

資料 1 - 1

泊発電所 3 号炉審査資料	
資料番号	DB04 r. 3. 20
提出年月日	令和5年6月22日

泊発電所 3 号炉

設置許可基準規則等への適合状況について
(設計基準対象施設等)

第4条 地震による損傷の防止

令和5年6月
北海道電力株式会社

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

●：追而

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

1. 概要

本資料は、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の方針について説明するものである。

2. 基本方針

施設の耐震設計では、設備の構造から地震力の方向に対して弱軸及び強軸を明確にし、地震力に対して配慮した構造としている。

今回、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから、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、施設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がある施設を評価対象施設として抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価対象は「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（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）」の第5条及び第50条に規定されている耐震重要施設及びその間接支持構造物、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施設とする。Bクラスの施設については、共振のおそれのあるものを評価対象とする。

評価に当たっては、施設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の影響を受ける部位を抽出し、その部位について水平2方向及び鉛直方向の荷重や応力を算出し、施設が有する耐震性への影響を確認する。

施設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。

3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 S_s ●を用いる。

ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動は、複数の基準地震動における地震動の特性及び包絡関係を施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。

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の影響評価方針

4.1 建物・構築物

4.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

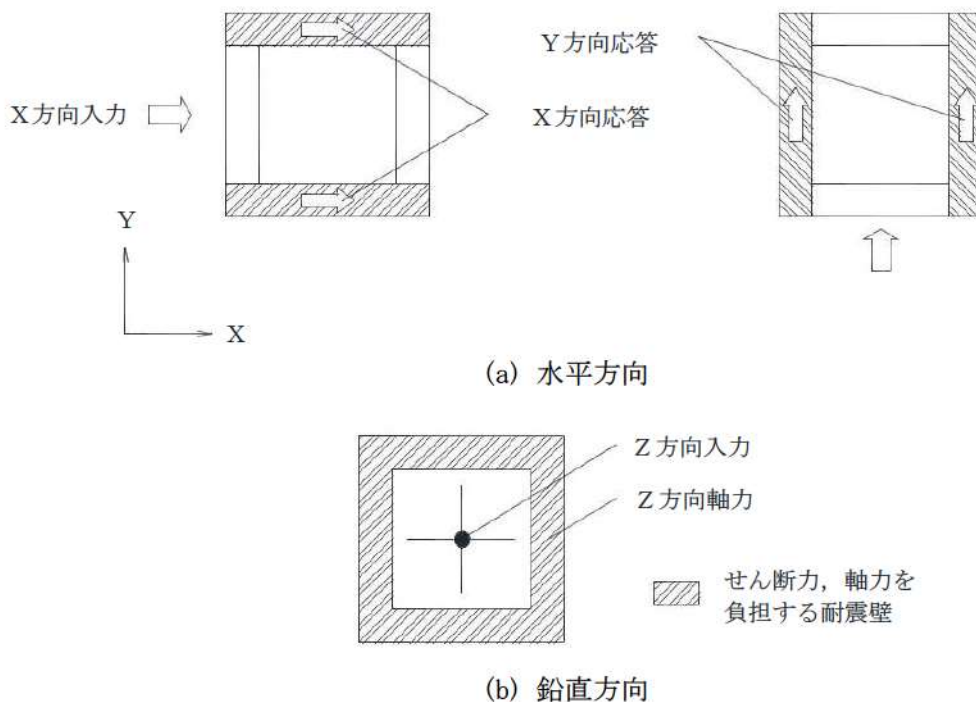
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、各水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルにそれぞれ方向ごとに入力し解析を行っている。また、発電用原子炉施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に作用するせん断力は、地震時に生じる力の流れが明解となるように、直交する2方向に鈎合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平2方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、建物・構築物に対し水平2方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に作用する軸力は、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、第5-1図に示す。

従来の設計手法における建物・構築物の応力解析による評価は、上記の考え方を踏まえた地震応答解析から算出された応答を水平1方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。



第5-1図 入力方向ごとの耐震要素

4.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、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施設の評価部位とする。

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある部位を抽出する。

応答特性から抽出された水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性がある部位は、従来の評価結果の荷重又は応力の算出結果等を水平2方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位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。

4.1.3 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

建物・構築物において、水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた従来の設計手法に対して、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耐震評価上の構成部位について、応答特性から抽出し、影響を評価する。影響評価のフローを第5-2図に示す。

(1) 影響評価部位の抽出

① 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

② 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、荷重の組合せによる応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

④ 三次元的な応答特性が想定される部位の抽出

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位のうち、三次元的な応答特性が想定される部位を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、三次元的な応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

⑤ 三次元有限要素法モデルによる精査

三次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、三次元有限要素法モデルを用いた精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、三次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、三次元有限要素法モデルによる精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する三次元有限要素法モデルによる精査は、施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、原子炉建屋について地震応答解析を行う。三次元有限要素法モデルの概要を第 5-3 図に示す。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果等を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide 1.92^(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) 等の最大応答の非同時性を考慮した地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

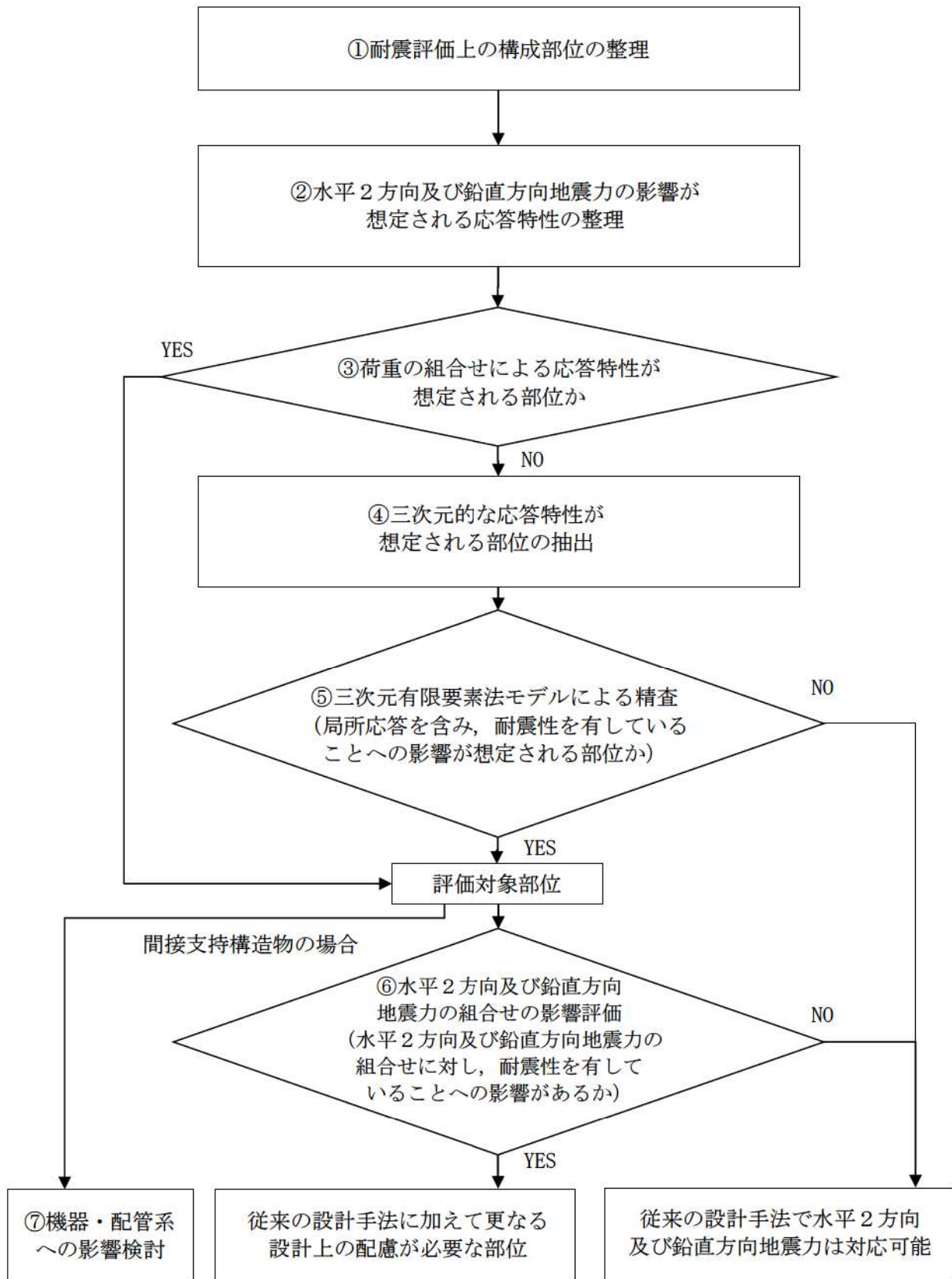
⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された部位が、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・配管系の間接支持機能を有する場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

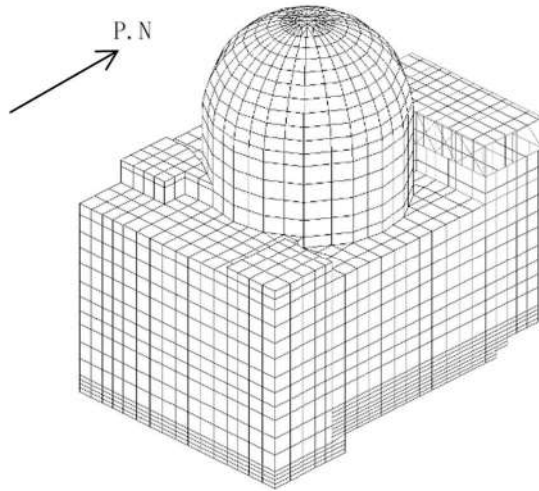
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、⑤の精査にて、建物・構築物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、三次元有限要素法モデルによる地震応答解析結果から、機器・配管系への影響の可能性が想定される部位について検討対象として抽出する。

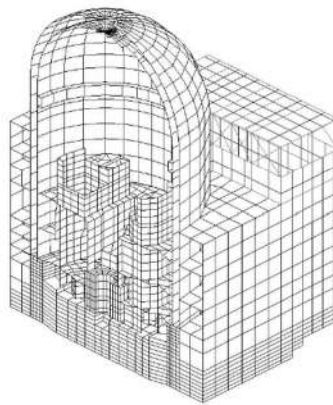
(注)Regulatory Guide (RG) 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”



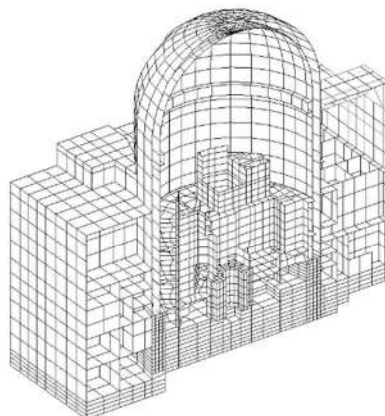
第 5-2 図 建物・構築物における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー



(a) 建屋全景



(b) EW 方向断面図



(c) NS 方向断面図

第 5-3 図 建屋三次元有限要素法モデル

4.2 機器・配管系

4.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向地震力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等、従来評価において保守的な取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三次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては、基本的に三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。

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等、水平方向の入力に対して配慮した設計としている。

4.2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ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とする。Bクラスの設備については、共振のおそれのあるものを評価対象とする。

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がある設備（部位）を抽出する。

構造上の特徴により影響の可能性がある設備（部位）は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ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の算出方法として、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方法又は新たな解析等により高度化した手法を用いることにより、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のない設備とし、評価対象には抽出せず、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場合もある。

4.2.3 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5-4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、現状の耐震評価が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で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、共振のおそれのあるBクラス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5-4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、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がある設備を抽出する。（第5-4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がある設備に対して、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。

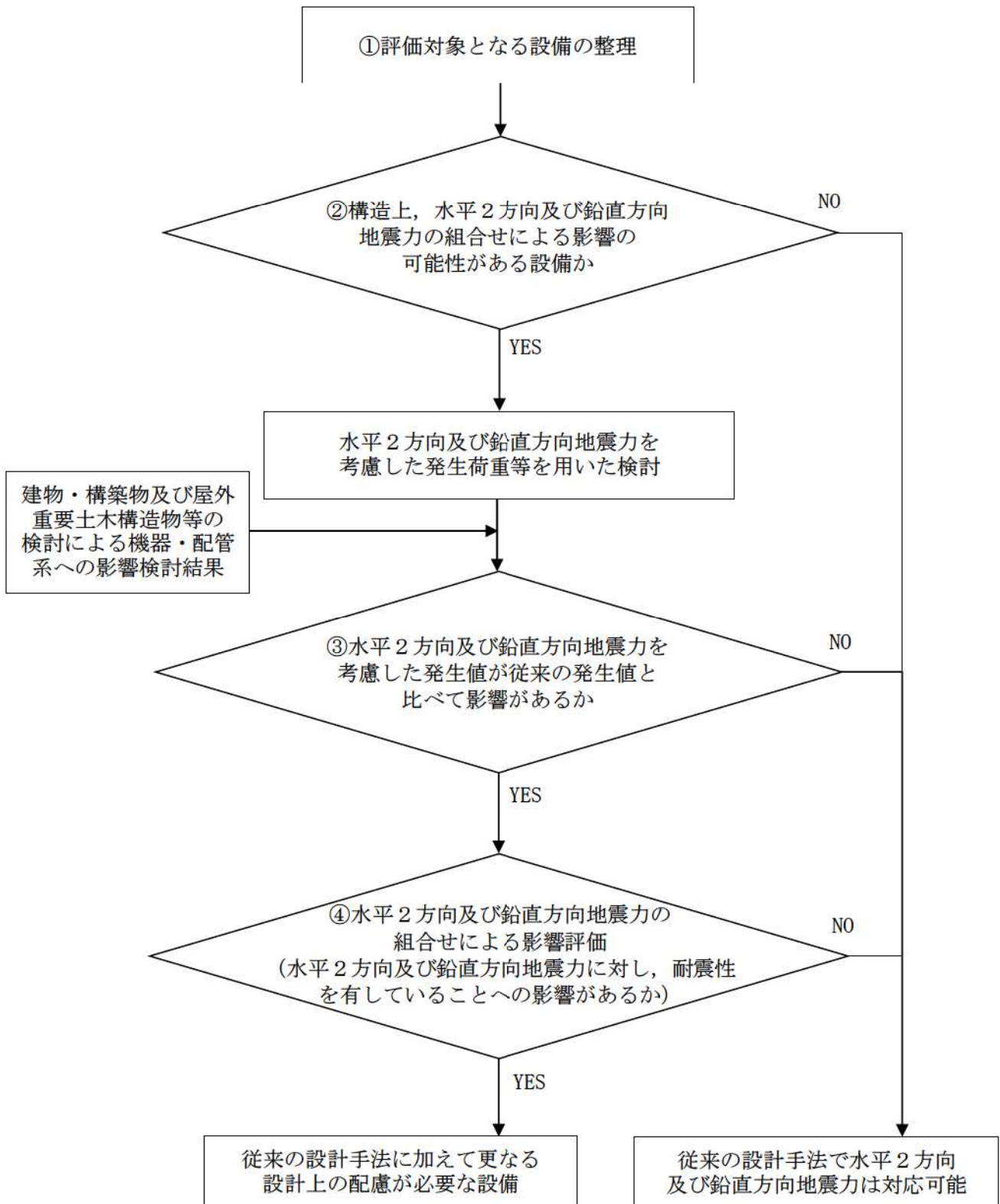
また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響

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 5-4 図③）

④ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認する。（第 5-4 図④）



第 5-4 図 機器・配管系における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

4.3 屋外重要土木構造物等

4.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

一般的な地上構造物では、躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し、屋外重要土木構造物等^(注)は、おおむね地中に埋設されているため、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。

屋外重要土木構造物等のうち、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有する構造物（以下「線状構造物」という。）は、三次元的な応答の影響は小さいため、二次元断面での耐震評価を実施している。

線状構造物の代表として、取水路を例として従来の設計手法の考え方を第5-1表に示す。線状構造物は、主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため、通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されることから、構造上の特徴として、明確な弱軸、強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来の設計手法では、弱軸方向を評価対象断面として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第5-5図に示すとおり、線状構造物に関する従来の設計手法では、構造上の特徴から、評価対象断面となる弱軸方向の地震荷重に対して、保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まない設計をしている。

一方、断面が奥行方向に一樣ではなく、妻壁や隔壁を有する三次元的な構造を耐震設計にて考慮すべき構造物（以下「箱型構造物」という。）では、三次元有限要素法モデルにより耐震評価を実施している。

箱型構造物の代表として、取水ピットポンプ室を例として従来の設計手法の考え方を第5-2表に示す。箱型構造物は、耐震設計上見込むことができる加振方向に平行な壁部材の配置や間隔から弱軸となる方向を評価対象としている。

第5-6図に示すとおり、複雑な形状を有する箱型構造物に対して、三次元有限要素法モデルを用いることにより、加振方向に平行な壁部材が地震時の応答に与える影響を考慮して耐震評価を実施している。

箱型構造物のうち取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室については、加振直交方向の構造物長さと同加振方向と平行に配置される壁の総厚の比より、縦断方向が強軸方向となることから、弱軸方向となる横断方向を評価対象として耐震評価を実施している。


箱型構造物のうち取水ピットスクリーン室については、横断方向に配置される壁部材は構造物南面の妻壁のみであるのに対し、縦断方向には側壁及び隔壁が多数設置されていることから、横断方向が弱軸となる。また、ほぼ同一の断面が縦断方向に連続しており、三次元的

な応答の影響は小さいことから、妻壁を耐震部材として見込まず、弱軸方向となる横断方向を評価対象として二次元断面での耐震評価を実施している。

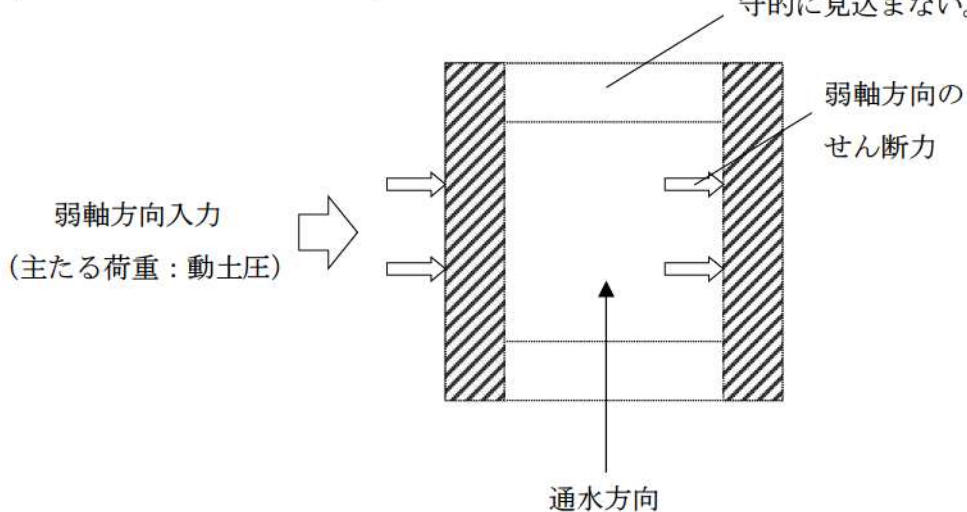
(注) 屋外重要土木構造物、重大事故等対処施設のうち土木構造物及び波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

第 5-1 表 従来の設計手法における評価対象断面の考え方（取水路の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来の設計手法における評価対象断面の考え方	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材がない</p>	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材及び隔壁を耐震設計上見込むことができる</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 横断方向は、加振方向に平行な壁部材がないため、弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができ、強軸方向にあたる。
	<ul style="list-style-type: none"> 強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさない。 弱軸方向を評価対象断面とする。 	

 せん断力を負担する構造部材

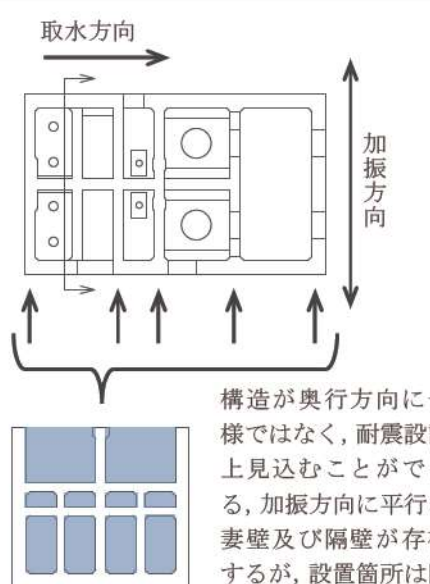
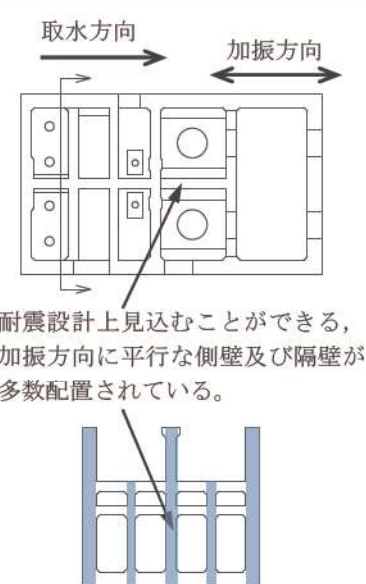
構造上、通水方向に垂直な構造部材はない又はある場合でも設計上保守的に見込まない。

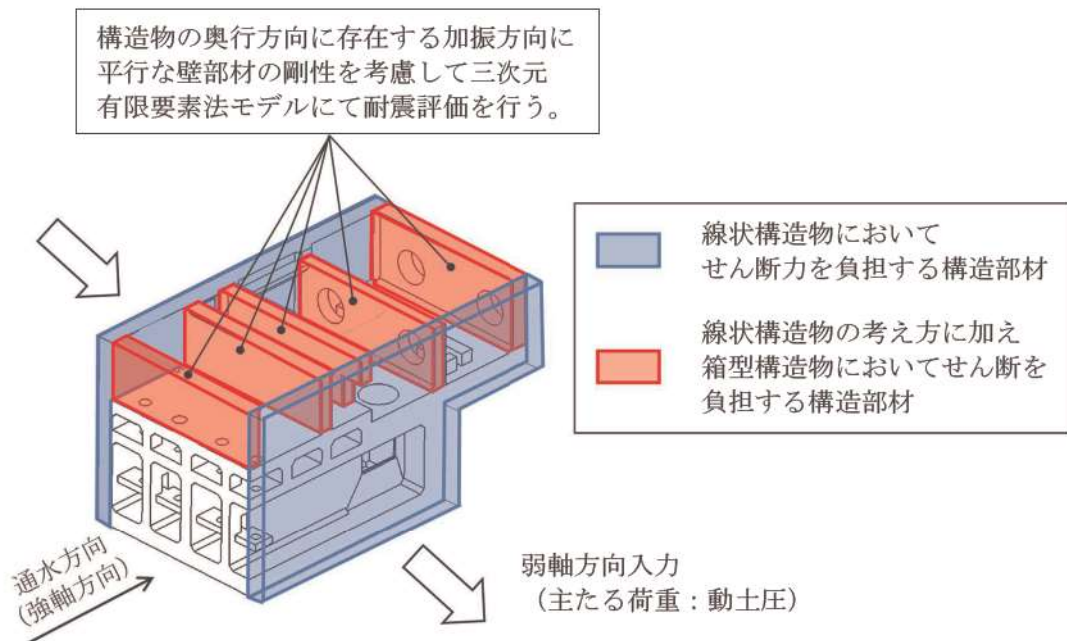


(注) 当該図は平面図を示す。

第 5-5 図 線状構造物に関する従来の設計手法の考え方

第 5-2 表 従来の設計手法における評価対象断面の考え方（取水ピットポンプ室の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来の設計手法における評価対象断面の考え方	 <p>構造が奥行方向に一樣ではなく、耐震設計上見込むことができる、加振方向に平行な妻壁及び隔壁が存在するが、設置箇所は限定される。</p>	 <p>耐震設計上見込むことができる、加振方向に平行な側壁及び隔壁が多数配置されている。</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 横断方向は、加振方向に平行な壁部材の設置箇所が限定されるため、弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁が多数配置されており、強軸方向にあたる。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 妻壁や隔壁を有する三次元的な構造を耐震設計にて考慮する。 ・ 耐震設計にて考慮する加振方向に平行な壁部材の配置や間隔等から、弱軸となる方向を評価対象とする。 	



第 5-6 図 箱型構造物に関する従来の設計手法の考え方（取水ピットポンプ室の例）

4.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室、原子炉補機冷却海水管ダクト、B1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ及び波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物（取水口上部に設置されているL型擁壁、分解ヤード、3号炉バックフィルコンクリート、構内排水設備、衝突防止工）とする。

屋外重要土木構造物等を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

箱型構造物（取水ピットスクリーン室を除く）は、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を耐震部材として考慮して三次元有限要素法モデルによる構造解析を実施している。これらの壁部材は、従来の設計手法では主たる荷重としては面内の荷重に抵抗していたが、水平2方向の地震力に対しては、面外荷重の影響も受けることになる。また、主に面外荷重に抵抗していた側壁等にも、直交する2方向の地震力の影響及び妻壁や隔壁の面外変形の影響が作用する。よって、箱型構造物については、加振方向に平行に配置された壁部材への影響等を確認するため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施することとする。

抽出された構造物については、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重を適切に組み合わせることで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる構造部材の発生応力等を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に用いる地震動は、評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に用いる基準地震動と位相の異なる地震動を用いることとする。

構造物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。

4.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ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構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを第5-7図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

屋外重要土木構造物等について、各構造物の構造上の特徴や従来の設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

② 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される構造形式を抽出する。

④ 従来の設計手法における評価対象断面以外の三次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

③で抽出されなかった構造形式について、従来の設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響により三次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤ 従来の設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来の設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重を適切に組み合わせるこ

とで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

評価手法については、屋外重要土木構造物等の構造形式を考慮して選定する。

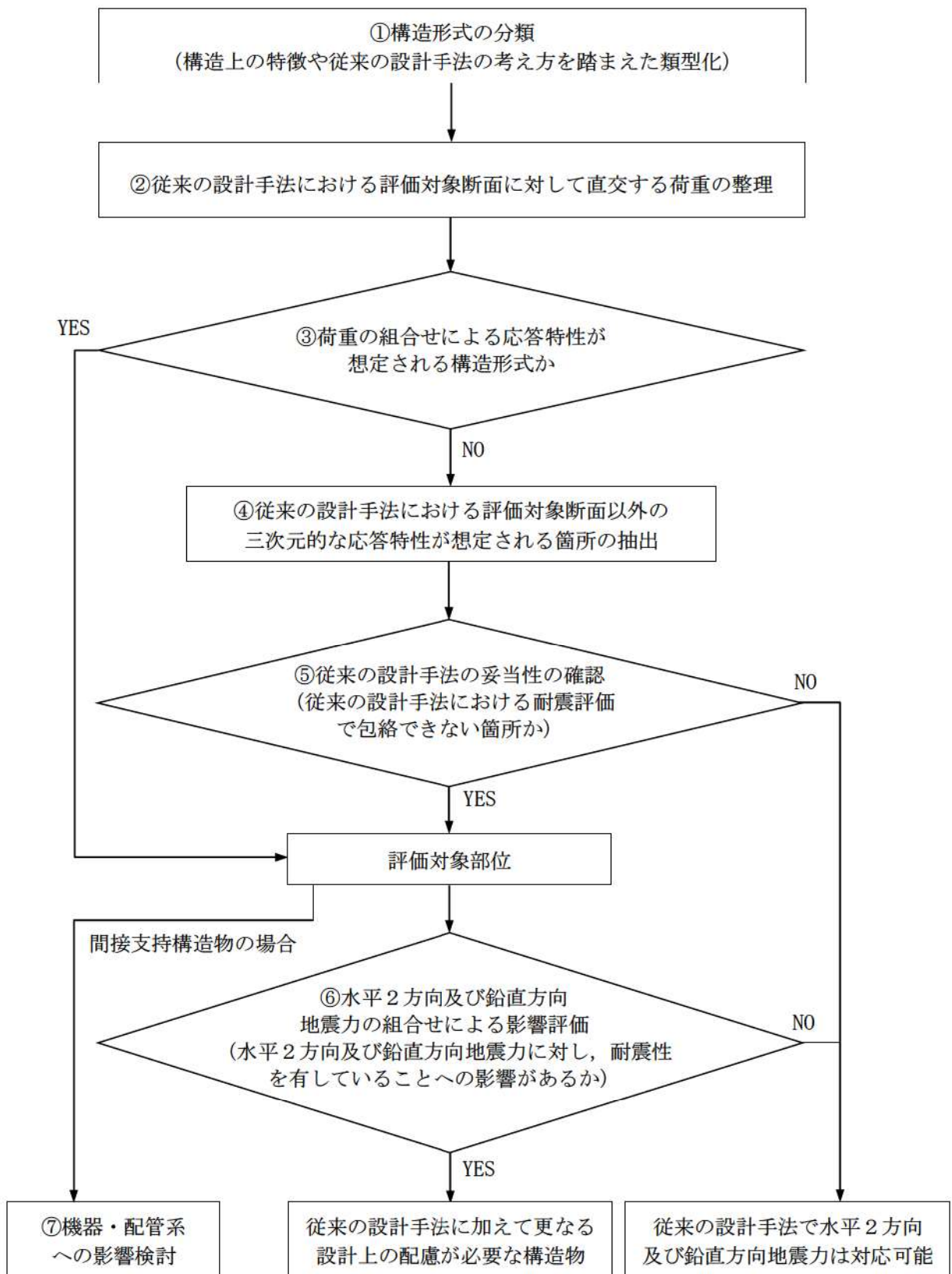
評価対象部位については、屋外重要土木構造物等が明確な弱軸・強軸を示し、地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し、従来の設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平2方向の影響の程度を踏まえて選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、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・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、屋外重要土木構造物等の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



第 5-7 図 屋外重要土木構造物等における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

4.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

4.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備は，「建物・構築物」，「機器・配管系」又は「屋外重要土木構造物等」に区分し設計をしていることから，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は，施設又は設備の区分に応じて「4.1 建物・構築物」，「4.2 機器・配管系」又は「4.3 屋外重要土木構造物等」の方針に基づいて実施する。

泊発電所 3 号炉

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ
に関する検討について

目 次

1. はじめに
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
 - 2.1 泊発電所の基準地震動
 - 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
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
 - 3.1 建物・構築物
 - 3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方
 - 3.1.2 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
 - 3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出
 - 3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果
 - 3.1.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 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の設計手法の考え方
 - 3.2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 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
 - 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
 - 3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出結果及び今後の評価方針
 - 3.3 屋外重要土木構造物等
 - 3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方
 - 3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法
 - 3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出
 - 3.3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果
 - 3.3.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価
 - 3.3.7 機器・配管系への影響評価
 - 3.4 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備
 - 3.4.1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備における評価対象構造物の抽出
 - 3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方
 - 3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 3.4.4 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
 - 3.4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出
 - 3.4.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4.7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

3.4.8 機器・配管系への影響評価

別紙3-1 機器・配管系に関する説明資料

参考資料1 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明

参考資料2 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する梁の力学的特性

参考資料3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価に用いる模擬地震波等の作成方針
(追而)

1. はじめに

今回、新たに水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから、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設計に対して、施設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、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

本資料は、検討対象施設における評価対象部位の抽出方法と抽出結果及び影響評価の方針について記すものである。なお、評価対象部位の抽出結果及び影響評価結果については、詳細設計段階で説明する。

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

2.1 泊発電所の基準地震動

追而

(基準地震動の審査を踏まえて記載する)

追而
(基準地震動の審査を踏まえて記載する)

第 2.1-1 図 基準地震動の応答スペクトル (水平方向)

追而

(基準地震動の審査を踏まえて記載する)

第2.1-2図 基準地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

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

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動は、複数の基準地震動における地震動の特性及び包絡関係と施設の特性による影響も考慮した上で選定し、本影響評価に用いる。

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

3.1 建物・構築物

3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

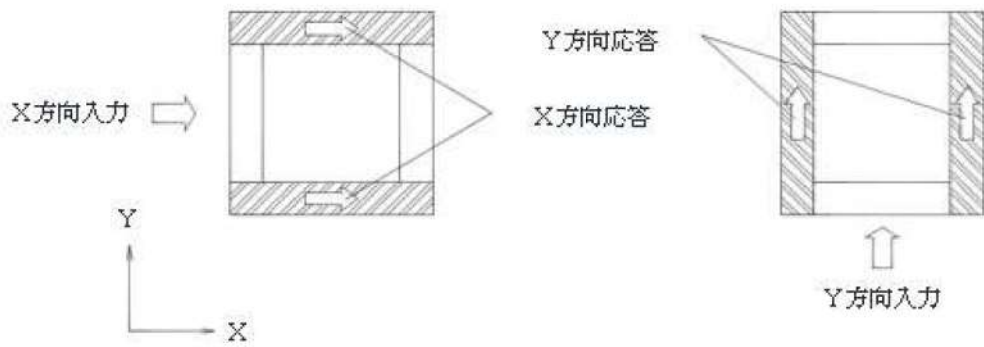
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルに方向ごとに入力し、解析を行っている。また、発電用原子炉施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に生じるせん断力に対して、地震時の力の流れが明解となるように、直交する2方向に釣合よく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平2方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、建物・構築物に対し、水平2方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に生じる軸力に対して、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、第3.1.1-1図及び第3.1.1-2図に示す。

従来の設計手法における建物・構築物の応力解析による評価は、上記の考え方を踏まえた地震応答解析から算出された応答を水平1方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。

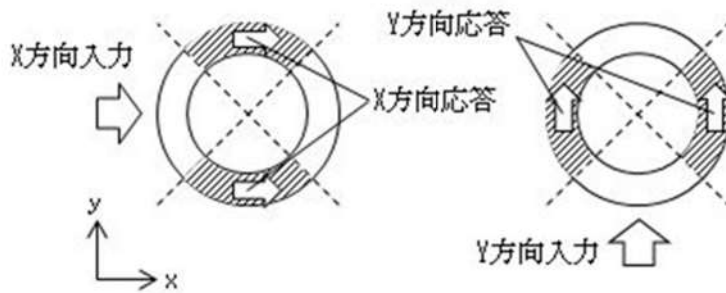


(a) 水平方向

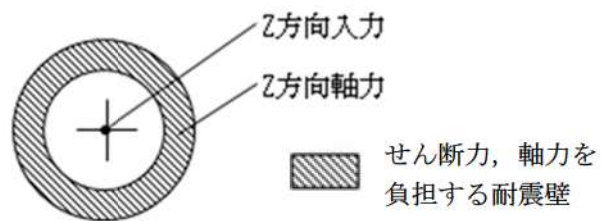


(b) 鉛直方向

第 3.1.1-1 図 入力方向ごとの耐震要素 (矩形)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第 3.1.1-2 図 入力方向ごとの耐震要素 (円筒形)

3.1.2 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

建物・構築物において、従来の設計手法に対して水平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部位の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、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部位とする。

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性から抽出された、水平2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部位は、既往の評価結果の荷重又は応力の算出結果等を水平2方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響があると確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たな設計上の対応策を講じる。

影響評価のフローを第3.1.2-1図に示す。

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建物・構築物において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理する。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び三次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理する。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性により、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(4) 三次元的な応答特性が想定される部位の抽出

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、三次元的な応答特性により、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(5) 三次元有限要素法モデルによる精査

三次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、三次元有限要素法モデルを用いた精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、三次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、三次元有限要素法モデルによる精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する三次元有限要素法モデルによる精査は、施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、原子炉建屋の三次元有限要素法モデルを用いた地震応答解析又は応力解析による精査を代表させて行う。

(6) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、従来の設計手法の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果等を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide 1.92^(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)等の最大応答の非同時性を考慮した地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位の耐震性への影響を評価する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

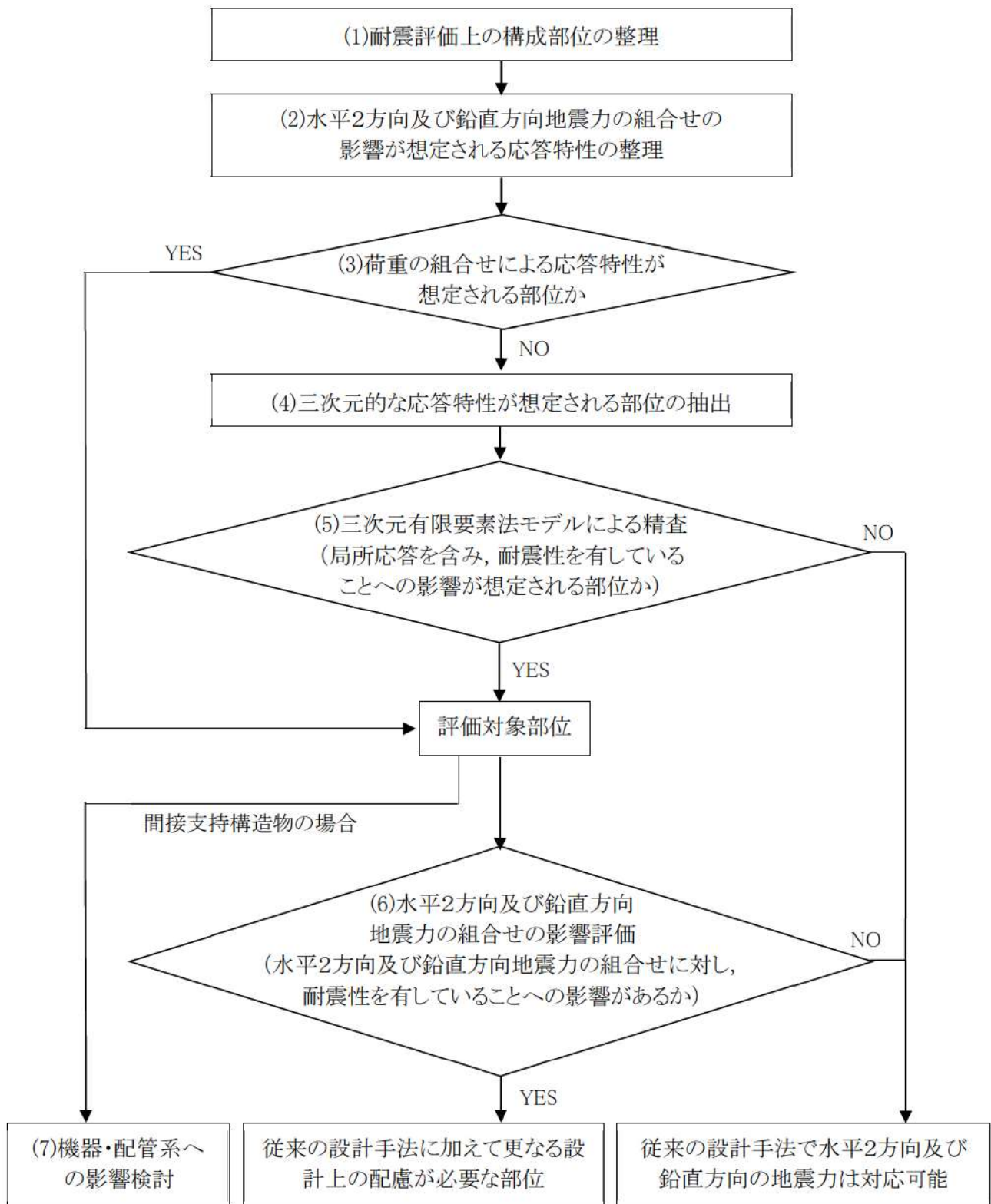
(7) 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された部位が、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・配管系の間接支持機能を有する場合、機器・配管系に対し、水平2方向及び鉛直方向入力時と水平1方向入力時の

加速度応答スペクトルを比較する等、応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、(5)の精査にて、建物・構築物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、三次元有限要素法モデルによる地震応答解析結果から、機器・配管系への影響の可能性が想定される部位について検討対象として抽出する。



第 3.1.2-1 図 建物・構築物における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、各建物・構築物において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第3.1.3-1表に示す。

第3.1.3-1表 建物・構築物における耐震評価上の構成部位の整理 (1/3)

耐震評価部位		原子炉建屋						
		外部遮へい 建屋	内部 コンク リート	燃料取扱棟・ 周辺補機棟	使用済燃料 ピット	燃料取替用水 ピット	補助給水 ピット	燃料取扱棟 (鉄骨部)
		RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	S造
柱	一般部	—	—	○	—	—	—	○
	隅部	—	—	○	—	—	—	○
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	—	—	—	—	○
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	○	○	○	—	—	—	—
	地下部 ピット部	—	—	○	○	○	○	—
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	—	○
床・屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	○
基礎	矩形	○						
	杭基礎	—						

凡例 ○：対象の構造部材あり
—：対象の部材なし

第 3.1.3-1 表 建物・構築物における耐震評価上の構成部位の整理 (2/3)

耐震評価部位		原子炉 補助建屋	ディーゼル 発電機建屋	A1, A2- 燃料油貯油槽 タンク室	B1, B2- 燃料油貯油槽 タンク室	緊急時 対策所	空調 上屋	燃料タンク (SA)室 (注)
		RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造
柱	一般部	○	○	—	—	—	—	—
	隅部	—	○	—	—	—	—	—
	地下部	○	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	○	○	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	○	○	—	—	○	○	—
	地下部 ピット部	○	○	○	○	—	—	○
	鉄骨ブ レース	—	—	—	—	—	—	—
床・ 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	○
基礎	矩形	○	○	○	○	○	○	○
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—

凡例 ○：対象の構造部材あり
—：対象の部材なし

(注) 今後設置予定の建物・構築物であり，設計計画を記載する。

第 3.1.3-1 表 建物・構築物における耐震評価上の構成部位の整理 (3/3)

耐震評価部位		電気建屋	出入管理 建屋	固体廃棄物 貯蔵庫	タービン 建屋	海水淡水化 設備建屋	循環水 ポンプ建屋
		RC 造	RC 造	RC 造	S造・RC 造	S造・RC 造	S造
柱	一般部	○	○	○	○	○	○
	隅部	○	○	—	○	○	○
	地下部	○	—	—	○	○	—
梁	一般部	○	○	○	○	○	○
	地下部	○	—	—	○	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	—	○	—	—
壁	一般部	○	○	○	—	—	—
	地下部 ピット部	○	—	—	○	○	—
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	○
床・屋根	一般部	○	○	○	○	○	○
基礎	矩形	—	—	—	—	—	—
	杭基礎	—	—	—	—	—	—

凡例 ○：対象の構造部材あり
—：対象の部材なし

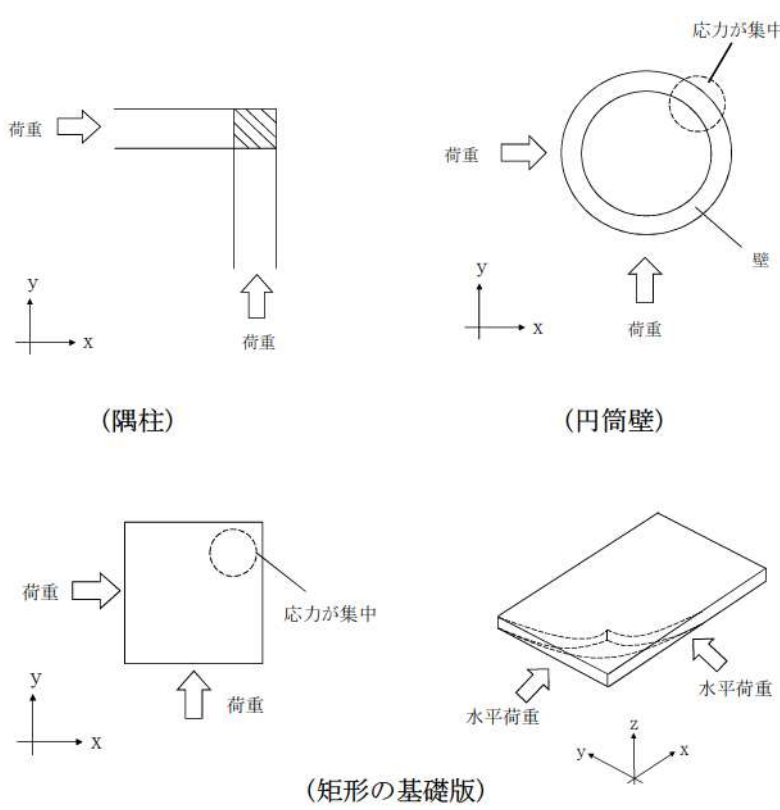
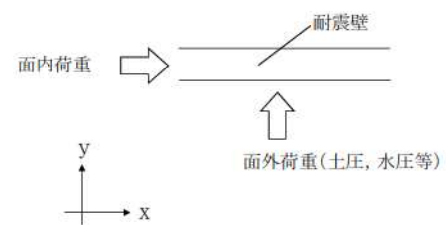
(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び三次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。

