

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-19-0600-25-2_改 7
提出年月日	2021年10月6日

02-補-E-19-0600-25-2_改 6 (2021年9月27日提出) からの 記載適正化箇所のみ抜粋

補足-600-25-2 【地下水位低下設備の耐震性に係る補足説明資料】

目 次

第 1 章 地下水位低下設備ドレーンの耐震性に係る補足説明

第 2 章 地下水位低下設備接続樹の耐震性に係る補足説明

第 3 章 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性に係る補足説明

第 4 章 地下水位低下設備揚水ポンプの加振試験に関する補足説明

：記載適正化箇所

第1章 地下水位低下設備ドレーンの耐震性に係る補足説明

目次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 位置.....	2
2.2 構造概要.....	3
2.3 評価方針.....	6
2.4 適用基準.....	9
3. 耐震評価.....	10
3.1 評価対象断面.....	10
3.2 荷重及び荷重の組合せ.....	15
3.3 解析方法.....	18
3.4 許容限界.....	56
3.5 応力解析による評価方法.....	58
4. 耐震評価結果.....	61
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果.....	61
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果.....	76

参考資料 1 せん断力がヒューム管の発生断面力に及ぼす影響について

参資資料 2 ヒューム管のひび割れ保証モーメントの妥当性について（強度試験結果）

 : 記載適正化箇所

2.4 適用基準

ドレーンの評価において適用する規格・基準等を以下に示す。また、各項目で適用する規格・基準類を表2-2に示す。

- ・ 日本下水道協会 2014年 下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版- (以下「下水道耐震指針」という。)
- ・ 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編
- ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編
- ・ 全国ヒューム管協会 平成21年7月 技術資料ヒューム管設計施工要覧

表 2-2 各項目で適用する規格・基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	・ 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]	—
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+従たる変動荷重の適切な組み合わせを検討
許容限界	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下水道耐震指針 ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編) ・同解説 ・ 全国ヒューム管協会 平成21年7月 技術資料ヒューム管設計施工要覧 	・ 発生応力が許容限界以下であること確認

c. 地下水位

地下水位を管の中心高さ*に設定する。

注記*：ヒューム管の地下水位は浸透流解析における境界条件と同様の設定。なお、ヒューム管は地下水の最大流入量に対し十分大きな排水可能量を有している（浸透流解析の詳細は「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針、ヒューム管の構造概要は「VI-2-1-1-別添1 地下水位低下設備の設計方針」を参照）。

d. 地震応答解析

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1(2) 動的地震力」及び添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

設計用震度は、入力地震動を地震応答解析モデルに入力してヒューム管位置で得られる評価用地震動から算定する。

地震応答解析の概念を図 3-7 に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-8 に示す。

ヒューム管は岩盤を掘込み設置しており、地下水位が岩盤内にあるため液状化の影響が軽微であると考えられることから、液状化検討対象施設には該当せず、解析手法は全応力解析とする。

解析コードには、入力地震動算定に「SHAKE Ver1.6」を使用し、地震応答解析による設計用震度算定には「TDAPⅢ Ver3.11」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、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。

① 引戻し解析

引戻し地盤モデル（地下構造モデル）を用いて、水平方向地震動及び鉛直方向地震動をそれぞれ引戻し地盤モデル底面位置まで引戻す。

② 水平方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデル（水平方向地震動用）を用いて、ヒューム管位置まで水平方向地震動を引上げる。

③ 鉛直方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデル（鉛直方向地震動用）を用いて、ヒューム管位置まで鉛直方向地震動を引上げる。

