

| | |
|------------------|------------------|
| 東海第二発電所 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 補足-340-7 改 10 |
| 提出年月日 | 平成 30 年 9 月 21 日 |

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-7 【水平 2 方向及び鉛直方向の適切な組合せに
関する検討について】

平成 30 年 8 月

日本原子力発電株式会社

目次

| | |
|------------------------------------|----------|
| 1. 検討の目的 | 1 |
| 2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動 | 2 |
| 2.1 東海第二発電所の基準地震動 | 2 |
| 2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動 | 6 |
| 3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価 | 7 |
| 3.1 建物・構築物 | 7 |
| 3.2 <u>機器・配管系</u> | <u>X</u> |
| 3.3 屋外重要土木構造物 | X |
| 3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備 | X |

別紙 1 評価部位の抽出に関する説明資料

別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査

別紙 3 3次元 FEM モデルによる地震応答解析

別紙 4 機器・配管系に関する説明資料

下線部：ご提出資料

3.2 機器・配管系

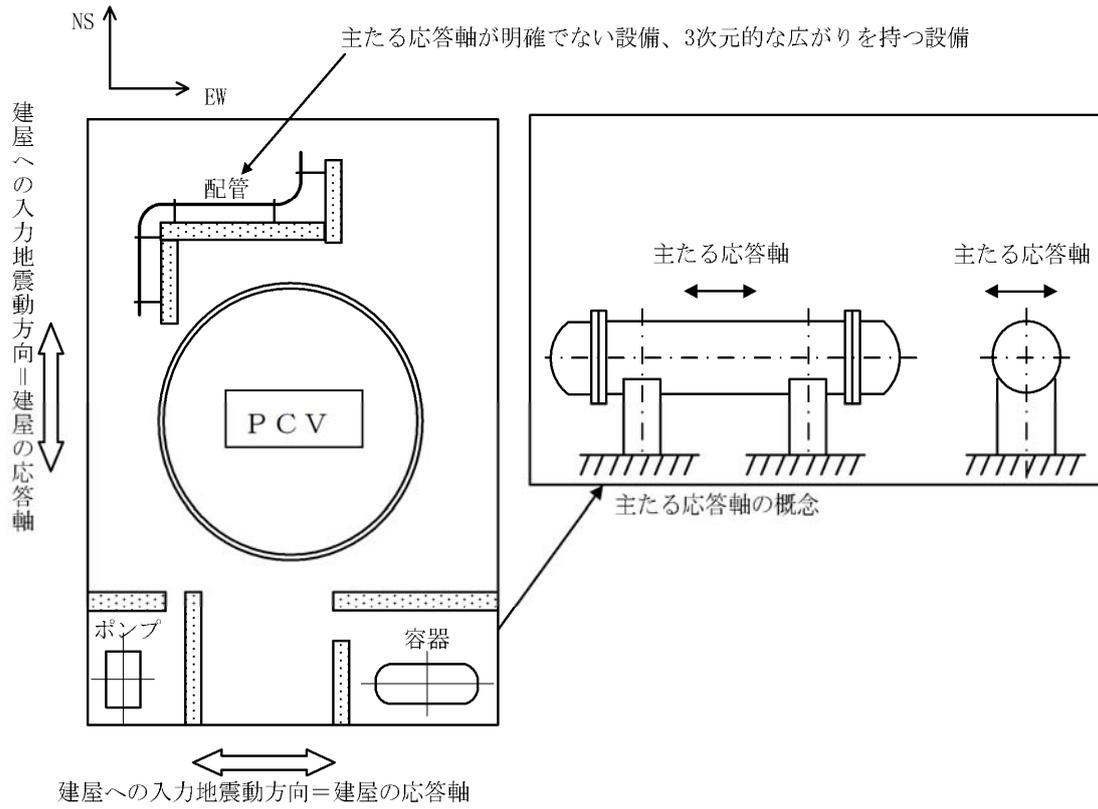
3.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向の組合せによる設計手法では、建物・構築物の振動特性を考慮し、変形するモードが支配的となり応答が大きくなる方向（応答軸方向）に基準地震動 S_e を入力して得られる各方向の地震力（床応答）を用いている。

応答軸（強軸・弱軸）が明確となっている設備の耐震評価においては、水平各方向の地震力を包絡し、変形モードが支配的となる応答軸方向に入力するなど、従来評価において保守的な取り扱いを基本としている。

一方、応答軸が明確となっていない設備で3次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては、基本的に3次元のモデル化を行っており、建物・構築物の応答軸方向の地震力をそれぞれ入力し、この入力により算定される荷重や応力のうち大きい方を用いて評価を実施している。設備配置及び応答軸の概念図を 3.2-1 図に示す。

さらに、応答軸以外の振動モードが生じ難い構造の採用、応答軸以外の振動モードが生じ難いサポート設計の採用といった構造上の配慮など、水平方向の入力に対して配慮した設計としている。



