

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-058 改2
提出年月日	2020年7月22日

V-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

K7 ① V-2-12 R0

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要	1
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	1
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影響評価結果	1
3.1 建物・構築物	1
3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出	1
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部位の抽出結果	10
3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価方針	12
3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	13
3.2 機器・配管系	
3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	
3.2.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	
3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果	
3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	
3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	
3.2.6 まとめ	
3.3 屋外重要土木構造物	
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	
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の抽出	

## 1. 概要

本資料は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「4.1 地震力の算定法（2）動的地震力」及び、V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力により、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

## 2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 $S_s$ を用いる。基準地震動 $S_s$ は、V-2-1-2「基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ の策定概要」による。

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

## 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影響評価結果

### 3.1 建物・構築物

#### 3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出

##### (1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を表3-1-1に示す。

##### (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次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を表3-1-2及び3-1-3に示す。

なお、隣接する上位クラス建物・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

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3-1-4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、主排気筒の柱（隅部）、原子炉建屋、原子炉建屋（大物搬入建屋）、コントロール建屋、タービン建屋、緊急時対策所、廃棄物処理建屋及び格納容器圧力逃がし装置基礎の基礎スラブ並びに原子炉建屋（大物搬入建屋）、格納容器圧力逃がし装置基礎の杭基礎を抽出した。

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」する部位として原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）、廃棄物処理建屋（復水貯蔵槽）の壁（一般部）並びに原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋、緊急時対策所、廃棄物処理建屋、サービス建屋及び5号機タービン建屋の壁（地下部）を抽出した。

(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、原子炉建屋（燃料取替床レベル）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。

表 3-1-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部位の整理

耐震評価部位		原子炉建屋	コントロール建屋	タービン建屋	緊急時対策所	廃棄物処理建屋	主排気筒	格納容器圧力逃がし装置基礎	サービス建屋	5号機タービン建屋
		RC造, S造及びSRC造	RC造及びSRC造	RC造, S造及びSRC造	RC造, S造及びSRC造	RC造, S造及びSRC造	S造及びRC造	RC造	RC造	RC造, S造及びSRC造
柱	一般部	○	○	○	○	○	○*1	—	○	○
	隅部	○	○	○	○	○	○*2	—	○	○
	地下部	○	○	○	○	○	—	—	○	○
はり	一般部	○	○	○	○	○	○	—	○	○
	地下部	○	○	○	○	○	—	—	○	○
	鉄骨トラス	○	—	○	○	○	—	—	—	○
壁	一般部	○	○	○	○	○	—	○	○	○
	地下部	○	○	○	○	○	—	—	○	○
	鉄骨ブレース	—	—	○	—	○	○	—	—	○
床屋根	一般部	○	○	○	○	○	—	—	○	○
基礎	基礎スラブ	○	○	○	○	○	—	○	○	○
	杭基礎	○	—	—	—	—	—	○	—	—

凡例 ○：対象の構造部材あり

—：対象の部材なし

注記\*1：筒身を示す。

\*2：基礎立上り部を含む。

表 3-1-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性

(荷重の組合せによる応答特性)

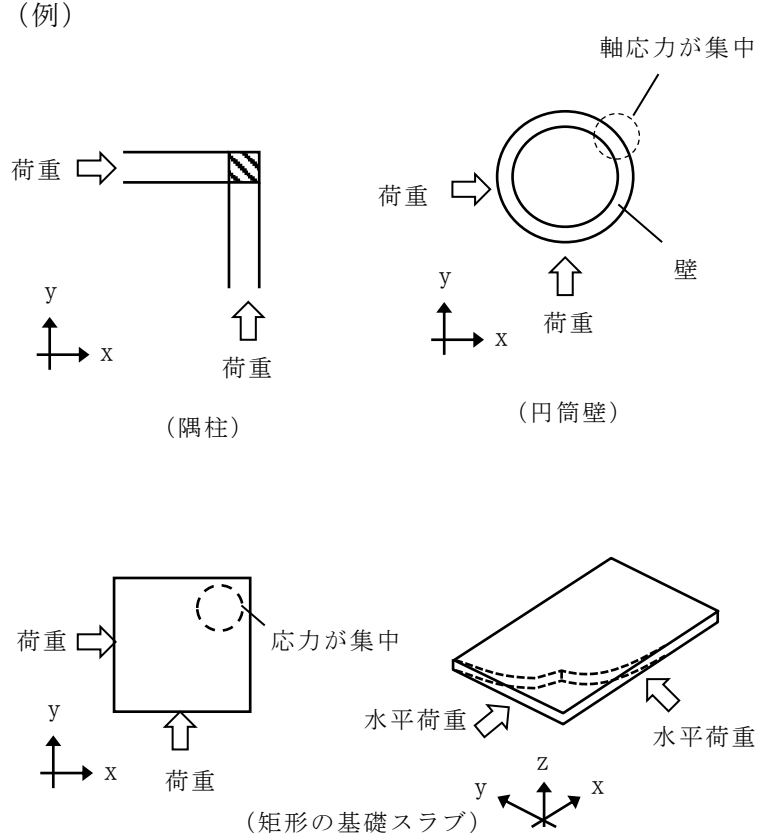
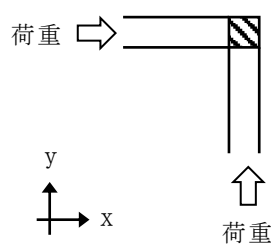
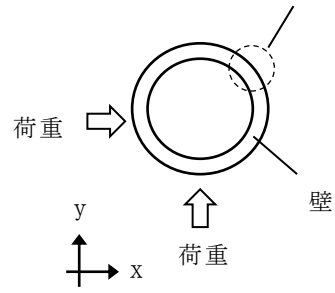
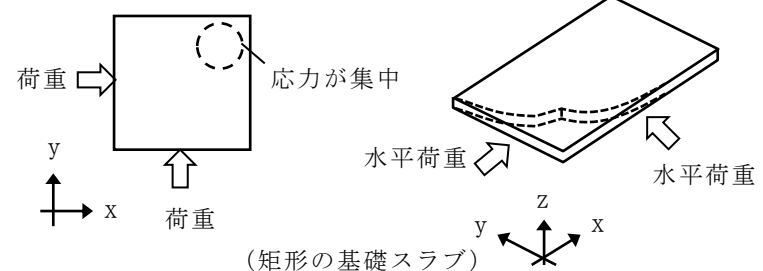
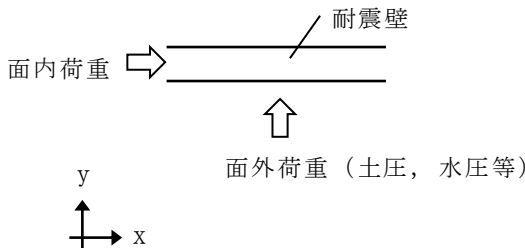
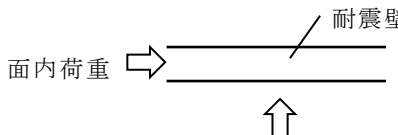
荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 →  (隅柱)</p> <p>荷重 →  (円筒壁)</p> <p>荷重 →  (矩形の基礎スラブ)</p>
①-2	面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するプール壁等</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 →  耐震壁</p> <p>↑ 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>

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>面内荷重</p> <p>面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>面内荷重 z</p> <p>面外慣性力</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>塔状構造物等含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p> <p>荷重</p> <p>耐震構造部材 (壁)</p> <p>(鉄骨架構)</p> <p>荷重</p> <p>壁</p> <p>スラブ</p> <p>(床・屋根)</p> <p>面内荷重</p> <p>柱</p> <p>ブレース</p> <p>(ブレース)</p>

表 3-1-4 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)

耐震評価部位		原子炉建屋	コントロール 建屋	タービン 建屋	緊急時 対策所	廃棄物処理 建屋	主排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎	サービス 建屋	5号機 タービン 建屋
		RC造, S造 及びSRC造	RC造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	S造 及びRC造	RC造	RC造	RC造, S造 及びSRC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	該当なし
	隅部	該当なし	該当なし	不要*1	該当なし	不要*1	①-1要	—	該当なし	不要*1
	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
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
	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
壁	一般部	①-2要 (使用済燃料貯蔵プール)	該当なし	該当なし	該当なし	①-2要 (復水貯蔵槽)	—	該当なし	該当なし	該当なし
	地下部	①-2要	①-2要	①-2要	①-2要	①-2要	—	—	①-2要	①-2要
	鉄骨ブレース	—	—	該当なし	—	該当なし	該当なし	—	—	該当なし
床 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	—	該当なし	該当なし
基礎	基礎スラブ	①-1要	①-1要	①-1要	①-1要	①-1要	—	①-1要	不要*2	不要*2
	杭基礎	①-1要 (大物搬入建屋)	—	—	—	—	—	①-1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「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

注記\*1：鉄骨造部の隅柱については、応力の集中が考えられるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

\*2：上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建屋は、衝突の有無の判断が基本となるため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、耐震壁を主たる評価対象部位としている。そのため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、耐震評価への影響が想定される部位として抽出対象に該当しない。



表 3-1-5 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)

耐震評価部位		原子炉建屋	コントロール 建屋	タービン 建屋	緊急時 対策所	廃棄物処理 建屋	主排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎	サービス 建屋	5号機 タービン 建屋
		RC造, S造 及びSRC造	RC造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	S造 及びRC造	RC造	RC造	RC造, S造 及びSRC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	要	—	不要	不要
	地下部	不要	不要	不要	不要	不要	—	—	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
	地下部	不要	不要	不要	不要	不要	—	—	不要	不要
	鉄骨トラス	不要	—	不要	不要	不要	—	—	—	不要
壁	一般部	要 (使用済燃料貯蔵プール) ②-1 (燃料取替床レベル)	不要	不要*	不要*	要 (復水貯蔵槽)	—	不要	不要	不要
	地下部	要	要	要	要	要	—	—	要	要
	鉄骨ブレース	—	—	不要*	—	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
基礎	基礎スラブ	要	要	要	要	要	—	要	不要	不要
	杭基礎	要 (大物搬入建屋)	—	—	—	—	—	要	—	—

