

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-019-01改02
提出年月日	2023年2月22日

VI-2-別添 4-1 地下水位低下設備の耐震計算の方針

2023年2月

中国電力株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象施設	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	10
3.1 荷重及び荷重の組合せ	10
3.1.1 荷重の種類	10
3.1.2 荷重の組合せ	10
3.2 許容限界	10
4. 耐震評価方法	14
4.1 地震応答解析	14
4.2 耐震評価	15
4.2.1 耐震評価方法	15
4.3 機能維持評価	16
4.3.1 動的機能の維持	16
4.3.2 電気的機能の維持	16
4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	16
4.5 波及的影響の考慮	16
5. 適用規格・基準等	17

1. 概要

本資料は、地下水位低下設備が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第5条及び12条並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する解釈」に適合する設計とするため、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、地下水位低下設備が基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

地下水位低下設備の耐震計算結果は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」、VI-2-別添 4-3-1「揚水ポンプの耐震性についての計算書」、VI-2-別添 4-3-2「管の耐震性についての計算書（地下水位低下設備）」、VI-2-別添 4-3-3「地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 4-3-4「地下水位低下設備制御盤の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 4-3-5「揚水井戸の耐震性についての計算書」及びVI-2-別添 4-3-6「ドレーンの耐震性についての計算書」に示す。

耐震重要度分類における取扱いは、VI-2-1-4「耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動 S_s による地震力と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重により生じる応力又は荷重（以下「応力等」という）が、「3.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用規格・基準等」に示す適用規格・基準等を用いて確認する。

地下水位低下設備は、基準地震動 S_s による地震力に対して、その機能を維持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせることで評価を実施する。影響評価方法は「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象施設

評価対象施設は、地下水位低下設備を構成する揚水ポンプ、配管、水位計、制御盤、揚水井戸及びドレーンを対象とする。地下水位低下設備の構造（配管を除く）を表 2-1～表 2-5 に示す。

表 2-1 構造概要 (揚水ポンプ) (1/3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>揚水ポンプはサポートに支持され、サポートはポンプ支持架台に取付ボルトで固定され、ポンプ支持架台は揚水井戸床面の埋込金物に溶接で固定される。</p> <p>サポートは鉛直用サポートと水平用サポートに分類される。</p>	<p>水中ポンプ</p>	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(A-A 矢視図) (単位: mm)</p> <p> : 鉛直用サポート : 水平用サポート </p>

表 2-1 構造概要 (揚水ポンプ) (2/3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
鉛直用サポートは、鉛直用サポート取付ボルトによりポンプ支持架台に固定される。	鉛直用サポート	<p>(正面図)</p> <p>ポンプ支持架台</p> <p>鉛直用サポート</p> <p>鉛直用サポート取付ボルト</p> <p>(平面図)</p> <p>337</p> <p>384</p> <p>768</p> <p>(鉛直用サポート詳細図)</p> <p>(単位: mm)</p>

表 2-1 構造概要 (揚水ポンプ) (3/3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水平用サポートは水平用サポート取付ボルトによりポンプ支持架台に固定される。</p>	<p>水平用サポート</p>	

表 2-2 構造概要 (水位計)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水位計は、取付ボルトにて水位計架台に固定する。</p> <p>水位計架台は、壁面の後打ち金物に溶接にて設置する。</p> <p>後打ち金物は基礎ボルトにて壁面に固定する。</p>	<p>圧力式水位検出器 (壁に設置された水位計架台に、水位計を取付ボルトにて固定する構造)</p>	<p>【水位計】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面 (左右方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面 (前後方向) 面 (前後方向)</p> </div> </div> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>水位計</p> <p>後打ち金物</p> <p>溶接</p> <p>壁</p> <p>EL -21.400m</p> <p>(単位: mm)</p>

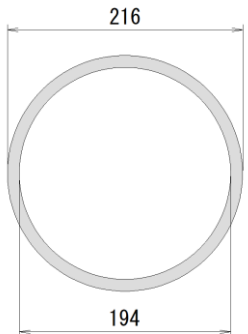
表 2-3 構造概要 (制御盤)