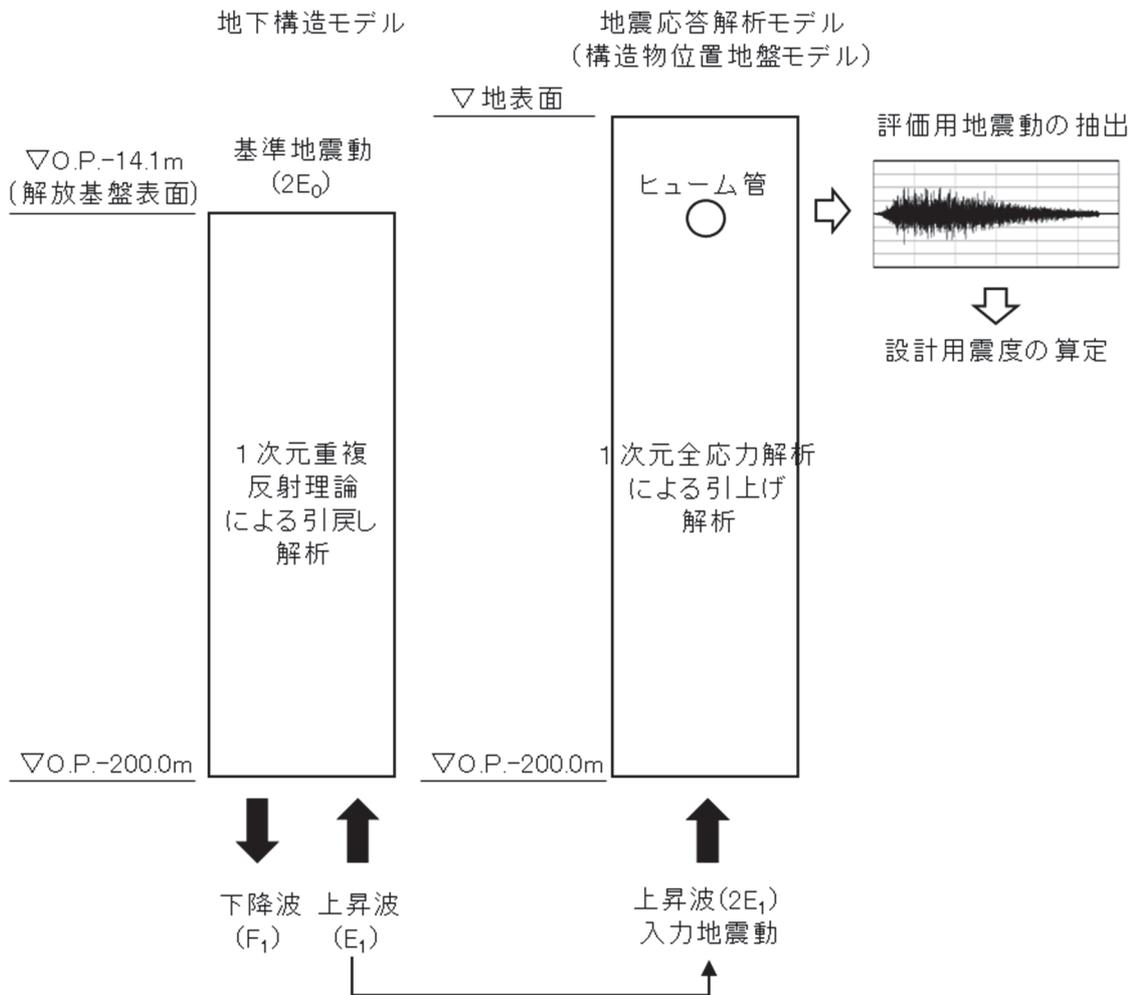


図 3-7 地震応答解析の概念

第2章 地下水位低下設備接続柵の耐震性に係る補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	5
2.4 適用基準	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象	8
3.2 荷重及び荷重の組合せ	17
3.3 解析方法	19
3.4 許容限界	52
3.5 応力解析による評価方法	53
4. 耐震評価結果	63
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	63
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	114

(参考資料) 既設揚水井戸の取り扱いについて

 : 記載適正化箇所

2.4 適用基準

接続柵の評価において適用する規格・基準等を以下に示す。また、各項目で適用する規格・基準類を表2-3に示す。

- ・日本建築学会 1991年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- ・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。)
- ・日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編

表 2-3 各項目で適用する規格・基準類

項目	適用する規格・基準類	備考
使用材料及び材料定数	・土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]	—
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+従たる変動荷重の適切な組み合わせを検討
応力解析（版解析）	・日本建築学会 1991年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説	・4辺固定版，3辺固定1辺自由版の形状と応力の関係を用いて曲げモーメント及びせん断力を算出
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] ・日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編	・引張強度及びせん断強度に対して，発生応力が許容限界以下であること確認