凡例 要：荷重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

②-1：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

②-2：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

注記\*：大スパン部については、面内荷重方向に加え、面外慣性力の影響が大きいと考えられるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

(5) 3次元 FEM モデルによる精査方法

上記(4)で抽出した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う。精査方法を表 3-1-6 に示す。

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、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁に対して3次元 FEM モデルによる精査を行う。

また、原子炉建屋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う。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う。

(6) 3次元 FEM モデルによる精査結果

3次元 FEM モデルによる精査の結果、建物・構築物の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影響評価が必要な部位は抽出されなかった。精査した結果を表 3-1-6 に示す。

表 3-1-6 3次元 FEM モデルを用いた精査

耐震評価部位		対象 建物・構築物	3次元的な応答特性	3次元モデルを用いた 精査方法	3次元モデルを用いた精査結果
壁	一般部	・原子炉建屋 (燃料取替床レベル)	②-1 (面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい)	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による左記の対象に有する耐震性への影響が想定されないため抽出しない。
耐震評価 部位全般		・原子炉建屋	局所的な応答	同上	原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁では、面外方向に応答が増幅する傾向が確認されたものの、保守的な静的応力解析モデルを用いた評価により面外慣性力によって生じる応力が、許容値を超えないことを確認した。よって、水平2方向及び鉛直方向地震力による耐震性への影響は想定されないため抽出しない。

### 3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力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3-1-7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、主排気筒の支柱材（基礎立上り部を含む）及び建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の基礎を代表として、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、建屋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屋（使用済燃料貯蔵プール）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。

表 3-1-7 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	・ <u>主排気筒</u>
基礎		基礎スラブ ・ 杭基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>原子炉建屋</u></li> <li>・ 原子炉建屋（大物搬入建屋）</li> <li>・ コントロール建屋</li> <li>・ タービン建屋</li> <li>・ 緊急時対策所</li> <li>・ 廃棄物処理建屋</li> <li>・ 格納容器圧力逃がし装置基礎</li> </ul>	建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の基礎を代表として評価する。
①-2	壁	水圧作用部 ・ 地下部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉建屋（壁地下部）</li> <li>・ <u>原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）</u></li> <li>・ コントロール建屋（壁地下部）</li> <li>・ タービン建屋（壁地下部）</li> <li>・ 緊急時対策所（壁地下部）</li> <li>・ 廃棄物処理建屋（壁地下部）</li> <li>・ 廃棄物処理建屋（復水貯蔵槽）</li> <li>・ サービス建屋（壁地下部）</li> <li>・ 5号機タービン建屋（壁地下部）</li> </ul>	施設の重要性、建屋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）が作用する使用済燃料貯蔵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

### 3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価方針

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した。評価は従来設計手法による各部位の解析モデル及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を用いた。

また、影響評価は、水平 2 方向及び鉛直方向を同時に入力する時刻歴応答解析による評価、又は、基準地震動  $S_s$  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を組み合わせる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92\* の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法 (1.0:0.4:0.4) に基づいた評価により実施した。

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

### 3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

#### (1) 主排気筒の支柱材の評価

主排気筒の鉄塔のうち、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鉄塔部支柱材及び基礎立上り部を対象に評価を行う。

評価に当たっては、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、主排気筒が有する耐震性に影響しないことを確認する。鉄塔部支柱材及び基礎（鉄塔部基礎ボルト及び鉄塔部基礎立上り部）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。

解析モデルの詳細及び許容値については、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」（以下「主排気筒の耐震計算書」という。）に示すものと同一である。主排気筒の概要図を図3-1-1及び図3-1-2に、解析モデルを図3-1-3に示す。

主排気筒の地震応答解析モデルへの入力地震動は、 $S_s-1$ による原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる屋上レベル（T.M.S.L. 38.2m）における応答値を用いる。

主排気筒の耐震計算書による評価では、3次元FEMモデルを用いた上で、一部の地震動（ $S_s-1$ ～ $S_s-8$ のうち、 $S_s-2$ 及び $S_s-4$ ～ $S_s-7$ が該当）については3方向同時入力を行っている。そのため、3方向同時入力を行っていない基準地震動 $S_s$ のうち、鉄塔部支柱材及び基礎への影響が大きい $S_s-1$ を検討に採用する。

地震動の入力方法は、主排気筒の耐震計算書に基づくものとする。

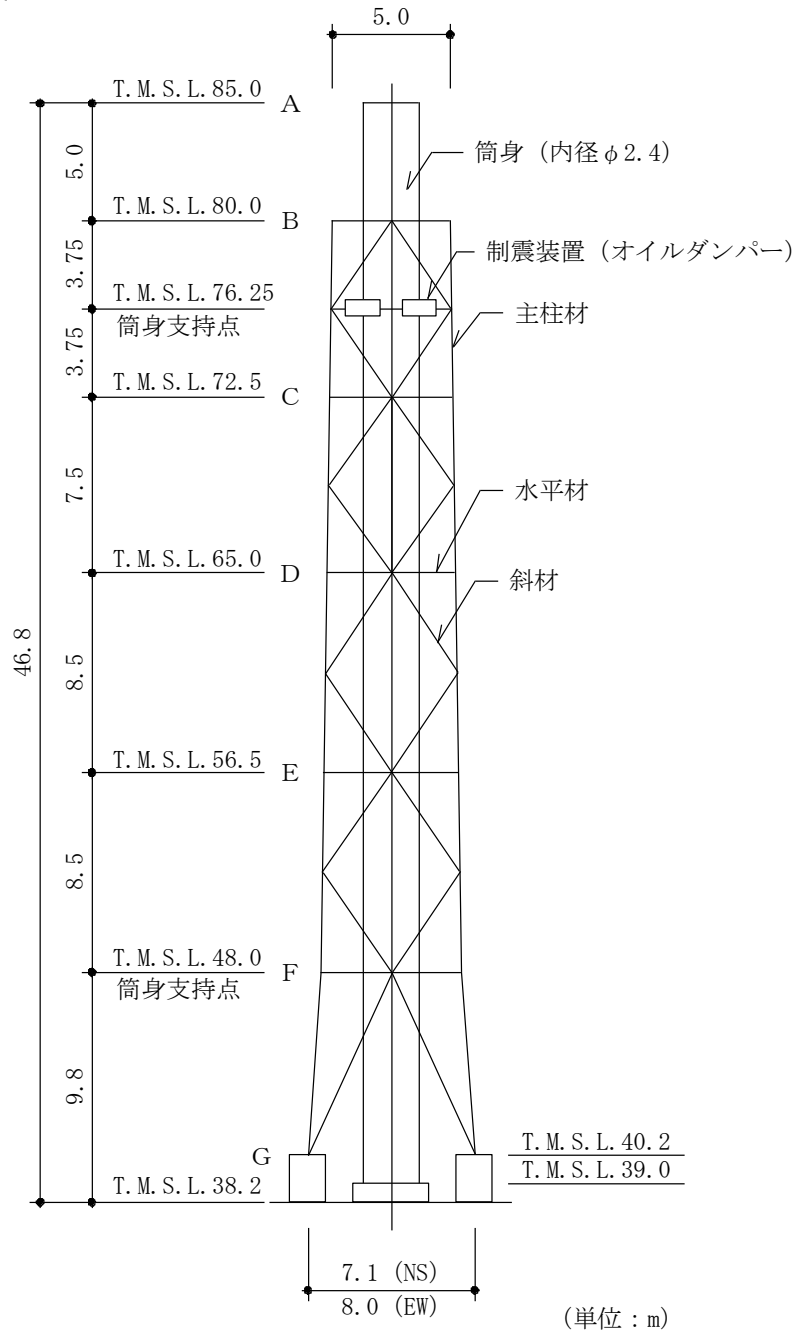
鋼材、コンクリート及び鉄筋の許容応力度は、主排気筒の耐震計算書に示す内容と同一である。

使用材料の物性値は主排気筒の耐震計算書に示す内容と同一である。

3方向同時入力時及び2方向同時入力時の鉄塔部支柱材の検定値を表3-1-8に、鉄塔部基礎ボルトの検定値を表3-1-9に、鉄塔部基礎立上り部の検定値を表3-1-10に示す。

評価の結果、2方向同時入力時の検定値と比較し、3方向同時入力時の検定値は増加傾向であるものの、各鉄塔部支柱材及び基礎の検定値が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に対し、主排気筒の鉄塔部支柱材及び基礎が有する耐震性への影響が無いことを確認した。

