

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-023-04 改 01
提出年月日	2023年2月6日

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する  
検討について

2023年2月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

今回提出範囲：

1. 検討の目的
2. 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
  - 2.1 島根原子力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の組合せ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組合せに対する検討結果
  - 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
  - 3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

別紙 1 建物・構築物における評価部位の抽出に関する説明資料

別紙 2 原子炉建物 3 次元 F E M モデルを用いた精査

別紙 3 原子炉建物 3 次元 F E M モデルによる地震応答解析

別紙 4 機器・配管系に関する影響検討

別紙 5 方向性を考慮しない水平地震動における位相の異なる模擬地震波の作成

## 1. 検討の目的

平成 25 年に制定された「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)」(以下「技術基準」という。)は、従前の耐震設計審査指針から充実が図られている。

そのうち、新たに要求された水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せについて、耐震設計に係る工認審査ガイドにおいて、以下の内容が示されている。

### 耐震設計に係る工認審査ガイド(抜粋)

#### 3.5.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ(4.5.2 及び 5.5.2 も同様)

水平 2 方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せを適切に行っていることを確認する。

##### (1) 動的な地震力の組合せ

水平 2 方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せを簡易的に行う際には、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の構造、応答特性に留意し、非安全側の評価にならない組合せ方法を適用していること。

なお、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の三次元応答特性により応答の同時性を考慮する必要がある場合は、各方向の各時刻歴での応答値を逐次重ね合わせる等の方法により、応答の同時性を考慮していること。

上記審査ガイドを踏まえ、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。

## 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 島根原子力発電所の基準地震動

島根原子力発電所の基準地震動  $S_s$  は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を評価して、これらの評価結果に基づき策定している。「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」としては、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施し、その結果を踏まえ、応答スペクトルに基づく地震動として基準地震動  $S_s-D$ 、断層モデルを用いた地震動として基準地震動  $S_s-F1$  及び  $S_s-F2$  を策定している。また、「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動  $S_s-N1$  及び  $S_s-N2$  を策定している。

基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル図(水平方向)を図 2-1-1 に、基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル図(鉛直方向)を図 2-1-2 に示す。

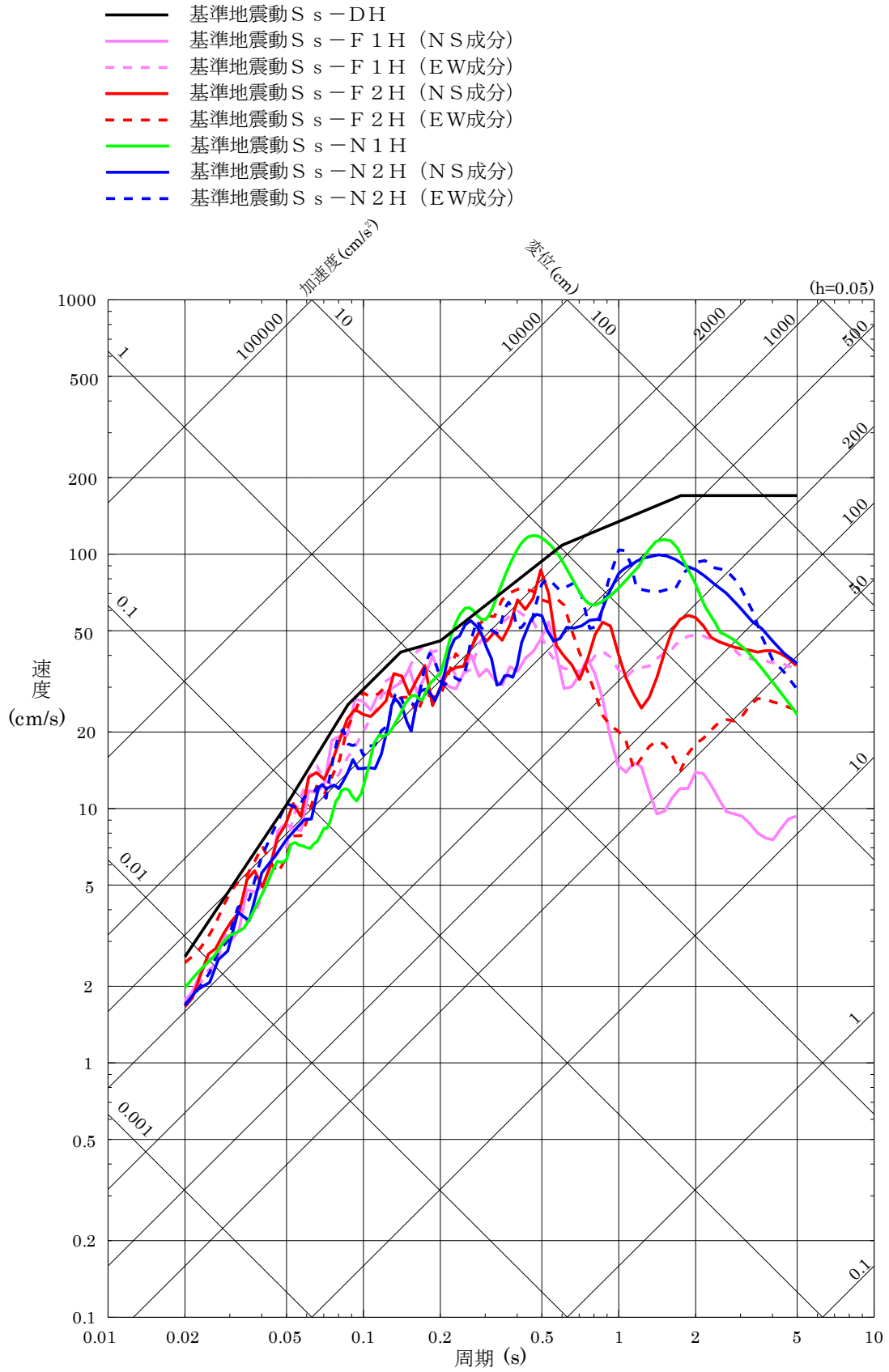


図 2-1-1 基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル (水平方向)

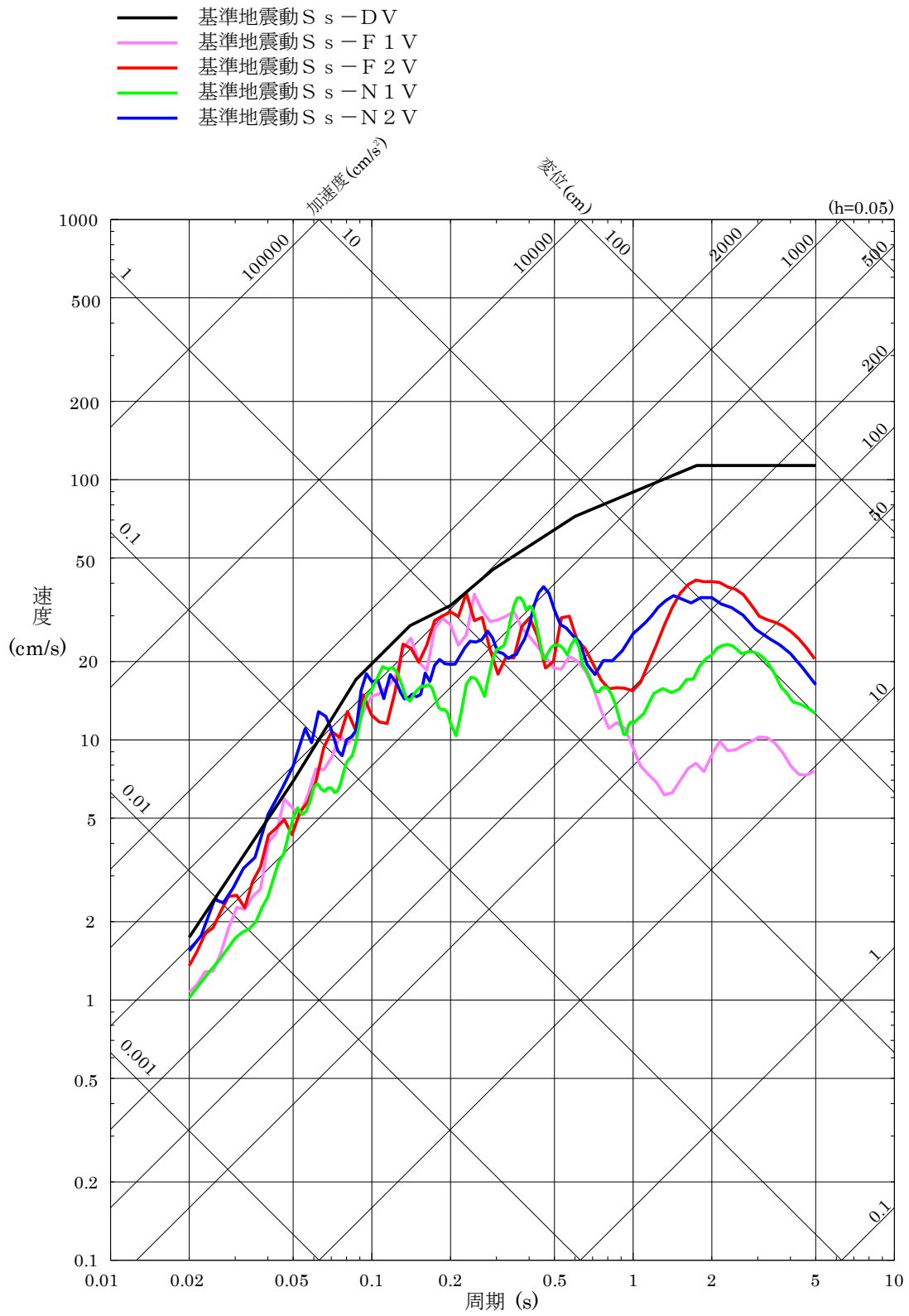


図 2-1-2 基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル (鉛直方向)

## 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用いる基準地震動  $S_s$  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うえで確認し、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組合せに対する検討結果

本資料では VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「2. 基本方針」に記載の対象について建物・構築物、機器・配管系、屋外重要土木構造物等、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備に分類し検討した結果を示す。

なお、VI-2「耐震性に関する説明書」の別添として整理している火災防護設備、溢水防護に係る施設、可搬型重大事故等対処施設、地下水位低下設備に係る施設、代替淡水源を監視するための設備及び漂流防止装置については下記資料にて水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せに関する検討を行う。

- ・ VI-2-別添 1-4

「火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」

- ・ VI-2-別添 2-8

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

- ・ VI-2-別添 3-7

「可搬型重大事故等対処施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」

- ・ VI-2-別添 4-4

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

- ・ VI-2-別添 5-3

「代替淡水源を監視するための設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」

- ・ VI-2-別添 6-3

「漂流防止装置の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」

## 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設計手法の考え方

従来設計手法では、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の方向ごとに入力し解析を行っている。また、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に対して、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

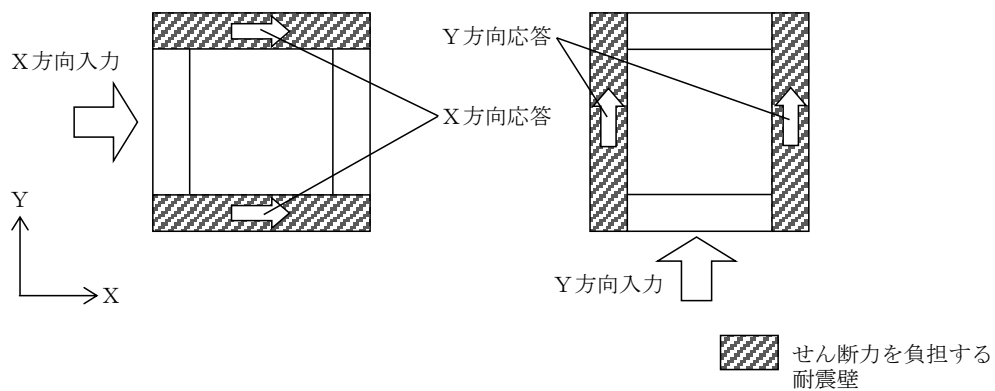
性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、建物・構築物に対し、水平2方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

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・構築物に作用する軸力に対して、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。

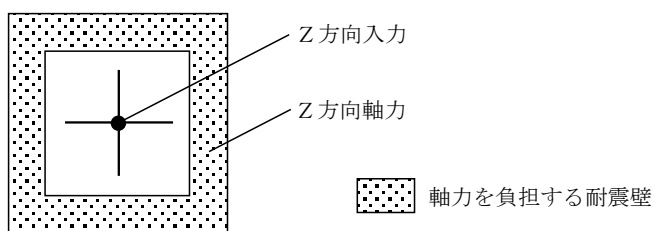
入力方向ごとの耐震要素について、図3-1-1及び図3-1-2に示す。

また、VI-2-2「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する説明書」、VI-2-3～VI-2-10の申請設備の耐震性に関する説明書及びVI-2-11「波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する説明書」のうち、建物・構築物の局部評価は、地震応答解析により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。

排気筒については、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008((社)日本電気協会)」を参考に、斜め方向に作用する地震力に対して隅柱(主柱材)の軸力が大きくなる場合を想定した検討も実施している。

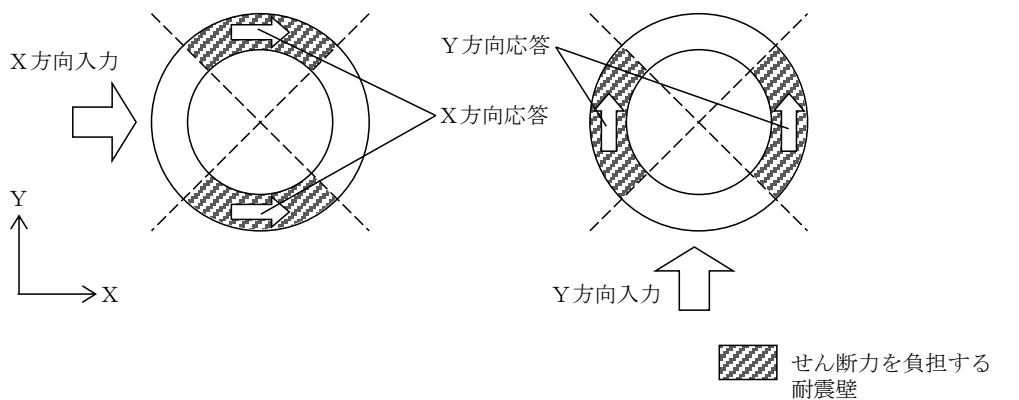


(a) 水平方向

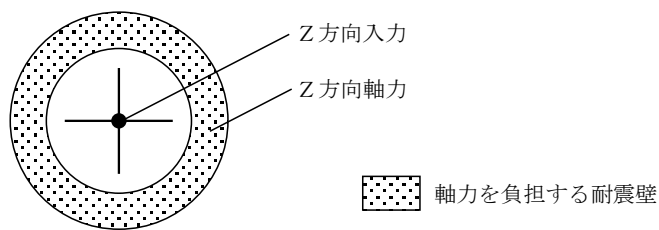


(b) 鉛直方向

図 3-1-1 入力方向ごとの耐震要素 (矩形)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 3-1-2 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、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、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）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の組合せ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、新たな設計上の対応策を講じる。

影響評価のフローを図3-1-3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、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

##### ② 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。

なお、隣接する上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突の有無の判断が基本となる。そのため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、壁式構造では耐震壁（ラーメン構造では柱、はり）を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

##### 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 3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、3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、3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 3次元FEMモデルによる精査

3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、3次元FEM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、3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、3次元FEM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3次元FEMモデルによる精査は、施設の重要性、建物規模及び構造特性を考慮し、原子炉建物について地震応答解析又は応力解析を行う。

原子炉建物の3次元FEMモデルの概要図を図3-1-4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、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を組み合わせることにより評価を行う場合は、米国 Regulatory Guide 1.92\*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。

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。

注記\* : Regulatory Guide 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

⑦ 機器・配管系への影響検討

③及び⑤で、施設が有する耐震性への影響が想定され、評価対象として抽出された部位において、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの)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、3次元FEM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。

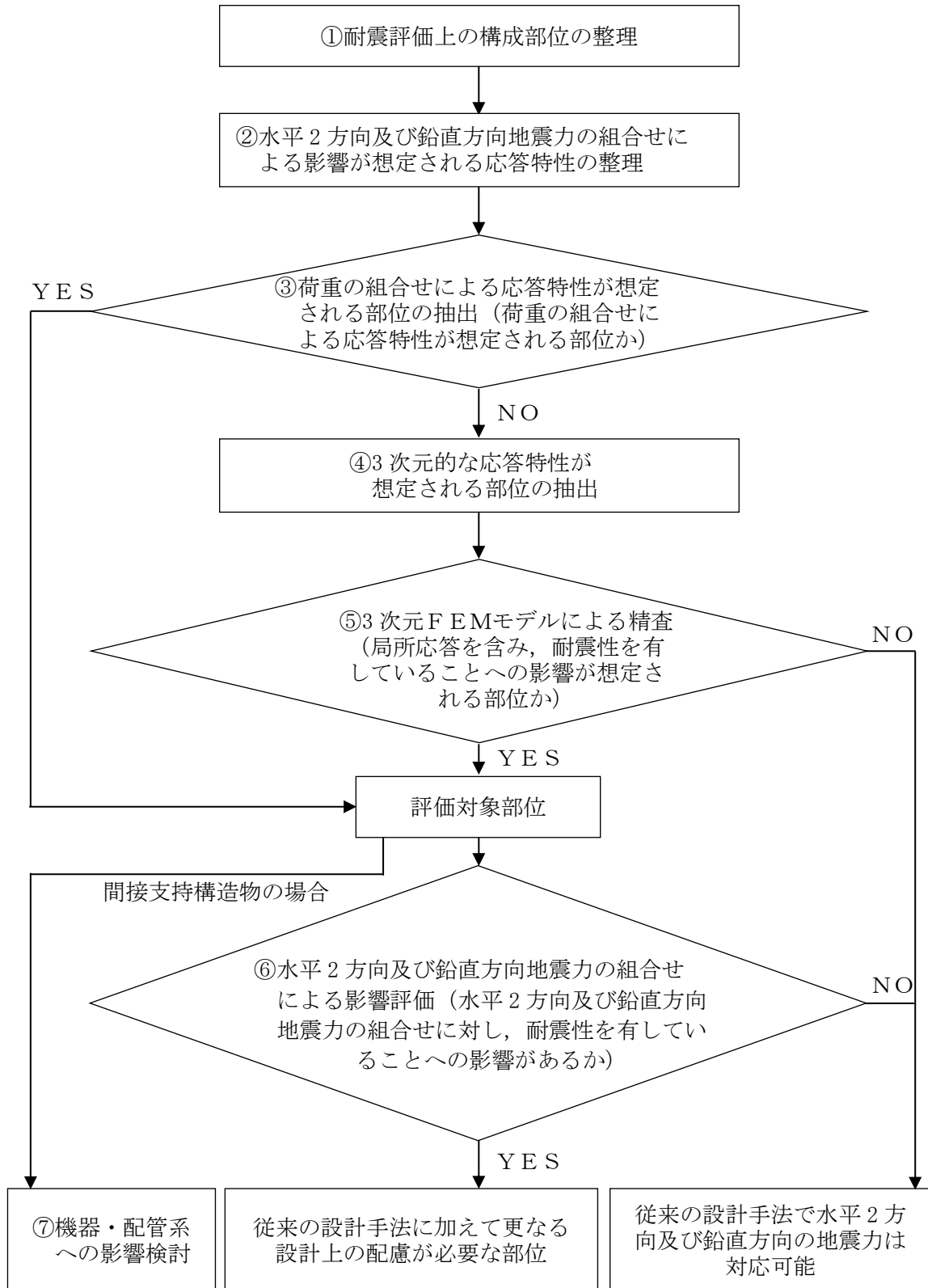


図 3-1-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー (建物・構築物)

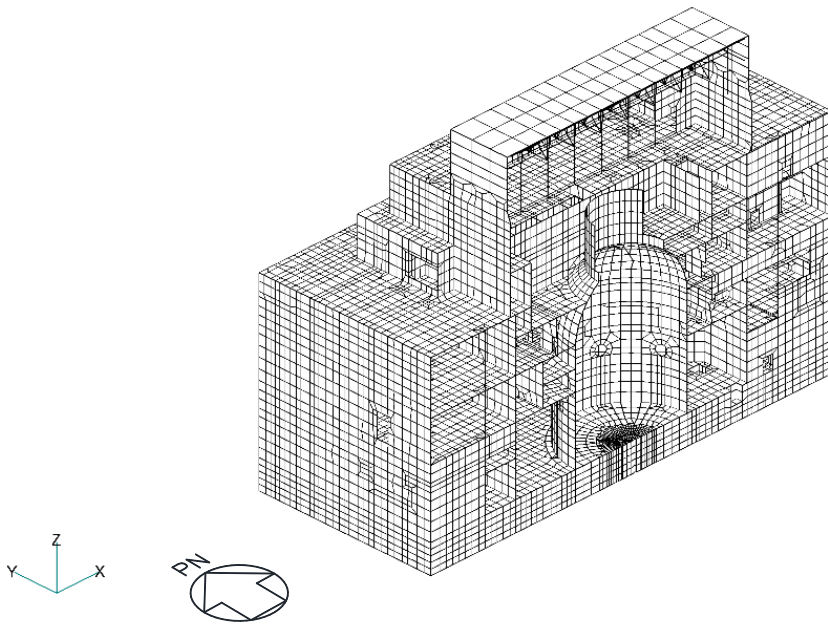


図 3-1-4 原子炉建物の 3 次元 F E Mモデルの概要図 (断面図)

### 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

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のある部位を抽出する。影響評価部位の抽出の詳細について別紙 1 に示す。

#### (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。確認した結果を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1(1) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位

耐震性評価部位	原子炉建物			制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物
	燃料 プール	上部鉄骨			上部鉄骨					
柱	RC造	RC造	S造, SRC造, RC造	RC造	RC造	S造, SRC造, RC造	RC造	S造, RC造	RC造	S造, SRC造, RC造
	○	○	○	○	○	○	○	○ (筒身, 補助柱)	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○ (支柱材)	○	○
はり	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
壁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
床・ 屋根	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
基礎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凡例 ○：対象の構造部材あり，－：対象の構造部材なし

表 3-1-1(2) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位

耐震性評価部位	1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機廃棄物処理建物	サイトバンカ建物	サイトバンカ建物(増築部)	1号機排気筒	排気筒モニタ室	ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備
	RC造	上部鉄骨	RC造	上部鉄骨						
柱	一般部	○	○	○	○	S造, SRC造, RC造	○	S造, RC造	RC造	S造
	隅部	○	○	○	○	○	○	○(筒身)	-	○
	地下部	○	-	○	○	-	-	○(主柱材)	-	○
はり	一般部	○	○	○	○	○	○	○(水平材)	○	○
	地下部	○	-	○	○	-	-	-	-	-
	鉄骨トラス	-	○	-	-	-	-	-	-	-
壁	一般部	○	○	○	○	○	○	-	○	-
	円筒部	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下部	○	-	○	○	-	-	-	-	-
床・屋根	鉄骨ブレース	-	○	-	-	-	-	○(斜材)	-	○
	一般部	○	○	○	○	○	○	-	○	-
基礎	矩形	○	-	○	○	○	○	○	○	-
	杭基礎	-	-	-	-	-	-	-	-	-

凡例 ○：対象の構造部材あり， -：対象の構造部材なし



(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組合せ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3次元的な建物挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。

整理した結果を表3-1-2及び表3-1-3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表3-1-4に示す。

表 3-1-2 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  
(荷重の組合せによる応答特性)

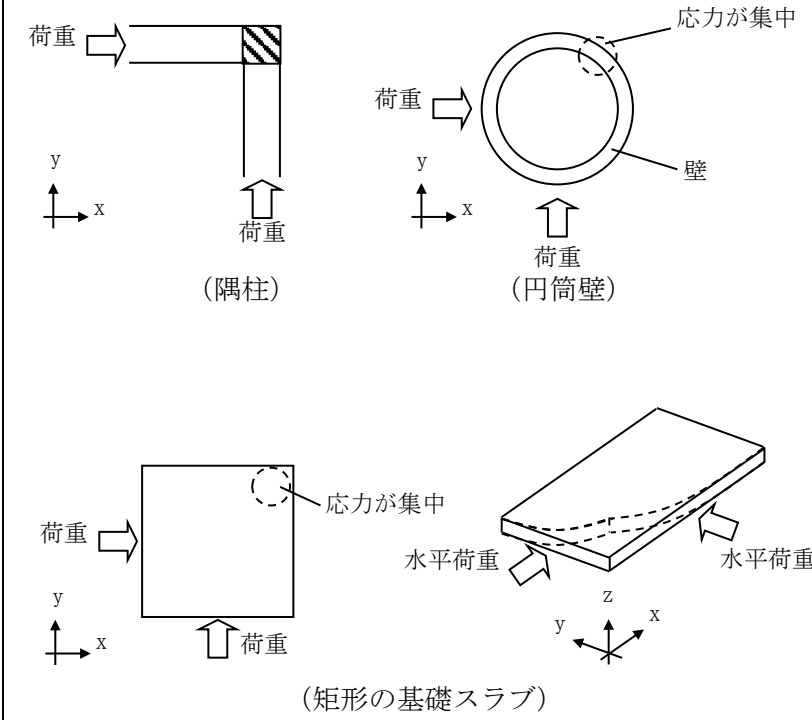
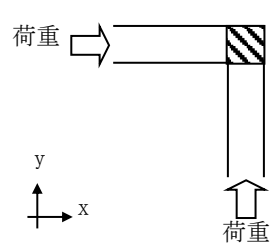
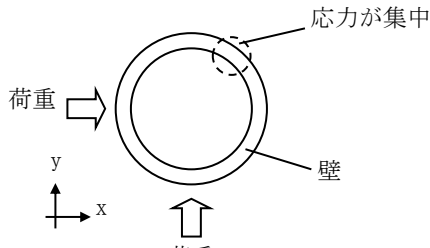
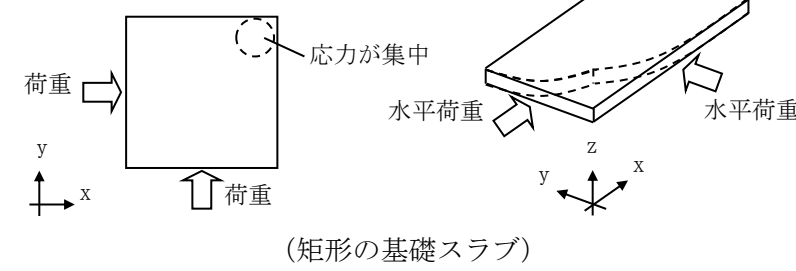
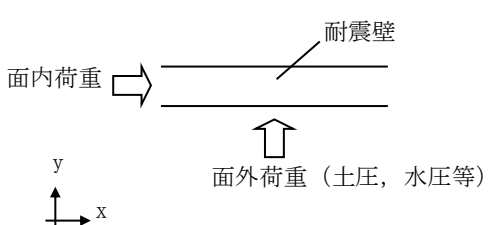
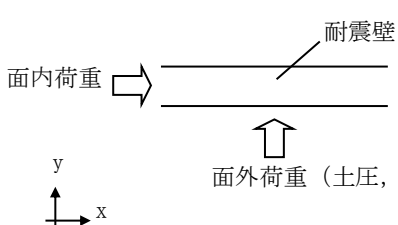
荷重の組合せによる 応答特性	影響想定部位
<p>①-1</p> <p>直交する水平 2 方向の荷重 が、応力とし て集中</p>	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p>  <p>荷重 →  (隅柱)</p> <p>荷重 →  (円筒壁)</p> <p>荷重 →  (矩形の基礎スラブ)</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の 荷重を負担 しつつ、 面外方向の 荷重が作用</p>	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するプール壁等 (例)</p>  <p>面内荷重 →  耐震壁</p> <p>↑ 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>

表 3-1-3 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  
(3 次元的な応答特性)

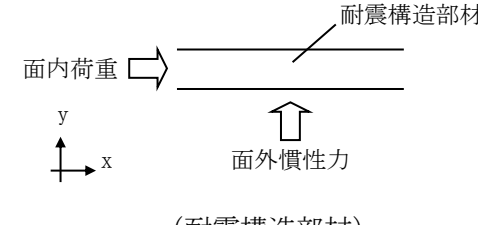
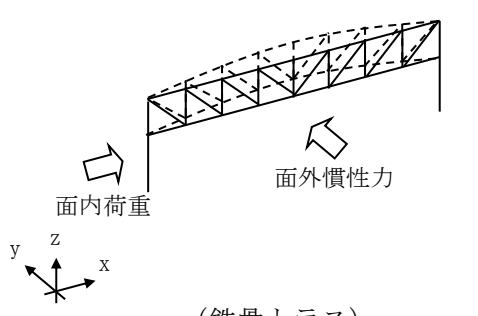
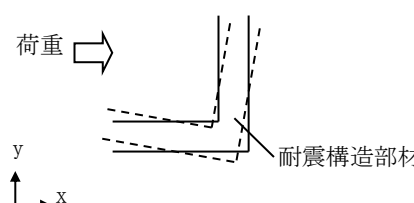
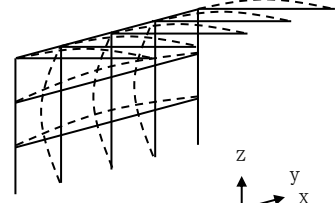
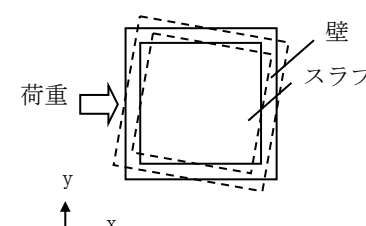
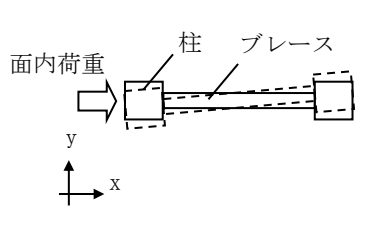
3 次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位 (例)</p>  <p>(耐震構造部材)</p>  <p>(鉄骨トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p>  <p>(壁)</p>  <p>(鉄骨架構)</p>  <p>(床・屋根)</p>  <p>(ブレース)</p>

表 3-1-4(1) 耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力のお考え方

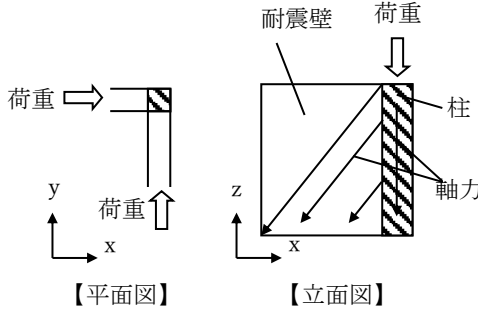
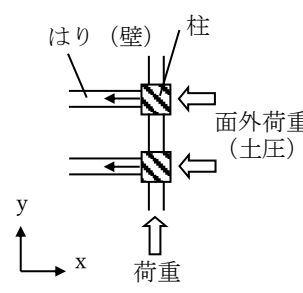
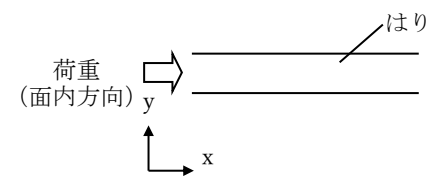
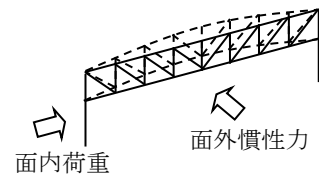
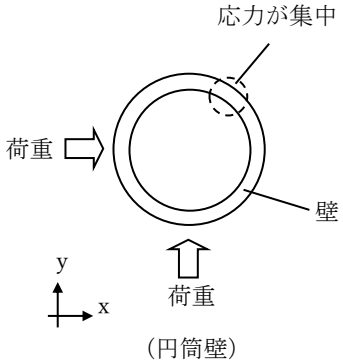
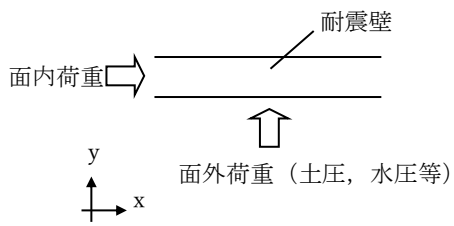
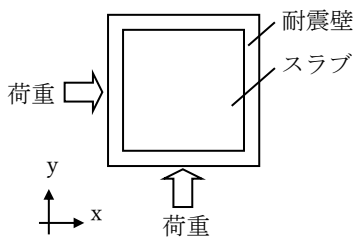
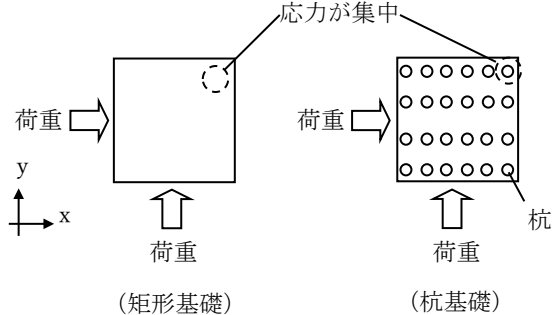
耐震評価上の構成部材	水平 2 方向入力のお考え方	
柱	一般部	耐震壁付構造の場合、水平入力による影響は小さい。
	隅部 (端部含む)	<p>独立した隅柱は、直交する地震荷重が同時に作用する。ただし、耐震壁付きの隅柱は、軸力が耐震壁に分散されることで影響は小さい。</p>  <p style="text-align: center;">【平面図】                      【立面図】</p>
地下部	地下部	<p>地下外周柱は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向の荷重(土圧)が作用する。ただし、外周部は耐震壁付きのため、水平入力による影響は小さい。</p> <p>また、土圧が作用する方向にあるはり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> 
はり	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	地下部
鉄骨トラス	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、床による拘束があるため、面外荷重負担による影響は小さい。</p> 

表 3-1-4(2) 耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力のおえ方

耐震評価上の構成部材		水平 2 方向入力のおえ方
壁	一般部	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり, 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 プール壁	<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。同様にプール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> <p>面外荷重 (土圧, 水圧等)</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はりで拘束され, 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>(耐震壁)</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)</p> <p>(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

表 3-1-1 に示す耐震評価上の構成部位のうち、表 3-1-2 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。抽出した結果を表 3-1-5 に示す。

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」する部位として、排気筒及び 1 号機排気筒の柱（隅部）並びに原子炉建物、制御室建物、タービン建物、廃棄物処理建物、排気筒、緊急時対策所及びガスタービン発電機建物の基礎（矩形）を抽出した。

また、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」する部位としては、燃料プールの壁（一般部）並びに原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、1 号機原子炉建物、1 号機タービン建物及び 1 号機廃棄物処理建物の壁（地下部）を抽出した。

a. 柱

柱は、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、隅柱が考えられる。

対象の建物・構築物の鉄筋コンクリート造部並びに原子炉建物、タービン建物、1 号機原子炉建物及び 1 号機タービン建物の上部鉄骨の隅柱は、耐震壁又は鉄骨ブレース付きの隅柱であり、軸力が耐震壁等に分散されることから、応力が集中することはなく、該当しない。

排気筒及び 1 号機排気筒については、隅柱（主柱材）が①-1 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外周柱が考えられるが、対象の建物・構築物の地下外周柱は、耐震壁に囲まれており、面内の荷重を負担しないこと、また、地下外周柱はすべてはりに接続しており、土圧はそのままはりに伝達されることから、該当しない。

b. はり

はりの一般部、地下部及び鉄骨トラス部については、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」する部位に該当しない。

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外周はりが考えられるが、対象の建物・構築物の地下外周はりは直交する床及び壁が存在し、これら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」する部位に該当しない。

独立した円筒壁は応力の集中が考えられる。ただし、原子炉建物のドライウエル外側壁のように、建物中央付近に位置し、その外側にあるボックス型の壁とスラブで一体化されている場合は、①-1 に該当しない。

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、土圧や水圧が作用する地下部やプール部が考えられ、対象の建物・構築物の地下外壁及び燃料プールの壁（一般部）を、①-2 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」する部位及び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」する部位に該当しない。

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」する部位としては、矩形の基礎が考えられる。

各建物・構築物の基礎（矩形）を①-1 に該当するものとして抽出した。

また、基礎は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」する部位に該当しない。

表 3-1-5(1) 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)

耐震性評価部位	原子炉建物		制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物
	燃料 プール	上部鉄骨		RC 造	上部鉄骨				
柱	一般部	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	S 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造
	隅部	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	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	要①-1	該当なし	該当なし
はり	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	該当なし
	地下部	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	該当なし
	鉄骨 トラス	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	該当なし
壁	一般部	要①-2	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
	円筒部	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	該当なし
	地下部	要①-2	該当なし	要①-2	該当なし	要①-2	該当なし	該当なし	該当なし
床・ 屋根	鉄骨 ブレース	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	該当なし
	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	該当なし
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	要①-1
	杭基礎	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	該当なし

凡例

- ・要：評価必要
- ・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」



表 3-1-5(2) 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)

耐震性評価部位	1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機廃棄物処理建物	サイトバンカ建物	サイトバンカ建物(増築部)	1号機排気筒	排気筒モニタ室	ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備
	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC造	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC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	該当なし	RC造	S造
	隅部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	要①-1	RC造	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
はり	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	該当なし	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
	鉄骨トラス	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
壁	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	該当なし	該当なし
	円筒部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
	地下部	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	RC造	RC造	該当なし
床・屋根	鉄骨	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
	ブレース	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
基礎	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	RC造	RC造	該当なし
	矩形杭基礎	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*

凡例 ・要：評価必要

・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」

注記\*：上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建物及び 1 号機排気筒は、上部躯体を評価対象としているため、基礎は対象外とする。

#### (4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

表 3-1-1 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、表 3-1-3 に示す 3 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。抽出した結果を表 3-1-6 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」可能性がある部位として、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）を抽出した。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位として、抽出する部位はなかった。

##### a. 柱

(3)で抽出されている以外の各建物の柱は各部とも、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」可能性がある部位に該当しない。

また、各建物は、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」が発生する可能性がある部位に該当しない。

排気筒及び1号機排気筒は、地震力のほとんどを鉄塔が負担しており、筒身は②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力が大きい」可能性がある部位に該当しない。また、釣合いよく鉄塔に支持される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」が発生する可能性がある部位にも該当しない。

##### b. はり

対象の建物・構築物のはり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」可能性がある部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位に該当しない。

鉄骨トラス部は、1方向トラスの場合には、面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きいと考えられるが、各建物の鉄骨トラスは直交方向にもトラスが存在し、面外慣性力を負担するため、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位に該当しない。

排気筒及び1号機排気筒の水平材は、鋼管のトラス部材で構成されており、面外慣性力の影響が小さいことから、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位に該当しない。

##### c. 壁

(3)で抽出されている以外の建物・構築物の壁について、②-1「面内方向の荷重に

加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位の検討を行う。原子炉建物の上部階の壁は、複数スパンにまたがって直交方向に壁及び大ばりがなく（以下「大スパン部」という。）、面内方向荷重に加え、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」可能性がある部位として抽出する。タービン建物の上部階の大スパン部については、下部に上位クラス施設がないため、抽出しない。

d. 床及び屋根

各建物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」可能性がある部位及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位に該当しない。

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。

表 3-1-6(1) 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  
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位	原子炉建物		制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物
	燃料 プール	上部鉄骨		上部鉄骨	上部鉄骨				
柱	RC 造	RC 造, SRC 造, RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
はり	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
壁	鉄骨 トラス	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	一般部	要②-1	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	円筒部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	地下部	要①-2	不要	不要	要①-2	不要	不要	不要	不要
床・ 屋根	鉄骨 ブレース	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	一般部	不要	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	要①-1
	杭基礎	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要

凡例  
 ・要：評価必要又は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」

表 3-1-1-6(2) 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

(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位	1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機廃棄物処理建物	サイトバンカ建物	サイトバンカ建物(増築部)	1号機排気筒	排気筒モニタ室	ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備
	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC造	RC造	上部鉄骨 S造, SRC造, RC造						
柱	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要
	隅部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	要①-1	—	不要
	地下部	不要	—	不要	—	—	—	—	—	—
はり	一般部	不要	不要	不要	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	不要	不要	不要	—	不要	—
	円筒部	不要	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	要①-2	—	要①-2	—	—	—	—	—	—
床・屋根	鉄骨ブレース	—	不要	—	—	—	—	不要	—	不要
	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	—
基礎	矩形	不要*	—	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	—
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—	—	—

凡例 ・要：評価必要又は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」

・「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」

・「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」

・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

注\*：上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建物及び1号機排気筒は、上部躯体を評価対象としているため、基礎は対象外とする。

(5) 3次元FEMモデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した部位について、3次元FEMモデルにより精査を行った。

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」可能性がある部位については、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）に対して3次元FEMモデルによる精査を行った。

また、原子炉建物の耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3次元FEMモデルによる精査を行った。

局所的な応答と併せてねじれ挙動についても確認を行った。精査は、地震応答解析により水平2方向及び鉛直方向入力時の影響を評価することで行った。その結果、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）の応答が増幅する傾向が確認されたため、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）の面外応答増幅による影響検討を行った。応答増幅を考慮しても原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）の耐震性への影響は小さいことを確認した。

3次元FEMモデルを用いた精査の結果、有している耐震性への影響が小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する部位は抽出されなかった。

3次元FEMモデルを用いた精査の結果を表3-1-7に示す。また、3次元FEMモデルによる精査の詳細については別紙2に示す。

表 3-1-7 3次元FEMモデルによる精査

耐震評価部位	対象 建物・構築物	3次元的な応答特性	3次元FEMモデルによる 精査方法	3次元FEMモデルによる 精査結果
壁 (一般部)	原子炉建物 (燃料取替階レベル)	②-1 「面内方向の荷重に加え、面外慣 性力の影響が大きイ」	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。	水平2方向及び鉛直方向地震力 の組合せによる左記の対象の耐 震性への影響が想定されなイた め抽出しない。
耐震評価部位 全般	原子炉建物	局所的な応答	同上	水平2方向及び鉛直方向地震力 の組合せによる左記の対象の耐 震性への影響が想定されなイた め抽出しない。

### 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

#### (1) 建物・構築物における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による影響が想定されるとして抽出した部位を表3-1-8に示す。

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」する部位のうち、重要設備である非常用ガス処理系用排気筒を支持する排気筒の支柱材及び建物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物の基礎を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

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」する部位として施設の重要性、建物規模及び構造特性を考慮し、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する原子炉建物（燃料プール）の壁（一般部）を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

#### (2) 機器・配管系への影響が考えられる部位の抽出結果

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、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の観点から、機器・配管系への影響の可能性のある部位について検討した。

原子炉建物の基礎及び排気筒の支柱材については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力集中する部位であり、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ないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

原子炉建物（燃料プール）の壁（一般部）については、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であり、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ないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

なお、上記のとおり、建物・構築物の影響の観点から機器・配管系への影響は抽出されなかったが、別紙2「原子炉建物3次元FEMモデルを用いた精査」を踏まえて、面外加速度の機器・配管系への影響を検討した。また、別紙3「原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」において、3次元FEMモデルの応答スペクトルが質点系モデルの応答スペクトルを上回る箇所があることを踏まえて、機器・配管系への影響を検討する。これらの機器・配管系への影響については、別紙4「機器・配管系に関する影響検討」において検討を行う。



表 3-1-8 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の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物	代表評価部位
①-1	柱	隅部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>排気筒</u></li> <li>・ 1号機排気筒</li> </ul>	重要設備である非常用ガス処理系用排気筒を支持する排気筒の隅柱（主柱材）を代表として評価する。
	基礎	矩形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>原子炉建物</u></li> <li>・ 制御室建物</li> <li>・ タービン建物</li> <li>・ 廃棄物処理建物</li> <li>・ 排気筒</li> <li>・ 緊急時対策所</li> <li>・ ガスタービン発電機建物</li> </ul>	建物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物の基礎を代表として評価する。
①-2	壁	一般部 地下部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>燃料プール</u></li> <li>・ 原子炉建物</li> <li>・ タービン建物</li> <li>・ 廃棄物処理建物</li> <li>・ 1号機原子炉建物</li> <li>・ 1号機タービン建物</li> <li>・ 1号機廃棄物処理建物</li> </ul>	上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する燃料プール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：下線部は代表として評価する建物・構築物を示す。

### 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 $S_s$ 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。評価にあたっては、従来設計手法に基づいた各部位の解析モデルによる水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を用いることとする。評価に用いる地震動を表3-1-9に示す。また、影響評価は、水平2方向及び鉛直方向を同時入力する時刻歴応答解析による評価又は基準地震動 $S_s$ 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の組み合わせの方法として、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した。

表3-1-9 評価に用いる地震動

応答特性 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	・排気筒	基準地震動 $S_s$ を用いる。 基準地震動 $S_s-D$ 及び $S_s-N1$ の直交方向の地震動は、模擬地震波を用いる。
基礎	矩形	・原子炉建物	VI-2-9-3-4の評価結果を用いるため、基準地震動 $S_s$ による動的地震力を包絡した地震力とする。
壁	水圧作用部	・燃料プール	VI-2-4-2-1の評価結果を用いるため、基準地震動 $S_s$ による動的地震力を包絡した地震力とする。

### 3.1.6 排気筒の検討

#### (1) 検討の概要

隅柱は、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である。排気筒の鉄塔部支柱材は、応力集中の影響が大きいと想定されるため、立体架構モデルを用いて、基準地震動  $S_s$  を水平2方向及び鉛直方向に同時入力した場合の検討を実施する。

排気筒は、地盤からの高さ120mである内径3.3mの鋼板製筒身（空調換気系用排気筒）を鋼管四角形鉄塔で支えた鋼製鉄塔支持型排気筒である。

また、筒身外部には非常用ガス処理系用排気筒が筒身に支持されている。

筒身は第4支持点位置（EL 113.5m\*）にて制震装置（粘性ダンパ）を介して鉄塔と接合されている。

排気筒の設置位置を図3-1-5に、概要図を図3-1-6に、主要レベルの概略平面図を図3-1-7に示す。

#### 構造概要

構造形状	鋼製鉄塔支持型（制震装置（粘性ダンパ）付）
排気筒高さ	筒身 120.0m (EL 128.5m)
鉄塔高さ	105.0m (EL 113.5m)
鉄塔幅	頂部 6.5m 根開き 26.0m
筒身支持点位置	EL 34.5m, EL 62.2m, EL 89.2m, EL 113.5m
基礎	鉄筋コンクリート造

注記\*：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。

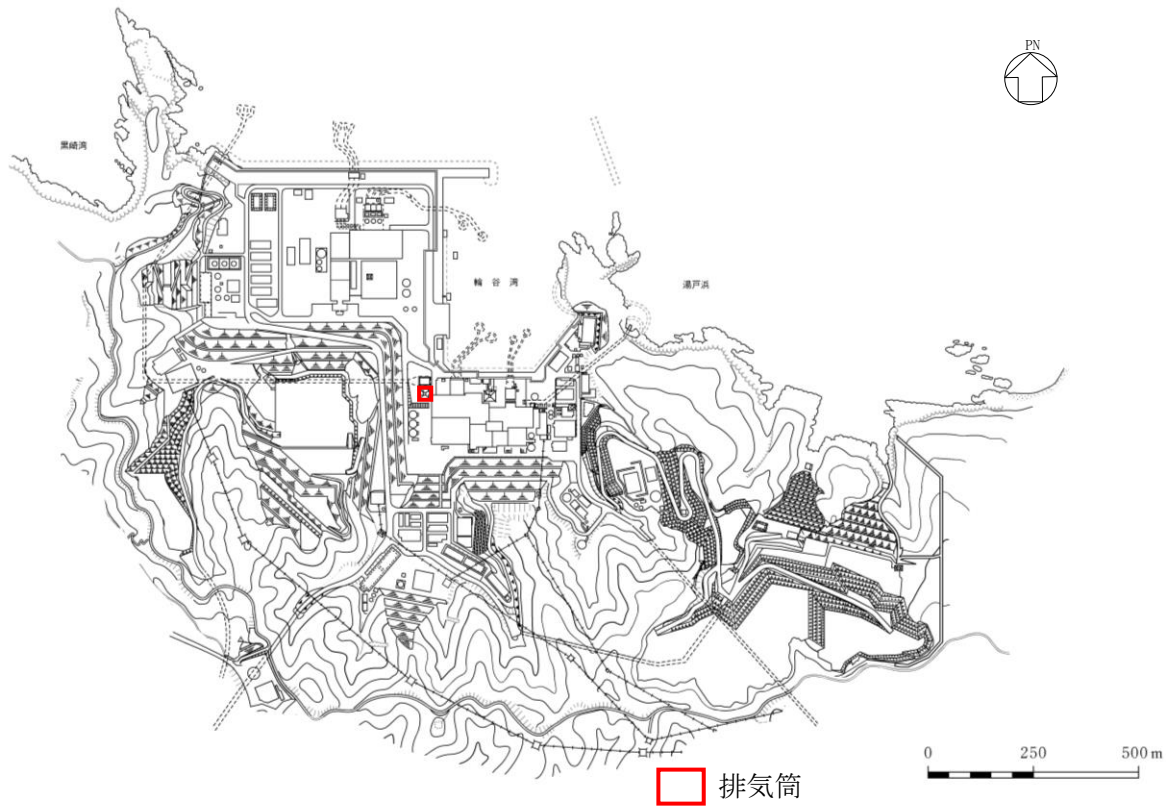
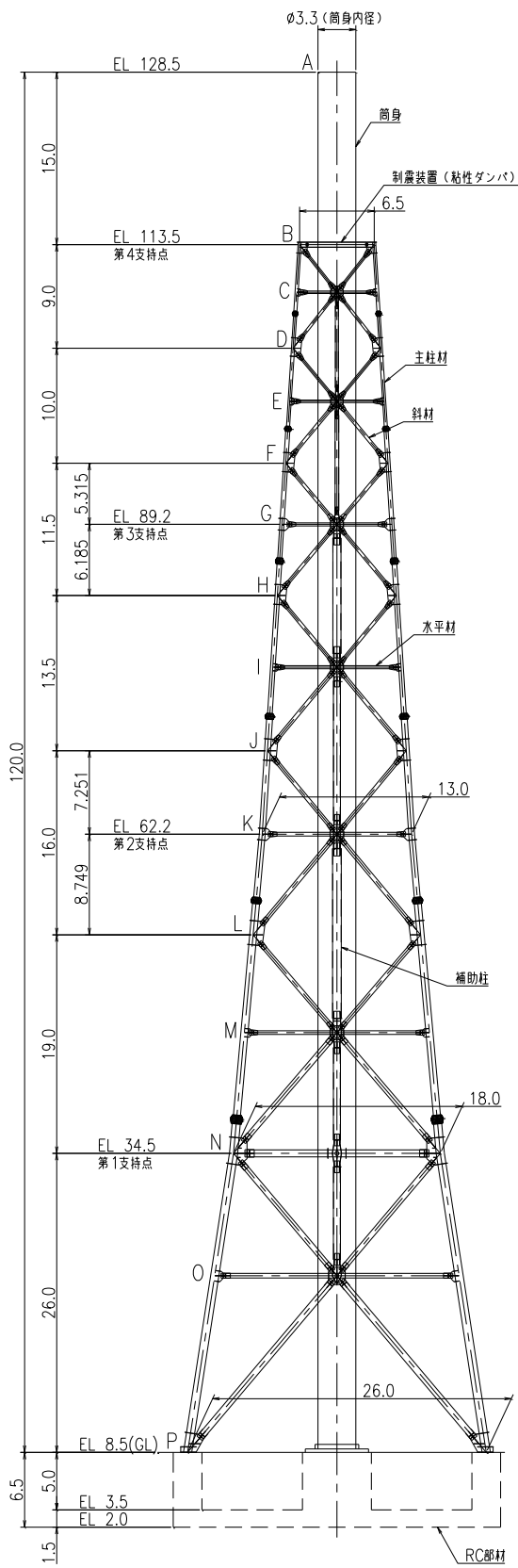


図 3-1-5 排気筒の設置位置



部材リスト (単位:mm)				
主柱材	斜材	水平材	筒身	補助柱
-	-	-	10	-
φ267.4×6.6	φ216.3×5.8	H-450×300×10×15*2	12	φ267.4×6.0
φ355.6×6.4	φ267.4×6.6	φ216.3×5.8	10	φ318.5×6.0
φ406.4×7.9	φ267.4×6.6	φ267.4×6.6	12	φ711.2×7.9
φ508.0×9.5	φ318.5×6.9	φ267.4×6.6	10	φ609.6×12.7
φ609.6×12.7	φ355.6×7.9	φ318.5×6.9	12	φ609.6×12.7*3
φ711.2×12.7 8PLs-22x100*1	φ457.2×9.5	φ609.6×9.5	10	φ762.0×12.7*3
φ558.8×9.5	φ609.6×9.5	φ406.4×9.5	12	φ609.6×12.7*3
φ406.4×9.5	φ609.6×9.5	φ406.4×9.5	t=10	-
STK41 (STK400相当)			SMA41A (SMA400AP相当)	STK400

注記\*1: SS400材を示す。  
 \*2: SS41材 (SS400相当) を示す。  
 \*3: STK490材を示す。

図3-1-6 排気筒の概要図 (単位:m)

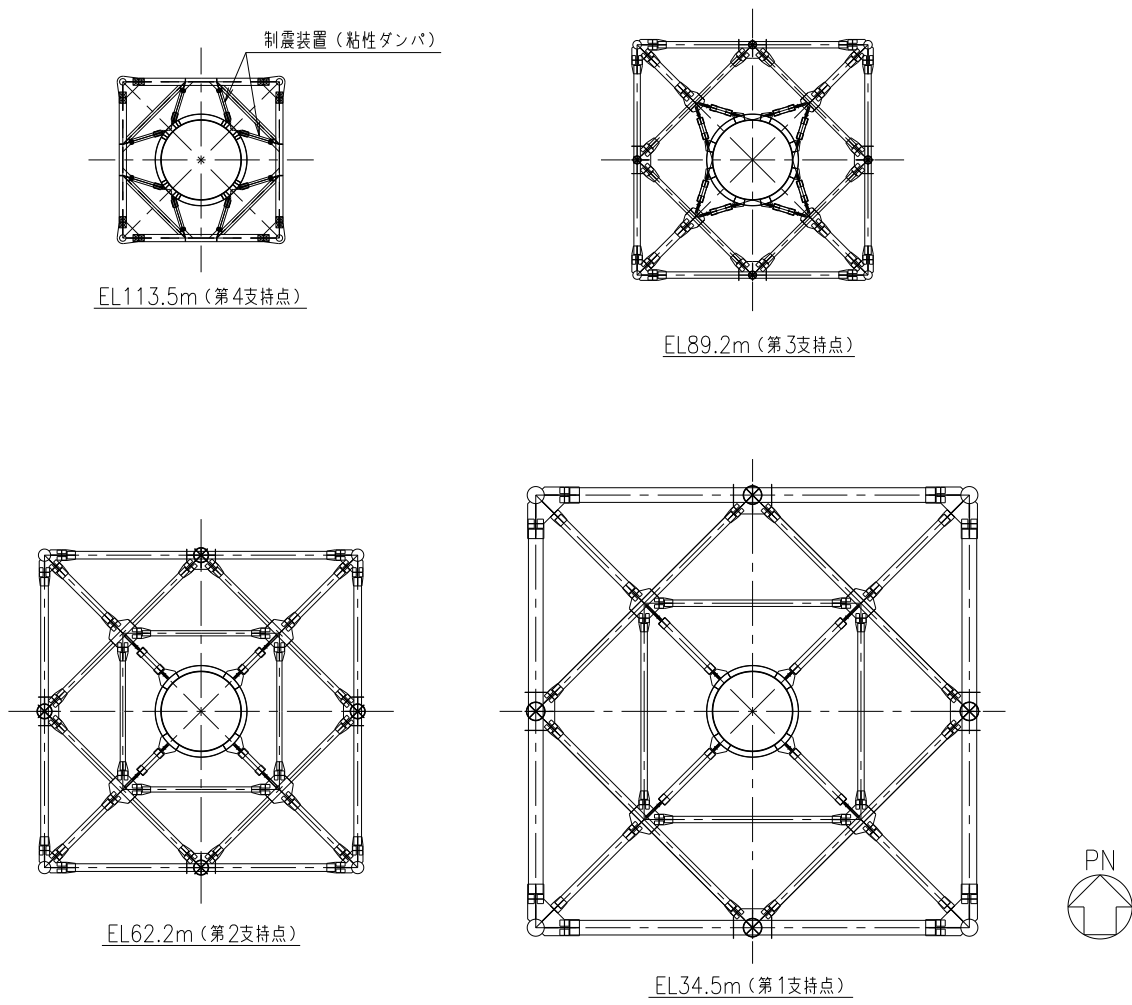


図 3-1-7 主要レベルの概略平面図

## (2) 検討方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である排気筒のうち、鉄塔部支柱材(鉄塔脚部を含む)について評価を行う。

評価にあたっては、基準地震動 $S_s$ を用い、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力(以下「3方向同時入力」という。)する時刻歴応答解析を行い、排気筒が有する耐震性に影響しないことを確認する。支柱材(鉄塔脚部を含む)の耐震性への影響については、基準地震動 $S_s$ を3方向同時入力した地震応答解析の結果による各断面算定結果(検定値)が、1.0を超えないことにより確認する。

なお、上記評価において、排気筒は、屋外に設置されており、風荷重の影響が地震力と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風荷重との組合せを行う。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-2-13「排気筒の地震応答計算書」(以下「排気筒の地震応答計算書」という。)及びVI-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」(以下「排気筒の耐震計算書」という。)に示すものと同一である。

解析モデルを図3-1-8に示す。

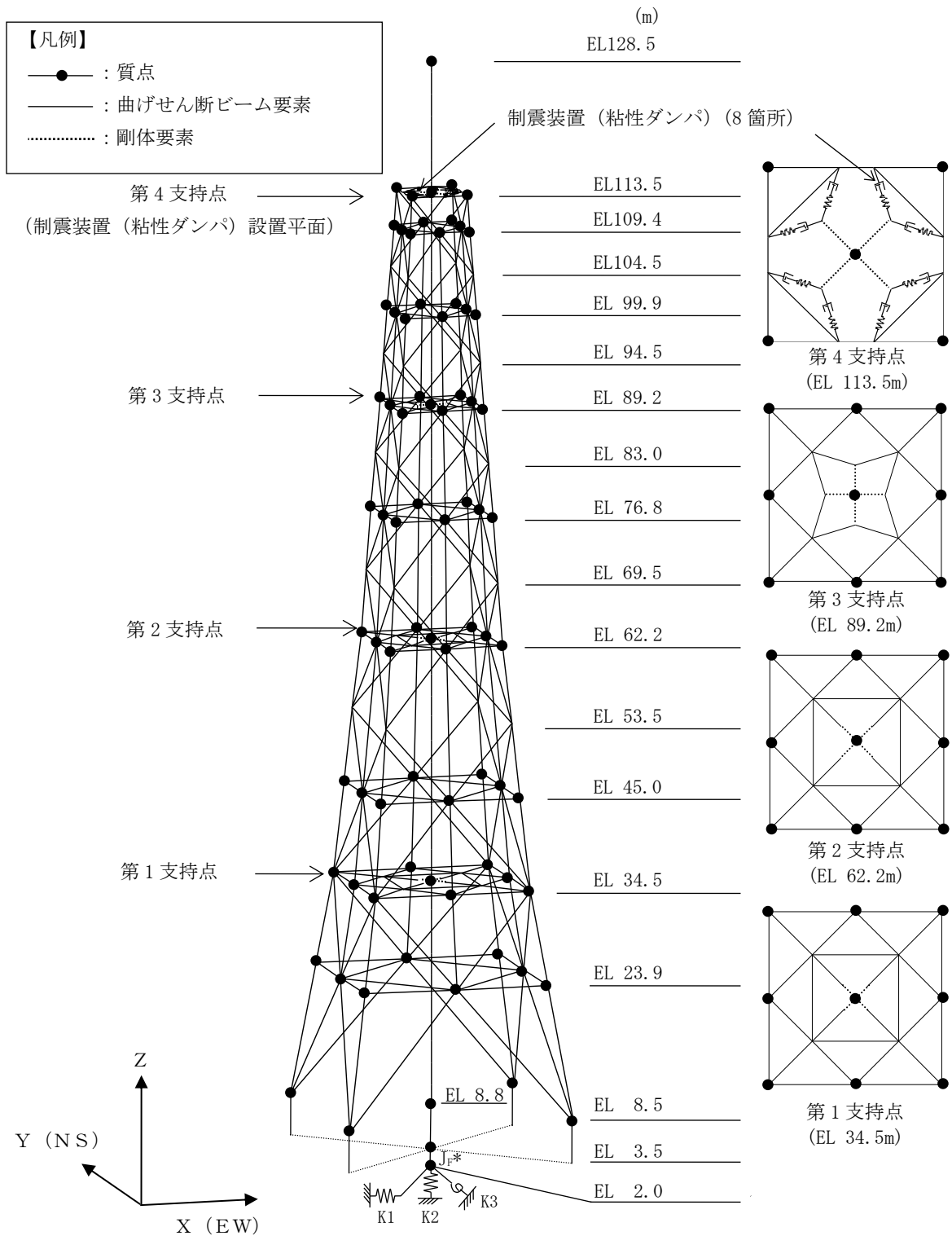


図 3-1-8 排気筒の地震応答解析モデル



(3) 入力地震動

排気筒の地震応答解析モデルへの入力地震動は、基準地震動 $S_s$ を用いる。

排気筒の地震応答計算書及び排気筒の耐震計算書による評価では、立体架構モデルを用いた上で、水平1方向及び鉛直方向同時入力（以下「2方向同時入力」という。）

（ $S_s-D$ 及び $S_s-N1$ ）並びに3方向同時入力（ $S_s-F1$ 、 $S_s-F2$ 及び $S_s-N2$ ）を行っている。そのため、3方向同時入力を行っていない $S_s-D$ 及び $S_s-N1$ については、水平方向成分に直交する方向の地震動に位相特性の異なる模擬地震波を入力する。

3方向同時入力する場合の地震動の組合せを表3-1-10に示す。

表3-1-10 3方向同時入力する場合の地震動の組合せ

地震動	NS方向	EW方向	鉛直方向
$S_s-D$	$S_s-DH$	$S_s-Dp^*$	$S_s-DV$
$S_s-F1$	$S_s-F1NS$	$S_s-F1EW$	$S_s-F1V$
$S_s-F2$	$S_s-F2NS$	$S_s-F2EW$	$S_s-F2V$
$S_s-N1$	$S_s-N1H$	$S_s-N1p^*$	$S_s-N1V$
$S_s-N2NS$	$S_s-N2NS$	$S_s-N2EW$	$S_s-N2V$
$S_s-N2EW$	$S_s-N2EW$	$S_s-N2NS$	$S_s-N2V$

注記\*： $S_s-D$ 及び $S_s-N1$ については、位相特性の異なる模擬地震波を入力する。模擬地震波の作成方針については、別紙5「方向性を考慮しない水平地震動における位相の異なる模擬地震波の作成」に示す。

(4) 使用材料の許容応力度

鋼材，コンクリート及びボルトの許容応力度は，排気筒の耐震計算書の「3.2 使用材料及び材料の許容応力度」に示す内容と同一である。

(5) 解析諸元

使用材料の物性値は，排気筒の地震応答計算書の「3.2 地震応答解析モデル」に示す内容と同一である。

(6) 評価方法

立体架構モデルを用いた3方向同時入力による地震応答解析を行い，支柱材（鉄塔脚部含む）の断面算定結果（検定値）が1.0を超えないことを確認する。参考に排気筒の耐震計算書に記載のケース（以下「工認ケース」という。）との比較を行う。

断面算定の方法は，排気筒の耐震計算書の「3.5.2 断面の評価方法」及び「6.2 鉄塔脚部の評価」に示す方法と同一である。

なお，3方向同時入力時の場合は風荷重との組合せを考慮する。

(7) 評価結果

3方向同時入力時及び工認ケースにおける鉄塔部支柱材の評価結果を表3-1-11に，鉄塔脚部の評価結果を表3-1-12に示す。

評価の結果，3方向同時入力時の支柱材及び鉄塔脚部の検定値が1.0を超えないことを確認した。

以上より，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し，排気筒の支柱材が有する耐震性への影響がないことを確認した。

表 3-1-11 主柱材の評価結果

高さ EL (m)	区間	使用部材 (mm)	検定値	
			工認ケース	3方向同時入力* <sup>1</sup>
113.5-104.5	B-D	φ 267.4 × 6.6	0.18	<u>0.20</u>
104.5- 94.5	D-F	φ 267.4 × 6.6	0.48	<u>0.52</u>
94.5- 83.0	F-H	φ 355.6 × 6.4	0.49	<u>0.56</u>
83.0- 69.5	H-J	φ 406.4 × 7.9	0.48	<u>0.65</u>
69.5- 53.5	J-L	φ 508.0 × 9.5	0.50	<u>0.77</u>
53.5- 34.5	L-N	φ 609.6 × 12.7	0.42	<u>0.65</u>
34.5- 8.5	N-P	φ 711.2 × 12.7* <sup>2</sup>	0.34	<u>0.52</u>

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

注記\*1：風荷重との組合せを考慮する。

\*2：補強リブ8PLs-22×100付きの鋼管とする。

表 3-1-12 鉄塔脚部の評価結果

評価部位	応力分類	検定値	
		工認ケース	3方向同時入力*
コンクリート（せん断プレート側面）	圧縮	0.39	<u>0.55</u>
せん断プレート	曲げ	0.18	<u>0.25</u>
コンクリート（ベースプレート下面）	圧縮	0.18	<u>0.25</u>
フランジプレート、ベースプレート及び ウェブプレートから成る合成断面	曲げ	0.19	<u>0.32</u>
	せん断	0.23	<u>0.41</u>
	組合せ	0.30	<u>0.52</u>
ベースプレート	曲げ	0.46	<u>0.66</u>
リブプレート	圧縮	0.20	<u>0.29</u>
アンカー部（アンカー材）	引張	0.09	<u>0.15</u>
アンカー部（アンカーボルト）	せん断	0.27	<u>0.47</u>

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

注記\*：風荷重との組合せを考慮する。

(8) 検討のまとめ

隅柱は直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である。

応力集中の影響が大きいと考えられる排気筒の鉄塔部支柱材（鉄塔脚部含む）について、排気筒の立体架構モデルに対し、基準地震動  $S_s$  を3方向同時入力した場合の検討を行った。

検討の結果、支柱材及び鉄塔脚部の検定値が1.0を超えないことを確認した。

以上のことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、隅柱が有する耐震性への影響がないことを確認した。

### 3.1.7 燃料プールの壁の検討

#### (1) 検討の概要

燃料プールの壁は、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の水圧等の荷重が作用する部位であり、水平2方向の地震力を受けることから、S s地震時を対象として水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を検討する。

燃料プール及びキャスク置場は原子炉建物の燃料取替階（EL 42.8m）付近に位置する鉄筋コンクリート構造物で、使用済燃料、制御棒及び使用済燃料輸送容器が収容される。

燃料プール内には、収容される機器の遮蔽及び冷却のため常時水が張られている。

燃料プール内面はステンレス鋼でライニングされており、漏水を防ぐとともに、保守、点検についても考慮されている。

燃料プールの大きさは、内面寸法で平面14.00m×13.50m、深さ8.90m～11.97m、主要な壁厚2.00m、底面スラブ厚2.03mである。

燃料プールを含む原子炉建物の概略平面図及び概略断面図を図3-1-9及び図3-1-10に、燃料プール周りの概略平面図及び概略断面図を図3-1-11に示す。

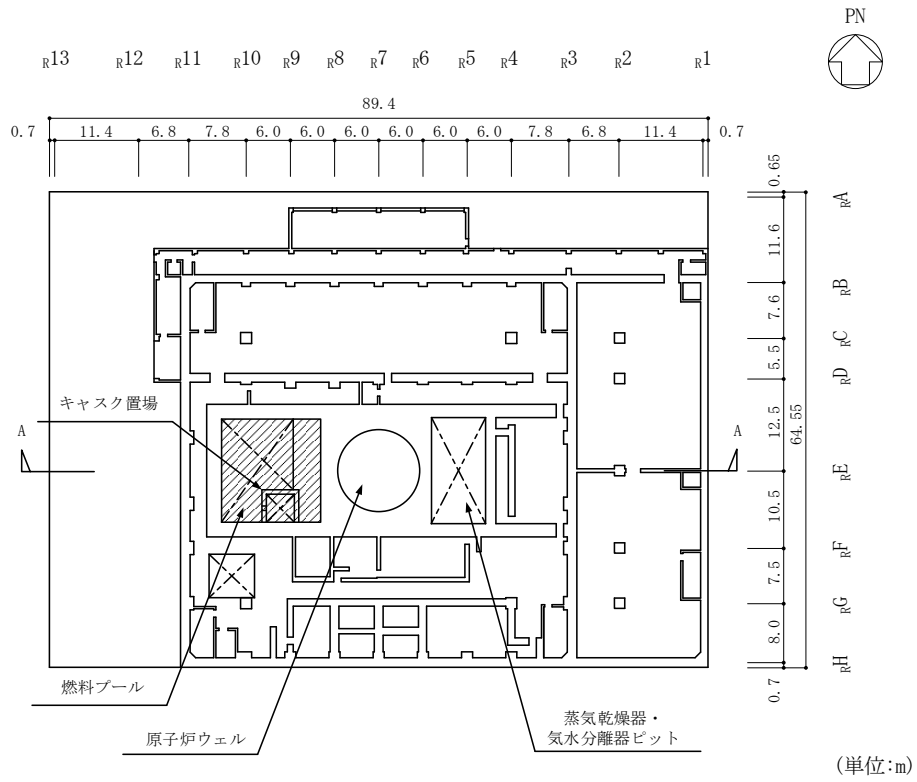


図 3-1-9 燃料プール及びキャスク置場を含む原子炉建物の概略平面図  
(EL 34.8m)

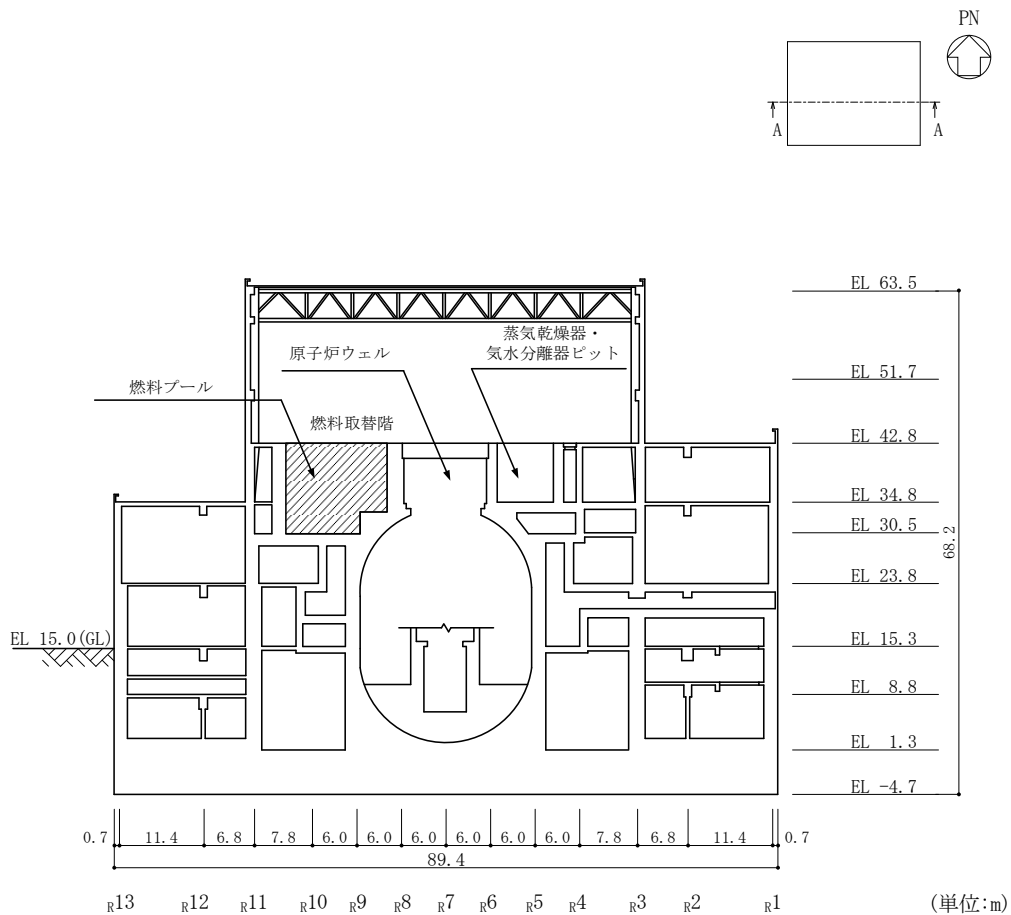
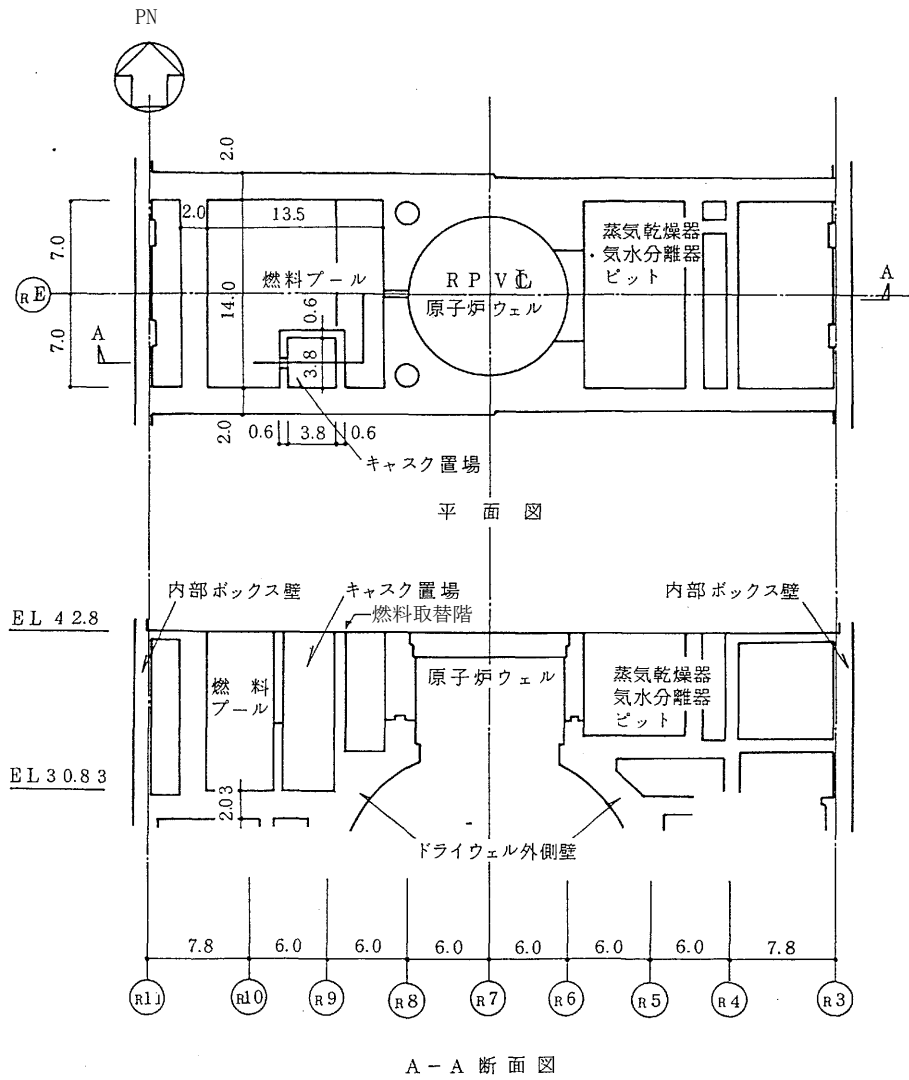


図 3-1-10 燃料プール及びキャスク置場を含む原子炉建物の概略断面図  
(A-A断面)



(単位:m)

図 3-1-11 燃料プール及びキャスク置場周りの概略平面図及び概略断面図



(2) 検討方針

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、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燃料プールの壁について評価を行う。

評価にあたっては、S s 地震時に対して、3次元FEMモデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-4-2-1「燃料プール（キャスク置場を含む）の耐震性についての計算書」（以下「燃料プールの耐震計算書」という。）に示すものと同一である。

(3) 荷重及び荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを表 3-1-13 に示す。荷重の詳細は、燃料プールの耐震計算書の「3.2.1 荷重」に示す固定荷重（G）、積載荷重（P）及び地震荷重（S s）と同一である。

表 3-1-13 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	G + P + S s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S s : 地震荷重（地震時動水圧荷重を含む）

(4) 使用材料の許容限界

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、燃料プールの耐震計算書の「3.3 許容限界」に示す内容と同一である。

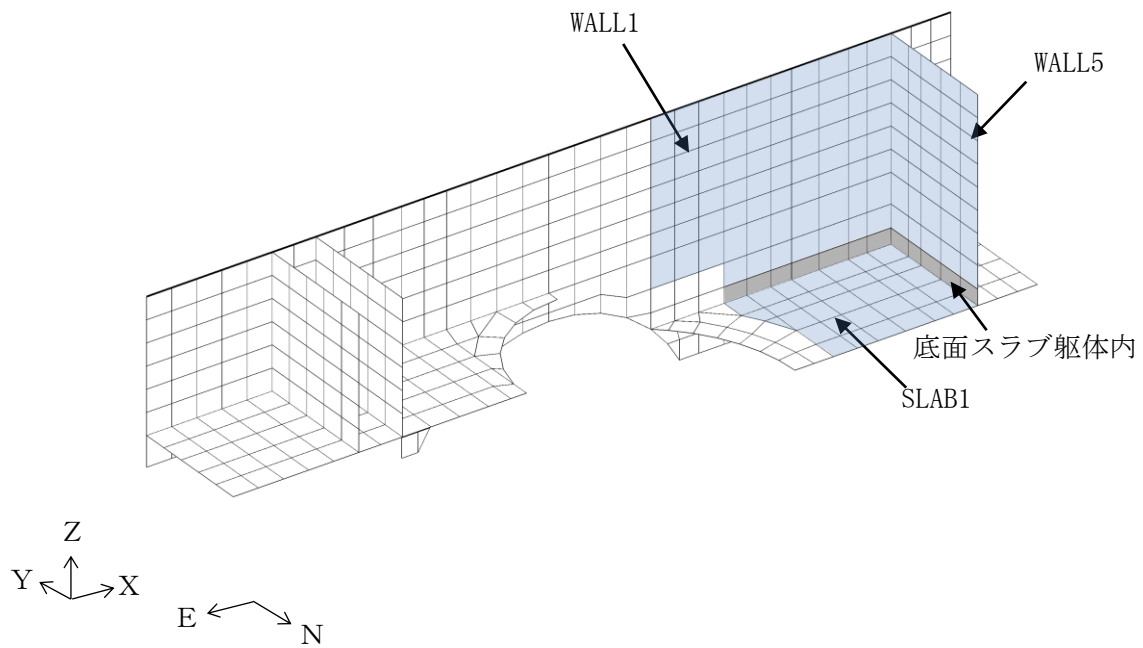
(5) 応力解析

解析モデルの概要図を図 3-1-12 に示す。解析モデルの詳細は、燃料プールの耐震計算書の「3.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

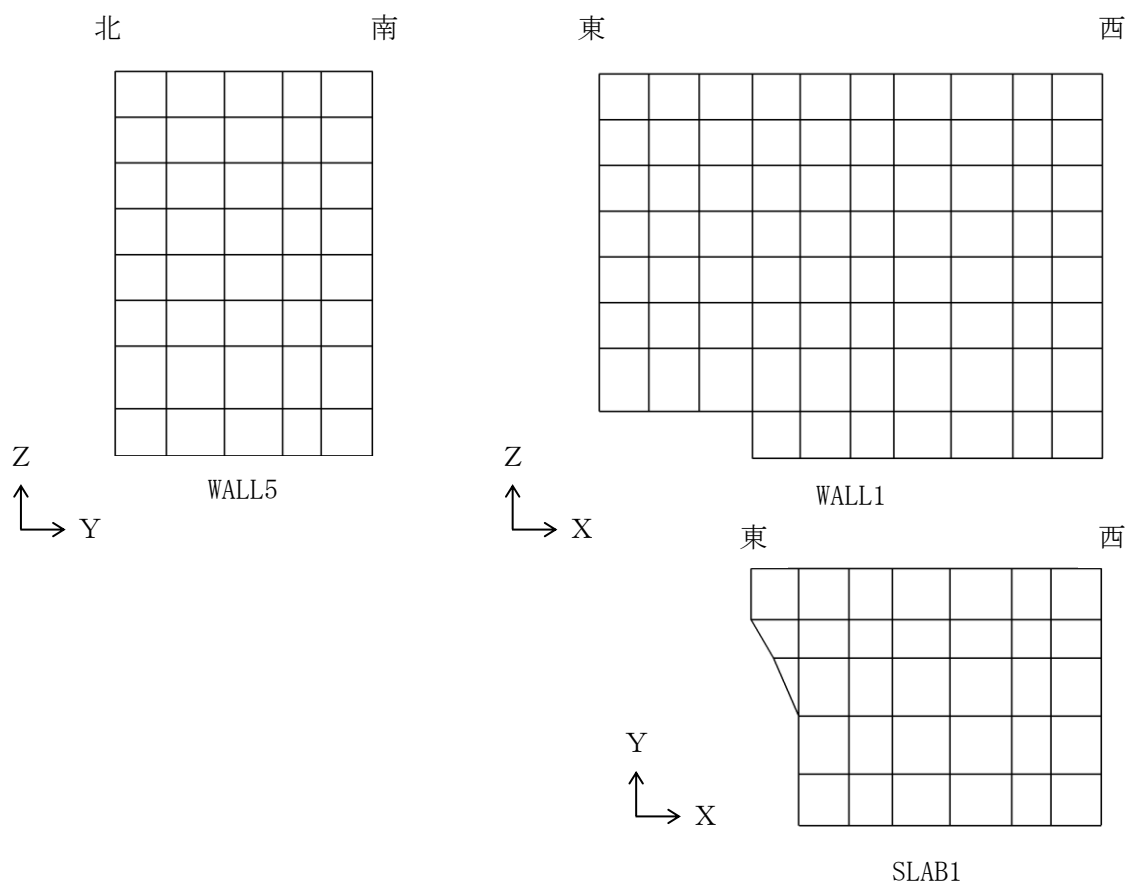
S s 地震時の応力は、燃料プールの耐震計算書の「3.5.1 応力解析方法」に示す次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S s<sub>SN</sub> : S→N方向 S s 地震荷重 (S s 地震時動水圧荷重を含む)
- S s<sub>WE</sub> : W→E方向 S s 地震荷重 (S s 地震時動水圧荷重を含む)
- S s<sub>UD</sub> : 鉛直方向 (下向き) S s 地震荷重

水平地震力と鉛直地震力による応力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づいて評価する。荷重の組合せケースを表 3-1-14 及び表 3-1-15 に示す。



(a) 全体鳥瞰図



(b) 燃料プール要素分割図

図 3-1-12 解析モデルの概要図

表 3-1-14 荷重の組合せケース (水平 2 方向)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	3-1	$G + P + 1.0 S_{SN} - 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-2	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-3	$G + P - 1.0 S_{SN} - 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-4	$G + P - 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-5	$G + P + 0.4 S_{SN} - 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-6	$G + P - 0.4 S_{SN} - 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-7	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-8	$G + P - 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-9	$G + P + 1.0 S_{SN} - 0.4 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-10	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-11	$G + P - 1.0 S_{SN} - 0.4 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-12	$G + P - 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-13	$G + P + 0.4 S_{SN} - 1.0 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-14	$G + P - 0.4 S_{SN} - 1.0 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-15	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-16	$G + P - 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	3-17	$G + P + 0.4 S_{SN} - 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	3-18	$G + P + 0.4 S_{SN} + 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	3-19	$G + P - 0.4 S_{SN} - 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	3-20	$G + P - 0.4 S_{SN} + 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	3-21	$G + P + 0.4 S_{SN} - 0.4 S_{WE} - 1.0 S_{UD}$
	3-22	$G + P + 0.4 S_{SN} + 0.4 S_{WE} - 1.0 S_{UD}$
	3-23	$G + P - 0.4 S_{SN} - 0.4 S_{WE} - 1.0 S_{UD}$
	3-24	$G + P - 0.4 S_{SN} + 0.4 S_{WE} - 1.0 S_{UD}$

表 3-1-15 荷重の組合せケース (水平 1 方向)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	2-1	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{UD}$
	2-2	$G + P - 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{UD}$
	2-3	$G + P - 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	2-4	$G + P + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	2-5	$G + P + 1.0 S_{SN} - 0.4 S_{UD}$
	2-6	$G + P - 1.0 S_{SN} - 0.4 S_{UD}$
	2-7	$G + P - 1.0 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	2-8	$G + P + 1.0 S_{WE} - 0.4 S_{UD}$
	2-9	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{UD}$
	2-10	$G + P - 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{UD}$
	2-11	$G + P - 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	2-12	$G + P + 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	2-13	$G + P + 0.4 S_{SN} - 1.0 S_{UD}$
	2-14	$G + P - 0.4 S_{SN} - 1.0 S_{UD}$
	2-15	$G + P - 0.4 S_{WE} - 1.0 S_{UD}$
	2-16	$G + P + 0.4 S_{WE} - 1.0 S_{UD}$

(6) 評価方法

燃料プールの壁の評価は、燃料プールの耐震計算書の「3.5.2 断面の評価方法」に示す方法と同一である。

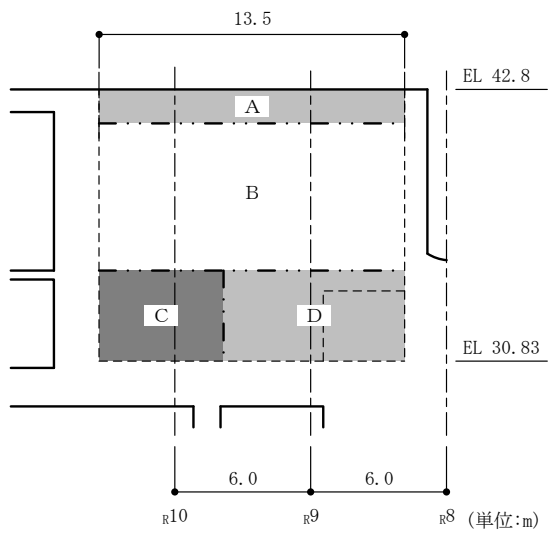
(7) 評価結果

断面の評価結果を以下に示す。また、3次元FEMモデルの配筋領域図を図3-1-13に、配筋一覧を表3-1-16に示す。

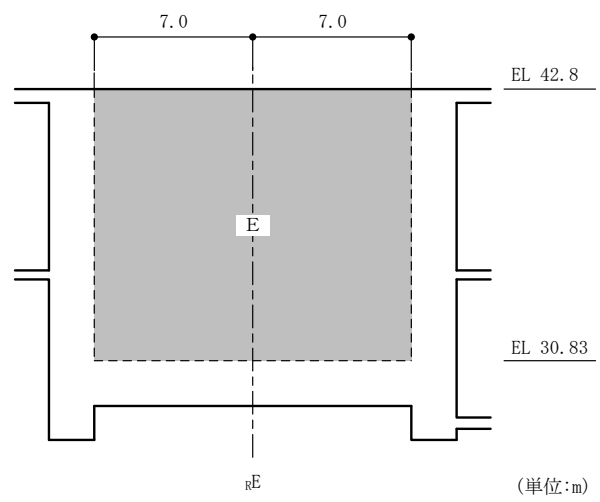
断面の評価結果を記載する要素は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断力及び面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図3-1-14及び図3-1-15に、評価結果を表3-1-17及び表3-1-18に示す。

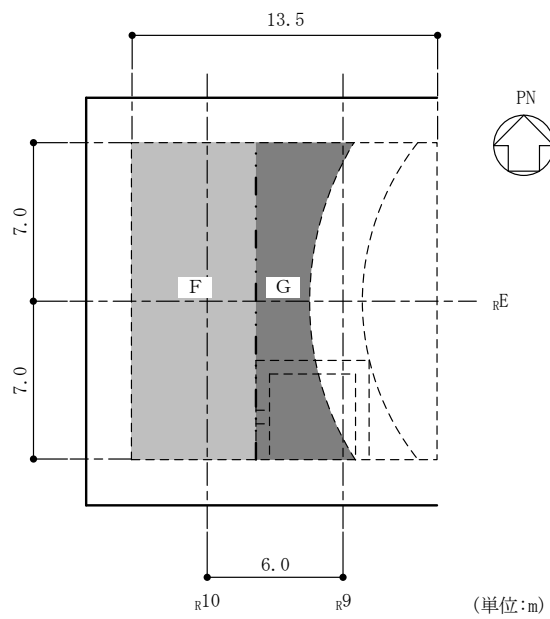
Ss地震時における水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平2方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断力及び面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。



南側壁



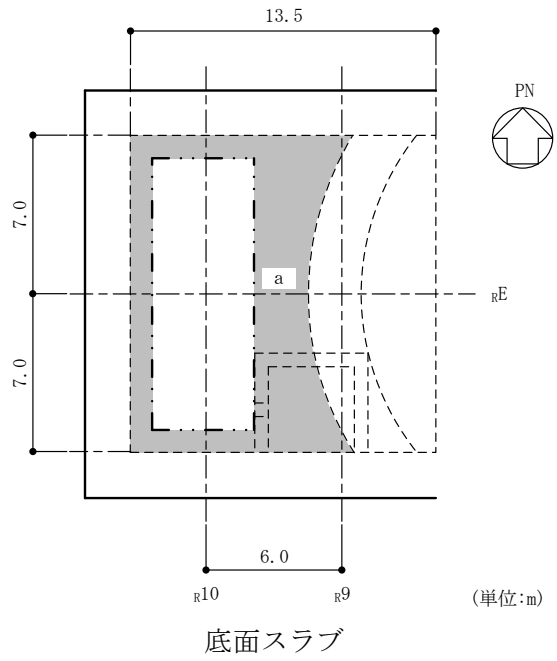
西側壁



底面スラブ

(a) 主筋

図 3-1-13(1) 配筋領域図



(b) せん断補強筋

図 3-1-13(2) 配筋領域図



表 3-1-16 配筋一覧

(a) 南側壁主筋

領域	タテ方向	ヨコ方向
A	(内側) D38@200+D38@400 (外側) 3-D38@200	(内側) 2-D38@200 (外側) 3-D38@200
B	(内側) D38@200+D38@400 (外側) 2-D38@200	(内側) 2-D38@200 (外側) 2-D38@200+D38@400
C	(内側) 2-D38@200 (外側) 2-D38@200	(内側) 2-D38@200 (外側) 2-D38@200+D38@400
D	(内側) 2-D38@200 (外側) 2-D38@200+D38@400	(内側) 2-D38@200 (外側) 2-D38@200+D38@400

(b) 西側壁主筋

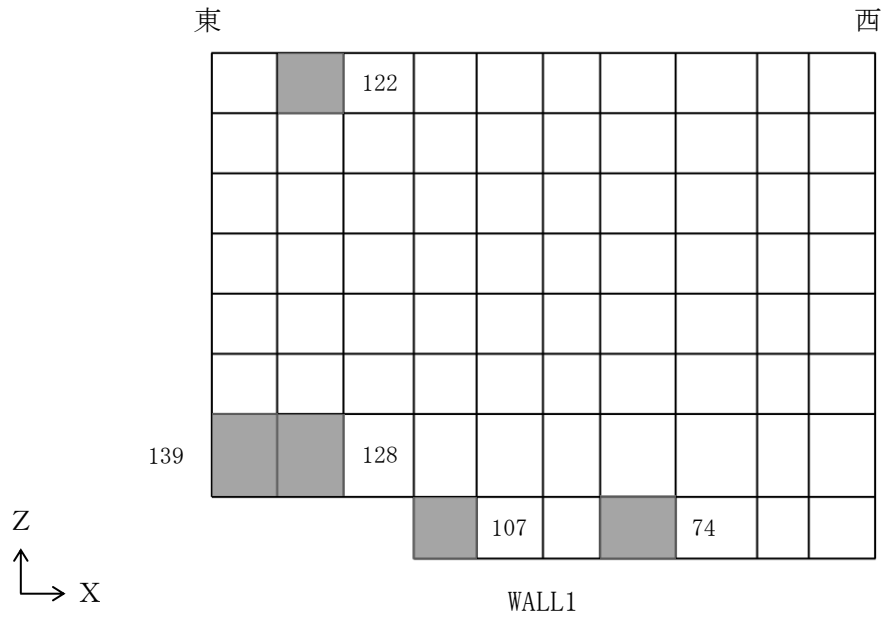
領域	タテ方向	ヨコ方向
E	(内側) D38@200+D38@400 (外側) D38@200+D38@400	(内側) D38@200+D38@400 (外側) D38@200+D38@400

(c) 底面スラブ主筋

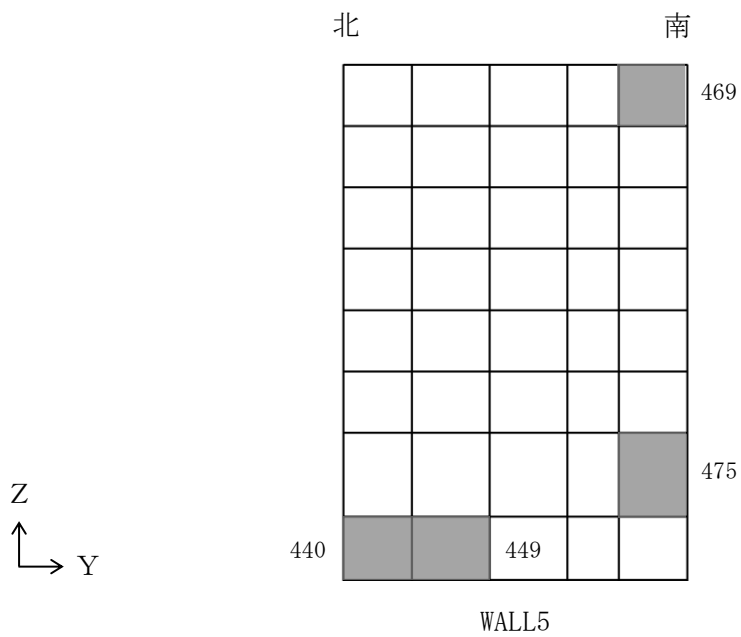
領域	N S 方向	E W 方向
F	(上ば筋) D38@200+D38@400 (下ば筋) 2-D38@200	(上ば筋) 2-D38@200 (下ば筋) 2-D38@200+D38@400
G	(上ば筋) D38@200+D38@400 (下ば筋) 2-D38@200+D38@400	(上ば筋) 2-D38@200 (下ば筋) 2-D38@200+D38@400

(d) 底面スラブせん断補強筋

領域	配筋
a	D19@400×200

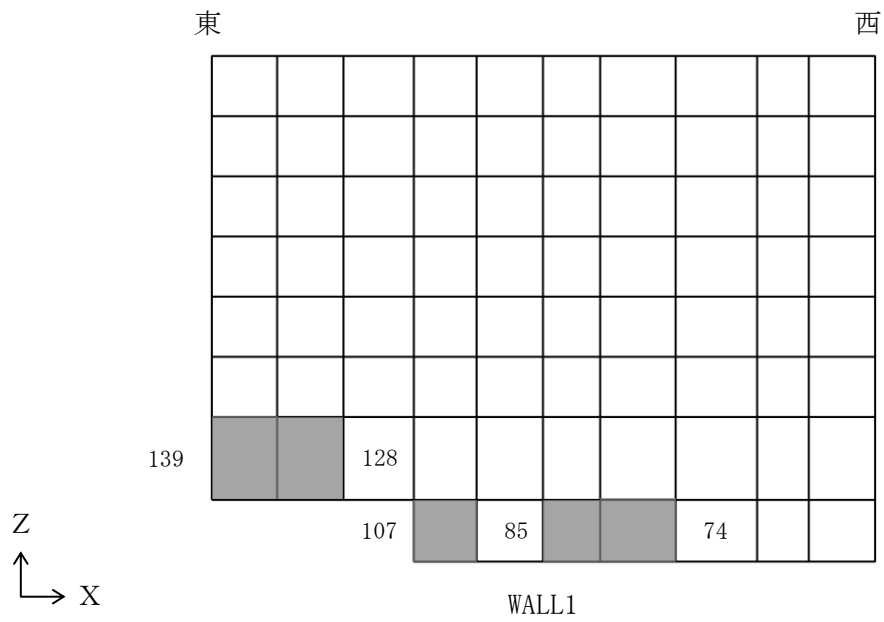


(a) 南側壁

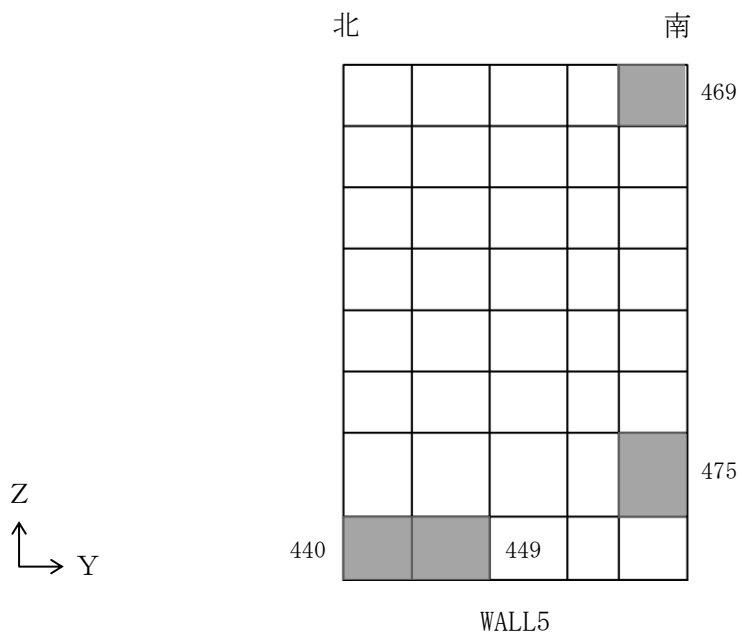


(b) 西側壁

図 3-1-14 選定した要素の位置  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)



(a) 南側壁



(b) 西側壁

図 3-1-15 選定した要素の位置  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

表 3-1-17 燃料プールの壁の評価結果  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	128	3-20	0.180	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	122	3-8	1.46	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	139	3-8	3.55	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	107	3-20	2.58	4.39
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	74	3-17	0.557	1.41
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	3-19	0.270	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	3-19	1.78	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	469	3-12	1.38	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	475	3-19	1.34	3.04
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	440	3-17	0.695	1.22

表 3-1-18 燃料プールの壁の評価結果  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	128	2-12	0.170	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	85	2-10	1.40	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	139	2-4	3.31	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	107	2-12	2.37	4.39
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	74	2-9	0.550	1.42
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート 圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	2-11	0.261	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	449	2-11	1.68	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	469	2-6	1.38	15.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	475	2-9	1.31	3.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	440	2-11	0.694	1.22

(8) 検討のまとめ

燃料プールの壁は、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の水圧等の荷重が作用する部位であるため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、3 次元 F E Mモデルを用いた応力解析を実施した。

検討の結果、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が各許容値を超えないことを確認した。

以上より、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、燃料プールの壁が有する耐震性への影響がないことを確認した。

### 3.1.8 原子炉建物基礎スラブの検討

#### (1) 検討の概要

原子炉建物基礎スラブは、矩形であり直交する水平 2 方向の荷重が隅部に応力として集中する可能性があることから、S s 地震時を対象として水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を検討する。

原子炉建物基礎スラブは、その上部構造である原子炉本体の基礎、原子炉格納容器、その周囲の壁（以下「ドライウエル外側壁」という。）、原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁」という。）及び付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁」という。）を支持する鉄筋コンクリート造の基礎スラブである。

原子炉建物基礎スラブの平面寸法は、70.0m (N S) × 89.4m (E W) の矩形であり、厚さは 6.0m である。

原子炉建物基礎スラブの概略平面図及び概略断面図を図 3-1-16 及び図 3-1-17 に示す。

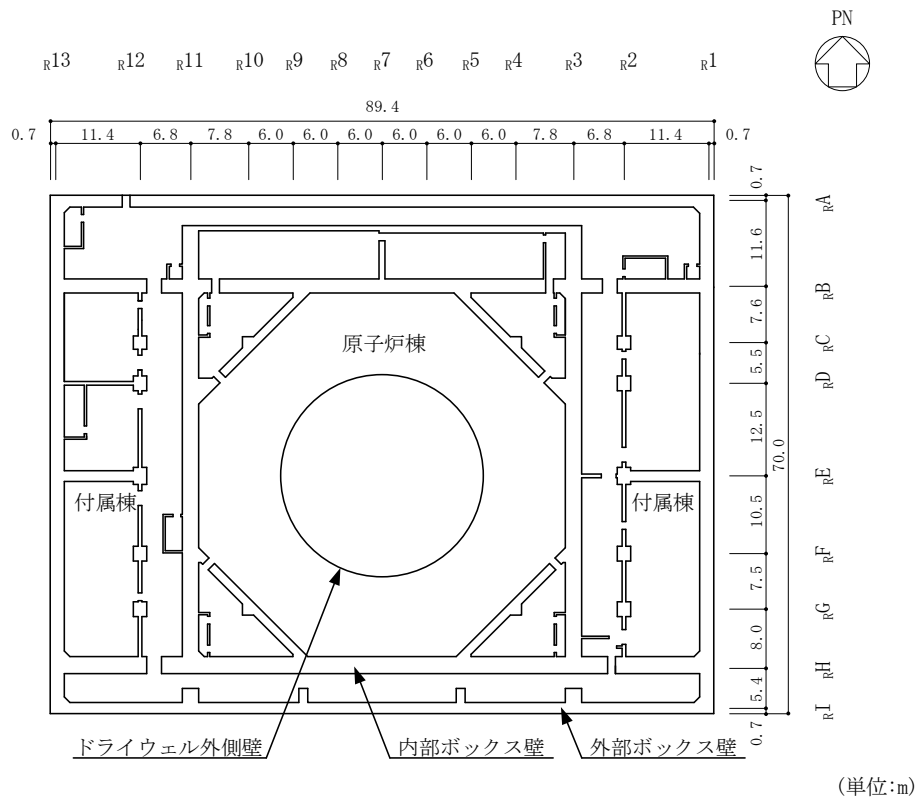
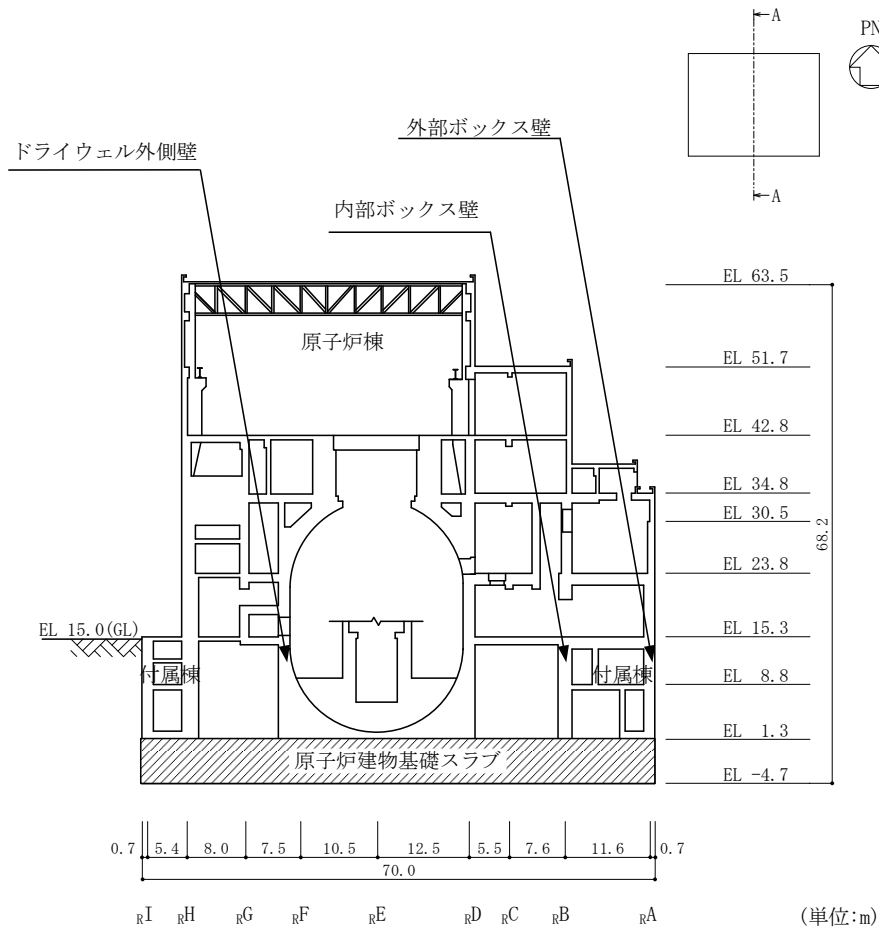


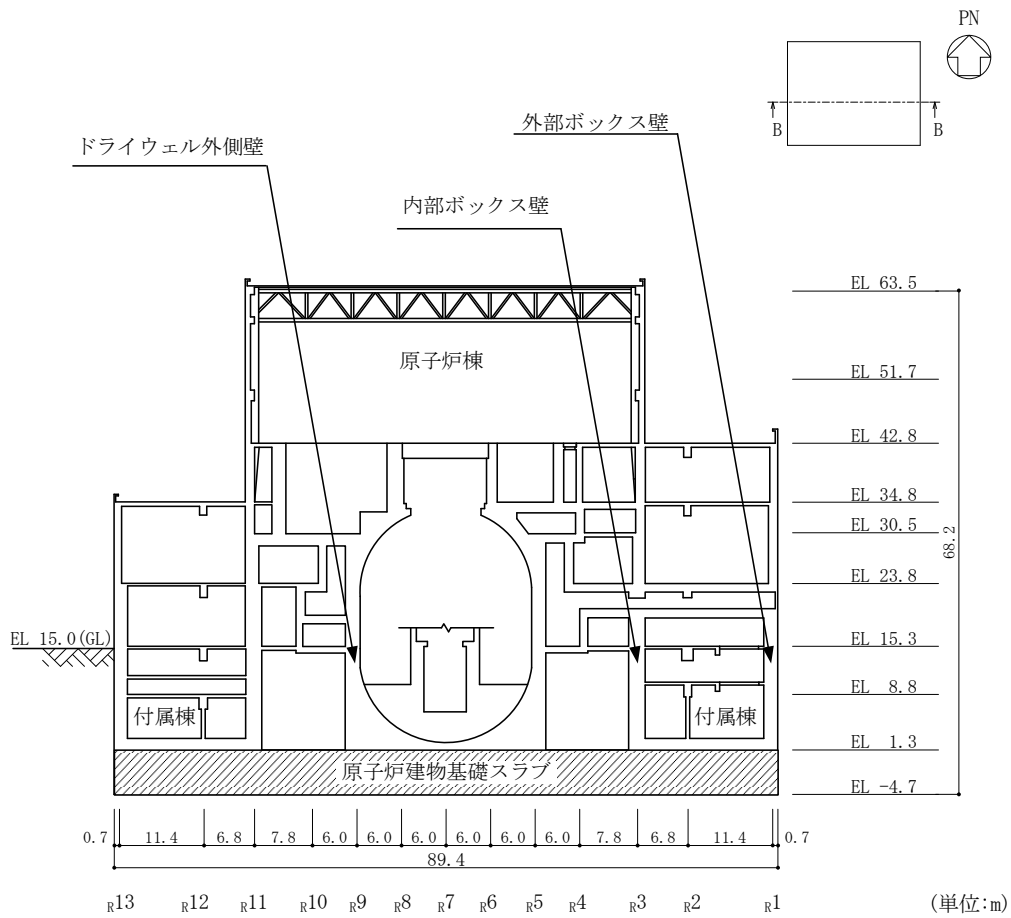
図 3-1-16 原子炉建物基礎スラブの概略平面図 (EL 1.3m)





(a) A-A断面, NS方向

図 3-1-17(1) 原子炉建物基礎スラブの概略断面図



(b) B-B断面, EW方向

図3-1-17(2) 原子炉建物基礎スラブの概略断面図

(2) 検討方針

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中する部位である原子炉建物基礎スラブについて評価を行う。

評価にあたっては、S s 地震時に対して、3 次元 F E M モデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-9-3-4「原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書」（以下「基礎スラブの耐震計算書」という。）に示すものと同様である。

(3) 荷重及び荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。また、荷重の組合せを表 3-1-19 に示す。荷重の詳細は、基礎スラブの耐震計算書の「4.2.1 荷重」に示す固定荷重 (G)、積載荷重 (P) 及び地震荷重 (S s) と同一である。

表 3-1-19 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	G + P + S s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S s : 地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)

(4) 使用材料の許容限界

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、基礎スラブの耐震計算書の「4.3 許容限界」に示す内容と同一である。

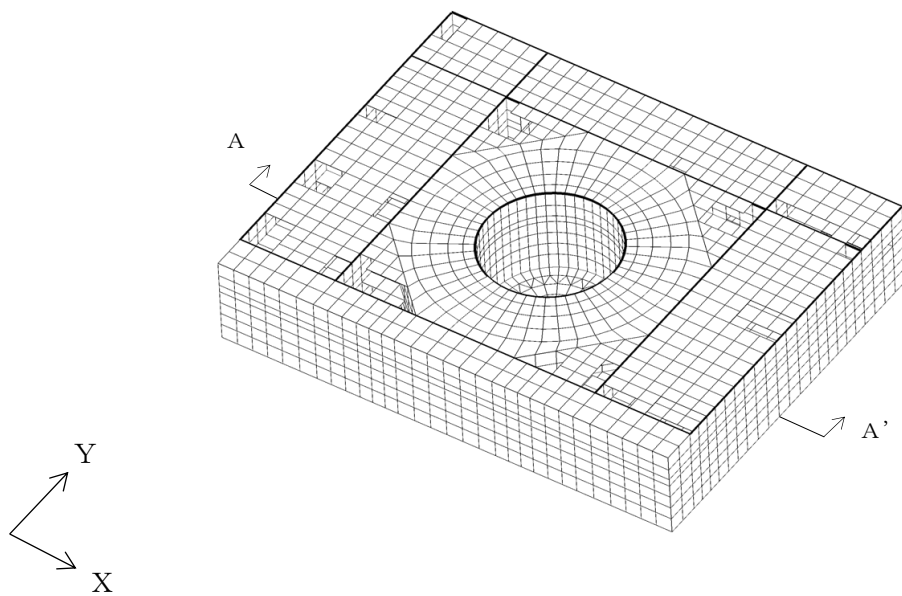
(5) 応力解析

解析モデルの概要図を図 3-1-18 に示す。解析モデルの詳細は、基礎スラブの耐震計算書の「4.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

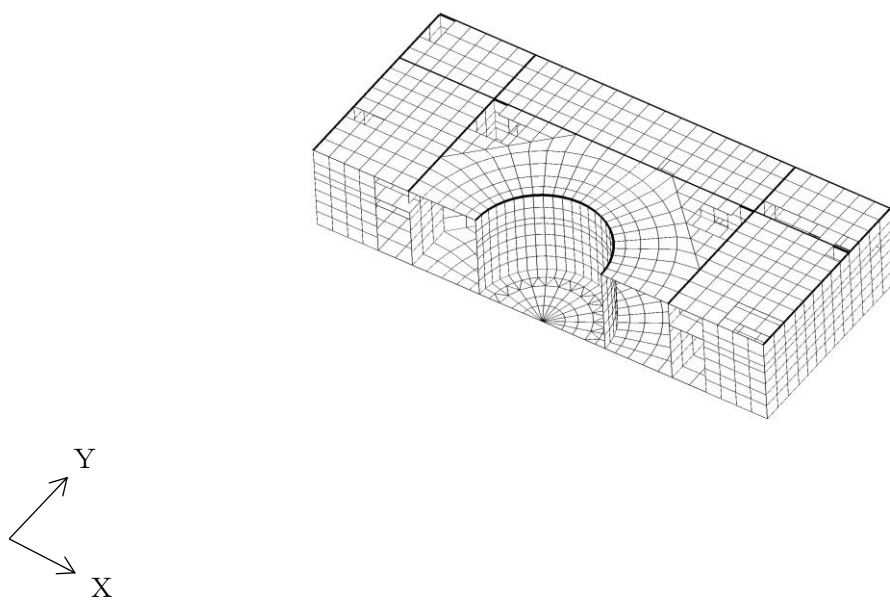
S s 地震時の応力は、基礎スラブの耐震計算書の「4.5.1 応力解析方法」に示す次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G	: 固定荷重
P	: 積載荷重
S <sub>s</sub> S <sub>SN</sub>	: S→N方向 S <sub>s</sub> 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S <sub>s</sub> S <sub>NS</sub>	: N→S方向 S <sub>s</sub> 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S <sub>s</sub> S <sub>EW</sub>	: E→W方向 S <sub>s</sub> 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S <sub>s</sub> S <sub>WE</sub>	: W→E方向 S <sub>s</sub> 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S <sub>s</sub> S <sub>UD</sub>	: 鉛直方向 (下向き) S <sub>s</sub> 地震荷重
S <sub>s</sub> S <sub>DU</sub>	: 鉛直方向 (上向き) S <sub>s</sub> 地震荷重

水平地震力と鉛直地震力による応力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づいて評価する。なお、水平 2 方向と鉛直方向の組合せにおいては、水平 1 方向と鉛直方向の組合せの結果を考慮して鉛直方向地震力に 0.4 を乗じるケースに対して実施する。荷重の組合せケースを表 3-1-20 及び表 3-1-21 に示す。

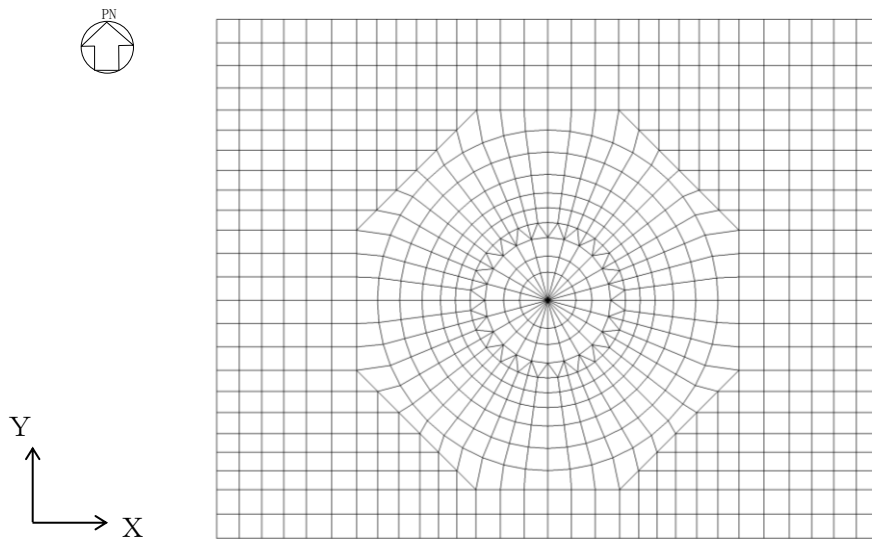


(a) 全体鳥瞰図



(b) 全体鳥瞰断面図 (A-A' 断面)

図 3-1-18(1) 解析モデルの概要図



(c) 基礎スラブ要素分割図  
 図 3-1-18(2) 解析モデルの概要図

表 3-1-20 荷重の組合せケース (水平 2 方向)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	3-1	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{EW} + 0.4 S_{UD}$
	3-2	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-3	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{EW} + 0.4 S_{UD}$
	3-4	$G + P + 0.4 S_{NS} + 1.0 S_{EW} + 0.4 S_{UD}$
	3-5	$G + P + 1.0 S_{NS} + 0.4 S_{EW} + 0.4 S_{UD}$
	3-6	$G + P + 1.0 S_{NS} + 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-7	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-8	$G + P + 0.4 S_{NS} + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	3-9	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{EW} + 0.4 S_{DU}$
	3-10	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{DU}$
	3-11	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{EW} + 0.4 S_{DU}$
	3-12	$G + P + 0.4 S_{NS} + 1.0 S_{EW} + 0.4 S_{DU}$
	3-13	$G + P + 1.0 S_{NS} + 0.4 S_{EW} + 0.4 S_{DU}$
	3-14	$G + P + 1.0 S_{NS} + 0.4 S_{WE} + 0.4 S_{DU}$
	3-15	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{DU}$
	3-16	$G + P + 0.4 S_{NS} + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{DU}$

表 3-1-21 荷重の組合せケース (水平 1 方向)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	1-1	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{UD}$
	1-2	$G + P + 1.0 S_{SN} + 0.4 S_{DU}$
	1-3	$G + P + 1.0 S_{NS} + 0.4 S_{UD}$
	1-4	$G + P + 1.0 S_{NS} + 0.4 S_{DU}$
	1-5	$G + P + 1.0 S_{EW} + 0.4 S_{UD}$
	1-6	$G + P + 1.0 S_{EW} + 0.4 S_{DU}$
	1-7	$G + P + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{UD}$
	1-8	$G + P + 1.0 S_{WE} + 0.4 S_{DU}$
	1-9	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{UD}$
	1-10	$G + P + 0.4 S_{SN} + 1.0 S_{DU}$
	1-11	$G + P + 0.4 S_{NS} + 1.0 S_{UD}$
	1-12	$G + P + 0.4 S_{NS} + 1.0 S_{DU}$
	1-13	$G + P + 0.4 S_{EW} + 1.0 S_{UD}$
	1-14	$G + P + 0.4 S_{EW} + 1.0 S_{DU}$
	1-15	$G + P + 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{UD}$
	1-16	$G + P + 0.4 S_{WE} + 1.0 S_{DU}$



(6) 評価方法

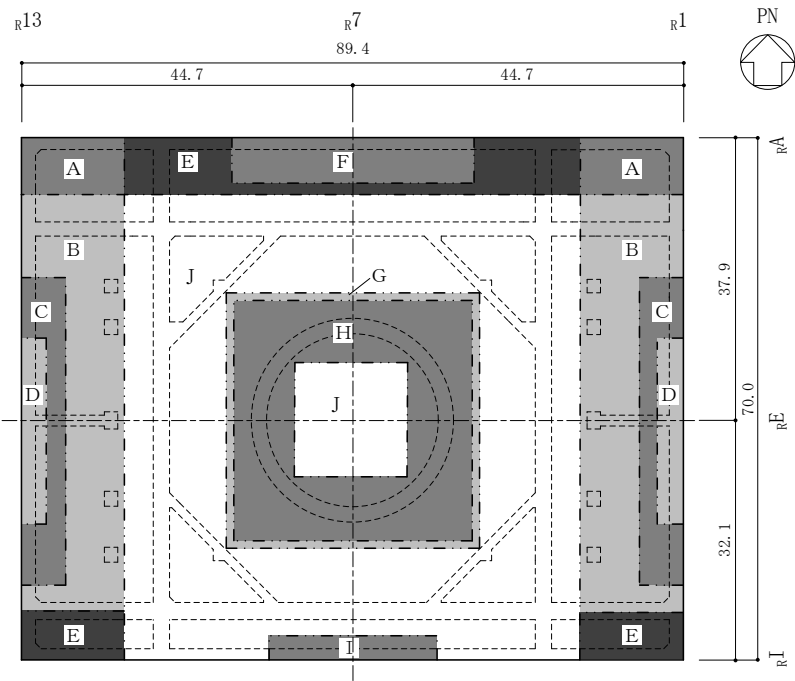
基礎スラブの断面評価は、基礎スラブの耐震計算書の「4.5.2 断面の評価方法」に示す方法と同一である。

(7) 評価結果

断面の評価結果を以下に示す。また、3次元FEMモデルの配筋領域図及び配筋一覧を図3-1-19及び表3-1-22に示す。断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

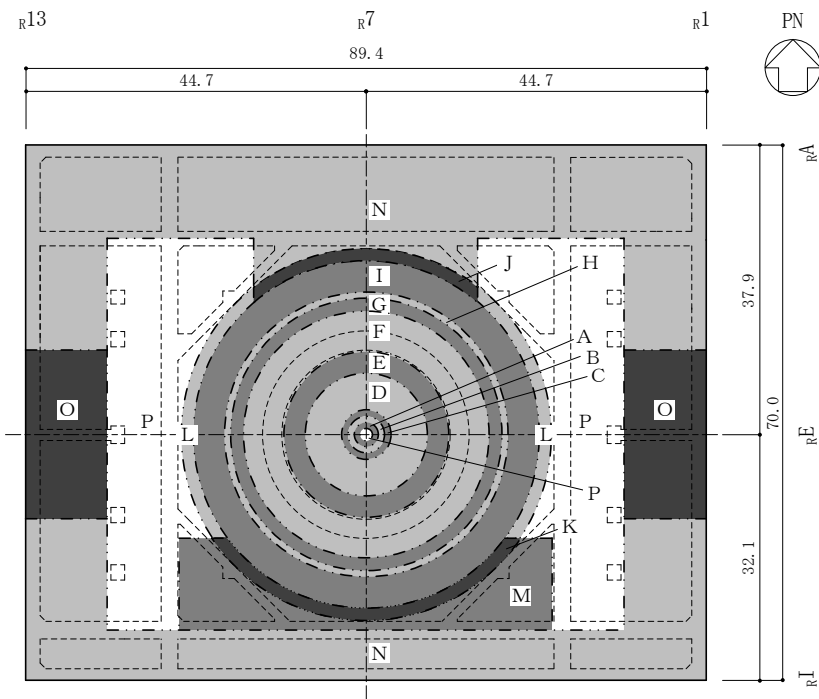
選定した要素の位置を図3-1-20及び図3-1-21に、評価結果を表3-1-23及び表3-1-24に示す。

Ss地震時における水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平2方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。



(単位:m)

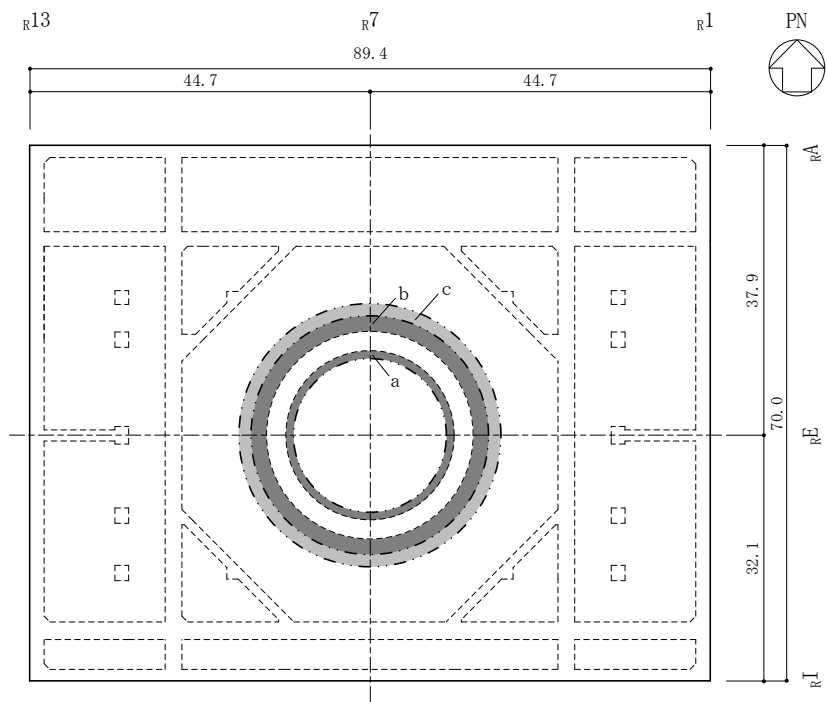
(a) 主筋 (下ば筋)



(単位:m)

(b) 主筋 (上ば筋)

図 3-1-19(1) 配筋領域図



(単位:m)

(c) せん断補強筋

図 3-1-19(2) 配筋領域図

表 3-1-22(1) 配筋一覧

(a) 主筋 (下ば筋)

領域	方向	配筋
A	N S	D38@200+D38@400
	E W	D38@200+D38@400
B	N S	2-D38@200
	E W	D38@200+D38@400
C	N S	2-D38@200+D38@400
	E W	D38@200+D38@400+D32@400
D	N S	3-D38@200+D38@400
	E W	D38@200+D38@400+2-D32@400
E	N S	D38@200+D38@400
	E W	2-D38@200
F	N S	D38@200+D38@400+D32@400
	E W	2-D38@200+D38@400
G	N S	2-D38@200+D38@400
	E W	2-D38@200+D38@400
H	N S	3-D38@200+D32@400
	E W	3-D38@200+D32@400
I	N S	2-D38@200+D32@400
	E W	2-D38@200+D38@400
J	N S	2-D38@200
	E W	2-D38@200

表 3-1-22(2) 配筋一覽

(b) 主筋 (上ば筋) (1/2)

領域	方向	配筋
A	放射	48-D38 + 48-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
	N S	D38@200
	E W	D38@200
B	放射	96-D38 + 48-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
	N S	D38@200
	E W	D38@200
C	放射	96-D38 + 48-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
D	放射	192-D38 + 96-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
E	放射	384-D38 + 192-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
F	放射	384-D38 + 2 × 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200 + D32@400
G	放射	384-D38 + 384-D35 + 192-D35 / 周
	円周	2-D38@200 + D32@400
H	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 + 192-D35 / 周
	円周	2-D38@200 + D32@400
I	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200
J	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200
	N S	D38@200 + D32@400
	E W	D38@200 + D32@400

表 3-1-22(3) 配筋一覧

(c) 主筋（上ば筋）(2/2)

領域	方向	配筋
K	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35/周
	円周	2-D38@200
	N S	D38@200 + D32@400
	E W	2-D38@200
L	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35/周
	円周	2-D38@200
	N S	D38@200
	E W	D38@200
M	N S	D38@200 + D32@400
	E W	2-D38@200
N	N S	D38@200 + D32@400
	E W	D38@200 + D32@400
O	N S	D38@200 + D38@400
	E W	D38@200 + D32@400
P	N S	D38@200
	E W	D38@200

(d) せん断補強筋

領域	配筋
a	D29@400 × 96/周
b	D35@200 × 192/周
c	D29@400 × 192/周

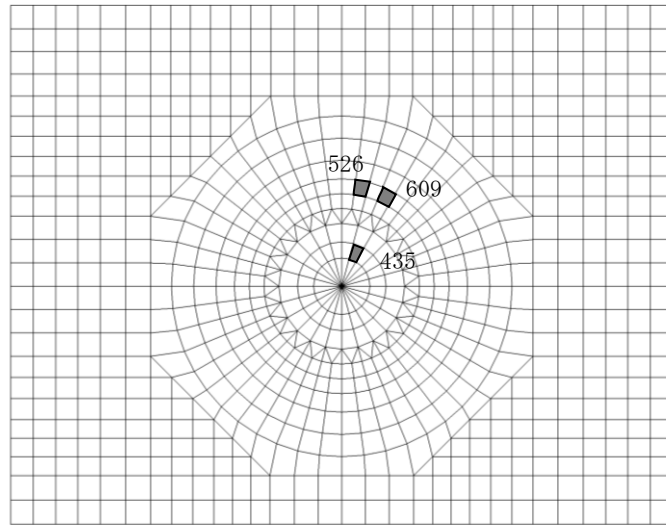


図 3-1-20 選定した要素の位置  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

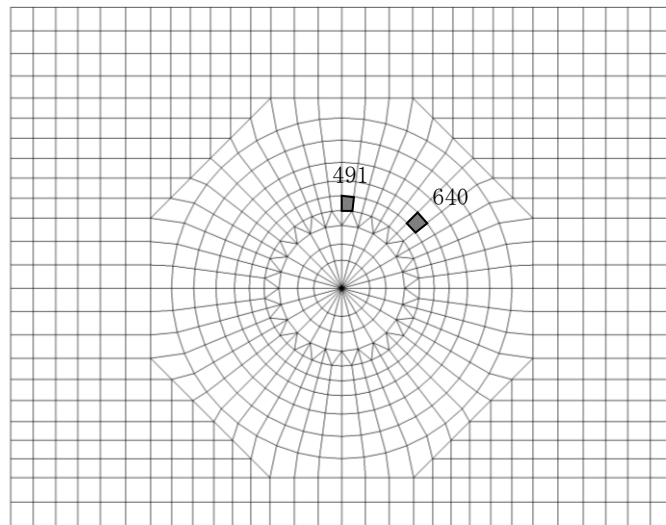


図 3-1-21 選定した要素の位置  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

表 3-1-23 原子炉建物基礎スラブの評価結果  
(水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	609	3-9	0.376	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	放射	435	3-10	0.317	5.00
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3\text{kN/m}$ )	N S	526	3-10	13.0	16.7

表 3-1-24 原子炉建物基礎スラブの評価結果  
(水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	640	1-2	0.297	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	放射	491	1-2	0.221	5.00
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3\text{kN/m}$ )	N S	491	1-1	7.79	10.4



(8) 検討のまとめ

矩形の基礎は、直交する水平 2 方向の荷重が隅部に応力として集中する可能性があることから、原子炉建物基礎スラブについて、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、3次元FEMモデルを用いた応力解析を実施した。

検討の結果、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が各許容値を超えないことを確認した。

以上より、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、原子炉建物基礎スラブが有する耐震性への影響がないことを確認した。

### 3.3 屋外重要土木構造物等

#### 3.3.1 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) 構造形式の分類

図3-3-1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)箱型構造物、2)線状構造物、3)円筒状構造物、4)直接基礎、5)管路構造物及び6)鉄骨構造の6つに大別される。

屋外重要土木構造物等の構造形式を表3-3-1に示す。

注記\*：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、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及び1号機取水槽北側壁を「屋外重要土木構造物等」という。

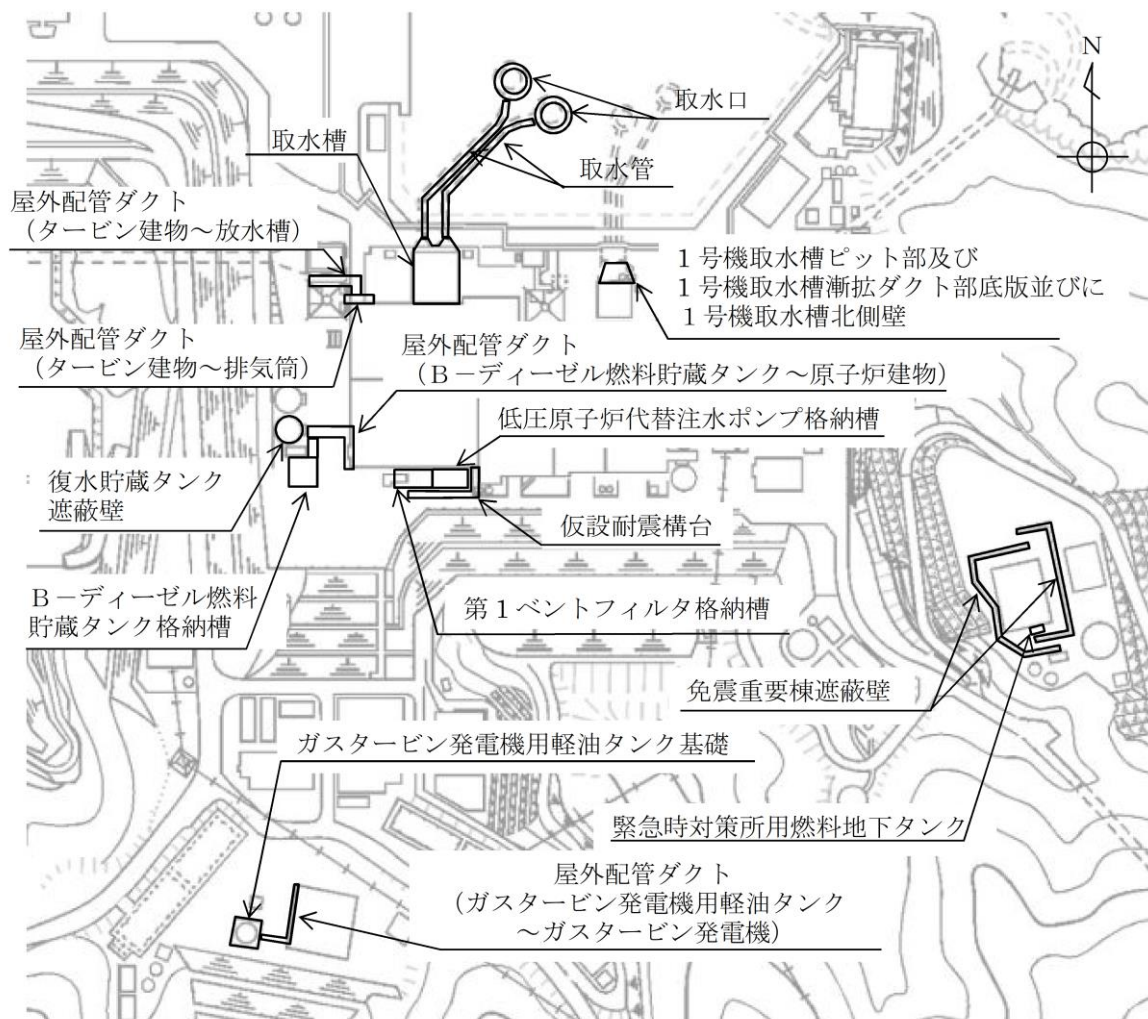


図3-3-1 屋外重要土木構造物等 配置図

表 3-3-1 屋外重要土木構造物等の構造形式

構造物名称	要求機能					
	1)箱型 構造物	2)線状 構造物	3)円筒状 構造物	4)直接 基礎	5)管路 構造物	6)鉄骨 構造
取水槽	○					
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)		○				
B-ディーゼル燃料 貯蔵タンク格納槽	○					
屋外配管ダクト (B-ディ ーゼル燃料貯蔵タンク ～原子炉建物)		○				
屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)		○				
取水管					○	
取水口			○			
第1ベントフィルタ格納槽	○					
低圧原子炉代替 注水ポンプ格納槽	○					
緊急時対策所用 燃料地下タンク	○					
ガスタービン発電機用 軽油タンク基礎				○		
屋外配管ダクト (ガスター ビン発電機用軽油タンク ～ガスタービン発電機)		○				
免震重要棟遮蔽壁		○				
復水貯蔵タンク遮蔽壁			○			
1号機取水槽ピット部及び 1号機取水槽漸拡ダクト部 底版並びに1号機取水槽北 側壁*	○					
仮設耐震構台						○

注記\* : 「3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備」より, 1号機取水槽流路縮  
小工の間接支持構造物である1号機取水槽北側壁の影響評価を整理する。

(2) 従来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

表 3-3-2 に従来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、動水圧、  
 摩擦力及び慣性力が挙げられる。

表 3-3-2 従来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	

注記\*：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

評価対象構造物の地震時の挙動は、躯体が主に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。3.3.1(2)で整理した荷重のうち「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。ただし、「3)円筒状構造物」及び「4)直接基礎」のうち、地上に設置されている構造物の場合、「③慣性力」の影響が大きくなることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、「③慣性力」による影響を考慮する。

表3-3-3に、3.3.1(1)で整理した構造形式ごとに、3.3.1(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

「1)箱型構造物」は、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有することから、従来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。

「2)線状構造物」は、その構造上の特徴として、妻壁等を有さない若しくは妻壁（小口）の面積が小さいことから、従来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。

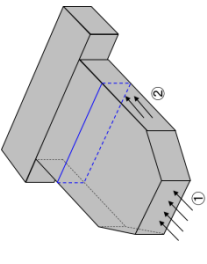
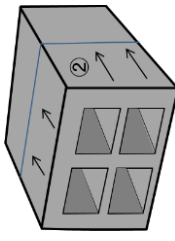
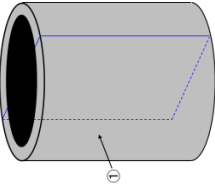
「3)円筒状構造物」及び「4)直接基礎」は、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「①動土圧及び動水圧」が作用し、図3-3-2に示すように水平2方向入力による応力の集中が考えられる。同様に、「3)円筒状構造物」及び「4)直接基礎」のうち地上に設置されている構造物については、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する「③慣性力」が作用することによる応力の集中が考えられる。

「5)管路構造物」は、その構造上の特徴として、妻壁等を有さない若しくは妻側（小口）の面積が小さいことから、従来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。一方、取水管は延長が長い構造であることから、従来設計手法において、管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、水平2方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。

「6)鉄骨構造」は、その構造上の特徴として、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支持杭が考えられる。

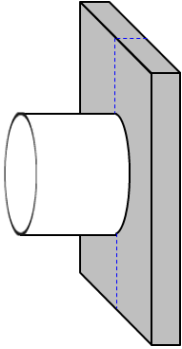
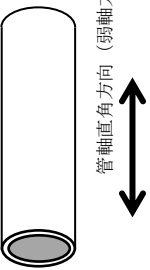
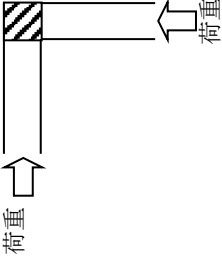
以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、「1)箱型構造物」、「3)円筒状構造物」、「4)直接基礎」、「5)管路構造物」及び「6)鉄骨構造」を抽出する。

