及び 平面応力要素 (等 価剛性モデル)	・断面① 面部材 (線形シェル要 素) ・断面②～⑤ 壁部材 (ファイバー要 素)	断面②～⑤ 限界ひずみ (断面保持) ^{*1} ・コンクリートの 圧縮ひずみ: 10000 μ 限界ひずみ (部材降伏相当) ^{*2} ・コンクリートの 圧縮ひずみ: 2000 μ ・主筋ひずみ: 1725 μ	断面②～⑤ せん断耐力			
取水路 (漸拡部)	通水機能 貯水機能	全応力解析	—	限界層間変形角 (断面保持) ^{*1} ・層間変形角: 1/100	せん断耐力	—	全時刻照査	
		非線形はり要素 (M-φモデル)	—	曲げモーメント (部材降伏相当) ^{*1} ・降伏曲げモーメント				

注記*1: 構造強度を有することの確認における許容限界

*2: 支持機能を損なわないことの確認における許容限界

*3: 止水機能を損なわないことの確認における許容限界

*4: 通水機能を有することの確認における許容限界

*5: 貯水機能を損なわないことの確認における許容限界

1.2 箱形構造物

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻 ^{*2}	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化 ^{*1}	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
軽油タンク室	支持機能	全応力解析	三次元静的材料非線形解析	限界ひずみ (断面保持) ^{*3} ・コンクリートの 圧縮ひずみ：10000 μ	せん断耐力	2000 μ	合計3時刻選定 ・頂底板間の層間変位 最大時刻 ・総水平荷重最大時刻 ・面部材の層間変位最大時刻	
		線形はり要素及び 平面応力要素 (等価剛性モデル)	非線形シェル要素	限界ひずみ (部材降伏相当) ^{*4} ・コンクリートの 圧縮ひずみ：2000 μ ・主筋ひずみ：1725 μ				
軽油タンク室 (H)	支持機能	全応力解析	三次元静的線形解析	短期許容応力度 ^{*3, 4} ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容引張応力度	短期許容 せん断力	曲げ・軸力系の 破壊に対 する照査に 含まれる。	合計3時刻選定 ・頂底板間の層間変位 最大時刻 ・総水平荷重最大時刻 ・面部材の層間変位最大時刻	
		線形はり要素及び 平面応力要素 (等価剛性モデル)	線形シェル要素					

注記*1：貯水機能又は止水機能が要求される海水取水設備はソリッド要素でモデル化し、それ以外の構造物はシェル要素でモデル化する。

*2：損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定

*3：構造強度を有することの確認における許容限界

*4：支持機能を損なわないことの確認における許容限界

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻 ^{*2}	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化 ^{*1}	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
海水ポンプ室	通水機能 貯水機能 止水機能 支持機能	全応力解析	三次元静的 材料非線形解析	限界ひずみ（断面保持） ^{*4, 5} ・コンクリートの 圧縮ひずみ：10000 μ	せん断耐力	2000 μ 及び 第1折れ点 (γ_1) ^{*3}	合計 27 時刻選定 ・層間変位最大時刻× 2 部材 [*] ・転倒モーメント最大 時刻×2 部材 [*] ・総水平荷重最大時刻 [*] ・水平荷重最大時刻× 4 部材 [*] ※：スクリーンエリ ア、補機ポンプエ リア及び循環水ポ ンプエリアでそれ ぞれ選定	
		線形はり要素及び 平面応力要素 (等価剛性モデル)	非線形ソリッド要素	限界ひずみ（部材降伏相当） ^{*6, 7, 8} ・コンクリートの 圧縮ひずみ：2000 μ ・主筋ひずみ：1725 μ				

注記*1：貯水機能又は止水機能が要求される海水取水設備はソリッド要素でモデル化し、それ以外の構造物はシェル要素でモデル化する。

*2：損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定

*3：貯水機能及び止水機能における許容限界として設定する。

耐震壁のトリリニア・スケルトンカーブ（ τ - γ 関係）において、第1折れ点（ γ_1 ）を超過する場合は、漏水量評価を実施する。

*4：構造強度を有することの確認における許容限界

*5：通水機能を有することの確認における許容限界

*6：支持機能を損なわないことの確認における許容限界

*7：止水機能を損なわないことの確認における許容限界

*8：貯水機能を損なわないことの確認における許容限界

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻 ^{*2}	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化 ^{*1}	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
取水口, 貯留堰	通水機能 貯水機能 支持機能	全応力解析	三次元静的 材料非線形解析	限界ひずみ (断面保持) ^{*3, 4} ・コンクリートの 圧縮ひずみ: 10000 μ	せん断耐力	2000 μ	合計 5 時刻選定 ・頂底板間の層間変位最大時刻 [*] ・総水平荷重最大時刻 [*] ・面部材の層間変位最大時刻 ※: 標準部・漸縮部でそれぞれ選定	解析手法選定を踏まえ, 有効応力解析については, 追加解析実施中
		線形はり要素及び 平面応力要素 (等価剛性モデル)						
		有効応力解析	非線形ソリッド要素	限界ひずみ (部材降伏相当) ^{*5, 6, 7} ・コンクリートの 圧縮ひずみ: 2000 μ ・主筋ひずみ: 1725 μ				
		線形はり要素及び 平面ひずみ要素 (等価剛性モデル)						
取水路 (標準部)	通水機能 貯水機能	全応力解析	三次元静的 材料非線形解析	限界ひずみ (断面保持) ^{*3, 4} ・コンクリートの 圧縮ひずみ: 10000 μ	せん断耐力	-	合計 3 時刻選定 [*] ・頂底板間の層間変位最大時刻 ・総水平荷重最大時刻 ・各断面間 (剛性変化部) の 相対変位最大時刻 ※: 各断面で照査時刻を選定し, 抽出された地震時荷重を複数の載荷ケースを考慮して, 三次元構造解析モデルに同時に作用させる。	解析手法選定を踏まえ, 全応力及び有効応力解析については, 追加解析実施中
		非線形はり要素 (M- ϕ モデル)						
		有効応力解析	非線形ソリッド要素	限界ひずみ (部材降伏相当) ^{*6, 7} ・コンクリートの 圧縮ひずみ: 2000 μ ・主筋ひずみ: 1725 μ				
		非線形はり要素 (M- ϕ モデル)						

注記*1: 貯水機能又は止水機能が要求される海水取水設備はソリッド要素でモデル化し, それ以外の構造物はシェル要素でモデル化する。

*2: 損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定

*3: 構造強度を有することの確認における許容限界

*4: 通水機能を有することの確認における許容限界

*5: 支持機能を損なわないことの確認における許容限界

*6: 貯水機能を損なわないことの確認における許容限界

*7: 止水機能を損なわないことの確認における許容限界

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻*2	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化*1	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
復水貯蔵 タンク基礎	支持機能	全応力解析	三次元静的 材料非線形解析	限界ひずみ（断面保持）*3 ・コンクリートの 圧縮ひずみ：10000 μ 限界ひずみ（部材降伏相当）*4 ・コンクリートの 圧縮ひずみ：2000 μ ・主筋ひずみ：1725 μ	せん断耐力	2000 μ	合計 11 時刻選定 ・転倒モーメント最大 時刻×2 部材 ・層間変位最大時刻× 5 部材 ・総水平荷重最大時 刻×4 部材 ※：しゃへい壁，バル ブ室及び連絡ダク トでそれぞれ選定	
			非線形シェル要素					
基礎版	支持機能	質点及び 線形はり要素	三次元静的 線形解析	短期許容応力度*3, 4 ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容引張応力度	短期許容応力度 ・許容せん断 応力度	-	合計 4 時刻選定 ・総転倒モーメント最 大時刻 ・各上部構造下端位置 での曲げモーメント 最大時刻 ・地盤反力の合計値最 大時刻 ・最大地盤反力発生時 刻	
			線形シェル要素					
ガスタービン 発電設備軽油 タンク室	支持機能	全応力解析	三次元静的線形解析	短期許容応力度*3, 4 ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容引張応力度	短期許容 せん断力	曲げ・軸力 系の破壊に 対する照査 に含まれる	合計 3 時刻選定 ・頂底板間の層間変位 最大時刻 ・総水平荷重最大時刻 ・面部材の層間変位最 大時刻	解析手法 選定を踏 まえ、有効 応力解析 について は、追加解 析実施中
		線形はり要素及び 平面応力要素 (等価剛性モデル)						
		有効応力解析	線形シェル要素					
		線形はり要素及び 平面ひずみ要素 (等価剛性モデル)						

注記*1：貯水機能又は止水機能が要求される海水取水設備はソリッド要素でモデル化し、それ以外の構造物はシェル要素でモデル化する。

*2：損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定

*3：構造強度を有することの確認における許容限界

*4：支持機能を損なわないことの確認における許容限界

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻*2	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化*1	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
第3号機 海水ポンプ室	止水機能 支持機能	全応力解析	三次元静的 材料非線形解析	限界ひずみ（断面保持）*3 ・コンクリートの 圧縮ひずみ：10000 μ	せん断耐力	2000 μ 及び 第1折れ点 (γ_1)*6	合計18時刻選定 ・層間変位最大時刻 ×2部材* ・転倒モーメント最大時刻×2部材* ・総水平荷重最大時刻* ・水平荷重最大時刻 ×4部材* ※：スクリーンエリア及び循環水ポンプエリアでそれぞれ選定	解析手法選定を踏まえ、有効応力解析については、追加解析実施中
		線形はり要素及び平面応力要素（等価剛性モデル）						
		有効応力解析	非線形ソリッド要素	限界ひずみ（部材降伏相当）*4,5 ・コンクリートの 圧縮ひずみ：2000 μ ・主筋ひずみ：1725 μ				
		線形はり要素及び平面ひずみ要素（等価剛性モデル）						

注記*1：貯水機能又は止水機能が要求される海水取水設備はソリッド要素でモデル化し、それ以外の構造物はシェル要素でモデル化する。

*2：損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定

*3：構造強度を有することの確認における許容限界

*4：支持機能を損なわないことの確認における許容限界

*5：止水機能を損なわないことの確認における許容限界

*6：貯水機能及び止水機能における許容限界として設定する。

耐震壁のトリリニア・スケルトンカーブ（ τ - γ 関係）において、第1折れ点（ γ_1 ）を超過する場合は、漏水量評価を実施する。

2. 津波防護施設

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化	曲げ・軸力	せん断	その他		
防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	止水機能	一般部 (断面①～ 断面④)	有効応力解析	—	短期許容応力度 ・許容曲げ圧縮応力度 (鋼管杭, 鋼製遮水壁, 漂流物防護工)	短期許容応力度 ・許容せん断応力度 (鋼管杭, 鋼製遮水 壁, 漂流物防護工)	・すべり安全率 (置換コンクリ ート, 背面補 強工)	・全時刻照査 (鋼管杭, 置換コンクリート, 背 面補強工) ・基準地震動 S s による最大荷 重(地震時慣性力)の包絡値を 作用させて照査 (鋼製遮水壁, 漂流物防護工)
		線形はり要素 (鋼管杭) 線形平面ひずみ要素 (置換コンクリート, 背面補強工)	—					
	止水機能	岩盤部 (断面⑤～ 断面⑥)	全応力解析	—	短期許容応力度 ・許容曲げ圧縮応力度 (鋼管杭, 鋼製遮水壁, 漂流物防護工)	短期許容応力度 ・許容せん断応力度 (鋼管杭, 鋼製遮水 壁, 漂流物防護工)	・すべり安全率 (背面補強工)	・全時刻照査 (鋼管杭, 背面補強工) ・基準地震動 S s による最大荷 重(地震時慣性力)の包絡値を 作用させて照査 (鋼製遮水壁, 漂流物防護工)
		線形はり要素 (鋼管杭) 線形平面ひずみ要素 (背面補強工)	—					
	止水機能	岩盤部のう ち RC 壁部 (断面⑦)	質点系モデル (全応力解析)	—	短期許容応力度 ・許容曲げ圧縮応力度 (鋼管杭, RC 遮水壁)	短期許容応力度 ・許容せん断応力度 (鋼管杭, RC 遮水 壁)	—	全時刻照査
			質点及び 線形はり要素	—				
防潮堤 (盛土堤防)	止水機能 支持機能	有効応力解析	—	—	—	・すべり安全率 (置換コンクリ ート, セメント 改良土)	全時刻照査	
		線形平面ひずみ要素 (置換コンクリート) 非線形平面ひずみ要素 (セメント改良土)	—					