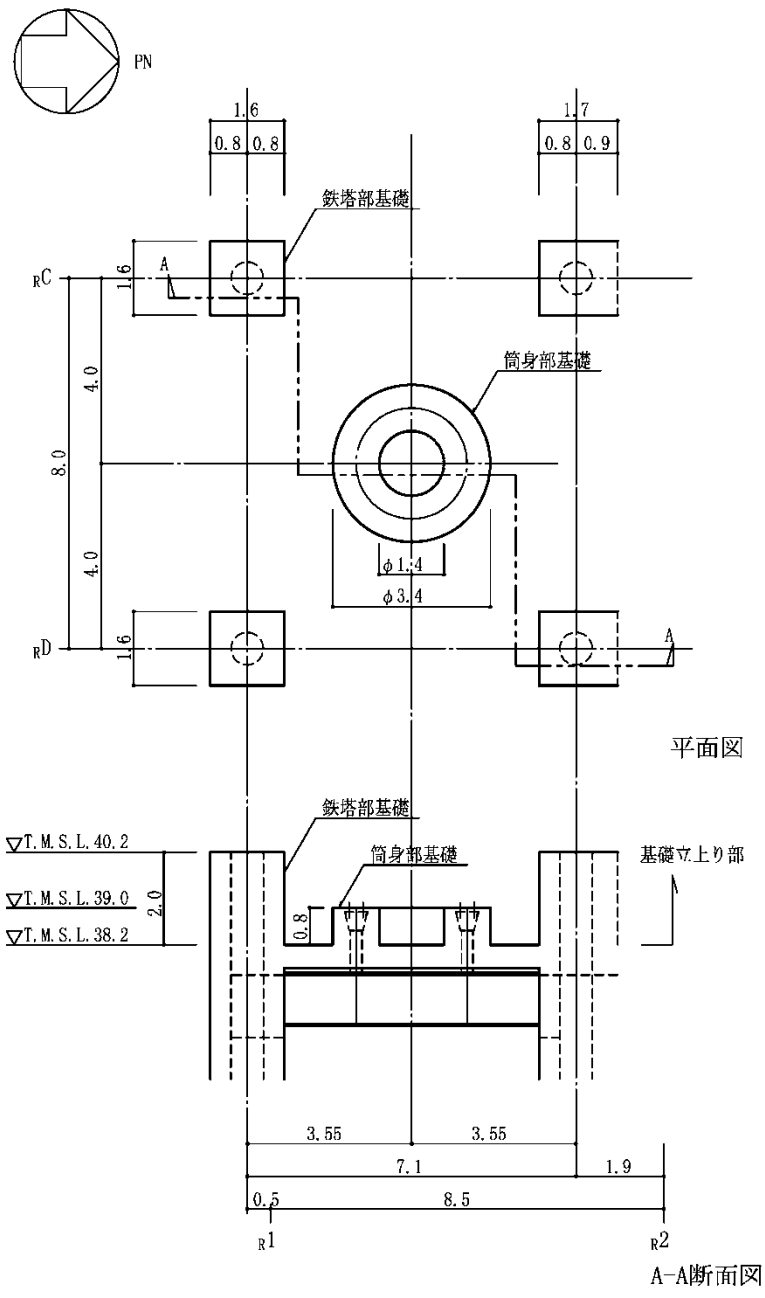


主柱材	φ 711.2 × 19	φ 609.6 × 16	φ 508.0 × 7.9	φ 406.4 × 6.4	φ 318.5 × 6
水平材	φ 406.4 × 6.4	φ 318.5 × 6	φ 267.4 × 6	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5
斜材	φ 558.8 × 16	φ 406.4 × 12.7	φ 355.6 × 7.9	φ 267.4 × 6	φ 216.3 × 4.5
筒身板厚	t = 12	t = 8	t = 8	t = 6	t = 6
部材リスト (単位 : mm)					

注記\* : [ ] 内は従来標記を示す。

図 3-1-1 主排気筒概要図





(単位：m)

図 3-1-2 主排気筒の基礎の概要図

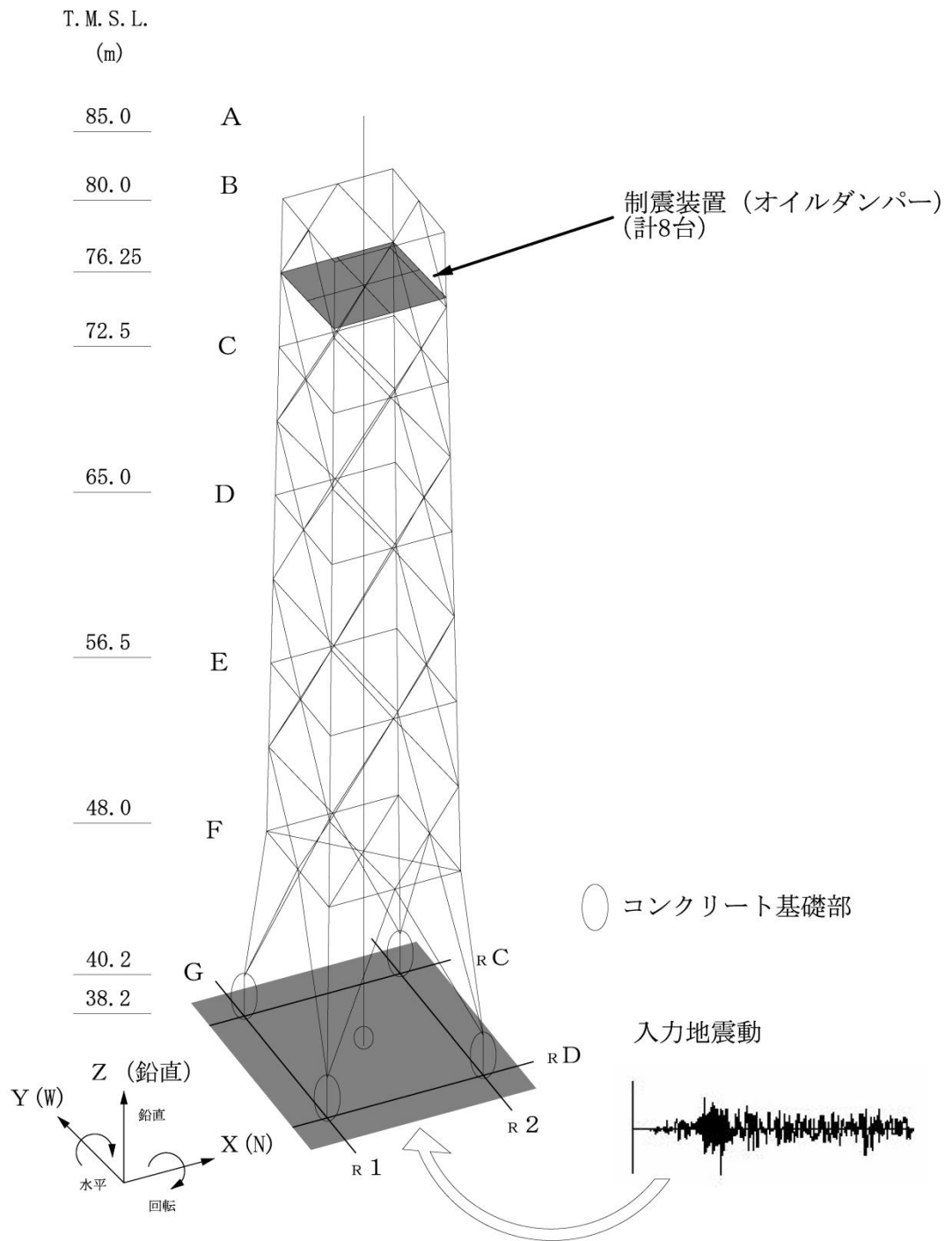


図 3-1-3 主排気筒の解析モデル

表 3-1-8 鉄塔部支柱材の検定値

部材間	使用部材 (STK490)	2方向同時入力		3方向 同時入力
		NS方向	EW方向	
B-C	φ 318.5 × 6	0.14	0.13	0.17
C-D	φ 406.4 × 6.4	0.54	0.50	0.69
D-E	φ 508.0 × 7.9	0.62	0.60	0.79
E-F	φ 609.6 × 16	0.62	0.55	0.80
F-G	φ 711.2 × 19	0.52	0.50	0.67

表 3-1-9 鉄塔部基礎ボルトの検定値

評価 対象部位	評価項目	2方向同時入力		3方向 同時入力
		NS方向	EW方向	
鉄塔部 基礎ボルト	引張応力度	0.55	0.48	0.74
	せん断応力度	0.18	0.15	0.23

表 3-1-10 鉄塔部基礎立上り部の検定値

評価 対象部位	評価項目	2方向同時入力		3方向 同時入力
		NS方向	EW方向	
コンクリート (1.6m × 1.6m*)	鉄筋コンクリート部 主筋の応力度	0.60	0.49	0.75
	コンクリートの せん断応力度	0.49	0.41	0.62
鉄骨柱 (φ 711.2 × 22)	鉄骨柱の応力度	0.36	0.32	0.48

注記\*：基礎寸法は2種類（1.6m × 1.6m 及び 1.6m × 1.7m）あるが、

ここでは断面性能の低い基礎（1.6m × 1.6m）を評価対象とする。

## (2) 使用済燃料貯蔵プールの壁の評価

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使用済燃料貯蔵プールの壁について、評価を行う。

評価に当たっては、S<sub>s</sub>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、V-2-4-2-1「使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの耐震性についての計算書」(以下「SFP の耐震計算書」という。)に示すものと同一である。

使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 3-1-4 及び図 3-1-5 に、使用済燃料貯蔵プール周りの概略平面図及び概略断面図を図 3-1-6 及び図 3-1-7 に示す。

荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

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

解析モデル概要図を図 3-1-8 に示す。解析モデルの詳細は、SFP 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<sub>s</sub>地震時の応力は、SFP 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。

D L	: 死荷重及び活荷重
P <sub>1</sub>	: 運転時圧力
H <sub>1</sub>	: 逃がし安全弁作動時荷重
K <sub>s S N</sub> *	: S→N 方向 S <sub>s</sub> 地震荷重
K <sub>s W E</sub> *	: W→E 方向 S <sub>s</sub> 地震荷重
K <sub>s D U</sub> *	: 鉛直方向 S <sub>s</sub> 地震荷重
R <sub>s</sub>	: S <sub>s</sub> 地震時配管荷重
K H <sub>s W E</sub> *	: W→E 方向 S <sub>s</sub> 地震時動水圧荷重
K H <sub>s S N</sub> *	: S→N 方向 S <sub>s</sub> 地震時動水圧荷重

注記\* : 計算上の座標軸を基準として、EW 方向は W→E 方向の加力、NS 方向は S→N 方向の加力、鉛直方向は上向きの加力を記載している。

使用済燃料貯蔵プールの壁の評価は、SFP 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。

断面の評価結果を以下に示す。

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，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度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 3-1-9 及び図 3-1-10 に，評価結果を表 3-1-11 及び表 3-1-12 に示す。

