

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-19-0600-33_改2
提出年月日	2021年10月8日

02-補-E-19-0600-33\_改1 (2021年9月8日) からの記載適正化箇所のみ抜粋

補足-600-33【第1号機取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	8
2.3	使用材料及び材料の物性値	11
2.4	地盤の物性値	12
2.5	評価構造物の諸元	18
2.6	地下水位	19
2.7	耐震評価フロー	20
2.8	適用規格	21
3.	地震応答解析	22
3.1	地震応答解析手法	22
3.2	地震応答解析モデルの設定	25
3.2.1	解析モデル領域	25
3.2.2	境界条件	26
3.2.3	構造物のモデル化	29
3.2.4	隣接構造物のモデル化	30
3.2.5	ジョイント要素の設定	30
3.2.6	材料物性の設定	34
3.3	減衰定数	36
3.4	荷重の組合せ	37
3.4.1	外水圧	38
3.4.2	内水圧	38
3.4.3	積載荷重	39
3.5	地震応答解析の解析ケース	41
3.5.1	耐震評価における解析ケース	41
4.	評価条件	49
4.1	入力地震動の設定	49
4.1.1	A-A 断面	50
4.1.2	B-B 断面	64
4.2	許容限界の設定	78
4.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	78
4.2.2	せん断破壊に対する許容限界	80
4.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	87
5.	評価結果	88

5.1	地震応答解析結果	88
5.1.1	解析ケースと照査値	88
5.1.2	層間変形角時刻歴波形（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	110
5.1.3	断面力分布（せん断破壊に対する照査）	112
5.1.4	最大せん断ひずみ分布	117
5.1.5	過剰間隙水圧比分布	121
5.2	構造部材の健全性に対する評価結果	125
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	125
5.2.2	せん断破壊に対する評価結果	138
5.3	基礎地盤の支持性能に対する支持力評価	148
6.	まとめ	153

 : 記載適正化範囲

## 2.8 適用規格

第 1 号機取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 4 6 0 1 -1987）を適用するが、鉄筋コンクリート部材の曲げ及びせん断の許容限界の一部については、土木学会 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアルを適用する。

表 2-10 に適用する規格，基準等を示す。

表 2-10 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 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル	・曲げ・軸力系の破壊に対する照査は，限界層間変形角を設定した上で，発生層間変形角が限界層間変形角を下回ることを確認* ・せん断に対する照査は，発生せん断力がせん断耐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 4 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。

第1号機取水路は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）内部を横断していることから、防潮堤と同様の有効応力解析により耐震評価を行う。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形特性については、鉄筋コンクリートの  $M-\phi$  関係を適切にモデル化する。

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、セメント改良土及び 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（H-D 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、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、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。