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>地下水位低下設備制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定する。 後打金物は、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【地下水位低下設備制御盤】</p> <table border="1" data-bbox="1281 1118 1789 1377"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>地下水位低下設備制御盤 A (2-1118)</th> <th>地下水位低下設備制御盤 B (2-1119)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2000</td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	地下水位低下設備制御盤 A (2-1118)	地下水位低下設備制御盤 B (2-1119)	たて	1000	1000	横	1000	1000	高さ	2000	2000
機器名称	地下水位低下設備制御盤 A (2-1118)	地下水位低下設備制御盤 B (2-1119)												
たて	1000	1000												
横	1000	1000												
高さ	2000	2000												

表 2-4 構造概要 (揚水井戸)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
揚水井戸は、岩盤及び置換コンクリート内に設置する。	鉄筋コンクリート造	<p>概略構造図</p> <p>単位 : mm</p>

表 2-5 構造概要 (ドレーン)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ドレーンは、揚水井戸を起点として岩盤内に設置する。	ドレーン	 <p>(単位 : mm)</p>

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

地下水位低下設備の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

3.1.1 荷重の種類

耐震評価において考慮する荷重は以下のとおり。

(1) 常時作用する荷重 (D), 固定荷重 (G)

常時作用する荷重又は固定荷重は、持続的に生じる荷重であり、当該設備の自重や土圧とする。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重は、対象構造物上部に存在する施設・設備、積雪による荷重とする。

(3) 内圧荷重 (P_D)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(4) 機械的荷重 (M_D)

機械的荷重は、当該設備に設計上定められた荷重とする。

(5) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s により定まる地震力とする。

3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.2 許容限界

許容限界は、地下水位低下設備を構成する設備ごとに設定する。

地下水位低下設備を構成する機器・配管等の荷重の組合せ及び許容限界を表 3-1 に、揚水井戸及びドレーンの荷重の組合せ及び許容限界を表 3-2 に示す。

機器・配管等の評価対象部位とその許容限界の詳細は各計算書に示す。

評価対象部位の許容限界を表 3-3～表 3-5 に示す。

揚水井戸及びドレーンの評価項目は、各計算書にて評価対象部位の機能維持のための考え方を考慮して選定する。

表 3-1 機器・配管等の荷重の組合せ及び許容限界

施設名称	荷重の組合せ	評価部位	応力等の状態	限界状態	許容限界
揚水ポンプ	$D + P_D + M_D + S_s$	鉛直用 サポート 取付ボルト	引張 せん断 組合せ	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。
		水平用 サポート 取付ボルト			
		溶接部	せん断		
配管	$D + P_D + M_D + S_s$	管	一次応力 一次+二次応力 一次+二次+ピーク応力	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。
		支持構造物	一次応力 一次+二次応力		
水位計	$D + P_D + M_D + S_s$	基礎ボルト	引張 せん断	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状Ⅳ _A Sの許容 応力以下とする。
制御盤	$D + P_D + M_D + S_s$	取付ボルト 基礎ボルト	引張 せん断	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。

表 3-2 揚水井戸及びドレーンの荷重の組合せ及び許容限界

施設名称	荷重の組合せ*1	評価部位	要求機能	機能維持のための考え方	許容限界
揚水井戸	G + P + S s	躯体	支持・閉塞防止機能	<ul style="list-style-type: none"> 発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認 地震後においても構造を保持し，内包する揚水ポンプ・配管・水位計を支持する必要があることから，許容限界には短期許容応力度を採用 	短期許容応力度
		基礎地盤		<ul style="list-style-type: none"> 地震時接地圧が許容限界以下であることを確認 	極限支持力*2
ドレーン		ドレーン*1	集水機能	<ul style="list-style-type: none"> 地震後においても通水断面を維持する必要があることから，許容限界はおおむね弾性状態と判断されるひずみ率を採用 	ひずみ率

注記*1：ドレーンについては原子炉建物の基礎地盤安定性評価モデルの解析結果を用いて耐震評価を行う。

*2：妥当な安全余裕を考慮する。

表 3-3 ボルトの許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
			一次応力	
			引張り	せん断
基礎ボルト	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
取付ボルト	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 管の許容限界

評価対象 部位	荷重の 組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力 を含む)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
管	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$0.6 \cdot S_u$	$0.9 \cdot S_u$	S _s 地震動のみによる疲労解析*を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PPB-3536 (1), (2), (4) 及び(5) (ただし、 S_m は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 3-5 溶接部の許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界* (溶接部)
			一次応力
			せん断
溶接部	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