表 3-3-3-3(1) 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

構造形式の分類	1) 箱型構造物 <ul style="list-style-type: none"> <li>取水槽</li> <li>B-デーゼーゼル燃料貯蔵タンク格納槽</li> <li>第1ベントフィルタ格納槽</li> <li>低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽</li> <li>緊急時対策所用燃料地下タンク</li> <li>1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁</li> </ul>	2) 線状構造物 <ul style="list-style-type: none"> <li>屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒)</li> <li>屋外配管ダクト (B-デーゼーセル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)</li> <li>屋外配管ダクト (タービン建物~放水槽)</li> <li>屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)</li> <li>免震重要棟遮蔽壁</li> </ul>	3) 円筒状構造物 <ul style="list-style-type: none"> <li>取水口</li> <li>復水貯蔵タンク遮蔽壁</li> </ul>																		
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慣性力は全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慣性力は全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慣性力は全ての構造部材に作用</p>																		
従来設計手法における評価断面に対し直交する荷重の影響程度	<table border="1"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>妻壁に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>側壁に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table> <p>従来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>	①動土圧及び動水圧	妻壁に作用	②摩擦力	側壁に作用	③慣性力	全ての部材に作用	<table border="1"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>側壁、頂版に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table> <p>従来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>	①動土圧及び動水圧	作用しない	②摩擦力	側壁、頂版に作用	③慣性力	全ての部材に作用	<table border="1"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>作用する*</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table> <p>従来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「①動土圧及び動水圧」又は「③慣性力」による荷重が作用するため影響大。</p>	①動土圧及び動水圧	作用する*	②摩擦力	作用しない	③慣性力	全ての部材に作用
①動土圧及び動水圧	妻壁に作用																				
②摩擦力	側壁に作用																				
③慣性力	全ての部材に作用																				
①動土圧及び動水圧	作用しない																				
②摩擦力	側壁、頂版に作用																				
③慣性力	全ての部材に作用																				
①動土圧及び動水圧	作用する*																				
②摩擦力	作用しない																				
③慣性力	全ての部材に作用																				
抽出結果	○	×	○																		

注記\*：「3)円筒状構造物」のうち地上に設置されている構造物については、「①動土圧及び動水圧」は作用しない。

表 3-3-3-3(2) 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

構造形式の分類	4) 直接基礎 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	5) 管路構造物 取水管	6) 鉄骨構造 仮設耐震構台
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慣性力は全ての構造部材に作用</p>	 <p>管軸方向 (強軸方向)</p> <p>管軸直角方向 (弱軸方向)</p> <p>(注) ③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	 <p>応力の集中する支持杭</p>
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>従来設計手法における耐震評価に対して、直交する荷重として「①動土圧及び動水圧」又は「③慣性力」による荷重が作用するため影響大。</p>	<p>従来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>ただし、取水管は延長が長い構造であることから、管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、従来設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せが考慮されている。</p>	<p>従来設計手法における耐震評価に対して、直交する荷重として「③慣性力」による荷重が作用するため影響大。</p>
抽出結果	○	○	○

注記\*：「4) 直接基礎」のうち地上に設置されている構造物については、「①動土圧及び動水圧」は作用しない。

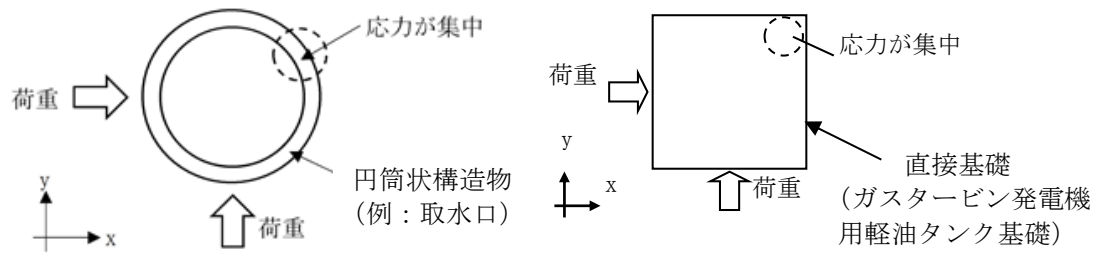


図 3-3-2 円筒状構造物及び直接基礎にかかる応答特性



(4) 従来設計手法における評価対象断面以外の 3 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、構造物ごとの平面図及び断面図を以下に示す。各構造物の構造、地盤条件等を考慮したうえで、従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。

線状構造物として分類した屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）、屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）、屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）及び免震重要棟遮蔽壁について、各構造物の構造、地盤条件等を考慮したうえで、従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を確認した。

その結果、これらの構造物については、従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所がないことを確認した。

a. 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）

図 3-3-3～3-3-7 に屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、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。

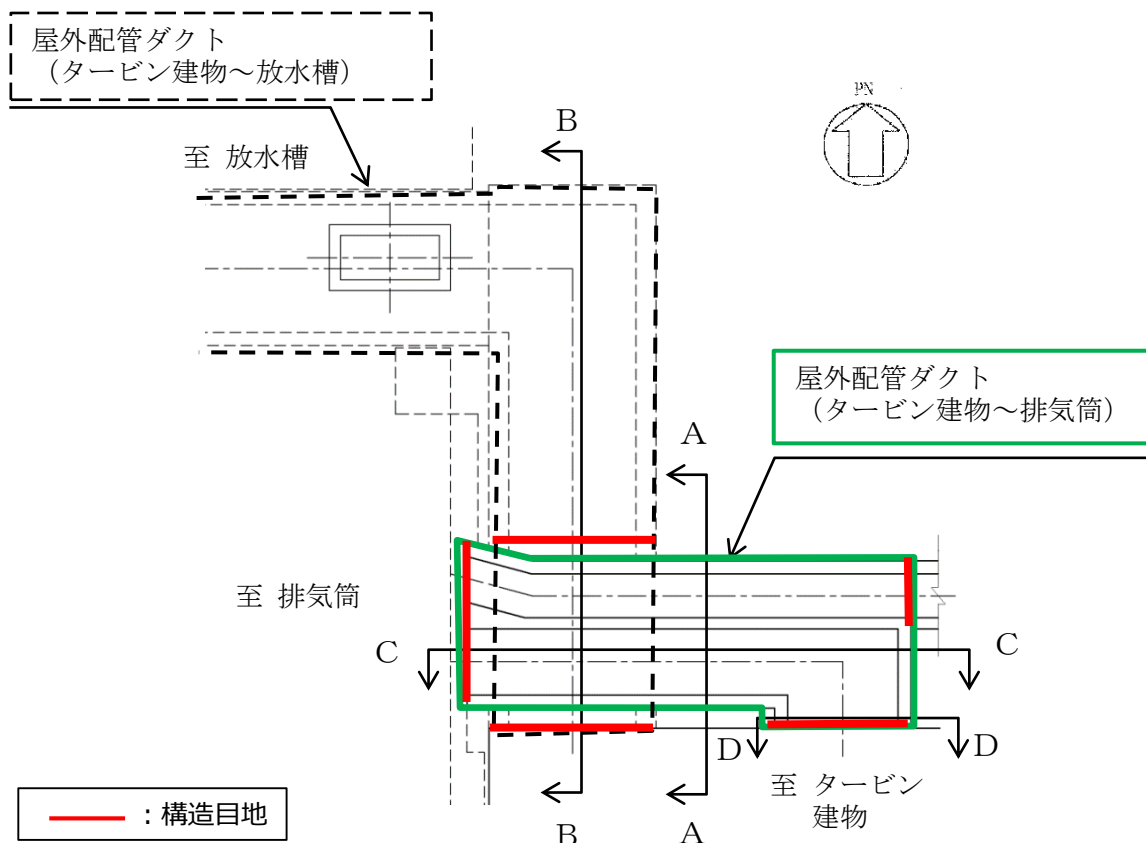


図 3-3-3 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 平面図

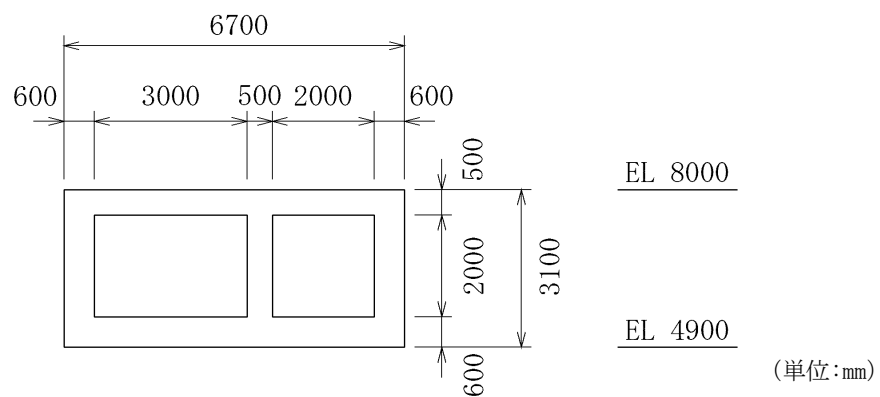


図 3-3-4 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (A-A断面)

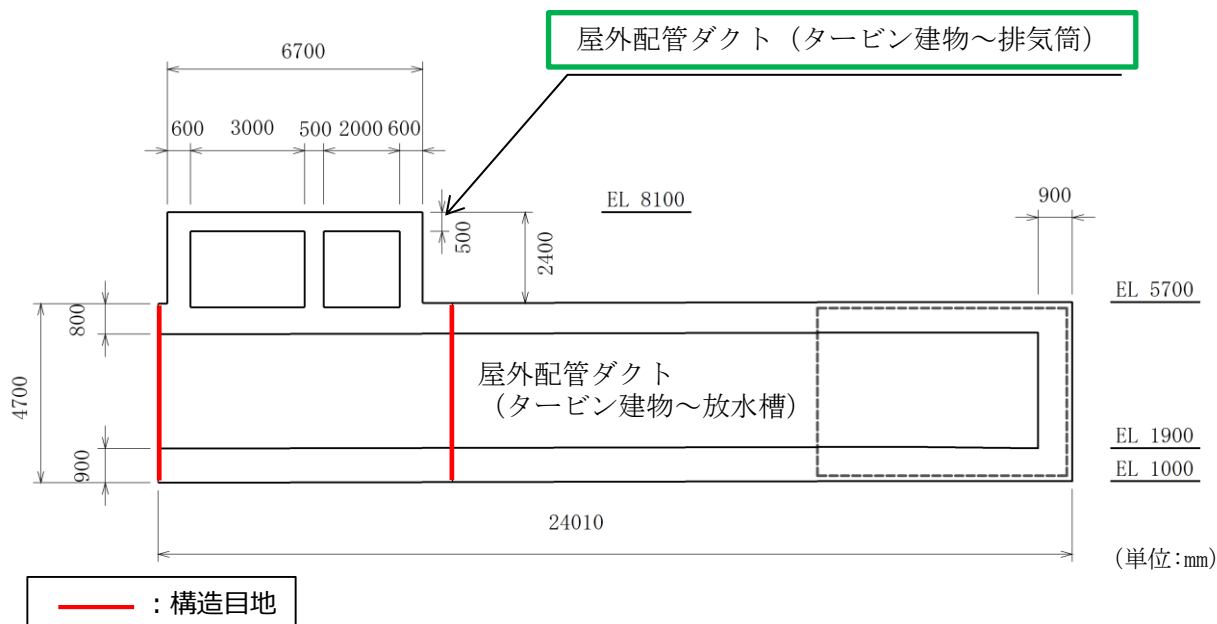


図 3-3-5 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (B-B断面)

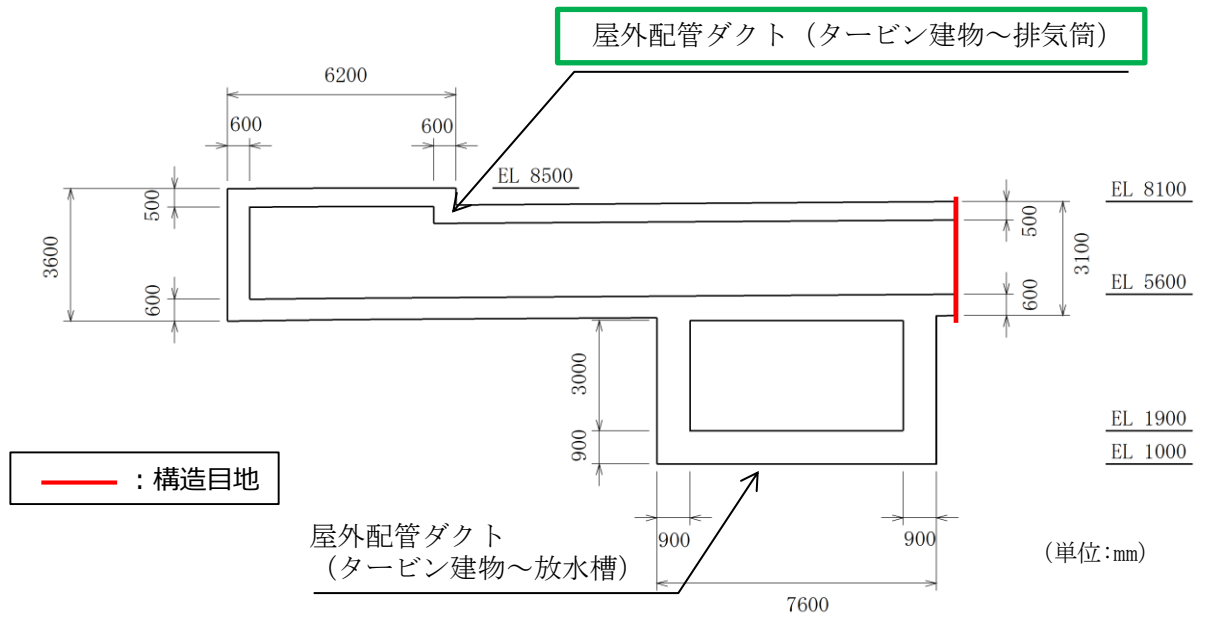


図 3-3-6 屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒) 断面図 (C-C断面)

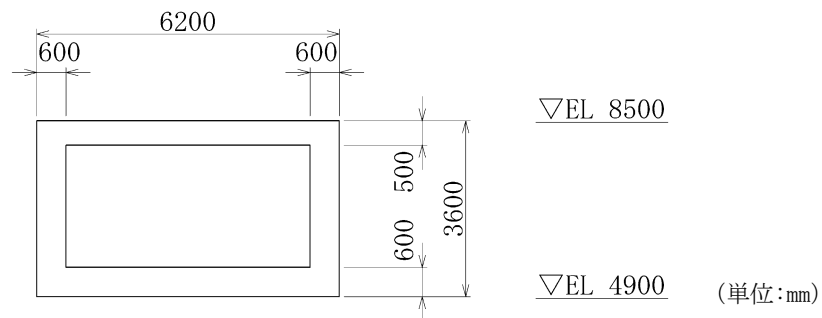


図 3-3-7 屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒) 断面図 (D-D断面)

b. 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）

図 3-3-8～3-3-13 に屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、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。

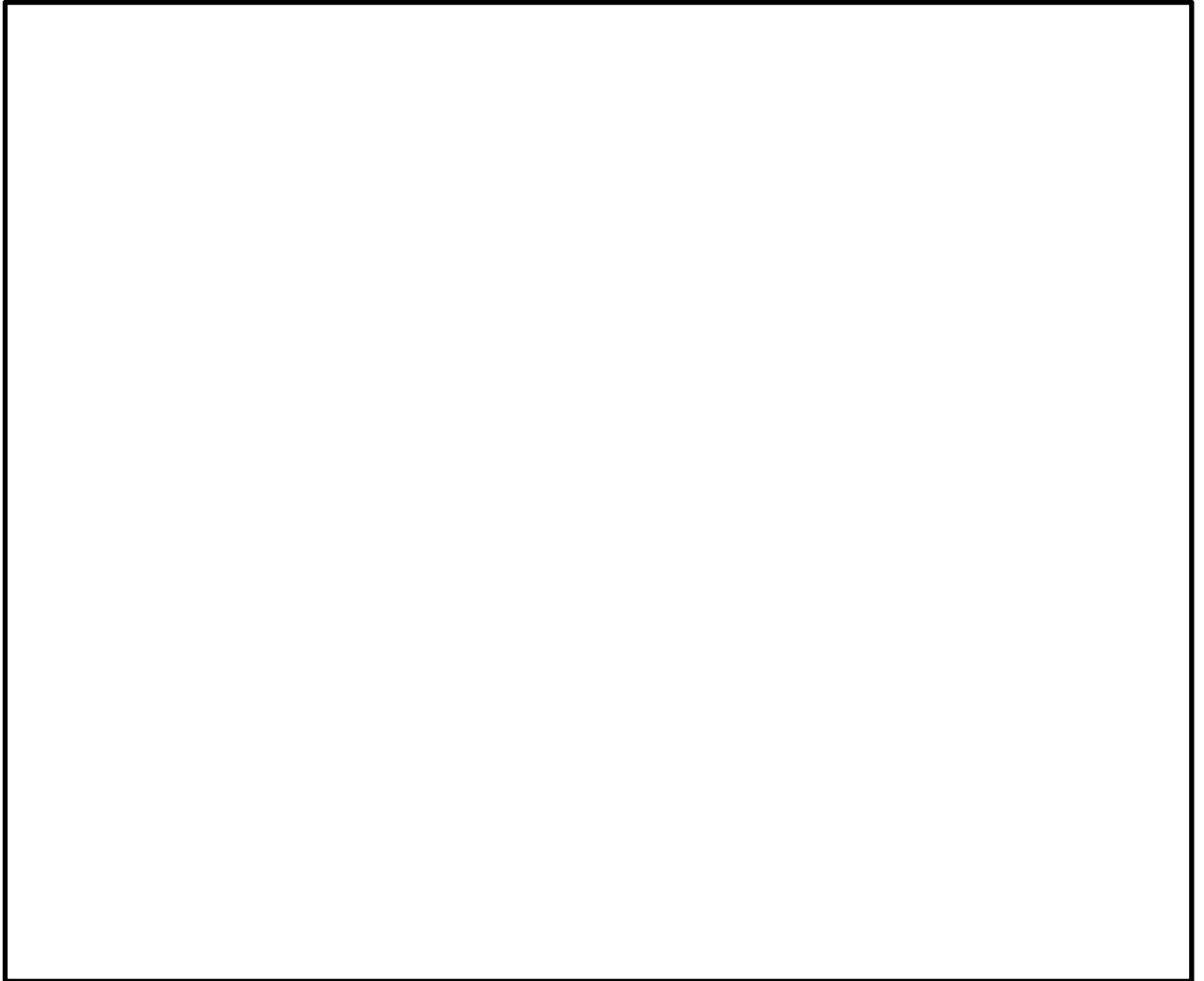


図 3-3-8 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）  
平面図



図 3-3-9 屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)  
断面図 (A-A断面)



図 3-3-10 屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)  
断面図 (B-B断面)



図 3-3-11 屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)  
断面図 (C-C断面)

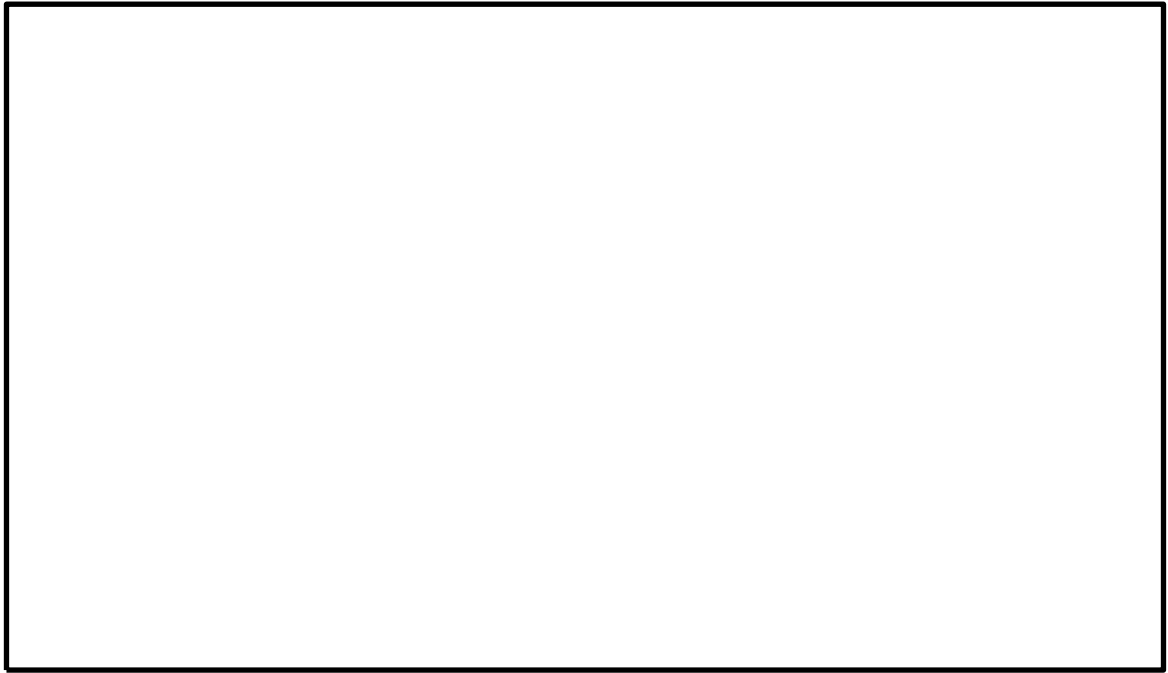
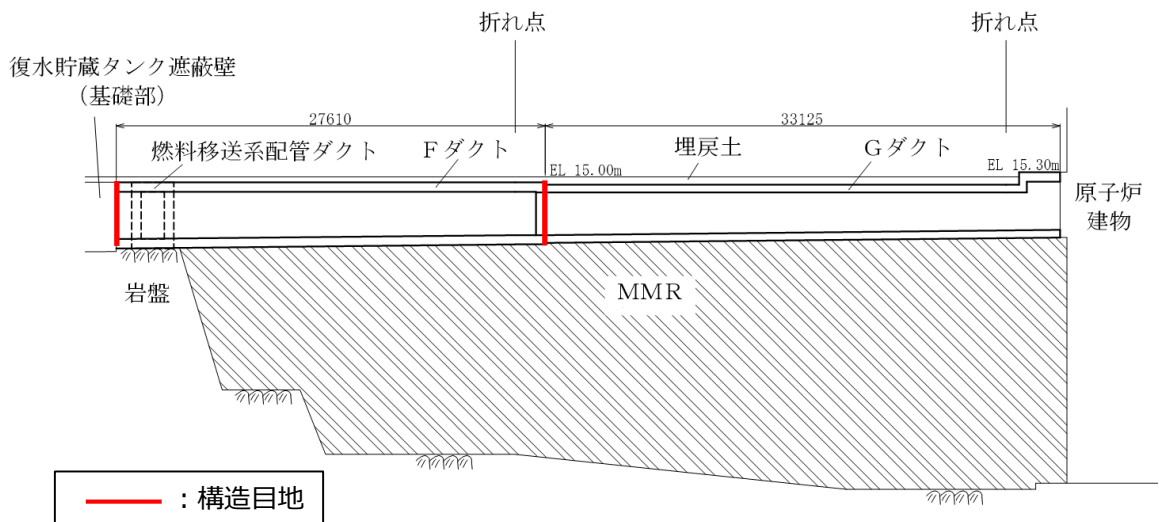


図 3-3-12 屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)  
断面図 (D-D断面)



(単位:mm)

図 3-3-13 屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)  
断面図 (E-E断面)

c. 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）

図 3-3-14～3-3-18 に屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、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。

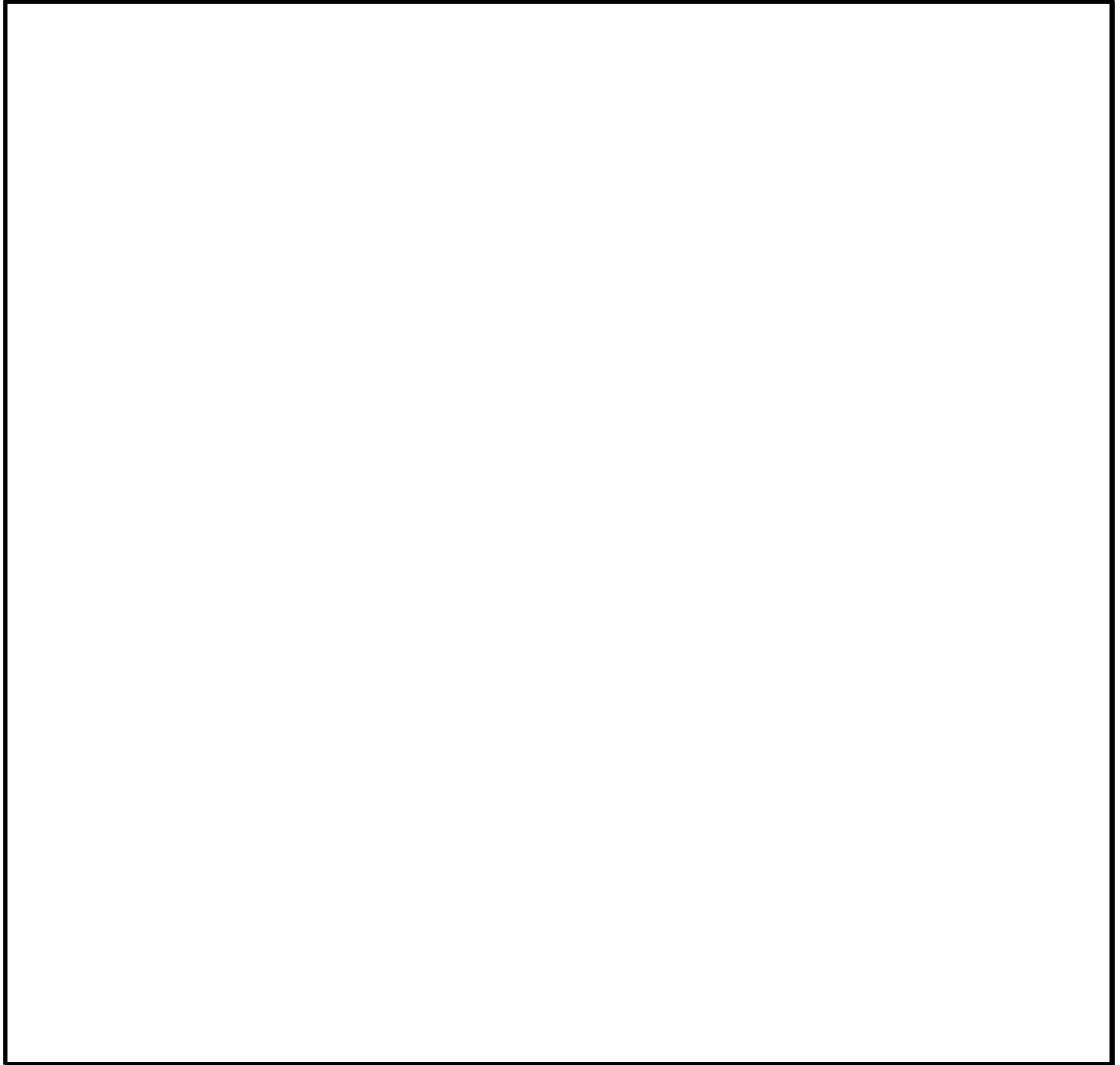


図 3-3-14 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽） 平面図

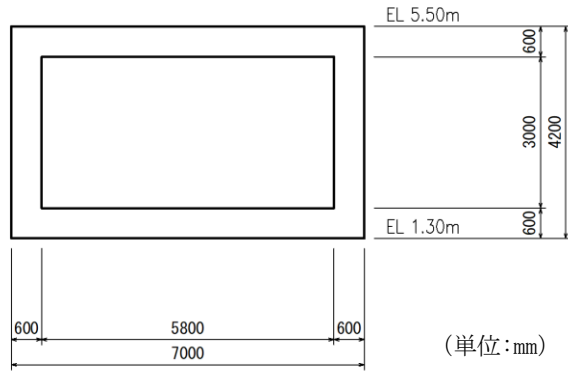


図 3-3-15 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (A-A 断面)



図 3-3-16 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (B-B 断面)

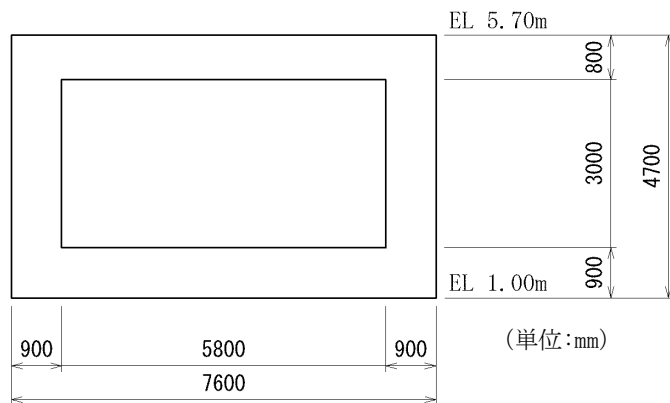


図 3-3-17 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (C-C 断面)



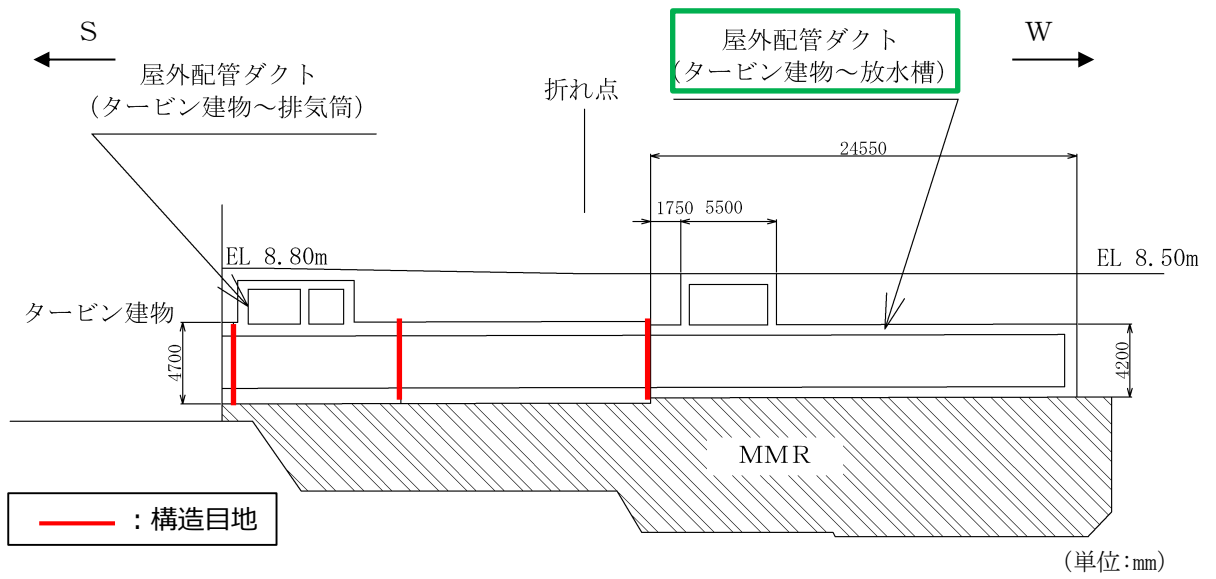


図 3-3-18 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 断面図 (D-D断面)

d. 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）

図 3-3-19 及び図 3-3-20 に屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の平面図及び断面図を示す。屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、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。

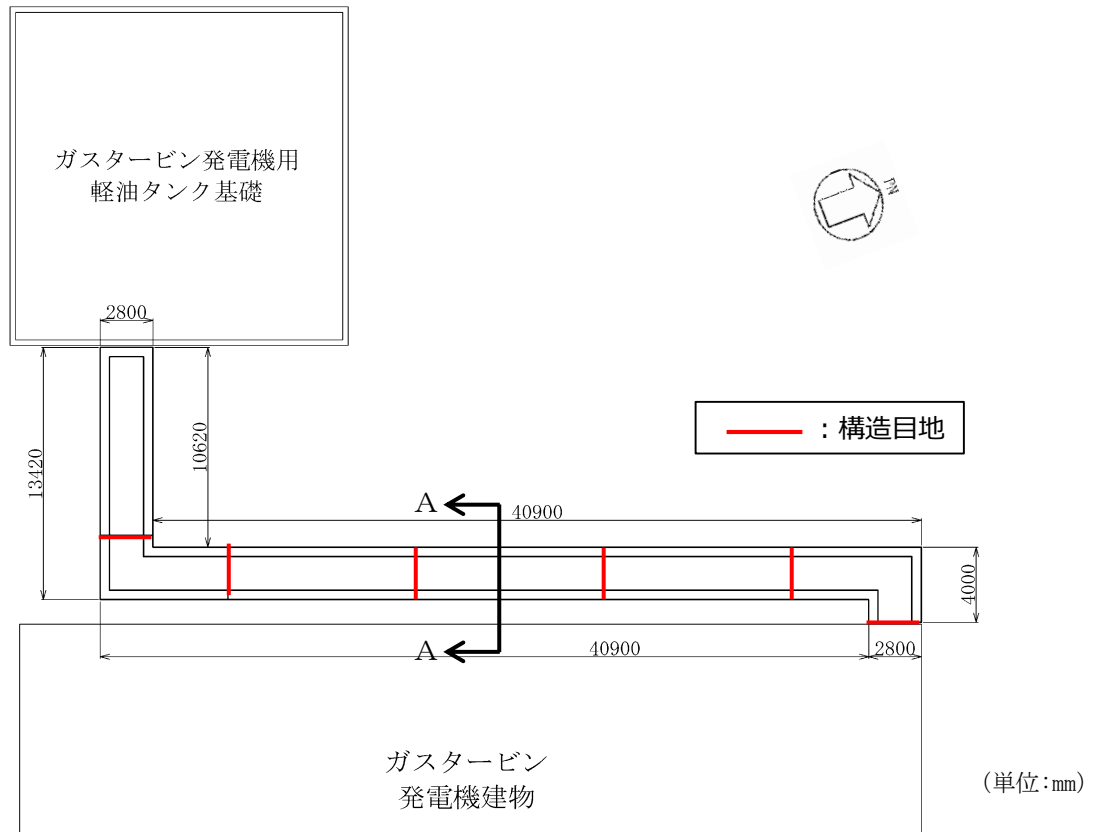


図 3-3-19 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）  
平面図

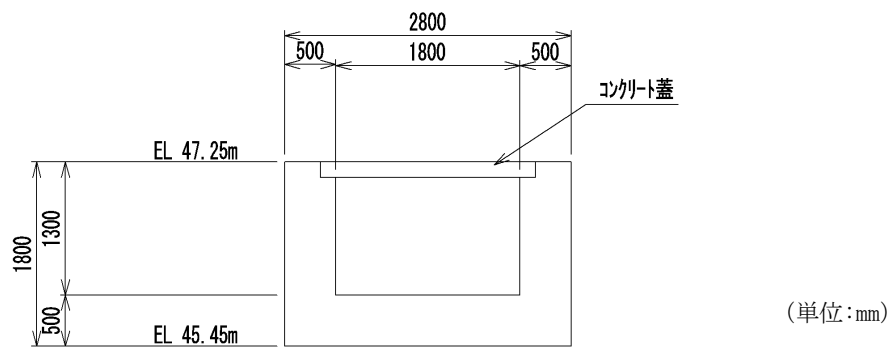


図 3-3-20 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)  
断面図 (A-A断面)

e. 免震重要棟遮蔽壁

免震重要棟遮蔽壁については、図 3-3-21 の平面図に示すとおり、屋外の上位クラスの施設である緊急時対策所に波及的影響を及ぼす範囲に屈曲部や隅角部は存在しないことから、3 次元的な応答特性が想定される箇所としては対象外である。

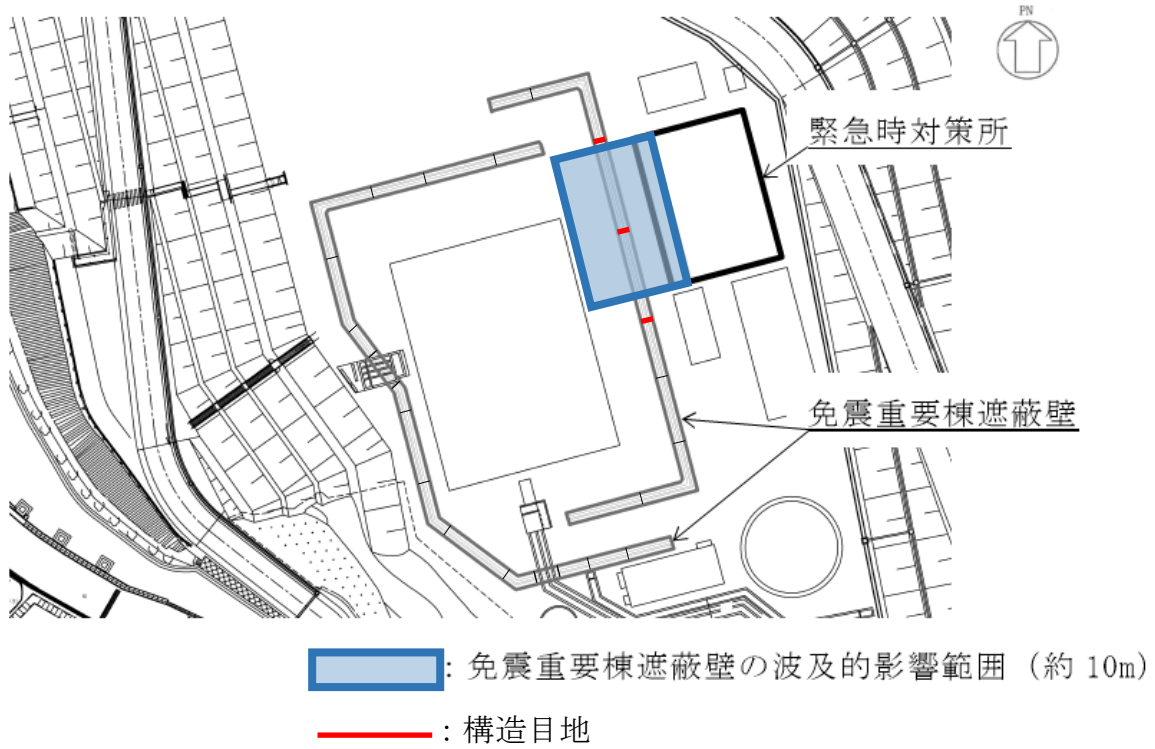


図 3-3-21 免震重要棟遮蔽壁 平面図

(5) 従来設計手法の妥当性の確認

図 3-3-22 に示すとおり，屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版の一部が屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の頂板の一部と一体化している部位については，妻壁に相当する部位があり，3 次元的な拘束効果が発生するため，従来設計では評価していない配力鉄筋への影響を確認する必要がある。よって，屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）と屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部については，弱軸方向への変形により発生する軸方向の引張力が配力鉄筋に与える影響を確認するため，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。

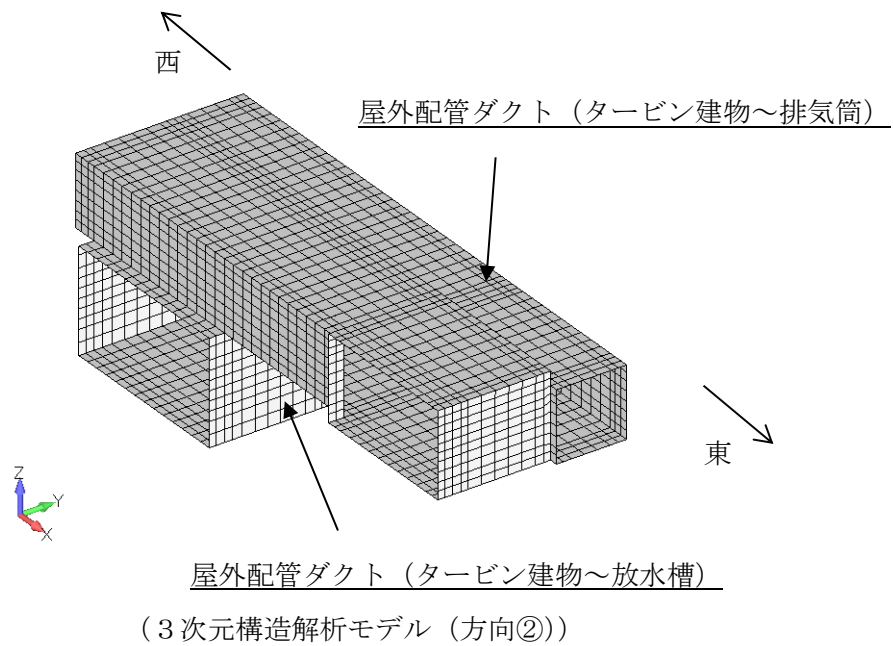
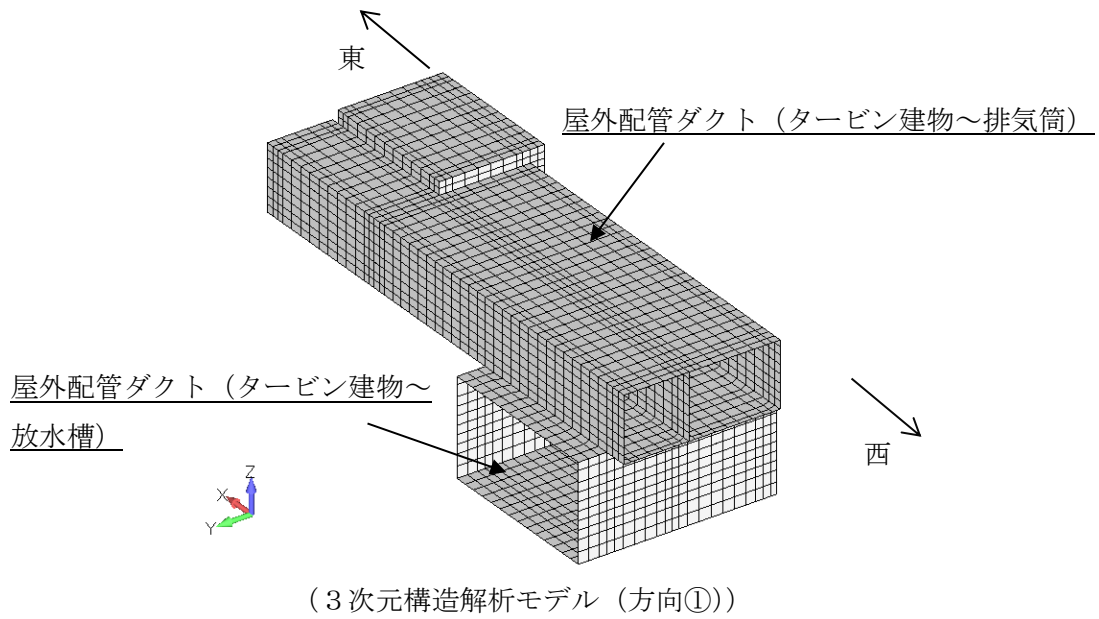
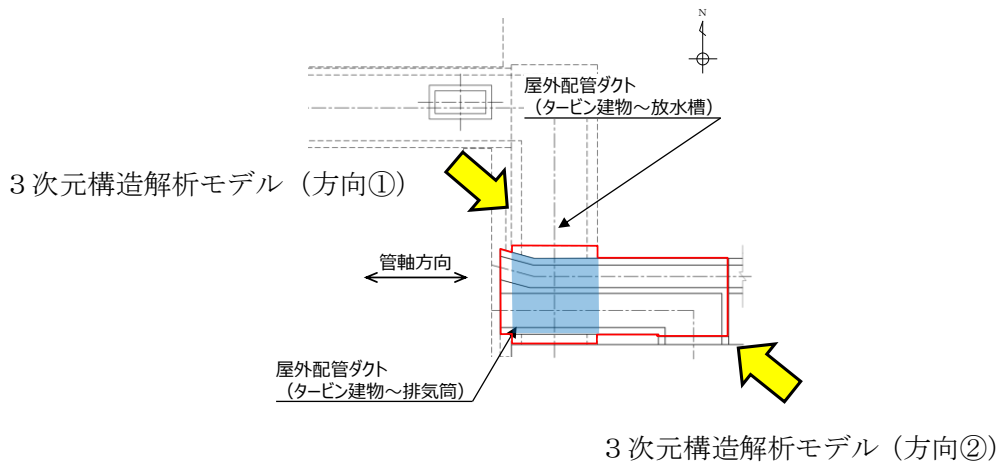


図 3-3-22 屋外配管ダクト(タービン建物～排気筒)と屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) との一体化部イメージ

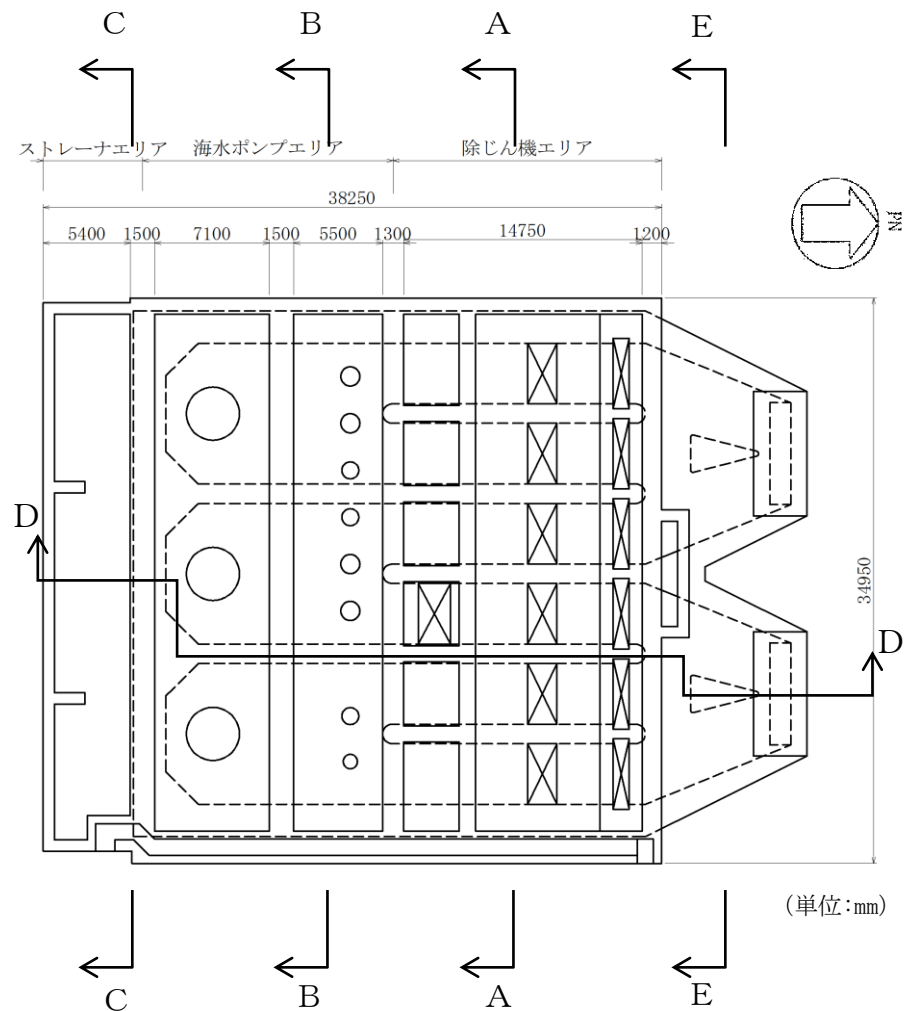
### 3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.1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形式として、構造及び作用荷重の観点から、箱型構造物及び線状構造物を抽出した。以下に、構造形式ごとの選定結果を示す。

#### (1) 箱型構造物

箱型構造物については、取水槽、B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽、第1ベントフィルタ格納槽、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽、緊急時対策所用燃料地下タンク、1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁の全ての構造物に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

箱形構造物の平面図及び断面図を図3-3-23～図3-3-47に示す。



3-3-23 取水槽 平面図

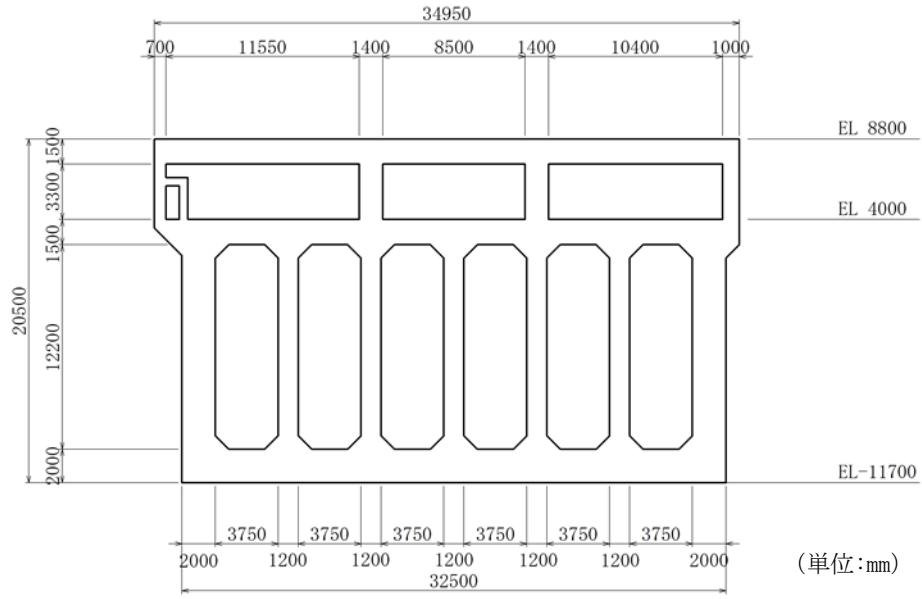


图 3-3-24 取水槽 断面图(A-A断面)

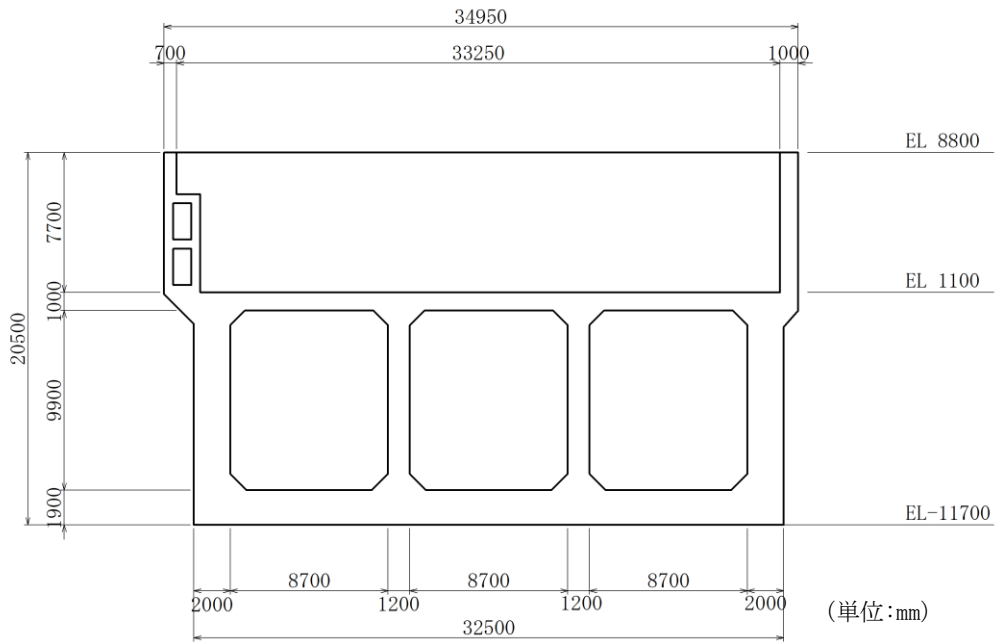


图 3-3-25 取水槽 断面图(B-B断面)



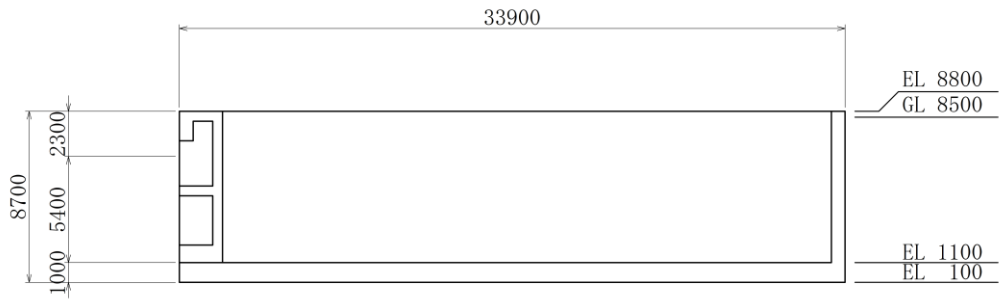
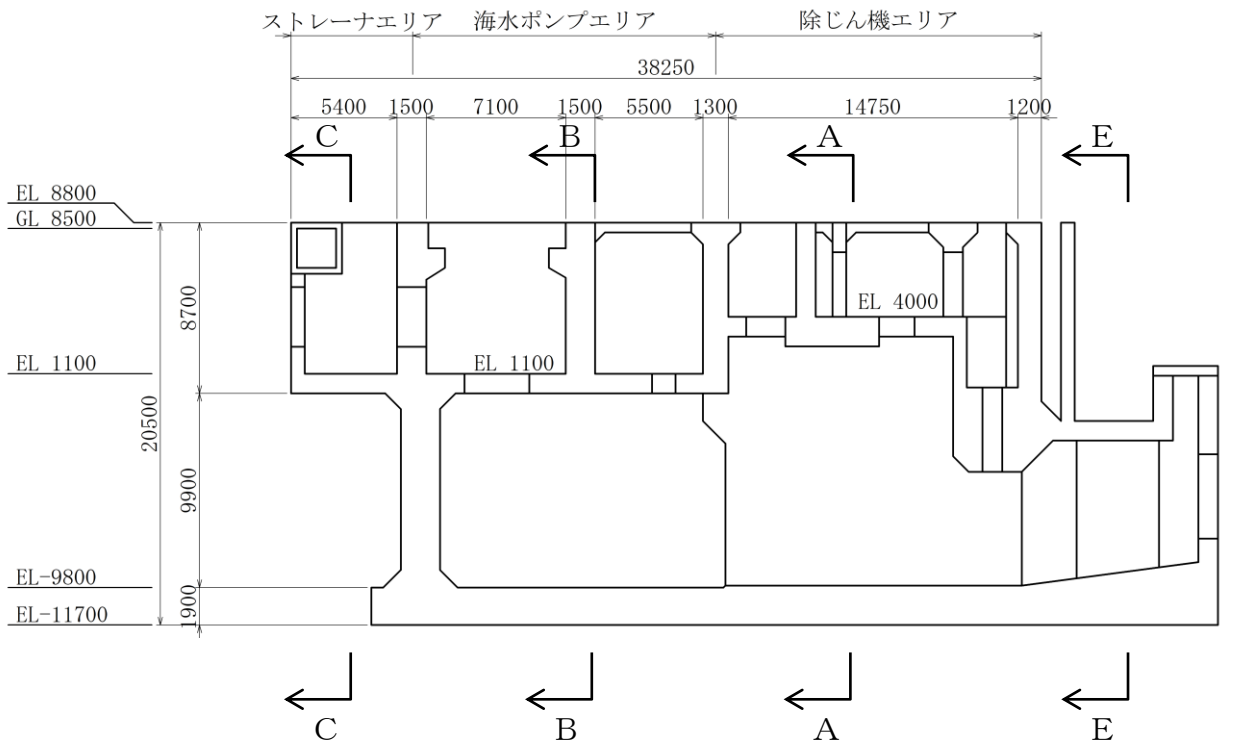


図 3-3-26 取水槽 断面図(C-C断面) (単位:mm)



(単位:mm)

図 3-3-27 取水槽 断面図(D-D断面)

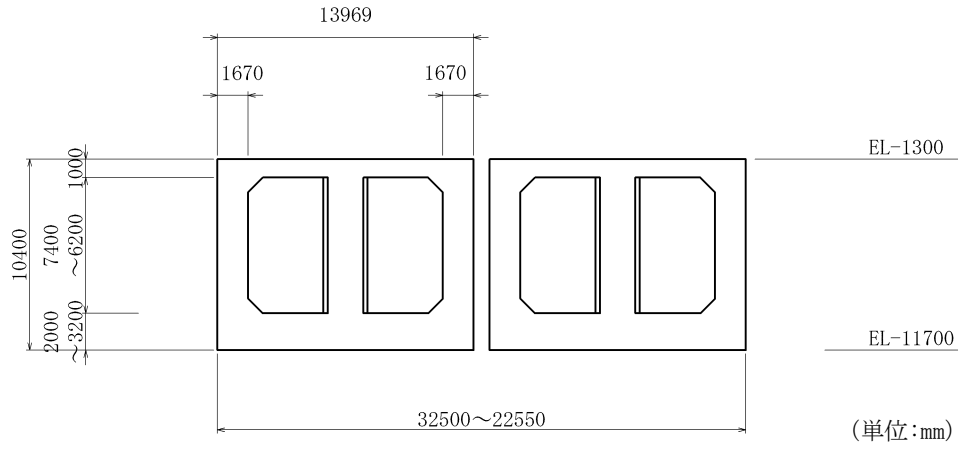


图 3-3-28 取水槽 断面图(E-E断面)

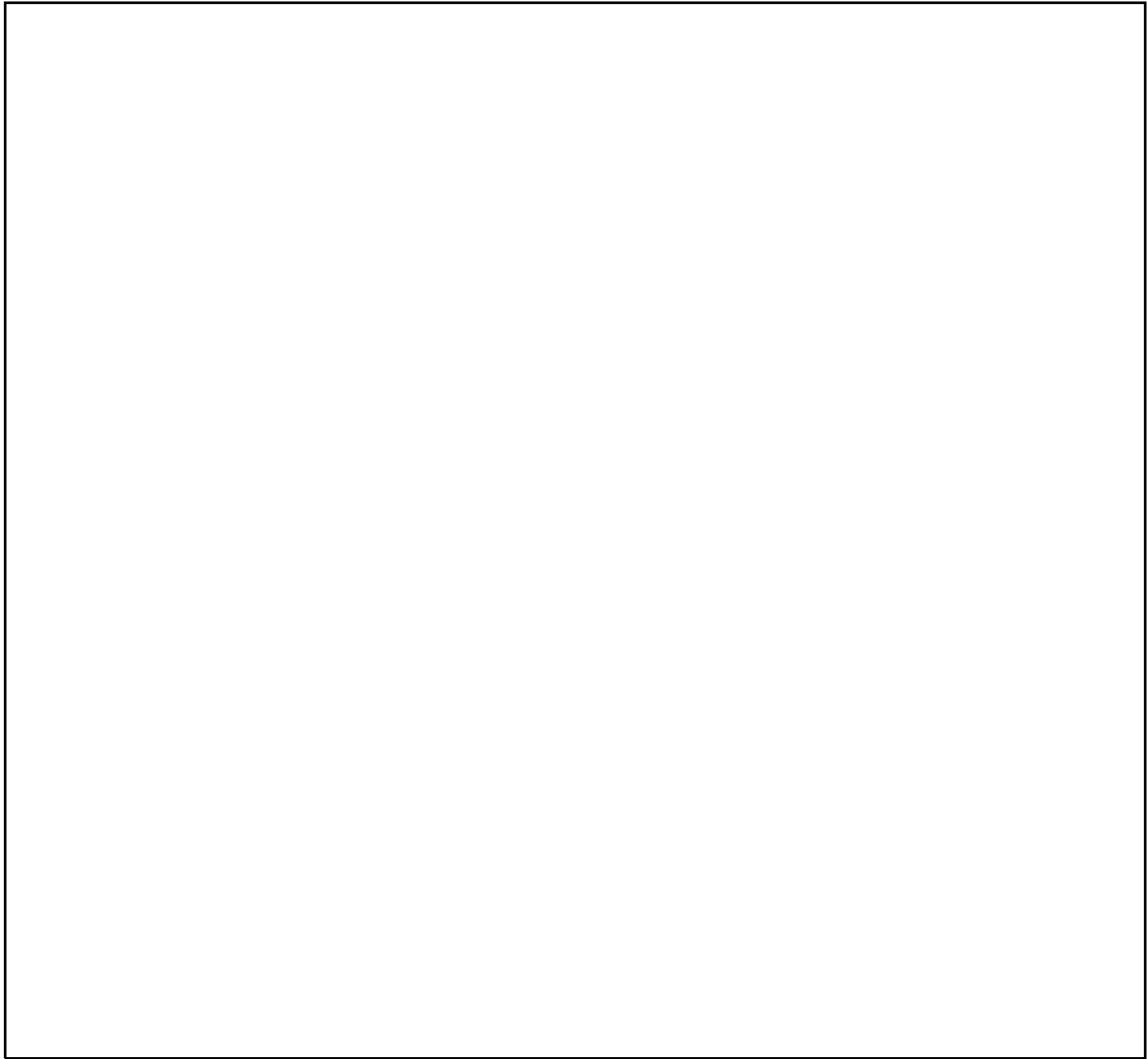


図 3-3-29 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 平面図



図 3-3-30 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 断面図 (A-A断面)

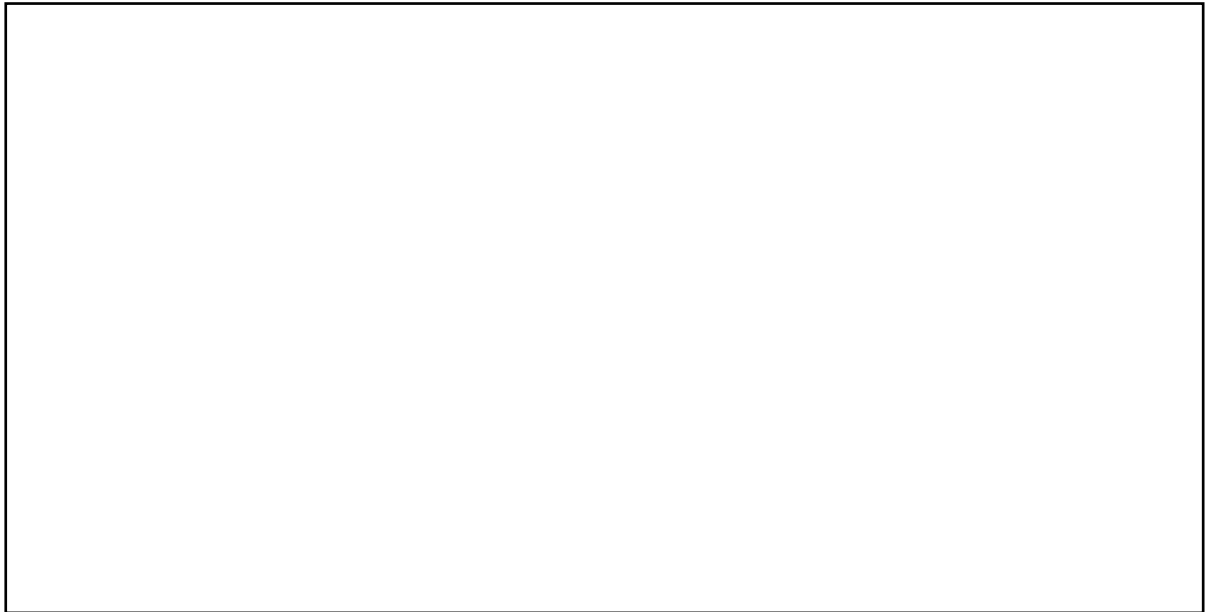


図 3-3-31 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 断面図 (B-B断面)



図 3-3-32 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 断面図 (C-C断面)

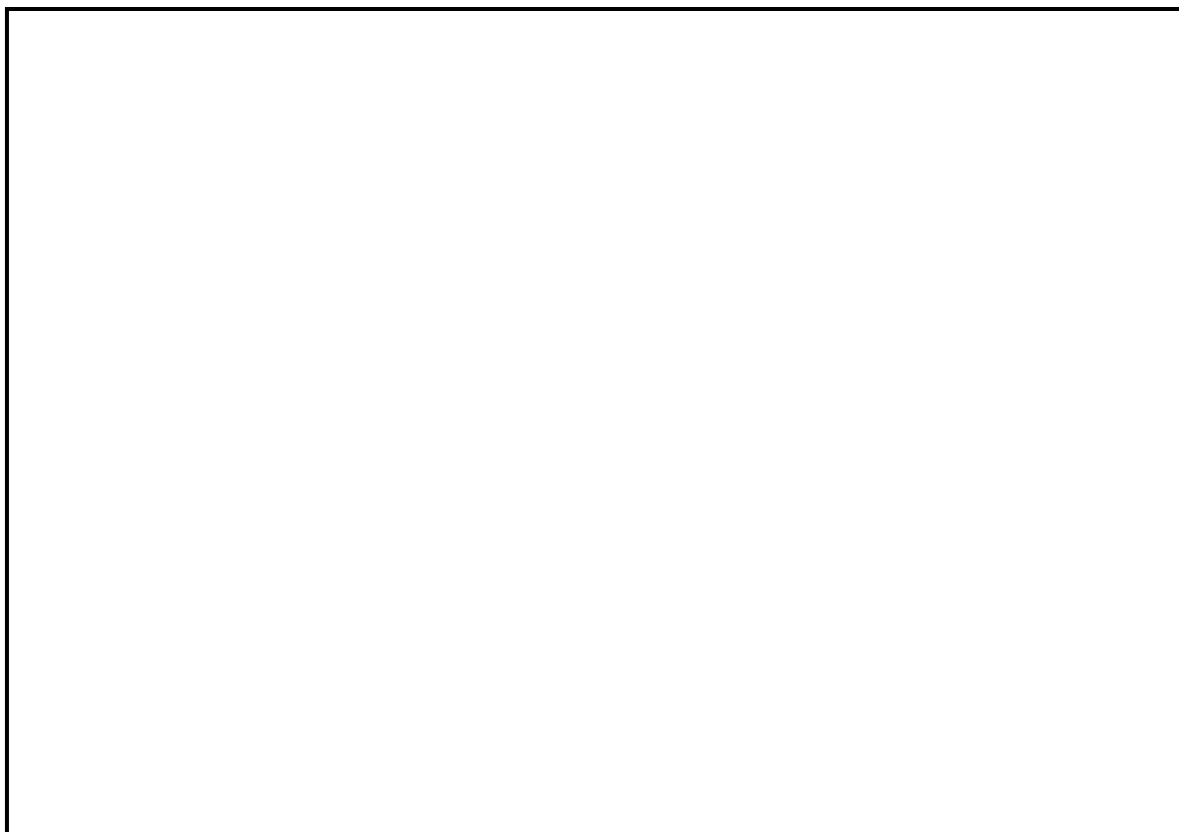


図 3-3-33 第1 ベントフィルタ格納槽 平面図

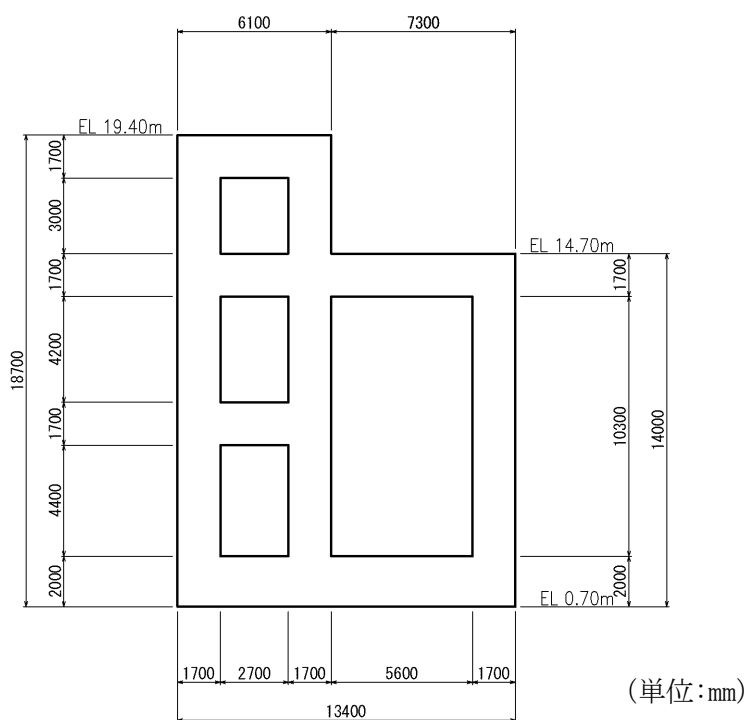


図 3-3-34 第1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A断面)

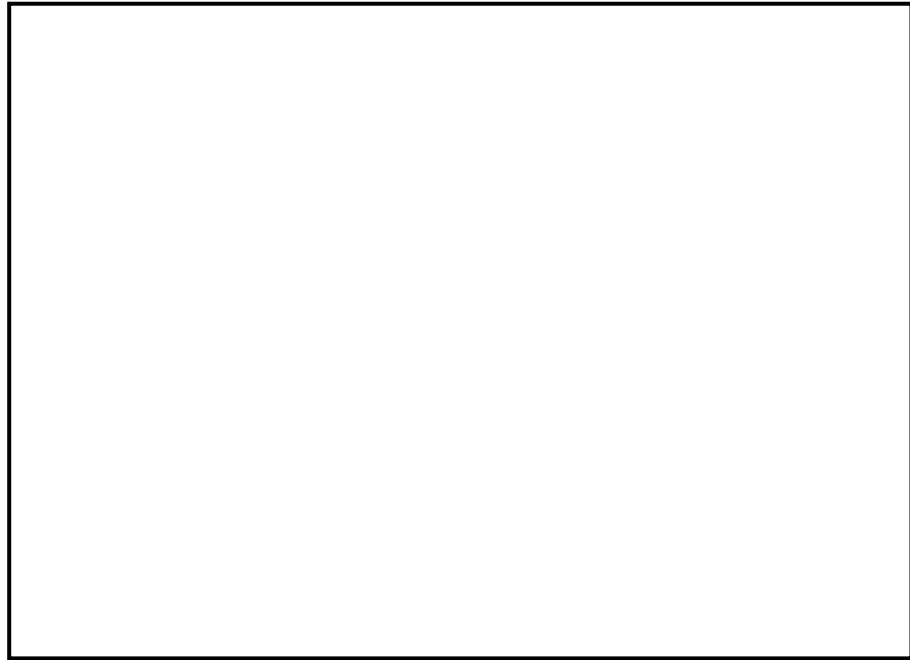


図 3-3-35 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B 断面)

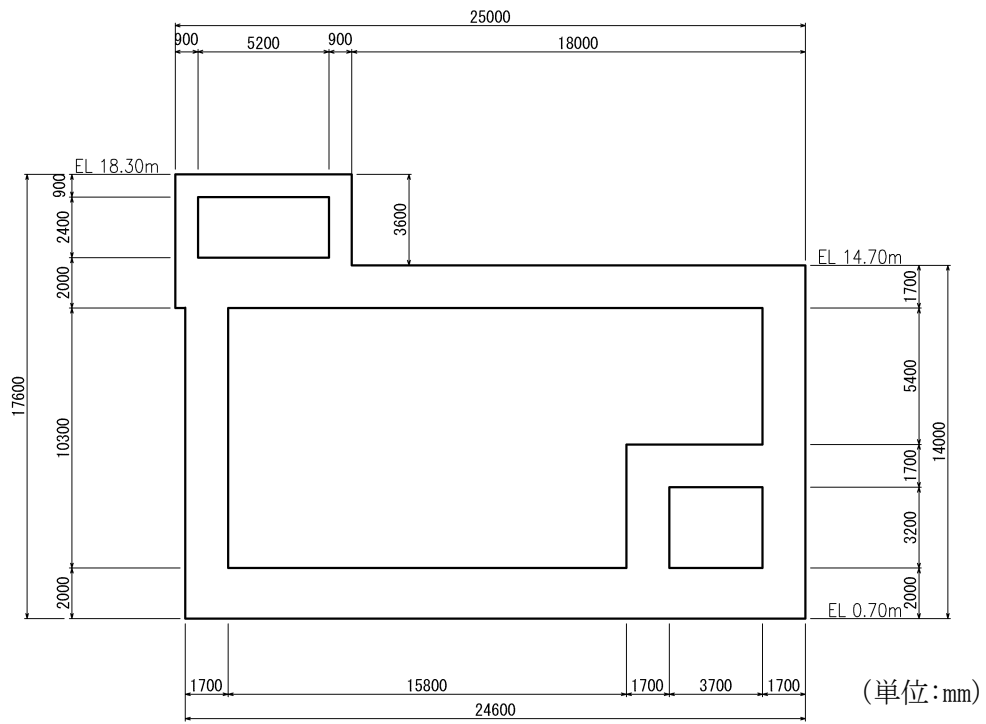


図 3-3-36 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C 断面)

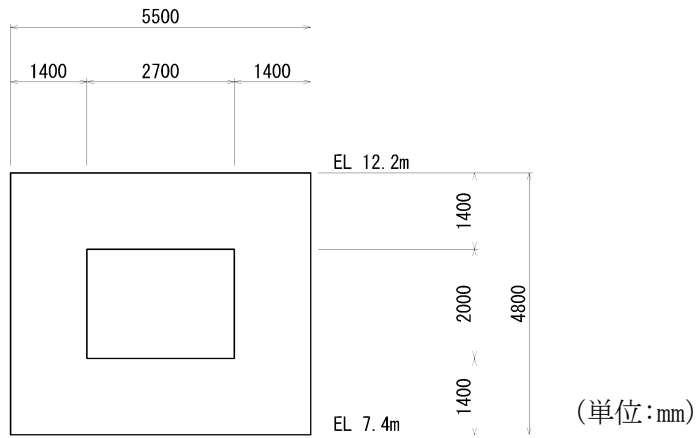


図 3-3-37 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (D-D断面)

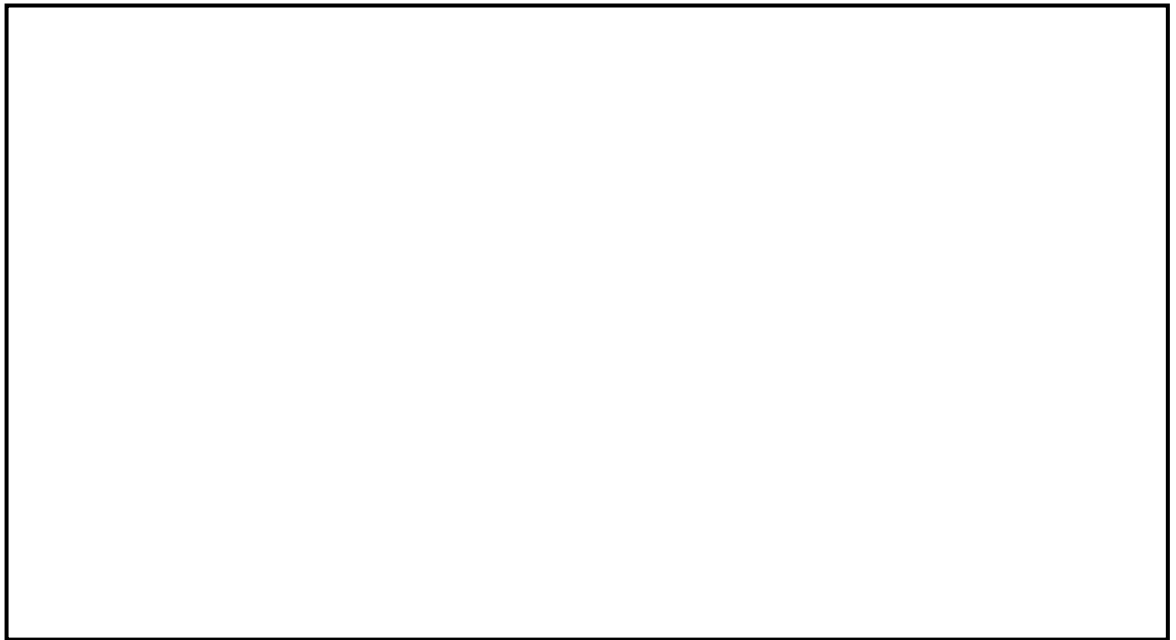


図 3-3-38 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図

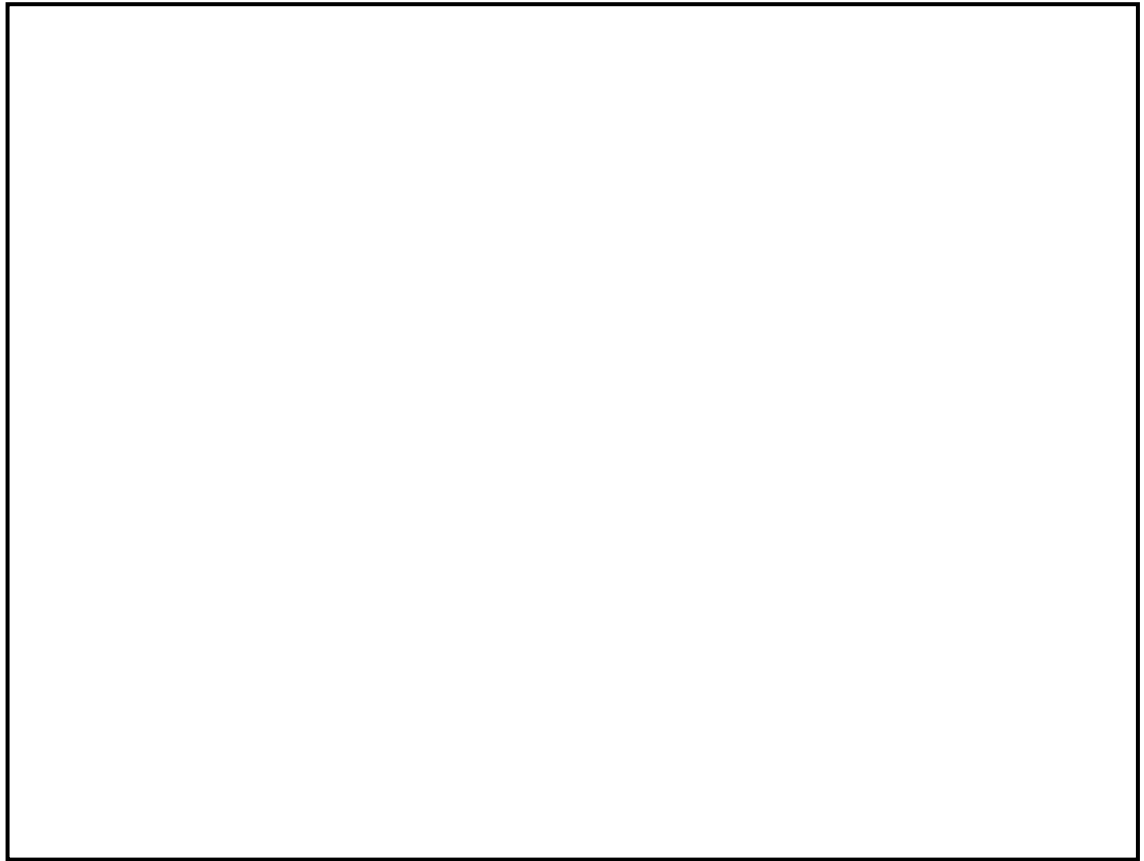


図 3-3-39 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A断面)

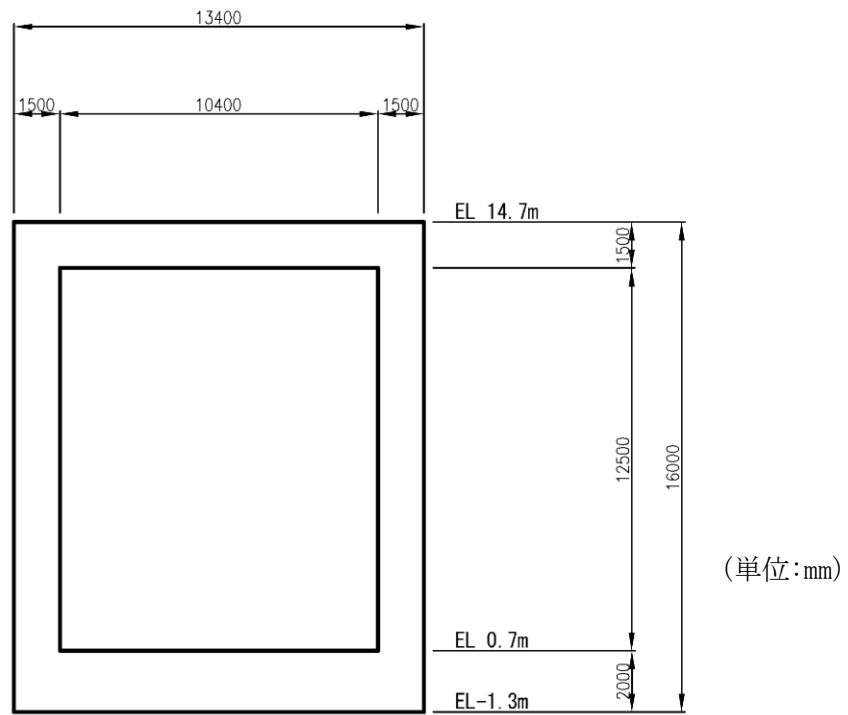


図 3-3-40 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B断面)



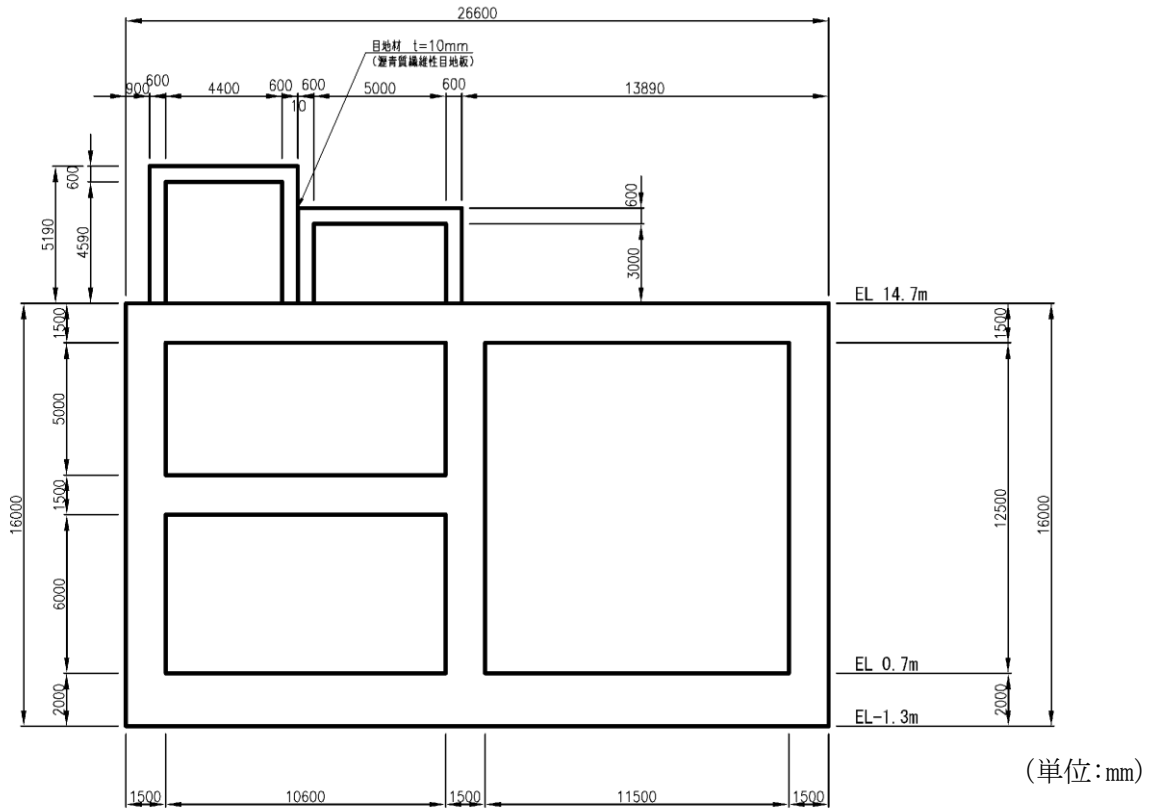


図 3-3-41 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C断面)

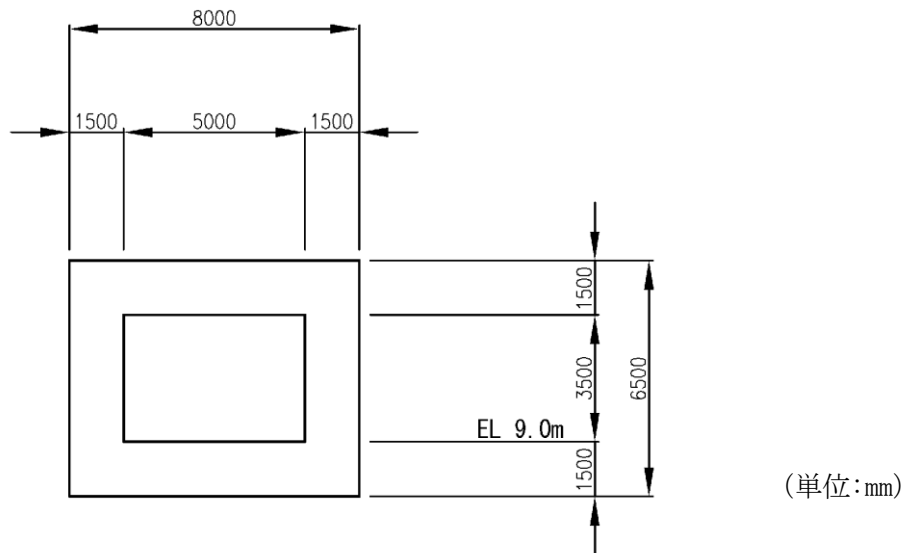


図 3-3-42 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (D-D断面)

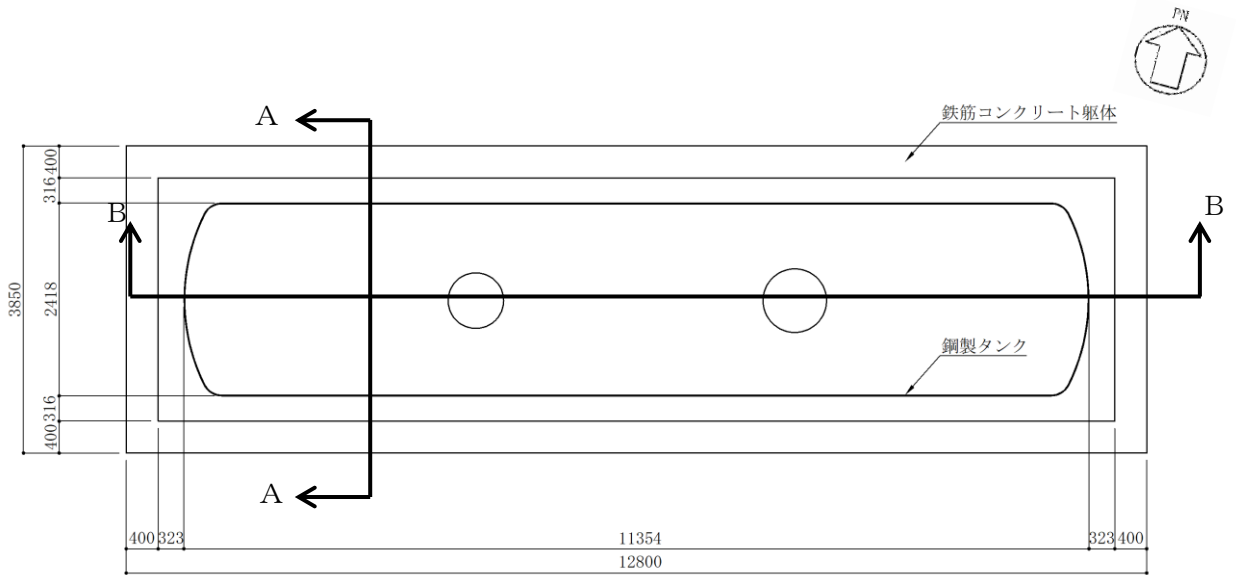


図 3-3-43 緊急時対策所用燃料地下タンク 平面図 (単位:mm)

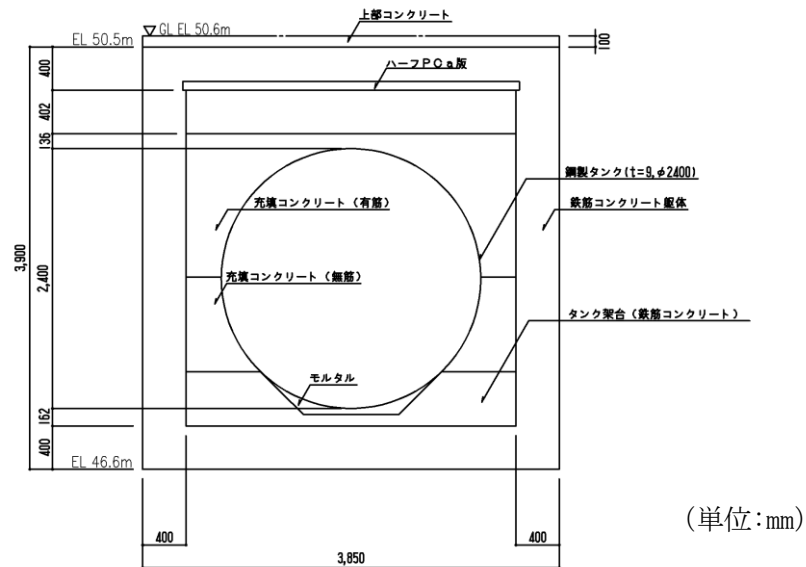


図 3-3-44 緊急時対策所用燃料地下タンク 断面図 (A-A断面)

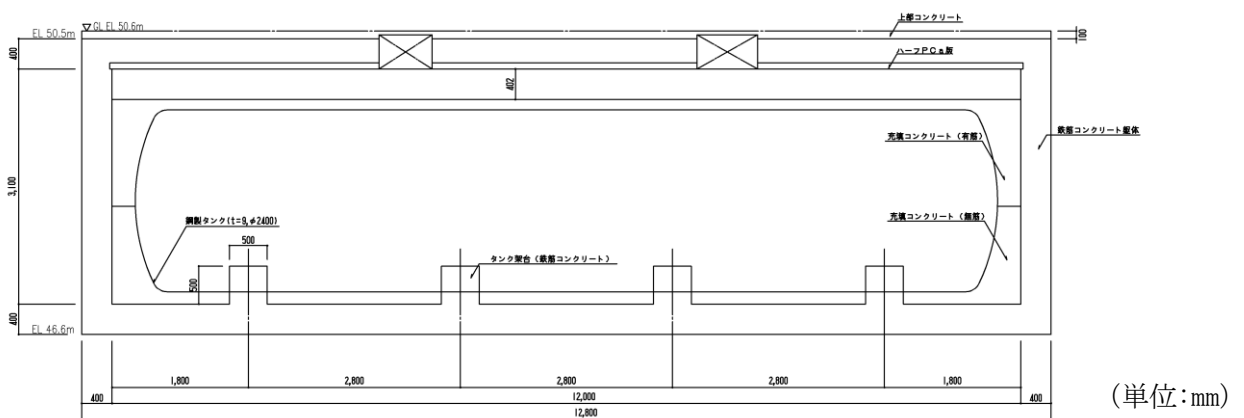


図 3-3-45 緊急時対策所用燃料地下タンク 断面図 (B-B断面)

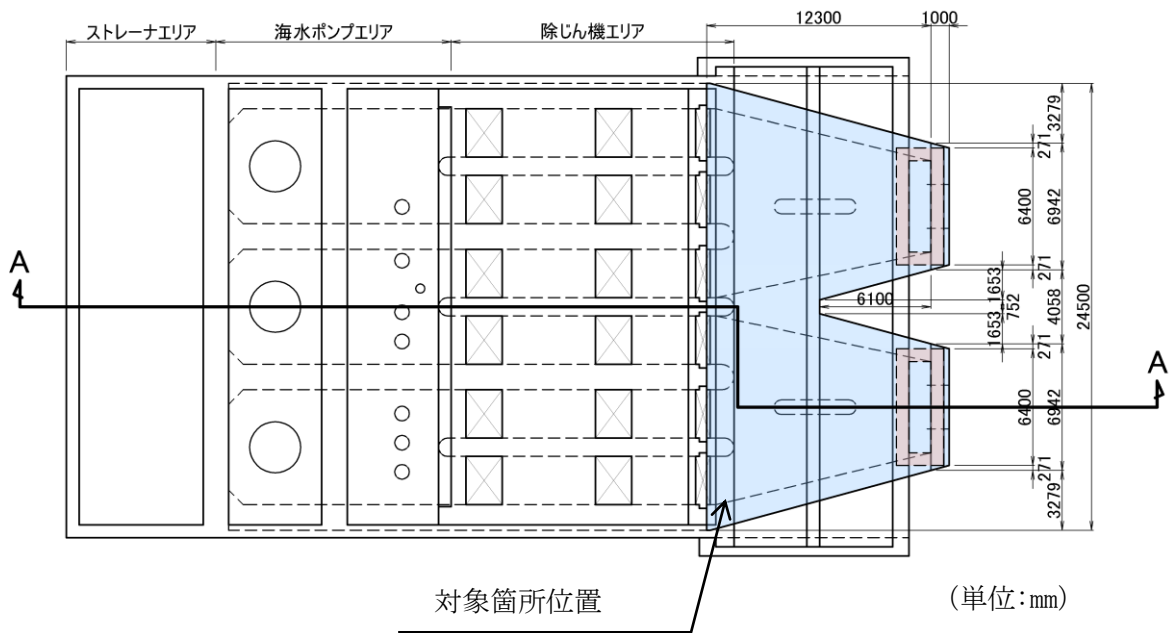


図 3-3-46 1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版  
並びに1号機取水槽北側壁平面図

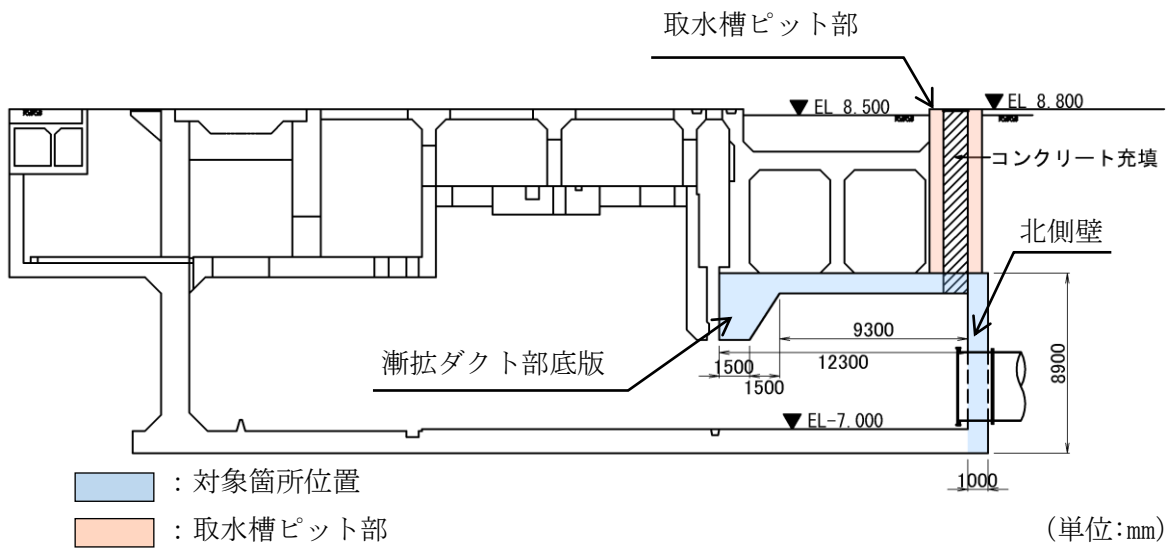


図 3-3-47 1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版  
並びに1号機取水槽北側壁断面図  
(A-A断面)

(2) 線状構造物

線状構造物については、屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版の一部が屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の頂板の一部と一体化している部位に、妻壁に相当する部位があり、3次元的な拘束効果が発生するため、一体化部に対して水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図及び断面図を図3-3-48～図3-3-50に示す。断面図は一体化部が関係するB-B断面及びC-C断面のみ示す。断面図には、一体化部として影響評価を行う屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版を示す。

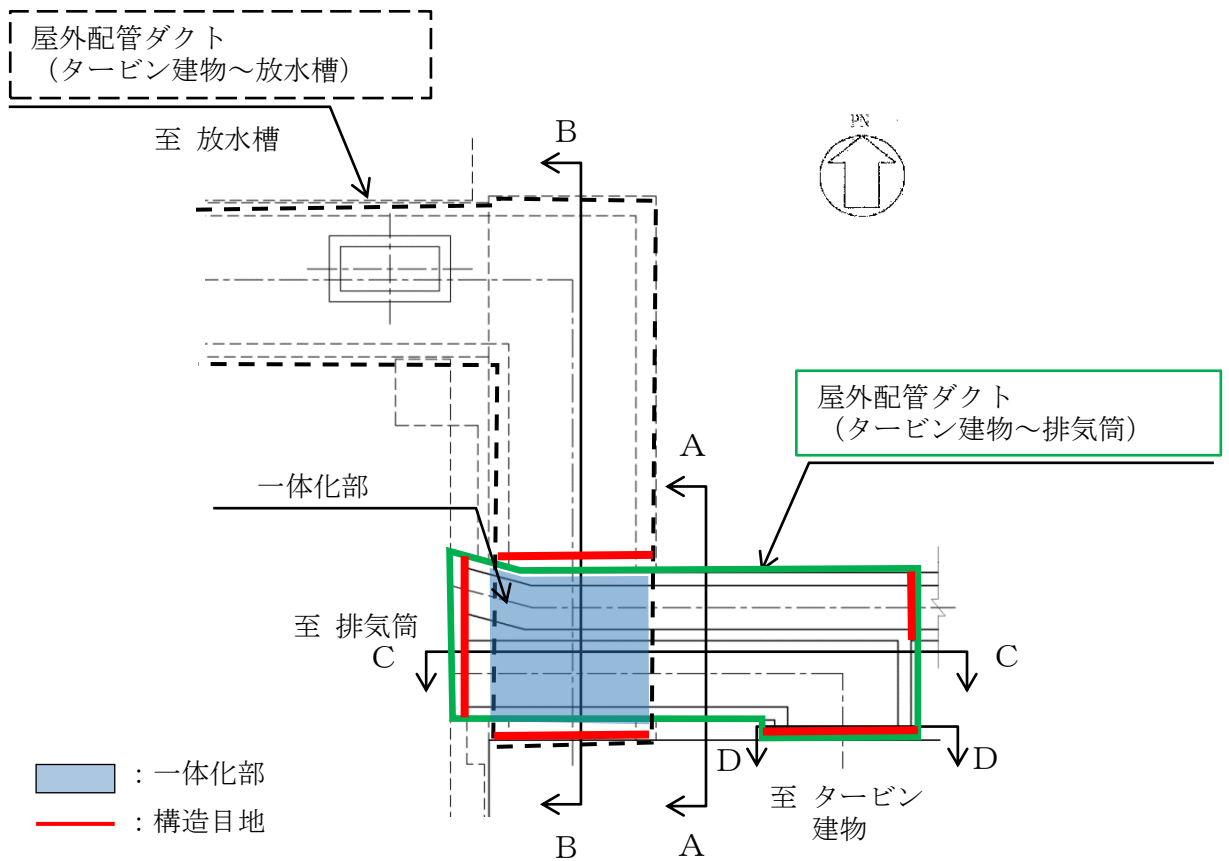


図3-3-48 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 平面図

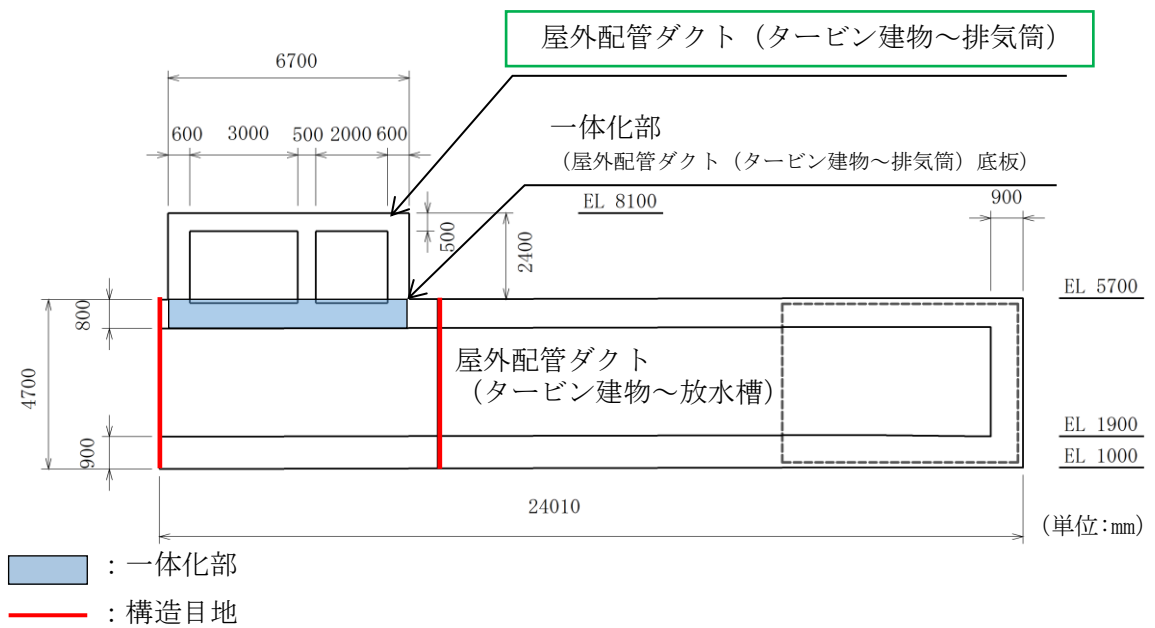


図 3-3-49 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (B-B断面)

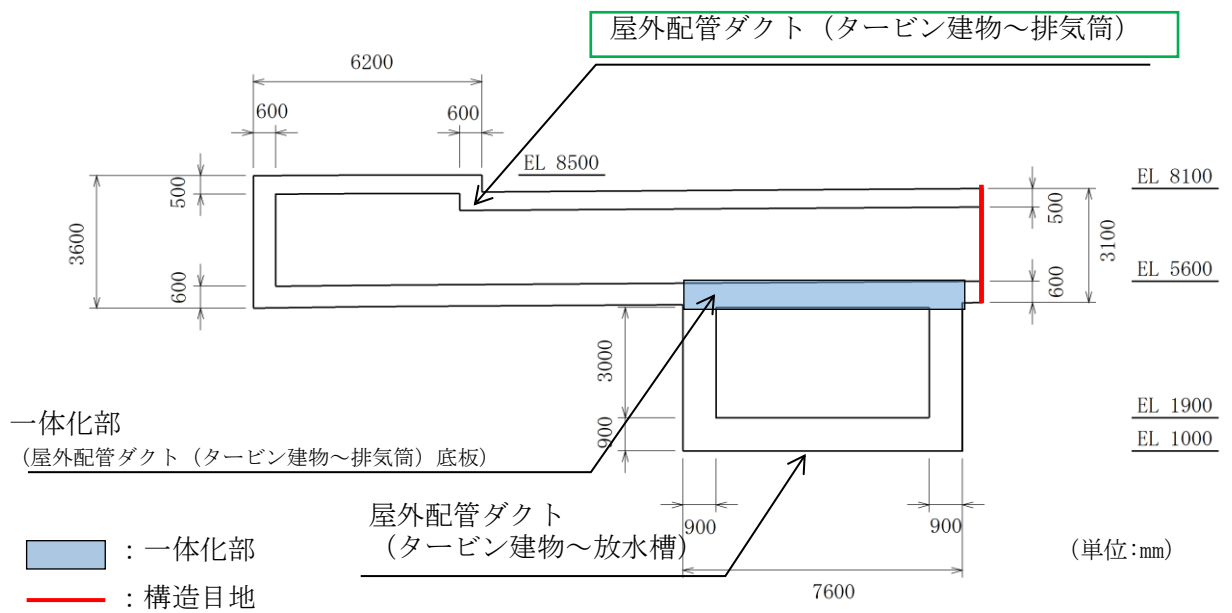


図 3-3-50 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (C-C断面)

(3) 円筒状構造物

円筒状構造物については、取水口及び復水貯蔵タンク遮蔽壁に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。円筒状構造物の平面図及び断面図を図3-3-51～図3-3-55に示す。

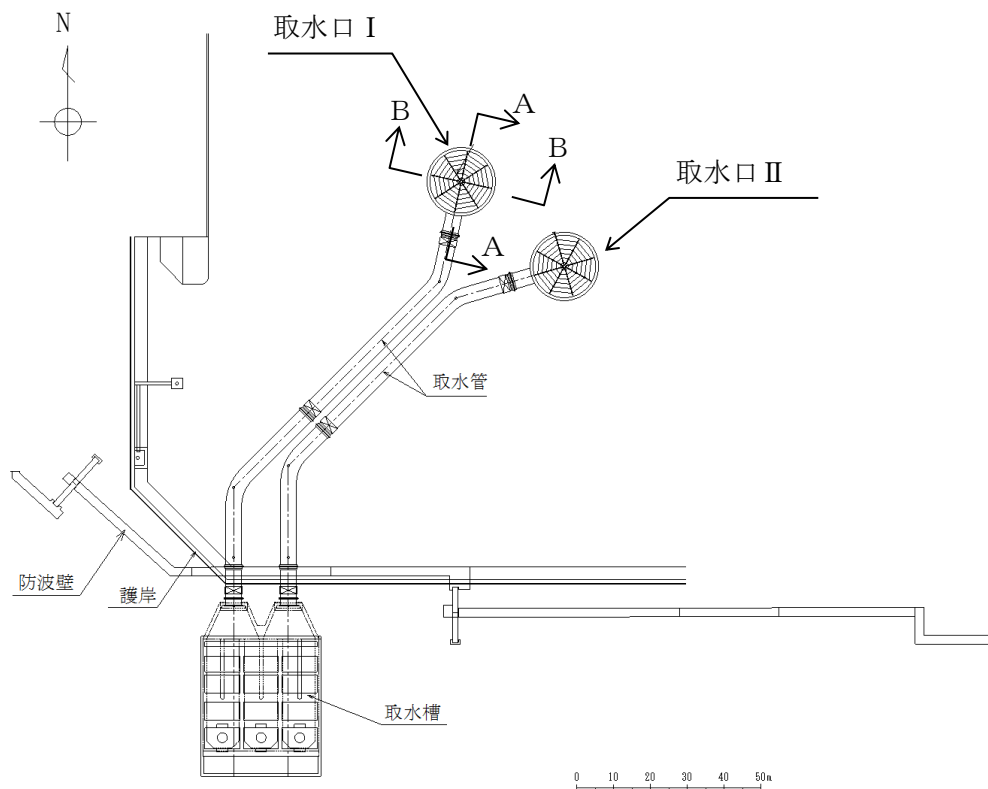


図3-3-51 取水口 平面図

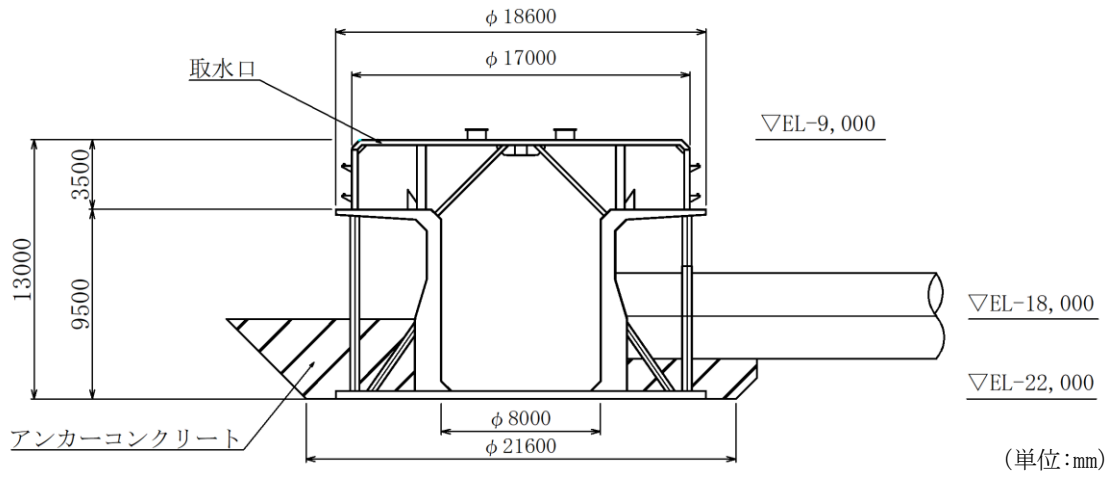


図 3-3-52 取水口 断面図 (A-A 断面)

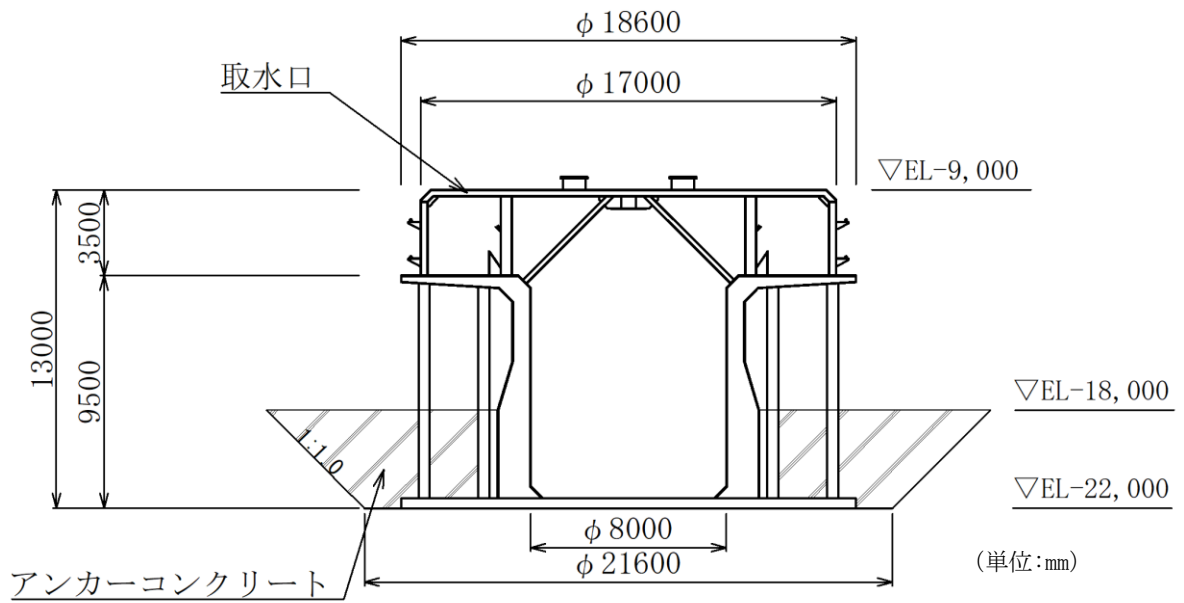


図 3-3-53 取水口 断面図 (B-B 断面)

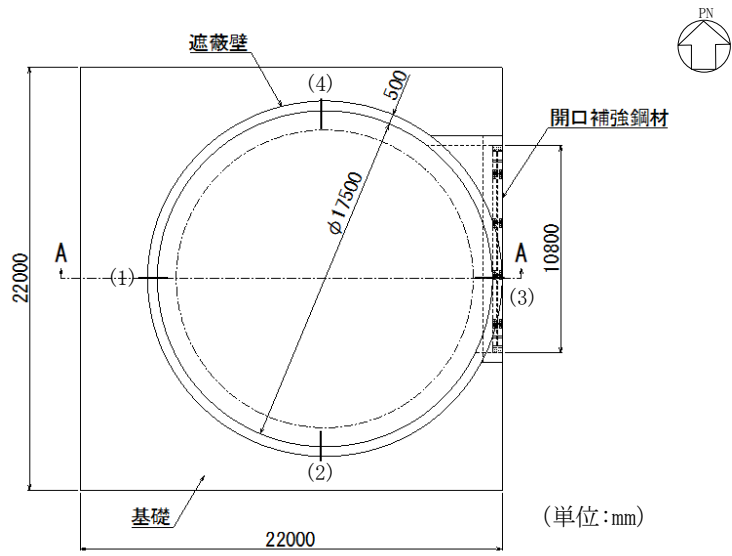


図 3-3-54 復水貯蔵タンク遮蔽壁 平面図

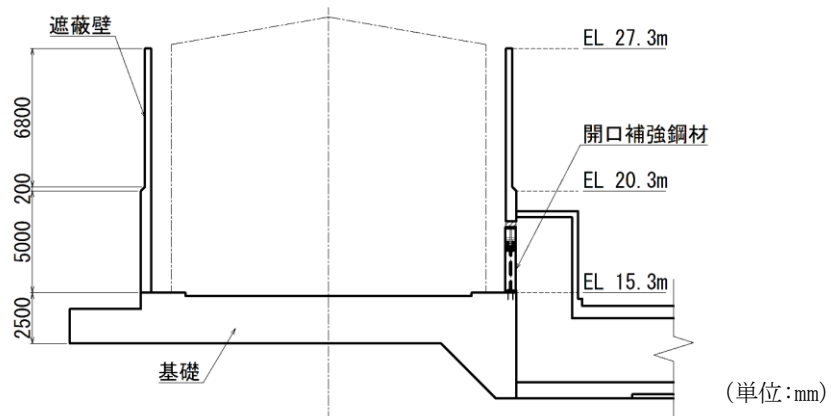


図 3-3-55 復水貯蔵タンク遮蔽壁 断面図 (A-A断面)



(4) 直接基礎

直接基礎については、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の平面図及び断面図を図3-3-56～図3-3-57に示す。

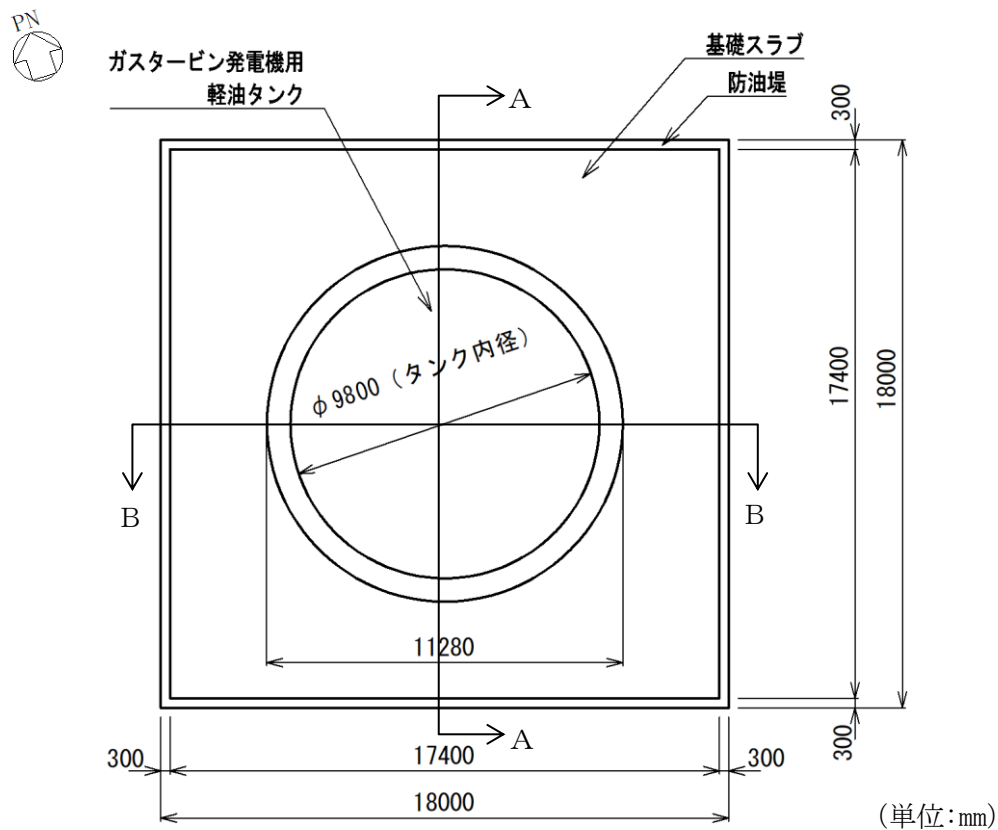


図3-3-56 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 平面図

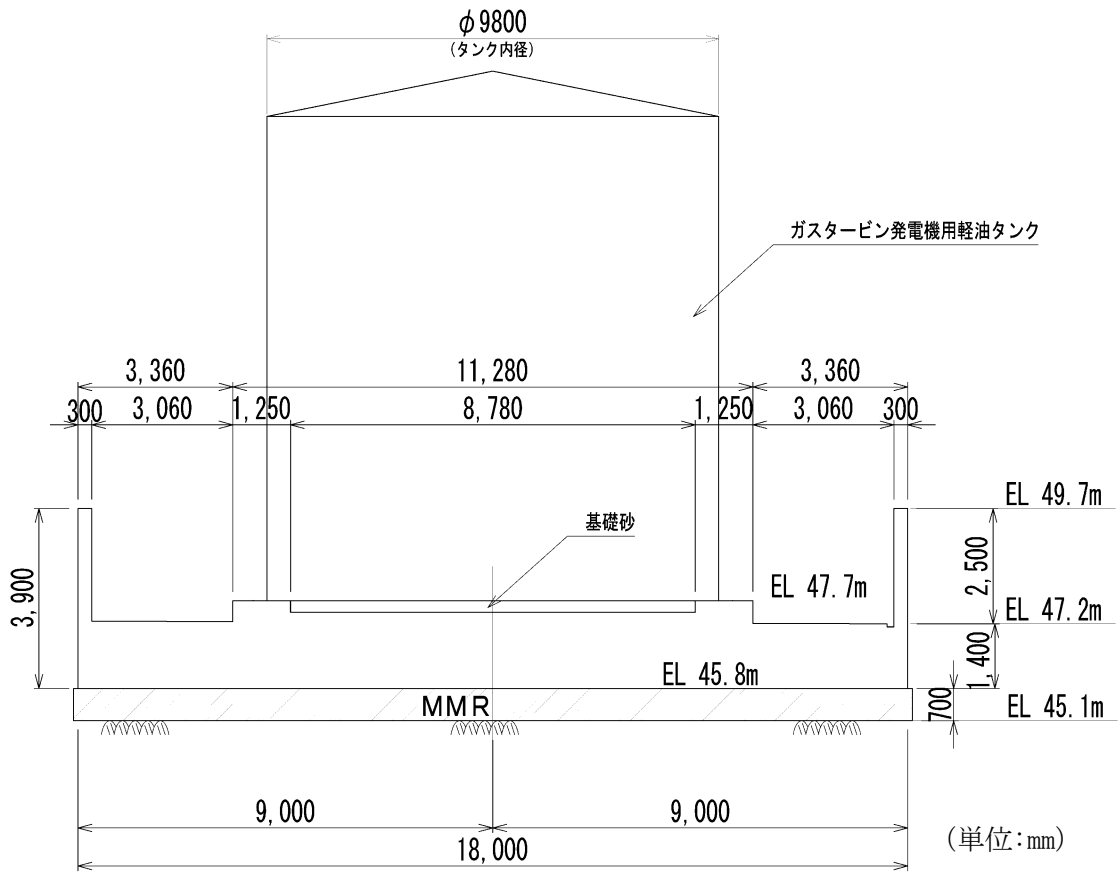


図 3-3-57 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 断面図  
 (A-A断面及びB-B断面)

(5) 管路構造物

管路構造物については、取水管に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。取水管の平面図及び断面図を図3-3-58～図3-3-60に示す。

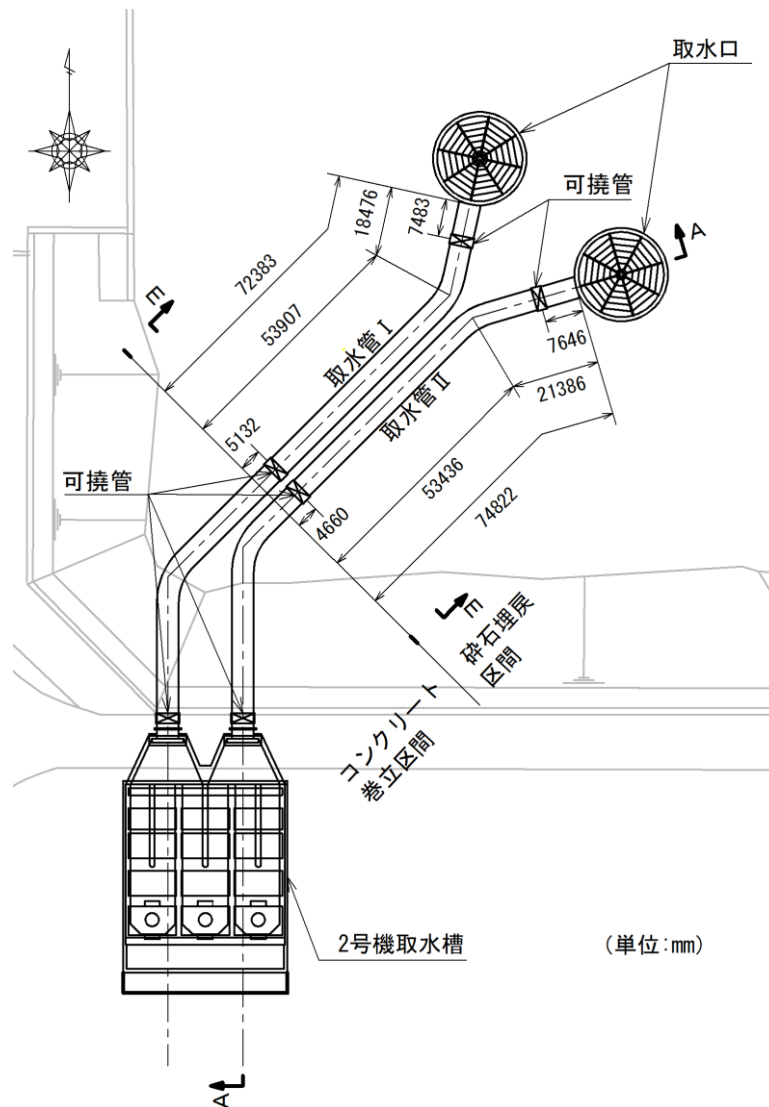


図3-3-58 取水管 平面図

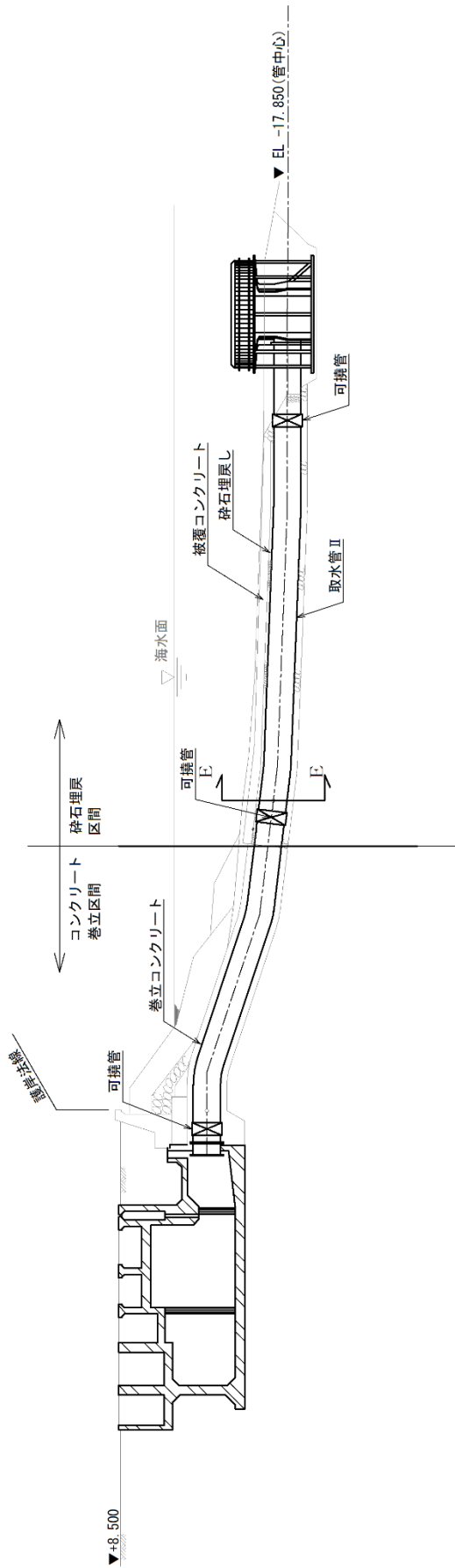


図 3-3-59 取水管 断面図 (A-A断面)

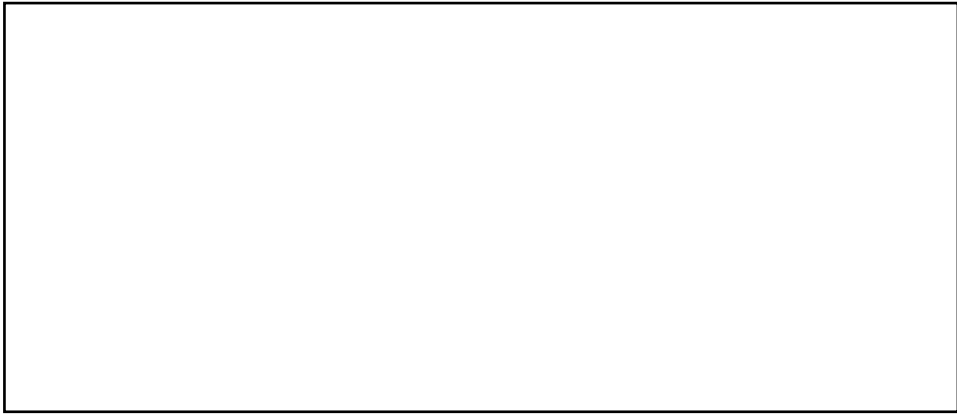


图 3-3-60 取水管 断面图 (E-E 断面)

(6) 鉄骨構造

鉄骨構造については、仮設耐震構台の支持杭に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。仮設耐震構台の平面図及び断面図を図3-3-61～図3-3-63に示す。

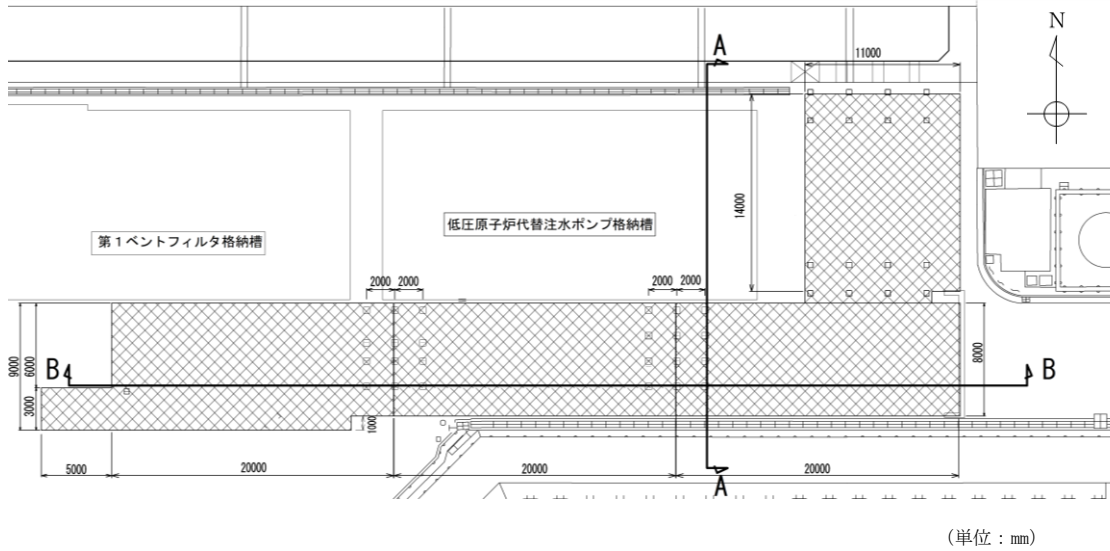


図3-3-61 仮設耐震構台 平面図

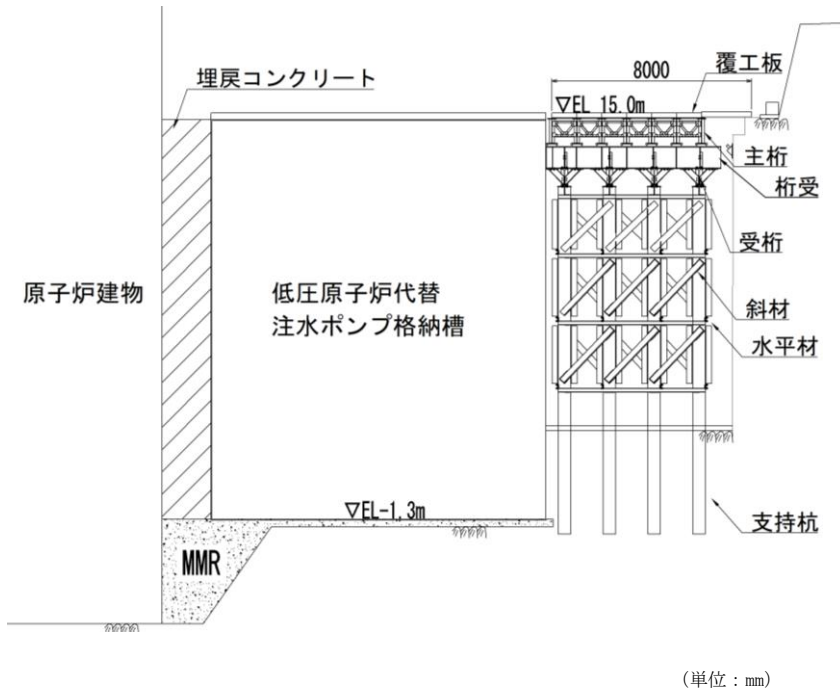
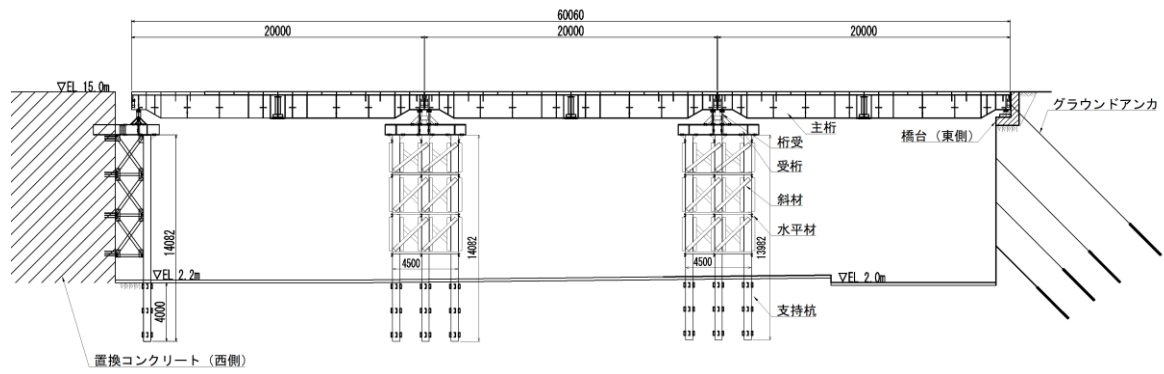


図3-3-62 仮設耐震構台 断面図 (A-A断面)



(単位：mm)

図 3-3-63 仮設耐震構台 断面図 (B-B 断面)

### 3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

#### (1) 2次元断面での耐震評価を行っている箱型構造物

##### a. 評価方法

箱型構造物のうち、本書においては、矩形の構造物のうち構造が単純で水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が明確なB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽、第1ベントフィルタ格納槽、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽、緊急時対策所用燃料地下タンク、1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁の評価結果を示す。

なお、1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版並びに1号機取水槽北側壁の影響評価については、1号機取水槽流路縮小工の間接支持構造物であり、部材による拘束効果及び部材厚が小さく、直接動土圧が作用することで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が大きいと考えられる1号機取水槽北側壁を代表として評価する。

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については、箱型構造物の弱軸方向断面及び強軸方向断面におけるそれぞれの2次元地震応答解析にて、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。

強軸方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸方向加振にて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。

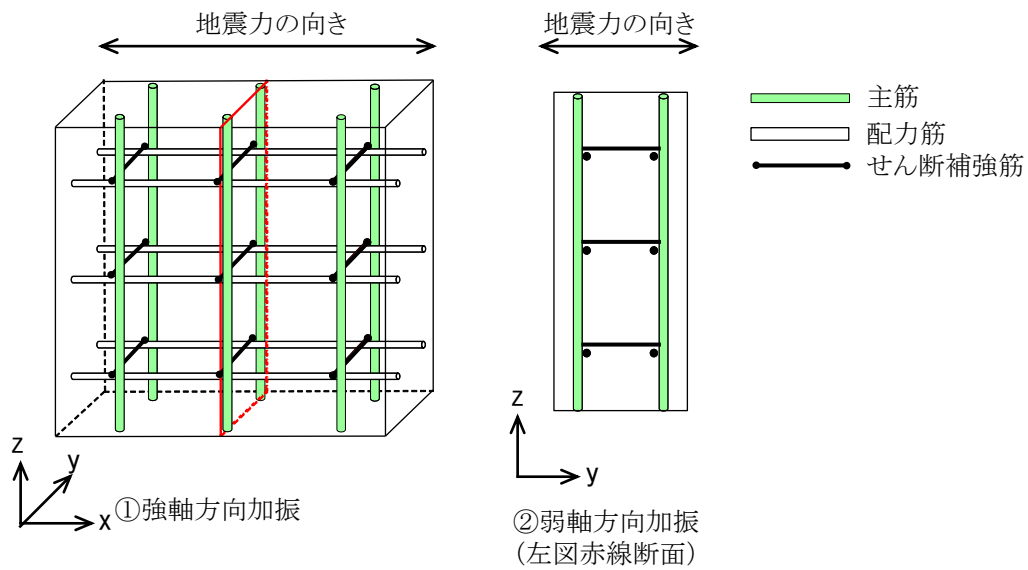
RC規準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材に生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担はなく鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方、強軸方向加振にて生じるせん断力を、箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず、鉄筋に負担させる場合、図3-3-64に示すとおり、強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が、弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。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。

弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では、保守的に両方とも基準地震動 $S_s$ を用いる。

図3-3-65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。





		①強軸方向加振	②弱軸方向加振	備考
断面力	My (y軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	Mx (x軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	Nz (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	Nzx (zx平面内せん断)	○	×	
	Qz (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	×	○	

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

図 3-3-64 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

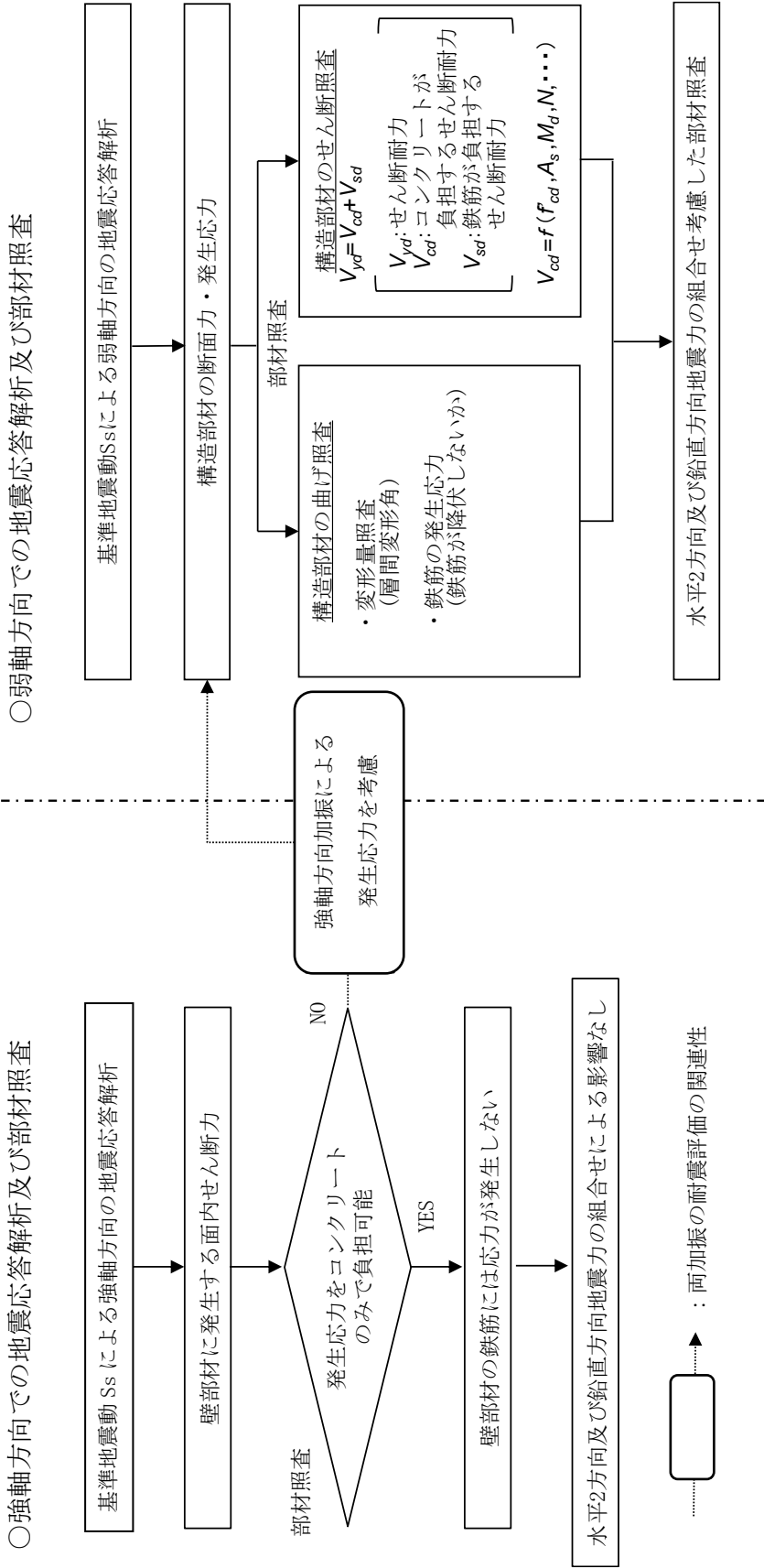


図 3-3-65 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー

b. 評価条件

箱型構造物の評価条件については、各構造物それぞれに対応する地震応答計算書に記載の解析手法、解析モデルの設置、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