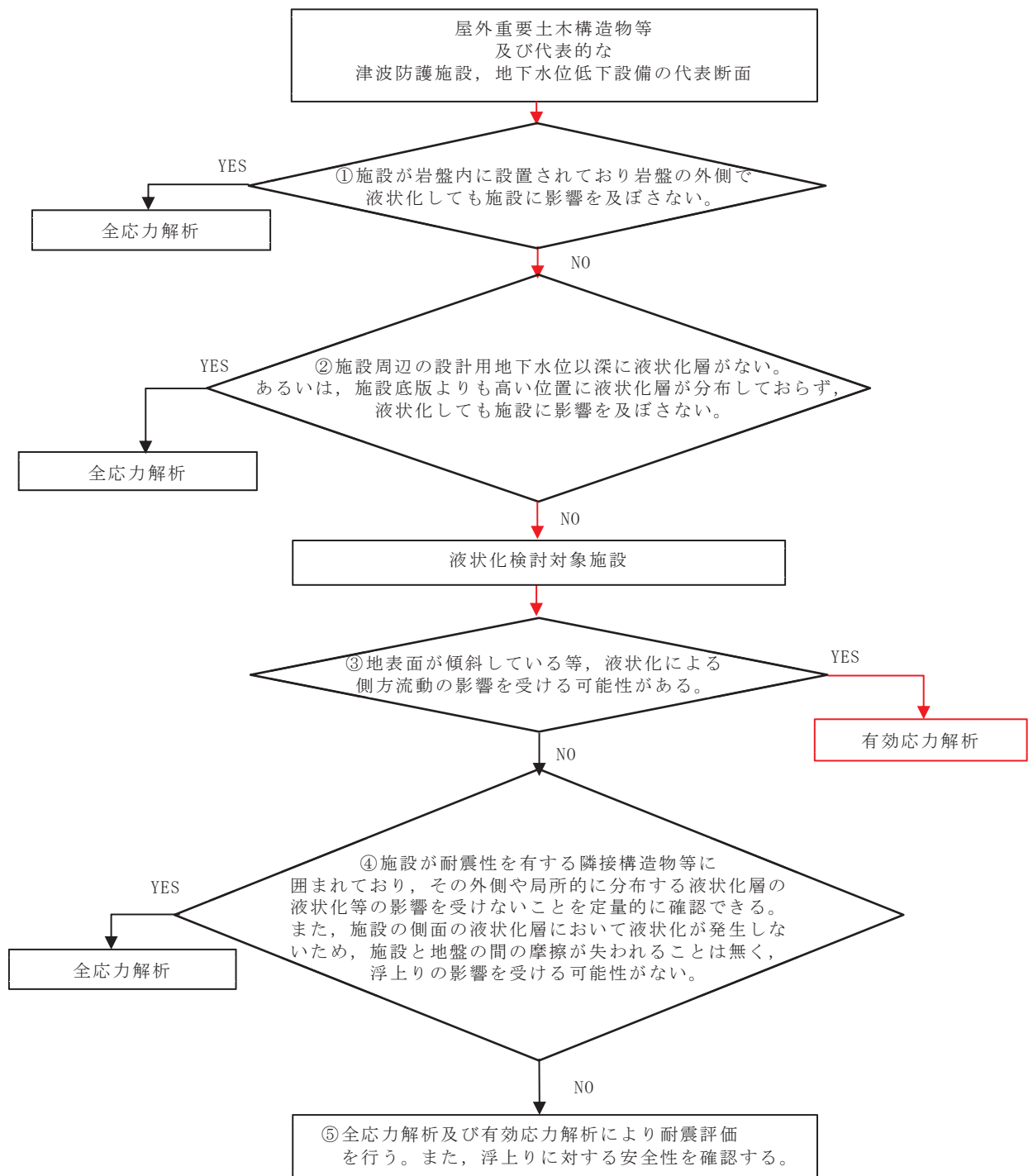


図 3-1 解析手法の選定フロー

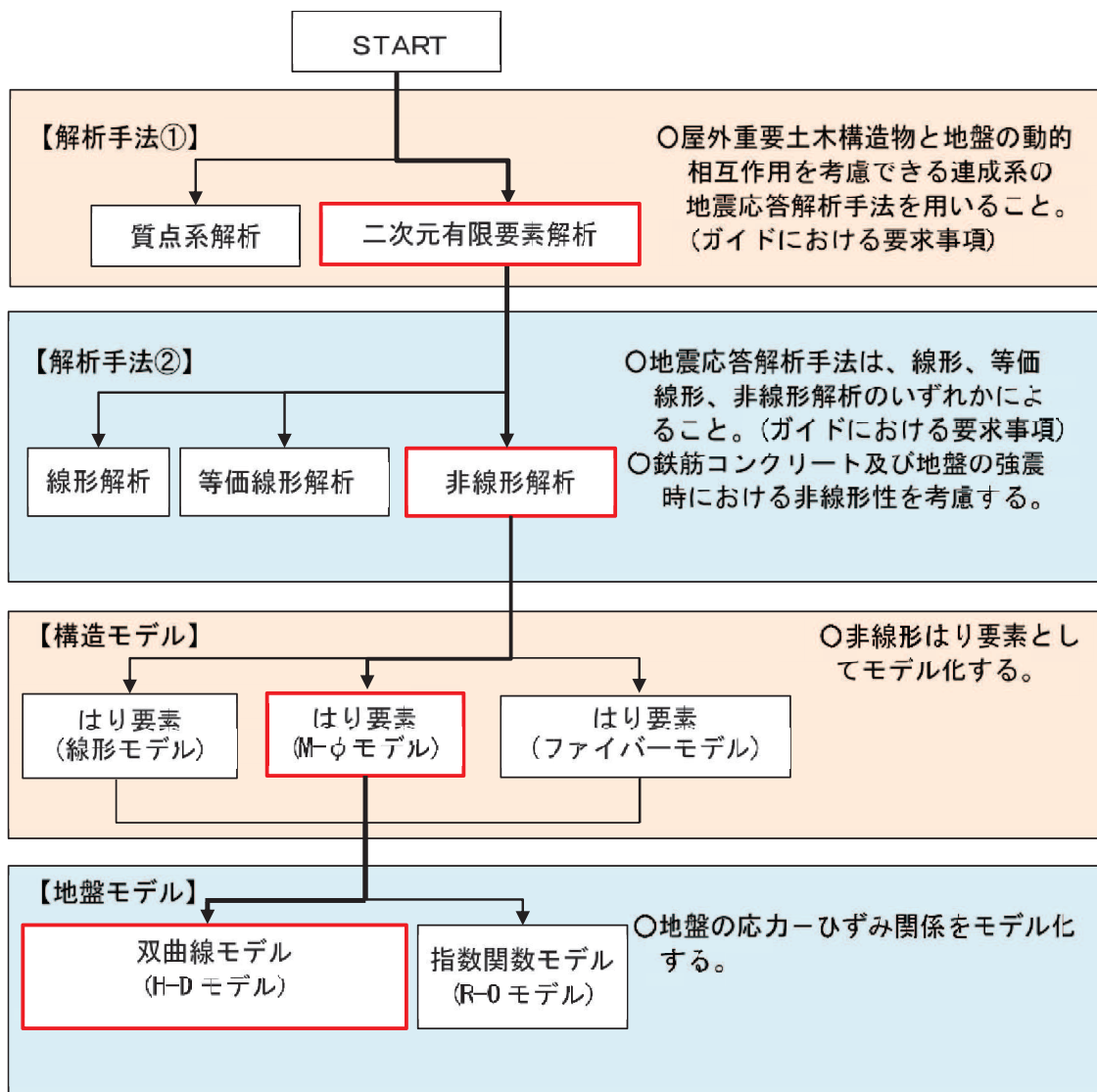


図 3-2 地震応答解析手法の選定フロー

### 3.2.6 材料物性の設定

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素であるM- $\phi$ モデルを用いてモデル化する。非線形特性の設定においては、コンクリート及び鉄筋の非線形性を考慮する。材料の非線形性はコンクリート標準示方書 2002 に基づき設定する。

図 3-13 に鉄筋コンクリート部材におけるM- $\phi$ 関係のトリリニアモデルによる骨格曲線を示す。履歴特性は、図 3-14 に示すとおり修正武田モデルを適用する。コンクリートの応力-ひずみ関係及び、鉄筋の応力-ひずみ関係を図 3-15 及び図 3-16 に示す。

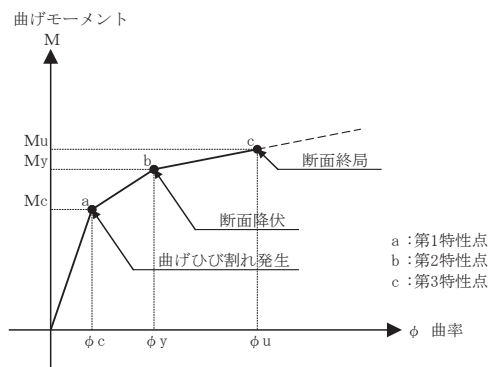


図 3-13 鉄筋コンクリート部材のM- $\phi$ 関係