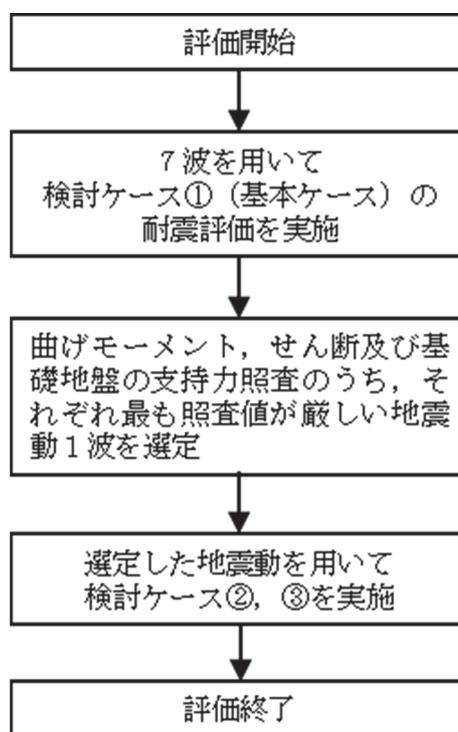


図 3-5 検討フロー

(3) 地下水位

地下水位を接続桝の中心高さ*に設定する。

注記*：接続桝の地下水位は浸透流解析におけるドレーン（ヒューム管）の境界条件と同様の設定。なお，ヒューム管は地下水の最大流入量に対し十分大きな排水可能エネルギーを有しており，これを接続する接続 p 桝はヒューム管と同等以上の通水断面を有している（浸透流解析の詳細は「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針，ヒューム管の構造概要は「VI-2-1-1-別添 1 地下水位低下設備の設計方針」を参照）。

(4) 地震応答解析

入力地震動は，添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1(2) 動的地震力」及び添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を 1 次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用い

る。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

設計用震度は、入力地震動を地震応答解析モデルに入力して得られる接続柵位置での評価用地震動から算定する。

地震応答解析の概念図を図 3-6 に、第 2 号機側（接続柵①～⑤）、第 3 号機側（接続柵⑥～⑨）の地震応答解析時に用いる入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-7 に示す。

接続柵は岩盤を掘込み設置しており、地下水位が岩盤内にあるため液状化の影響が軽微であると考えられることから、液状化検討対象施設には該当せず、解析手法は全応力解析とする。

解析コードには、入力地震動算定に「SHAKE Ver1.6」を使用し、地震応答解析による設計用震度の算定には「TDAPⅢ Ver3.11」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、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。

① 引戻し解析

引戻し地盤モデル（地下構造モデル）を用いて、水平方向地震動及び鉛直方向地震動をそれぞれ引戻し地盤モデル底面位置まで引戻す。

② 水平方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデルを用いて、接続柵位置まで水平方向地震動を引上げる。

③ 鉛直方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデルを用いて、接続柵位置まで鉛直方向地震動を引上げる。

第3章 揚水井戸の耐震性に係る補足事項

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	11
2.4	適用基準	14
3.	耐震評価	16
3.1	評価対象断面	16
3.2	解析方法	19
3.3	荷重及び荷重の組合せ	41
3.4	荷重	41
3.5	荷重の組合せ	42
3.6	入力地震動	44
3.7	解析モデル及び諸元	101
3.8	許容限界	114
3.9	評価方法	117
4.	耐震評価結果	136
4.1	地震応答解析結果	136
4.2	照査結果一覧	446