S s 地震時における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて，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。

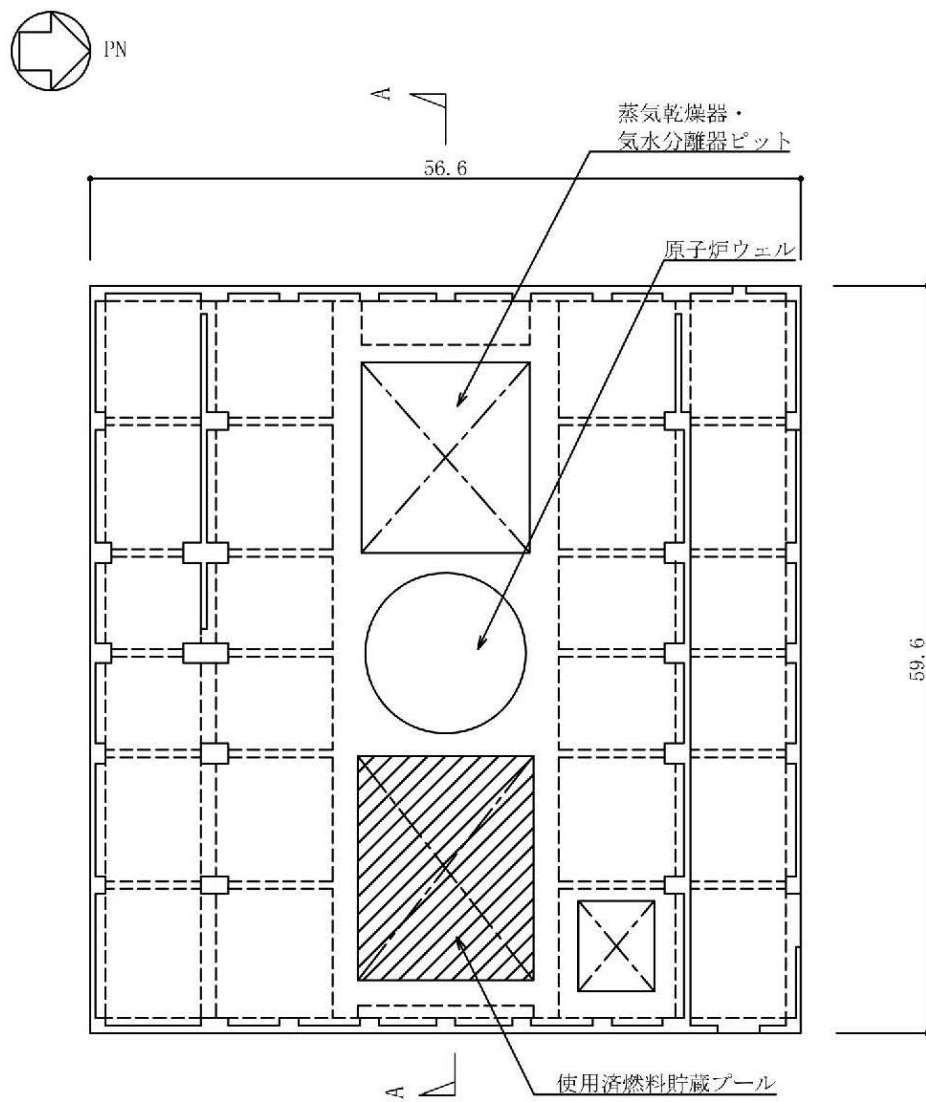
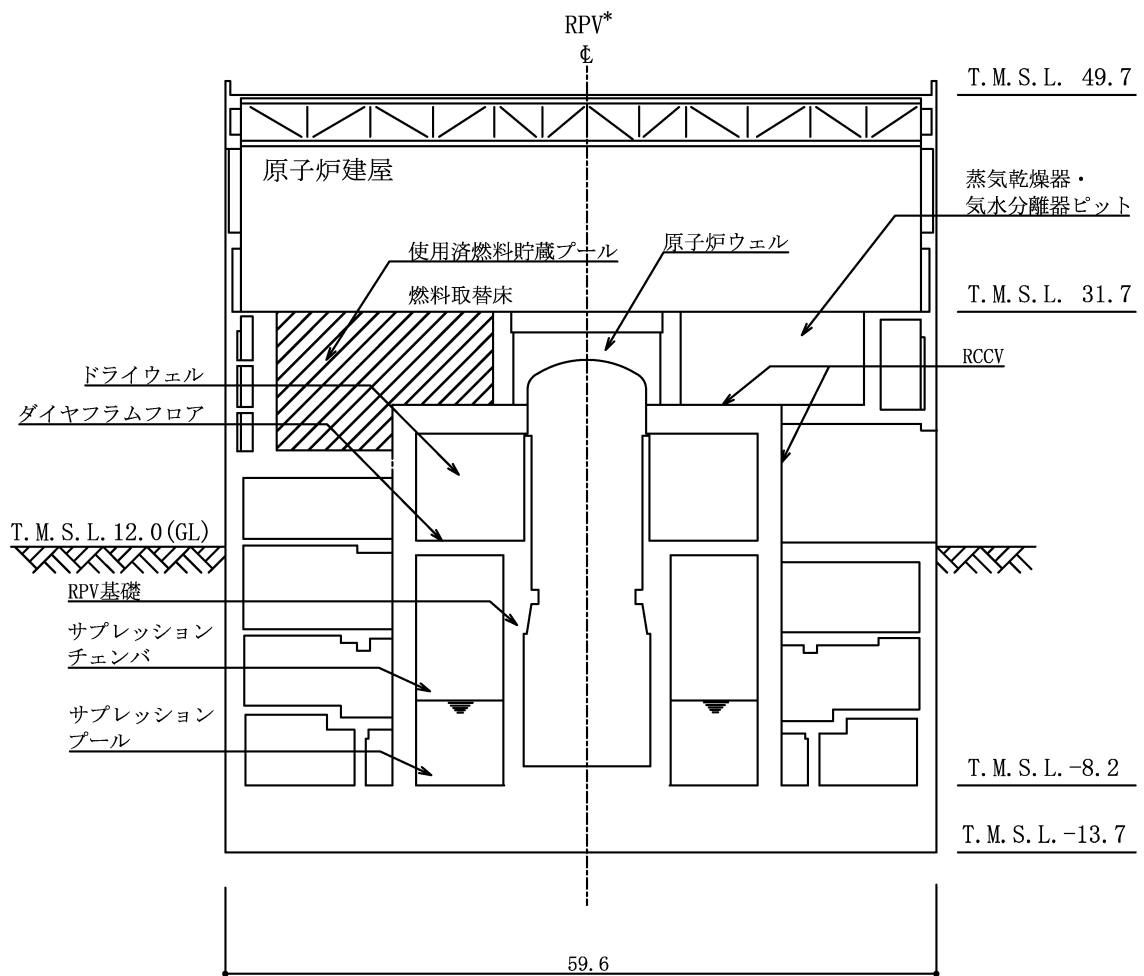


図 3-1-4 使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略平面図 (T. M. S. L. 31.7m)  
(単位 : m)



注記\*：原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）

図 3-1-5 使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略断面図

(A-A 断面) (単位：m)

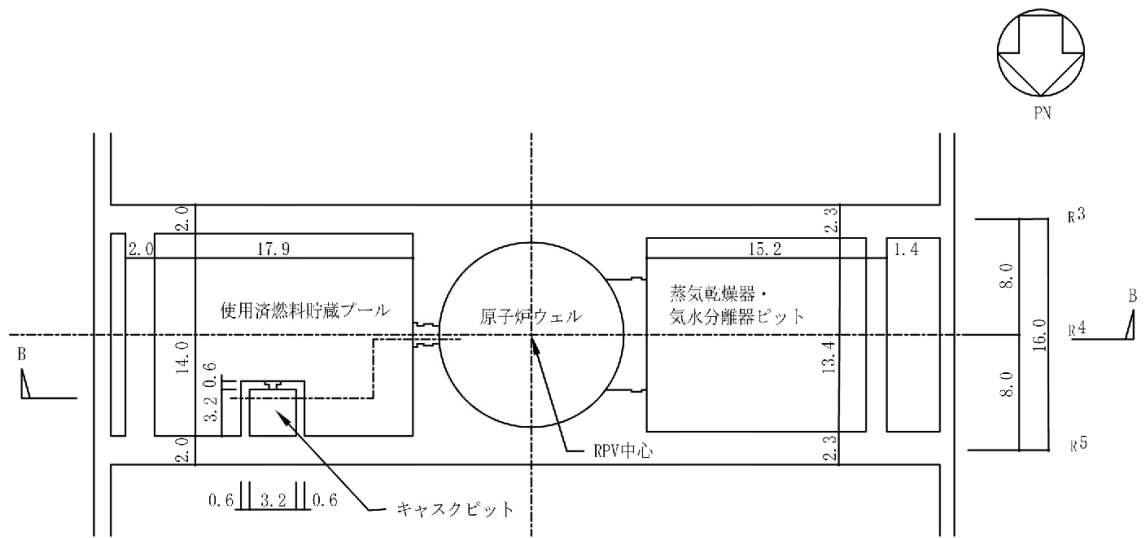


図 3-1-6 使用済燃料貯蔵プール周りの概略平面図 (単位 : m)

