

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4
提出年月日	2020年8月25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

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

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	30
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	30
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	31
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	32
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	32
3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	32
3.2.6 まとめ	33
3.3 屋外重要土木構造物	57
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	57
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	76
3.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	85
3.3.4 まとめ	99
3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備	100
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	100

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)

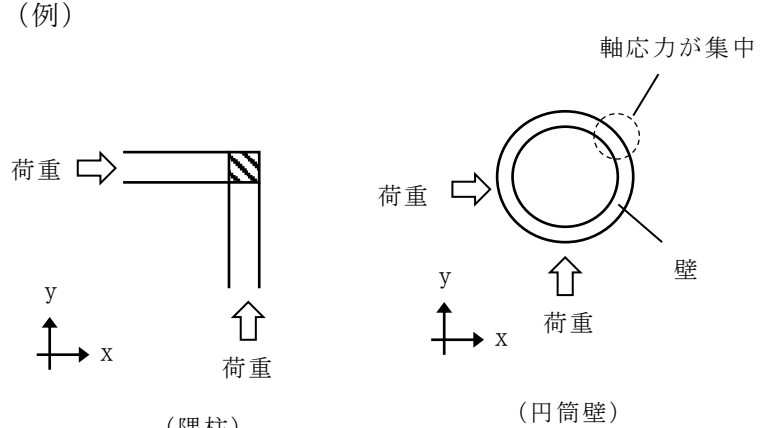
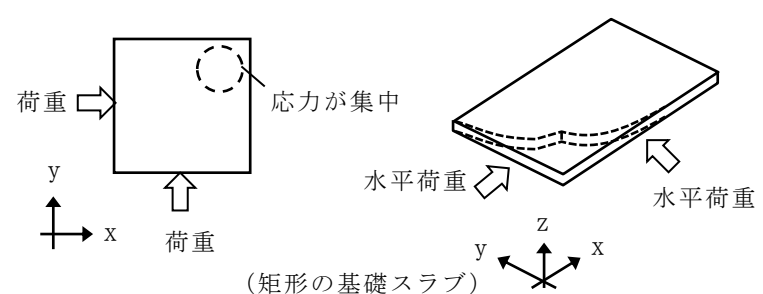
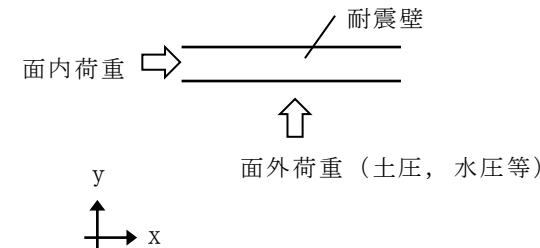
荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p>  <p>(隅柱)</p> <p>(円筒壁)</p>  <p>(矩形の基礎スラブ)</p>
①-2	面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するプール壁等</p> <p>(例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>

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)

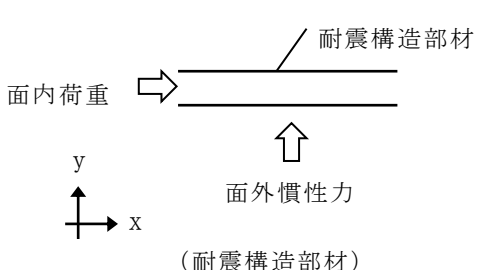
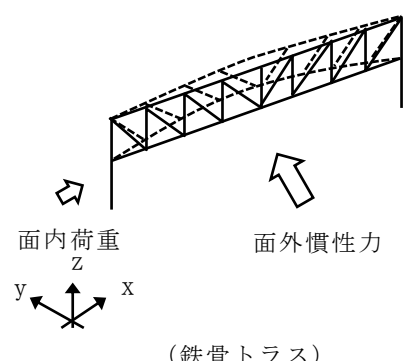
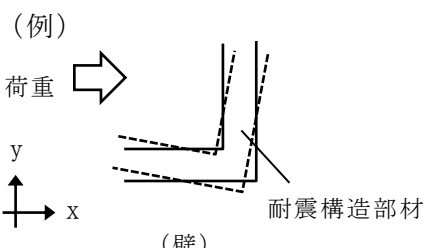
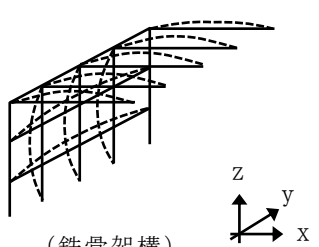
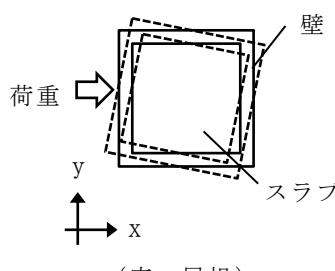
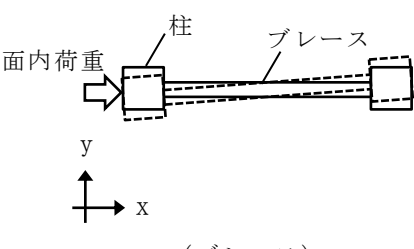
3 次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位 (例)</p>  <p>面内荷重</p> <p>面外慣性力</p> <p>(耐震構造部材)</p>  <p>面内荷重</p> <p>面外慣性力</p> <p>(鉄骨トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物等含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>荷重</p> <p>耐震構造部材</p> <p>(壁)</p>  <p>(鉄骨架構)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

(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。

主排気筒の支柱材（基礎立上り部を含む）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。

原子炉建屋の基礎については、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。

原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）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。

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"> ・ <u>原子炉建屋</u> ・ 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 ・ 格納容器圧力逃がし装置基礎 	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"> ・ 原子炉建屋（壁地下部） ・ <u>原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）</u> ・ コントロール建屋（壁地下部） ・ タービン建屋（壁地下部） ・ 緊急時対策所（壁地下部） ・ 廃棄物処理建屋（壁地下部） ・ 廃棄物処理建屋（復水貯蔵槽） ・ サービス建屋（壁地下部） ・ 5号機タービン建屋（壁地下部） 	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。

