

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-019-09
提出年月日	2022年12月19日

VI-2-別添 4-4 地下水位低下設備に係る施設の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価

S2 補 VI-2-別添 4-4 R0

2022年12月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 機器・配管系の影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
2.3 評価結果	4
2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
2.3.2 土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	4
2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	5
2.3.5 まとめ	5
3. 土木構造物の影響評価	12
3.1 基本方針	12
3.2 評価条件及び評価方法	12
3.3 評価結果	12
3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	12
3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	13
3.3.3 まとめ	13

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」の「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に基づき、地下水位低下設備に係る施設について、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しているため、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 機器・配管系の影響評価

2.1 基本方針

地下水位低下設備に係る施設に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる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「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

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「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図 2-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

地下水位低下設備に係る施設のうち、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持を確認する設備を評価対象とする。（図 2-1①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図 2-1②）

(3) 発生値の増分による抽出

水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向の地震力が各方向 1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される

設備を抽出する。

また、土木構造物の検討において、機器・配管系への影響の可能性がある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。（図 2-1③）

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。（図 2-1④）

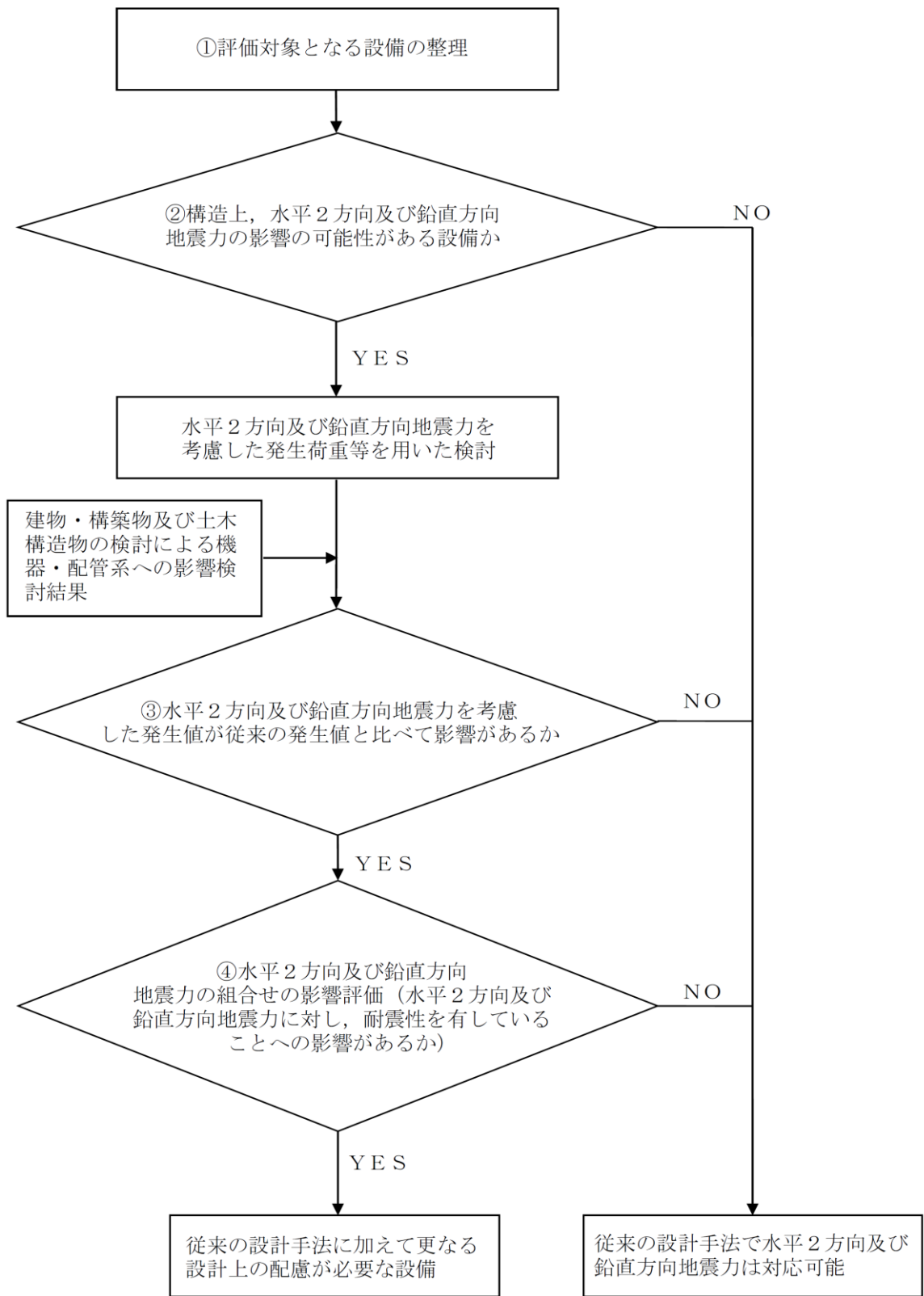


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

2.3 評価結果

2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

地下水位低下設備に係る施設の評価対象設備を表2-1に示す。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「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性のある設備を抽出した。抽出結果を表2-2に示す。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出した。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)にて影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