第 3-2-1 図 設備配置及び応答軸の概念図

3.2.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある設備（部位）の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故対処施設の機器・配管系、並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備とする。

対象とする設備を機種ごとに分類し、それぞれの構造上の特徴により荷重の伝達方向、その荷重を受ける構造部材の配置及び構成等により水平2方向の地震力による影響を受ける可能性のある設備（部位）を抽出する。

構造上の特徴により影響を受ける可能性がある設備（部位）は、水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の検討を実施する。水平各方向の地震力が1：1で入力された場合の発生値を、従来の評価結果の荷重又は算出応力等を水平2方向及び鉛直方向に整理して組み合わせる、又は新たな解析等により高度化した手法を用いる等により、水平2方向の地震力による設備（部位）に発生する荷重や応力を算出する。

これらの検討により、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた荷重や応力の結果が、従来の発生値と同等である場合は影響がある設備として抽出せず、従来の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される場合は、設備が有する耐震性への影響を確認する。

設備が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価は、基準地震動 S_s を対象とするが、複数の基準地震動 S_s における地震動の特性及び包絡関係、地震力の包絡関係を確認し、代表可能である場合は代表の基準地震動 S_s にて評価する。また、水平各方向の地震動は、それぞれの位相を変えた地震動を用いることを基本とするが、保守的な手法を用いる場合もある。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性があり、水平1方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な設備について、構造及び発生値の増分の観点から抽出し、影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価結果を用いて行うことを基本とする。影響評価のフロー

を第 3-2-2 図に示す。

なお、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する際は、地震時に水平 2 方向及び鉛直方向それぞれの最大応答が同時に発生する可能性は極めて低いとした考え方である Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares 法（以下「最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法」という。）又は組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）を適用する。この組合せ方法については、現状の耐震評価は基本的におおむね弾性範囲でとどまる体系であることに加え、国内と海外の機器の耐震解析は、基本的に線形モデルにて実施している等類似であり、水平 2 方向及び鉛直方向の位相差は機器の応答にも現れることから、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考としているものである。

① 評価対象となる設備の整理

耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備を評価対象とし、代表的な機種ごとに分類し整理する（第 3-2-2 図①）。

② 構造上の特徴による抽出

機種ごとに構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重畳する観点、も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（第 3-2-2 図②）。

③ 発生値の増分による抽出

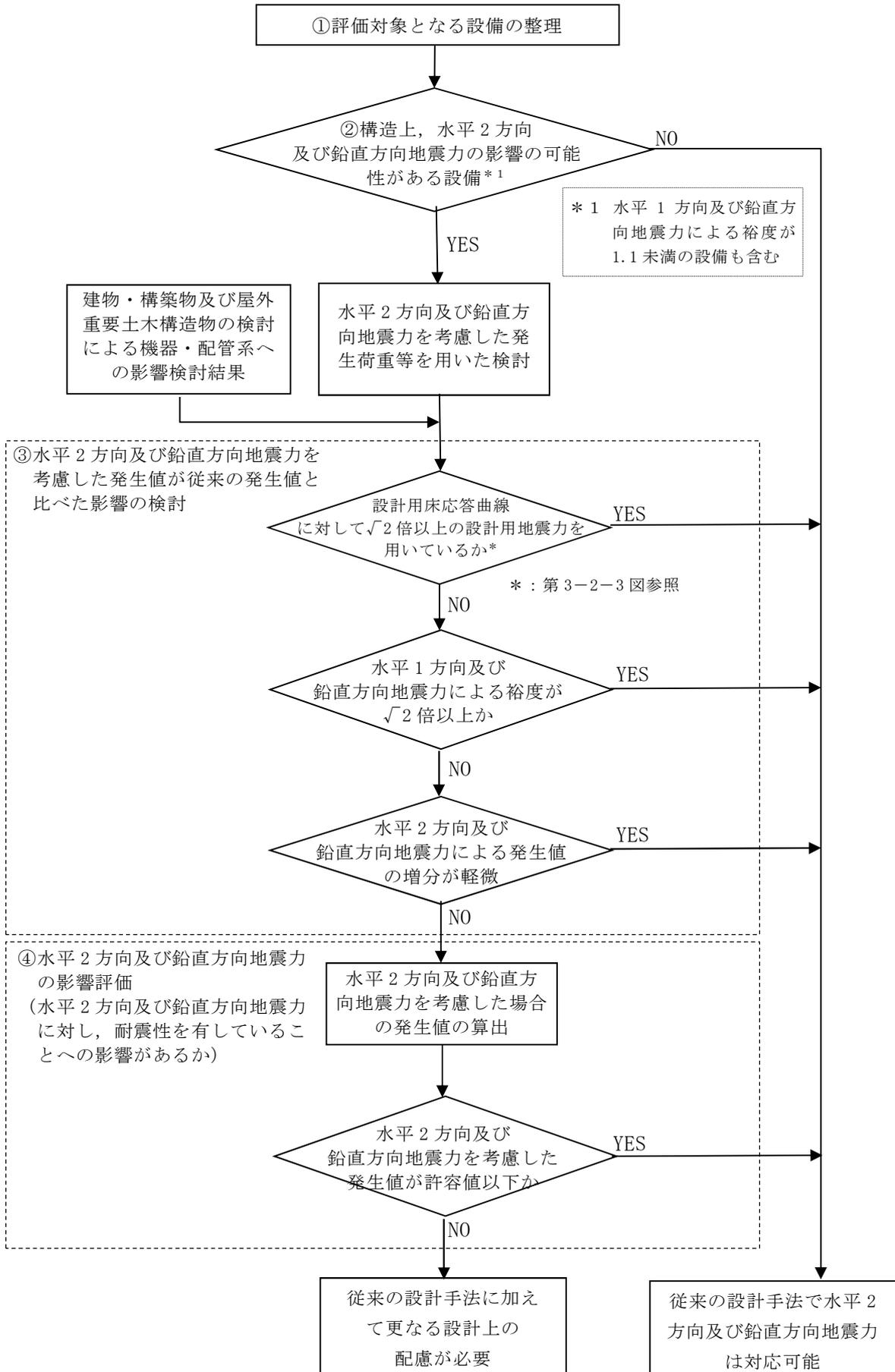
水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向の地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構築物の検討により、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。