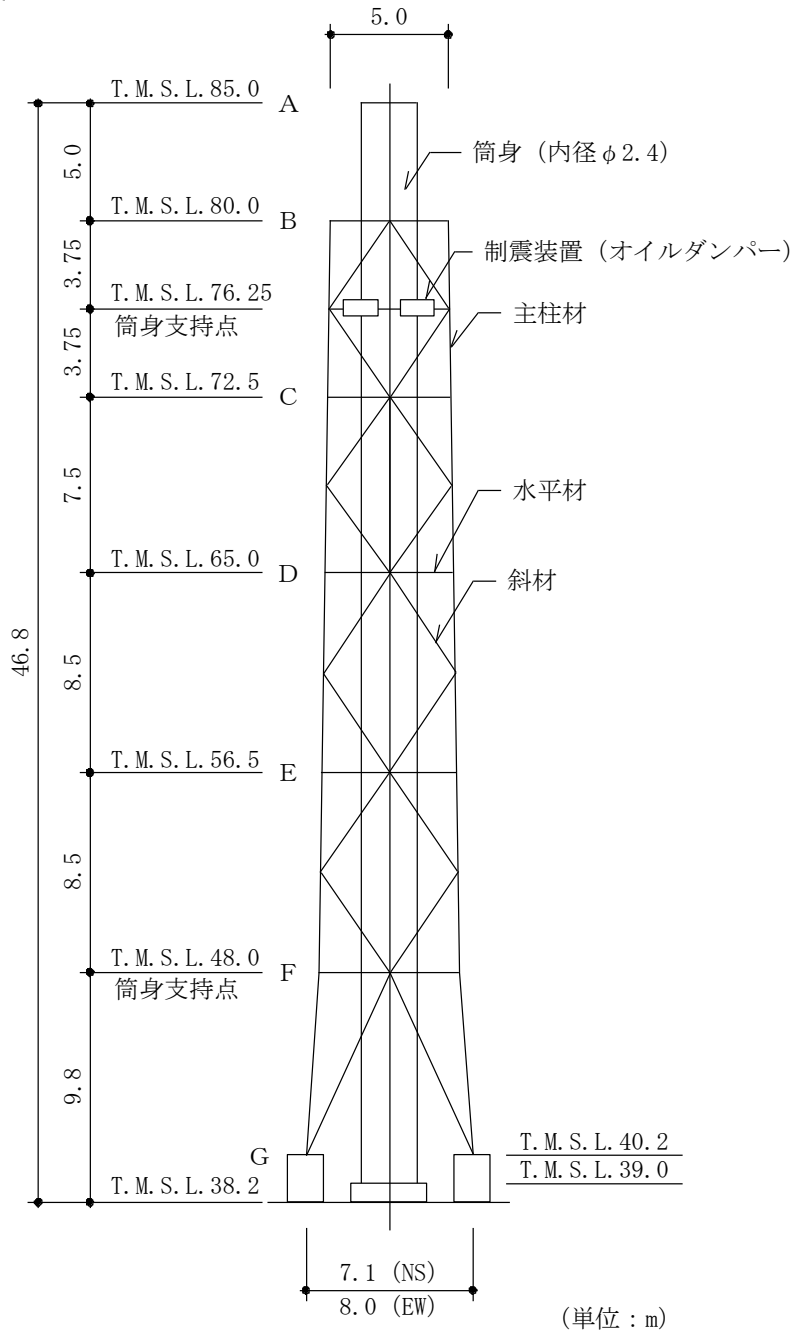
鋼材、コンクリート及び鉄筋の許容応力度は、主排気筒の耐震計算書に示す内容と同一である。

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 216.3 × 4.5	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