2.3.2 土木建造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.3.2項における土木建造物の影響評価において機器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念される設備は抽出されなかった。

また、VI-2-12「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結果」に示す原子炉建物の検討において、地下水位低下設備制御盤への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表2-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定し

た発生値を，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「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して，設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表2-3に示す。

2.3.5 まとめ

地下水位低下設備に係る施設について，水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも地下水位低下設備に係る施設が有する耐震性への影響がないことを確認したため，従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備

設備名称	評価対象部位
揚水ポンプ	鉛直用サポート取付ボルト・水平用サポート取付ボルト・溶接部・ポンプ
配管	配管本体・サポート
水位計	基礎ボルト・水位計
制御盤	基礎ボルト・取付ボルト・制御盤

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(1/5)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点（以下「重畳の観点」という。） ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（以下「ねじれ振動等の観点」という。） ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点（以下「増分の観点」という。） ○：影響あり －：該当なし	
揚水ポンプ	△ (鉛直用サポータ取付ボルト) 一次応力 (引張)	×	－	水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。 水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(2/5)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観 点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振 動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観 点 ○：影響あり －：該当なし	
揚水ポンプ	△ (水平用サポータ 取付ボルト) 一次応力 (引張)	×	－	水平用サポータ取付ボルトは鉛直地震力のみにより引張力が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。
	△ (水平用サポータ 取付ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
	△ (溶接部) 一次応力 (引張)	×	－	矩形配置の溶接部であるため、ボルトと同様に水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定すると、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより影響は軽微となる。
	△ (溶接部) 一次応力 (せん断)	×	－	ボルトと同様に水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/5)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点	
配管	△ (配管本体, サポート) 一次応力	○	—	配管系は, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。配管系は, 3 次元モデルを用いた解析により, ねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため, 水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ (配管本体, サポート) 一次+二次応力	○	—	配管系は, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。配管系は, 3 次元モデルを用いた解析により, ねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため, 水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
水位計	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
	△ (基礎ボルト) 一次応力 (せん断)	×	—	壁掛けのボルトは, 壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため, 水平 2 方向入力の影響はない。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(4/5)

(1) 構造強度評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				抽出結果
設備名称	2.3.1(1) 重畳の観点 点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 点 ○：影響あり －：該当なし	
制御盤	△ (基礎ボルト, 取付ボルト) 一次応力 (引張)	×	－	ボルトは矩形配置であり, 水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。
	△ (基礎ボルト, 取付ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (5/5)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	2.3.1(1) 重畳の観点 点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 点 ○：影響あり －：該当なし	
揚水ポンプ	○	×	－	評価結果は表 2-3 参照
水位計	△	×	－	各水平方向で共振点はなく出力変動を生じないため、水平 2 方向でも共振することなく出力変動が生じない。
制御盤	△	×	－	制御盤に取付けられているリレー、遮断器等の電気品は、基本的に 1 次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全ては、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平 1 方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

表 2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(1/2)

(1) 構造強度評価

(単位：MPa)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
	評価部位	応力分類	1 方向入力 発生値*1	2 方向想定 発生値*2	許容値	判定
水位計	基礎ボルト	一次応力 (引張)			122	○

注記*1：基準地震動 S_s による地震力において発生する応力値を記載している。

*2：「1 方向入力発生値」に対して、 $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

表 2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(2/2)

(2) 機能維持評価

(単位： $\times 9.8m/s^2$)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			判定
	1 方向入力 加速度*1	2 方向想定 加速度*2	機能確認済 加速度	
揚水ポンプ	1.00	1.42		○

注記*1：基準地震動 S_s による加速度を記載している。

*2：「1 方向入力加速度」に対して、 $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

3. 土木構造物の影響評価

3.1 基本方針

地下水位低下設備に係る施設に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる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「4.3 屋外重要土木構造物等」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

3.2 評価条件及び評価方法

基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、影響を評価する。

3.3 評価結果

3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある設備を抽出する。抽出した設備を表3-1に示す。

表3-1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある設備

設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響	影響評価の必要性
揚水井戸	円筒状の揚水井戸の側壁については、直交する水平2方向の地震力により、応力が集中作用することにより水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける。	要
ドレーン	原子炉建物等の基礎底盤以深の岩盤を削孔した空隙内に設置しており、岩盤とドレーン間の空隙内に砂があると仮定し、鉛直土圧を考慮しているが、水平土圧は鉛直土圧を打ち消すため保守的に考慮していない。 したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受けない。	不要

3.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

揚水井戸の側壁については、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した設計を実施しており、具体的な内容については、VI-2-別添 4-3-5「揚水井戸の耐震性についての計算書」に示す。

また、土木構造物の影響評価において、機器・配管系への影響がある部位として揚水井戸が抽出されたが、揚水井戸に支持される設備（揚水ポンプ、配管、水位計）は 2.3 項に示す通り評価結果に十分な裕度を有しており耐震評価に影響がないことを確認した。

3.3.3 まとめ

地下水位低下設備の土木構造物について、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せを考慮した評価を行い、全ての評価対象部位で、許容値以下となることを確認した。