許容限界は、RC規準を参考に、コンクリートの短期許容せん断応力度  $f_s$  とする。表 3-3-4 に各構造物におけるコンクリートの短期許容せん断応力度を示す。

表 3-3-4 コンクリートの短期許容せん断応力度

対象構造物	設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	備考
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	24.0	1.11	( $F_c/30$ かつ $0.5 + F_c/100$ 以下 ) の 1.5 倍
第1ベントフィルタ格納槽			
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽			
緊急時対策所用燃料地下タンク			
1号機取水槽ピット部及び1号機取水槽漸拡ダクト部底版	20.6	1.05	

d. 評価結果

(a) B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽

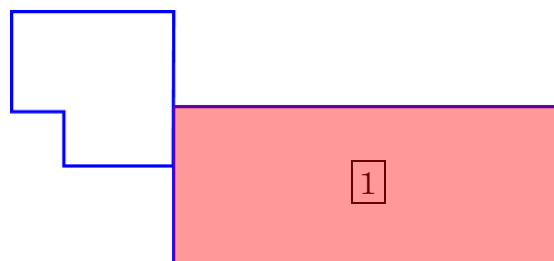
強軸方向断面（B-B断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-3-5に示すとおり最大で0.47（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

なお、B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強軸方向断面については、対象部位①のみを耐震壁とみなし、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して評価を行った。

表3-3-5 面内せん断に対する照査結果（対象部位①）

解析ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max} / f_s$
①	S s - D	++	0.39	1.11	0.36
		-+	0.34		0.31
		+-	0.40		0.37
		--	0.34		0.31
	S s - F 1	++	0.26		0.24
	S s - F 2	++	0.29		0.27
	S s - N 1	++	0.25		0.23
		-+	0.33		0.30
	S s - N 2 (NS)	++	0.25		0.23
		-+	0.28		0.26
S s - N 2 (EW)	++	0.25	0.23		
	-+	0.28	0.25		
②	S s - D	+-	0.37	0.34	
③	S s - D	+-	0.47	0.43	

注：評価位置を図3-3-66に示す。



(B-B断面)

図3-3-66 対象部位

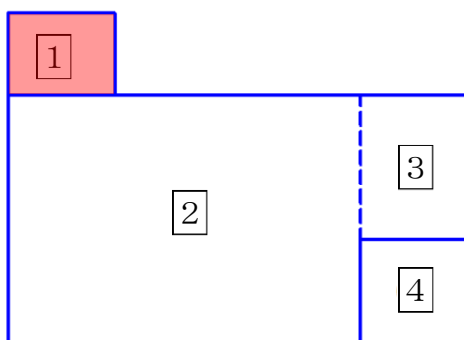
(b) 第1ベントフィルタ格納槽

強軸方向断面（C-C断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-3-6～表3-3-9に示すとおり最大で0.76（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表3-3-6 面内せん断に対する照査結果（対象部位<sup>1</sup>）

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max}/f_s$
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.20	1.11	0.18
		-+	0.20		0.19
		+ -	0.20		0.18
		--	0.18		0.16
	S <sub>s</sub> -F1	++	0.16		0.15
	S <sub>s</sub> -F2	++	0.14		0.13
	S <sub>s</sub> -N1	++	0.14		0.13
		-+	0.13		0.13
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	++	0.13		0.12
		-+	0.13		0.12
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	++	0.14		0.13
		-+	0.12		0.11
②	S <sub>s</sub> -N1	-+	0.13	0.12	
③	S <sub>s</sub> -N1	-+	0.14	0.13	
④	S <sub>s</sub> -N1	-+	0.21	0.19	
⑤	S <sub>s</sub> -N1	-+	0.21	0.19	

注：評価位置を図3-3-67に示す。



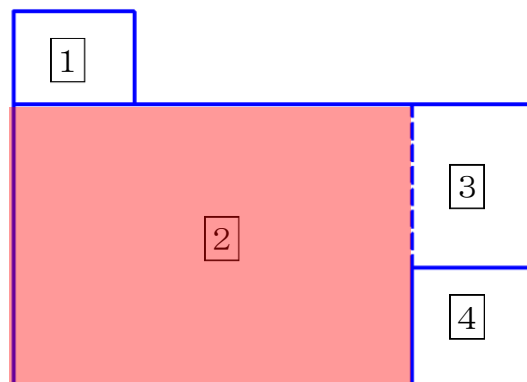
(C-C断面)

図3-3-67 対象部位

表 3-3-7 面内せん断に対する照査結果 (対象部位②)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max}/f_s$
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.53	1.11	0.48
		-+	0.45		0.41
		+ -	0.52		0.47
		--	0.45		0.41
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.38		0.34
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.35		0.32
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.36		0.33
		-+	0.39		0.36
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.34		0.31
		-+	0.34		0.31
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.35		0.32
		-+	0.33		0.30
②	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.39	0.36	
③	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.39	0.36	
④	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.44	0.40	
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.44	0.40	

注：評価位置を図 3-3-68 に示す。



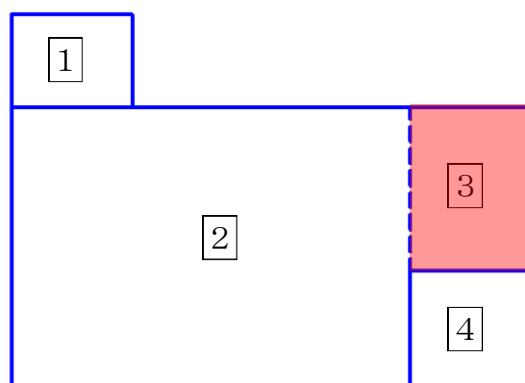
(C-C断面)

図 3-3-68 対象部位

表 3-3-8 面内せん断に対する照査結果 (対象部位③)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max}/f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.61	1.11	0.55
		-+	0.57		0.52
		+ -	0.59		0.54
		--	0.57		0.52
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.44		0.40
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.42		0.38
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.37		0.34
		-+	0.46		0.41
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.37		0.34
		-+	0.37		0.34
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.35		0.32
		-+	0.39		0.36
②	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.45	0.41	
③	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.46	0.42	
④	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.45	0.45	
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.45	0.45	

注：評価位置を図 3-3-69 に示す。



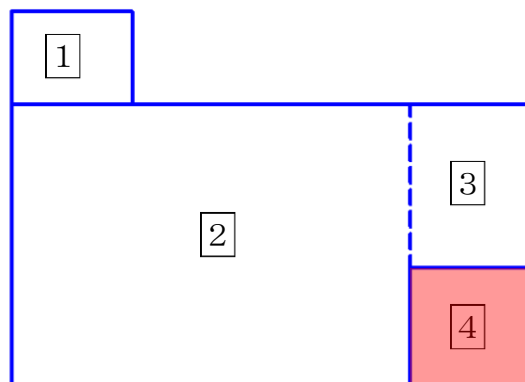
(C-C断面)

図 3-3-69 対象部位

表 3-3-9 面内せん断に対する照査結果 (対象部位④)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max}/f_s$
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.76	1.11	0.69
		-+	0.66		0.60
		+ -	0.75		0.68
		--	0.71		0.64
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.51		0.46
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.55		0.50
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.48		0.44
		-+	0.56		0.50
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.47		0.43
		-+	0.47		0.43
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.47		0.43
		-+	0.45		0.41
	②	S <sub>s</sub> -N 1	-+		0.55
③	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.57	0.52	
④	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.59	0.53	
⑤	S <sub>s</sub> -N 1	-+	0.58	0.53	

注：評価位置を図 3-3-70 に示す。



(C-C断面)

図 3-3-70 対象部位



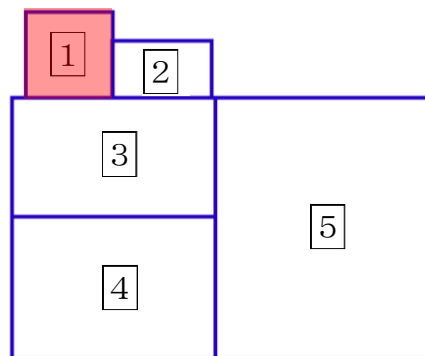
(c) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

強軸方向断面（C-C断面）にて発生する面内せん断応力度は、表 3-3-10～表 3-3-14 に示すとおり最大で 0.96 (N/mm<sup>2</sup>) である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) であり、照査値は 1.0 を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表 3-3-10 面内せん断に対する照査結果 (対象部位<sup>1</sup>)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max}/f_s$
①	S s - D	++	0.44	1.11	0.40
		-+	0.35		0.32
		+ -	0.29		0.27
		--	0.37		0.34
	S s - F 1	++	0.24		0.22
	S s - F 2	++	0.26		0.24
	S s - N 1	++	0.23		0.22
		-+	0.23		0.22
	S s - N 2 (NS)	++	0.23		0.21
		-+	0.21		0.19
	S s - N 2 (EW)	++	0.25		0.23
		-+	0.21		0.19
②	S s - D	+ -	0.29	0.27	
③	S s - D	+ -	0.29	0.27	
④	S s - D	+ -	0.40	0.37	
⑤	S s - D	+ -	0.40	0.37	

注：評価位置を図 3-3-71 に示す。



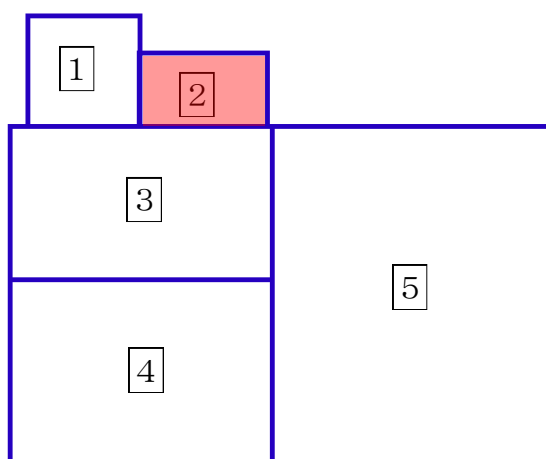
(C-C断面)

図 3-3-71 対象部位

表 3-3-11 面内せん断に対する照査結果 (対象部位<sup>2</sup>)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max}/f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.13	1.11	0.12
		-+	0.11		0.11
		+ -	0.10		0.09
		--	0.13		0.12
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.08		0.08
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.09		0.09
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.08		0.08
		-+	0.08		0.08
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.07		0.07
		-+	0.06		0.06
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.07		0.07
		-+	0.07		0.07
②	S <sub>s</sub> -D	+ -	0.10	0.09	
③	S <sub>s</sub> -D	+ -	0.10	0.09	
④	S <sub>s</sub> -D	+ -	0.11	0.11	
⑤	S <sub>s</sub> -D	+ -	0.11	0.10	

注：評価位置を図 3-3-72 に示す。



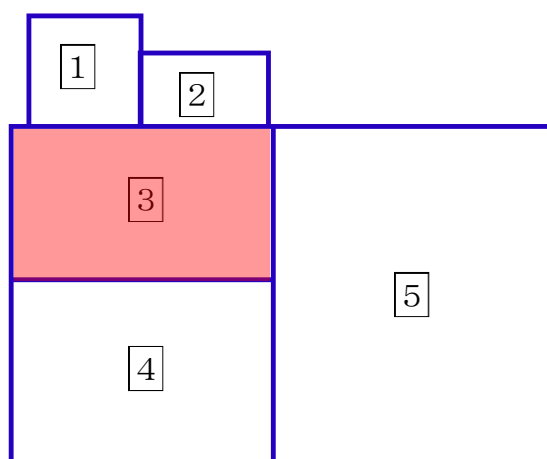
(C-C断面)

図 3-3-72 対象部位

表 3-3-12 面内せん断に対する照査結果 (対象部位<sup>3</sup>)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{max}/f_s$
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.61	1.11	0.55
		-+	0.57		0.51
		+-	0.56		0.51
		--	0.58		0.53
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.42		0.38
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.47		0.43
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.40		0.37
		-+	0.46		0.42
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.39		0.36
		-+	0.38		0.34
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.36		0.33
		-+	0.38		0.35
②	S <sub>s</sub> -D	+-	0.57	0.52	
③	S <sub>s</sub> -D	+-	0.57	0.52	
④	S <sub>s</sub> -D	+-	0.69	0.63	
⑤	S <sub>s</sub> -D	+-	0.70	0.63	

注：評価位置を図 3-3-73 に示す。



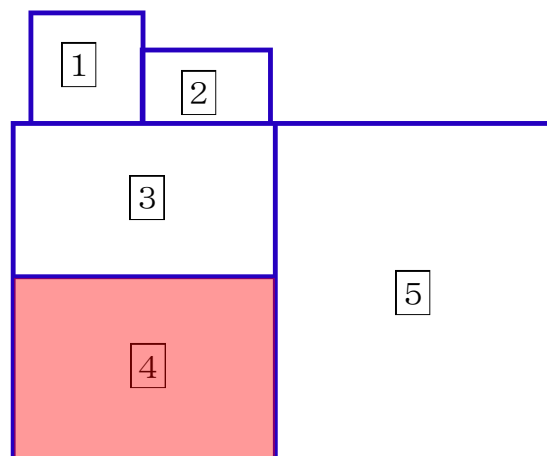
(C-C断面)

図 3-3-73 対象部位

表 3-3-13 面内せん断に対する照査結果 (対象部位<sup>4</sup>)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max}/f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.88	1.11	0.80
		-+	0.96		0.87
		+-	0.88		0.80
		--	0.94		0.85
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.65		0.59
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.74		0.67
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.63		0.58
		-+	0.67		0.60
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.59		0.53
		-+	0.61		0.55
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.59		0.53
		-+	0.58		0.53
	②	S <sub>s</sub> -D	+-		0.88
③	S <sub>s</sub> -D	+-	0.88	0.80	
④	S <sub>s</sub> -D	+-	0.93	0.84	
⑤	S <sub>s</sub> -D	+-	0.93	0.84	

注：評価位置を図 3-3-74 に示す。



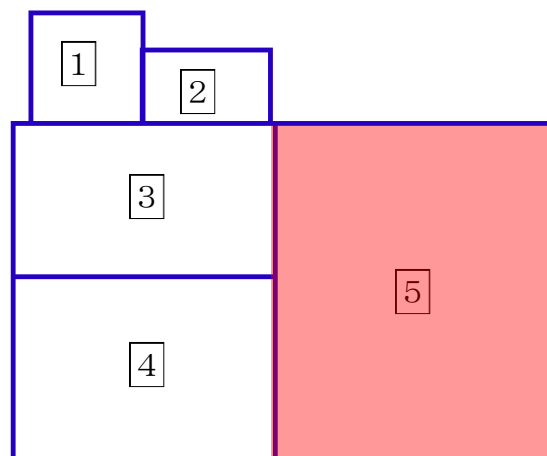
(C-C断面)

図 3-3-74 対象部位

表 3-3-14 面内せん断に対する照査結果 (対象部位<sup>5</sup>)

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度	短期許容 せん断応力度	照査値 $\tau_{max}/f_s$
			$\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
①	S <sub>s</sub> -D	++	0.65	1.11	0.59
		-+	0.68		0.61
		+-	0.55		0.50
		--	0.70		0.63
	S <sub>s</sub> -F 1	++	0.45		0.41
	S <sub>s</sub> -F 2	++	0.59		0.53
	S <sub>s</sub> -N 1	++	0.54		0.49
		-+	0.37		0.34
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.47		0.43
		-+	0.42		0.38
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.45		0.41
		-+	0.42		0.38
②	S <sub>s</sub> -D	+-	0.56	0.51	
③	S <sub>s</sub> -D	+-	0.57	0.51	
④	S <sub>s</sub> -D	+-	0.71	0.64	
⑤	S <sub>s</sub> -D	+-	0.70	0.64	

注：評価位置を図 3-3-75 に示す。



(C-C断面)

図 3-3-75 対象部位

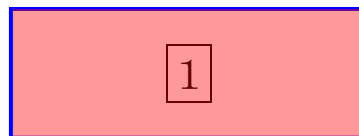
(d) 緊急時対策所用燃料地下タンク

強軸方向断面（B-B断面）にて発生する面内せん断応力度は、表3-3-15に示すとおり最大で0.23（N/mm<sup>2</sup>）である。一方で、RC規準による許容限界である短期許容せん断応力度は1.11（N/mm<sup>2</sup>）であり、照査値は1.0を下回ることから強軸方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸方向断面の耐震評価に影響を与えることはない。

表3-3-15 面内せん断に対する照査結果（対象部位<sup>1</sup>）

解析 ケース	地震動		面内せん断 応力度 $\tau_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_{\max}/f_s$
①	S s - D	++	0.22	1.11	0.20
		-+	0.20		0.18
		+-	0.23		0.21
		--	0.20		0.18
	S s - F 1	++	0.01		0.01
	S s - F 2	++	0.01		0.01
	S s - N 1	++	0.19		0.17
		-+	0.20		0.19
	S s - N 2 (NS)	++	0.15		0.14
		-+	0.18		0.17
	S s - N 2 (EW)	++	0.14		0.13
		-+	0.16		0.14
②	S s - D	+-	0.23	0.20	
③	S s - D	+-	0.22	0.20	

注：評価位置を図3-3-76に示す。



(B-B断面)

図3-3-76 対象部位

(e) 1号機取水槽北側壁

追而

(2) 3次元構造解析で耐震評価を行っている箱型構造物

a. 評価方法

妻壁を耐震要素として考慮する箱型構造物である取水槽は、3次元構造解析モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を考慮して耐震評価を行った。

「補足-026-02 取水槽の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の評価結果を示す。

b. 評価条件

「補足-026-02 取水槽の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の解析手法、解析モデルの設置、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

「補足-026-02 取水槽の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

(a) 取水槽

水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動の組合せを表 3-3-16 に示す。

水平2方向載荷に対する評価結果について、各部材において最も厳しい照査値となる解析ケース及び地震動の組合せを表 3-3-17 及び表 3-3-18 に示す。同表より、主筋ひずみ及びせん断力が、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。



表 3-3-16 水平 2 方向载荷による評価に用いる解析ケースと地震動

	解析ケース		地震動
	主方向	従方向	
曲げ・軸力系の破壊に対する照査（主筋ひずみ）	ケース①	ケース⑥	S s - D (++)
せん断破壊に対する照査	ケース②	ケース⑦	S s - D (-+)

表 3-3-17 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果（主筋ひずみ）

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*1	解析ケース		地震動	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
		主方向	従方向		
底版*3	—	—	—	—	—
中床版	28	②	⑦	S s - D (-+)	0.94
	(23)*2	(①)*2	(⑥)*2	(S s - D (++) ) *2	(0.70)*2
側壁	43	②	⑦	S s - D (-+)	0.90
隔壁	131	①	⑥	S s - D (++)	0.95
	(121)*2	(①)*2	(⑥)*2	(S s - D (++) ) *2	(0.36)*2
導流壁*3	—	—	—	—	—
妻壁*3	—	—	—	—	—
分離壁	66	①	⑥	S s - D (++)	0.06
控壁*3	—	—	—	—	—

注記\*1：評価位置は図 3-3-77～図 3-3-79 に示す。

\*2：要素の平均化を実施した要素のうち、最大の照査値を括弧内に示す。

\*3：おおむね弾性範囲内となる許容限界に対する照査が必要でない部材

表 3-3-18 せん断破壊に対する照査結果

評価部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ				
	評価位置*1	解析ケース		地震動	照査値 $V_d/V_{y d}$
		主方向	従方向		
底版	1	②	⑦	S s - D (-+)	0.62
中床版	34 (34)*2	② (②)*2	⑦ (⑦)*2	S s - D (-+) (S s - D (-+))*2	0.92 (0.92)*2
側壁	54 (54)*2	① (①)*2	⑥ (⑥)*2	S s - D (++) (S s - D (++))*2	0.92 (0.87)*2
隔壁	141 (141)*2	② (②)*2	⑦ (⑦)*2	S s - D (-+) (S s - D (-+))*2	0.66 (0.66)*2
導流壁	61 (61)*2	② (②)*2	⑦ (⑦)*2	S s - D (-+) (S s - D (-+))*2	0.78 (0.78)*2
妻壁	81	①	⑥	S s - D (++)	0.50
分離壁	66	①	⑥	S s - D (++)	0.17
控壁	71	①	⑥	S s - D (++)	0.43

注記\*1：評価位置は図 3-3-77～図 3-3-79 に示す。

\*2：要素の平均化を実施した要素のうち、最大の照査値を括弧内に示す。

【底版，中床版】

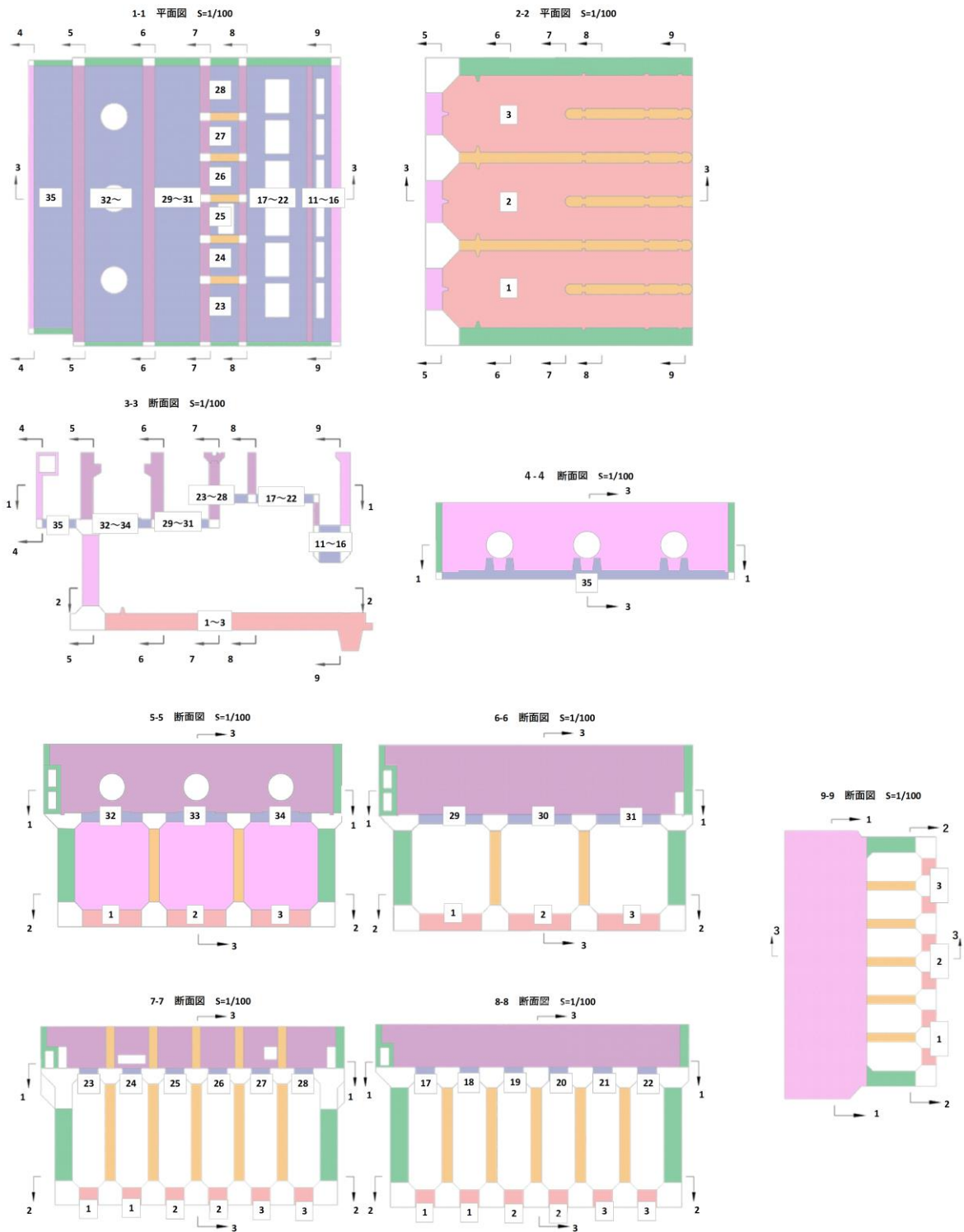


図 3-3-77 評価位置図（底版，中床版）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

【側壁，導流壁，分離壁，控壁】

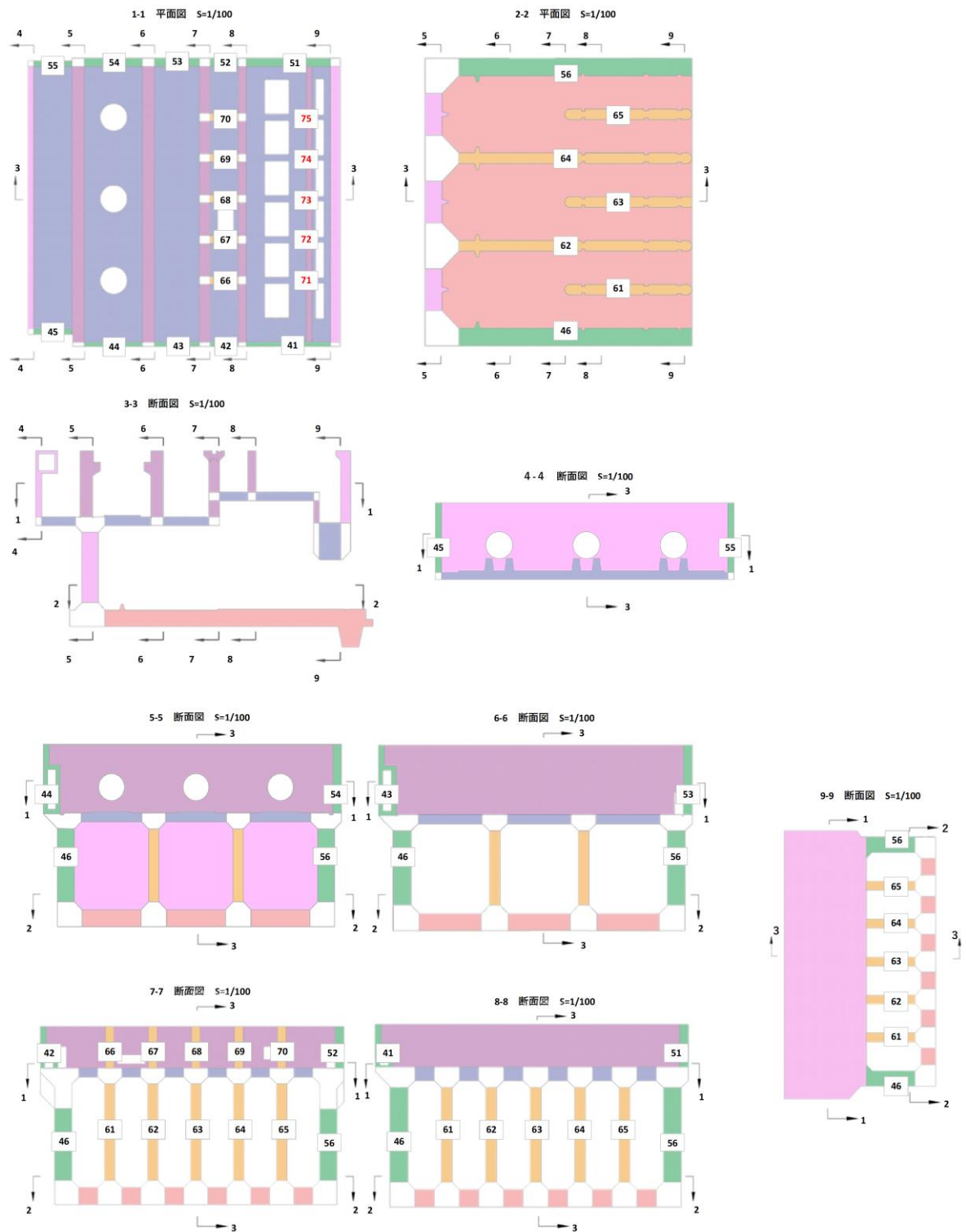


図 3-3-78 評価位置図（側壁，導流壁，分離壁，控壁）  
（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

【隔壁，妻壁】

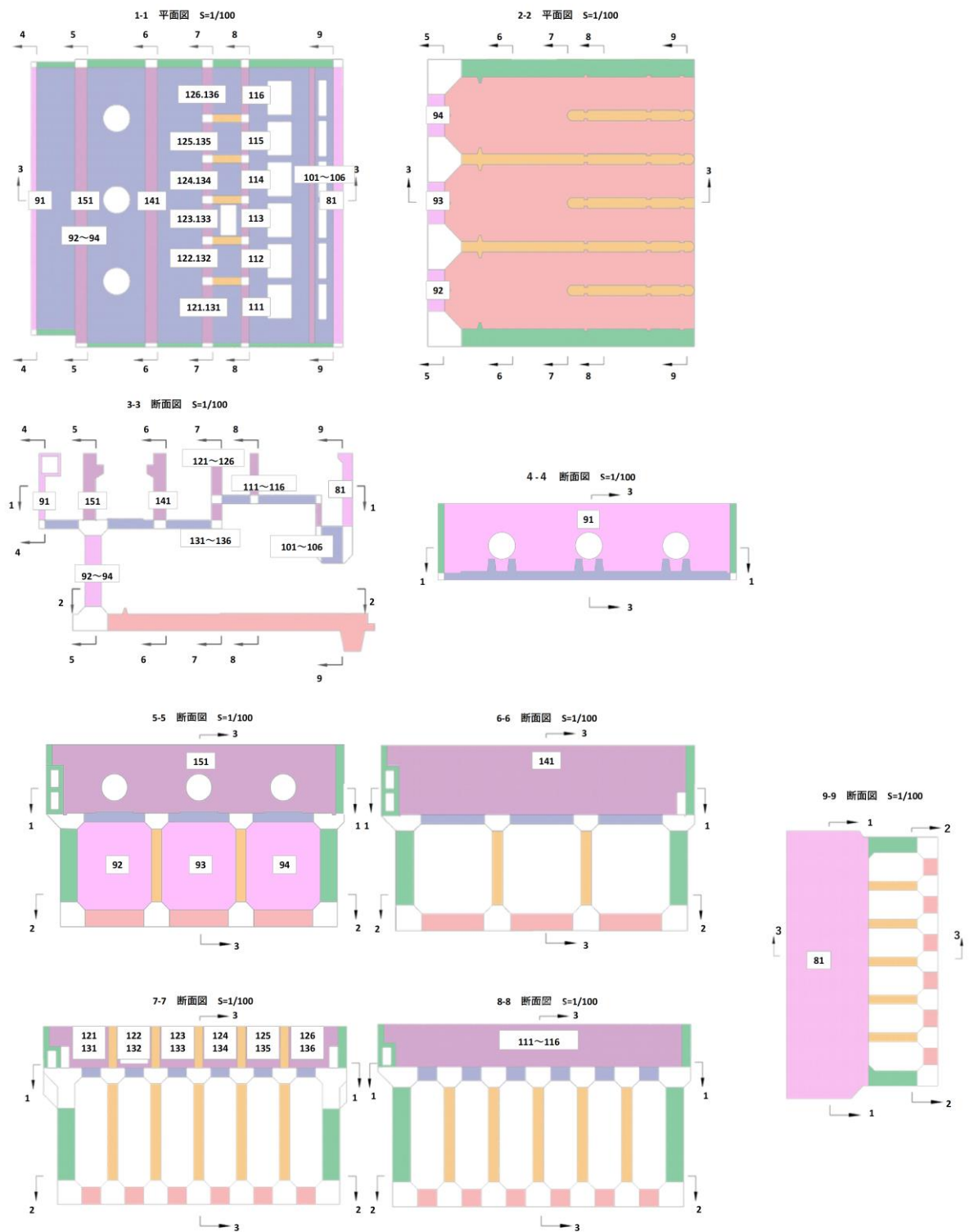


図 3-3-79 評価位置図 (隔壁，妻壁)  
(曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊)

(3) 線状構造物

a. 評価方法

「補足-26-3 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の評価結果を示す。

b. 評価条件

「補足-26-03 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の解析手法, 解析モデルの設置, 解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

「補足-026-3 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

追而

(4) 円筒状構造物

a. 評価方法

取水口については、「補足-26-08 取水口の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に、復水貯蔵タンク遮蔽壁は、「補足-27-10-94 溢水源としないB、Cクラス機器の耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の評価結果を示す。

b. 評価条件

取水口の評価条件は、「補足-026-8 取水口の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に、復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価条件は、「補足-27-10-94 溢水源としないB、Cクラス機器の耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の解析手法、解析モデルの設置、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

取水口の許容限界は、「補足-026-8 取水口の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に、復水貯蔵タンク遮蔽壁の許容限界は、「補足-27-10-94 溢水源としないB、Cクラス機器の耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

(a) 取水口

取水口の評価結果を表 3-3-19 及び表 3-3-20 に、取水口部材のうち評価対象となる構造部材の位置を図 3-3-80 に示す。表 3-3-19 及び表 3-3-20 より、全ての評価対象部材に対して発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 3-3-19 解析ケース③ (S s - D (++) ) ケース C

応力度に対する各評価位置での最大照査値

(水平 2 方向, シェル要素)

評価位置	地震動	応力 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
Uデッキ デッキプレート	S s - D (++)	28.2	0.13
Uデッキ ビーム交差部		73.6	0.32
Uデッキ 主桁		115.2	0.50
Uデッキ 斜材交差部		65.4	0.28
Uデッキ クロスビーム		19.4	0.09
メインスクリーン		74.5	0.32
補助スクリーン		20.7	0.09
Lデッキ デッキプレート		38.0	0.17
Lデッキ デッキ外縁材		19.0	0.09
Lデッキ クロスビーム		34.7	0.15
砂止め		25.9	0.12
Lデッキ~鉛直管主桁		80.6	0.35
サイドポール		37.9	0.17
鉛直管		143.3	0.61
接続管		186.2	0.80
接続管 スティフナー		187.2	0.80
アンカーフレーム 底板		1.3	0.01
アンカーフレーム 主桁		4.3	0.02
アンカーフレーム 接続管位置桁		3.0	0.02
アンカーフレーム クロスビーム		2.5	0.02



表 3-3-20 解析ケース③ (S s - D (++) ) ケース C  
 応力度に対する各評価位置での最大照査値  
 (水平 2 方向, はり要素)

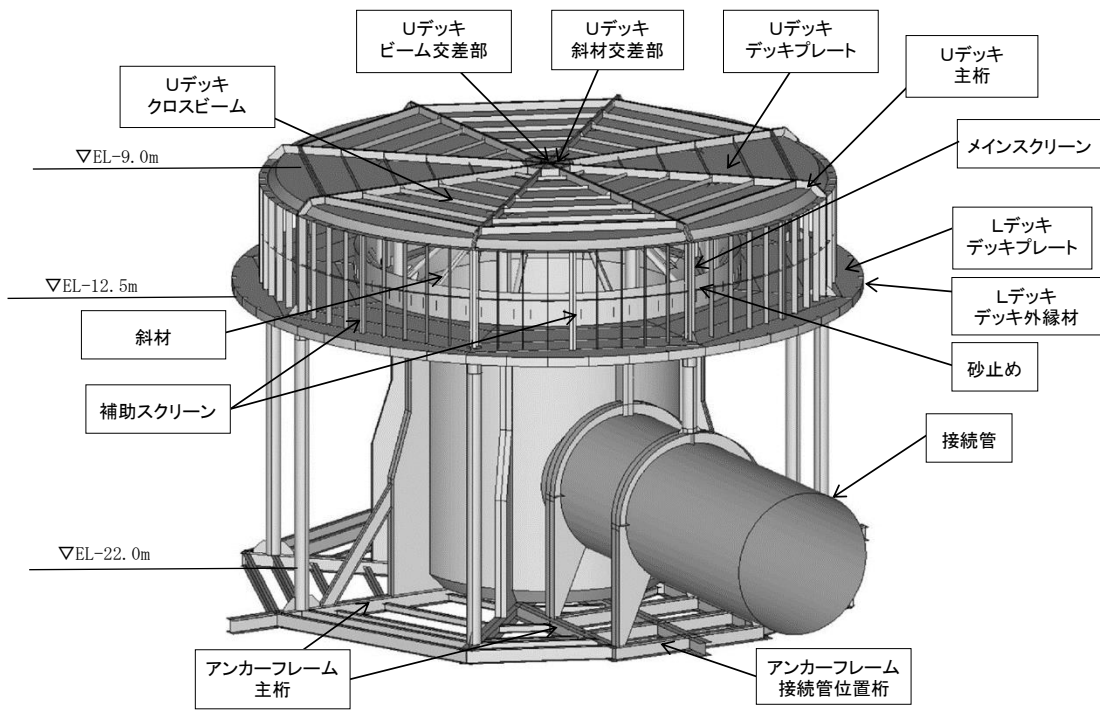
評価位置	地震動	照査値				
		圧縮と曲げ		引張と曲げ		せん断
		*1	*2	*3	*4	
ストラット	S s - D (++)	0.20	0.15	0.15	0.14	0.04
斜材		0.58	0.15	0.50	0.17	0.21
サイドポール (一般部)		0.13	0.09	0.11	0.10	0.02
サイドポール (接続管部)		0.19	0.15	-	-	0.03

注記\*1 : 圧縮軸応力及び曲げ応力を受ける部材で,  $\sigma_c/f_c + \sigma_b/f_b$

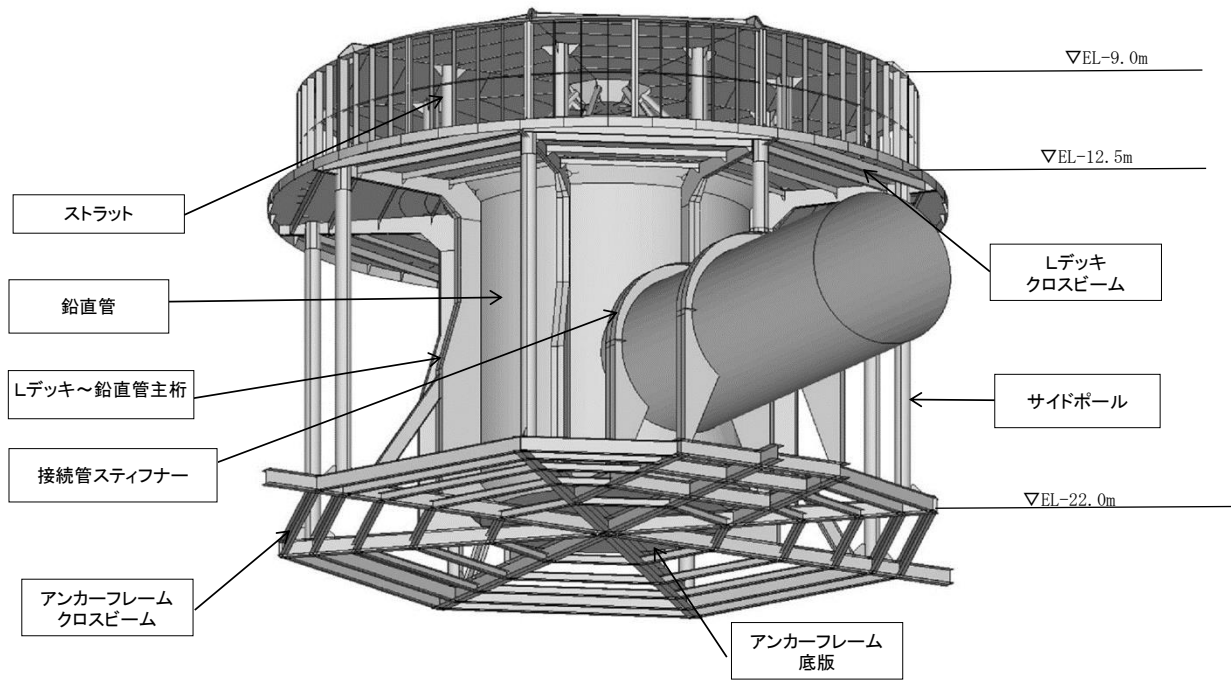
\*2 : 圧縮軸応力及び曲げ応力を受ける部材で,  $(\sigma_b - \sigma_c)/f_t$

\*3 : 引張軸応力及び曲げ応力を受ける部材で,  $(\sigma_t + \sigma_b)/f_t$

\*4 : 引張軸応力及び曲げ応力を受ける部材で,  $(\sigma_b - \sigma_t)/f_b$



(取水口上方から望む)



(取水口下方から望む)

図 3-3-80 取水口の評価対象部材位置図

(b) 復水貯蔵タンク遮蔽壁

復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価結果を表 3-3-21～表 3-3-24 に、復水貯蔵タンク遮蔽壁のうち評価対象となる構造部材の位置を図 3-3-81 に示す。表 3-3-21～表 3-3-24 より、全ての評価対象部材に対して発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

(1) 遮蔽壁

表 3-3-21 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

地震応答解析		応力解析	曲げ モーメント $M_d$ (kN・m/m)	軸力 $N_d$ (kN/m)	曲げ耐力 $M_u$ (kN・m/m)	照査値 $M_d/M_u$
解析 ケース	地震動	解析 ケース				
①	S s - D (-+)	ケースA	101	-1070	139	0.73

表 3-3-22 せん断破壊に対する最大照査値

地震応答解析		応力解析	せん断力 $V_d$ (kN/m)	許容せん断力 $V_a$ (kN/m)	照査値 $V_d/V_a$
解析 ケース	地震動	解析 ケース			
①	S s - D (-+)	ケースA	91	241	0.38

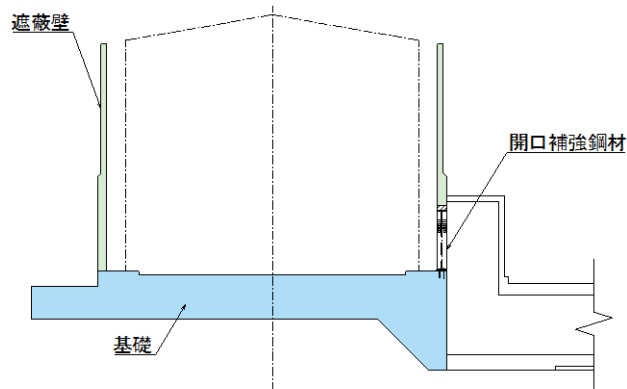
## (2) 開口補強鋼材

表 3-3-23 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

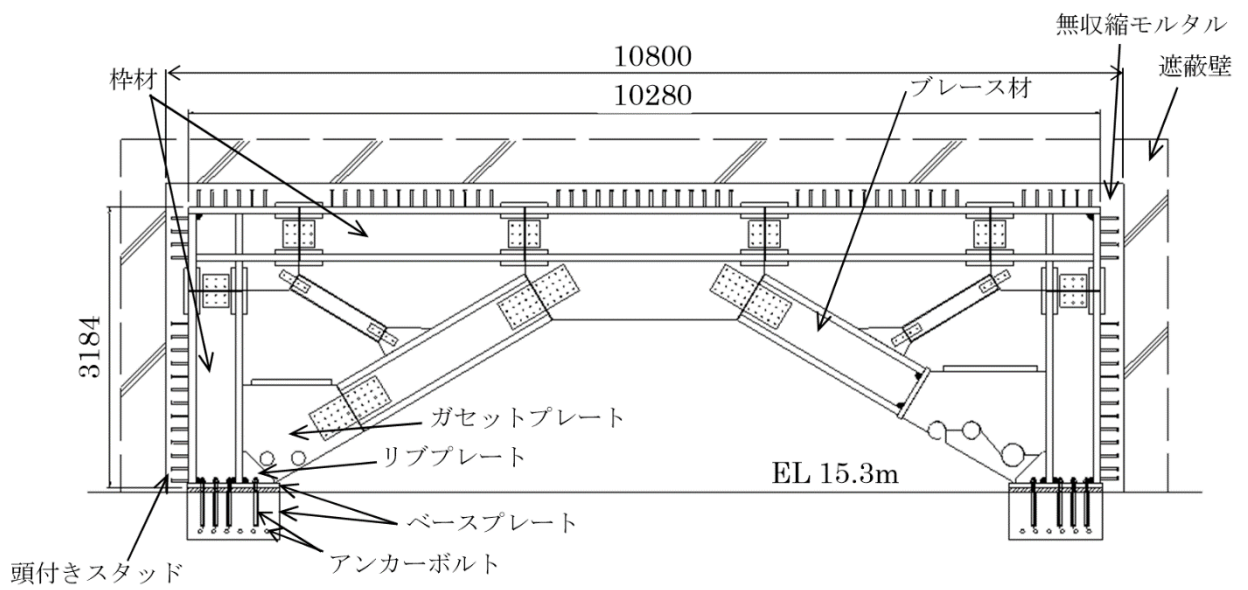
地震応答解析			応力解析	発生応力度 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 $\sigma_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma / \sigma_a$
評価位置	解析 ケース	地震動	解析 ケース			
枠材	①	S s - D (-+)	ケース A	53	215	0.25
ブレース材				21	183	0.12
ガセットプレート				148	215	0.69
ベースプレート				165	248	0.67

表 3-3-24 せん断破壊に対する最大照査値

地震応答解析			応力解析	発生せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau / \tau_a$
評価位置	解析 ケース	地震動	解析 ケース			
枠材	①	S s - D (-+)	ケース A	10	124	0.09
リブプレート				26	136	0.20
ベースプレート				22	124	0.18
アンカーボルト				1792	2924	0.62



(遮蔽壁, 基礎及び開口補強鋼材)



(開口補強鋼材)

図 3-3-81 復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価対象部材位置図

(5) 直接基礎

a. 評価方法

「補足-026-12 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の評価結果を示す。

b. 評価条件

「補足-026-12 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の解析手法，解析モデルの設置，解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

「補足-026-12 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

水平2方向による構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表3-3-25に，せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表3-3-26に示す。

同表より，ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 3-3-25 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果

解析 ケース	地震動	照査用曲げ モーメント $M_d$ (kN・m)	終局曲げ モーメント* $M_{ud}$ (kN・m)	照査値 $M_d/M_{ud}$
③	S s - D	1201	2329	0.52

注記\* : 終局曲げモーメント $M_{ud}$ =断面終局に相当する曲げモーメント $M_d$ /部材係数  
 $\gamma_b (=1.15)$

表 3-3-26 せん断破壊に対する照査結果

解析 ケース	地震動	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{yd}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{yd}$
③	S s - D	793	1245	0.64

注記\* : 照査用せん断 $V_d$ 力=発生せん断力 $V$ ×構造解析係数 $\gamma_a (=1.00)$

(6) 管路構造物

a. 評価方法

「補足-026-7 取水管の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の評価結果を示す。

なお、取水管は、管周方向の地震応答解析に基づく管周方向曲げ応力と、管軸方向の応力解析に基づく管軸方向合成応力及びせん断応力を組み合わせた合成応力を用いて、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行った。

b. 評価条件

「補足-026-7 取水管の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の解析手法、解析モデルの設置、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

「補足-026-7 取水管の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」に記載の許容限界とする。

d. 評価結果

取水管における合成応力度を表3-3-27に示す。

取水管に発生する合成応力は、許容限界以下であることを確認した。



表 3-3-27 合成応力による評価結果

解析 ケース	地震動		管周方向	管軸方向 (Ss-D(- $\sigma$ ))		合成 応力度 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容 応力度 $\sigma_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma / \sigma_a$
			曲げ応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	合成応力度 $\sigma_L$ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 応力度 $\tau_s$ (N/mm <sup>2</sup> )			
③	S s - F 2	++	27.6	44.3	35.4	87.8	235	0.38

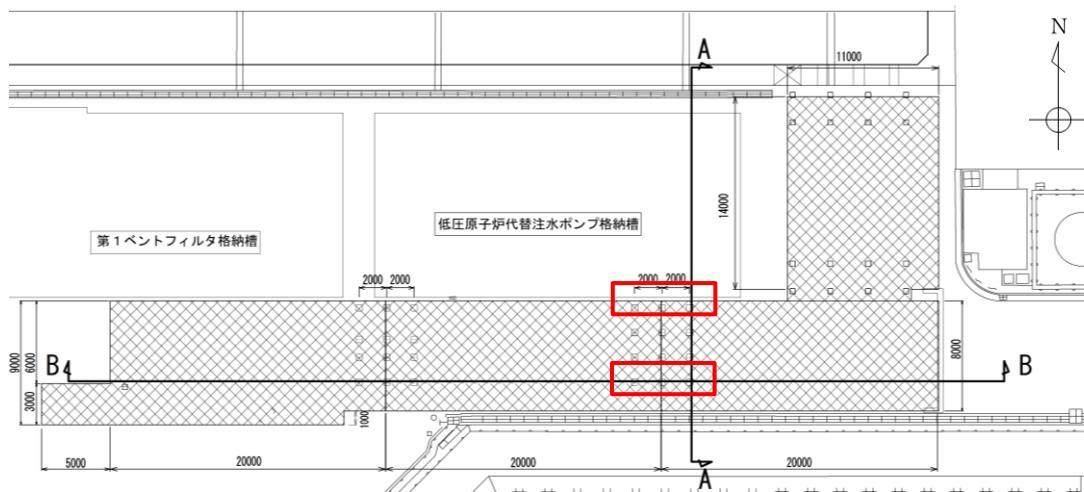
(7) 鉄骨構造

a. 評価方法

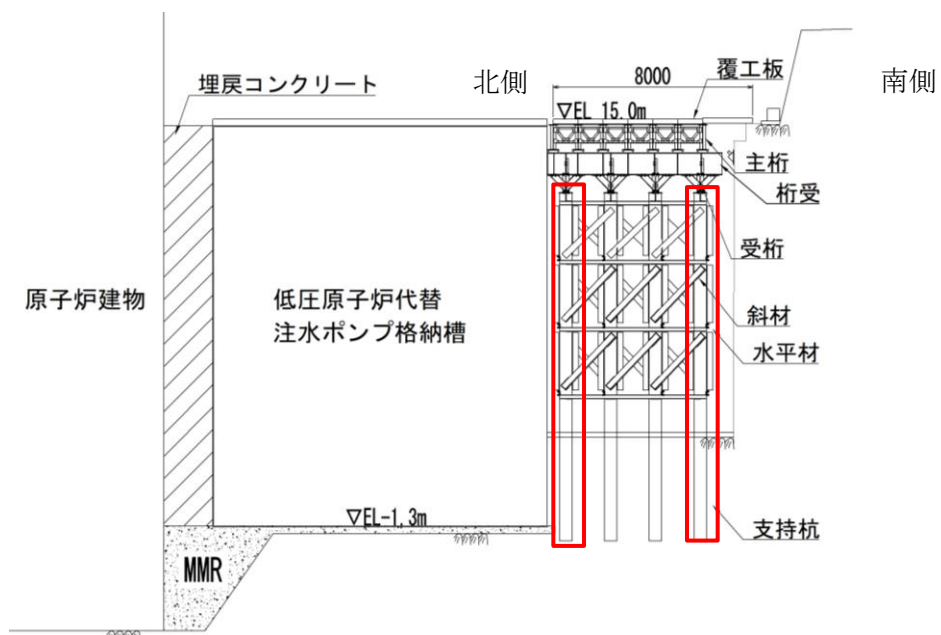
仮設耐震構台の支持杭の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、弱軸方向における構造解析にて評価した断面力を用いることで、照査値が基準値以下であることを確認する。評価対象は、「補足 027-10-93 仮設耐震構台の耐震性に係る補足説明資料」に示す評価対象部位である水平材、斜材及び支持杭のうち、直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中する部位である南側及び北側の支持杭を対象とする。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査は、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に、評価対象部位である支持杭に作用する荷重や応力を考慮し、「c. 許容限界」に示す値を用いて影響を検討する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査方法、解析ケースについては、「補足 027-10-93 仮設耐震構台の耐震性に係る補足説明資料」に示す方法と同様とする。仮設耐震構台の支持杭の評価対象部位を図 3-3-82 に示す。



(単位：mm)



(単位：mm)

評価対象部位（支持杭）

図 3-3-82 仮設耐震構台の支持杭の評価対象部位

b. 評価条件

仮設耐震構台の評価条件については、「補足 027-10-93 仮設耐震構台の耐震性に係る補足説明資料」に記載の解析手法，解析モデルの設置，解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

許容限界は、「補足 027-10-93 仮設耐震構台の耐震性に係る補足説明資料」に示す発生応力度／許容限界の照査値 1.0 以下に対し，水平 2 方向の地震力を考慮した基準値として  $1/\sqrt{2}$  ( $\approx 0.70$ ) 以下とする。

d. 評価結果

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表 3-3-28 に示す。支持杭に発生する曲げ軸力及びせん断力の照査値は基準値 0.70 以下であることを確認した。

表 3-3-28(1) 影響評価結果（曲げ軸力に対する照査値）

地震動*		部位	断面力		照査値
			曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	
S <sub>s</sub> -D	++	支持杭 (南側)	333	-1814	0.49 < 0.7

注記\*：発生応力度が最大となる地震動を示す。

表 3-3-28(2) 影響評価結果（せん断力に対する照査値）

地震動*		部位	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
S <sub>s</sub> -D	++	支持杭 (南側)	28	120	0.24 < 0.7

注記\*：発生応力度が最大となる地震動を示す。

### 3.3.4 機器・配管系への影響

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評価対象として抽出した構造物について、機器・配管系への影響の可能性について検討した。

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については、構造物にねじれが発生する場合、応答に影響を与えられられる。

#### (1) 箱型構造物

箱型構造物については、鉄筋コンクリート部材の底版や側壁が厚く、全体の剛性が大きいことから、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (2) 線状構造物

線状構造物のうち、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として抽出した屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の一体化部については、直交するダクトが交差する箇所であり、剛性が大きいことから、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (3) 円筒状構造物

円筒状構造物である取水口及び復水貯蔵タンク遮蔽壁については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

#### (4) 直接基礎

直接基礎であるガスタービン発電機用軽油タンク基礎については、鉄筋コンクリート部材の底版が厚く、全体の剛性が大きい。また、鉛直部材が左右対称に配置されており、地震力によるねじれが発生し難い構造となる。そのため、直交するそれぞれの方向の加振の影響は互いに顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

#### (5) 管路構造物

管路構造物である取水管については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

#### (6) 鉄骨構造

鉄骨構造である仮設耐震構台については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

### 3.3.5 まとめ

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影響を受ける可能性がある施設（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮したうえで抽出し、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生応力が許容値を満足し、施設が有する耐震性に影響のないことを確認した。

### 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 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

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波壁，防波壁通路防波扉及び1号機取水槽流路縮小工，浸水防止設備である防水壁，屋外排水路逆止弁，水密扉，床ドレン逆止弁，隔離弁，貫通部止水処置，ポンプ及び配管，津波監視設備である津波監視カメラ及び取水槽水位計とする。各構造物の位置図を図3-4-1に，評価対象施設を表3-4-1に示す。

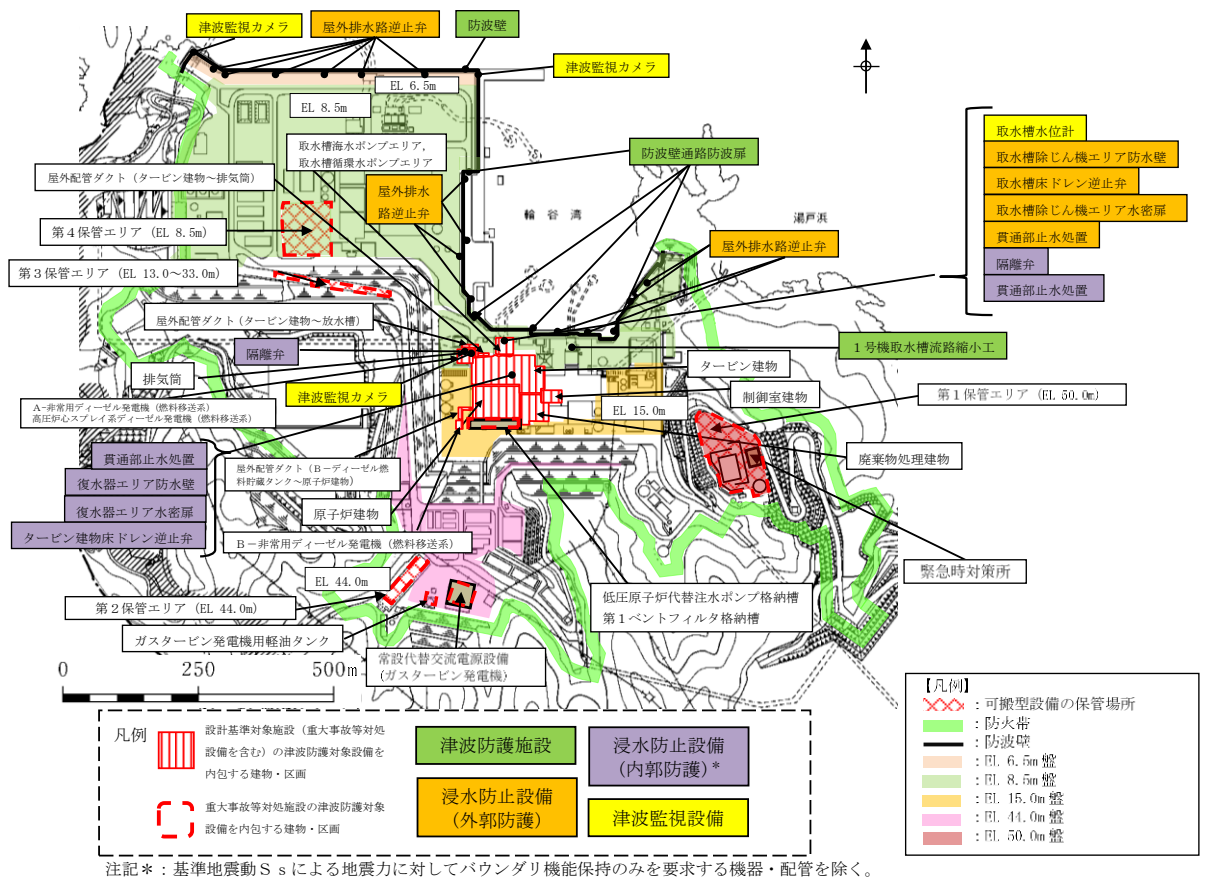


図3-4-1 (1) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

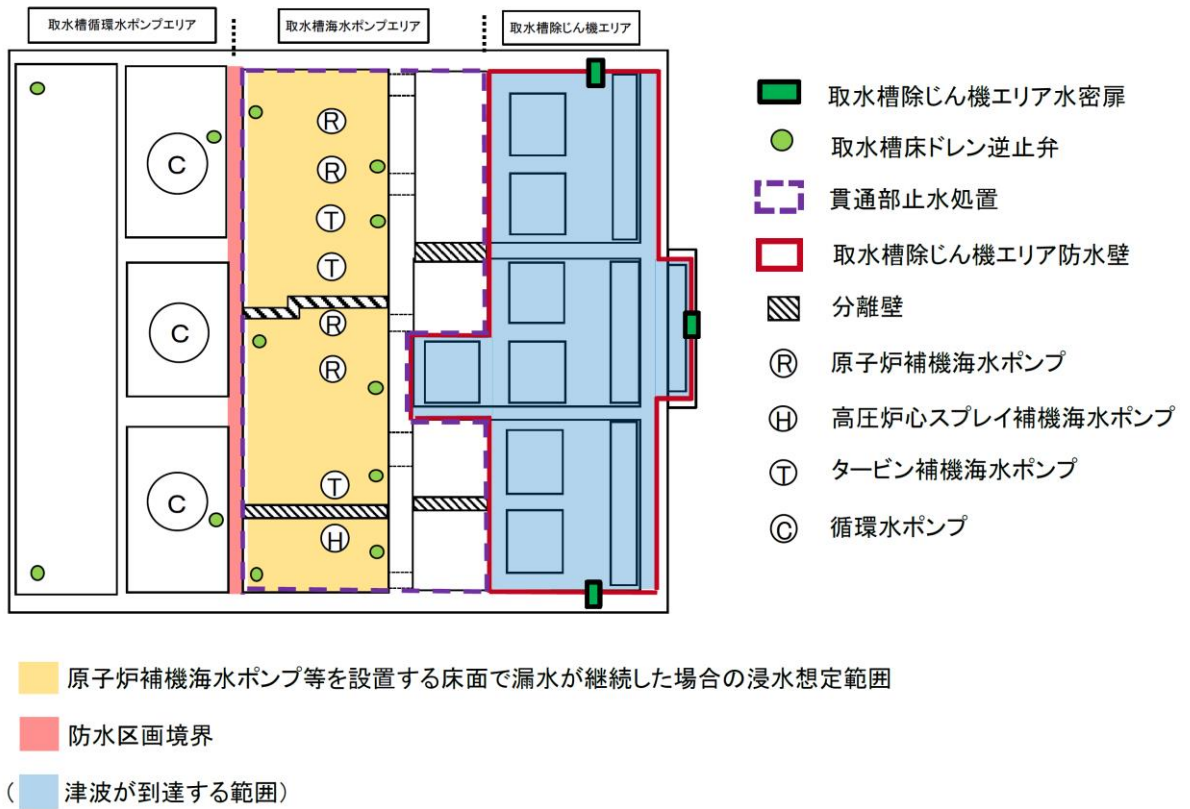


図 3-4-1 (2) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

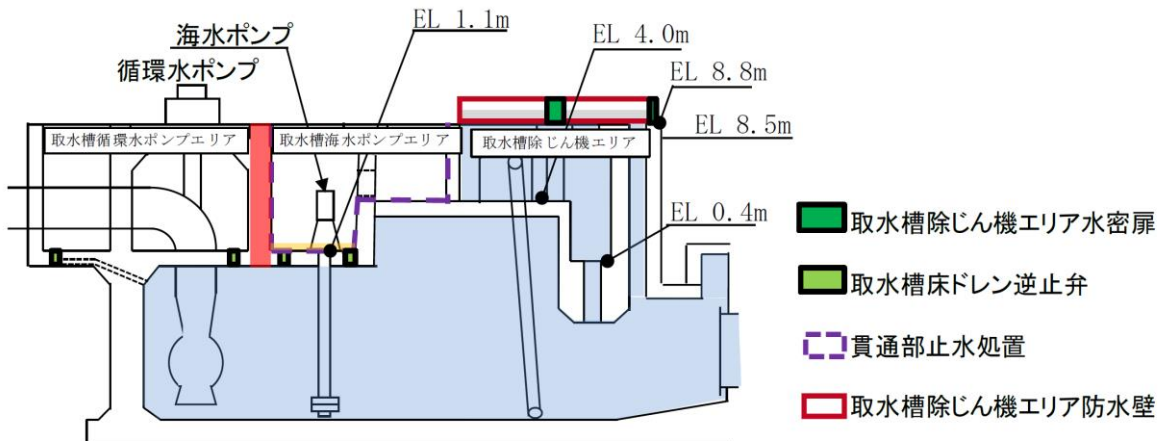


図 3-4-1 (3) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図



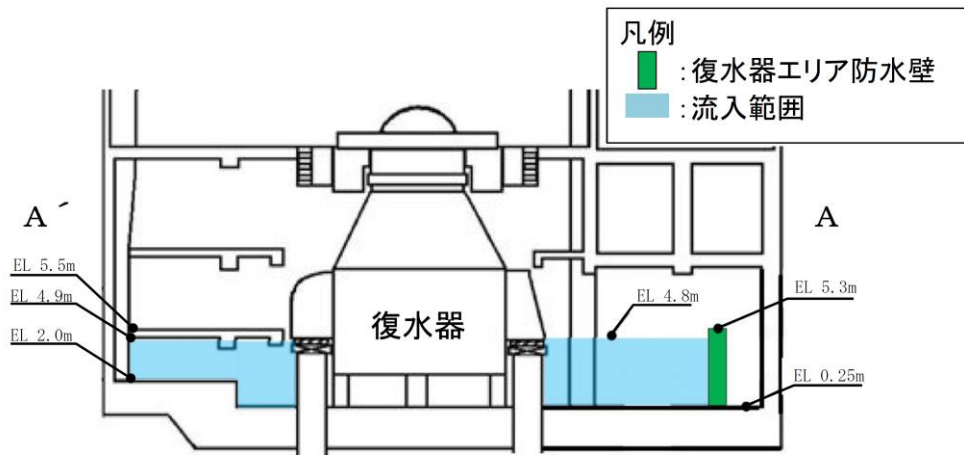
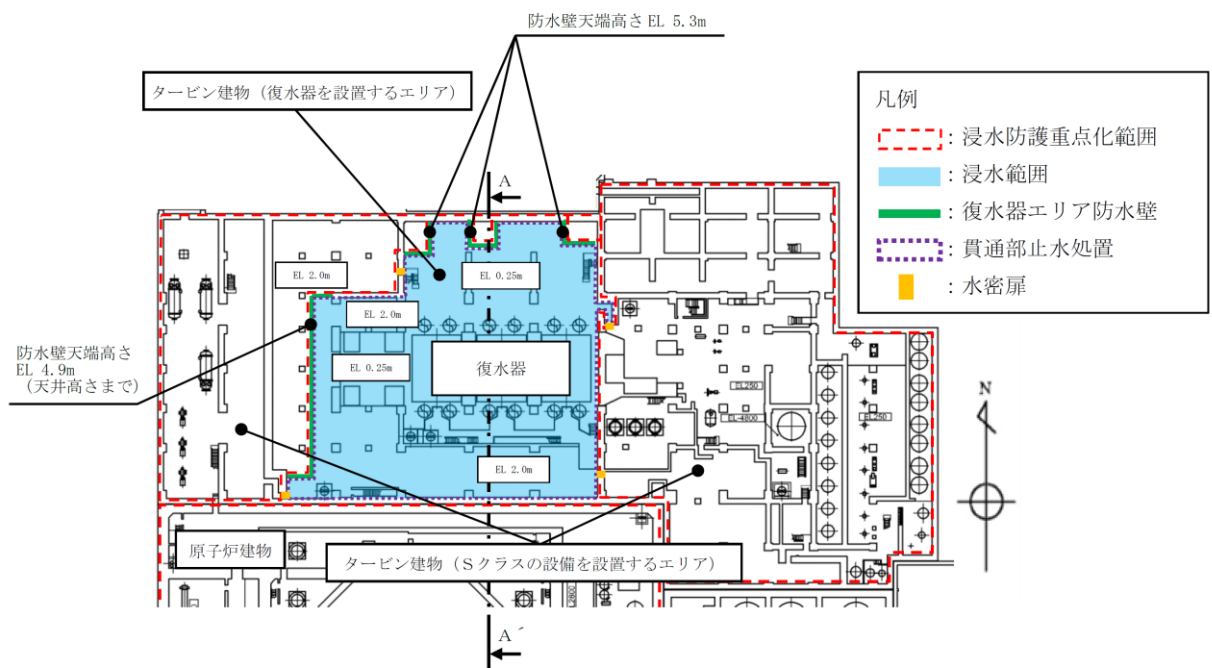
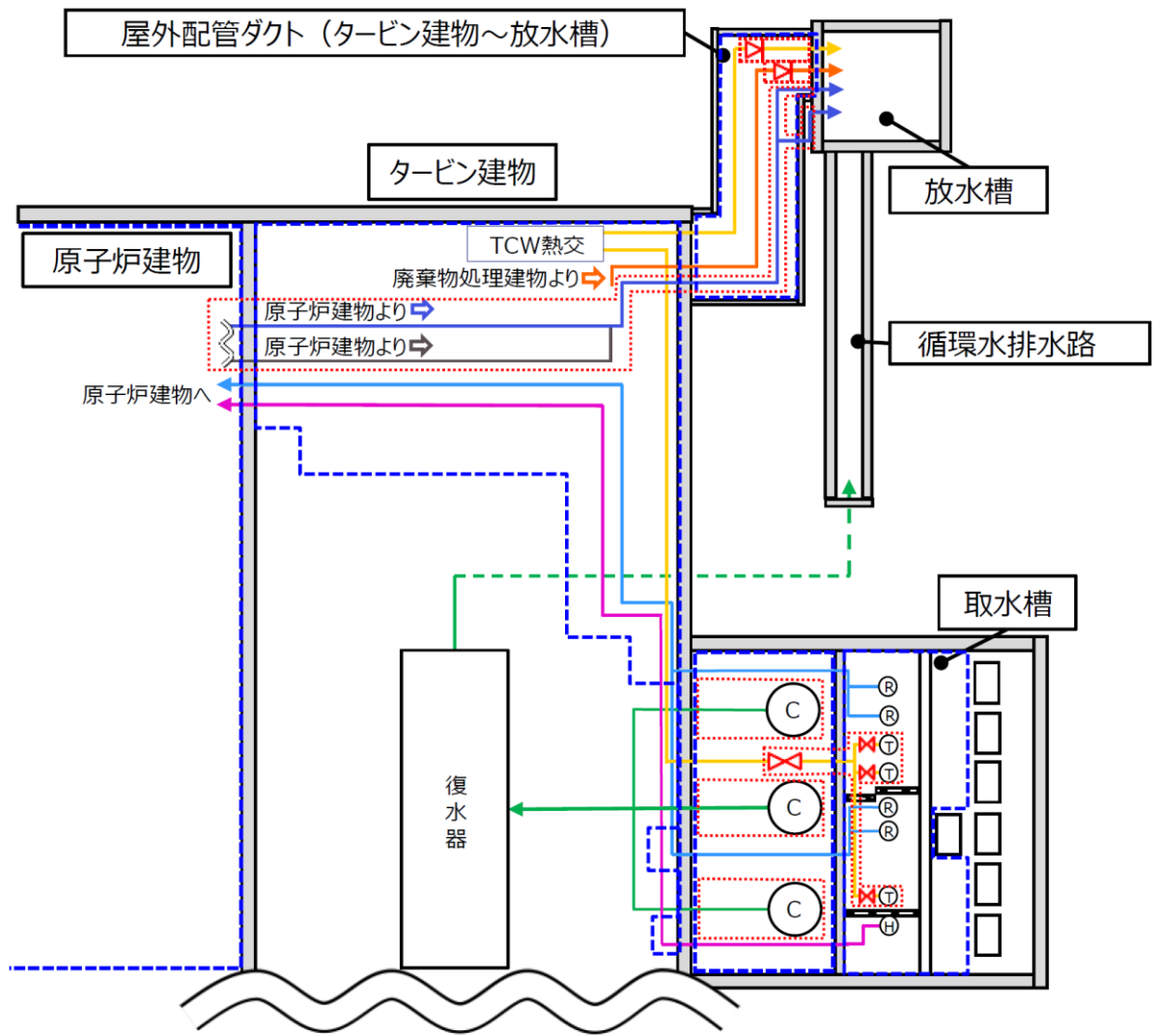


図 3-4-1 (4) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図



【凡例】

- ⬜ (点線): Sクラスとする範囲
  - ⊗ (点線): 隔離弁 (電動弁, 逆止弁)
  - ⬜ (点線): 浸水防護重点化範囲
  - ← (点線): 原子炉補機海水系配管 (Sクラス)
  - ← (点線): 高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (Sクラス)
  - ← (点線): 原子炉補機海水系放水配管 (Cクラス)
  - ← (点線): 高圧炉心スプレイ補機海水系放水配管 (Cクラス)
  - ← (点線): タービン補機海水系配管 (Cクラス)
  - ← (点線): 循環水系配管 (Cクラス) (点線部は埋設配管を示す)
  - ← (点線): 液体廃棄物処理系配管 (Cクラス)
  - Ⓡ: 原子炉補機海水ポンプ (Sクラス)
  - ⓗ: 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ (Sクラス)
  - Ⓣ: タービン補機海水ポンプ (Cクラス)
  - Ⓒ: 循環水ポンプ (Cクラス)
- 注) 浸水防護機能を除く耐震クラスを記載

図 3-4-1 (5) 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備位置図

表 3-4-1 評価対象施設

設備名称		施設分類	
防波壁	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	津波防護施設	
	防波壁（逆T擁壁）		
	防波壁（波返重力擁壁）		
防波壁通路防波扉	防波壁通路防波扉（1号機北側）		
	防波壁通路防波扉（2号機北側）		
	防波壁通路防波扉（荷揚場南）		
	防波壁通路防波扉（3号機東側）		
1号機取水槽流路縮小工			
防水壁	取水槽除じん機エリア防水壁		浸水防止設備
	復水器エリア防水壁		
屋外排水路逆止弁			
水密扉	取水槽除じん機エリア水密扉		
	復水器エリア水密扉		
床ドレン逆止弁	取水槽床ドレン逆止弁		
	タービン建物床ドレン逆止弁		
隔離弁	タービン補機海水系隔離システム （電動弁，漏えい検知器，制御盤）		
	逆止弁		
ポンプ及び配管			
貫通部止水処置			
津波監視カメラ		津波監視設備	
取水槽水位計			

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は、VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」、 「4.3 屋外重要土木構造物等」に分類し評価を行っていることから、その分類を表 3-4-2 に示す。

浸水防止設備及び津波監視設備のうち、VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」に基づき、「3.2 機器・配管系」にて評価結果を示している施設については、本章では評価は省略する。浸水防止設備の間接支持構造物のうち、「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋外重要土木構造物等」にて評価結果を示している施設についても、本章では評価は省略する。

表 3-4-2 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の分類

分類	名称	区分	
津波防護施設	防波壁	「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「3.4.6」に整理する。	
	防波壁通路 防波扉	1号機北側	「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、「3.4.5」に整理する。
		2号機北側	
		荷揚場南	「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「3.4.6」に整理する。
		3号機東側	
1号機取水槽流路縮小工	「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」に整理する。		
浸水防止設備	防水壁	「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「3.4.6」に整理する。なお、間接支持構造物の影響評価は、「3.1」及び「3.3」に整理する。	
	屋外排水路逆止弁	「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」、「3.3」又は「3.4.5」に整理する。	
	水密扉		
	床ドレン逆止弁		
	隔離弁		
	ポンプ及び配管		
	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、「3.3」又は「3.4.5」に整理する。	
	取水槽水位計		

### 3.4.2 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

本章における評価対象構造物である津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びにその間接支持構造物の構造形式の分類を表 3-4-3 に示す。構造形式により線状構造物及び鋼管杭基礎の 2 つの構造形式に分類される。

表 3-4-3 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備  
並びにその間接支持構造物の構造形式の分類

分類	構造物		線状構造物	鋼管杭基礎
津波防護施設	防波壁	多重鋼管杭式擁壁	○ (上部工)	○ (鋼管杭)
		逆T擁壁	○ (上部工)	
		波返重力擁壁	○ (上部工・下部工)	
	防波壁通路 防波扉	1号機北側	○ (防波壁(多重鋼管杭式擁壁)* <sup>1</sup> )	
		2号機北側	○ (防波壁(多重鋼管杭式擁壁)* <sup>1</sup> )	
		荷揚場南	○ (上部工* <sup>2</sup> )	○ (鋼管杭)
		3号機東側	○ (上部工* <sup>2</sup> )	
浸水防止設備	防水壁	取水槽除じん機 エリア防水壁	○ (防水壁)	
		復水器エリア 防水壁	○ (防水壁)	
津波監視設備	津波監視カメラ		○ (防波壁(波返重力擁壁)* <sup>1</sup> )	

注記\*1：間接支持構造物を示す。なお，本表に示している設備以外の浸水防止設備及び津波監視設備の間接支持構造物については「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋外重要土木構造物等」にて評価結果を示していることから，本章では評価は省略する。

\*2：主たる止水構造である防波扉（鋼製扉体）については，従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向（強軸方向）の断面係数が相対的に大きいため，

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ことから評価は省略する。一方、防波扉（鋼製扉体）を支持する左右の R C 支柱については、線状構造物である防波壁と一体構造であり、強軸方向の慣性力等の荷重が作用することで、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ため、評価対象とする。



(2) 従来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

表 3-4-4 に従来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、動水圧、  
 摩擦力及び慣性力が挙げられる。

表 3-4-4 従来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	

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式

表 3-4-5 に、3.4.2(1)で整理した構造形式、3.4.2(2)で整理した荷重作用による影響程度と、各構造物の概略図と特徴を示す。

また、荷重の組合せによる応答特性が想定される箇所として、鋼管杭基礎の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁通路防波扉（荷揚場南）の下部工を抽出する。

表 3-4-5(1) 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

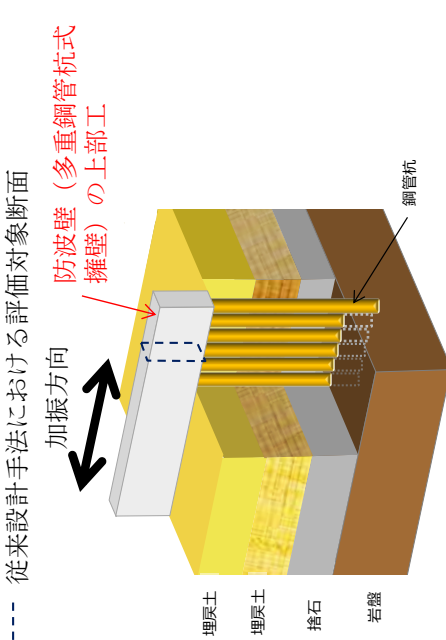

構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況		
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p> <p>② 摩擦力</p> <p>③ 慣性力</p>	<p>作用しない</p> <p>作用しない</p> <p>全ての部材に作用</p>
水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性	<p>防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の上部工</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の上部工には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として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。</li> </ul>
抽出結果	×	

表 3-4-5 (2) 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

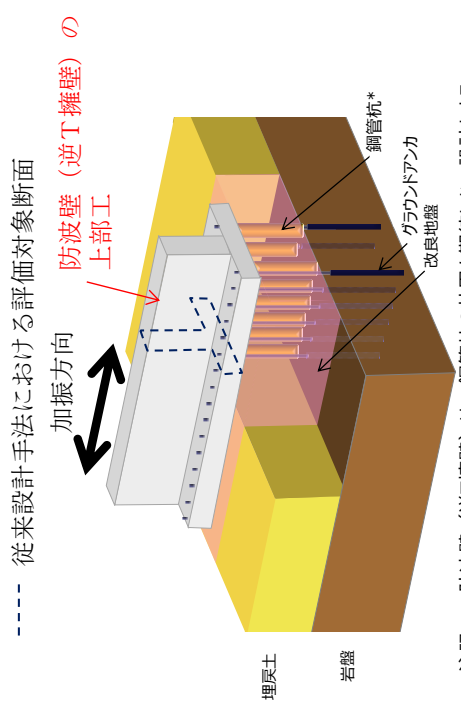
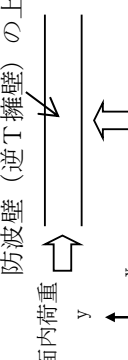
構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (逆T擁壁) 上部工)	
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況</p>	 <p>注記*: 防波壁 (逆T擁壁) は, 鋼管杭の効果を期待しない設計とする。</p>	
<p>従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</li> </ul>	
<p>水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性</p>	<p>防波壁 (逆T擁壁) の上部工</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁 (逆T擁壁) の上部工には, 左記に示すような水平2方向入力力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び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。</li> </ul>
抽出結果	×	

表 3-4-5 (3) 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

構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (波返重力擁壁) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況	<div style="text-align: center;"> <p>注記* : 防波壁 (波返重力擁壁) は, グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。</p> </div>	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p> <p>② 摩擦力</p> <p>③ 慣性力</p>	<p>作用しない</p> <p>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する側面に作用する</p> <p>全ての部材に作用</p>
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	<p>防波壁 (波返重力擁壁) の上部工</p> <p>面内荷重 y</p> <p>面外荷重 (土圧, 水圧等) x</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁 (波返重力擁壁) の上部工には, 左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び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。</li> </ul>
抽出結果	x	

表 3-4-5(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結果

構造形式の分類	線状構造物 (防波壁 (波返重力擁壁) 下部工)	
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況	<div style="text-align: center;"> </div> <p>注記*: 防波壁 (波返重力擁壁) は、グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。</p>	
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>• 従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (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。</p>	
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	<p>防波壁 (波返重力擁壁) の下部工</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防波壁 (波返重力擁壁) の下部工には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>• 下部工は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。</li> </ul>
抽出結果	×	

表 3-4-5(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

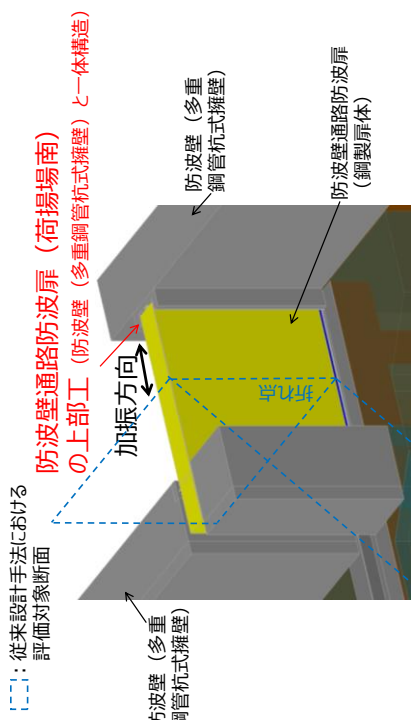
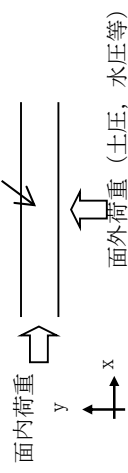
構造形式の分類	線状構造物 (防波壁通路防波扉 (荷揚場南) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	①動土圧及び動水圧	作用しない
水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性	②摩擦力	作用しない
抽出結果	③慣性力	全ての部材に作用
<p>防波壁 通路防波扉 (荷揚場南) の上部工</p> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁通路防波扉 (荷揚場南) の上部工には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び面内荷重として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。</li> </ul>
抽出結果		×

表 3-4-5(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

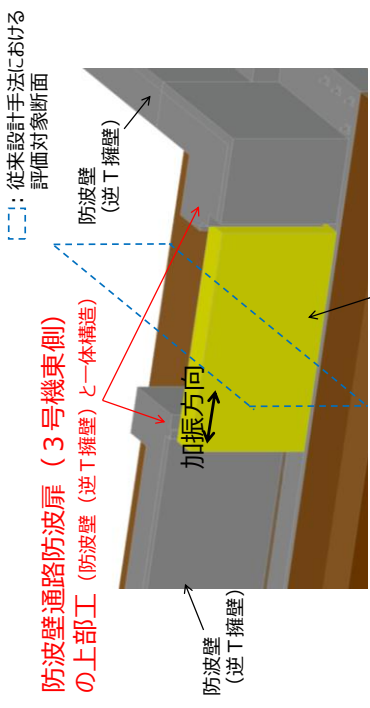
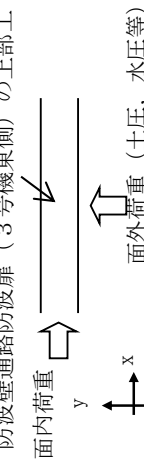
構造形式の分類	線状構造物 (防波壁通路防波扉 (3号機東側) 上部工)	
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p> <p>② 摩擦力</p> <p>③ 慣性力</p>	<p>作用しない</p> <p>作用しない</p> <p>全ての部材に作用</p>
水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性	<p>防波壁通路防波扉 (3号機東側) の上部工</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁通路防波扉 (3号機東側) の上部工には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び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。</li> </ul>
抽出結果	X	



表 3-4-5(7) 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

構造形式の分類	線状構造物 (取水槽除じん機エリア防水壁)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p>	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	① 動土圧及び動水圧	作用しない
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	② 摩擦力	作用しない
抽出結果	③ 慣性力	全ての部材に作用
<p>・ 従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (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。</p>		<p>・ 防水壁には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。          ・ 防水壁には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び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。</p>
	×	

表 3-4-5 (8) 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

構造形式の分類	線状構造物 (復水器エリア防水壁)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況		
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	①動土圧及び動水圧	作用しない
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	②摩擦力	作用しない
抽出結果	③慣性力	全ての部材に作用
<p>従来設計手法における評価対象断面に対して直交方向 (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。</p>		<p>防水壁には、左記に示すような水平2方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>防水壁には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び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。</li> </ul>
抽出結果		x

表 3-4-5(9) 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

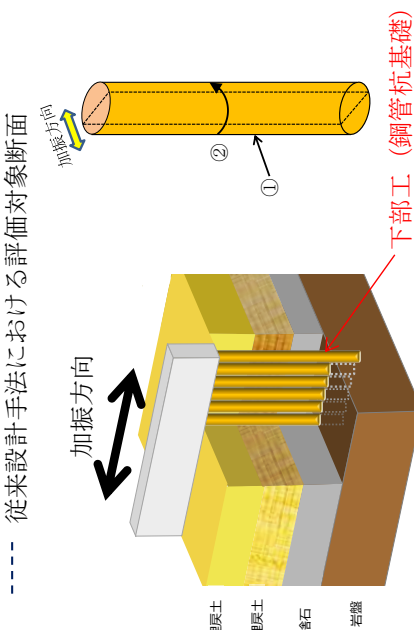
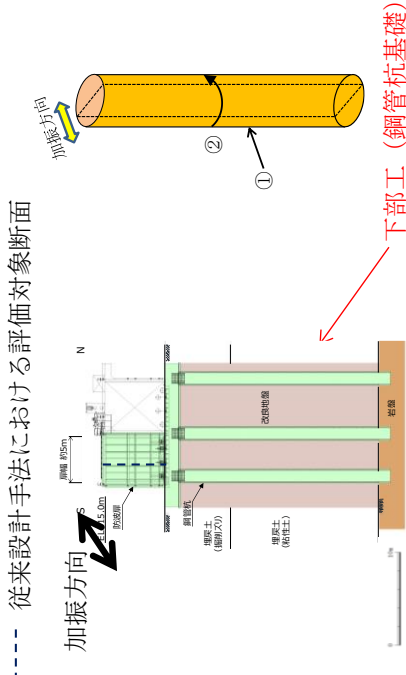
構造形式の分類	鋼管杭基礎 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 下部工)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p> 	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p> <p>作用する</p>	作用する
水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性	<p>② 摩擦力</p> <p>作用する</p>	作用する
抽出結果	<p>③ 慣性力</p> <p>全ての部材に作用</p>	全ての部材に作用
<p>• 胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重、③慣性力による荷重が作用するため影響の程度が大きい。</p>		
<p>• 鋼管杭基礎である防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工には、左記に示すような水平2方向入力による応力の集中が考えられる。</p> <p>• 下部工では、上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力、並びに上部工法線直交方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため、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。</p>		
○		

表 3-4-5(10) 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

構造形式の分類	鋼管杭基礎 (防波壁通路防波扉 (荷揚場南) 下部工)	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の作用状況	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p> 	
従来設計手法における評価断面に 対して直交する荷重の影響程度	<p>① 動土圧及び動水圧</p>	作用する
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	<p>② 摩擦力</p>	作用する
抽出結果	<p>③ 慣性力</p>	全ての部材に作用
<p>• 胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重，上部工からの荷重が作用するため影響の程度が大きい。</p>		
<p>• 鋼管杭基礎である防波壁通路防波扉 (荷揚場南) の下部工には、左記に示すような水平2方向入力による応力の集中が考えられる。</p> <p>• 下部工では、上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力、並びに上部工法線直交方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため、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。</p>		
○		

(4) 従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

3.4.2(3)で抽出しなかった線状構造物のうち、防波壁(多重鋼管杭式擁壁, 逆T擁壁, 波返重力擁壁)の上部工及び防波壁(波返重力擁壁)の下部工は、構造物の配置上、屈曲部や隅角部を有する。また、浸水防止設備のうち取水槽除じん機エリア防水壁及び復水器エリア防水壁は隅角部を有する。

以上の構造物の構造等を考慮したうえで、従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性を以下に示す。

a. 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の上部工

図3-4-2に、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の構造目地の平面図を示す。防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の上部工の屈曲部及び隅角部では、妻壁に相当する部位を有する。

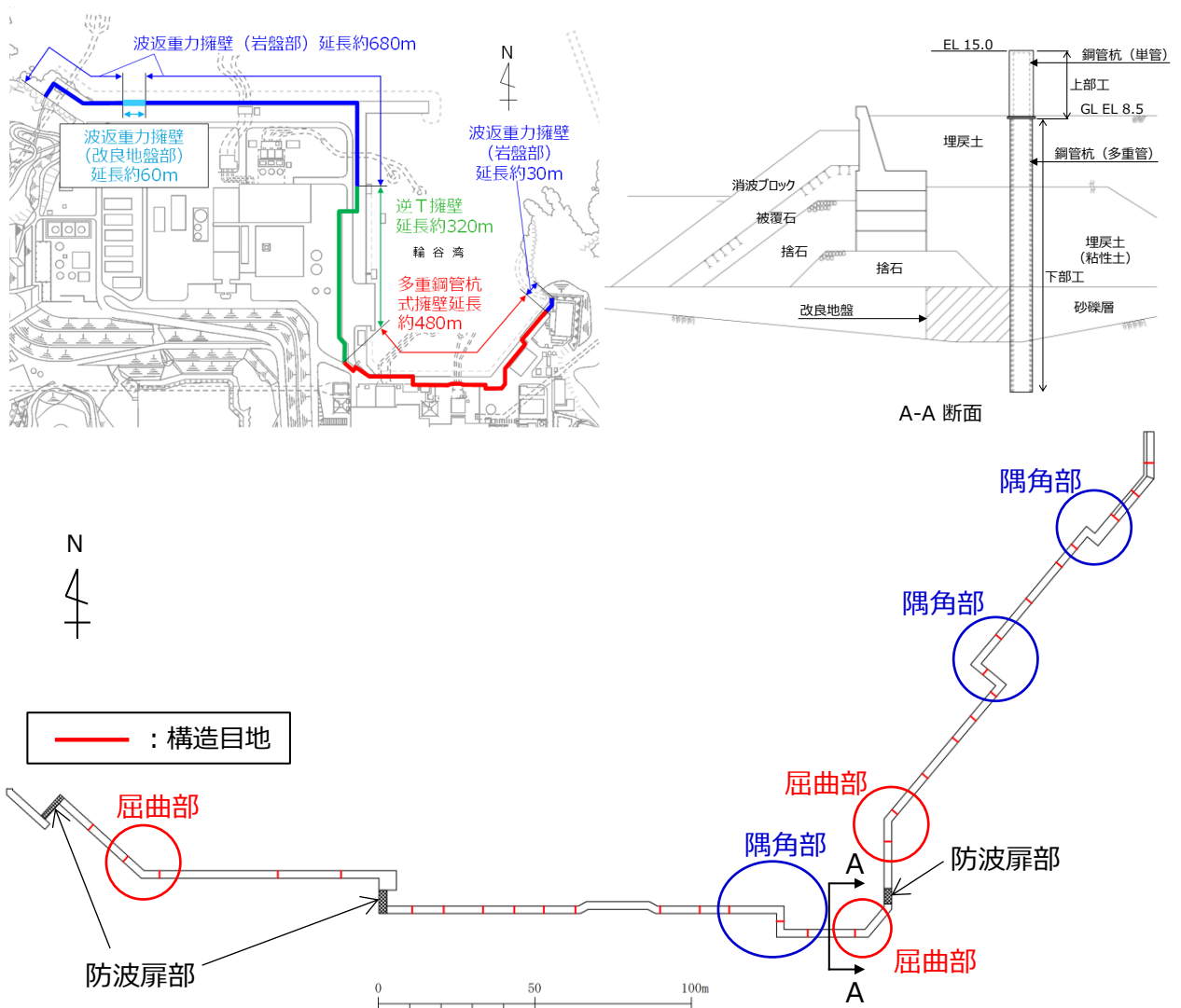
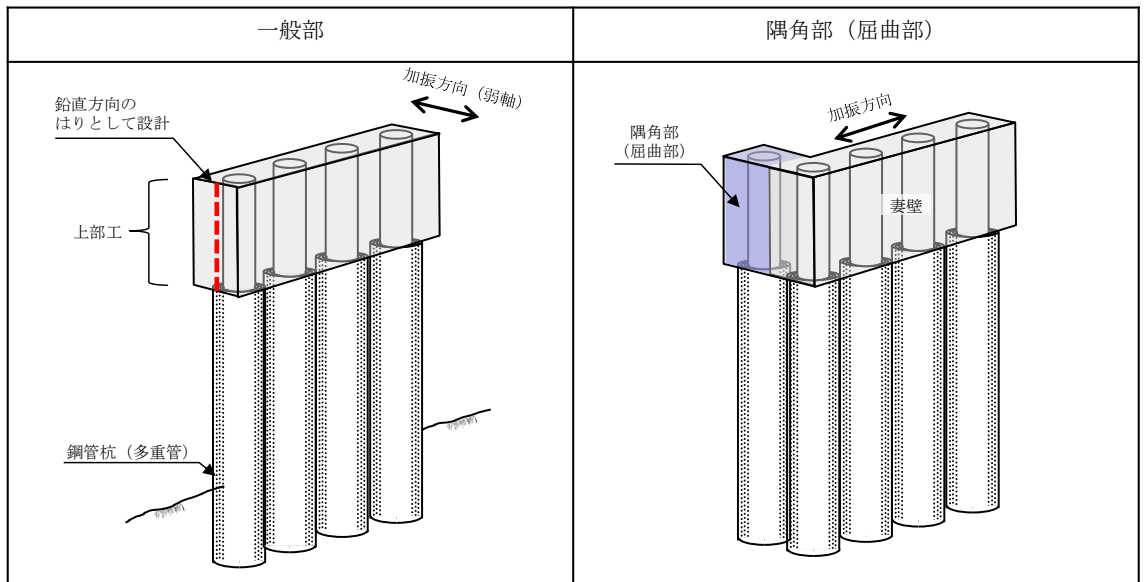


図3-4-2 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の構造目地(平面図)

表 3-4-6 に示すとおり，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は下部工と一体構造であることから，これを適切にモデル化し，上部工を鉛直方向のはりとして設計する。屈曲部や隅角部では，妻壁と交差する壁は，妻壁と比較して延長が短く，妻壁側に拘束されるため，妻壁の強軸方向の応答による影響は軽微となり，屈曲部や隅角部に弱軸方向の応答を用いて設計することから，加振方向に対して十分な裕度を有する設計となる。防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の屈曲部や隅角部について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響は軽微と考えられるが，念のため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する従来設計の妥当性を確認する。

表 3-4-6 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の設計概要図



b. 防波壁（逆T擁壁）の上部工

図3-4-3に、防波壁（逆T擁壁）の構造目地の平面図を示す。

防波壁（逆T擁壁）の上部工の屈曲部では、妻壁に相当する部位の面積が小さく、慣性力の影響も小さいことから、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。

隅角部については、隅角部に構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、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。

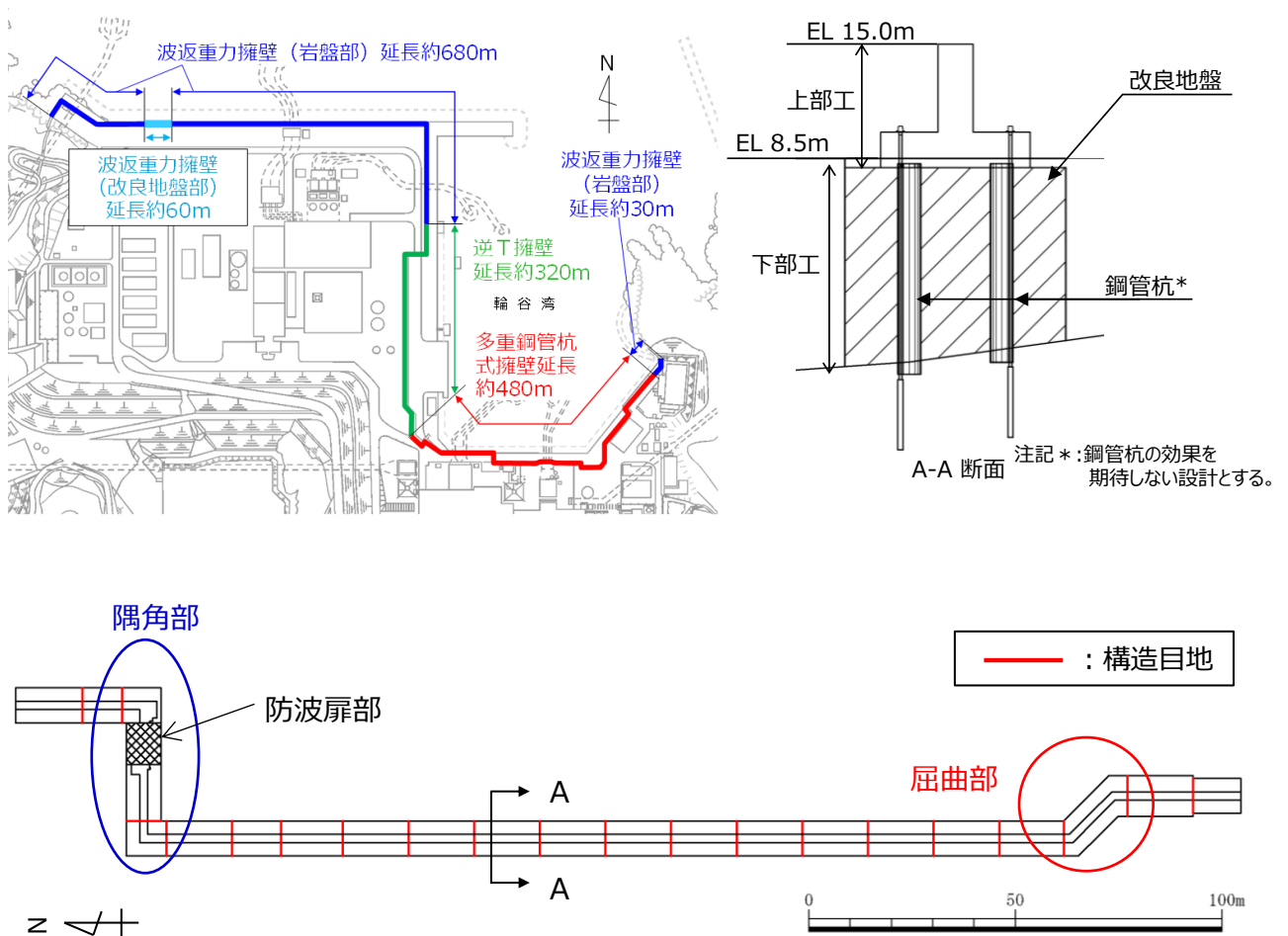


図3-4-3 防波壁（逆T擁壁）の構造目地（平面図）

c. 防波壁（波返重力擁壁）の上部工及び下部工

図 3-4-4 に、防波壁（波返重力擁壁）の構造目地の平面図を示す。

防波壁（波返重力擁壁）の上部工の屈曲部では、妻壁に相当する部位の面積が小さく、慣性力の影響も小さいことから、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。

隅角部については、隅角部に構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、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。

また、防波壁（波返重力擁壁）の下部工の屈曲部や隅角部では、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、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。

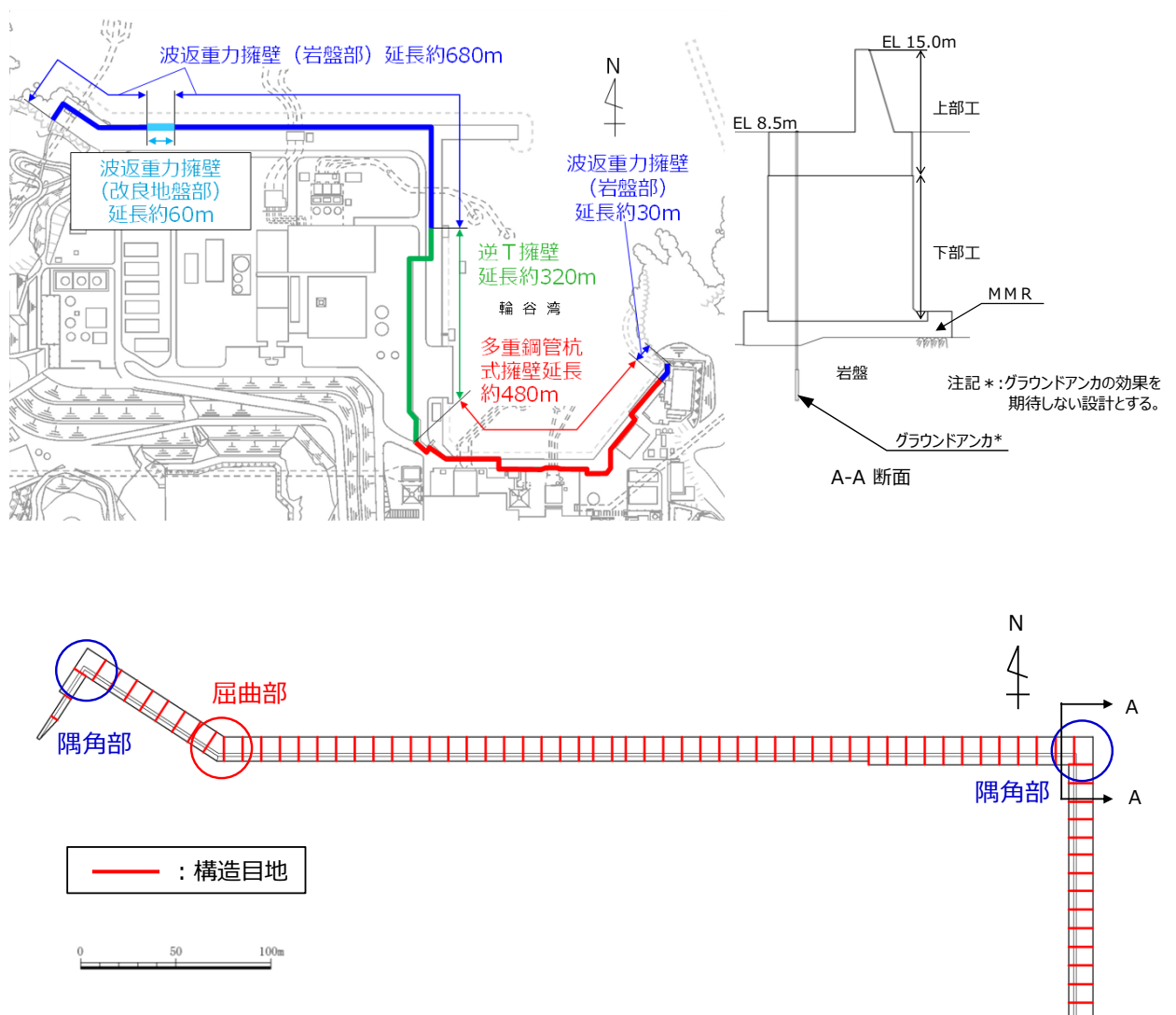


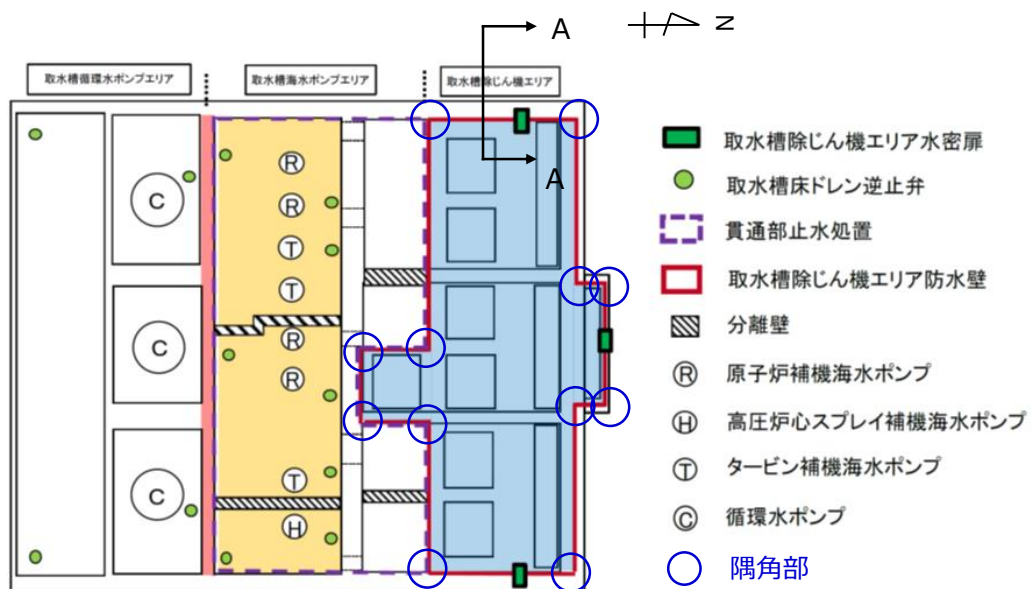
図 3-4-4 防波壁（波返重力擁壁）の構造目地（平面図）



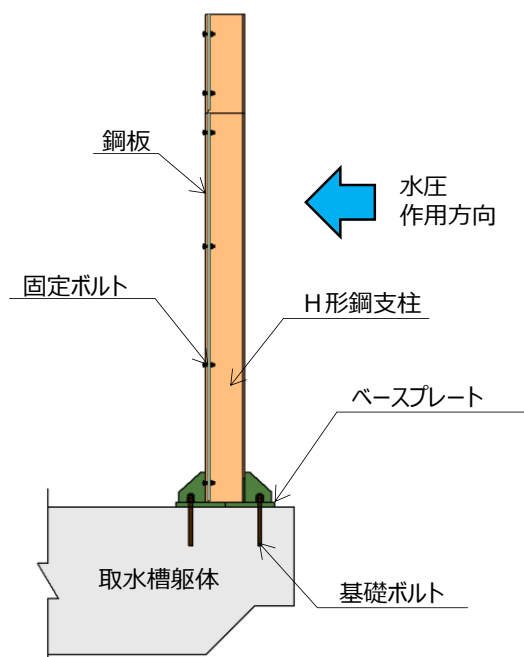
d. 取水槽除じん機エリア防水壁の隅角部

図 3-4-5 に，取水槽除じん機エリア防水壁の平面図及び断面図を示す。

防水壁の隅角部では，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。



平面図



A-A 断面図

図 3-4-5 取水槽除じん機エリア防水壁平面図及び断面図

e. 復水器エリア防水壁の隅角部

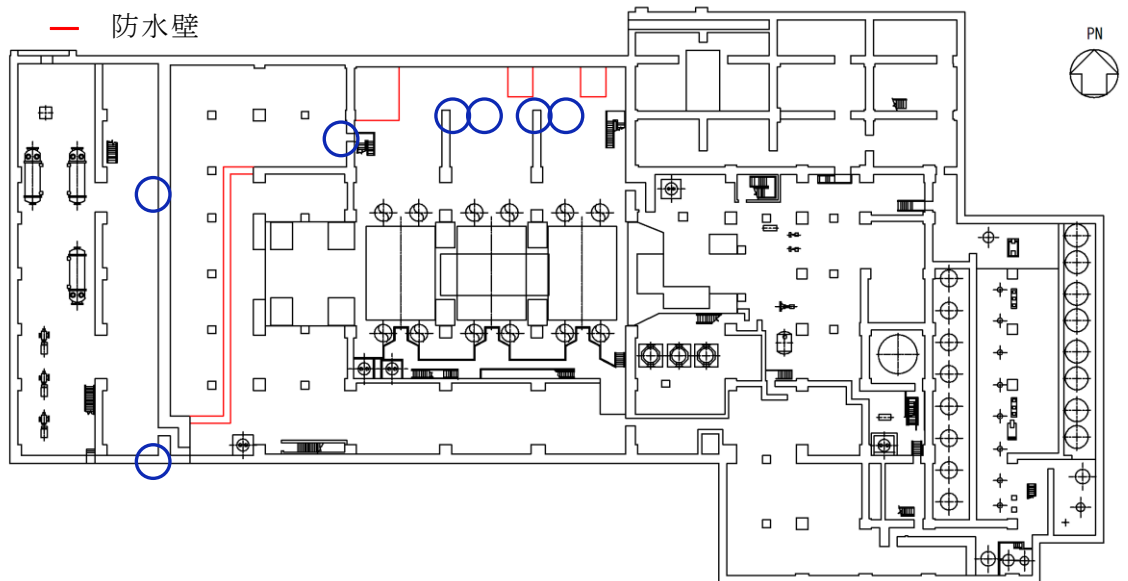
図 3-4-6 に、復水器エリア防水壁の設置位置図及び断面図を示す。

復水器エリア防水壁の隅角部では、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。

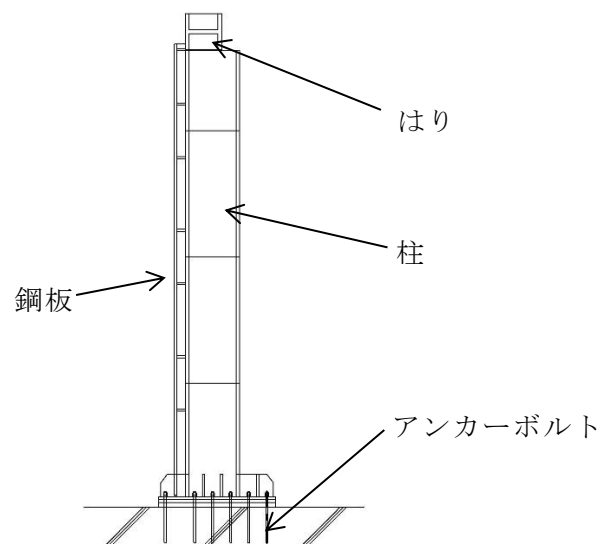
凡例

○ 隅角部

— 防水壁



設置位置図



断面図

図 3-4-6 復水器エリア防水壁の設置位置図及び断面図

### 3.4.3 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

3.4.2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評価対象構造物の抽出結果を以下に示す。

#### (1) 線状構造物

構造及び作用荷重の観点から、取水槽除じん機エリア防水壁及び復水器エリア防水壁の隅角部を抽出する。また、従来の設計手法で対応している防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工についても、その妥当性を確認する。

#### (2) 鋼管杭基礎

構造及び作用荷重の観点から、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁通路防波扉（荷揚場南）の下部工を抽出する。

ここで、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は防波壁通路防波扉（荷揚場南）の上部工よりも重量があり慣性力がより大きくなることで相対的に影響が大きいと考えられることから、鋼管杭基礎は防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工を代表に評価する。

### 3.4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

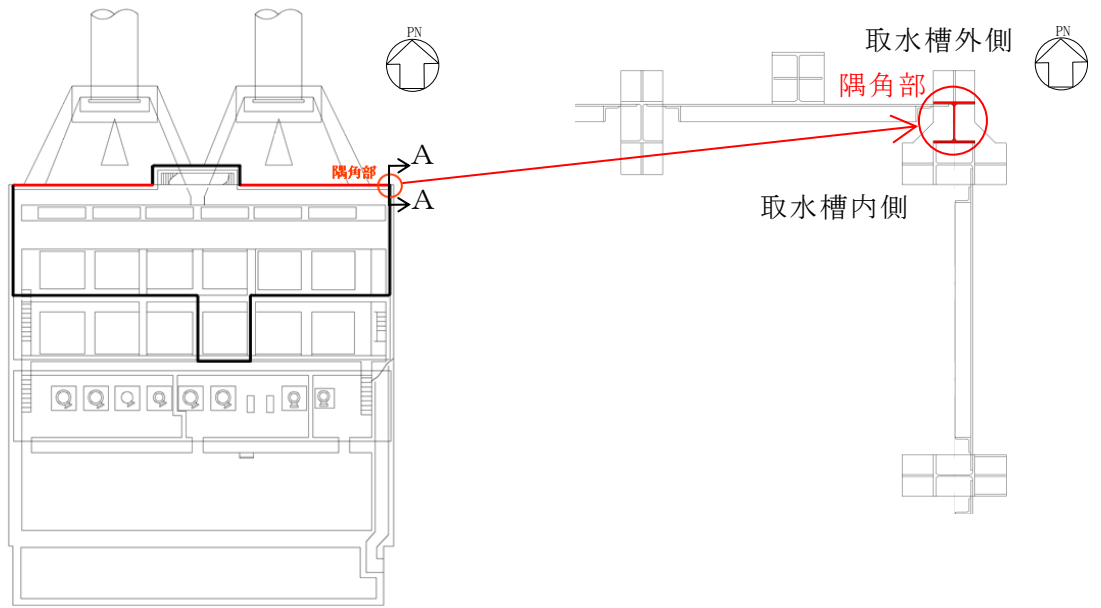
#### (1) 取水槽除じん機エリア防水壁の隅角部

##### a. 評価内容

取水槽除じん機エリア防水壁の隅角部の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、弱軸方向における構造解析にて評価した断面力を用いることで、照査値が基準値以下であることを確認する。評価対象は、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す全区間の鋼板、柱、水平材及びアンカーボルトの発生値／許容限界値のうち、最も厳しい区間の隅角部に位置する柱及びアンカーボルトを選定する。

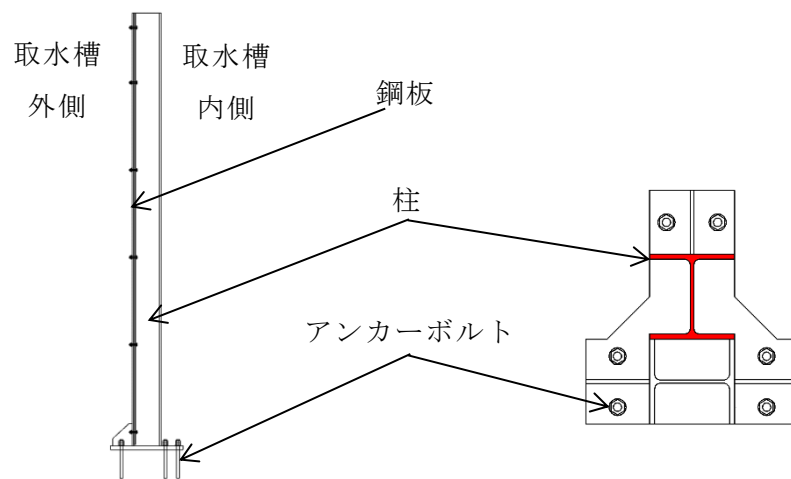
水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査は、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に、評価対象部位である柱及びアンカーボルトに作用する荷重や応力を考慮し影響を検討する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査方法、解析ケースについては、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。取水槽除じん機エリア防水壁の評価対象を図 3-4-7 に示す。



隅角部位置図

隅角部拡大図



柱断面図 (A-A断面)

アンカーボルト配置図

図 3-4-7 取水槽除じん機エリア防水壁 構造概要図 (隅角部)

b. 評価条件

地震応答解析は、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に記載の解析手法、解析モデルの設置、解析ケース及び地震動とする。

c. 許容限界

許容限界は、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す発生応力度／許容限界の照査値 1.0 以下に対し、水平 2 方向の地震力を考慮した基準値として  $1/\sqrt{2}$  ( $\approx 0.70$ ) 以下とする。

d. 評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表3-4-7に示す。柱及びアンカーボルトに発生する曲げ軸力及びせん断力の照査値は基準値0.70以下であることを確認した。

表3-4-7 耐震評価結果（取水槽除じん機エリア防水壁）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
柱	曲げ	45	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.20 < 0.70
	せん断	10	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.08 < 0.70
	組合せ（上向き） （曲げ+引張）	—	—	—	—	0.19 < 0.70
	組合せ（下向き） （曲げ+圧縮）	—	—	—	—	0.20 < 0.70
	組合せ （曲げ+せん断）	48	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.21 < 0.70
	組合せ（上向き） （曲げ+引張 +せん断）	49	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.21 < 0.70
	組合せ（下向き） （曲げ+圧縮 +せん断）	50	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.22 < 0.70
アンカーボルト	引張	21	kN	40	kN	0.53 < 0.70
	せん断	3	kN	35	kN	0.09 < 0.70
	組合せ （引張+せん断）	—	—	—	—	0.26 < 0.70

(2) 復水器エリア防水壁の隅角部

a. 評価内容

復水器エリア防水壁の水平 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、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する発生値/許容限界値が基準値  $1/\sqrt{2}$  (0.70) 以下であることを確認する。

b. 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-8「防水壁の耐震性についての計算書」に示す復水器エリア防水壁のうち、発生値/許容限界値が最も大きい柱及びアンカーボルトを選定する。

c. 評価結果

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表 3-4-8 に示す。発生値/許容限界値は基準値 0.70 以下であることを確認した。

表 3-4-8 耐震評価結果（復水器エリア防水壁）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
柱	曲げ（強軸）	6	N/mm <sup>2</sup>	304	N/mm <sup>2</sup>	0.02 < 0.70
	曲げ（弱軸）	42	N/mm <sup>2</sup>	325	N/mm <sup>2</sup>	0.13 < 0.70
	せん断	4	N/mm <sup>2</sup>	187	N/mm <sup>2</sup>	0.03 < 0.70
	圧縮	2	N/mm <sup>2</sup>	217	N/mm <sup>2</sup>	0.01 < 0.70
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.16 < 0.70
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	51	N/mm <sup>2</sup>	325	N/mm <sup>2</sup>	0.16 < 0.70
アンカーボルト	引張	24	kN	71	kN	0.34 < 0.70
	せん断	1	kN	49	kN	0.03 < 0.70
	組合せ (引張+せん断)	—	—	—	—	0.12 < 0.70

(3) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工

a. 確認内容

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は複数の構造ブロックに分割されており，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対しては各ブロックが独立して挙動すると考えられる。図 3-4-8 に示す通り，一般部の設計においては弱軸方向の地震力を考慮するが，屈曲部や隅角部では，妻壁と比較して延長が短く，妻壁側に拘束されるため，妻壁の強軸方向の応答による影響は軽微である。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響は軽微と考えられるが，念のため，一般部の弱軸方向の地震力と強軸方向の地震力の組合せによる設計の妥当性を確認する。

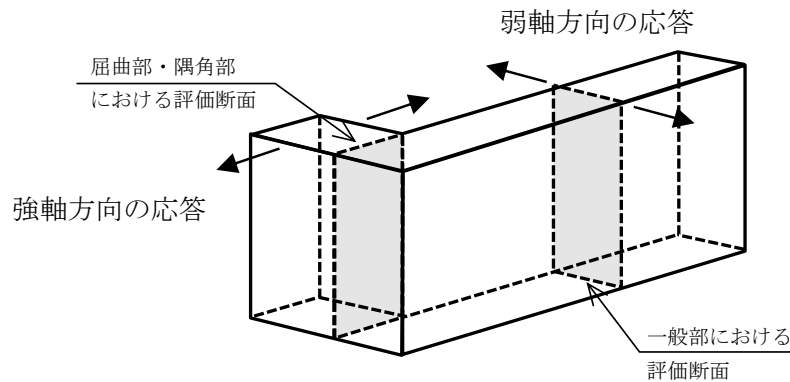


図 3-4-8 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工における  
屈曲部や隅角部の設計イメージ

b. 対象断面

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する設計の妥当性確認では，評価対象は，VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す評価対象断面のうち，被覆コンクリート壁の照査値が最も厳しく，隣接するブロックに隅角部を有する改良地盤部（②-②断面）を選定する。また，強軸方向の評価対象断面は②-②断面に直交する⑦-⑦断面とする。図 3-4-9 に評価対象断面位置図を示す。



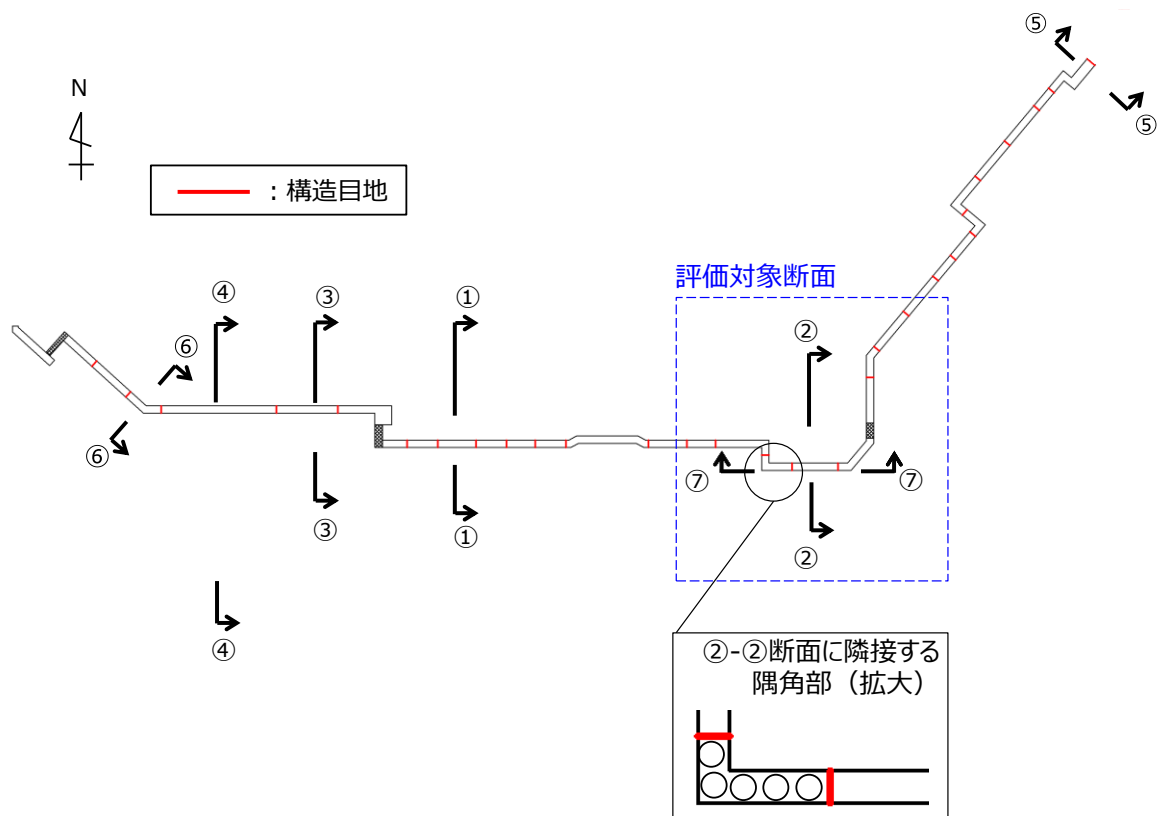


図 3-4-9 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工における評価対象断面位置図

c. 確認結果

弱軸方向及び強軸方向の最大加速度を表 3-4-9 に示す。ここで、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のいずれの屈曲部や隅角部においても、一般部に対して交差部である屈曲部や隅角部の延長は短く、ブロック全体の応答は一般部の応答が支配的であることから、最大加速度は一般部をモデル化した 2 次元動的有限要素法により算定した。なお、一般部の応答は弱軸方向をモデル化した解析から、交差部の応答は強軸方向をモデル化した解析からそれぞれ算定した。最大加速度は強軸方向と比較して弱軸方向が大きい。また、VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す被覆コンクリート壁の照査で最も厳しい照査値は 0.28（評価断面：②-②断面，照査項目：曲げ軸力，地震動：S<sub>s</sub>-D（-+））であり，十分な裕度を有している。したがって，屈曲部または隅角部を有するブロックに対して一般部に作用する慣性力と交差部に作用する慣性力を同時に作用させ，かつ，それらの慣性力により発生する被覆コンクリート壁の断面力を保守的に足し合わせた場合においても，被覆コンクリート壁の健全性は保持されるものと考えられる。以上より，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の従来設計手法による設計結果は，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した設計となっていることを確認した。

表 3-4-9 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における  
弱軸方向及び強軸方向の最大加速度

	地震動	弱軸方向 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	強軸方向 加速度 (m/s <sup>2</sup> )
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) (②-②断面)	S <sub>s</sub> -D (-+)	24.78	13.83

(4) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工

a. 評価内容

鋼管杭基礎の水平 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、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 2 次元動的有限要素法（有効応力解析）にて評価した同部位及び同時刻の断面力を組み合わせて用いる。これにより算定した水平 2 方向及び鉛直方向地震力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。

b. 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す評価対象断面のうち、ブロック長が短く、強軸方向の地震力に対する応答が大きくなる改良地盤部（②-②断面）及びその強軸方向断面（⑦-⑦断面）の地震応答解析結果より、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の程度を確認する。

また、鋼管杭の照査値が最も厳しい施設護岸前出し部（③-③断面）において、上述の影響の程度を踏まえ、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実施する。

なお、改良地盤部の強軸方向断面（⑦-⑦断面）において、図 3-4-10 に示すように隣接するブロックは屈曲部又は隅角部の妻壁による効果を考慮せず強軸方向断面をモデル化することで、強軸方向断面の応答を保守的に算定し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の程度を安全側に算定した。

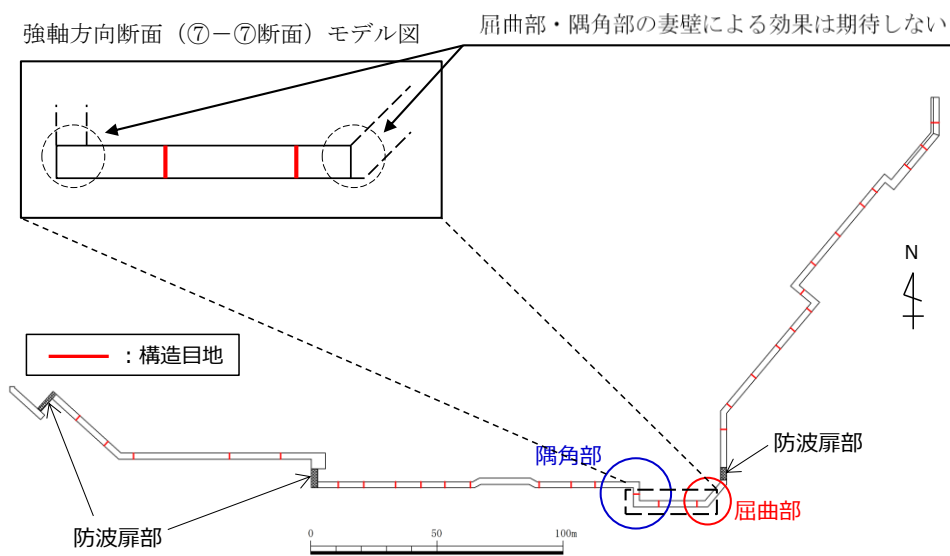


図 3-4-10 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）改良地盤部の強軸方向断面（⑦-⑦断面）のモデル化範囲

c. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査値の評価方法

本評価においては、鋼管杭基礎の水平 1 方向照査において最も厳しい結果であった曲げ軸力照査にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ軸力照査の算定式を以下に示す。

曲げモーメントは次式により算定する。

$$M(t) = \sqrt{M(t)_{弱}^2 + M(t)_{強}^2}$$

$M(t)$  : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した時刻  $t$  における曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )

$M(t)_{弱}$  : 時刻  $t$  における弱軸方向の曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )

$M(t)_{強}$  : 時刻  $t$  における強軸方向の曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )

許容限界である降伏モーメントは次式により算定する。

$$M_y = \sum (f_{yi} - \frac{|N_i|}{A_i}) Z_{ei}$$

$M_y$  : 多重鋼管杭の降伏モーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )

$f_{yi}$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の降伏基準点 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$Z_{ei}$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$N_i$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管に発生する軸力 ( $\text{kN}$ )

$A_i$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面積 ( $\text{mm}^2$ )

d. 評価条件

① 地震応答解析

地震応答解析は、VI-2-10-2-3-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

② 検討ケース

水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において、最も照査値が厳しい地震動を対象に、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

表3-4-10に示す改良地盤部（②-②断面）の曲げ軸力照査結果より、地震動はS<sub>s</sub>-D（-+）を選定する。

表3-4-10 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを実施する地震動の選定（②-②断面）

評価部位	地震動	照査値 (曲げ軸力照査)	選定結果
鋼管杭	S <sub>s</sub> -D（++）	0.62	
	S <sub>s</sub> -D（-+）	0.85	○
	S <sub>s</sub> -D（+-）	0.68	
	S <sub>s</sub> -D（--）	0.81	
	S <sub>s</sub> -F1（++）	0.19	
	S <sub>s</sub> -F2（++）	0.22	
	S <sub>s</sub> -N1（++）	0.51	
	S <sub>s</sub> -N1（-+）	0.51	
	S <sub>s</sub> -N2（NS）（++）	0.31	
	S <sub>s</sub> -N2（NS）（-+）	0.48	
	S <sub>s</sub> -N2（EW）（++）	0.46	
	S <sub>s</sub> -N2（EW）（-+）	0.34	

③ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）鋼管杭に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ軸力照査結果を表 3-4-11 に示す。なお，許容限界である降伏曲げモーメントの算定に当たっては，弱軸方向断面及び強軸方向断面の軸力を用いた。

表 3-4-11 より，水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも鋼管杭の発生応力が許容限界以下であることを確認した。また，水平 1 方向及び鉛直方向地震力において最も厳しい照査値 0.85 に対し，水平 2 方向及び鉛直方向地震力では照査値が 0.86 となることから，水平 2 方向及び鉛直方向地震力による鋼管杭への影響は，水平 1 方向及び鉛直方向地震力の照査と比較して約 1.0%となった。

表 3-4-11 鋼管杭の曲げ軸力照査結果（改良地盤部（②-②断面））

地震動	解析ケース	発生断面力		降伏曲げ モーメント (kN・m)	照査値
		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)		
S s - D (- +)	弱軸方向の軸力を用いた場合	75783	795	89056	0.85
	強軸方向の軸力を用いた場合	75783	2326	88320	0.86

e. 評価結果

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における評価対象断面のうち，最も照査結果が厳しい施設護岸前出し部（③-③断面）において水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を確認する。施設護岸前出し部（③-③断面）の鋼管杭における水平 1 方向及び鉛直方向地震力の照査値に，水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響を考慮しても照査値は許容限界以下であることを確認した（表 3-4-12）。

表 3-4-12 鋼管杭の曲げ軸力照査結果（施設護岸前出し部（③-③断面））

	水平 1 方向及び 鉛直方向地震力 (a)	水平 2 方向及び 鉛直方向地震力 (a) × 1.01
照査値	0.94	0.95

(5) 防波壁通路防波扉（荷揚場南， 3号機東側）の上部工

a. 評価内容

防波壁通路防波扉（荷揚場南， 3号機東側）の上部工の水平 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、「3.4.5 評価対象構造物の抽出」において、防波壁通路防波扉（荷揚場南， 3号機東側）の浸水防護としての役割から鋼製扉体を主な部材として抽出・評価している。ここでは念のため、防波壁通路防波扉（荷揚場南， 3号機東側）の漂流物対策工の上部工について評価を示す。

防波壁通路防波扉（荷揚場南， 3号機東側）の漂流物対策工の上部工の水平 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、VI-2-10-2-4「防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書」に示す水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する発生値／許容限界値が基準値  $1/\sqrt{2}$  (0.70) 以下であることを確認する。

b. 評価対象

評価対象は、VI-2-10-2-4「防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書」に示す防波壁通路防波扉（荷揚場南， 3号機東側）のうち、漂流物対策工戸当り（RC支柱）を選定する。

c. 評価結果

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく影響評価結果を表 3-4-13 及び表 3-4-14 に示す。発生値／許容限界値は基準値 0.70 以下であることを確認した。

表 3-4-13 防波壁通路防波扉（荷揚場南）の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (応力度)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	曲げ	46	N/mm <sup>2</sup>	294	N/mm <sup>2</sup>	0.159 < 0.70
	せん断	0.37	N/mm <sup>2</sup>	0.82	N/mm <sup>2</sup>	0.451 < 0.70

表 3-4-14 防波壁通路防波扉（3号機東側）の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (応力度)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	曲げ	35	N/mm <sup>2</sup>	294	N/mm <sup>2</sup>	0.121 < 0.70
	せん断	0.36	N/mm <sup>2</sup>	0.82	N/mm <sup>2</sup>	0.440 < 0.70



#### 3.4.5 機器・配管系への影響

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響に対する評価対象構造物のうち、間接支持構造物である防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工について、隅角部又は屈曲部に支持される機器・配管系を支持していないことから影響はない。

#### 3.4.6 まとめ

津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備において，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る施設（部位）について，従来設計手法における保守性も考慮したうえで抽出し，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果，水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生応力が許容値を満足し，施設が有する耐震性に影響のないことを確認した。

別紙 1 建物・構築物における評価部位の  
抽出に関する説明資料

## 目 次

1. 構成部位の整理及び水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響確認が必要な部位の抽出に関する整理表	別紙 1-1
2. 対象建物の図面	別紙 1-8
2.1 原子炉建物	別紙 1-9
2.2 制御室建物	別紙 1-19
2.3 タービン建物	別紙 1-25
2.4 廃棄物処理建物	別紙 1-32
2.5 排気筒	別紙 1-42
2.6 緊急時対策所	別紙 1-43
2.7 ガスタービン発電機建物	別紙 1-45
2.8 1号機原子炉建物	別紙 1-48
2.9 1号機タービン建物	別紙 1-51
2.10 1号機廃棄物処理建物	別紙 1-54
2.11 サイトバンカ建物	別紙 1-57
2.12 サイトバンカ建物（増築部）	別紙 1-60
2.13 1号機排気筒	別紙 1-63
2.14 排気筒モニタ室	別紙 1-64
2.15 ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備	別紙 1-66
3. 代表部位の選定プロセス	別紙 1-73
3.1 柱-隅部	別紙 1-73
3.2 基礎	別紙 1-73
3.3 壁（面外荷重）	別紙 1-73

1. 構成部位の整理及び水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響確認が必要な部位の抽出に関する整理表

VI-2-12「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において、「3. 1 建物・構築物」における「3. 1. 1 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」に関する整理表を表 1-1～表 1-3 に示す。

表 1-1-1(1) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位

耐震性評価部位	原子炉建物		制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物
	燃料 プール	上部鉄骨		RC造	上部鉄骨				
柱	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	S造, RC造	RC造	S造, SRC造, RC造
	○	-	○	○	○	○	○ (筒身, 補助柱)	○	○
	○	-	○	○	○	○	○ (主柱材)	○	○
はり	○	-	-	○	○	○	-	-	-
	○	-	○	○	○	○	○ (水平材)	○	○
	○	-	-	○	○	○	-	-	-
壁	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	○	-	○	○	○	○	-	-	-
	○	-	-	○	○	○	-	-	-
床・ 屋根	-	-	-	-	-	-	○ (斜材)	-	-
	○	○	○	○	○	○	-	○	○
	○	-	○	○	○	○	○	○	○
基礎	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-

凡例 ○：対象の構造部材あり，-：対象の構造部材なし

表 1-1-1(2) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位

耐震性評価部位	1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機 廃棄物 処理建物	サイトバンカ 建物	サイトバンカ 建物(増築部)	1号機 排気筒	排気筒 モニタ室	ディーゼル燃料 移送ポンプエリア 防護対策設備
	RC造	上部鉄骨 S造, RC造	RC造	S造, SRC造, RC造						
柱	一般部	○	○	○	○	S造, SRC造, RC造	○	○(筒身)	-	○
	隅部	○	○	○	○	○	○	○(主柱材)	-	○
	地下部	○	-	○	-	-	-	-	-	-
はり	一般部	○	○	○	○	○	○	○(水平材)	○	○
	地下部	○	-	○	-	-	-	-	-	-
	鉄骨 トラス	-	○	-	-	-	-	-	-	-
壁	一般部	○	○	○	○	○	○	-	○	-
	円筒部	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下部	○	-	○	-	-	-	-	-	-
	鉄骨 ブレース	-	○	-	-	-	-	○(斜材)	-	○
床・ 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	-	○	-
	矩形 杭基礎	○	-	○	○	○	○	○	○	-
基礎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

凡例 ○：対象の構造部材あり， -：対象の構造部材なし

表 1-2(1) 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)

耐震性評価部位	原子炉建物		制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物
	燃料 プール	上部鉄骨		上部鉄骨	上部鉄骨				
柱	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造
	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	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	該当なし	要①-1	該当なし	該当なし
はり	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	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	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	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
壁	要①-2	要①-2	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
	要①-2	要①-2	該当なし	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2
	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	該当なし	該当なし
床・ 屋根	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	該当なし	該当なし
	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1
基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎
	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1	要①-1

凡例

・要：評価必要

・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」

表 1-2(2) 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)

耐震性評価部位	1号機原子炉建物		1号機タービン建物		1号機 廃棄物 処理建物	サイトバンカ 建物	サイトバンカ 建物(増築部)	1号機 排気筒	排気筒 モニタ室	ディーゼル燃料 移送ポンプエリア 防護対策設備
	上部鉄骨	S造, RC造	上部鉄骨	S造, SRC造, RC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	該当なし	RC造	該当なし
	隅部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	要①-1	RC造	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
はり	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	該当なし	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
	鉄骨 トラス	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
壁	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	RC造	RC造	該当なし
	円筒部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
	地下部	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	要①-2	RC造	RC造	該当なし
床・ 屋根	鉄骨 ブレース	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	RC造	RC造	該当なし
	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	RC造	RC造	該当なし
基礎	矩形	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*	不要*
	杭基礎	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造

凡例 ・要：評価必要

・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」

注記\*：上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建物及び1号機排気筒は、上部躯体を評価対象としているため、基礎は対象外とする。



表 1-3(1) 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  
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位	原子炉建物		制御室建物	タービン建物		廃棄物 処理建物	排気筒	緊急時 対策所	ガスタービン 発電機建物
	燃料 プール	上部鉄骨		上部鉄骨	上部鉄骨				
柱	RC 造	RC 造, SRC 造, RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
はり	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
壁	要②-1	要①-2	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	要①-2	不要	不要	要①-2	不要	要①-2	不要	不要	不要
	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
床・ 屋根	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	要①-1	不要	要①-1	不要	不要	不要	不要	不要	不要
基礎	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
	要①-1	不要	要①-1	不要	不要	不要	不要	不要	要①-1