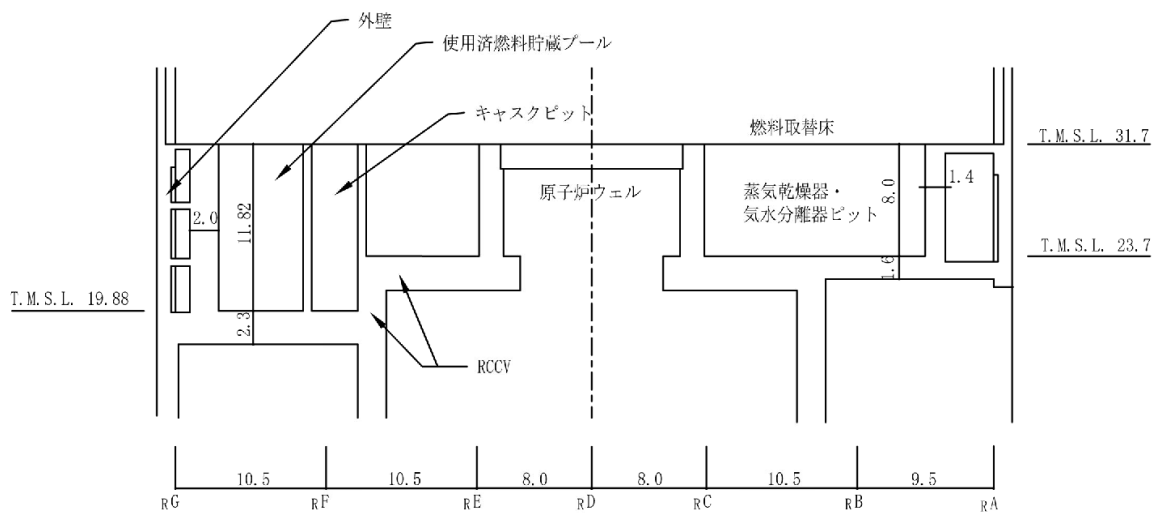
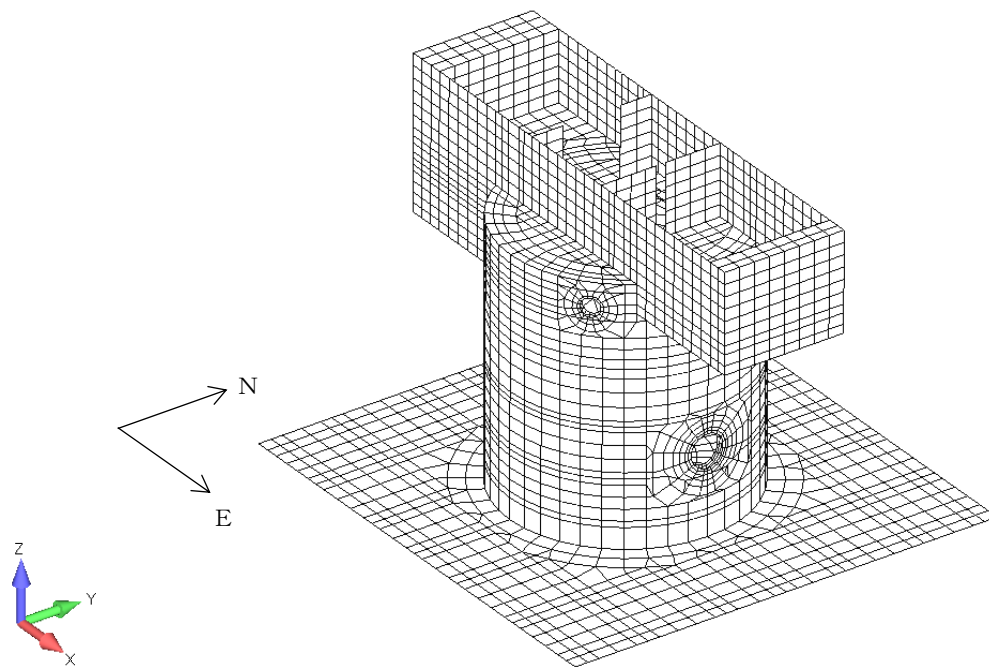
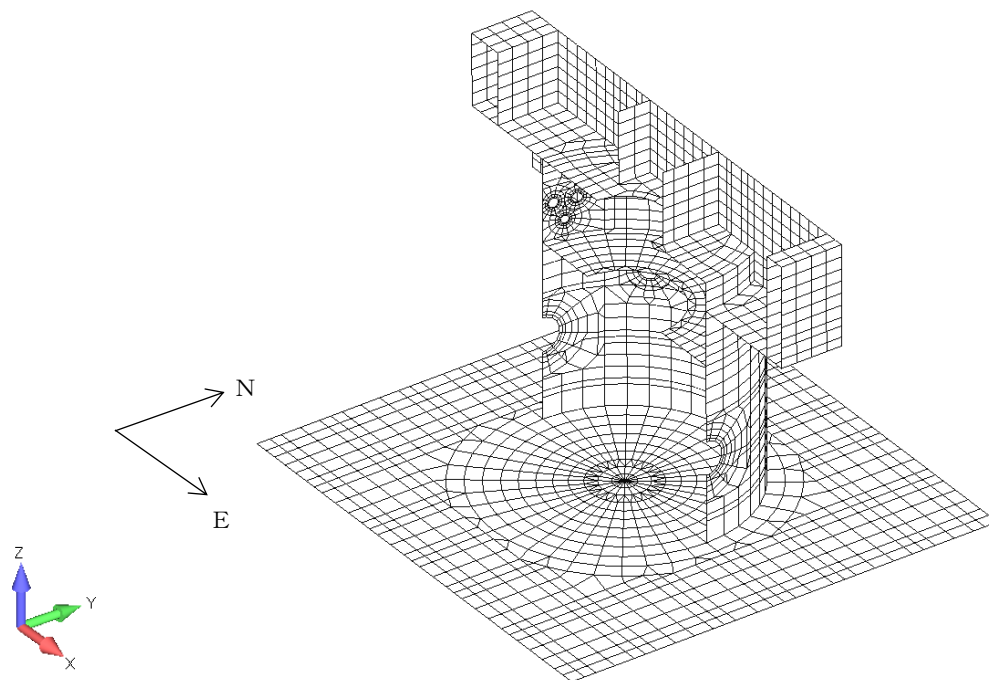


図 3-1-7 使用済燃料貯蔵プール周りの概略断面図  
(B-B 断面) (単位 : m)



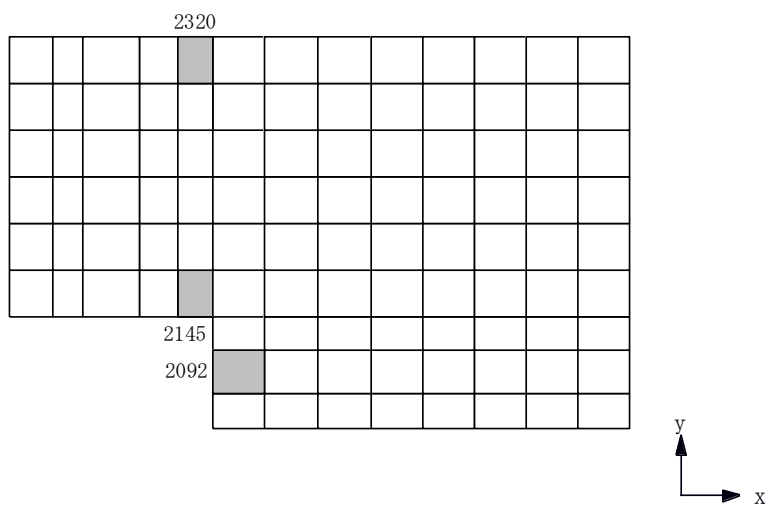


(a) 全体鳥瞰図

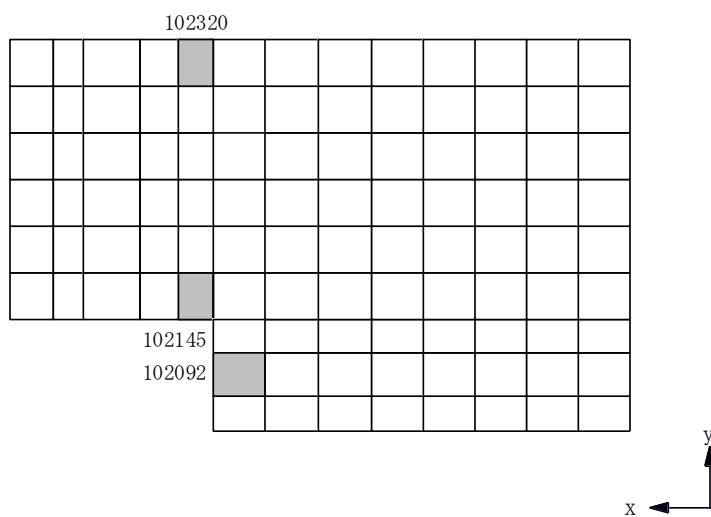


(b) 全体断面図 (EW 方向断面)

図 3-1-8 解析モデル概要図

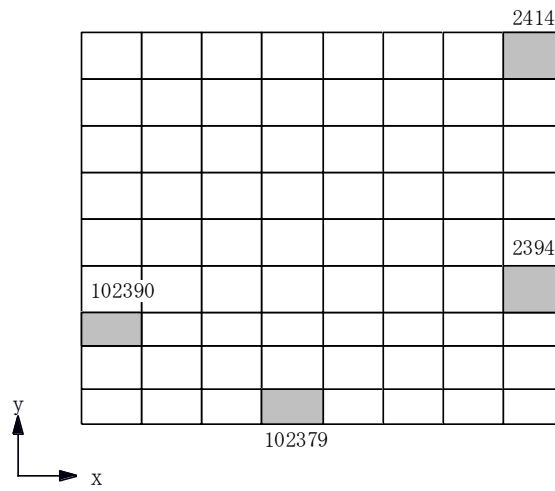


(a) 北側壁

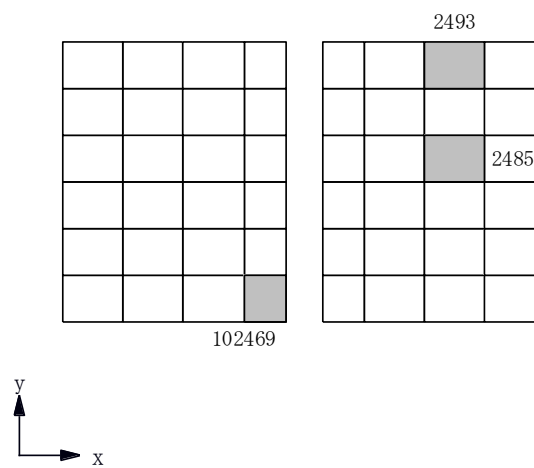


(b) 南側壁

図 3-1-9 選定した要素の位置 S s 地震時 (水平 2 方向) (1/2)