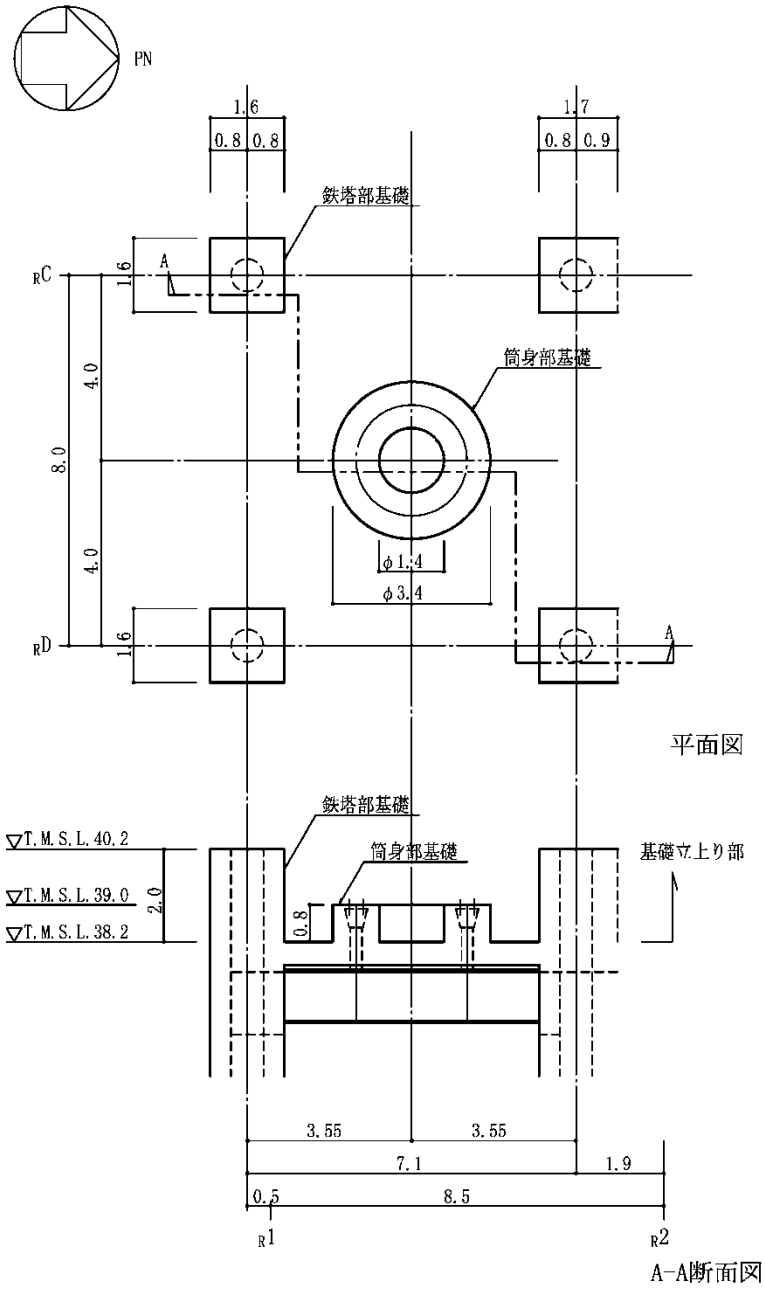


図 3-1-2 主排気筒の基礎の概要図

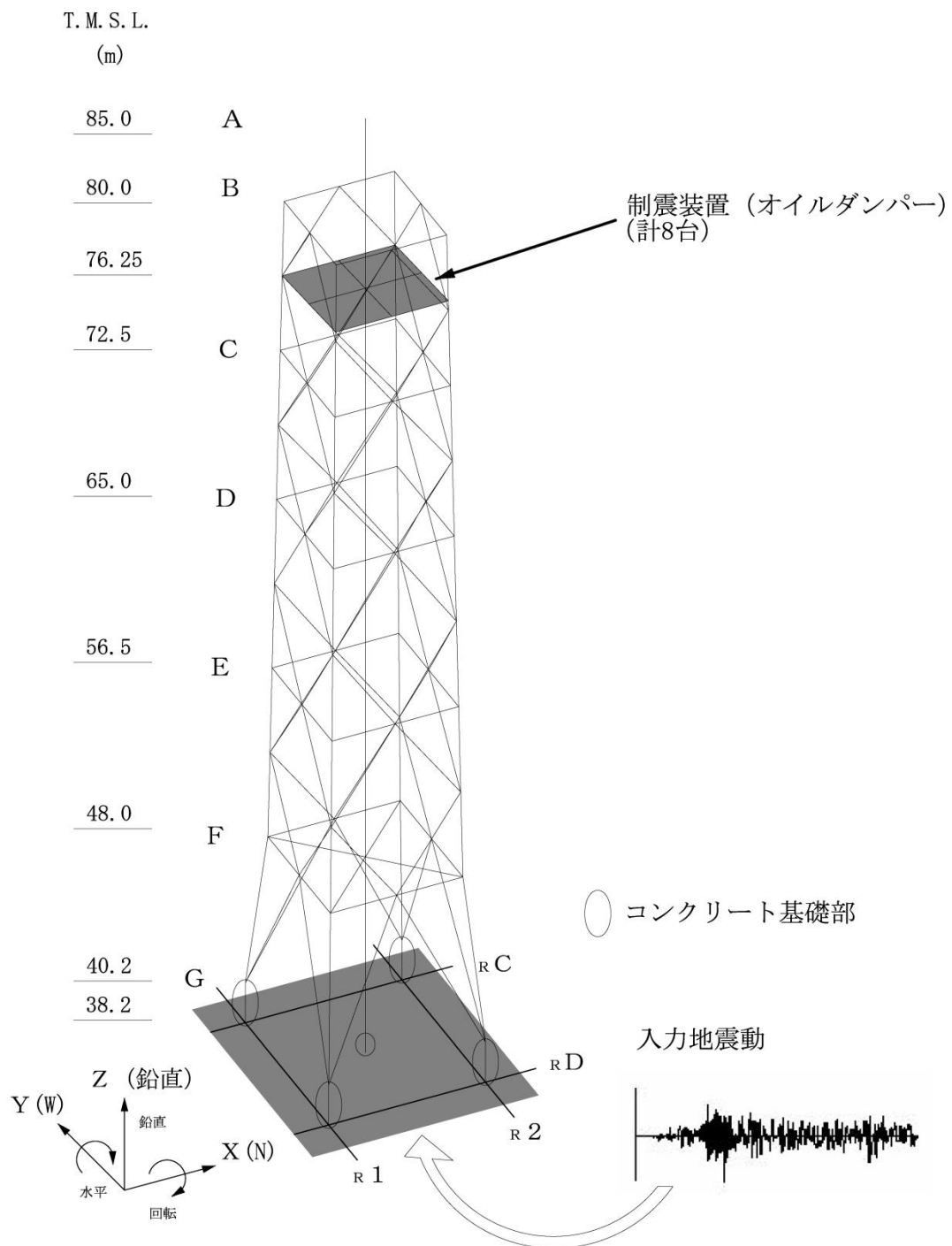


図 3-1-3 主排気筒の解析モデル

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_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-2-4-2-1「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_s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 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
R _s	: S _s 地震時配管荷重
K H _{s W E} *	: W→E 方向 S _s 地震時動水圧荷重
K H _{s S N} *	: S→N 方向 S _s 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。