凡例  
 ・要：評価必要又は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」

表 1-3(2) 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  
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位	1 号機原子炉建物		1 号機タービン建物		1 号機 廃棄物 処理建物	サイトバンカ 建物	サイトバンカ 建物(増築部)	1 号機 排気筒	排気筒 モニタ室	ディーゼル燃料 移送ポンプエリア 防護対策設備
	上部鉄骨	S 造, RC 造	RC 造	上部鉄骨 S 造, SRC 造, RC 造						
柱	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要
	隅部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	要①-1	—	不要
	地下部	不要	—	不要	—	—	—	—	—	—
はり	一般部	不要	不要	不要	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	不要	不要	不要	—	不要	—
	円筒部	不要	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	要①-2	—	要①-2	—	—	—	—	—	—
	鉄骨 ブレース	—	不要	—	—	—	—	不要	—	不要
床・ 屋根	一般部	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	—
	矩形	不要*	—	不要*	—	不要*	不要*	不要*	不要*	—
基礎	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—	—	—

凡例  
 ・要：評価必要又は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「加振方向以外方向に励起される振動」  
 注記\*：上位クラスの建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建物及び 1 号機排気筒は、上部躯体を評価対象としているため、基礎は対象外とする。

## 2. 対象建物の図面

VI-2-12「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の「3.1 建物・構築物」における「3.1.1 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」のプロセスに用いた対象建物の概略図面を図 2-1～図 2-28 に記載する。

なお、上記にて評価部位として抽出されなかった部位の考え方を表 2-1 に示す。

## 2.1 原子炉建物

原子炉建物の概略図面を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

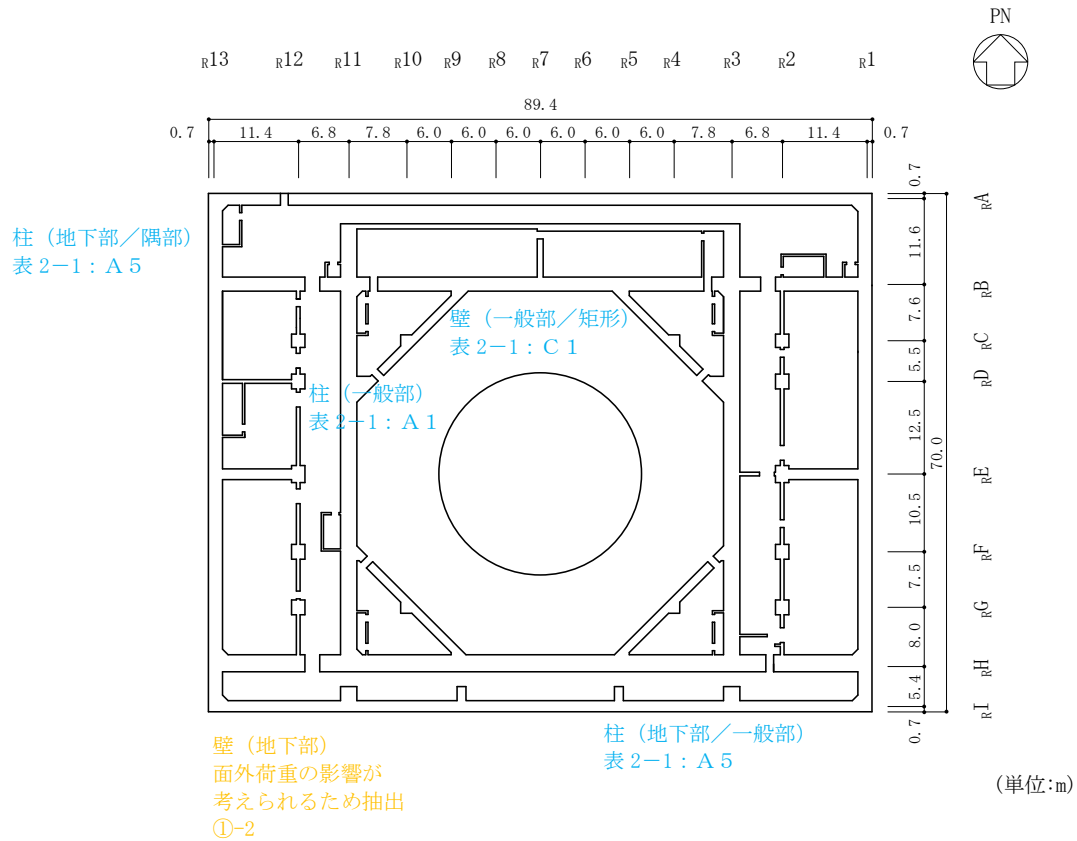


図 2-1(1) 原子炉建物の概略平面図 (EL 1.3m\*)

注記\*：「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

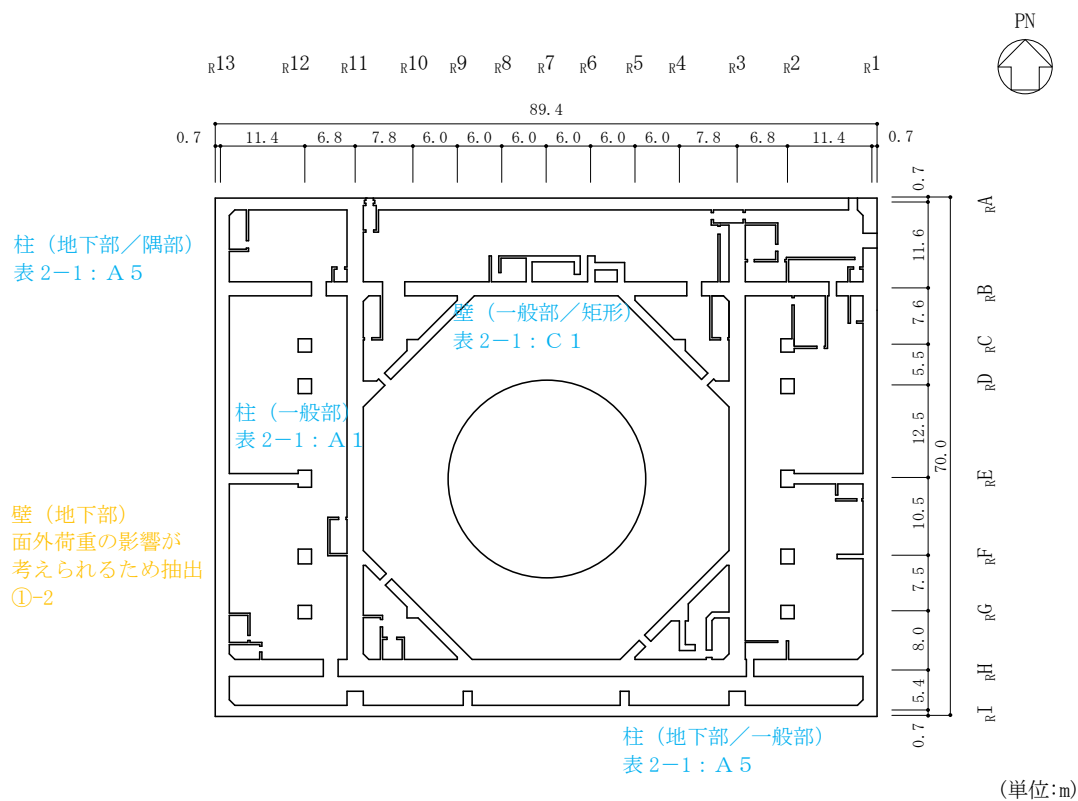


図 2-1(2) 原子炉建物の概略平面図 (EL 8.8m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

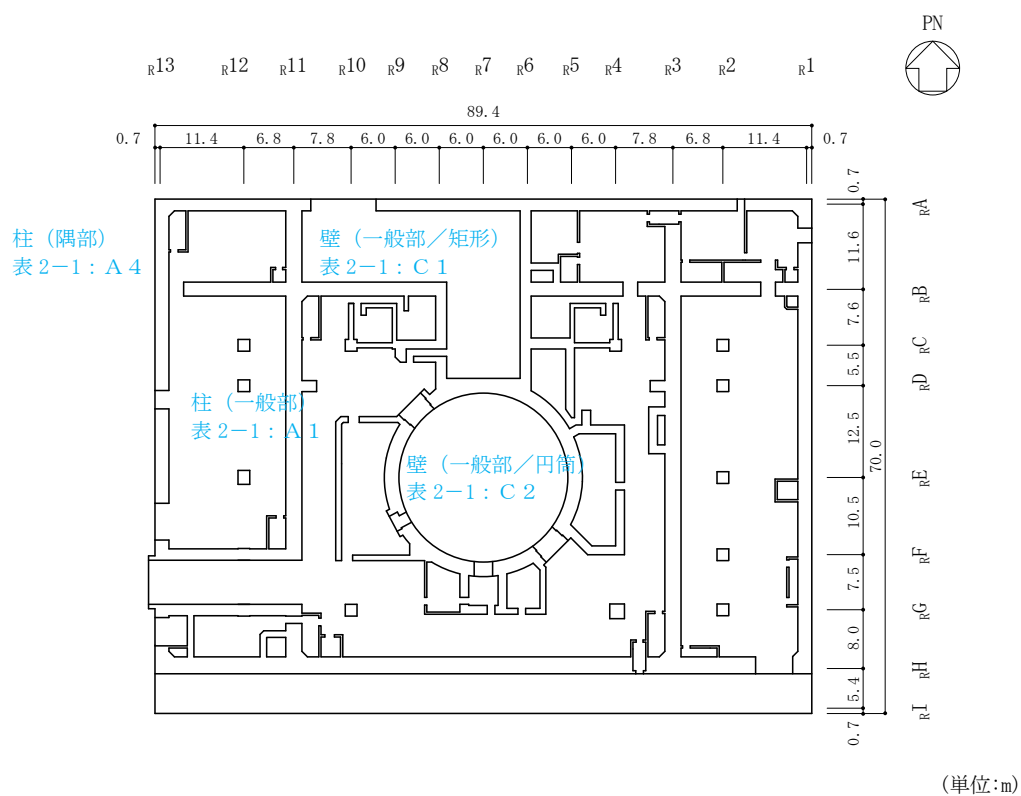


図 2-1 (3) 原子炉建物の概略平面図 (EL 15.3m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

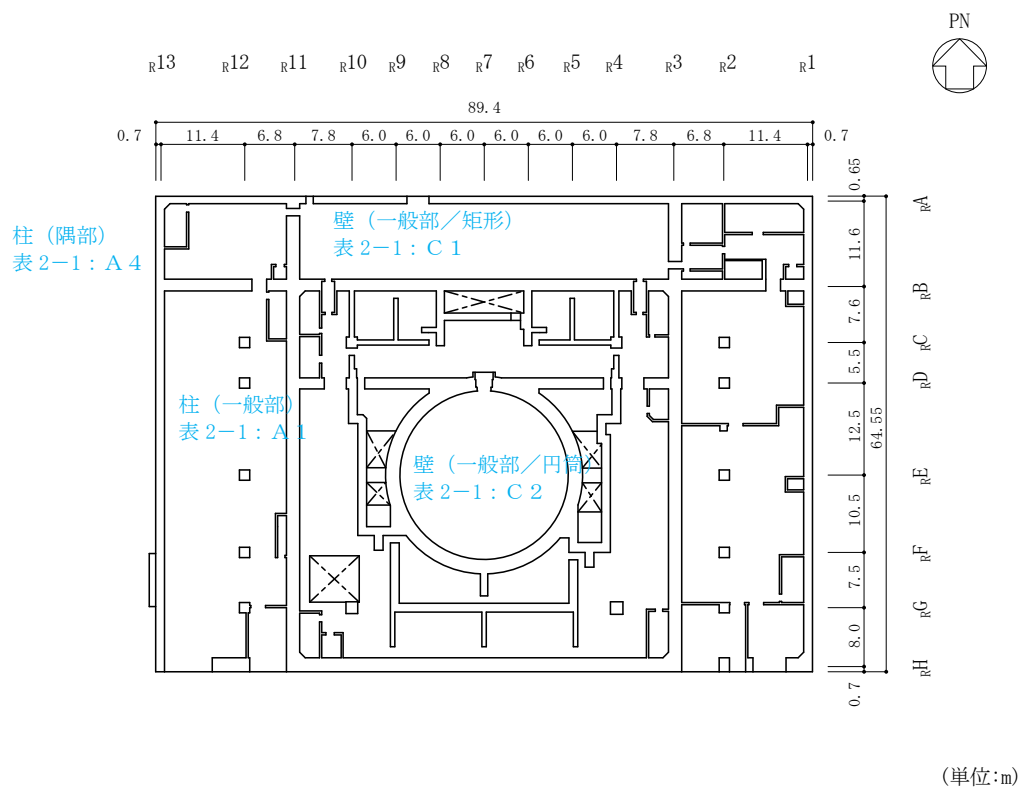


図 2-1(4) 原子炉建物の概略平面図 (EL 23.8m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

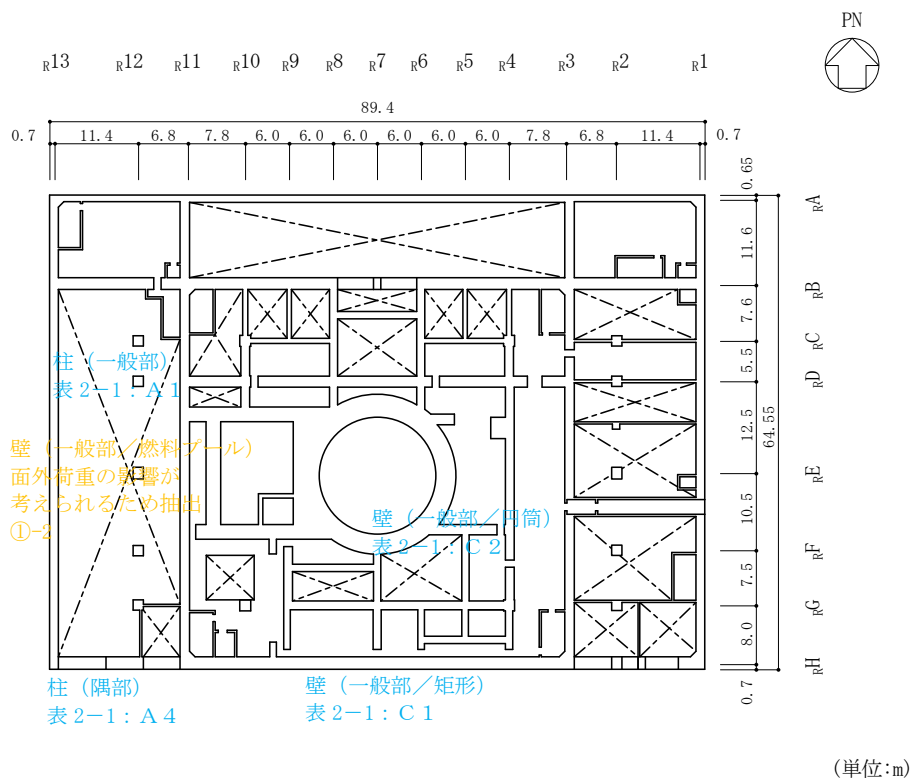


図 2-1(5) 原子炉建物の概略平面図 (EL 30.5m)



- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

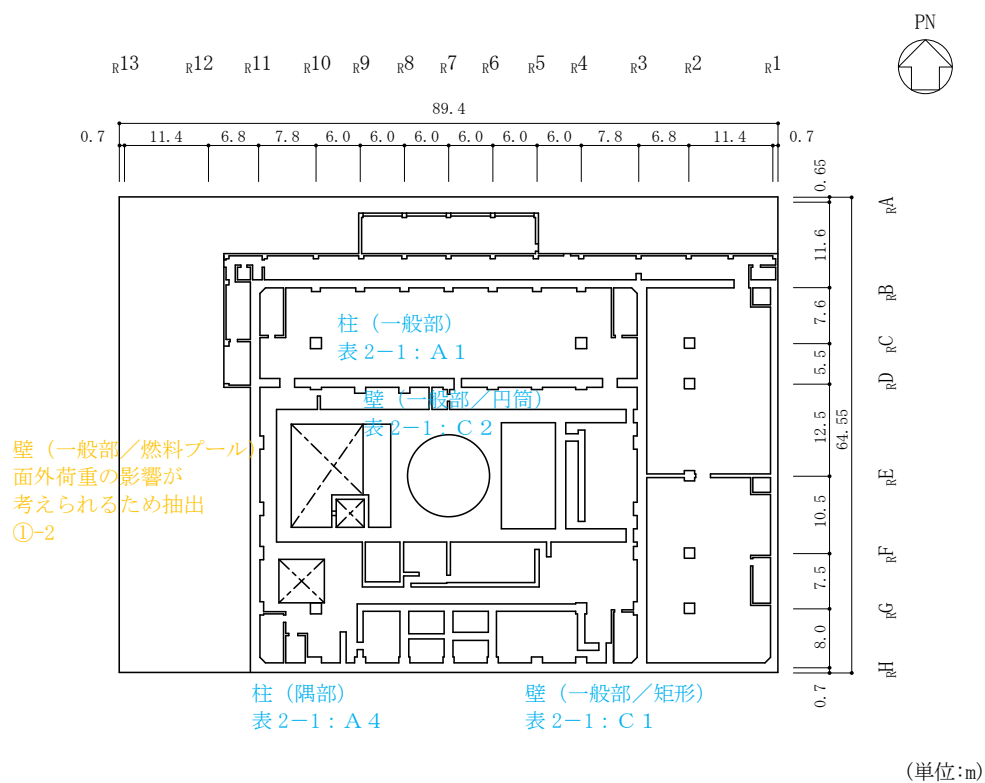


図 2-1(6) 原子炉建物の概略平面図 (EL 34.8m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

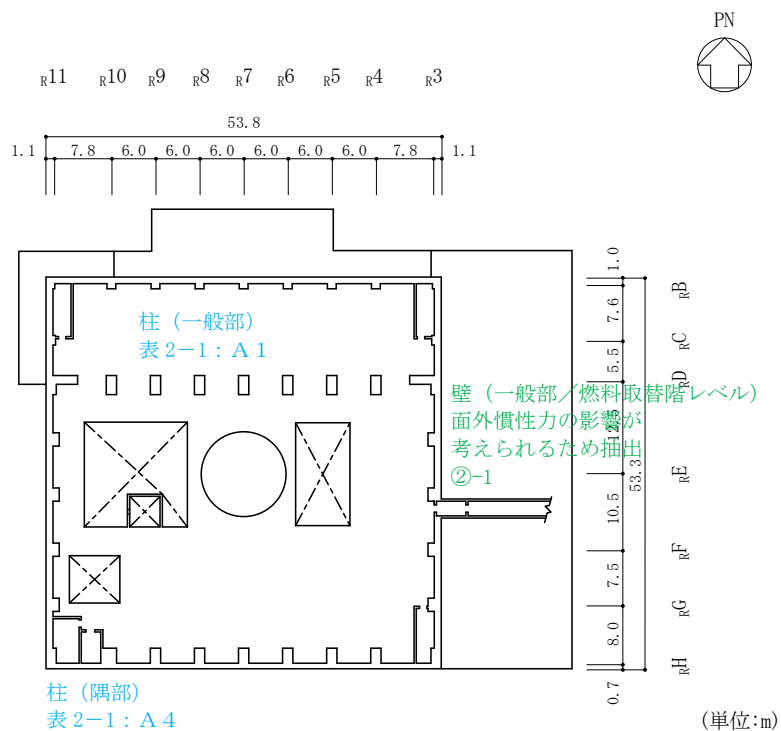


図 2-1(7) 原子炉建物の概略平面図 (EL 42.8m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

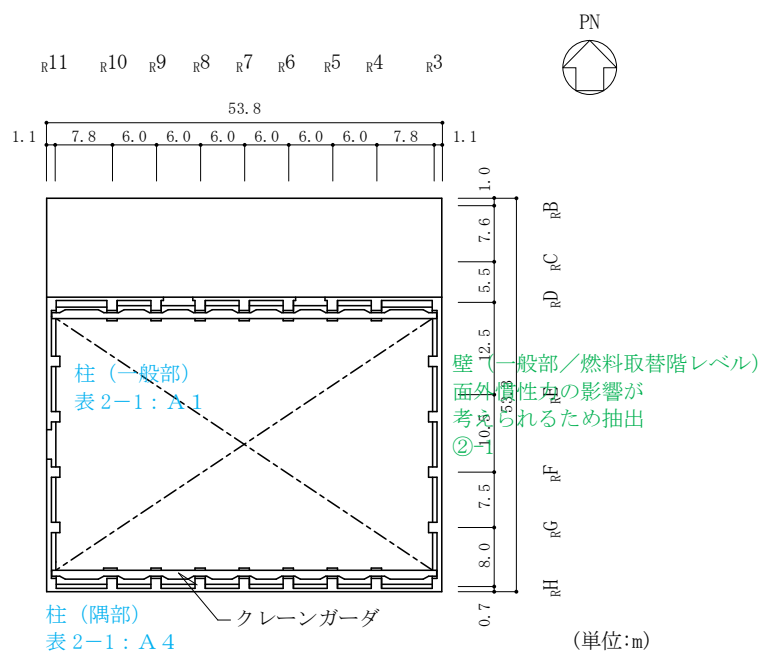


図 2-1 (8) 原子炉建物の概略平面図 (EL 51.7m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

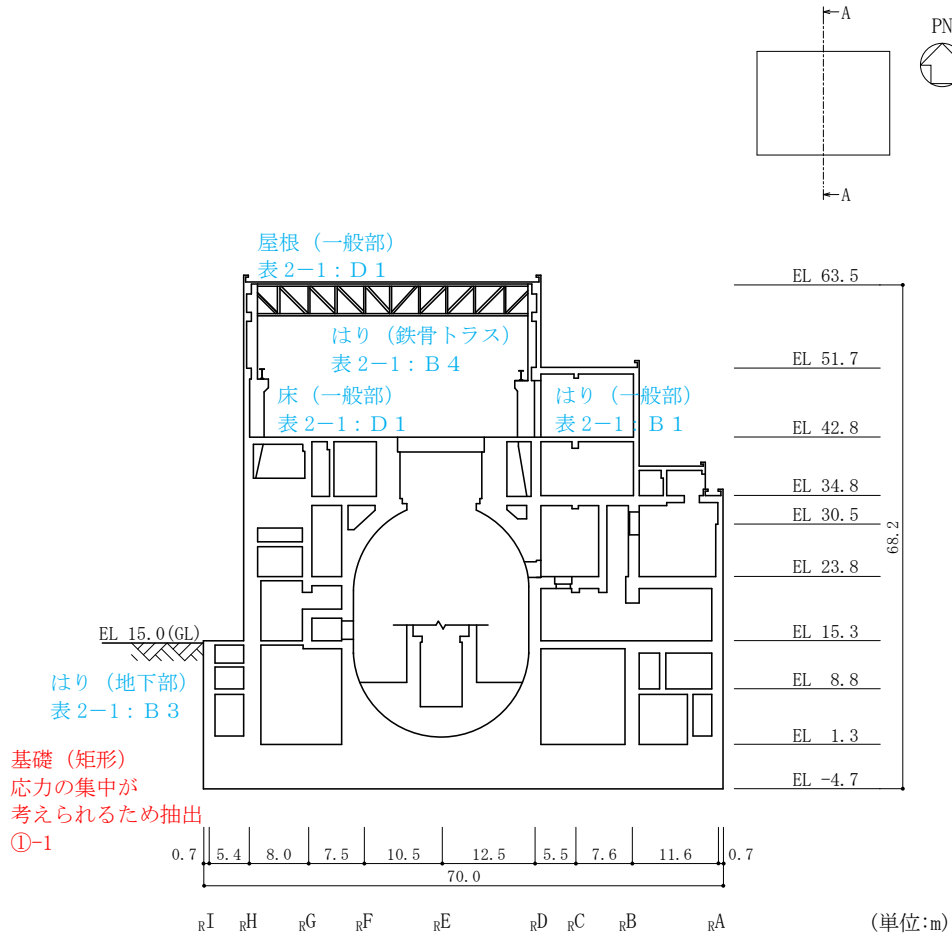


図 2-2(1) 原子炉建物の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

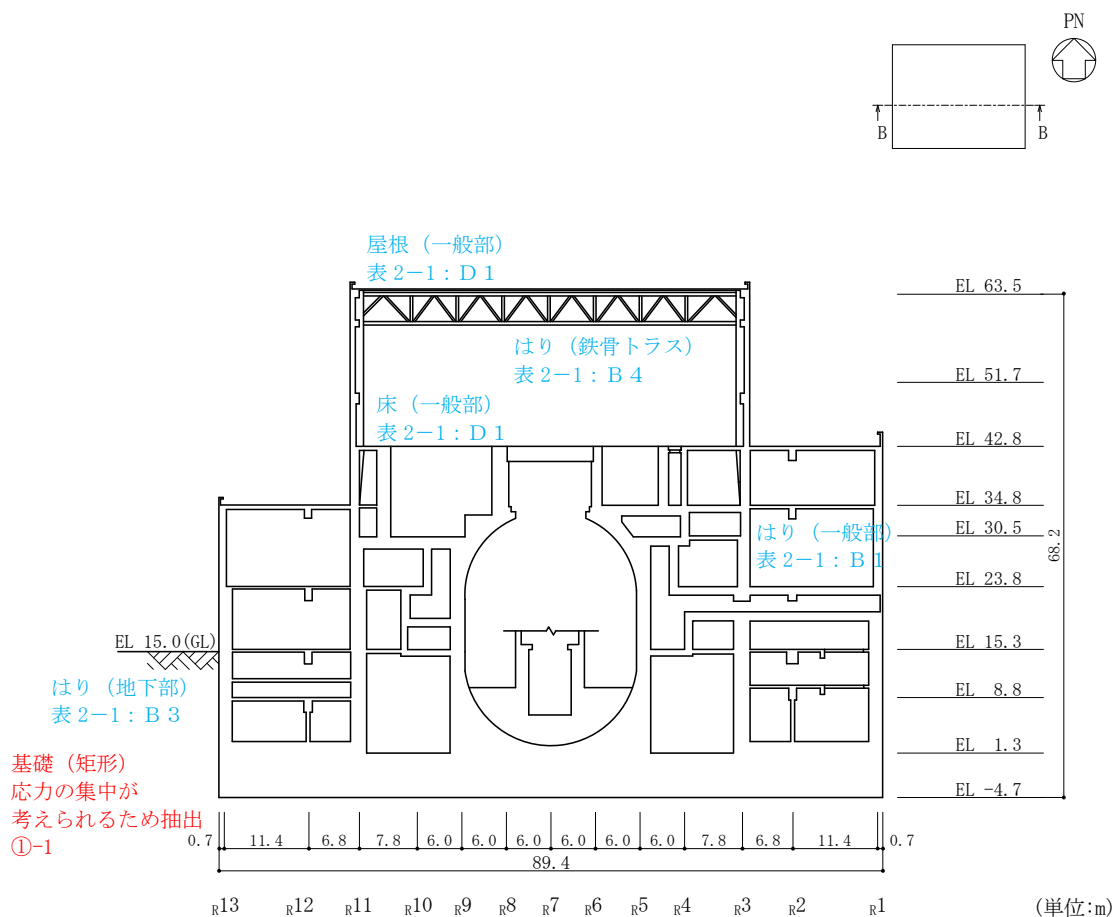


図 2-2(2) 原子炉建物の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

## 2.2 制御室建物

制御室建物の概略図面を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

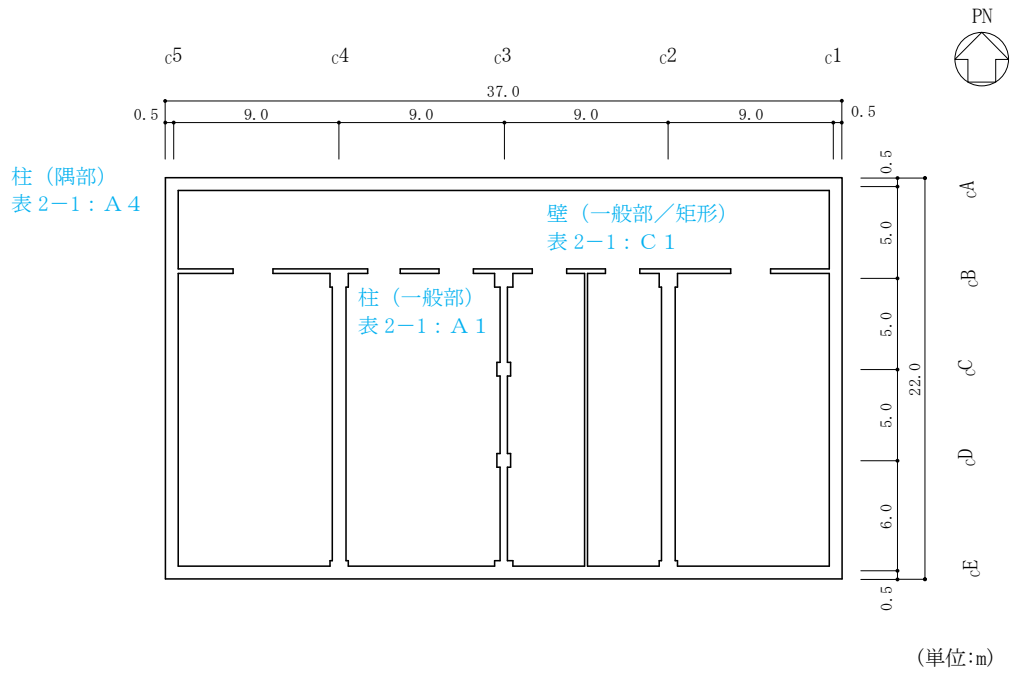


図 2-3(1) 制御室建物の概略平面図 (EL 1.6m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

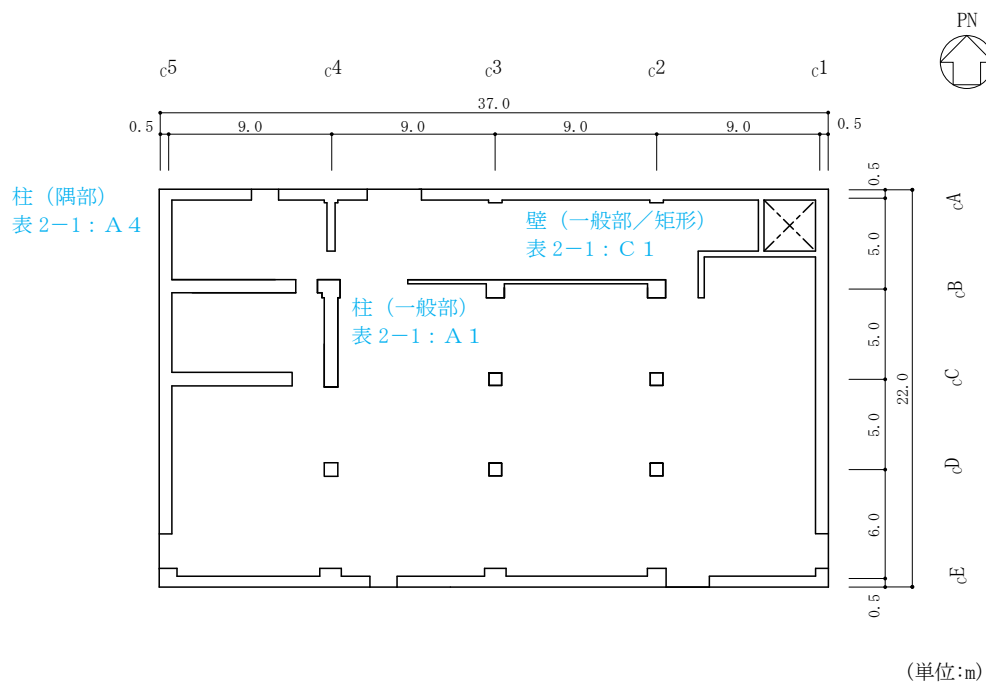


図 2-3(2) 制御室建物の概略平面図 (EL 8.8m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

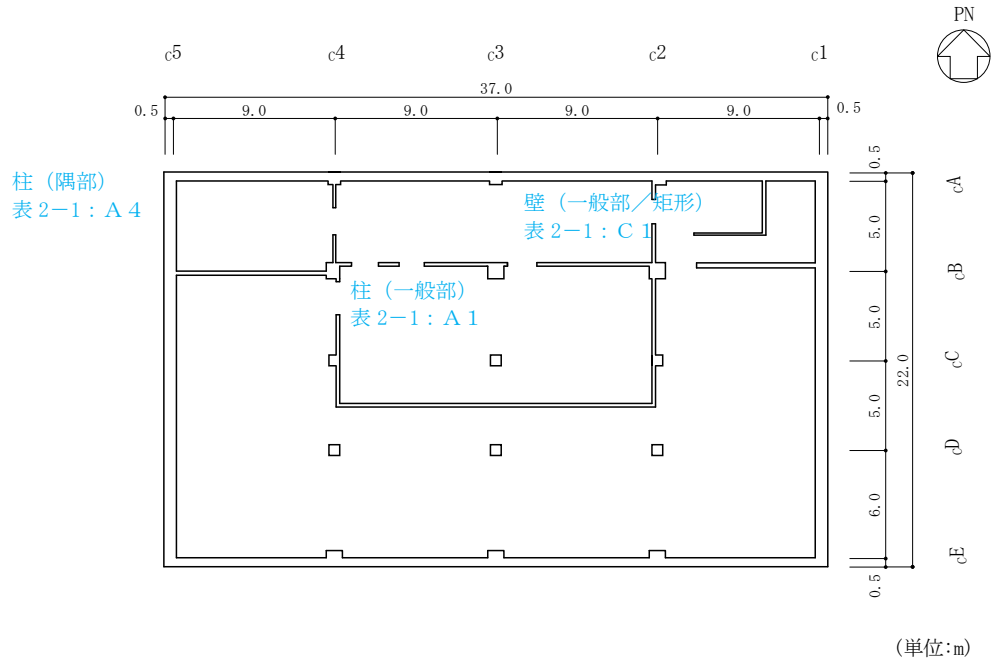


図 2-3(3) 制御室建物の概略平面図 (EL 12.8m)



赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

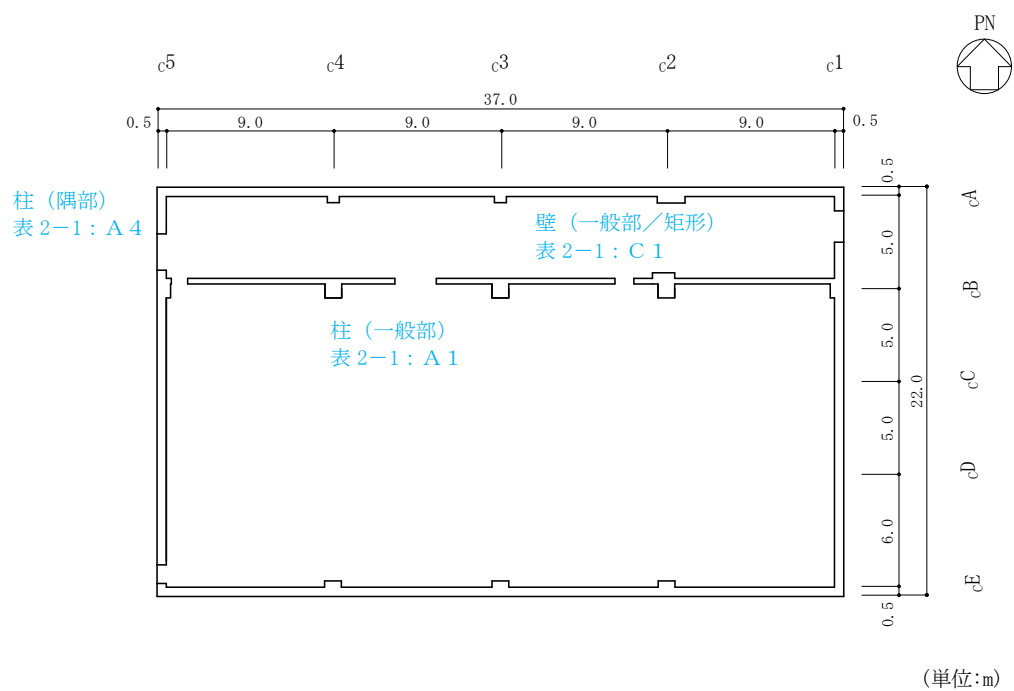


図 2-3(4) 制御室建物の概略平面図 (EL 16.9m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

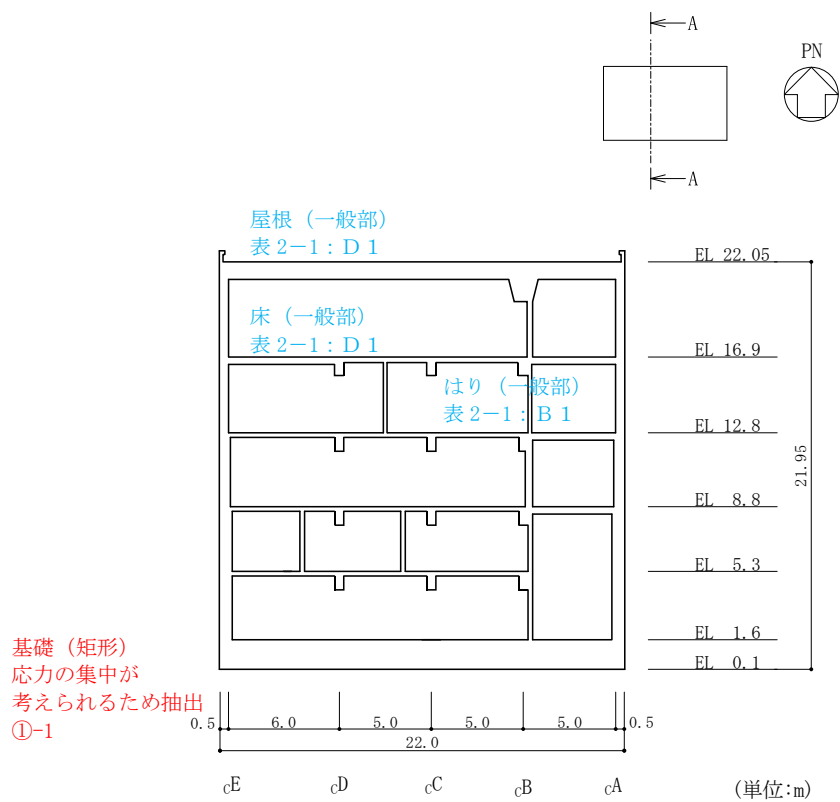


図 2-4(1) 制御室建物の概略断面図（A-A断面，NS方向）

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

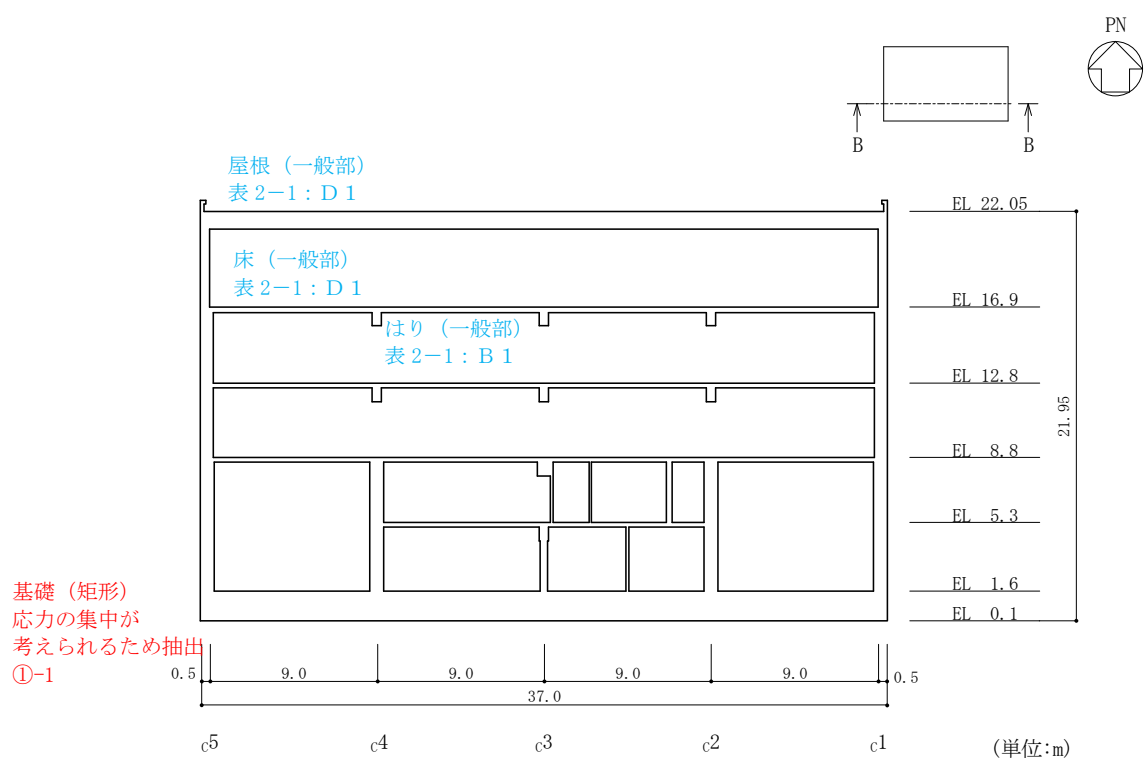


図 2-4(2) 制御室建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

### 2.3 タービン建物

タービン建物の概略図面を図 2-5 及び図 2-6 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

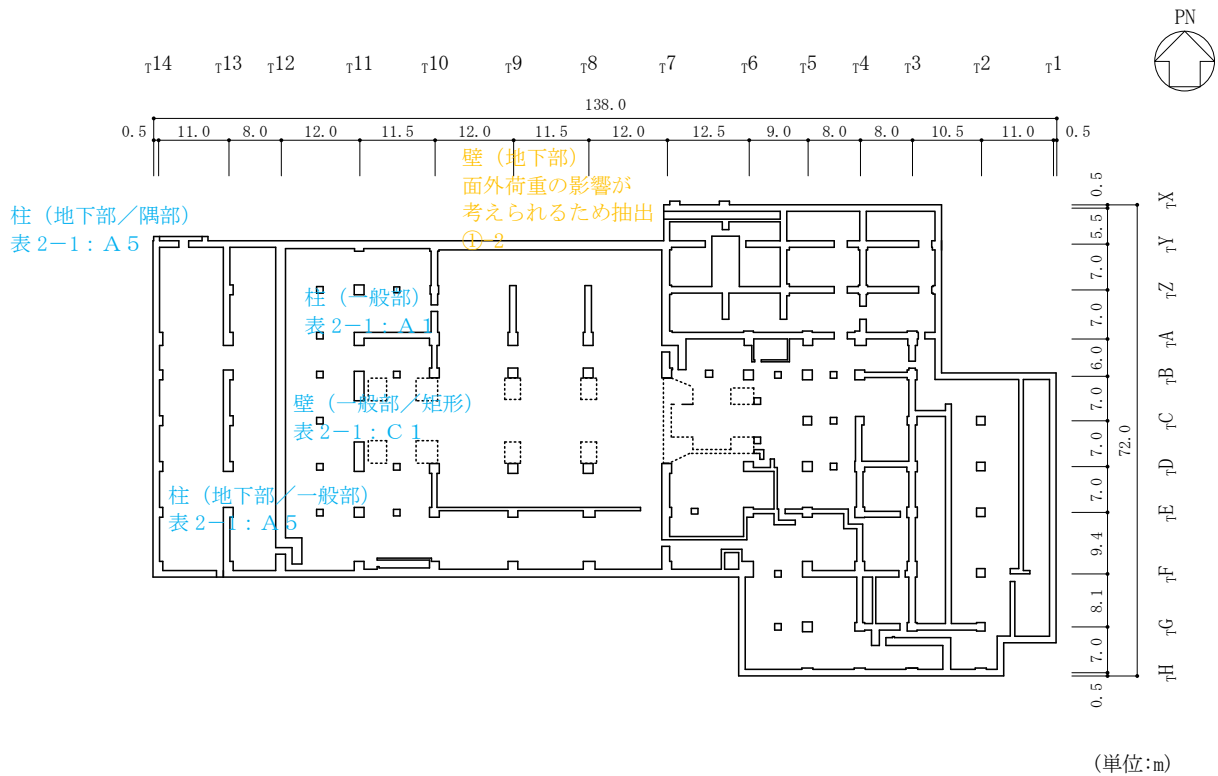


図 2-5(1) タービン建物の概略平面図 (EL 2.0m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

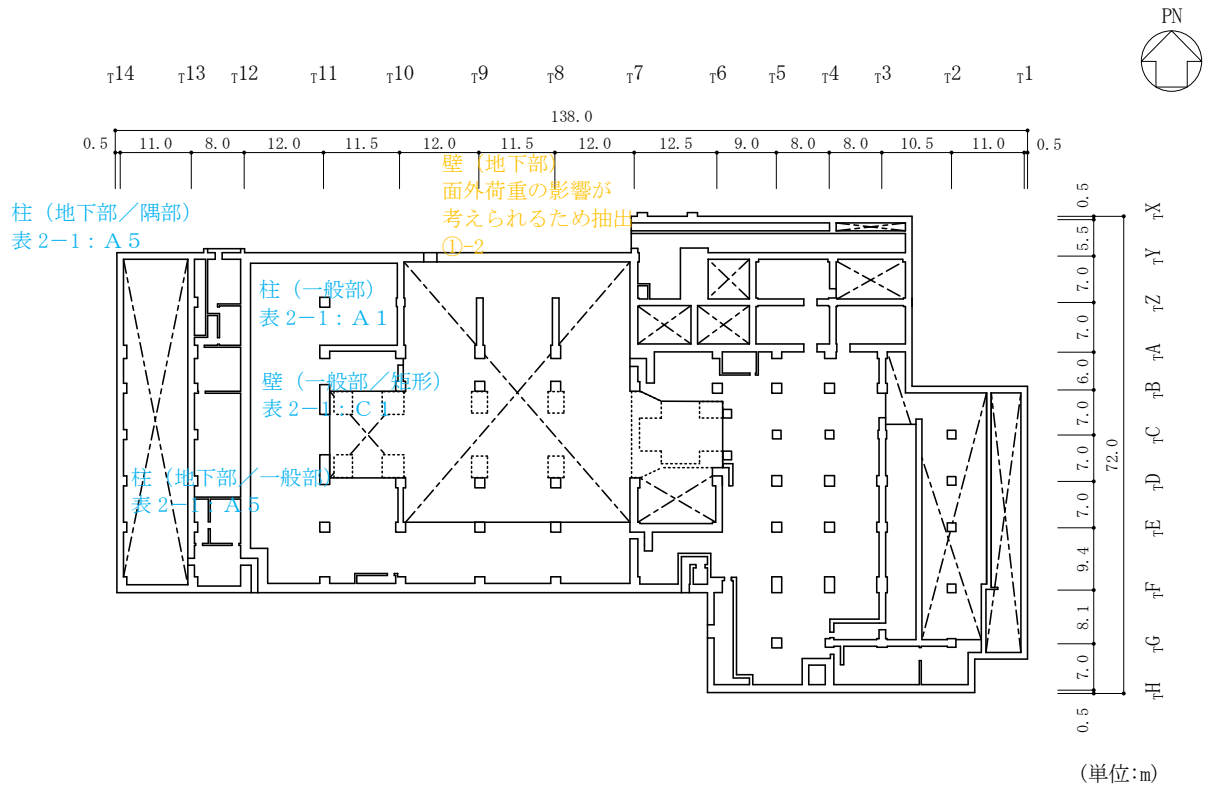


図 2-5(2) タービン建物の概略平面図 (EL 5.5m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

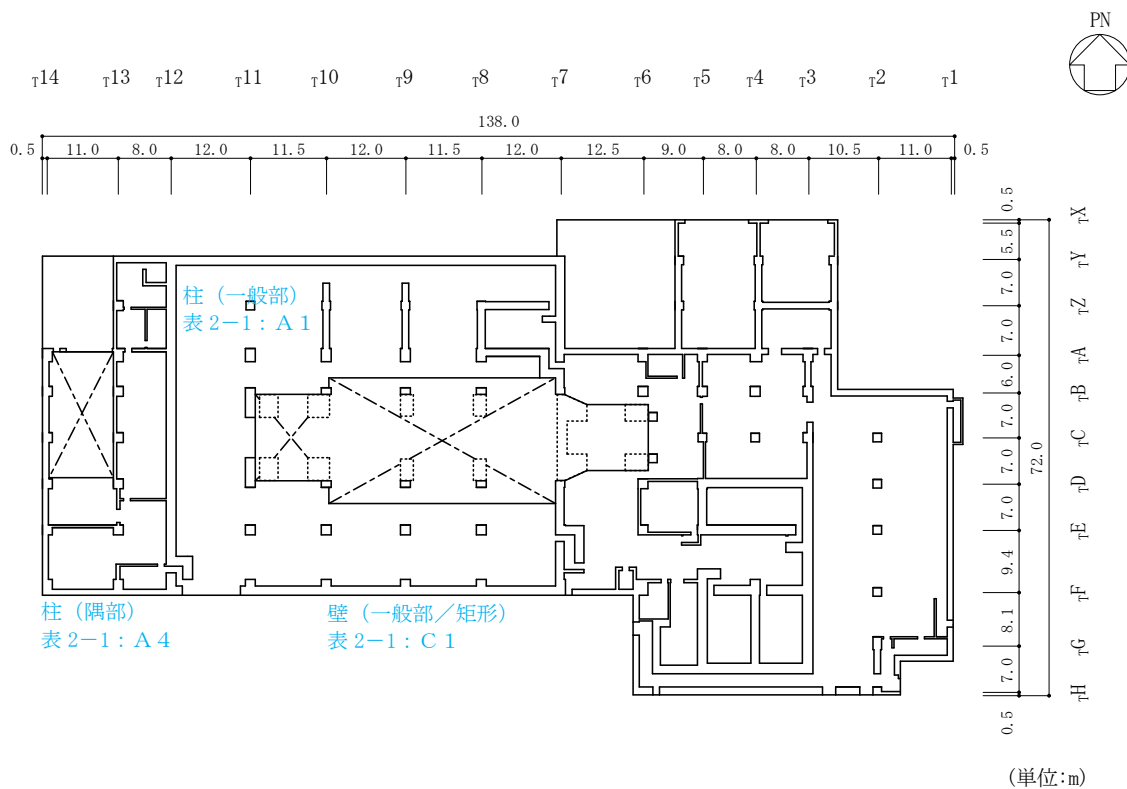


図 2-5(3) タービン建物の概略平面図 (EL 12.5m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

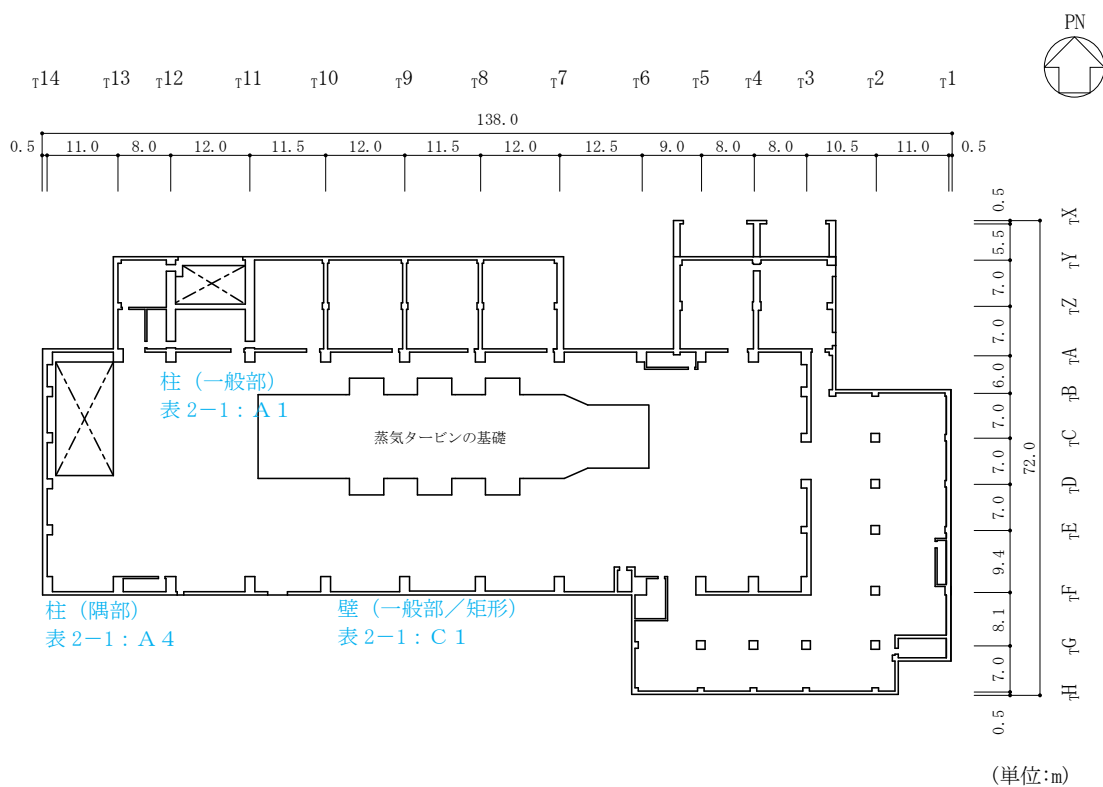


図 2-5(4) タービン建物の概略平面図 (EL 20.6m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

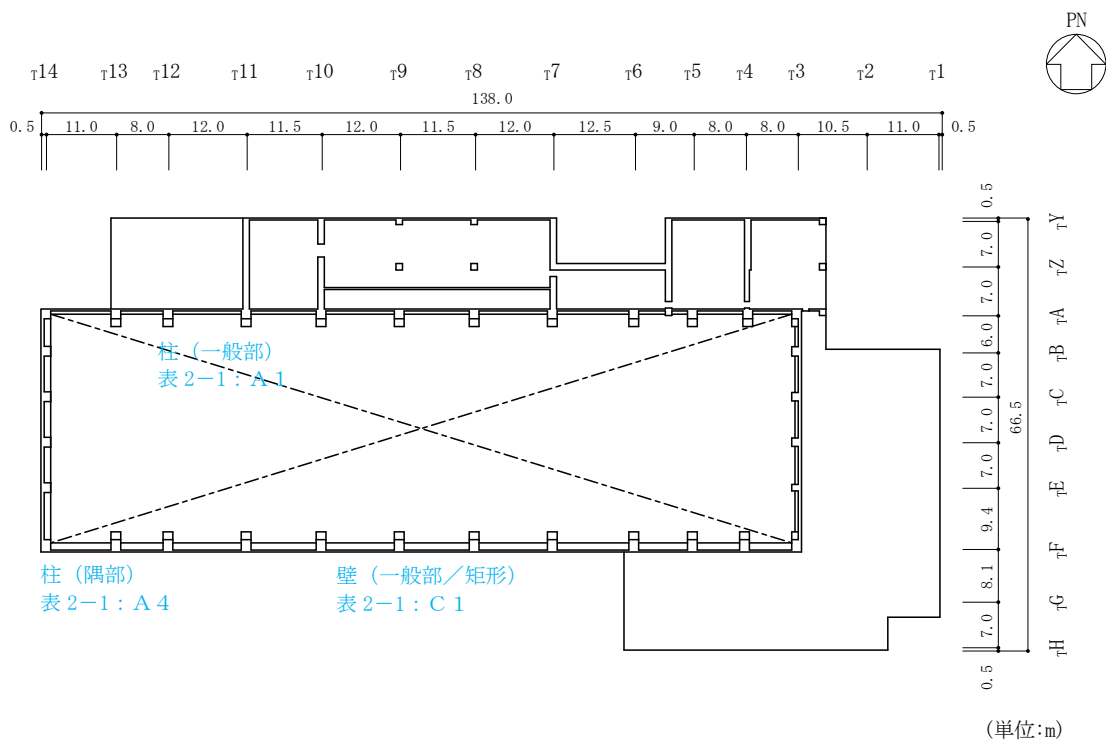


図 2-5(5) タービン建物の概略平面図 (EL 32.0m)



- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

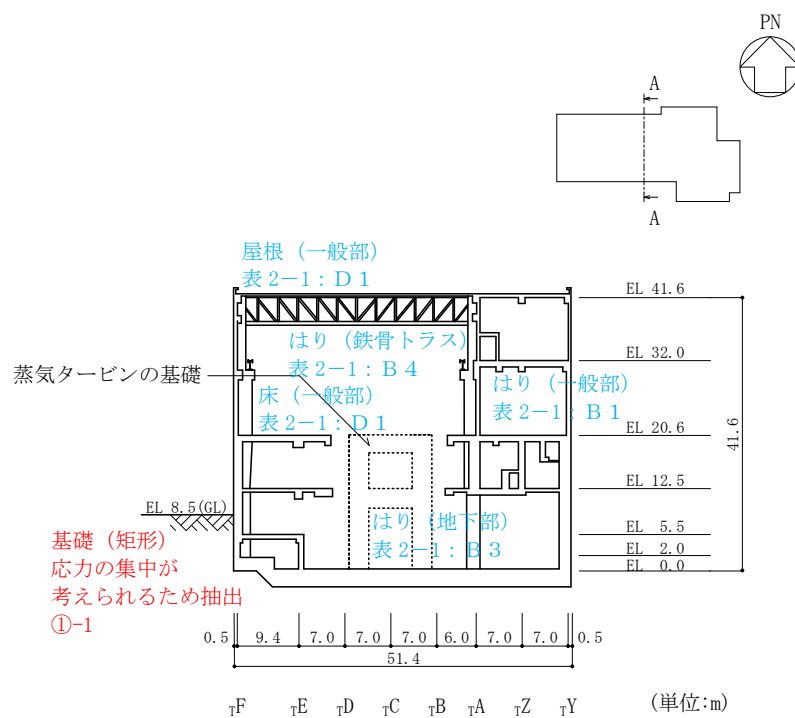


図 2-6(1) タービン建物の概略断面図（A-A断面，N S 方向）

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

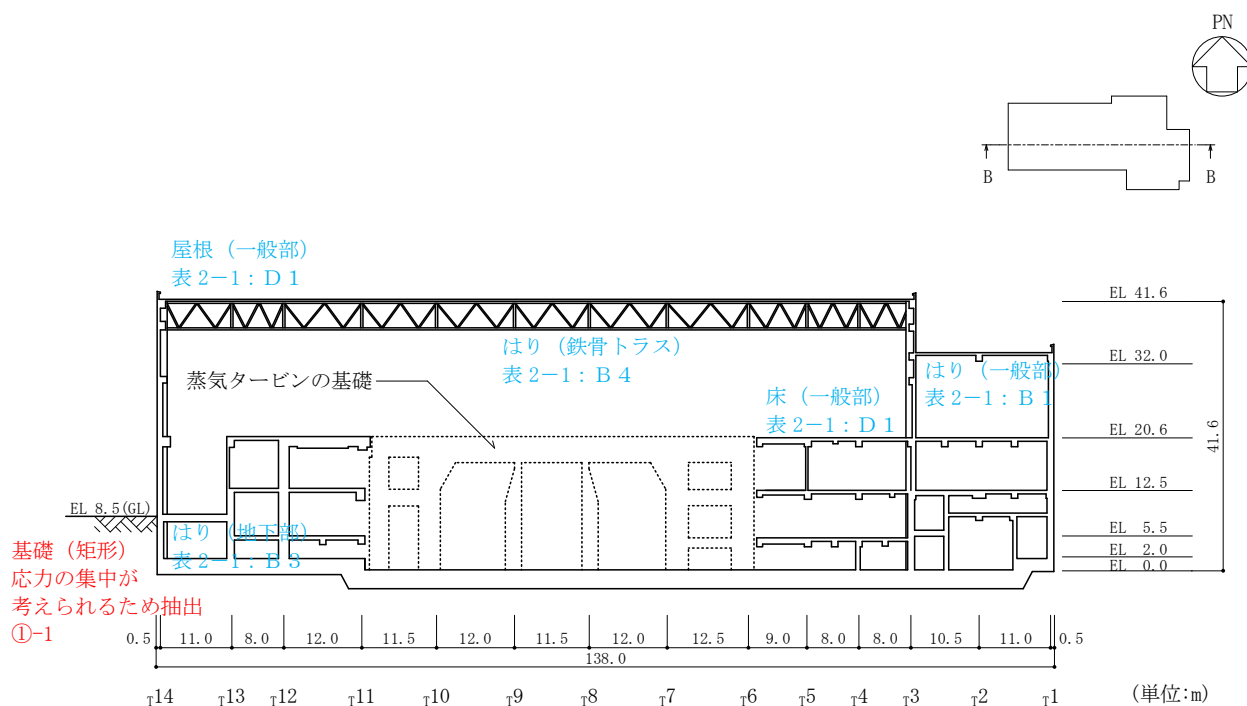


図 2-6 (2) タービン建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

2.4 廃棄物処理建物

廃棄物処理建物の概略図面を図 2-7 及び図 2-8 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

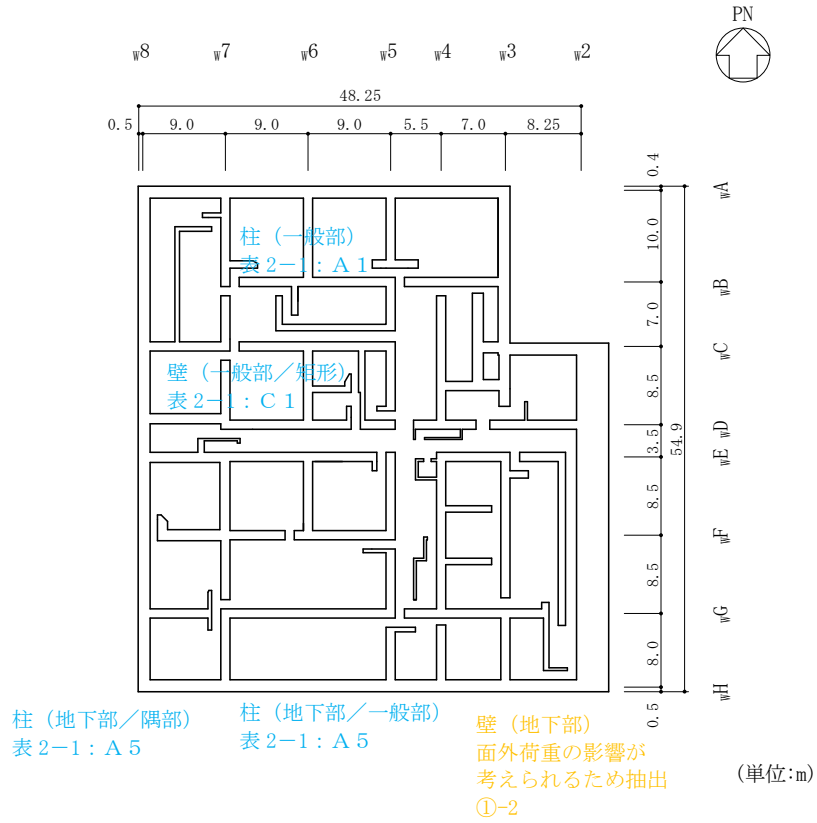


図 2-7(1) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 3.0m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

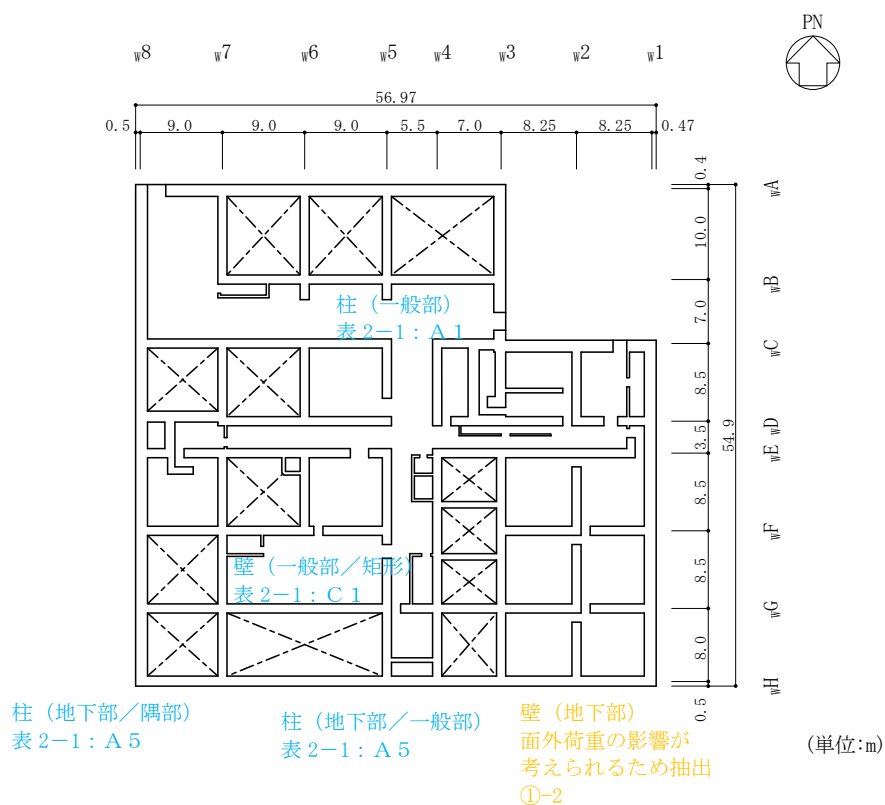


図 2-7(2) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 8.8m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

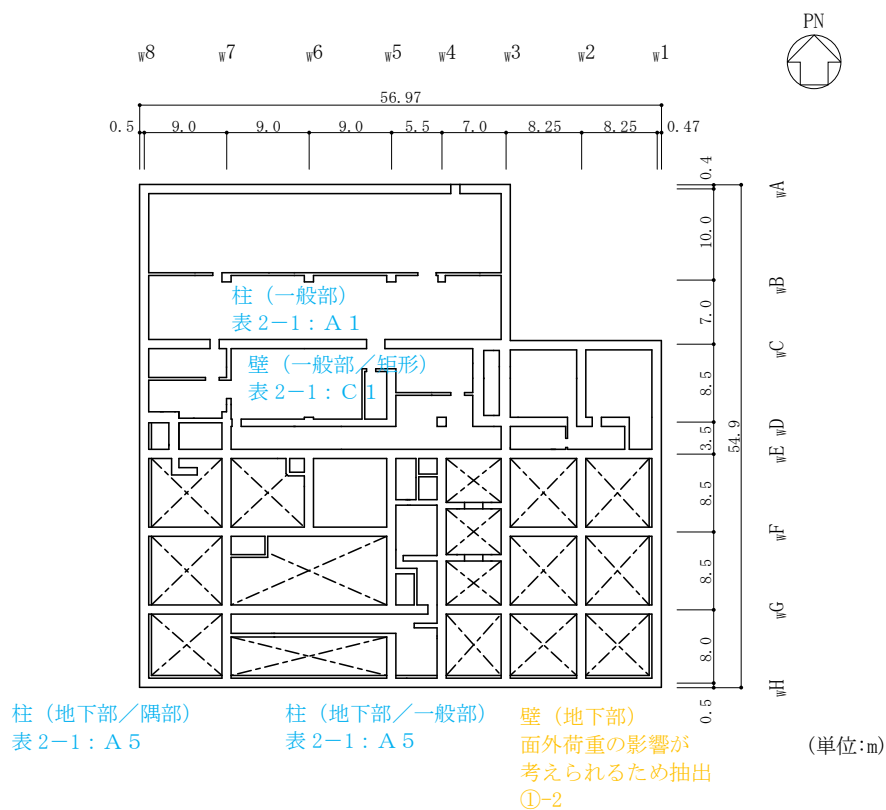


図 2-7(3) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 12.3m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

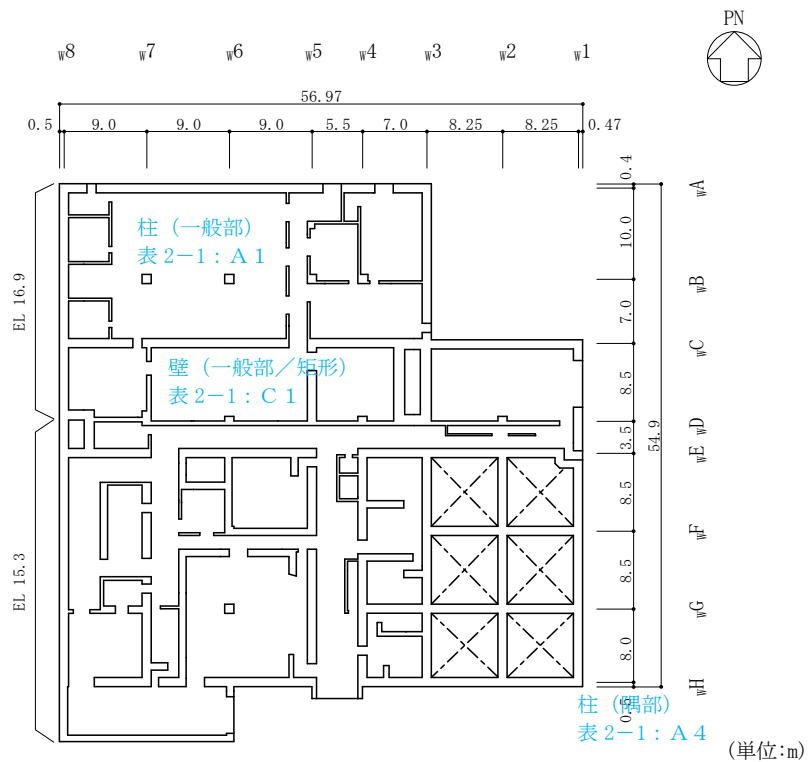


図 2-7(4) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 15.3m, EL 16.9m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

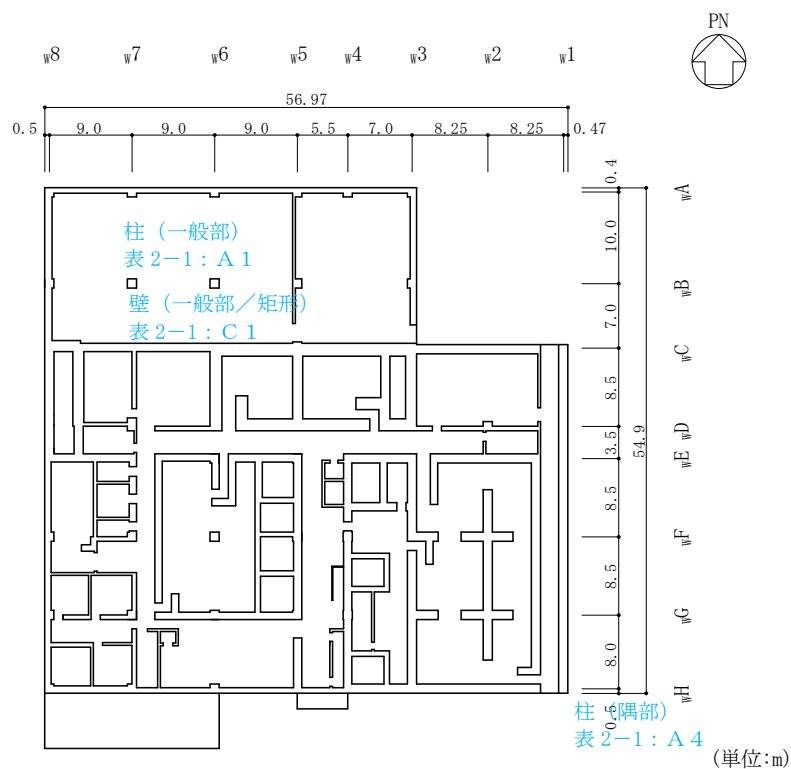


図 2-7(5) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 22.1m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

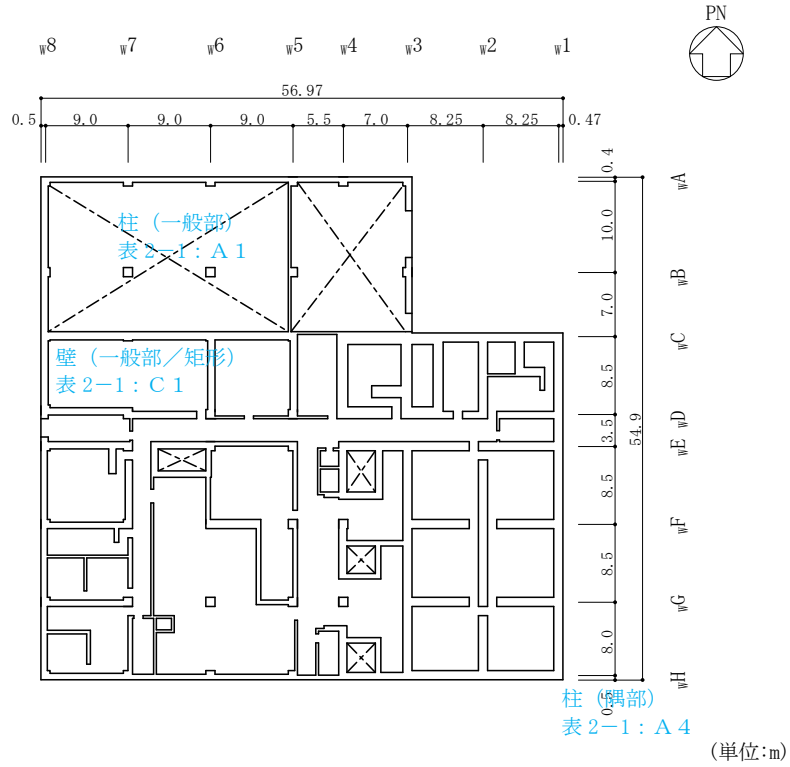


図 2-7(6) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 26.7m)



- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

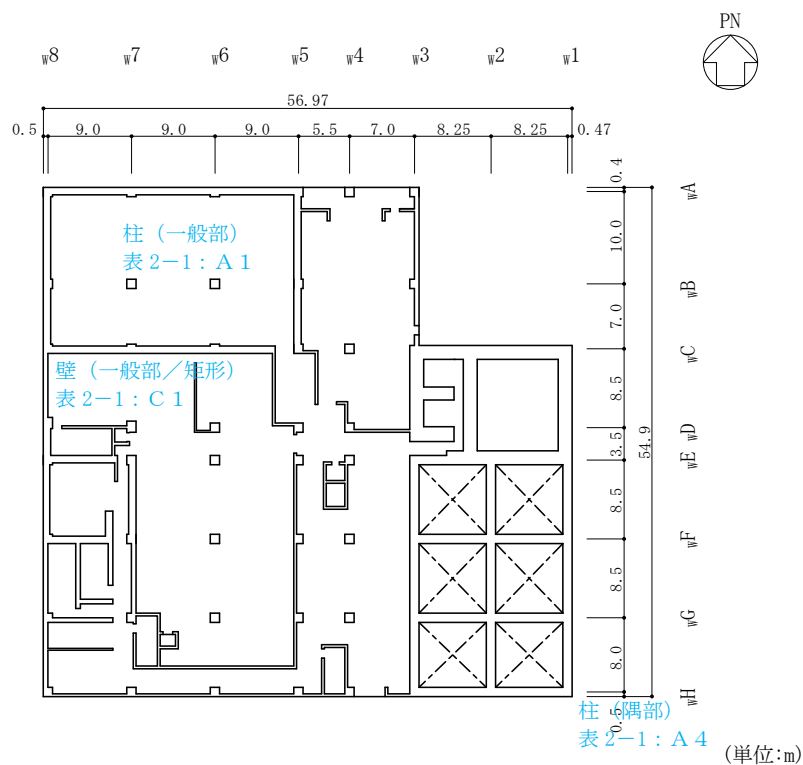


図 2-7(7) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 32.0m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

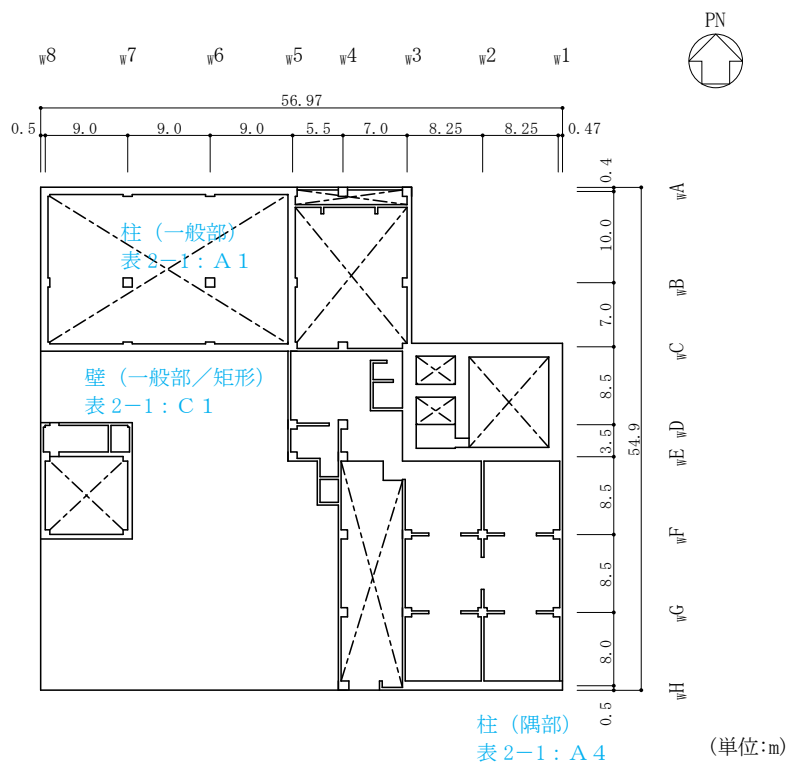


図 2-7(8) 廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 37.5m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

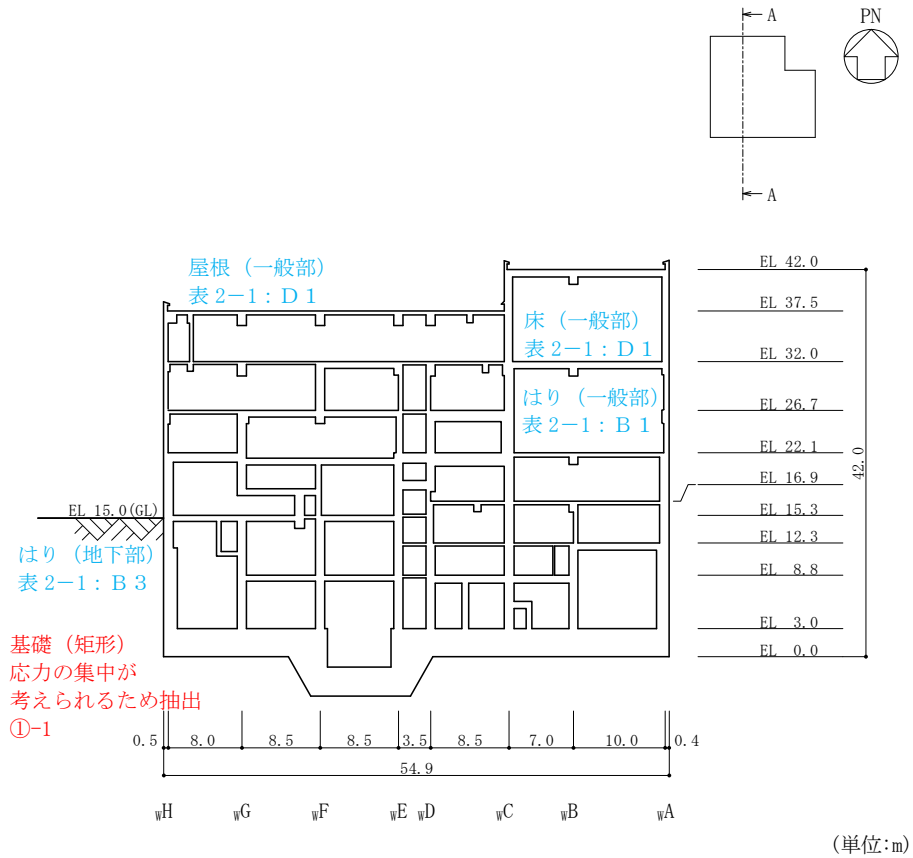


図 2-8(1) 廃棄物処理建物の概略断面図 (A-A断面, N S 方向)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

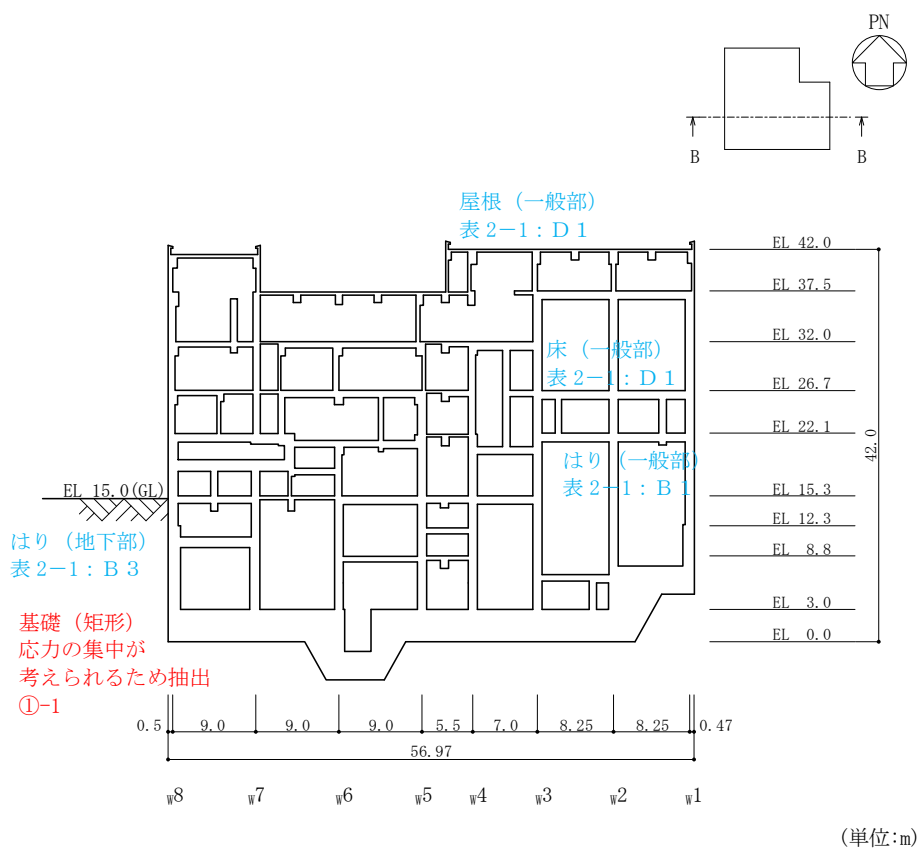


図 2-8(2) 廃棄物処理建物の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

## 2.5 排気筒

排気筒の概略図面を図 2-9 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

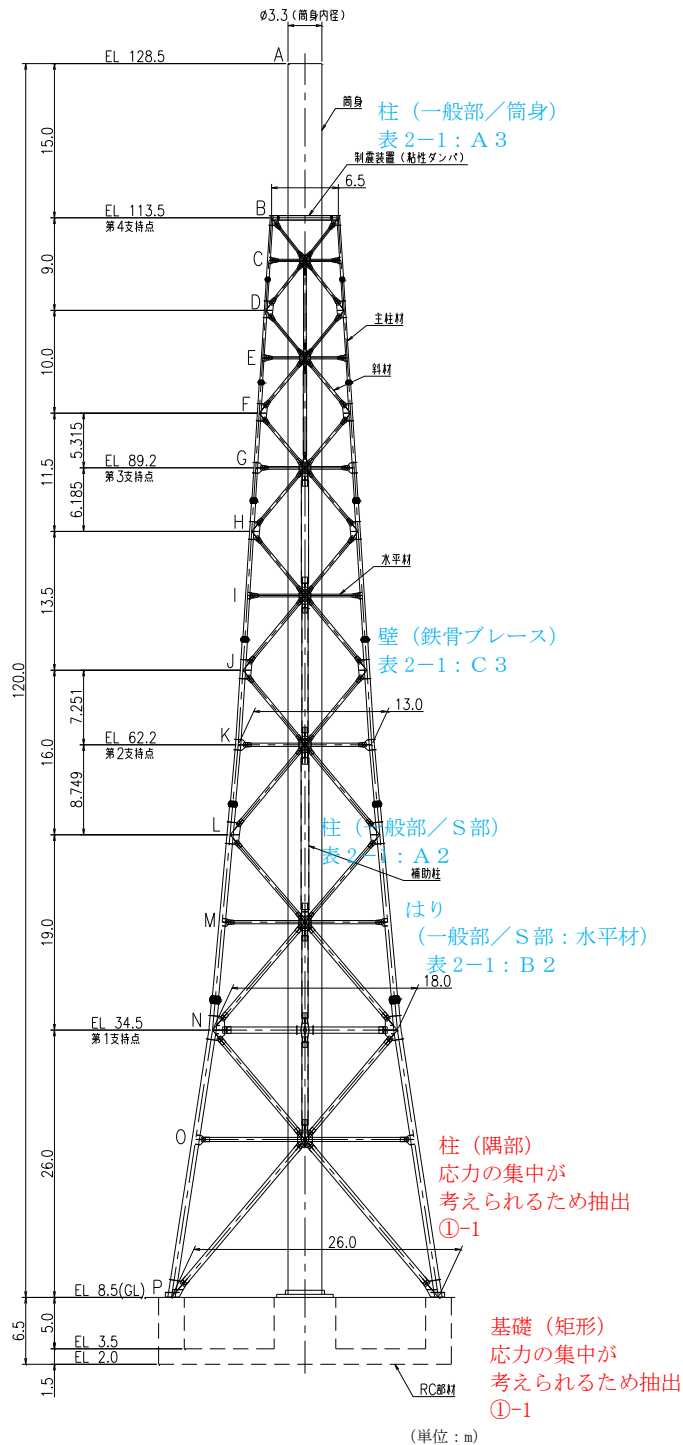


図 2-9 排気筒の概略図

## 2.6 緊急時対策所

緊急時対策所の概略図面を図2-10及び図2-11に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

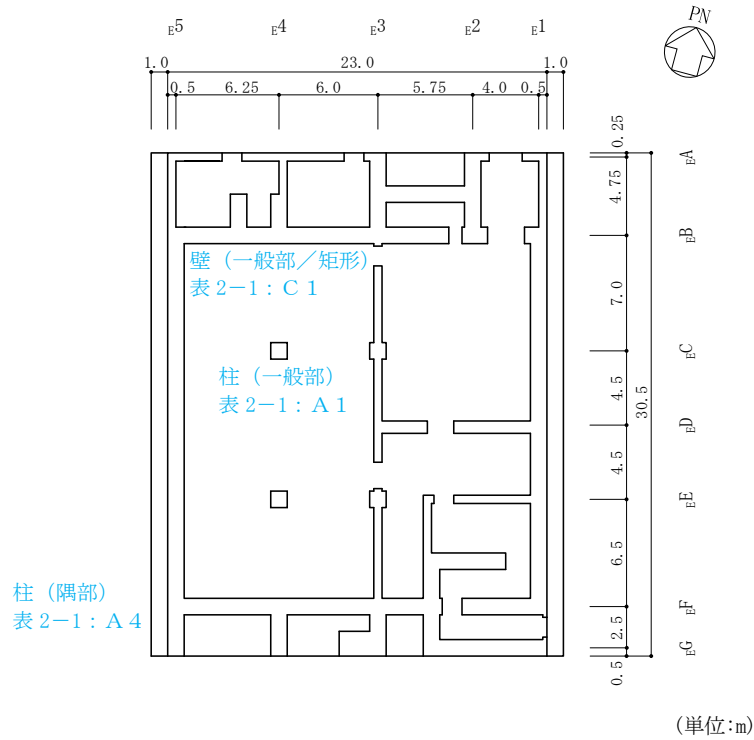


図2-10 緊急時対策所の概略平面図 (EL 50.25m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

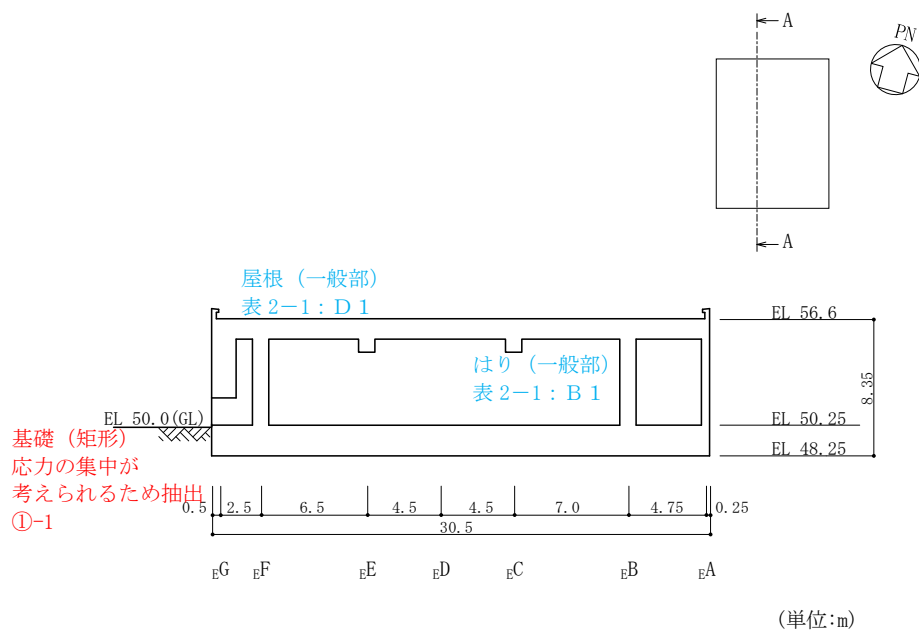


図 2-11(1) 緊急時対策所の概略断面図 (A-A断面, N S方向)

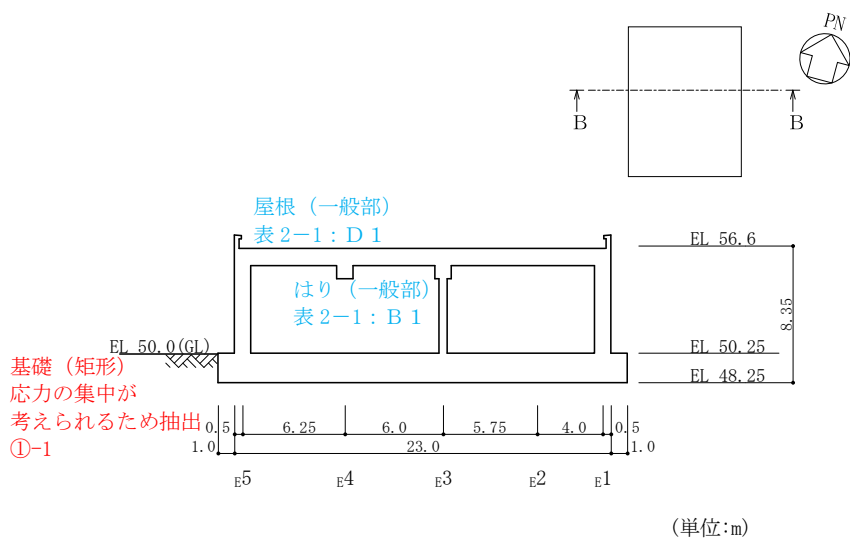


図 2-11(2) 緊急時対策所の概略断面図 (B-B断面, E W方向)

## 2.7 ガスタービン発電機建物

ガスタービン発電機建物の概略図面を図 2-12 及び図 2-13 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

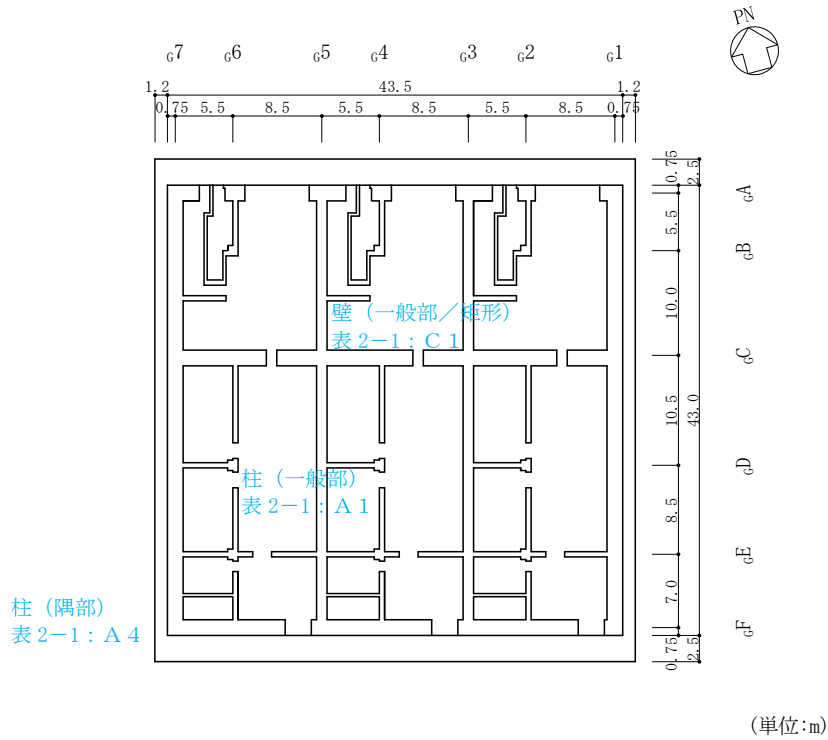


図 2-12(1) ガスタービン発電機建物の概略平面図 (EL 47.5m)



赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

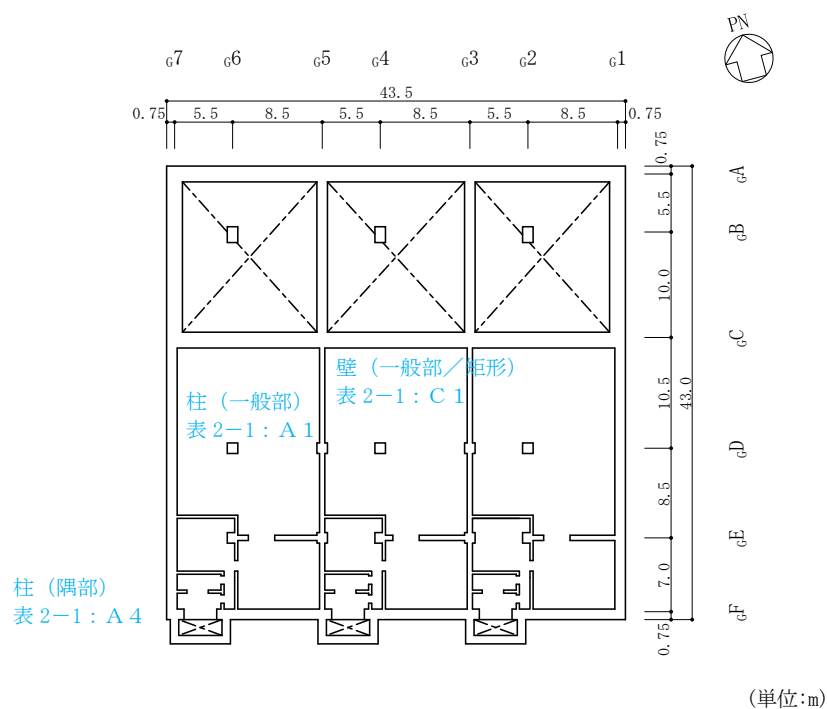


図 2-12(2) ガスタービン発電機建物の概略平面図 (EL 54.5m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

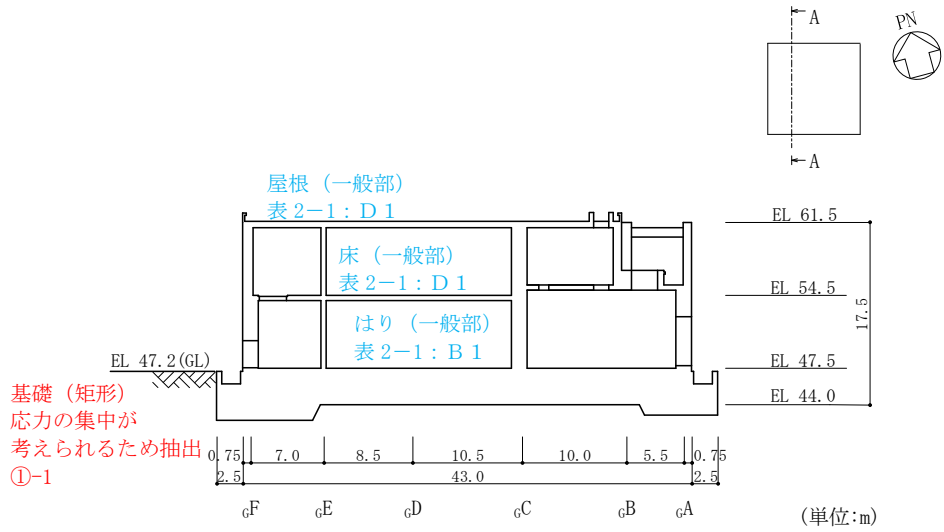


図 2-13(1) ガスタービン発電機建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

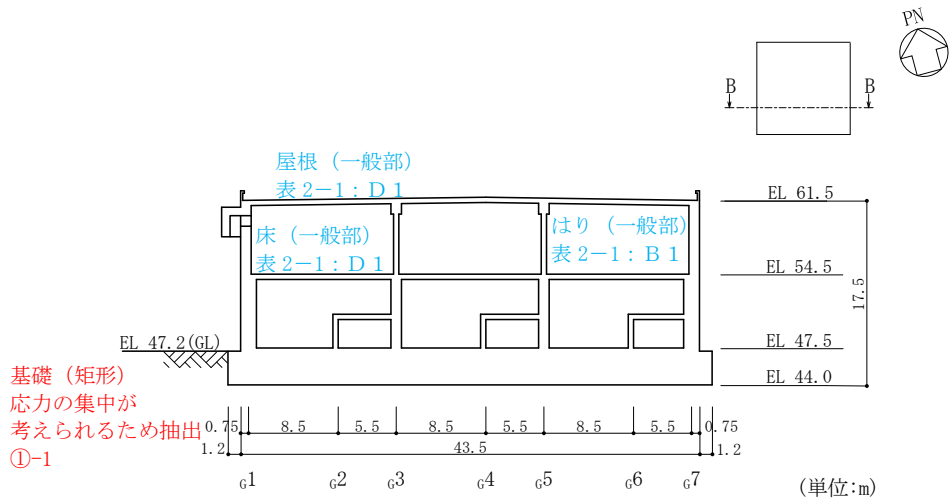


図 2-13(2) ガスタービン発電機建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

2.8 1号機原子炉建物

1号機原子炉建物の概略図面を図2-14及び図2-15に示す。

- 赤字：①-1で抽出された部位
- 橙字：①-2で抽出された部位
- 緑字：②-1で抽出された部位
- 紫字：②-2で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

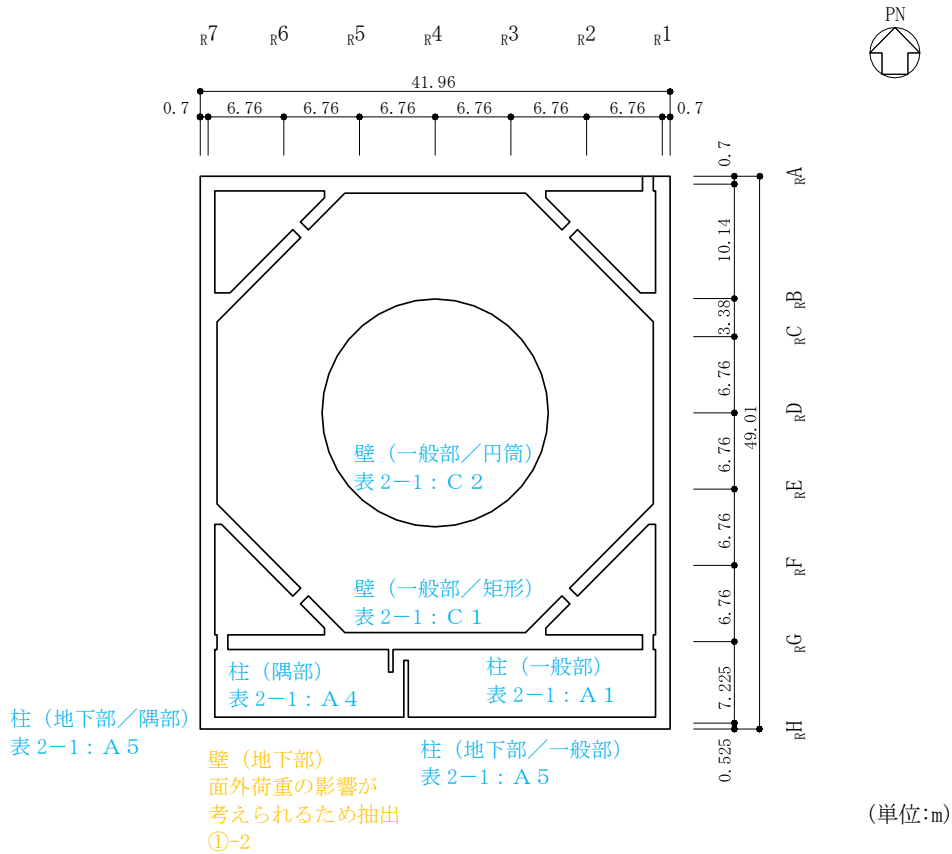


図2-14 1号機原子炉建物の概略平面図 (EL 3.1m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

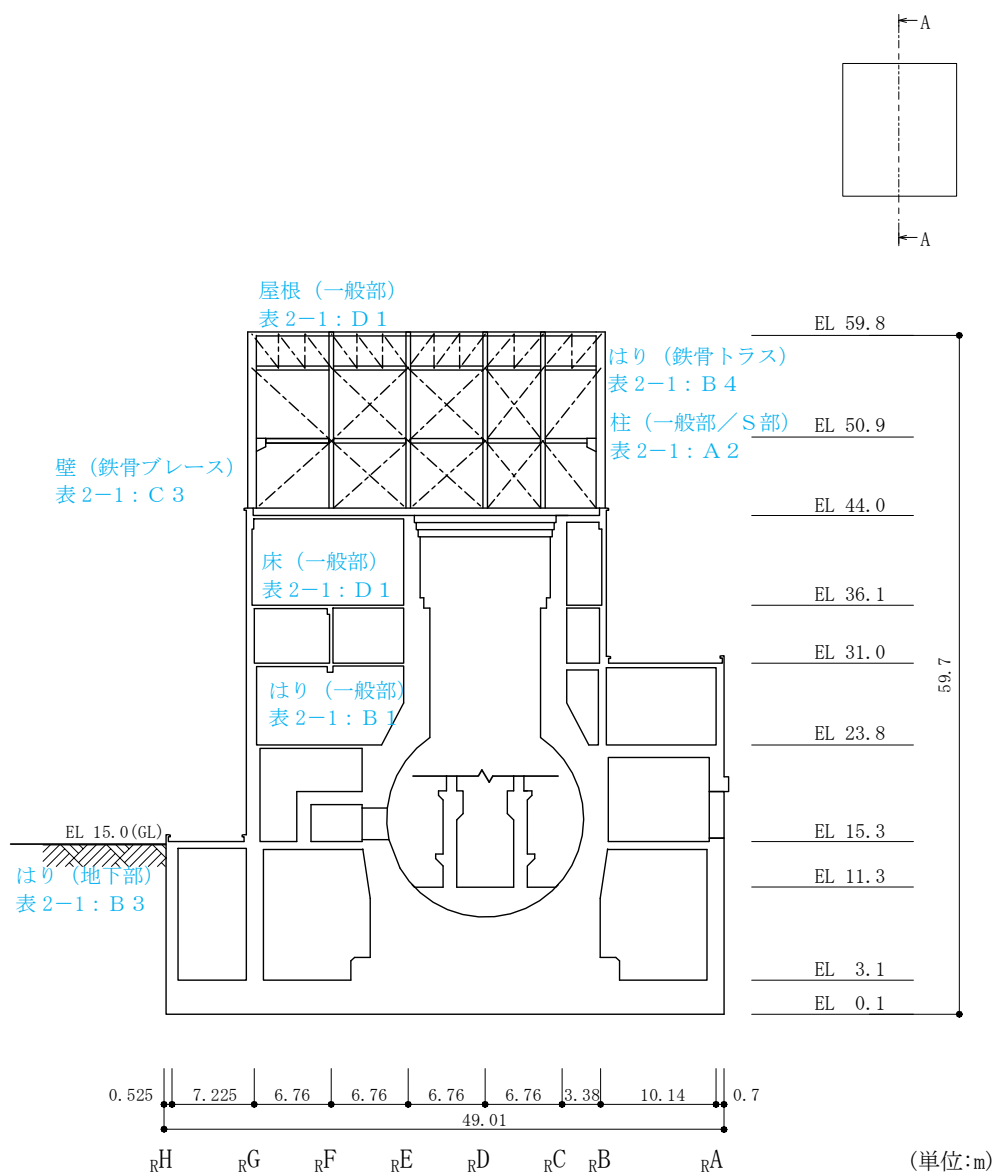


図 2-15(1) 1号機原子炉建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

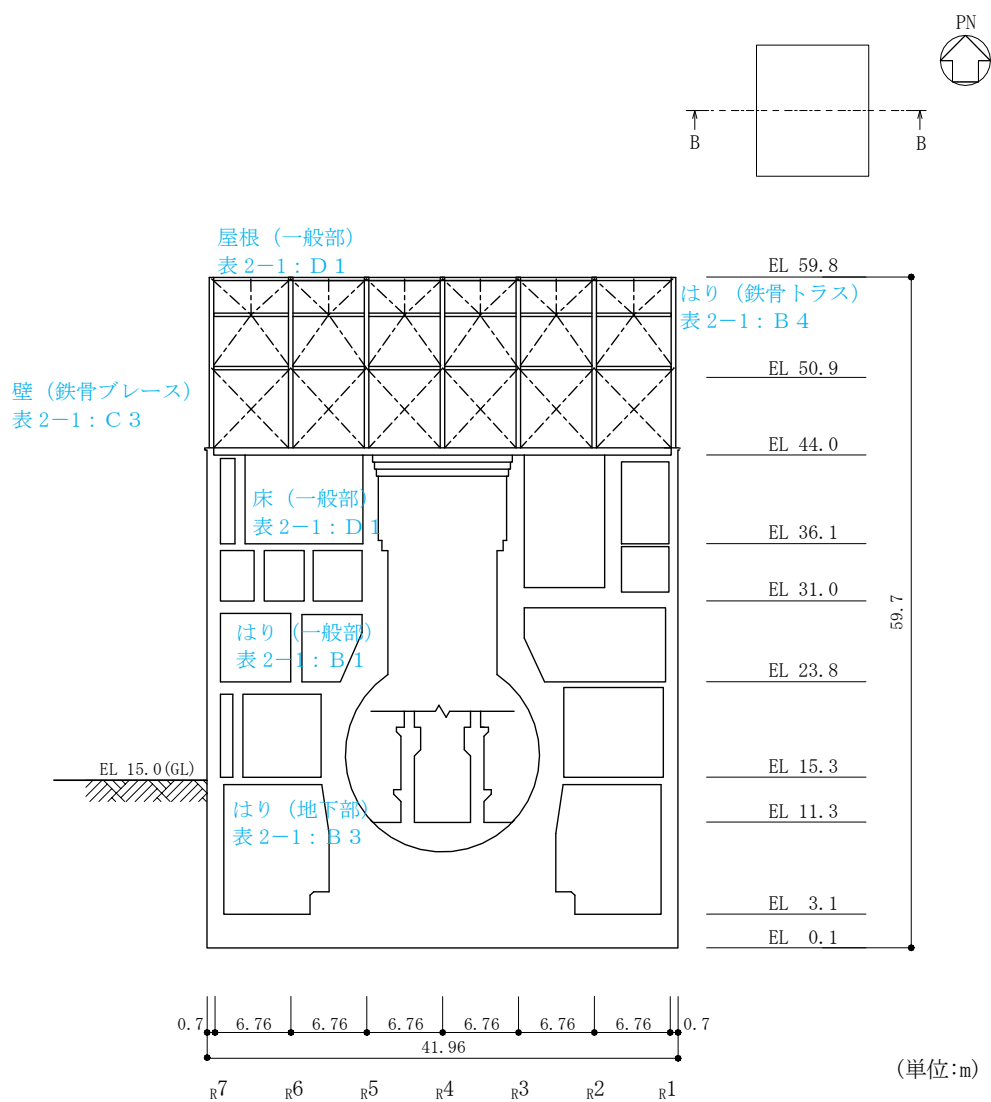


図 2-15(2) 1号機原子炉建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

2.9 1号機タービン建物

1号機タービン建物の概略図面を図2-16及び図2-17に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

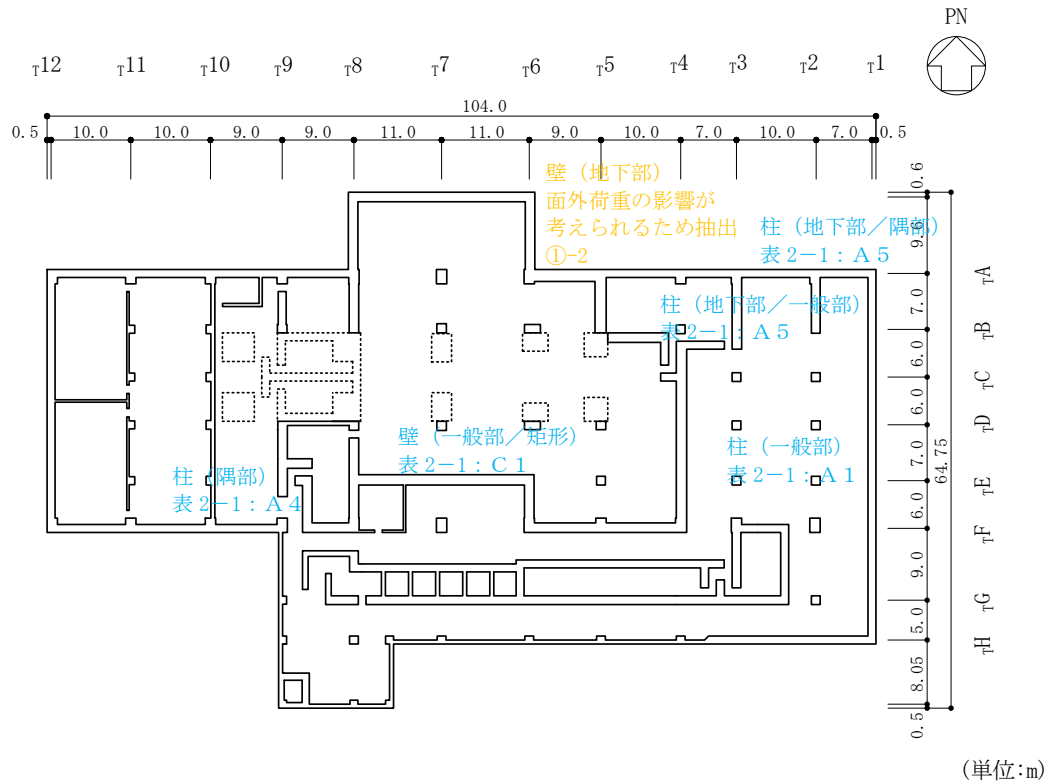


図2-16 1号機タービン建物の概略平面図 (EL 1.8m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

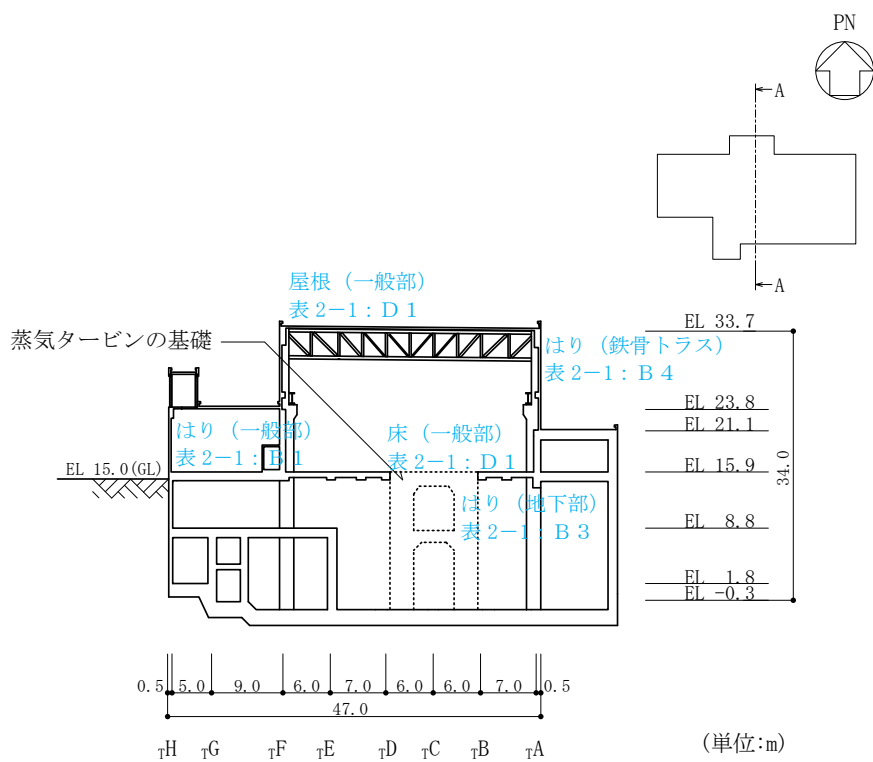


図 2-17(1) 1号機タービン建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

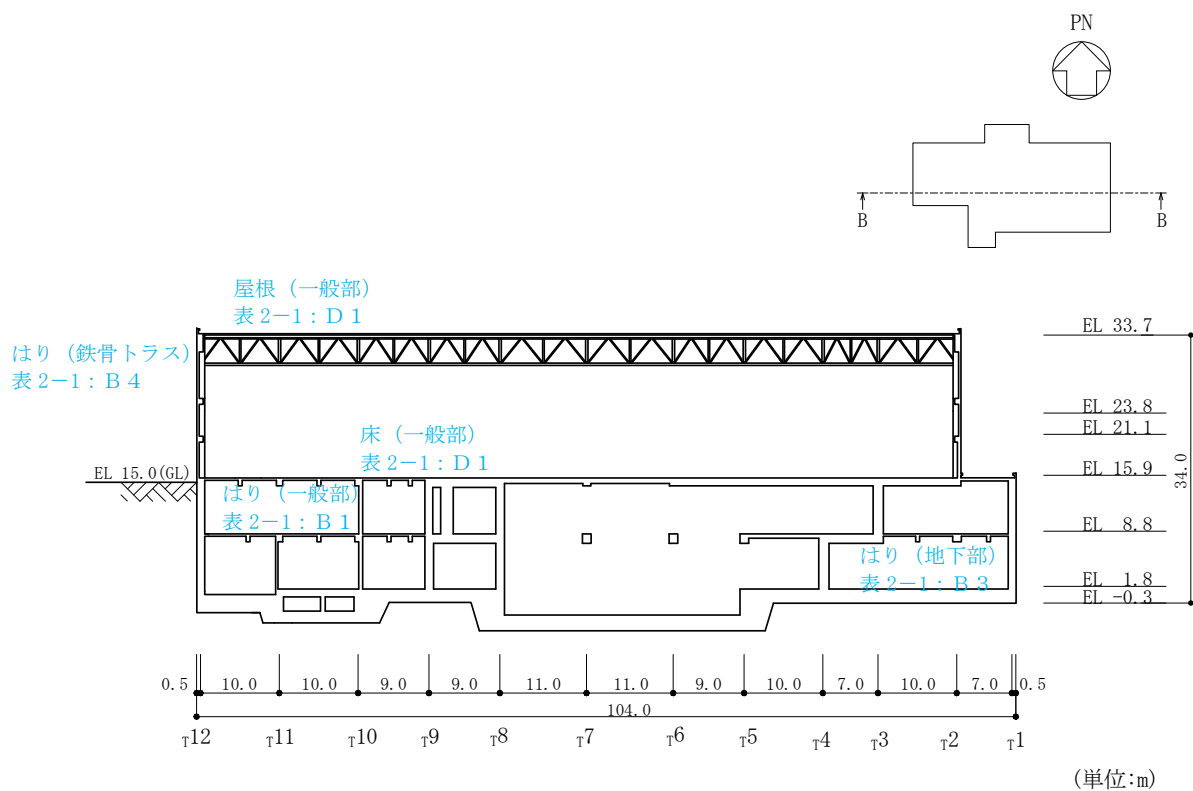


図 2-17(2) 1号機タービン建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)



2.10 1号機廃棄物処理建物

1号機廃棄物処理建物の概略図面を図2-18及び図2-19に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

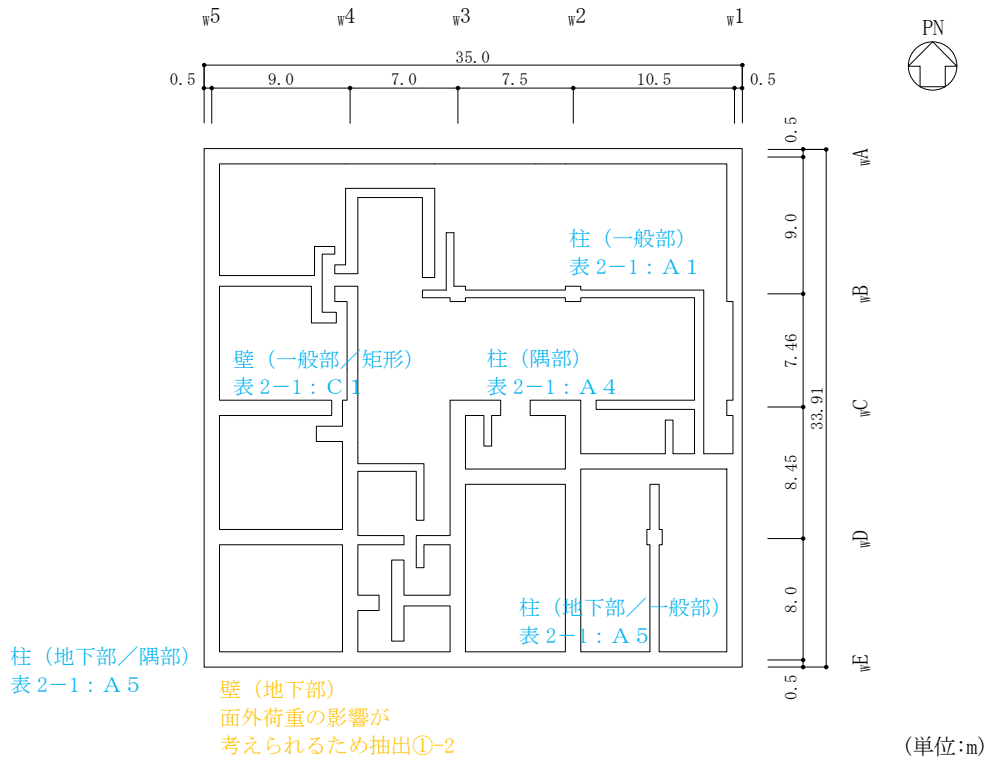


図 2-18 1号機廃棄物処理建物の概略平面図 (EL 6.5m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

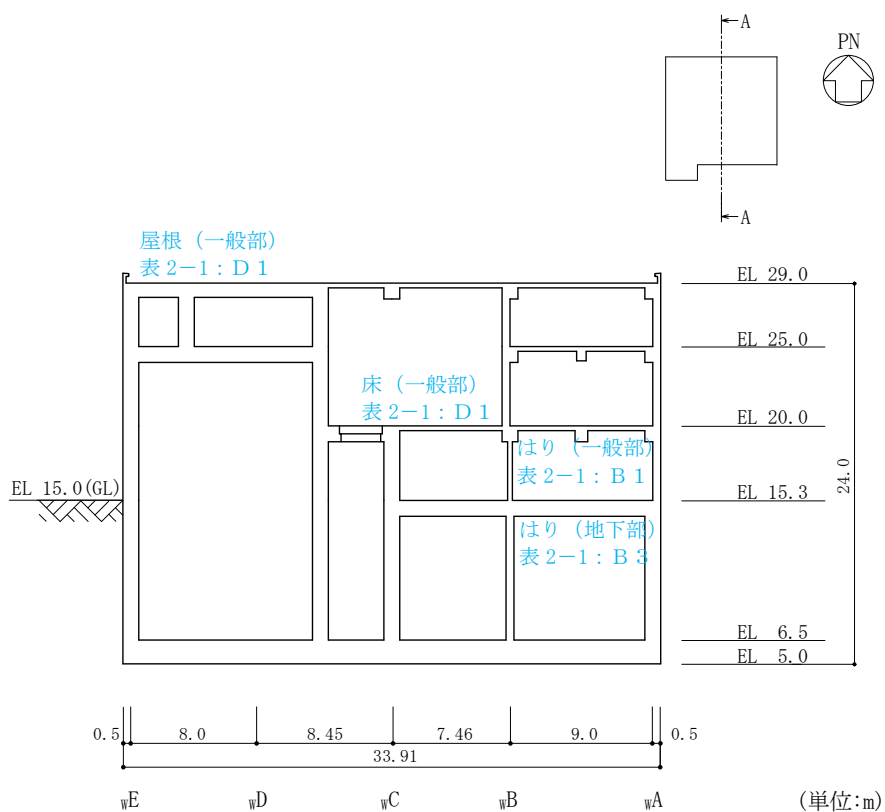


図 2-19(1) 1号機廃棄物処理建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

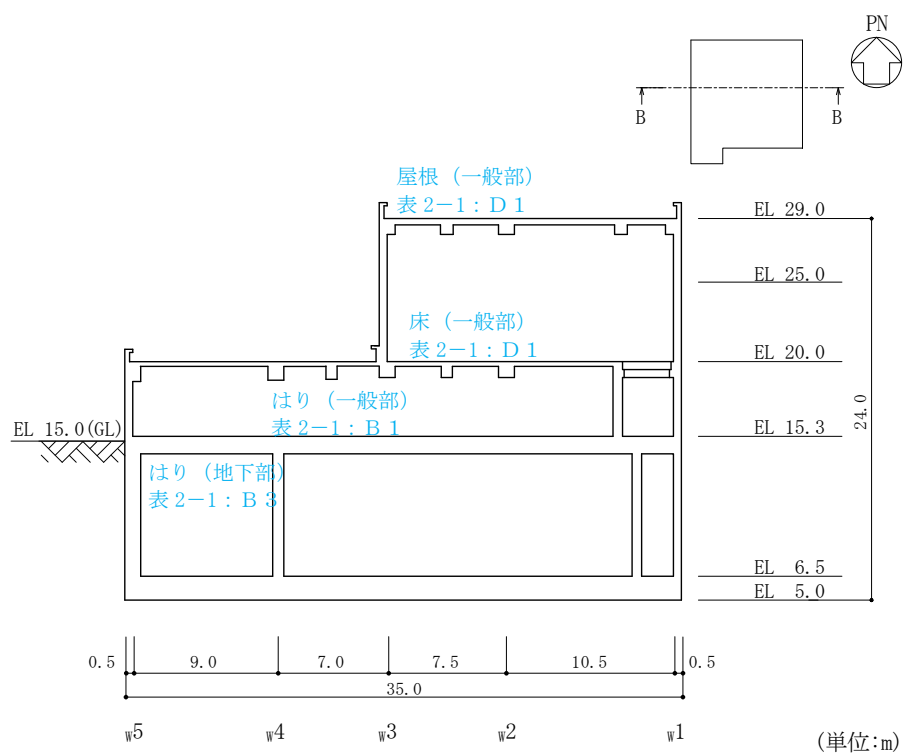


図 2-19 (2) 1 号機廃棄物処理建物の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.11 サイトバンカ建物

サイトバンカ建物の概略図面を図 2-20 及び図 2-21 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

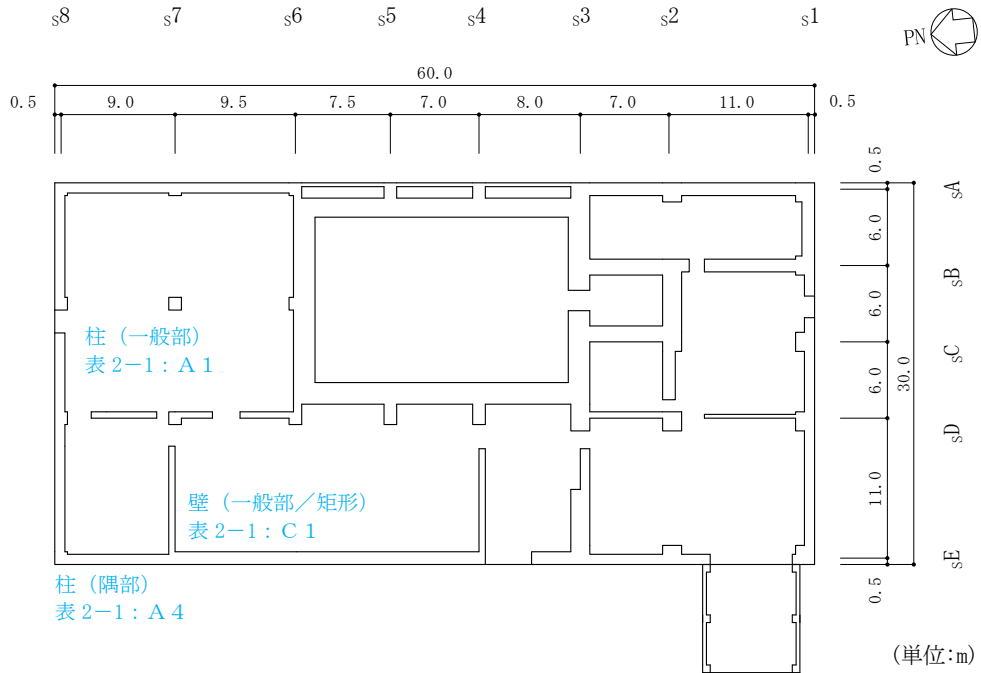


図 2-20 サイトバンカ建物の概略平面図 (EL 8.8m)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

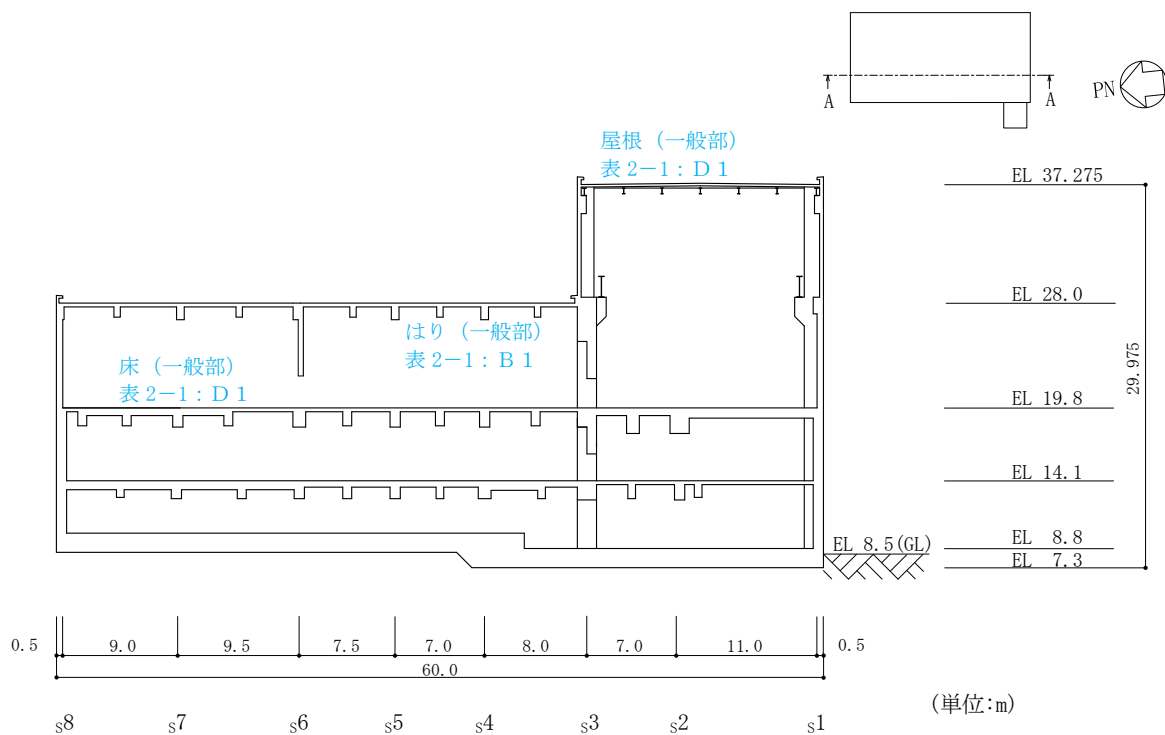


図 2-21(1) サイトバンカ建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

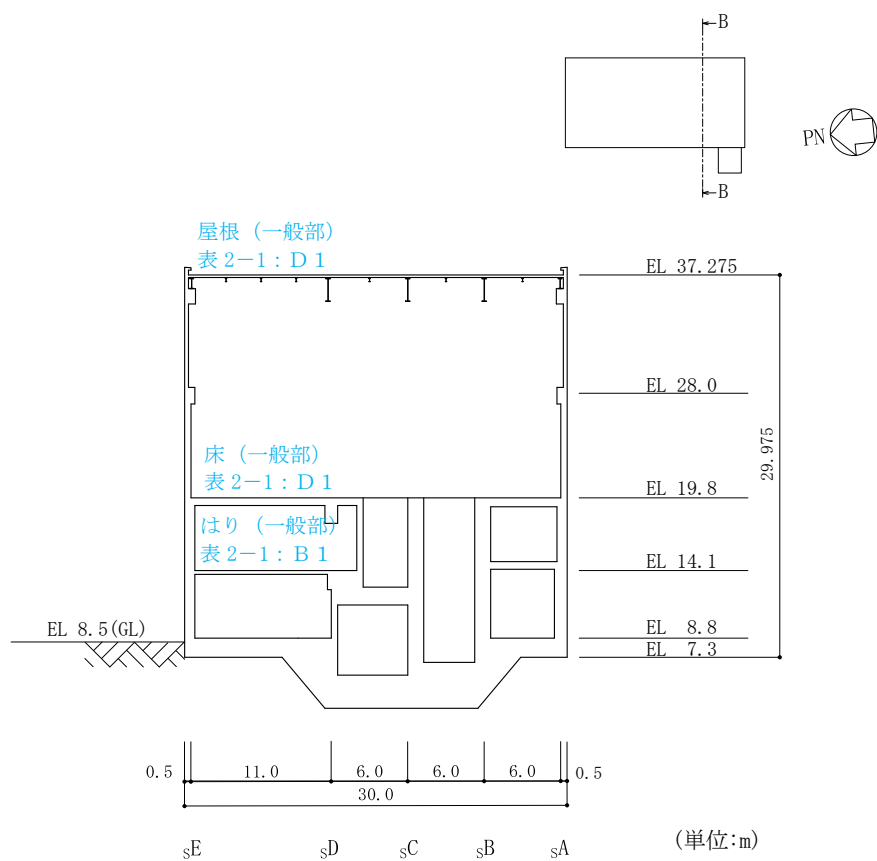


図 2-21(2) サイトバンカ建物の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.12 サイトバンカ建物（増築部）

サイトバンカ建物（増築部）の概略図面を図 2-22 及び図 2-23 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

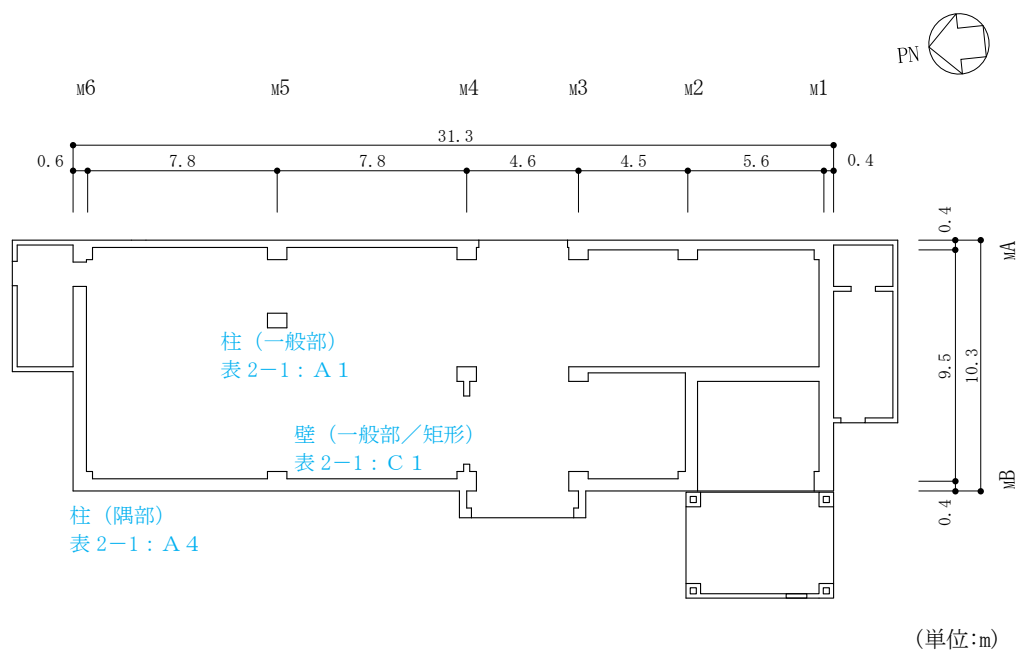


図 2-22 サイトバンカ建物（増築部）の概略平面図（EL 8.8m）

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

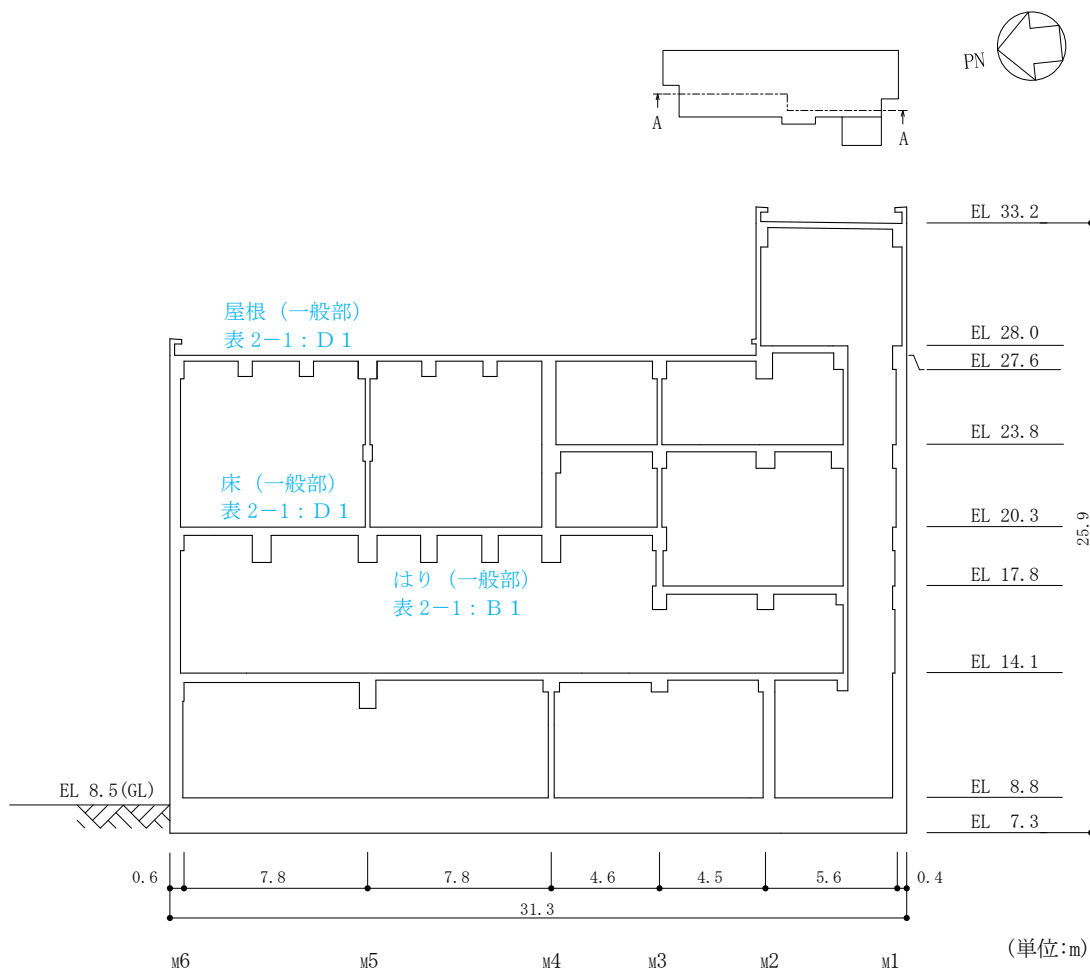


図 2-23(1) サイトバンカ建物 (増築部) の概略断面図 (A-A断面, NS方向)



- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

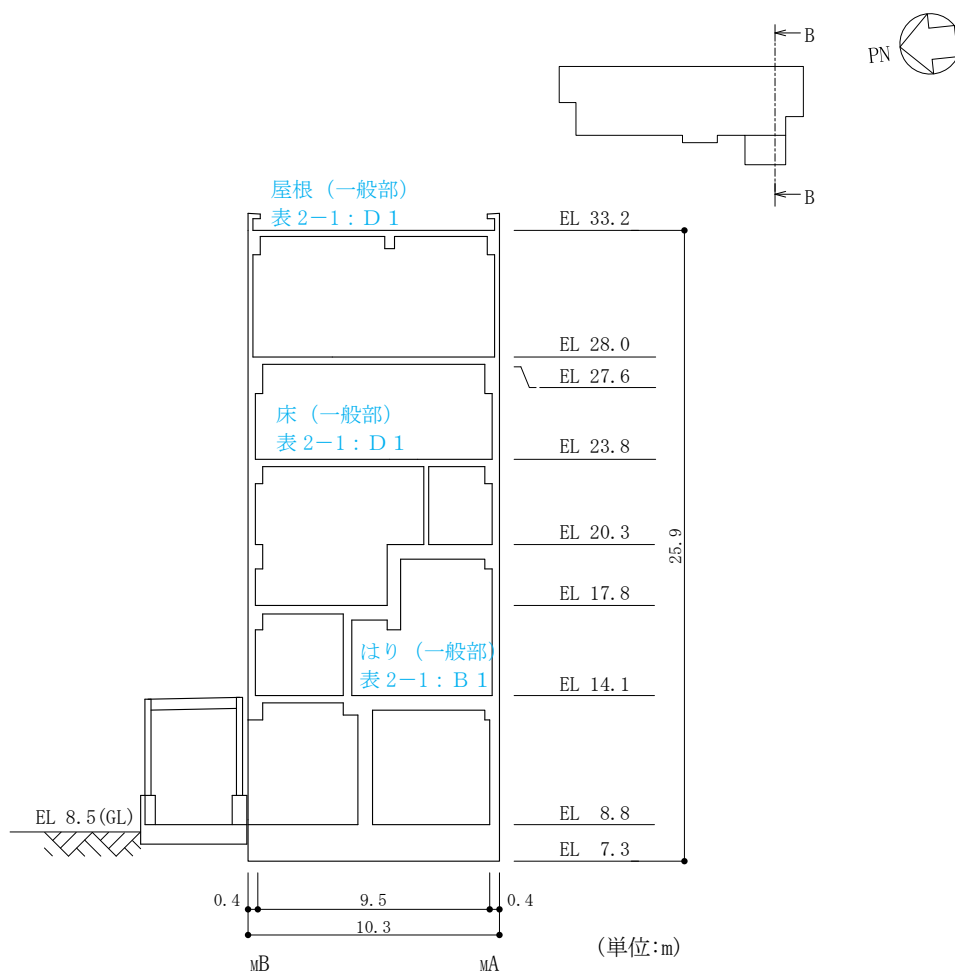


図 2-23(2) サイトバンカ建物 (増築部) の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.13 1号機排気筒

1号機排気筒の概略図面を図2-24に示す。

- 赤字：①-1で抽出された部位
- 橙字：①-2で抽出された部位
- 緑字：②-1で抽出された部位
- 紫字：②-2で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

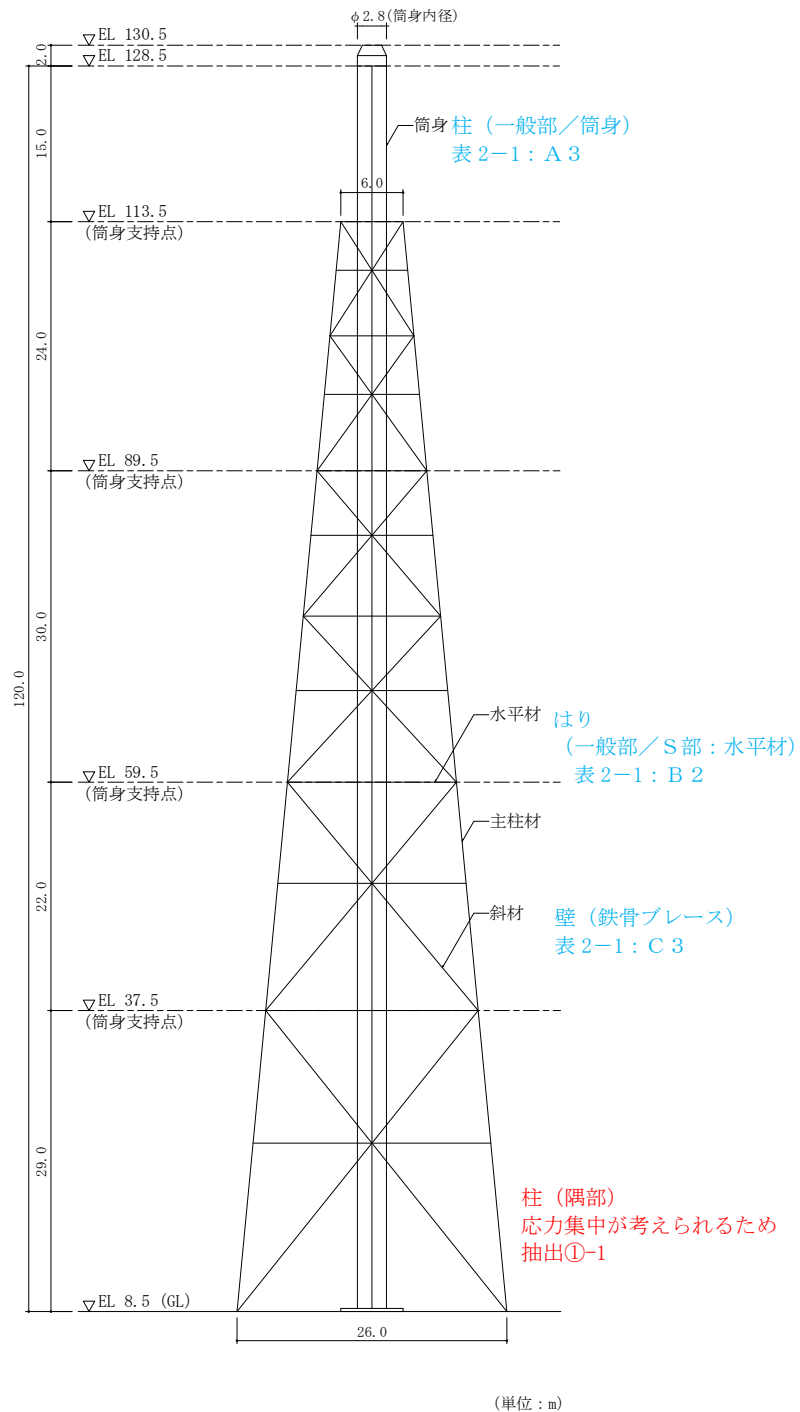


図2-24 1号機排気筒の概略図

## 2.14 排気筒モニタ室

排気筒モニタ室の概略図面を図 2-25 及び図 2-26 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

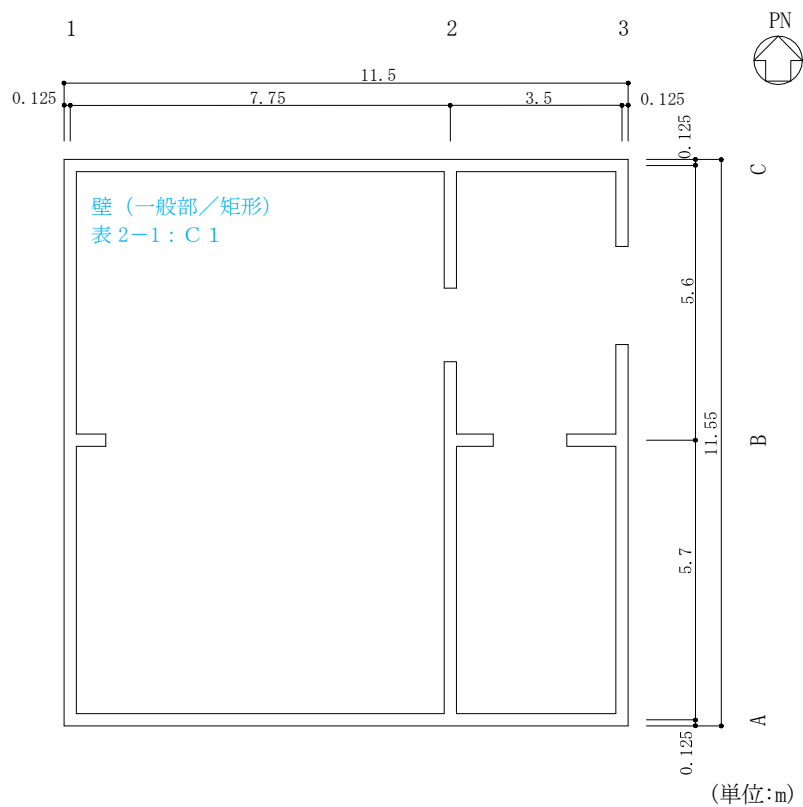


図 2-25 排気筒モニタ室の概略平面図 (EL 8.8m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

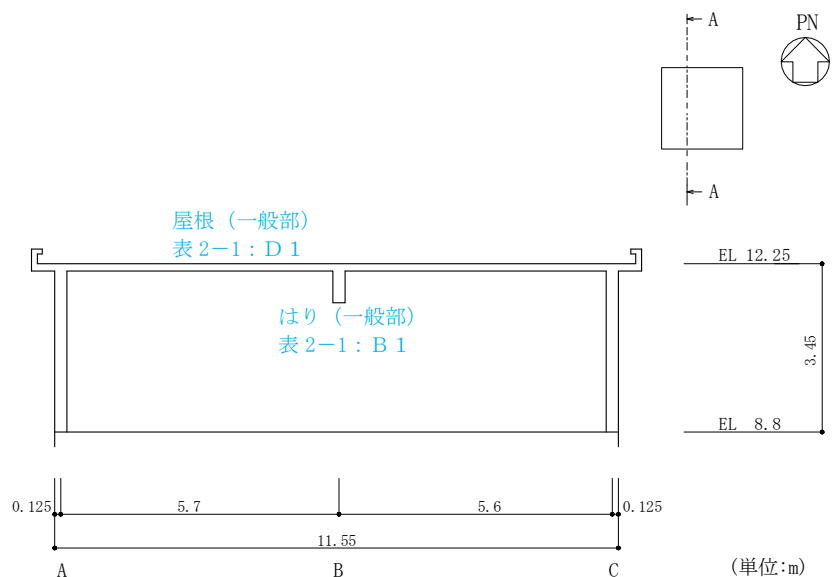


図 2-26(1) 排気筒モニタ室の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

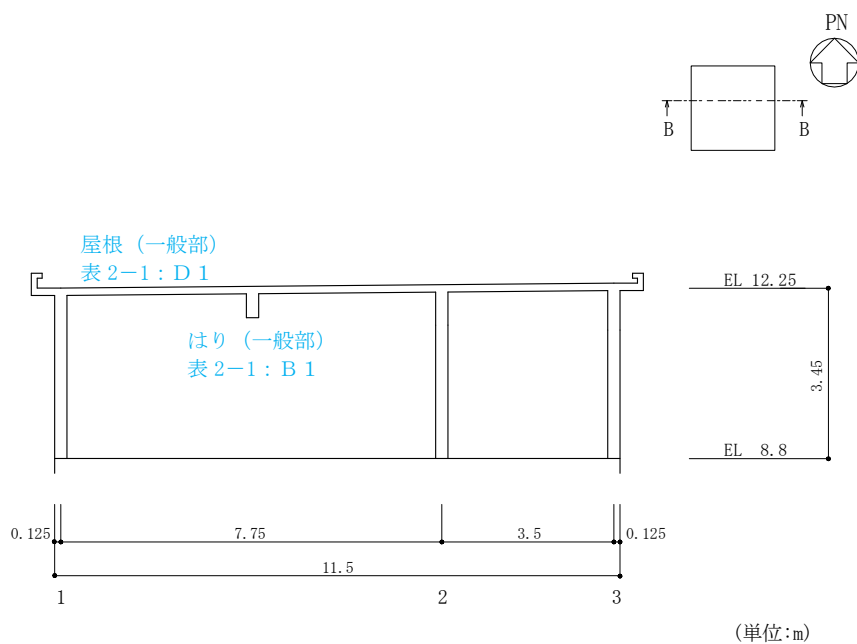


図 2-26(2) 排気筒モニタ室の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

2.15 ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備

ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備の概略図面を図 2-27 及び図 2-28 に示す。

- 赤字：①-1 で抽出された部位
- 橙字：①-2 で抽出された部位
- 緑字：②-1 で抽出された部位
- 紫字：②-2 で抽出された部位
- 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

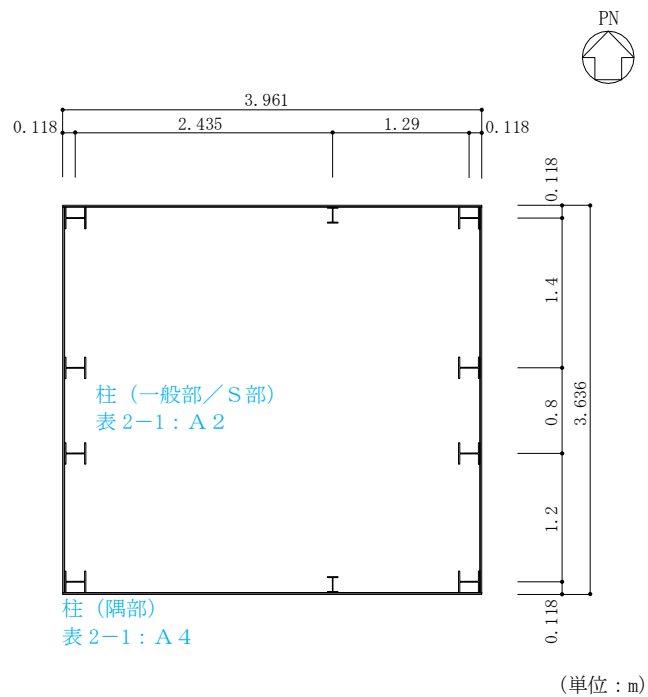


図 2-27(1) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備 (北側) の概略平面図 (EL 8.7m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

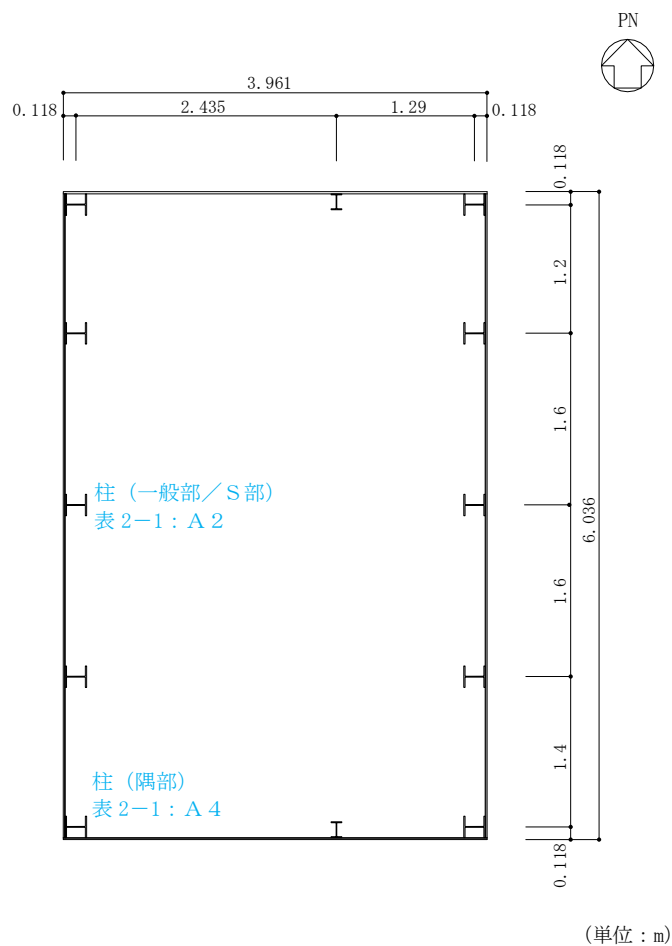


図 2-27(2) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備 (南側) の概略平面図 (EL 8.7m)

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

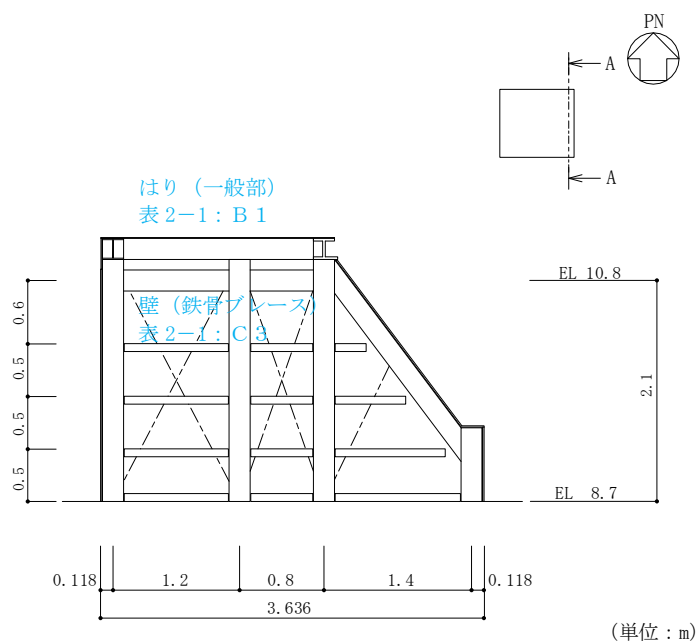


図 2-28(1) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備（北側）の概略断面図  
 （A-A断面，NS方向）

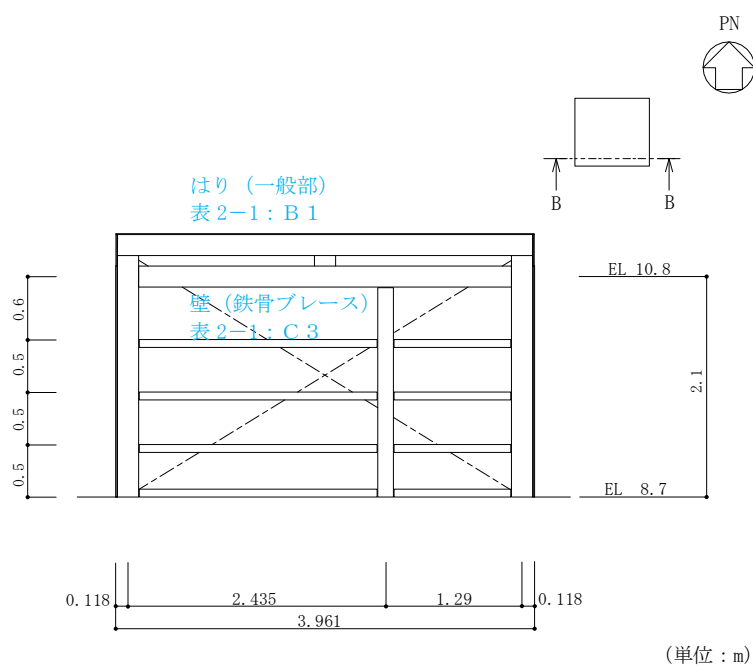


図 2-28(2) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備（北側）の概略断面図  
 （B-B断面，EW方向）

赤字：①-1 で抽出された部位  
 橙字：①-2 で抽出された部位  
 緑字：②-1 で抽出された部位  
 紫字：②-2 で抽出された部位  
 青字：抽出されなかった部位及びその考え方

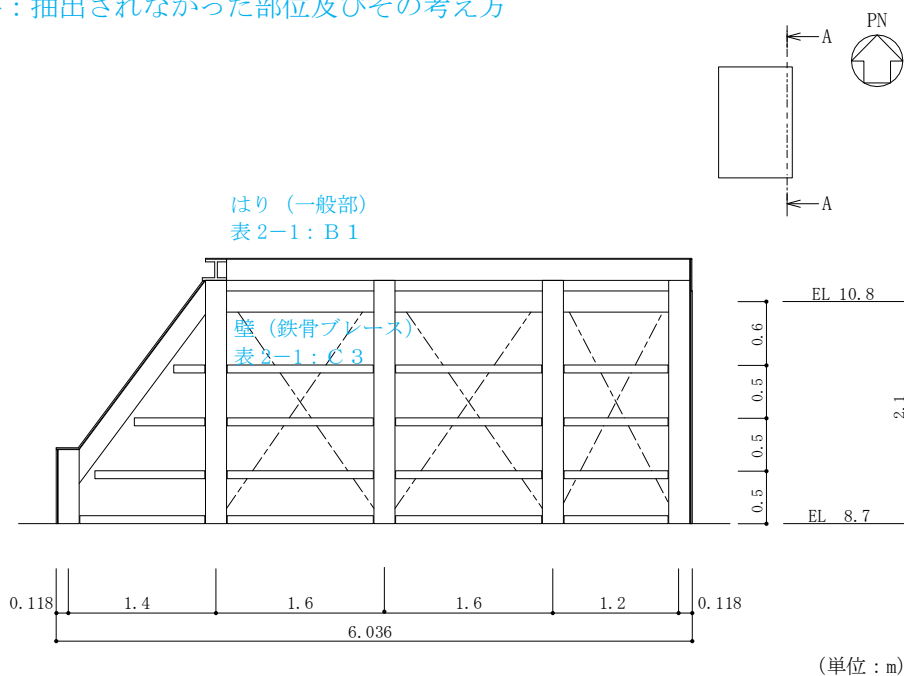


図 2-28(3) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備 (南側) の概略断面図  
 (A-A断面, NS方向)

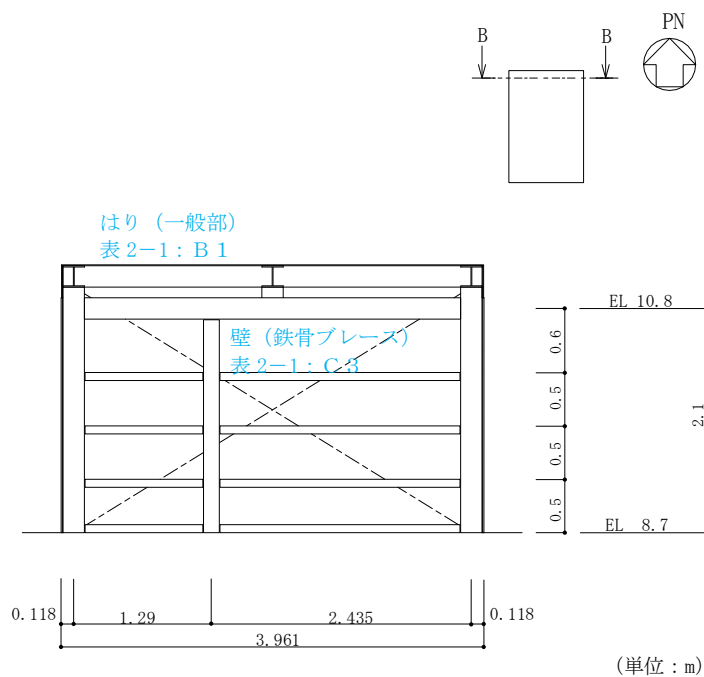


図 2-28(4) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備 (南側) の概略断面図  
 (B-B断面, EW方向)



表 2-1(1) 評価部位として抽出されなかった部位の基本的な考え方

記号	部位	①-1 応力集中	①-2 面外荷重	②-1 面外慣性力	②-2 ねじれ	除外する部位
A 1	柱 一般部 (RC部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中柱は応力が集中することなく、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁付き柱は地震力のほとんどを耐震壁が負担しており、該当しない。</li> <li>独立柱自身の慣性力により影響が生じるような階高を有する柱はないため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物</li> <li>制御室建物</li> <li>タービン建物</li> <li>廃棄物処理建物</li> <li>緊急時対策所</li> <li>ガスタービン発電機建物</li> <li>1号機タービン建物</li> <li>1号機廃棄物処理建物</li> <li>サイトバンカ建物</li> <li>サイトバンカ建物 (増築部)</li> </ul>
A 2	柱 一般部 (S部) ブレース構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>中柱は応力が集中することなく、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力のほとんどをブレースが負担しており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>排気筒</li> <li>1号機原子炉建物</li> <li>ディゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備</li> </ul>
A 3	柱 一般部 筒身	<ul style="list-style-type: none"> <li>筒身は鉄塔の中央で支持されており、応力が集中することなく、該当しない。</li> <li>耐震壁付きの柱は、応力集中が懸念される軸力が耐震壁に分散されることで影響が小さいと考えられるため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力のほとんどを鉄塔が負担しており、該当しない。</li> <li>耐震壁が負担しており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>排気筒</li> <li>1号機排気筒</li> </ul>
A 4	柱 隅部	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震壁付きの柱は、応力集中が懸念される軸力が耐震壁に分散されることで影響が小さいと考えられるため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力のほとんどを耐震壁が負担しており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物</li> <li>制御室建物</li> <li>タービン建物</li> <li>廃棄物処理建物</li> <li>緊急時対策所</li> <li>ガスタービン発電機建物</li> <li>1号機原子炉建物</li> <li>1号機タービン建物</li> <li>1号機廃棄物処理建物</li> <li>サイトバンカ建物</li> <li>サイトバンカ建物 (増築部)</li> <li>ディゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備</li> </ul>
A 5	柱 地下部 (一般部, 隅部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中柱は応力が集中することなく、該当しない。</li> <li>耐震壁付きの隅柱は、応力集中が懸念される軸力が耐震壁に分散されることで影響が小さいと考えられるため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下外周部が考えられるが、外周部柱は全てはり等に接続しており、土圧はそのままはり等に伝達されるため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力のほとんどを耐震壁が負担しており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物</li> <li>タービン建物</li> <li>廃棄物処理建物</li> <li>1号機原子炉建物</li> <li>1号機タービン建物</li> <li>1号機廃棄物処理建物</li> </ul>

表 2-1 (2) 評価部位として抽出されなかつた部位の基本的な考え方

記号	部位	①-1 応力集中	①-2 面外荷重	②-1 面外慣性力	②-2 ねじれ	除外する部位
B 1	一般部	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>剛性の高い床や耐震壁が付帯するため、面外方向の変形を抑制することから、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>剛性の大きい床が付帯しているため、該当部位は存在しない。</li> </ul>	原子炉建物 制御室建物 タービン建物 廃棄物処理建物 緊急時対策所 ガスタタービン発電機建物 1号機原子炉建物 1号機タービン建物 1号機廃棄物処理建物 サイトバンカ建物 (増築部) サイトバンカ建物 排気筒モニタ室 デイジーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備 排気筒 1号機排気筒
B 2	一般部 (S部:水平材)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量なトラス部材で構成されており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>約合いよく水平材、補助水平材が配置されており、該当しない。</li> </ul>	
B 3	地下部	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下外周部が考えられるが、吹抜けがないことから、外周部は完全に剛性が高いスラブに接続しており、土圧はそのままスラブに伝達されるため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>剛性の高い床や耐震壁が付帯するため、面外方向の変形を抑制することから、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>剛性の大きい床が付帯しているため、該当部位は存在しない。</li> </ul>	原子炉建物 タービン建物 廃棄物処理建物 1号機原子炉建物 1号機タービン建物 1号機廃棄物処理建物
B 4	鉄骨トラス	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地下部ではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>直交方向にもトラスが存在し、面外慣性力を負担するため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>剛性の大きい床が付帯しているため、該当部位は存在しない。</li> </ul>	原子炉建物 タービン建物 1号機原子炉建物 1号機タービン建物

表 2-1(3) 評価部位として抽出されなかつた部位の基本的な考え方

記号	部位	①-1 応力集中	①-2 面外荷重	②-1 面外慣性力	②-2 ねじれ	除外する部位
C 1	一般部 (矩形)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地部下にはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水平及び鉛直方向に大スパンの壁がないため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っており、該当しない。</li> </ul>	原子炉建物 制御室建物 タービン建物 廃棄物処理建物 緊急時対策所 ガスタタービン発電機建物 1号機原子炉建物 1号機タービン建物 1号機廃棄物処理建物 サイトパンカ建物 (増築部) 排気筒モニタ室
C 2	一般部 (円筒)	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物の中心付近に位置し、その外側にあるボックス型の壁とスラブで一体化されている壁は、応力集中が懸念される軸力がスラブ等に分散されることで影響が小さいと考えられるため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地部下にはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水平及び鉛直方向に大スパンの壁がないため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っており、該当しない。</li> </ul>	原子炉建物 1号機原子炉建物
C 3	鉄骨ブレース	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面外荷重が作用する地部下にはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量の鉄骨トラス部材で構成されており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく斜材、補助斜材が配置されており、該当しない。</li> </ul>	排気筒 1号機原子炉建物 1号機排気筒 デイゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備
D 1	床・ 屋根	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の負担について方向性を持っており、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積載荷重等従来から面外荷重を考慮しており、今回の抽出プロセスで該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大スパンの床及び屋根がないため、該当しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>釣合いよく耐震壁が配置された構造計画を行っており、該当しない。</li> </ul>	原子炉建物 制御室建物 タービン建物 廃棄物処理建物 緊急時対策所 ガスタタービン発電機建物 1号機原子炉建物 1号機タービン建物 1号機廃棄物処理建物 サイトパンカ建物 サイトパンカ建物 (増築部) 排気筒モニタ室

### 3. 代表部位の選定プロセス

#### 3.1 柱-隅部

応力集中が考えられる隅柱を有し、重要な設備である非常用ガス処理系用排気筒を支持している排気筒を代表して評価する。

#### 3.2 基礎

応力集中が考えられる矩形基礎の規模を表 3-1 に示す。

建物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物の基礎を代表して評価する。

表 3-1 矩形基礎の規模

項目	部位	対象*	平面形状 (m)	
①-1	基礎	<u>原子炉建物</u>	70.0	89.4
		制御室建物	22.0	37.0
		タービン建物	72.0	138.0
		廃棄物処理建物	54.9	56.97
		排気筒	28.5	28.5
		緊急時対策所	30.5	25.0
		ガスタービン発電機建物	48.0	45.9

注記\*：下線部は代表を示す。

#### 3.3 壁（面外荷重）

面外荷重の影響が考えられる部位について、面外荷重が作用する壁の規模等（壁の高さ及び床等の拘束の有無）を表 3-2 に示す。

施設の重要性、建物規模及び構造特性を考慮し、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する燃料プールの壁を代表して評価する。

表 3-2 壁の規模等

項目	部位	対象*	高さ (m)	床等の拘束 の有無
①-2	壁	<u>原子炉建物（燃料プール）</u>	11.97	無
		原子炉建物（地下部）	7.5	有
		タービン建物（地下部）	8.5	有
		廃棄物処理建物（地下部）	12.0	有
		1号機原子炉建物（地下部）	11.9	有
		1号機タービン建物（地下部）	10.0	有
		1号機廃棄物処理建物（地下部）	8.5	有

注記\*：下線部は代表を示す。

## 別紙2 原子炉建物3次元FEMモデルを用いた精査

目 次

今回提出範囲：

1.	3次元FEMモデルを用いた精査の概要	別紙 2-1
2.	原子炉建物の壁の面外慣性力による影響検討	別紙 2-2
2.1	検討の概要	別紙 2-2
2.2	検討方針	別紙 2-10
2.3	解析モデル	別紙 2-12
2.4	地震応答解析の概要	別紙 2-16
2.5	地震応答解析結果	別紙 2-23
2.6	面外慣性力に対する壁の断面の評価	別紙 2-60
2.6.1	解析モデル及び荷重条件	別紙 2-60
2.6.2	応答補正比率の算出	別紙 2-63
2.6.3	断面の評価部位の選定	別紙 2-65
2.6.4	断面の評価方法	別紙 2-68
2.6.5	断面の評価結果	別紙 2-70
2.7	面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の壁の断面の評価	別紙 2-72
2.7.1	解析モデル及び荷重条件	別紙 2-72
2.7.2	応答補正比率の算出	別紙 2-72
2.7.3	断面の評価部位の選定	別紙 2-72
2.7.4	断面の評価方法	別紙 2-72
2.7.5	断面の評価結果	別紙 2-72
2.8	検討のまとめ	別紙 2-73
3.	局所応答による影響検討	別紙 2-74
4.	3次元FEMモデルを用いた精査のまとめ	別紙 2-75

別紙 2-1 3次元的な応答特性を考慮した燃料取替階ブローアウトパネルの評価について

1. 3次元FEMモデルを用いた精査の概要

VI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において、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」という特性より、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）について、3次元FEMモデルによる精査を行う。

面外応答の影響については質点系モデルでは評価できない応答のため、「NS2-補-023-13地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、3次元FEMモデルによる詳細評価を実施し、耐震性への影響を確認するとともに、評価結果をVI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に反映することとした。

本資料では、精査の概要及び精査の結果を示す。

3次元FEMモデルによる精査に用いる地震動を表1-1に示す。

表1-1 評価に用いる地震動

対象		評価に用いる地震動	
耐震評価部位			
壁	一般部 (燃料取替階レベル)	原子炉建物	基準地震動 $S_s^*$

注記\* : 3次元FEMモデルによる応答補正比率の算出は、線形解析のため弾性設計用地震動  $S_d$  を用いることとし、入力地震動の組合せは、表2-3に示すとおりとする。



## 2. 原子炉建物の壁の面外慣性力による影響検討

### 2.1 検討の概要

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価として、面内方向の荷重に加え面外慣性力の影響の可能性のある原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）について、地震動を水平 2 方向及び鉛直方向に入力した場合の検討を実施する。

原子炉建物は、中央部に地上 4 階、地下 2 階建てで平面寸法が 53.3m\*（NS）×53.8m\*（EW）の原子炉棟があり、その周囲に地上 2 階（一部 3 階）、地下 2 階建ての原子炉建物付属棟（以下「付属棟」という。）を配置した鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。

原子炉棟と付属棟は、一体構造で同一基礎スラブ上に設置され、本建物の平面寸法は、70.0m\*（NS）×89.4m\*（EW）の矩形を成している。基礎スラブ底面からの高さは 68.2m である。また、原子炉建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

原子炉建物の基礎は厚さ 6.0m のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

原子炉棟の中央部には、原子炉圧力容器を収容している原子炉格納容器があり、これらの周囲は鉄筋コンクリート造の原子炉一次遮蔽壁（以下「ドライウエル外側壁」という。）で囲まれている。

原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁」という。）は基礎スラブ上から屋根面まで連続しており、壁厚は地下部分で 1.9m～2.3m、地上部分では 0.45m～2.3m である。また、付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁」という。）の壁厚は地下部分で 1.5m～1.9m、地上部分では 0.9m～1.9m である。これらの壁は建物の中心に対してほぼ対称に配置されており、開口部も少なく、建物は全体として非常に剛性の高い構造となっている。建物に加わる地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁（ドライウエル外側壁、内部ボックス壁及び外部ボックス壁）に負担させている。

原子炉建物の概略平面図及び概略断面図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

注記\*：建物寸法は壁外面寸法とする。

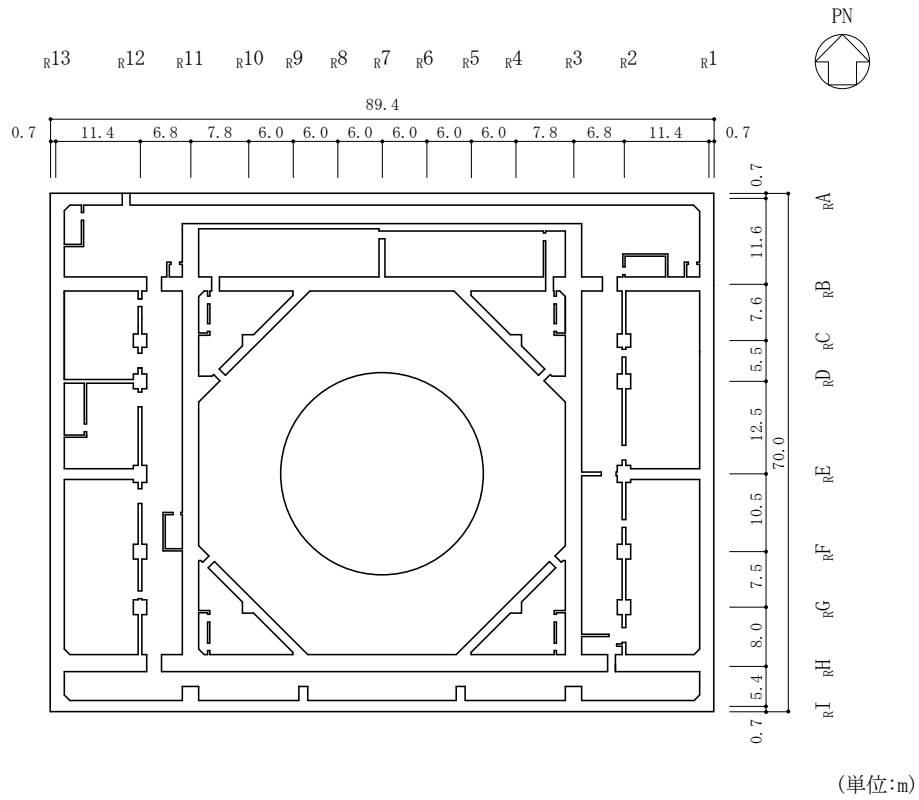


図 2-1(1) 原子炉建物の概略平面図 (EL 1.3m\*)

注記\* : 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

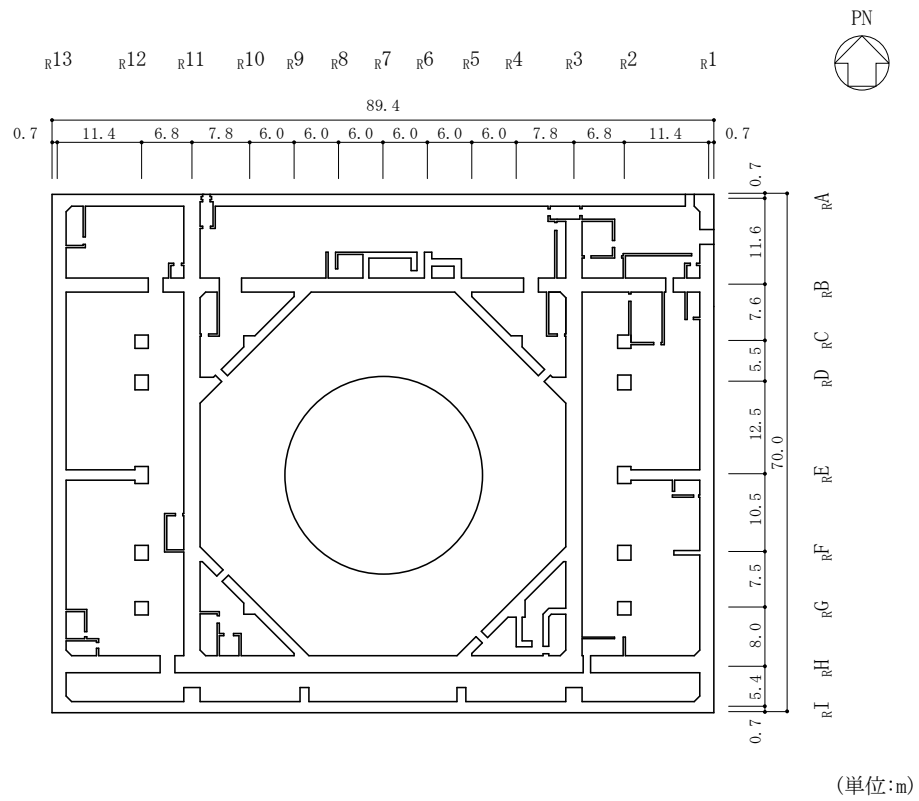


図 2-1(2) 原子炉建物の概略平面図 (EL 8.8m)

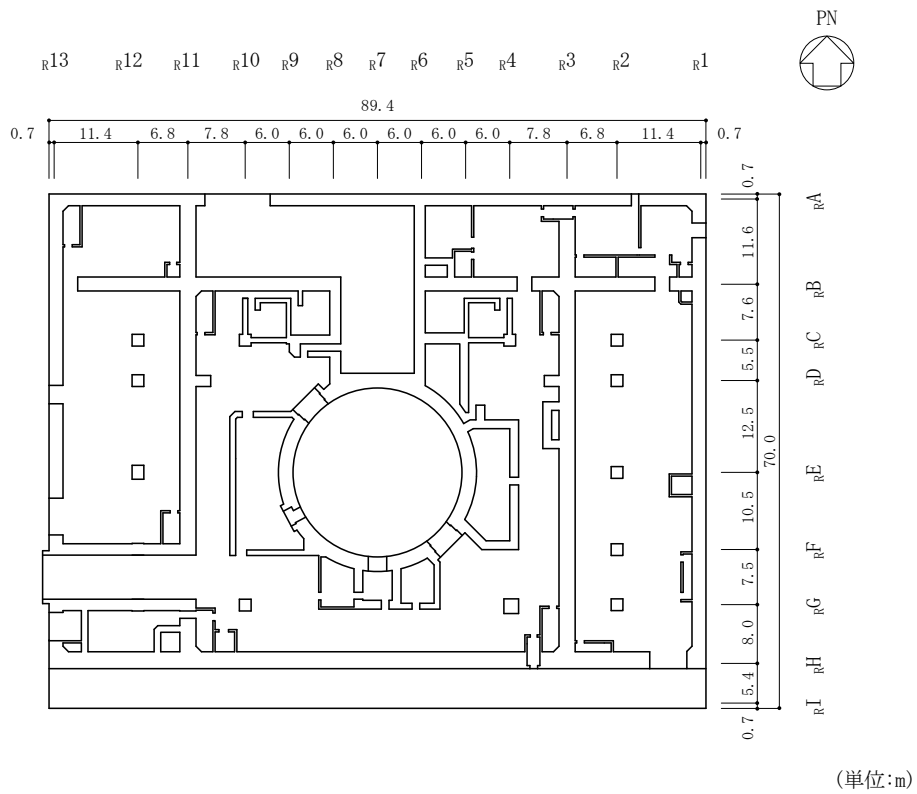


図 2-1 (3) 原子炉建物の概略平面図 (EL 15.3m)

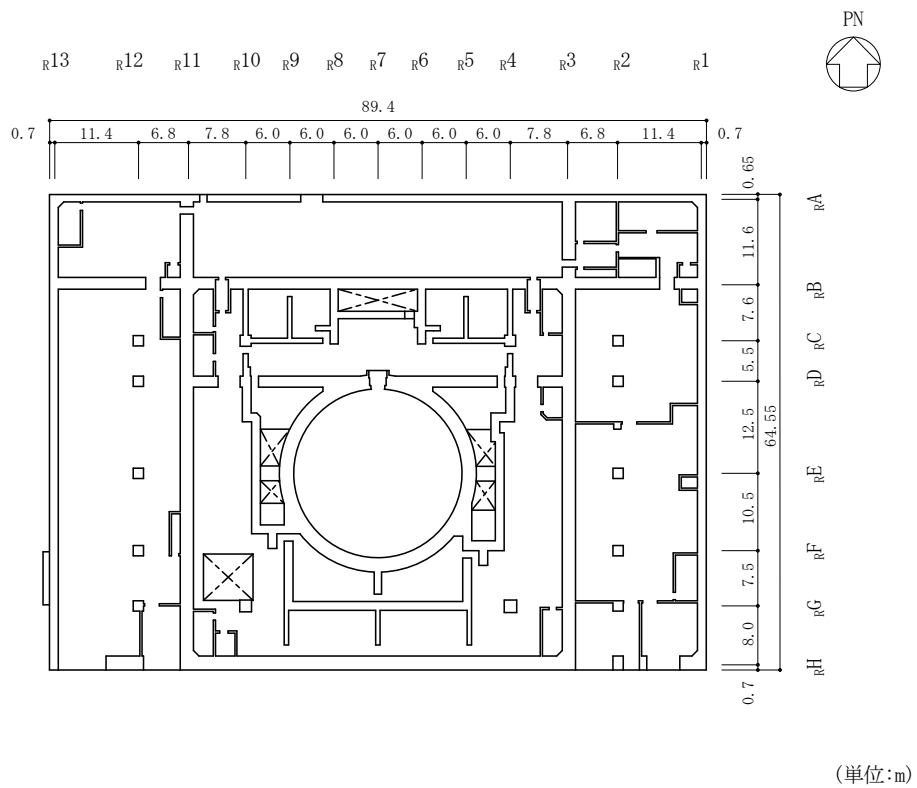
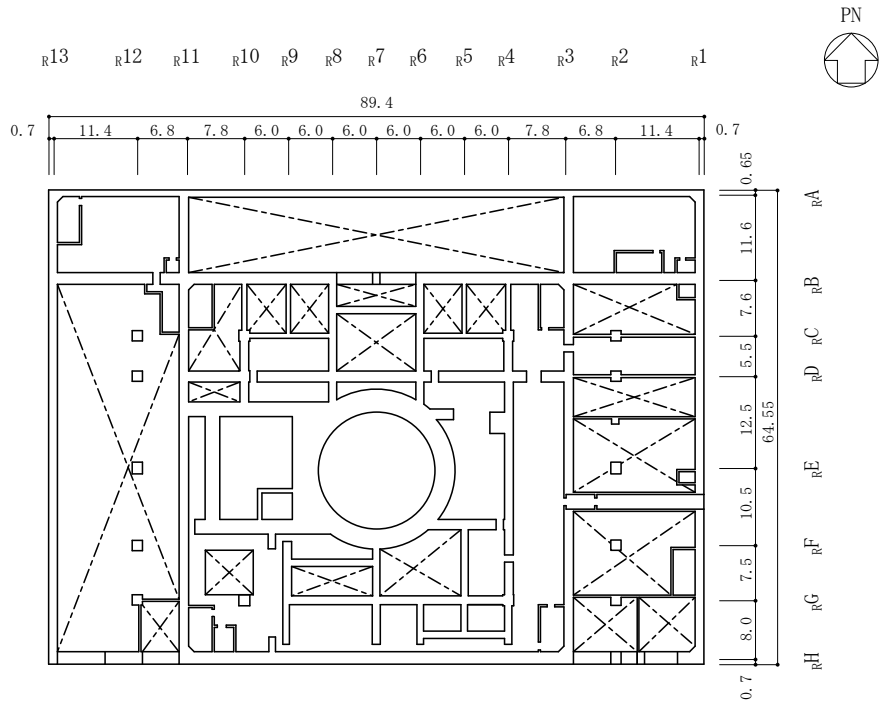
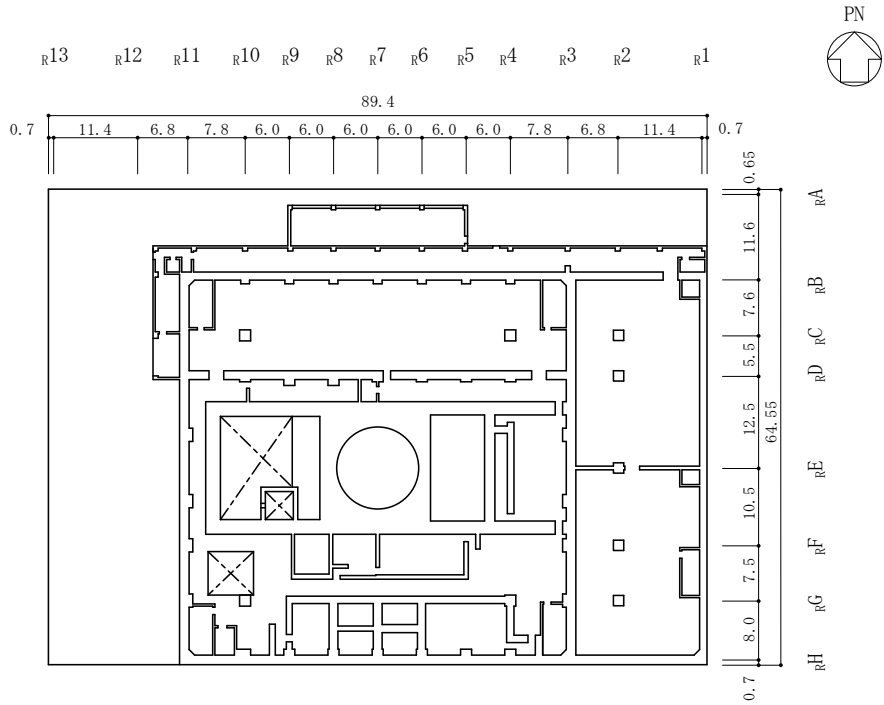


図 2-1 (4) 原子炉建物の概略平面図 (EL 23.8m)



(単位:m)

図 2-1(5) 原子炉建物の概略平面図 (EL 30.5m)



(単位:m)

図 2-1(6) 原子炉建物の概略平面図 (EL 34.8m)

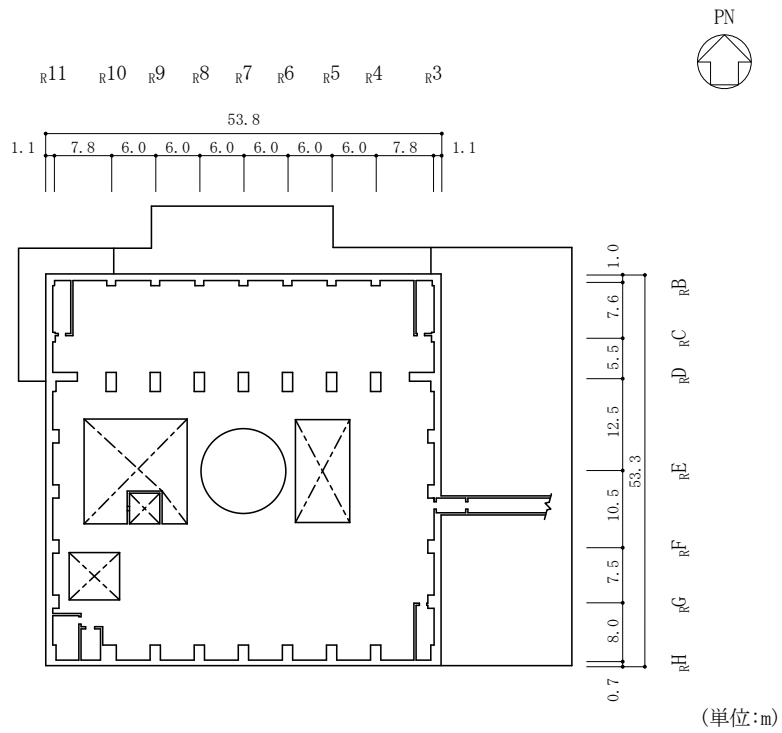


図 2-1(7) 原子炉建物の概略平面図 (EL 42.8m)

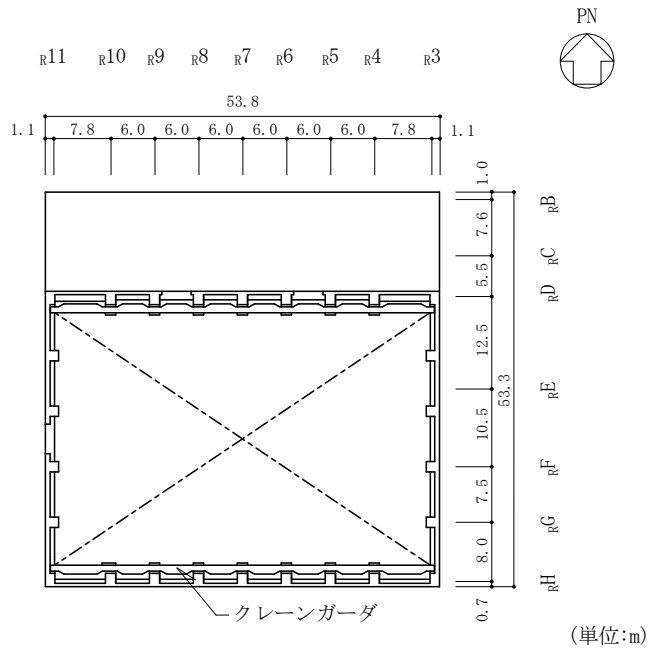


図 2-1(8) 原子炉建物の概略平面図 (EL 51.7m)

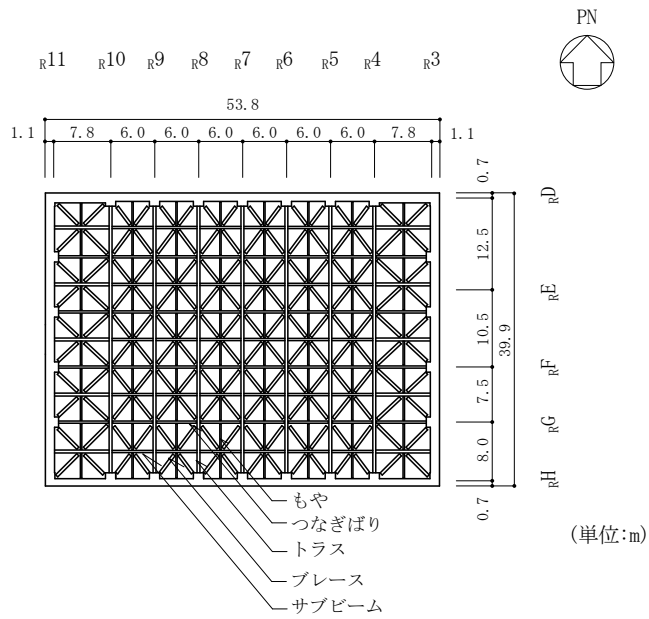


図 2-1(9) 原子炉建物の概略平面図 (EL 63.5m)

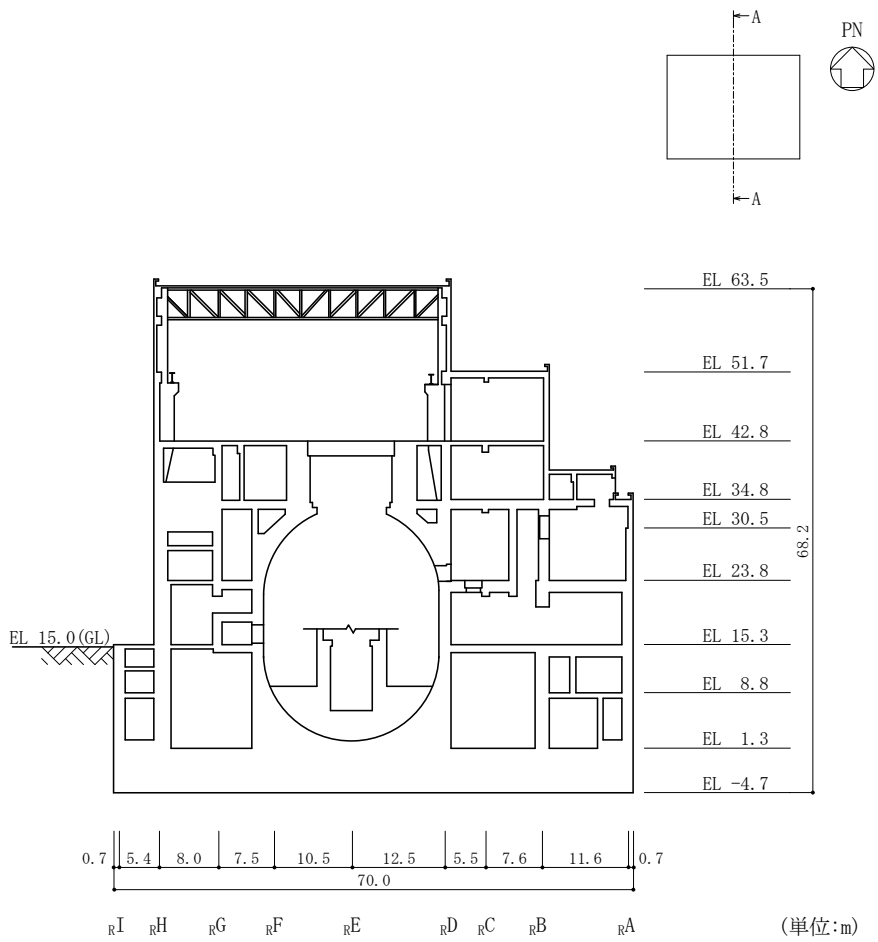


図 2-2(1) 原子炉建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

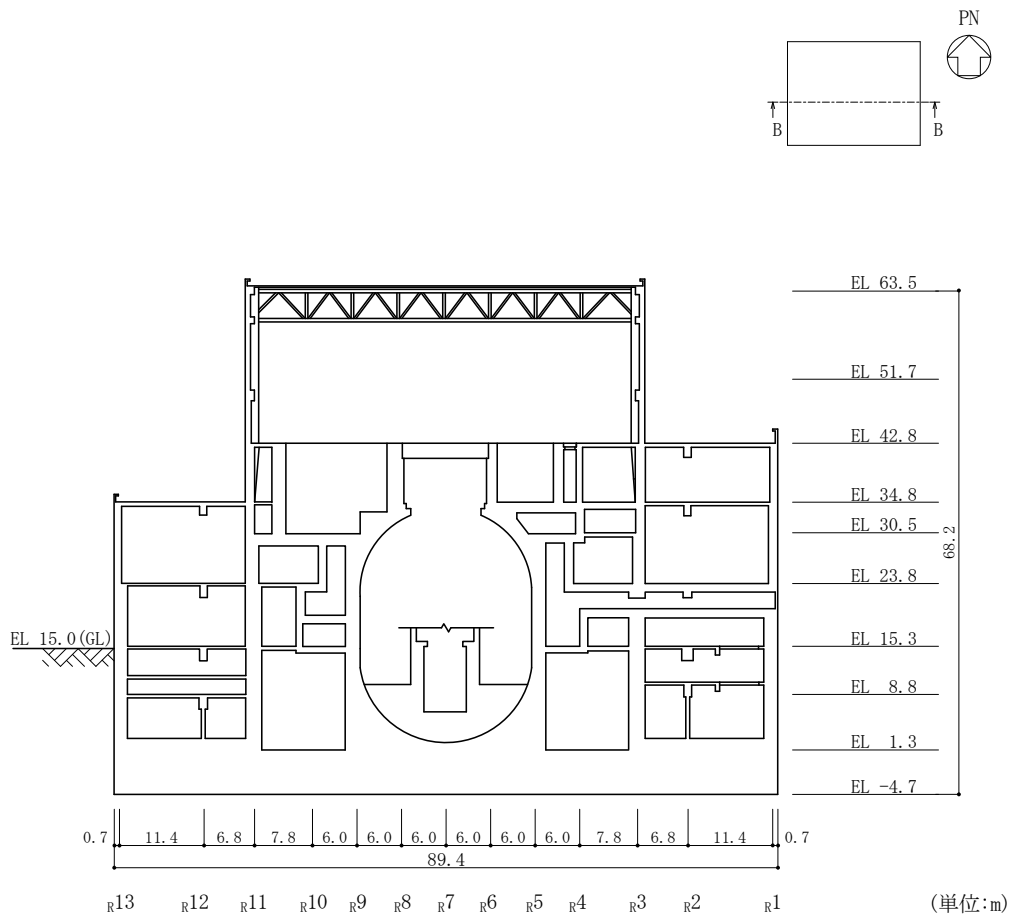


図 2-2(2) 原子炉建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)



## 2.2 検討方針

原子炉建物について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3次元FEMモデルによる地震応答解析を実施する。

原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）について、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する地震応答解析により得られた最大応答加速度の分布から、面外慣性力の影響を確認する。また、水平1方向の入力に対する最大応答加速度と3方向同時入力による最大応答加速度を比較し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認する。

3次元FEMモデルによる最大応答加速度の分布から面外慣性力の影響を把握したうえで、原子炉建物の壁を部分的に抽出し、保守的な静的応力解析モデルに置き換える。面外慣性力による面外応力に対して断面の評価を行い、面外慣性力の影響を確認する。

S<sub>s</sub>地震時の評価については、S<sub>s</sub>地震時の面外慣性力に対して鉄筋に生じる応力度が弾性範囲内であることを確認することで、面内に生じるせん断ひずみの評価に対して面外慣性力の影響が小さいことを確認する。

S<sub>d</sub>地震時の評価については、S<sub>d</sub>地震時に生じる面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。

許容限界については、面外曲げモーメントにより生じる壁主筋の発生応力が、「平12建告第2464号」に基づきF値に1.1倍の割増しを考慮した弾性限強度を超えないこととする。また、面外せん断力については、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）」に基づく短期許容面外せん断力を超えないこととする。

3次元FEMを用いた精査の評価フローを図2-3に示す。

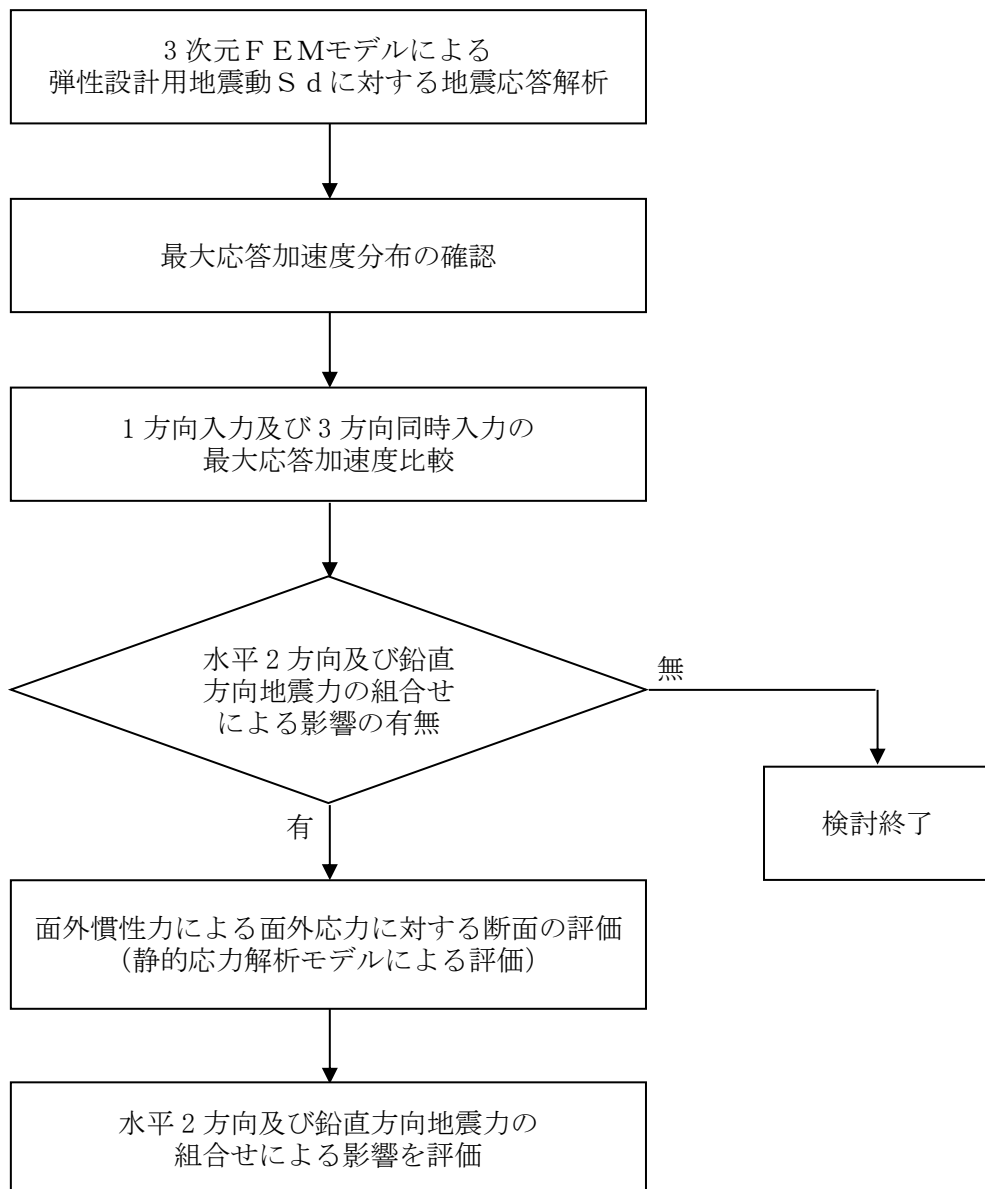


図 2-3 3次元FEMを用いた精査の評価フロー

### 2.3 解析モデル

原子炉建物の3次元FEMモデル図を図2-4に示す。

3次元FEMモデルで設定する各部材の要素タイプは、以下のとおりである。

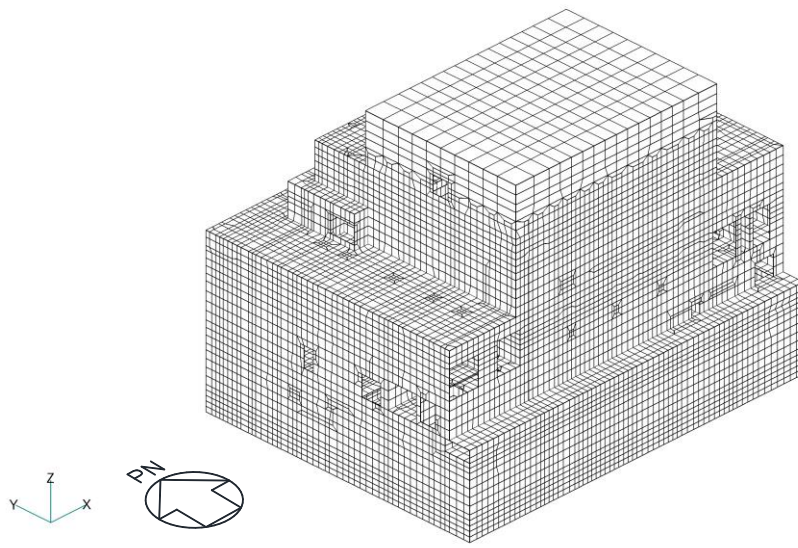
床スラブ・壁はシェル要素（約43700要素）とし、基礎スラブは、ソリッド要素（約19400要素）とする。柱、はり、屋根トラスのうち主トラス及びサブトラスの上下弦材、母屋並びにサブビームについてははり要素（約5200要素）とする。屋根トラスのうち主トラス及びサブトラスの斜材・束材並びに水平ブレースはトラス要素（約400要素）とする。

また、壁・床の開口部については、主要な部分のみモデル化する。

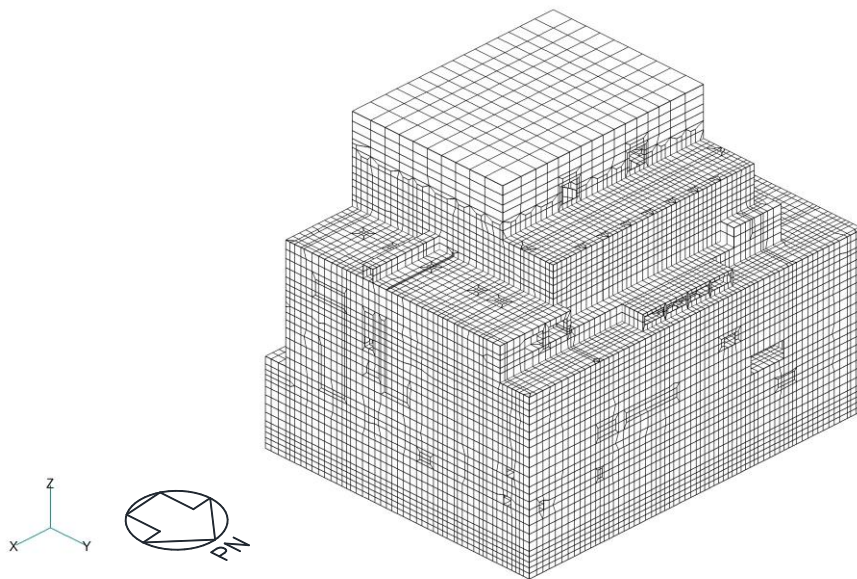
要素の大きさは、各スラブの上面レベルと対応する位置に節点を設け、鉛直方向にはフロア間を3分割以上、水平方向は通り芯間の3分割以上を目安とする。（解析モデルの詳細は、別紙3「原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」に示す。）

検討に用いる解析モデルの諸条件は、表2-1に示すとおり、建物模擬モデル（3次元FEM）とし、使用材料の物性値を表2-2に示す。

地震応答解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。

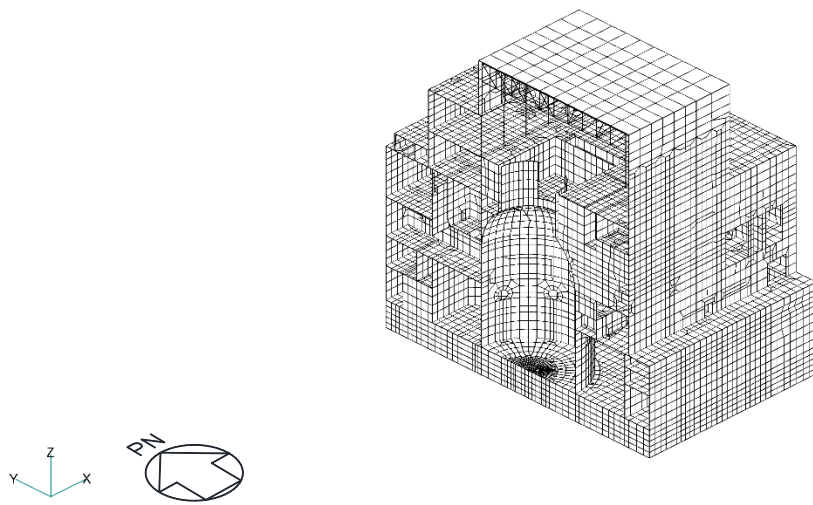


(a) 建物全景（南西面）

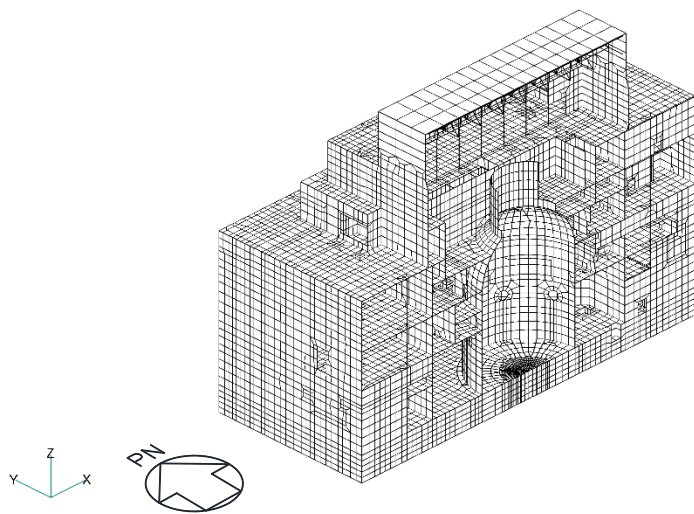


(b) 建物全景（北東面）

図 2-4(1) 3次元FEMモデル図



(c) N S断面図



(d) E W断面図

図 2-4(2) 3次元FEMモデル図

表 2-1 解析モデルの諸条件

モデル	床のモデル化	コンクリート剛性の設定	地盤のモデル化
建物模擬モデル	床柔	実強度	相互作用考慮

表 2-2 使用材料の物性値

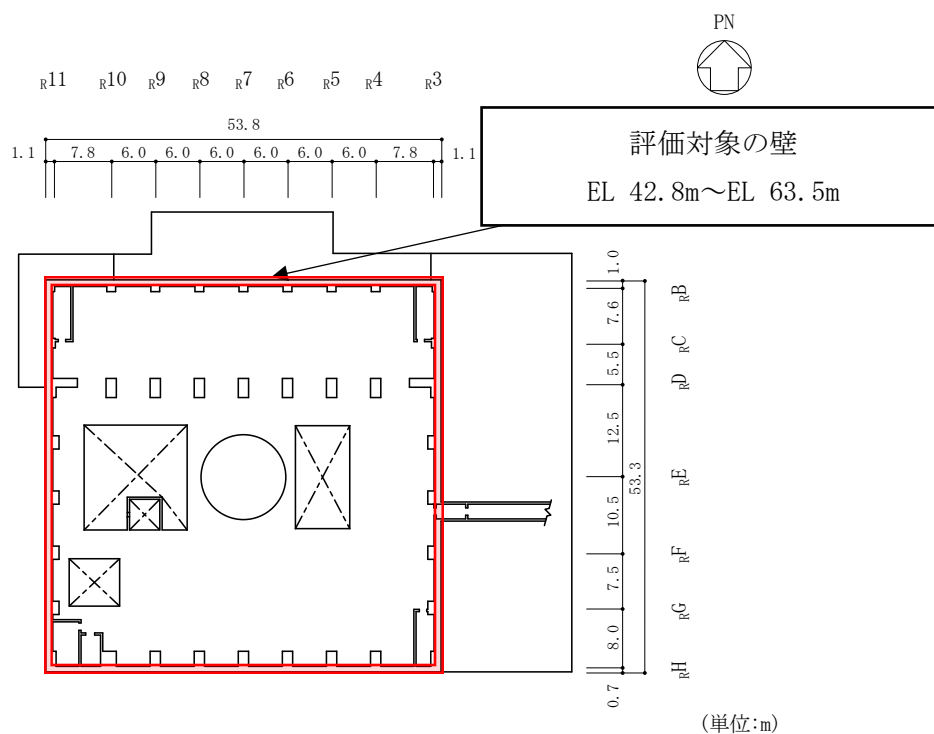
使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)	備考
鉄筋コンクリート コンクリート： 実強度 1.6Fc (37.6 (N/mm <sup>2</sup> )) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.63×10 <sup>4</sup>	1.10×10 <sup>4</sup>	5	—
鉄骨： SS41 (SS400 相当) SM50A (SM490 相当)	2.05×10 <sup>5</sup>	7.90×10 <sup>4</sup>	2	屋根トラス

#### 2.4 地震応答解析の概要

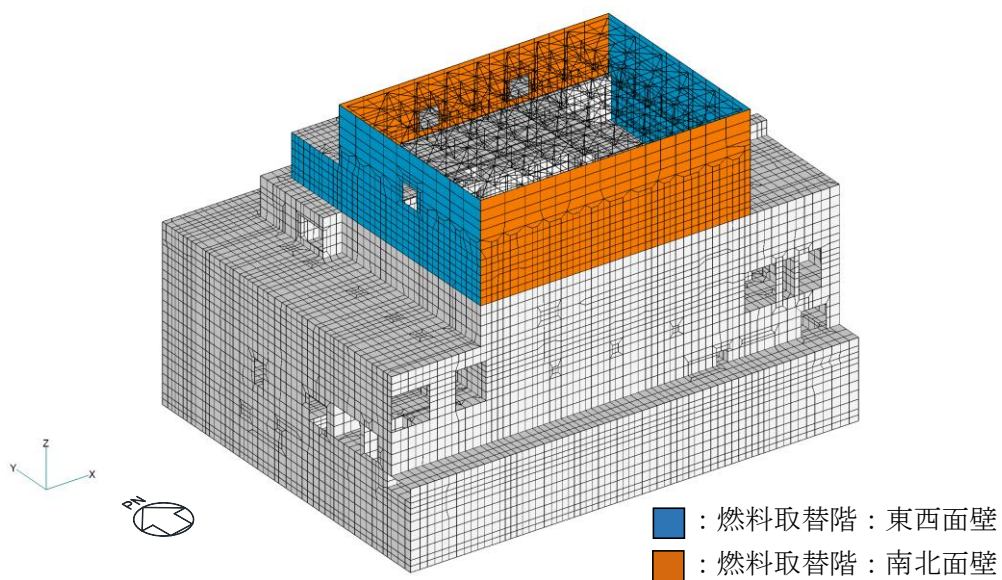
3次元FEMモデルを用いて、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する地震応答解析を実施する。地震応答解析は線形解析とし、周波数応答解析とする。

床応答評価位置は、原子炉建物のEL 42.8m～EL 63.5mとする。応答評価部位を図2-5に、応答評価対象位置及び節点番号図を図2-6に示す。

3次元FEMモデルは線形解析モデルであることから、入力する地震動は弾性設計用地震動S<sub>d</sub>とし、水平2方向の地震力による影響評価は、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を水平2方向に入力して算定した地震力に基づき実施する。地震動の組合せを表2-3に示す。



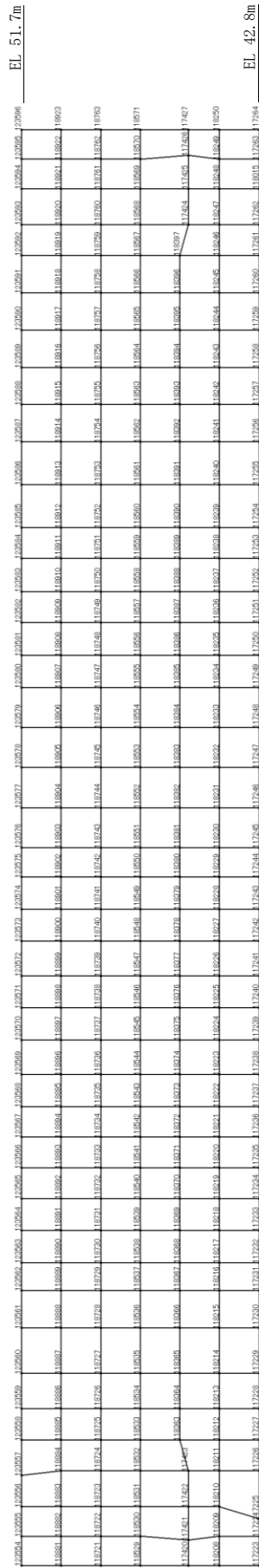
(a) 概略平面図



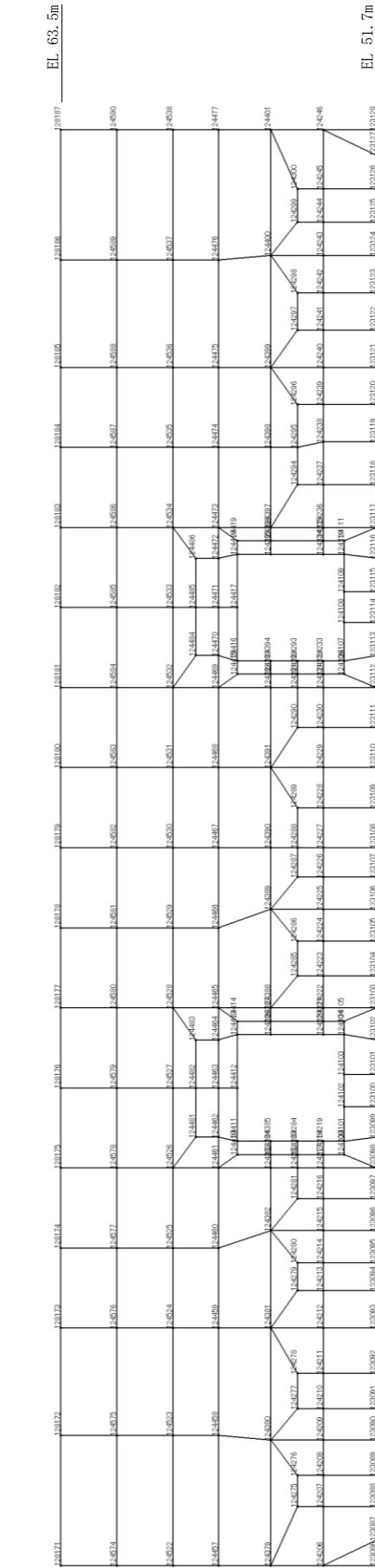
(b) 3次元FEMモデル

図2-5 応答評価部位



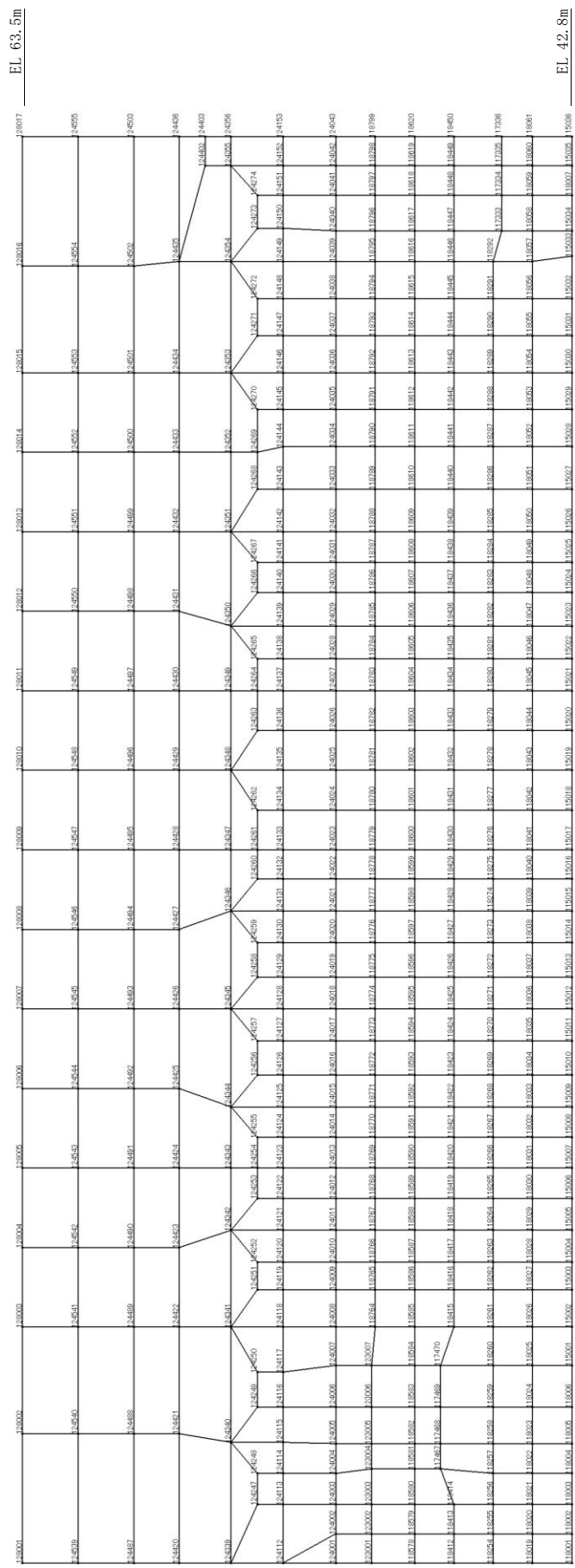


(a) 北面壁 (R B通り)



(b) 北面壁 (R D通り)

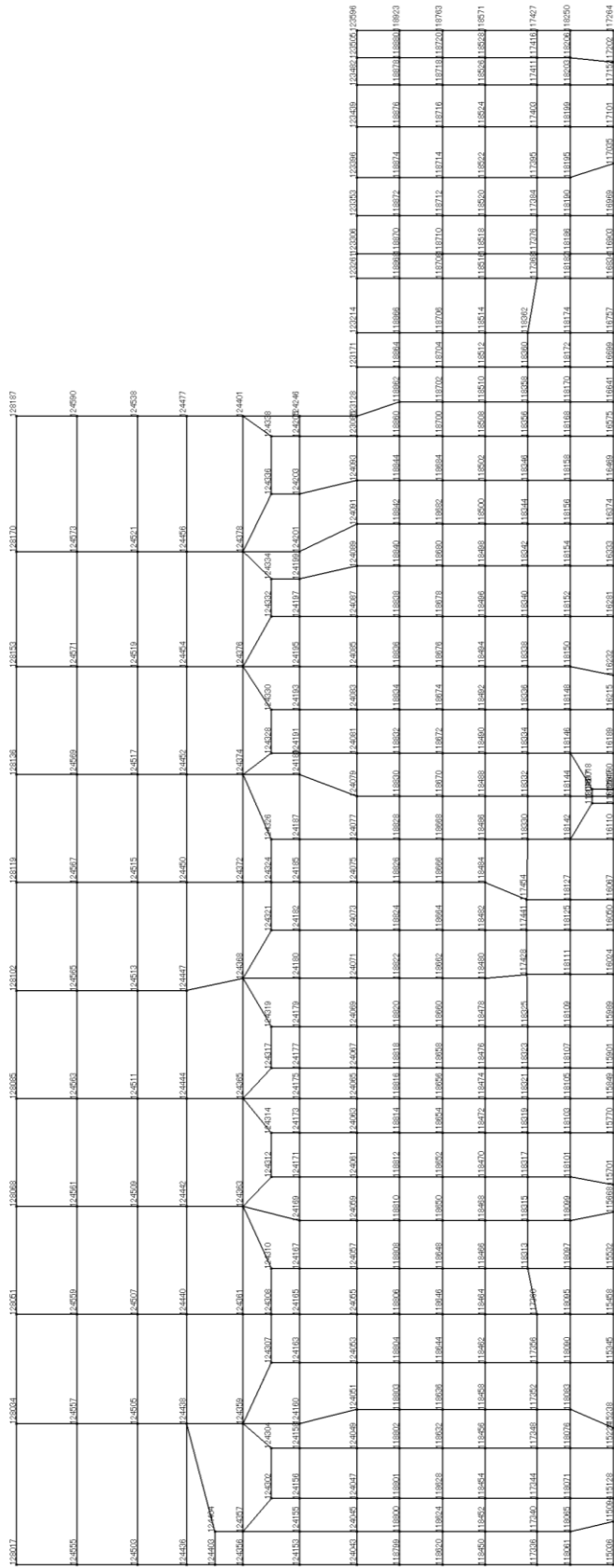
図 2-6(1) 心答評価対象位置及び節点番号図



(c) 南面壁 (RH通り)

図 2-6(2) 応答評価対象位置及び節点番号図

EL. 63.5m

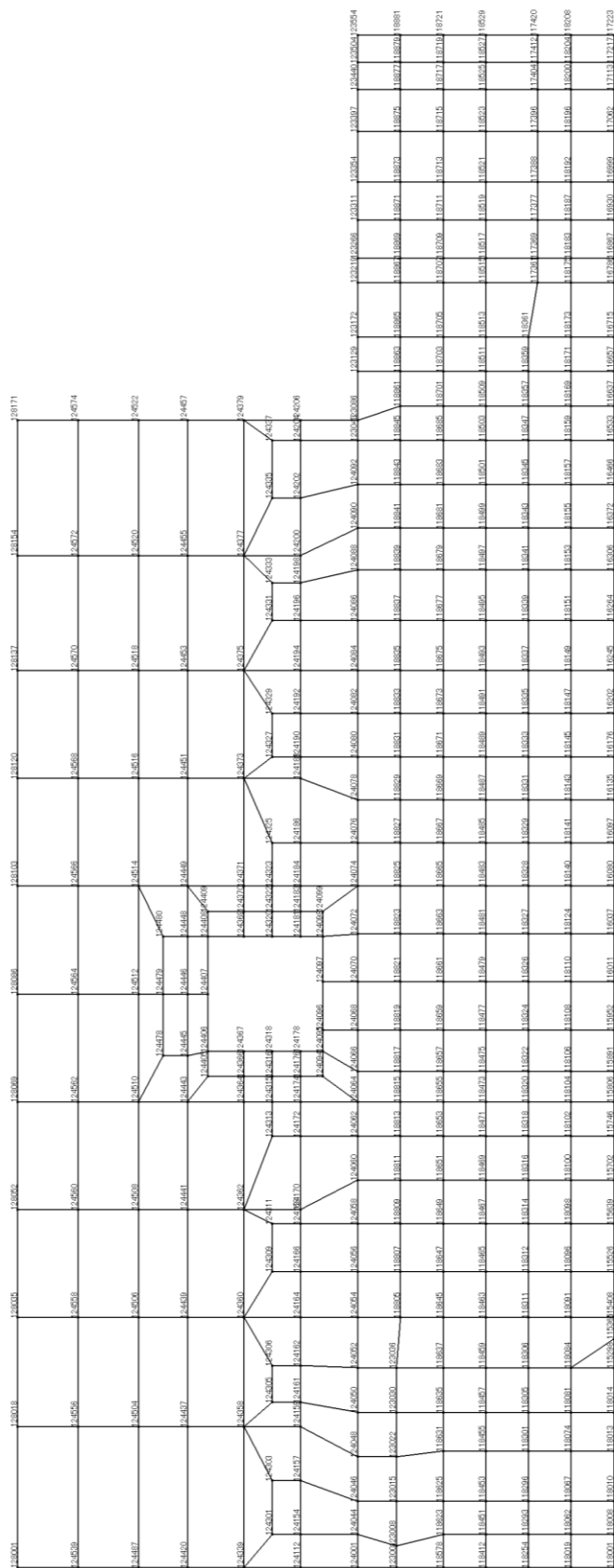


(d) 東面壁 (R 3 通り)

図 2-6(3) 応答評価対象位置及び節点番号図

EL. 42.8m

EL. 63.5m



EL. 51.7m

(e) 西面壁 (R 1 1 通り)

図 2-6(4) 応答評価対象位置及び節点番号図

EL. 42.8m

表 2-3 入力地震動の組合せ

(a) 北面壁及び南面壁の応答評価時

地震動	地震動の入力方法	NS方向	EW方向	鉛直方向
S d - D	水平1方向入力	S d - DH	-	-
	3方向同時入力	S d - DH	S d - D p <sup>*1</sup>	S d - DV
S d - F 1	水平1方向入力	S d - F 1 NS	-	-
	3方向同時入力	S d - F 1 NS	S d - F 1 EW	S d - F 1 V
S d - F 2	水平1方向入力	S d - F 2 NS	-	-
	3方向同時入力	S d - F 2 NS	S d - F 2 EW	S d - F 2 V
S d - N 1	水平1方向入力	S d - N 1 H	-	-
	3方向同時入力	S d - N 1 H	S d - N 1 p <sup>*2</sup>	S d - N 1 V
S d - N 2 NS	水平1方向入力	S d - N 2 NS	-	-
	3方向同時入力	S d - N 2 NS	S d - N 2 EW	S d - N 2 V
S d - N 2 EW	水平1方向入力	S d - N 2 EW	-	-
	3方向同時入力	S d - N 2 EW	S d - N 2 NS	S d - N 2 V
S d - 1	水平1方向入力	S d - 1 H	-	-
	3方向同時入力	S d - 1 H	S d - 1 p <sup>*3</sup>	S d - 1 V

(b) 東面壁及び西面壁の応答評価時

地震動	地震動の入力方法	NS方向	EW方向	鉛直方向
S d - D	水平1方向入力	-	S d - D p <sup>*1</sup>	-
	3方向同時入力	S d - DH	S d - D p <sup>*1</sup>	S d - DV
S d - F 1	水平1方向入力	-	S d - F 1 EW	-
	3方向同時入力	S d - F 1 NS	S d - F 1 EW	S d - F 1 V
S d - F 2	水平1方向入力	-	S d - F 2 EW	-
	3方向同時入力	S d - F 2 NS	S d - F 2 EW	S d - F 2 V
S d - N 1	水平1方向入力	-	S d - N 1 p <sup>*2</sup>	-
	3方向同時入力	S d - N 1 H	S d - N 1 p <sup>*2</sup>	S d - N 1 V
S d - N 2 NS	水平1方向入力	-	S d - N 2 NS	-
	3方向同時入力	S d - N 2 EW	S d - N 2 NS	S d - N 2 V
S d - N 2 EW	水平1方向入力	-	S d - N 2 EW	-
	3方向同時入力	S d - N 2 NS	S d - N 2 EW	S d - N 2 V
S d - 1	水平1方向入力	-	S d - 1 p <sup>*3</sup>	-
	3方向同時入力	S d - 1 H	S d - 1 p <sup>*3</sup>	S d - 1 V

注記\*1：基準地震動S s - Dの設計用応答スペクトルに適合するよう、位相を変えた模擬地震波に0.5を乗じて設定した地震波。

\*2：2004年北海道留萌支庁南部地震の記録を用いて求めた基盤地震動（NS方向）を0.5倍した地震波。

\*3：弾性設計用地震動S d - 1の設計用応答スペクトルに適合するよう、位相を変えた模擬地震波。

## 2.5 地震応答解析結果

3次元FEMモデルを用いて、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する地震応答解析を実施した。

原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）について、3方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布を図2-7及び図2-8に示す。3方向同時入力における壁面外方向最大応答加速度は、平面的に中央部で面外にはらむような加速度分布となっている。高さ方向については、東西面壁では、EL 53.68mが、南北面壁ではEL 57.60mがおおむね最大となっている。

水平1方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布を図2-9及び図2-10に示す。水平1方向入力についても、3方向同時入力と同様に、平面的に中央部で面外にはらむような加速度分布となっており、高さ方向については、東西面壁ではEL 53.68mが、南北面壁ではEL 57.60mがおおむね最大となっている。

また、水平1方向入力及び3方向同時入力の最大応答加速度の比較を図2-11に示す。応答スペクトルによる地震動であるS<sub>d-D</sub>及びS<sub>d-1</sub>において、3方向同時入力は、水平1方向入力とおおむね同等の最大応答加速度を示し、多少の大小はあるものの、おおむね同様の分布となっている。この結果は、壁面外方向の地震動が主な影響を与えており、水平直交方向及び鉛直方向地震動は面外応答に与える影響が小さいことを示している。水平1方向入力に対する3方向同時入力の最大応答加速度の比率は、0.8~1.2程度である。

また、3方向同時入力及び水平1方向入力ともに、壁の面外方向の加速度は、南北面壁と比較して、東西面の壁に対して影響が見られる。これは、図2-12に示す3次元FEMモデルの固有値解析結果からも確認できる。全体1次（4.49Hz）は南北面の壁が全体として弓なりに変形するモード、全体3次（4.69Hz）は東西面の壁が全体として弓なりに変形するモードであり、全体3次のモードで、東西面の壁が特に面外方向にはらむようなモードとなっている。弾性設計用地震動による面外方向の最大応答加速度分布はこのようなモードの影響を含む分布形状になっていると考えられる。

以上のことから、東西面壁を代表部位として、面外慣性力による面外応力に対する断面算定を行い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価する。

なお、面外方向加速度の機器・配管系への影響については、別紙4「機器・配管系に関する影響検討」において検討を行う。

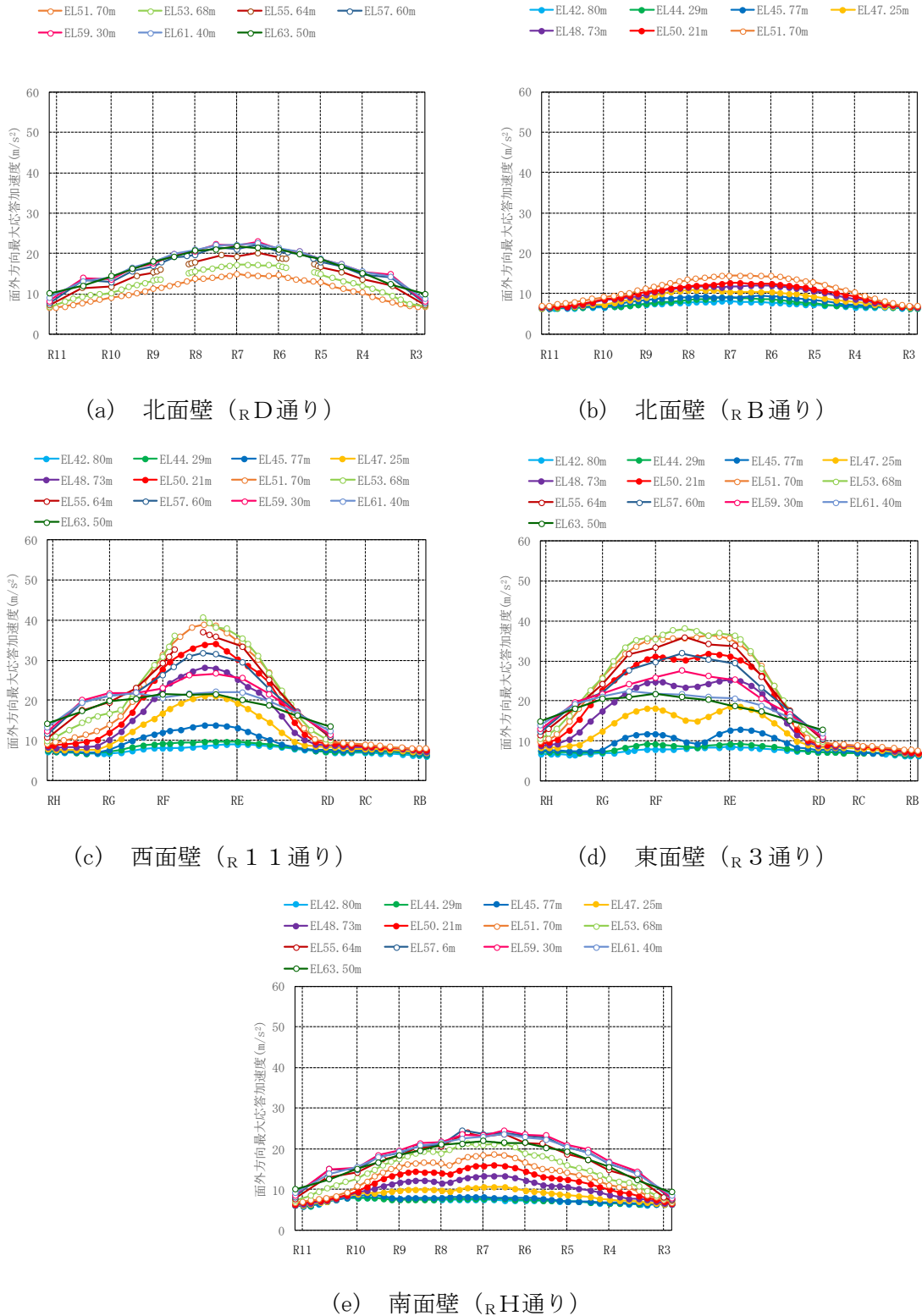
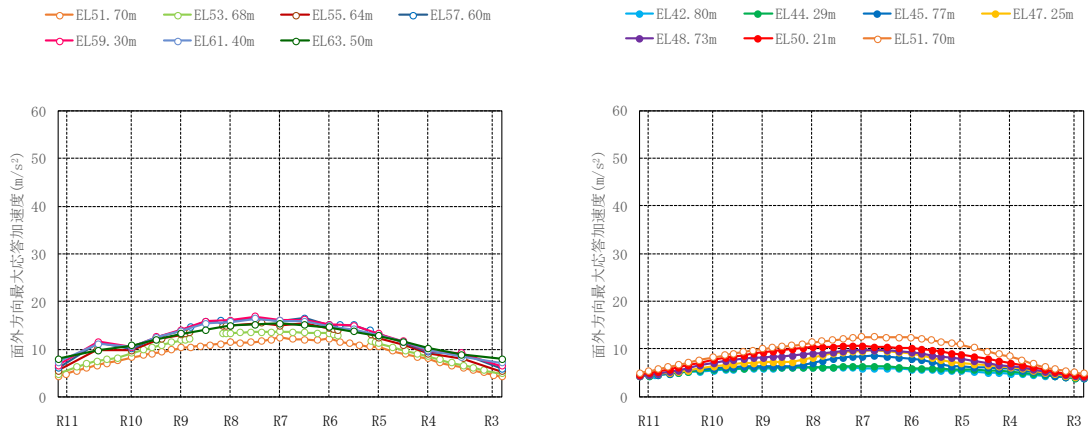
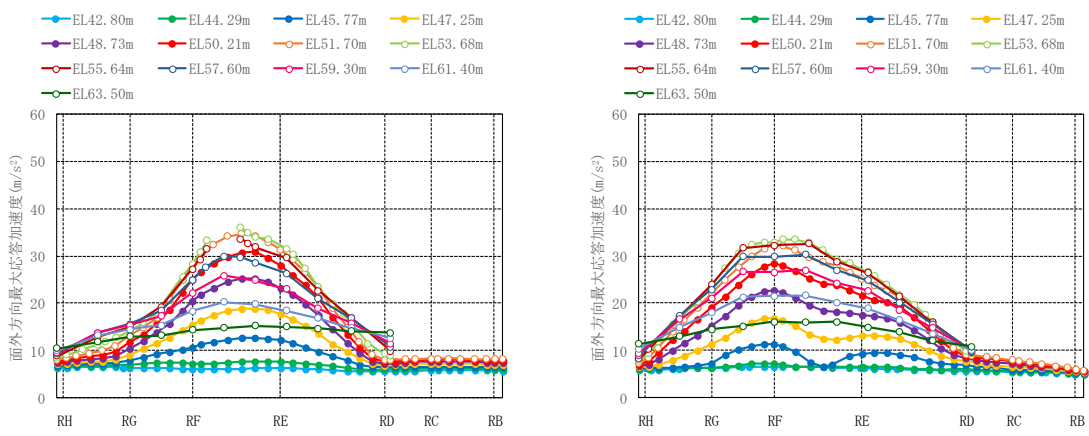


図 2-7(1) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - D, 平面分布)



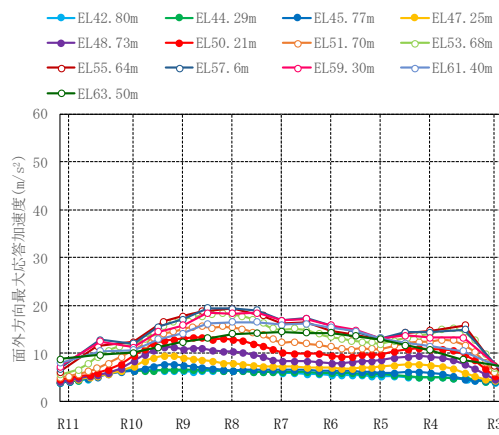
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

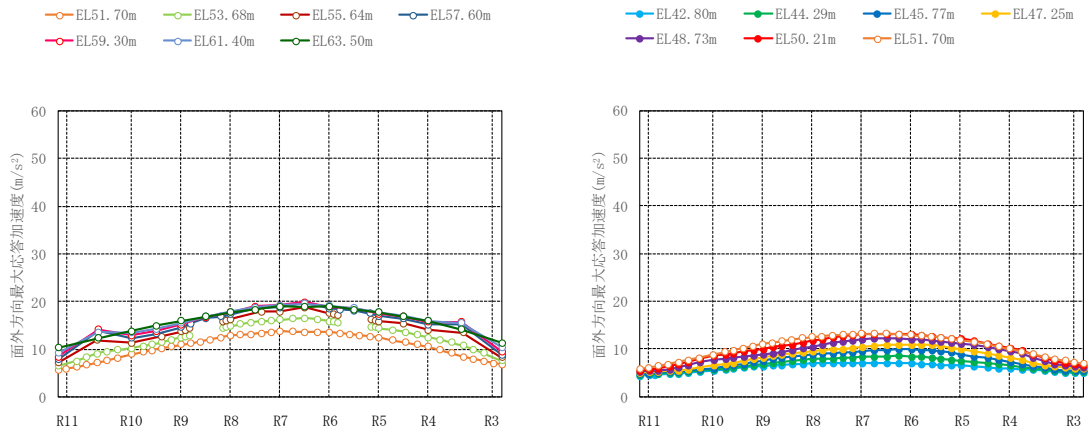
(d) 東面壁 (R 3 通り)



(e) 南面壁 (R H 通り)

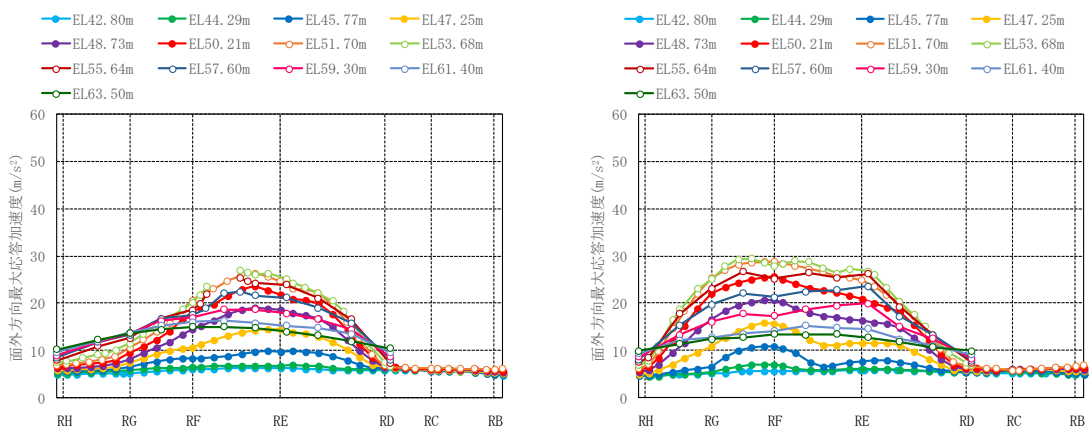
図 2-7(2) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 1, 平面分布)





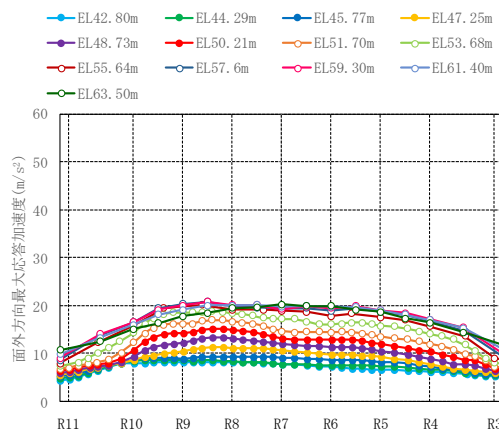
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-7(3) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 2, 平面分布)

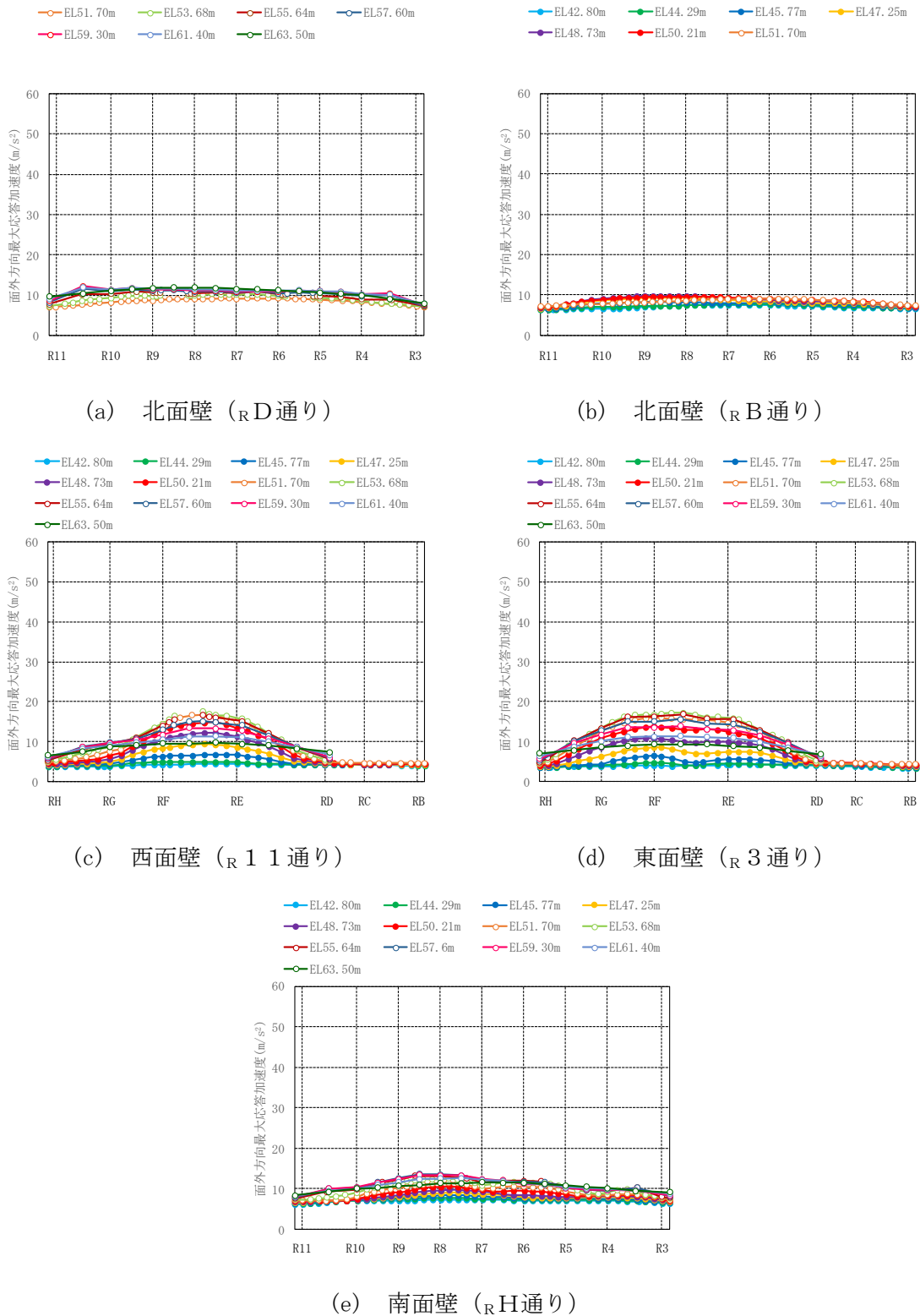


図 2-7(4) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 1, 平面分布)

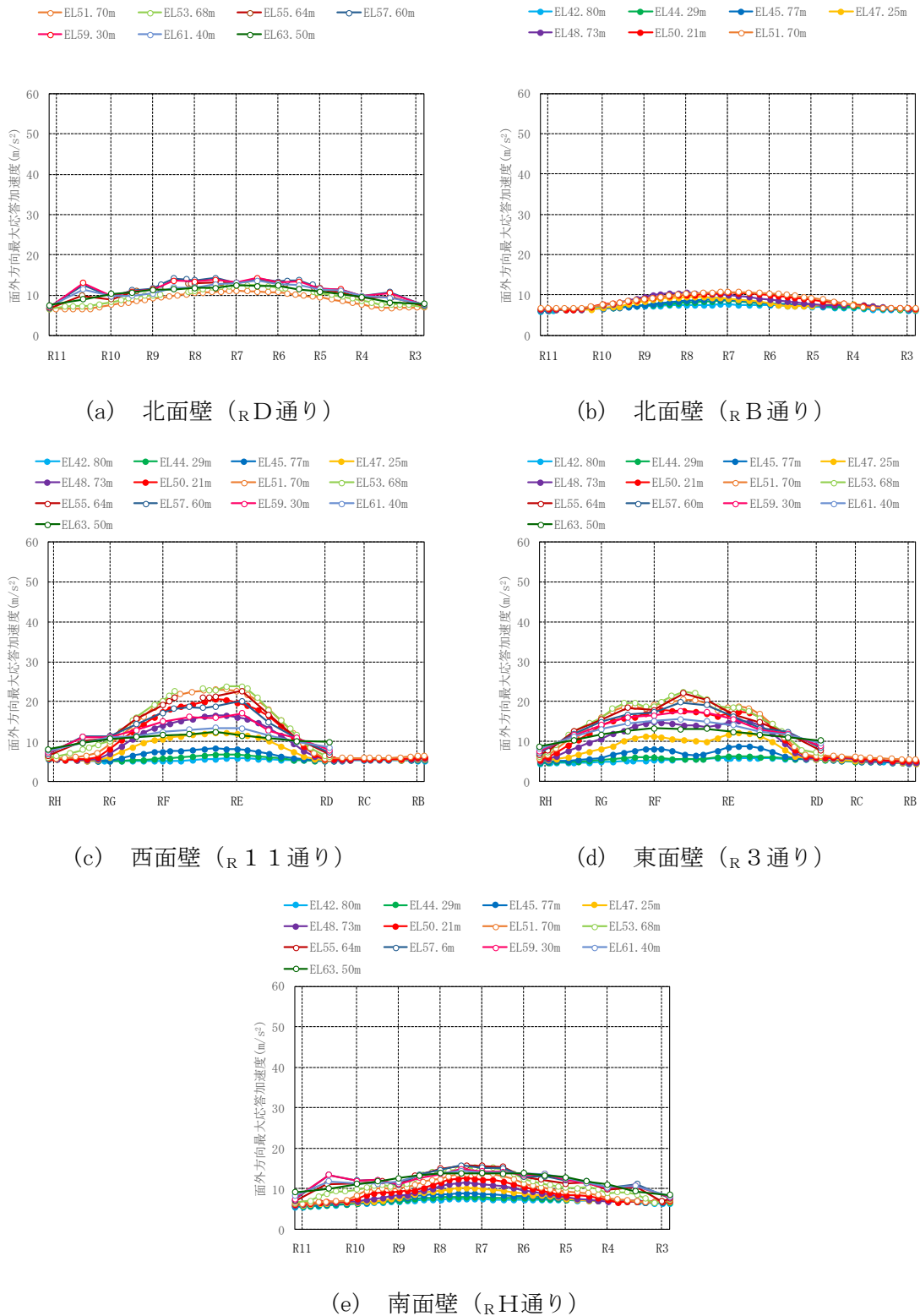
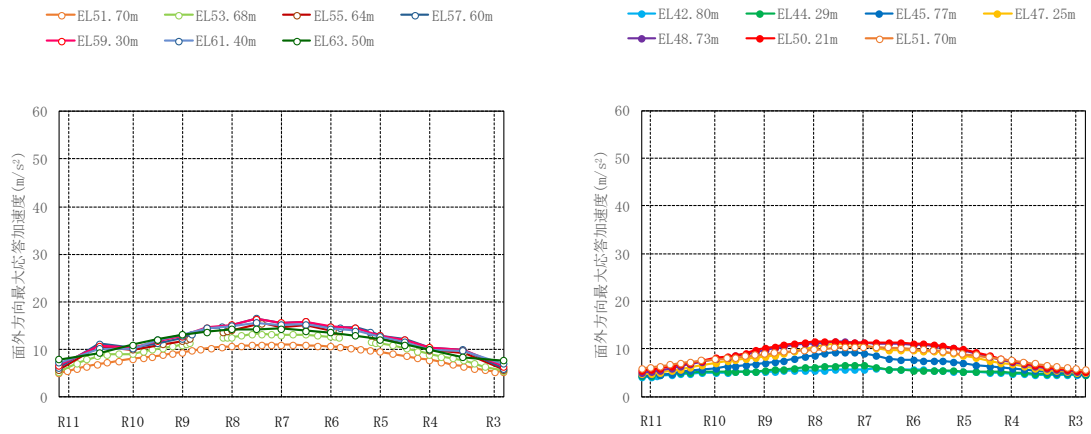
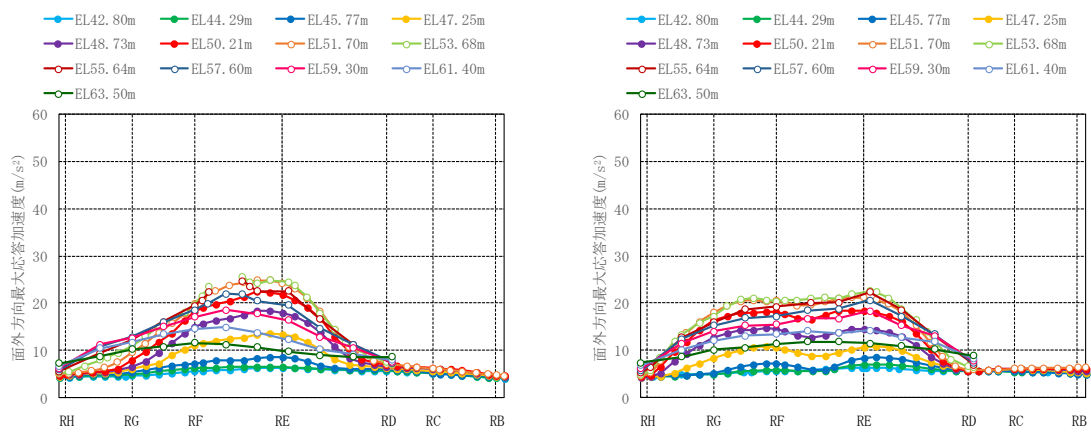


図 2-7(5) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 N S, 平面分布)



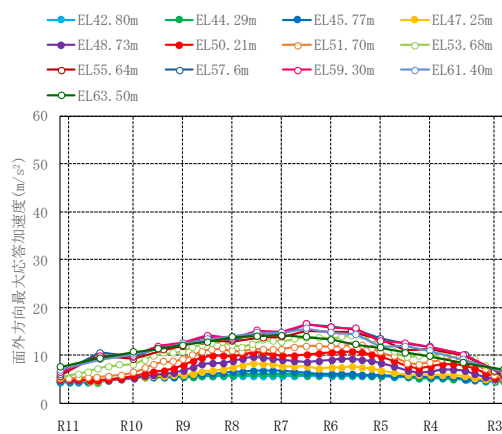
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



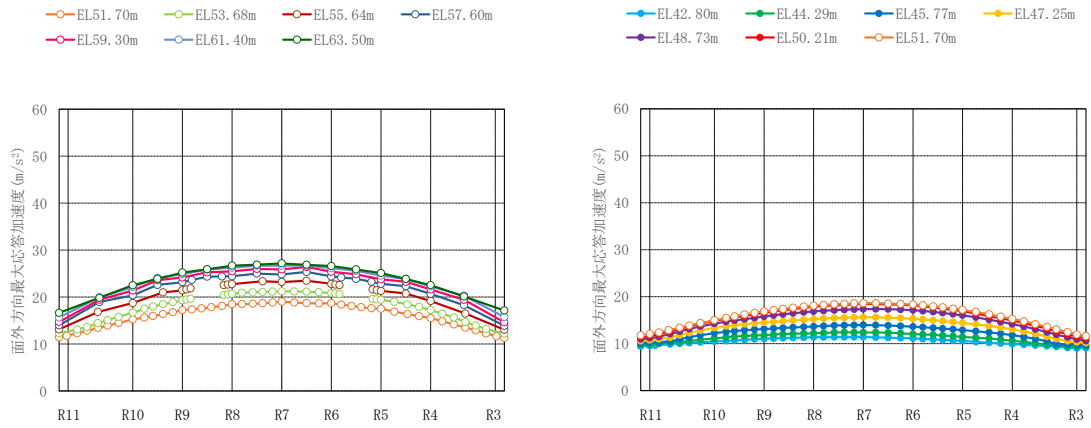
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



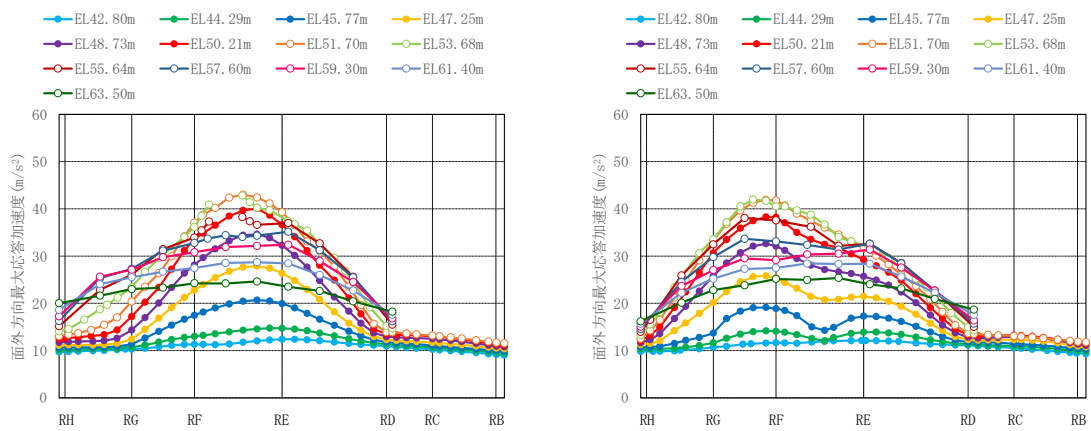
(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-7(6) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 EW, 平面分布)



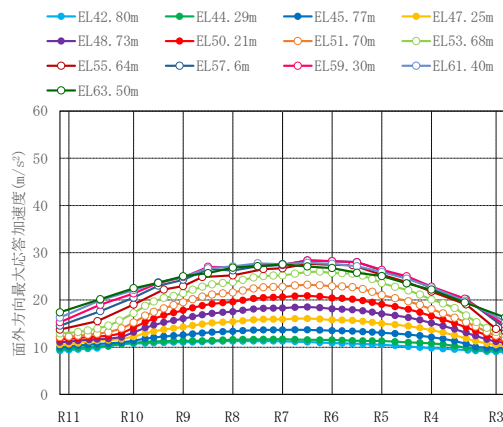
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



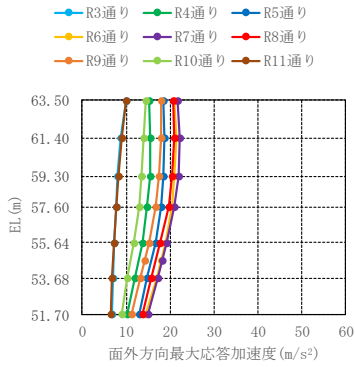
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)

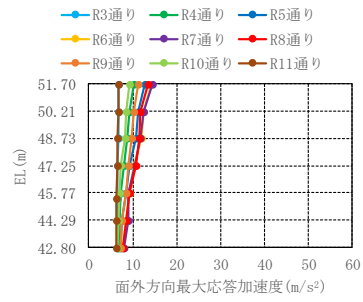


(e) 南面壁 (R H 通り)

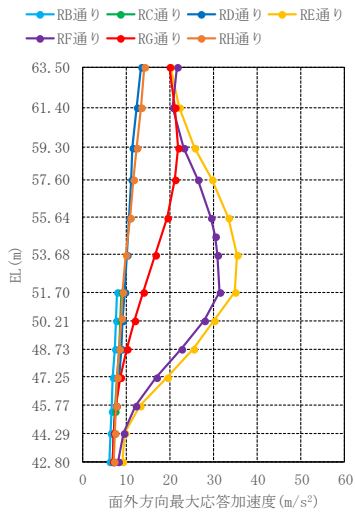
図 2-7(7) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布  
(S d - 1, 平面分布)



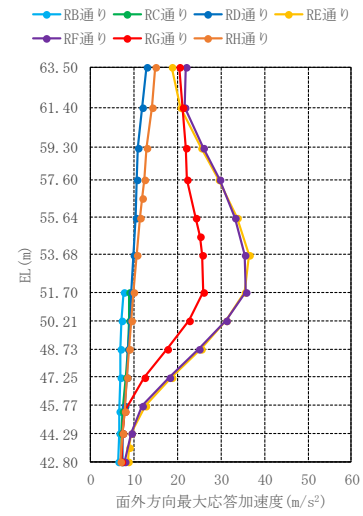
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



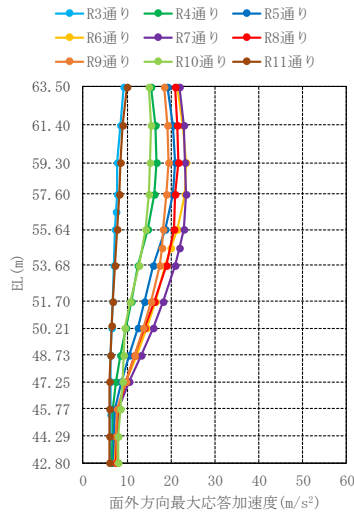
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

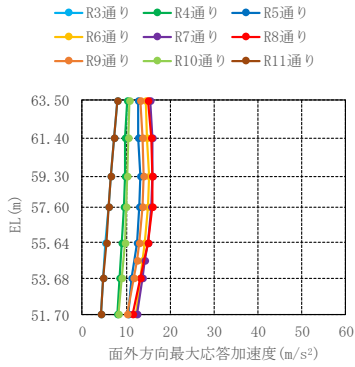


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

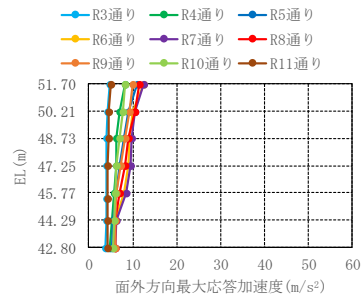


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

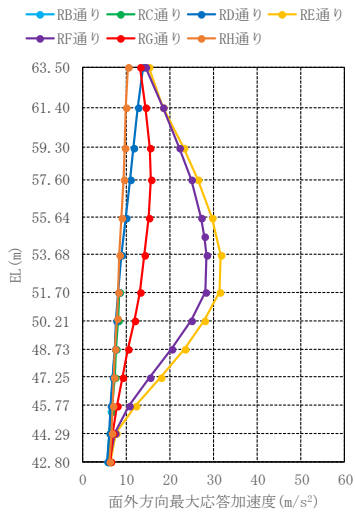
図 2-8(1) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - D, 断面分布)



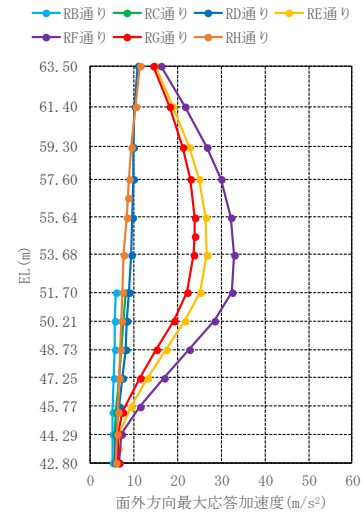
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



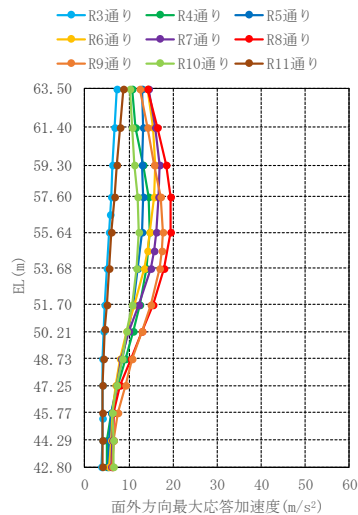
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

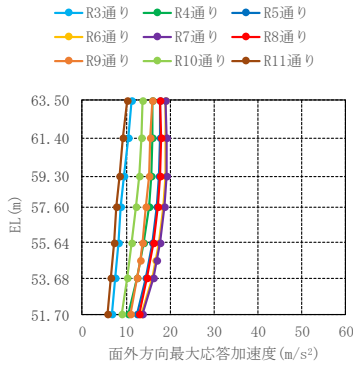


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

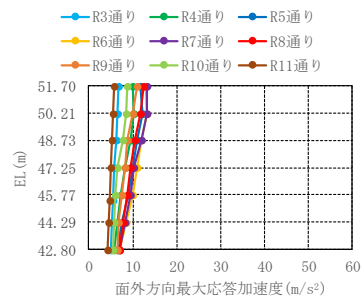


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

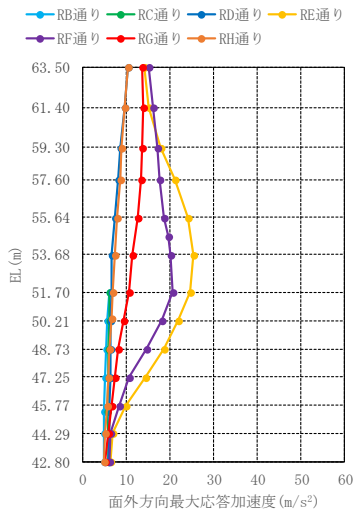
図 2-8(2) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 1, 断面分布)



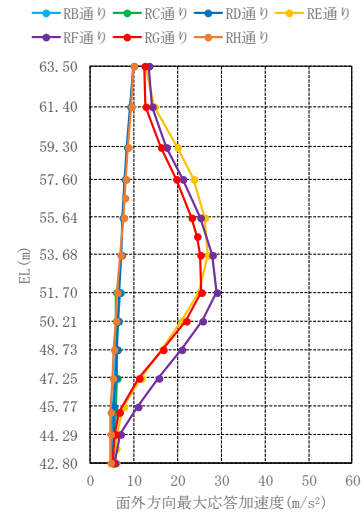
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



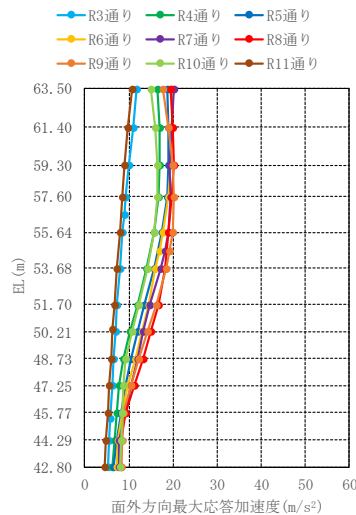
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)



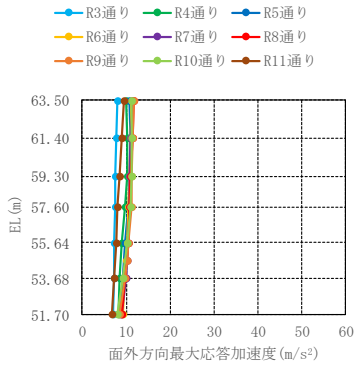
(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)



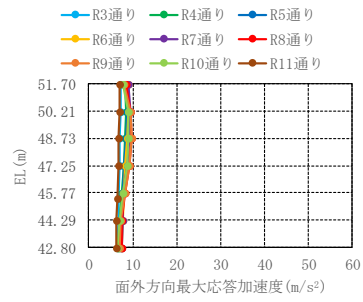
(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

図 2-8(3) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 2, 断面分布)

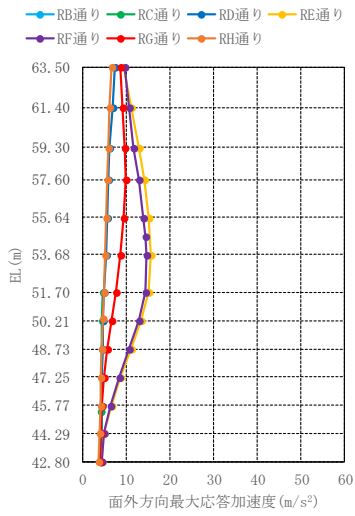




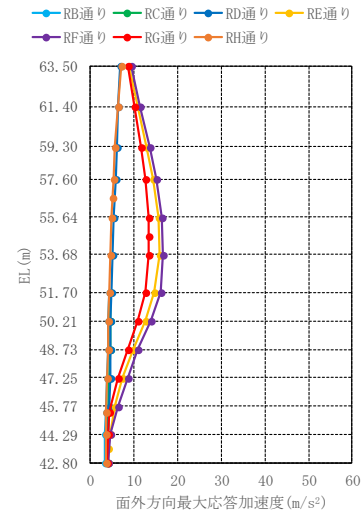
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



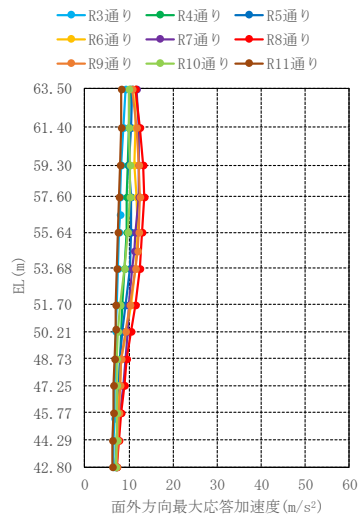
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

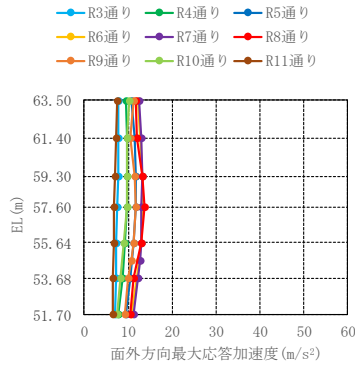


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

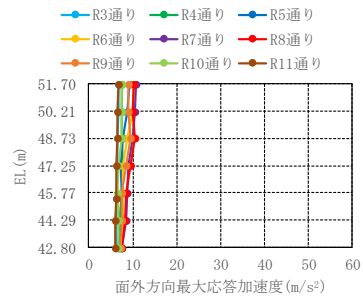


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

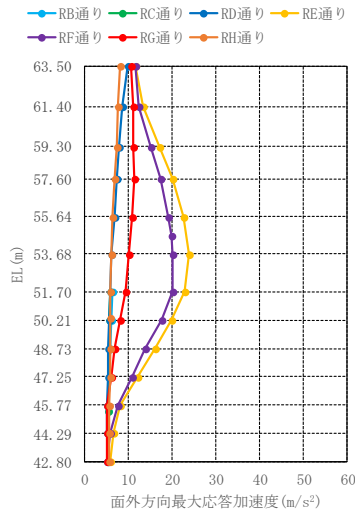
図 2-8(4) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 1, 断面分布)



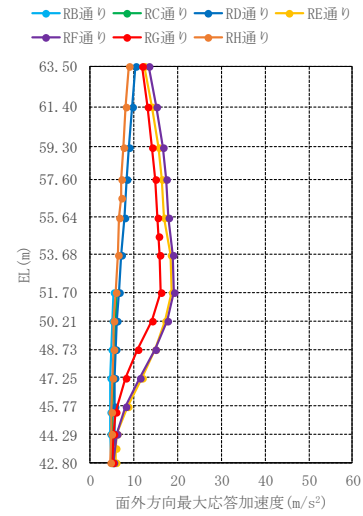
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



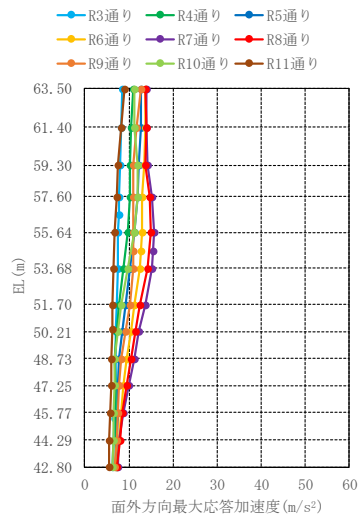
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

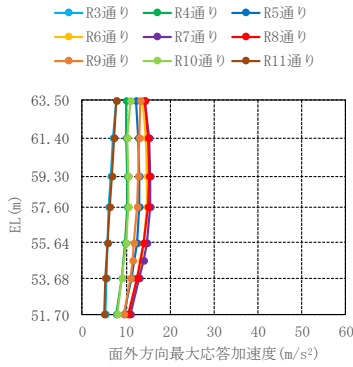


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

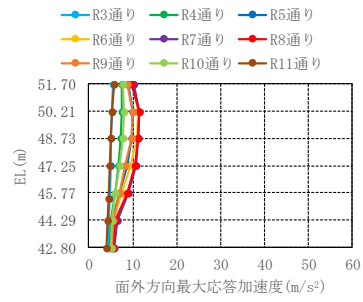


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

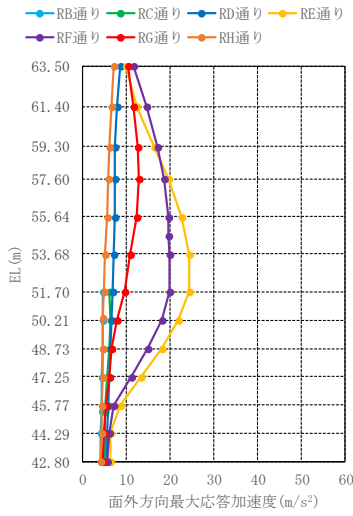
図 2-8(5) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 N S, 断面分布)



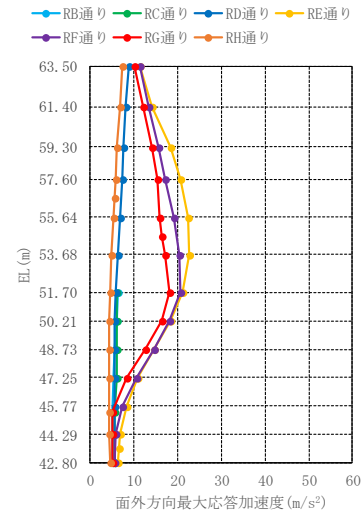
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



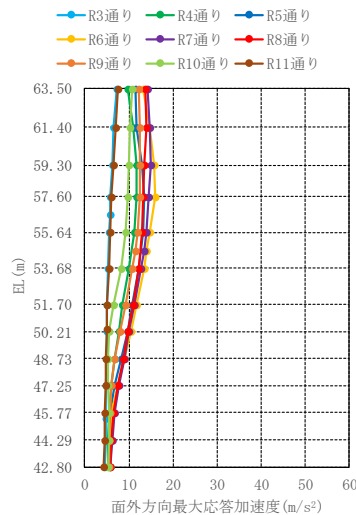
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

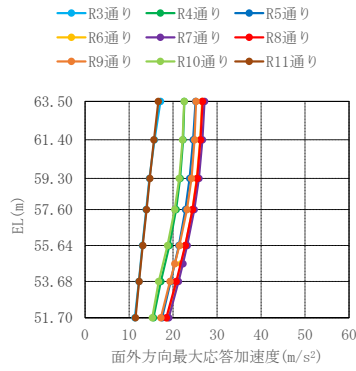


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

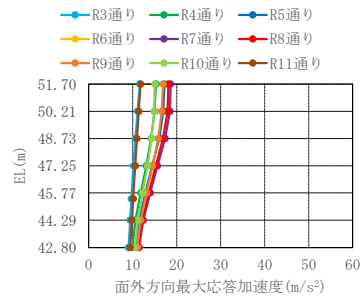


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

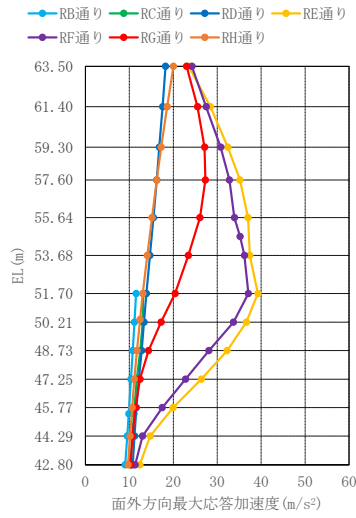
図 2-8(6) 3方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 EW, 断面分布)



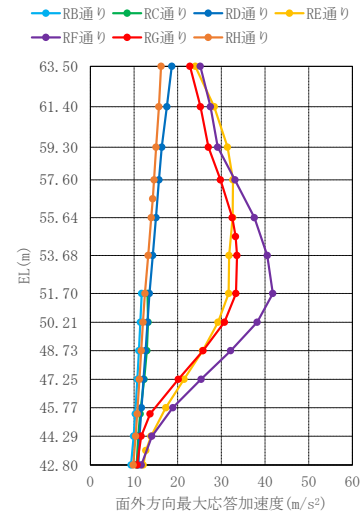
(a) 北面壁 (RD通り)



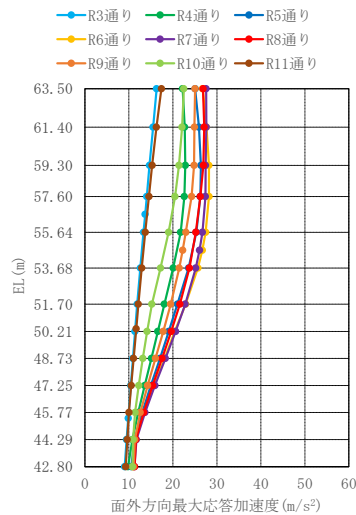
(b) 北面壁 (RB通り)