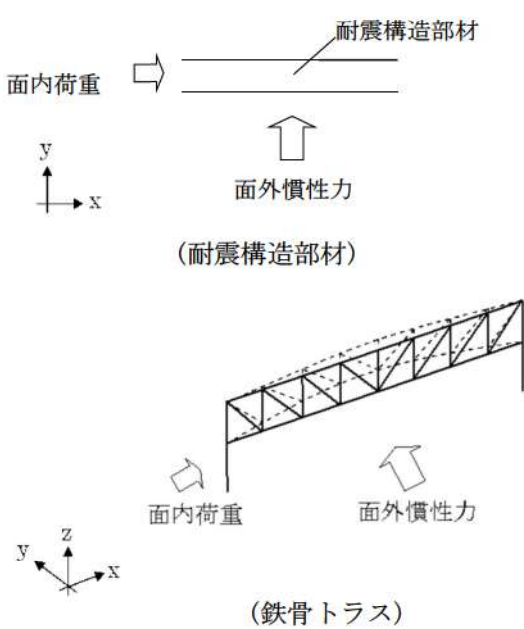
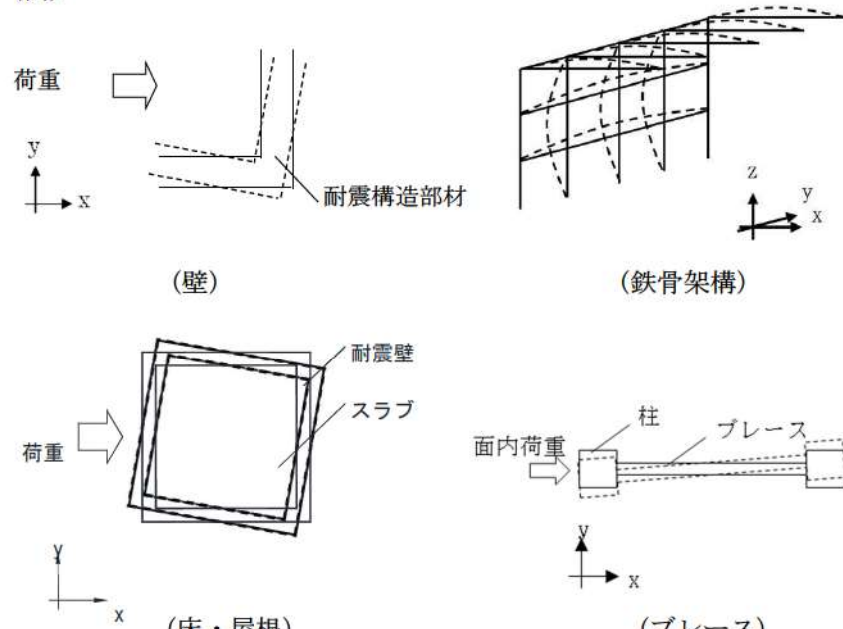
整理した結果を第3.1.3-2表及び第3.1.3-3表に示す。また、応答特性を踏まえ、耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力のを考え方を第3.1.3-4表に示す。

なお、本資料は、一般的に想定される形状を前提として記載しているものであり、詳細設計においては、構造図に基づき各建物・構築物の部位の実状を踏まえ検討を行う。

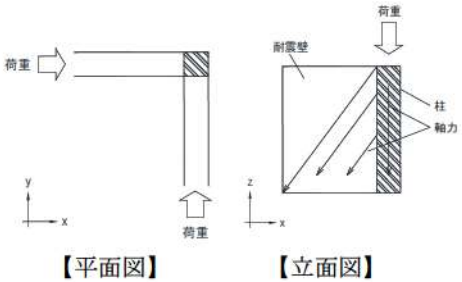
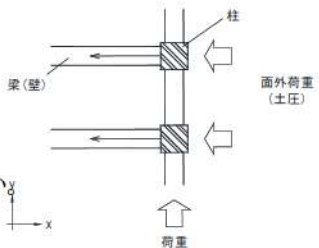
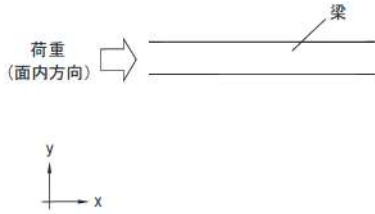
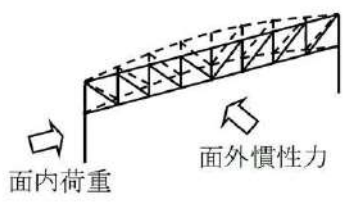
第3.1.3-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性
(荷重の組合せによる応答特性)

荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2方向の荷重 が、応力として 集中	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>(隅柱) (円筒壁) (矩形の基礎版)</p>
①-2	面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向 の荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するピット壁等 (例)</p>  <p>耐震壁 面内荷重 面外荷重(土圧, 水圧等)</p>

第 3.1.3-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性
(三次元的な応答特性)

三次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパンや吹き抜け部に設置された部位 (例)</p> 
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p> 

第3.1.3-4表 耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力のかえ方 (1/2)

耐震評価上の構成部材		水平2方向入力のかえ方
柱	一般部	耐震壁付構造の場合、水平入力による影響は小さい。
	隅部	<p>独立した隅柱は、直交する地震荷重が同時に作用する。ただし、耐震壁付の隅柱は、軸力が耐震壁に分散されることで影響は小さい。</p>  <p style="text-align: center;">【平面図】 【立面図】</p>
	地下部	<p>地下外周柱は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向（土圧）の荷重が作用する。ただし、外周部は耐震壁付のため、水平入力による影響は小さい。また、土圧が作用する方向にある梁及び壁が応力を負担することで、水平面外入力による影響は小さい。</p> 
梁	一般部	<p>大スパンや吹抜け部では面内方向の荷重に加え、面外慣性力が作用する。ただし、1方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、また、床及び壁の拘束により面外荷重負担による影響は小さい。</p> 
	地下部	<p>地下外周梁は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向（土圧）の荷重が作用する。ただし、1方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、また、床及び壁の拘束により面外荷重負担による影響は小さい。</p>
	鉄骨トラス	<p>大スパンや吹抜け部では面内方向の荷重に加え、面外慣性力が作用する。ただし、1方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、また、床及び壁の拘束があるため、面外荷重負担による影響は小さい。</p> 

第3.1.3-4表 耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力のかえ方 (2/2)

耐震評価上の構成部材		水平2方向入力のかえ方
壁	一般部	<p>1方向のみ地震荷重を負担することが基本。 円筒壁は直交する水平2方向の地震力により、集中応力が作用する。</p> <p>(円筒壁)</p>
	地下部 ピット部	<p>地下部分の耐震壁は、直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受ける。同様にピット部の壁については、水圧を面外方向から受ける。</p> <p>(耐震壁)</p>
	鉄骨 ブレース	<p>1方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、ねじれによる荷重増分は軽微と考えられ影響は小さい。</p>
床 屋根	一般部	<p>スラブは四辺が壁及び梁で拘束されており、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。</p> <p>(スラブ)</p>
基礎	矩形 杭基礎	<p>直交する水平2方向の地震力により、集中応力が作用する。</p> <p>(矩形基礎) (杭基礎)</p>

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第3.1.3-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第3.1.3-2表に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第3.1.3-5表に示す。

a. 柱

柱については、①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位として、隅部の柱（以下「隅柱」という。）が考えられる。

燃料取扱棟及び周辺補機棟、ディーゼル発電機建屋、電気建屋並びに出入管理建屋の隅柱は、耐震壁付きの隅柱であり、軸力が耐震壁に分散されることから、応力集中による影響は小さいと考えられるため、該当しない。

燃料取扱棟（鉄骨部）、タービン建屋、海水淡水化設備建屋及び循環水ポンプ建屋の隅柱を①-1の部位に該当するものとして抽出した。

①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、土圧が作用する地下部の外周柱が考えられるが、耐震壁に囲まれており、面内の荷重を負担しないことから、影響は小さいと考えられるため、該当しない。

b. 梁

梁の一般部及び鉄骨トラスについては、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、土圧が作用する地下部の外周梁が考えられるが、床及び壁による面外方向の拘束があるため、該当しない。

c. 壁

矩形の壁については、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

独立した円筒壁については、応力の集中が考えられるため、外部遮へい建屋を①-1の部位に該当するものとして抽出した。

①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、土圧や水圧が作用する地下部やピット部が考えられ、各建屋の地下部の外壁並びに使用済燃料ピット、燃料取替用水ピット及び補助給水ピットの壁を①-2の部位に該当するものとして抽出した。

d. 床及び屋根

床及び屋根については、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

また、①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位も存在しない。

e. 基礎

①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位として、矩形の基礎及び杭基礎が考えられる。

矩形の基礎を有する各建屋については、隅部への応力集中が考えられるため、①-1の部位に該当するものとして抽出した。

また、①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、基礎は該当しない。

第3.1.3-5表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング) (1/3)

耐震評価部位		原子炉建屋						
		外部遮へい 建屋	内部 コンク リート	燃料取扱棟・ 周辺補機棟	使用済 燃料 ピット	燃料取替用水 ピット	補助給水 ピット	燃料取扱棟 (鉄骨部)
		RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	S造
柱	一般部	—	—	該当なし	—	—	—	該当なし
	隅部	—	—	該当なし	—	—	—	①-1
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	—	—	—	—	該当なし
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	①-1	該当なし	該当なし	—	—	—	—
	地下部 ピット部	—	—	①-2	①-2	①-2	①-2	—
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	—	該当なし
床・屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	①-1						
	杭基礎	—						

凡例 「①-1」：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第3.1.3-5表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング) (2/3)

耐震評価部位		原子炉 補助建屋	ディーゼル 発電機建屋	A1, A2- 燃料油貯油槽 タンク室	B1, B2- 燃料油貯油槽 タンク室	緊急時 対策所	空調 上屋	燃料タンク (SA)室 (注)
		RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造
柱	一般部	該当なし	該当なし	—	—	—	—	—
	隅部	—	該当なし	—	—	—	—	—
	地下部	該当なし	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	該当なし	該当なし	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	該当なし	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	—
	地下部 ピット部	①-2	①-2	①-2	①-2	—	—	①-2
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	—	—
床・屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	①-1	①-1	①-1	①-1	①-1	①-1	①-1
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—

凡例 「①-1」：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

(注) 今後設置予定の建物・構築物であり、設計計画を記載する。

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第3.1.3-5表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニング) (3/3)

耐震評価部位		電気建屋	出入管理 建屋	固体廃棄物 貯蔵庫	タービン 建屋	海水淡水化 設備建屋	循環水 ポンプ建屋
		RC造	RC造	RC造	S造・RC造	S造	S造
柱	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
	隅部	該当なし	該当なし	—	①-1	①-1	①-1
	地下部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	—
梁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
	地下部	該当なし	—	—	該当なし	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	—	該当なし	—	—
壁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	—	—	—
	地下部 ピット部	①-2	—	—	①-2	①-2	—
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	該当なし
床・屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	—	—	—	—	—	—
	杭基礎	—	—	—	—	—	—

凡例 「①-1」：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

(4) 三次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第3.1.3-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、第3.1.3-3表に示す三次元的な応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第3.1.3-6表に示す。

a. 柱

(3)で抽出されている以外の各建屋の柱は、各部とも両方向に対して断面算定を実施しており、面外慣性力の影響も考慮済みであるため、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位には該当しない。

各建屋は、鉄筋コンクリート造耐震壁又は鉄骨造ブレースを主な耐震要素として扱っており、地震力のほとんどを耐震壁又はブレースが負担する。ねじれ振動の影響が想定される部位についても、ねじれを加味した構造計画を行っており、②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に関しても該当しない。

b. 梁

各建屋の梁一般部及び地下部は剛性の高い床や耐震壁が付帯し、面外方向の変形を抑制することから、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に関しては該当しない。

タービン建屋の鉄骨トラスは、上弦材を屋根床により拘束されており、面外方向への変形を抑制しているため、②-1及び②-2には該当しない。

また、一般部の梁については、大空間の吹き抜け（直交方向の拘束ばり及び床がない部位）があるものは、構面自体が面外慣性力によりはらみだすようなモードにより、面外方向に対して応力が発生する可能性があるが、吹き抜け部の梁は存在しないため、②-1に該当する部位は存在しない。

ただし、大スパンの梁を有し、下部にSクラスの施設である使用済燃料ピット等がある燃料取扱棟（鉄骨部）の鉄骨梁は三次元有限要素法モデルによる精査を行う。

c. 壁

(3)で抽出されている以外の各建屋の壁のうち燃料取扱棟及び周辺補機棟並びに原子炉補助建屋の一般部の壁については、複数スパンにまたがって直交する壁がなく、面内方向の荷重に加えて、面外慣性力の影響が大きいと考えられることから、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位に該当するものとして抽出した。

内部コンクリートの壁（一般部及び斜め部）については、ねじれの影響により加振方

向と直交する方向に付加的な力が発生し、壁の負担せん断力が1方向加振に比べて増える可能性があることから、②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に関して該当するものとして抽出した。

d. 床及び屋根

各建屋の床及び屋根については、釣合いよく壁が配置されているため、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に関しては該当しない。

ただし、外部遮へい建屋（ドーム部）については、下部構造物である外部遮へい建屋（円筒部）の三次元的挙動に伴う影響が考えられるため、三次元有限要素法モデルによる精査を行う。

e. 基礎

矩形の基礎は、(3)の荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニングで抽出されている。

第3.1.3-6表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(三次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング) (1/3)

耐震評価部位		原子炉建屋						
		外部遮へい 建屋	内部 コンク リート	燃料取扱棟・ 周辺補機棟	使用済燃料 ピット	燃料取替用水 ピット	補助給水 ピット	燃料取扱棟 (鉄骨部) ^(注2)
		RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	S造
柱	一般部	—	—	不要	—	—	—	不要
	隅部	—	—	不要	—	—	—	要①-1
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	—	—	—	—	不要
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	要①-1	②-2	②-1	—	—	—	—
	地下部 ピット部	—	—	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	—
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	—	不要
床・屋根	一般部	不要 ^(注1)	不要	不要	不要	不要	不要	不要
基礎	矩形	要①-1						
	杭基礎	—						

凡例 要 : 荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み

不要 : 評価不要

「①-1」: 応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」: 応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

「②-1」: 応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

「②-2」: 応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注1) 外部遮へい建屋(ドーム部)については、下部構造物である外部遮へい建屋(円筒部)の三次元的挙動に伴う影響が考えられるため、三次元有限要素法モデルによる精査を行う。

(注2) 燃料取扱棟(鉄骨部)については、大スパンの梁を有し、下部にSクラスの施設である使用済燃料ピット等があるため、三次元有限要素法モデルによる精査を行う。

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第3.1.3-6表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(三次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング) (2/3)

耐震評価部位		原子炉 補助建屋	ディーゼル 発電機建屋	A1, A2- 燃料油貯油槽 タンク室	B1, B2- 燃料油貯油槽 タンク室	緊急時 対策所	空調 上屋	燃料タンク (SA)室 (注)
		RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造
柱	一般部	不要	不要	—	—	—	—	—
	隅部	—	不要	—	—	—	—	—
	地下部	不要	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	不要	不要	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—
壁	一般部	②-1	不要	—	—	不要	不要	—
	地下部 ピット部	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	—	—	要①-2
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	—	—
床・屋根	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
基礎	矩形	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—

凡例 要 : 荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み

不要 : 評価不要

「①-1」: 応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」: 応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

「②-1」: 応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

「②-2」: 応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注) 今後設置予定の建物・構築物であり、設計計画を記載する。

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第3.1.3-6表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出
(三次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング) (3/3)

耐震評価部位		電気建屋	出入管理 建屋	固体廃棄物 貯蔵庫	タービン 建屋	海水淡水化 設備建屋	循環水 ポンプ建屋
		RC造	RC造	RC造	S造・RC造	S造	S造
柱	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	隅部	不要	不要	—	要①-1	要①-1	要①-1
	地下部	不要	—	—	不要	不要	—
梁	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	地下部	不要	—	—	不要	—	—
	鉄骨 トラス	—	—	—	不要	—	—
壁	一般部	不要	不要	不要	—	—	—
	地下部 ピット部	要①-2	—	—	要①-2	要①-2	—
	鉄骨 ブレース	—	—	—	—	—	不要
床・屋根	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要
基礎	矩形	—	—	—	—	—	—
	杭基礎	—	—	—	—	—	—

凡例 要 : 荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み

不要 : 評価不要

「①-1」: 応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」: 応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

「②-1」: 応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

「②-2」: 応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

(5) 三次元有限要素法モデルによる精査を行う部位

建物・構築物において、三次元的な応答特性が想定されるとして抽出した部位及び三次元有限要素法モデルによる精査を行う部位を第3.1.3-7表に示す。

また、各耐震評価部位の考え方について下記に示す。

- ・ 応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位については、複数スパンに渡って直交する壁がなく、重要な設備を多く内包する燃料取扱棟及び周辺補機棟の一般部の壁を対象に精査を行う。
- ・ 応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に関しては、内部コンクリートの壁（一般部及び斜め部）を対象に精査を行う。
- ・ 外部遮へい建屋（ドーム部）については、下部構造物である外部遮へい建屋（円筒部）の三次元的挙動に伴う影響が考えられるため精査を行う。
- ・ 燃料取扱棟（鉄骨部）については、大スパンの梁を有し、下部にSクラスの施設である使用済燃料ピット等があるため精査を行う。
- ・ 耐震評価部位全般に対して、局所的な応答について精査を行う。精査は、「3.1.2 (5) 三次元有限要素法モデルによる精査」に基づき、施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、原子炉建屋を代表として評価する。

第3.1.3-7表 三次元有限要素法モデルを用いた精査を行う部位

応答特性	耐震評価部位		建物・構築物 ^(注)	代表評価部位
②-1	壁	一般部	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>燃料取扱棟及び周辺補機棟</u> ・原子炉補助建屋 	重要な設備を多く内包する燃料取扱棟及び周辺補機棟の壁一般部を代表として評価する。
②-2			<ul style="list-style-type: none"> ・<u>内部コンクリート</u> 	—
外部遮へい建屋（円筒部）の三次元的挙動に伴う影響	床・屋根	一般部	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>外部遮へい建屋（ドーム部）</u> 	—
大スパンの建屋形状による三次元的な応答	鉄骨部		<ul style="list-style-type: none"> ・<u>燃料取扱棟（鉄骨部）</u> 	—
局所的な応答	耐震評価部位全般		<ul style="list-style-type: none"> ・<u>原子炉建屋</u> 	施設の重要性、建物規模及び構造特性を考慮し、原子炉建屋を代表として評価する。

凡例 「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

（注）下線部は評価する建物・構築物を示す。

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

(6) 三次元有限要素法モデルによる精査の方針

三次元有限要素法モデルによる精査を行う部位について、精査の方針を第3.1.3-8表に示す。

三次元有限要素法モデルによる精査方法として、水平2方向及び鉛直方向を同時入力時の応答の、水平1方向入力時の応答に対する増分が小さいことを確認する。評価に用いる地震動については、「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」に基づき、複数の基準地震動における地震動の特性及び包絡関係と施設の特性による影響も考慮した上で選定し、本影響評価に用いる。

第 3.1.3-8 表 三次元有限要素法モデルによる精査の方針

応答特性	耐震評価部位		建物・構築物	三次元有限要素法モデルを用いた精査方法	三次元有限要素法モデルを用いた精査結果
②-1	壁	一般部	・燃料取扱棟及び周辺補機棟	水平2方向及び鉛直方向入力時の応答の、水平1方向入力時の応答に対する増分が小さいことを確認する。	工認の補足説明資料で準備
②-2			・内部コンクリート	同上	
外部遮へい建屋（円筒部）の三次元的挙動に伴う影響	床・屋根	一般部	・外部遮へい建屋（ドーム部）	同上	同上
大スパンの建屋形状による三次元的な応答	鉄骨部		・燃料取扱棟（鉄骨部）	同上	同上
局所的な応答	耐震評価部位全般		・原子炉建屋	同上	同上

凡例 「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定されるとして抽出した部位を第3.1.4-1表に示す。

また、各耐震評価部位の代表評価部位の抽出方法について下記に示す。

(1) 応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位

柱（隅部）について、下部にSクラスの施設である使用済燃料ピット等がある燃料取扱棟（鉄骨部）の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

壁（一般部）について、外部遮へい建屋の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

基礎（矩形）について、対象建物・構築物の中で規模が比較的大きく、重要な設備を多く内包している原子炉建屋の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

(2) 応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位

壁（水圧・土圧作用部）について、対象建物・構築物の中で、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）の影響が大きいと考えられる使用済燃料ピットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

第3.1.4-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の確認が必要な部位

応答特性	耐震評価部位		対象建屋・構築物 ^(注)	代表評価部位
①-1	柱	隅部	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>燃料取扱棟（鉄骨部）</u> ・タービン建屋 ・海水淡水化設備建屋 ・循環水ポンプ建屋 	下部に使用済燃料ピット等がある燃料取扱棟（鉄骨部）の隅柱を代表として評価する。
	壁	一般部	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>外部遮へい建屋</u> 	—
	基礎	矩形	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>原子炉建屋</u> ・原子炉補助建屋 ・ディーゼル発電機建屋 ・A1, A2-燃料油貯油槽タンク室 ・B1, B2-燃料油貯油槽タンク室 ・緊急時対策所 ・空調上屋 ・燃料タンク（SA）室 	建屋規模が比較的大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の基礎を代表として評価する。
①-2	壁	地下部 ピット部	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>使用済燃料ピット</u> ・燃料取替用水ピット ・補助給水ピット ・燃料取扱棟及び周辺補機棟 ・原子炉補助建屋 ・ディーゼル発電機建屋 ・A1, A2-燃料油貯油槽タンク室 ・B1, B2-燃料油貯油槽タンク室 ・燃料タンク（SA）室 ・電気建屋 ・タービン建屋 ・海水淡水化設備建屋 	上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料ピットの壁を代表として評価する。

凡例 「①-1」：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

「①-2」：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

（注）下線部は評価する建物・構築物を示す。

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

3.1.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。評価に当たっては、従来の設計手法による各部位の解析モデル及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を用いることとする。評価に用いる地震動を第3.1.5-1表に示す。

また、影響評価は、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力する時刻歴応答解析による評価又は基準地震動の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)等の最大応答の非同時性を考慮した評価により実施する。

●：追而

第3.1.5-1表 評価に用いる地震動

耐震評価部位		対象建物・構築物	評価に用いる地震動
柱	隅部	燃料取扱棟（鉄骨部）	基準地震動 Ss●を用いることを基本とする。 なお、代表波による検討を実施する場合は、従来の手法による解析結果の値に対する許容値の割合が最も小さい地震動を選定する。
壁	一般部	外部遮へい建屋	同上
		使用済燃料ピット	同上
基礎	矩形	原子炉建屋	同上

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

3.2 機器・配管系

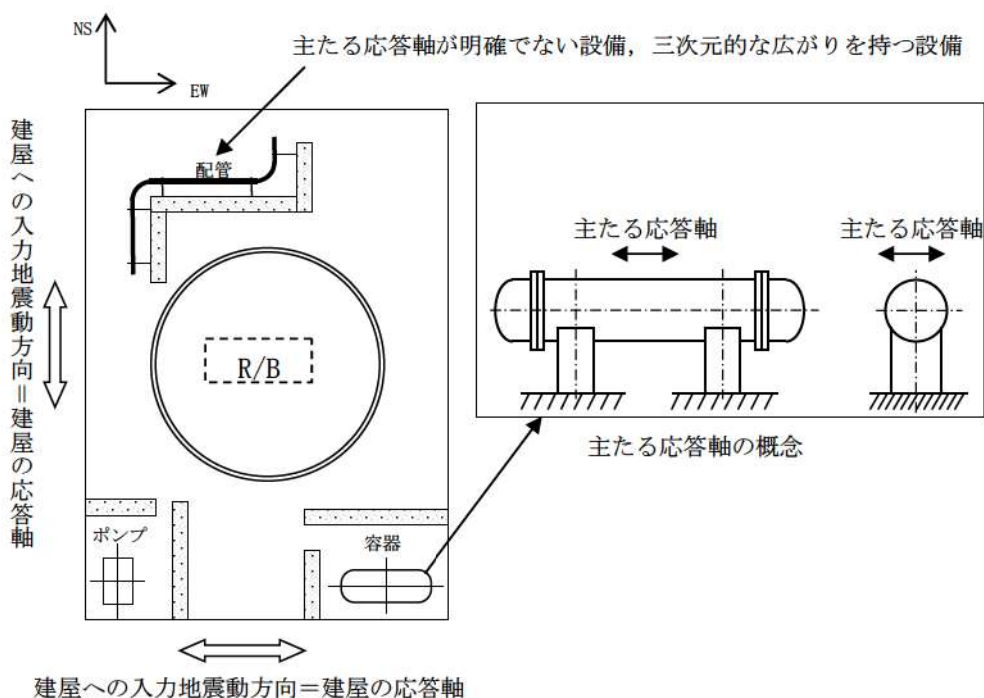
3.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向地震力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等、従来評価において保守的な取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三次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては、基本的に三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第3.2.1-1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等、水平方向の入力に対して配慮した設計としている。



第3.2.1-1図 設備配置及び応答軸の概念図

3.2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ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とする。また、Bクラス設備については共振のおそれのあるものを評価対象とする。

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の組合せ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の算出方法として、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方法又は新たな解析等により高度化した手法を用いることにより、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場合もある。

スロッシング評価については、水平2方向の影響が考えられることから、水平2方向による影響を確認する。なお、使用済燃料ピット等のスロッシングによる溢水量評価は、設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）に対する適合性（「補足説明資料 32 使用済燃料ピット等のスロッシング評価における保守性について」）に記載のとおり、水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合の溢水量を3方向同時入力によるスロッシング解析にて算出し、影響を確認している。

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 3.2.3-1 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、共振のおそれのある B クラス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 3.2.3-1 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、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がある設備を抽出する。(第 3.2.3-1 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がある設備に対して、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等の検討により、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。

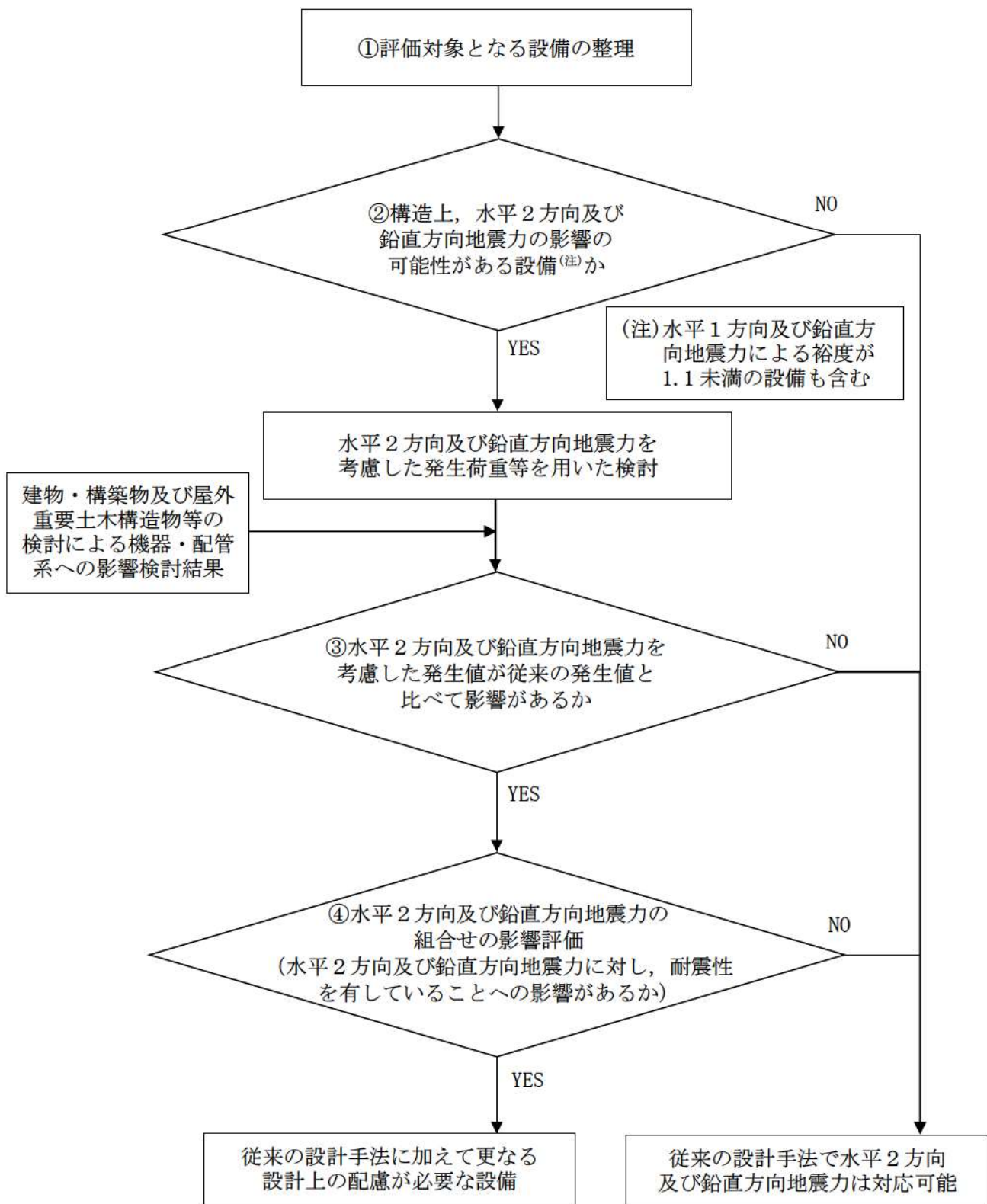
影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。(第 3.2.3-1 図③)

④ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

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 3.2.3-1 図④)

なお、現時点においては各機器の耐震性に関する詳細検討が完了していないことから、上記①及び②を実施し、今後、詳細設計段階にて③及び④を実施することとする。



第 3.2.3-1 図 機器・配管系における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

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3.2.4-1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。

なお、重大事故等対処施設等の一部については評価部位等を検討中であるため、設計が確定する詳細設計段階で抽出、影響評価を行う。

(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のある設備を抽出する。以下の場合、水平2方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した（別紙3-1参照）。

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、今後の詳細検討において水平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、個別に安全側となるように最大応答の非同時性を考慮したSRSS法、組合せ係数法、3軸時刻歴解析等の手法を用いて水平2方向の影響について検討を行うこととする。また、影響の分類基準としている1割の増分についても、詳細検討において必要に応じて見直しを検討することとする。

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

使用済燃料ラックのサポートや横置き容器等は、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いえるもの

加圧器上部サポートは、周方向4箇所を支持する構造で直交配置されており、水平1方向の地震力を2体で支持する設計としているため、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ることから水平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水平1方向の地震による応力と同等のものと分類した。

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水平1方向の地震による応力と同等のものと分類した。

- d. 従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの
燃料集合体等は、従来評価において、燃料集合体の体数が多く列内の空間が大きい場合である最大体数となる列を解析モデルとしており、燃料集合体の応答変位が保守的になるような配慮がなされていることから、水平2方向の地震力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有意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、三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モードが想定される設備は、従来設計より三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設備はなかった。

3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出結果及び今後の評価方針

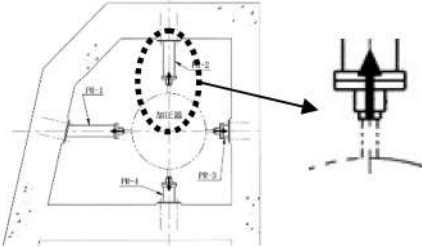
3.2.4で抽出した結果を別紙3-1に示す。これらの設備に関して、今後3.2.3③「発生値の増分による抽出」に記載の方法に従い、発生値の増分の観点から評価対象部位の抽出を行った上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の検討結果より、機器・配管系の耐震性への影響を与えると判断された設備についても同様に発生値の増分の観点から評価対象部位の抽出を行った上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (1/16)

設備		部位	応力分類
ループ廻りの主機本体	原子炉容器	各部位	一次一般膜応力
	蒸気発生器		一次膜応力+一次曲げ応力 ※引張, せん断を含む
	1次冷却材ポンプ		一次応力 (ねじり)
	1次冷却材管		一次+二次応力
		一次+二次+ピーク応力 (疲労)	
加圧器		各部位	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
			一次+二次+ピーク応力 (疲労)
主機サポート (埋込金物を含む)	原子炉容器	各部位	一次応力 (引張, せん断, 圧縮, 曲げ, 支圧, 組合せ)
	蒸気発生器		
	1次冷却材ポンプ		一次+二次応力 (座屈, 支圧)
	加圧器 (上部サポート以外)		

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (2/16)

設備	部位	応力分類
加圧器上部サポート (埋込金物を含む) 	各部位	一次応力 (せん断, 圧縮)
1 次冷却材ポンプ	ラジアル軸受	軸受荷重
	スラスト軸受	軸受荷重
蒸気発生器内部品	伝熱管	一次膜応力+一次曲げ応力
		一次一般膜応力
		一次+二次応力
		一次+二次+ピーク応力 (疲労)
	伝熱管以外	一次膜応力+一次曲げ応力
		一次一般膜応力
		一次+二次応力
		一次+二次+ピーク応力 (疲労)

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (3/16)

設備	部位	応力分類
炉心支持構造物	炉心槽, 炉心支持柱, 上部炉心支持板	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		平均支圧応力
	炉心板, 炉心支持板 (上部炉心支持板以外)	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
	炉内構造物	ラジアルサポート
一次膜応力+一次曲げ応力		
平均支圧応力		
制御棒クラスタ案内管		一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
熱遮へい体		一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		純せん断応力

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (4/16)

設備	部位	応力分類
制御棒駆動装置	制御棒駆動装置耐圧部	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		一次+二次応力
		一次+二次+ピーク応力 (疲労)
	制御棒駆動装置耐震サポートタイロッド	一次応力 (せん断)
		一次+二次応力 (せん断)
	原子炉容器蓋一体化構造物 (本体)	一次応力 (引張, せん断, 圧縮, 曲げ, 圧縮曲げ+圧縮, 引張曲げ-圧縮, 引張曲げ+引張, 圧縮曲げ-引張)
		一次+二次応力
燃料集合体	制御棒案内シンプル	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
	燃料被覆管	一次応力 (体積平均相当応力)
	支持格子	衝撃力

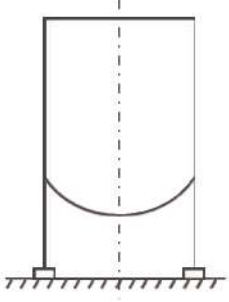
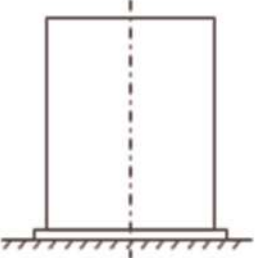
※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (5/16)

設備	部位	応力分類	
制御棒クラスタ	制御棒被覆管	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
	制御棒接合部	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
原子炉格納容器及び貫通部	本体 (各部位)	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
		純せん断応力	
		一次+二次応力	
	本体 (胴板)	座屈	
	貫通部 (取付部)	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
		一次+二次+ピーク応力 (疲労)	
	アニュラスシール	シール本体以外の各部位	引張, せん断, 圧縮, 曲げ, 組合せ
		シール本体	伸び

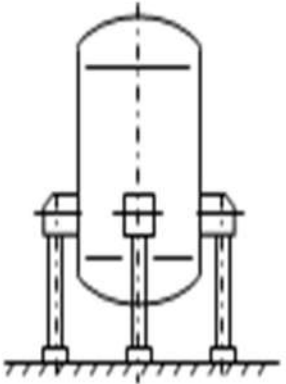
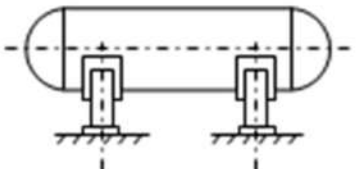
※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (6/16)

設備	部位	応力分類
スカート支持たて置円筒形容器 	胴板, スカート	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		座屈
	基礎ボルト	引張
		せん断
		組合せ
平底たて置円筒形容器 	胴板	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		座屈
	基礎ボルト	引張
		せん断
		組合せ

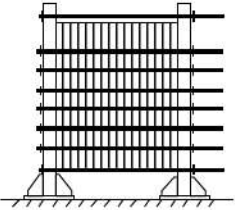
※本表は，詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (7/16)

設備	部位	応力分類	
四脚支持の容器 	胴板	一次応力	
		一次+二次応力	
	支持脚	組合せ	
		座屈	
	基礎ボルト	引張	
		せん断	
		組合せ	
	横置円筒形容器 	胴板	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
一次+二次応力			
支持脚		組合せ	
		座屈	
基礎ボルト		引張	
		せん断	
		組合せ	

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (8/16)

設備	部位	応力分類
<p>プレート式熱交換器</p> 	側板	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		組合せ一次
	脚	組合せ
	基礎ボルト, 取付ボルト	引張
		せん断
組合せ		
<p>横形ポンプ, 空調ファン, 空調ユニット ポンプ駆動用タービン, 横形機器用電動機, 制御用空気圧縮機</p>	基礎ボルト, 取付ボルト	引張
		せん断
		組合せ

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (9/16)

設備	部位	応力分類
立形ポンプ	ケーシング	一次一般膜応力
		一次応力
		一次+二次応力
	振れ止め押えボルト	圧縮
	吐出シエルボ	圧縮
		曲げ
		せん断
	電動機支え台	圧縮
		曲げ
		せん断
	振れ止め台	曲げ
		圧縮
	軸受	面圧
		軸受荷重
	基礎ボルト, 取付ボルト	引張
せん断		
組合せ		

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (10/16)

設備	部位	応力分類
電気盤 (自立)	基礎ボルト	引張
		せん断
		組合せ
	フレーム	一次応力 (引張, 曲げ, せん断, 圧縮, 組合せ)
	溶接部	組合せ
電気盤 (壁掛け)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
伝送器 (壁掛け)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
伝送器 (自立)	基礎溶接部	組合せ
	基礎ボルト	引張
		せん断
		組合せ
非常用ディーゼル機関・発電機	基礎ボルト, 取付ボルト	引張
		せん断
		組合せ

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (11/16)

設備	部位	応力分類
使用済燃料ラック	ラックセル	一次応力 (曲げ, せん断)
	サポート部	一次応力 (せん断, 支圧, 引張)
配管本体 (定ピッチスパン法)	直管配管 (水平)	一次応力 (曲げ応力含む)
	直管配管 (鉛直)	一次応力 (曲げ応力含む)
	曲り部 分岐部	一次応力 (曲げ応力含む)
配管本体, サポート (多質点梁モデル解析)	配管, サポート	一次応力 (曲げ応力含む)
		組合せ
配管本体 (多質点梁モデル解析)	配管	一次応力 (曲げ応力含む)
		一次+二次応力
		一次+二次+ピーク応力 (疲労)
格納容器再循環サンプスクリーン	各部位	一次応力 (組合せ, 引張, せん断)
1 号及び 2 号炉取水路流路縮工	各部位	各応力分類
1 号及び 2 号炉放水路逆流防止設備	各部位	各応力分類

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (12/16)

設備	部位	応力分類
屋外排水路逆流防止設備	扉体	曲げ
		せん断
		組合せ
	固定部	引張
		曲げ
		せん断
		支圧
		組合せ
	水密扉	各部位
貫通部止水処置	モルタル	せん断荷重
		圧縮荷重
浸水防止蓋	蓋	曲げ
		せん断
		組合せ
	基礎ボルト	引張
		せん断
		組合せ

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (13/16)

設備	部位	応力分類
津波監視カメラ	架台	組合せ
	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
潮位計	固定ボルト	引張
		せん断
		組合せ
取水ピット水位計	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
格納容器水素イグナイタ (壁掛け)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
	溶接部	組合せ

※本表は，詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (14/16)

設備	部位	応力分類
格納容器水素イグナイタ (吊下げ)	溶接部	組合せ
代替非常用発電機 (代替非常用発電機上に設置された設備 も含む)	転倒評価	応答変位
	取付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
	フレーム	組合せ
	胴板	一次応力
一次+二次応力		
通信連絡設備 (アンテナ類) (矩形床置)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
通信連絡設備 (アンテナ類) (壁掛け)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (15/16)

設備	部位	応力分類
使用済燃料ピット状態監視カメラ	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器	本体	一次応力
	取付ボルト, 接続ボルト	引張
		せん断
		組合せ
溶接部	組合せ	
使用済燃料ピット温度 (AM 用)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ
使用済燃料ピット水位 (AM 用)	据付ボルト	引張
		せん断
		組合せ

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (16/16)

設備	部位	応力分類
燃料タンク (SA)	各部位	各応力分類
クレーン類	転倒防止金具	一次応力 (曲げ, せん断, 組合せ)
耐火隔壁	支柱, 基礎ボルト	一次応力 (引張, 圧縮, せん断, 曲げ)
短形構造の架構設備	各部位	各応力分類
避雷針	避雷針ポール	組合せ
	ベースプレート	組合せ
	据付ボルト	引張
		せん断
	組合せ	
バースクリーン	各部位	各応力分類
弁配管点検用モノレール	各部位	各応力分類

※本表は, 詳細設計段階において細部を変更する可能性がある

3.3 屋外重要土木構造物等

3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

一般的な地上構造物では、躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し、屋外重要土木構造物等^(注)は、おおむね地中に埋設されているため、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。屋外重要土木構造物等のうち、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有する構造物（以下「線状構造物」という。）は、三次元的な応答の影響は小さいため、二次元断面での耐震評価を実施している。

線状構造物の代表として、取水路を例として従来の設計手法の考え方を第3.3.1-1表に示す。線状構造物は、主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため、通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されることから、構造上の特徴として、明確な弱軸、強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来の設計手法では、弱軸方向を評価対象断面として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第3.3.1-1図に示すとおり、線状構造物に関する従来の設計手法では、構造上の特徴から、評価対象断面となる弱軸方向の地震荷重に対して、保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まない設計をしている。

一方、断面が奥行方向に一樣ではなく、妻壁や隔壁を有する三次元的な構造を耐震設計にて考慮すべき構造物（以下「箱型構造物」という。）では、三次元有限要素法モデルにより耐震評価を実施している。

箱型構造物の代表として、取水ピットポンプ室を例として従来の設計手法の考え方を第3.3.1-2表に示す。箱型構造物は、耐震設計上見込むことができる加振方向に平行な壁部材の配置や間隔から弱軸となる方向を評価対象としている。

第3.3.1-2図に示すとおり、複雑な形状を有する箱型構造物に対して、三次元有限要素法モデルを用いることにより、加振方向に平行な壁部材が地震時の応答に与える影響を考慮して耐震評価を実施している。

箱型構造物のうち取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室については、加振直交方向の構造物長さと同様に加振方向と平行に配置される壁の総厚の比より、縦断方向が強軸方向となることから、弱軸方向となる横断方向を評価対象として耐震評価を実施している。

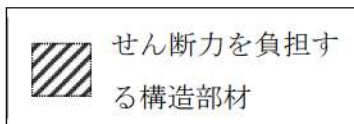
箱型構造物のうち取水ピットスクリーン室については、横断方向に配置される壁部材は構造物南面の妻壁のみであるのに対し、縦断方向には側壁及び隔壁が多数設置されていることから、横断方向が弱軸となる。また、ほぼ同一の断面が縦断方向に連続しており、三次元的な応答の影響は小さいことから、妻壁を耐震部材として見込まず、弱軸方向となる横断方向