別紙1 揚水井戸蓋の耐震性について

別紙2 揚水井戸蓋の強度計算について

参考資料1 揚水井戸の浮上り評価結果について

参考資料2 各揚水井戸の評価対象断面の代表性について

参考資料3 揚水井戸集水ピット部における配筋の施工実現性について

参考資料4 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース

 : 記載適正化箇所

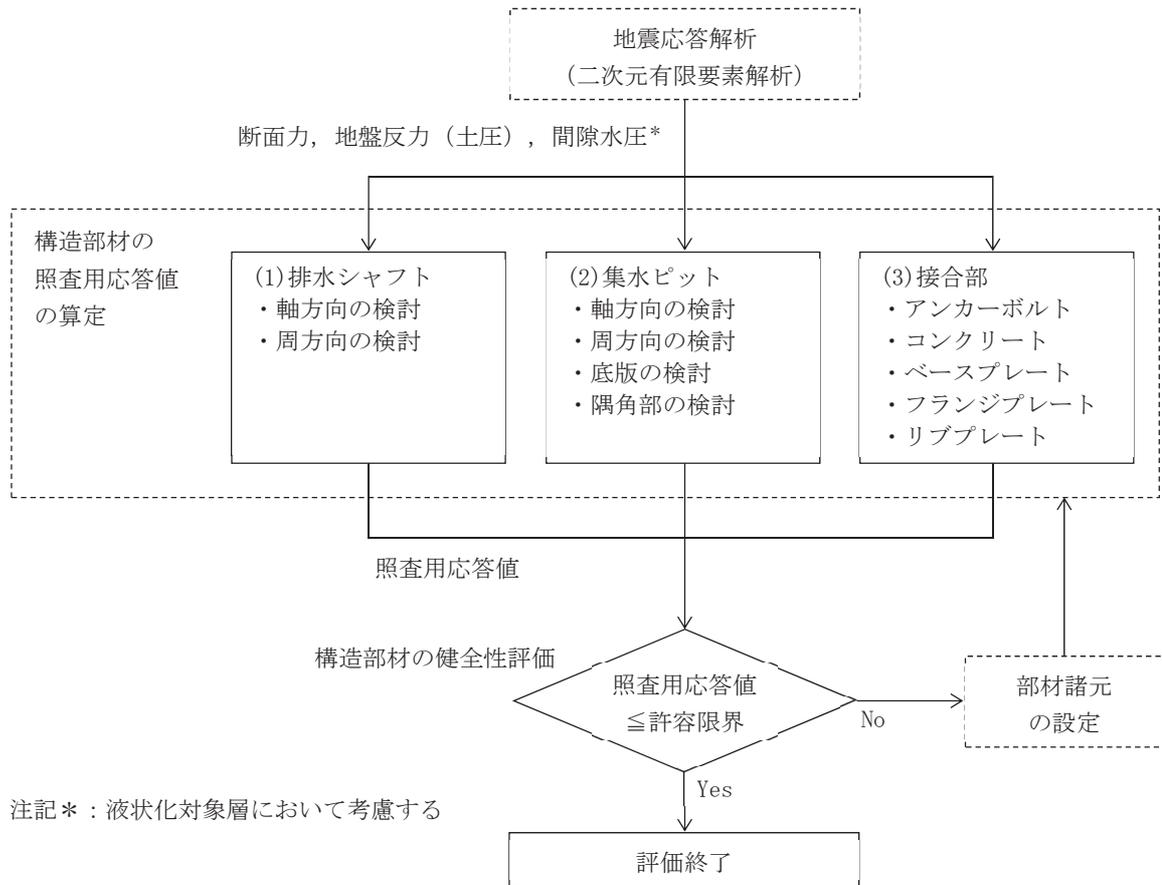


図 2-7 揚水井戸の詳細耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。項目ごとに適用する規格，基準類を整理したものを表 2-2 に示す。

・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。)

・日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編

・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

・日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－

・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）

・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）

・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

・土木学会 2015 年 トンネル・ライブラリー第 27 号 シールド工事用立坑の設計

・日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説

・日本建築学会 1991 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説

・日本産業規格（J I S）

表 2-2 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考	
使用材料及び材料定数	集水ピット	土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]	—
	排水シャフト	日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 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	—
	接合部	日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—	—
許容限界	集水ピット	土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]	部材に生じる応力が短期許容応力度を超えないことを確認
	排水シャフト	日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 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	部材に生じる応力が短期許容応力度を超えないことを確認
	接合部	日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—	部材に生じる応力が短期許容応力度を超えないことを確認
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) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)	二次元非線形解析	

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

揚水井戸の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪の影響を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.4 荷重

揚水井戸の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重(G)

固定荷重として、躯体自重、揚水井戸蓋*、機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重(P)

積載荷重として積雪荷重を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重(P_s)

積雪荷重については、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4) 地震荷重(S_s)

地震力は、基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

注記*：揚水井戸蓋は揚水井戸の地震応答解析結果を用いて耐震計算を実施している（詳細は「別紙1 揚水井戸蓋の耐震性について」参照）。また、揚水井戸蓋のスキンプレートの厚さは竜巻に関する強度計算を実施し設定している（詳細は「別紙2 揚水井戸蓋の強度計算について」参照）。