(c) 西面壁 (RH通り)



(d) 東面壁 (R3通り)



(e) 南面壁 (RH通り)

図 2-8(7) 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - 1, 断面分布)

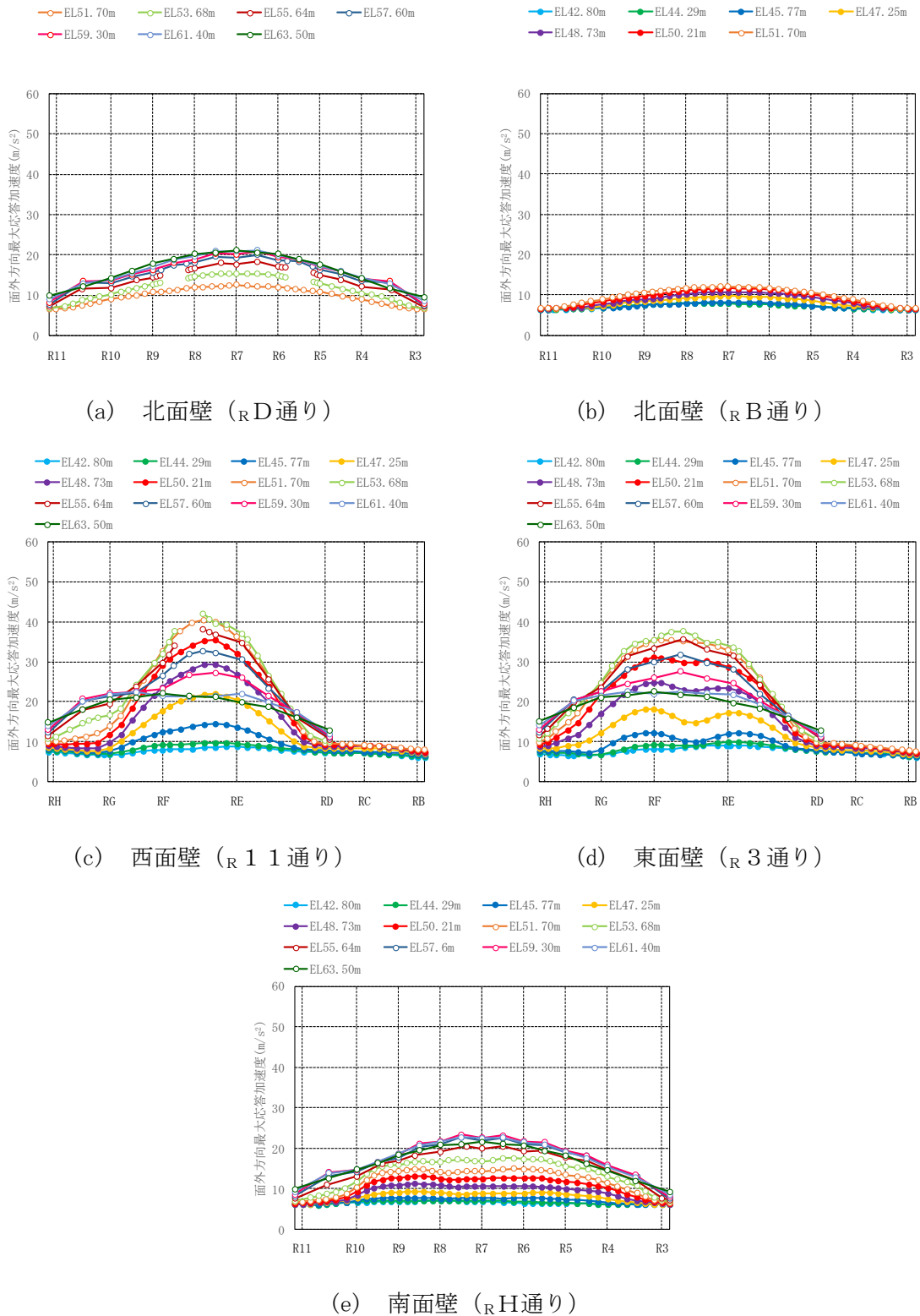
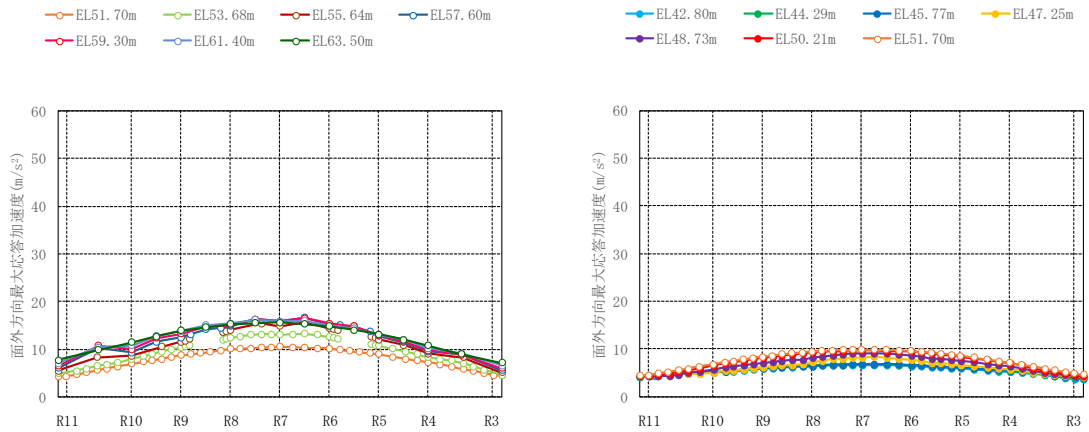
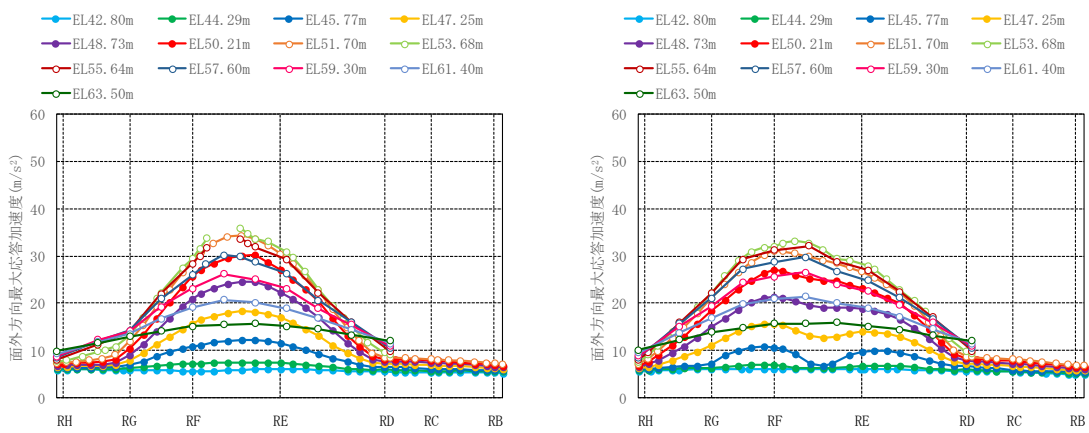


図 2-9(1) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - D, 平面分布)



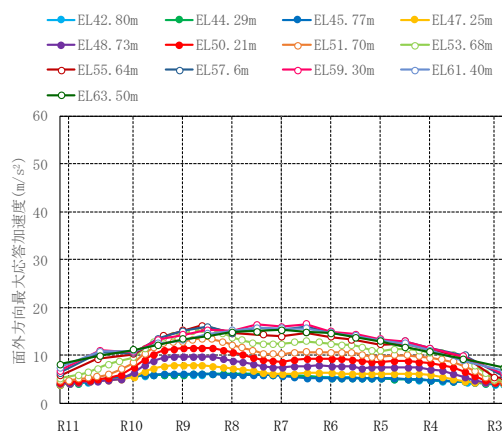
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-9(2) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 1, 平面分布)

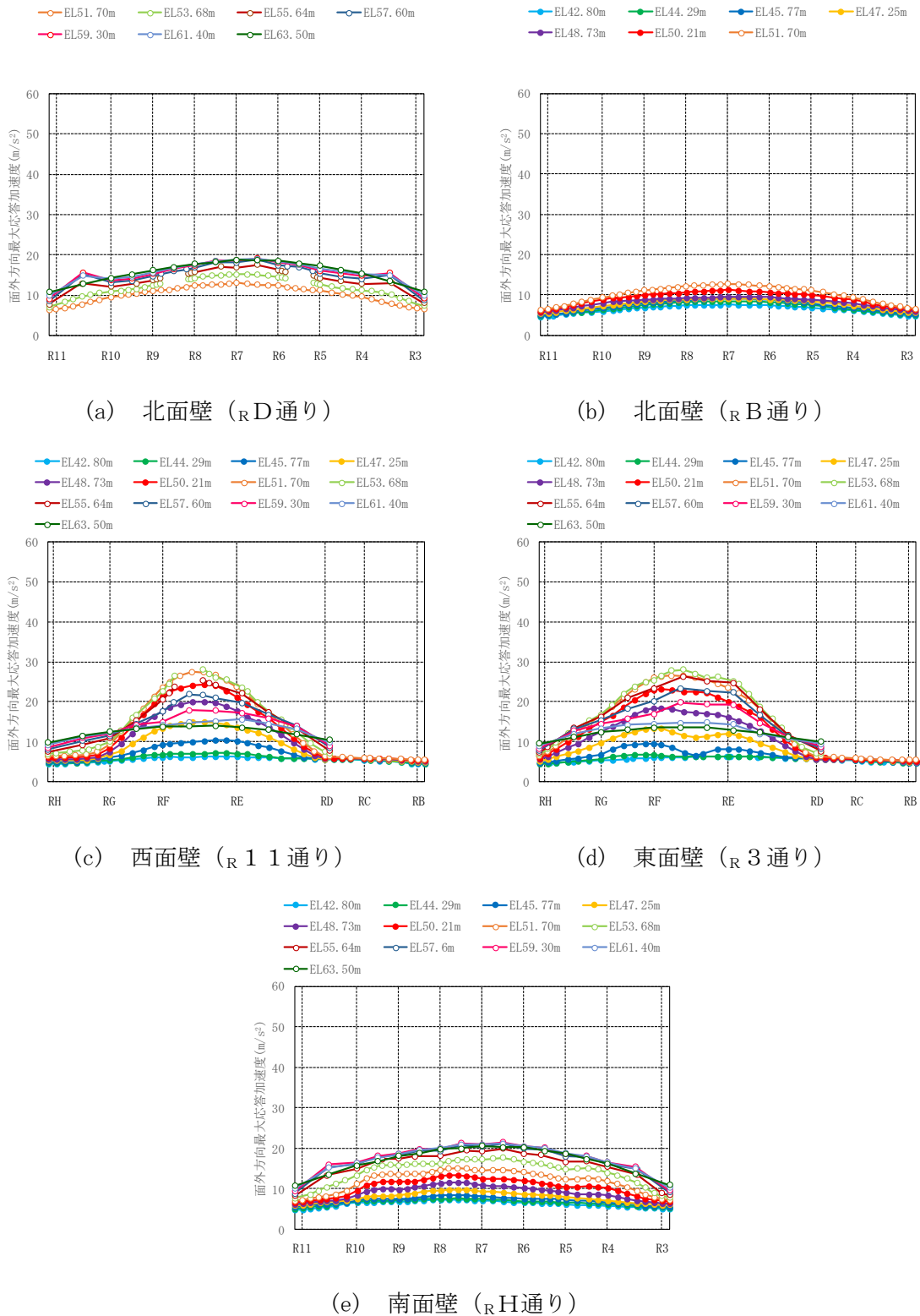
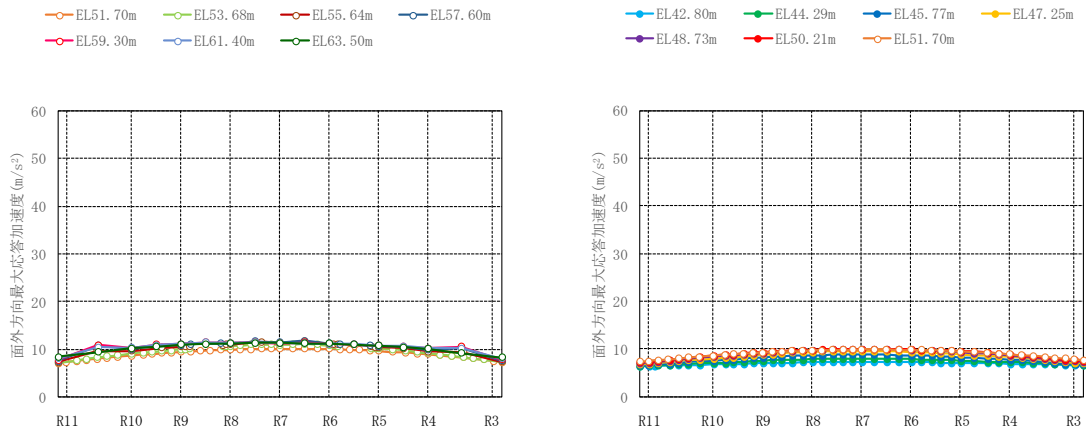
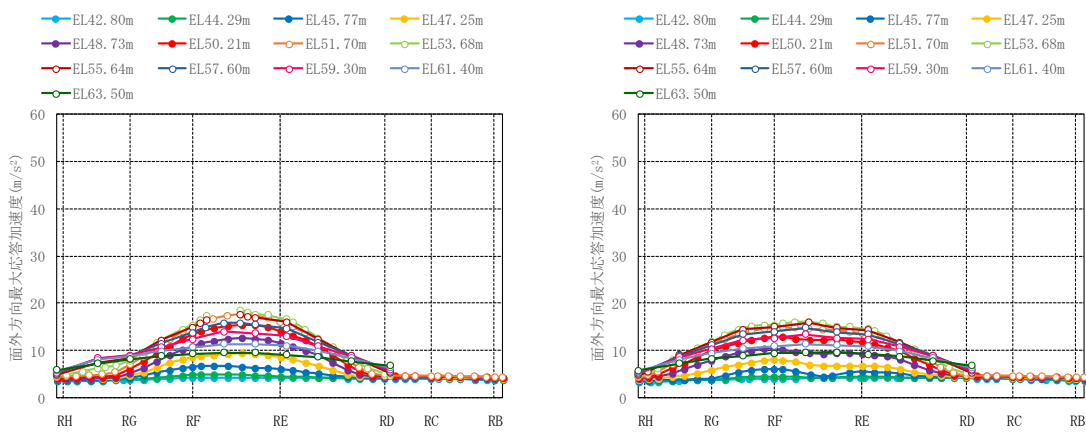


図 2-9(3) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 2, 平面分布)



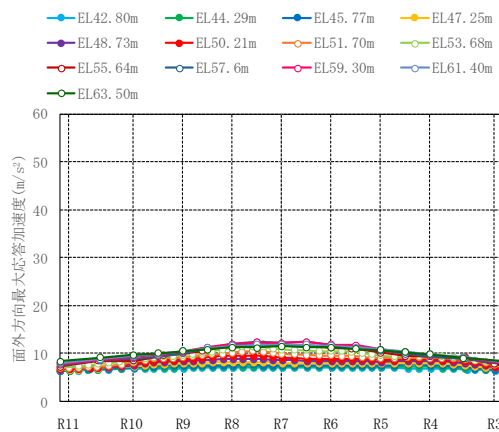
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-9(4) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 1, 平面分布)



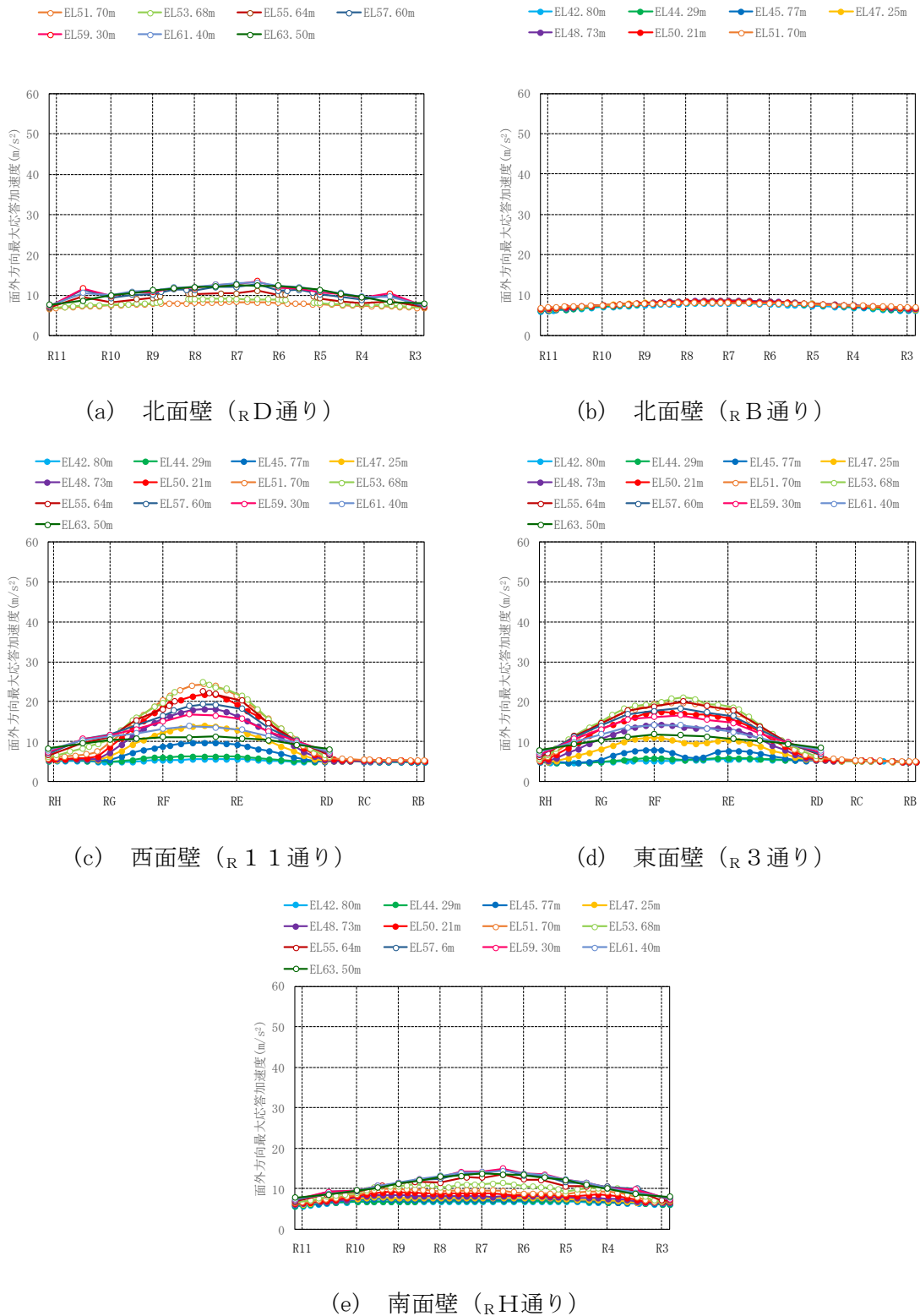
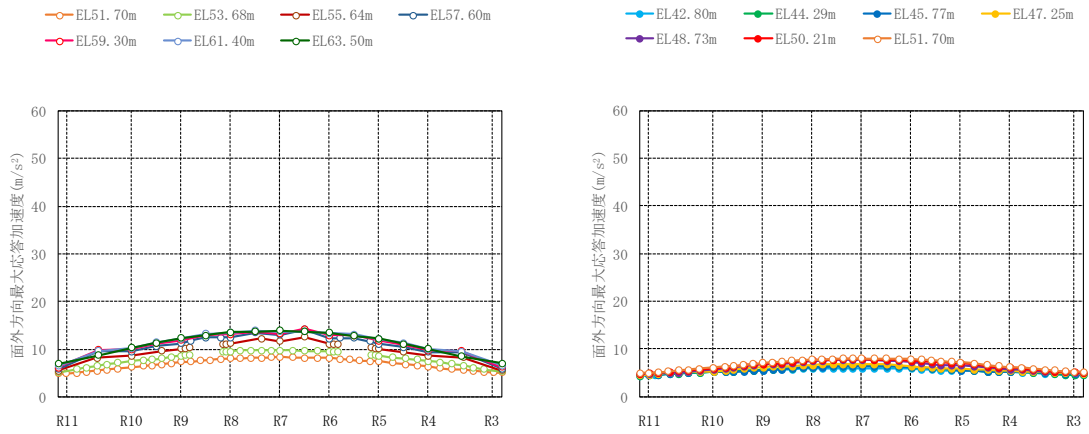
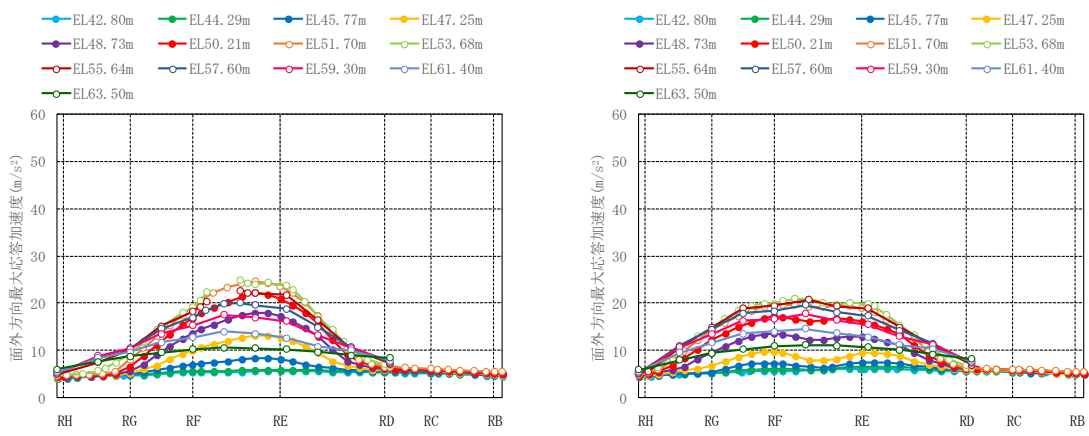


図 2-9(5) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 N S, 平面分布)



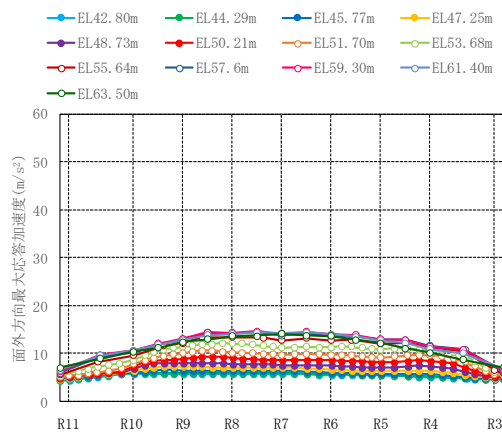
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



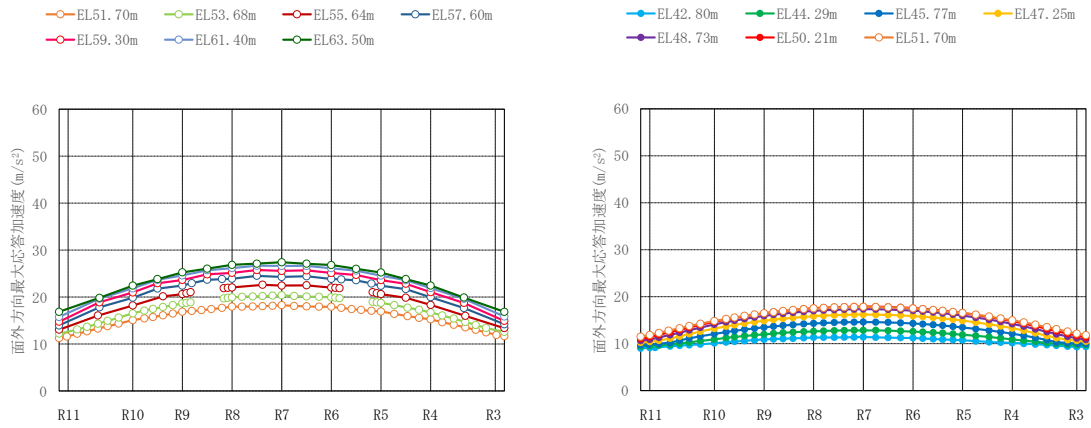
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



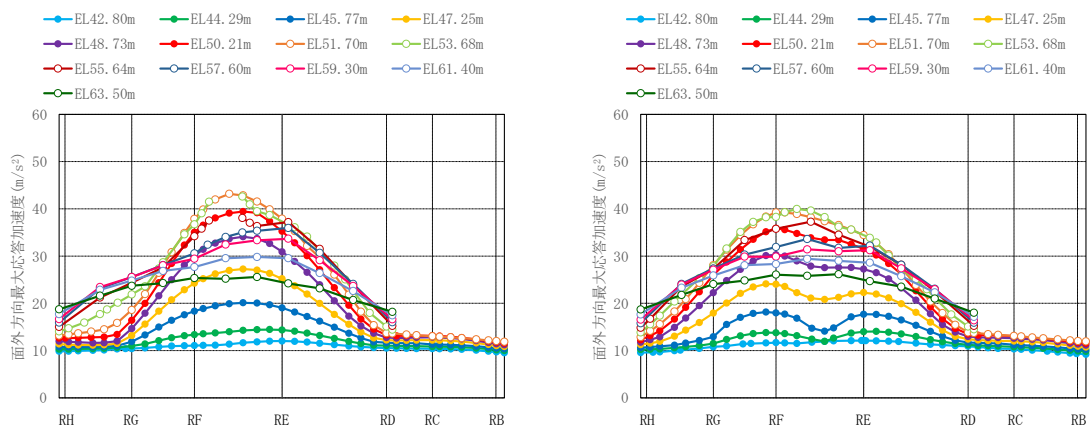
(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-9(6) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 E W, 平面分布)



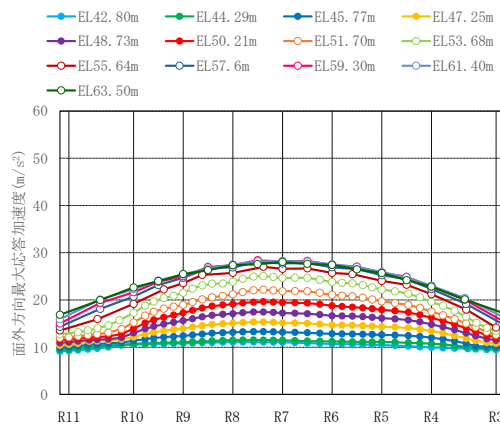
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



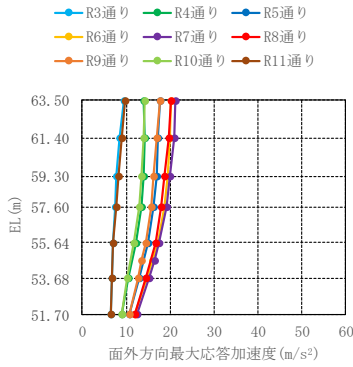
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)

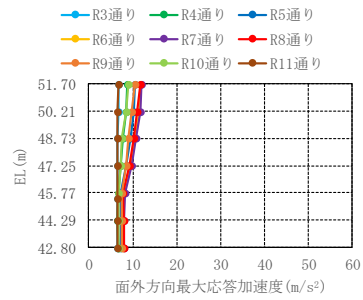


(e) 南面壁 (R H 通り)

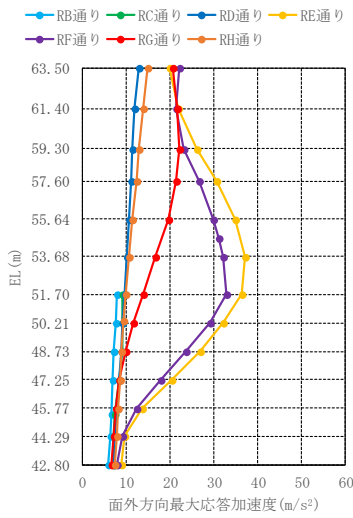
図 2-9(7) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - 1, 平面分布)



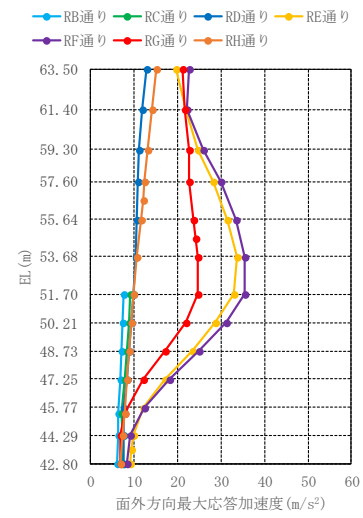
(a) 北面壁 (RD通り)



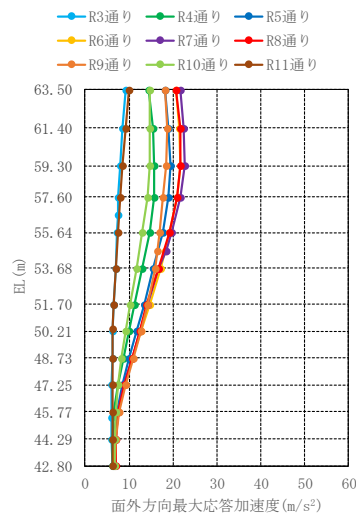
(b) 北面壁 (RB通り)



(c) 西面壁 (RH通り)

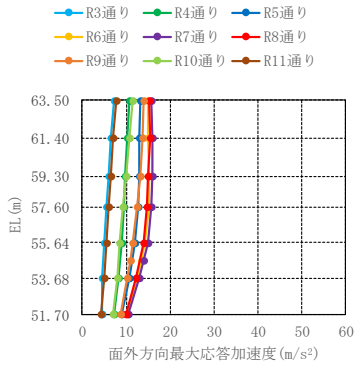


(d) 東面壁 (R3通り)

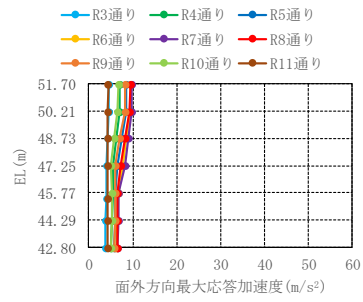


(e) 南面壁 (RH通り)

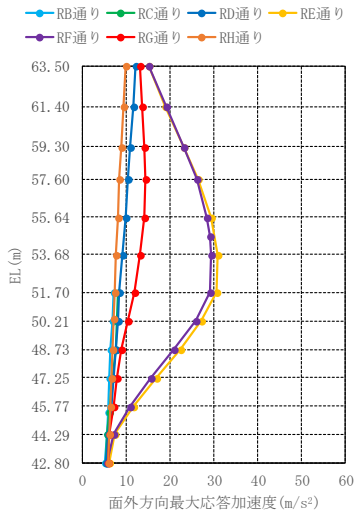
図 2-10(1) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - D, 断面分布)



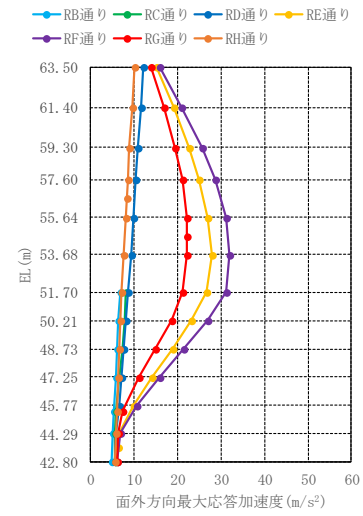
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



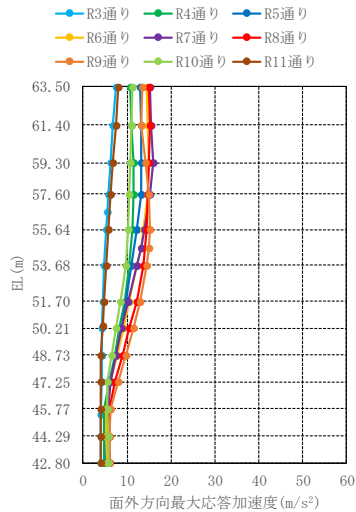
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>H</sub>通り)

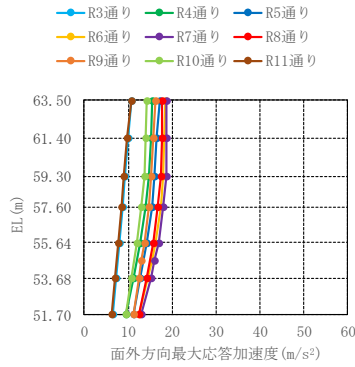


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

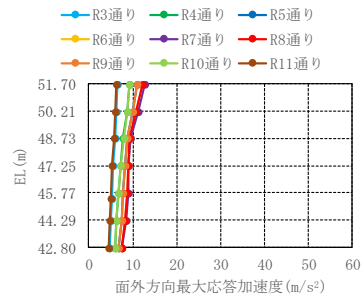


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

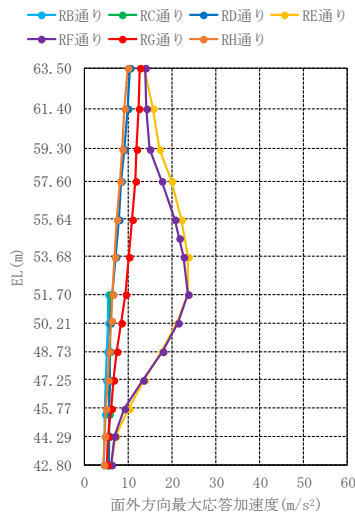
図 2-10(2) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 1, 断面分布)



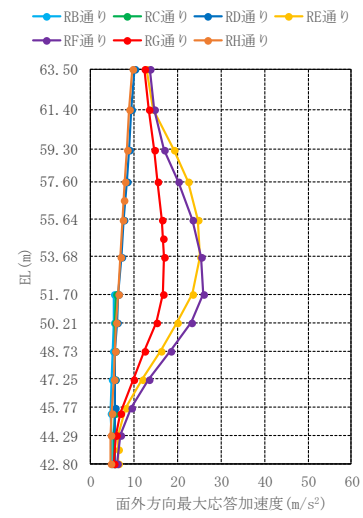
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



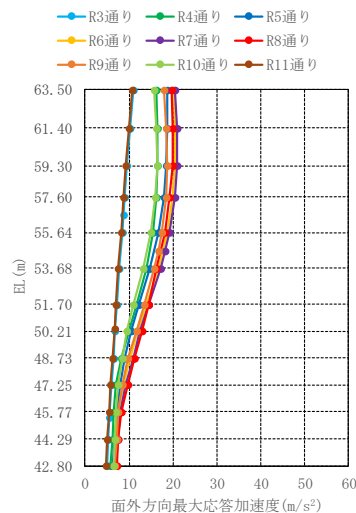
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

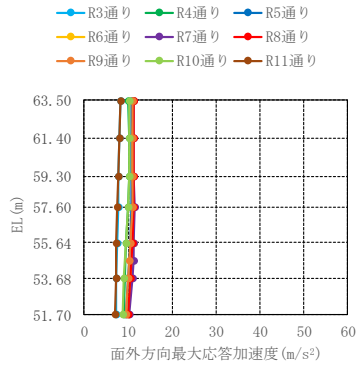


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

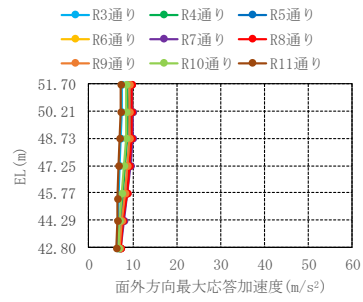


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

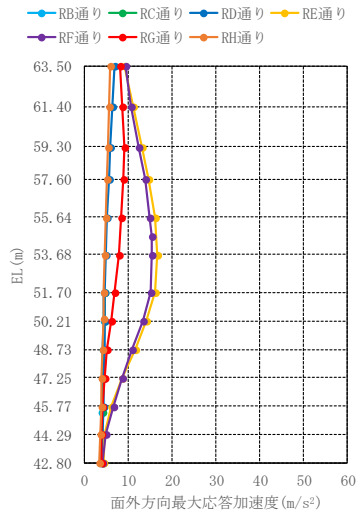
図 2-10(3) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - F 2, 断面分布)



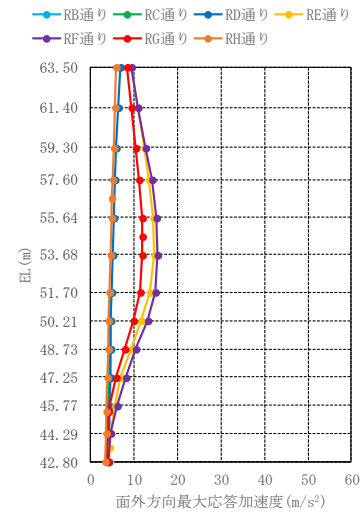
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



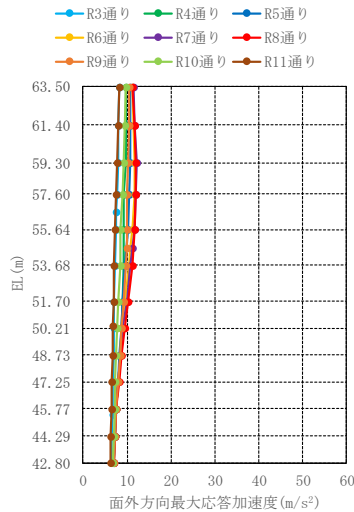
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

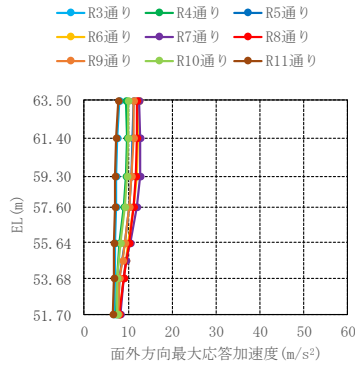


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

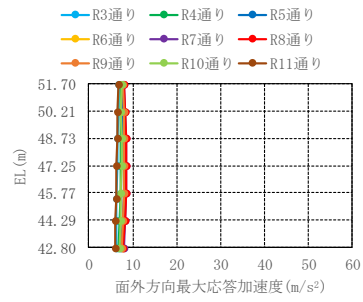


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

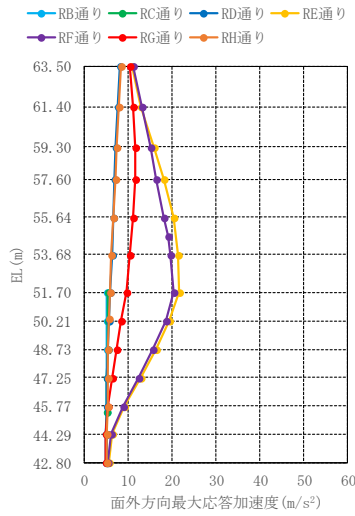
図 2-10(4) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 1, 断面分布)



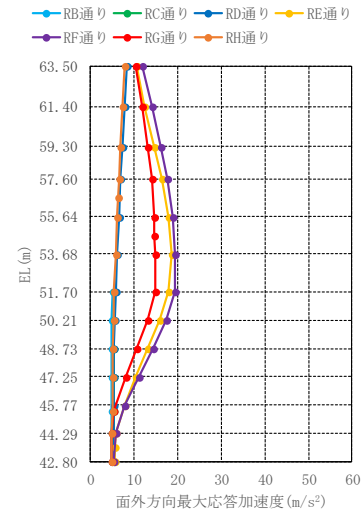
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



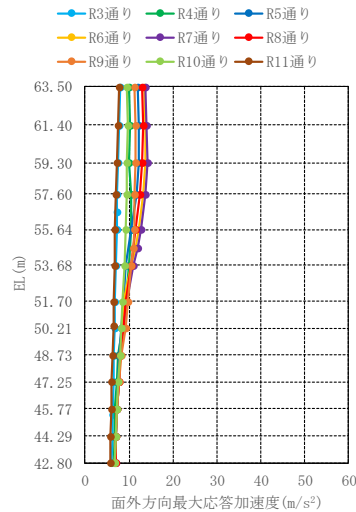
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)



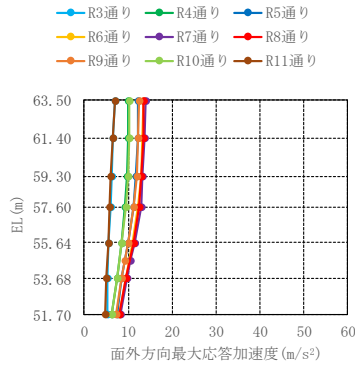
(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)



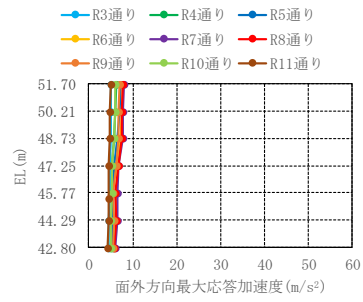
(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

図 2-10(5) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 N S, 断面分布)

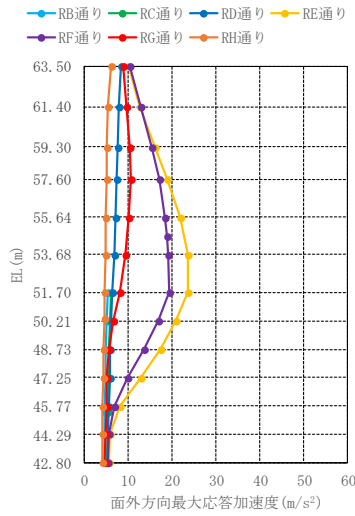




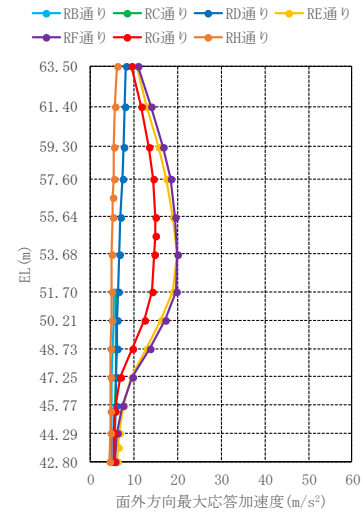
(a) 北面壁 (R<sub>D</sub>通り)



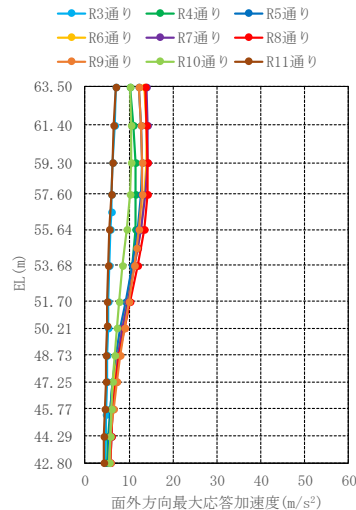
(b) 北面壁 (R<sub>B</sub>通り)



(c) 西面壁 (R<sub>11</sub>通り)

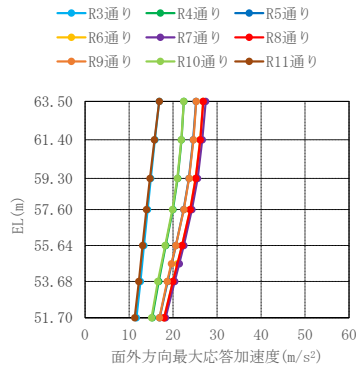


(d) 東面壁 (R<sub>3</sub>通り)

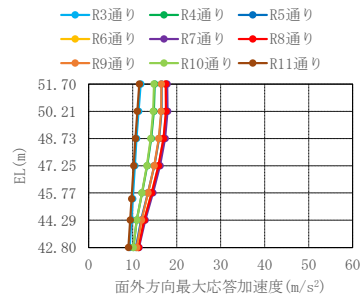


(e) 南面壁 (R<sub>H</sub>通り)

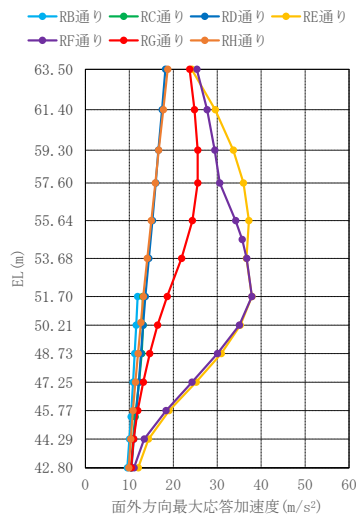
図 2-10(6) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - N 2 EW, 断面分布)



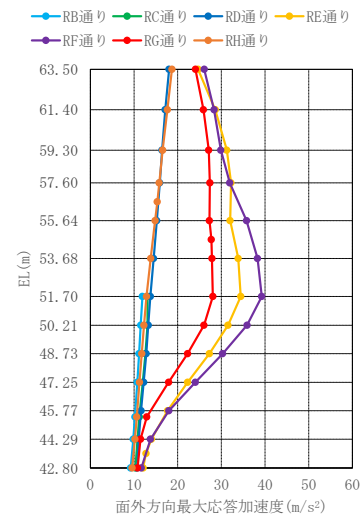
(a) 北面壁 (RD 通り)



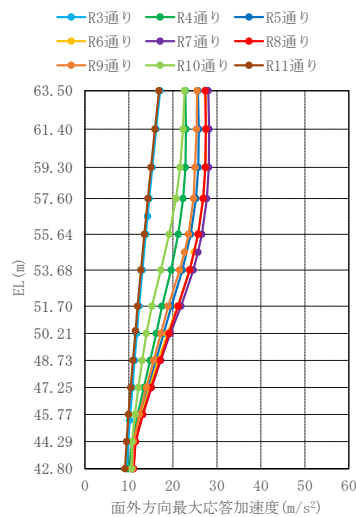
(b) 北面壁 (RB 通り)



(c) 西面壁 (R11 通り)

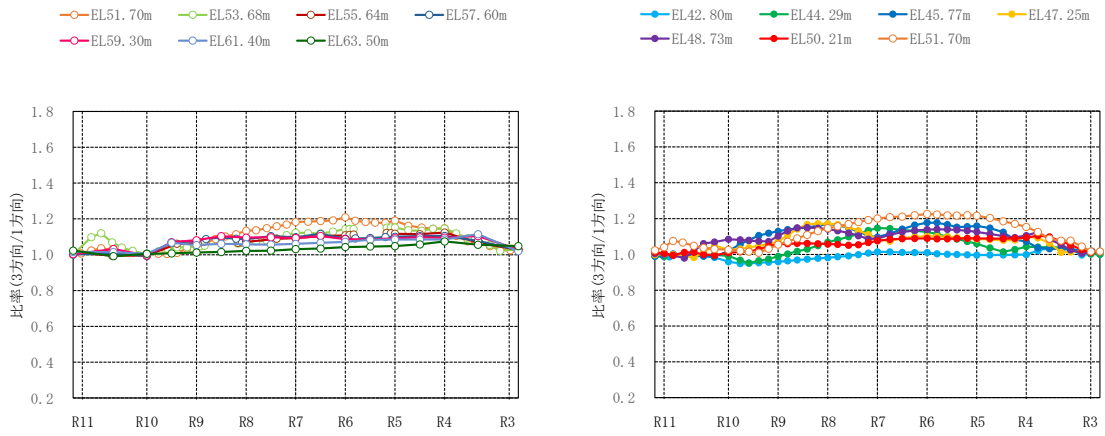


(d) 東面壁 (R3 通り)



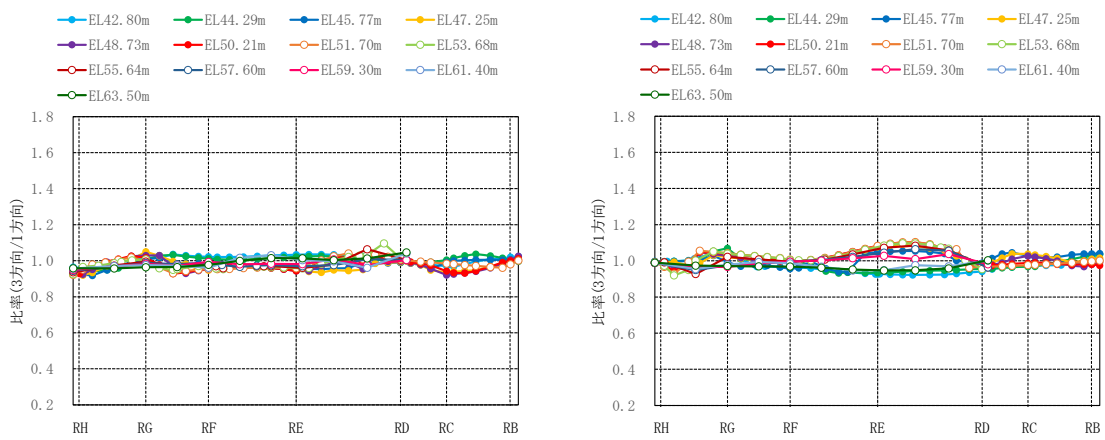
(e) 南面壁 (RH 通り)

図 2-10(7) 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布 (S d - 1, 断面分布)



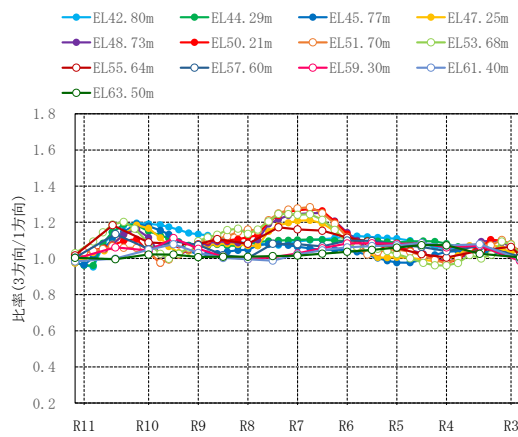
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



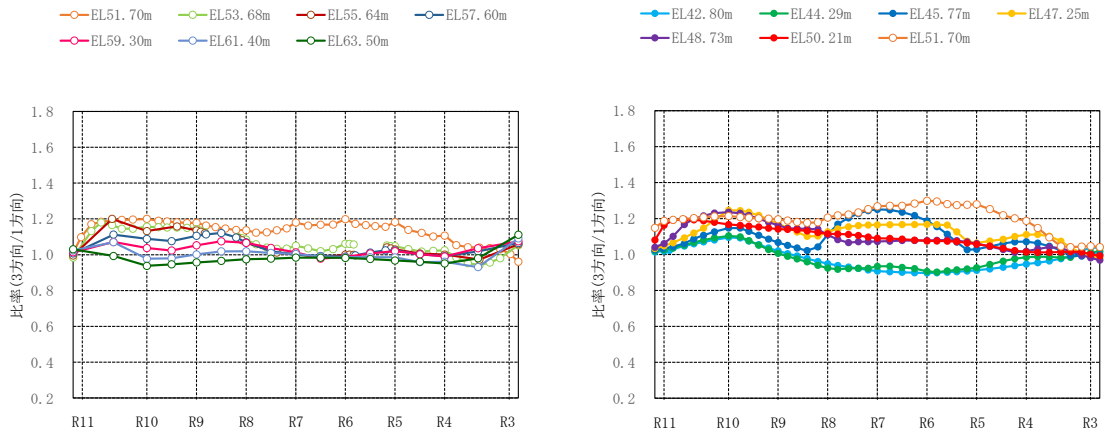
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



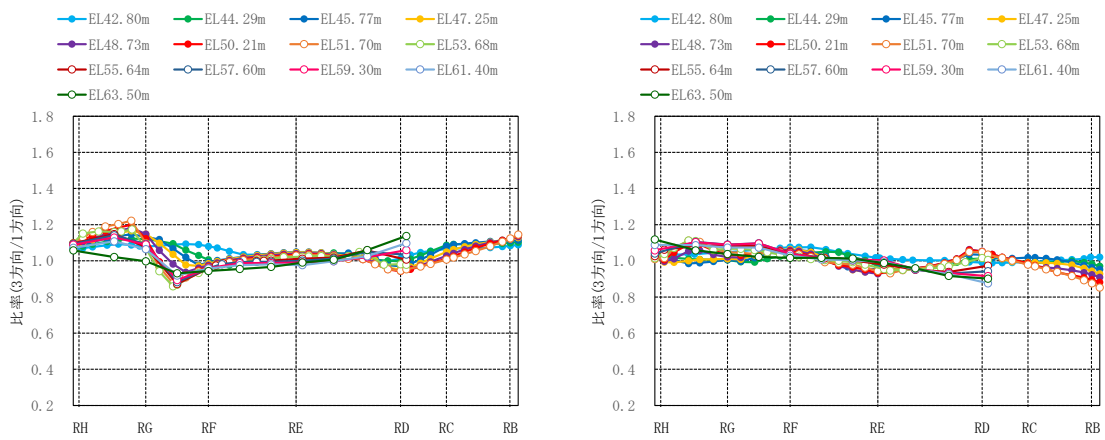
(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-11(1) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - D)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)



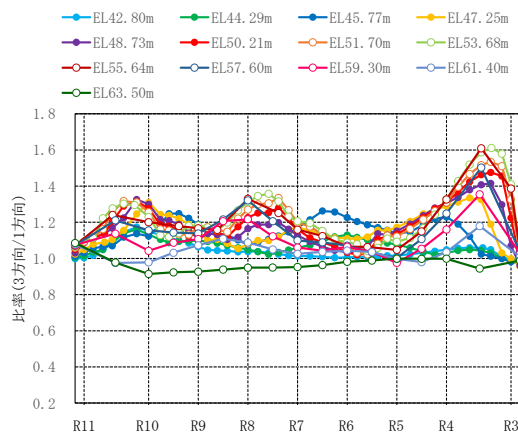
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-11(2) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - F 1)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)

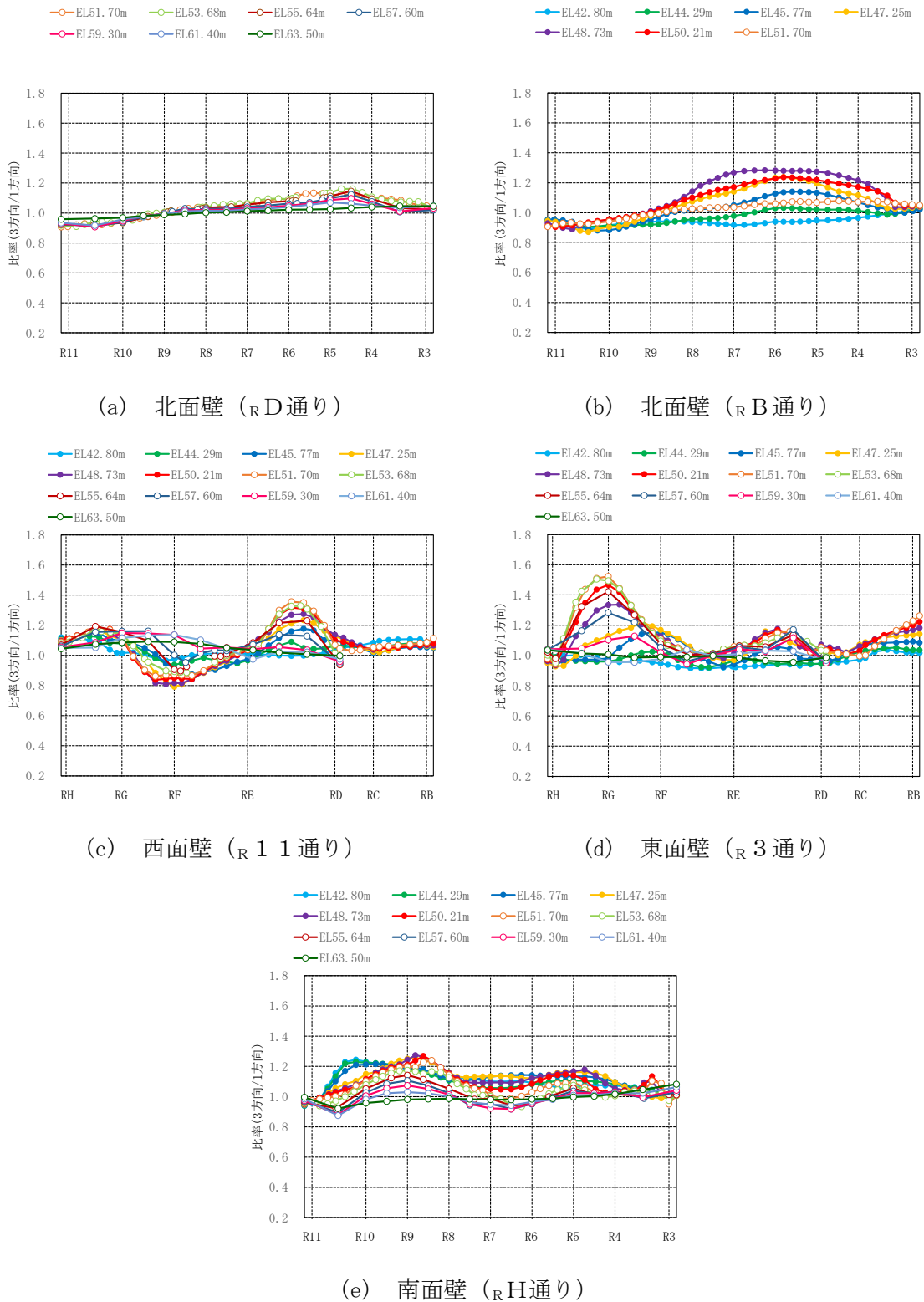


図 2-11(3) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - F 2)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)

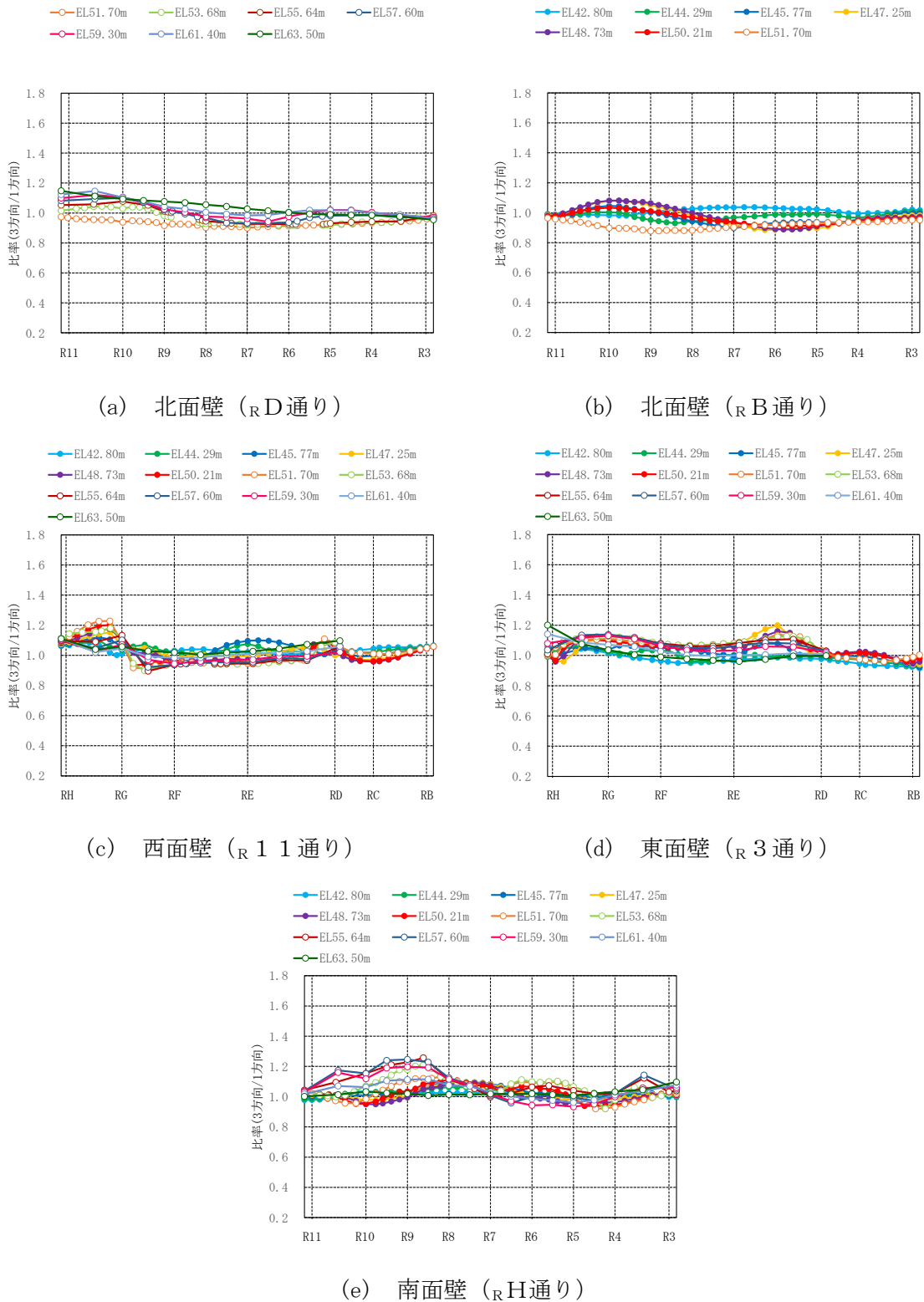
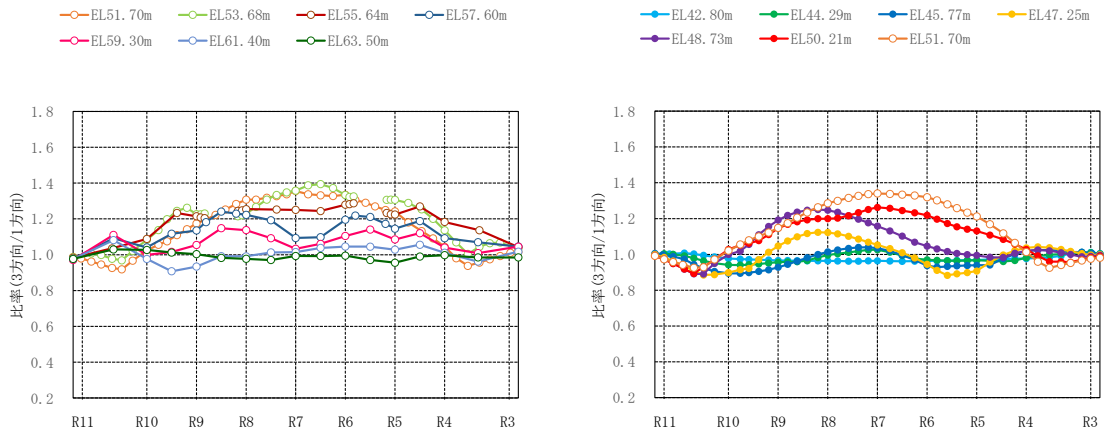
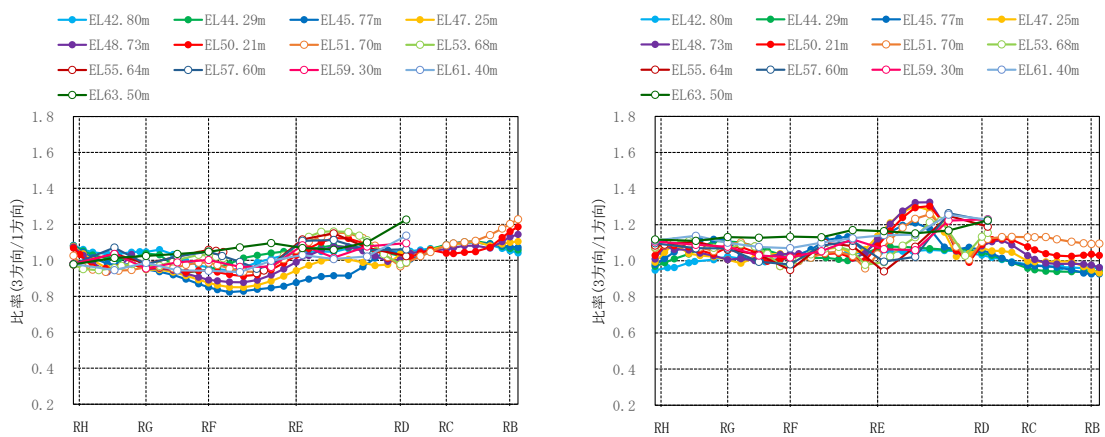


図 2-11(4) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - N 1)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)



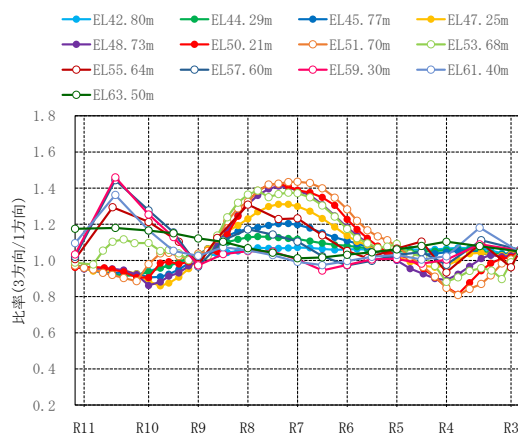
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



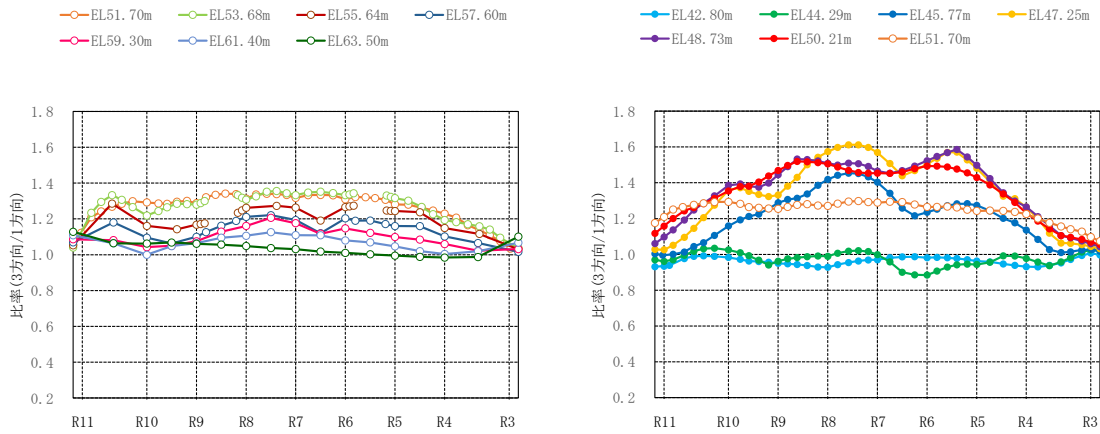
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



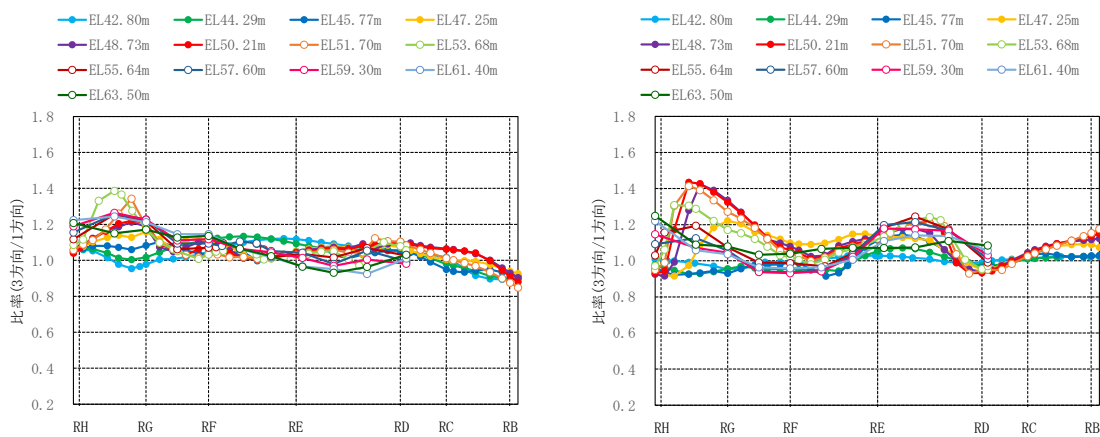
(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-11 (5) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - N 2 N S)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)



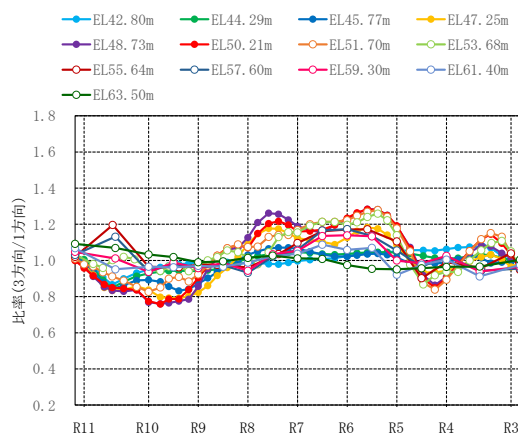
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

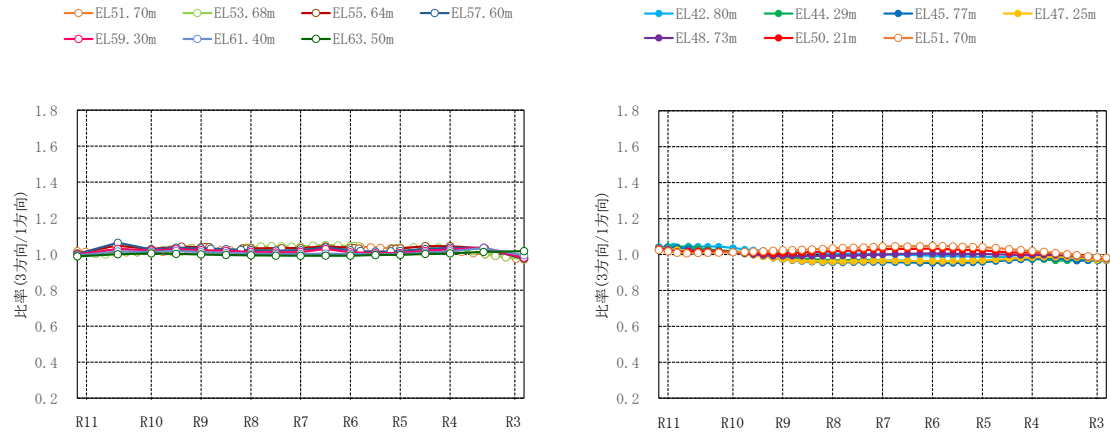
(d) 東面壁 (R 3 通り)



(e) 南面壁 (R H 通り)

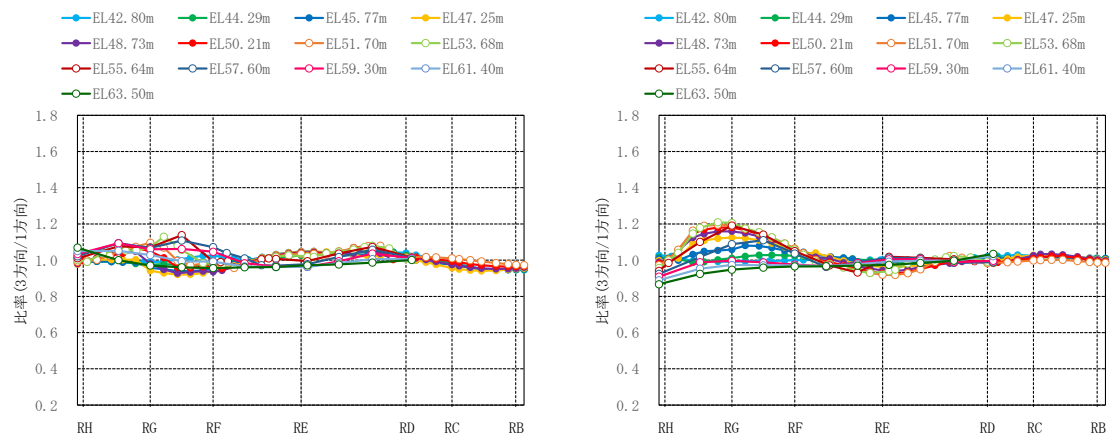
図 2-11 (6) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - N 2 E W)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)





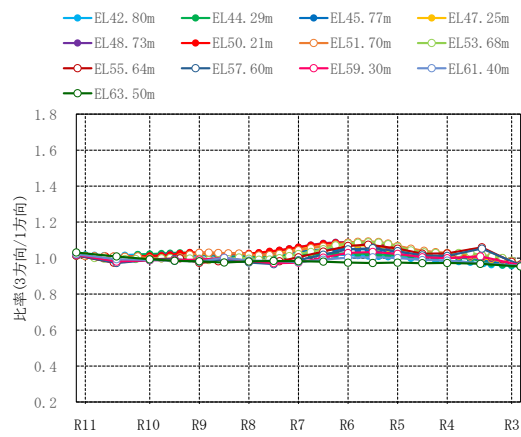
(a) 北面壁 (R D 通り)

(b) 北面壁 (R B 通り)



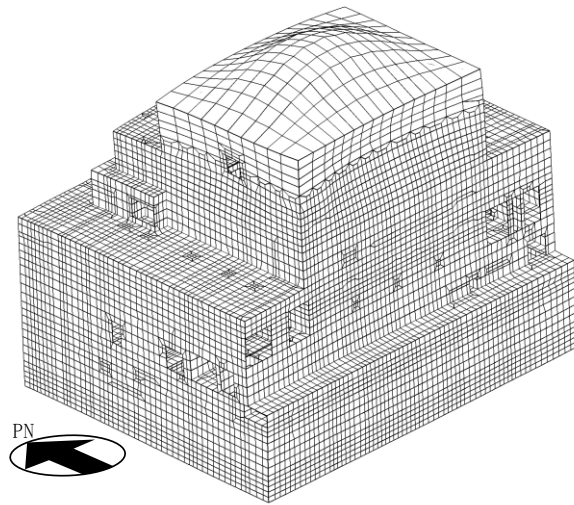
(c) 西面壁 (R 1 1 通り)

(d) 東面壁 (R 3 通り)



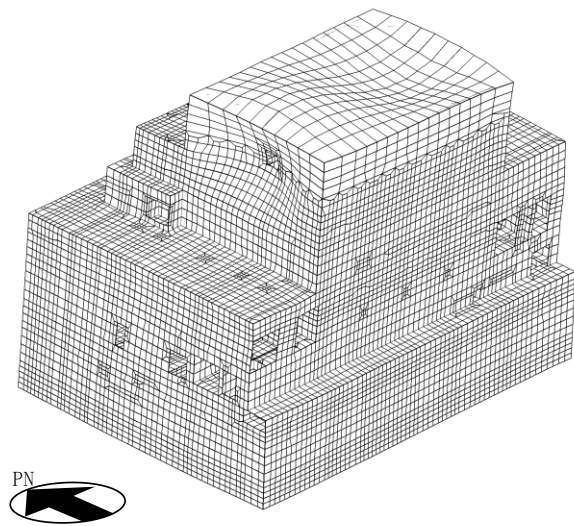
(e) 南面壁 (R H 通り)

図 2-11(7) 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (S d - 1)  
(水平 1 方向入力に対する 3 方向同時入力の最大応答加速度の比率)



4.49Hz (0.22s)

(a) 全体 1 次



4.69Hz (0.21s)

(c) 全体 3 次

図 2-12 3次元FEMモデル（建物模擬モデル）の固有値解析結果

## 2.6 面外慣性力に対する壁の断面の評価

面外慣性力の影響として、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）について、面外慣性力に対する検討を行う。検討は、「2.5 地震応答解析結果」より、壁の面外方向への加速度の影響が出ている東西面の壁を対象として、静的応力解析モデルに置き換えて、面外慣性力による面外応力に対する断面の評価を行い、面外慣性力の影響を評価する。

評価結果を記載する部位は、面外慣性力によって生じる曲げモーメント及び面外せん断力が最大となる部位とする。

### 2.6.1 解析モデル及び荷重条件

解析モデルを図 2-13 に示す。

解析モデルは静的応力解析モデルとし、スパン端部の柱及びはりまたは屋根スラブを境界条件として、四辺固定版に置き換える。

荷重は、基準地震動  $S_s$ （以下「 $S_s$ 地震時」という。）による面外方向慣性力を考慮する。 $S_s$ 地震時の応答加速度は、弾性設計用地震動  $S_d$ （以下「 $S_d$ 地震時」という。）による応答加速度に対して補正を行い、質点系モデルによる地震応答解析における最大応答加速度比で係数倍して定めるものとし、係数の算出は基準地震動  $S_s$  による応答を用いる。

$S_d$ 地震時による応答加速度の補正は、弾性設計用地震動  $S_d$  による面外方向の最大応答加速度（絶対加速度）に対し、材料物性による不確かさを考慮するための応答補正比率を乗じることで保守的に評価したものである。また、応答補正比率は、質点系モデルによる地震応答解析における最大応答加速度より算出する。

面外慣性力の算出方法は以下のとおりである。

$S_s$ 地震時の面外方向加速度（面外慣性力）

$$= 3 \text{ 次元 FEMモデルの } S_d \text{ 地震時の面外方向最大応答加速度} \times \text{応答補正比率}$$

検討対象である東西面の壁について、算出した  $S_s$ 地震時の面外方向加速度（面外慣性力）コンター図を図 2-14 に示す。

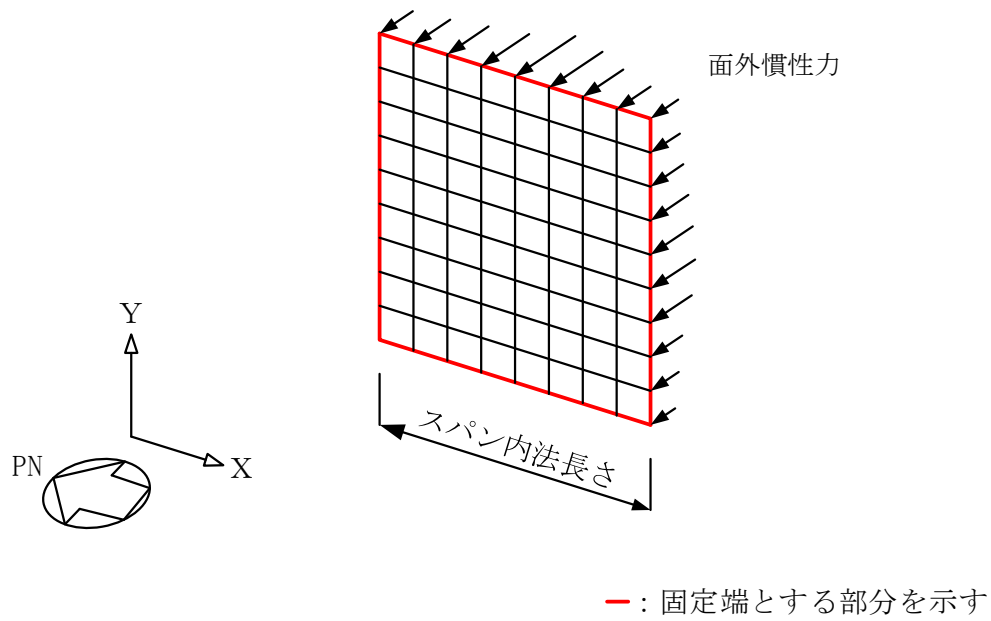
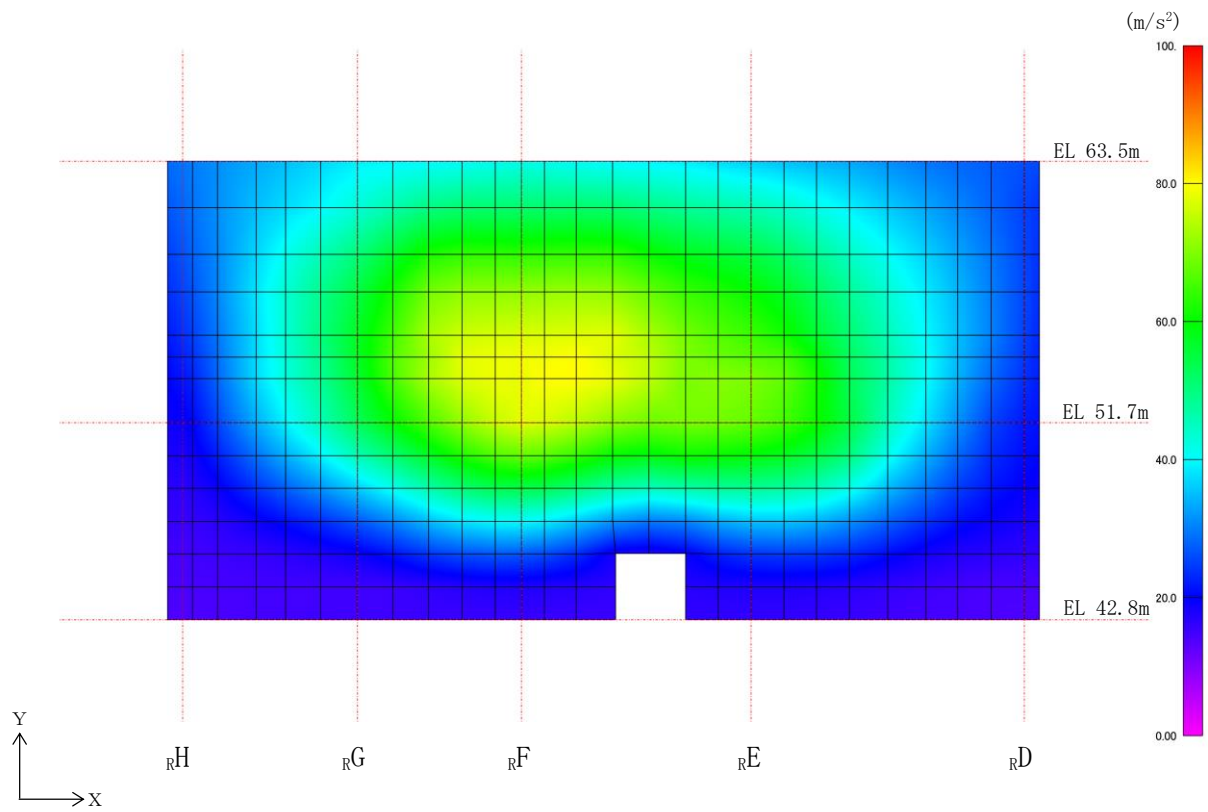
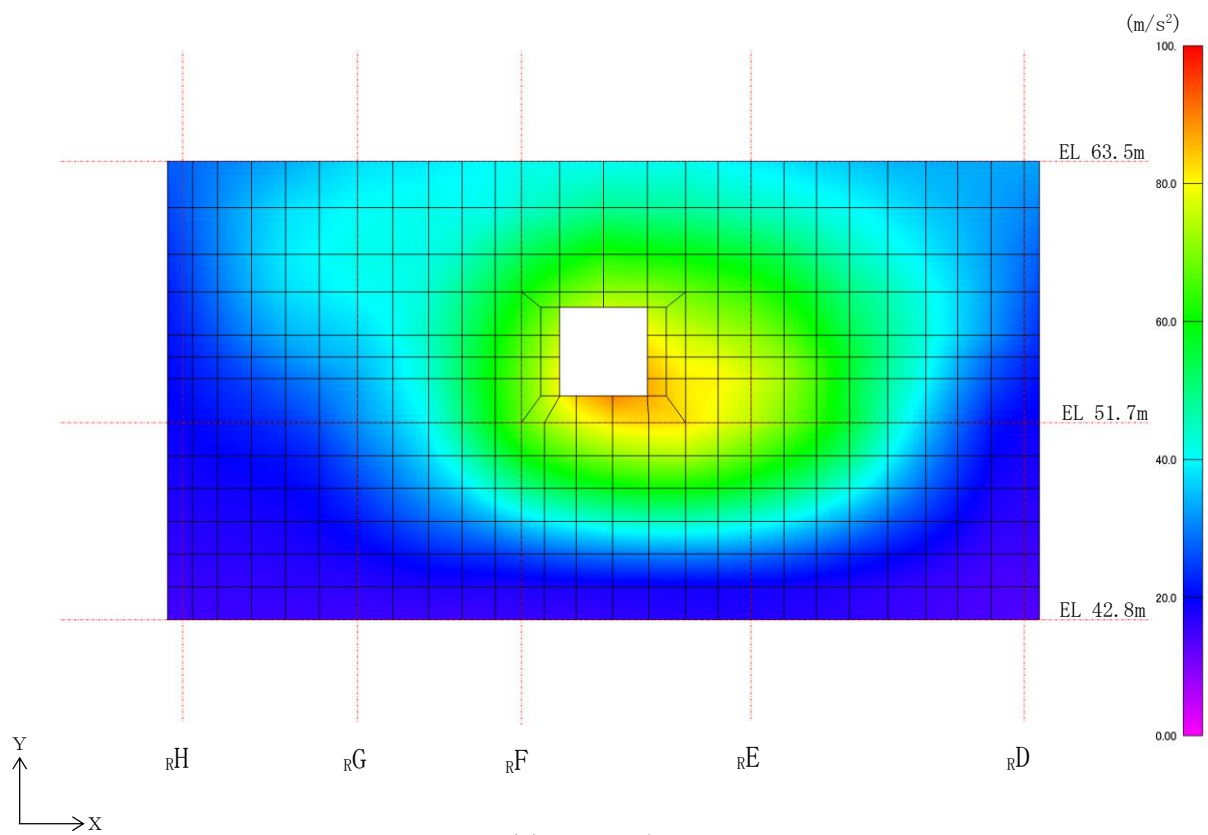


図 2-13 解析モデル



(a) 東面壁



(b) 西面壁

図 2-14 S s 地震時の面外方向加速度（面外慣性力）コンター図

## 2.6.2 応答補正比率の算出

材料物性の不確かさによる応答補正比率は、S s 地震時における基本ケースの質点系モデルの最大応答加速度に対する材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの最大応答加速度の比により算出する。

S s 地震時に用いる質点系モデルによる最大応答加速度比は、S d 地震時の基本ケースと S s 地震時の基本ケースの比により算出する。なお、S d 地震時による応答加速度を用いて、S s 地震時に対する評価を行うことから、S d - 1 以外の S d 地震時による応答加速度を用いることとし、面外方向の応答加速度が最大となる S d - D 及び S d - F 1 による応答を用いる。

また、東面及び西面の外壁の面外振動を評価するため、算出に用いる最大応答加速度は、EW方向モデルの EL 63.5m の質点（質点番号 3）、EL 51.7m の質点（質点番号 4、質点番号 18）及び EL 42.8m の質点（質点番号 5）の最大応答加速度とする。

算出した応答補正比率を表 2-4 に示す。

表 2-4 応答補正比率

(a) 材料物性の不確かさによる応答補正比率

地震波	S s - D				S s - F 1				備考
	63.5	51.7		63.5	51.7		42.8		
		H通り側 (IW-H)	D通り側 (IW-D)		H通り側 (IW-H)	D通り側 (IW-D)			
EL (m)		42.8		42.8		42.8			
①基本ケース 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	2700	1789	1717	1373	2563	1911	1852	1372	
②材料物性の不確かさ 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	2700	1806	1811	1393	2596	1961	1852	1426	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S s - D (EL 63.5m) 及び S s - F 1 (EL 51.7m (D通り側)) は、基本ケースの応答</li> <li>• S s - D (EL 51.7m (D通り側), 42.8m) 及び S s - F 1 (EL 63.5m, 51.7m (H通り側), 42.8m) は、ケース 2 (地盤物性+σ) の応答</li> <li>• S s - D (51.7m (H通り側)) は、ケース 4 (積雪) の応答</li> </ul>
②/① 最大応答加速度比	1.00	1.01	1.06	1.02	1.02	1.03	1.00	1.04	
採用応答補正率	1.06				1.04				• 保守的に最大の応答補正比率を設定

(b) 質点系モデルの S d 地震時に対する S s 地震時の最大応答加速度比

地震波	S s - D				S s - F 1				備考
	63.5	51.7		63.5	51.7		42.8		
		H通り側 (IW-H)	D通り側 (IW-D)		H通り側 (IW-H)	D通り側 (IW-D)			
EL (m)		42.8		42.8		42.8			
③ S d 地震時 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	1762	996	981	813	1458	899	807	697	• 基本ケース
④ S s 地震時 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	2700	1789	1717	1373	2563	1911	1852	1372	• 基本ケース
④/③ 最大応答加速度比	1.54	1.80	1.76	1.69	1.76	2.13	2.30	1.97	
採用応答補正率	1.80				2.30				• 保守的に最大の応答補正比率を設定

### 2.6.3 断面の評価部位の選定

代表部位とした東面壁及び西面壁における単位幅あたりの曲げモーメント及び面外せん断力を表 2-5 に示す。断面の評価部位は曲げモーメント及び面外せん断力が最大となる位置を壁厚ごとに選定する。

選定した断面の評価部位の応力コンター図を表 2-6 及び表 2-7 に示す。

表 2-5 単位幅あたりの曲げモーメント及び面外せん断力 (S<sub>s</sub>地震時)

位置		曲げモーメント (kN・m/m)		面外せん断力 (kN/m)		
		M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Q <sub>x</sub>	Q <sub>y</sub>	
東 面 壁	壁厚 □ mm	R <sub>D</sub> - R <sub>E</sub>	202.7	100.0	262.1	171.4
		R <sub>E</sub> - R <sub>F</sub>	283.8	115.0	368.2	192.6
		R <sub>F</sub> - R <sub>G</sub>	252.5	112.3	348.5	186.6
		R <sub>G</sub> - R <sub>H</sub>	180.3	96.2	215.6	131.6
	壁厚 □ mm	R <sub>D</sub> - R <sub>E</sub>	138.5	120.7	214.7	249.2
		R <sub>E</sub> - R <sub>F</sub>	124.4	105.8	219.4	237.9
		R <sub>F</sub> - R <sub>G</sub>	155.5	120.9	257.4	249.1
		R <sub>G</sub> - R <sub>H</sub>	94.9	91.6	137.6	158.4
西 面 壁	壁厚 □ mm	R <sub>D</sub> - R <sub>E</sub>	217.9	112.1	279.0	188.1
		R <sub>E</sub> - R <sub>F</sub>	213.7	82.5	304.3	139.3
		R <sub>F</sub> - R <sub>G</sub>	171.0	72.0	246.1	119.4
		R <sub>G</sub> - R <sub>H</sub>	163.7	80.1	176.0	116.6
	壁厚 □ mm	R <sub>D</sub> - R <sub>E</sub>	157.2	136.8	233.4	278.0
		R <sub>E</sub> - R <sub>F</sub>	195.8	140.5	286.0	288.0
		R <sub>F</sub> - R <sub>G</sub>	122.2	91.5	207.0	177.7
		R <sub>G</sub> - R <sub>H</sub>	88.1	75.8	115.8	117.9

注：ハッチングは、東面壁及び西面壁における壁厚ごとの曲げモーメント及び面外せん断力の最大値を示す。



表 2-6 断面の評価部位の選定に関する応力コンター図 (東面壁)

壁厚	応力	コンター図
□ mm	M <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>E - <sub>R</sub>F)</p> <p>□ : 最大応力 283.8kN・m/m</p>
	Q <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>E - <sub>R</sub>F)</p> <p>□ : 最大応力 368.2kN/m</p>
□ mm	M <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>F - <sub>R</sub>G)</p> <p>□ : 最大応力 155.5kN・m/m</p>
	Q <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>F - <sub>R</sub>G)</p> <p>□ : 最大応力 257.4kN/m</p>

表 2-7 断面の評価部位の選定に関する応力コンター図 (西面壁)

壁厚	応力	コンター図
□ mm	M <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>D - <sub>R</sub>E)</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>Y ↑</p> <p>X →</p> <p>□ : 最大応力 217.9kN·m/m</p>
	Q <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>E - <sub>R</sub>F)</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>Y ↑</p> <p>X →</p> <p>□ : 最大応力 304.3kN/m</p>
□ mm	M <sub>x</sub>	<p>(<sub>R</sub>E - <sub>R</sub>F)</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>Y ↑</p> <p>X →</p> <p>□ : 最大応力 195.8kN·m/m</p>
	Q <sub>y</sub>	<p>(<sub>R</sub>E - <sub>R</sub>F)</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>壁厚 □ mm</p> <p>Y ↑</p> <p>X →</p> <p>□ : 最大応力 288.0kN/m</p>

#### 2.6.4 断面の評価方法

基準地震動  $S_s$  による面外慣性力により耐震壁に生じる面外方向の曲げモーメント及びせん断力が、許容限界を超えないことを確認する。許容限界については、面外曲げモーメントにより生じる壁主筋の発生応力が、「平 12 建告第 2464 号」に基づき  $F$  値に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限強度を超えないこととする。また、面外せん断力については、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）」に基づく短期許容面外せん断力を超えないこととする。

断面力成分を図 2-15 に示す。

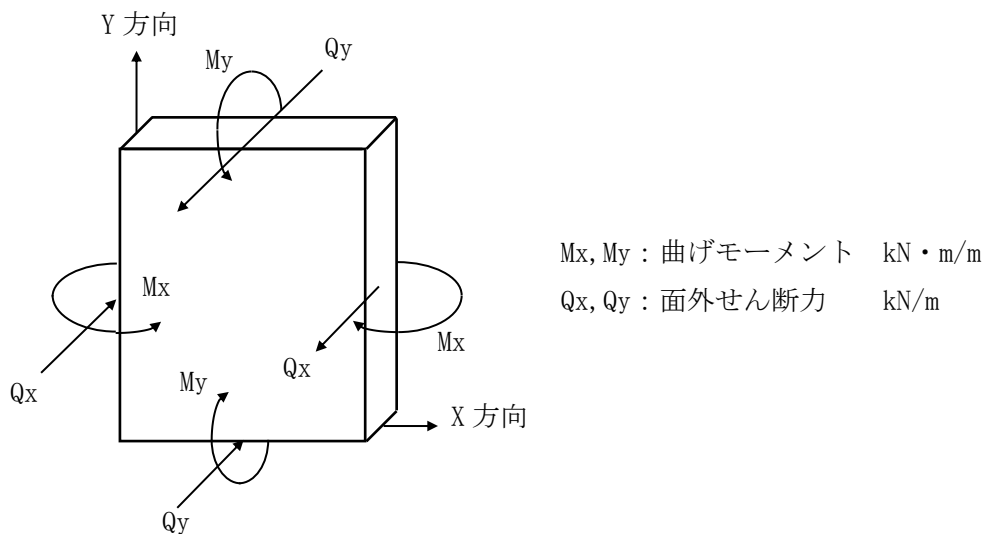


図 2-15 断面力成分

曲げモーメントについては、評価対象部位に生じる曲げモーメント  $M$  が次式で算出する許容曲げモーメント  $M_A$  を超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

$M_A$  : 許容曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度で基準強度  $F$  値の 1.1 倍 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの  $7/8$  倍の値 (mm)

また、面外せん断力については、面外せん断力 $Q$ が次式で算出する許容面外せん断力 $Q_A$ を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

#### 2.6.5 断面の評価結果

断面の評価結果を表 2-8 に示す。

S s 地震時において、面外方向の曲げモーメントに対する検定値が 0.62、面外せん断力に対する検定値が 0.43 となり、許容限界を超えないことを確認した。

面外慣性力として、応答補正比率を考慮したうえで最大応答加速度の絶対値を用いていることや解析モデルとして保守的なモデルを用いていることなど、保守的な検討をしているため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、原子炉建物の壁が有する耐震性への影響はないと判断できる。

ただし、面外方向に大きな加速度が生じていることを踏まえ、「2.7 面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の壁の断面の評価」において、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の評価を行う。

表 2-8 断面の評価結果

検討ケース		S s 地震時			
検討位置		東面壁 (R3 通り)		西面壁 (R11 通り)	
厚さ t (mm) ×幅 b (mm)		□×1000	□×1000	□×1000	□×1000
有効せい d (mm)		□	□	□	□
配筋	縦筋 (鉄筋断面積)	D29@200 (3210 mm <sup>2</sup> /m)	D35@200 (4785 mm <sup>2</sup> /m)	D29@200 (3210 mm <sup>2</sup> /m)	D35@200 (4785 mm <sup>2</sup> /m)
	横筋 (鉄筋断面積)	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)	D32@200 (3970 mm <sup>2</sup> /m)	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)	D32@200 (3970 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	方向	X 方向	X 方向	X 方向	X 方向
	発生曲げ モーメント M (kN・m/m)	283.8	155.5	217.9	195.8
	許容限界 (kN・m/m)	462.3	1105.9	462.3	1105.9
	検定値	0.62	0.15	0.48	0.18
面外せん断力	方向	X 方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	発生せん断力 Q (kN/m)	368.2	257.4	304.3	288.0
	許容限界 (kN/m)	867.9	1587.6	956.3	1587.6
	検定値	0.43	0.17	0.32	0.19
判定		可	可	可	可

2.7 面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の壁の断面の評価

追而

2.7.1 解析モデル及び荷重条件

追而

2.7.2 応答補正比率の算出

追而

2.7.3 断面の評価部位の選定

追而

2.7.4 断面の評価方法

追而

2.7.5 断面の評価結果

追而

## 2.8 検討のまとめ

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として、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）に対し、面外慣性力の影響について検討を行った。

3次元FEMモデルを用いて、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する地震応答解析を実施し、壁の面外方向の最大応答加速度分布を確認した結果、面外にはらむような加速度分布となっており、面外慣性力が発生していることを確認したが、水平1方向入力による最大応答加速度分布に対し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる最大応答加速度分布はおおむね同様な傾向であることを確認した。この結果は、壁の面外応答に与える影響は面外方向の地震動が支配的であり、水平直交方向及び鉛直方向地震動は面外応答に与える影響が小さいことを示している。

一方で、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）に対する面外慣性力が発生していることから、加速度の比較的大きい原子炉建物東西面の壁を部分的に抽出し、保守的な静的モデルに置き換えて、面外慣性力による面外応力に対する断面の評価を行った。その結果、S<sub>s</sub>地震時における壁の曲げモーメント及び面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。面外慣性力として、応答補正比率を乗じたうえで最大応答加速度の絶対値を用いていることや解析モデルとして保守的なモデルを用いていることも踏まえると、面外慣性力により原子炉建物の壁が有する耐震性への影響はないと判断できる。

さらに、同様のモデルを用いて面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）に対する断面の評価を行い、S<sub>d</sub>地震時においても壁の曲げモーメント及び面外せん断力が許容限界を超えないことを確認したことから、原子炉建物の壁に対する原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）のバウンダリとして要求される機能への影響はないと判断できる。

以上のことから、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。



### 3. 局所応答による影響検討

VI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において応答特性②-1及び②-2により抽出されなかった原子炉建物の耐震評価部位全般に対し、局所的な応答による影響の有無について、弾性設計用地震動 $S_d$ に対して3次元FEMモデルを用いた精査を行った。

精査にあたっては、3次元FEMモデルで構築した原子炉建物の地震応答解析モデルを用いて、水平2方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度を算出し評価することで行った。精査の内容は、別紙3「原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」に示す。

3次元FEMモデルによる精査の結果、原子炉建物が有する耐震性への影響が小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に算定するにあたっては、質点系モデルの地震応答解析結果を用いることで、簡易的かつ保守的に評価を行うことが可能であることを確認した。

#### 4. 3次元FEMモデルを用いた精査のまとめ

VI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において、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」可能性がある部位として、3次元的な応答特性が想定される部位のうち、抽出した原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）について、3次元FEMモデルを用いた精査を行った。3次元FEMモデルを用いた精査の結果、原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁（一般部）において、有している耐震性への影響がないと判断できることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の考慮が必要な部位は抽出されなかった。

さらに、応答特性②-1及び②-2により抽出されなかった原子炉建物の耐震評価部位全般に対し、原子炉建物を対象とした3次元FEMモデルにより、水平2方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度を算出し検討することで、局所的な応答について精査を行った。精査の結果、有している耐震性への影響がないと判断できることから、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が必要な部位は抽出されなかった。

以上のことから、3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は、有する耐震性への影響がないと判断できることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。

別紙 2-1 3次元的な応答特性を考慮した燃料取替階ブローアウト  
パネルの評価について

## 目 次

1. 概要 ..... 別紙 2-1-1
2. オペフロ BOP の S d 閉機能維持の評価 ..... 別紙 2-1-5
  - 2.1 検討方針 ..... 別紙 2-1-5
  - 2.2 応答補正比率の算出 ..... 別紙 2-1-5
  - 2.3 3次元 F E Mモデルの応答を用いた面外方向地震荷重の算定 ..... 別紙 2-1-7
  - 2.4 S d 閉機能維持の評価 ..... 別紙 2-1-9

## 1. 概要

別紙 2「原子炉建物 3次元 FEMモデルを用いた精査」では、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」という特性より、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁について、3次元 FEMモデルによる精査を行った。詳細には、原子炉建物の壁の面外慣性力による影響検討として、面外慣性力による面外応力に対する断面算定を行い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。評価の結果、面外慣性力により原子炉建物の壁が有する耐震性への影響は無いことを確認した。

ここで、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建物（燃料取替階レベル）の壁には、燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）を設置している。

VI-2-9-3-1-1「原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」における評価のうち、面外慣性力の影響を受けると考えられる『弾性設計用地震動 S d による地震力に相当する荷重でオペフロ BOP が開放しないこと』（以下「S d 閉機能維持」という。）について、3次元 FEMモデルによる応答を用いた評価を行う。

オペフロ BOP の設置位置図を図 1-1 に、構造計画を表 1-1 に、固有周期を表 1-2 に示す。

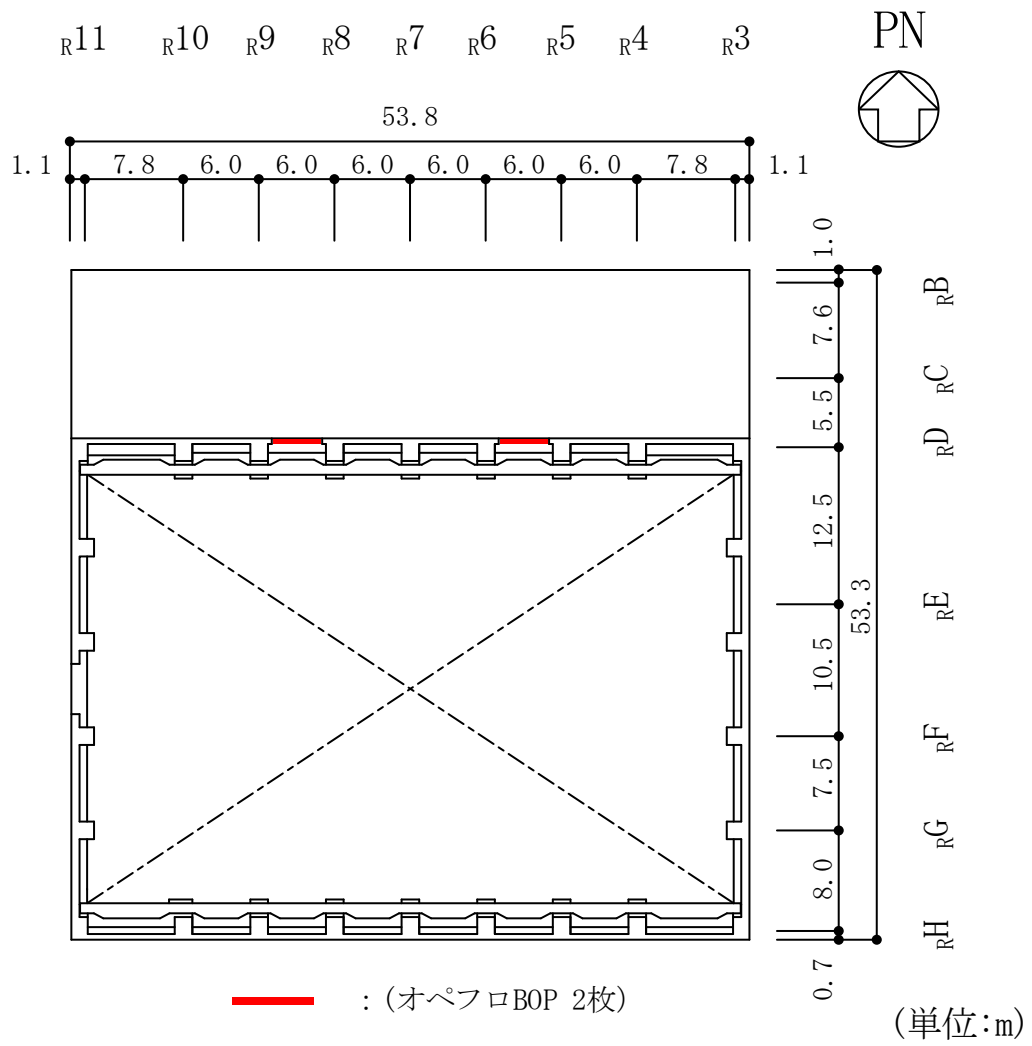


図 1-1 オペフロ BOP の設置位置図 (EL 51.7m)

表 1-1 オペフロ BOP の構造計画

計画の概要	
主体構造	支持構造
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パネル本体部</li> <li>・ 枠部</li> </ul> <p>オペフロ BOP は、パネル本体部、パネルを原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁に設置する枠部より構成される設備である。</p>	<p>オペフロ BOP は、十分な強度を有する構造とし、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁に枠部とクリップにより据付けられる。</p>
材料	SS400 及び SUS304
作動方式	クリップ式（16 個）
クリップ仕様	材質 SUS304
概略構造図（単位：m）	

表 1-2 オペフロ BOP の固有周期

方向	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
NS 方向	□	□

注：固有周期は，VI-2-9-3-1-1「原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの耐震性  
 についての計算書」に基づきモックアップ試験体の振動試験による。



## 2. オペフロ BOP の S d 閉機能維持の評価

### 2.1 検討方針

S d 閉機能維持の評価では、3次元FEMモデルの応答を用いた面外方向地震荷重が許容値である開放荷重を下回ることを確認する。

3次元FEMモデルによるS d閉機能維持の評価フローを図2-1に示す。

別紙3「原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」における建物模擬モデル(3次元FEM)を対象とした弾性設計用地震動S dに対する地震応答解析結果を用い、オペフロBOPに対する材料物性の不確かさを考慮した面外方向地震荷重を算定する。

具体的には、オペフロBOPにおける3次元FEMモデルによる面外応答に対し、材料物性の不確かさによる応答補正比率を乗じ、面外応答を算定する。ここで、面外応答には、保守的な評価のため3次元FEMの応答として3方向同時入力時の面外応答を用いるものとする。オペフロBOPの面外応答に基づく応答加速度より面外方向地震荷重を算定し、許容値である開放荷重を下回ることを確認する。ここで、開放荷重は保守的な評価のため、VI-2-9-3-1-1「原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」に示す実機大モックアップ試験で得られた最小値を用いる。

### 2.2 応答補正比率の算出

材料物性の不確かさによる応答補正比率は、基本ケースの質点系モデルの最大応答加速度に対する材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの最大応答加速度の比により算出する。

なお、算出に用いる最大応答加速度はNS方向モデルのEL 63.5mの質点(質点番号6, 20)及びEL 51.7mの質点(質点番号7, 21)の最大応答加速度とする。

算出した応答補正比率を表2-1に示す。

表2-1 応答補正比率(材料物性の不確かさによる応答補正比率)

地震波	Sd-1				備考
	63.5		51.7		
EL (m)	6	20	7	21	
質点番号	6	20	7	21	
①基本ケース 最大加速度応答 (m/s <sup>2</sup> )	16.35	16.35	13.05	12.96	
②材料物性の不確かさ 最大加速度応答 (m/s <sup>2</sup> )	16.57	16.57	13.07	12.97	・質点6, 20(EL 63.5m)は、ケース2(地盤物性+σ)の応答 ・質点7, 21(EL 51.7m)は、ケース4(積雪)の応答
②/① 最大加速度応答比	1.02	1.02	1.01	1.01	
採用応答補正比率	<u>1.02</u>				保守的に最大の応答補正比率を設定

3次元FEMモデルによる弾性設計用地震動Sdに対する地震応答解析  
(別紙3「原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」, 建物模擬モデル)



3次元FEMモデルの応答を用いた地震荷重の算定  
各オペフロBOPの面外応答(3方向同時入力)に基づく  
最大応答加速度より地震荷重を算定する。

地震荷重(kN)

=NS方向加速度応答値(m/s<sup>2</sup>)

×オペフロBOPの質量(2.0t)

×材料物性の不確かさによる応答補正比率(1.02)



Sd閉機能維持の評価

地震荷重<開放荷重(□kN)\*であることを確認する。

注記\* : VI-2-9-3-1-1「原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの耐震性についての  
計算書」に示す実機大モックアップ試験で得られた最小値を用いる。

図2-1 3次元FEMモデルによるSd閉機能維持の評価フロー

### 2.3 3次元FEMモデルの応答を用いた面外方向地震荷重の算定

オペフロ BOP は、EL 56.9m 及び EL 52.9m において、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁に粹部とクリップにより据付けられていることから、3次元FEMモデルにおけるオペフロ BOP 相当の開口のうち、上下7節点の面外応答（3方向同時入力）について、支配幅を考慮した重み付け平均によりオペフロ BOP 一枚当たりの面外応答に基づく最大応答加速度を設定する。ここで、最大応答加速度は、弾性設計用地震動  $S_d$  ( $S_d-D, F1, F2, N1, N2NS, N2EW, 1$ ) のうち応答加速度が最も大きい  $S_d-1$  の応答値を用いる。

面外応答の算出方法の概要を図 2-2 に示す。

材料物性の不確かさによる応答補正比率は、基本ケースの質点系モデルの最大応答加速度に対する材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの最大応答加速度の比により算出した最大の応答補正比率(1.02)を用いるものとする。

オペフロ BOP に対する面外方向地震荷重の算定方法は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{面外方向地震荷重 (kN)} &= \text{NS 方向加速度応答値 (m/s}^2\text{)} \\ &\quad \times \text{オペフロ BOP の質量 (2.0t)} \\ &\quad \times \text{材料物性の不確かさによる応答補正比率 (1.02)} \end{aligned}$$

面外方向地震荷重の算定結果を表 2-2 に示す。

面外方向地震荷重は、北面壁  $R8-R9$  間において最大となる。別紙 2「原子炉建物 3次元FEMモデルを用いた精査」では、平面的に中央部がはらむような加速度分布であり、同一傾向であることを確認した。

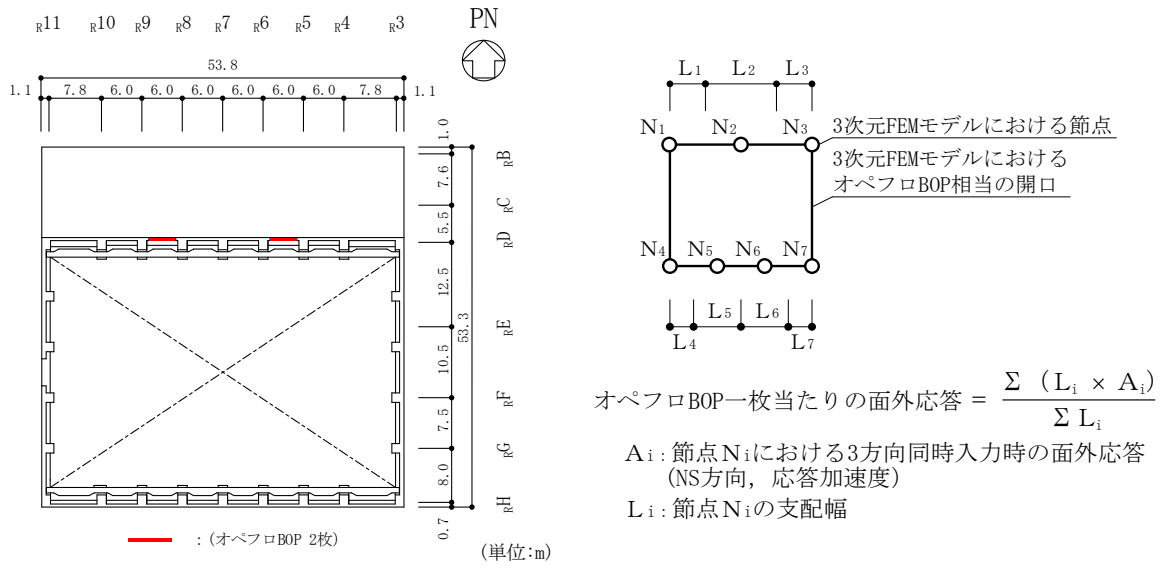


図 2-2 面外応答の算出方法の概要

表 2-2 材料物性の不確かさを考慮した面外方向地震荷重

オペフロ BOP		応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )	オペフロ BOP 質量 (t)	材料物性の 不確かさ による 応答補正比率	面外方向 地震荷重 (kN)	評価用 地震荷重 (kN)
北面壁	R5 - R6	21.2	2.0	1.02	43.2	43.5
	R8 - R9	21.3			<u>43.5</u>	

注：下線部は、評価用地震荷重に用いた面外方向地震荷重を示す。

#### 2.4 S d 閉機能維持の評価

オペフロ BOP の評価用地震荷重と開放荷重を比較した評価結果を表 2-3 に示す。

3次元的な応答特性を考慮した評価用地震荷重は開放荷重を下回り、オペフロ BOP は、弾性設計用地震動 S d による地震力に対して、開放しないことを確認した。

なお、評価用地震荷重の算定には 3 方向同時入力時の応答を用いていること、許容値である開放荷重は最小値を用いていることなど、保守的な検討をしていることから、オペフロ BOP における S d 閉機能維持への影響はないと判断できる。

表 2-3 評価結果

評価用 地震荷重 (kN)	開放荷重* (kN)	検定値 (評価用地震荷重/開放荷重)	判定
43.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	○

注記\* : VI-2-9-3-1-1 「原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」に示す実機大モックアップ試験で得られた最小値。

### 別紙 3 原子炉建物 3 次元 F E Mモデルによる地震応答解析

## 目次

今回提出範囲：

1. 検討概要	別紙 3-1
1.1 構造概要	別紙 3-1
1.2 3次元FEMモデルによる耐震性評価の方針	別紙 3-9
2. 3次元FEMモデルの構築	別紙 3-11
2.1 原子炉建物の3次元FEMモデル	別紙 3-11
2.1.1 モデル化の基本方針	別紙 3-11
2.1.2 荷重	別紙 3-18
2.1.3 建物-地盤の相互作用	別紙 3-18
2.2 固有値解析	別紙 3-20
2.3 観測記録を用いた検討	別紙 3-23
2.3.1 観測記録を用いた検討の概要	別紙 3-23
2.3.2 観測記録による解析結果	別紙 3-27
2.3.3 観測記録と解析結果の比較及び考察	別紙 3-27
2.3.4 結論	別紙 3-27
3. 3次元FEMモデルによる評価	別紙 3-37
3.1 地震応答解析の概要	別紙 3-37
3.2 建物応答性状の把握	別紙 3-48
3.2.1 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響	別紙 3-48
3.2.2 鉛直軸回りのねじれ振動の影響	別紙 3-51
3.2.3 床柔性の影響	別紙 3-55
3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響	別紙 3-67
3.2.5 まとめ	別紙 3-81
3.3 建物耐震性評価への影響検討	別紙 3-82
3.3.1 検討方針	別紙 3-82
3.3.2 建物模擬モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討	別紙 3-82
3.3.3 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建物影響検討	別紙 3-82
3.4 床応答への影響検討	別紙 3-83
4. まとめ	別紙 3-236

別紙 3-1 補助壁の考慮有無による建物応答への影響について

## 1. 検討概要

本資料では、VI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において応答特性②-1及び②-2により抽出されなかった原子炉建物の耐震評価部位全般に対し、質点系モデルでは評価できない建物の3次元応答性状の把握及び建物の3次元応答に対する質点系モデルによる地震応答解析の妥当性の確認の観点から、「NS2-補-023-13地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、原子炉建物について3次元FEMモデルによる地震応答解析を行い、建物の局所的な応答を検討する。また、3次元FEMモデルによる挙動が、建物及び機器・配管系の有する耐震性に及ぼす影響を検討する。

### 1.1 構造概要

原子炉建物は、中央部に地上4階、地下2階建てで平面寸法が53.3m\* (NS) × 53.8m\* (EW)の原子炉棟があり、その周囲に地上2階（一部3階）、地下2階建ての原子炉建物付属棟（以下「付属棟」という。）を配置した鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。

原子炉棟と付属棟は、一体構造で同一基礎スラブ上に設置され、本建物の平面寸法は、70.0m\* (NS) × 89.4m\* (EW)の矩形を成している。基礎スラブ底面からの高さは68.2mである。また、原子炉建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

原子炉建物の基礎は厚さ6.0mのべた基礎で、岩盤に直接設置している。

原子炉棟の中央部には、原子炉圧力容器を収容している原子炉格納容器があり、これらの周囲は鉄筋コンクリート造の原子炉一次遮蔽壁（以下「ドライウエル外側壁」という。）で囲まれている。

原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁」という。）は基礎スラブ上から屋根面まで連続しており、壁厚は地下部分で1.9m～2.3m、地上部分では0.45m～2.3mである。また、付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁」という。）の壁厚は地下部分で1.5m～1.9m、地上部分では0.9m～1.9mである。これらの壁は建物の中心に対してほぼ対称に配置されており、開口部も少なく、建物は全体として非常に剛性の高い構造となっている。建物に加わる地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁（ドライウエル外側壁、内部ボックス壁及び外部ボックス壁）に負担させている。

原子炉建物の概略平面図及び概略断面図を図1-1及び図1-2に示す。

注記\*：建物寸法は壁外面寸法とする。



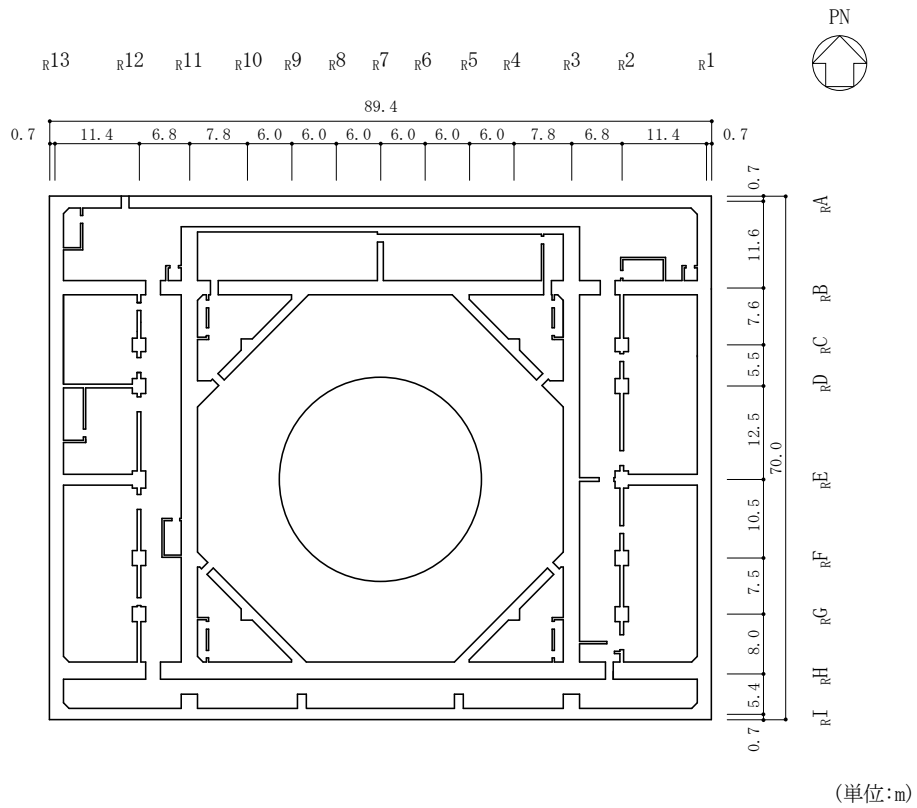


図 1-1(1) 原子炉建物の概略平面図 (EL 1.3m\*)

注記\* : 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

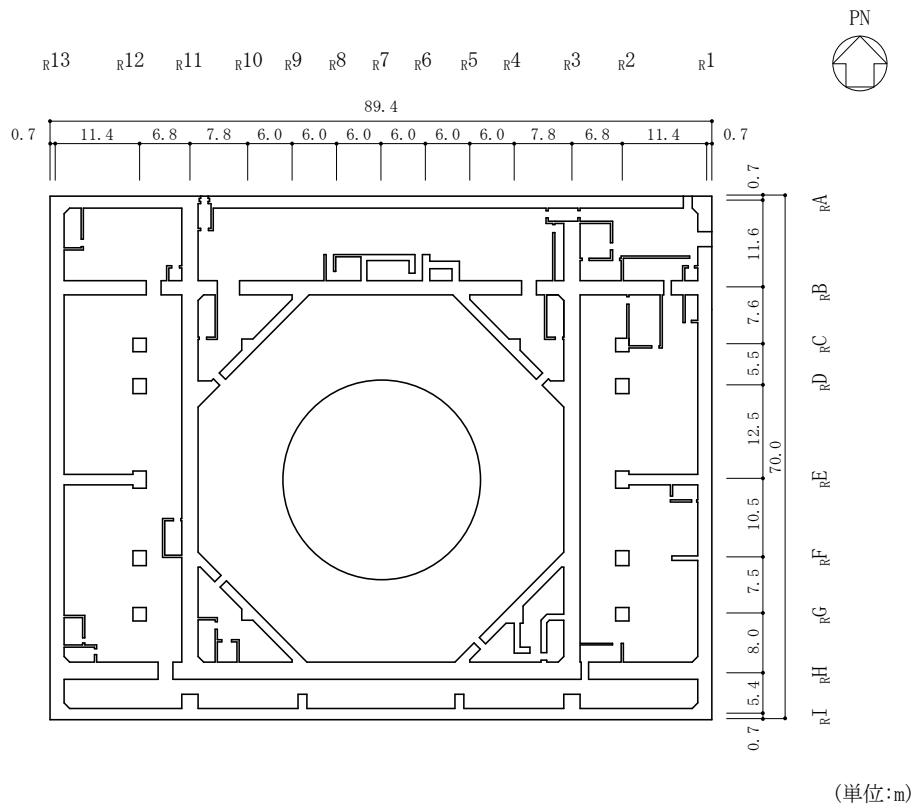
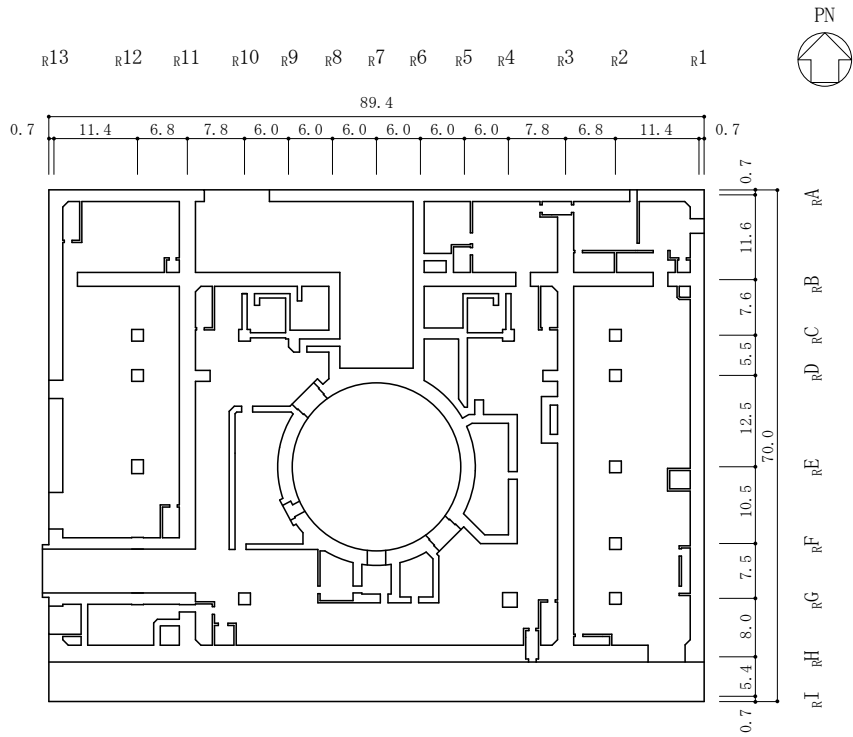
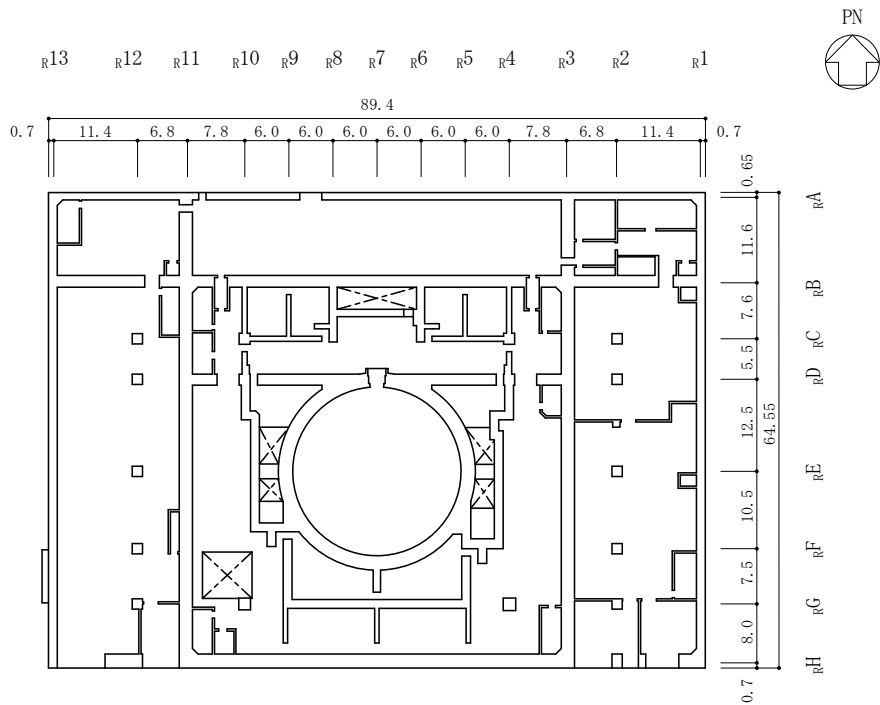


図 1-1(2) 原子炉建物の概略平面図 (EL 8.8m)



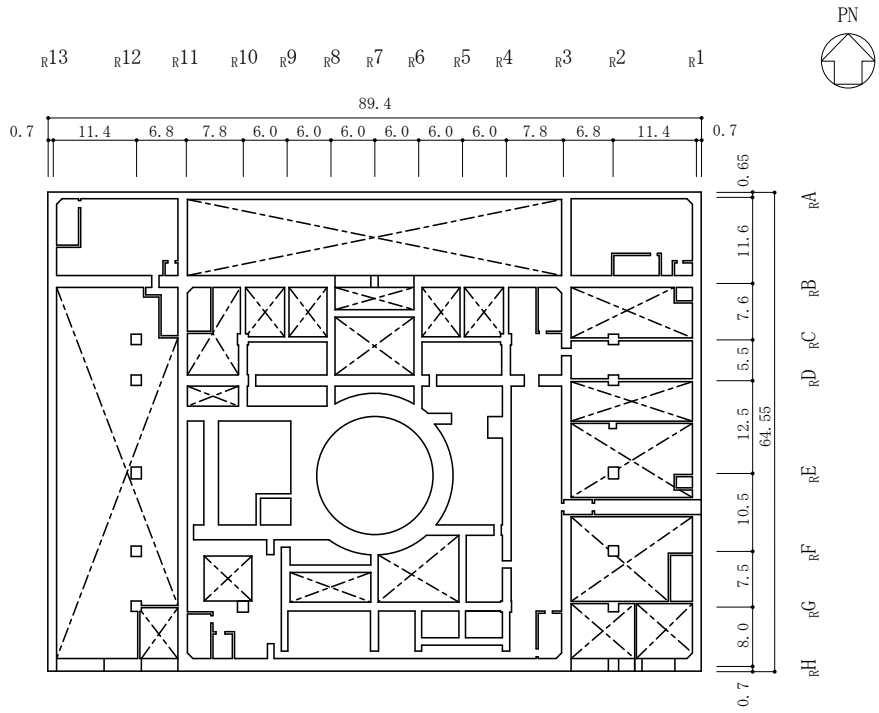
(単位:m)

図 1-1(3) 原子炉建物の概略平面図 (EL 15.3m)



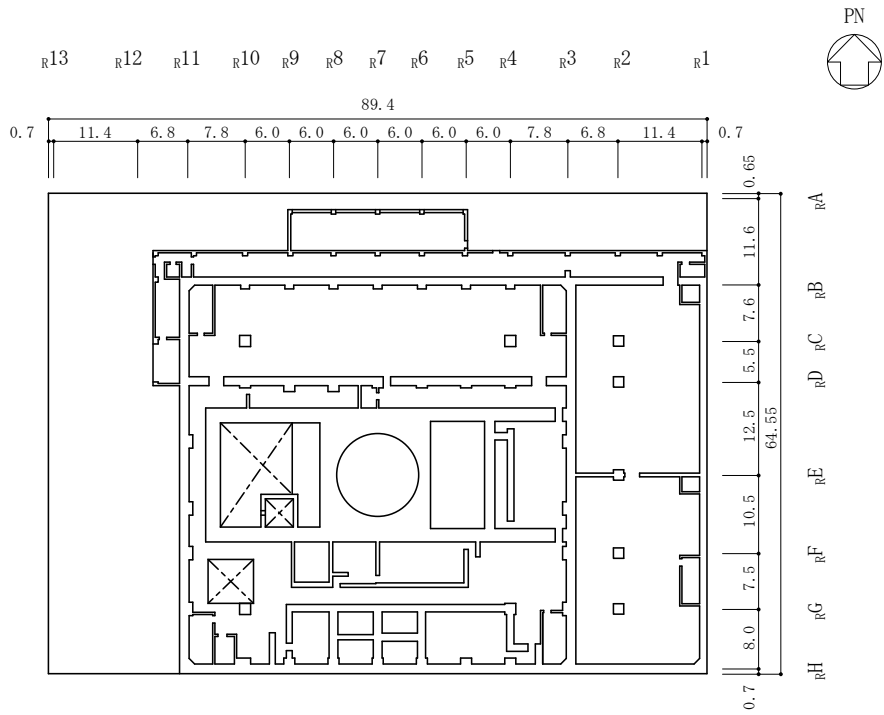
(単位:m)

図 1-1(4) 原子炉建物の概略平面図 (EL 23.8m)



(単位:m)

図 1-1(5) 原子炉建物の概略平面図 (EL 30.5m)



(単位:m)

図 1-1(6) 原子炉建物の概略平面図 (EL 34.8m)

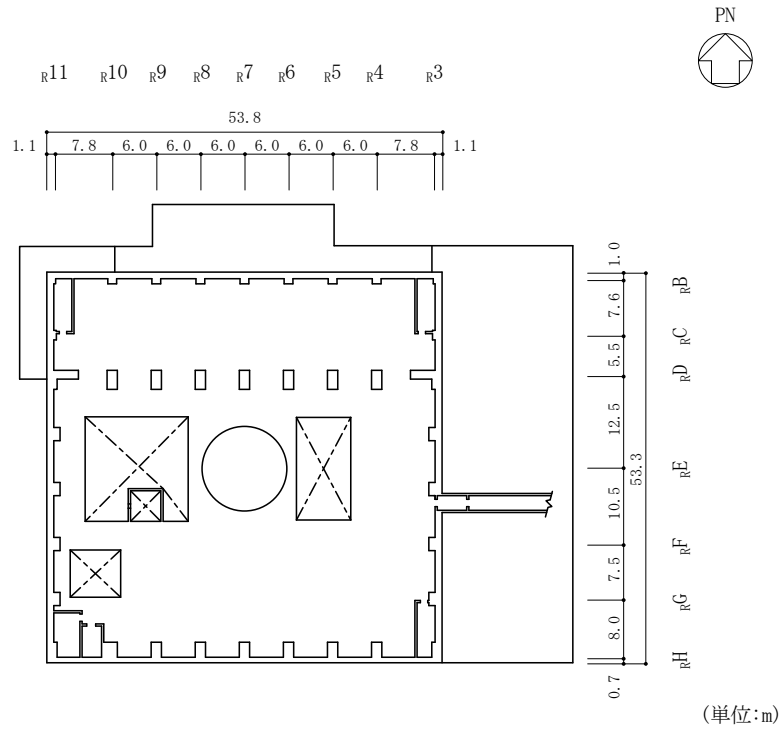


図 1-1(7) 原子炉建物の概略平面図 (EL 42.8m)

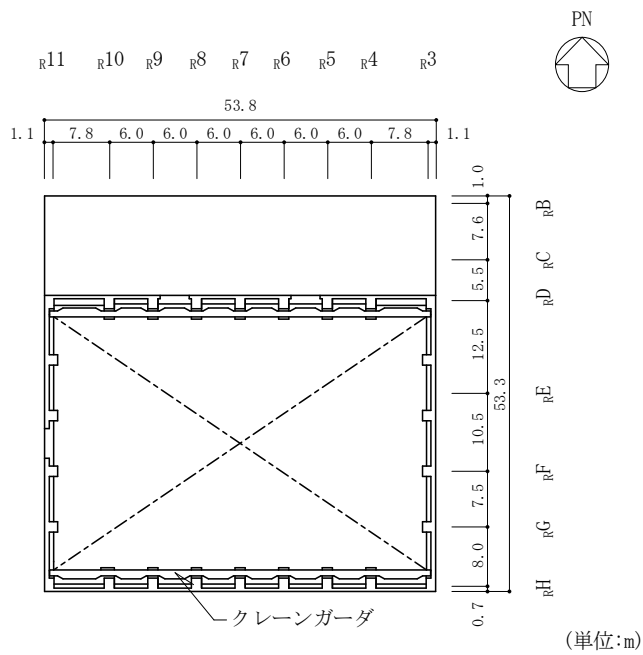


図 1-1(8) 原子炉建物の概略平面図 (EL 51.7m)

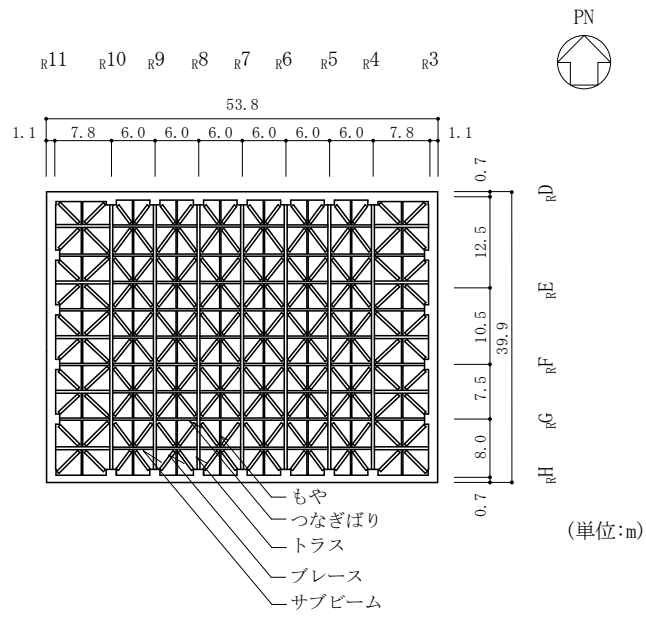


図 1-1(9) 原子炉建物の概略平面図 (EL 63.5m)