影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする（第 3-2-2 図③）。

④ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて，設備の耐震性への影響を確認する（第 3-2-2 図④）。



第 3-2-2 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

3.2.4 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

評価対象設備を機種ごとに分類した結果を、第3-2-1表に示す。機種ごとに分類した設備の各評価部位、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水平2方向の地震力が重畳する観点より検討し、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

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畳した場合、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を抽出する。以下の場合、水平2方向の地震力により影響が軽微な設備であると整理した（別紙4.1参照）。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割程度以下となる機器を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の機器については個別に検討を行うこととする。

- a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの

横置き容器等は、水平2方向の地震力を想定した場合、水平1方向を拘束する構造であることや水平各方向で振動特性及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより、特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため、水平1方向の地震力しか負担しないものとして分類した

- b. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの

一様断面を有する容器類の胴板等は、水平2方向の地震力を想定した場合、それぞれの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから、最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。その他の設備についても同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。

- c. 水平 2 方向の地震力を組み合わせても水平 1 方向の地震による応力と同等と言えるもの

原子炉圧力容器スタビライザ及び格納容器スタビライザは、周方向 8 箇所を支持する構造で配置されており、水平 1 方向の地震力を 6 体で支持する設計としており、水平 2 方向の地震力を想定した場合、地震力を負担する部位が増え、また、最大反力を受けもつ部位が異なることで、水平 1 方向の地震力による荷重と水平 2 方向の地震力を想定した場合における荷重が同等になるものであり、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のものと分類した。

スタビライザと同様の支持方式を有するその他の設備についても、同様の理由から水平 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様のものと分類した。

- d. 従来評価において、水平 2 方向の考慮をした評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケット等は、従来評価において、水平 2 方向地震を考慮した評価を行っているため、水平 2 方向の影響を考慮しても影響がないものとして分類した。

(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優位な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている機器は、評価上有意なねじれ振動は生じない。

一方、3 次元的な広がりを持つ配管系等は、系全体として考えた場合、有意なねじれ振動が発生する可能性がある。しかし、水平方向とその直交方向が相関する振動が想定される設備は、従来設計より 3 次元のモデル化を行っており、その振動モードは適切に考慮した評価としているため、この観点から抽出される機器は無かった。

(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。

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備(部位)を対象とする。別紙4.4に対象の考え方を示し、別紙4.2表1に(1)及び(2)において抽出された設備のうち対象とした部位や応力分類の詳細を示す。水平2方向の地震力の組合せは米国 Regulatory Guidel.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮したSRSS法により組合せ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。算出の方法を以下に示す。

- ・従来の評価データを用いた簡易的な算出では、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみを組み合わせた後、地震以外による応力と組み合わせで算出する。
- ・設備(部位)によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、設計荷重が上記組合せによる発生値を上回ることを確認したものは、水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- ・応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。