を評価対象として二次元断面での耐震評価を実施している。

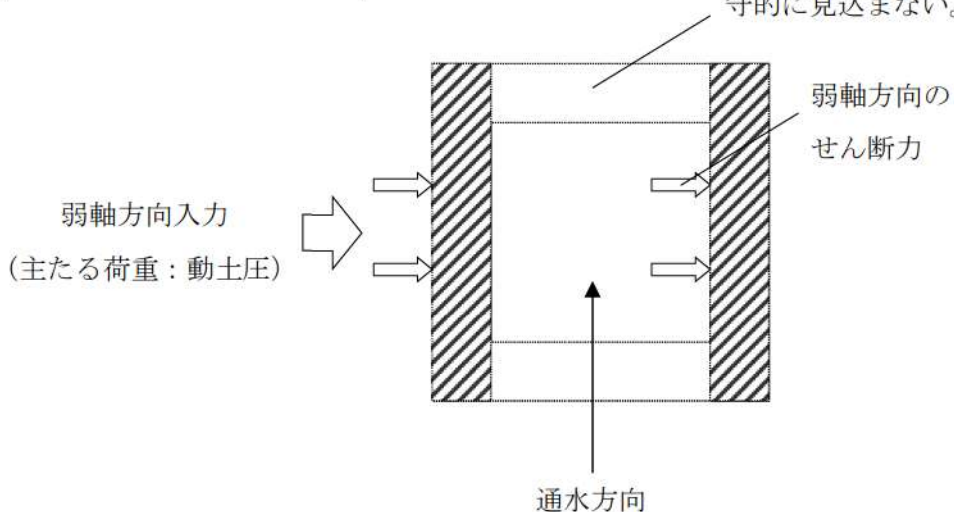
(注) 屋外重要土木構造物、重大事故等対処施設のうち土木構造物及び波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

第 3. 3. 1-1 表 従来の設計手法における評価対象断面の考え方（取水路の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来の設計手法における評価対象断面の考え方	<p>取水方向 →</p> <p>↑ 加振方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材がない</p>	<p>取水方向 → ← 加振方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材及び隔壁を耐震設計上見込むことができる</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 横断方向は、加振方向に平行な壁部材がないため、弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができ、強軸方向にあたる。
<ul style="list-style-type: none"> ・ 強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさない。 ・ 弱軸方向を評価対象断面とする。 		



構造上、通水方向に垂直な構造部材はない又はある場合でも設計上保守的に見込まない。

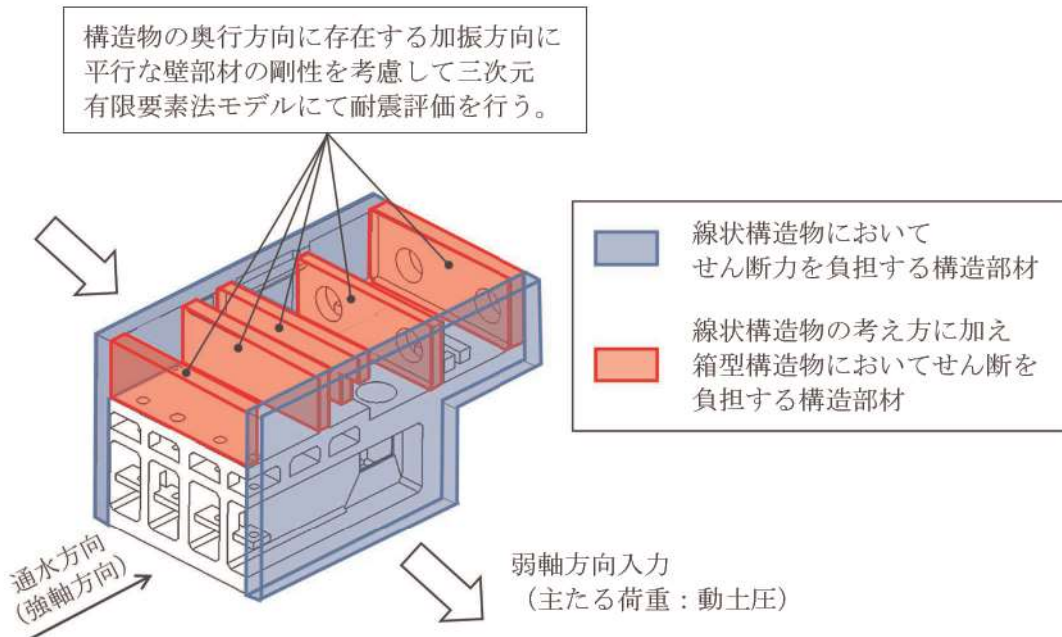


※ 当該図は平面図を示す。

第 3. 3. 1-1 図 線状構造物に関する従来の設計手法の考え方

第 3.3.1-2 表 従来の設計手法における評価対象断面の考え方（取水ピットポンプ室の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来の設計手法における評価対象断面の考え方	<p>構造が奥行方向に一樣ではなく、耐震設計上見込むことができる、加振方向に平行な妻壁及び隔壁が存在するが、設置箇所は限定される。</p>	<p>耐震設計上見込むことができる、加振方向に平行な側壁及び隔壁が多数配置されている。</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 横断方向は、加振方向に平行な壁部材の設置箇所が限定されるため、弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁が多数配置されており、強軸方向にあたる。
	<ul style="list-style-type: none"> 妻壁や隔壁を有する三次元的な構造を耐震設計にて考慮する。 耐震設計にて考慮する加振方向に平行な壁部材の配置や間隔等から、弱軸となる方向を評価対象とする。 	



第 3.3.1-2 図 箱型構造物に関する従来の設計手法の考え方（取水ピットポンプ室の例）

3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室、原子炉補機冷却海水管ダクト、B1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ及び波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物（取水口上部に設置されているL型擁壁、分解ヤード、3号炉バックフィルコンクリート、構内排水設備、衝突防止工）とする。

屋外重要土木構造物等を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

箱型構造物（取水ピットスクリーン室を除く）は、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を耐震部材として考慮して三次元有限要素法モデルによる構造解析を実施している。これらの壁部材は、従来の設計手法では主たる荷重としては面内の荷重に抵抗していたが、水平2方向の地震力に対しては、面外荷重の影響も受けることになる。また、主に面外荷重に抵抗していた側壁等にも、直交する2方向の地震力の影響及び妻壁や隔壁の面外変形の影響が作用する。よって、箱型構造物については、加振方向に平行に配置された壁部材への影響等を確認するため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施することとする。

抽出された構造物については、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重を適切に組み合わせることで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に用いる地震動は、評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に用いる基準地震動と位相の異なる地震動を用いることとする。

構造物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。

3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物等において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ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構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構

造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを第 3.3.3-1 図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

屋外重要土木構造物等について、各構造物の構造上の特徴や従来の設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

② 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される構造形式を抽出する。

④ 従来の設計手法における評価対象断面以外の三次元的な応答特性が想定される箇所
の抽出

③で抽出されなかった構造形式について、従来の設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響により三次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤ 従来の設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来の設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重を適切に組み合わせることで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

評価手法については、屋外重要土木構造物等の構造形式を考慮して選定する。

評価対象部位については、屋外重要土木構造物等が明確な弱軸・強軸を示し、地震時

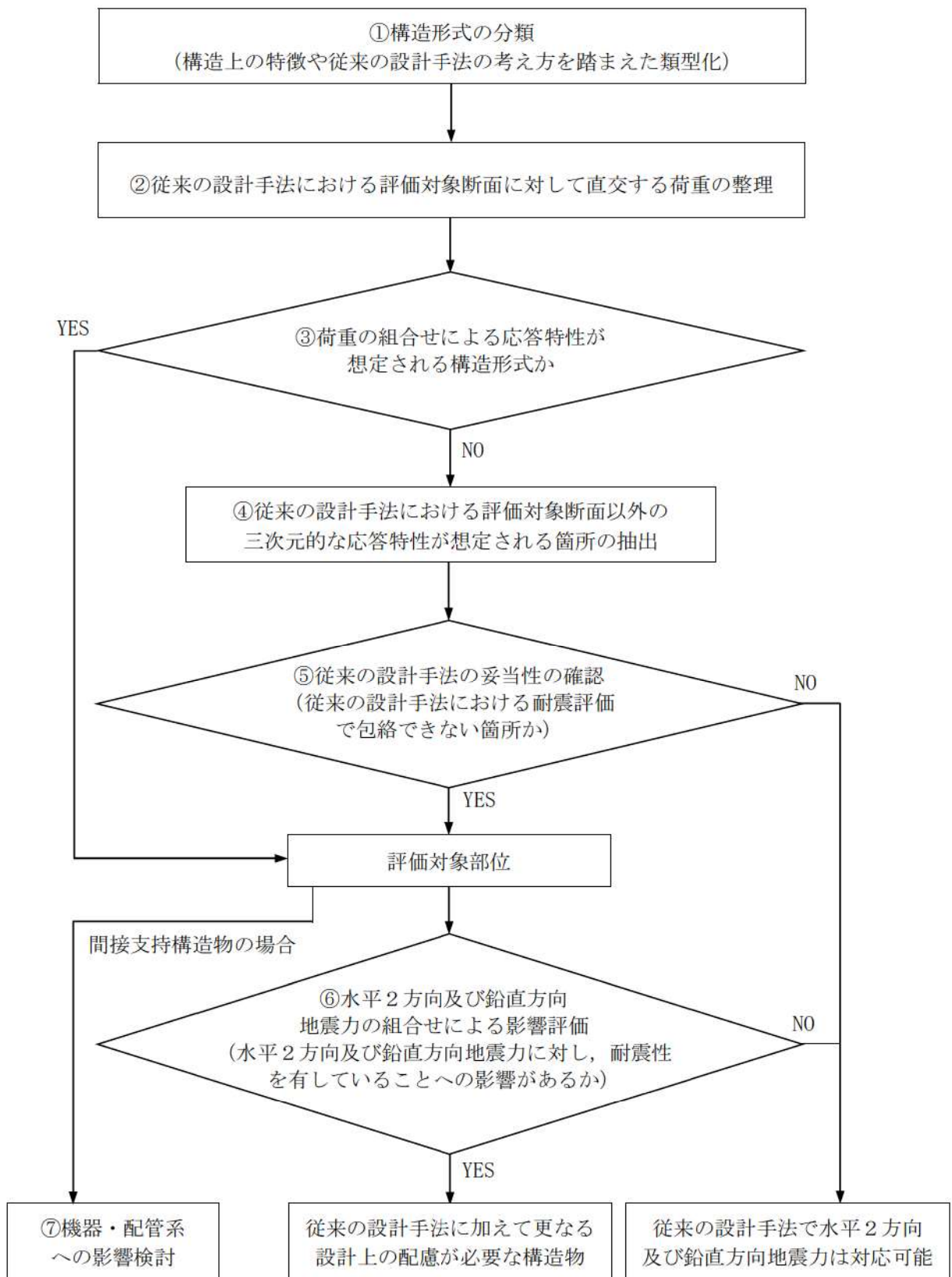
における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し、従来の設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平2方向の影響の程度を踏まえて選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、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・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、屋外重要土木構造物等の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



第 3.3.3-1 図 屋外重要土木構造物等における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

第3.3.4-1図に屋外重要土木構造物等の配置図を示す。屋外重要土木構造物等は、その構造形式より、①取水路、原子炉補機冷却海水管ダクト、B1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ、3号炉バックフィルコンクリートのように同一断面が連続する線状構造物、②取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室、構内排水設備（集水桝）のように加振方向に平行な妻壁や隔壁等の部材を有する箱型構造物、③取水口及びL型擁壁のような護岸構造物、④分解ヤードのような基礎構造物、⑤構内排水設備（排水管）のような管路構造物、⑥衝突防止工のような鋼管杭の6つの構造形式に大別される。



第3.3.4-1図 屋外重要土木構造物等配置図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別紙3-70

(2) 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第 3.3.4-1 表に、従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

第 3.3.4-1 表 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ
①動土圧及び動水圧	従来の設計手法における評価対象断面に対して, 平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	
②摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	
③慣性力	躯体に作用する慣性力	

※ 作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第 3.3.4-2 表に(1)で整理した構造形式ごとに(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

屋外重要土木構造物等の地震時の挙動は、屋外重要土木構造物等がおおむね地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。②摩擦力や③慣性力は、①動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、①動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

線状構造物及び護岸構造物については、その構造上の特徴として、妻壁等の評価対象断面に平行に配置される壁部材を有さない又は妻壁の面積が小さいことから、従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重は作用しない。ただし、第 3.3.4-2 図～第 3.3.4-4 図に示すとおり、取水路には水路上部に立坑が存在するため、立坑直下の水路には立坑を介して評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧が作用する。また、立坑にも評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧並びに②摩擦力が作用する。

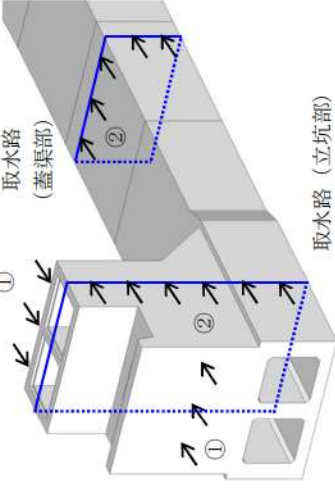
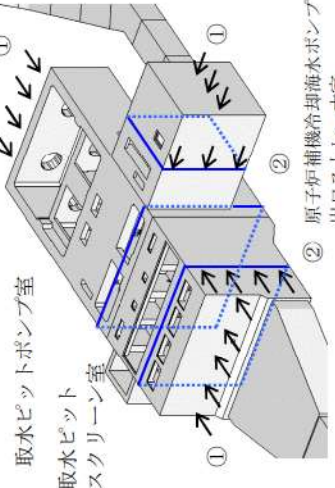
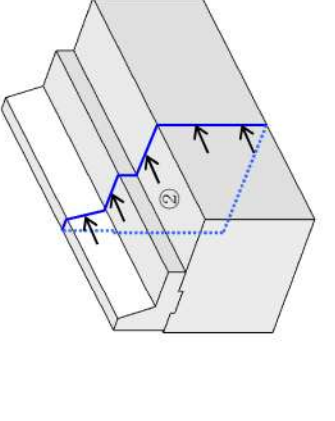
箱型構造物は、妻壁等の評価対象断面に平行に配置される壁部材が存在するため、直交する①動土圧及び動水圧が作用する。

基礎構造物及び鋼管杭は、評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧が作用する。

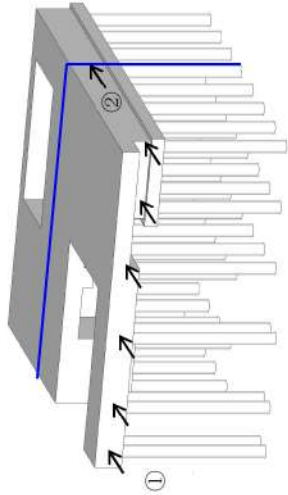
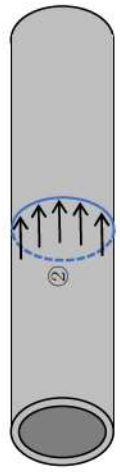
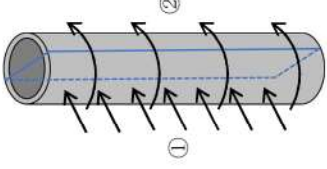
管路構造物は、その構造上の特徴として、妻壁等を有さない又は妻側（小口）の面積が小さいことから、従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧は作用しない。

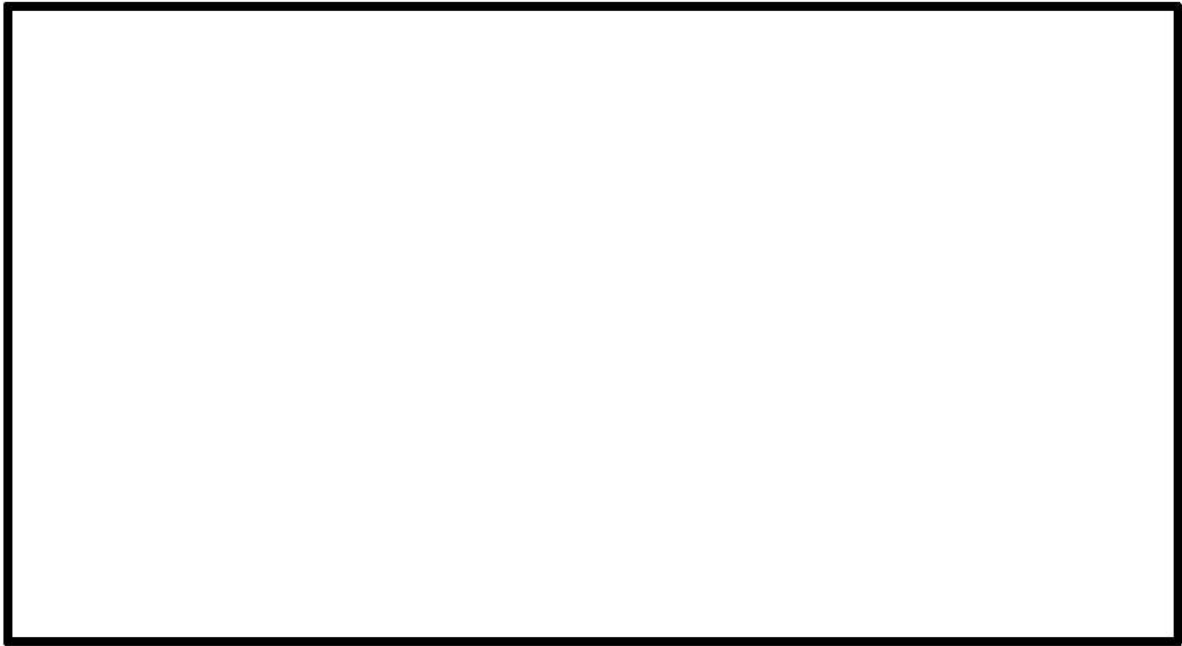
以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、従来の設計手法における評価対象断面に対して、直交する①動土圧及び動水圧が作用する取水路立坑部、箱型構造物、基礎構造物及び鋼管杭を抽出する。

第 3.3.4-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (1/2)

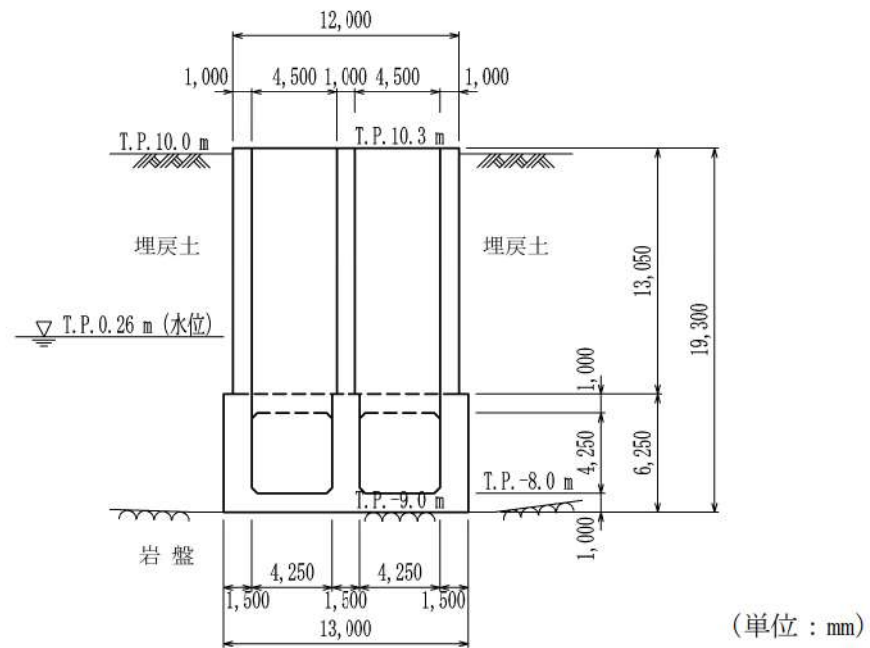
3.3.4(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)	①線状構造物 (取水路, 原子炉補機冷却海水管ダクト, B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ, 3号炉バックアップコンクリート)	②箱型構造物 (取水ピットスクリーン室, 取水ピットポンプ室, 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室, 構内排水設備 (集水棟))	③護岸構造物 (取水口, L型擁壁)
3.3.4(2)で整理した 荷重の作用状況	 <p>従来の設計手法における評価対象断面</p> <p>取水路 (蓋渠部)</p> <p>取水路 (立坑部)</p> <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>従来の設計手法における評価対象断面</p> <p>取水ピットスクリーン室</p> <p>取水ピットポンプ室</p> <p>② 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室</p> <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>従来の設計手法における評価対象断面</p> <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>
従来の設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響程度	<p>(蓋渠部)</p> <p>従来の設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小 (立坑部)</p> <p>立坑を介して①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来の設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材 (妻壁) を有し, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来の設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小</p>
抽出結果	蓋渠部: × 立坑部: ○	○	×

第 3.3.4-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (2/2)

3.3.4(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)	④基礎構造物 (分解ヤード)	⑤管路構造物 (構内排水設備 (排水管))	⑥鋼管杭 (衝突防止工)
3.3.4(2)で整理した 荷重の作用状況	<p>従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>
従来の設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響程度	<p>上部工 (RC 基礎版) 及び下部工 (RC 杭) において、 ①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来の設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず、①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小</p>	<p>鋼管杭において、①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>
抽出結果	○	×	○

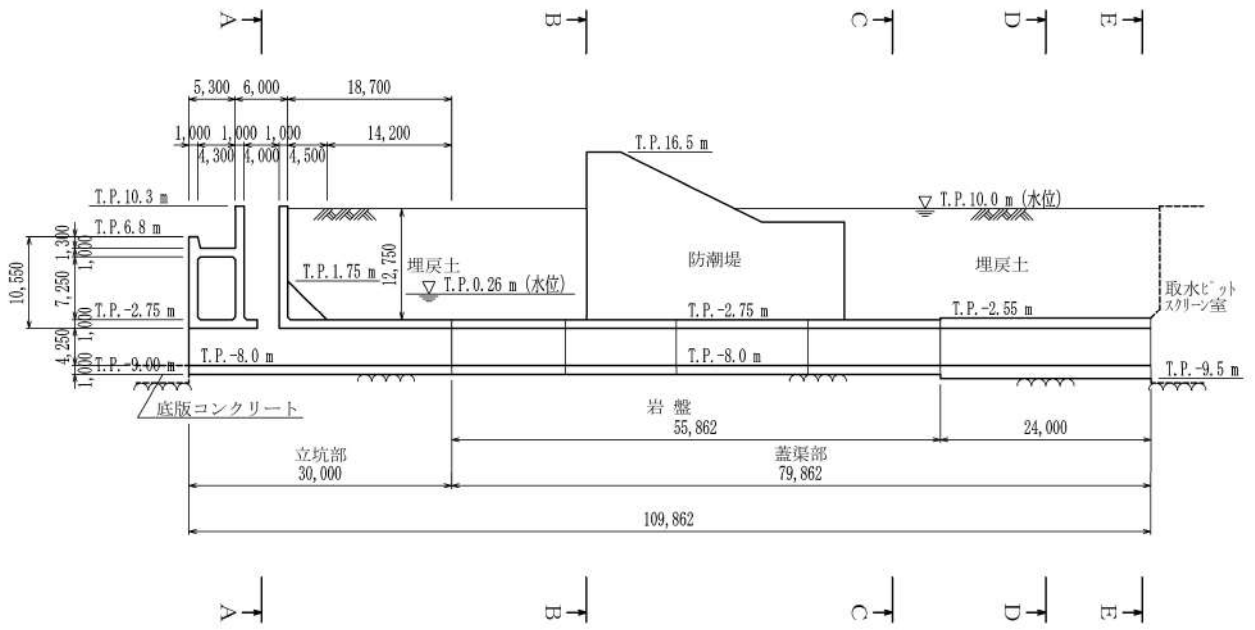


第 3.3.4-2 図 取水路平面図



第 3.3.4-3 図 取水路断面図 (A-A 断面)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。
4 条-別紙 3-75



(単位：mm)

第 3. 3. 4-4 図 取水路断面図 (縦断面)

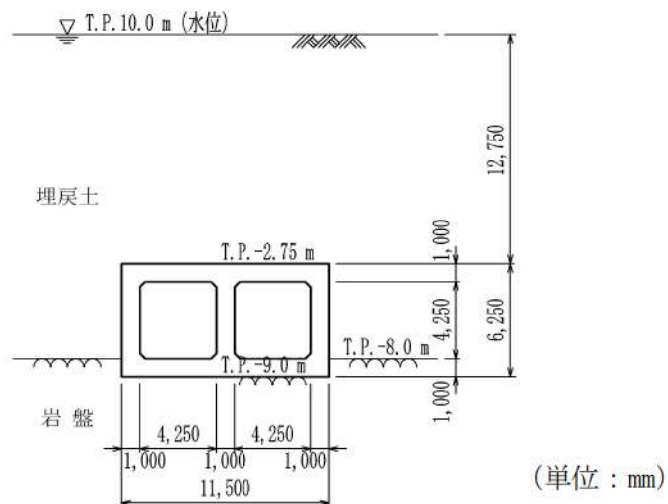
(4) 従来の設計手法における評価対象断面以外の三次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

(3)で抽出されなかった線状構造物のうち取水路及び原子炉補機冷却海水管ダクトは、構造物の配置上、屈曲部を有する。取水路及び原子炉補機冷却海水管ダクトの平面図と断面図を第3.3.4-5図～第3.3.4-8図にそれぞれ示す。

線状構造物の屈曲部では、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸方向の変形や強軸方向の変形を同時に受ける影響が想定されるため、取水路及び原子炉補機冷却海水管ダクトの屈曲部を三次元的な応答特性が想定される箇所として抽出する。



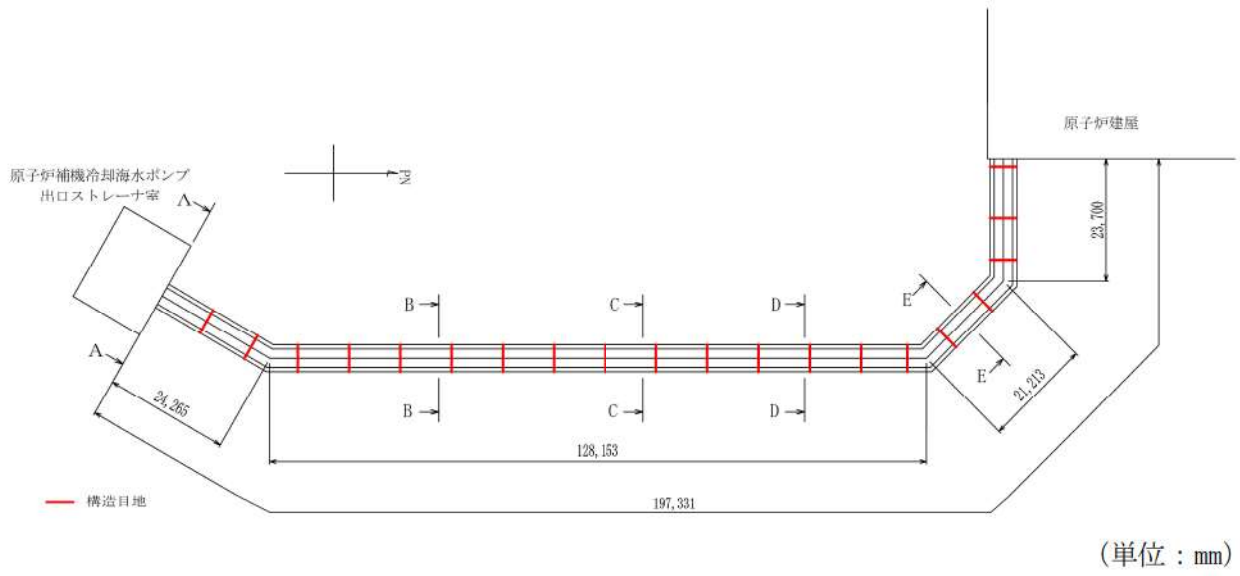
第3.3.4-5図 取水路平面図



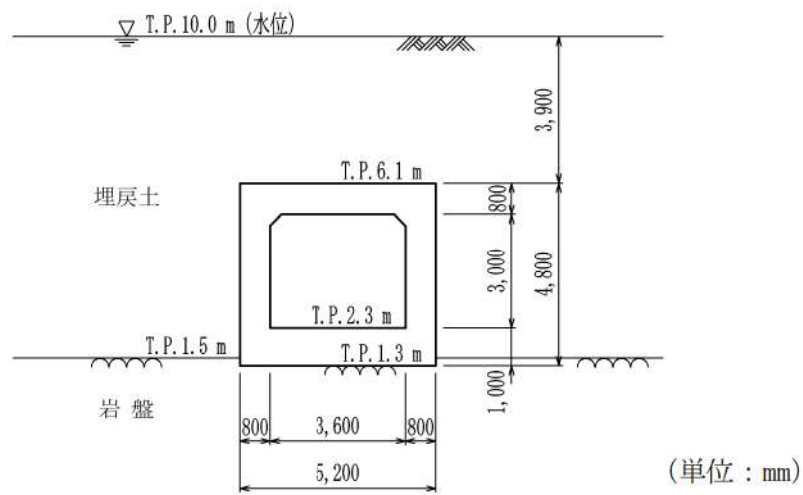
第3.3.4-6図 取水路断面図 (C-C断面)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別紙3-77



第 3.3.4-7 図 原子炉補機冷却海水管ダクト平面図

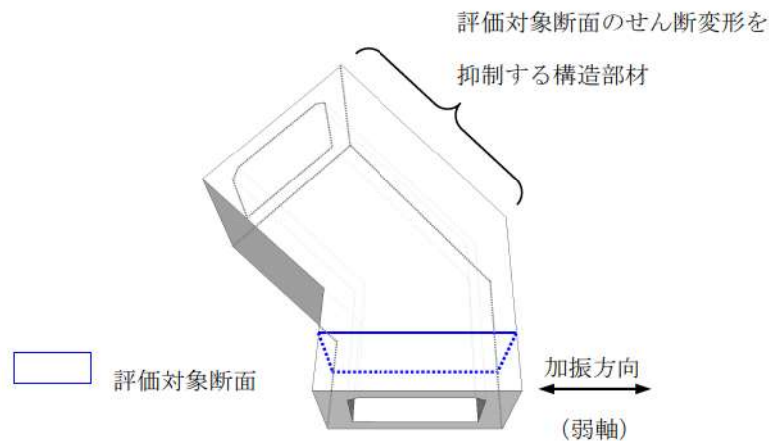


第 3.3.4-8 図 原子炉補機冷却海水管ダクト断面図 (D-D 断面)

(5) 従来の設計手法の妥当性の確認

取水路及び原子炉補機冷却海水管ダクトは、ほぼ等間隔に構造目地が設けられており、構造物に応力集中が発生しない設計としているとともに、それぞれが十分な支持性能を有する岩盤に直接あるいはマンメイドロックを介して設置されているため、構造物の勾配や延長方向に影響するような強軸方向の変形については影響をほとんど受けない。また、原子炉補機冷却海水管ダクトの従来設計では、第 3.3.4-9 図に示すとおり、屈曲部における三次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず、評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる保守的な設計をしている。

以上のことから、取水路及び原子炉補機冷却海水管ダクトの屈曲部での水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は、従来の設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。



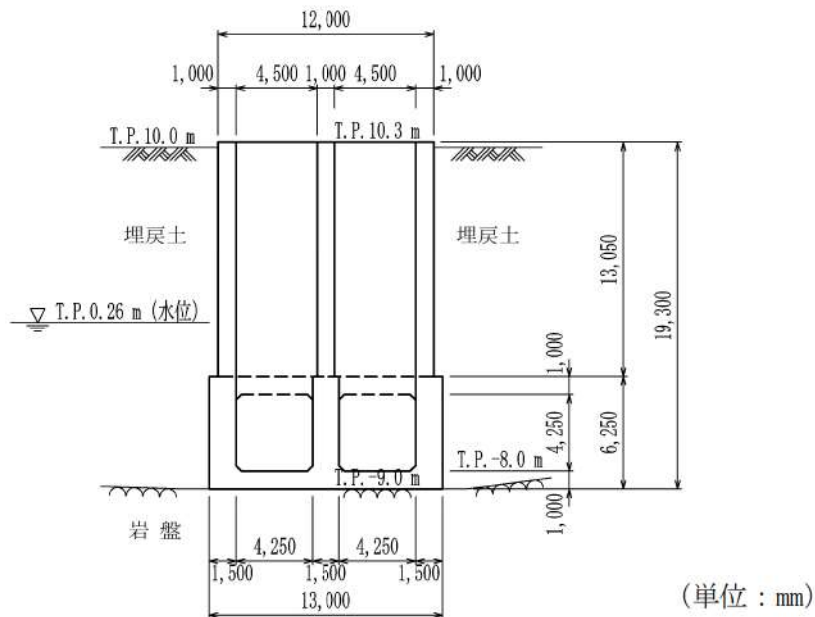
第 3.3.4-9 図 屈曲部における三次元的な拘束効果（原子炉補機冷却海水管ダクトの屈曲部）

3.3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.4の検討を踏まえ、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べき構造物として、構造及び作用荷重の観点から、従来評価における評価対象断面に対して垂直な荷重が作用する取水路立坑部、箱型構造物（取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室、構内排水設備（集水桝））、基礎構造物（分解ヤード）及び鋼管杭（衝突防止工）を抽出する。第3.3.5-1図～第3.3.5-19図に各構造物の概要図を示す。



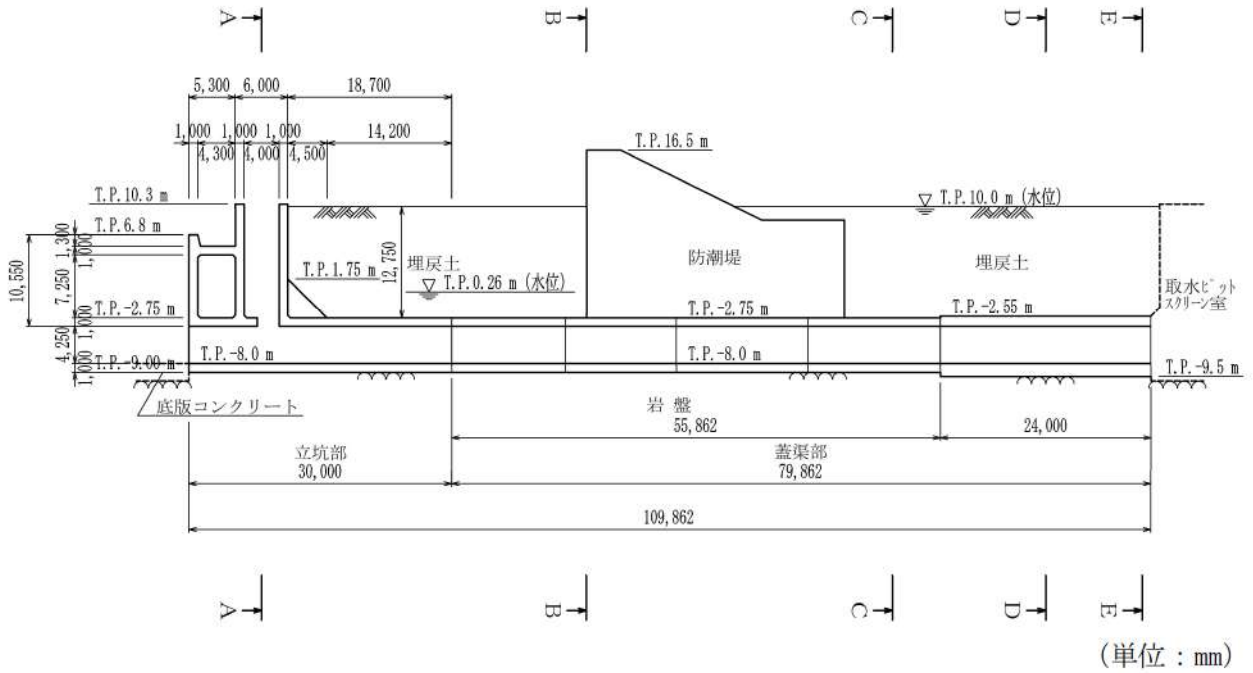
第3.3.5-1図 取水路平面図



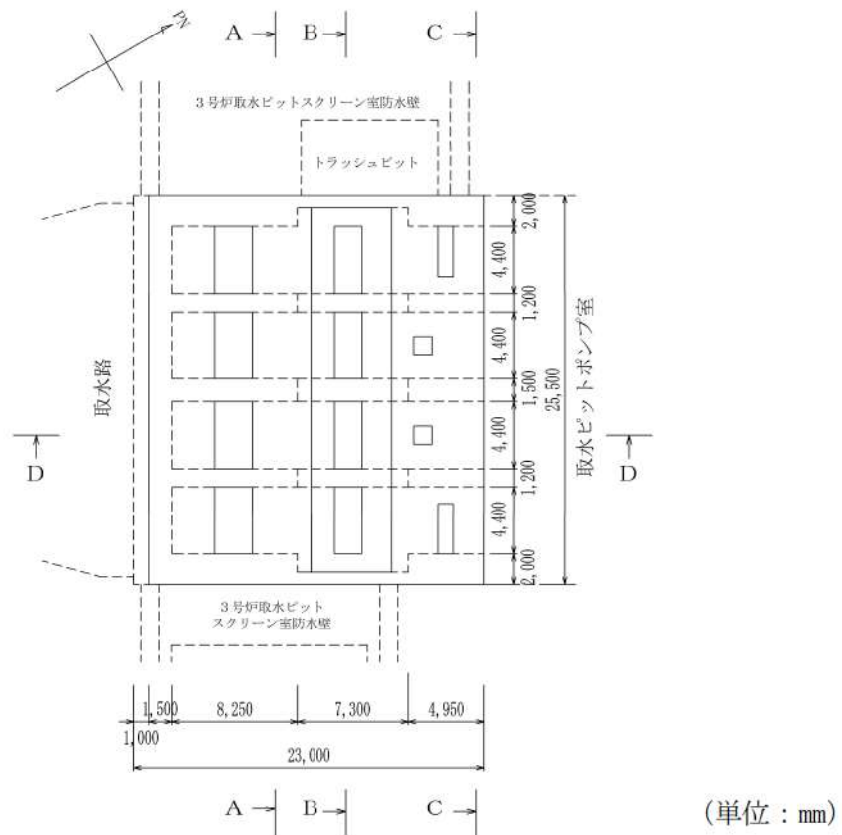
第3.3.5-2図 取水路断面図 (A-A断面)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別紙3-80

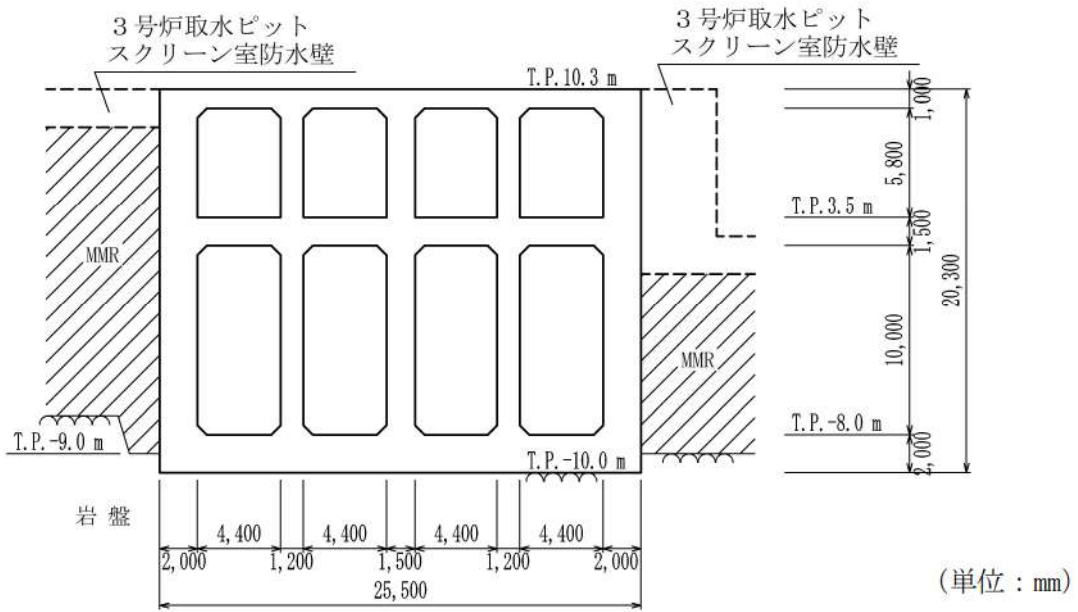


第 3.3.5-3 図 取水路断面図 (縦断面)

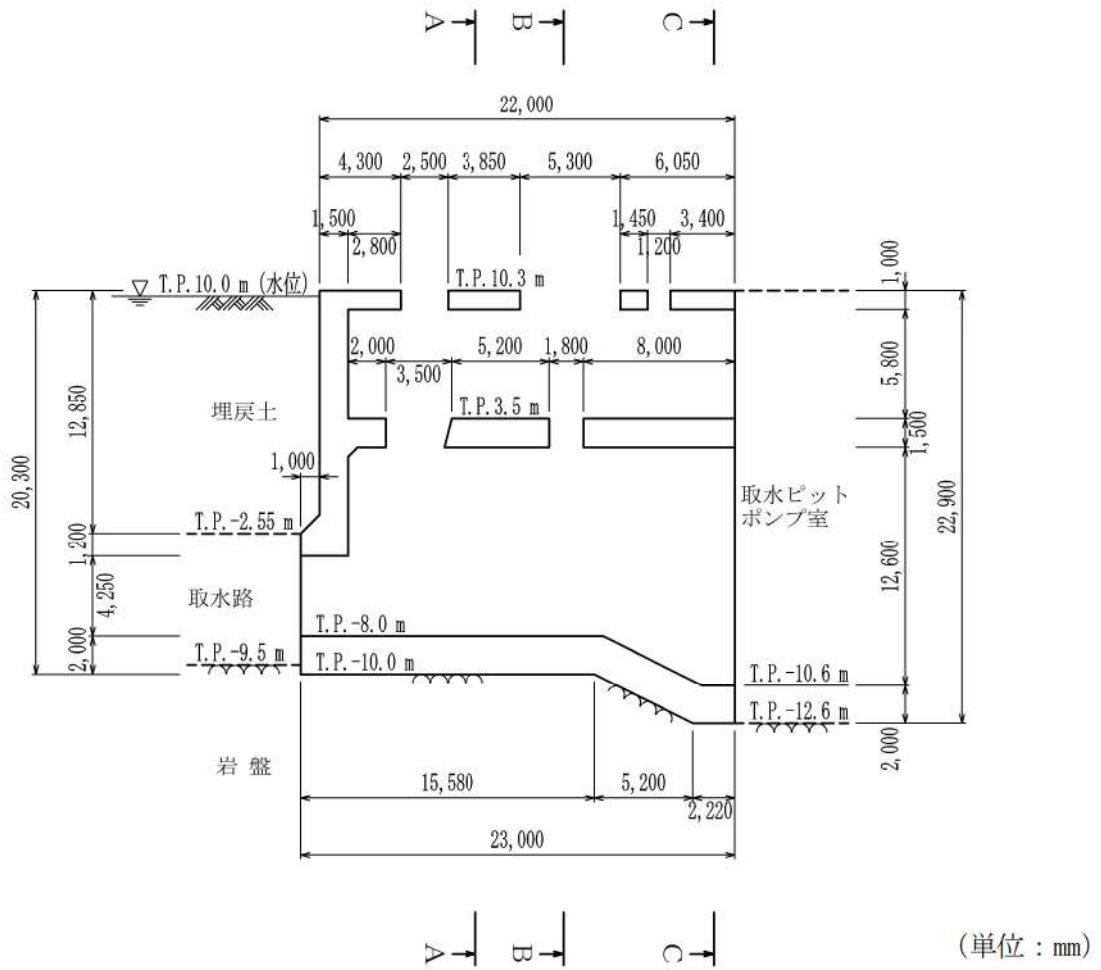


※トラッシュピットは、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構築に伴い撤去する予定であり、詳細は、「第5条 津波による損傷の防止」にて説明する。