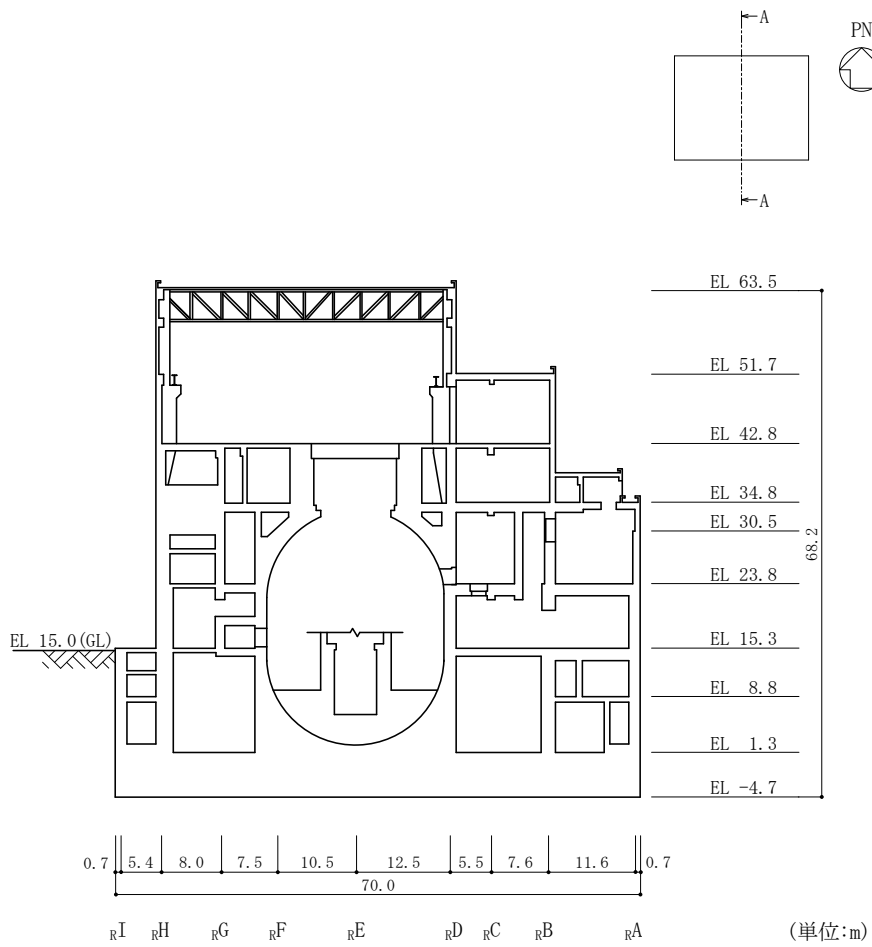


図 1-2(1) 原子炉建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

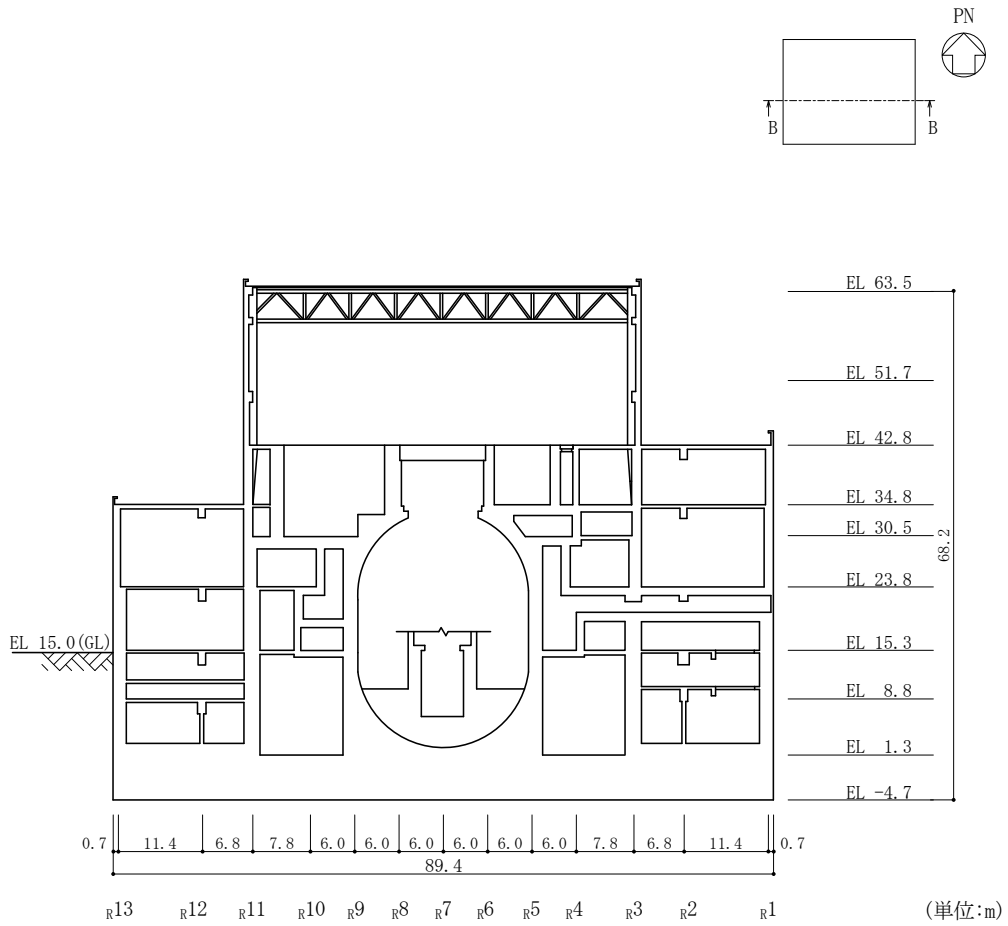


図 1-2 (2) 原子炉建物の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

## 1.2 3次元FEMモデルによる耐震性評価の方針

原子炉建物について3次元FEMモデルを構築し、固有値解析や観測記録を用いた解析結果から、同モデルの妥当性を確認する。そのうえで、3次元的な応答特性を把握する。また、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震応答解析を行い、建物の平均的な応答や局所的な応答を把握する。さらに、3次元的な応答特性から建物及び機器・配管系の耐震評価への影響を確認する。

3次元FEMモデルのモデル化条件を表1-1に示す。3次元FEMモデルは、床の柔性及びコンクリート剛性を変動要因とする以下の3ケースとした。

表1-1 3次元FEMモデルのモデル化条件

モデル	床のモデル化	コンクリート剛性の設定	地盤のモデル化
建物模擬モデル	床柔	実強度	相互作用考慮
比較用モデル	床柔	設計基準強度	相互作用考慮
質点系対応モデル	床剛	設計基準強度	相互作用考慮

建物模擬モデルは、床の柔性及び底面地盤の相互作用を考慮し、コンクリート剛性の設定を実強度とすることで、建物の実情を模擬したモデルとしている。

比較用モデルは、建物模擬モデルにおけるコンクリート剛性の設定を「実強度」から「設計基準強度」に変更している。

質点系対応モデルは、建物模擬モデルにおける床のモデル化を「床柔」から「床剛」、コンクリート剛性の設定を「実強度」から「設計基準強度」に変更することにより、原子炉建物の地震応答解析に用いている質点系モデルと対応したモデルとなっている。なお、床剛の設定は、多点拘束により行っている。

これら3ケースについて、固有値解析及び地震応答解析を実施し、その結果を比較することにより、全体的な3次元的な応答特性、ロッキング振動の影響、ねじれ振動の影響及び床の剛性の影響について検討を実施する。

3次元FEMモデルによる耐震性評価フローを図1-3に示す。

3次元FEMモデルによる地震応答解析は、1方向入力により行う。また、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討として3方向同時入力による応答評価もあわせて実施する。なお、3方向同時入力による各方向の応答は、1方向入力における各成分の応答を時刻歴で足し合わせるにより算出しており、詳細は「3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」にて示す。

また、解析には解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。



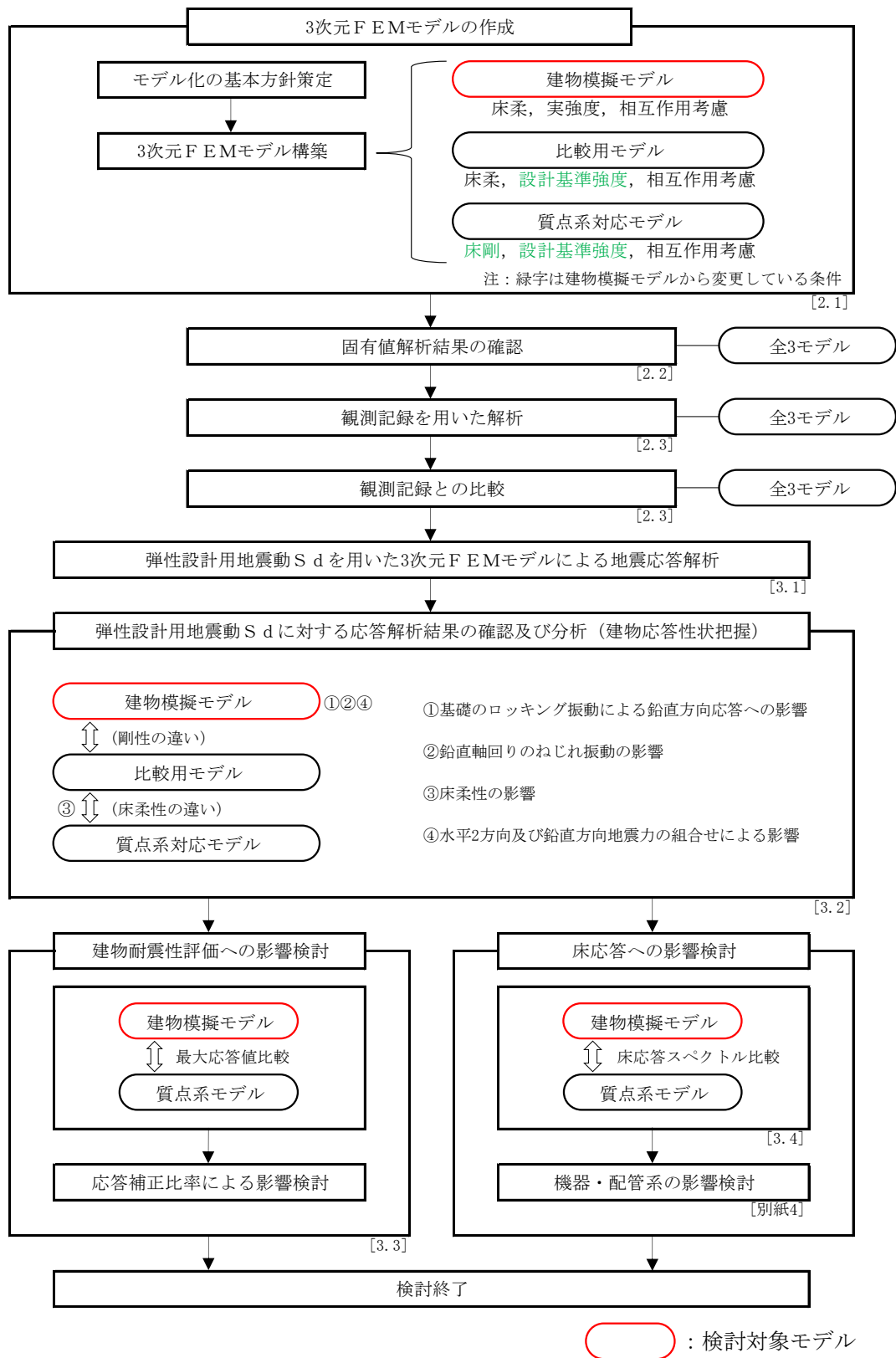


図 1-3 3次元FEMモデルによる耐震性評価フロー

## 2. 3次元FEMモデルの構築

### 2.1 原子炉建物の3次元FEMモデル

#### 2.1.1 モデル化の基本方針

原子炉建物の3次元FEMモデルを図2-1に、各階のモデル図を図2-2に示す。

モデル化の範囲は、原子炉建物、燃料プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピット及び基礎スラブとする。

3次元FEMモデルで設定する各部材の要素タイプは、以下のとおりである。

床スラブ・壁はシェル要素（約43700要素）とし、耐震壁以外の主要な壁\*もモデル化する。基礎スラブは、ソリッド要素（約19400要素）とする。柱、はり、屋根トラスのうち主トラス及びサブトラスの上下弦材、母屋並びにサブビームについてははり要素（約5200要素）とする。屋根トラスのうち主トラス及びサブトラスの斜材・束材並びに水平ブレースはトラス要素（約400要素）とする。

また、壁・床の開口部については、主要な部分のみモデル化する。

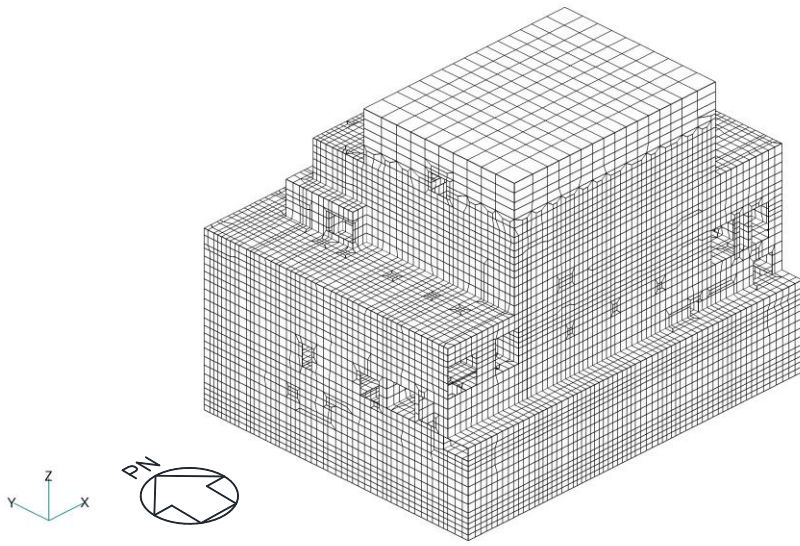
要素の大きさは、各スラブの上面レベルと対応する位置に節点を設け、鉛直方向にはフロア間を3分割以上、水平方向は通り芯間の3分割以上を目安とする。

部材の接合部における剛域の設定は行わない。また、はり要素は柱・はりの壁・床と重複する部分は考慮しない。

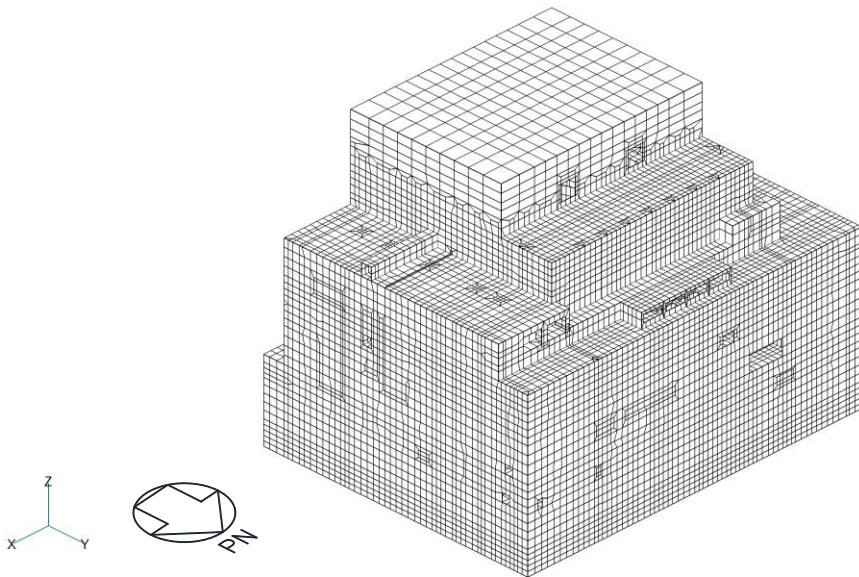
使用材料の物性値を表2-1に示す。

比較用モデル及び質点系対応モデルのコンクリートの強度及びヤング係数については、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」における原子炉建物の設定値と同一である。また、建物模擬モデルのコンクリートの強度及びヤング係数については、「NS2-補-024-01 原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料」の別紙3「地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討」における原子炉建物の実強度の設定値と同一である。

注記\*：VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す水平方向の質点系モデルでは、補助壁は考慮していないが、補助壁の考慮有無による応答への影響が小さいことを確認しているため、3次元FEMモデルのうち、質点系対応モデルについても補助壁を考慮したモデルを用いて検討を行う。（別紙3-1「補助壁の考慮有無による建物応答への影響について」参照）

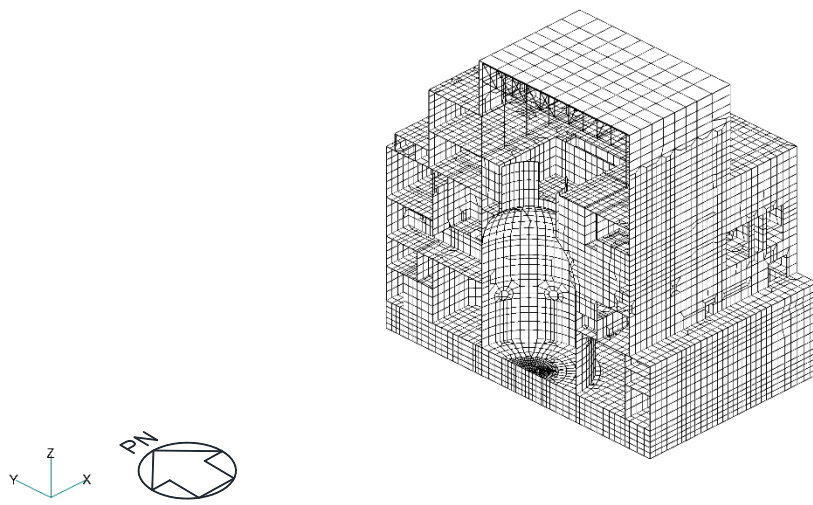


(a) 建物全景（南西面）

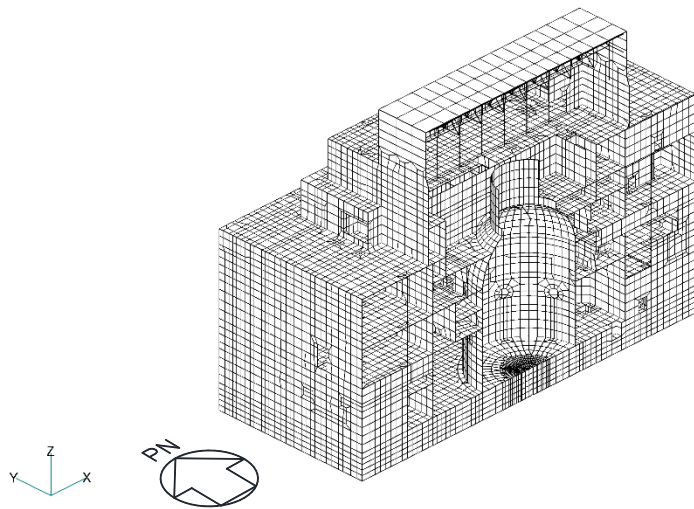


(b) 建物全景（北東面）

図 2-1(1) 3次元FEMモデル図

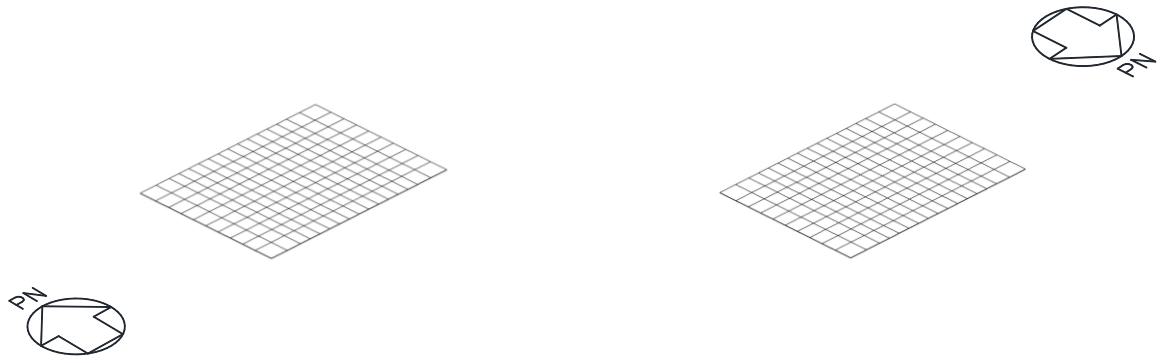


(c) N S断面図

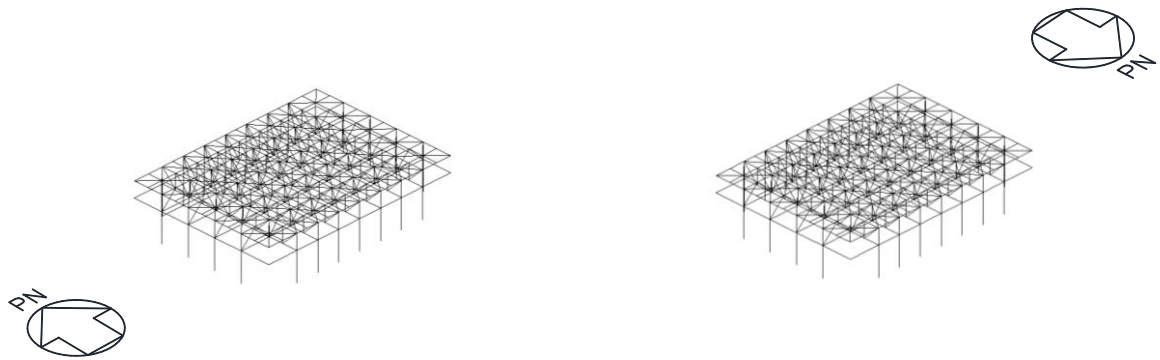


(d) E W断面図

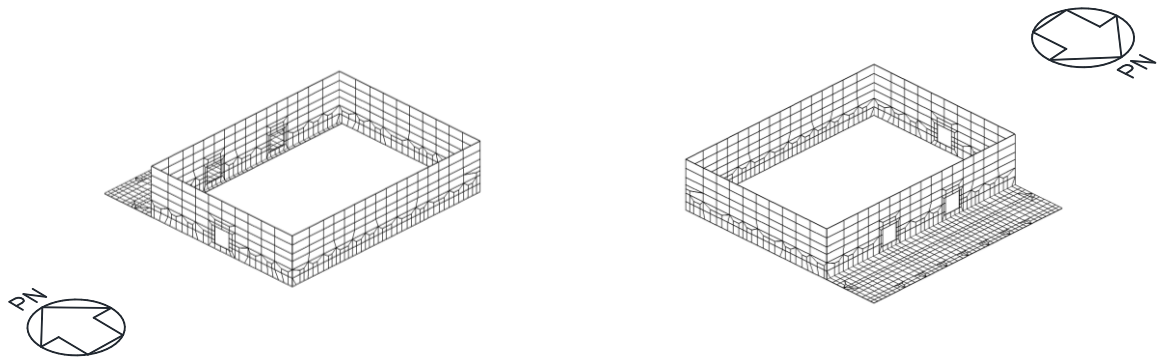
図 2-1(2) 3次元FEMモデル図



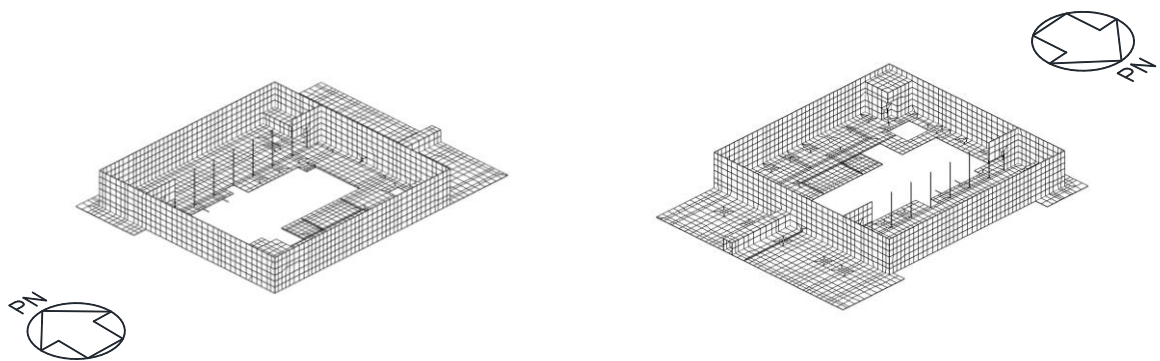
(a) EL 63.5m (屋根スラブ)



(b) EL 42.8m~EL 63.5m (柱, はり及び屋根トラス)

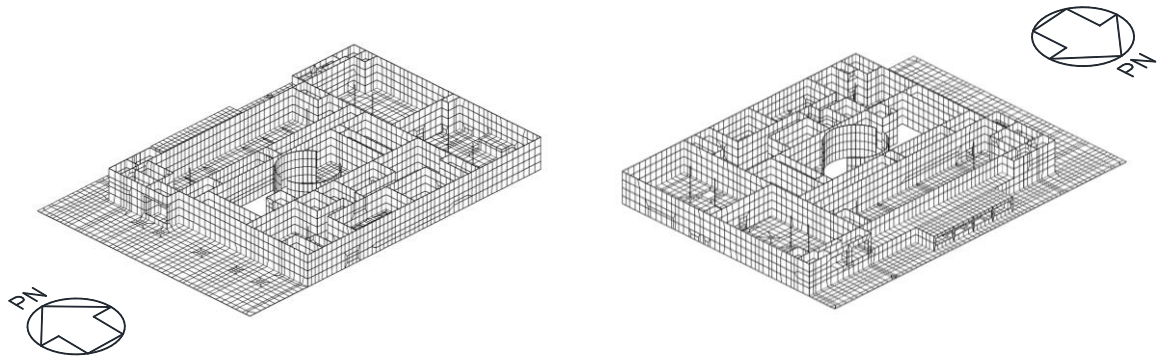


(c) EL 51.7m~EL 63.5m

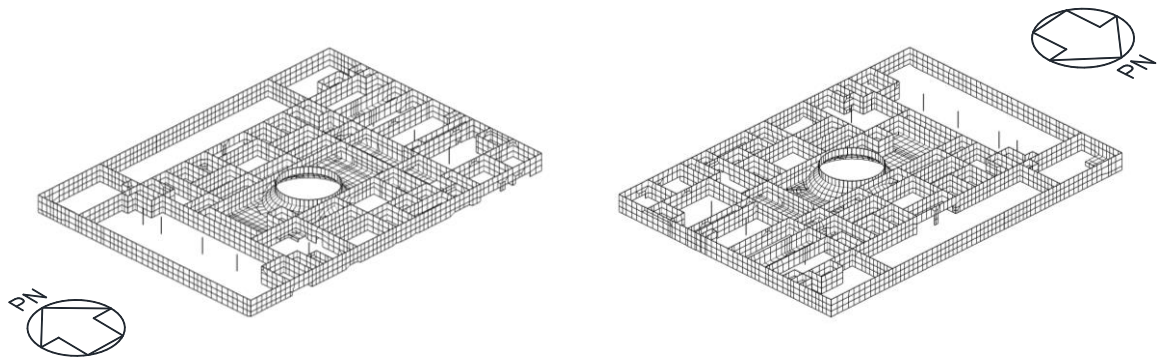


(d) EL 42.8m~EL 51.7m

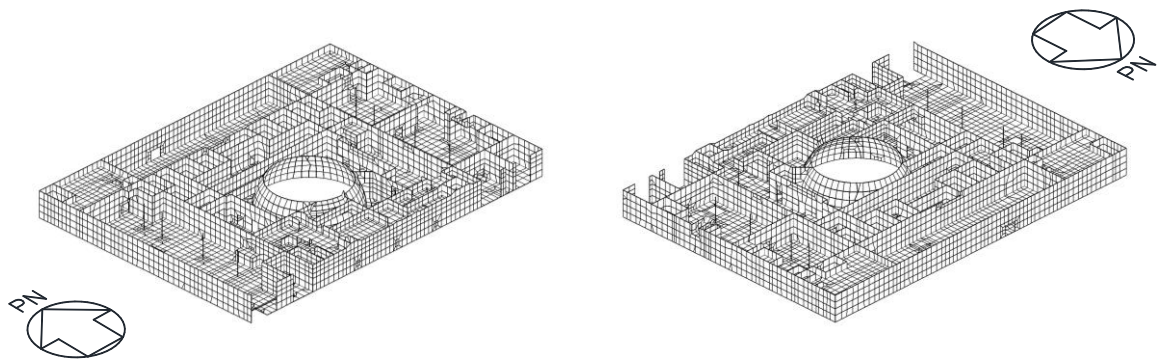
図 2-2(1) 各階の 3次元 FEMモデル図



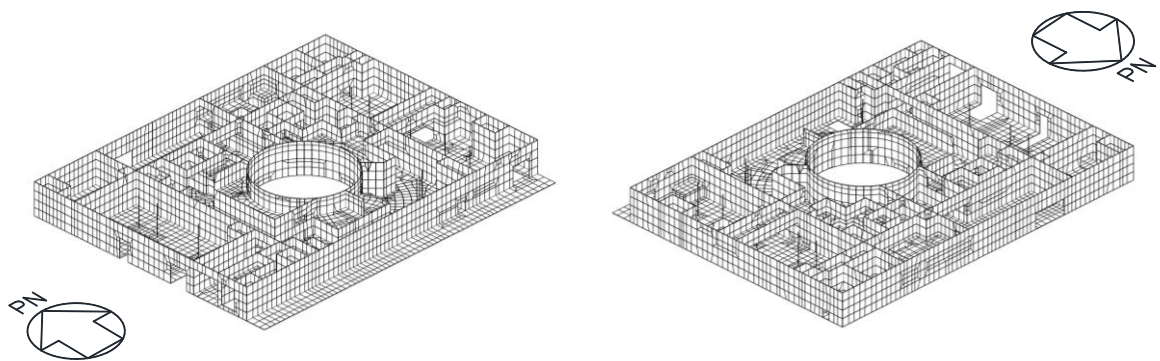
(e) EL 34.8m~EL 42.8m



(f) EL 30.5m~EL 34.8m

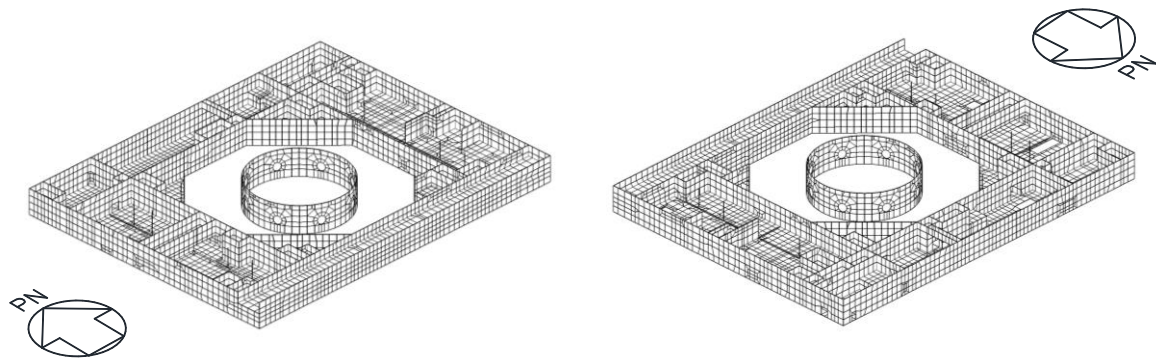


(g) EL 23.8m~EL 30.5m

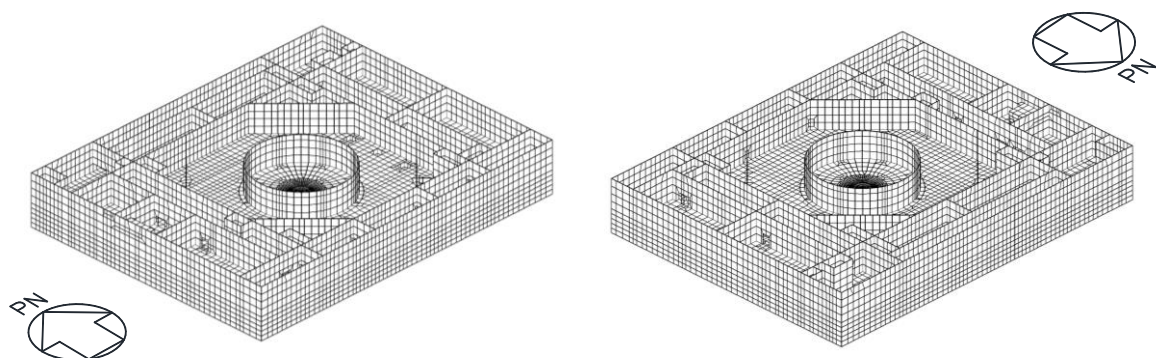


(h) EL 15.3m~EL 23.8m

図 2-2(2) 各階の 3次元 FEMモデル図



(i) EL 8.8m~EL 15.3m



(j) EL -4.7m~EL 8.8m

図 2-2(3) 各階の 3 次元 F E M モデル図

表 2-1 使用材料の物性値

(a) 建物模擬モデル

使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)	備考
鉄筋コンクリート コンクリート： 実強度 1.6Fc (37.6 (N/mm <sup>2</sup> )) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.63×10 <sup>4</sup>	1.10×10 <sup>4</sup>	5	—
鉄骨： SS41 (SS400 相当) SM50A (SM490 相当)	2.05×10 <sup>5</sup>	7.90×10 <sup>4</sup>	2	屋根トラス

(b) 比較用モデル及び質点系対応モデル

使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)	備考
鉄筋コンクリート コンクリート： Fc=23.5 (N/mm <sup>2</sup> ) (Fc=240 (kgf/cm <sup>2</sup> )) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.25×10 <sup>4</sup>	9.38×10 <sup>3</sup>	5	—
鉄骨： SS41 (SS400 相当) SM50A (SM490 相当)	2.05×10 <sup>5</sup>	7.90×10 <sup>4</sup>	2	屋根トラス



### 2.1.2 荷重

固定荷重、積載荷重及び機器・配管荷重を考慮する。各部について、質点系モデルの重量と整合するように重量を調整する。このうち、炉内構造物については、質点系モデルでは重量として考慮しており、建物の3次元FEMモデルにおいても重量として考慮する。

### 2.1.3 建物－地盤の相互作用

建物－地盤の相互作用は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」における質点系モデルの基礎底面地盤ばねと整合するよう、地盤をばね要素でモデル化することで考慮する。

基礎底面地盤ばねについては、質点系モデルで考慮したスウェイ、ロッキング及び鉛直ばねの値を基に、3次元FEMモデルの基礎底面の各節点位置に、節点の支配面積に応じて離散化した値で割り当てる。水平方向入力時のロッキングばねは、鉛直ばねとして設定する。詳細な離散化方法を以下に示す。

地盤ばね成分が底面・水平及び底面・鉛直の場合は、各方向の地盤ばね定数を基礎底面積で除した地盤反力係数に対し、各節点の支配面積を乗じた値のばねを各節点に離散化したばねとして設定する。また、地盤ばね成分が底面・回転の場合（水平方向入力時のみ）は、水平2方向の地盤ばね定数を基礎底面の断面二次モーメントで除した鉛直次元の地盤反力係数に対し、各節点の支配面積を乗じた値のばねを各節点に離散化したばねとして設定する。一般に、水平2方向の回転ばねに等価な鉛直ばねの値は異なる値となるが、2方向同時入力解析を行うため、2方向の等価な鉛直ばねの平均値を設定値とする。

減衰係数は地盤ばね定数と同様の方法で各節点に離散化した減衰要素としてモデル化する。

各地盤ばね諸元を表2-2に示す。

表 2-2 地盤ばね定数と減衰係数

(a) 底面・水平

方向	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
N S	$1.55 \times 10^9$	$2.23 \times 10^7$
E W	$1.51 \times 10^9$	$2.13 \times 10^7$

(b) 底面・回転

方向	ばね定数 (kN・m/rad)	減衰係数 (kN・m・s/rad)
N S	$2.13 \times 10^{12}$	$4.32 \times 10^9$
E W	$3.02 \times 10^{12}$	$9.01 \times 10^9$

(c) 底面・鉛直

ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
$2.41 \times 10^9$	$4.45 \times 10^7$

## 2.2 固有値解析

建物模擬モデル、比較用モデル及び質点系対応モデルの3つの3次元FEMモデルについて、固有値解析を実施した。

各モデルの建物—地盤連成の1次モードにおける固有振動数を表2-3に、各モデルの固有モード比較を表2-4に示す。なお、参考としてVI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」における質点系モデルの結果についてもあわせて示す。

建物模擬モデルと比較用モデルでは、モデル設定において、コンクリート剛性の設定を実強度とするか設計基準強度とするかに差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると、実強度とした建物模擬モデルの方が、比較用モデルよりも固有振動数が大きくなる傾向である。

比較用モデルと質点系対応モデルでは、床のモデル化を床柔とするか床剛とするかに差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると、床剛とした質点系対応モデルの方が、比較用モデルよりも固有振動数が大きくなる傾向である。

質点系対応モデルと質点系モデルでは、補助壁のモデル化に差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると、主要な補助壁をモデル化している質点系対応モデルの方が、質点系モデルよりも固有振動数が大きくなる傾向である。

上記のモデル設定の差と固有振動数の関係については、工学的に類推される結果と対応しており、各モデルの設定は妥当なものと考えられる。

表2-3 固有値解析結果

方向	振動数 (Hz)			
	3次元FEMモデル			質点系モデル
	建物模擬モデル	比較用モデル	質点系対応モデル	
NS	4.49	4.22	4.98	4.55
EW	4.69	4.41	5.19	4.94
鉛直	9.28	8.82	9.08	9.48

表 2-4(1) 質点系モデル及び3次元FEMモデルの固有モード比較

(a) 水平方向

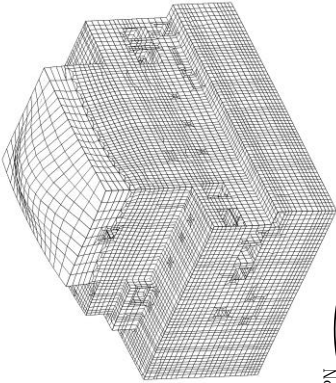
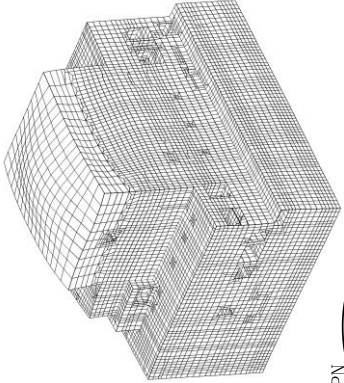
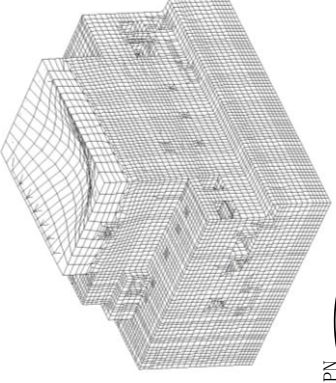
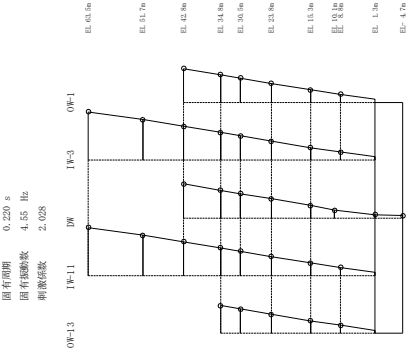
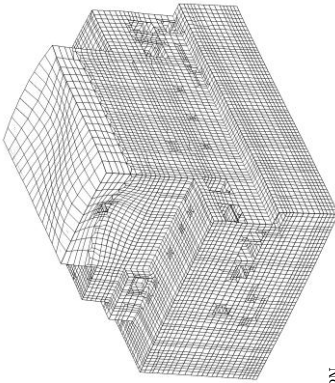
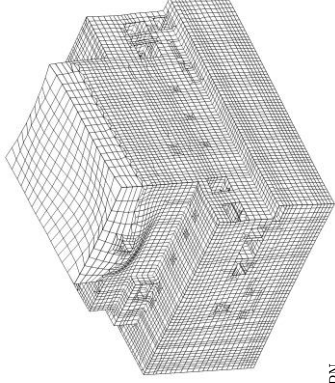
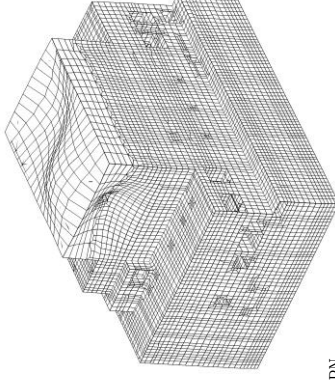
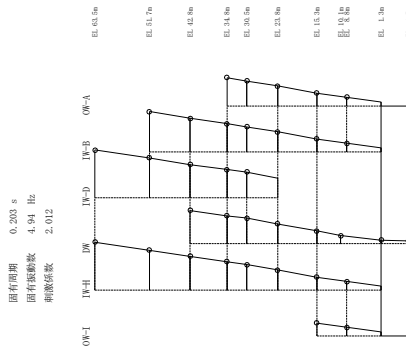
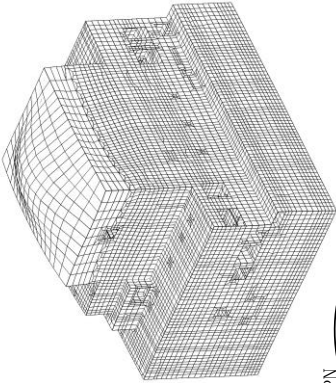
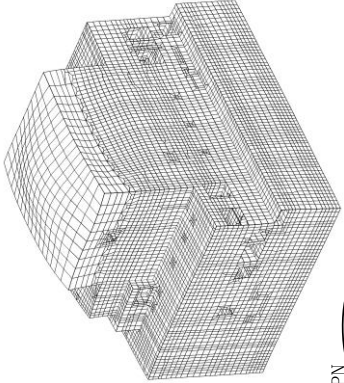
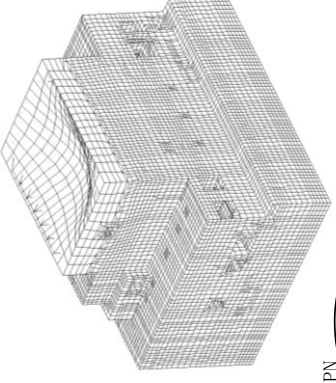
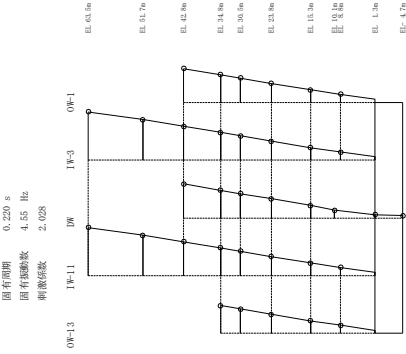
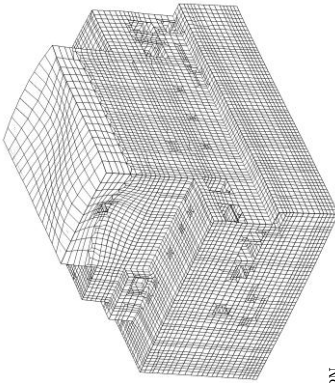
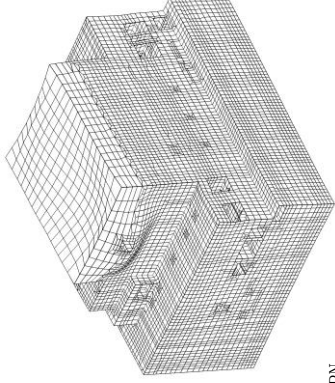
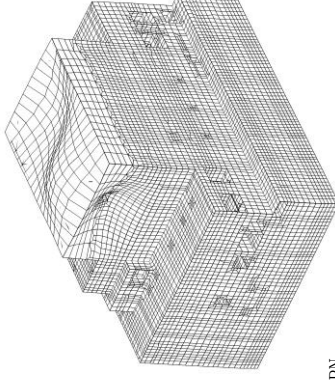
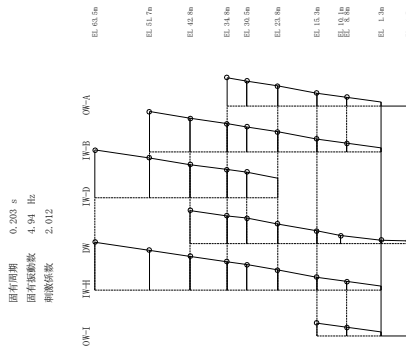
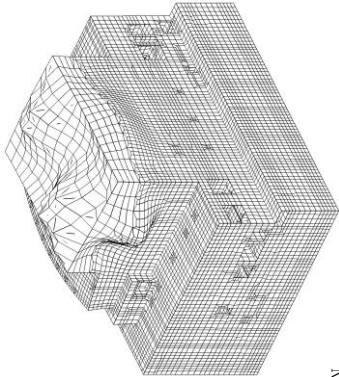
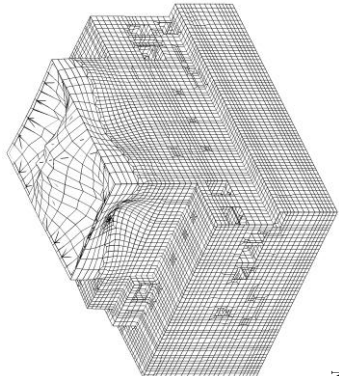
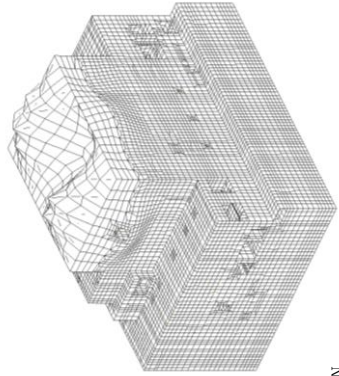
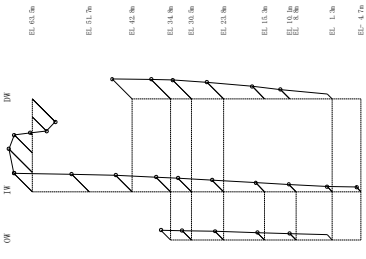
方向		3次元FEMモデル				質点系モデル
		建物模擬モデル	比較用モデル	質点系対応モデル		
N S		 <p>4.49Hz</p>	 <p>4.22Hz</p>	 <p>4.98Hz</p>	 <p>4.55Hz</p>	
		 <p>4.69Hz</p>	 <p>4.41Hz</p>	 <p>5.19Hz</p>	 <p>4.55Hz</p>	
E W		 <p>4.49Hz</p>	 <p>4.22Hz</p>	 <p>4.98Hz</p>	 <p>4.55Hz</p>	
		 <p>4.69Hz</p>	 <p>4.41Hz</p>	 <p>5.19Hz</p>	 <p>4.55Hz</p>	

表 2-4(2) 質点系モデル及び 3 次元 FEM モデルの固有モード比較

(b) 鉛直方向

方向	3 次元 FEM モデル			質点系モデル
	建物模擬モデル	比較用モデル	質点系対応モデル	
鉛直	 <p>9.28Hz</p>	 <p>8.82Hz</p>	 <p>9.08Hz</p>	 <p>9.48Hz</p>

## 2.3 観測記録を用いた検討

### 2.3.1 観測記録を用いた検討の概要

2000年10月6日鳥取県西部地震（以下「鳥取県西部地震」という。）に対して、3次元FEMモデルを用いたシミュレーション解析を実施する。

シミュレーション解析における地震応答解析の概略図を図2-3に示す。

シミュレーション解析は、地震時に観測した基礎スラブ上における水平方向及び鉛直方向の地震観測記録を用いた周波数応答解析により行う。

建物各部における固定点基準の伝達関数を、基礎スラブ上における固定点基準の伝達関数で除すことにより、建物各部における基礎スラブ上基準の伝達関数を計算する。

また、建物各部における基礎スラブ上基準の伝達関数に、入力地震波を周波数領域で乗じることで、建物各部の応答を算定する。

本検討においては、地震計を設置している位置での応答解析結果と観測記録とを比較し、傾向を確認する。

観測記録を用いた検討では、表2-1及び表2-2に示す使用材料の物性値及び地盤ばねの物性値を用いる。

解析に用いる地震の諸元を図2-4に、地震計位置を図2-5に示す。また原子炉建物の基礎スラブ上で得られた観測記録を図2-6に示す。

なお、シミュレーション解析に用いた基礎スラブ上の観測記録は、図2-5の基礎スラブ上（EL 1.3m）に示す地震計においてNS方向、EW方向及び鉛直方向の3成分の記録が観測されている北西部及び南東部の観測記録のうち、上階のほぼ同位置に地震計が設置されている北西部の地震計の観測記録を用いることとする。

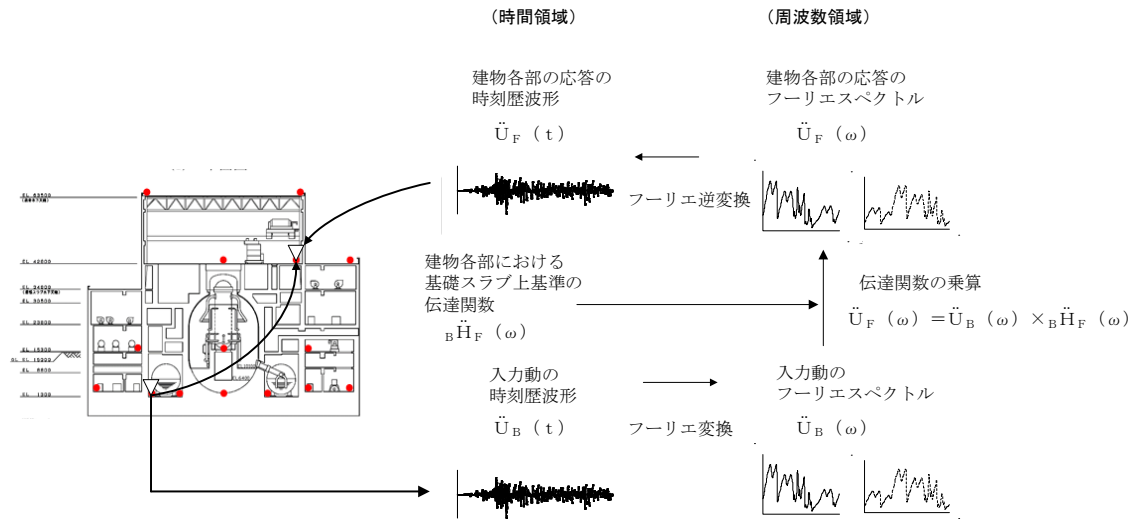


図 2-3 シミュレーション解析における地震応答解析の概略図

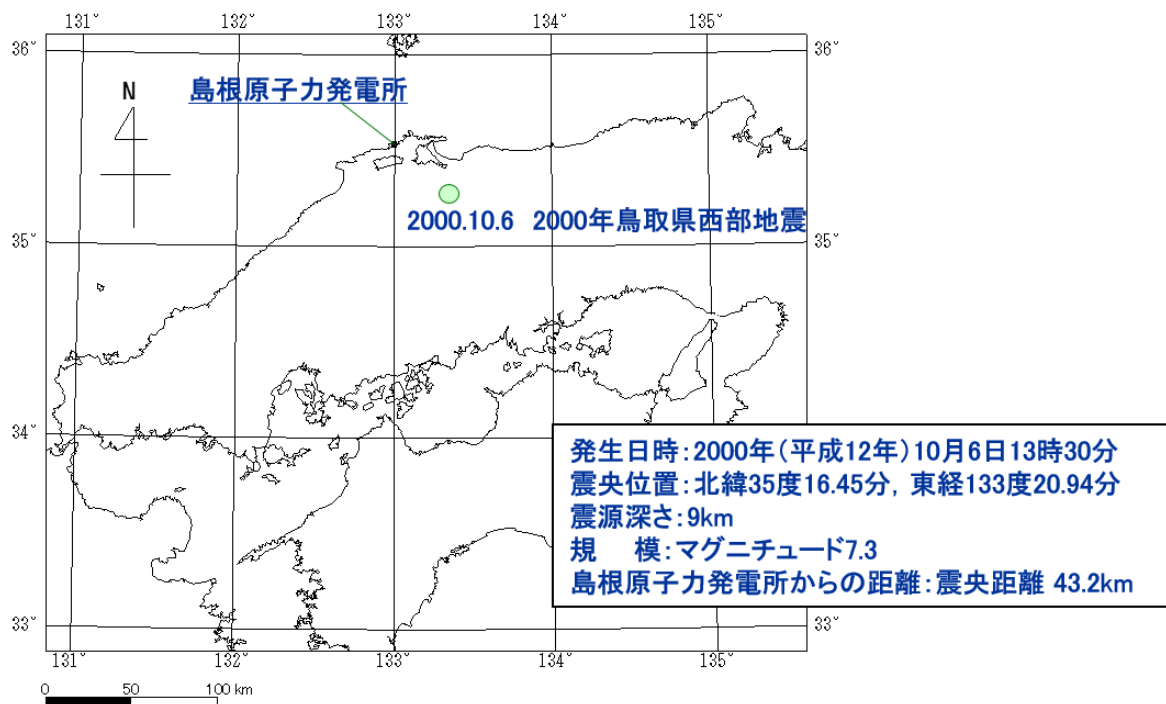
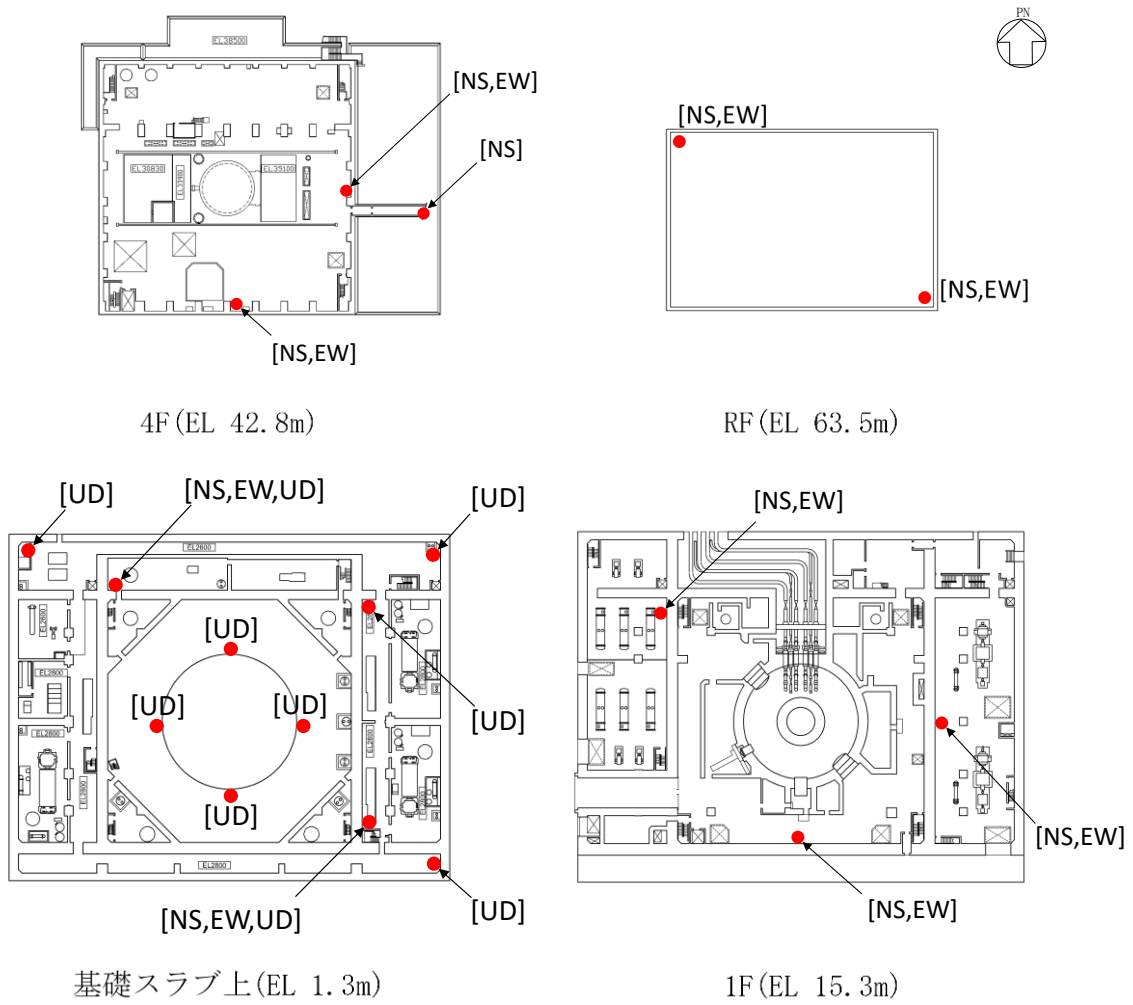
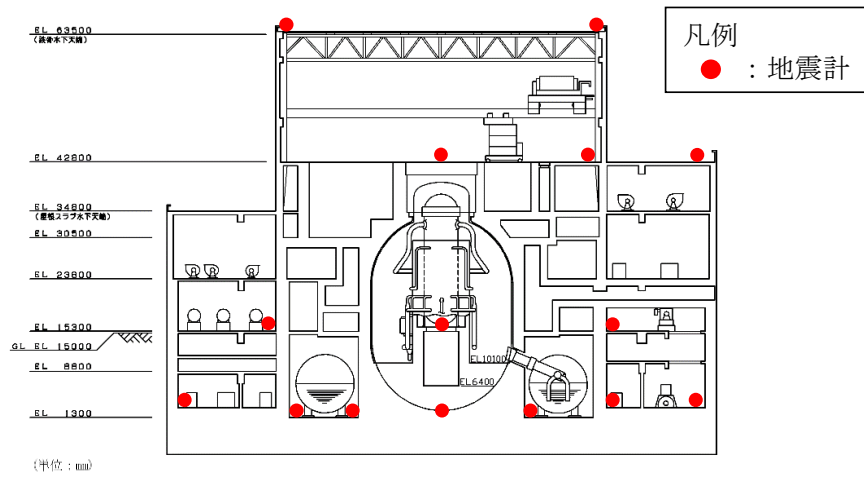


図 2-4 鳥取県西部地震の諸元



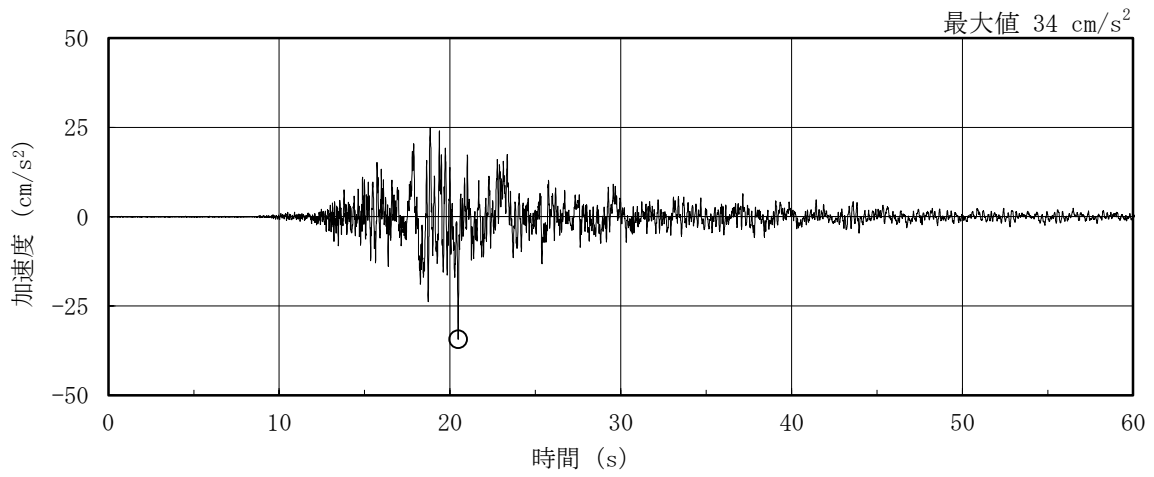
(a) 平面図



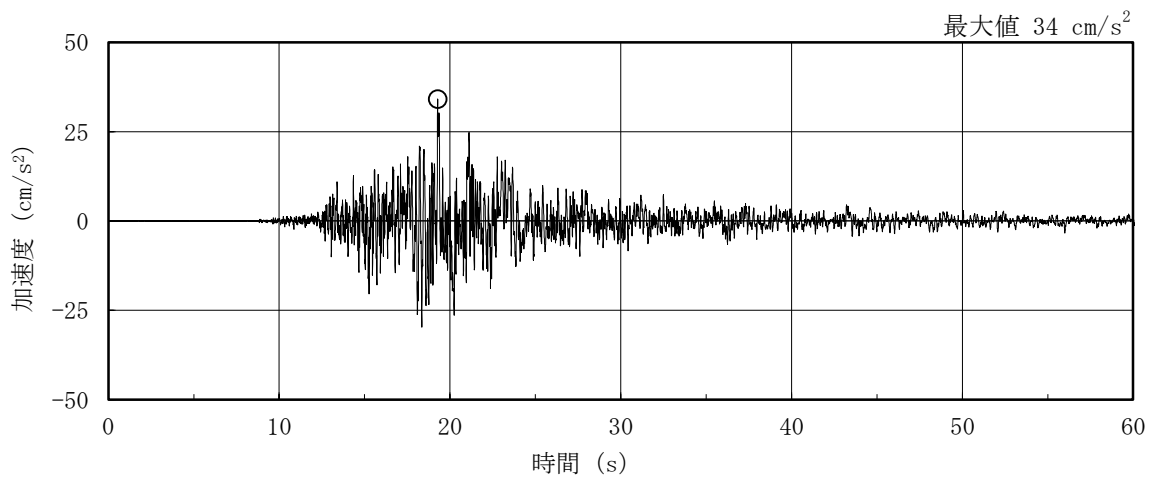
(b) 断面図

図 2-5 地震計位置

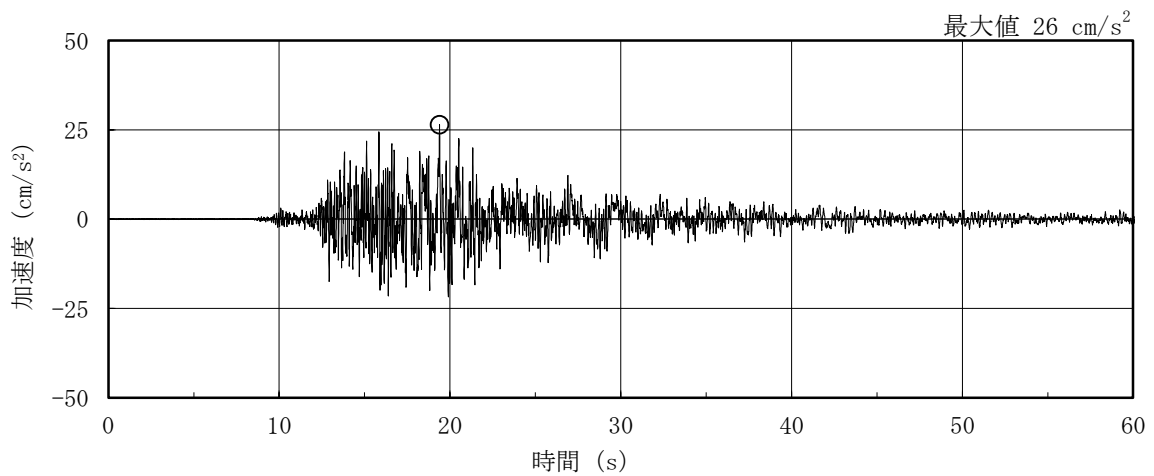




(a) NS方向



(b) EW方向



(c) 鉛直方向

図 2-6 原子炉建物の基礎スラブ上 (EL 1.3m) の観測記録 (鳥取県西部地震)

### 2.3.2 観測記録による解析結果

鳥取県西部地震の観測記録を用いて3次元FEMモデルによる解析を実施する。

建物模擬モデル、比較用モデル及び質点系対応モデルについて、各地震計位置での観測記録及び解析結果の加速度応答スペクトルの比較を図2-7～図2-9に示す。なお、観測記録と比較するための解析結果は、3方向同時入力による結果とし、地震計位置近傍の節点のものを用いる。

### 2.3.3 観測記録と解析結果の比較及び考察

建物模擬モデルによる解析結果と観測記録を比較すると、水平方向について、周期0.2～0.3秒の間にある観測記録のスペクトルのピークに対して、解析結果は、ピークの値及びピークの周期についてよく対応している。

コンクリート剛性の設定として設計基準強度を用いた比較用モデルによる解析結果については、スペクトルのピークの値は、観測記録に対して大きくなる傾向が見られるものの、ピークの周期についてはよく対応している。

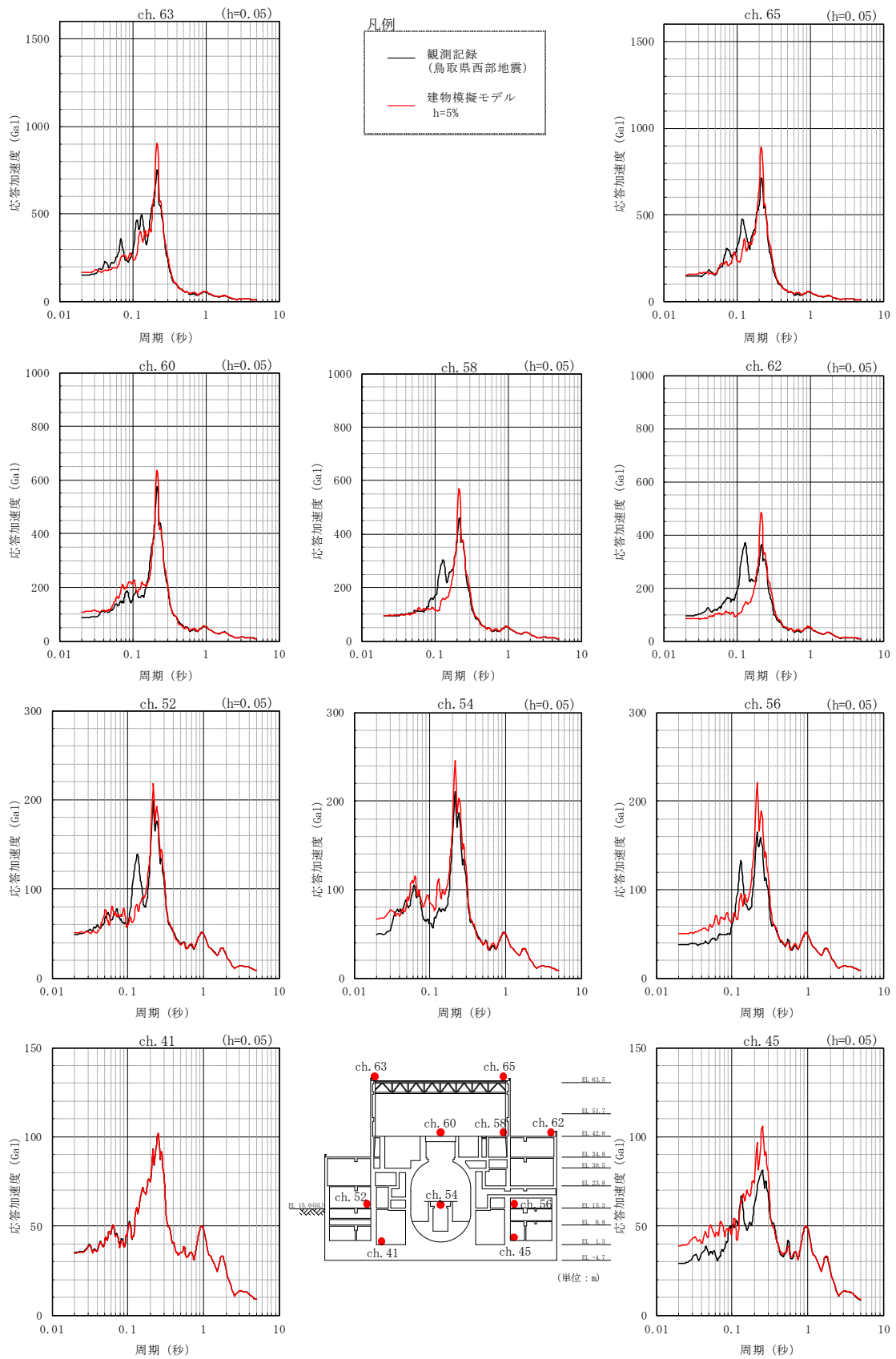
床のモデル化を床剛としコンクリート剛性の設定として設計基準強度を用いた質点系対応モデルによる解析結果については、スペクトルのピークの値は観測記録に対して若干小さくなっている箇所はあるものの、ピークの周期についてはよく対応している。

鉛直方向について、いずれのモデルにおいても、解析結果は地震計の設置されている基礎スラブ上の観測記録とよく対応している。

### 2.3.4 結論

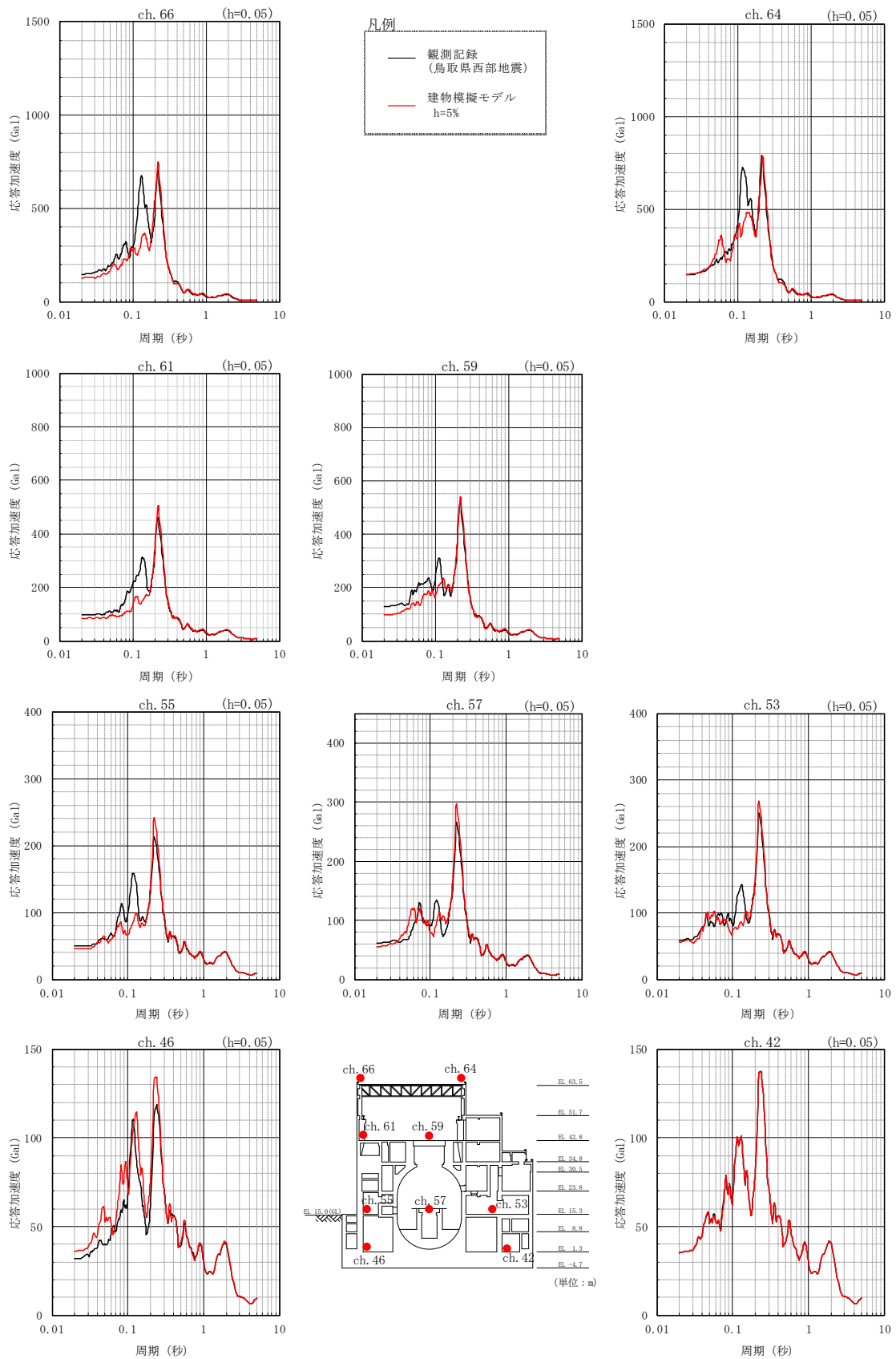
以上から、3次元FEMモデルによる解析結果は、各ケースとも全体として観測記録とよく対応しており、建物の実挙動を再現できているといえる。特に建物模擬モデルは、ピークの値及びピークの周期とも観測記録によく対応している。

よって、以降の原子炉建物の3次元応答性状の影響検討については、建物模擬モデルを用いた検討を行う。



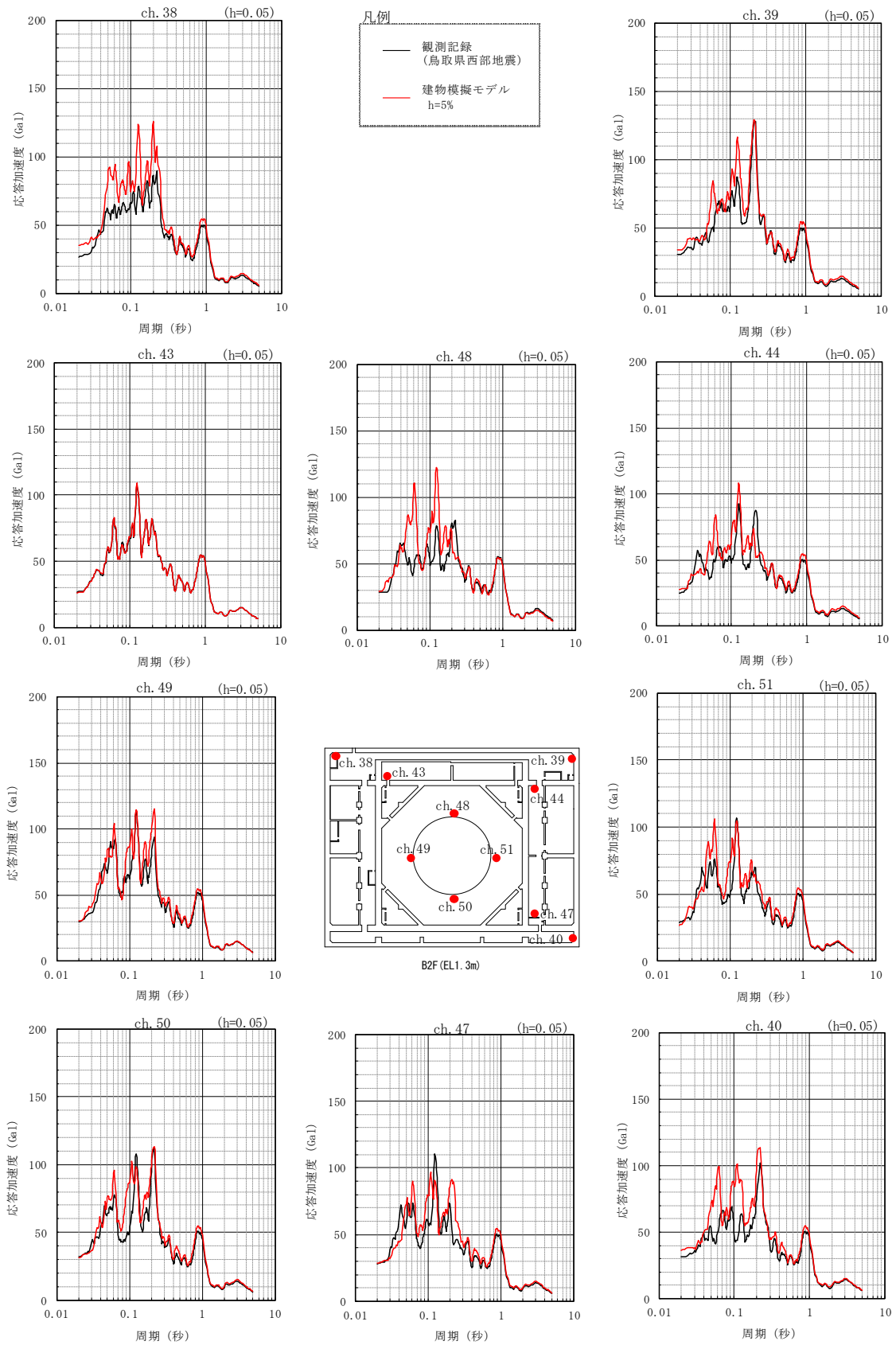
(a) NS方向

図2-7(1) 観測記録と解析結果の比較 (建物模擬モデル)



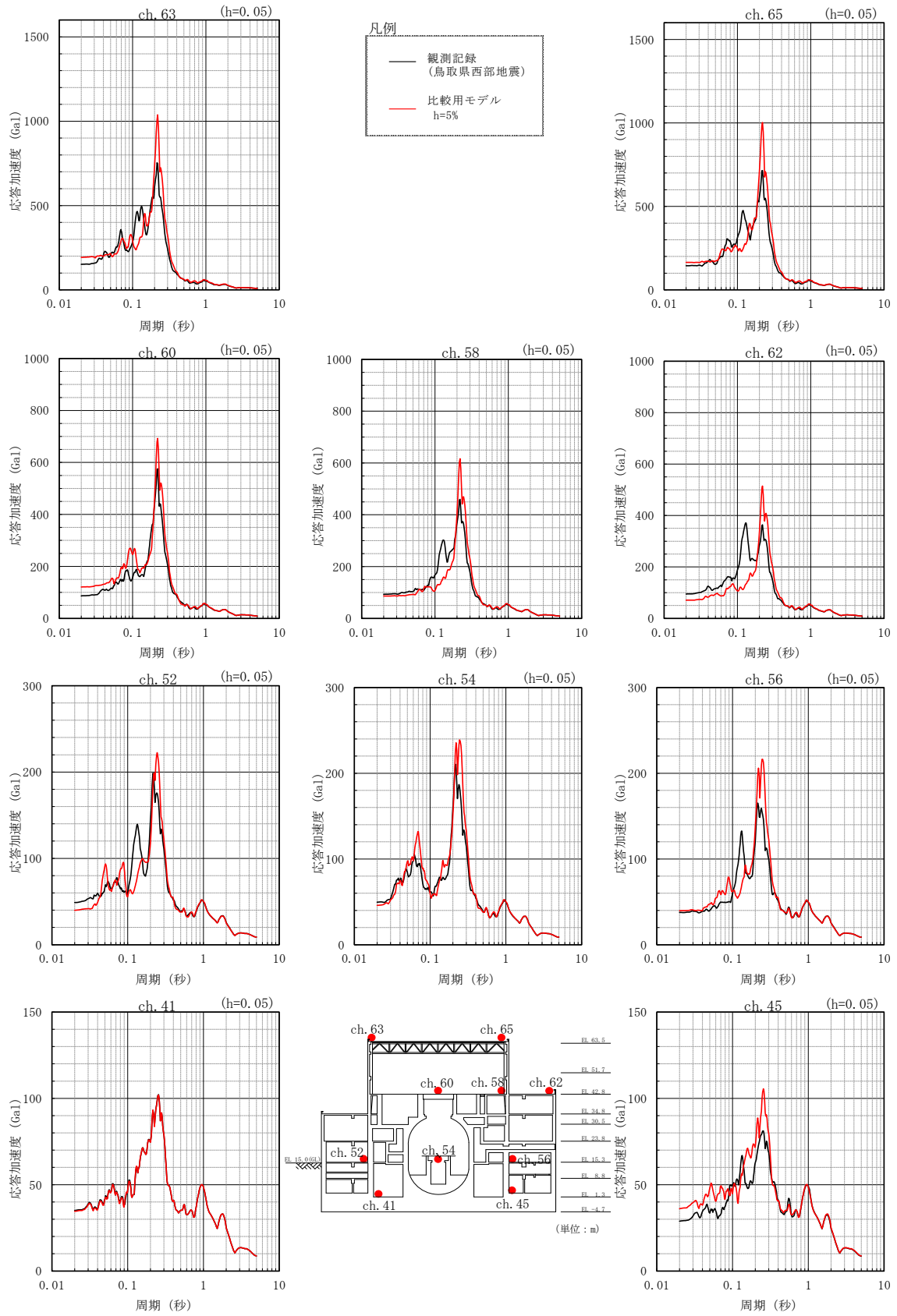
(b) EW方向

図2-7(2) 観測記録と解析結果の比較 (建物模擬モデル)



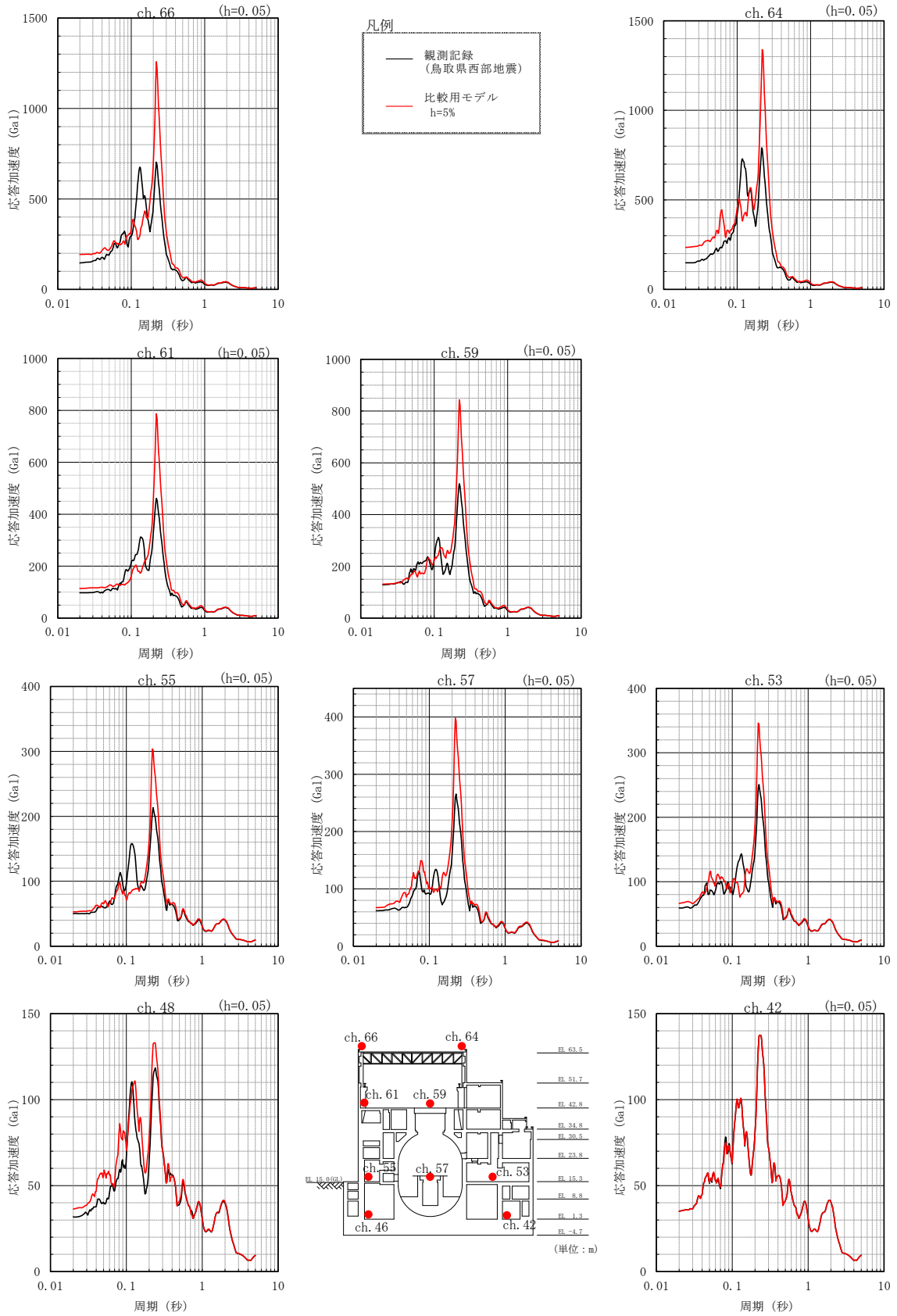
(c) 鉛直方向

図 2-7(3) 観測記録と解析結果の比較 (建物模擬モデル)



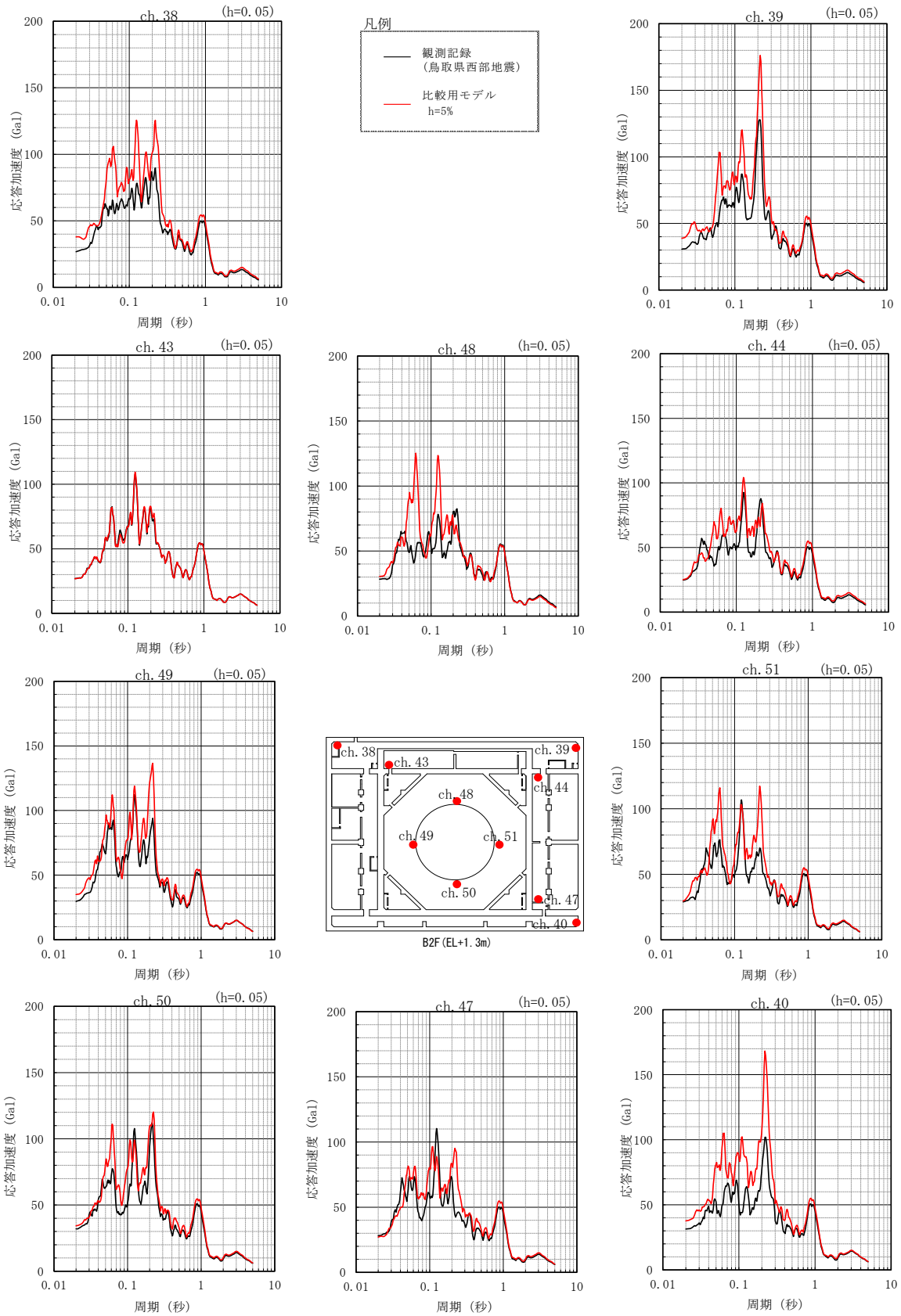
(a) NS方向

図 2-8(1) 観測記録と解析結果の比較 (比較用モデル)



(b) EW方向

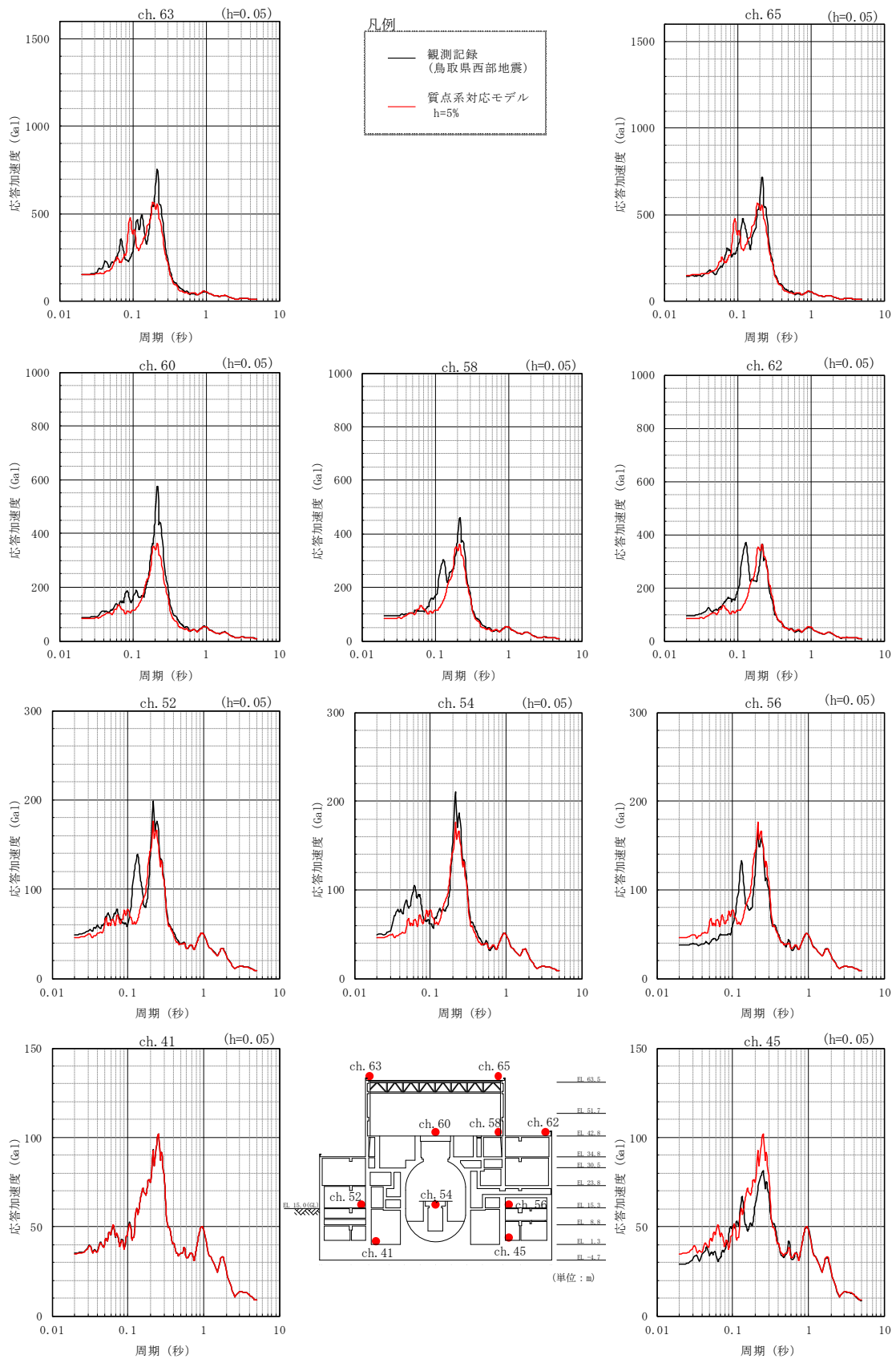
図 2-8(2) 観測記録と解析結果の比較 (比較用モデル)



(c) 鉛直方向

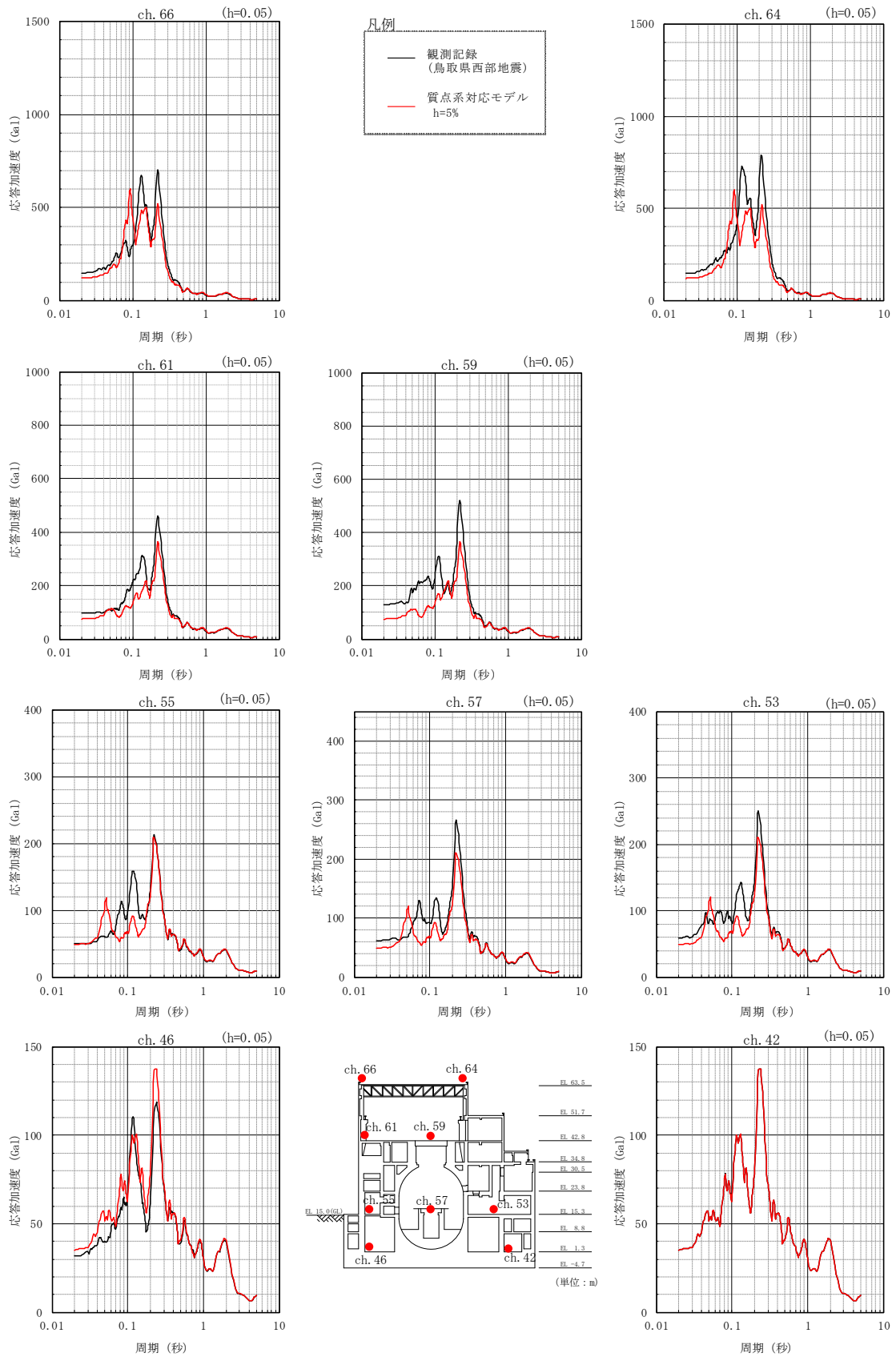
図 2-8(3) 観測記録と解析結果の比較 (比較用モデル)





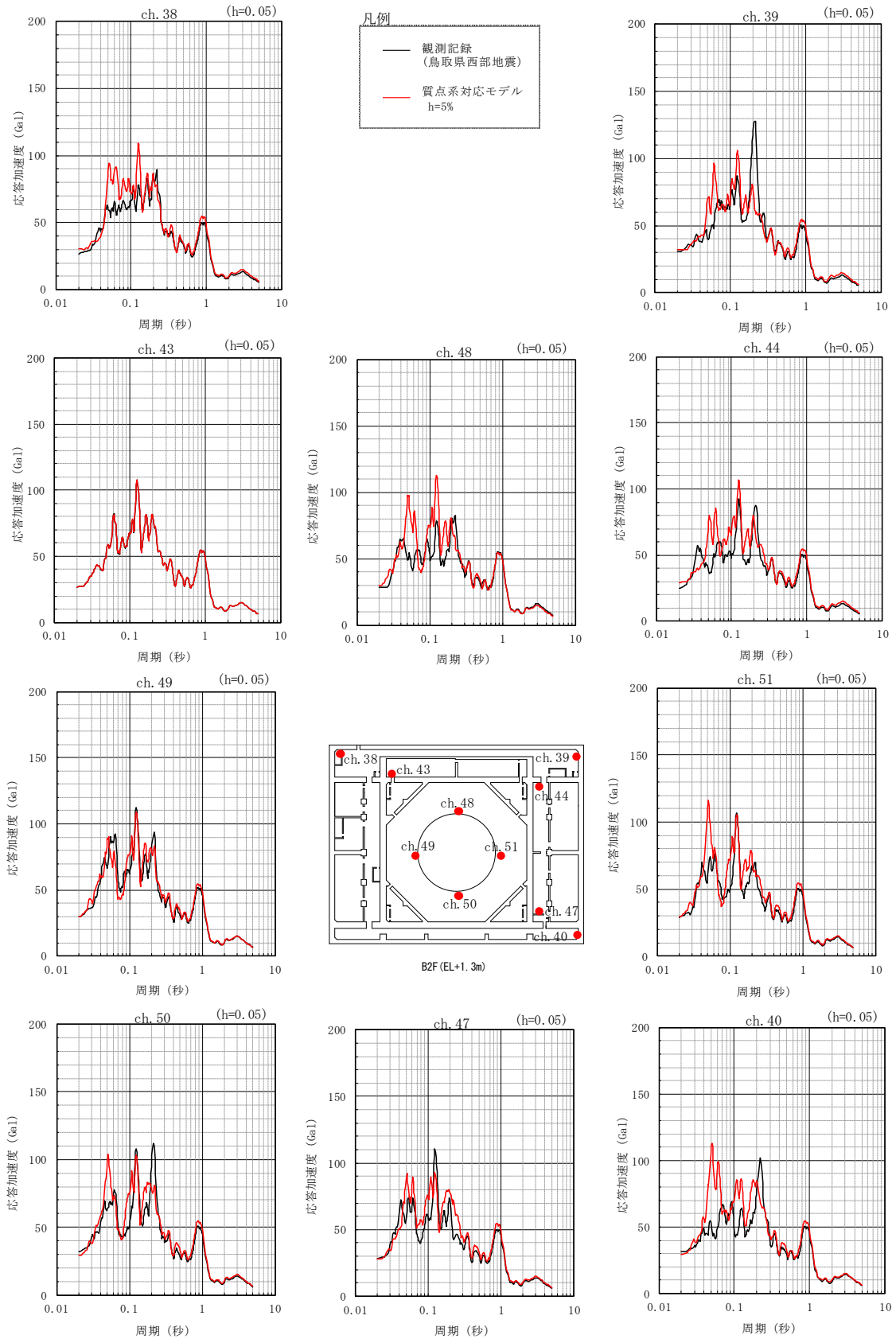
(a) NS方向

図2-9(1) 観測記録と解析結果の比較 (質点系対応モデル)



(b) EW方向

図2-9(2) 観測記録と解析結果の比較 (質点系対応モデル)



(c) 鉛直方向

図 2-9(3) 観測記録と解析結果の比較 (質点系対応モデル)

### 3. 3次元FEMモデルによる評価

#### 3.1 地震応答解析の概要

原子炉建物の3次元的な応答性状を把握し、それらが建物耐震性評価及び床応答へ及ぼす影響を検討するため、3次元FEMモデルを用いて、弾性設計用地震動 $S_d$ に対する地震応答解析を実施する。

3次元FEMモデルによる地震応答解析は、**周波数応答解析**としていること及び基準地震動 $S_s$ による評価を行うことから、地震動は弾性設計用地震動 $S_d$ とし、弾性設計用地震動 $S_d-D$ 、 $S_d-F1$ 、 $S_d-F2$ 、 $S_d-N1$ 及び $S_d-N2$ を用いる。(VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」参照)

弾性設計用地震動 $S_d$ に対する建物基礎底面の地盤応答を、地盤ばねを介して入力し、3次元的な応答性状の把握を行う。3次元FEMモデルによる地震応答解析の概念を図3-1に示す。また、弾性設計用地震動 $S_d$ の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図3-2～図3-7に示す。

3次元FEMモデルによる地震応答解析は、NS方向、EW方向及び鉛直方向の各々に対して行う。また、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として、NS方向、EW方向及び鉛直方向の3方向同時入力による応答評価もあわせて実施する。

**3次元FEMモデルの応答評価位置を図3-8に示す。**

**3次元FEMモデルの応答評価位置は、B2F(基礎スラブ上, EL 1.3m)、1F(EL 15.3m)及び4F(燃料取替階, EL 42.8m)において、対称性及び建物形状を考慮して抽出した。**

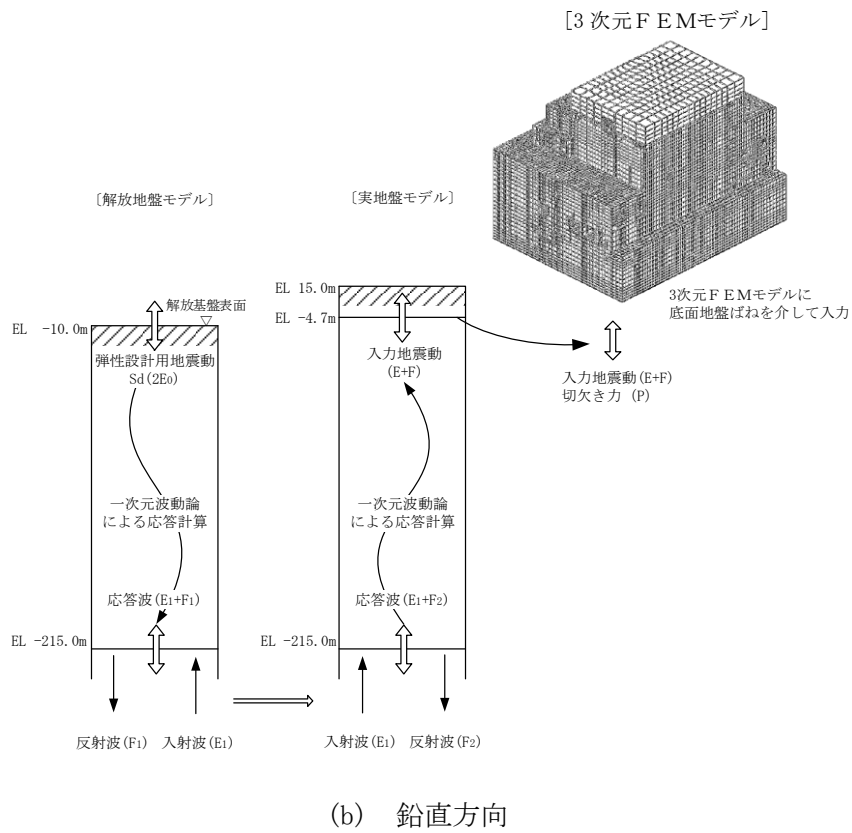
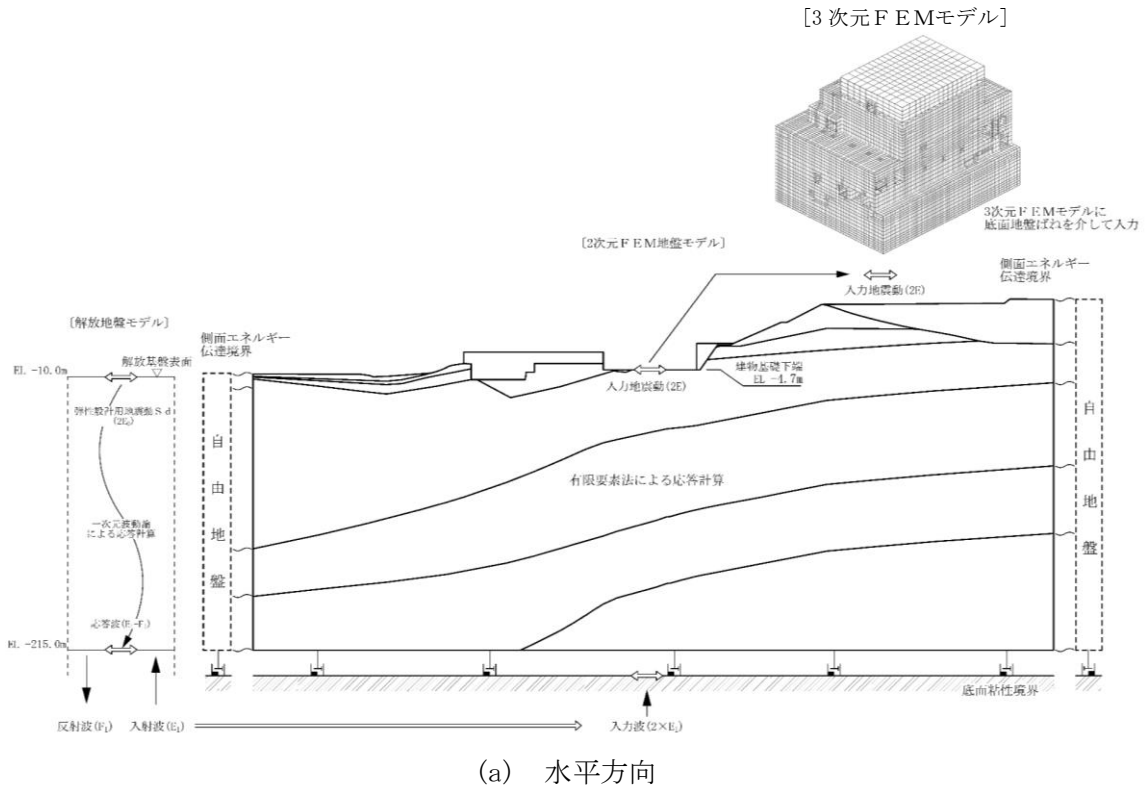
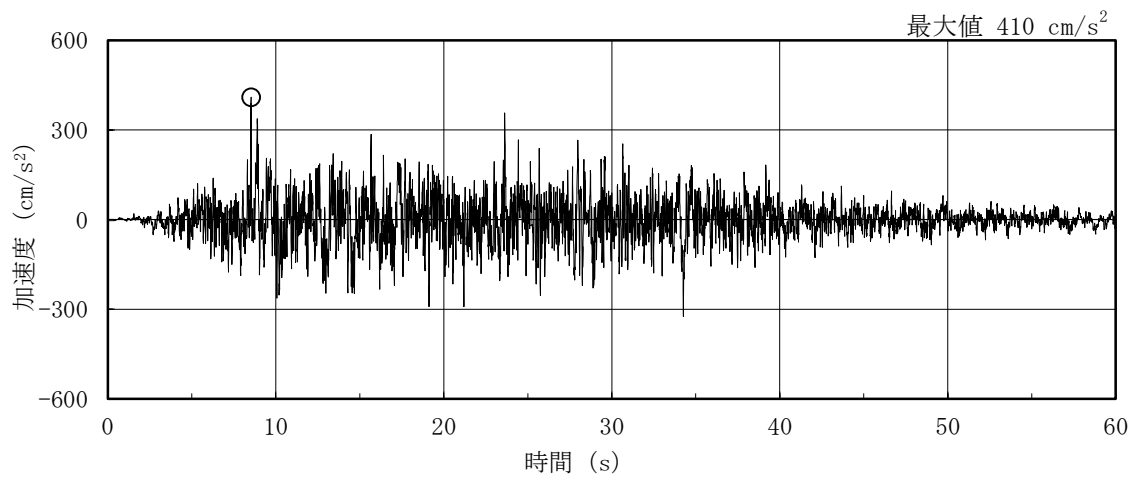
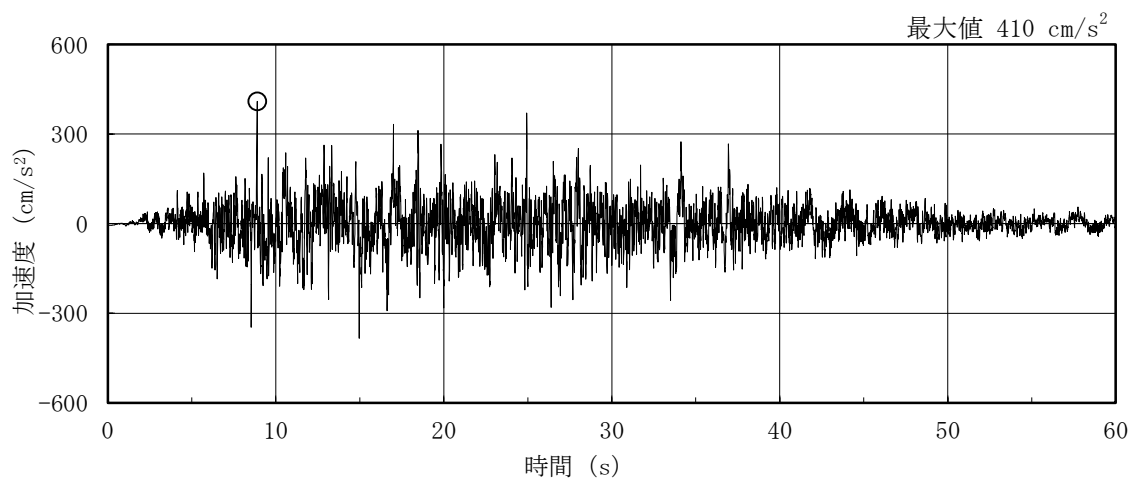


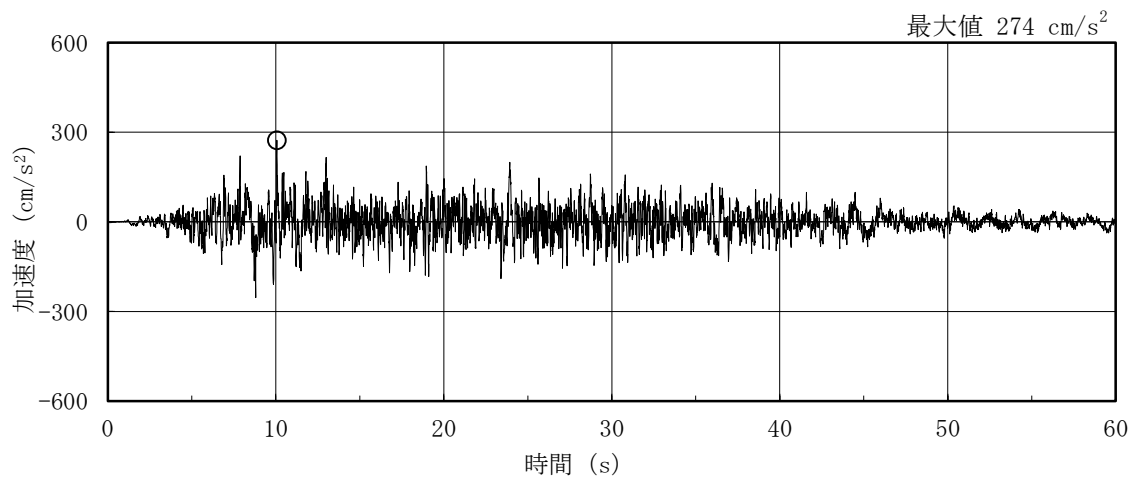
図 3-1 3次元FEMモデルによる地震応答解析の概念



(a) NS方向



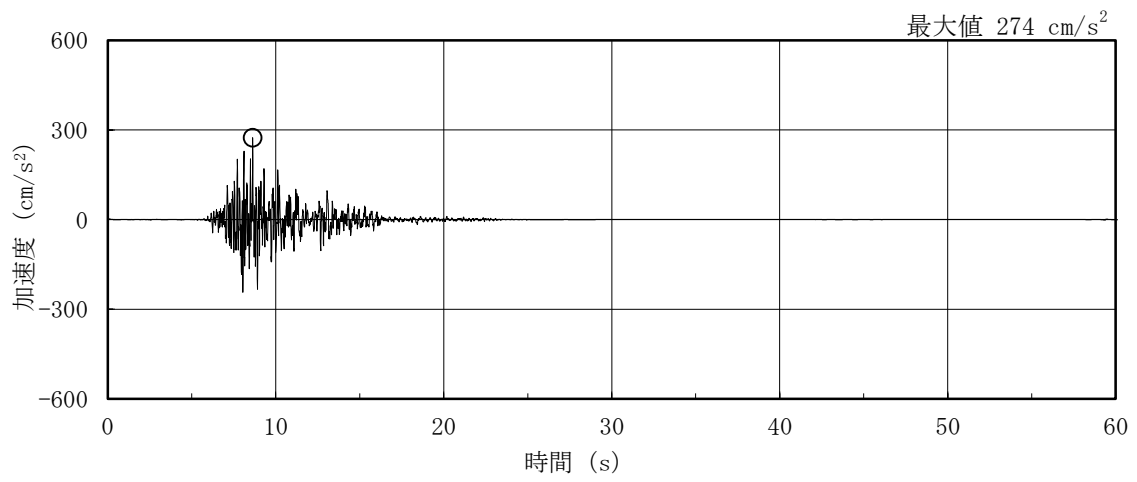
(b) EW方向\*



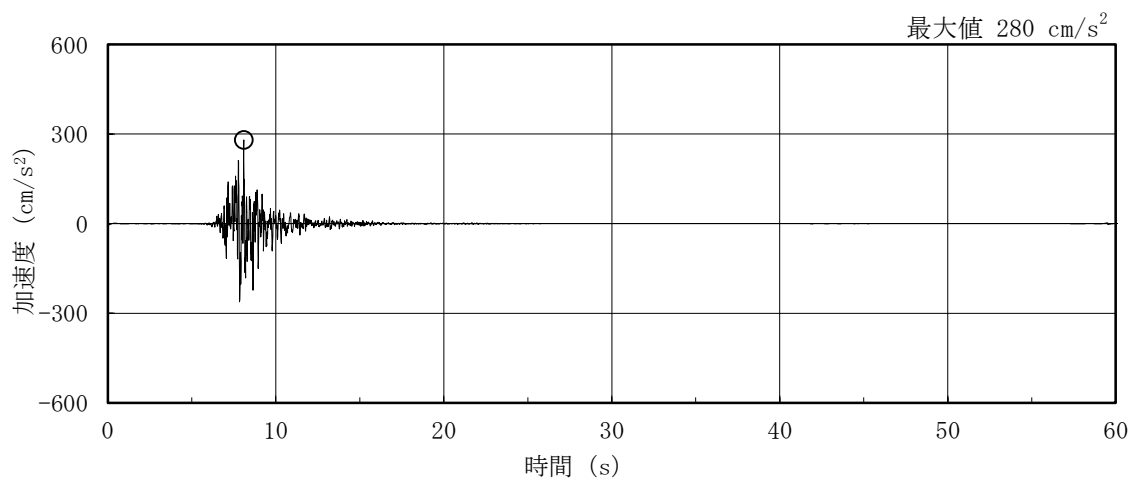
(c) 鉛直方向

注記\* : 基準地震動S<sub>s</sub>-Dの設計用応答スペクトルに適合するよう、位相を変えた模擬地震波に0.5を乗じて設定した地震波。

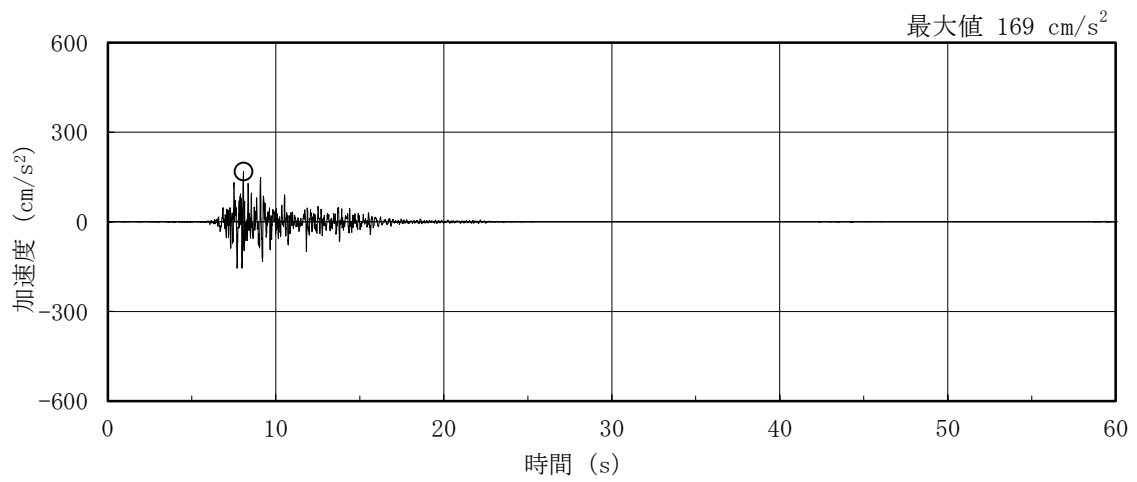
図3-2 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形 (S<sub>d</sub>-D)



(a) NS方向

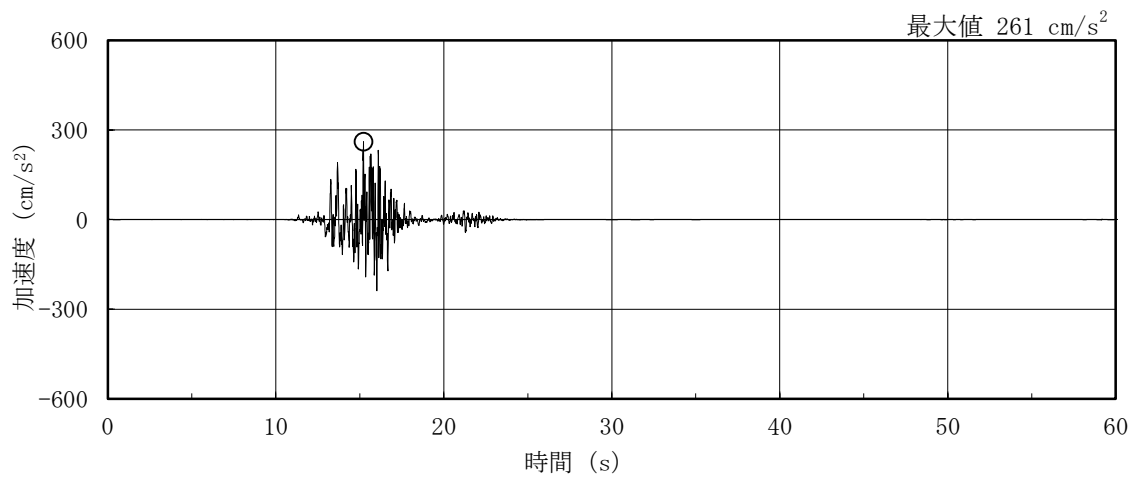


(b) EW方向

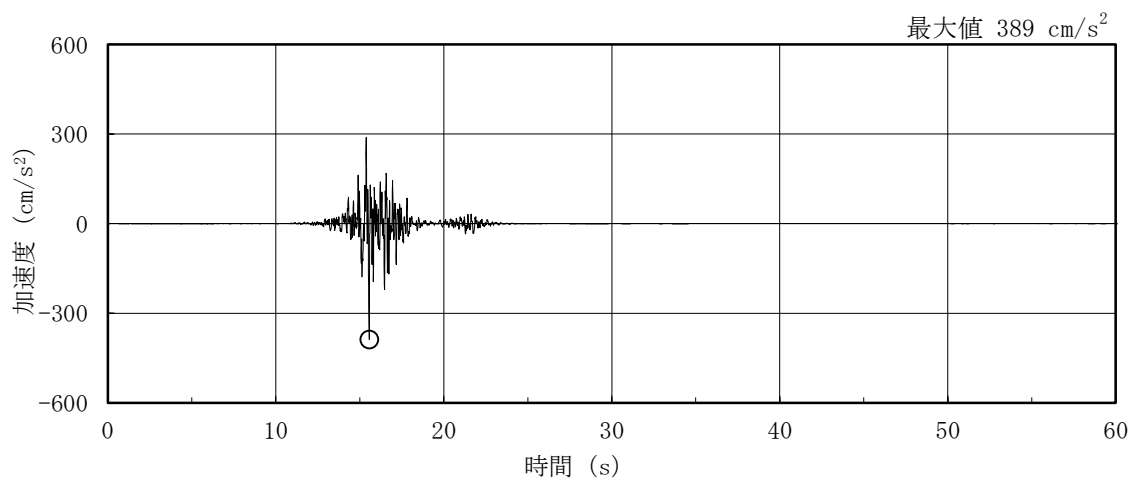


(c) 鉛直方向

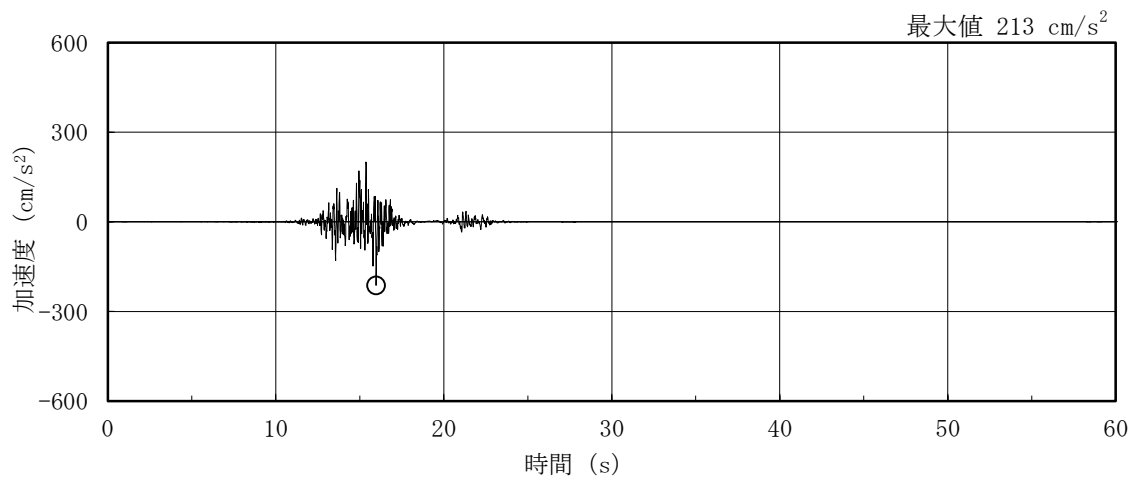
図 3-3 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形 (S d - F 1)



(a) NS方向



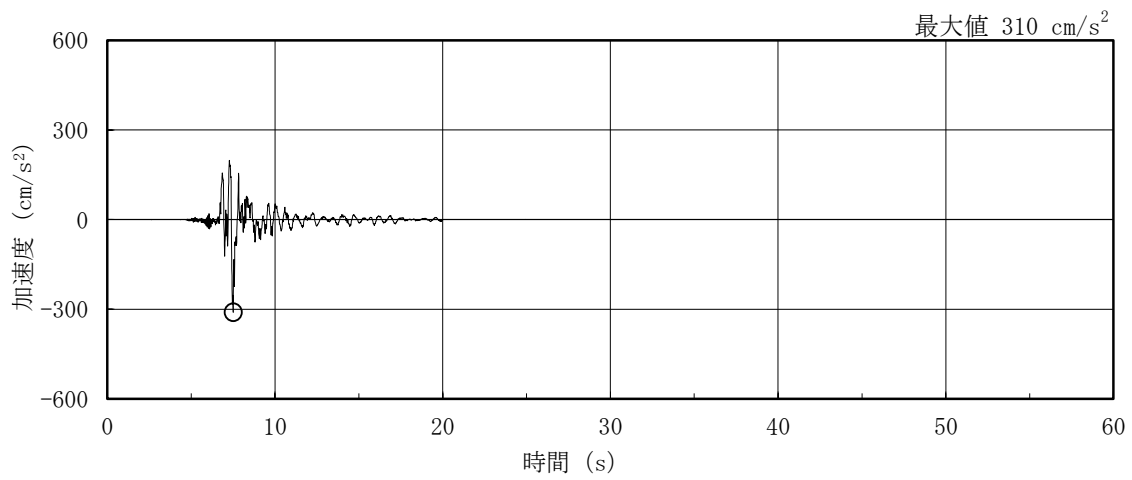
(b) EW方向



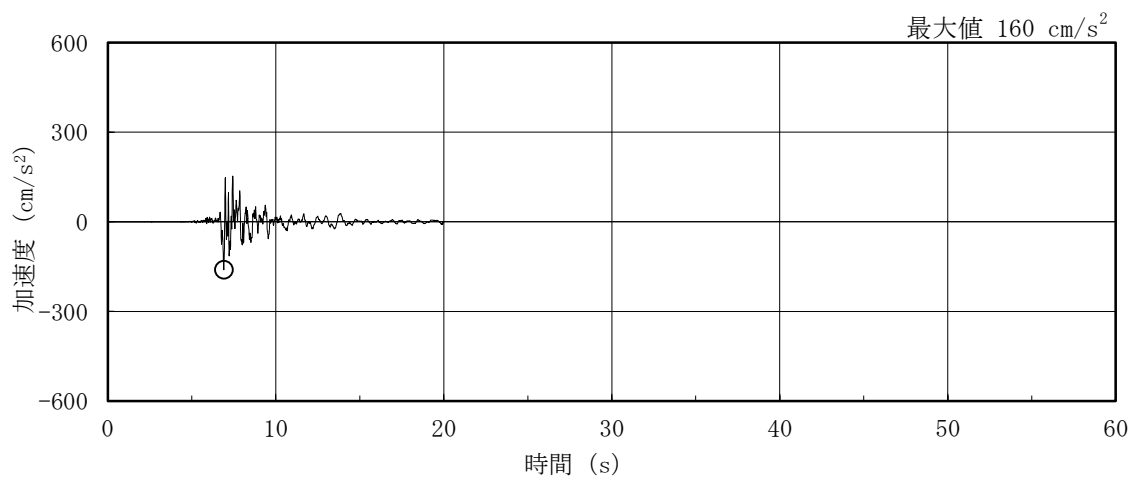
(c) 鉛直方向

図 3-4 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形 (S d - F 2)

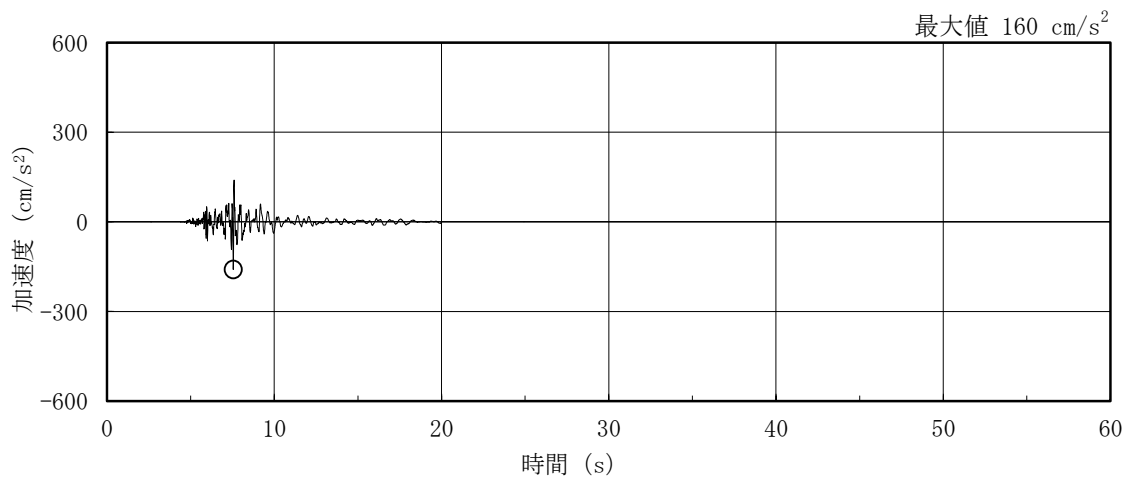




(a) NS方向



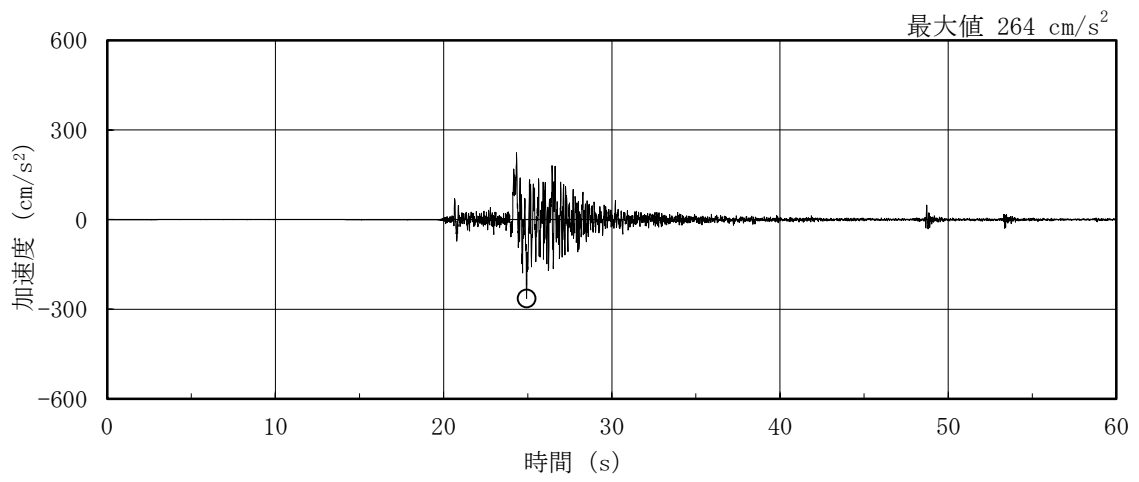
(b) EW方向\*



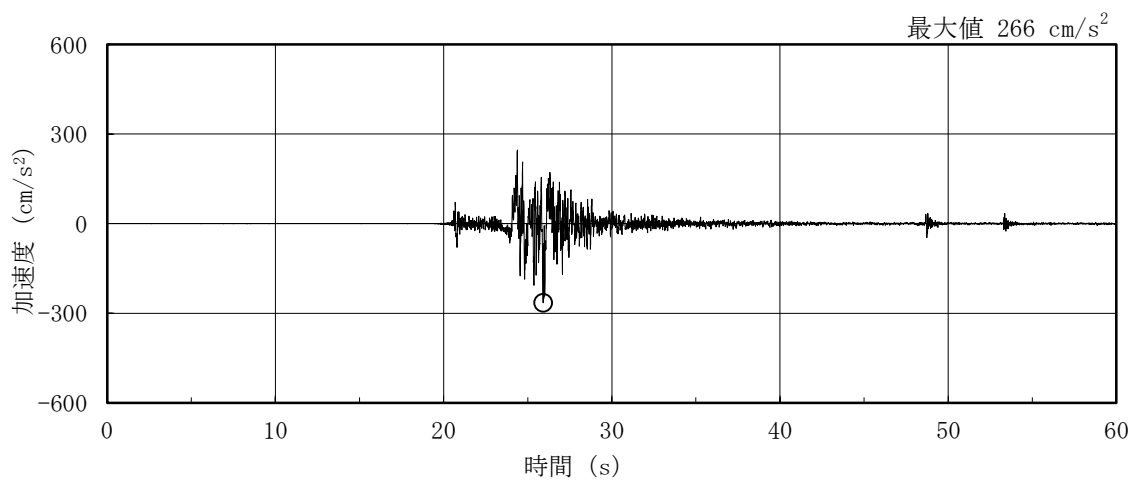
(c) 鉛直方向

注記\*：2004年北海道留萌支庁南部地震の記録を用いて求めた基盤地震動（NS方向）を0.5倍した地震波。

図3-5 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形（S d - N 1）

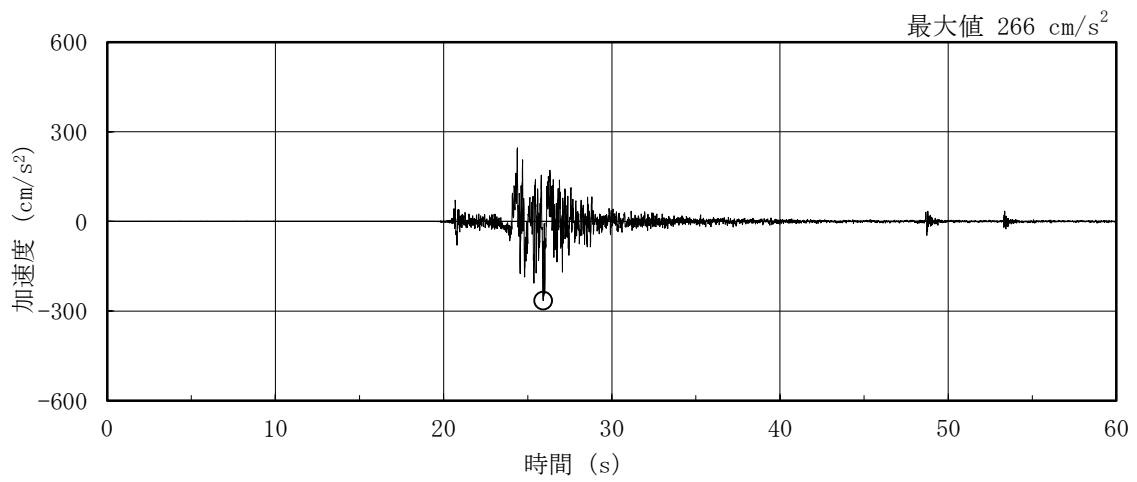


(a) NS方向 (S d - N 2 NS)

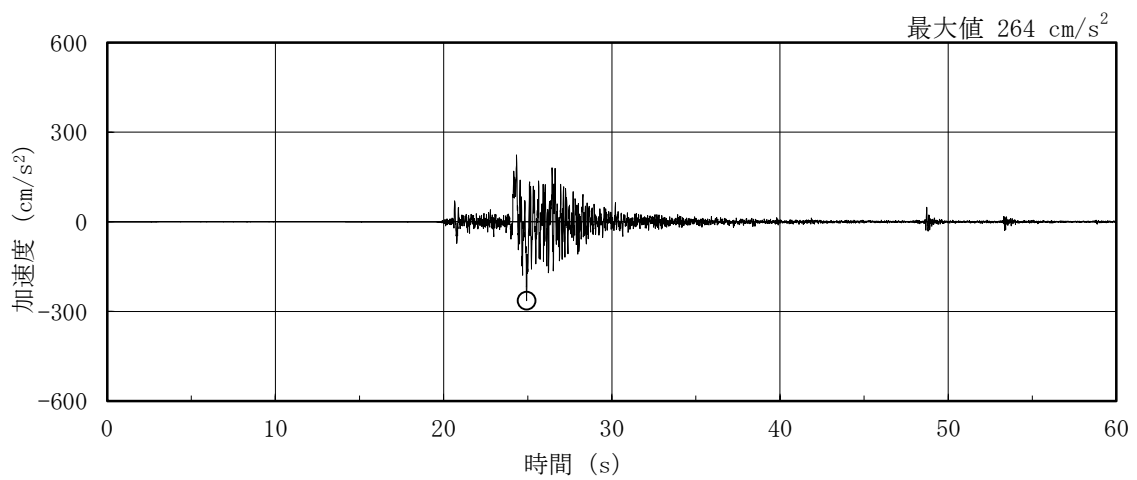


(b) EW方向 (S d - N 2 EW)

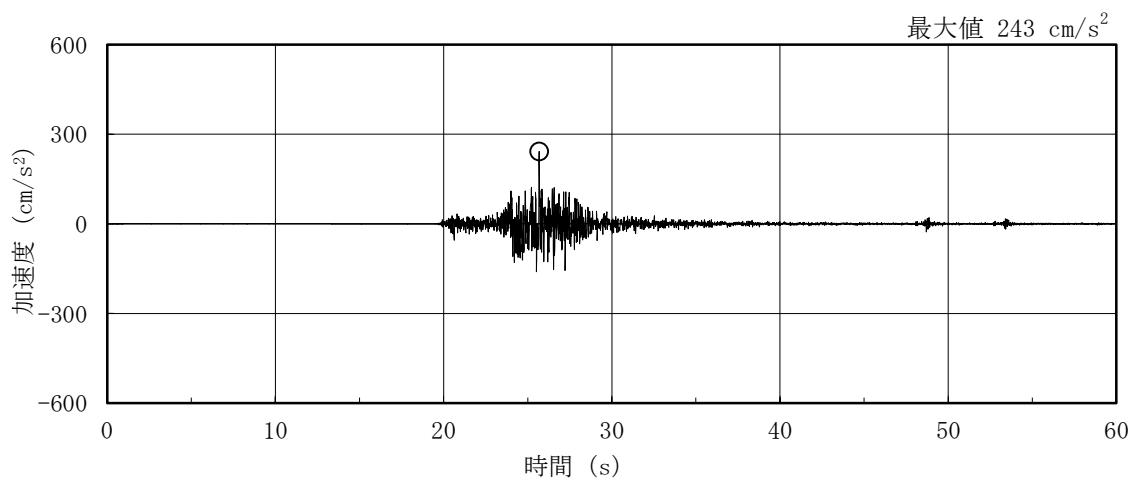
図 3-6(1) 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形 (S d - N 2)



(c) NS方向 (S d - N 2 EW)

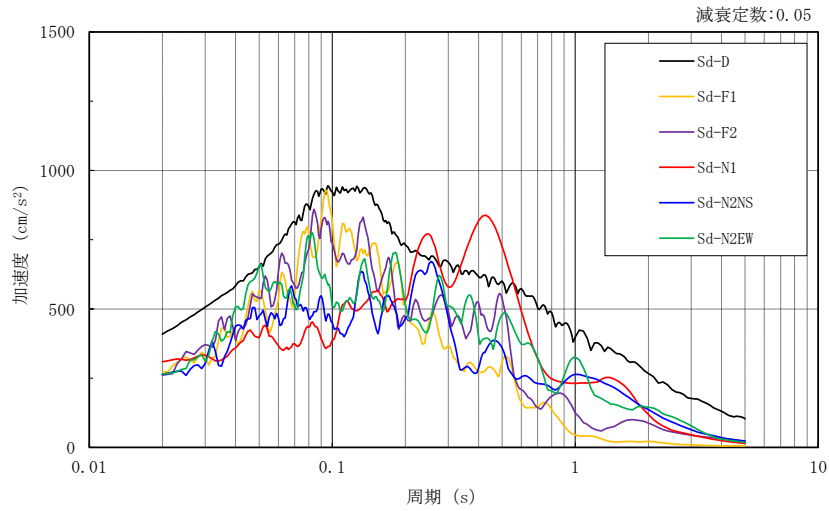


(d) EW方向 (S d - N 2 NS)