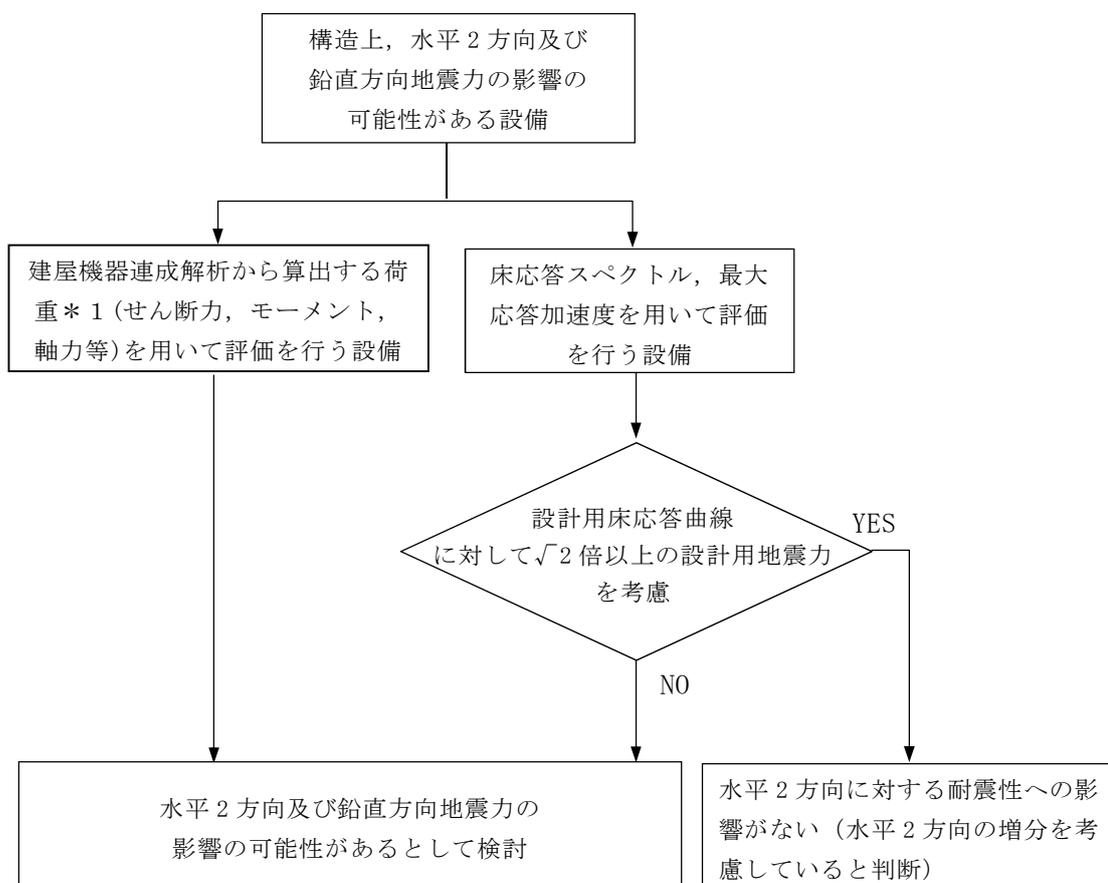
今回工認の耐震計算では、一部設備については、設計上の配慮として、建物・構築物、土木構造物及び建屋－機器連成解析モデルにおける地震応答解析から得られる最大応答加速度(ZPA)、設計用床応答曲線*に1.5倍した耐震評価条件(以下、本資料では「設計用地震力」という。)を用いている。水平2方向の地震力は、水平方向の地震力に対する方向性を踏まえれば、水平1方向の地震力を $\sqrt{2}$ 倍以上した地震力を耐震評価条件とすれば、水平2方向の地震力による増分を考慮したといえる。これより、**1.5倍した設計用地震力を適用した設備については、水平2方向及び鉛直方向による地震力に対する影響の懸念はないと整理する。**

一方、建屋－機器連成解析から算出する荷重(せん断力、モーメント、軸力等)を用いて評価を行う設備も1.5倍の地震力を耐震条件としているが、これは時刻歴応答解析

を適用することによる配慮（材料物性のばらつきの考慮）として 1.5 倍しているため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性があるととして検討を行う。

対応方針を第 3-2-3 図に示す。

*：添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における「3.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を用いた地震応答解析ケース（基本ケース）であり、材料物性のばらつき等の考慮として床応答曲線を周期軸方向に±10%拡幅している。



* 1：時刻歴応答解析を適用することによる配慮として 1.5 倍している。

第 3-2-3 図 設計用地震力の水平 2 方向に対する耐震性への影響判断フロー

3.2.5 建物・構築物及び屋外重要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

(追而)

3.2.6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.2.4(1)及び(2)による影響を整理した結果を別紙 4.2 に、3.2.4(3) による影響を整理した結果を別紙 4.3 に示す。なお、別紙 4.3 では、別紙 4.2 にて影響ありとされた設備、又は裕度が 1.1 未満の設備を抽出して記載しているが、応答軸が明確な設備、設計上の配慮として $\sqrt{2}$ 倍以上の設計用地震力を適用している設備については耐震性への影響が懸念されないものとして整理している。また、水平 2 方向の地震力を組み合わせる場合、発生応力は最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法では最大 $\sqrt{2}$ 倍、組合せ係数法で最大 1.4 倍となるため、裕度 (=許容値/発生値) が $\sqrt{2}$ 以上ある設備については、水平 2 方向の地震力による影響の評価は不要とし、別紙 4.3 には記載していない。

3.2.7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

別紙 4.2 におい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 (発生荷重, 発生応力, 応答加速度) を以下の方法により算出する。発生値の算出における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮した SRSS 法を適用する。