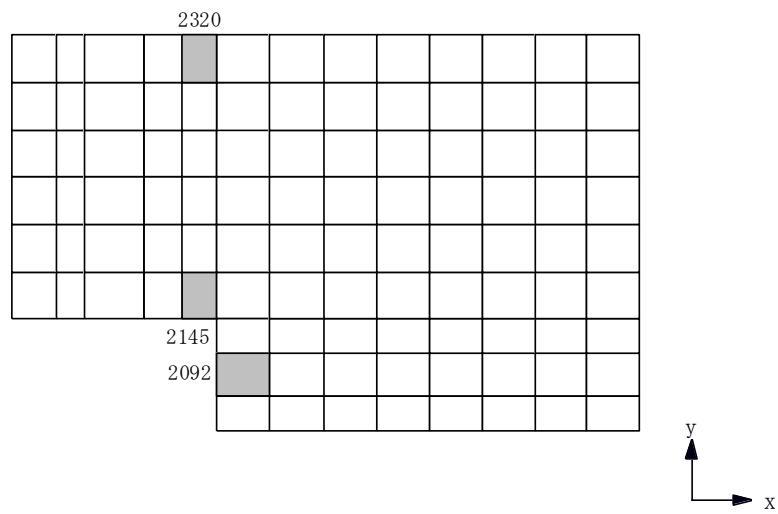


(c) 東側壁

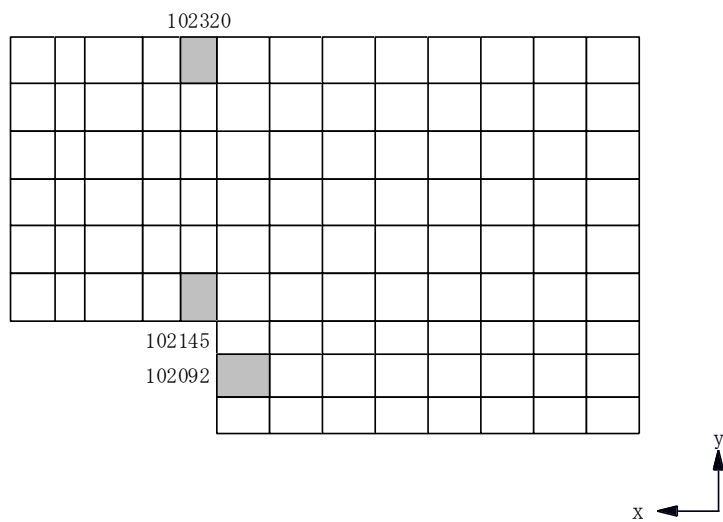


(d) 西側壁

図 3-1-9 選定した要素の位置 S s 地震時 (水平 2 方向) (2/2)

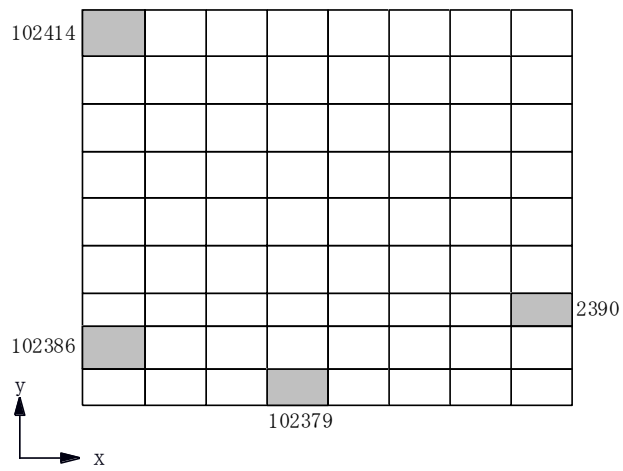


(a) 北側壁

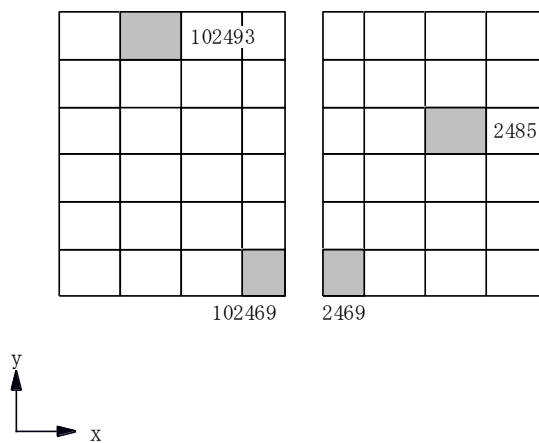


(b) 南側壁

図 3-1-10 選定した要素の位置 S s 地震時 (水平 1 方向) (1/2)



(c) 東側壁



(d) 西側壁

図 3-1-10 選定した要素の位置 S s地震時 (水平 1 方向) (2/2)

表 3-1-11 使用済燃料貯蔵プールの壁の評価結果 S s 地震時 (水平 2 方向)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	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	2145	5-10	0.308	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	2320	5-15	0.549	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	2320	5-4	7.92	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2092	5-15	2.92	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2145	5-9	0.966	1.96
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	102145	5-14	0.308	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	102320	5-16	0.548	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	102320	5-3	7.92	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	102092	5-16	2.91	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102145	5-13	0.965	1.96
東側壁	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	102379	5-12	0.393	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	5-12	0.748	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	2414	5-14	1.22	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2394	5-10	1.00	3.74
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102390	5-12	0.940	1.73
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	102469	5-10	0.212	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102469	5-5	0.547	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102469	5-9	6.10	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2485	5-9	1.01	2.31
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	2493	5-16	0.298	1.58

表 3-1-12 使用済燃料貯蔵プールの壁の評価結果 S s 地震時 (水平 1 方向)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	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	2145	2-5	0.282	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	2320	2-8	0.506	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	2320	2-2	7.37	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	2092	2-16	2.76	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	2145	2-5	0.914	2.08
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	102145	2-7	0.282	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	102320	2-8	0.504	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	102320	2-2	7.37	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	102092	2-16	2.74	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	102145	2-7	0.912	2.08
東側壁	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	102379	2-6	0.391	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	2-6	0.742	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	102414	2-5	1.13	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	2390	2-5	1.00	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	102386	2-6	0.926	1.75
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	102469	2-5	0.207	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102469	2-3	0.500	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	2469	2-7	5.90	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	2485	2-5	0.974	2.33
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	102493	2-8	0.291	1.54

## (3) 原子炉建屋の基礎スラブの評価

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周辺部基礎について、評価を行う。

評価に当たっては、 $S_s$  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、V-2-9-3-4「原子炉建屋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。)に示すものと同一である。原子炉建屋基礎スラブの概略平面図及び概略断面図を図 3-1-11 及び図 3-1-12 に示す。

荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

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。

解析モデル図を図 3-1-13 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。

D L	: 死荷重及び活荷重
$P_1$	: 運転時圧力
$H_1$	: 逃がし安全弁作動時荷重
$K_{s\ S\ N}^*$	: S→N 方向 $S_s$ 地震荷重
$K_{s\ W\ E}^*$	: W→E 方向 $S_s$ 地震荷重
$K_{s\ D\ U}^*$	: 鉛直方向 $S_s$ 地震荷重
$E_{s\ N\ S}$	: NS 方向 $S_s$ 地震時土圧荷重
$E_{s\ E\ W}$	: EW 方向 $S_s$ 地震時土圧荷重

