

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-060-3
提出年月日	2020年5月14日

V-2-別添 2-3 溢水防護に関する施設の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 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）の算出	4
2.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
2.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	4
2.3.4 まとめ	4

1. 概要

本資料は、V-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算書の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器について、基準地震動 S_s による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、耐震性を有することを確認しているため、動的地震動の水平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. 影響評価

2.1 基本方針

溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器に関する、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、V-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への影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

V-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

溢水防護に関する設備及び耐震B、Cクラス機器のうち、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及び波及的影響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、建物・構築物及び屋外重要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の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) 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)

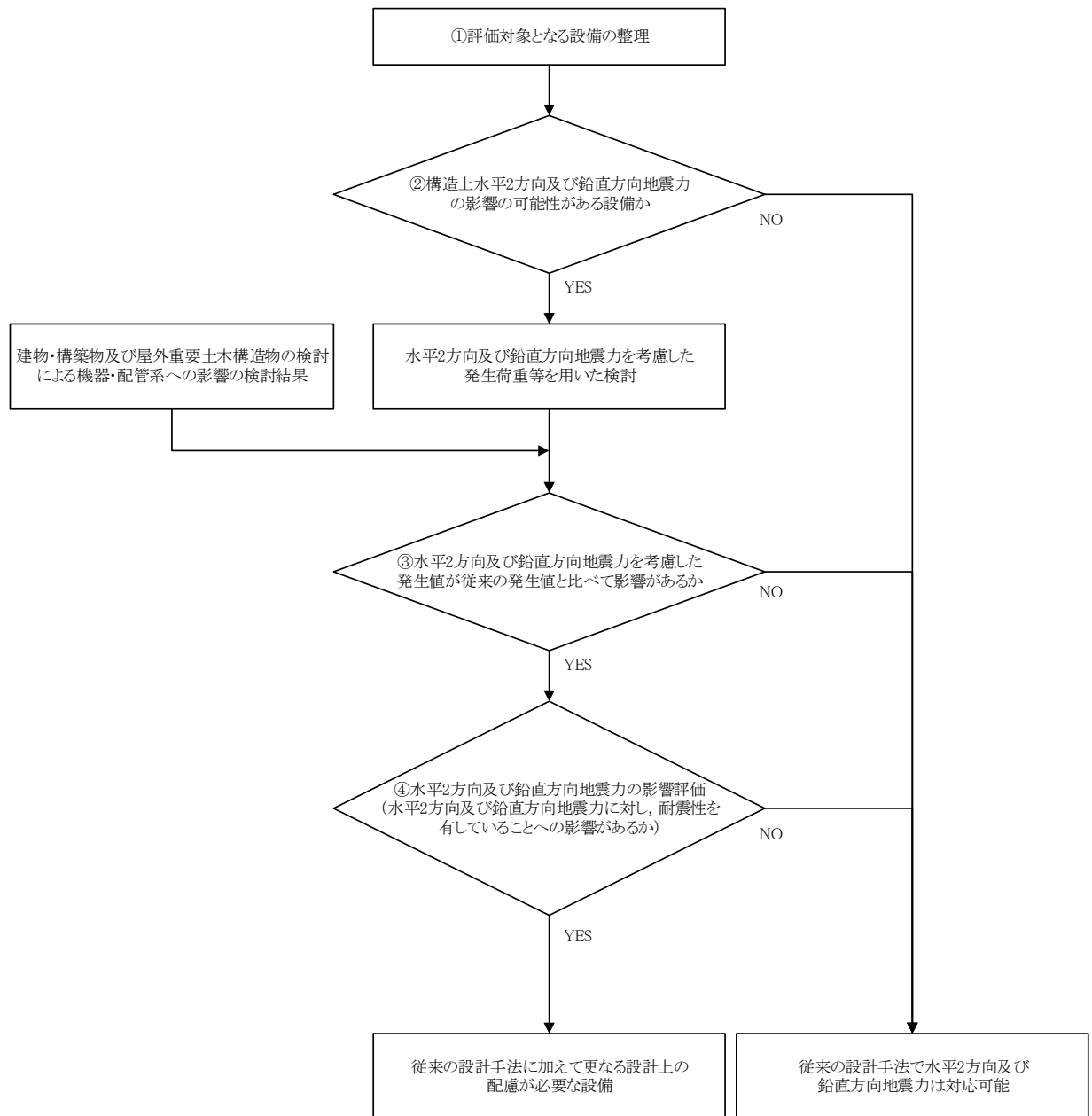


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

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）の算出

溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器の評価対象設備を表2-1に示す。V-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」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位及び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。

(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方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の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。抽出結果を表2-2に示す。

(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する。抽出結果を表2-2に示す。

(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) におい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、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値を比較し、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。抽出結果を表2-2に示す。

2.3.2 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、V-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。

2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.2 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。

2.3.4 まとめ

溢水防護に関する施設及び耐震B、Cクラス機器について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも溢水防護に関す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 (1/2)