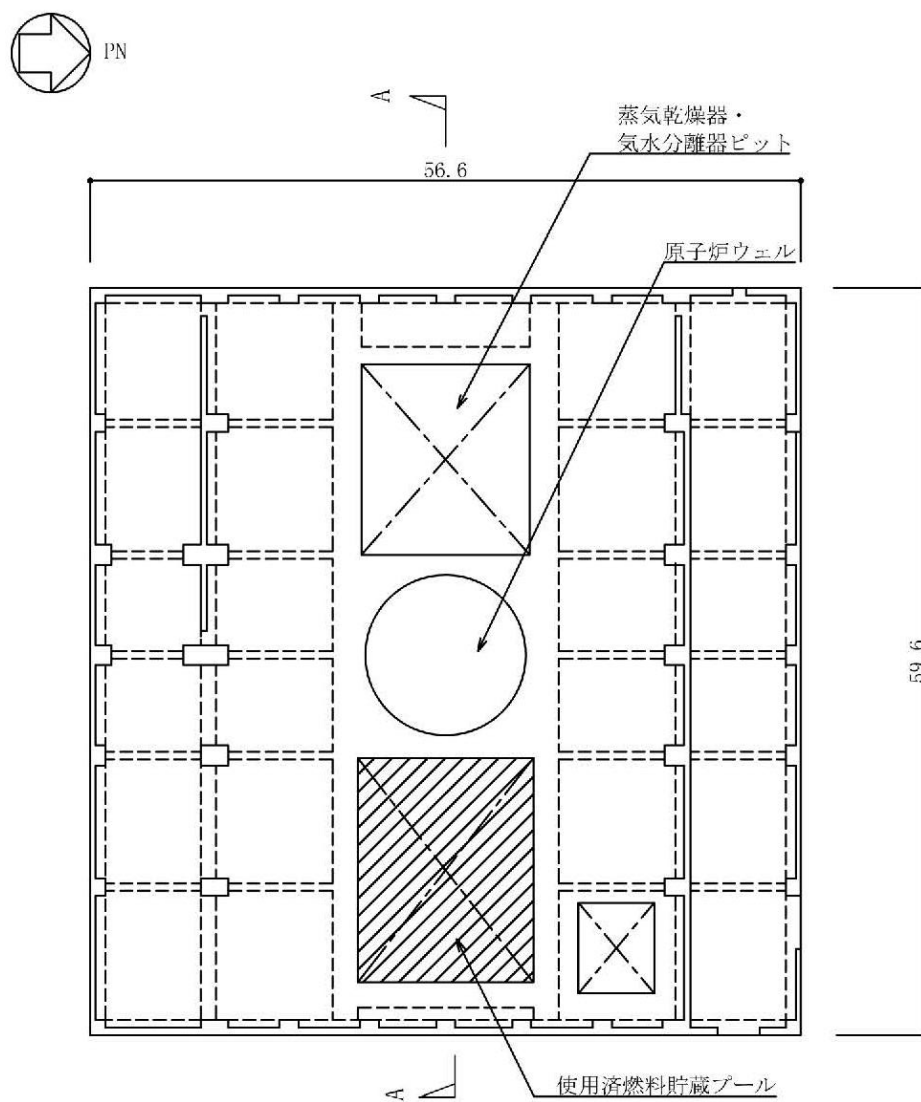
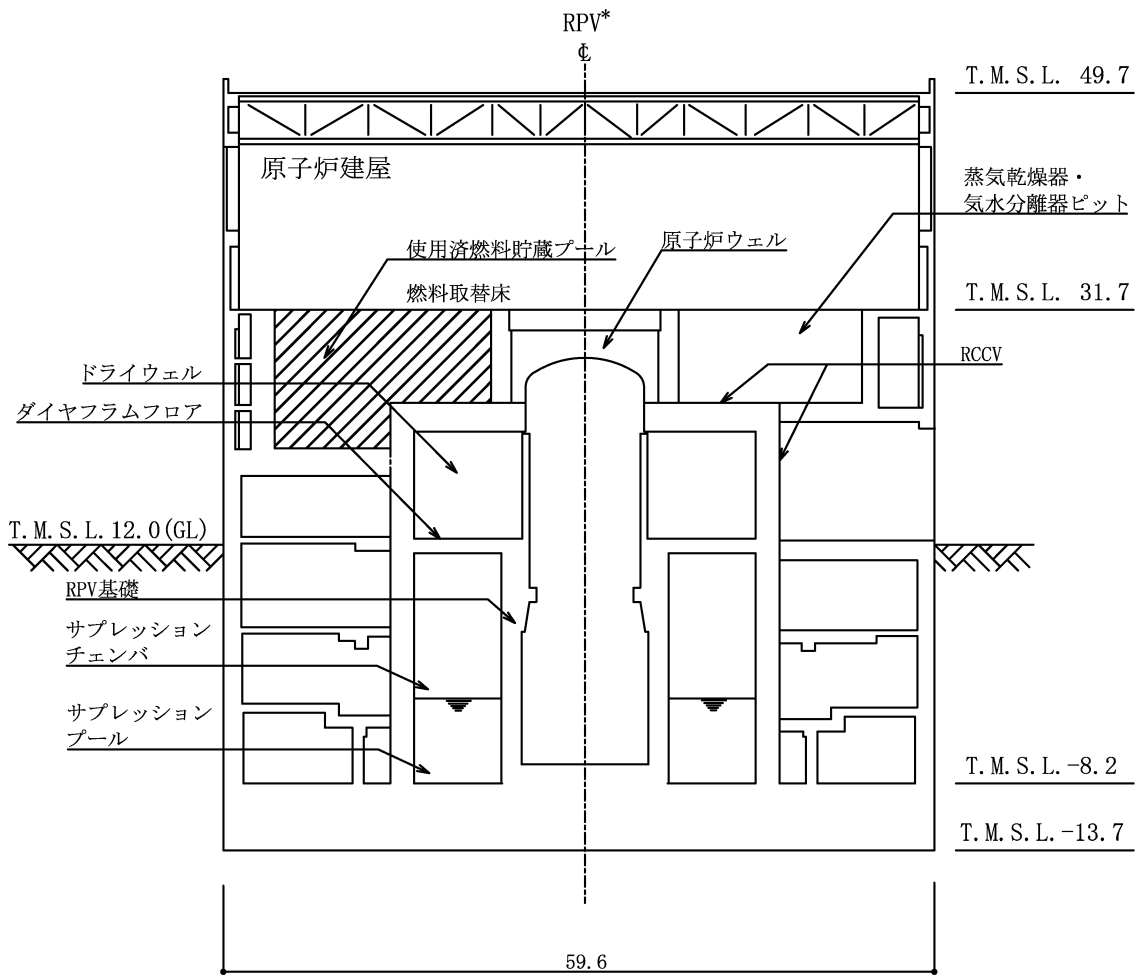


図 3-1-4 使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略平面図 (T. M. S. L. 31.7m)
(単位 : m)



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)

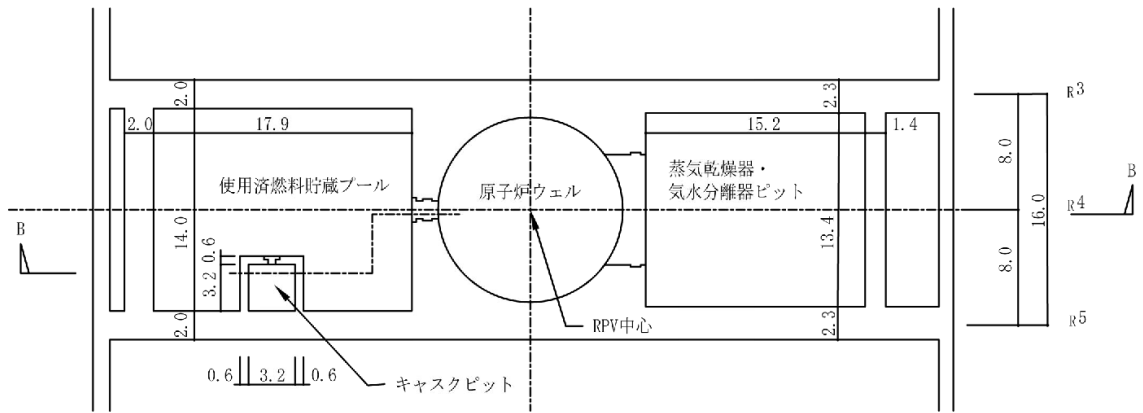
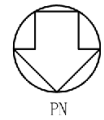


図 3-1-6 使用済燃料貯蔵プール周りの概略平面図 (単位 : m)