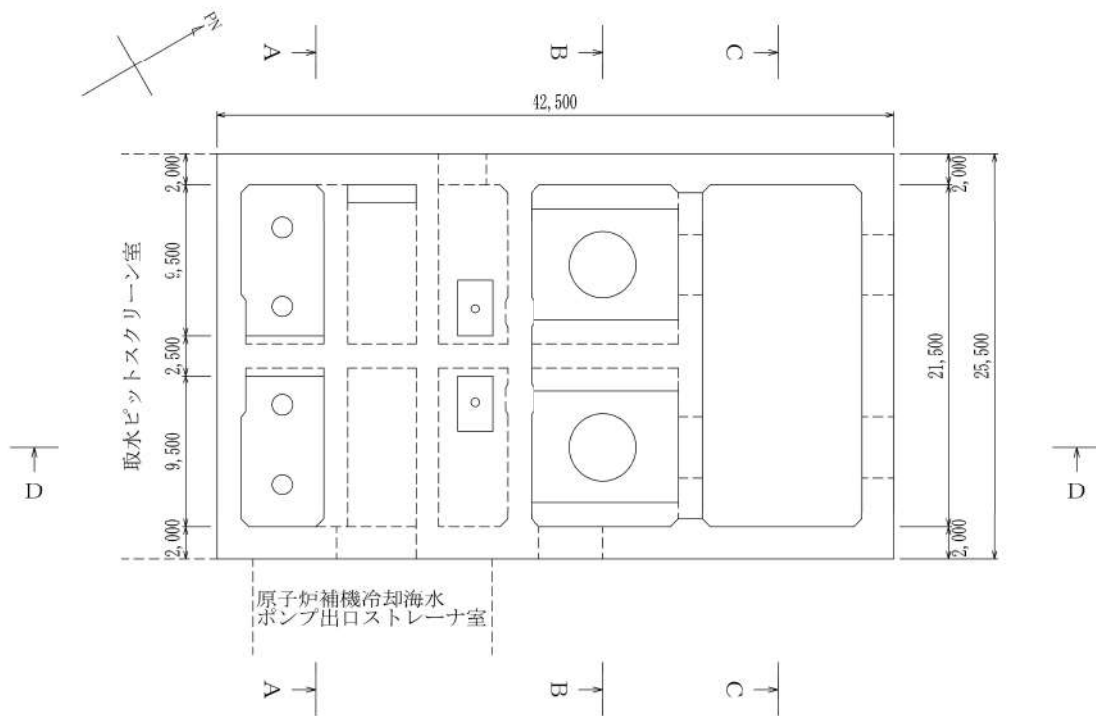
第 3.3.5-4 図 取水ピットスクリーン室平面図



第 3.3.5-5 図 取水ピットスクリーン室断面図 (A-A 断面)

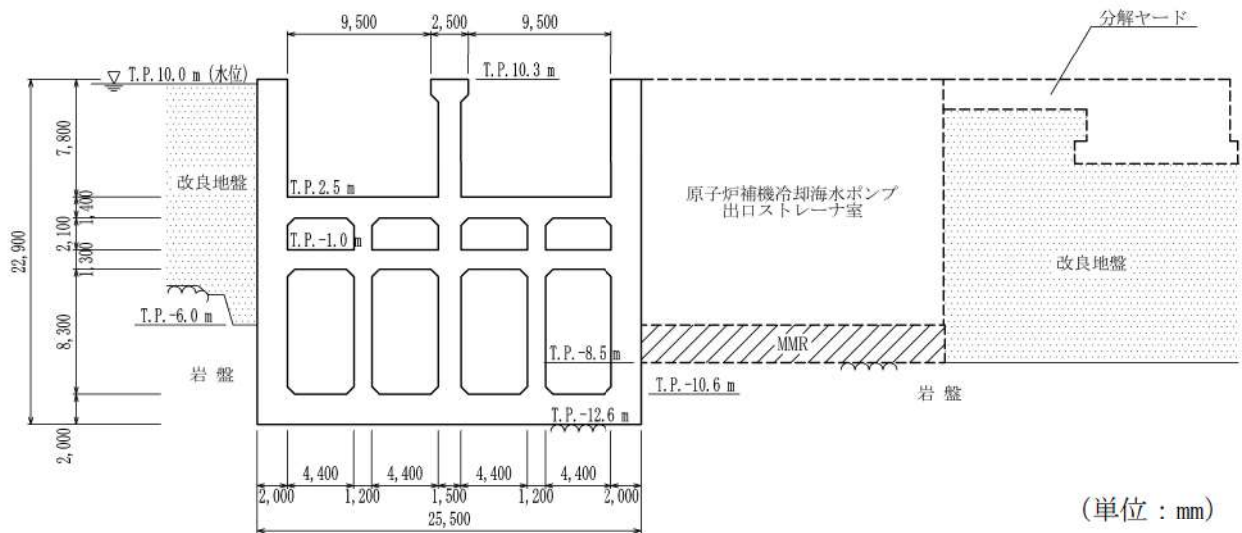


第 3.3.5-6 図 取水ピットスクリーン室断面図 (D-D 断面)



(単位：mm)

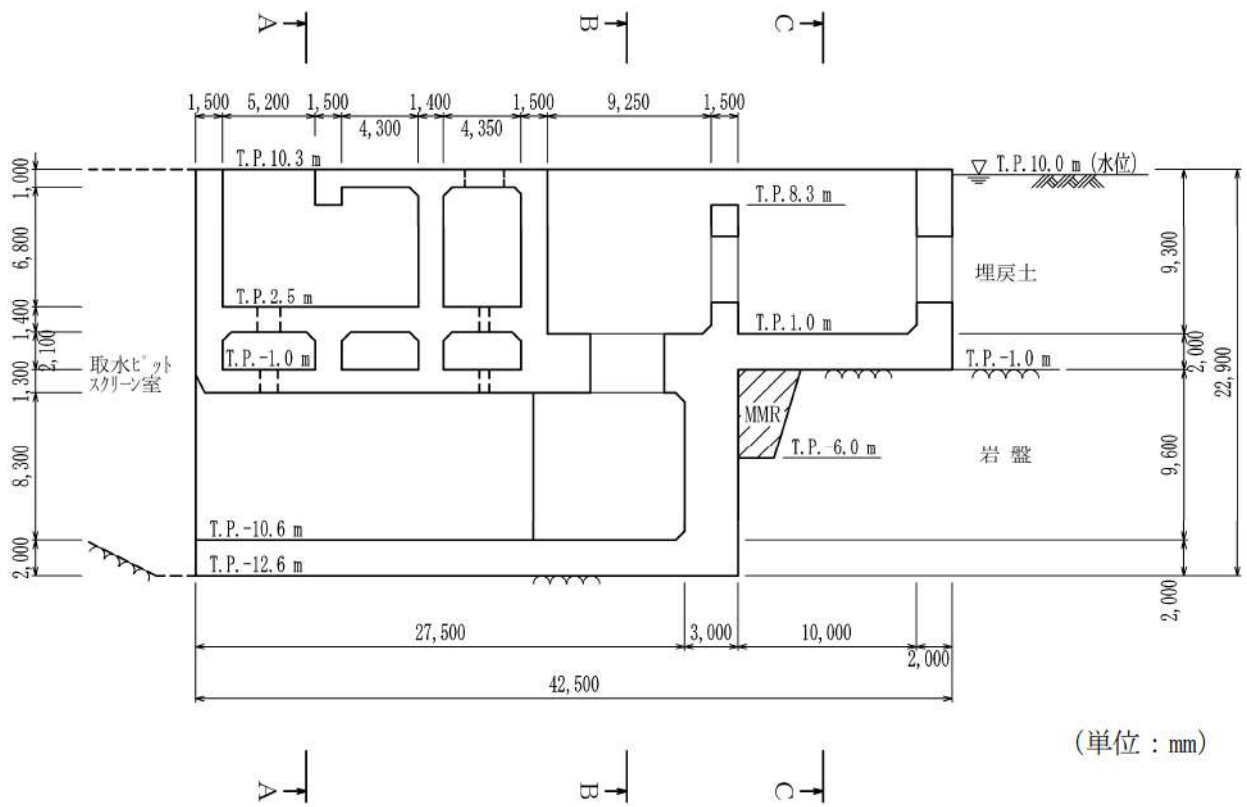
第 3.3.5-7 図 取水ピットポンプ室平面図



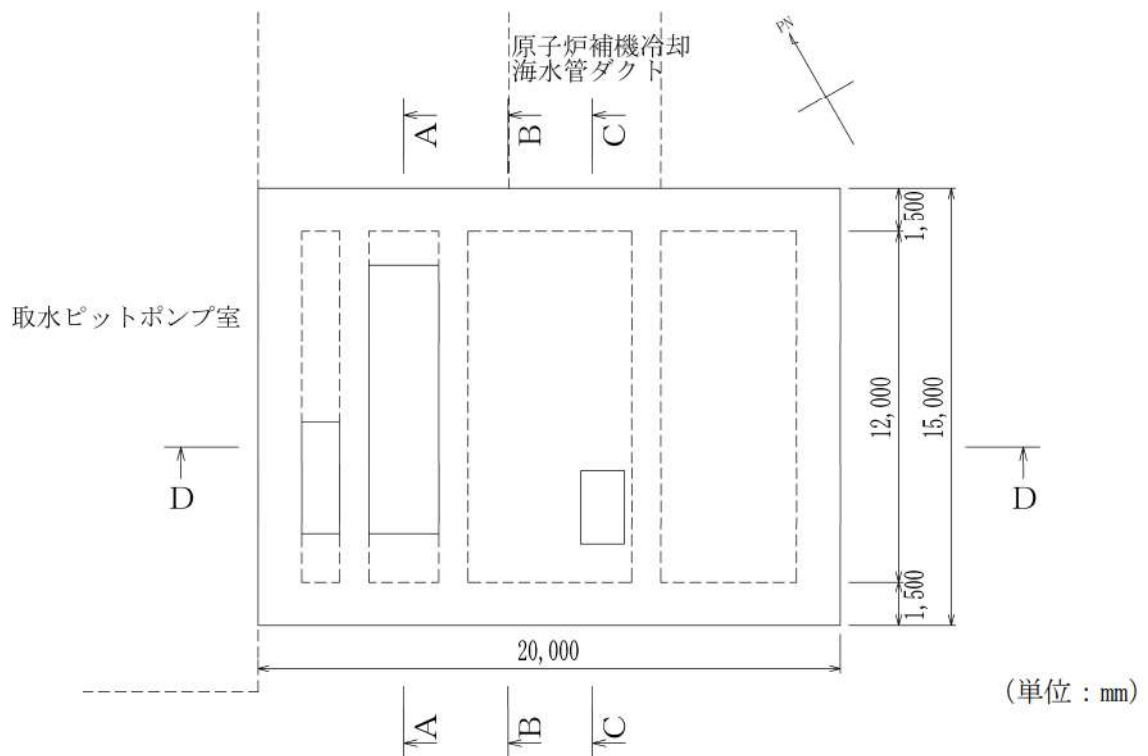
(単位：mm)

※分解ヤード下を含む取水ピットポンプ室周辺の地盤については、取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした置換コンクリート等による地盤改良を検討中。

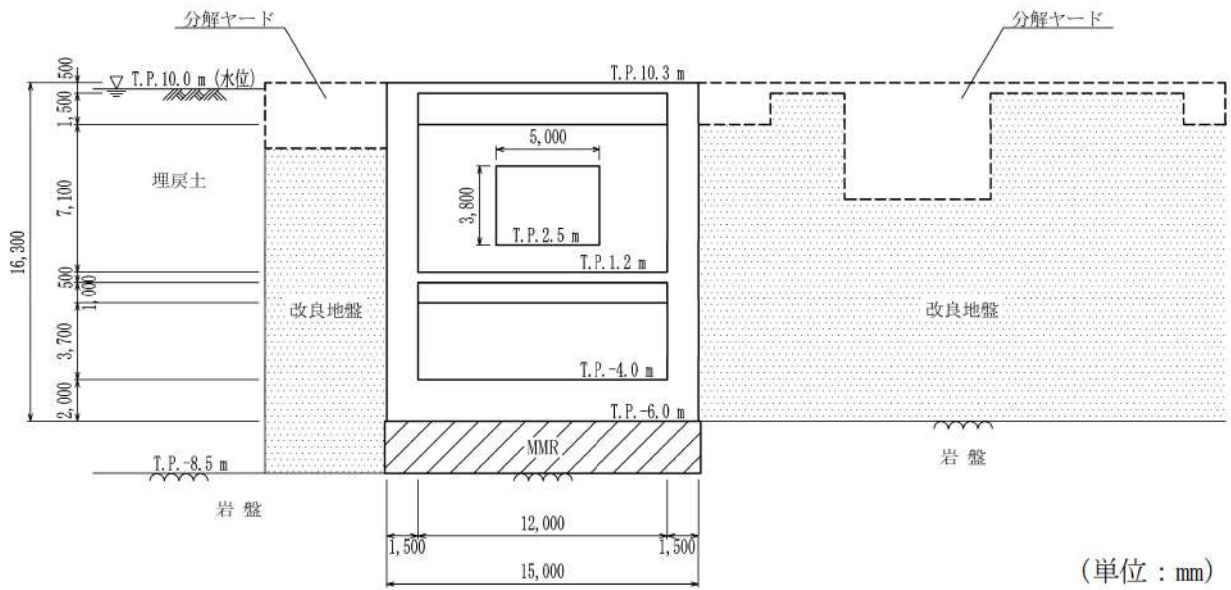
第 3.3.5-8 図 取水ピットポンプ室断面図 (A-A 断面)



第 3.3.5-9 図 取水ピットポンプ室断面図 (D-D 断面)

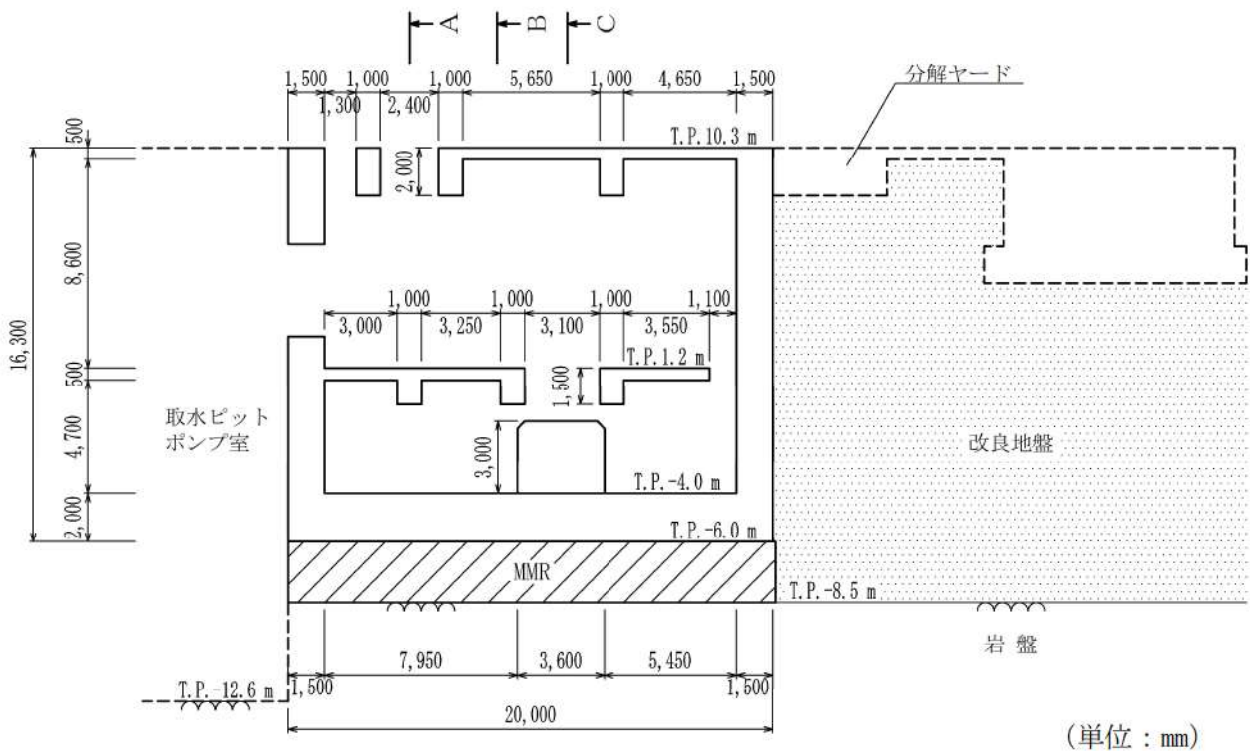


第 3.3.5-10 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室平面図



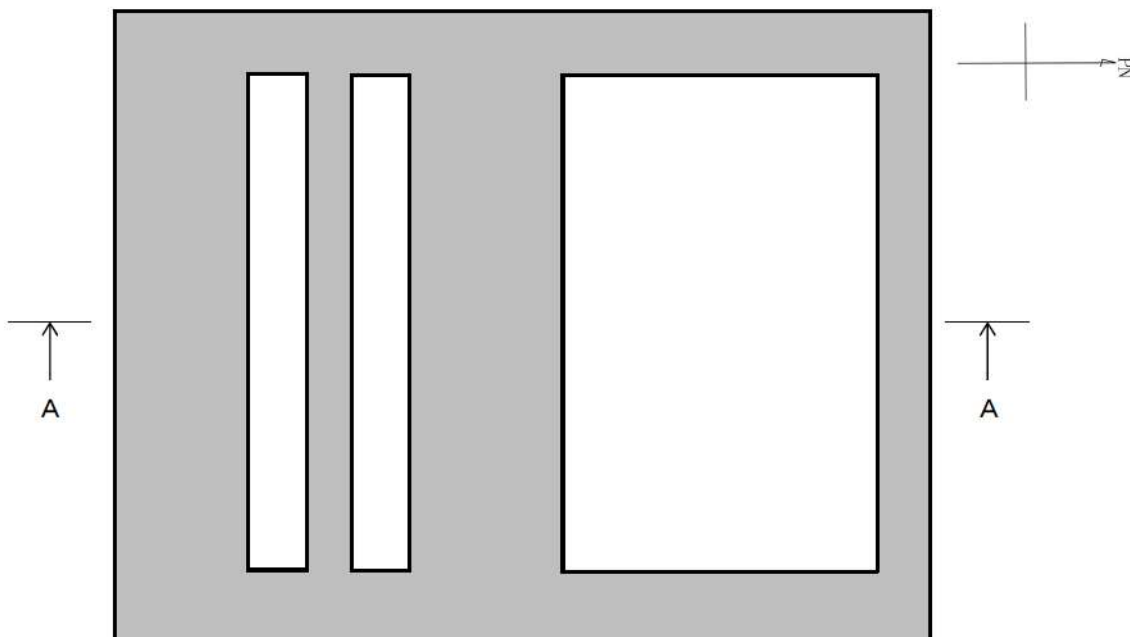
※分解ヤード下を含む取水ピットポンプ室周辺の地盤については、取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした置換コンクリート等による地盤改良を検討中。

第 3.3.5-11 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室断面図 (B-B 断面)



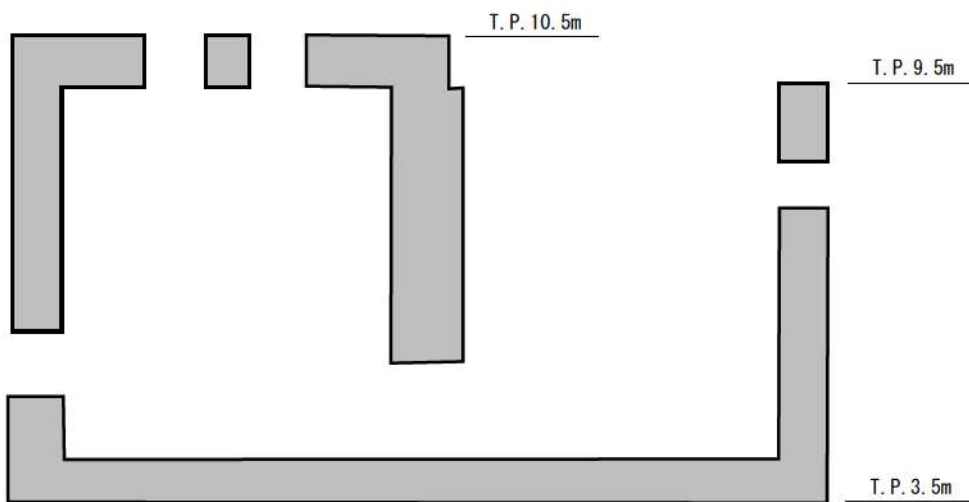
※分解ヤード下を含む取水ピットポンプ室周辺の地盤については、取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした置換コンクリート等による地盤改良を検討中。

第 3.3.5-12 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室断面図 (D-D 断面)



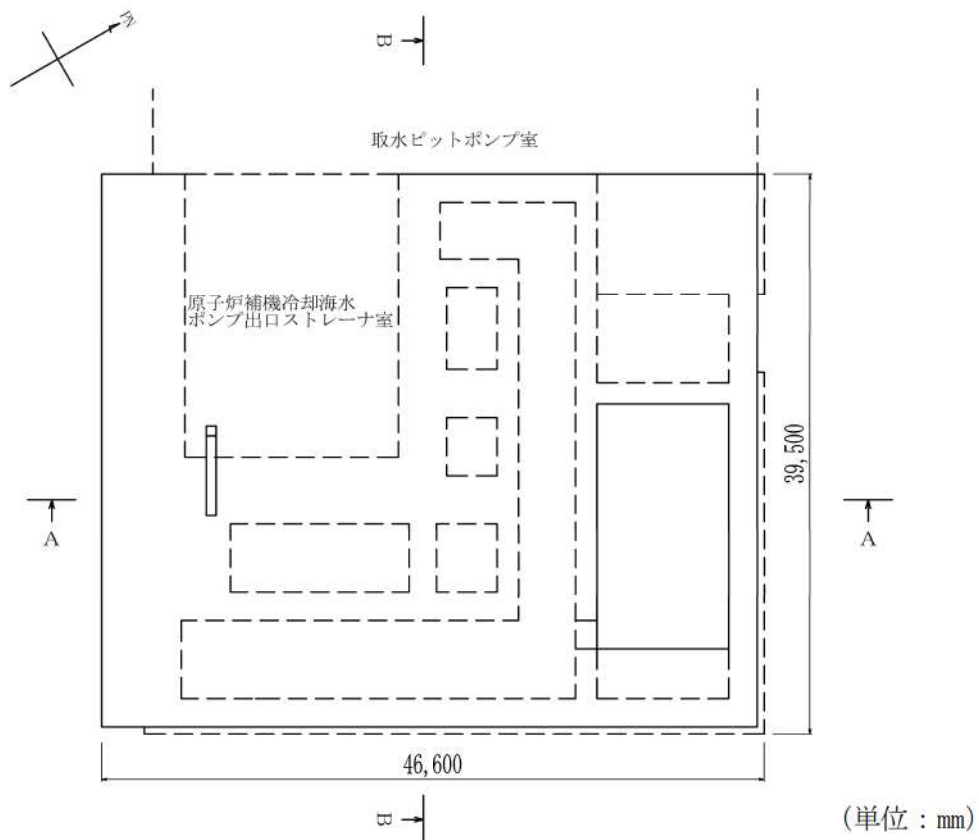
※構内排水設備は構造検討中であり、今後、変更となる可能性がある

第 3.3.5-13 図 構内排水設備（集水桝）概要図（平面図）

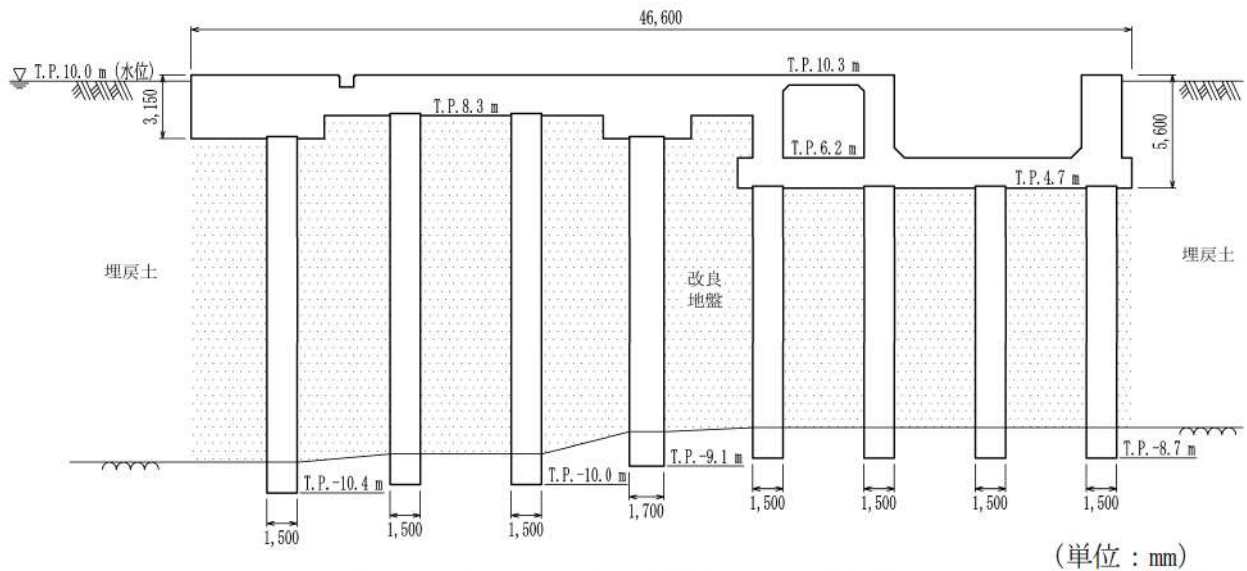


※構内排水設備は構造検討中であり、今後、変更となる可能性がある

第 3.3.5-14 図 構内排水設備（集水桝）概要図（A-A 断面）

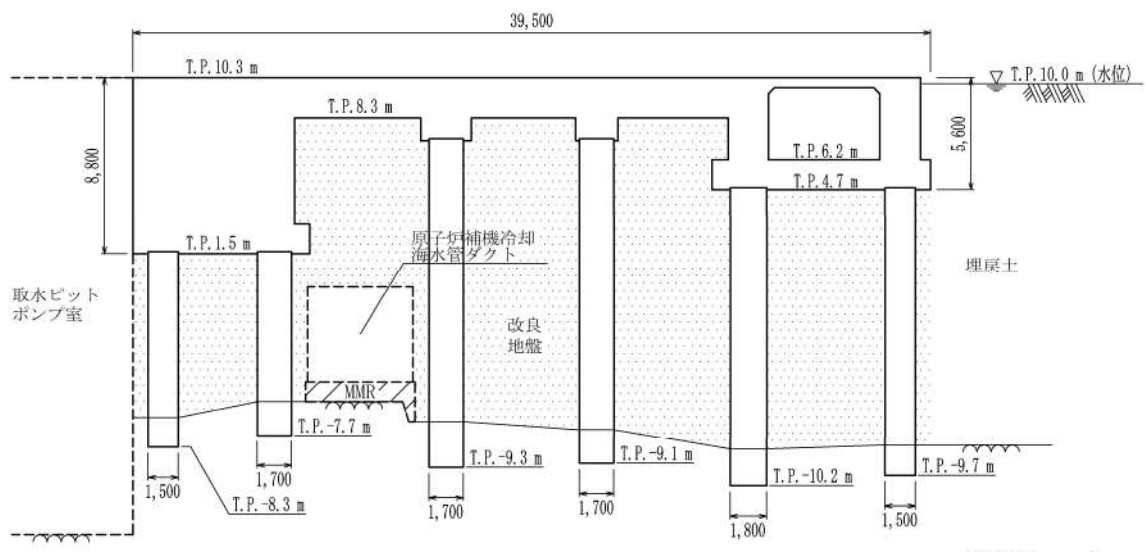


第 3.3.5-15 図 分解ヤード平面図



※分解ヤード下を含む取水ピットポンプ室周辺の地盤については、取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした置換コンクリート等による地盤改良を検討中。

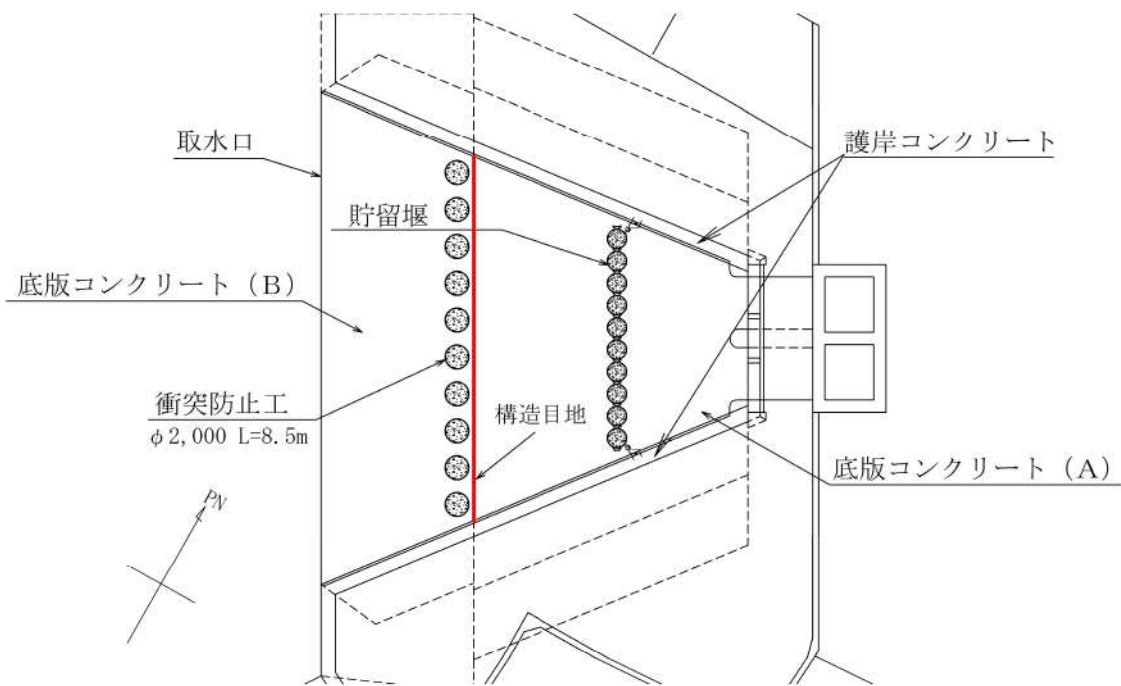
第 3.3.5-16 図 分解ヤード断面図 (A-A 断面)



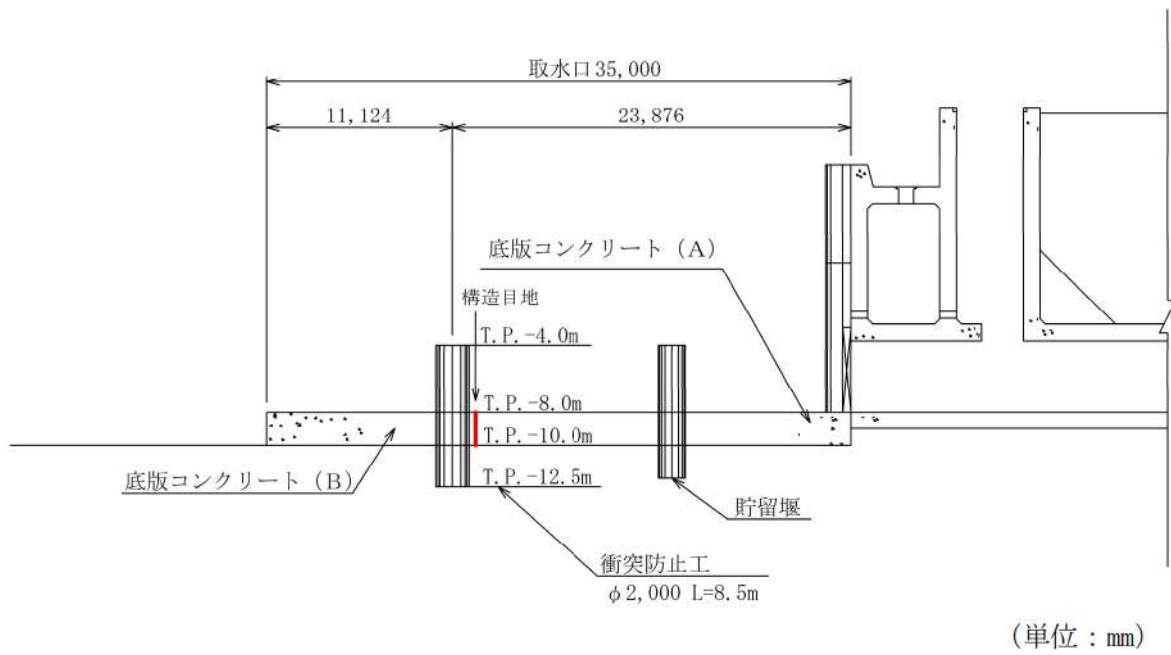
(単位：mm)

※分解ヤード下を含む取水ピットポンプ室周辺の地盤については、取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした置換コンクリート等による地盤改良を検討中。

第 3.3.5-17 図 分解ヤード断面図 (B-B 断面)



第 3.3.5-18 図 衝突防止工平面図



第 3.3.5-19 図 衝突防止工断面図

3.3.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

水平2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、3.3.5で抽出された取水路立坑部、取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室、構内排水設備（集水桝）、分解ヤード及び衝突防止工を対象とし、それぞれの評価について整理する。

(1) 取水路立坑部のうち水路部、取水ピットスクリーン室及び構内排水設備（集水桝）

取水路立坑部のうち水路部、取水ピットスクリーン室及び構内排水設備（集水桝）の水平2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、各構造物の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの二次元の地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸方向加振における部材照査において、強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

第3.3.6-1図に、強軸方向加振及び弱軸方向加振において側壁及び隔壁に発生する断面力、応力を示す。

強軸方向加振と弱軸方向加振で、互いに干渉する可能性がある断面力及び応力は、構造部材に発生する軸力と主筋の引張応力である。

したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、強軸方向加振にて発生する応力を弱軸方向における構造部材の照査に付加することで、その影響の有無を検討する。

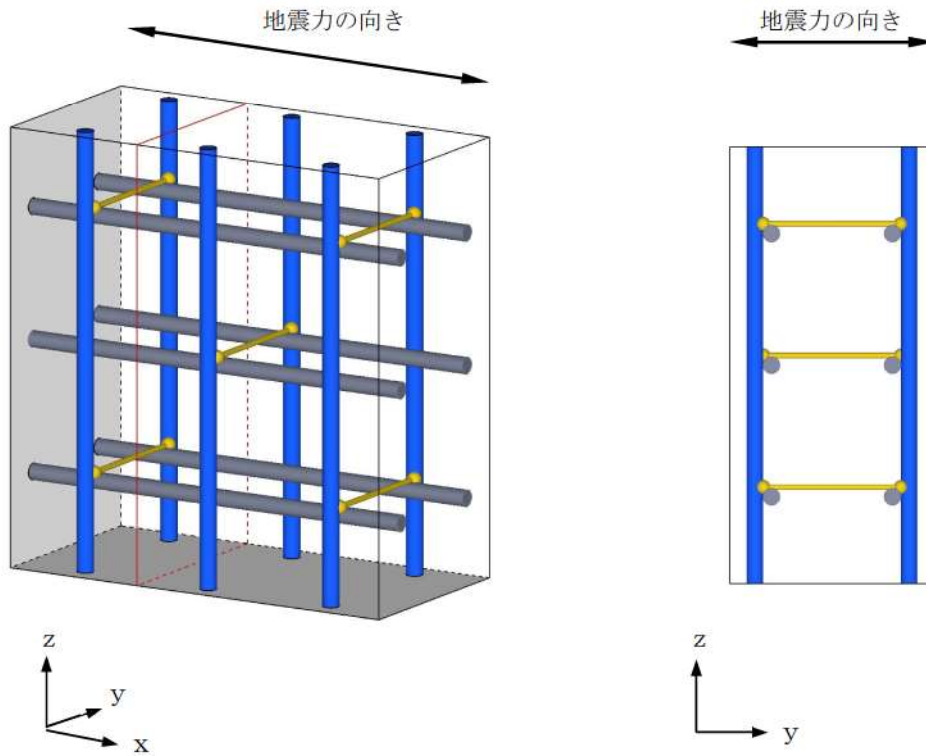
第3.3.6-2図に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。

強軸方向加振に対しては、各構造物の側壁及び隔壁が耐震壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（日本建築学会，1999）」（以下「RC規準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

RC規準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材に生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断耐力以下であれば、鉄筋によるせん断力負担は無く鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

以上のことから、強軸方向加振において壁部材に発生するせん断力が、コンクリートのみで負担できるせん断耐力を超過した場合は、鉄筋に発生する応力分を見込んで、弱軸方向加振の耐震評価を行う。

■ 主筋
 ■ 配力筋
 ●—● せん断補強筋



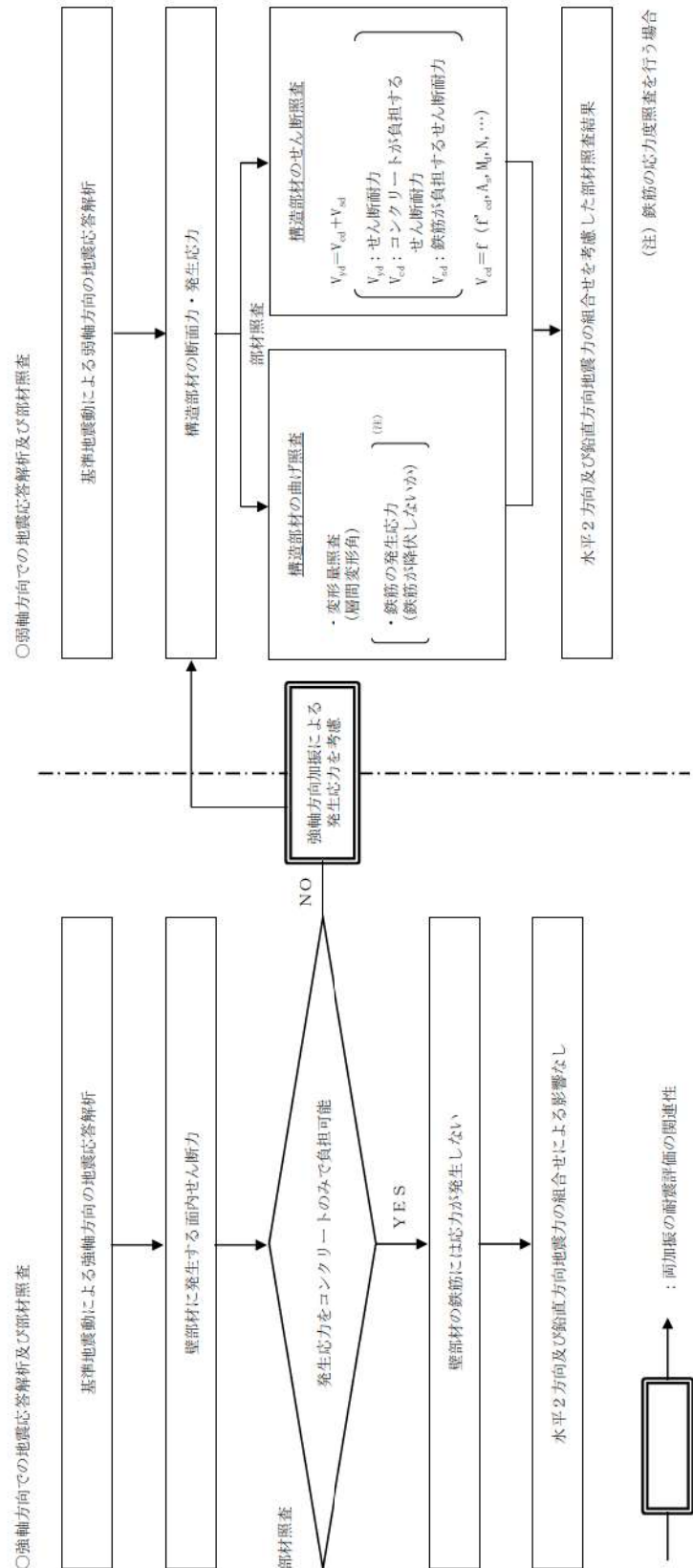
①強軸方向加振

②弱軸方向加振（左図赤線断面）

(○：発生する可能性有り △：発生する可能性があるが極めて軽微 ×：発生しない)

		①強軸方向 加振	②弱軸方向 加振	備考
断面力	M_y (y 軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	M_x (x 軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	N_z (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	N_{zx} (zx 平面内せん断)	○	×	
	Q_z (z 方向面外せん断)	×	○	
応力	主筋	○	○	互いに干渉する可能性あり
	配力筋	○	×	
	せん断補強筋	×	○	

第 3.3.6-1 図 強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力



第 3.3.6-2 図 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー

(2) 取水路立坑部、取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室

取水路立坑部、取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室の水平2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、各構造物の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの二次元地震応答解析にて、地震時の荷重を算定し、三次元有限要素法モデルに水平2方向及び鉛直方向の地震時荷重を作用させて耐震評価を実施する。

(3) 分解ヤード（上部工）

分解ヤードは、上部工（鉄筋コンクリート造の基礎版）と下部工（RC杭）で構成されており、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価は、上部工と下部工のそれぞれに分けて影響評価を実施する。

上部工の水平2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、直交する水平2方向におけるそれぞれの二次元地震応答解析にて、地震時の荷重を算定し、三次元有限要素法モデルに水平2方向及び鉛直方向の地震時荷重を作用させて耐震評価を実施する。

(4) 分解ヤード（下部工）及び衝突防止工

分解ヤード（下部工）及び衝突防止工の水平2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、直交する水平2方向におけるそれぞれの二次元地震応答解析にて評価した断面力を組み合わせて、設計上の許容値に対する評価を実施する。

3.3.7 機器・配管系への影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が、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・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

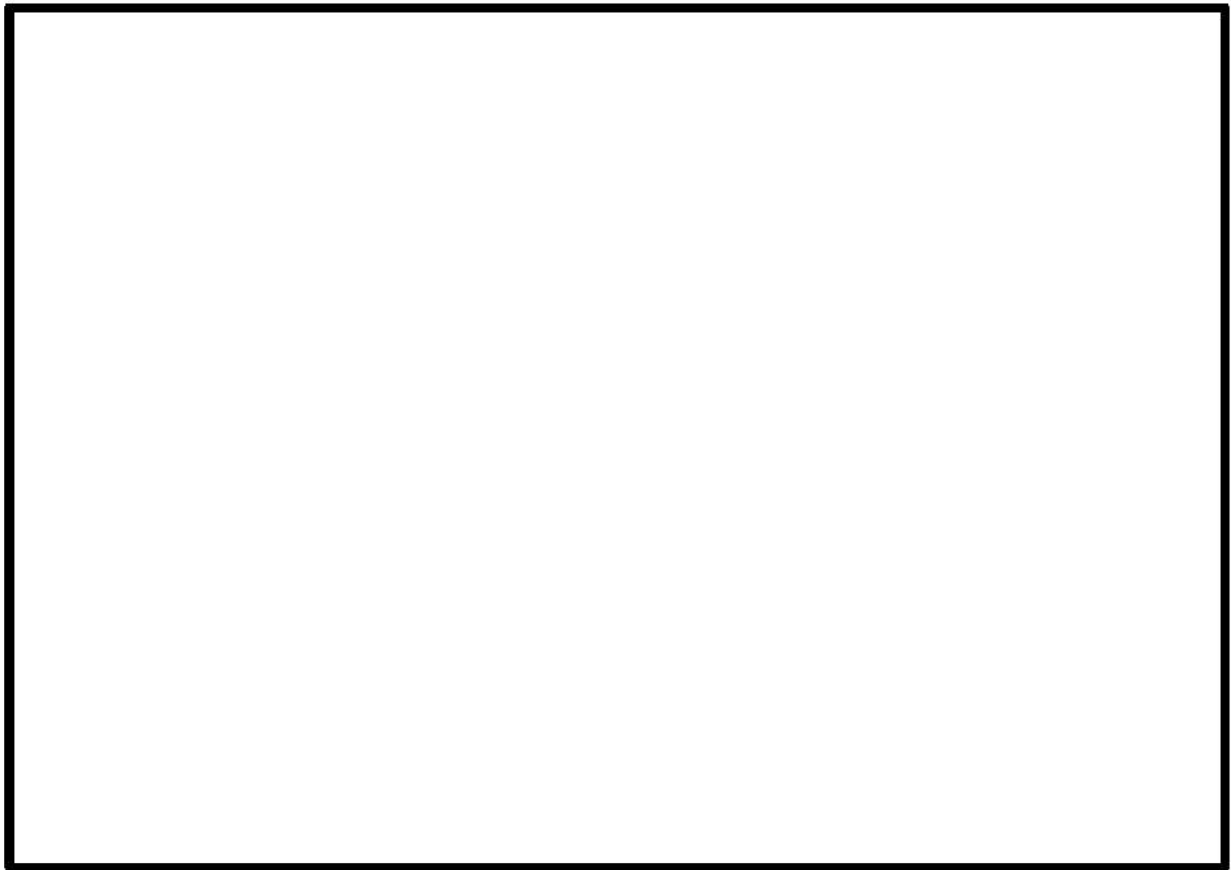
なお、屋外重要土木構造物等の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備