(1) 従来評価データを用いた算出

従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を用いて、以下の条件により水平 2 方向及び鉛直方向の地震力に対する発生値を算出することを基本とする。

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出している設備は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる水平 2 方向を考慮した発生値の算出を行う。

$$\text{水平 2 方向発生値} = \sqrt{(\text{NS 方向発生値})^2 + (\text{EW 方向発生値})^2 + (\text{UD 方向発生値})^2}$$

- ・水平 1 方向と鉛直方向の地震力を組合せた上で従来の発生値を各方向で算出してい

る設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。

水平2方向発生値

$$= \sqrt{(\text{NS} + \text{UD 方向地震力による発生値})^2 + (\text{EW} + \text{UD 方向地震力による発生値})^2}$$

- ・ 水平各方向を包絡した床応答曲線による地震力と鉛直方向の地震力を組み合わせた上で従来の発生値を算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向同一の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。

水平2方向発生値

$$= \sqrt{(\text{NS} + \text{UD 方向地震力による発生値})^2 + (\text{NS} + \text{UD 方向地震力による発生値})^2}$$

または、

$$= \sqrt{(\text{EW} + \text{UD 方向地震力による発生値})^2 + (\text{EW} + \text{UD 方向地震力による発生値})^2}$$

また、算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。

- ・ 発生値が地震以外の応力成分を含む場合、地震による応力成分と地震以外の応力成分を分けて算出する。
- ・ 建屋－機器連成解析において、1.5倍の地震力を用いて発生値を算出しており、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した際に発生値が増加する場合は、材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析ケースにて建屋－機器連成解析を行った結果を適用して発生値を算出する。

3.2.8 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

別紙 4.3 において、水平 2 方向での発生値の増分の影響が無視できないと整理した設備について、3.2.7 項の影響評価条件において算出した発生値に対して設備の耐震性への影響を確認する。評価した内容を設備（部位）毎に示し、その影響評価結果については重大事故等の状態も考慮した結果について別紙 4.4 に示す。

3.2.9 まとめ

機器・配管系において、水平 2 方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、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影響を評価した。その結果、従来設計の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足し、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

本影響評価は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により設備が有する耐震性への影響を確認することを目的としている。そのため、従来設計の発生値をそのまま用いて水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており、以下に示す保守側となる要因を含んでいる。

- ・鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分が重複されたまま水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出している。
- ・従来設計において水平各方向を包絡した床応答曲線を応答軸方向に入力している設備は各方向の大きい方の地震力が水平 2 方向に働くことを想定した発生値として算出している。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力については、機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

第3-2-1表 ①水平2方向入力の影響検討対象設備

| 設 備 | | 部 位 |
|--------------|-----------------|--|
| 炉心支持構造物 | 炉心シュラウド | 上部胴 下部胴 下部胴 |
| | シュラウドサポート | レグ シリンダプレート 下部胴 |
| | 上部格子板 | グリッドプレート |
| | 炉心支持板 | 補強ビーム 支持板 |
| | 燃料支持金具 | 中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具 |
| | 制御棒案内管 | 長手中央部 下部溶接部 |
| 原子炉压力容器 | 胴板 下鏡 | 鏡板 下鏡 下鏡と胴板の接合部 下鏡とスカートの接合部 |
| | 制御棒駆動機構ハウジング貫通部 | スタブチューブ ハウジング 下部鏡板リガメント |
| | 中性子計測ハウジング貫通部 | ハウジング |
| | ノズル | 各部位 |
| | ブラケット類 | 原子炉压力容器スタビライザブラケット スチームドライヤサポートブラケット 炉心スプレイブラケット 給水スパーチャブラケット |
| 原子炉压力容器支持構造物 | 原子炉压力容器支持スカート | スカート |
| | 原子炉压力容器基礎ボルト | 基礎ボルト |

| 設 備 | | 部 位 |
|------------------|---------------------|----------------------------|
| 原子炉圧力容器 付属構造物 | 原子炉圧力容器スタビライザ | 各部位 |
| | 原子炉格納容器スタビライザ | ボルト |
| | 制御棒駆動機構ハウジング支持金具 | レストレイントビーム ボルト |
| 原子炉圧力容器 内部構造物 | 蒸気乾燥器 | ユニットサポート 耐震用ブロック |
| | 気水分離器及びスタン ドパイプ | 各部位 |
| | シュラウドヘッド 中性子束案内管 | 各部位 |
| | スパージャ 炉内配管 | 各部位 |
| | ジェットポンプ | ライザ ディフューザ ライサブレース |
| | 貯蔵ラック (共通ベース含む) | ラック部材 基礎ボルト ラック取付ボルト |
| 乾式貯蔵容器 | 各部位 | |
| 四脚たて置き円筒形容器 | 胴板 | |
| | 脚 | |
| 横置円筒形容器 | 胴板 | |
| | 脚 | |
| | 基礎ボルト | |
| 立形ポンプ | コラムパイプ バレルケーシング | |
| | 基礎ボルト 取付ボルト | |
| ECCS ストレーナ | 各部位 | |