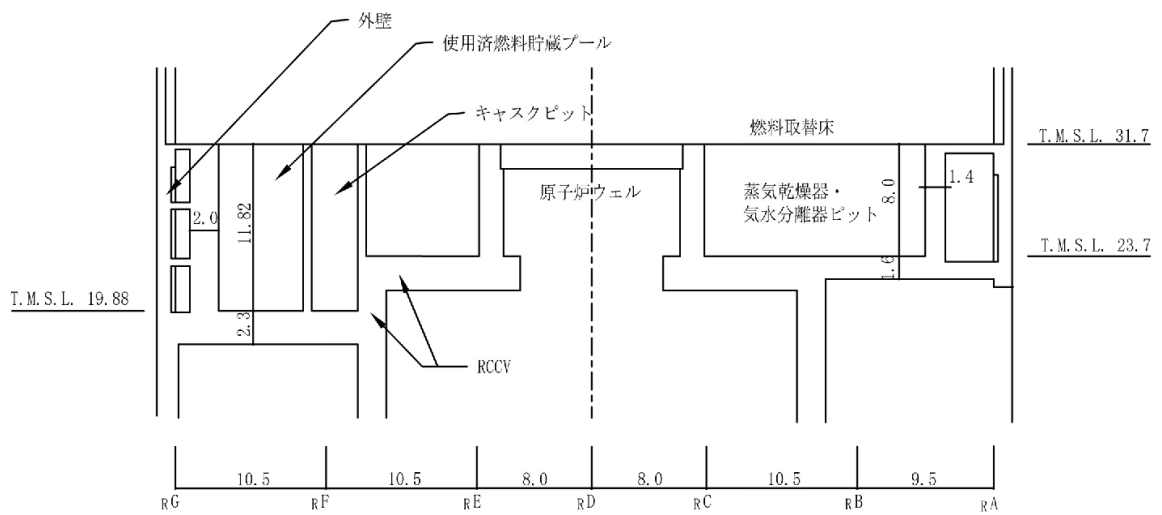
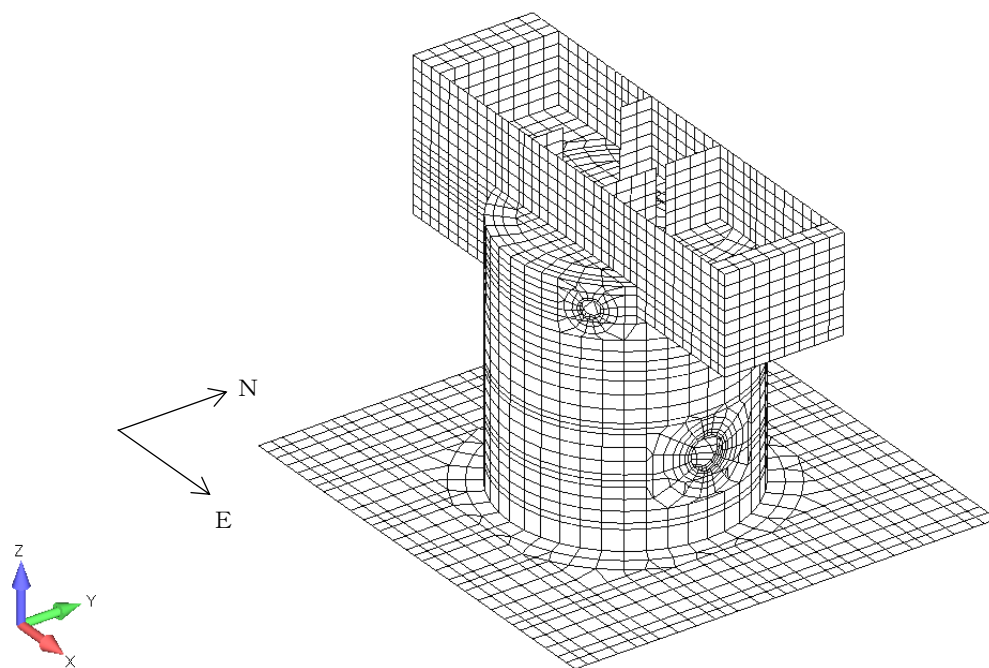
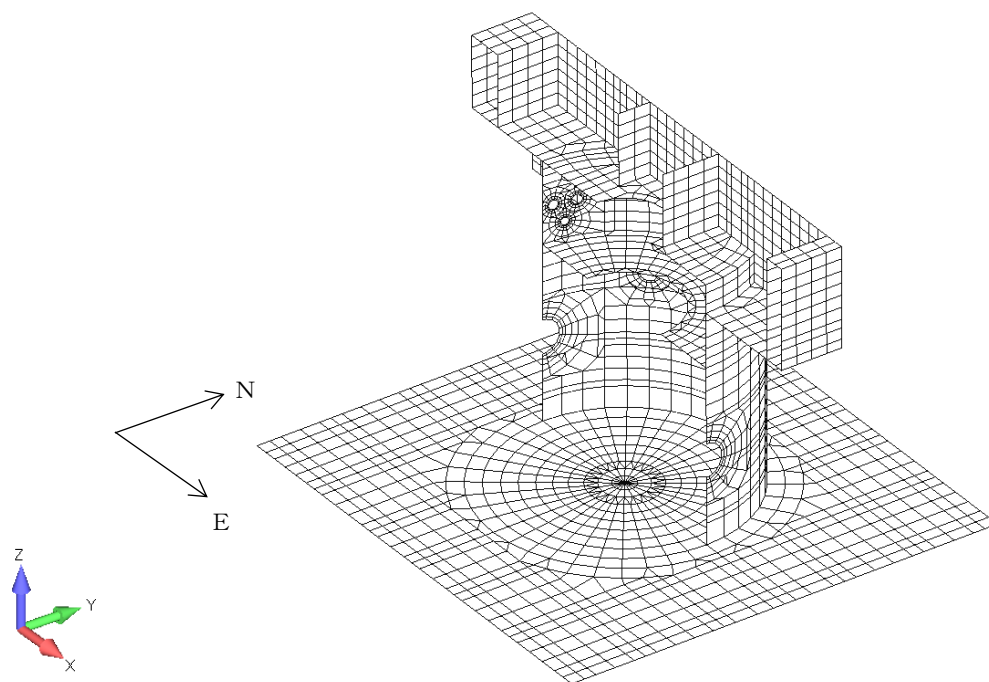


図 3-1-7 使用済燃料貯蔵プール周りの概略断面図
(B-B 断面) (単位 : m)