3.4.1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備における評価対象構造物の抽出

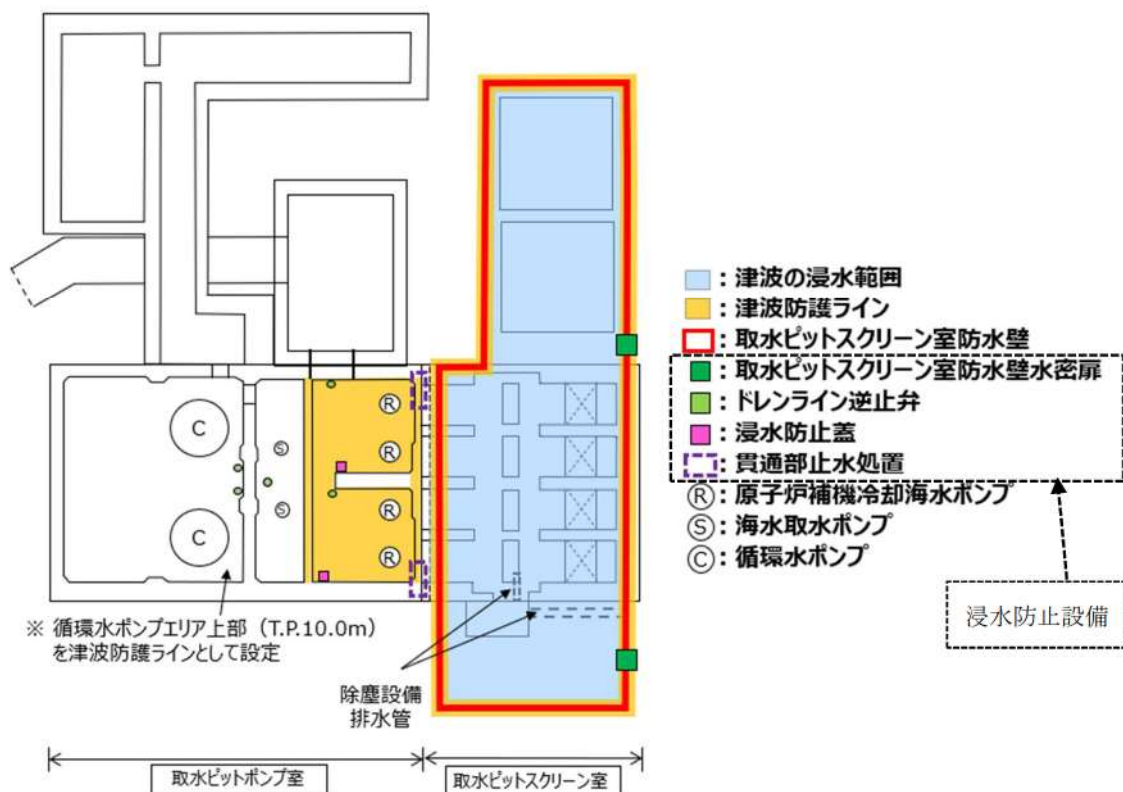
(1) 評価対象となる設備の整理

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する対象設備は，津波防護施設である防潮堤，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁，1号及び2号炉取水路流路縮小工，3号炉放水ピット流路縮小工，1号及び2号炉放水路逆流防止設備，貯留堰，浸水防止設備である屋外排水路逆流防止設備，水密扉，ドレンライン逆止弁，浸水防止蓋，貫通部止水処置，津波監視設備である津波監視カメラ，取水ピット水位計及び潮位計とする。各構造物の位置図を第3.4.1-1図及び第3.4.1-2図に示す。



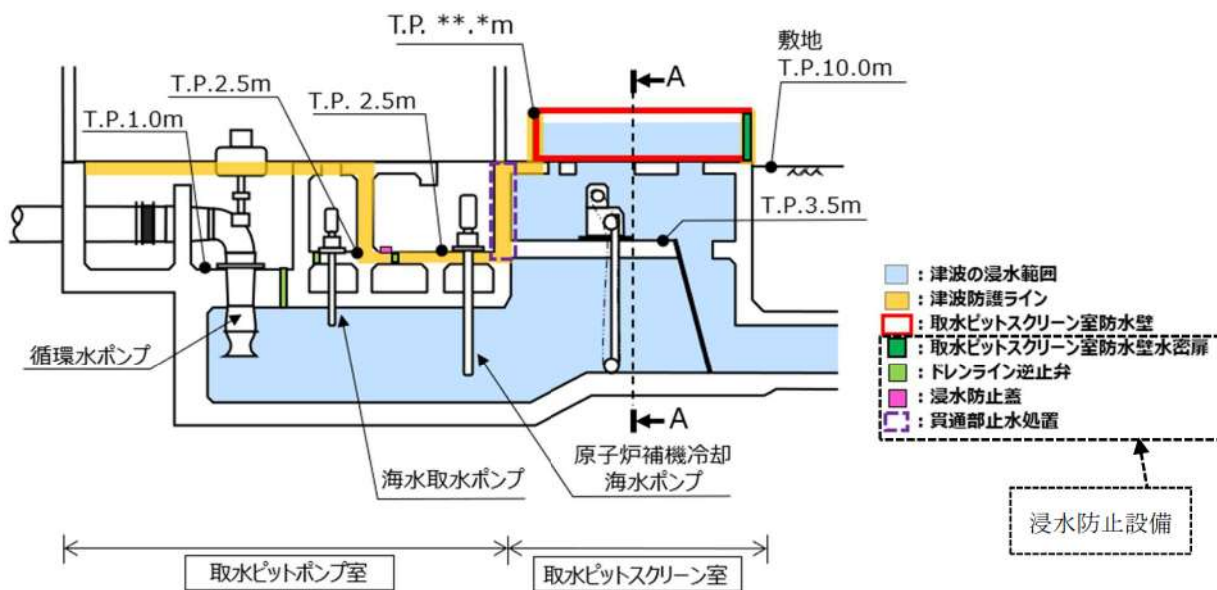
第3.4.1-1図 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



(取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室平面図)

第 3. 4. 1-2 図 浸水防止設備位置図 (1/2)



(取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室断面図)

第 3. 4. 1-2 図 浸水防止設備位置図 (2/2)

(2) 評価対象物の抽出

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の分類を第 3.4.1-1 表に示す。

評価対象構造物は、第 3.4.1-1 表に示すとおり、「3.1 建物・構築物」、「3.2 機器・配管系」、「3.3 屋外重要土木構造物等」に準じて設計されていることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、その方針に基づいて実施する。

なお、評価対象構造物の構造的な特徴を踏まえ、防潮堤、3 号炉取水ピットスクリーン室防水壁、3 号炉放水ピット流路縮小工及び貯留堰については、3.4.5 以降に水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を整理する。

第 3.4.1-1 表 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の分類

施設、設備分類	施設、設備名称	区分
津波防護施設	防潮堤	「3.3 屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。影響評価については 3.4.5 以降に整理する。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.3 屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。
	3号炉取水ピットスクリーン室防水壁	
	3号炉放水ピット流路縮小工	
	貯留堰	
	1号及び2号炉取水路流路縮小工	「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.3 屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。
	1号及び2号炉放水路逆流防止設備	
浸水防止設備	水密扉	「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.1 建物・構築物」、「3.3 屋外重要土木構造物等」又は津波防護施設の設計方針に基づく。
	屋外排水路逆流防止設備	
	ドレンライン逆止弁	
	浸水防止蓋	
	貫通部止水処置	
津波監視設備	津波監視カメラ	「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.1 建物・構築物」、「3.3 屋外重要土木構造物等」又は津波防護施設の設計方針に基づく。
	取水ピット水位計	
	潮位計	

※ 本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来の設計手法の考え方

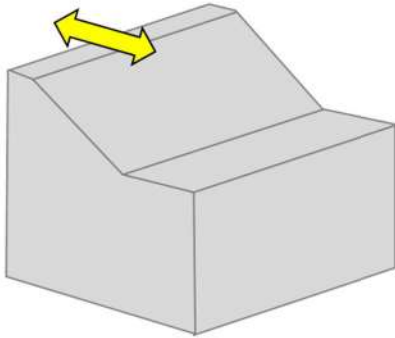
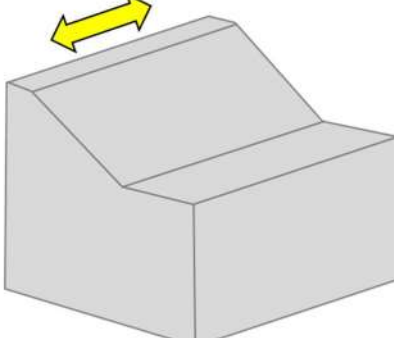
津波防護施設における従来の設計手法の考え方について、防潮堤を例に第 3.4.2-1 表に示す。津波防護施設は、地中構造物と地上構造物に分けられる。地上構造物は、躯体の慣性力や基礎部分に係る動土圧等の外力が主たる荷重となる。地中構造物については、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。地中構造物、地上構造物のうち屋外重要土木構造物等と同様、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有する線状構造物は、三次元的な応答の影響が小さいため、二次元断面での耐震評価を行っている。

線状構造物は、ほぼ同一の断面が長手方向に連続する構造的特徴を有していることから、構造上の特徴として、明確な弱軸、強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来の設計手法では弱軸方向を評価対象断面として耐震設計上求められる水平 1 方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第 3.4.2-1 表に示すとおり、線状構造物に関する従来の設計手法では、津波防護施設の構造上の特徴から、弱軸方向の地震荷重に対して、垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう設計している。

第 3.4.2-1 表 従来の設計手法における評価対象断面の考え方（防潮堤の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計 の評価対 象断面の 考え方	 <p>加振方向</p> <p>加振方向に対する抵抗力が小さい</p>	 <p>加振方向</p> <p>加振方向に同一構造が連続している</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 横断方向は、加振方向に対する抵抗力が小さく、弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向は、加振方向に同一構造が連続しており、強軸方向にあたる。
	<ul style="list-style-type: none"> 強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさない。 弱軸方向を評価対象断面とする。 	

3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

評価対象構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象構造物を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある構造形式を抽出する。

抽出された構造形式については、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重等を適切に組み合わせることで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に用いる地震動は、評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に用いる基準地震動と位相の異なる地震動を用いることとする。

構造物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。

3.4.4 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

評価対象構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ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構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを第3.4.4-1図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

評価対象構造物について、各構造物の構造上の特徴や従来の設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

② 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性を与える影響程度を検討した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定さ

れる構造形式を抽出する。

- ④ 従来の設計手法における評価対象断面以外の三次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

③で抽出されなかった構造形式について、従来の設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響により三次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

- ⑤ 従来の設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来の設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

- ⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重等を適切に組み合わせることで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

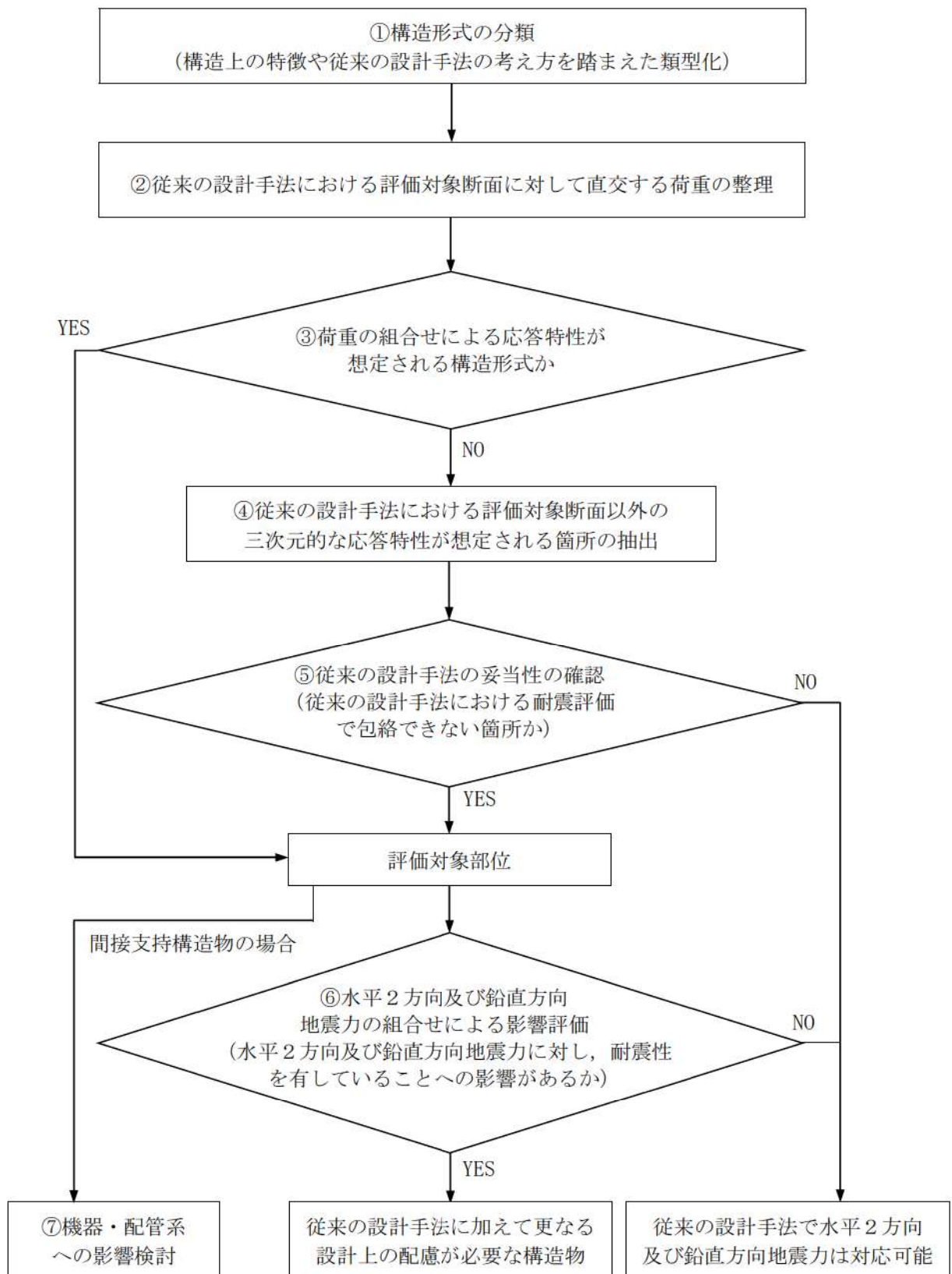
評価手法については、評価対象構造物の構造形式を考慮し選定する。

- ⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、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・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、津波防護施設の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



第 3.3.4-1 図 津波防護施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

3.4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

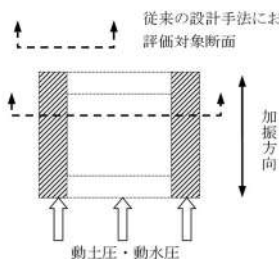
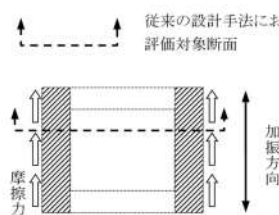
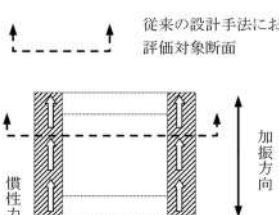
評価対象構造物のうち防潮堤、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁、3号炉放水ピット流路縮小工及び貯留堰については、その構造形式により①防潮堤、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）及び貯留堰のような線状構造物、②3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（RC造）及び3号炉放水ピット流路縮小工のような箱型構造物の2つの構造形式に大別される。

(2) 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第3.4.5-1表に、従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

第3.4.5-1表 従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ
①動土圧及び動水圧	従来の設計手法における評価対象断面に対して、平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	
②摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	
③慣性力	躯体に作用する慣性力	

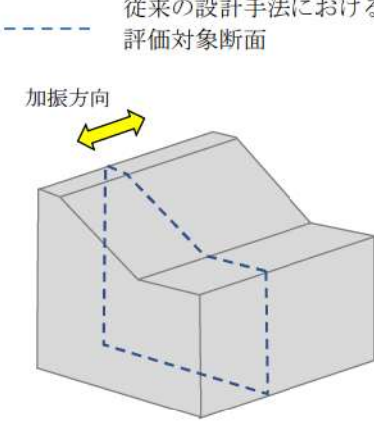
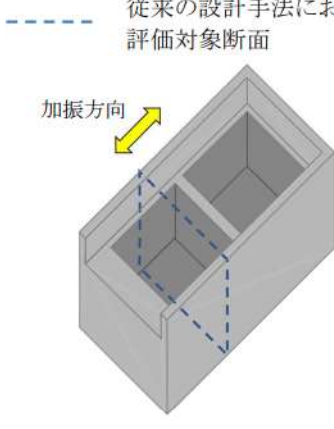
※ 作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第 3.4.5-2 表に、(1)で整理した構造形式ごとに(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

また、構造形式ごとに各構造物の概略図と特徴について以下に示す。

第 3.4.5-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

3.4.5(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)	①線状構造物 (防潮堤, 3号炉取水ピットスクリーン室 防水壁(鋼製), 貯留堰)		②箱型構造物 (3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 (RC造), 3号炉放水ピット流路縮小工)	
3.4.5(2)で整理した 荷重の作用状況				
	①動土圧及び 動水圧	作用しない	①動土圧及び 動水圧	妻壁に作用
	②摩擦力	加振方向と平行な面に作用	②摩擦力	側壁に作用
	③慣性力	すべての部材に作用	③慣性力	すべての部材に作用
従来の設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響程度	従来の設計手法における評価対象断面に対して直角方向(強軸方向)に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。		従来の設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材(妻壁)を有し, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響の程度が大きい。	
抽出結果 (○: 影響検討実施)	×		○	

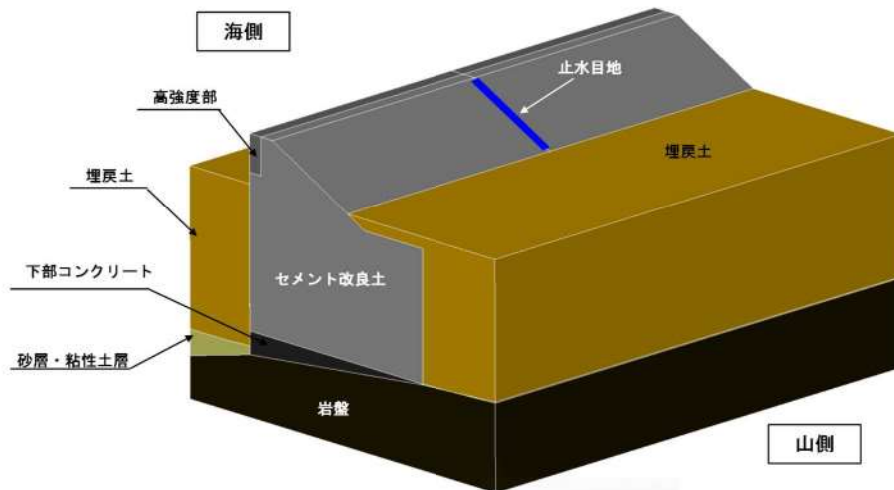
① 線状構造物

- ・防潮堤，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製），貯留堰

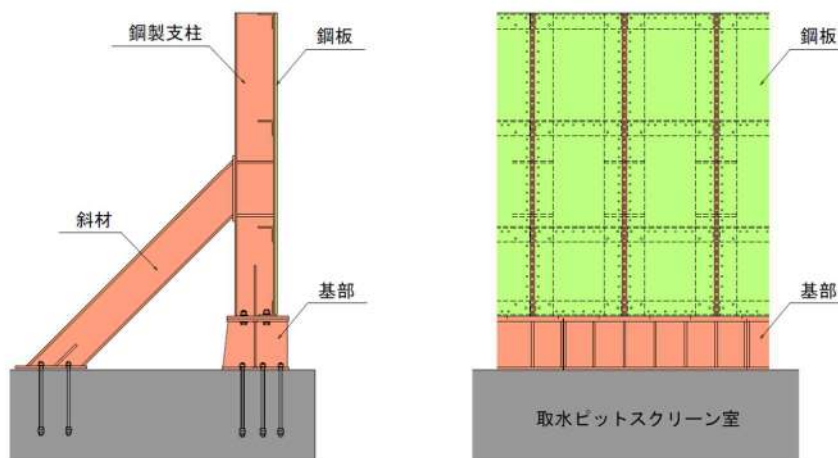
第3.4.5-1図～第3.4.5-3図に防潮堤，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）及び貯留堰の概要図を示す。

防潮堤は，セメント改良土及び下部コンクリートによる線状構造物であることから，従来の設計手法における評価対象断面に対して直交する動土圧はほとんど作用しないことから，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

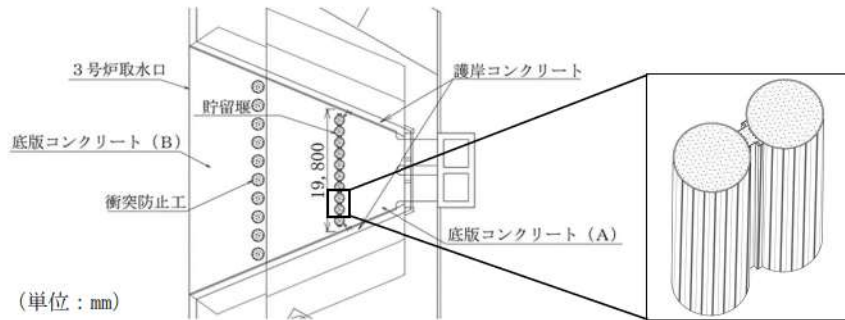
3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）及び貯留堰は，擁壁タイプの線状構造物であり，構造上の特徴として，妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さず，明確な弱軸・強軸を示し，強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。



第3.4.5-1図 防潮堤 概要図



第3.4.5-2図 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）概要図



第 3.4.5-3 図 貯留堰 概要図

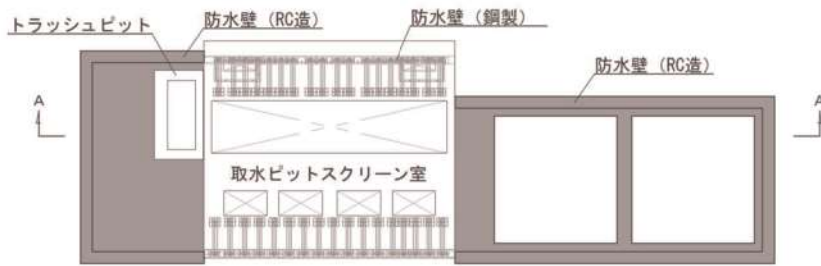
② 箱型構造物

- ・ 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 (RC 造), 3号炉放水ピット流路縮小工

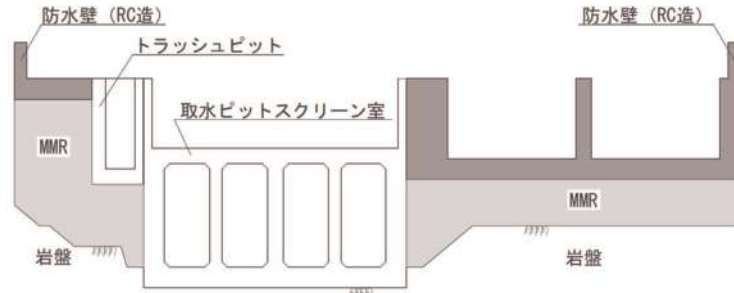
第 3.4.5-4 図及び第 3.4.5-5 図に 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 (RC 造) 及び 3号炉放水ピット流路縮小工の概要図を示す。

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 (RC 造) は、構造上の特徴として、妻壁等の評価対象断面に平行に配置される壁部材が存在し、評価対象断面に対して直交する動土圧が作用することから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される。

3号炉放水ピット流路縮小工は、構造形状の特徴として、四方が 3号炉放水ピットで拘束されるため、動土圧、動水圧及び摩擦力は直接作用しないものの、3号炉放水ピットを介して評価対象断面に対して直交する動土圧が作用することから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される。



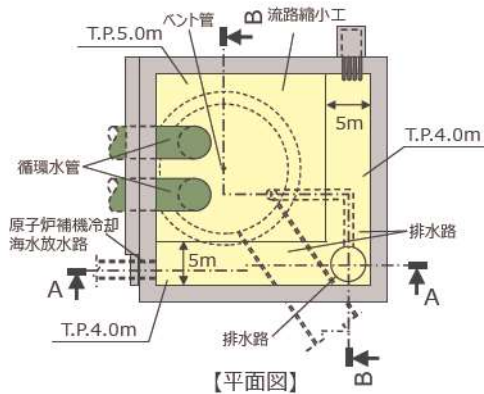
【平面図】



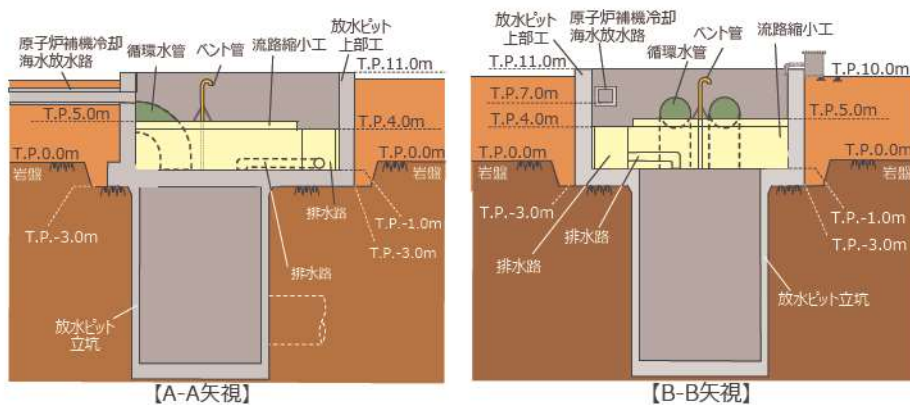
【A-A断面】

※トラッシュピットは、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構築に伴い撤去する予定であり、
詳細は、「第5条 津波による損傷の防止」にて説明する。

第 3.4.5-4 図 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 (RC造) 概要図



【平面図】



【A-A矢視】

【B-B矢視】

第 3.4.5-5 図 3号炉放水ピット流路縮小工 概要図

以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、箱型構造物を抽出する。

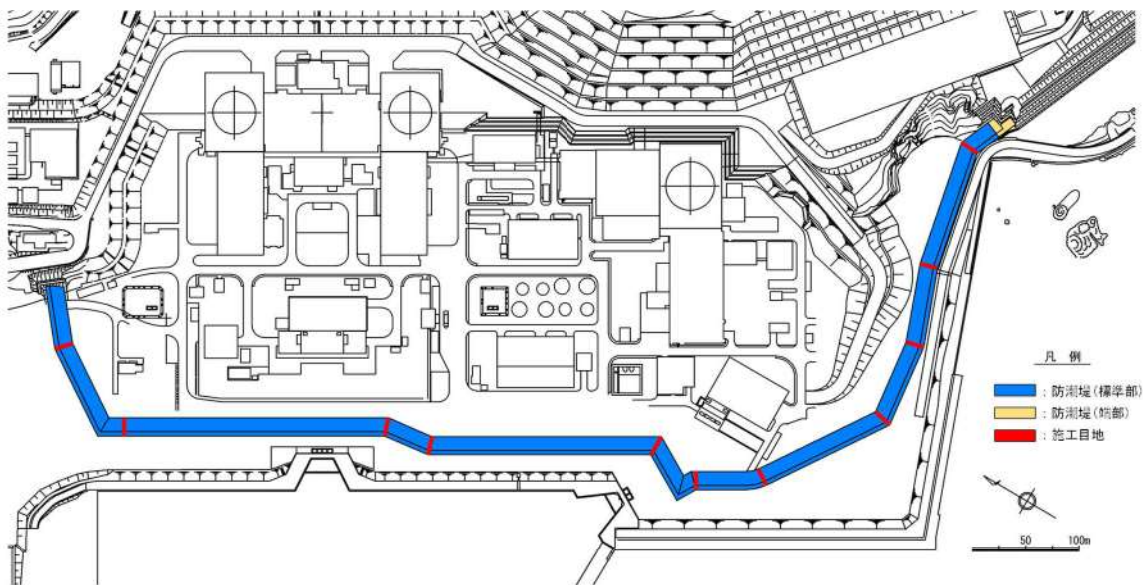
(4) 従来の設計手法における評価対象断面以外の三次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について、各構造物の構造等を考慮した上で、従来の設計手法における評価対象断面以外の三次元的な応答特性が想定される箇所を抽出し、以下に示す。

① 防潮堤の屈曲部

第 3.4.5-6 図に防潮堤屈曲部の施工目地の平面図を示す。

防潮堤は、構造物の配置上、屈曲部を有する。防潮堤の屈曲部では、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定されるが、屈曲部に目地が設置されており、変位を吸収することで応力集中しない構造となっている。さらに、当該構造物は、岩盤に直接設置されており、堤体下部で岩盤に拘束されていることから、屈曲部における強軸方向の曲げの影響はない。

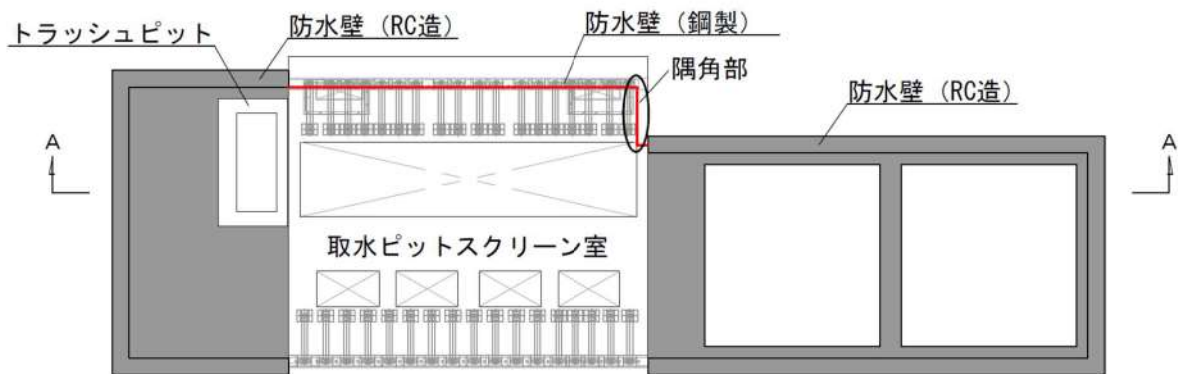


第 3.4.5-6 図 防潮堤屈曲部の施工目地 (平面図)

② 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部

第 3.4.5-7 図に3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部の概要図を示す。

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部では、妻壁に相当する部位を有することから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が懸念される。



※トラッシュピットは、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構築に伴い撤去する予定であり、詳細は、「第5条 津波による損傷の防止」にて説明する。

第 3.4.5-7 図 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部 概要図

以上のことから、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部について、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。

(5) 従来の設計手法の妥当性の確認

① 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の設計において、一般部は鋼製壁を設置している基礎（取水ピットスクリーン室頂版）を固定端とする鉛直方向の片持ち梁として設計するが、隅角部は基礎と妻壁側を固定端とした設計となる。したがって、隅角部は水平2方向の荷重を組み合わせた設計となるため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象部位として抽出する。

3.4.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4.5の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として、構造及び作用荷重の観点から、線状構造物及び箱型構造物のうち、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（RC造）、3号炉放水ピット流路縮小工及び3号炉取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）の隅角部を抽出する。

3.4.7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

水平2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、従来の設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重等を適切に組み合わせることで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に用いる地震動は、評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に用いる基準地震動と位相の異なる地震動を用いることとする。

3.4.8 機器・配管系への影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が、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・配管系の間接支持構造物である場合、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

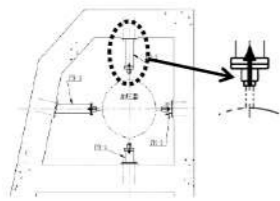
水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、津波防護施設の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

別紙 3-1 機器・配管系に関する説明資料

- ・ 第 1 表 構造強度評価
- ・ 第 2 表 動的／電気的機能維持評価
- ・ 補足説明資料

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
ループ廻りの主機本体	原子炉容器	一次一般膜応力	○	—	RCループは三次元的に配置されており、地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	○	三次元梁モデルの応答解析結果を用いて耐震評価しており、ねじれる状態についても、耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
	蒸気発生器	一次膜応力+一次曲げ応力 ※引張、せん断を含む	○	—	同上。		
	1次冷却材ポンプ	一次応力（ねじり）	○	—	同上。		
	1次冷却材管	一次+二次応力	○	—	同上。		
		一次+二次+ピーク応力（疲労）	○	—	同上。		
加圧器	各部位	一次一般膜応力	○	—	水平2方向入力により、機器評価に用いる管台荷重に影響がある。 (ただし、ガイドブラケットについては、加圧器上部サポート同様影響軽微)	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	同上。		
		一次+二次応力	○	—	同上。		
		一次+二次+ピーク応力（疲労）	○	—	同上。		
主機サポート (埋込金物を含む)	原子炉容器	一次応力（引張、せん断、圧縮、曲げ、支圧、組合せ）	○	—	RCループは三次元的に配置されており、地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	○	三次元梁モデルの応答解析結果を用いて耐震評価しており、ねじれる状態についても、耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
	蒸気発生器						
	1次冷却材ポンプ	一次+二次応力（座屈、支圧）	○	—	同上。		
	加圧器（上部サポート以外）						
加圧器上部サポート (埋込金物を含む)	各部位	一次応力（せん断、圧縮）	△	C	各サポート方向に対する厳しい荷重で評価しているため、水平2方向入力の影響は軽微である（水平2方向入力では、より多くのサポートに荷重が分担される）。【補足説明資料1】	×	—



※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
1次冷却材ポンプ	ラジアル軸受	軸受荷重	○	—	軸受は円周に均等に地震力を受け持つため、水平2方向入力の影響を受ける。	○	三次元梁モデルにより算出される応答加速度を用いた評価を実施しており、ねじれる状態についても、考慮した応答加速度となっている。
	スラスト軸受	軸受荷重	△	C	鉛直方向荷重が支配的であるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
蒸気発生器内部品	伝熱管	一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	水平方向は面外方向と面内方向とで、振動方向と振動特性が独立しており、最大発生応力箇所が異なるため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次一般膜応力	△	B	同上。		
		一次+二次応力	△	B	同上。		
		一次+二次+ピーク応力（疲労）	△	B	同上。		
	伝熱管以外	一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	鉛直方向荷重が支配的である（管群外筒支持金物）、又は、圧力が支配的（湿分離器支持環）であるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次一般膜応力	△	C	同上。		
		一次+二次応力	△	C	同上。		
		一次+二次+ピーク応力（疲労）	△	C	同上。		
炉心支持構造物	炉心槽、炉心支持柱、上部炉心支持板	一次一般膜応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	同上。		
		平均支圧応力	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向の影響は無い。		
	炉心板、炉心支持板（上部炉心支持板以外）	一次一般膜応力	△	C	鉛直方向荷重が支配的であるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上。		

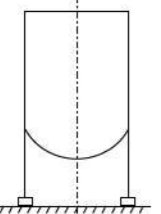
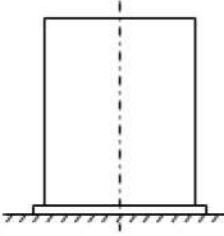
※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
炉内構造物	ラジアルサポート	一次一般膜応力	△	A	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。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	A	同上。		
		平均支圧応力	△	A	同上。		
	制御棒クラスター案内管	一次一般膜応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	同上。		
	熱遮へい体	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	A	同上。		
		純せん断応力	△	A	同上。		
	制御棒駆動装置	制御棒駆動装置耐圧部	一次一般膜応力	○	—		
一次膜応力+一次曲げ応力			○	—	同上。		
一次+二次応力			○	—	同上。		
一次+二次+ピーク応力（疲労）			○	—	同上。		
制御棒駆動装置耐震サポートタイロッド		一次応力（せん断）	△	C	水平方向の地震荷重を周方向4箇所配置されたサポートで分散して負担する構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、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水平1方向の地震による応力と同等である。		
		一次+二次応力（せん断）	△	C	同上。		
原子炉容器蓋一体化構造物（本体）		一次応力（引張、せん断、圧縮、曲げ、圧縮曲げ+圧縮、引張曲げ-圧縮、引張曲げ+引張、圧縮曲げ-引張）	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
		一次+二次応力	○	—	同上。		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
燃料集合体	制御棒案内シ ンプル	一次一般膜応力	△	D	水平2方向同時加振時の応答は、従来の水平1方向加振に包絡されることか ら、水平2方向入力による影響の考慮は不要である。【補足説明資料2】	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上。		
	燃料被覆管	一次応力（体積平均相当応 力）	△	D	同上。		
	支持格子	衝撃力	△	D	同上。		
制御棒クラスタ	制御棒被覆管	一次一般膜応力	△	D	応力解析の入力となる燃料集合体の応答（変位）が従来の水平1方向加振に 包絡されることから、水平2方向入力による影響の考慮は不要である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上。		
	制御棒接合部	一次一般膜応力	△	D	同上。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上。		
原子炉格納容器及び貫通部	本体（各部 位）	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力 点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
		純せん断応力	△	B	同上。		
		一次+二次応力	△	B	同上。		
	本体（胴板）	座屈	△	B	同上。		
	貫通部（取付 部）	一次一般膜応力	○	—	一次応力として配管反力による局部応力を考慮しており、配管モデルは三次 元モデル化されていることから、地震入力方向に対する直角方向の応答が生 じるため、水平2方向入力の影響がある。（配管本体と同様）	○	三次元梁モデルの応答解析結果（配管管力）を用 い、耐震評価している。
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	同上。		
		一次+二次+ピーク応力（疲 勞）	○	—	配管反力による応力を二次応力として考慮しており、配管モデルは三次元モ デル化されていることから、地震入力方向に対する直角方向の応答が生じる ため、水平2方向入力の影響がある。（配管本体と同様）		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
アニュラスシール	シール本体以 外の各部位	引張, せん断, 圧縮, 曲げ, 組合せ	△	C	鉛直方向加速度のみを用いた評価であるため、水平2方向を考慮しても影響 はない。	×	—
	シール本体	伸び	△	B	評価部位は円形の様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大伸び 発生点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも 水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
スカート支持たて置円筒形容器 	銅板, スカー ト	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力 点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平 2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
		座屈	△	B	同上。		
	基礎ボルト	引張	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点が異 なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応 答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料8】		
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料8】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
平底たて置円筒形容器 	銅板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力 点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平 2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
		座屈	△	B	同上。		
	基礎ボルト	引張	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点が異 なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応 答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料8】		
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料8】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○:影響あり △:影響軽微	影響軽微とした分類 A: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もの B: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もの C:水平2方向の地震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いえるもの D:従来評価において保守性(水平2方向の考慮を含む)を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○:発生する ×:発生しない	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
四脚支持の容器 	胴板	一次応力	○	—	評価点が脚付根部等の局所であり、水平1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、水平2方向入力の影響がある。	○	—
		一次+二次応力	○	—	同上。		
	支持脚	組合せ	○	—	同上。		
		座屈	△	A	座屈は強軸または弱軸方向に対して生じ、作用する荷重方向が分かれるため影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張	○	—	水平1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、水平2方向入力の影響がある。		
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料8】		
		組合せ	△	C	上記のせん断応力が生じる場合にのみ、許容応力が低減することで組合せ応力に影響が生じるが、せん断応力の水平2方向入力による影響は軽微であるため、組合せ応力についても水平2方向入力による影響は軽微である。		
横置円筒形容器 	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	A	同上。		
		一次+二次応力	△	A	同上。		
	支持脚	組合せ	△	A	同上。		
		座屈	△	A	同上。		
	基礎ボルト	引張	△	A	同上。		
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)					
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由				
プレート式熱交換器 	側板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であ り、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形す るため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料 6】						
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	A				同上。			
		組合せ一次	△	A				同上。			
	脚	組合せ	△	A				同上。	×	—	
		引張	△	A				同上。			
		基礎ボルト, 取付ボルト	せん断	△				C			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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】
			組合せ	△				C			上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。
横形ポンプ、空調ファン、空調ユニット ポンプ駆動用タービン、横形機器用電動機、制御用空気圧 縮機	基礎ボルト, 取付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	—				
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】						
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。						