注記\* : 計算上の座標軸を基準として、EW 方向は W→E 方向の加力、NS 方向は S→N 方向の加力、鉛直方向は上向きの加力を記載している

断面の評価結果を以下に示す。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。

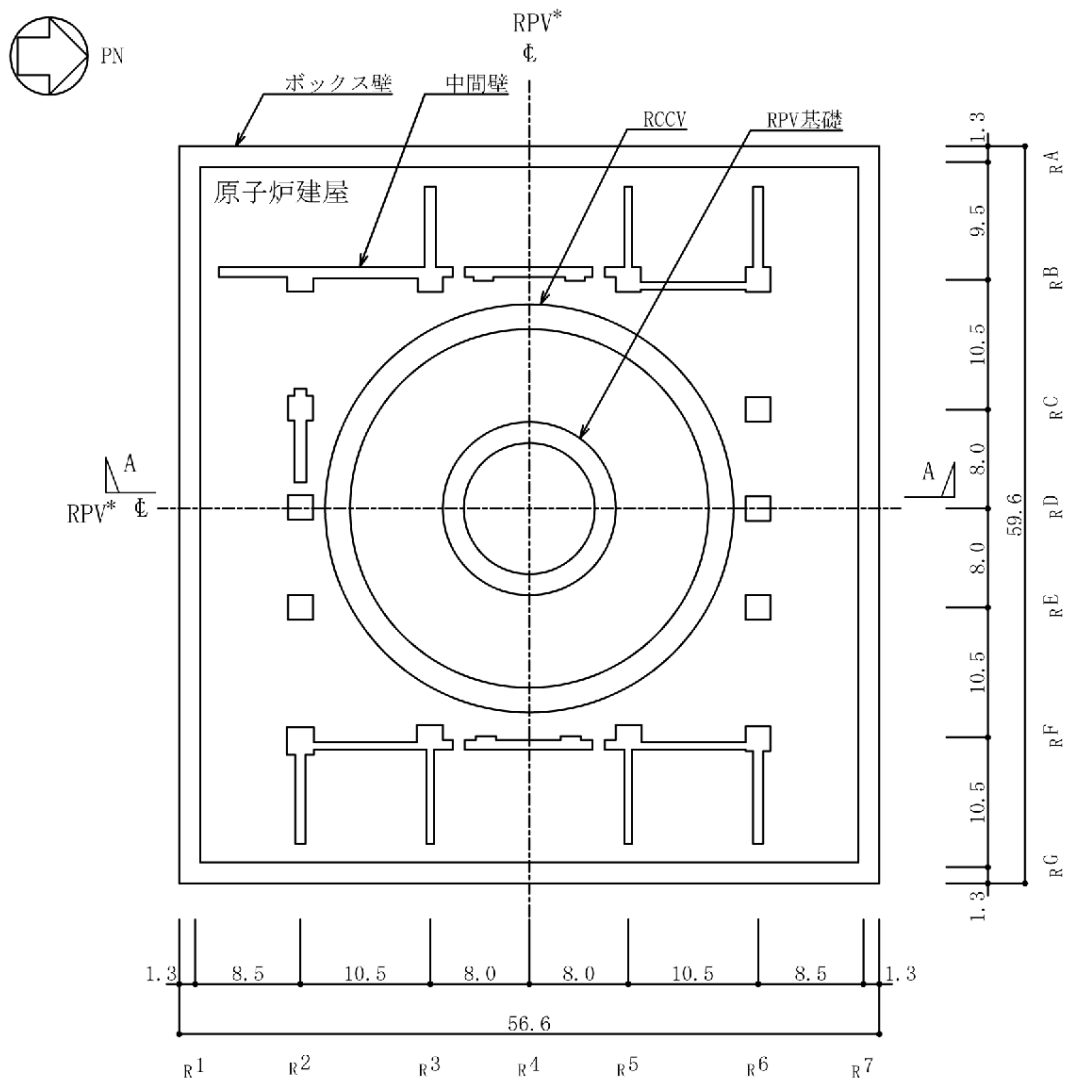
選定した要素の位置を図 3-1-14 に、評価結果を表 3-1-13 に示す。

$S_s$  地震時における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、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応力度が，各許容値を超えないことを確認した。

K7 ① V-2-12 R0



注記\*：原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）

図3-1-11 原子炉建屋基礎スラブの概略平面図（T.M.S.L.-8.2m）（単位：m）

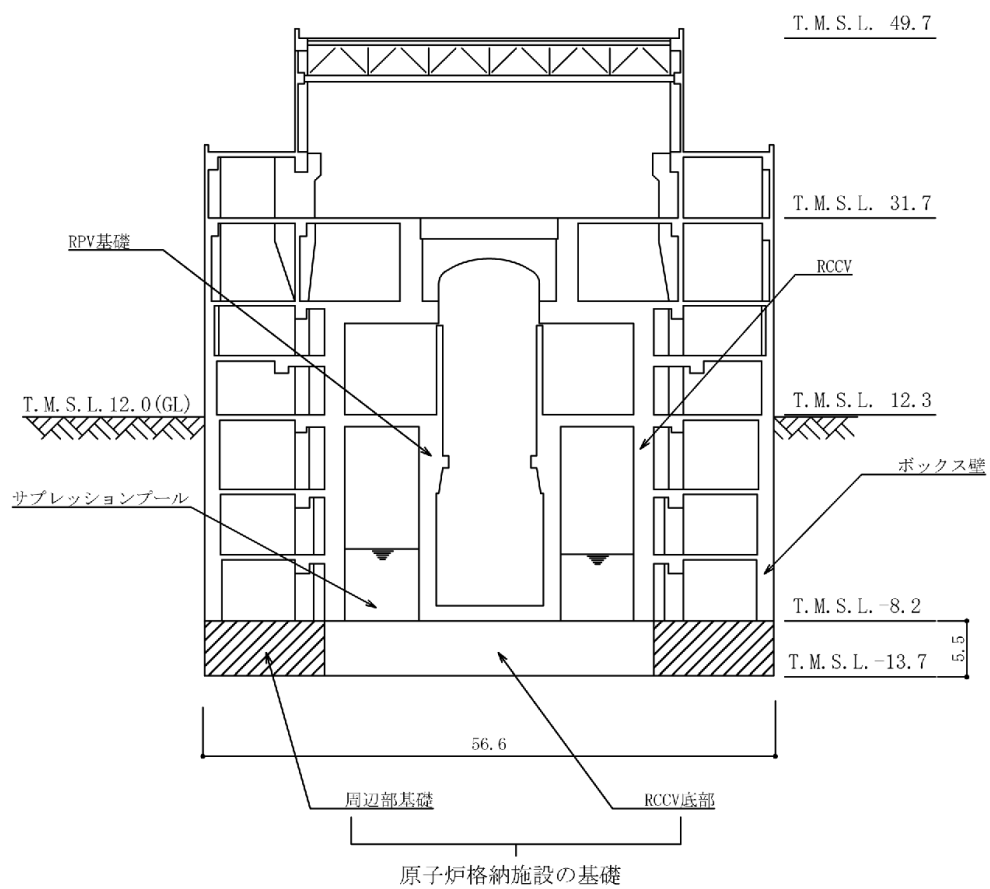
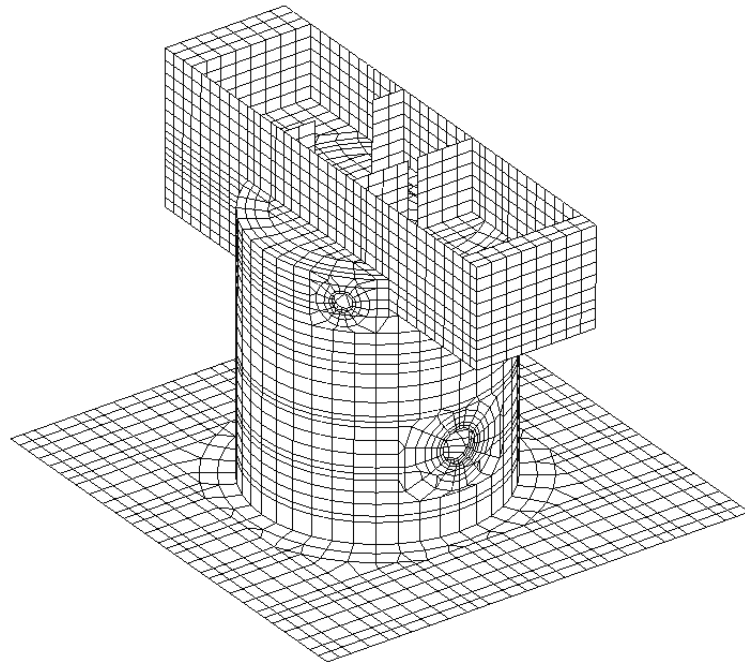
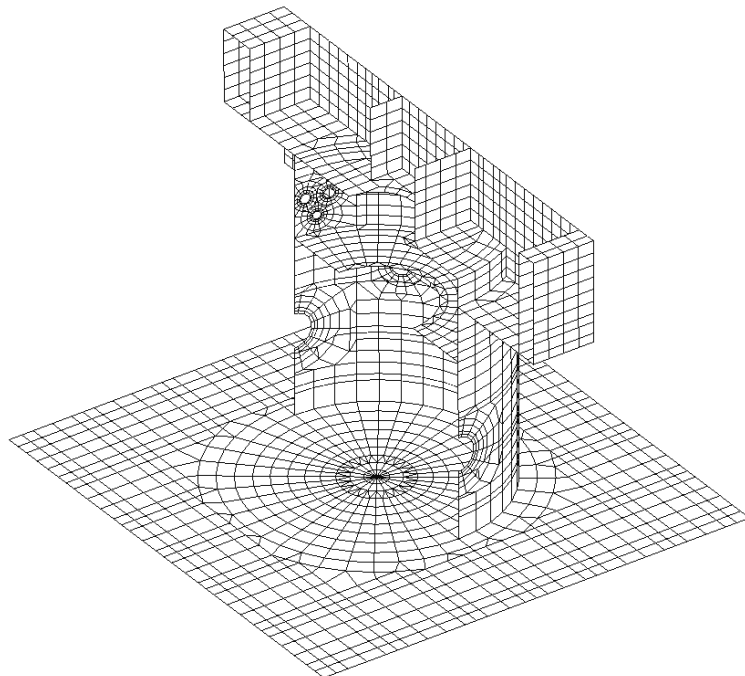


図 3-1-12 原子炉建屋基礎スラブの概略断面図 (A-A 断面) (単位 : m)