| 設 備 | | 部 位 |
|--|--|--|
| 横形ポンプ ポンプ駆動用タービン 海水ストレーナ 空調ファン 空調ユニット 空気圧縮機 | | 基礎ボルト 取付ボルト |
| 制御棒駆動機構 | | 各部位 |
| 水圧制御ユニット | | フレーム |
| | | 基礎ボルト |
| 平底たて置円筒容器 | | 胴板 |
| | | 基礎ボルト |
| 核計装設備 | | 各部位 |
| 伝送器（壁掛） | | 取付ボルト |
| 伝送器（円形吊下） | | 取付ボルト |
| 制御盤 | | 取付ボルト |
| 原子炉格納容器 | サプレッションチェン バ底部ライナ | ライナプレート リングガータ部 |
| | ドライウェル円錐部及 びサプレッションチェ ンバ円筒部シェル部及 びサンドクッション部 | 各部位 |
| | ドライウェルビームシ ート | 各部位 |
| | | ビームシート |
| | ドライウェル上部シア ラグ及びスタビライザ ドライウェル下部シア ラグ及びスタビライザ | 各部位 |
| | | 上部シアラグと格納容器胴との接合部 下部シアラグと格納容器胴との接合部 |
| | 機器搬入用ハッチ 所員用エアロック サプレッション・チェ ンバアクセスハッチ | 本体と補強板との接合部 補強板と格納容器胴一般部との接合部 |
| | 原子炉格納容器胴アン カー部 | 各部位 |
| | | コンクリート |
| | 配管貫通部 | 原子炉格納容器胴とスリーブとの接合 部 |
| 電気配線貫通部 | スリーブ付根部 | |
| | 補強板付根部 | |

| 設 備 | 部 位 |
|---------------------------------|------------------------|
| ダイヤフラムフロア | 基礎コンクリートスラブ |
| | 大梁 小梁 |
| | 柱 |
| | シアコネクタ |
| ベント管 | 上部 ブレイジング部 |
| 格納容器スプレイヘッド | スプレイ管部 ティー部 案内管部 |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | ブレース |
| | ベース取付溶接部 |
| ディーゼル発電機 | 基礎ボルト 取付ボルト |
| プレート式熱交換器 | 側板 |
| | 脚 |
| | 基礎ボルト |
| ラグ支持たて置き円筒形容器 | 胴板 |
| | 振れ止め シアラグ |
| | 取付ボルト |
| | |
| その他電源設備 | 取付ボルト |
| 配管本体, サポート (多質点梁モデル解析) | 配管, サポート |
| 矩形構造の架構設備 (静的触媒式水素再結合装置, 架台を含む) | 各部位 |
| 通信連絡設備 (アンテナ) | 基礎ボルト |
| 水位計 | 取付ボルト |
| 温度計 | 溶接部 |
| 監視カメラ | 取付ボルト |
| | 据付部材 |
| 貫通部止水処置 | シール材 |
| 浸水防止蓋 | 蓋 |
| | 基礎ボルト |
| 逆流防止逆止弁 | 各部位 |
| 原子炉ウェル遮へいプラグ | 本体 |
| 原子炉本体の基礎 | 円筒部 |
| | 中間スラブ |

| 設 備 | 部 位 |
|--------|---|
| | 下層円筒基部 |
| 燃料取替機 | 燃料取替機構造物フレーム ブリッジ脱線防止ラグ(本体) トロリ脱線防止ラグ(本体) 走行レール 横行レール |
| | ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト) トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト) |
| | 吊具 |
| 建屋クレーン | クレーン本体ガーダ |
| | 落下防止金具 |
| | トロリストッパ |
| | トロリ |
| | 吊具 |
| 原子炉遮蔽 | 一般胴部 |
| | 開口集中部 |

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果(構造強度)