K7 ① V-2-12 R0

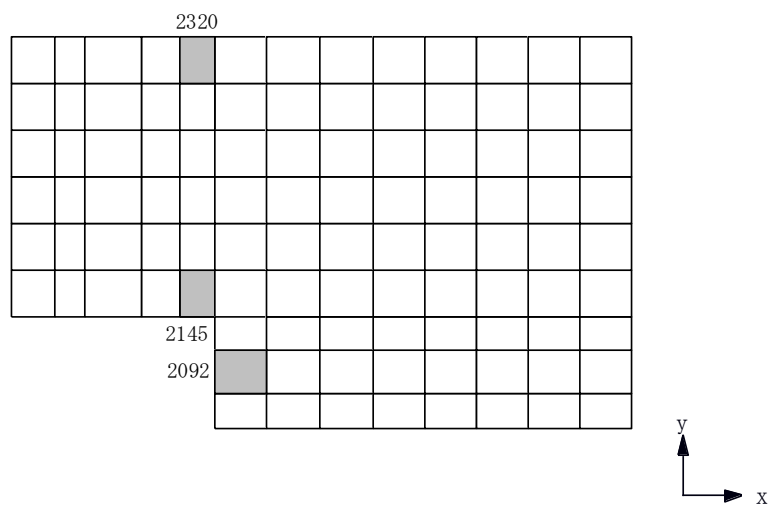


(a) 全体鳥瞰図

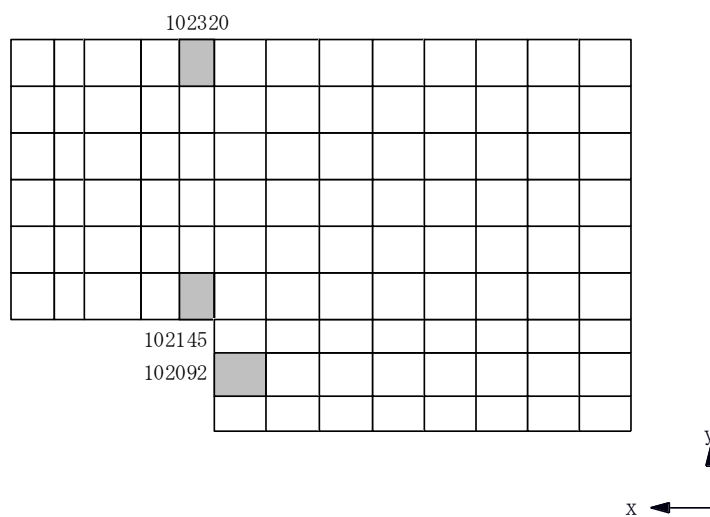


(b) 全体断面図 (EW 方向断面)

図 3-1-8 解析モデル概要図

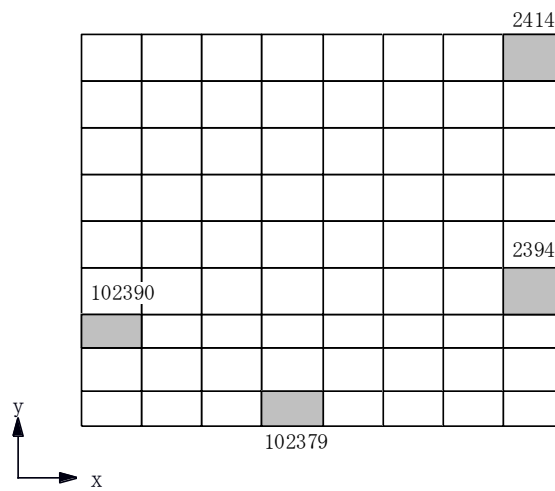


(a) 北側壁

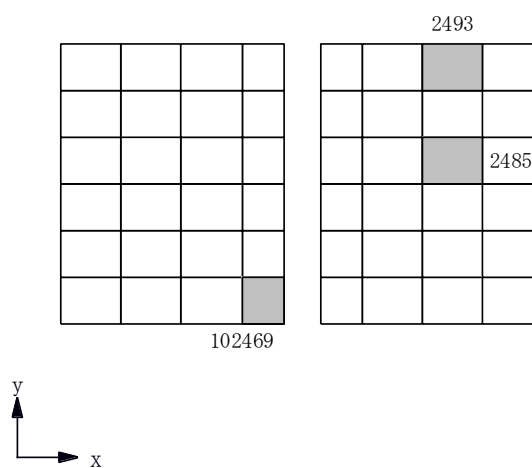


(b) 南側壁

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)

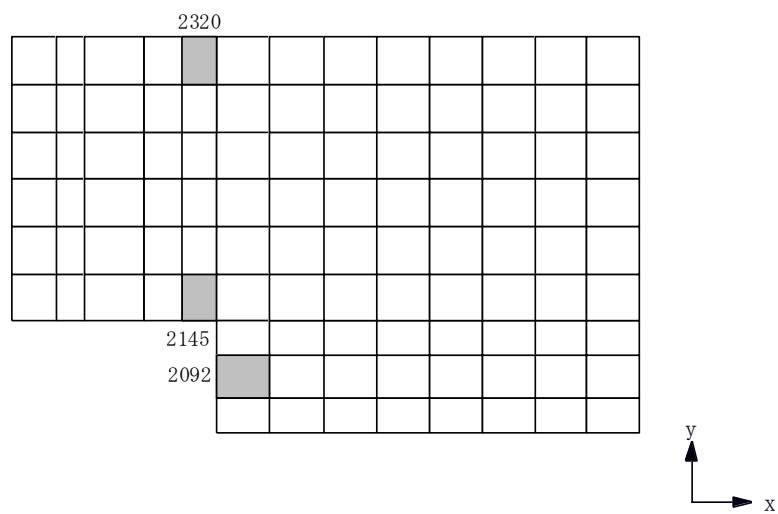


(c) 東側壁

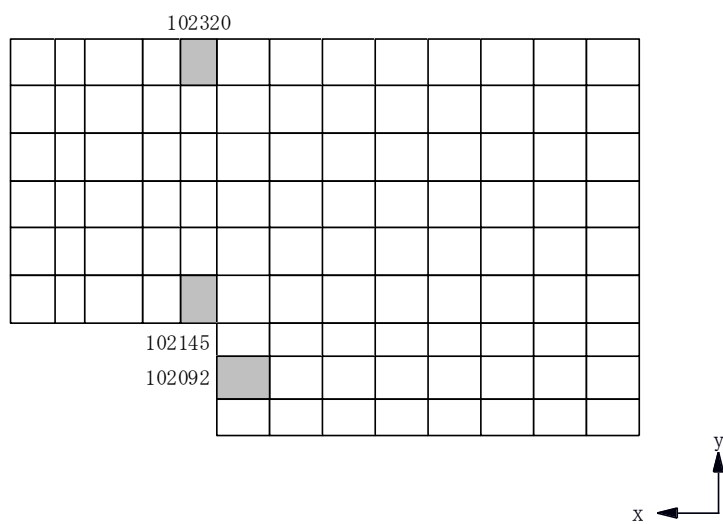


(d) 西側壁

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)