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
立形ポンプ	ケーシング	一次一般膜応力	○	—	支配的な応力は内圧、又は水平地震による曲げ応力である。一様断面でない部分があるため影響が生じる。	○	現在考慮している、X、Y方向振動モードではね じれ振動は現れていない。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。
		一次応力	○	—	同上。		
		一次+二次応力	○	—	同上。		
	振れ止め押え ボルト	圧縮	△	B	円周配置であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
		圧縮	○	—	支配的な応力は水平地震による曲げ応力である。一様断面でない部分があるため影響が生じる。		
	吐出しエルボ	曲げ	○	—	同上。		
		せん断	○	—	同上。		
		圧縮	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
	電動機支え台	曲げ	△	B	同上。		
		せん断	△	B	同上。		
		圧縮	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
	振れ止め台	曲げ	△	B	同上。		
		圧縮	△	B	同上。		
	軸受	面圧	○	—	軸受は円周に均等に地震力を受け持つため、水平2方向入力の影響を受ける。		
		軸受荷重	○	—	同上。		
	基礎ボルト、 取付ボルト	引張	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料8】		
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料8】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
電気盤（自立）	基礎ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定した結果、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、影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	—
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
	フレーム	一次応力（引張、曲げ、せん断、圧縮、組合せ）	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	溶接部	組合せ	○	—	水平方向の地震力を均等に受け持つ構造であるため、水平2方向入力の影響を受ける。		
電気盤（壁掛け）	据付ボルト	引張	△	A	壁面に門型あるいはそれに類する据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断	△	A	同上。		
		組合せ	△	A	同上。		
伝送器（壁掛け）	据付ボルト	引張	△	A	壁面に門型あるいはそれに類する据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断	△	A	同上。		
		組合せ	△	A	同上。		
伝送器（自立）	基礎溶接部	組合せ	○	—	水平方向の地震力を均等に受け持つ構造であるため、水平2方向入力の影響を受ける。	×	—
	基礎ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定した結果、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、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料7】		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
非常用ディーゼル機関・発電機	基礎ボルト、取付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定した結果、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、影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	—
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
使用済燃料ラック	ラックセル	一次応力（曲げ、せん断）	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
	サポート部	一次応力（せん断、支圧、引張）	△	A	サポート部は、構造上水平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方向の影響は受けない。【補足説明資料3】		
配管本体 (定ピッチスパン法)	直管配管 (水平)	一次応力（曲げ応力含む）	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
	直管配管 (鉛直)	一次応力（曲げ応力含む）	△	C	鉛直配管では寄与しない自重及び鉛直地震により発生する応力を除き、地震力を水平2方向分考慮しても水平方向の設計と同等の応力となるため、影響は軽微である。		
	曲り部 分岐部	一次応力（曲げ応力含む）	△	C	曲り部（及び分岐部）を含む配管は、水平2方向入力と水平1方向入力との場合の発生荷重が同等となるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
配管本体、サポート (多質点梁モデル解析)	配管、サポート	一次応力（曲げ応力含む）	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		組合せ	○	—	同上。		
配管本体 (多質点梁モデル解析)	配管	一次応力（曲げ応力含む）	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		一次+二次応力	○	—	同上。		
		一次+二次+ピーク応力（疲労）	○	—	同上。		
格納容器再循環サンプスクリーン	各部位	一次応力（組合せ、引張、せん断）	△	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なり、水平2方向入力の影響は軽微である。	○	三次元有限要素法モデルを作成し、耐震評価している。
1号及び2号炉取水路流路縮工	各部位	各応力分類	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
1号及び2号炉放水路逆流防止設備	各部位	各応力分類	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)				
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由			
屋外排水路逆流防止設備	扉体	曲げ	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—			
		せん断	○	—	同上。					
		組合せ	○	—	同上。					
	固定部	引張	○	—	水平2方向入力の影響がある。					
		曲げ	○	—	同上。					
		せん断	○	—	同上。					
		支圧	○	—	同上。					
		組合せ	○	—	同上。					
	水密扉	各部位	各応力分類	△	A			水平2方向が同時に作用した場合においても、橋軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
	貫通部止水処置	モルタル	せん断荷重	△	C			対象となる貫通部は建屋軸に沿った配置となっていることから、せん断荷重及び圧縮荷重は、水平1方向の地震力による荷重が支配的であり、他の水平方向の地震力による荷重は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
圧縮荷重			△	C	同上。					
浸水防止蓋	蓋	曲げ	△	C	鉛直方向加速度のみを用いた評価であるため、水平2方向を考慮しても影響はない。	×	—			
		せん断	△	C	同上。					
		組合せ	△	C	同上。					
	基礎ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定した結果、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、影響は軽微である。【補足説明資料7】					
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】					
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。					

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
津波監視カメラ	架台	組合せ	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	据付ボルト	引張	△	A	壁面に据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に作用した場合に おいても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、 支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わ らず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断	△	A	同上。		
		組合せ	△	A	同上。		
潮位計	固定ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	—
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】	×	—
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
取水ビット水位計	据付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	—
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】	×	—
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
格納容器水素イグナイタ（壁掛け）	据付ボルト	引張	△	A	壁面に矩形プレートの据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に 作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形 するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発 生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断	△	A	同上。		
		組合せ	△	A	同上。		
	溶接部	組合せ	△	A	構造上、左右方向の溶接部の応力成分はせん断応力（ねじれ応力）のみであ るのに対し、前後方向は引張応力（曲げ応力）及びせん断応力（ねじれ応力）が 発生する。左右方向の応力は軽微であり、前後方向の応力が支配的であるた め、水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料6】		
格納容器水素イグナイタ（吊下げ）	溶接部	組合せ	○	—	水平方向の地震力を均等に受け持つ構造であるため、水平2方向入力の影響 を受ける。	×	—

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
代替非常用発電機 (代替非常用発電機上に設置された設備も含む)	転倒評価	応答変位	△	A	車両の転倒は、走行直角方向のみが対象となるため、水平1方向のみの地震 力が支配的となるため、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資 料6】	×	—
	取付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
	フレーム	組合せ	△	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 なり、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	銅板	一次応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であ り、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形す るため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料 6】		
一次+二次応力		△	A	同上。			
通信連絡設備（アンテナ類）（矩形床置）	据付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	—
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
通信連絡設備（アンテナ類）（壁掛け）	据付ボルト	引張	△	A	壁面に矩形プレートの据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に 作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形 するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発 生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断	△	A	同上。		
		組合せ	△	A	同上。		
使用済燃料ピット状態監視カメラ	据付ボルト	引張	△	A	壁面に矩形プレートの据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に 作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形 するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発 生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断	△	A	同上。		
		組合せ	△	A	同上。		

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重 量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含 む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新 たな応力成分の発 生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器	本体	一次応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	取付ボルト、 接続ボルト	引張	△	A	壁面に門型の据付部材で剛に支持されており、水平2方向が同時に作用した 場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するの ではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は 変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		せん断	△	A	同上。	×	—
		組合せ	△	A	同上。		
	溶接部	組合せ	△	A	構造上、左右方向の溶接部の応力成分はせん断応力（ねじれ応力）のみであ るのに対し、前後方向は引張応力（曲げ応力）及びせん断応力（ねじれ応力）が 発生する。左右方向の応力は軽微であり、前後方向の応力が支配的であるた め、水平2方向の影響は軽微である。 【補足説明資料6】		
使用済燃料ピット温度（AM用）	据付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】	×	—
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
使用済燃料ピット水位（AM用）	据付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定 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、 影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断	△	C	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 向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微であ る。【補足説明資料7】	×	—
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ 応力も水平2方向の影響は軽微である。		
燃料タンク（SA）	各部位	各応力分類	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
クレーン類	転倒防止金具	一次応力（曲げ、せん断、組 合せ）	△	A	すべり方向とすべり直角方向では水平2方向で異なる挙動を示すため、水平 2方向の影響は軽微である。 【補足説明資料5】	×	—
耐火隔壁	支柱、基礎ボ ルト	一次応力（引張、圧縮、せん 断、曲げ）	△	C	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であ り、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形す るため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料 6】	×	—
矩形構造の架構設備	各部位	各応力分類	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重量による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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 (3.2.4(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
避雷針	避雷針ポール	組合せ	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
	ベースプレート	組合せ	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	据付ボルト	引張	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の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、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断	△	C	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方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		組合せ	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
パースクリーン	各部位	各応力分類	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
弁配管点検用モノレール	各部位	各応力分類	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—

第2表 動的／電氣的機能維持評価 (1/2)

機種	①-1 水平2方向の地震力の 重畳による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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（3.2.4(2)に対応）	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
立形ポンプ	○	—	軸受は円周に均等に地震力を受け持つため、水平2方向入力の影響を受ける。	×	—
横形ポンプ	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平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。	×	—
ポンプ駆動用タービン	△	D	最弱部である弁箱に対し、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) において十分な裕度が確認されており、水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。	×	—
立形機器用電動機	△	D	最弱部である軸受に対し、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) で十分な裕度が確認されており、水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。	×	—
横形機器用電動機	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平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。	×	—
空調ファン	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平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。	×	—
非常用ディーゼル発電機 (機関本体)	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平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。	×	—
非常用ディーゼル発電機 (ガバナ)	○	—	ガバナについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。ただし、JEAG4601に記載の機能確認済加速度は1.8Gであるが、旧JNES試験より4Gまでの機能維持を確認しているため、水平2方向合成応答加速度が4G未満であれば問題ない。	×	—
制御用空気圧縮機	△	D	最弱部であるインタクーラ取付ボルト（横向き）に対して、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価 ^(注1) で十分な裕度が確認されている。また、当該部位は水平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。	×	—
弁	○	—	弁については水平2方向合成による応答増加の影響があるが、水平2方向合成応答加速度が試験にて確認した機能維持加速度未満であれば問題ない。	×	—
制御棒挿入性	△	C（制御棒クラスタ案内管） D（制御棒駆動装置、燃料集合体）	挿入経路機器応答のうち燃料集合体は、水平2方向入力に比べ現行の1方向入力の方が保守的となっていること、実機における地震時の制御棒クラスタ案内管の応答は、水平2方向同時入力を考慮しても有意な抗力を発生しない応答レベルにあること、また、制御棒駆動装置は解析モデル上（柔側の設定となるよう最長列のばね剛性を考慮する等）の保守性により水平2方向入力による著しい影響が無いと考えられることより、地震時挿入時間評価への影響は軽微である。 また、現行の挿入性評価における保守性については、地震トリップ検知により地震初期の大きな機器応答に至る前に速やかに制御棒は挿入される効果を考慮せず地震継続中の最大の遅れを評価していること、制御棒挿入時に期待できる炉内の流れによる燃料応答の低減効果を考慮していないことから、挿入時間評価自体にも十分な保守性を持つものであり、水平2方向入力による影響は軽微である。	×	—

(注1)JEAG4601で定められた評価部位の裕度評価。

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

機種	①-1 水平2方向の地震力の 重畳による影響の有無 (3.2.4(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：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もの B：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もの C：水平2方向の地震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いえるもの D：従来評価において保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの	①-1の影響有無の説明	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（3.2.4(2)に対応）	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
電気盤	△	A	電気盤に取り付けられているリレー等の電気品は、一次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、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。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。【補足説明資料9】	×	—
伝送器、指示計	△	A	伝送器・指示計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動が生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
津波監視カメラ	△	A	津波監視カメラの掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動が生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
潮位計	△	A	潮位計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動が生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
取水ビット水位計	△	A	取水ビット水位計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動が生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
代替非常用発電機 (代替非常用発電機上に設置された設備も含む)	△	A	水平2方向の入力で対角方向に反応することはないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
使用済燃料ビット監視カメラ	△	A	使用済燃料ビット監視カメラ本体の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動が生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
通信連絡設備（アンテナ類）	△	A	通信連絡設備（アンテナ類）の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動が生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—

(注1)JEAG4601で定められた評価部位の裕度評価。

※本表は、詳細設計段階において細部を変更する可能性がある。

別紙 3-1 補足説明資料

目 次

1. 水平 2 方向同時加振の影響評価について(加圧器上部サポート及びガイドブラケット)
2. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (燃料集合体)
3. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (使用済燃料ラック)
4. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器)
5. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (クレーン)
6. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (応答軸が明確である設備)
7. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (矩形配置されたボルト)
8. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (円周配置されたボルト)
9. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (電気盤)

1. 水平2方向同時加振の影響評価について（加圧器上部サポート及びガイドブラケット）

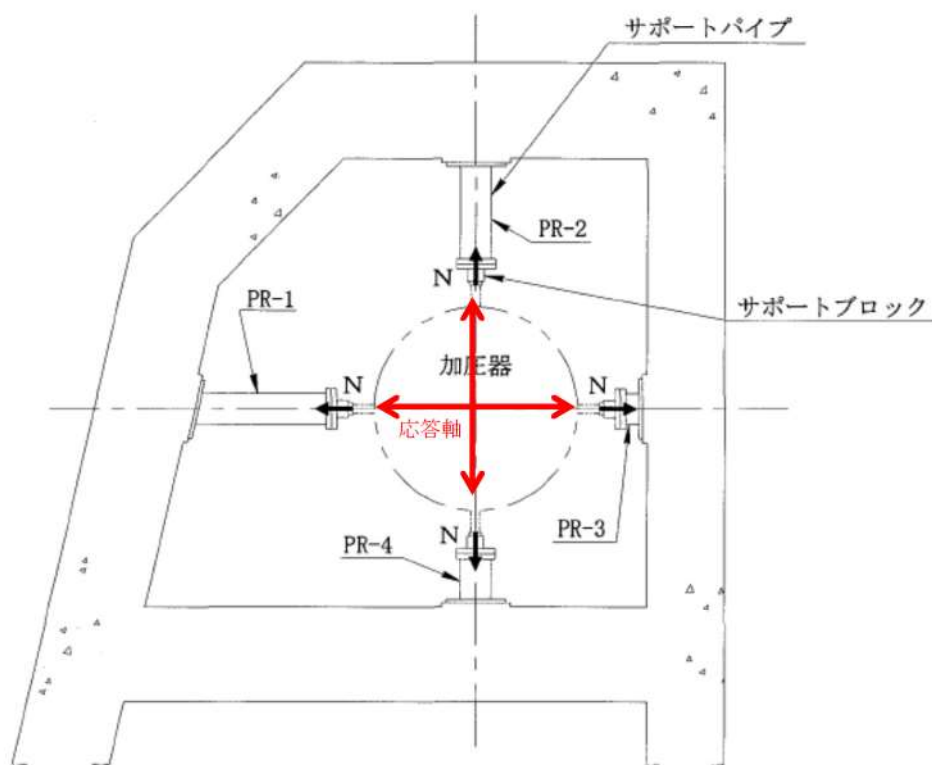
1.1 はじめに

本項は、加圧器上部サポート及びガイドブラケットに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

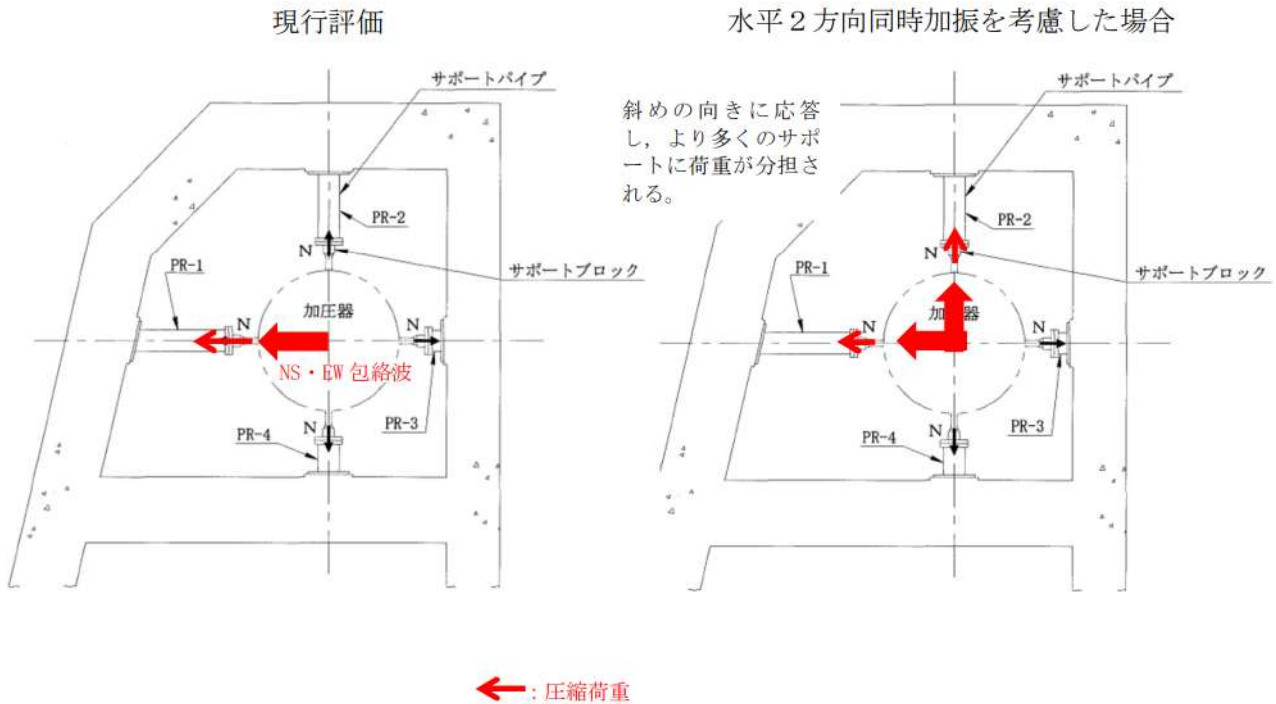
1.2 現行評価の手法

加圧器は4体の水平サポートにて直交する水平2方向に支持されている。地震力はこれらのサポートを介して入力されるため、応答軸は明確である。第1-1図に加圧器上部サポートの構造図を示す。

また、現行評価における加圧器上部サポート及びガイドブラケットに対する地震荷重は、各サポートに対し厳しい荷重が算出されるように、この明確な応答軸方向に対して各サポート軸方向にNS方向・EW方向包絡床応答曲線を与えて算出している。この結果、主として作用する荷重は、加振方向のサポートへの圧縮荷重である。例として、PR-1のサポート方向へ加振した場合の荷重の働き方を第1-2図の左側に示す。



第 1-1 図 加圧器サポートの構造図



第1-2図 現行評価及び水平2方向同時加振を考慮した場合の荷重の働き方

1.3 水平2方向同時加振の影響

1.2に示す通り、加圧器の応答解析は、明確な応答軸方向に対してNS方向・EW方向包絡床応答曲線を与えて実施しているため、水平2方向同時加振の影響は軽微である。

また、水平2方向同時加振を考慮した場合は、第1-2図の右側に示す通り、1.2の圧縮荷重がより多くのサポートに分担される。具体的には圧縮荷重は、現行評価で1本のサポート支持条件であったのが2方向同時加振では2本で支持されることとなる。

従来の1方向加振時の評価条件としているサポート支持方向に加振する場合は、加振方向のサポートに対して最大の圧縮力が作用することになり、それぞれのサポートに対して最大となる圧縮力に対する評価を実施していることから、水平2方向同時加振を想定した場合の影響はない。

2. 水平2方向同時加振の影響評価について（燃料集合体）

2.1 はじめに

本項は、燃料集合体に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

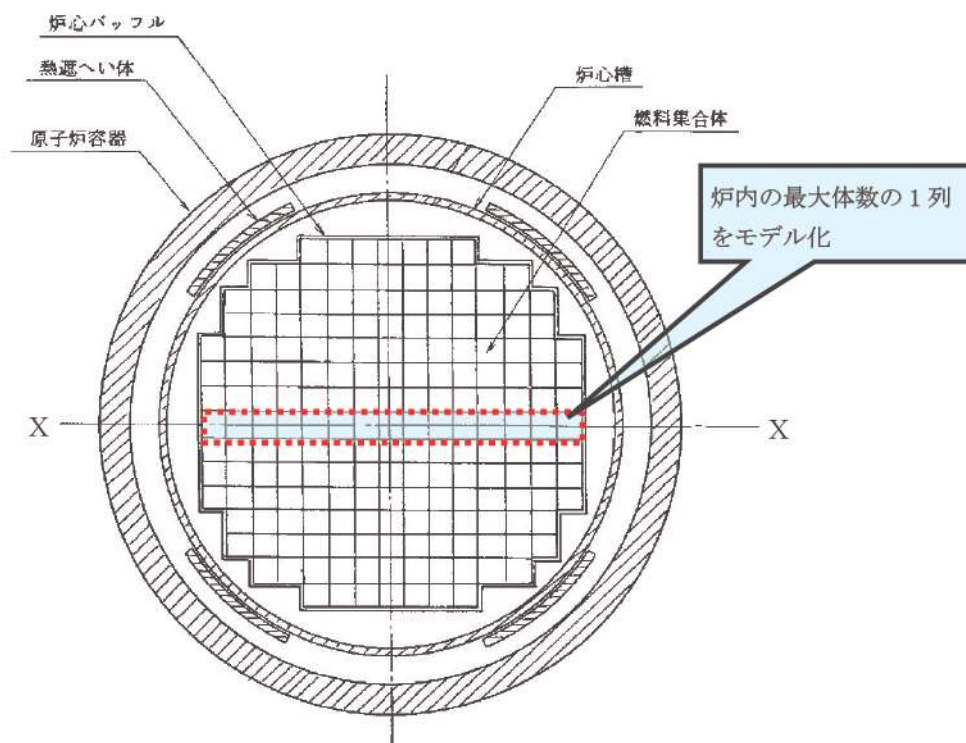
2.2 応答解析において考慮している保守性

燃料集合体は炉内の限られた空間で振動するため、限られた空間で燃料集合体同士が衝突する非線形応答解析を実施している。燃料集合体の応答解析の概要を第2-1図に示す。

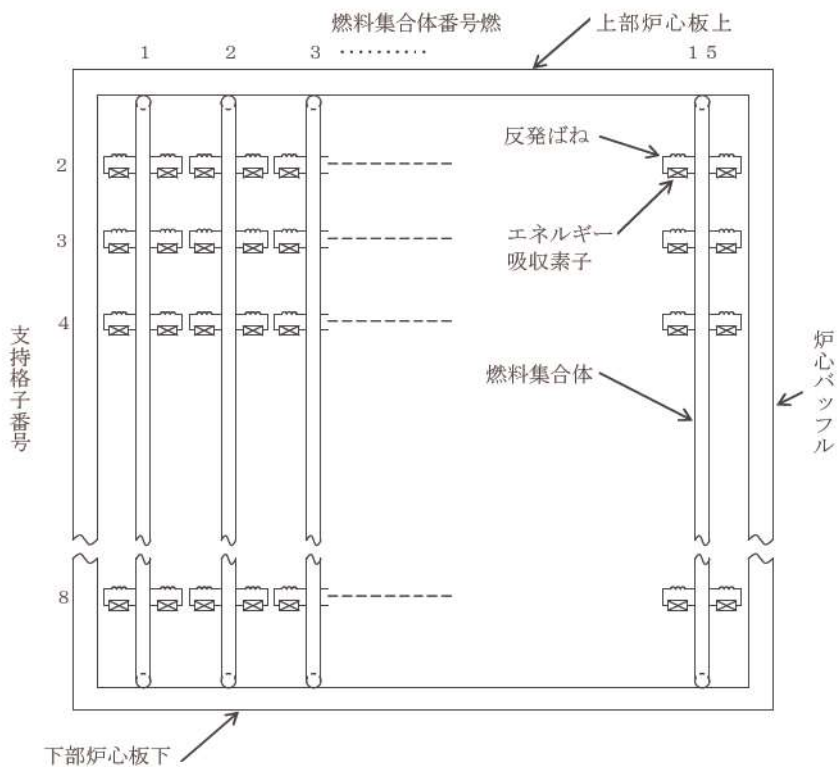
燃料集合体の応答解析では、以下のような解析モデル上の考慮により、応答が保守的になるような配慮がなされている。

- ・燃料集合体の応力評価に用いる応答変位が、より保守的となるように、燃料集合体が最大体数となる一列を解析モデルとしている。

（燃料集合体の応答変位が大きくなるのは、列内の燃料集合体の体数が多く、列内の空間が大きい場合で、かつ、列内の燃料集合体がすべて同じ方向に振動する場合であるため）



(a) 炉心断面

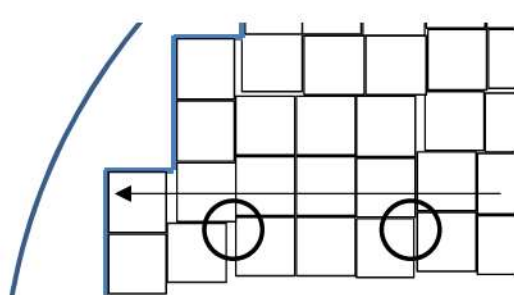
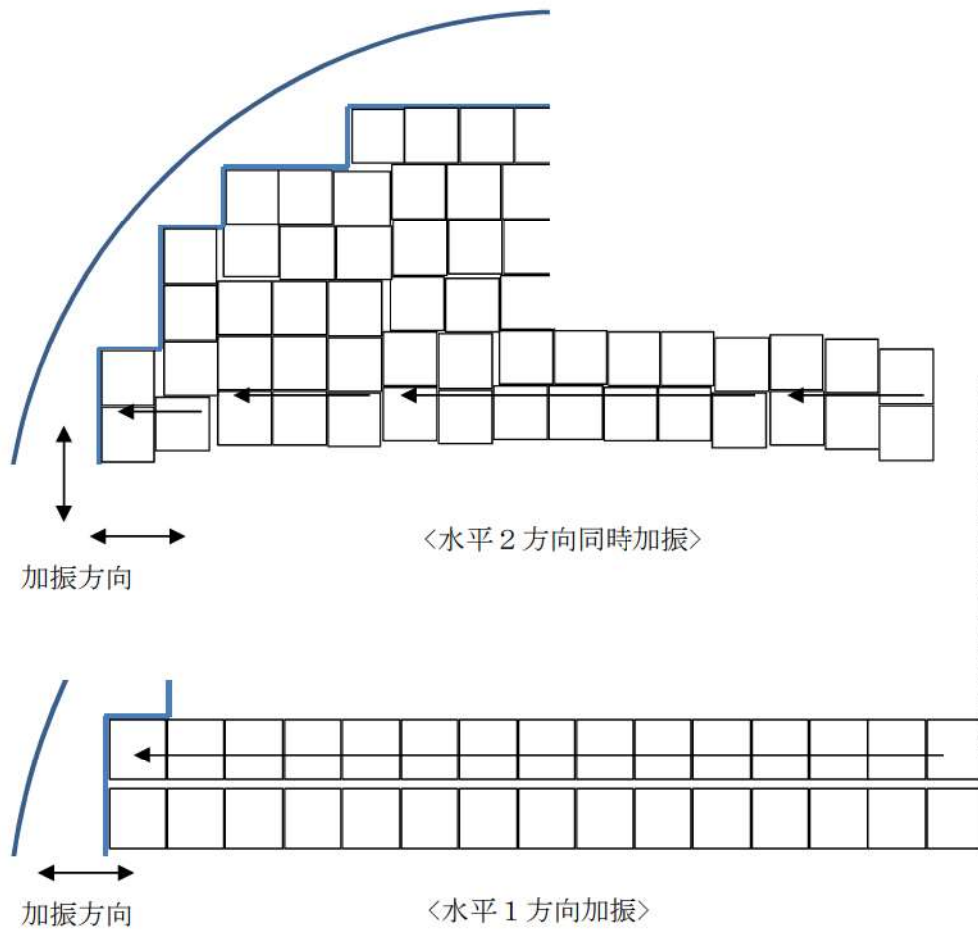


(b) 燃料集合体応答解析モデル

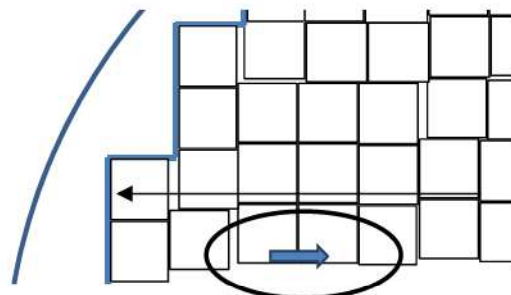
第2-1図 燃料集合体応答解析の概要 (燃料集合体応答解析モデル)

2.3 水平2方向同時加振の影響

水平2方向同時加振時を想定した場合の燃料集合体応答の概要図を第2-2図に示す。水平2方向同時加振を想定した場合、1方向加振に対して直交する方向の応答が同時に起こり、燃料集合体は隣接列の燃料集合体と接触するため、全体が同方向に振動することが阻害されると考えられる。また、振動挙動が複雑となり、振動方向がよりばらけることや加振力が直交方向等へ散逸することが考えられるため、1方向加振の燃料集合体応答の方が水平2方向同時加振時の燃料集合体応答よりも保守的な応答となると考えられる。



隣接列の燃料集合体との接触により振動が阻害される。



加振力の直角方向などへの散逸が想定される。

第2-2図 水平2方向同時加振と1方向加振の比較の概要図

3. 水平2方向同時加振の影響評価について（使用済燃料ラック）

3.1 はじめに

本項は、使用済燃料ラックのサポートに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

3.2 既往の耐震評価

使用済燃料ラックの耐震評価においては、EW方向の地震力に対しては、東西のピット壁が地震力を支持し、NS方向の地震力に対しては南北のピット壁が地震力を支持するものとして評価している。言い換えれば、EW（又はNS）方向の地震力に対して、南北壁（又は東西壁）のサポート部に反力が生じないとしている。

具体的には、ピット壁サポート部の構造を壁面と平行な方向の地震力に対しては、変位を拘束しない（反力を発生させない）構造としていることによるものである。

また、鉛直方向に対しては、ラックアセンブリ及びラックセルを床上に置いているだけの構造であり、水平2方向及び鉛直上向きには拘束していない。したがって、鉛直下向きの自重及び地震による荷重はピット床へ伝達するが、鉛直上向き及び水平2方向の地震時荷重に対しては、自由に変位することでラックアセンブリ及びラックセルの脚部に荷重を発生させない構造としている。

使用済燃料ラックアセンブリ構造を第3-1図に示す。

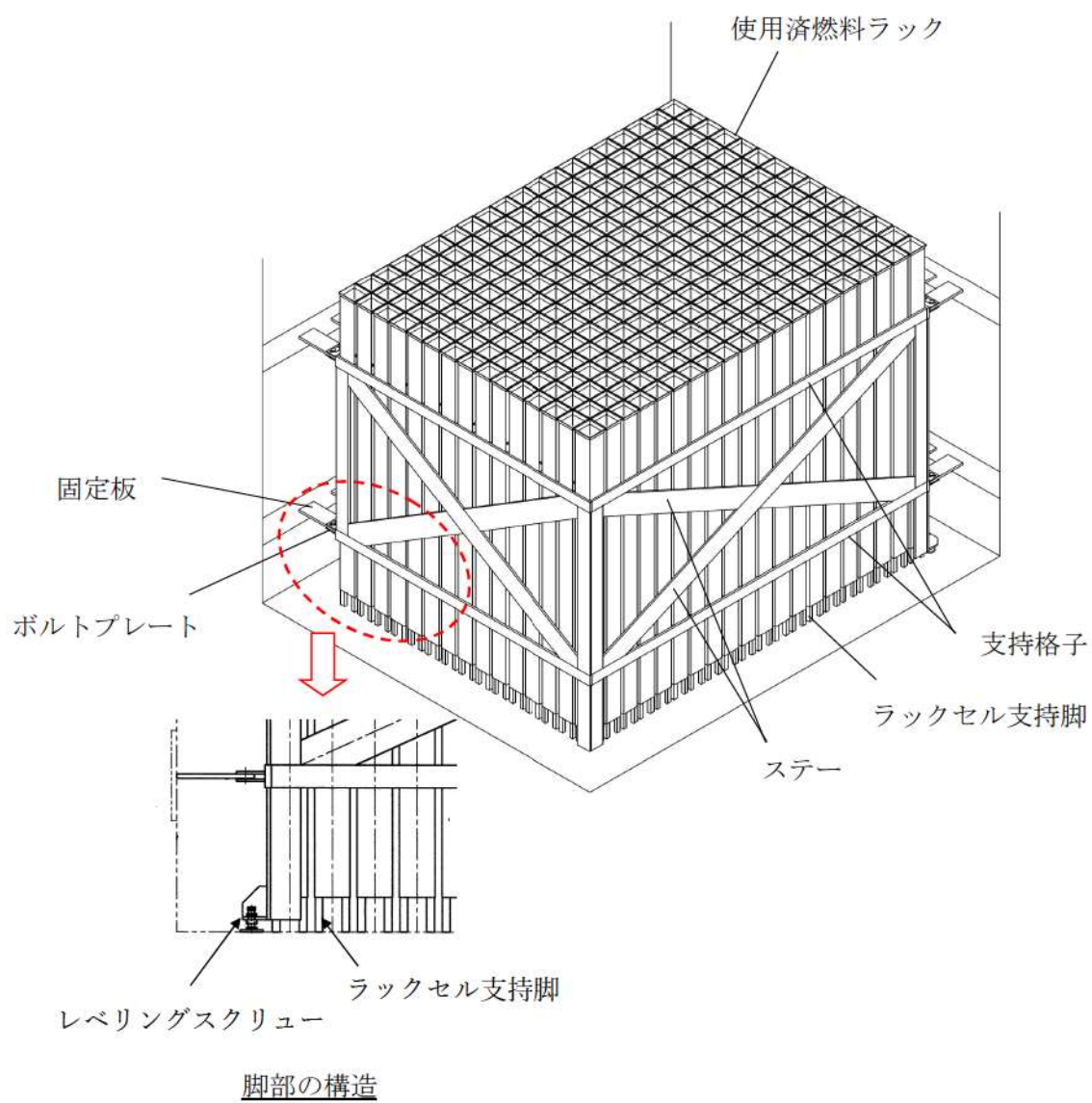
3.3 ピット壁サポート部の構造

使用済燃料ラックアセンブリの壁サポート部は、相対する2辺のうち1辺をフリーとし、1辺を壁と直角方向にのみ拘束することで、壁と平行な方向の地震時変位を逃がす構造、すなわち、壁と平行な方向の地震時荷重の発生を防ぐ構造としている。壁サポート部の拘束条件を第3-2図に、壁サポート部の構造概要を第3-3図に、詳細な構造の説明を第3-4図に示す。

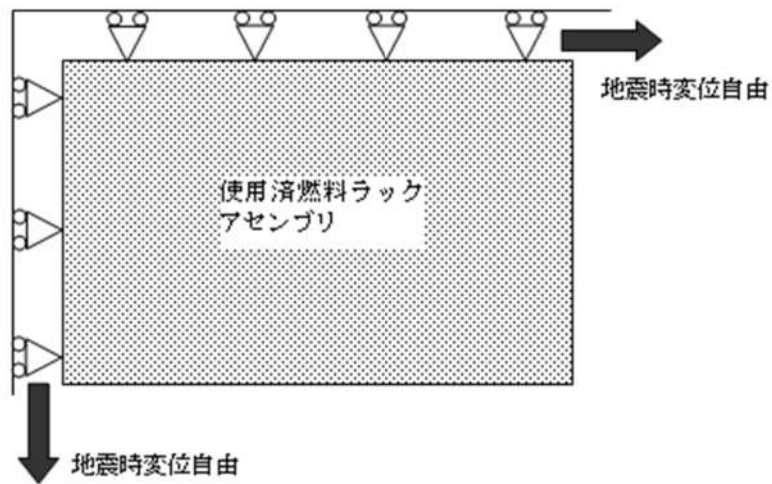
また、発生する地震時変位が、本構造で逃がすことができる変位に対して問題となるようなことはない。

3.4 水平2方向の地震力による影響について

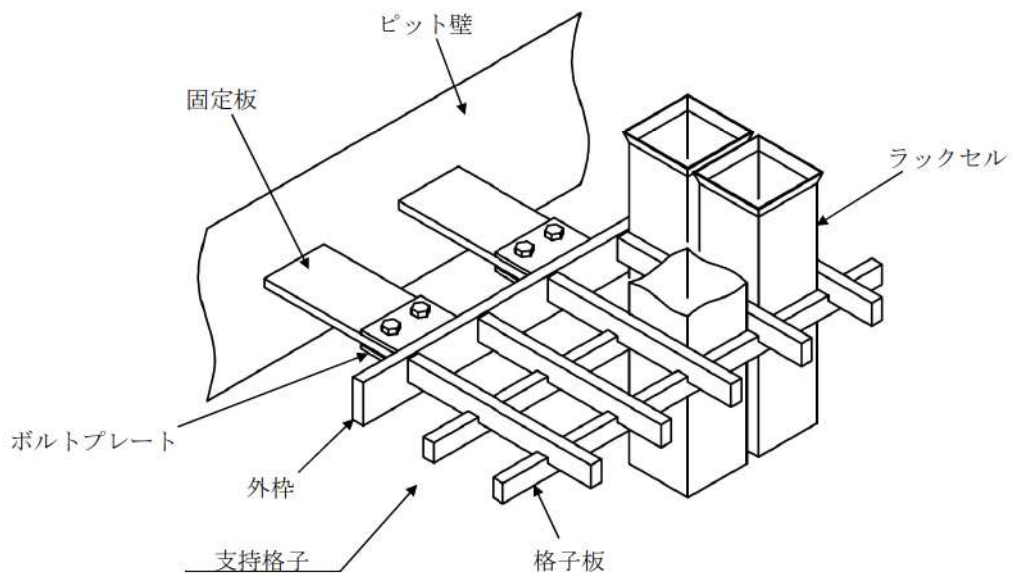
使用済燃料ラックは、地震荷重に対して直交する1辺の壁のみで荷重を使用済燃料ピットへ伝達する構造であり、水平2方向から同時に地震荷重が作用したとしても、耐震評価上の裕度の厳しい壁サポート部については、個々の方向成分に分解して評価すればよく、水平2方向地震を重ね合わせる必要はない。



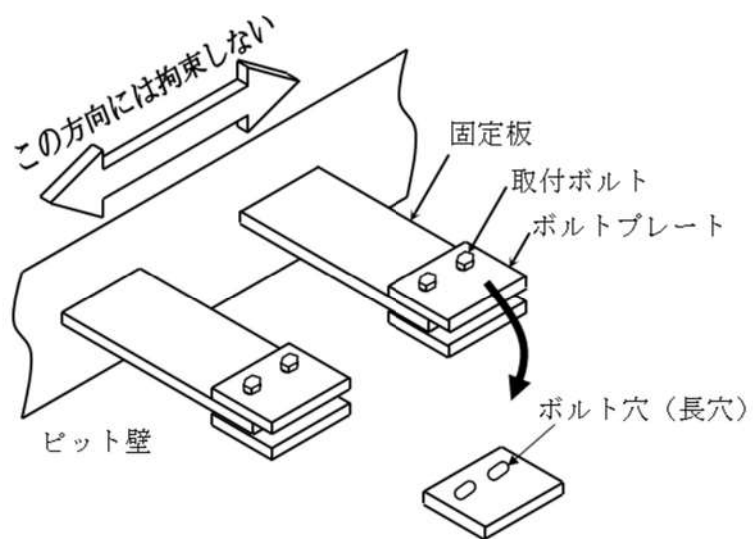
第 3-1 図 ラックアセンブリ構造



第 3-2 図 使用済燃料ラックのピット壁サポート部の拘束条件（平面）



第 3-3 図 壁サポート部の構造概要（上・下部共通）



第 3-4 図 壁サポート部の構造詳細 (上・下部共通)

4. 水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）

4.1 はじめに

本項は、水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響を三次元有限要素法で確認した結果をまとめたものである。

円筒形容器については、別紙3-1にて記載しているとおり、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項には、別紙3-1にて記載していることを解析にて確認することを目的として、円筒形容器の三次元有限要素法モデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の応力強さを対象としたものである。

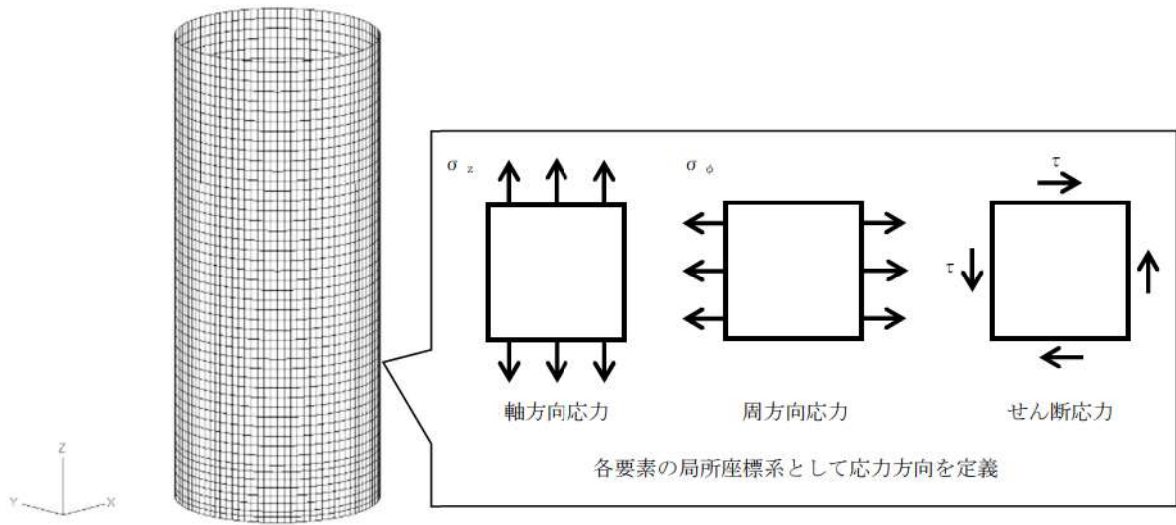
具体的な確認項目として、以下2点を確認した。

- ① X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることの確認
- ② 最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認

4.2 影響評価検討

評価検討モデル及び応力の定義について第4-1図に示す。なお、応力については要素ごとの局部座標系として第4-1図に示すように定義する。検討方法を以下に示す。

- ・ 検討方法：水平地震力1GをX方向へ入力し、周方向の0°方向から90°方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。
- ・ 検討モデル：たて置円筒形容器をシェル要素にてモデル化
- ・ 拘束点：容器基部を拘束
- ・ 荷重条件：モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷
- ・ 解析手法：静的解析
- ・ 対象部位及び応力：容器基部における応力強さ
- ・ 水平2方向同時加振時の考慮方法
 - 組合せ係数法（最大応答の非同時性を考慮）
 - SRSS法（最大応答の非同時性を考慮）



第 4-1 図 評価検討モデル及び各応力の定義

4.3 検討結果

4.3.1 軸方向応力

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を第 4-2 図に示す。この結果より、最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y 方向入力時の最大応力点は $90^\circ / 270^\circ$ 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また、第 4-1 表に X 方向、Y 方向、2 方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{z,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{z,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の軸方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\sigma_{z,x}(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\sigma_{z,y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{z,c}(\theta) = \text{MAX}(\sigma_{z,c(X)}(\theta), \sigma_{z,c(Y)}(\theta))$$

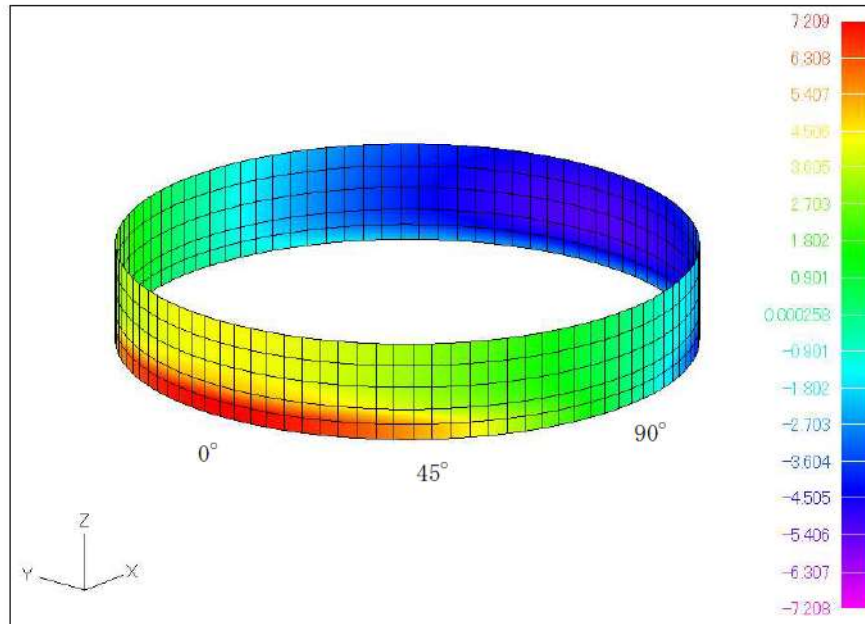
ただし、 $\sigma_{z,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{z,x}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{z,y}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{z,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{z,y}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{z,x}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\sigma_{z,c(X)}(\theta) = \sigma_{z,x}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{z,y}(\theta)$$

$$\sigma_{z,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{z,x}(\theta) + \sigma_{z,y}(\theta)$$

<SRSS 法>

$$\sigma_{z,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{z,X}(\theta)^2 + \sigma_{z,Y}(\theta)^2}$$



第 4-2 図 水平地震時軸方向応力コンター図 (X 方向入力)

第 4-1 表 水平地震時の軸方向応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{z,X}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{z,Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{z,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{z,s}(\theta)$
0° 方向	7.20	0.24	7.30 $\sigma_{z,c(X)}(0^\circ) = 7.30$ $\sigma_{z,c(Y)}(0^\circ) = 3.12$	7.20
22.5° 方向	6.74	2.54	7.76 $\sigma_{z,c(X)}(22.5^\circ) = 7.76$ $\sigma_{z,c(Y)}(22.5^\circ) = 5.24$	7.20
45° 方向	5.09	5.09	7.13 $\sigma_{z,c(X)}(45^\circ) = 7.13$ $\sigma_{z,c(Y)}(45^\circ) = 7.13$	7.20
67.5° 方向	2.54	6.74	7.76 $\sigma_{z,c(X)}(67.5^\circ) = 5.24$ $\sigma_{z,c(Y)}(67.5^\circ) = 7.76$	7.20
90° 方向	0.24	7.20	7.30 $\sigma_{z,c(X)}(90^\circ) = 3.12$ $\sigma_{z,c(Y)}(90^\circ) = 7.30$	7.20