| 設備 | 応答軸が明確か (補足説明資料3.2.4(3)項に 対応) ○: 応答軸が明確 ×: 応答軸が明確でない | 設計用地震力として√2倍 以上を考慮している。 ○: 考慮している。 ×: 考慮していない | 代表設備名 | 評価部位 | 応力分類 | 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (別紙4.1での整理) ○: 影響あり △: 影響無効 | | 水平1方向での評価 | | | 増分の判定 ○: 影響が無視 できない △: 影響が軽微 | 発生値 (水平2方向) の算出方法 |
|-----------------------------------|--|--|---------------------------------|---|-------------------|---|-----|----------------------|---|------|---------------------------------------|--|
| | | | | | | 発生値 | 許容値 | 裕度 (=許容値÷ 発生値) | 発生値 の増分 (=発生値×(水平2方 向)÷既在発生値(水 平1方向)) | | | |
| 原子炉圧 力容器 | × | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ①: 地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②: X・Y方向別々の応力をSRSS (地震・地震以外は 分離せず) ③: X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ ④: 設計地震力として√2倍以上を考慮 (発生値、裕度は既在から不変) ⑤: その他 (算出方法を記載) |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 原子炉圧力容器スタ ビライザ | ロッド | 引張応力 | △ | △ | 410 | 440 | 1.07 | 410 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料1にて増分がないことを確認 |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 原子炉格納容器スタ ビライザ | フランジボルト | 引張応力 | △ | △ | 509 | 534 | 1.04 | 509 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料2にて増分がないことを確認 |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 気水分離器及びスタ ンドバイブ | スタンドバイブ | 鉛直力 (単位: kN) | △ | △ | 614 | 626 | 1.01 | 501 | ④: 建屋—機器連成解析において係数1.5倍の地震力を用いてお り、その結果を用いて発生値を算出したが、材料物性のばらつ きを考慮し建屋—機器連成解析を行った結果を適用して算出した。 水平2方向の考慮は、別紙4.1 補足説明資料4での検討結果を踏ま え、水平1方向の結果を1.1倍し算出した。 |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 気水分離器及びスタ ンドバイブ | スタンドバイブ | 水平力 (単位: kN) | △ | △ | 3460 | 3530 | 1.02 | 3410 | ⑤: 建屋—機器連成解析において係数1.5倍の地震力を用いてお り、その結果を用いて発生値を算出したが、材料物性のばらつ きを考慮し建屋—機器連成解析を行った結果を適用して算出した。 水平2方向の考慮は、別紙4.1 補足説明資料4での検討結果を踏ま え、水平1方向の結果を1.1倍し算出した。 |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 気水分離器及びスタ ンドバイブ | スタンドバイブ | モーメント (単位: kN) | △ | △ | 9870 | 10000 | 1.01 | 9724 | ④: 建屋—機器連成解析において係数1.5倍の地震力を用いてお り、その結果を用いて発生値を算出したが、材料物性のばらつ きを考慮し建屋—機器連成解析を行った結果を適用して算出した。 水平2方向の考慮は、別紙4.1 補足説明資料4での検討結果を踏ま え、水平1方向の結果を1.1倍し算出した。 |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | シュラウドヘッド | シュラウドヘッド | 一次膜応力+一次曲 げ応力 | △ | △ | 187 | 254 | 1.35 | 208 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料4での検討結果を踏まえ、水平1方向の 結果を1.1倍し算出した。 |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 炉内配管 | 低圧炉心スプレ イ系配管 (原子炉圧力容器内部) | 一次一般膜応力 | ○ | ○ | 78 | 104 | 1.33 | 78 | ③: X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ |
| 原子炉圧 力容器内 部構造物 | × | × | 炉内配管 | 低圧炉心スプレ イ系配管 (原子炉圧力容器内部) | 一次膜応力+一次曲 げ応力 | ○ | ○ | 228 | 261 | 1.14 | 229 | ③: X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ |
| 使用済燃料貯蔵ラック (共通ベース含む) | ○ | × | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 立形ポンプ | × | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 原子炉格 納容器 | × | × | 円筒部 (中央部) | 円筒部 (中央部) | 一次一般膜応力 | △ | △ | 227 | 253 | 1.11 | 252 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料4での検討結果を踏まえ、水平1方向の 結果を1.1倍し算出した。 |
| 原子炉格 納容器 | × | × | 上部シアラグ及び タピライザ | シアラグ | 組合せ応力 | △ | △ | 254 | 275 | 1.08 | 254 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料1にて増分がないことを確認 |
| 原子炉格 納容器 | × | × | サブレーション・ チェンバア クセス ハッチ | サブレーション・ チェンバア クセス ハッチ (P6-3) | 一次+二次応力 疲労評価 | ○ | ○ | 668 | 393 | 0.58 | 742 | ③: X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ |
| ベント管 | × | × | ベント管 | ブレーシング部 | 一次膜応力+一次曲 げ応力 | △ | △ | 291 | 380 | 1.30 | 379 | ③: X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ |
| ベント管 | × | × | ベント管 | ブレーシング部 | 一次+二次応力 | △ | △ | 422 | 458 | 1.08 | 518 | ③: X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ |
| 配管本体、サ ポート (多 重点梁モ デル解析) | × | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 原子炉本体の基礎 | × | × | 脚部アンカー部 | アンカー定着部 | 定着力 | △ | △ | 1.070E+06 | 1.077E+06 | 1.00 | 9.73E+05 | ⑤: 水平2方向の地震力を考慮した場合、45°方向のアンカー一部の定 着力が最大となるため、45°方向のアンカー一部の水平1方向による定 着力を√2倍して算出 |
| 燃料取替機 | × | × | 燃料取替機 | 燃料取替機構造物フ レー | 曲げ応力 | △ | △ | 216 | 235 | 1.08 | 216 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料6にて増分がないことを確認 |
| 燃料取替機 | × | × | 燃料取替機 | 燃料取替機構造物フ レー | 組合せ応力 | △ | △ | 217 | 235 | 1.08 | 217 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料6にて増分がないことを確認 |
| 燃料取替機 | × | × | 燃料取替機 | 燃料取替機構造物フ レー | せん断応力 | △ | △ | 135 | 146 | 1.08 | 135 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料6にて増分がないことを確認 |
| 使用済燃料貯蔵建屋 クレーン | × | × | 使用済燃料貯蔵式貯蔵 建屋クレーン | ガダー | 組合せ応力 | △ | △ | 277 | 279 | 1.00 | 277 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料6にて増分がないことを確認 |
| 使用済燃料貯蔵建屋 クレーン | × | × | 使用済燃料貯蔵式貯蔵 建屋クレーン | 横行レール (溶接部) | せん断 | △ | △ | 154 | 160 | 1.03 | 154 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料6にて増分がないことを確認 |
| 原子炉遮 蔽 | × | × | 原子炉遮蔽 | 開口中部 | 組合せ応力 | △ | △ | 204 | 235 | 1.15 | 227 | ⑤: 別紙4.1 補足説明資料4での検討結果を踏まえ、水平1方向の 結果を1.1倍し算出した。 |