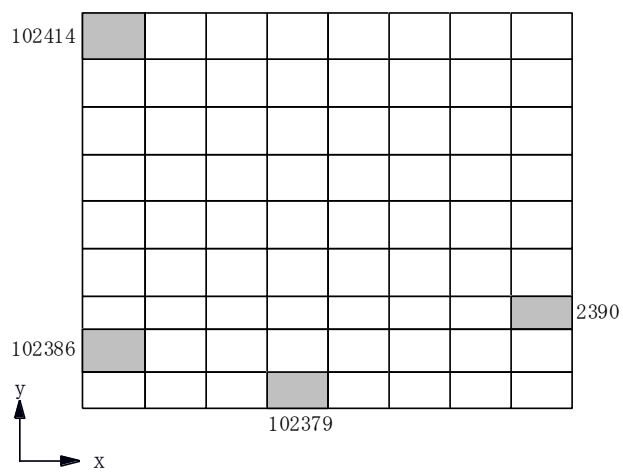


(a) 北側壁

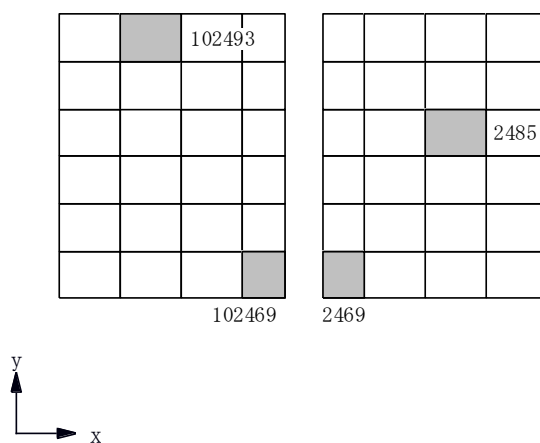


(b) 南側壁

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

K7 ① V-2-12 R0

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 (N/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 (N/mm^2)	-	2092	2-16	2.76	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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 (N/mm^2)	-	102092	2-16	2.74	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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 (N/mm^2)	-	2390	2-5	1.00	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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 (N/mm^2)	-	2485	2-5	0.974	2.33
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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

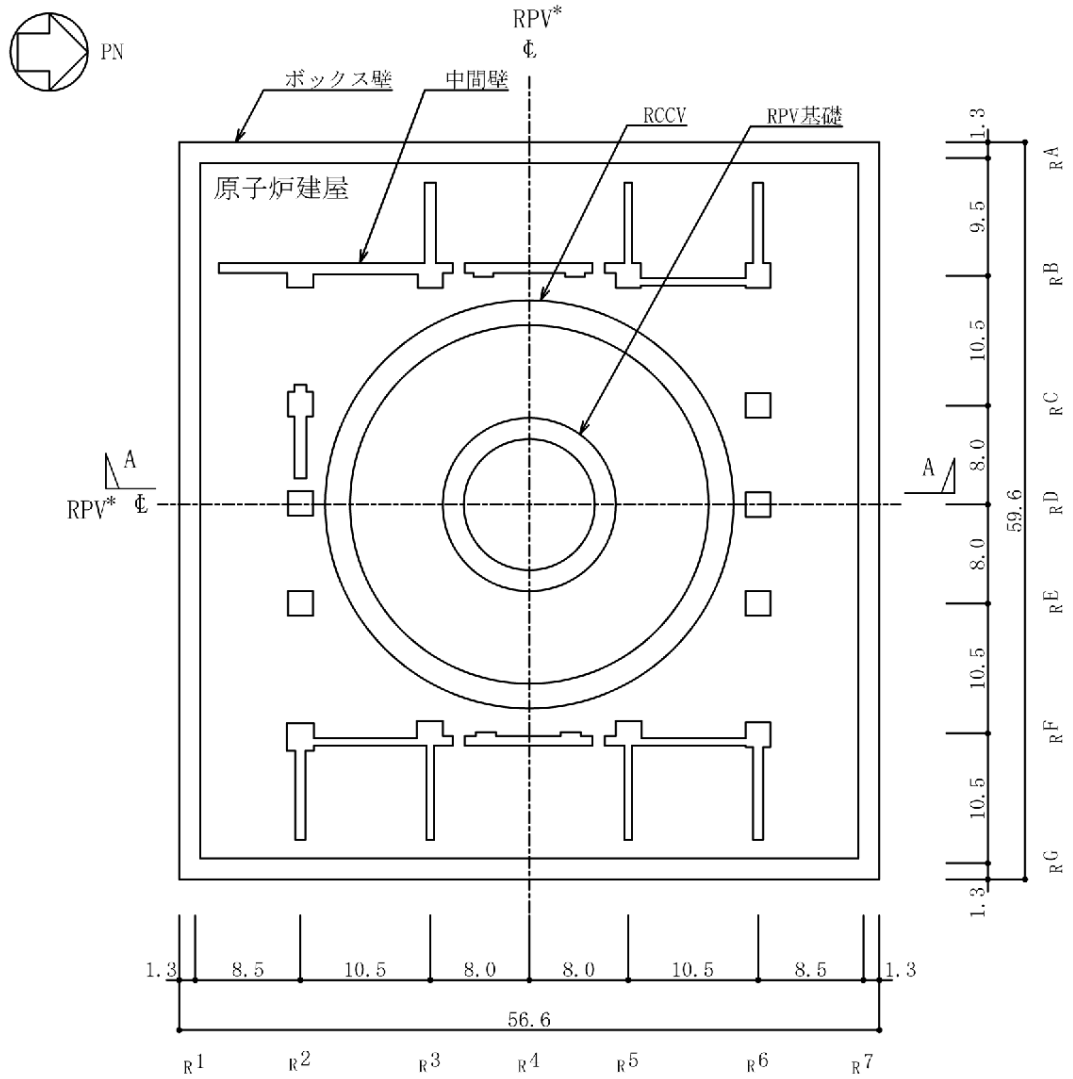
断面の評価結果を以下に示す。断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