4.3.2 周方向応力

容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を第4-3図に、周方向応力分布を第4-2表に示す。軸方向応力と同様に最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生しており、最大応力点が異なることが確認できる。

また、軸方向応力と同様に中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\sigma_{\phi, c}(\theta)$ 及び $\sigma_{\phi, s}(\theta)$ は、水平1方向入力時の周方向応力解析結果 (X方向入力時応力 $\sigma_{\phi, X}(\theta)$ 、Y方向入力時応力 $\sigma_{\phi, Y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{\phi, c}(\theta) = \text{MAX}(\sigma_{\phi, c(X)}(\theta), \sigma_{\phi, c(Y)}(\theta))$$

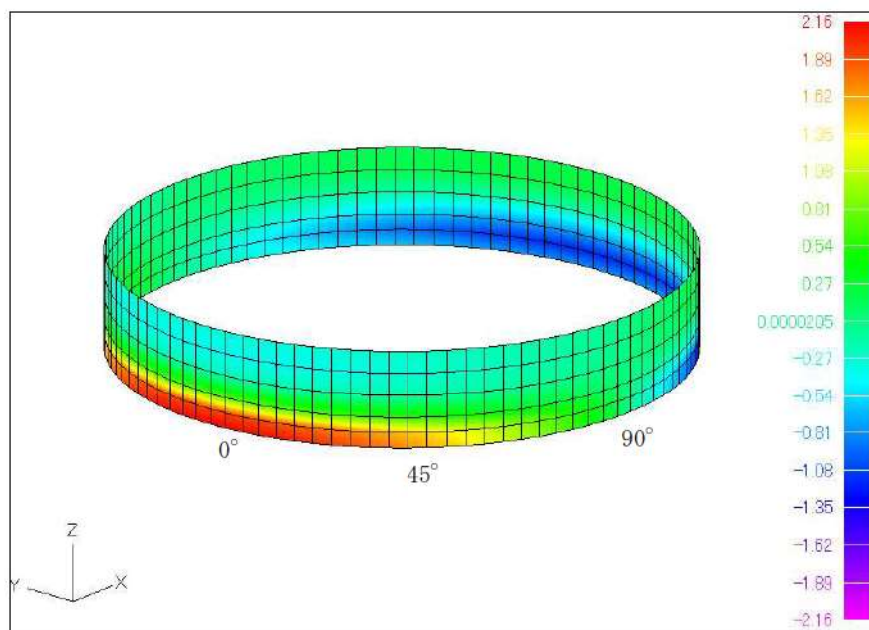
ただし、 $\sigma_{\phi, c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{\phi, X}(\theta)$ に1、 $\sigma_{\phi, Y}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの周方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{\phi, c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{\phi, Y}(\theta)$ に1、 $\sigma_{\phi, X}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの周方向応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\sigma_{\phi, c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi, X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi, Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi, c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi, X}(\theta) + \sigma_{\phi, Y}(\theta)$$

<SRSS法>

$$\sigma_{\phi, s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{\phi, X}(\theta)^2 + \sigma_{\phi, Y}(\theta)^2}$$



第4-3図 水平地震時周方向応力コンター図 (X方向入力)

第 4-2 表 水平地震時の周方向応力分布

角度	X方向入力時 応力(MPa) $\sigma_{\phi, X}(\theta)$	Y方向入力時 応力(MPa) $\sigma_{\phi, Y}(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{\phi, c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{\phi, s}(\theta)$
0° 方向	2.05	0.07	2.08 $\sigma_{\phi, c(X)}(0^\circ) = 2.08$ $\sigma_{\phi, c(Y)}(0^\circ) = 0.89$	2.05
22.5° 方向	1.92	0.72	2.21 $\sigma_{\phi, c(X)}(22.5^\circ) = 2.21$ $\sigma_{\phi, c(Y)}(22.5^\circ) = 1.49$	2.05
45° 方向	1.45	1.45	2.03 $\sigma_{\phi, c(X)}(45^\circ) = 2.03$ $\sigma_{\phi, c(Y)}(45^\circ) = 2.03$	2.05
67.5° 方向	0.72	1.92	2.21 $\sigma_{\phi, c(X)}(67.5^\circ) = 1.49$ $\sigma_{\phi, c(Y)}(67.5^\circ) = 2.21$	2.05
90° 方向	0.07	2.05	2.08 $\sigma_{\phi, c(X)}(90^\circ) = 0.89$ $\sigma_{\phi, c(Y)}(90^\circ) = 2.08$	2.05

4.3.3 せん断応力

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を第 4-4 図に示し、せん断応力分布を第 4-3 表に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は 90° / 270° 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることが確認できる。

また、軸方向応力、周方向応力と同様に中間部 (0° / 90° 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は、水平 1 方向入力時のせん断応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\tau_X(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\tau_Y(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

$$\tau_c(\theta) = \text{MAX}(\tau_{c(X)}(\theta), \tau_{c(Y)}(\theta))$$

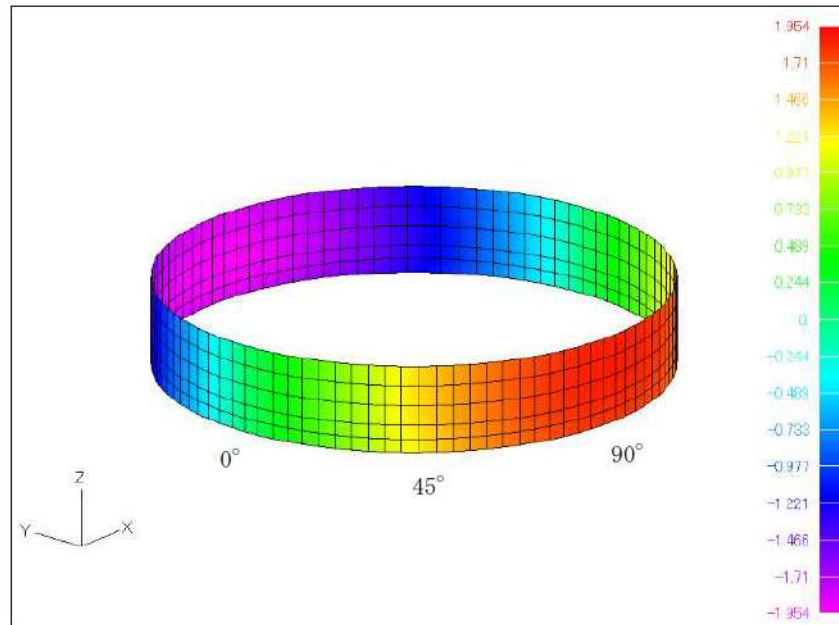
ただし、 $\tau_{c(X)}(\theta)$ は $\tau_X(\theta)$ に 1、 $\tau_Y(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力、 $\tau_{c(Y)}(\theta)$ は $\tau_Y(\theta)$ に 1、 $\tau_X(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力であり、以下のよう表される。

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

$$\tau_{c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \tau_X(\theta) + \tau_Y(\theta)$$

<SRSS 法>

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_X(\theta)^2 + \tau_Y(\theta)^2}$$



第 4-4 図 水平地震時せん断応力コンター図 (X 方向入力)

第 4-3 表 水平地震時のせん断応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\tau_X(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\tau_Y(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$	SRSS 法 $\tau_s(\theta)$
0° 方向	0.06	1.79	1.81 $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 0.78$ $\tau_{c(Y)}(0^\circ) = 1.81$	1.79
22.5° 方向	0.63	1.68	1.93 $\tau_{c(X)}(22.5^\circ) = 1.30$ $\tau_{c(Y)}(22.5^\circ) = 1.93$	1.79
45° 方向	1.27	1.27	1.78 $\tau_{c(X)}(45^\circ) = 1.78$ $\tau_{c(Y)}(45^\circ) = 1.78$	1.80
67.5° 方向	1.68	0.63	1.93 $\tau_{c(X)}(67.5^\circ) = 1.93$ $\tau_{c(Y)}(67.5^\circ) = 1.30$	1.79
90° 方向	1.79	0.06	1.81 $\tau_{c(X)}(90^\circ) = 1.81$ $\tau_{c(Y)}(90^\circ) = 0.78$	1.79

4.3.4 応力強さ

胴の応力強さ σ は、第4-1表～第4-3表に示したX方向、Y方向、2方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_z 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を組み合わせ、耐震評価結果として用いている。

<水平1方向のうち、X方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_X(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,X}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,X}(\theta) = \frac{1}{2}(\sigma_{z,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{z,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2})$$

$$\sigma_{2,X}(\theta) = \frac{1}{2}(\sigma_{z,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{z,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2})$$

$$\sigma_{3,X}(\theta) = 0$$

各主応力により、応力強さ $\sigma_X(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_X(\theta) = \text{MAX}(|\sigma_{1,X}(\theta) - \sigma_{2,X}(\theta)|, |\sigma_{2,X}(\theta) - \sigma_{3,X}(\theta)|, |\sigma_{3,X}(\theta) - \sigma_{1,X}(\theta)|)$$

なお、Y方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_Y(\theta)$ は、上記の式におけるXをYに置き換えた式により算出する。

ここで、 $\theta = 0^\circ$ の場合、第4-1表より $\sigma_{z,X}(0^\circ) = 7.20$ 、第4-2表より $\sigma_{\phi,X}(0^\circ) = 2.05$ 、第4-3表より $\tau_X(0^\circ) = 0.06$ であるため、

$$\sigma_{1,X}(0^\circ) = \frac{1}{2}(7.20 + 2.05 + \sqrt{(7.20 - 2.05)^2 + 4 \times 0.06^2}) = 7.20$$

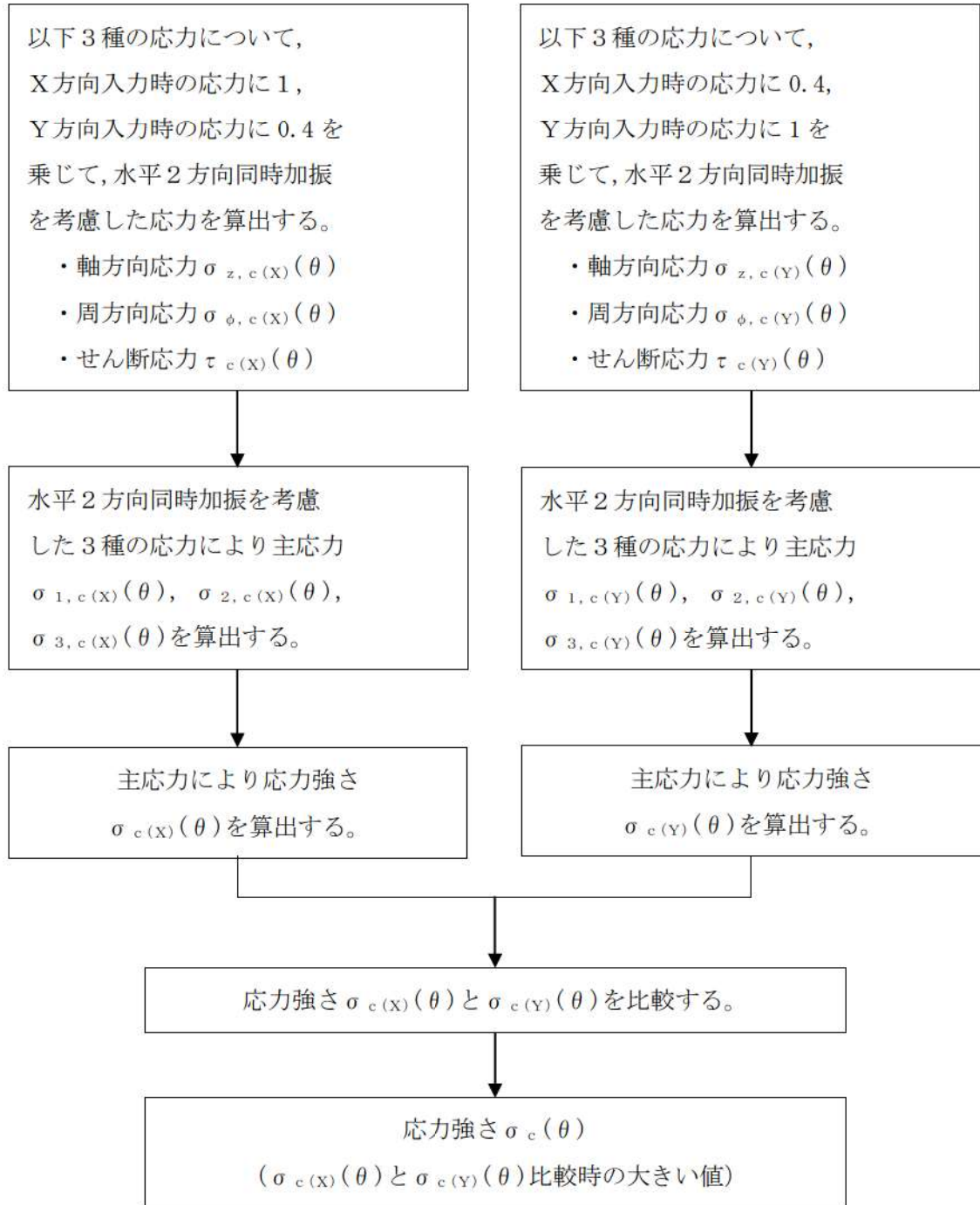
$$\sigma_{2,X}(0^\circ) = \frac{1}{2}(7.20 + 2.05 - \sqrt{(7.20 - 2.05)^2 + 4 \times 0.06^2}) = 2.05$$

$$\sigma_{3,X}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_X(0^\circ) = \text{MAX}(|7.20 - 2.05|, |2.05 - 0.00|, |0.00 - 7.20|) = 7.20$$

<組合せ係数法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(\theta)$ >
 $\sigma_c(\theta)$ の算出フローを第4-5図に示す。



第4-5図 組合せ係数法による応力強さ算出フロー

X方向入力時の応力に1，Y方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力は以下のとおりとなる。

$$\sigma_{z,c(X)}(\theta) = \sigma_{z,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{z,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

水平2方向同時加振を考慮した各応力により，主応力 $\sigma_{1,c(X)}(\theta)$ ， $\sigma_{2,c(X)}(\theta)$ ， $\sigma_{3,c(X)}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{1,c(X)}(\theta) = & \frac{1}{2}(\sigma_{z,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta)) \\ & + \sqrt{(\sigma_{z,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{2,c(X)}(\theta) = & \frac{1}{2}(\sigma_{z,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta)) \\ & - \sqrt{(\sigma_{z,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \end{aligned}$$

$$\sigma_{3,c(X)}(\theta) = 0$$

各主応力により，応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \sigma_{c(X)}(\theta) = & \text{MAX}(|\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta)|, \\ & |\sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta)|, \\ & |\sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta)|) \end{aligned}$$

同様に，Y方向入力時の応力に1，X方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力により，応力強さ $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を算出する。

この応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ と $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を比較し，大きい値を $\sigma_c(\theta)$ とする。

$$\sigma_c(\theta) = \text{MAX}(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$$

ここで $\theta = 0^\circ$ の場合，第4-1表より $\sigma_{z,c(X)}(0^\circ) = 7.30$ ，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ) = 2.08$ ，第4-3表より $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 0.78$ であるため，

$$\sigma_{1,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2}(7.30 + 2.08 + \sqrt{(7.30 - 2.08)^2 + 4 \times 0.78^2}) = 7.41$$

$$\sigma_{2,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2}(7.30 + 2.08 - \sqrt{(7.30 - 2.08)^2 + 4 \times 0.78^2}) = 1.97$$

$$\sigma_{3,c(X)}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。

$$\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \text{MAX}(|7.41 - 1.97|, |1.97 - 0.00|, |0.00 - 7.41|) = 7.41$$

同様に、第4-1表より $\sigma_{z,c(Y)}(0^\circ) = 3.12$ 、第4-2表より $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ) = 0.89$ 、第4-3表より $\tau_{c(Y)}(0^\circ) = 1.81$ であるため、

$$\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2}(3.12 + 0.89 + \sqrt{(3.12 - 0.89)^2 + 4 \times 1.81^2}) = 4.13$$

$$\sigma_{2,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2}(3.12 + 0.89 - \sqrt{(3.12 - 0.89)^2 + 4 \times 1.81^2}) = -0.12$$

$$\sigma_{3,c(Y)}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。

$$\sigma_{c(Y)}(0^\circ) = \text{MAX}(|4.13 - (-0.12)|, |-0.12 - 0.00|, |0.00 - 4.13|) = 4.25$$

応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ と $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ の比較により、組合せ係数法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(0^\circ)$ は、

$$\sigma_c(0^\circ) = \text{MAX}(7.41, 4.25) = 7.41$$

となる。

<SRSS法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_s(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,s}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,s}(\theta) = \frac{1}{2}(\sigma_{z,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{z,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2})$$

$$\sigma_{2,s}(\theta) = \frac{1}{2}(\sigma_{z,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{z,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2})$$

$$\sigma_{3,s}(\theta) = 0$$

各主応力により、応力強さ $\sigma_s(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_s(\theta) = \text{MAX}(|\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta)|, |\sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta)|, |\sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta)|)$$

ここで $\theta = 0^\circ$ の場合には、第4-1表より $\sigma_{z,s}(0^\circ) = 7.20$, 第4-2表より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 2.05$, 第4-3表より $\tau_s(0^\circ) = 1.79$ であるため、

$$\sigma_{1,s}(0^\circ) = \frac{1}{2}(7.20 + 2.05 + \sqrt{(7.20 - 2.05)^2 + 4 \times 1.79^2}) = 7.76$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ) = \frac{1}{2}(7.20 + 2.05 - \sqrt{(7.20 - 2.05)^2 + 4 \times 1.79^2}) = 1.49$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \text{MAX}(|7.76 - 1.49|, |1.49 - 0.00|, |0.00 - 7.76|) = 7.76$$

$\theta = 0^\circ$ の場合にSRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さを第4-4表にまとめる。

第4-4表 SRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さ ($\theta = 0^\circ$)

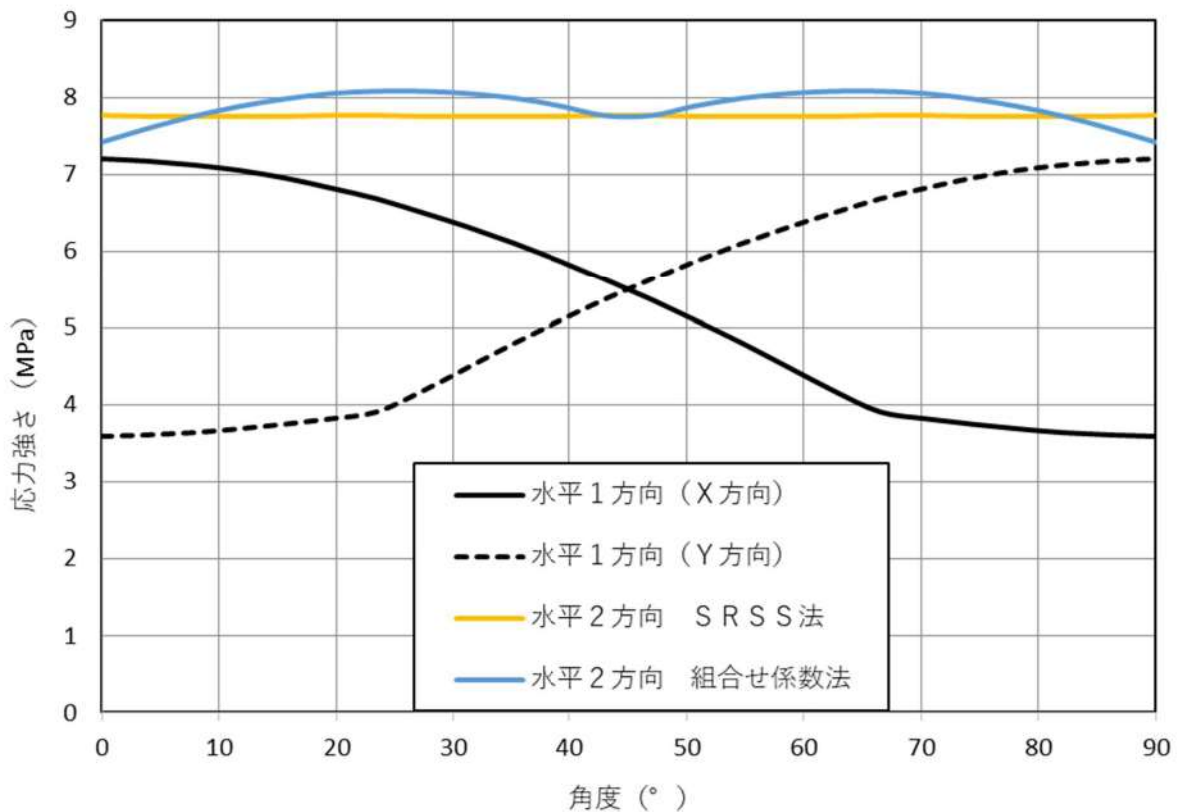
	X方向 入力時	Y方向 入力時	SRSS 法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_z(\theta)$	7.20	0.24	$\sqrt{(7.20^2 + 0.24^2)} =$ 7.20	$7.20 \times 1.0 + 0.24 \times 0.4 =$ 7.30	$7.20 \times 0.4 + 0.24 \times 1.0 =$ 3.12
$\sigma_\phi(\theta)$	2.05	0.07	$\sqrt{(2.05^2 + 0.07^2)} =$ 2.05	$2.05 \times 1.0 + 0.07 \times 0.4 =$ 2.08	$2.05 \times 0.4 + 0.07 \times 1.0 =$ 0.89
$\tau(\theta)$	0.06	1.79	$\sqrt{(0.06^2 + 1.79^2)} =$ 1.79	$0.06 \times 1.0 + 1.79 \times 0.4 =$ 0.78	$0.06 \times 0.4 + 1.79 \times 1.0 =$ 1.81
$\sigma_1(\theta)$	—	—	$1/2 \times [7.20 + 2.05 +$ $\sqrt{(7.20 - 2.05)^2 + 4 \times 1.79^2}] =$ 7.76	$1/2 \times [7.30 + 2.08 +$ $\sqrt{(7.30 - 2.08)^2 + 4 \times 0.78^2}] =$ 7.41	$1/2 \times [3.12 + 0.89 +$ $\sqrt{(3.12 - 0.89)^2 + 4 \times 1.81^2}] =$ 4.13
$\sigma_2(\theta)$	—	—	$1/2 \times [7.20 + 2.05 -$ $\sqrt{(7.20 - 2.05)^2 + 4 \times 1.79^2}] =$ 1.49	$1/2 \times [7.30 + 2.08 -$ $\sqrt{(7.30 - 2.08)^2 + 4 \times 0.78^2}] =$ 1.97	$1/2 \times [3.12 + 0.89 -$ $\sqrt{(3.12 - 0.89)^2 + 4 \times 1.81^2}] =$ -0.12
$\sigma_3(\theta)$	—	—	0.00	0.00	0.00
$\sigma(\theta)$	—	—	$\text{MAX}(7.76 - 1.49 ,$ $ 1.49 - 0.00 , 0.00 - 7.76) =$ 7.76	$\text{MAX}(7.41 - 1.97 ,$ $ 1.97 - 0.00 , 0.00 - 7.41) =$ 7.41	$\text{MAX}(4.13 - (-0.12) ,$ $ -0.12 - 0.00 , 0.00 - 4.13) =$ 4.25
			$\text{MAX}(7.41, 4.25) = 7.41$		

※本表記載の数値は計算例を示すものであり, 実際の評価とは桁数処理の関係上, 一致しないことがある。

算出した応力強さの分布及び分布図を第 4-5 表及び第 4-6 図に示す。

第 4-5 表 水平地震時の応力強さ分布

角度	X 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2 方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	7.20	3.59	7.41	7.76
22.5° 方向	6.82	3.82	8.05	7.76
45° 方向	5.49	5.49	7.69	7.77
67.5° 方向	3.82	6.82	8.05	7.76
90° 方向	3.59	7.20	7.41	7.76



第 4-6 図 水平地震時応力強さ分布図

応力強さは、SRSS 法では全方向において一定であるのに対し、組合せ係数法では 23.5° / 66.5° 方向付近に 2 つのピークを持つ分布となった。応力強さは 0° / 45° / 90° 方向付近では、SRSS 法の方が組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ 23.5° / 66.5° 方向付近では SRSS 法を約 4% 上回る結果となった。

水平 2 方向入力時の SRSS 法による最大応力強さは水平 1 方向入力時の最大応力強さに

対して8%上回る程度であり（第4-6表参照）、水平2方向による影響は軽微といえる。一方、水平2方向入力時の組合せ係数法による最大応力強さについては、水平1方向入力時の最大応力強さに対して12%上回る結果となった。これは水平2方向の影響軽微と判断する基準（応力の増分が1割）を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため、水平2方向による影響は軽微であると考えられる。

第4-6表 水平地震時の最大応力強さ及び水平2方向による影響

		最大応力強さ (MPa)	水平2方向／水平1方向 最大応力強さ比
水平1方向入力		7.20	—
水平2方向 入力	SRSS法	7.77	1.08
	組合せ係数法	8.08	1.12

5. 水平2方向同時加振の影響評価について（クレーン）

5.1 はじめに

本項は、クレーンに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

5.2 クレーンの水平2方向地震力における影響について

クレーンが負担する水平地震荷重を第5-1図に示す。

クレーンはレール上を車輪で移動する構造であるため、建屋と固定されておらず、地震時にはレールの方向にはすべりが発生し、摩擦力以上の荷重を受けない構造である。

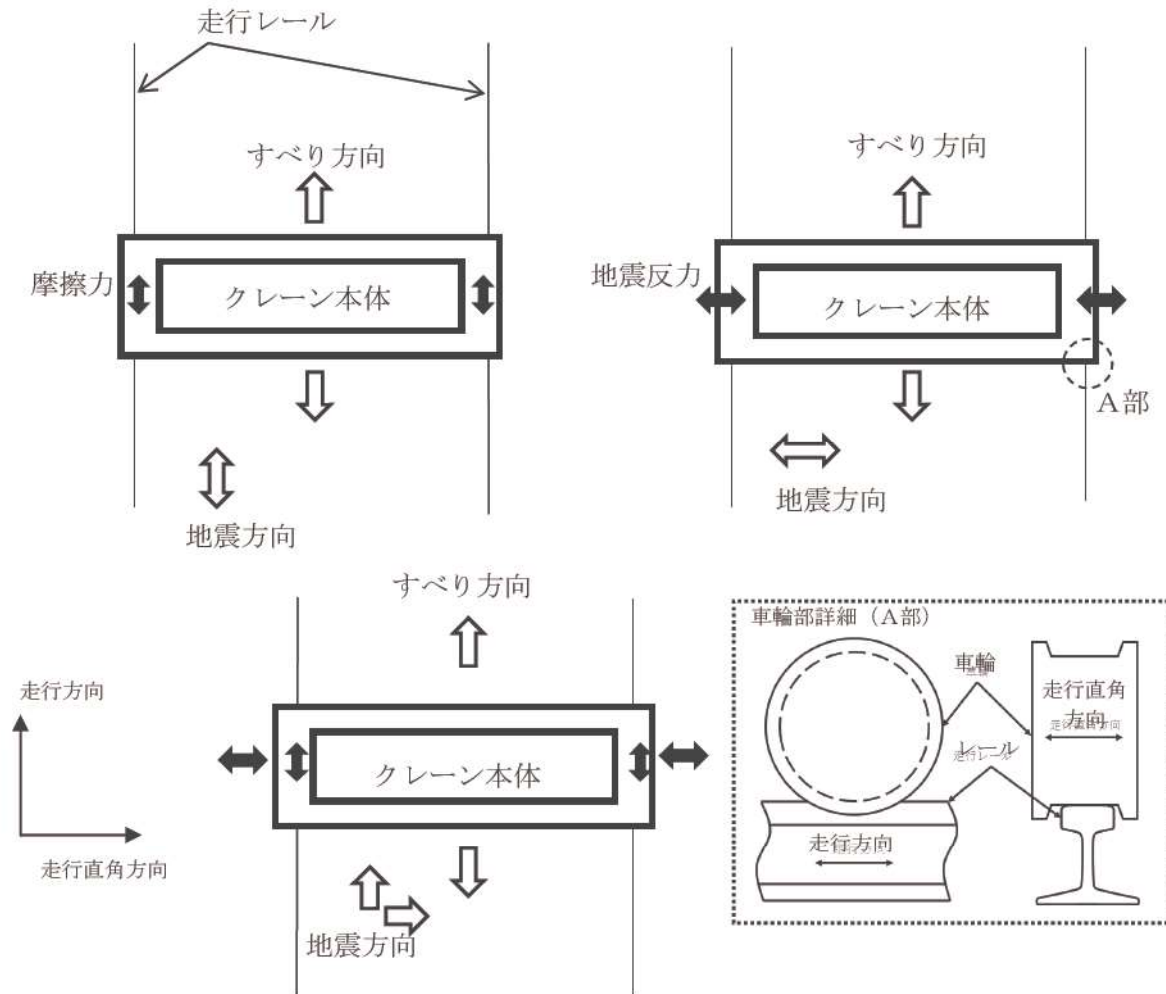
この車輪とレールは、すべり面としては、鉛直方向（踏面）と水平方向（側面）が考えられるが、鉛直方向は、通常、自重が基本的には下向きに加わるため、常に接触面に対して押付力が発生するため、摩擦力が発生する。

これに対して、側面摩擦は車輪のつばとレール側面が接触することで発生するが、通常は水平方向の押付力はなく摩擦力は発生しない。また、地震力を水平2方向に同時に与えられると、それが静的地震力であれば側面に押付けられながら移動することも考えられるが、地震力は1方向に継続して付加される荷重ではない。

上記を踏まえると車輪部がレールに接触した場合には、その反発力により跳ね返りが発生し、側面が接触する時間は非常に短いため、側面摩擦はほとんど発生しないことから、水平2方向による影響はほとんどない。

また、クレーン本体の評価においても、走行方向はすべりが発生するため、摩擦力の影響は受けるがそれ以上の力を受けず、走行直角方向に対してはすべりがないため、地震力の影響を受けることとなる。

よって、クレーン本体への荷重は、走行直角方向の地震に対する影響が支配的となるため、走行直角方向の加振により評価を行っておればよく、水平2方向による影響は軽微である。



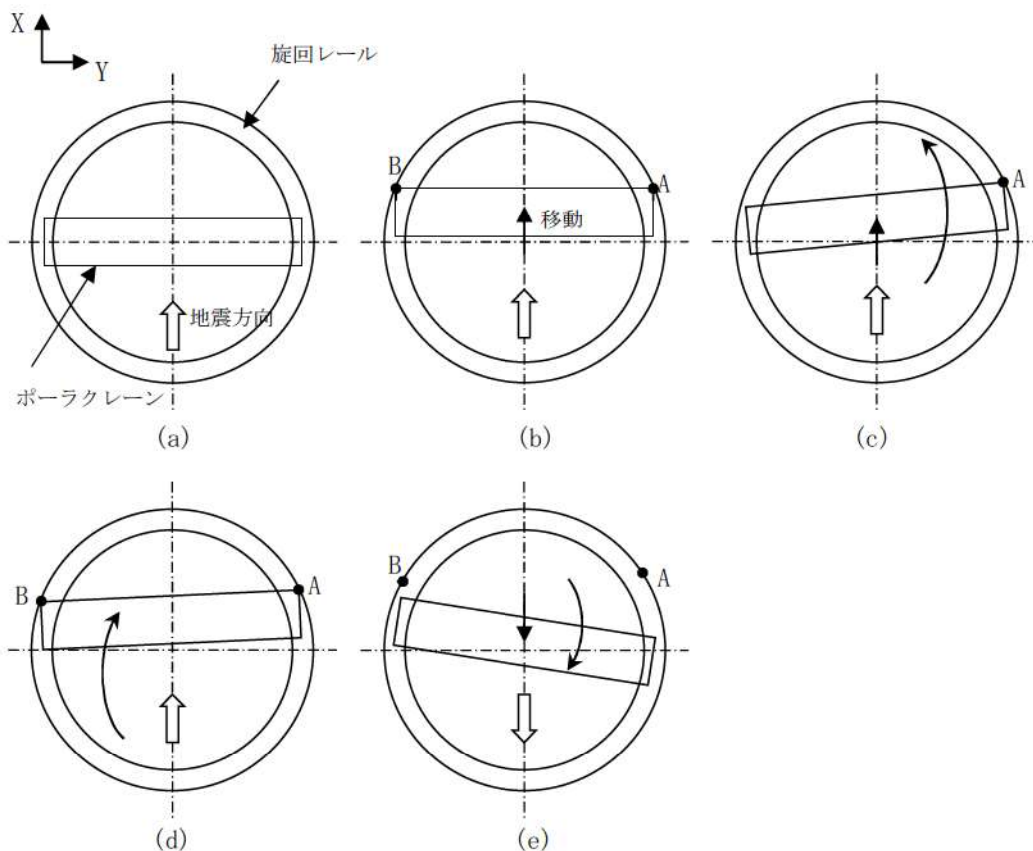
第 5-1 図 クレーンの負担する水平地震荷重

5.3 旋回クレーンにおける水平 2 方向の地震力による挙動への影響について

ポークレーンの場合、レールが円形をしているためその挙動は下記のようなになる。

最初の状態を第 5-2 図(a)とすると X 方向の地震動の場合、車輪がレールに接触するまでは、平行レールクレーンと同じく加振方向に移動する。すべり量が大きくなり、クレーンが平行に移動すると点 A、B がレールに接触し、X 方向の移動が拘束される。(第 5-2 図(b))

しかしながら、実際にはクレーンの左右の重量バランスは均等でなく、左右が同じように移動することがないため移動量に差ができる。仮に点 A 側の移動量が大きい場合には、第 5-2 図(c)のように、点 A が点 B より先にレールと接触する。接触により移動が拘束されるため、クレーンはその点を支点に、点 B が接触するまで回転する。(第 5-2 図(d)) この状態で、クレーンが拘束されるような状態となるが、地震波は両振幅の振動であることから、どこかの状態で逆方向(負方向)の荷重となり、同様な挙動となる。(第 5-2 図(e))

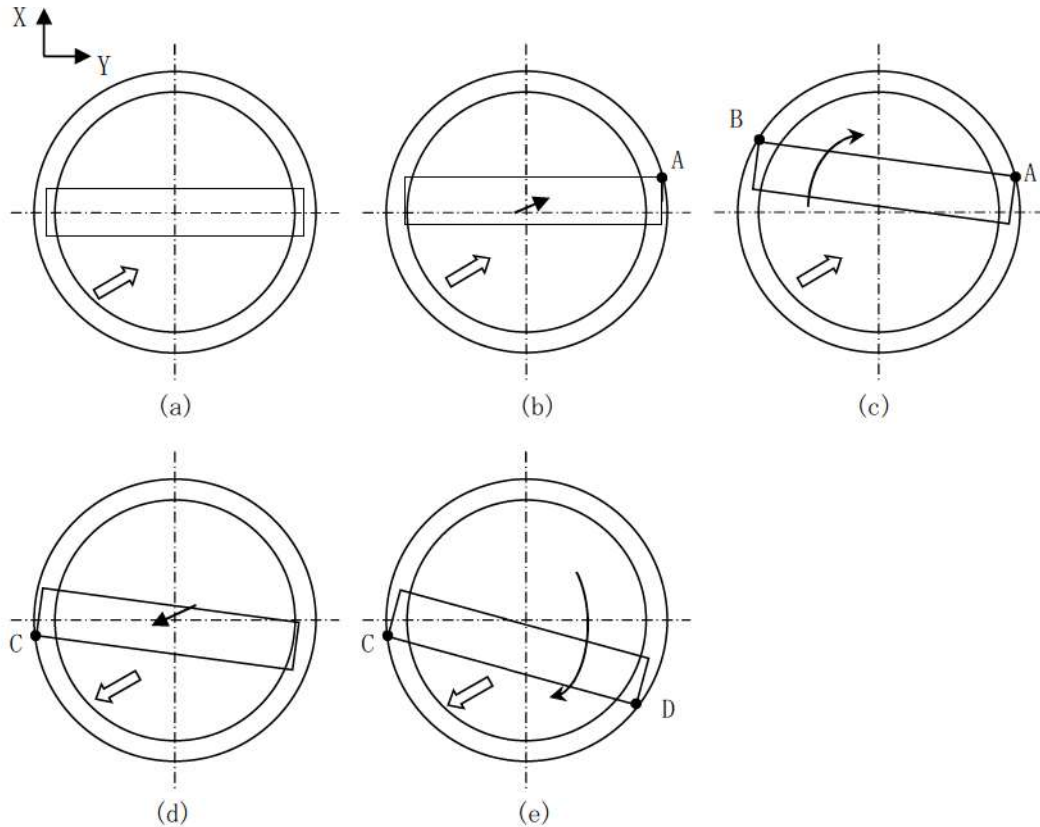


第 5-2 図 ポークレーン移動イメージ (水平 1 方向加振)

これに対して X 方向, Y 方向の水平 2 方向から同時に地震波の入力があった場合を考えると, 地震波としては合力としてクレーンに斜め方向から入力がある状態となる。(第 5-3 図(a)) この時, 第 5-3(b)に示すようにクレーンは斜め方向に移動し, 点 A にてレールと接触する。さらに, 同方向に荷重を受けた場合には, 第 5-3 図(c)に示すように, 点 A を中心としてクレーンは回転し, 点 B がレールに接触した段階で回転が停止する。(第 5-3 図(d)) その後, 地震力が反対となれば, 逆方向に水平移動後, 最初に, レールと当たった箇所を支点として回転する。(第 5-3 図(e))

これらのことから, ポークレーンの場合は, 水平移動後, レールと接触し, その点を支点として回転する動作の繰り返しになり, この挙動は地震力の方向にはよらない。

よって, 水平 1 方向地震と水平 2 方向地震で挙動の違いはない。

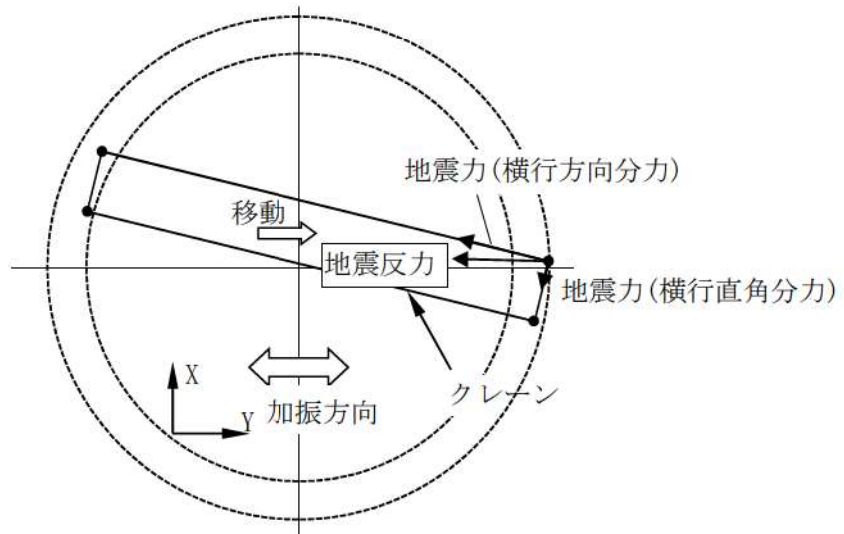
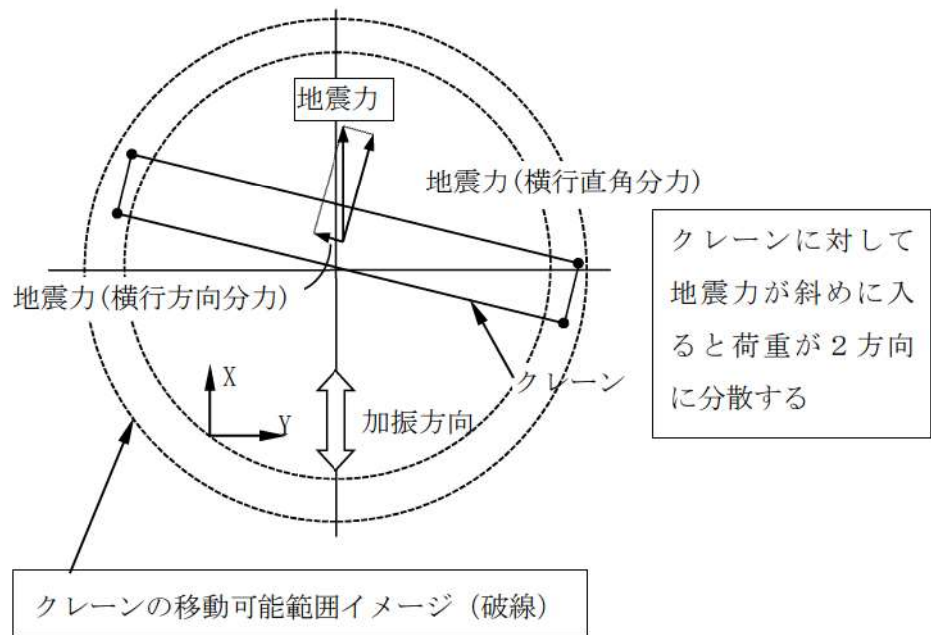


第 5-3 図 ポークレーン移動イメージ (水平 2 方向加振)

また、クレーン評価において、クレーンは車輪部を支点とした両端支持はりと考えられ、ガーダ部においては曲げが支配的となり、この曲げ応力は、ガーダに地震力が垂直に入力される場合が最も厳しく、また、クレーン車輪の衝突反力においても、クレーンに垂直に入力される場合が最大となることから、X 方向又は Y 方向の 1 方向に地震波が入力されるものとして評価を実施することで安全側評価となる。

つまり、クレーンの回転した状態や地震波の入力がクレーンに対して斜め方向の入力の場合には、クレーンに対して荷重が分散され、分力として働くことにより荷重が小さくなるため、クレーンに対して地震力を直交する状態で評価することで、水平 2 方向同時入力による影響は包絡できる。

以上のことから、クレーン評価では、水平 2 方向による影響は軽微である。



第 5-3 図 ポーラクレーンの加振時応答イメージ

6. 水平2方向同時加振の影響評価について（応答軸が明確である設備）

6.1 はじめに

本項は、応答軸が明確である設備について、水平2方向の地震力を考慮した場合においても設備の有する耐震性に対して影響軽微であることを説明するものである。

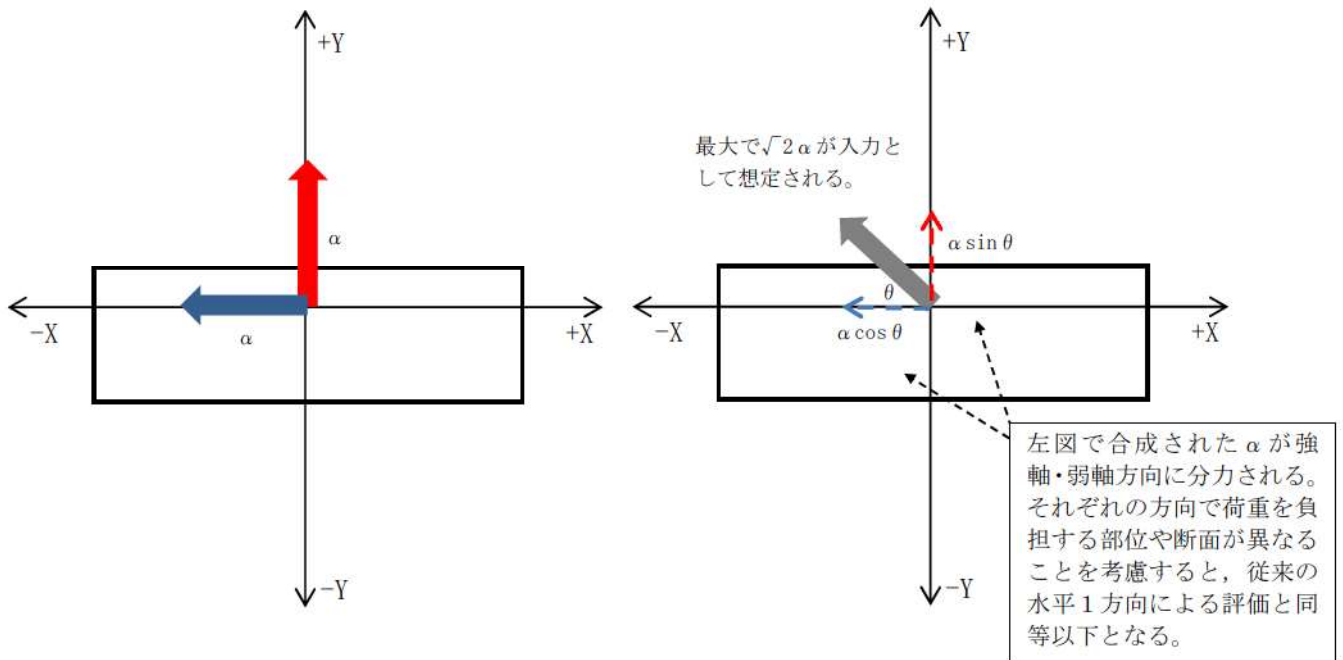
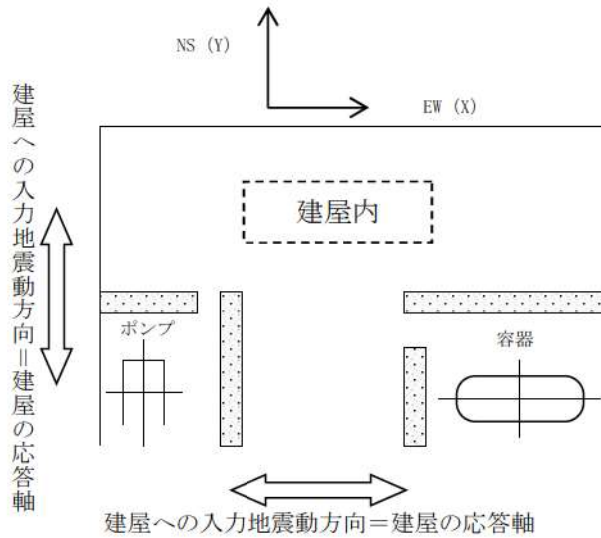
6.2 設備の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

設備の応答軸（弱軸・強軸）の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きが明確な設備（以下、「応答軸が明確な設備」という。）があり、このような設備については従来の設計手法として、解析時にNS・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線等）を設備のX方向及びY方向から入力し、最大応答で評価する等、保守的な評価を実施している場合がある。このような応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力による従来の設計手法への影響が懸念されるようなことはないと考え。その理由を以下に示す。

応答軸が明確である設備にて、建物・構築物の応答であるNS・EW方向の応答を機器の応答軸（第6-1図X，Y方向）へ入力している場合、水平1方向入力としては当然厳しい入力を用いた評価がなされている。（さらに、機器の配置方向とは無関係に機器の応答軸へ地震力を入力している設備や水平方向を包絡した応答を用いる等の保守性も考慮している。）

水平2方向の地震力を想定した場合、2方向の地震力が合成されるとすると、最大値が同時に発生する場合、最大で $\sqrt{2}$ 倍の大きさの入力となることが考えられるが、応答軸が明確な設備は対角方向へ転倒し難く、設備の応答軸方向へ応答し易いため、応答はそれぞれの応答軸方向（弱軸／強軸）に分解され、強軸側の応答は十分に小さくなる。また、強軸方向に比べて転倒し易い弱軸方向が、最も厳しい条件となるため、実質的には弱軸方向に1方向を入力した評価で用いている応答レベルと同等となる。各方向における最大値の生起時刻の非同時性を考慮すると、さらにその影響は小さくなり、弱軸1方向入力による評価と大きく変わらない結果となる。

なお、設計手法として、NS・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線等）を入力して保守的な評価を実施している場合も考えると、応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微であることが分かる。



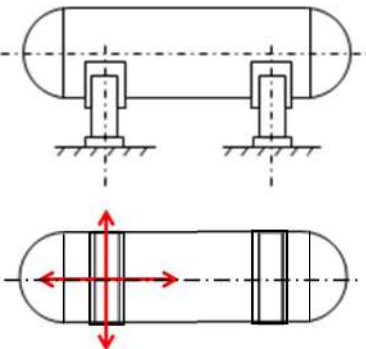
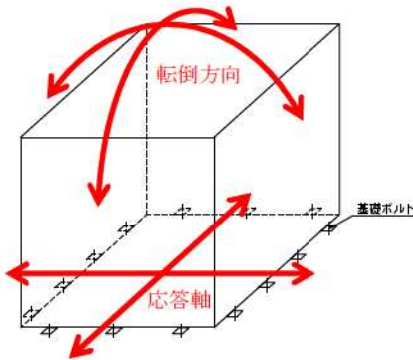
水平2方向加振考慮時のイメージ

応答の分力イメージ

第6-1図 水平2方向同時加振時の応答イメージ

上述の考え方は、設備の応答軸の方向と入力方向の関係によるものであることから、部位・応力分類によらず、各設備の耐震評価における入力方法によって影響軽微か否かを判断できると考える。第6-1表に応答軸が明確な設備の例を示す。

第 6-1 表 応答軸が明確な設備について

設備	構造図	説明	備考
横置円筒形容器		<p>横置円筒形容器は矩形形状の支持脚により支持されており強軸と弱軸の関係が明確である。この応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>
<p>空調ファン、 空調ユニット、 横形ポンプ、 電気盤（ボルト）、 非常用ディーゼル機関・発電機（ボルト）等</p>		<p>空調ファン等は矩形に配置されたボルトにて支持されている。対角方向の剛性が高く、水平地震力に対して斜め方向へ転倒することなく、弱軸/強軸方向にしか応答せず、その方向に地震を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>

7. 水平2方向同時加振の影響評価について（矩形配置されたボルト）

7.1 はじめに

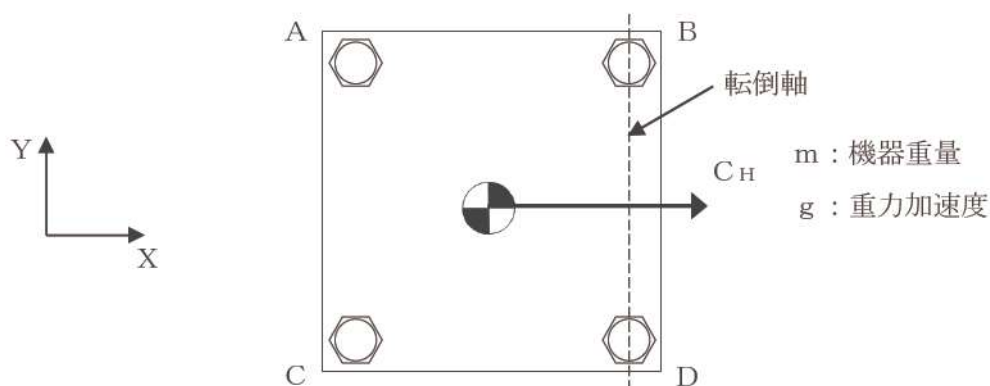
本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては、弱軸方向に応答し水平2方向地震力による影響が軽微であるため、機器の形状を正方形として検討を行った。

7.2 引張応力への影響

水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため、機器の振動による影響は考えないこととする。

(1) 水平1方向に地震力が作用する場合

第7-1図のようにX方向に震度 C_H が与えられる場合を考慮する。



第7-1図 水平1方向の地震力による応答（概要）

この場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は、

$$F_H = m g C_H$$

となり、 F_H によりボルトB、Dの中心を結んだ軸を中心に転倒モーメントが生じる。この転倒モーメントはボルトA、Cにより負担される。

このとき、系の重心に生じる力は、第7-2図に示すとおりである。

機器が転倒を起こさない場合、転倒支点まわりの転倒モーメントとボルトからの反力が釣り合うため、水平方向地震動によりボルトが受ける全引張力 F_b は、

$$F_b = \frac{1}{L} (m g C_H h)$$

となる。

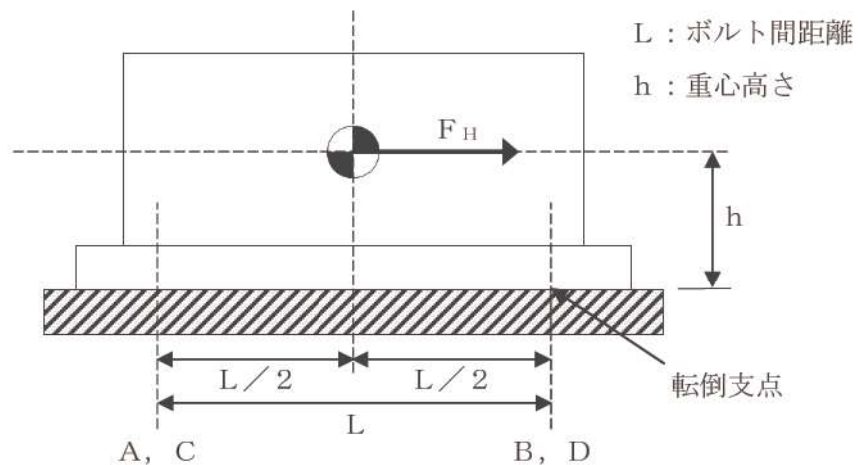
ボルトに発生する引張応力 σ_b は全引張力を断面積 A_b のボルト n_f 本で受けると考え、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

である。水平1方向地震力を考慮する場合、ボルトA、Cで全引張力を負担することから、 $n_f = 2$ であるため、ボルトに発生する引張応力 σ_b は、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{m g C_H h}{2A_b L}$$

となる。

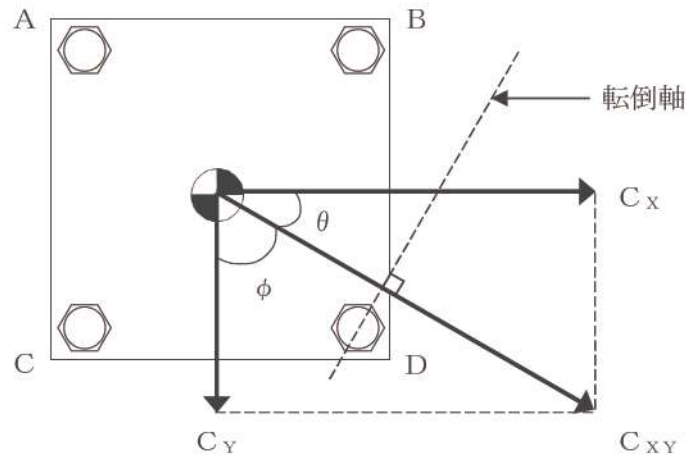
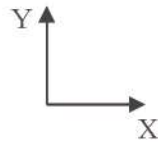


第7-2図 水平1方向の地震力による力

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

第7-3図のようにX方向とY方向にそれぞれ震度 C_x 、 C_y が作用する場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が作用する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を $1 : 0.4$ ($0.4C_x = C_y$) と仮定する。

m : 機器重量
g : 重力加速度



第7-3図 水平2方向の地震力による応答 (概要)

このとき、 $\theta = \tan^{-1}(4/10)$ であることから、水平方向の震度 C_{XY} は、

$$\begin{aligned} C_{XY} &= C_X \cos \theta + C_Y \cos \phi \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_X \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \end{aligned}$$

となる。このとき、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は、

$$F_H = m g C_{XY} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$$

となる。この F_H により、転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ、ボルトA、B、Cにより負担される。

水平2方向の地震力を受け対角方向に応答する場合、各ボルトにかかる引張力を F_A 、 F_B 、 F_C とし、第7-4図に示すようにボルトDの中心を通り水平方向の震度 C_{XY} と直交する直線を転倒軸とすると、ボルトA、B、Cに発生する引張力は転倒軸からの距離に比例するため、

$$F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$$

であり、転倒軸まわりのボルトの軸力により発生するモーメント M は、

$$\begin{aligned} M &= \frac{7}{\sqrt{29}} L F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L F_B + \frac{5}{\sqrt{29}} L F_C \\ &= \frac{7}{\sqrt{29}} L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L \times \frac{2}{7} F_A + \frac{5}{\sqrt{29}} L \times \frac{5}{7} F_A \end{aligned}$$

$$= \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A$$

である。

転倒しない場合、ボルトの軸力により発生する転倒軸まわりのモーメントMと、水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので、

$$m g C_{XY} h = \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A$$

であり、引張力 F_A は以下のとおりとなる。

$$F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L} m g C_{XY} h$$

以上より、最も発生応力の大きいボルトAに発生する応力 σ_b' は、

$$\sigma_b' = \frac{F_A}{A_b} = \frac{7\sqrt{29}}{78A_b L} (m g C_{XY} h)$$

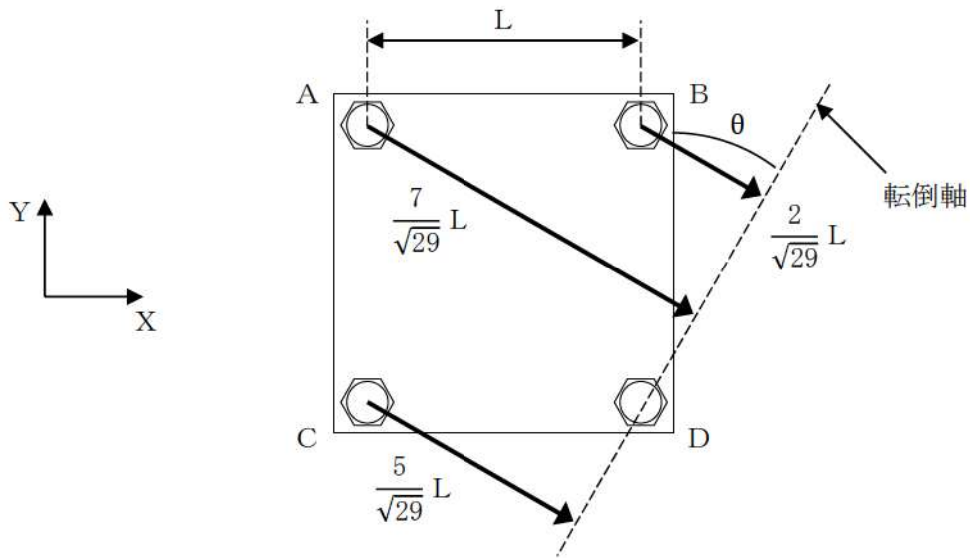
であり、水平1方向地震動を考慮した場合のボルトにかかる応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_A}{2A_b} = \frac{1}{2A_b L} (m g C_H h)$$

に対して、震度 $C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ であることから、

$$\begin{aligned} \sigma_b' &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_b L} (m g C_{XY} h) \\ &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_b L} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}} \times (m g C_{XY} h) \\ &= 1.04 \sigma_b \end{aligned}$$

となる。したがって、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。



第7-4図 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離

7.3 せん断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが、全ボルトに対するせん断力 Q_b は、

$$Q_b = F_H$$

であり、せん断応力 τ_b は断面積 A_b のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は $C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ であるため、

$$Q_b = m g C_X$$

$$Q_b' = m g C_{XY} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X = 1.08 m g C_X$$

となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積 A_b 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。

8. 水平2方向同時加振の影響評価について（円周配置されたボルト）

8.1 はじめに

本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の円周配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。

8.2 引張応力への影響

水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため、機器の振動による影響は考えないこととする。

(1) 水平1方向に地震力が作用する場合

第8-1図のように水平1方向の震度 $C_H = \text{MAX}(C_X, C_Y)$ が与えられる場合を考慮する。ここで機器の質量を m 、重力加速度を g とする。

$C_X > C_Y$ の場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は、

$$F_H = m g C_X$$

となり、 F_H により最外列のボルトを通る転倒軸を中心に転倒モーメントが生じる。このとき、系の重心に生じる力は、第8-2図に示すとおりである。

F_H により生じる転倒モーメント M は

$$M = F_H h = m g C_X h$$

となり、各ボルトに加わる引張力の分布を第8-3図のとおりとしたとき、引張力が最大となる転倒軸から最も遠いボルトに加わる引張力は、

$$F_1 = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i} M = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i} m g C_X h$$

である。

ボルトに発生する引張応力 σ_b は引張力を断面積 A_b のボルト1本で受けるため、

$$\sigma_b = \frac{F_1}{A_b} = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i} \frac{m g C_X h}{A_b}$$

となる。

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

第8-1図における水平方向震度 C_H について、水平2方向（X方向及びY方向）の震度 C_X 、 C_Y を組み合わせる場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が作用する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1:0.4（ $0.4C_X = C_Y$ ）と仮定する。

このとき、水平方向の震度は、 $C_H = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ となり、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は、

$$F_H = m g C_H = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$$

となり、 F_H により最外列のボルトを通る転倒軸を中心に転倒モーメントが生じる。このとき、系の重心に生じる力は、第8-2図に示すとおりである。

F_H により生じる転倒モーメント M は

$$M = F_H h = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X h$$

となり、各ボルトに加わる引張力の分布を第8-3図のとおりとしたとき、引張力が最大となる転倒軸から最も遠いボルトに加わる引張力は、

$$F_1 = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i} M = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i} m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X h$$

である。

ボルトに発生する引張応力 σ_b' は引張力を断面積 A_b のボルト1本で受けるため、

$$\sigma_b' = \frac{F_1}{A_b} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i} \frac{m g C_X h}{A_b} = 1.08 \sigma_b$$

となる。したがって、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。

8.3 せん断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが、全ボルトに対するせん断力 Q_b は、

$$Q_b = F_H$$

であり、せん断応力 τ_b は断面積 A_b のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

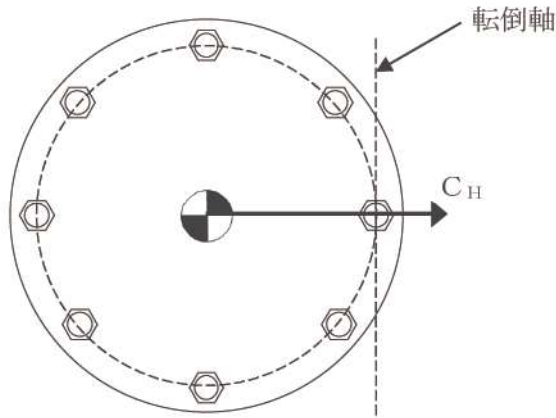
となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は、水平2方向を組み合わせた水平方向震度 $C_H = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ であるため、

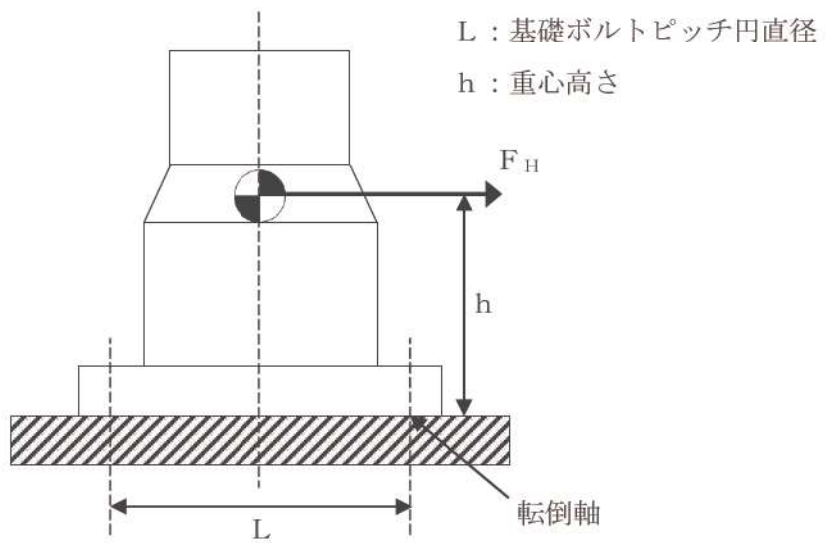
$$Q_b = m g C_X$$

$$Q_b' = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X = 1.08 m g C_X$$

となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積 A_b 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。

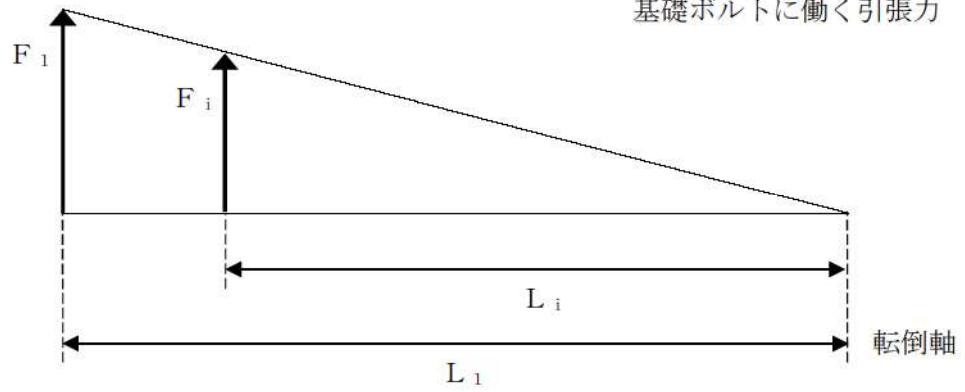


第8-1図 水平方向の地震力による応答 (概要)



第8-2図 水平方向の地震力による力

F_i : 転倒軸から L_i の距離にある
基礎ボルトに働く引張力



第 8-3 図 ボルトに働く引張力

9. 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）

9.1 はじめに

本項は、電気盤に取り付けられている器具に対する水平2方向入力の影響をまとめたものである。

9.2 水平2方向加振の影響について

電気盤に取り付けられている器具については、一次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答もなく、水平2方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないものとする。さらに器具の誤動作モードは、水平1方向を起因としたモードであるため、水平2方向加振による影響は軽微であるとする。なお、念のためにH14年度5電力委託「動的電気品の鉛直方向耐震性能確認」他において、電気盤の器具取付位置の応答加速度に対し、器具の機能確認済加速度が十分に高いことも確認している。

次頁より、メタルクラッド開閉装置取付器具を代表とし、器具の構造から検討した結果をまとめる。

なお、これら以外の器具については、今後の詳細検討において構造・型式等の観点から網羅的に整理し、影響が軽微であることを確認することとする。

9.2.1 補助リレー

第9-1図に補助リレーの構造を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力で可動鉄心を動作させ、接点の開閉を行うものである。



第9-1図 補助リレー構造図

(コイル非励磁(OFF)状態：B接点がON，A接点がOFFとなっている。コイル励磁(ON)状態にすると，可動鉄心及び可動接点（青色部）が電磁力により図左側へ移動し，B接点がOFF，A接点がONとなる)

補助リレーのうち，固定鉄心，固定接点（A，B接点）はいずれも強固に固定されており，可動鉄心及び可動接点は器具の前後方向にのみ動くことのできる構造となっていることから，器具の誤動作モードとしては，

- ・地震力で可動鉄心（可動接点）が振動することにより，接点が誤接触，又は誤開放である。

実地震動は三次元的な振動であるが，補助リレーは取付部をボルト固定していること，又器具の可動部は前後方向にのみ振動することから，二次元的な影響はないものと考えられる。

参考として，機能維持評価用加速度と補助リレーの既往試験における機能確認済加速度を第9-1表に示す。

第9-1表 補助リレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下
機能維持評価用加速度 (m/s ²) (注1)	19.7	19.7	4.4
機能確認済加速度 (m/s ²) (注2)	[Redacted]		

(注1)：原子炉補助建屋 T.P. 10.3mに設置される盤の値 基準地震動（暫定値）

(注2)：機能確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で，器具の機能限界（誤動作）により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

[Redacted] 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

9.2.2 ノーヒューズブレーカ (NFB)

第 9-2 図に NFB の内部構造及び開閉機構を示す。NFB は瞬時に開閉することが要求されていることから、リンク機構が採用されている。過電流を自動遮断した場合にはとつてがトリップ位置となり、トリップ状態であることがわかるようになっている。また、NFB はボルトにて、盤の梁に強固に取り付けられている。



第 9-2 図 NFB の構造図

第 9-2 図から、器具の誤動作モードとしては、

- ・とつてが逆方向へ動作する（上下方向）
- ・接点が乖離する（前後方向，左右方向）
- ・ラッチが外れてトリップする（前後方向，上下方向）

が考えられる。

上記より、NFB の誤動作として 2 方向の振動の影響が考えられる。ただし、とつては 1 方向にしか振動できないこと、前後－左右の接点乖離は各々独立であること（前後方向は接触－非接触，左右方向はずれによる）から、これらについては誤動作に至る事象に多次元的な影響はないものと考えられる。

ラッチ外れについては 2 軸の影響は無視できないと考えられるが、水平方向，鉛直方向ともに十分な加速度で機能維持が確認できていること、
であることから、考慮すべき事象ではないと考えられる。なお、既往試験においては、とつての移動に起因する誤動作事象は発生していない。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4 条-別紙 3-1-補足 9-3

参考として、機能維持評価用加速度と NFB の既往試験における機能確認済加速度を第 9-2 表に示す。

第 9-2 表 NFB の機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下	備考
機能維持評価用 加速度 (m/s^2) (注1)	19.7	19.7	4.4	
機能確認済加速度 (m/s^2) (注2)				

(注1)：原子炉補助建屋 T.P. 10.3m に設置される盤の値 基準地震動 (暫定値)

(注2)：機能確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界 (誤動作) により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

9.2.3 ロックアウトリレー

第 9-3 図に構造を示す。ロックアウトリレーは保護リレー等からの信号を受けた場合、シャフトが回転し、盤外側のハンドルも倒れ、その状態が維持される。また、ロックアウトリレーはボルトにて、盤の扉面に強固に取り付けられている。



第 9-3 図 ロックアウトリレー構造図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。
4 条-別紙 3-1-補足 9-4

第9-3図から、器具の誤動作モードとしては、

- ・可動接点が振動し、接点乖離、接点接触が生じる（左右方向）

が考えられるが、機能維持について多次元的な影響はないものと考えられる。

参考として、機能維持評価用加速度とロックアウトリレーの既往試験における機能確認済加速度を第9-3表に示す。

第9-3表 ロックアウトリレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下
機能維持評価用加速度 (m/s ²) (注1)	19.7	19.7	4.4
機能確認済加速度 (m/s ²) (注2)			

(注1)：原子炉補助建屋 T.P. 10.3mに設置される盤の値 基準地震動（暫定値）

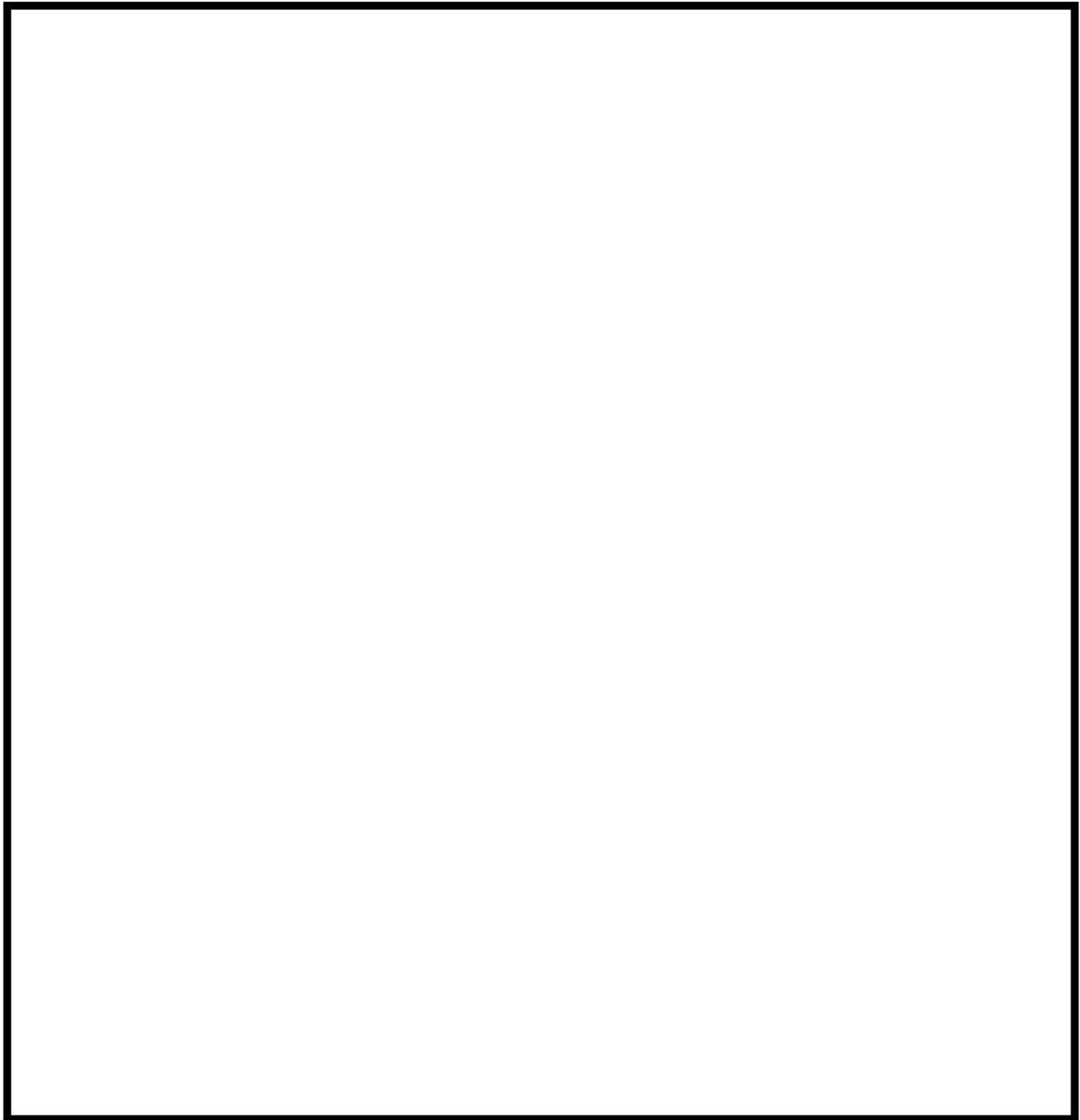
(注2)：機能確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界（誤動作）により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

9.2.4 保護リレー

第9-4図に保護リレーの構造を示す。保護リレーは盤の扉面に取り付けられたケース内にサブユニットが取り付けられている。また、保護リレーはボルトにて盤の扉面に強固に取り付けられている。なお、サブユニット内には可動接点がある。

■ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別紙3-1-補足9-5



第9-4図 保護リレー構造図

第9-4図から、器具の誤動作モードとしては、

- ・サブユニットとケース間で、乖離が生じる（前後方向）
- ・サブユニット内の可動接点が振動し、接点乖離、接点接触が生じる（上下方向）

が考えられるが、機能維持について多次元的な影響はないものと考えられる。

参考として、機能維持評価用加速度と保護リレーの既往試験における機能確認済加速度を第9-4表に示す。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別紙3-1-補足9-6

第9-4表 保護リレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下
機能維持評価用加速度 (m/s ²) (注1)	19.7	19.7	4.4
機能確認済加速度 (m/s ²) (注2)			

(注1) : 原子炉補助建屋 T.P. 10.3mに設置される盤の値 基準地震動 (暫定値)

(注2) : 機能確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界 (誤動作) により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別紙3-1-補足9-7

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明

1. はじめに

本資料は、水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討において、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出について、部材の特性から影響を考慮しないとした部位について、抽出根拠が明確になるよう、代表的な建屋について、対象部位の図面を示すものである。

対象部位の図面を示す建屋として、原子炉建屋を代表として示す。

2. 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明

原子炉建屋の概略断面図を第1図に、概略平面図を第2図及び第3図に示す。

なお、概略平面図については原子炉建屋（燃料取扱棟及び周辺補機棟）T. P. 24. 8m及び原子炉建屋（燃料取扱棟）T. P. 47. 6mを代表として示す。

a. 柱

柱については、独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、第3図に示すとおり、原子炉建屋（燃料取扱棟）の隅柱は耐震壁付きの隅柱であり直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。

b. 梁

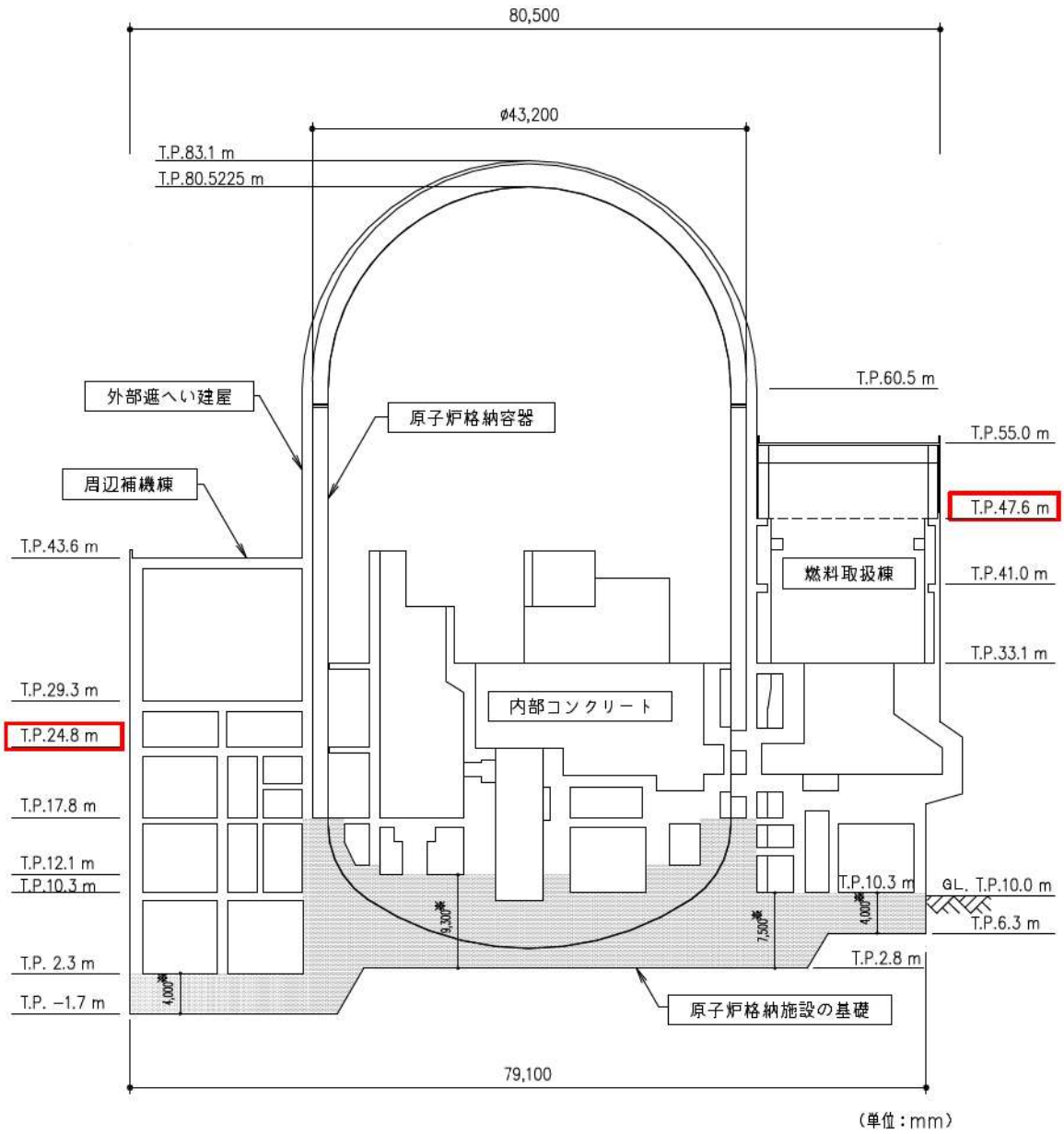
梁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、第3図に示すとおり原子炉建屋（燃料取扱棟）の梁は床及び壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。

c. 壁

壁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、第2図に示すとおり原子炉建屋（燃料取扱棟及び周辺補機棟）の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。

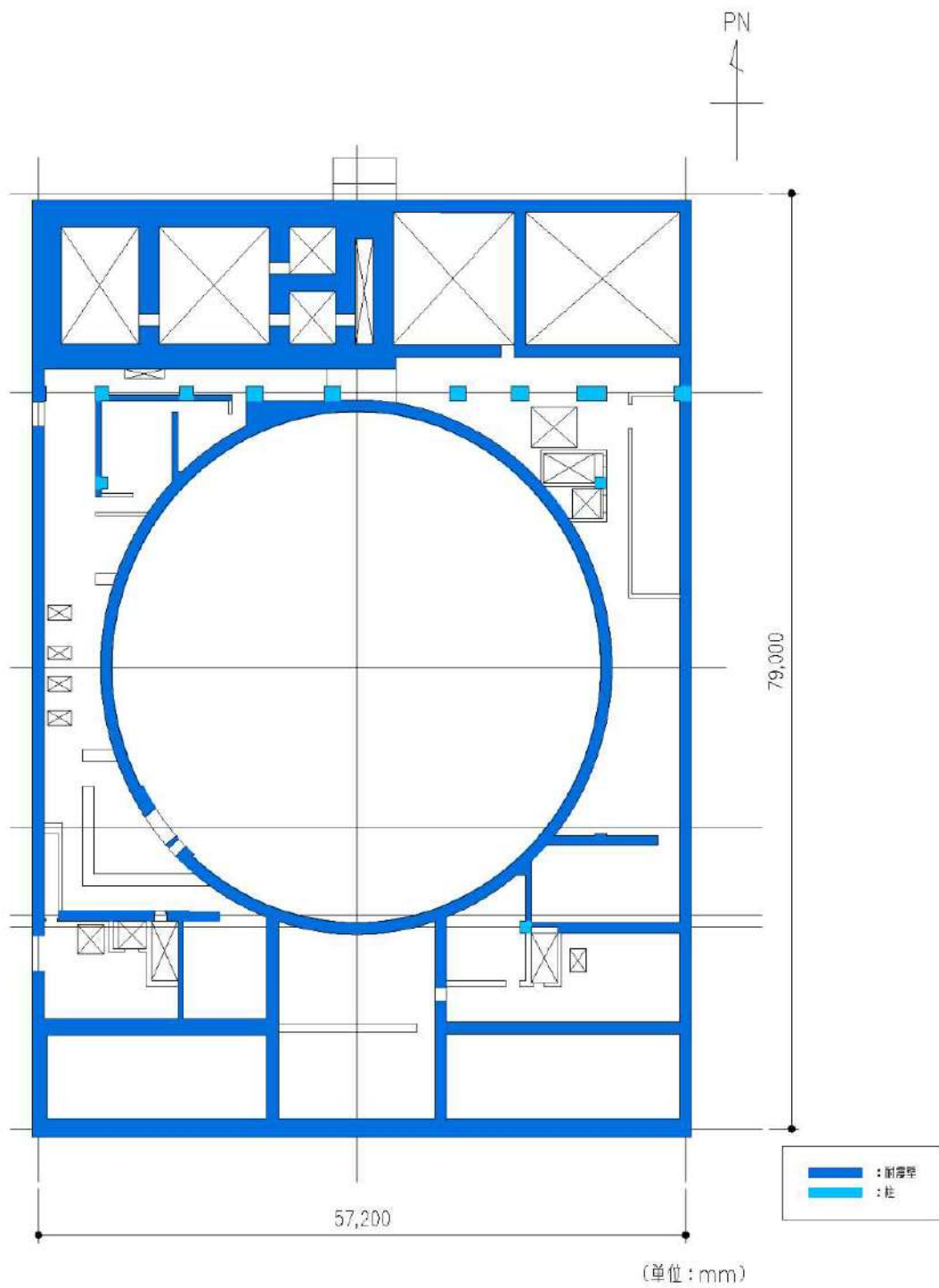
d. 床及び屋根

床及び屋根については、第2図及び第3図に示すとおり四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。

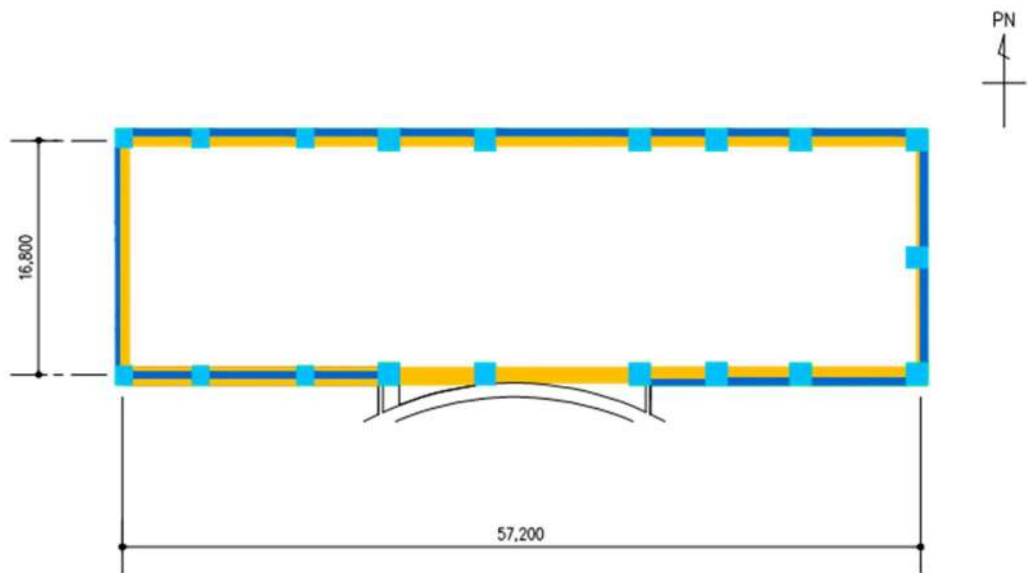


赤枠線内の概略平面図を示す

第1図 原子炉建屋 概略断面図



第2図 原子炉建屋（燃料取扱棟及び周辺補機棟）概略平面図（T.P. 24. 8m）



(単位：mm)



第3図 原子炉建屋（燃料取扱棟）概略平面図（T. P. 47. 6m）

水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する梁の力学的特性

1. はじめに

本資料は、水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する評価対象部位として梁（一般部・鉄骨トラス）を抽出しない理由について、梁の力学的特性を補足説明するものである。

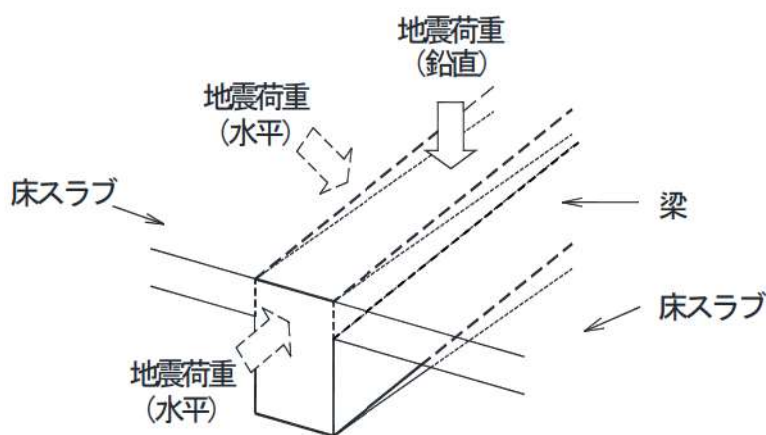
2. 梁の力学的特性

(1) 梁（一般部）

鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブで拘束されているため、梁には大きな応力は生じない。地震荷重に対する梁の力学的特性を第1図に示す。

(2) 鉄骨トラス

鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブやつなぎばりで拘束されているため、鉄骨トラスには大きな応力は生じない。



第1図 地震荷重に対する梁の力学的特性

3. まとめ

梁は直交方向の地震力に対しては有効となる直交部材が存在することから、「荷重の組合せによる応答特性が想定される部位」として抽出しない。