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果(動的機能維持)

| 設備 | 応答軸が明確か (補足説明資料3.2.4(3項)に 対応) ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない | 設計用地震力として√2倍以上を考慮 ○：考慮している。 ×：考慮していない | 代表設備名 | 評価部位 | 応力分類 | 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (別紙4.1での整理) ○：影響あり △：影響軽微 | | 水平1方向での評価 | | | 水平2方向での 評価 | | 増分の判定 ○：影響が無視 でき △：影響が軽微 | 発生値(水平2方向) の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②：X・Y方向別々の応力をSRSS(地震・地震以外は 分離せず) ③：X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震 以外の応力と足し合わせ ④：設計地震力として√2倍以上を考慮 |
|----------------|--|---|-------|------|------|---|----------------------|-----------|---|-----|---------------|---|-----------------------------------|---|
| | | | | | | 許容値 | 裕度 (=許容値÷ 発生値) | 発生値 | 発生値 (=発生値(水平2方 向)÷既往発生値(水 平1方向)) | 発生値 | 発生値 | | | |
| 立形ポンプ | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 構形ポンプ | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ポンプ駆動用タービン | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 立形機器用電動機 | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 構形機器用電動機 | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 空調ファン | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 非常用ディーゼル発電機 | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| (機器本体) | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 非常用ディーゼル発電機 | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| (ガバナ) | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 弁 | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 制御棒挿入性 | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 電気盤 | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 伝送器・指示計 | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 常設代替高圧電源装置 | ○ | × | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 水位計 | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 監視カメラ | × | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 通信連絡設備(アンテナ等類) | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

④水平2方向の地震による発生値と許容値の比較結果（構造強度）

| 設備 | 応答軸が明確か (補足説明資料3.2.4(3項)に 対応) ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない | 設計用地震力として√2倍以上を考慮 ○：考慮している。 ×：考慮していない | 代表設備名 | 評価部位 | 応力分類 | 水平1方向での評価 | | 水平2方向での評価 | | |
|----------------------|--|---|------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------|-------|-----------|----|--|
| | | | | | | 発生値 | 発生値*1 | 許容値 | 判定 | |
| 原子炉圧力 容器内部構 造物 | × | × | シュラウドヘッド | シュラウドヘッド | 一次一般膜＋一次曲げ応力 強さ | 187 | 208 | 254 | ○ | |
| 原子炉圧力 容器内部構 造物 | × | × | 炉内配管 | 低圧炉心スプレイス配管（原子 炉圧力容器内部） | 一次一般膜＋一次曲げ応力 強さ | 228 | 229 | 261 | ○ | |
| 原子炉格納 容器 | × | × | 円筒部（中央部） | 円筒部（中央部） | 一次一般膜応力強さ | 227 | 252 | 253 | ○ | |
| 原子炉格納 容器 | × | × | サブレーション・ チェンバアークセス ハッチ | サブレーション・チェンバアーク 胴と補強板との結合部（P6-3） | 一次＋二次応力強さ*2 疲労評価 | 668 | 742 | 393 | × | |
| ベント管 | × | × | ベント管 | ブレーション部 | 一次一般膜＋一次曲げ応力 強さ | 422 | 518 | 458 | × | |
| 原子炉遮蔽 | × | × | 原子炉遮蔽 | 開口集中部 | 疲労評価 | — | 0.112 | 1 | ○ | |
| | | | | | 組合せ応力 | 204 | 227 | 235 | ○ | |

*1：従来設計の発生値をそのまま用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており、以下に示す保守側となる要因を含んでいる。
 ・鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分が重複されたまま水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出している。
 ・従来設計において水平各方向を包絡した床応答曲線を応答軸方向に入力している設備は各方向の大きい方の地震力が水平2方向に働くことを想定した発生値として算出している。

*2：一次＋二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが、J E A G 4601・補-1984に基づいて評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。