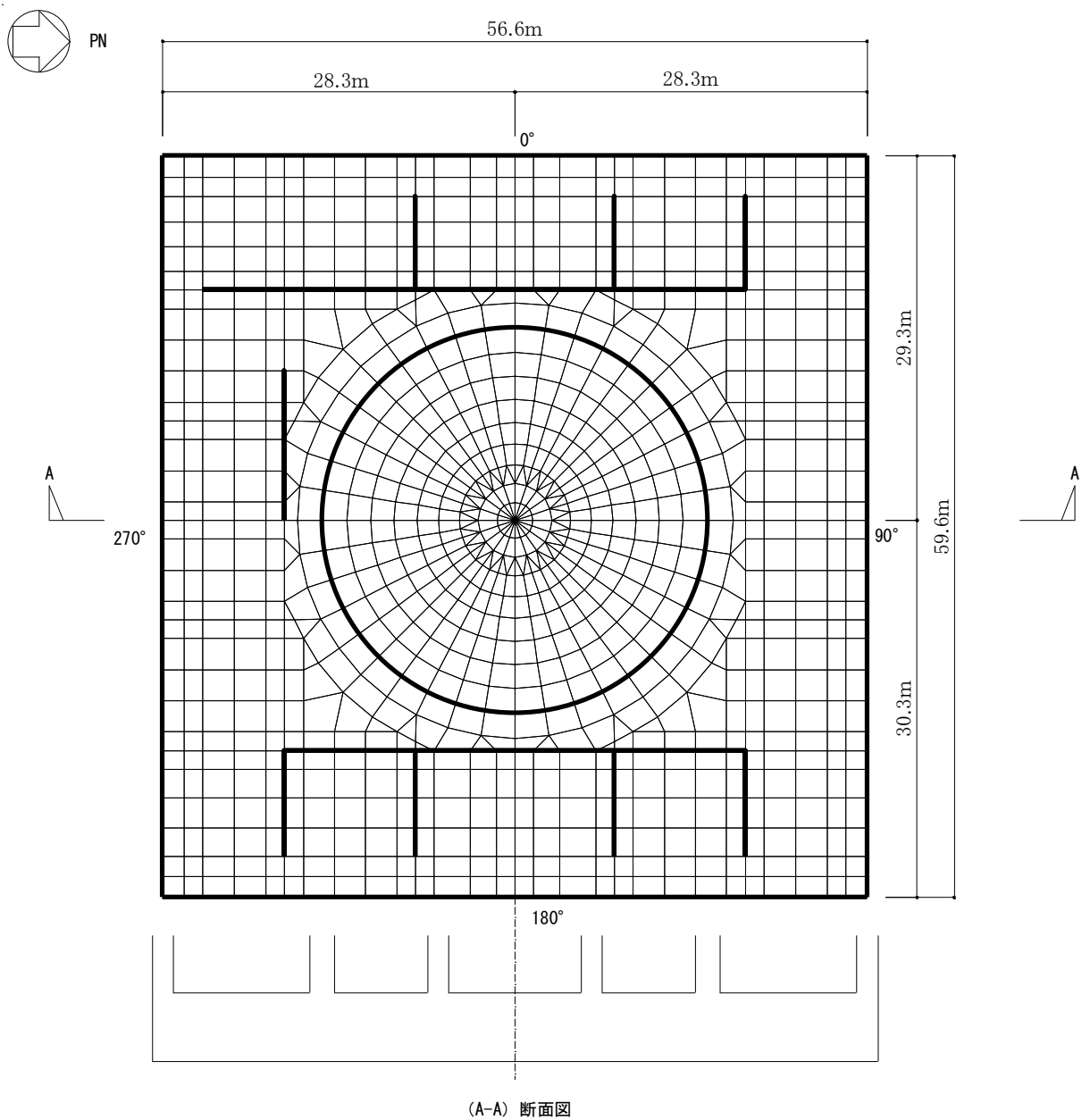
(a) 全体鳥瞰図



(b) 全体断面図

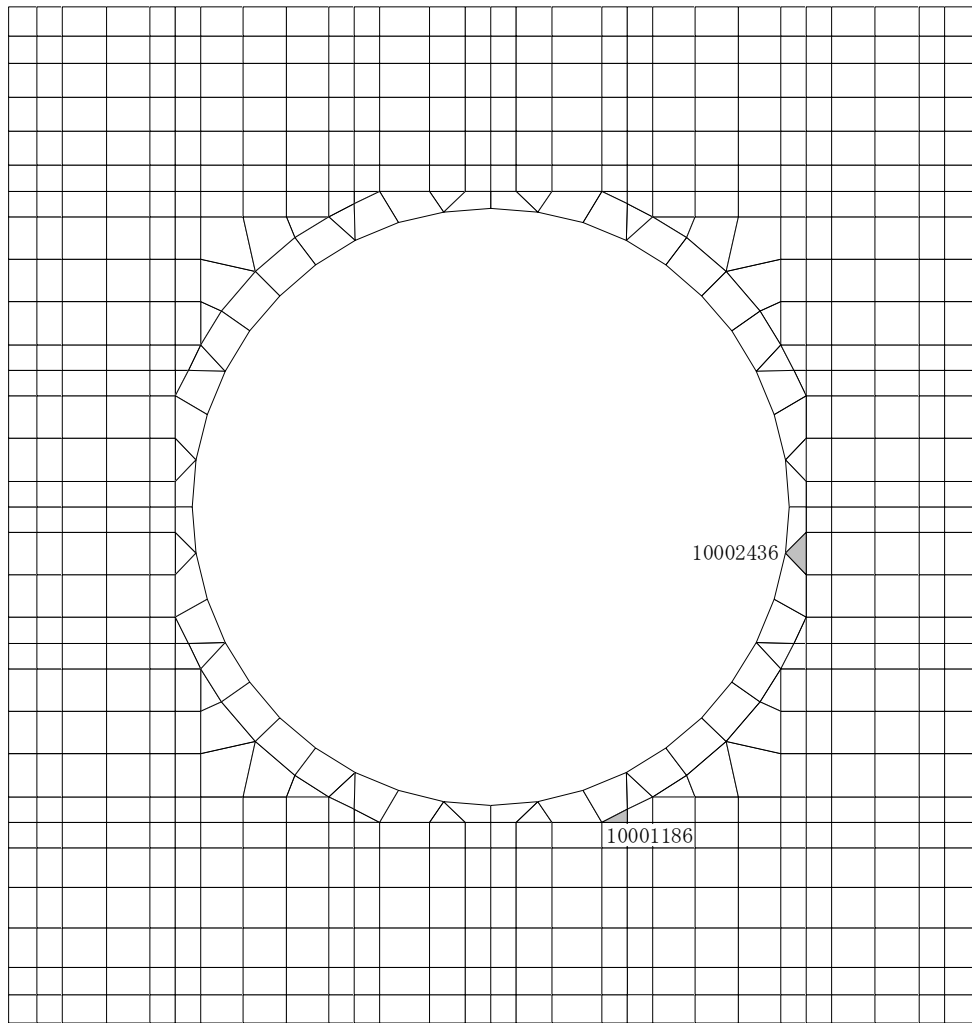
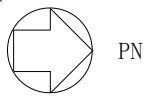
図 3-1-13 解析モデル (1/2)

K7 ① V-2-12 R0



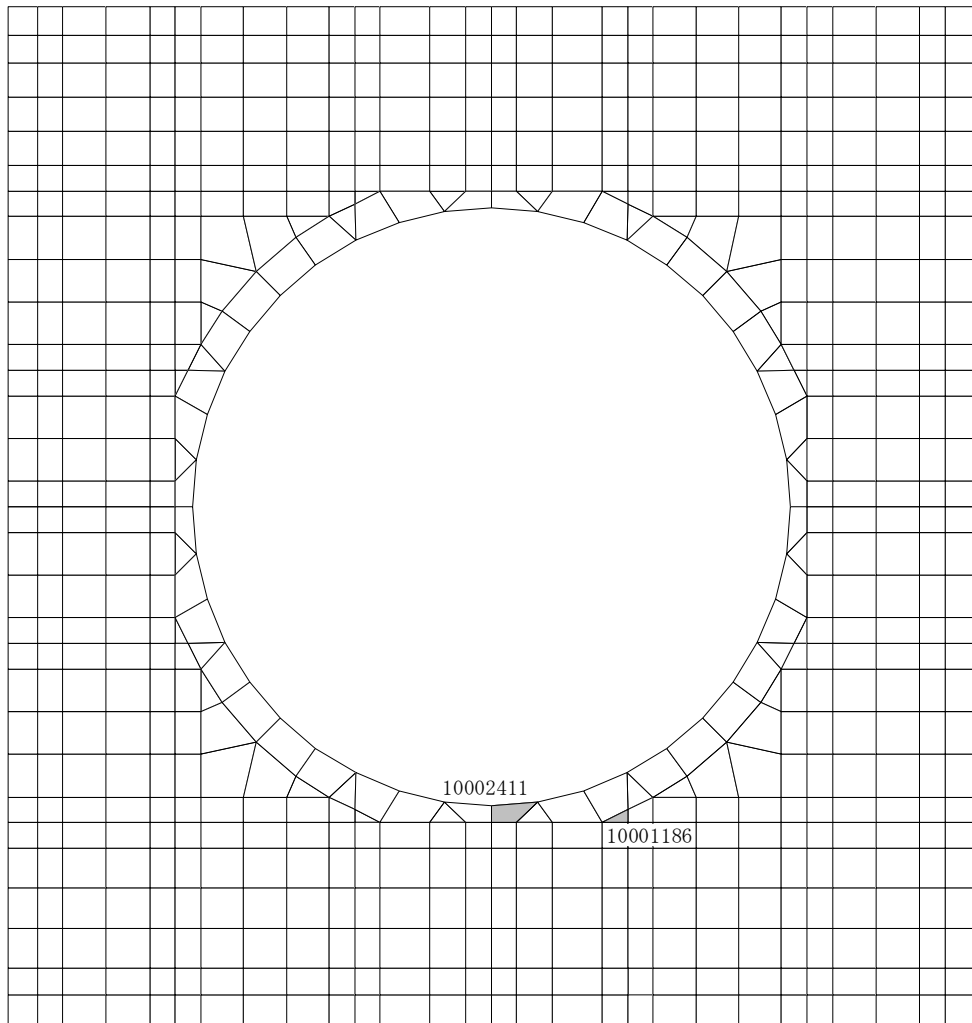
(c) 基礎スラブ要素分割図

図 3-1-13 解析モデル (2/2)



(a) 水平 2 方向

図 3-1-14 選定した要素の位置 (S s 地震時) (1/2)



(b) 水平 1 方向

図 3-1-14 選定した要素の位置 S s 地震時 (2/2)

表 3-1-13 周辺部基礎の評価結果 S s 地震時

(a) 水平 2 方向

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 ( $\times 10^{-3}$ )	NS	10001186	3-1	0.277	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	10001186	3-1	0.238	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	10002436	3-1	2.46	3.01

(b) 水平 1 方向

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 ( $\times 10^{-3}$ )	NS	10001186	2-1	0.264	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	10001186	2-1	0.228	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	EW	10002411	2-2	2.36	3.01