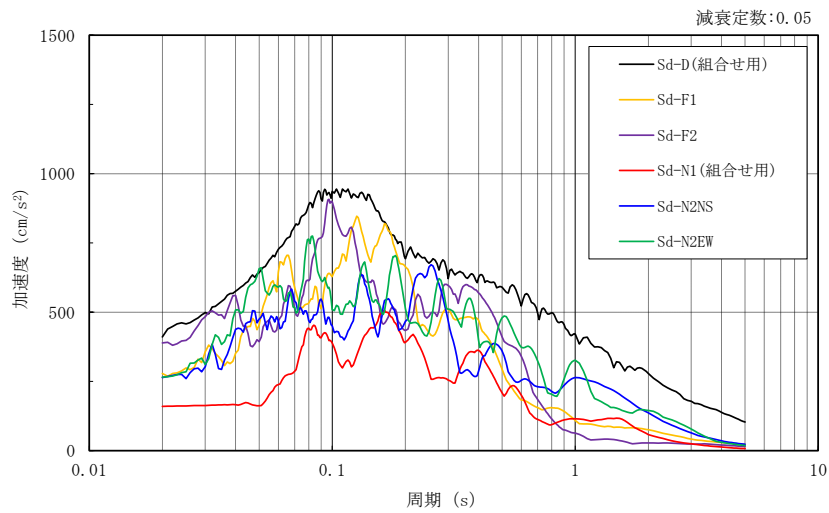


(e) 鉛直方向

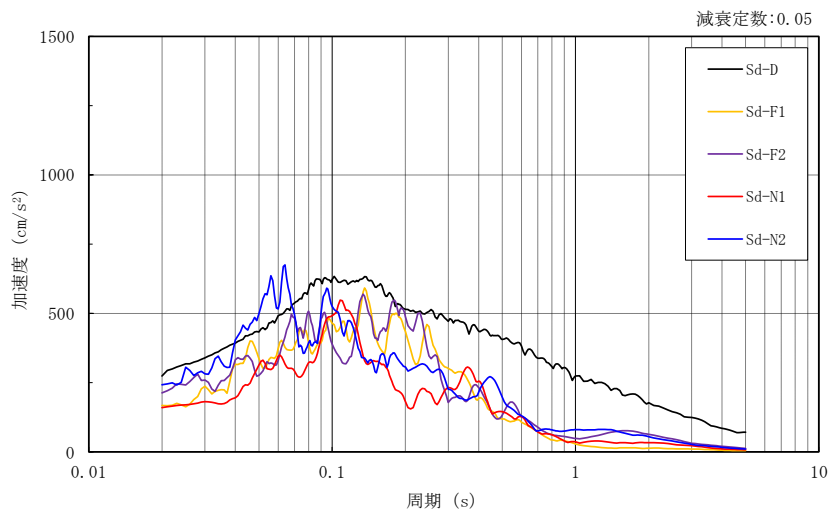
図 3-6(2) 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形 (S d - N 2)



(a) NS方向

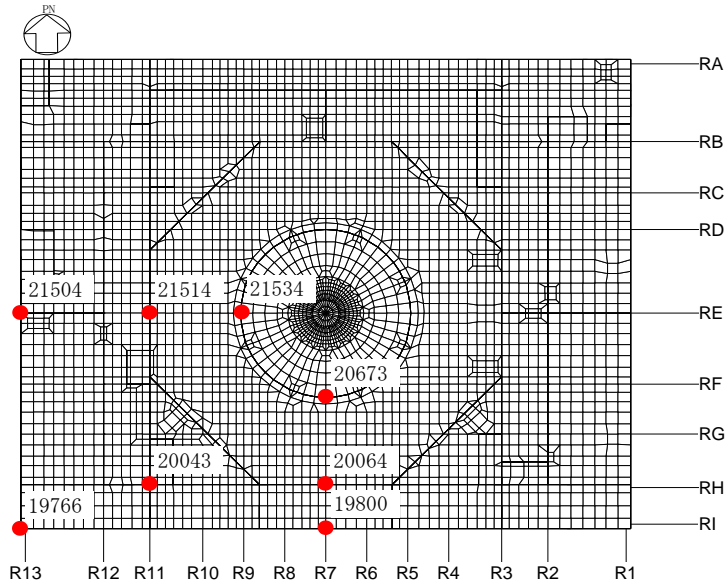


(b) EW方向

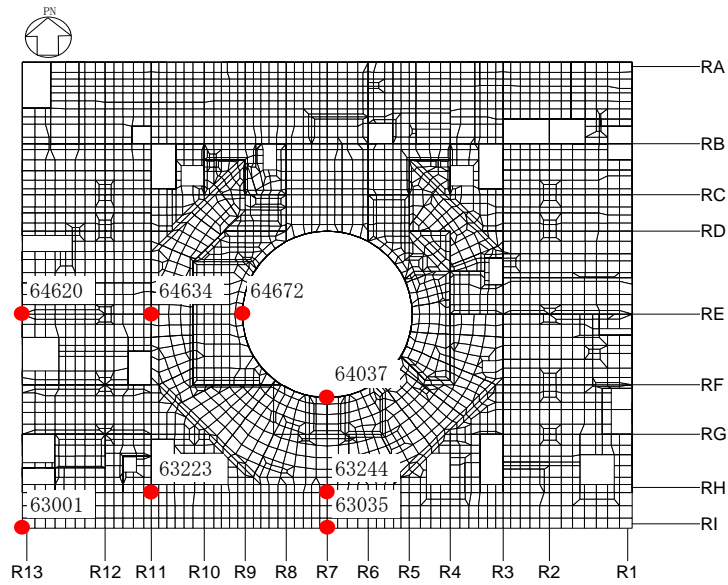


(c) 鉛直方向

図 3-7 検討に用いる地震波の加速度応答スペクトル

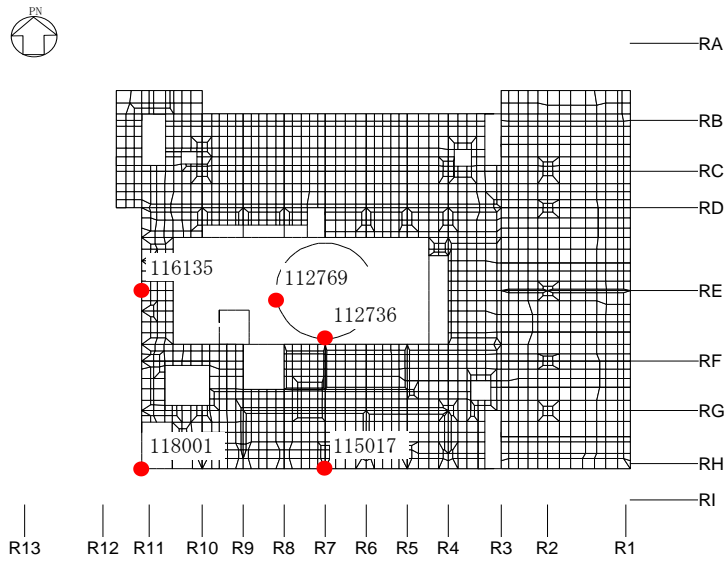


(a) B2F (EL 1.3m)



(b) 1F (EL 15.3m)

図 3-8(1) 応答評価位置



(c) 4F (EL 42.8m)

図 3-8(2) 応答評価位置

## 3.2 建物応答性状の把握

3次元FEMモデルを用いて、図1-3の評価フローに基づき、建物応答性状の把握を行う。具体的には、以下の4点の応答特性について、3次元FEMモデルを用いた分析・考察を行う。

なお、検討においては、建物応答性状の把握であることを踏まえ、代表として弾性設計用地震動Sd-Dによる地震応答解析結果を用いて検討を行う。

- ・基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響  
建物模擬モデルの水平1方向+鉛直方向入力時と鉛直方向入力時の基礎スラブ端部の鉛直応答で比較する。
- ・鉛直軸回りのねじれ振動の影響  
建物模擬モデルの入力方向及び直交方向の応答で比較する。
- ・床柔性の影響  
比較用モデルー質点系対応モデル間で比較する。
- ・水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響  
建物模擬モデルの水平1方向入力と3方向同時入力で比較する。

### 3.2.1 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響

基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響は、建物模擬モデルの鉛直方向入力時の鉛直方向応答と、水平方向と鉛直方向の同時入力による鉛直方向応答を比較することで検討する。

図3-8に示す評価点のうち、評価点No.1980は、NS方向入力時にロッキングの影響が表れ、EW方向入力時はロッキング振動の影響がほとんど表れない部位と考えられる。また、評価点No.21504は、EW方向入力時にロッキングの影響が表れ、NS方向入力時はロッキング振動の影響がほとんど表れない部位と考えられる。

以上のことから、基礎のロッキング振動を確認するための応答評価点は、ロッキング振動の影響が表れやすいと考えられる建物端部の評価点No.1980及びNo.21504(EL 1.3m)を抽出することとし、これらの2点について、NS方向入力時とEW方向入力時の鉛直応答を比較することにより、基礎のロッキング振動の影響について検討する。

検討結果を表3-1に示す。表3-1より、評価点No.1980のNS+鉛直方向入力時及び評価点No.21504のEW+鉛直方向入力時の鉛直応答において、ロッキングによる影響がわずかに見られるが、いずれの評価点においてもNS方向入力時及びEW方向入力時の応答にほとんど差は見られない。したがって、ロッキング振動の影響はほとんどないことを確認した。

表 3-1(1) 基礎スラブ端部評価点の鉛直成分の応答スペクトルの比較 (S d - D)

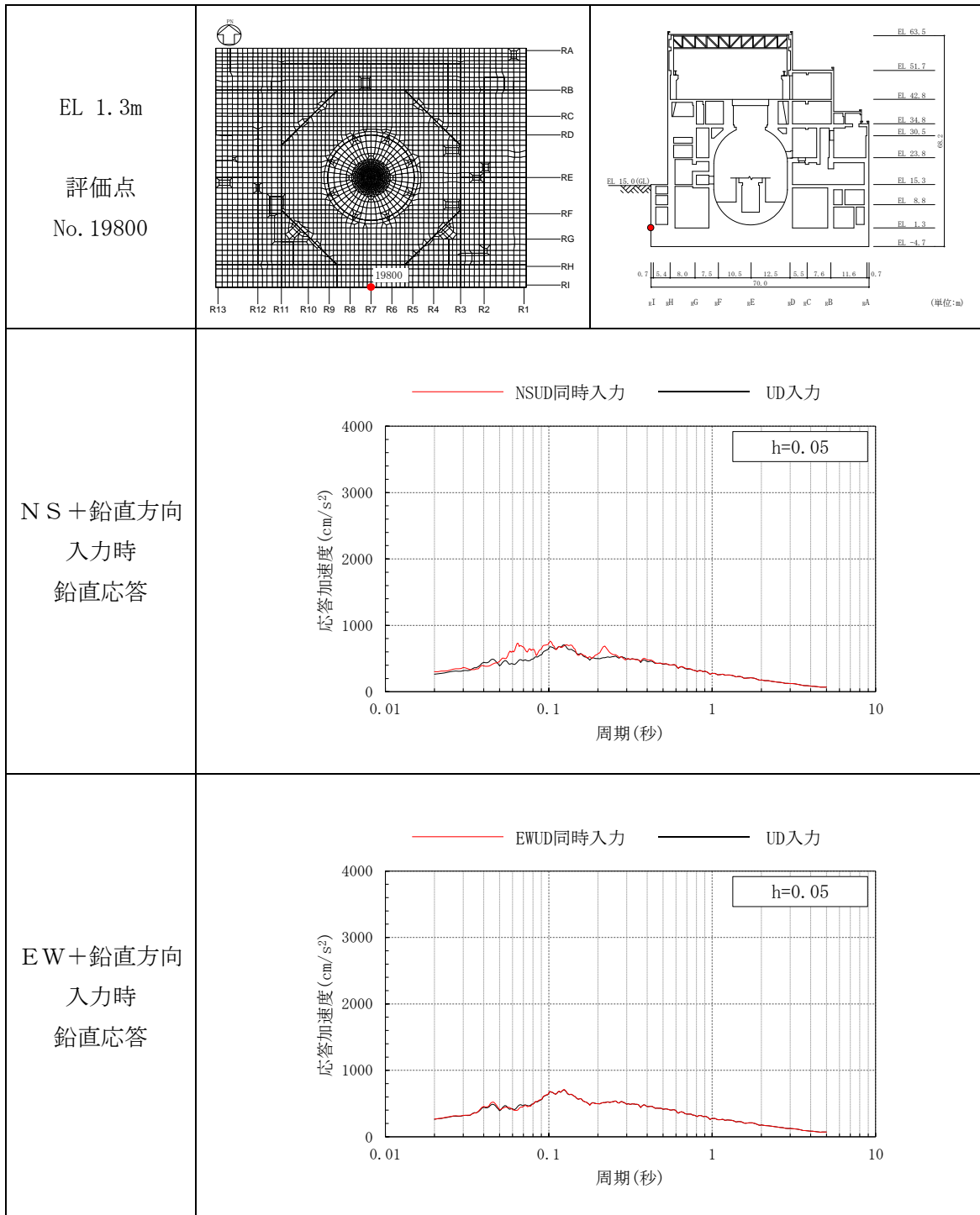
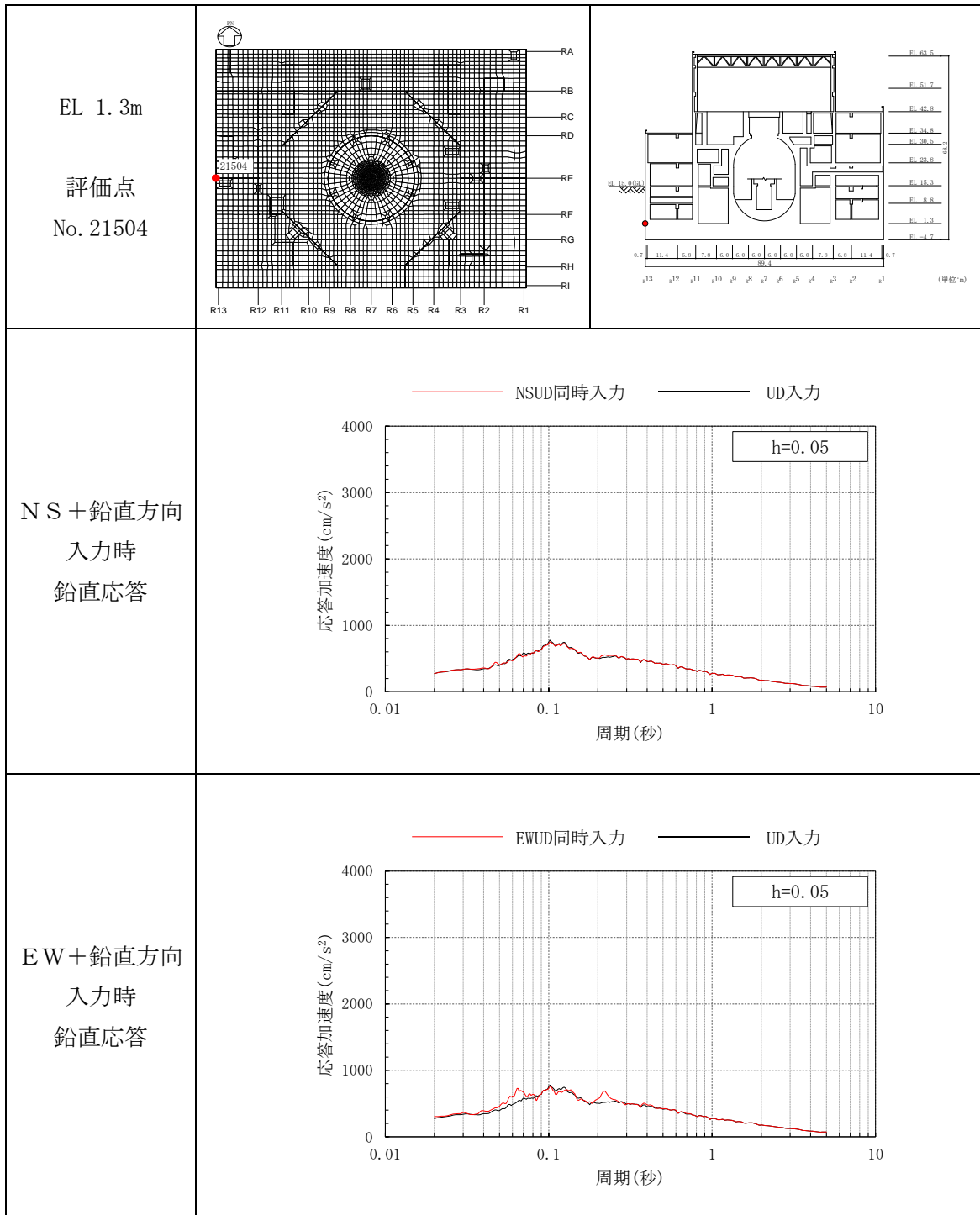




表 3-1(2) 基礎スラブ端部評価点の鉛直成分の応答スペクトルの比較 (S d - D)



### 3.2.2 鉛直軸回りのねじれ振動の影響

鉛直軸回りのねじれ振動の影響を建物模擬モデルの地震応答解析により確認する。

原子炉建物は、整形な平面形状であるため、ねじれ振動の影響は受けにくいと考えられるが、その中でも隅部にねじれ振動の影響が出やすいと考えられるため、応答評価点は、No.19766 (EL 1.3m)、No.63001 (EL 15.3m) 及びNo.118001 (EL 42.8m) を抽出し、入力方向と入力直交方向の応答を比較する。

水平入力時の応答比較を表3-2に示す。表3-2より、選定した全ての評価点において、入力直交方向の応答は発生しているものの、入力方向の応答と比較して十分に小さくなっている。したがって、水平1方向入力を考慮する場合、入力方向の応答に対して設計を行えば、耐震性に問題はないと考えられる。ただし、水平2方向の入力を考慮する場合については、水平2方向の入力地震動の位相の組合せによって、ねじれ振動の影響による応答が増幅する可能性がある。

以上より、水平2方向の入力によるねじれ振動の影響は、「3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」において確認する。

表 3-2(1) 建物模擬モデルの水平方向入力時の応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

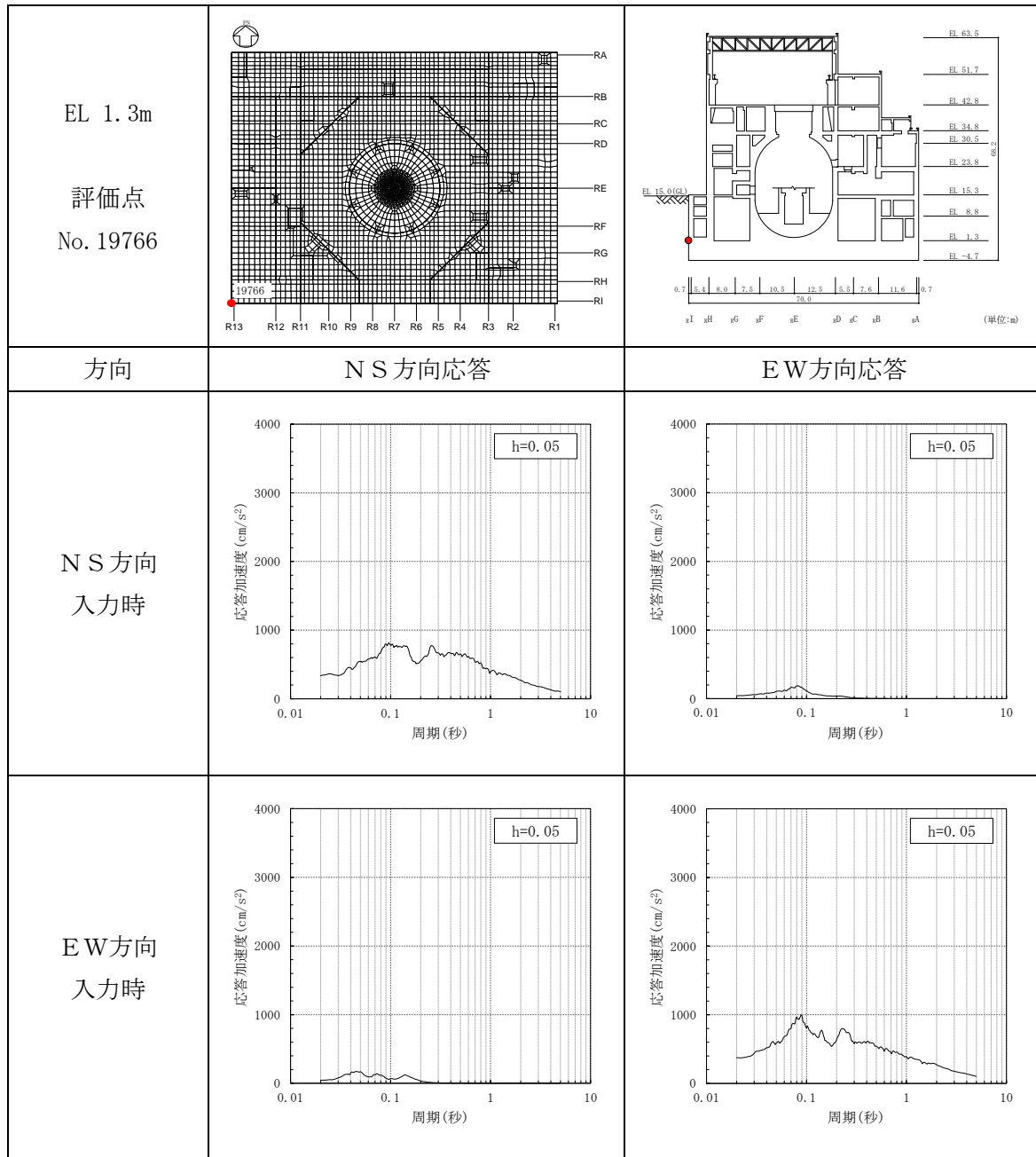


表 3-2(2) 建物模擬モデルの水平方向入力時の応答比較 (S d - D)

(b) EL 15.3m

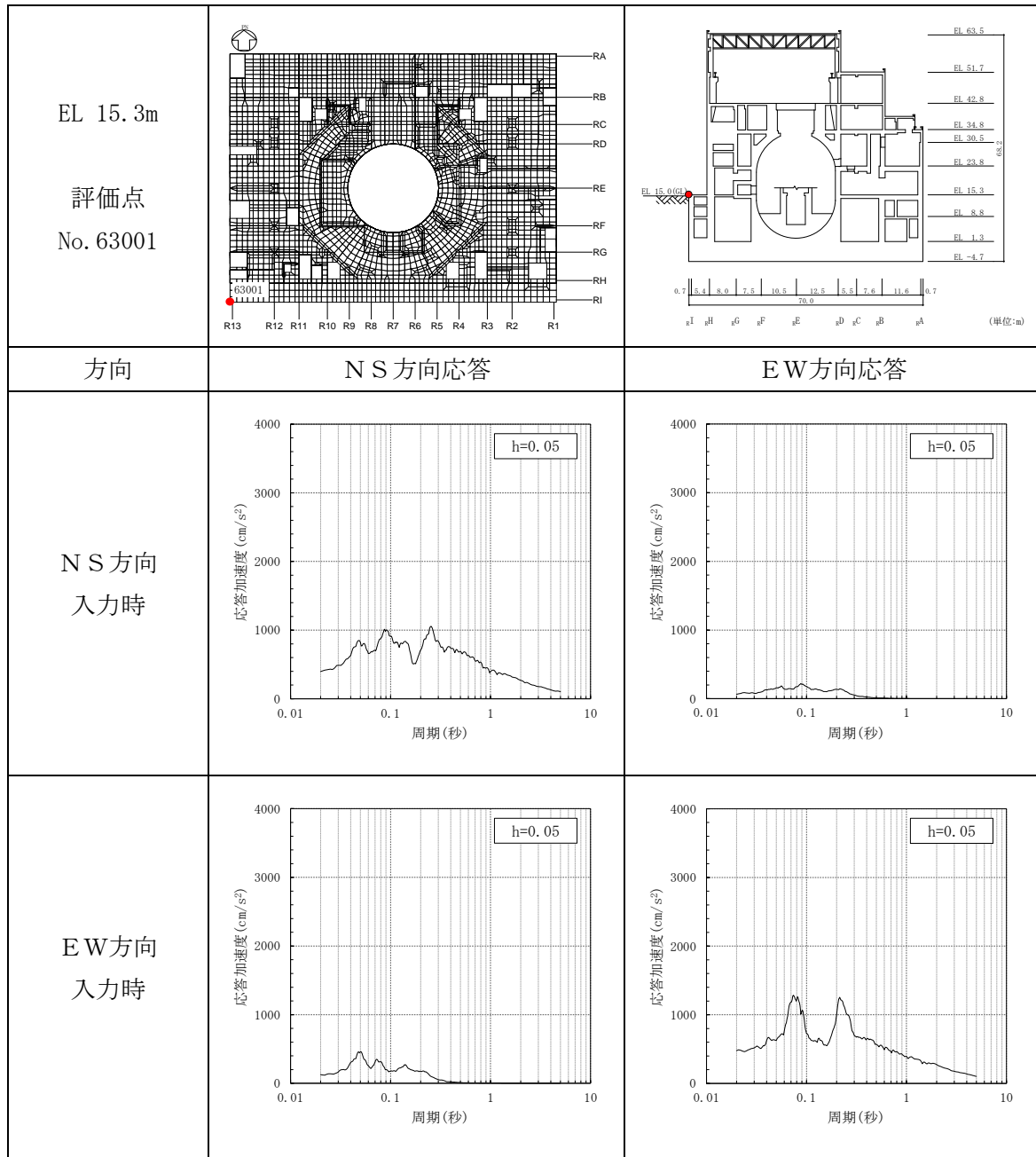
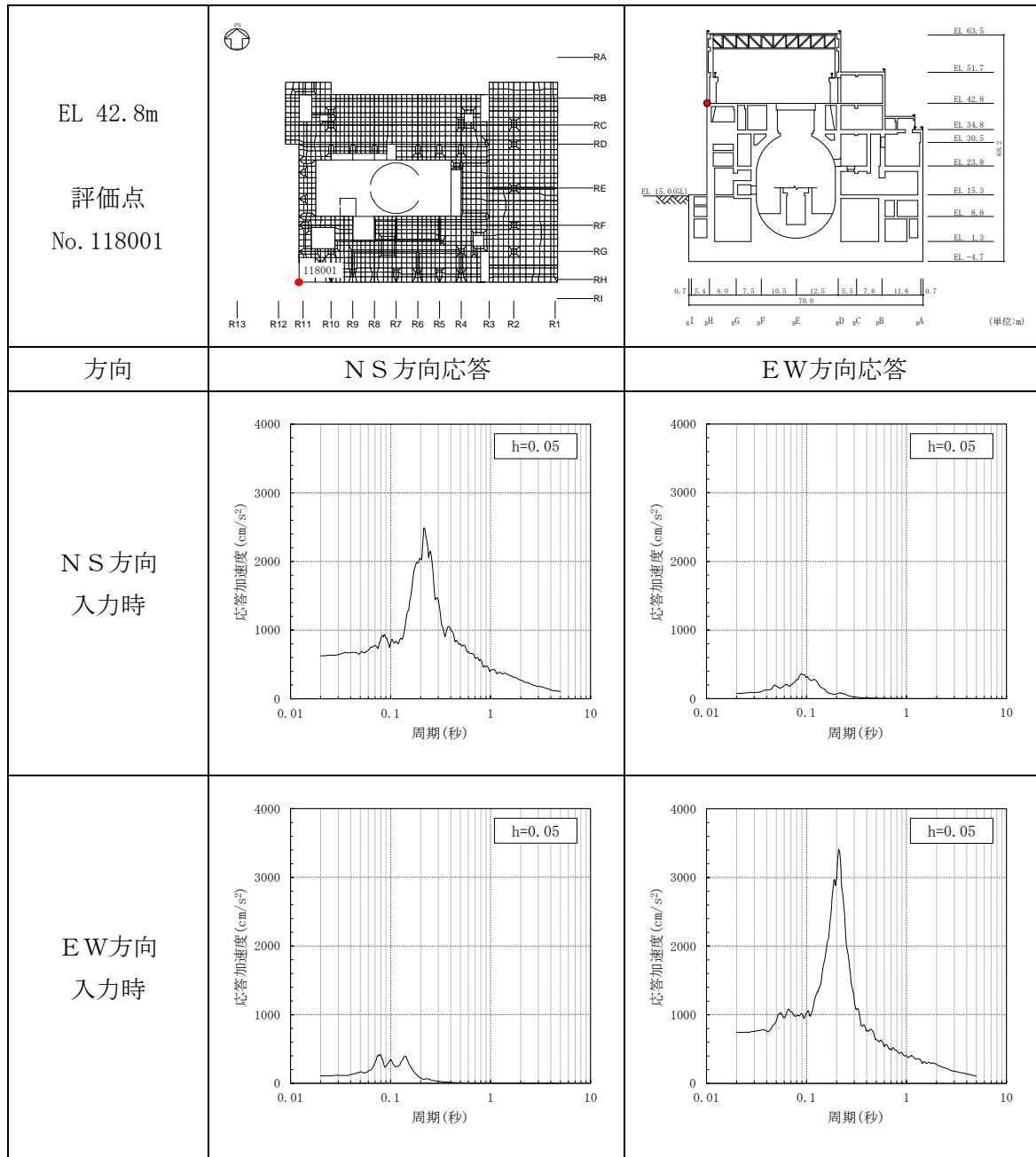


表 3-2(3) 建物模擬モデルの水平方向入力時の応答比較 (S d - D)

(c) EL 42.8m



### 3.2.3 床柔性の影響

床柔性の影響は、床の柔性を考慮した比較用モデルと床を剛とした質点系対応モデルを比較することにより確認する。応答を比較する評価点は、図 3-8 に示した評価点とする。

比較用モデル及び質点系対応モデルの比較結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 より、比較用モデル及び質点系対応モデルの応答は、ピーク位置に若干のずれが生じているものの、応答スペクトル全体の形状はよく対応しており、応答の差は小さく、床柔性の影響はほとんどないことを確認した。

表 3-3(1) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

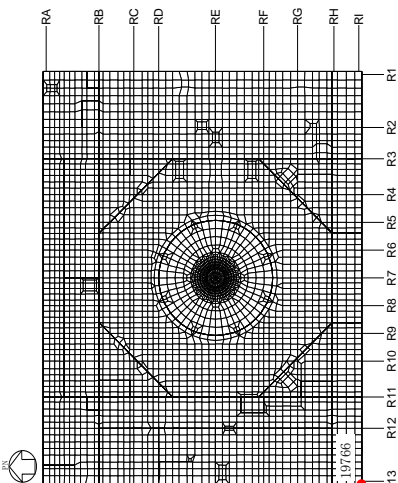
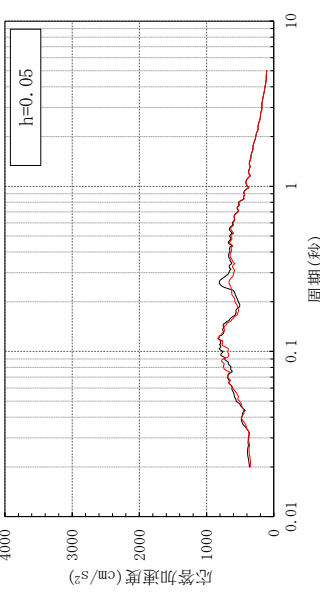
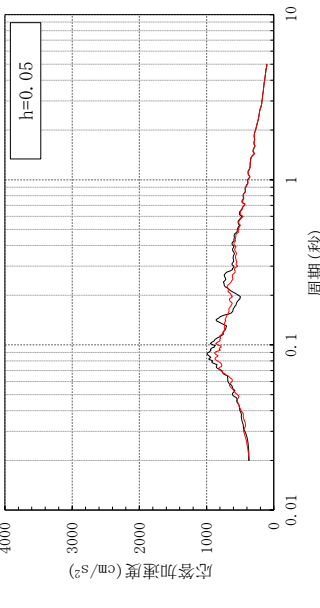
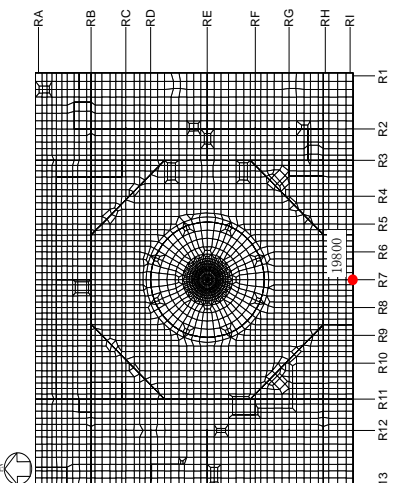
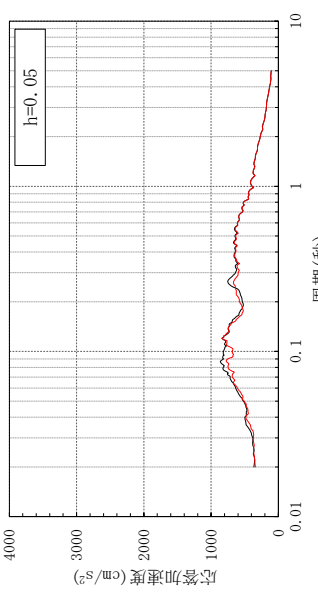
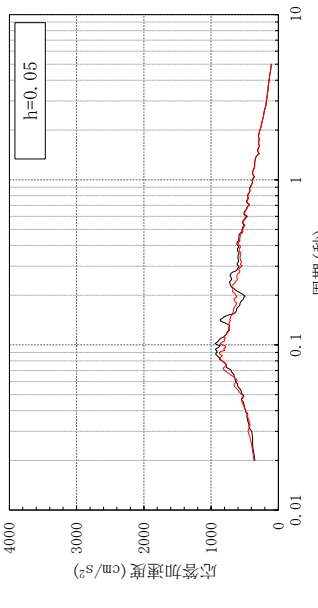
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p style="text-align: center;">EL 1.3m No. 19766</p>		
 <p style="text-align: center;">EL 1.3m No. 19800</p>		

表 3-3(2) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

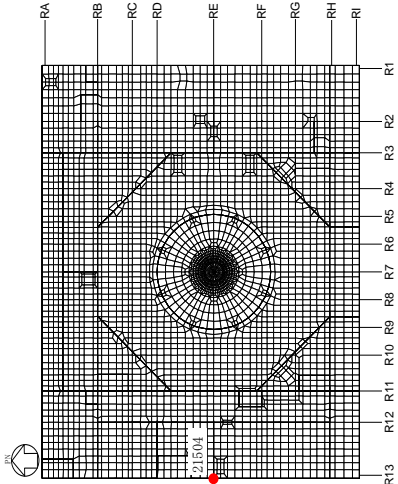
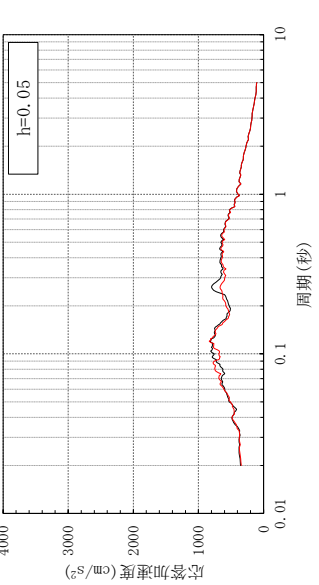
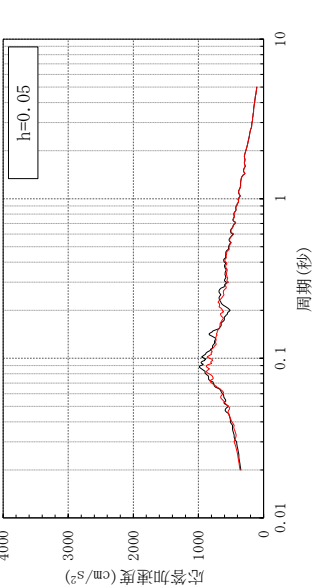
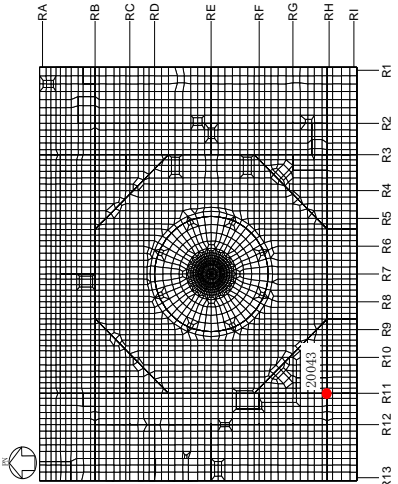
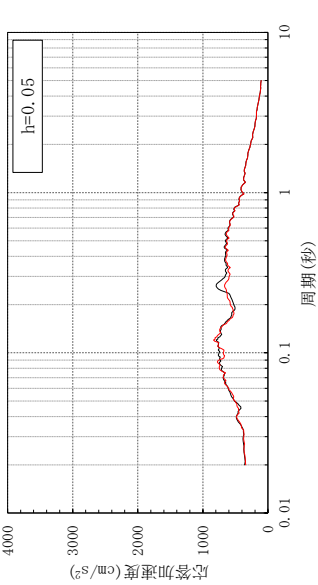
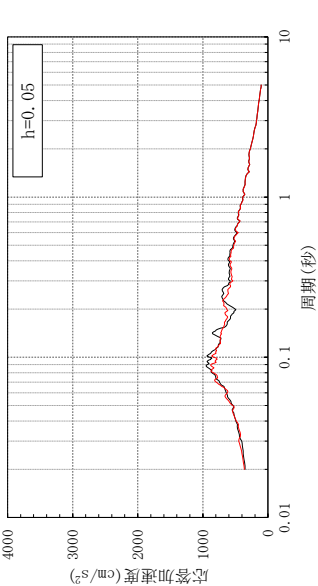
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p>EL 1.3m No. 21504</p>		
 <p>EL 1.3m No. 20043</p>		



表 3-3(3) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

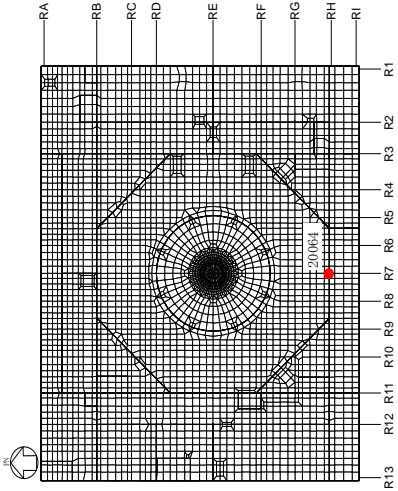
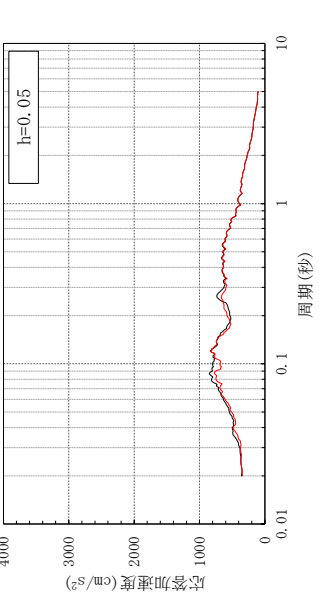
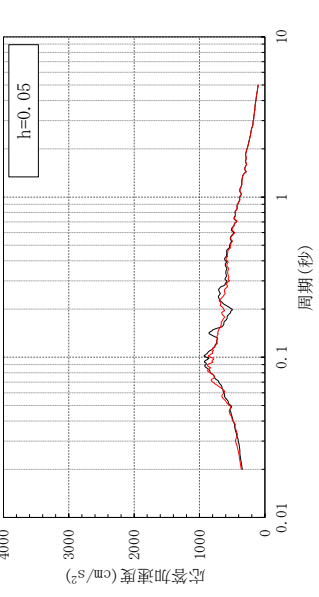
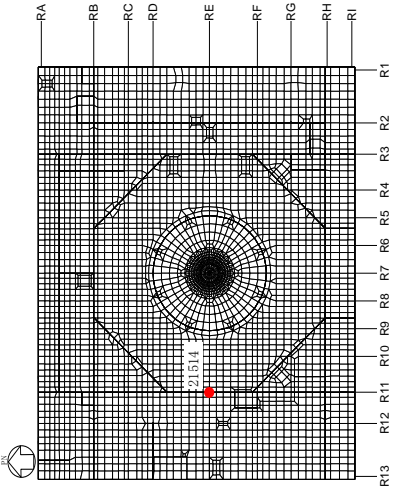
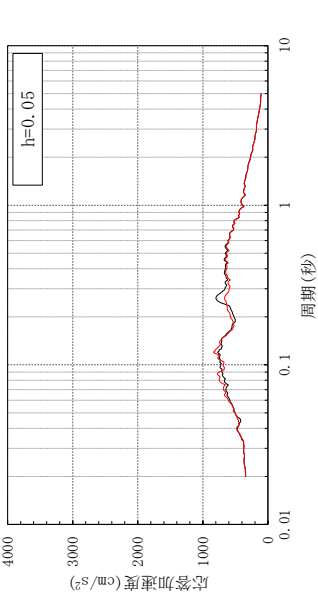
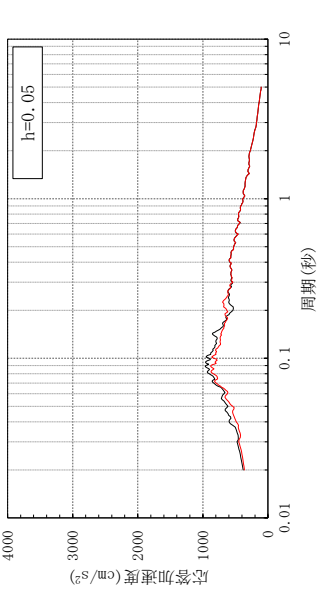
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p style="text-align: center;">EL 1.3m No. 20064</p>		
 <p style="text-align: center;">EL 1.3m No. 21514</p>		

表 3-3-3(4) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

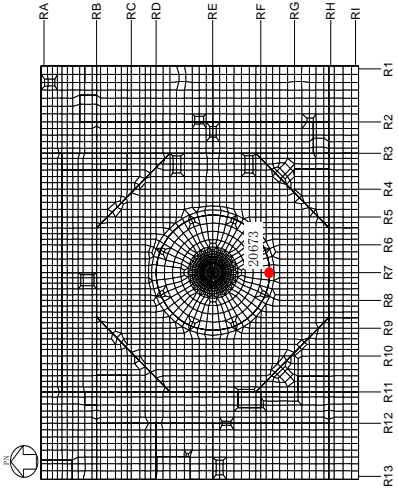
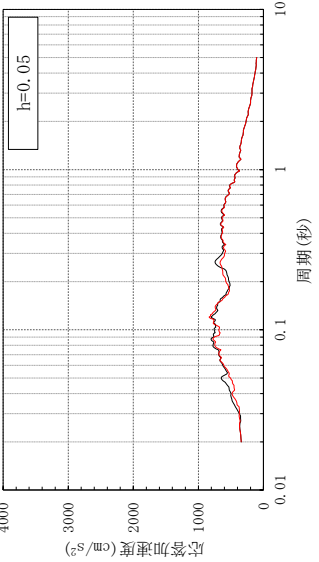
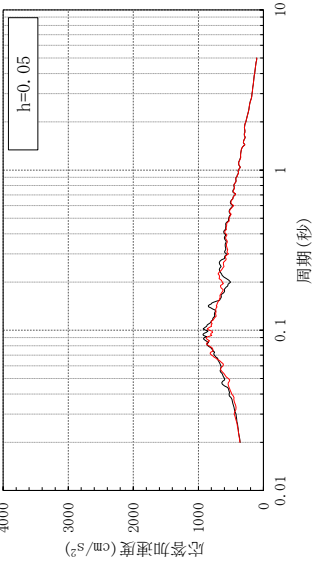
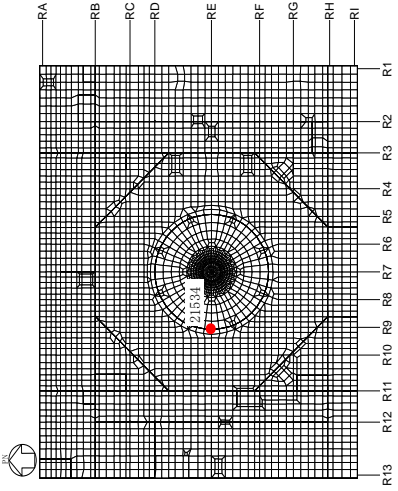
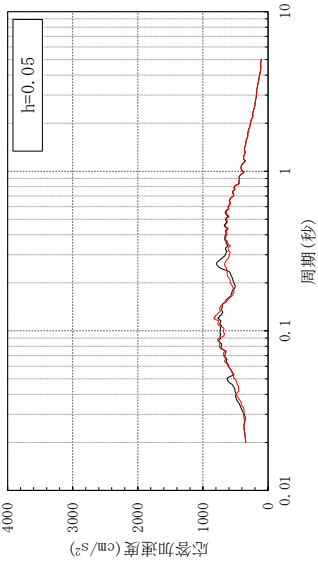
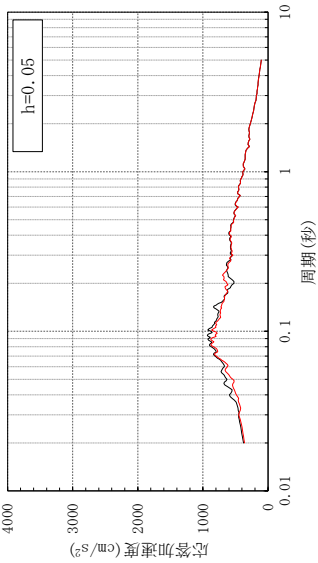
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p style="text-align: center;">EL 1.3m No. 20673</p>		
 <p style="text-align: center;">EL 1.3m No. 21534</p>		

表 3-3(5) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(b) EL 15.3m

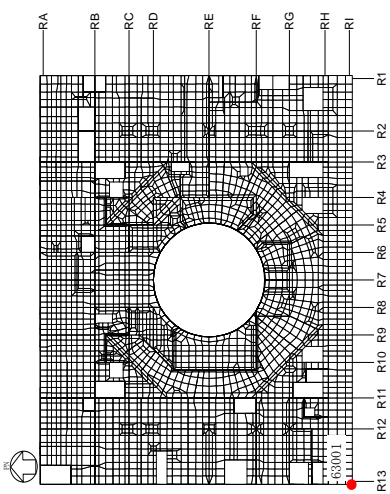
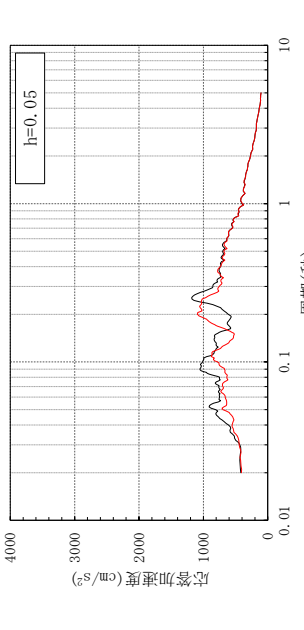
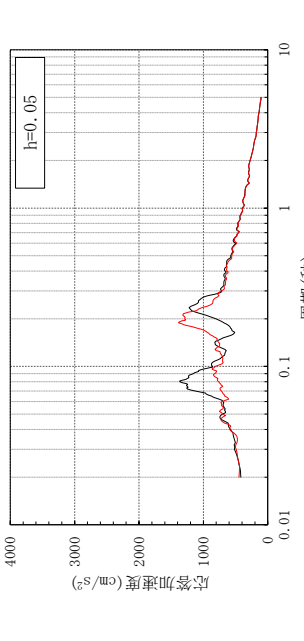
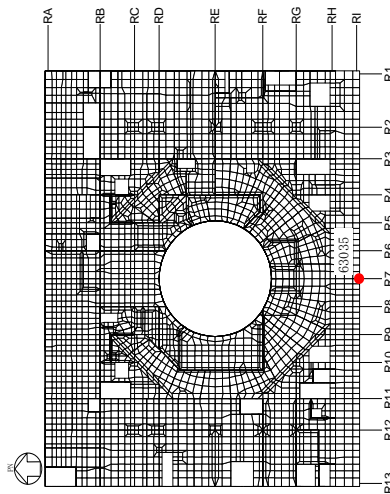
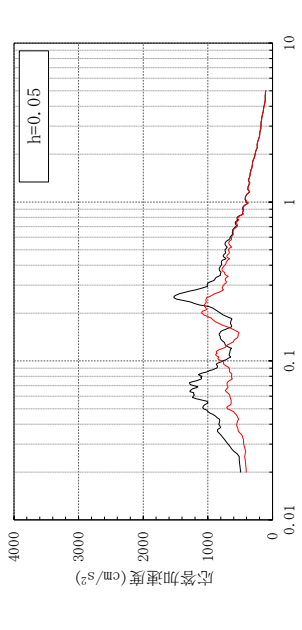
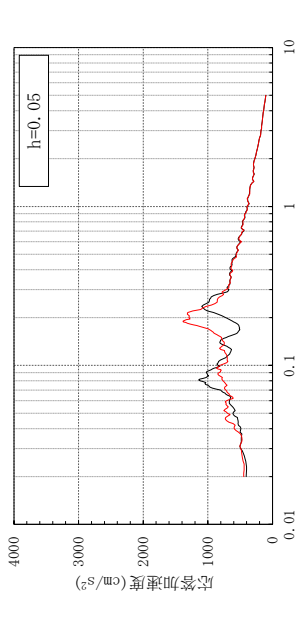
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p>EL 15.3m No. 63001</p>		
 <p>EL 15.3m No. 63035</p>		

表 3-3(6) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(b) EL 15.3m

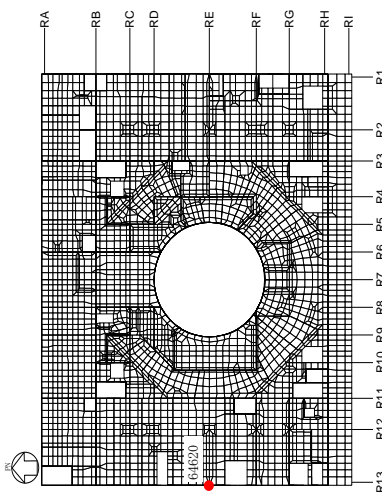
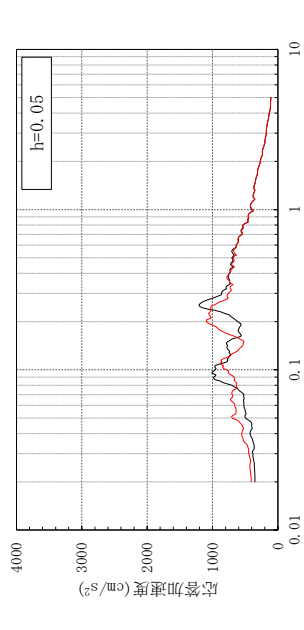
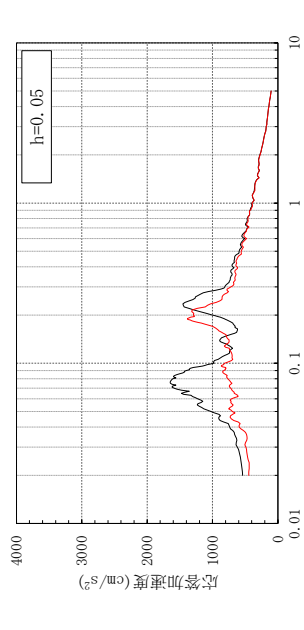
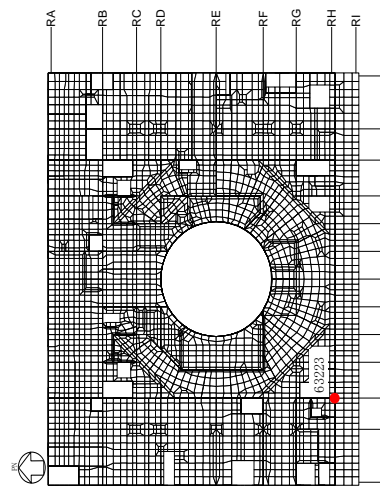
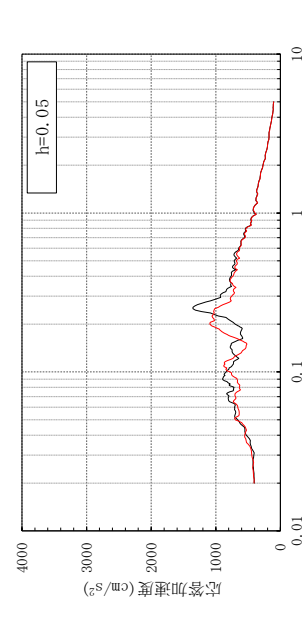
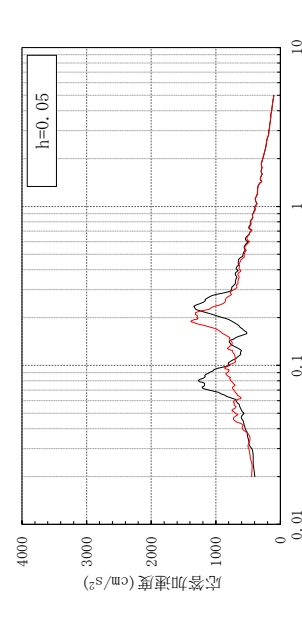
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p>EL 15.3m No. 64620</p>		
 <p>EL 15.3m No. 63223</p>		

表 3-3(7) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(b) EL 15.3m

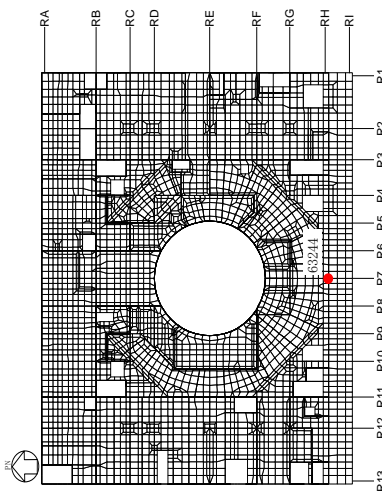
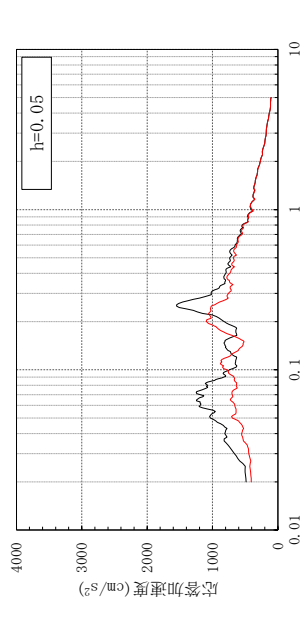
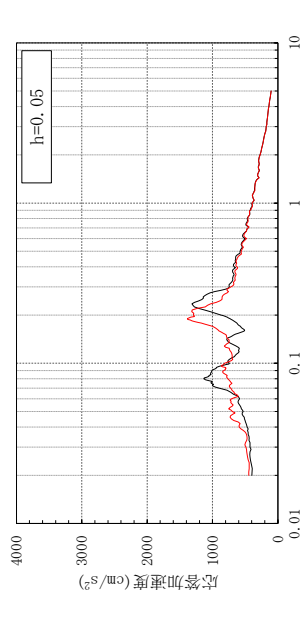
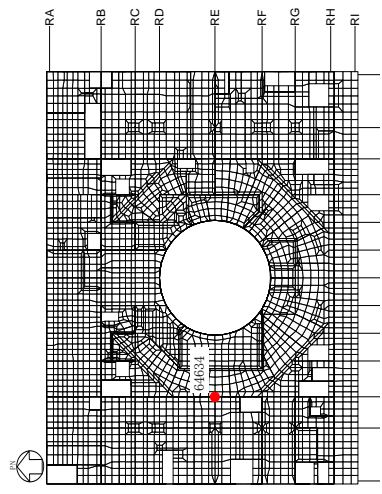
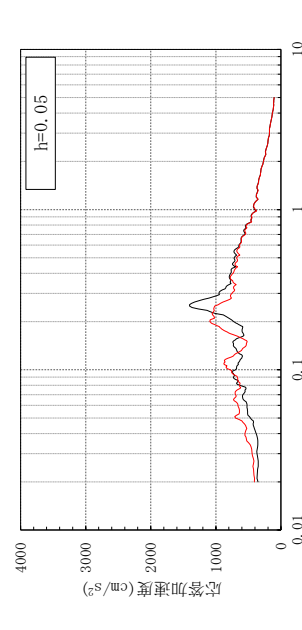
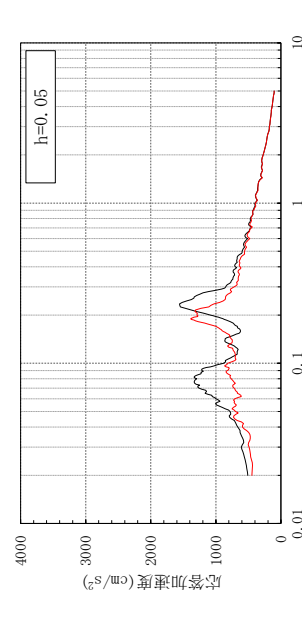
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p>EL 15.3m No. 63244</p>		
 <p>EL 15.3m No. 64634</p>		

表 3-3(8) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(c) EL 15.3m

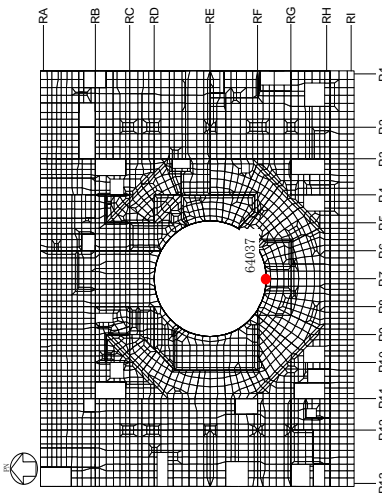
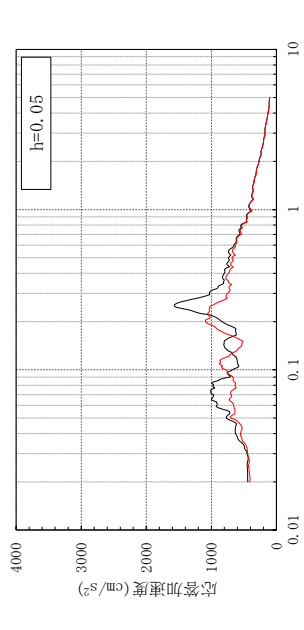
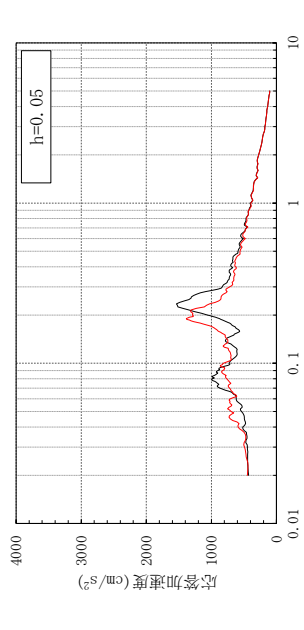
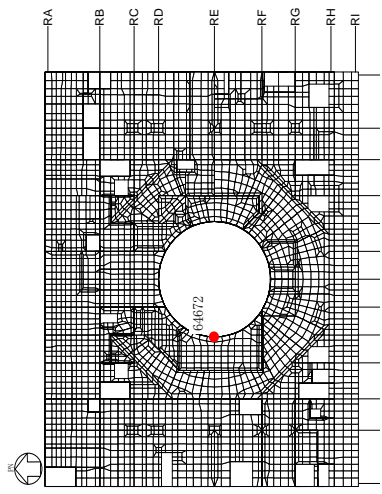
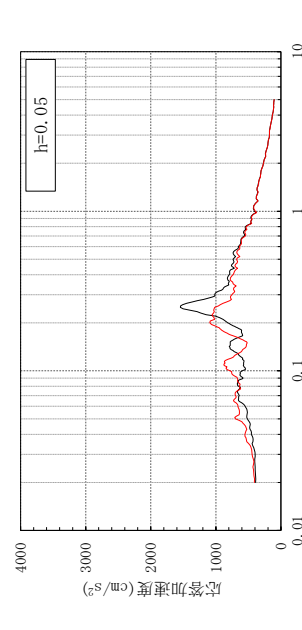
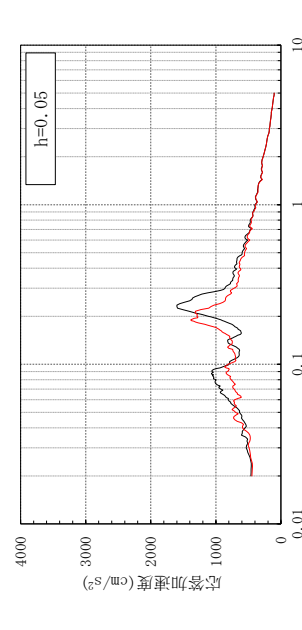
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p style="text-align: center;">EL 15.3m No. 64037</p>		
 <p style="text-align: center;">EL 15.3m No. 64672</p>		

表 3-3(9) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(c) EL 42.8m

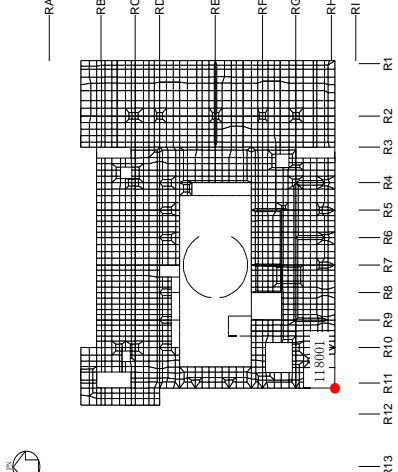
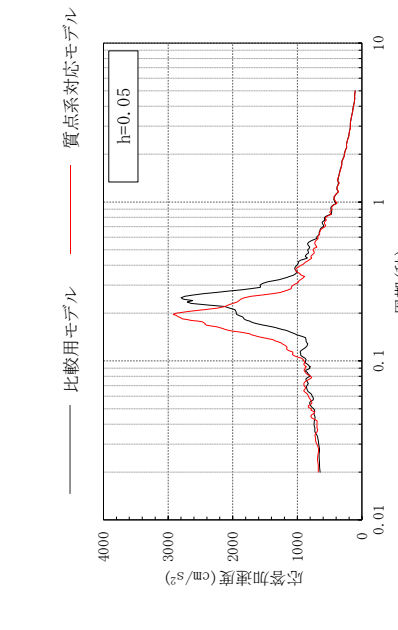
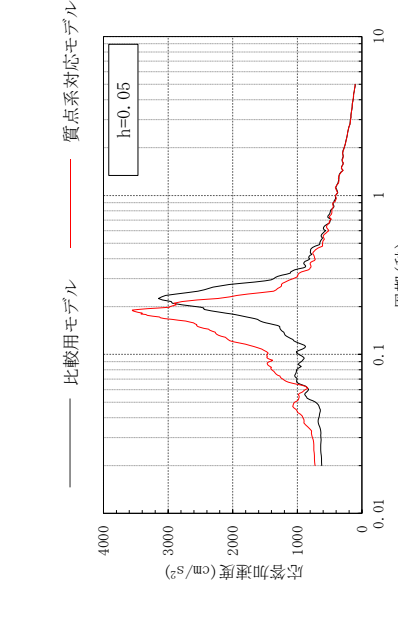
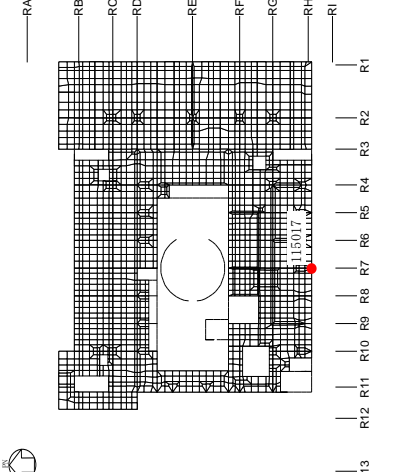
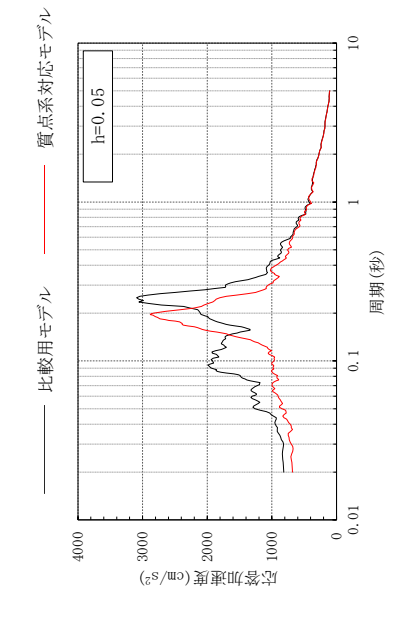
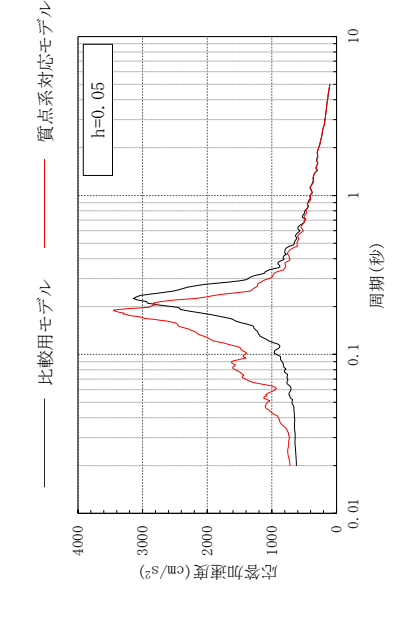
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p>EL 42.8m No. 118001</p>		
 <p>EL 42.8m No. 115017</p>		

表 3-3(10) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(c) EL 42.8m

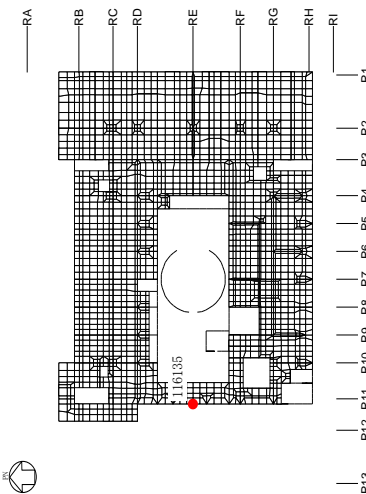
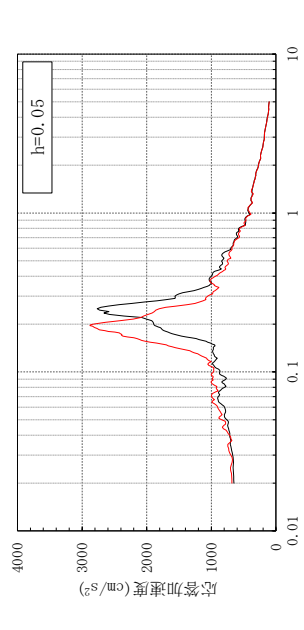
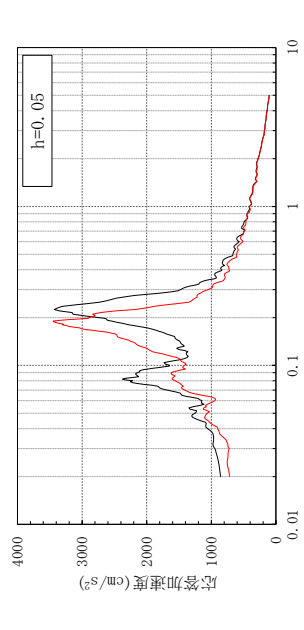
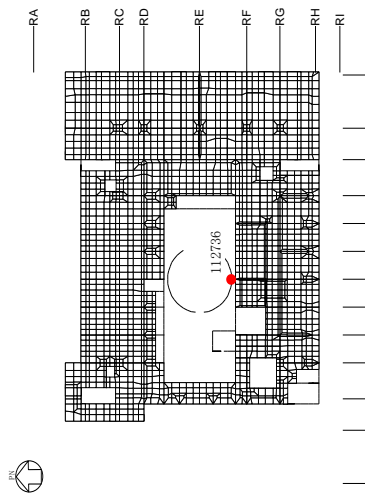
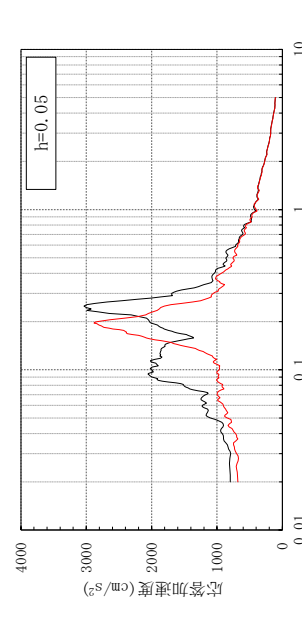
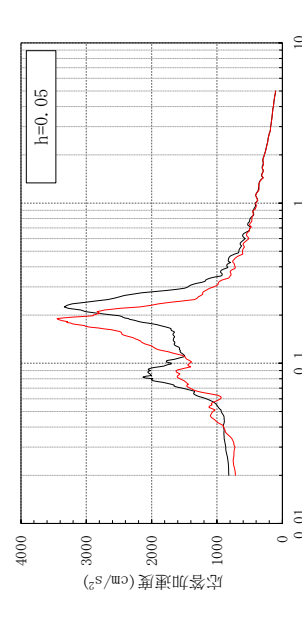
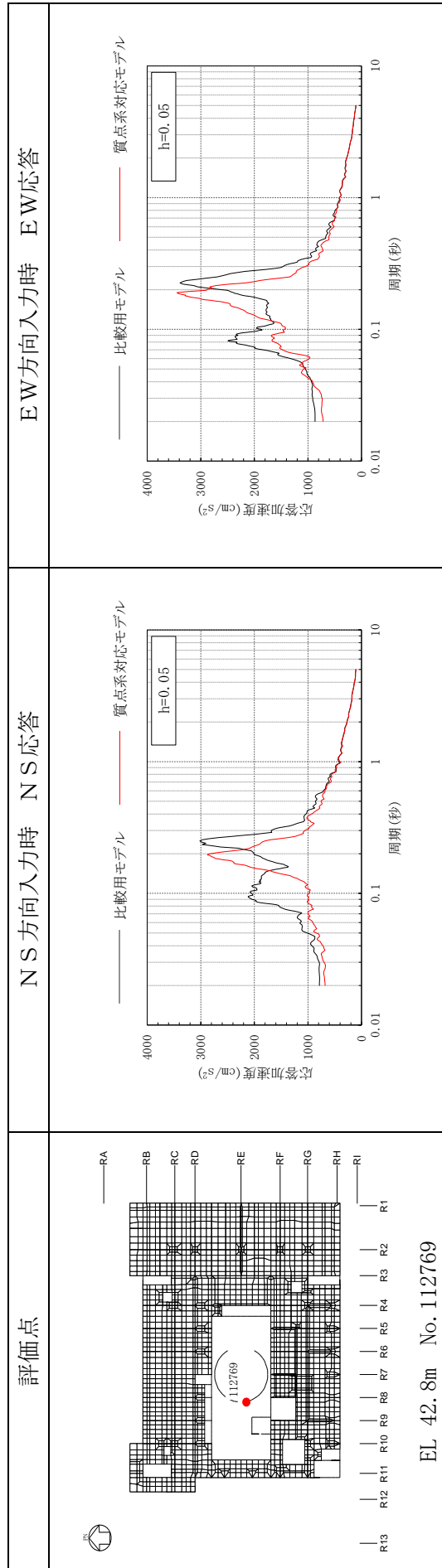
評価点	NS 方向入力時 NS 応答	EW 方向入力時 EW 応答
 <p>EL 42.8m No. 116135</p>		
 <p>EL 42.8m No. 112736</p>		



表 3-3(11) 比較用モデルと質点系対応モデルの応答比較 (S d - D)

(c) EL 42.8m



### 3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響

#### (1) 地震動の入力方法

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として、建物模擬モデルに弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を水平2方向及び鉛直方向に同時に入力(3方向同時入力)した場合について検討する。

地震動の組合せを表3-4に示す。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討は、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を水平2方向及び鉛直方向に組み合わせた地震力に対して実施する。

3方向同時入力による各方向の応答は、水平2方向及び鉛直方向の地震動を入力して算出された各成分の応答を、時刻歴上で足し合わせるにより算出する。

応答算出の考え方を図3-9に示す。

表 3-4 地震動の組合せ (S d - D)

地震動の入力方向		NS方向	EW方向	鉛直方向
1方向入力	NS方向 評価時	S d - DH	-	-
	EW方向 評価時	-	S d - D p *	-
3方向 同時入力	NS方向 評価時	S d - DH	S d - D p *	S d - DV
	EW方向 評価時			

注記\* : 基準地震動 S s - D の設計用応答スペクトルに適合するように、位相を変えた模擬地震波に 0.5 を乗じて設定した地震波。

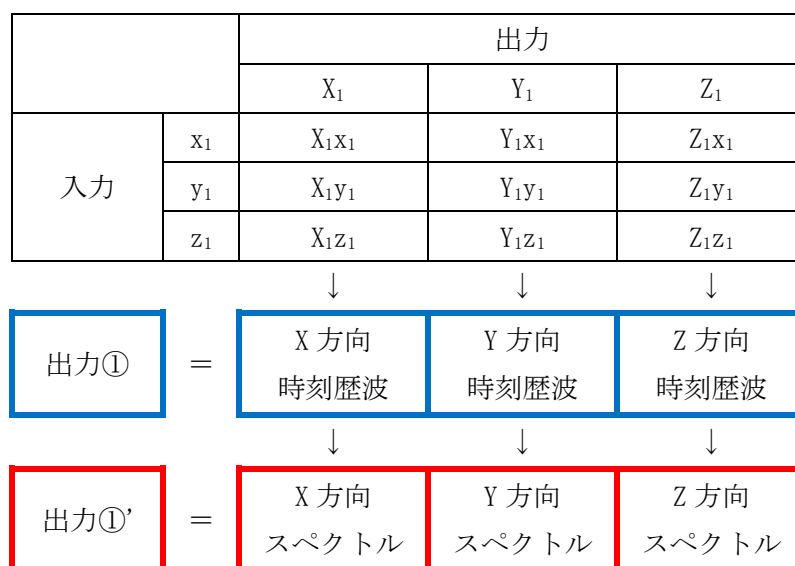


図 3-9 3次元 FEMモデルによる応答算出の考え方

(2) 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

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は、表 3-4 の地震動を対象に、NS 方向及びEW方向にそれぞれ 1 方向入力した場合の応答と、3 方向同時入力した場合の応答を比較することにより実施する。

応答は図 3-8 に示す評価点について比較するものとし、比較した結果を表 3-5 に示す。

表 3-5 より、いずれの評価点においても、1 方向入力時及び 3 方向同時入力時の応答の差は小さく、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はほとんどないことを確認した。

「3.2.2 鉛直軸回りのねじれ振動の影響」では、水平 2 方向の入力を考えた場合に、ねじれの影響によって相互に応答増幅する可能性が示唆されたが、ねじれ振動の影響による応答増幅は見られなかった。

原子炉建物の質点系モデルを用いた耐震検討では、ねじれ振動を考慮せず、水平 1 方向入力時の入力方向の応答に対する検討を行っているが、本検討結果により、ねじれを考慮しないことは妥当と考える。

表 3-5(1) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

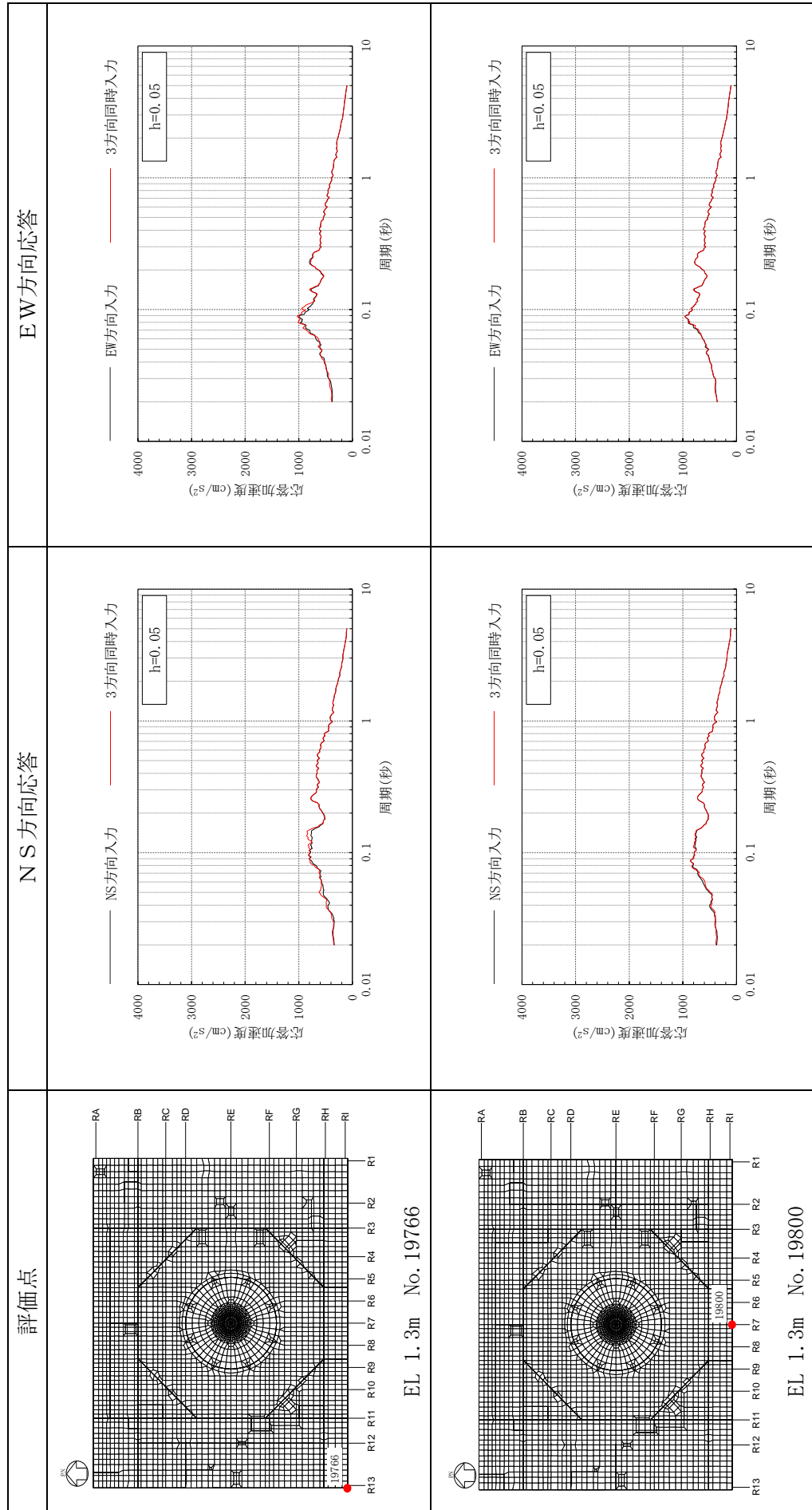


表 3-5(2) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d -D)

(a) EL 1.3m

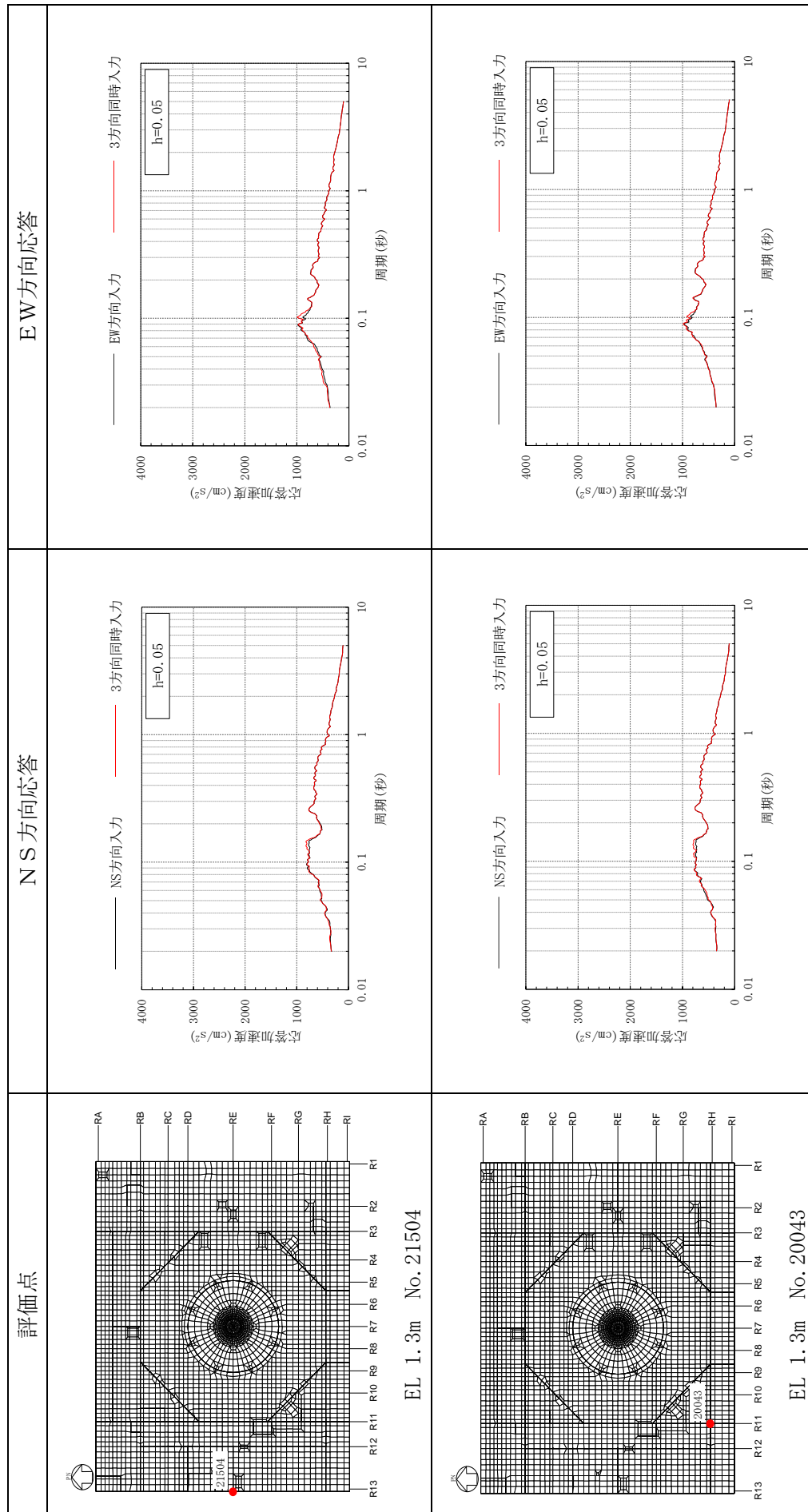


表 3-5(3) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D)

(a) EL 1.3m

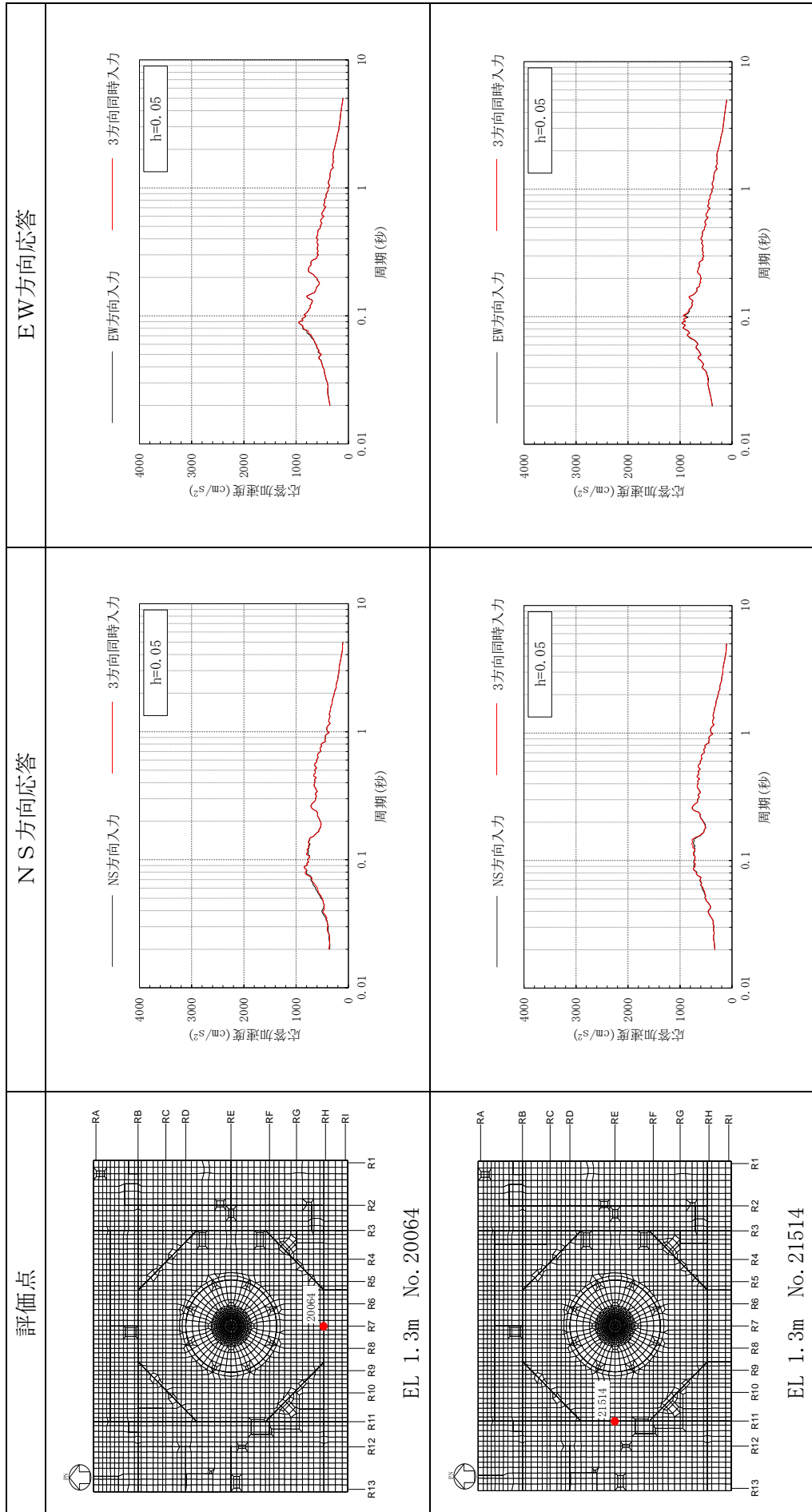


表 3-5(4) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d -D)

(a) EL 1.3m

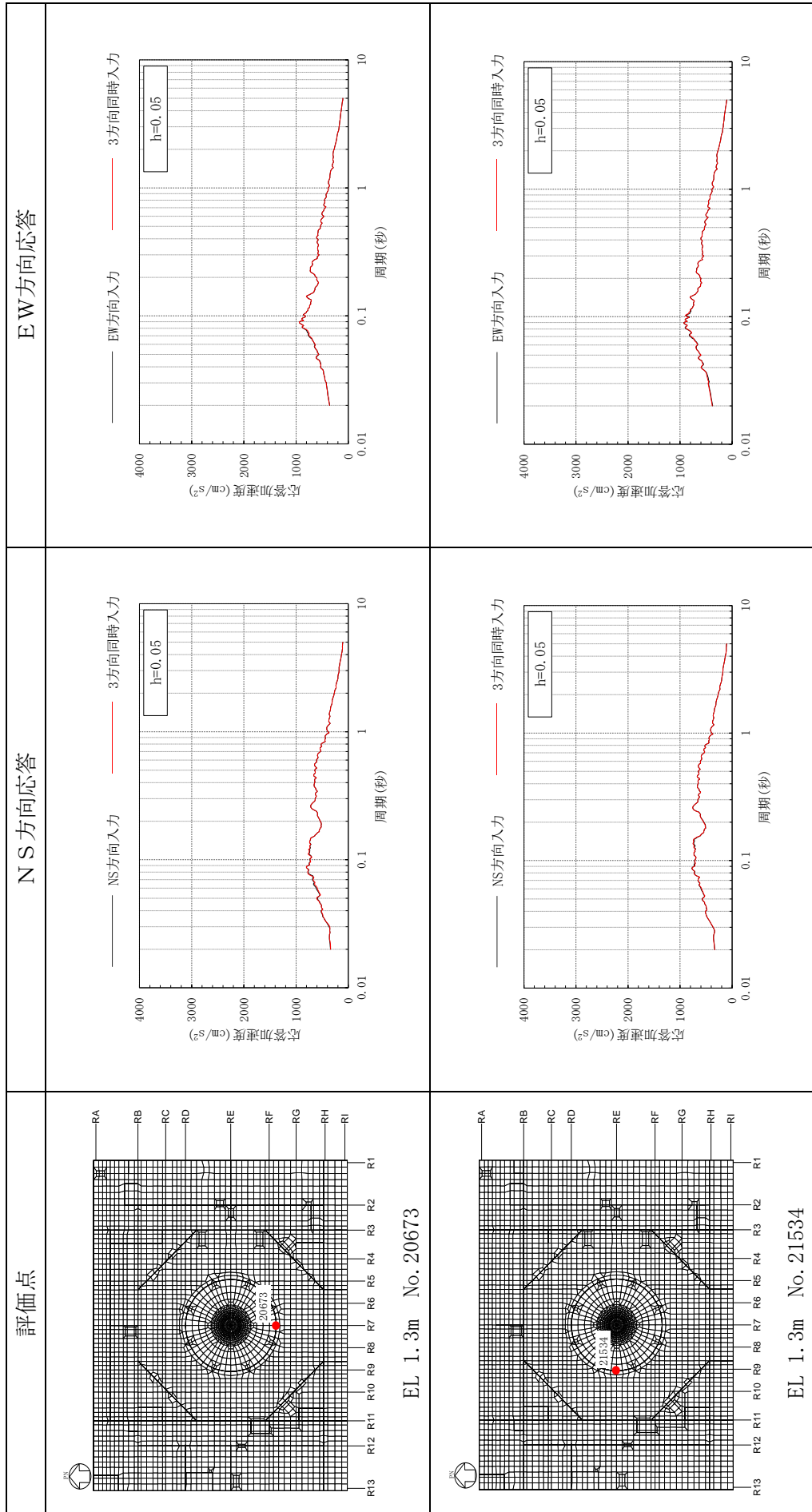




表 3-5(5) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D)

(b) EL 15.3m

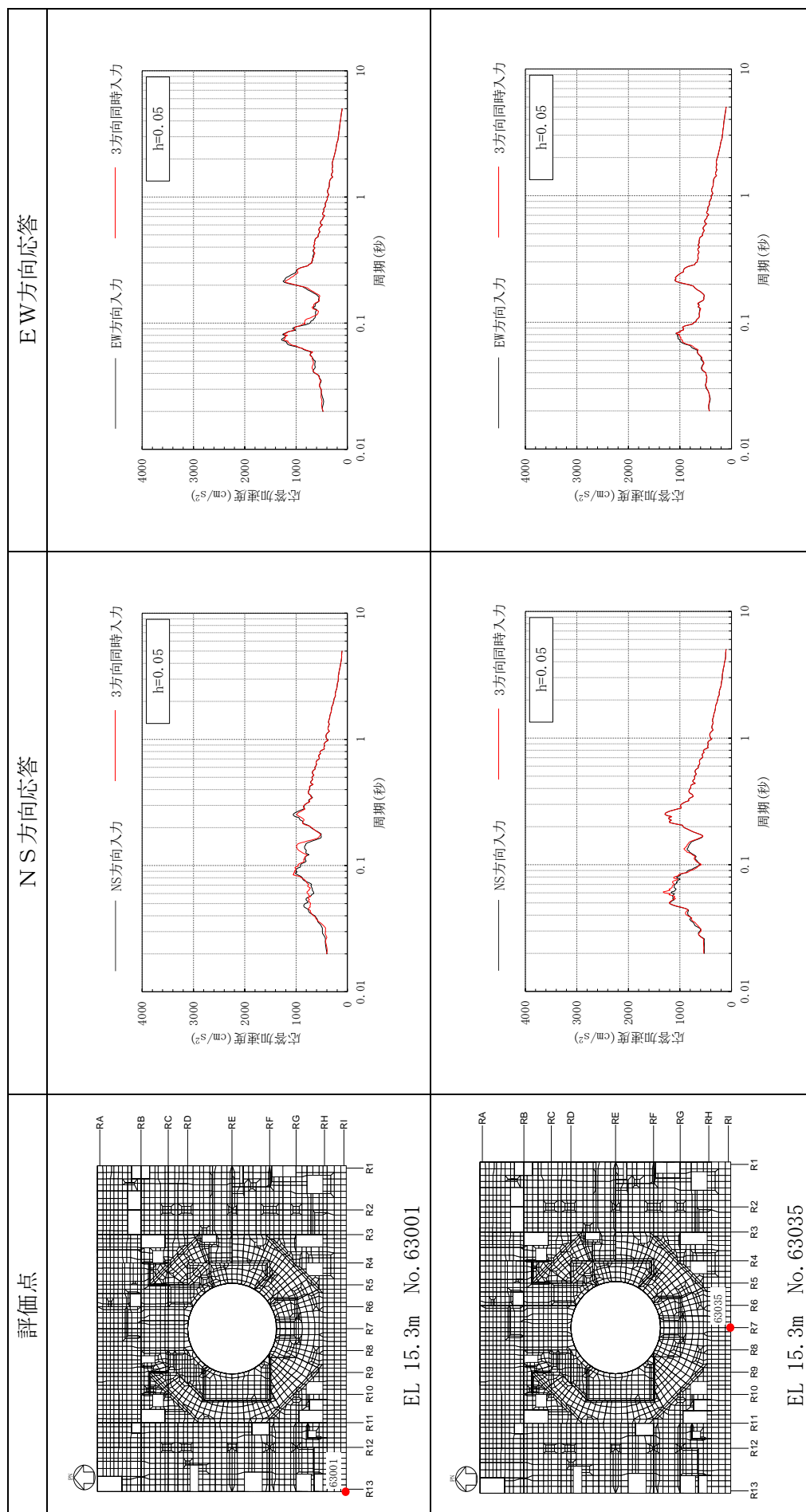


表 3-5(6) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d -D)

(b) EL 15.3m

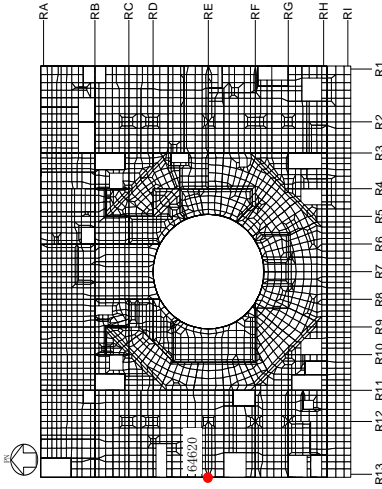
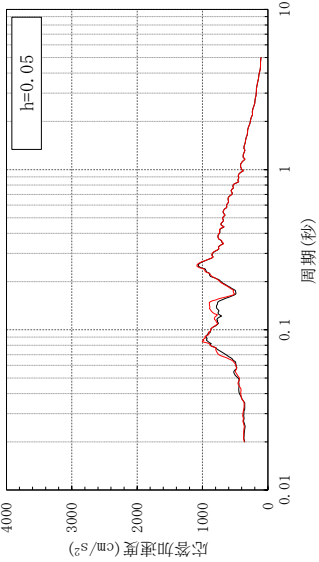
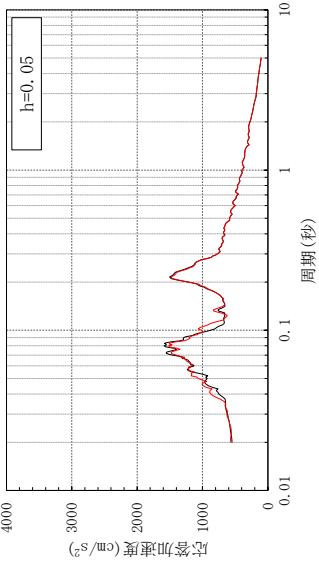
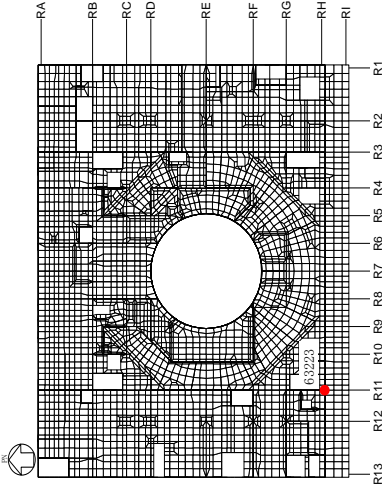
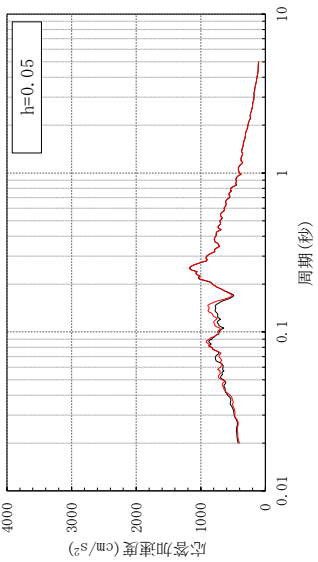
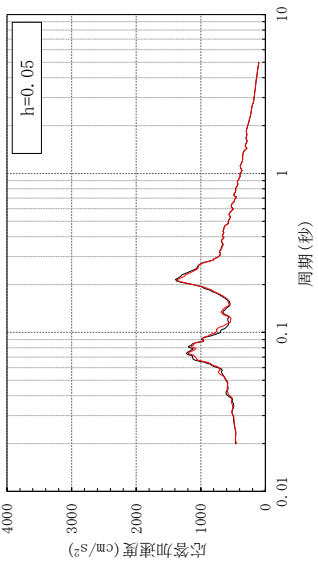
評価点	NS 方向応答	EW 方向応答
 <p>EL 15.3m No. 64620</p>		
 <p>EL 15.3m No. 63223</p>		

表 3-5(7) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D)

(b) EL 15.3m

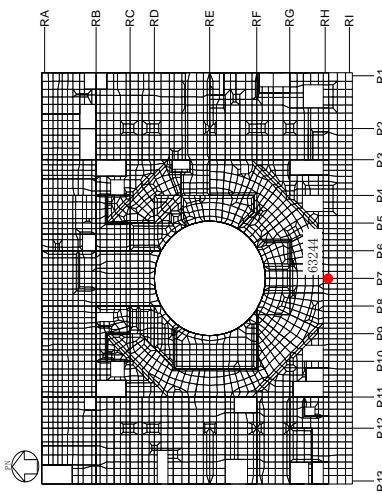
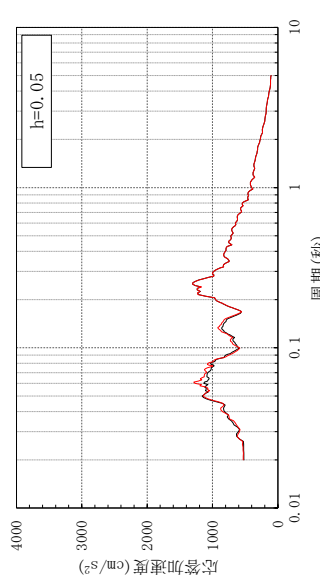
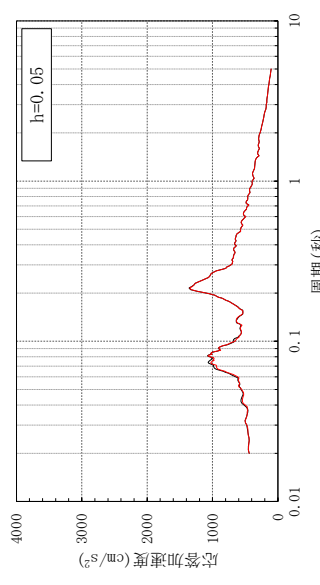
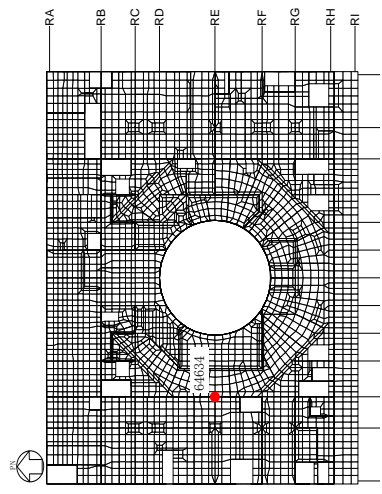
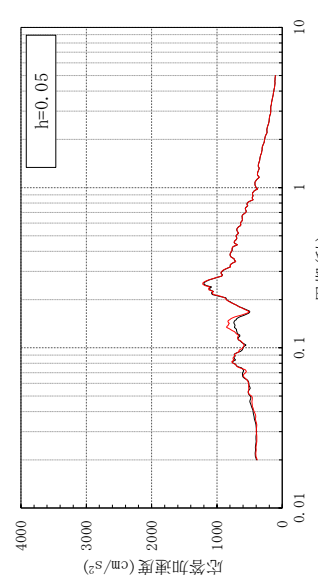
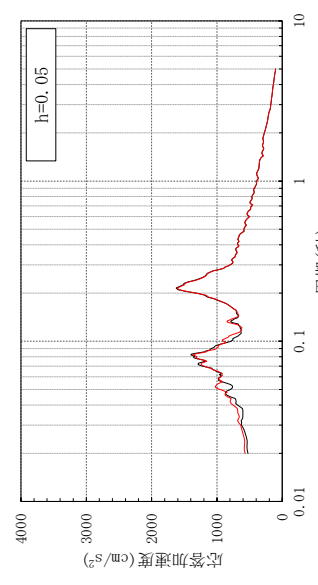
評価点	NS 方向応答	EW 方向応答
 <p>EL 15.3m No. 63244</p>		
 <p>EL 15.3m No. 64634</p>		

表 3-5(8) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d -D)

(b) EL 15.3m

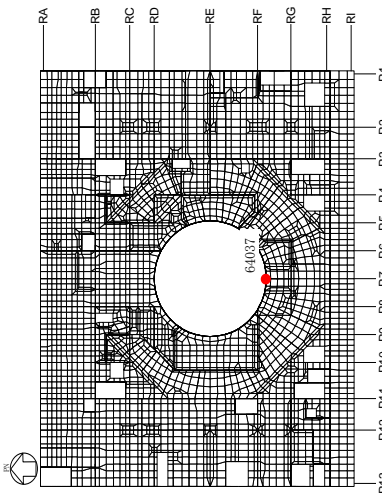
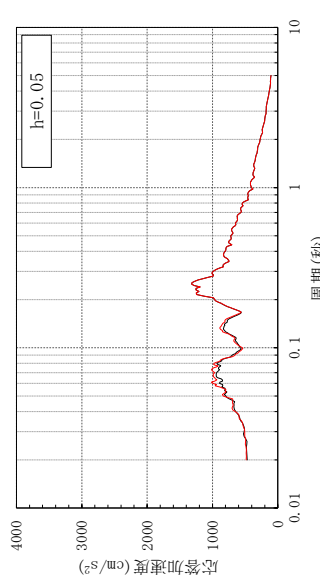
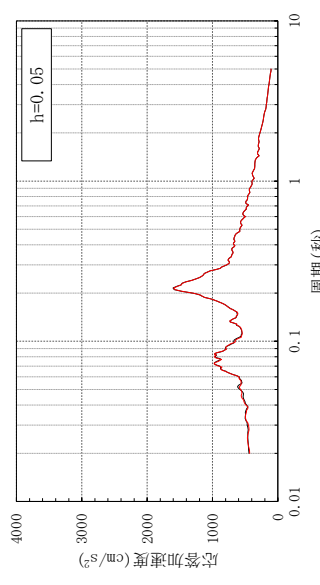
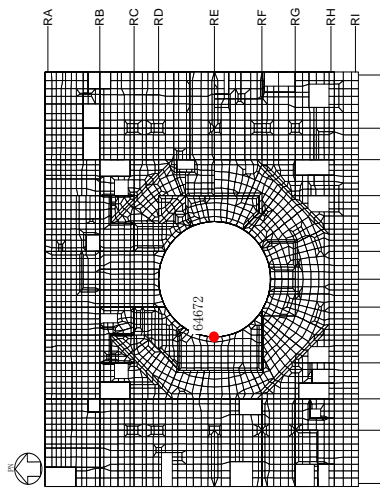
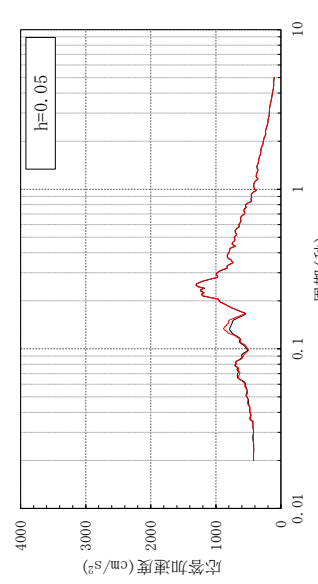
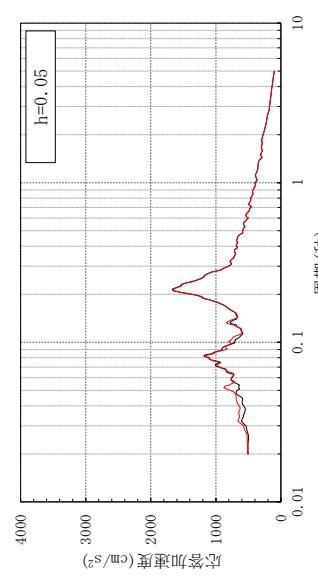
評価点	NS 方向応答	EW 方向応答
 <p>EL 15.3m No. 64037</p>		
 <p>EL 15.3m No. 64672</p>		

表 3-5(9) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d -D)

(c) EL 42.8m

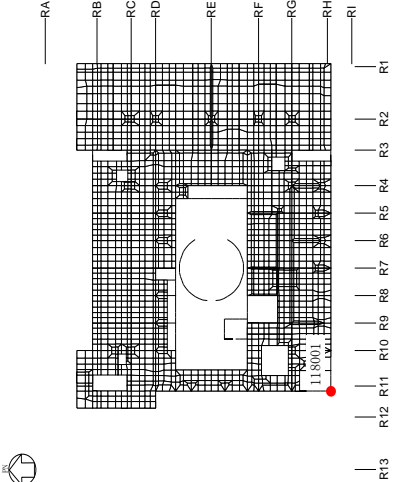
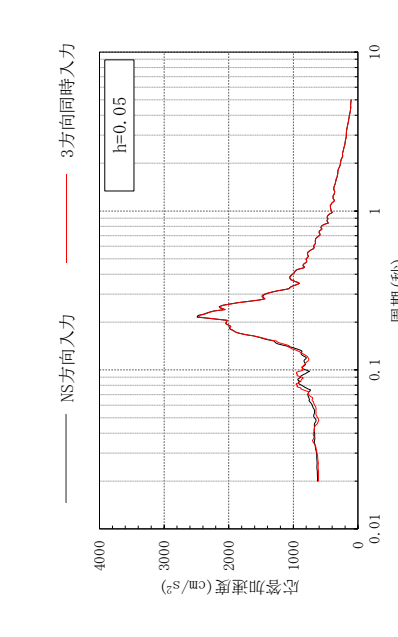
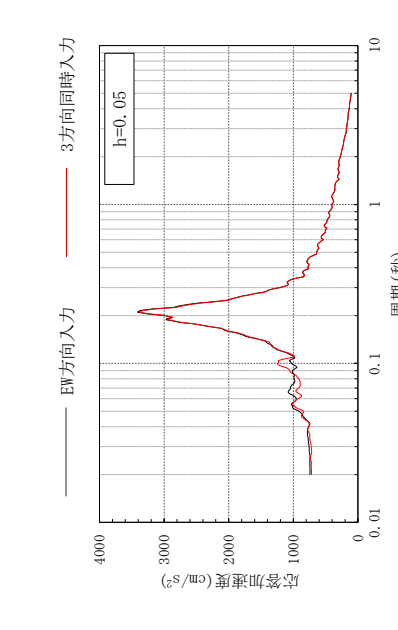
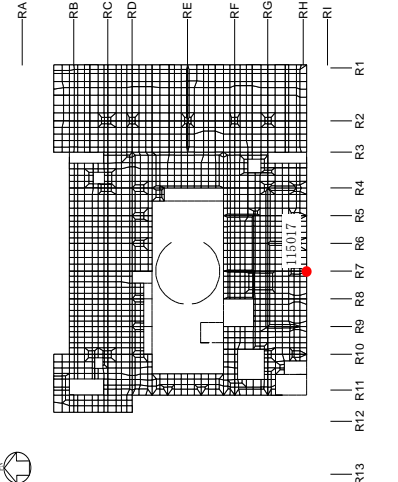
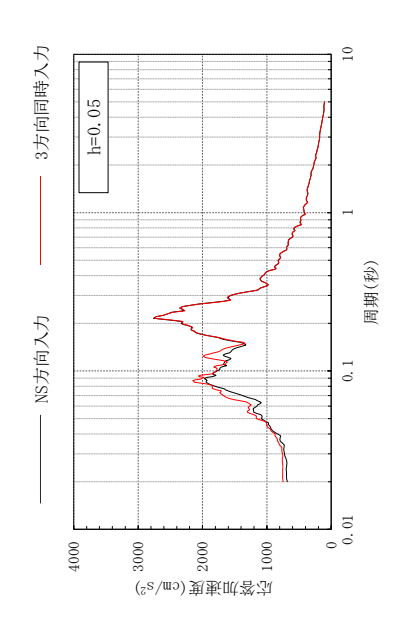
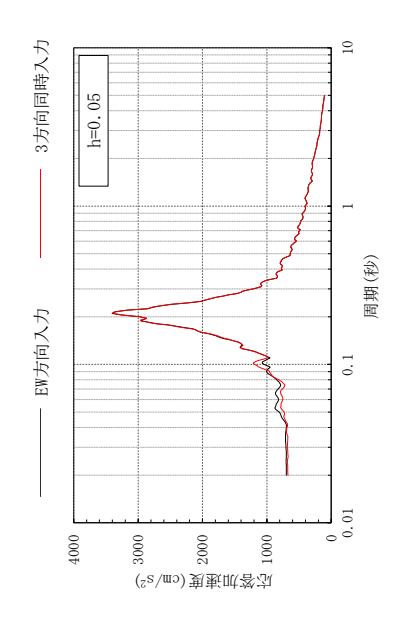
評価点	NS 方向応答	EW 方向応答
 <p>EL 42.8m No. 118001</p>		
 <p>EL 42.8m No. 115017</p>		

表 3-5(10) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D)

(c) EL 42.8m

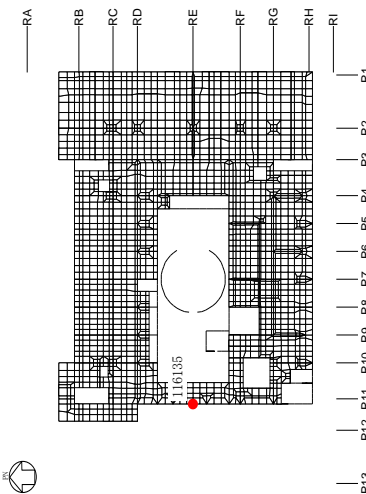
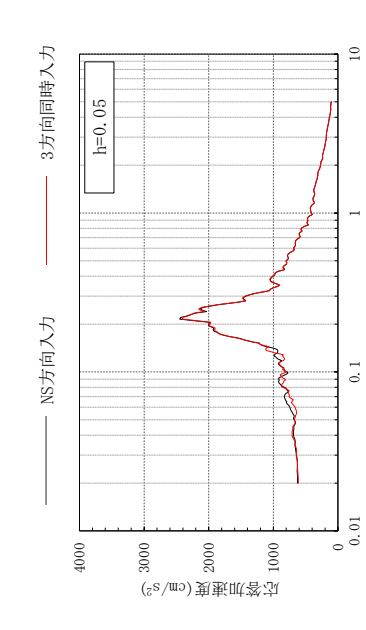
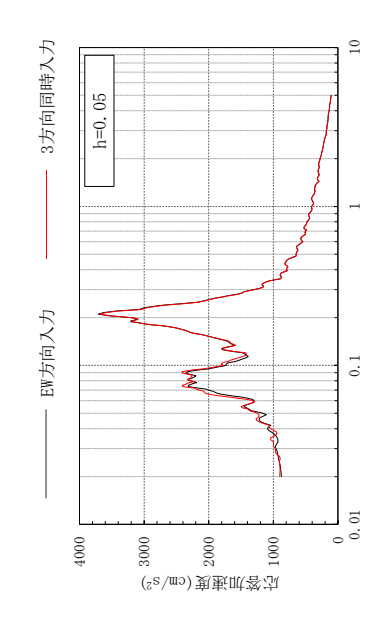
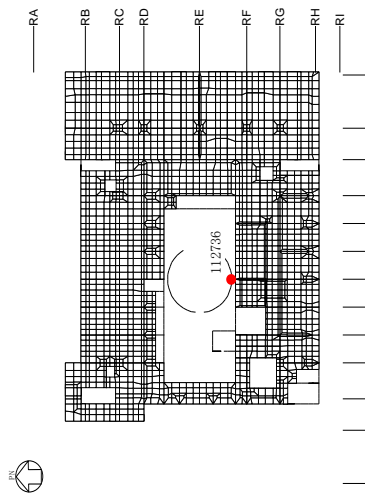
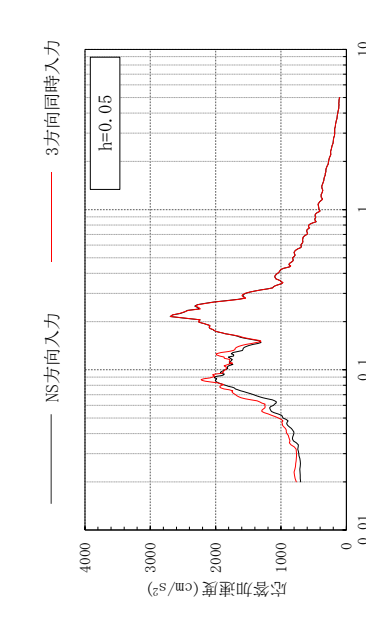
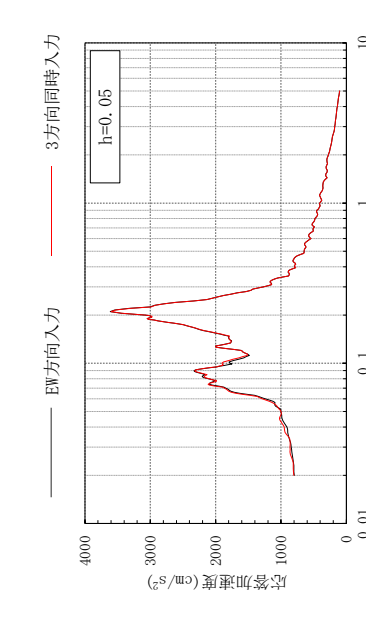
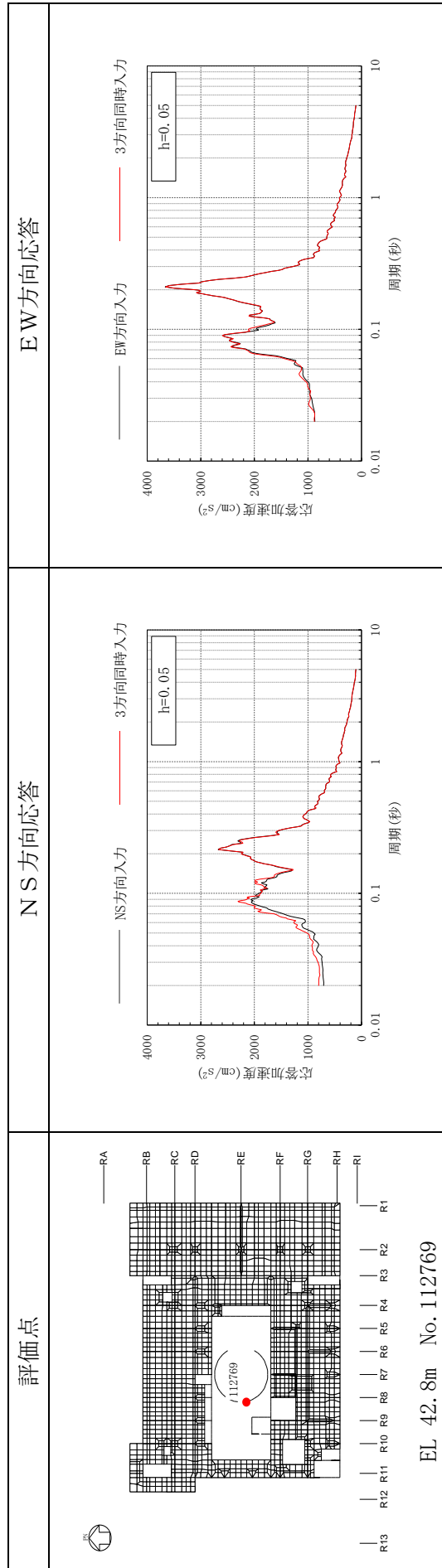
評価点	NS 方向応答	EW 方向応答
 <p>EL 42.8m No. 116135</p>		
 <p>EL 42.8m No. 112736</p>		

表 3-5(11) 建物模擬モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力への応答比較 (S d -D)

(c) EL 42.8m



### 3.2.5 まとめ

3次元FEMモデルを用いて地震応答解析を実施し、応答性状について分析・考察を行った。

基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響について、ロッキング振動の影響はほとんどないことを確認した。

床柔性の影響について、比較用モデルと質点系対応モデルの応答を比較した結果、応答の差は小さく、床柔性の影響がほとんどないことを確認した。

鉛直軸回りのねじれ振動の影響並びに水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響について、建物模擬モデルを用いて検討した結果、3方向同時入力と1方向入力時での応答の差異がほとんどないことから、1方向入力時の応答に対し、これらの影響がほとんどないことを確認した。

以上の3次元的な応答特性に関する分析・考察を踏まえて、次節以降では、局所的な応答による建物耐震性評価及び床応答への影響を検討する。



### 3.3 建物耐震性評価への影響検討

#### 3.3.1 検討方針

追而

#### 3.3.2 建物模擬モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討

追而

#### 3.3.3 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建物影響検討

追而

#### 4. まとめ

別紙2「原子炉建物3次元FEMモデルを用いた精査」においては、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建物(燃料取替階レベル)の壁(一般部)について、3次元FEMモデルにより精査を行い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の考慮が必要な部位は抽出されなかったことを確認した。

本資料では、建物評価部位全般に対し、原子炉建物を対象とした3次元FEMモデルより、水平2方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度を算出し検討することで、局所的な応答についての精査を行った。精査の結果、有している耐震性への影響が小さいと判断できることから、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が必要な部位は抽出されなかった。

以上のことから、3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は、有する耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。

別紙 5 方向性を考慮しない水平地震動における  
位相の異なる模擬地震波の作成

## 目 次

1. はじめに..... 別紙 5-1
2. 模擬地震波の作成方針..... 別紙 5-1
3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成例..... 別紙 5-5

## 1. はじめに

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動  $S_s - D$  及び「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動  $S_s - N1$  については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合、水平 2 方向のうち 1 方向について模擬地震波を作成し入力する等の方法が考えられる。本資料では、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討に用いる模擬地震波の作成について示す。

## 2. 模擬地震波の作成方針

応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動  $S_s - D$  及び「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動  $S_s - N1$  の水平方向の模擬地震波の作成方針を下記に示す。

### (1) 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動に対する模擬地震波

基準地震動  $S_s - D$  の模擬地震波について、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、基準地震動を作成した方法と同一の方法で、位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を作成する。応答スペクトルのコントロールポイントを表 2-1 に、振幅包絡線の経時的变化を表 2-2 に示す。

なお、念のために 2000 年鳥取県西部地震の 2 号地盤の鉛直アレイ観測点 (T. P. -5. 0m) における観測記録から、当該サイトにおいて、水平 2 方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、基準地震動  $S_s - D$  を同時に水平 2 方向に入力した場合のオービット (図 2-1) と、観測記録の水平 2 方向のオービット (図 2-2) との比較を行った。

図 2-1 から、全く同じ地震動を同時に水平 2 方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい  $45^\circ$  方向に直線的な軌跡を示す。一方、図 2-2 より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。

### (2) 「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動に対する模擬地震波

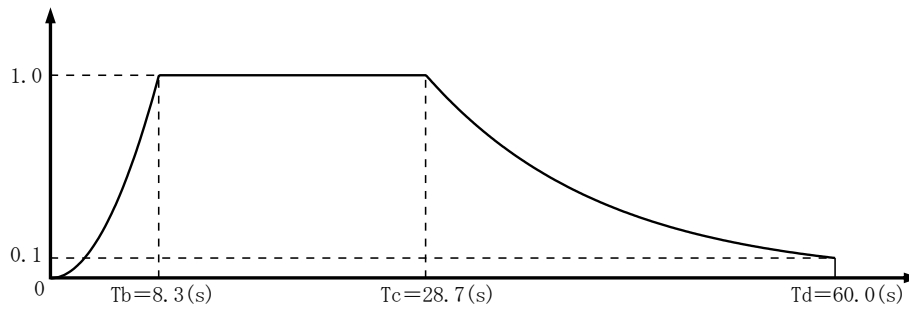
基準地震動  $S_s - N1$  は「震源を特定せず策定する地震動」として、2004 年北海道留萌支庁南部地震の観測記録より策定された地震動である。基準地震動  $S_s - N1$  における水平方向の地震動は、観測記録から推定される解放基盤表面相当位置の地震動に基づき作成されている。模擬地震波については、基準地震動  $S_s - N1$  の作成方法と同一の方法で、基準地震動  $S_s - N1$  で用いた観測記録と水平方向に直交する観測記録から作成する。

表 2-1 応答スペクトルのコントロールポイント

S s - D コントロール ポイント	周期 (s)	A 0.020	B 0.050	C 0.087	D 0.14	E 0.20	F 0.29	G 0.60	H 1.75	I 5.00
	速度 (cm/s)	2.611	10.35	25.62	41.22	45.63	61.16	108.5	170.0	170.0

表 2-2 振幅包絡線の経時的変化

模擬 地震波	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	マグニチュード M	等価震源距離 Xeq (km)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
				T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>d</sub> (継続時間)
S s - D	820	7.7	17.3	8.3	28.7	60.0

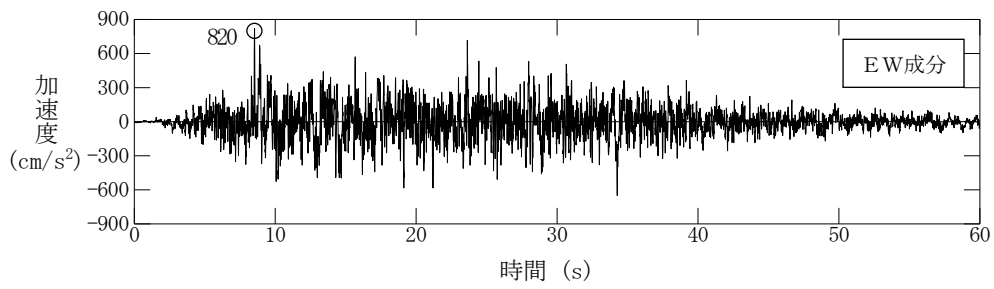
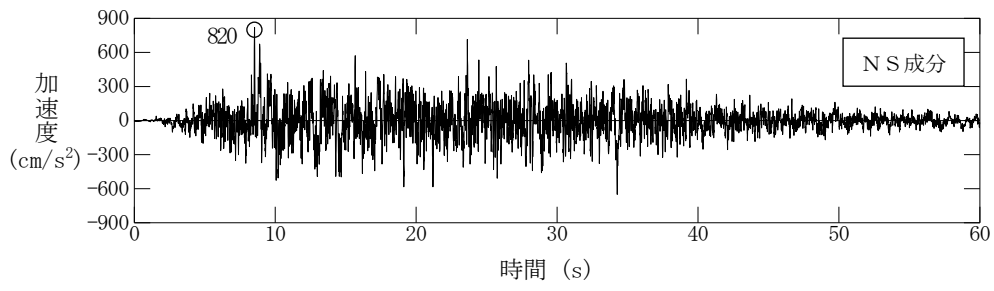


$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

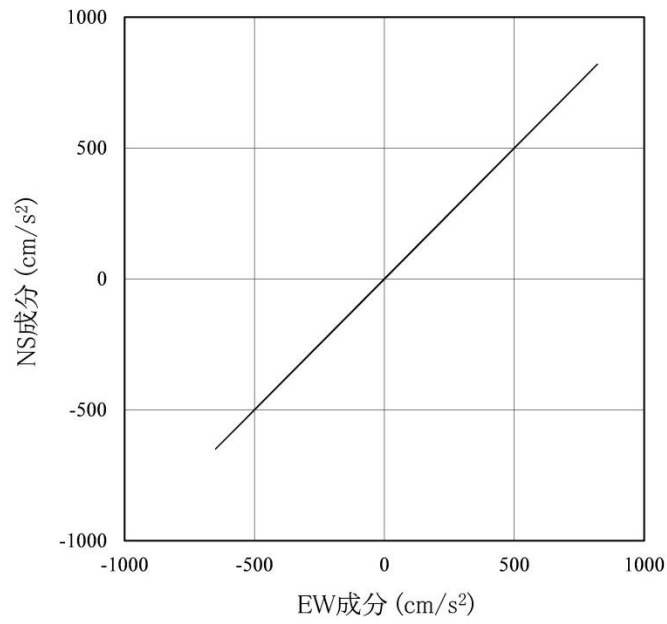
$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.541\log X_{eq}-0.6}$$

$$\text{振幅包絡線} : E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & 0 \leq T \leq T_b \\ 1.0 & T_b \leq T \leq T_c \\ e^{\frac{\ln(0.1)}{T_d-T_c}(T-T_c)} & T_c \leq T \leq T_d \end{cases}$$

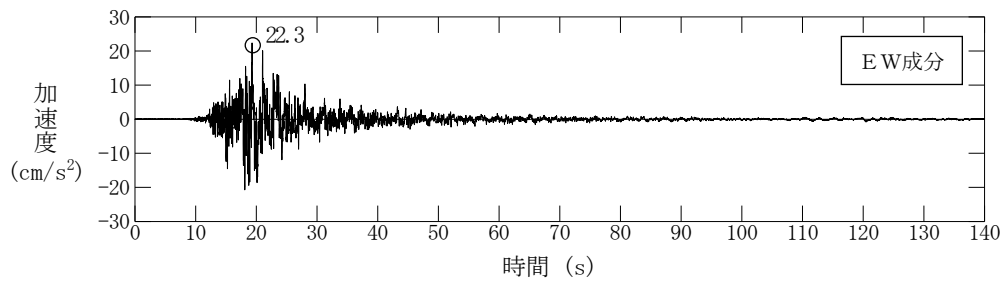
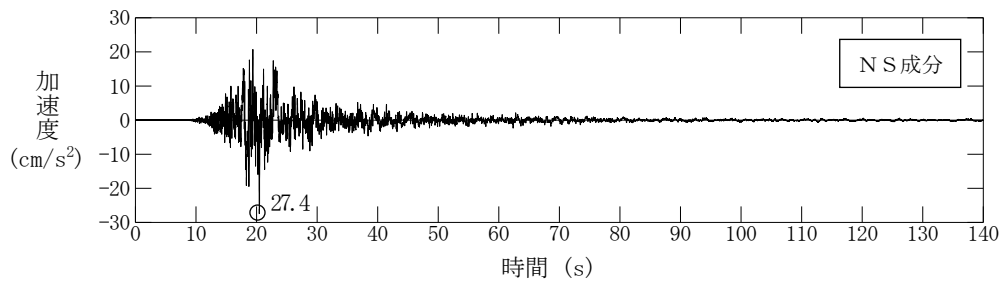


(a) 加速度時刻歴波形

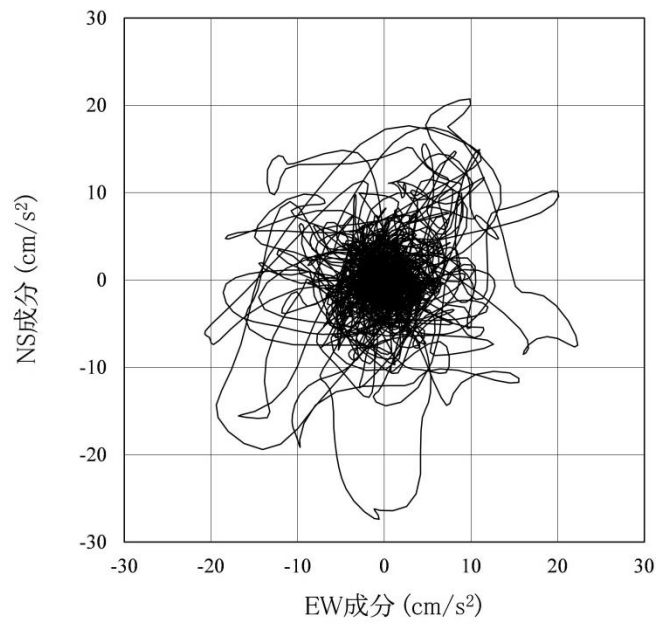


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2-1 基準地震動 S s - D



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図2-2 2000年鳥取県西部地震観測記録  
(2号地盤の鉛直アレイ観測点 T.P. -5.0m)



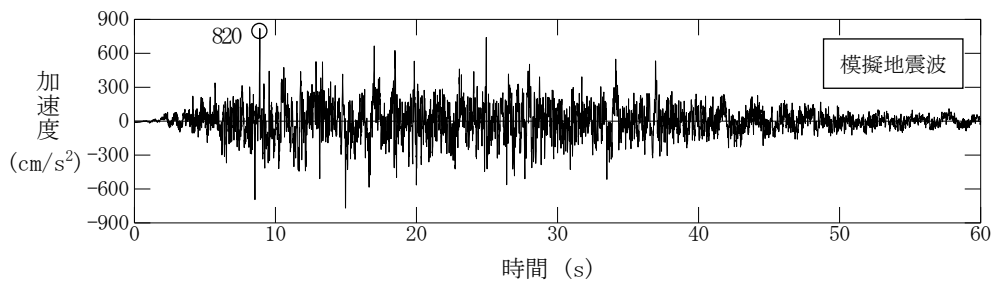
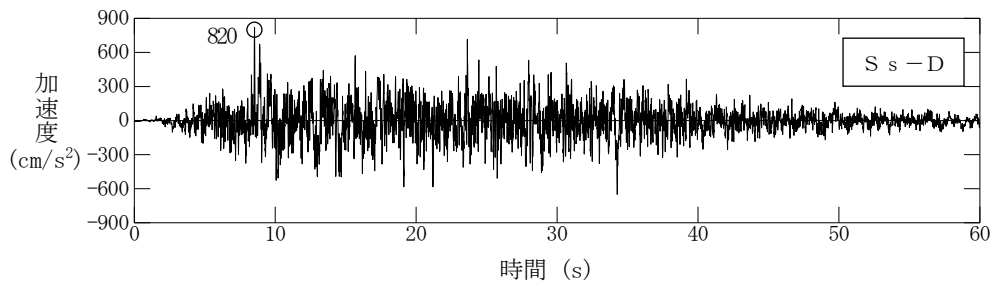
### 3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成例

基準地震動  $S_s - D$  及び基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形と、それぞれの地震波を 2 方向入力した場合のオービットを図 3-1 に示す。

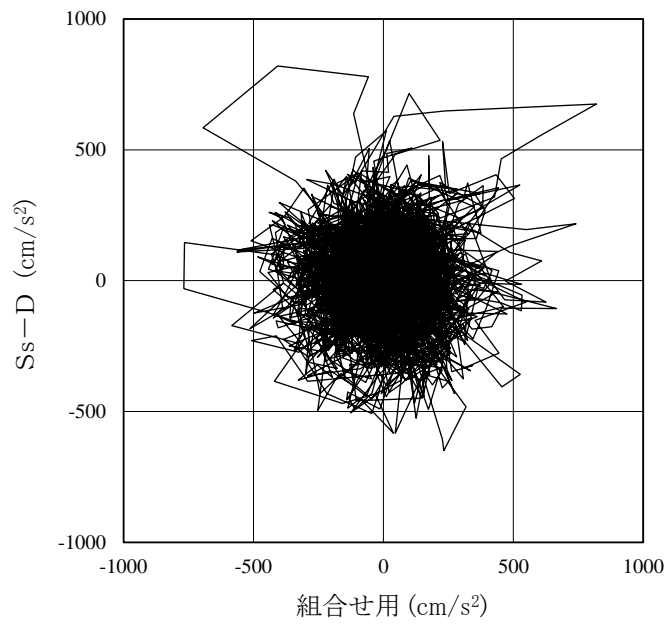
図 3-1 に示すように、基準地震動  $S_s - D$  と新たに作成した基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波のオービットはランダムな軌跡を示している。

また、基準地震動  $S_s - D$  及び基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルを図 3-2 に示す。なお、目標とする応答スペクトル値に対する、基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の  $S/I$  比は 1.0 以上、応答スペクトル比は 0.85 以上である。応答スペクトル比を図 3-3 に示す。

図 3-3 に示すように、基準地震動  $S_s - D$  と新たに作成した基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルは、ほぼ同じである。

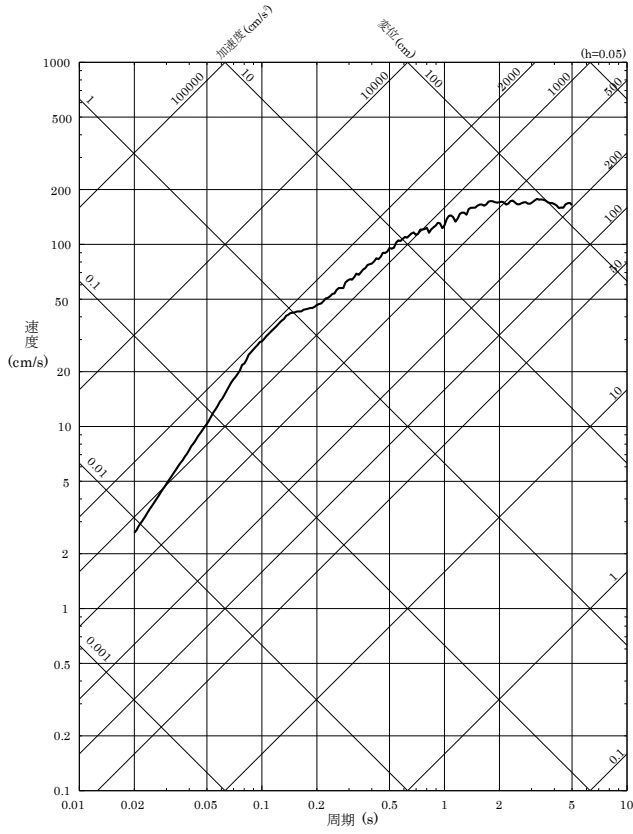


(a) 加速度時刻歴波形

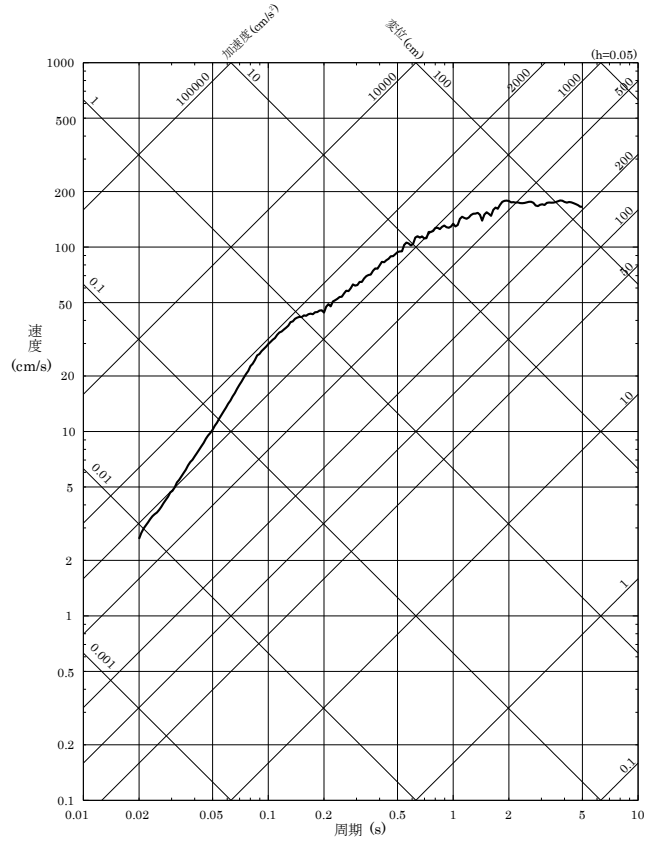


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 3-1 基準地震動  $S_s - D$  及び位相特性の異なる模擬地震波



(a) 基準地震動 S s - D



(b) 基準地震動 S s - D と位相特性の異なる模擬地震波

図 3-2 応答スペクトル

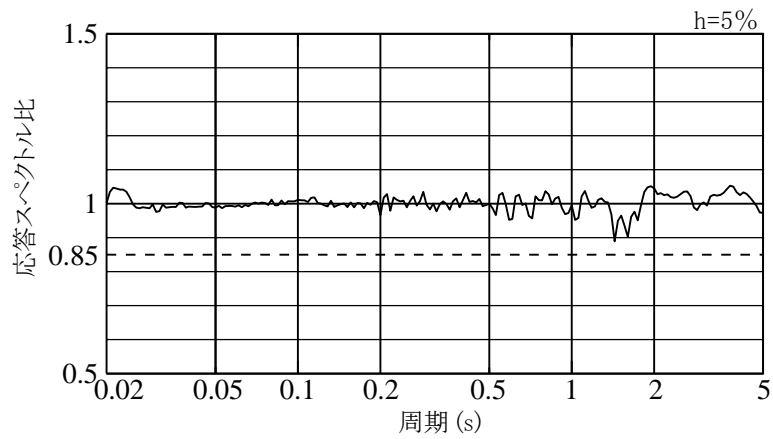


図 3-3 基準地震動 S s - D と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトル比