

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-補-E-19-0600-35_改2
提出年月日	2021年10月8日

02-補-E-19-0600-35\_改1（2021年9月8日提出）からの記載  
適正化箇所のみ抜粋


補足-600-35【北側排水路の耐震性についての

計算書に関する補足説明資料】

## 目 次

1.	評価方法	1
2.	評価条件	2
2.1	評価対象断面の方向	2
2.2	評価対象断面の選定	4
2.3	使用材料及び材料の物性値	8
2.4	地盤の物性値	9
2.5	評価構造の諸元	14
2.6	地下水位	15
2.7	耐震評価フロー	16
2.8	適用規格	17
3.	地震応答解析	18
3.1	地震応答解析手法	18
3.2	地震応答解析モデルの設定	21
3.2.1	解析モデル領域	21
3.2.2	境界条件	22
3.2.3	構造物のモデル化	24
3.2.4	隣接構造物のモデル化	24
3.2.5	ジョイント要素の設定	25
3.3	減衰定数	27
3.4	荷重の組合せ	29
3.4.1	外水圧	30
3.4.2	積載荷重	30
3.5	地震応答解析の解析ケース	31
3.5.1	耐震評価における解析ケース	31
4.	評価条件	36
4.1	入力地震動の設定	36
4.2	許容限界の設定	51
4.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	51
4.2.2	せん断破壊に対する許容限界	52
4.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	52
5.	評価結果	53
5.1	地震応答解析結果	53
5.1.1	解析ケースと照査値	53
5.1.2	断面力分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	67
5.1.3	断面力分布（せん断破壊に対する照査）	70
5.1.4	最大せん断ひずみ分布	72
5.2	構造部材の健全性に対する評価結果	74

5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	74
5.2.1	せん断破壊に対する評価結果	81
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	84
6.	まとめ	86

 : 記載適正化範囲

## 2.8 適用規格

北側排水路の耐震評価に当たっては、土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (以下「コンクリート標準示方書」という。), 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 6 0 1 -1987) を適用する。

表 2-9 に適用する規格, 基準等を示す。

表 2-9 適用する規格, 基準類

項目	適用する規格, 基準類	備考
使用材料及び材料の物性値	・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]	・鉄筋の材料諸元 ( $\gamma$ , E, $\nu$ ) ・コンクリートの材料諸元 ( $\gamma$ , E, $\nu$ )
荷重及び荷重の組合せ	・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]	・永久荷重, 偶発荷重等の適切な組合せを検討
許容限界	・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]	・曲げ・軸力系の破壊に対する照査は, 発生応力が短期許容応力度を下回ることを確認 ・せん断に対する照査は, 発生せん断力が短期許容せん断力を下回ることを確認
地震応答解析	・原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 6 0 1 -1987)	・有限要素法による二次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

注記\* : 妥当な安全余裕を考慮する。

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 地震応答解析手法

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととし、解析手法については、補足-610-20「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」の「資料1 4.3 解析手法選定の方針」に基づき設定する。解析手法の選定フローを図 3-1 に示す。

北側排水路は、防潮堤（盛土堤防）内部を横断していることから、構造物の周囲にはセメント改良土が分布する。その外側には、岩盤、改良地盤及び防潮堤（鋼管式鉛直壁）の背面補強工が分布しており、周囲には液状化検討対象層は分布していない。

以上のことから、全応力解析により耐震評価を行う。

構造部材については、線形はり要素を用いる。

地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤（D級岩盤以外）は線形でモデル化する。盛土、旧表土、改良地盤及びD級岩盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデルを用いて非線形性を考慮する。

地震応答解析については、北側排水路の周辺の地下水位以深に液状化検討対象層が存在しないことから、液状化による影響を考慮する必要はない。解析コードについては、上位クラスである防潮堤（盛土堤防）と同様の解析コードである「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。

また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 3-2 に示す。

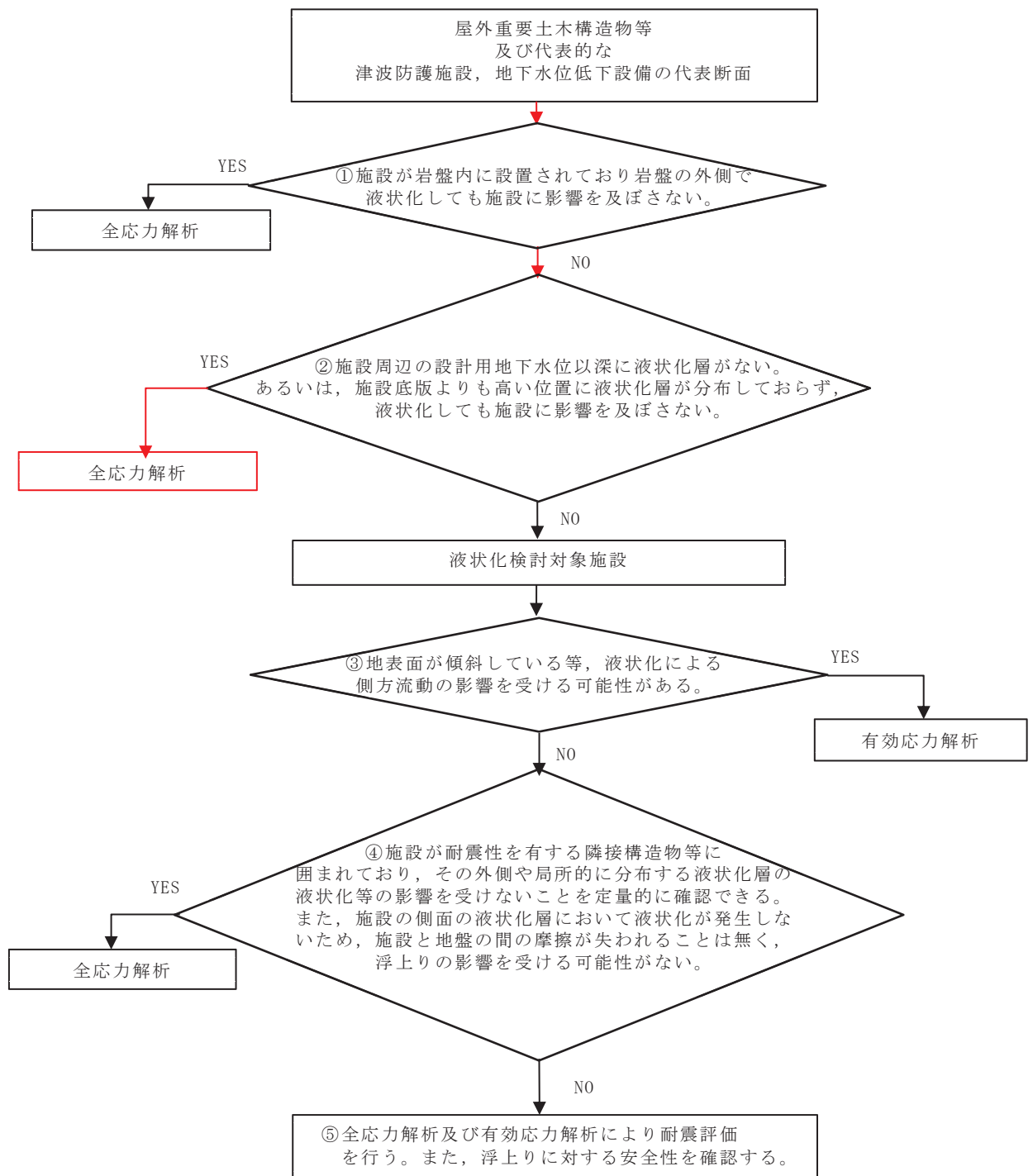


図 3-1 解析手法の選定フロー

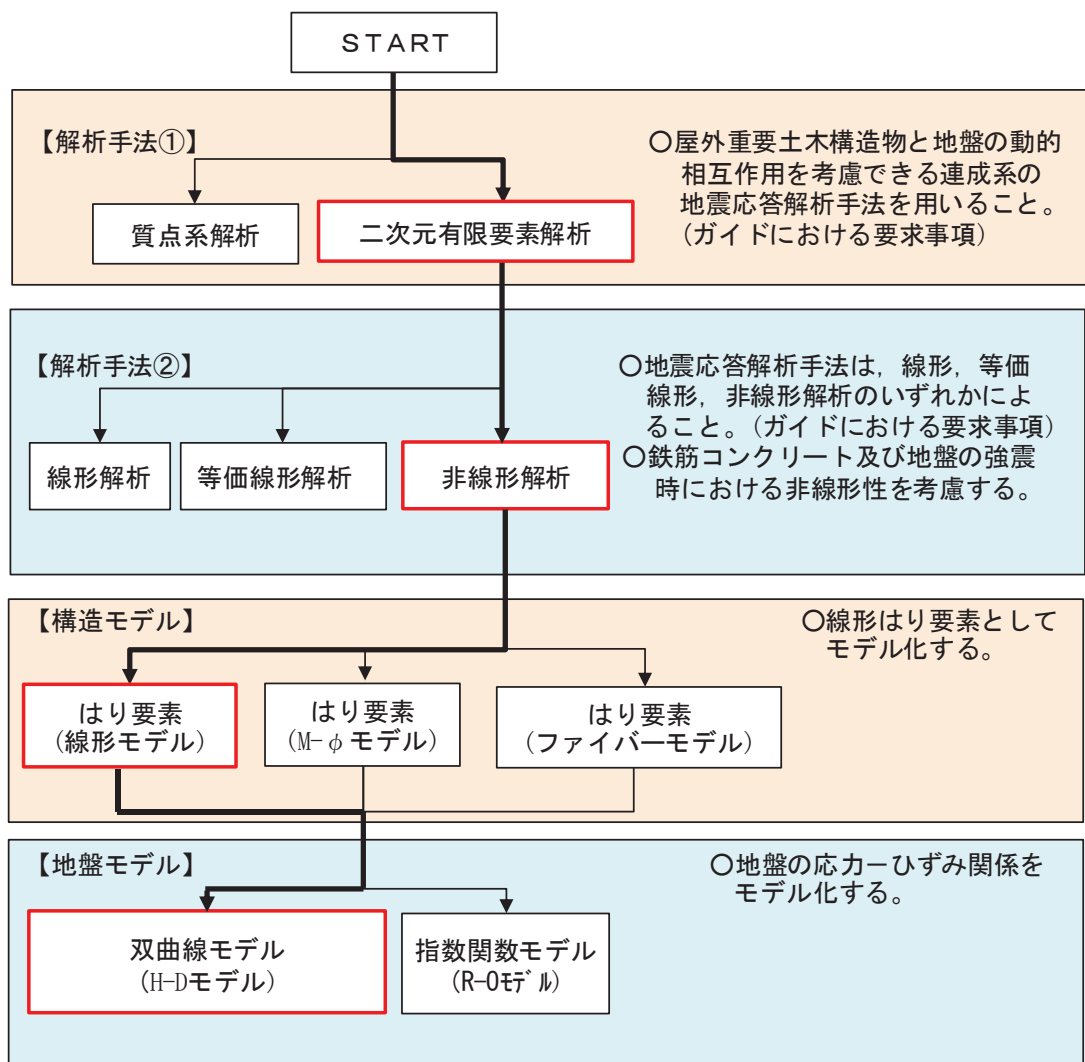


図 3-2 地震応答解析手法の選定フロー

### 3.2 地震応答解析モデルの設定

#### 3.2.1 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 6 0 1 - 1987）を参考に、図 3-3 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍程度以上、モデル高さを構造物基礎幅の 2 倍程度以上とする。

なお、解析モデルの境界条件は、側面および底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、波動をなめらかに表現するために、対象とする波長の 5 分の 1 程度を考慮し、要素高さを 1m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、土木学会マニュアルに従い、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度まで細分割して設定する。

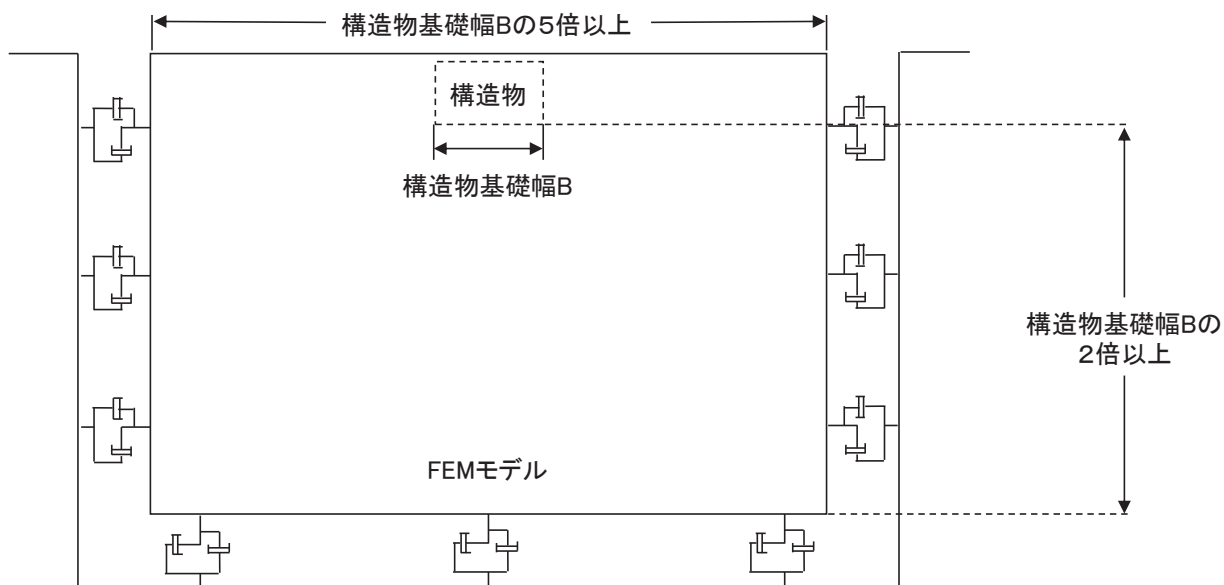


図 3-3 モデル化範囲の考え方

二次元地震応答解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地質構成を有する二次元地盤モデルである。二次元地震応答解析における自由地盤の常時応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 3-4 に示す。



## 4.2 許容限界の設定

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

### 4.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度を限界値とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	f' <sub>ck</sub> = 40.0 (N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 σ' <sub>ca</sub>	14.0
許容せん断応力度 τ <sub>a1</sub>		0.55	0.825

注記\*：土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

表 4-2 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	SD345	許容引張応力度 σ <sub>sa</sub>	196
SD390	許容引張応力度 σ <sub>sa</sub>	206	309

注記\*：土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。