(1) 構造強度評価対象設備

設備名称	評価対象部位
制御棒駆動水ポンプ(A), (B)	基礎ボルト
制御棒駆動水加熱器	基礎ボルト
サクションフィルタ(A), (B)	脚
CRD アキュムレータ	固定ボルト
制御棒駆動水フィルタ(A), (B)	胴板
サプレッションプール浄化用ポンプ	原動機取付ボルト
燃料プール冷却浄化系ポンプ(A), (B)	原動機取付ボルト
燃料プール冷却浄化系熱交換器(A), (B)	基礎ボルト
ASD(A), (B)/Z 再循環冷却装置冷却コイル	取付ボルト
タービン補機冷却海水系ポンプ(A)~(C)	基礎ボルト
C/B 常用電気品区域給気処理装置冷却コイル	取付ボルト
配管 (純水補給水系)	配管本体
配管 (制御棒駆動系)	配管本体
配管 (原子炉冷却材浄化系)	配管本体
配管 (給水系)	配管本体
配管 (消火系)	配管本体
配管 (燃料プール冷却浄化系)	配管本体
配管 (所内温水系)	配管本体
配管 (非放射性ドレン移送系)	配管本体
配管 (復水補給水系)	配管本体
配管 (原子炉補機冷却水系)	配管本体
配管 (放射性ドレン移送系)	配管本体
配管 (サプレッションプール浄化系)	配管本体
配管 (換気空調補機常用冷却水系)	配管本体
配管 (雑用水系)	配管本体
配管 (鉄イオン注入系)	配管本体
配管 (タービン補機冷却海水系)	配管本体
配管 (タービン補機冷却水系)	配管本体
配管 (所内用水系)	配管本体
循環水系隔離システム	基礎ボルト
タービン補機冷却海水系隔離システム	基礎ボルト

表 2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (2/2)

(2) 機能維持評価対象設備

設備名称	評価対象部位
循環水系隔離システム	漏えい検出器
タービン補機冷却海水系隔離システム	漏えい検出器

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 (1/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
制御棒駆動水 ポンプ (A), (B)	△ (基礎ボルト)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等であるため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
制御棒駆動水 加熱器	△ (基礎ボルト)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なる構造のため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
サクシオン フィルタ (A), (B)	△ (脚)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なる構造のため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
CRD アキュムレータ	△ (固定ボルト)	×	－	壁の埋込み金物に溶接された台座で自重を受ける構造であり、評価対象部位において、水平 2 方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なる構造のため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
制御棒駆動水 フィルタ (A), (B)	△ (胴板)	×	－	プロセス配管途上に接続する構造であり、評価対象部位において、水平 2 方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なる構造のため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

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 (2/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
サプレッション プール 浄化用ポンプ	△ (原動機取付ボルト)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等であるため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
燃料プール冷却 浄化系 ポンプ(A), (B)	△ (原動機取付ボルト)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等であるため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
燃料プール冷却 浄化系 熱交換器(A), (B)	△ (基礎ボルト)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平 1 方向の地震力しか負担しない構造のため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。
ASD(A), (B)/Z 再循環冷却装置 冷却コイル	○ (取付ボルト)	×	○	評価結果は表 2-3 参照

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 (3/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
タービン補機 冷却海水系 ポンプ(A)～(C)	△ (基礎ボルト)	×	－	評価対象部位において、水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等であるため水平 2 方向入力の影響は軽微である。 水平 2 方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられることから、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軽微である。
C/B 常用電気品 区域給気処理 装置冷却コイル	○ (取付ボルト)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
配管 (純水補給水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (4/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (制御棒駆動系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (原子炉冷却材 浄化系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (給水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (5/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (消火系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (燃料プール冷却浄化系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (所内温水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (6/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (非放射性ドレン 移送系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (復水補給水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (原子炉補機冷 却水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (7/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (放射性ドレン 移送系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (サプレッション プール浄化系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (換気空調補機 常用冷却水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (8/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (雑用水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (鉄イオン注入系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (タービン補機冷却海水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (9/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (タービン補機 冷却水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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 (所内用水系)	○ (配管本体)	○	－	配管系は、従来評価にて水平 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、従来評価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。

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 (10/11)

(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			
	2.3.1(1)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
循環水系 隔離システム	○ (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。
	○ (基礎ボルト) 一次応力 (組合せ)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
タービン補機 冷却海水系 隔離システム	○ (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。
	○ (基礎ボルト) 一次応力 (組合せ)	×	○	評価結果は表 2-3 参照

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 (11/11)

(2) 機能維持評価

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)の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2)の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3)の観点 ○：影響あり －：該当なし	
循環水系 隔離システム	△	×	○	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。
タービン補機 冷却海水系 隔離システム	△	×	○	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。

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) 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	従来の設計 による 発生値	2 方向想定 発生値	許容値	判定
ASD(A), (B)/Z 再循環 冷却装置冷却コイル	取付ボルト	一次応力	21	30	141	○
C/B 常用電気品区域給気 処理装置冷却コイル	取付ボルト	一次応力	19	27	141	○
循環水系隔離システム	基礎ボルト	一次応力 (引張)	4	6	152	○
		一次応力 (組合せ)	4	6	152	○
タービン補機冷却海水系 隔離システム	基礎ボルト	一次応力 (引張)	4	6	154	○
		一次応力 (組合せ)	4	6	154	○