4. 耐震評価方法

地下水位低下設備の耐震評価は、「4.1 地震応答解析」、「4.2 耐震評価」、「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

地下水位低下設備の耐震評価に用いる地震応答解析フローを図 4-1 に示す。

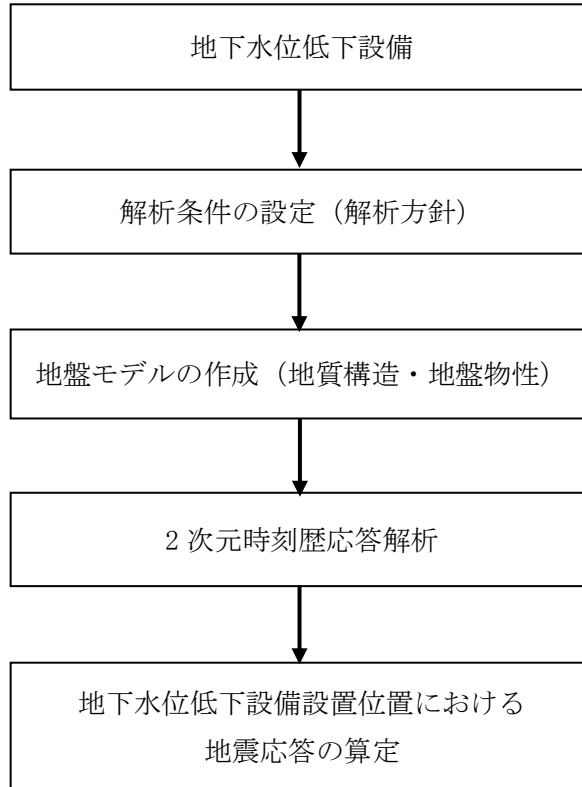


図 4-1 地下水位低下設備の地震応答解析フロー

4.2 耐震評価

地下水位低下設備は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により応力等を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界内であることを確認する。

4.2.1 耐震評価方法

揚水ポンプ、配管、水位計、制御盤、揚水井戸及びドレーンの評価方法について示す。

(1) 揚水ポンプ

評価対象の揚水ポンプについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法及び原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 に準拠した評価方法により評価を行う。

(2) 配管

評価対象の配管については、VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」及びVI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(3) 水位計

評価対象の水位計については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(4) 制御盤

評価対象の制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(5) 揚水井戸

評価対象の揚水井戸については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(6) ドレーン

評価対象のドレーンについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

4.3 機能維持評価

地下水位低下設備の構造強度に係る機能維持の方針は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

地下水位低下設備の構造強度に係る機能維持に係る耐震計算の方針は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.1 動的機能維持」を準用する。

4.3.1 動的機能の維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器である地下水位低下設備のうち、揚水ポンプの動的機能評価については、耐震設計上の性能目標を踏まえ、基準地震動 S_s による当該設備設置床の設計用床応答スペクトル若しくは設計用震度から求まる機能維持評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。

4.3.2 電気的機能の維持

地震時及び地震後に電気的機能が要求される機器である地下水位低下設備のうち、水位計及び制御盤については、耐震設計上の性能目標を踏まえ、基準地震動 S_s による当該設備設置床の設計用床応答スペクトル若しくは設計用震度から求まる機能維持評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。

4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮

地下水位低下設備に関する水平 2 方向及び鉛直方向地震動の影響評価については、VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の評価方針及び評価方法に基づき行う。

4.5 波及的影響の考慮

VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「3.3 波及的影響に対する考慮」に基づき、地下水位低下設備の耐震設計を行うに際して、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれの機能が損なわれないよう配慮する。

5. 適用規格・基準等

適用する規格としては、既工事計画で適用実績がある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。適用する規格、基準、指針等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1-2005/2007 ((社) 日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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 ((社) 日本電気協会)
- ・日本産業規格 (J I S)
- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・トンネル・ライブラリー第 27 号 シールド工用立坑の設計 ((社) 土木学会, 2015 年)
- ・水理公式集 平成 11 年版 ((社) 土木学会)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)
- ・道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編 ((社) 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 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料(塩化ビニル・継手協会)