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁 (鋼板)	止水機能支持機能*	質点系モデル (全応力解析)	—	<ul style="list-style-type: none"> 許容曲げ圧縮応力度・引張応力度 (鋼板, 鋼製支柱, フーチング, 固定ボルト) 降伏曲げモーメント (鋼管杭) 	<ul style="list-style-type: none"> 許容せん断応力度 (鋼板, 鋼製支柱) せん断耐力・せん断強度 (フーチング, 鋼管杭) 	—	全時刻照査	
		質点及び線形はり要素	—					
杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁 (鋼桁)	止水機能	質点系モデル (全応力解析)	3次元フレーム解析 (鋼桁部のみ)	<ul style="list-style-type: none"> 許容曲げ圧縮応力度・引張応力度 (鋼桁, RC支柱, フーチング) 降伏曲げモーメント (鋼管杭, 場所打ちコンクリート) 	<ul style="list-style-type: none"> 許容せん断応力度 (鋼桁) せん断耐力・せん断強度 (RC支柱, フーチング, 鋼管杭, 場所打ちコンクリート) 	—	全時刻照査	
		質点及び線形はり要素	線形はり要素					
杭基礎構造防潮壁 鋼製扉	止水機能	質点系モデル (全応力解析)	3次元フレーム解析 (扉体部のみ)	<ul style="list-style-type: none"> 許容曲げ圧縮応力度・引張応力度 (扉体, RC支柱, フーチング) 降伏曲げモーメント (鋼管杭) 	<ul style="list-style-type: none"> 許容せん断応力度 (扉体) せん断耐力・せん断強度 (RC支柱, フーチング, 鋼管杭) 	—	全時刻照査	
		質点及び線形はり要素	線形はり要素					

注記* : 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (フーチング部)

構造物名称	要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻	備考
		構造物のモデル化	構造物のモデル化	曲げ・軸力	せん断	面内せん断		
取放水路流路 縮小工（第1 号機取水路）	止水機能	全応力解析 （等価線形解析）	—	・引張強度	・せん断強度	—	全時刻照査	
		平面ひずみ要素	—					
取放水路流路 縮小工（第1 号機放水路）	止水機能	全応力解析 （等価線形解析）	—	・引張強度	・せん断強度	—	全時刻照査	
		平面ひずみ要素	—					

3. 地下水位低下設備

構造物名称		要求機能	地震応答解析	構造解析	許容限界			照査時刻	備考
			構造物のモデル化	構造物のモデル化	曲げ・軸力	せん断	その他		
地下水位低下設備	ドレーン	鋼管	集水機能	全応力解析	-	短期許容応力	-	-	全時刻照査
				線形はり要素 (鋼管) 平面ひずみ要素 (地盤)					
		ヒューム管	全応力解析	2次元 フレーム解析	ひび割れ保証モーメント	-	-		
			-	線形はり要素					
	接続柵	頂版 側壁 底版	集水機能	全応力解析	版解析	短期許容応力 ・許容曲げ応力度 (コンクリート, 鉄筋)	短期許容応力 ・許容せん断応力度 (コンクリート, 鉄筋)	-	全時刻照査
	揚水井戸	排水シャフト	支持・ 閉塞防止 機能	・全応力解析 ・有効応力解析	2次元静的 フレーム解析 (周方向)	短期許容応力 ・許容引張応力度および許 容曲げ圧縮応力度 (鋼管)	短期許容応力 ・許容せん断応力度 (鋼管)	-	全時刻照査
				線形はり要素 (シャフト) 平面ひずみ要素 (地盤)					
		集水ピット		・全応力解析 ・有効応力解析	2次元静的 フレーム解析 (周方向)	短期許容応力 ・許容曲げ圧縮応力度 (コンクリート) ・許容引張応力度 (鉄筋)	短期許容応力 ・許容せん断応力度 (コンクリート)		
				線形はり要素 (ピット) 平面ひずみ要素 (地盤)					
		接合部		・全応力解析 ・有効応力解析	版解析 (フランジプレート)	短期許容応力 ・許容引張応力度 (アンカーボルト) ・許容曲げ応力度 (ベースプレート, フラン ジプレート)	短期許容応力 ・許容せん断応力度 (アンカーボルト, リブ プレート)		
線形はり要素 (シャフト) 平面ひずみ要素 (地盤)									