(土木学会 2005年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアルより引用)

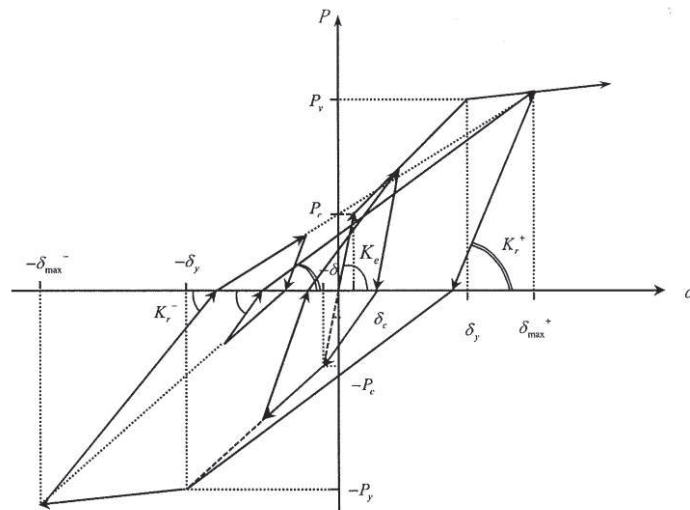


図 3-14 鉄筋コンクリート部材の履歴特性 (修正武田モデル)

(日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編より引用)



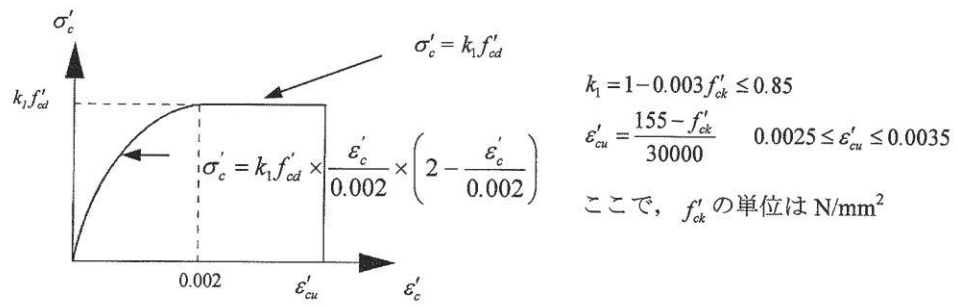


図 3-15 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）  
 （土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]より引用）

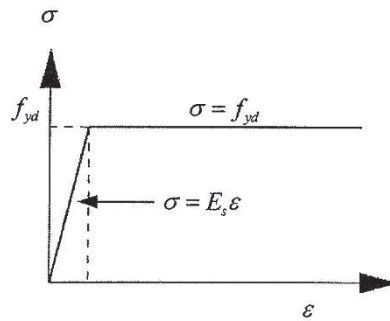


図 3-16 構造部材の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）  
 （土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]より引用）