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）

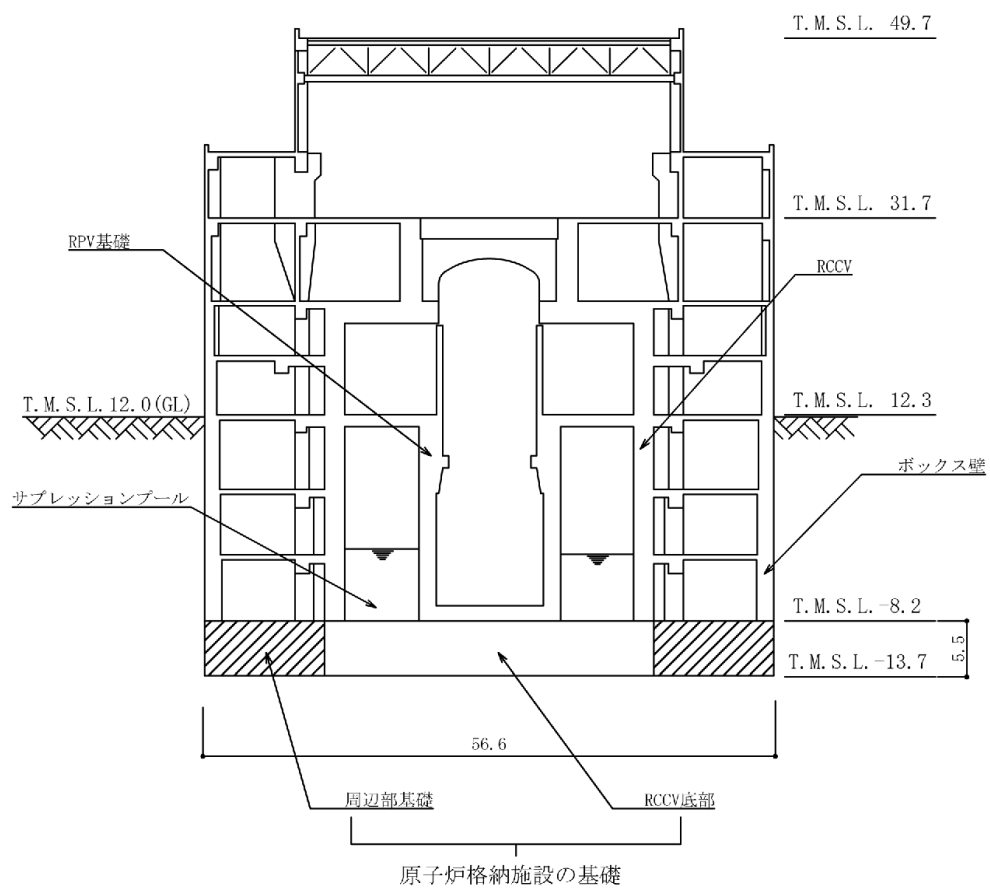
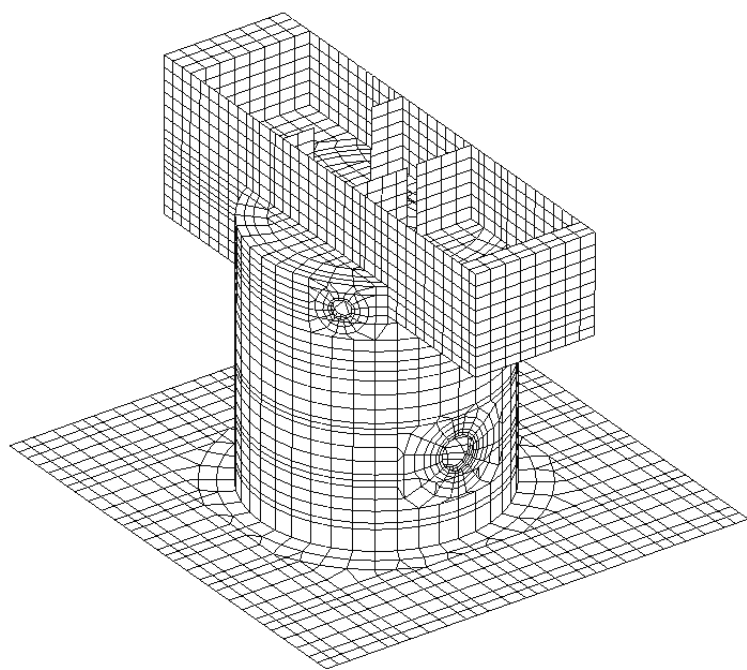
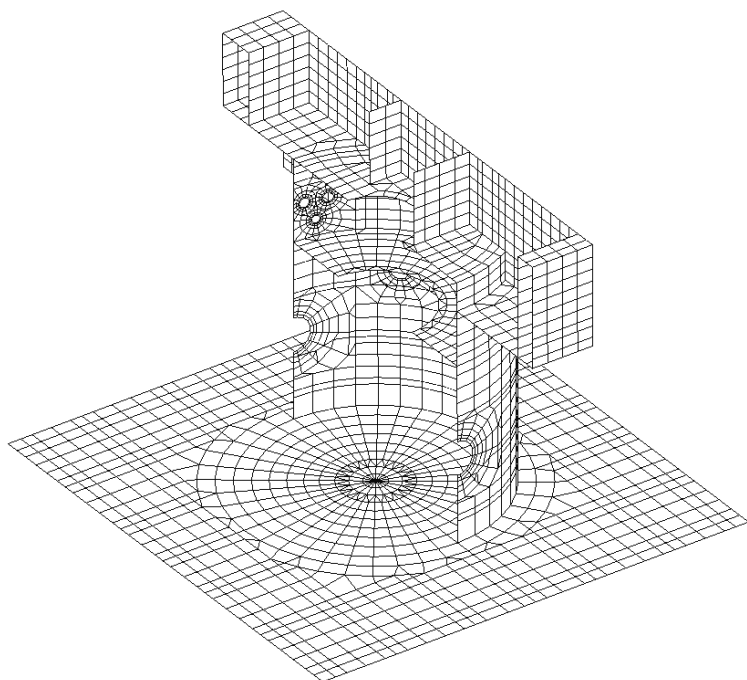


図 3-1-12 原子炉建屋基礎スラブの概略断面図 (A-A 断面) (単位 : m)



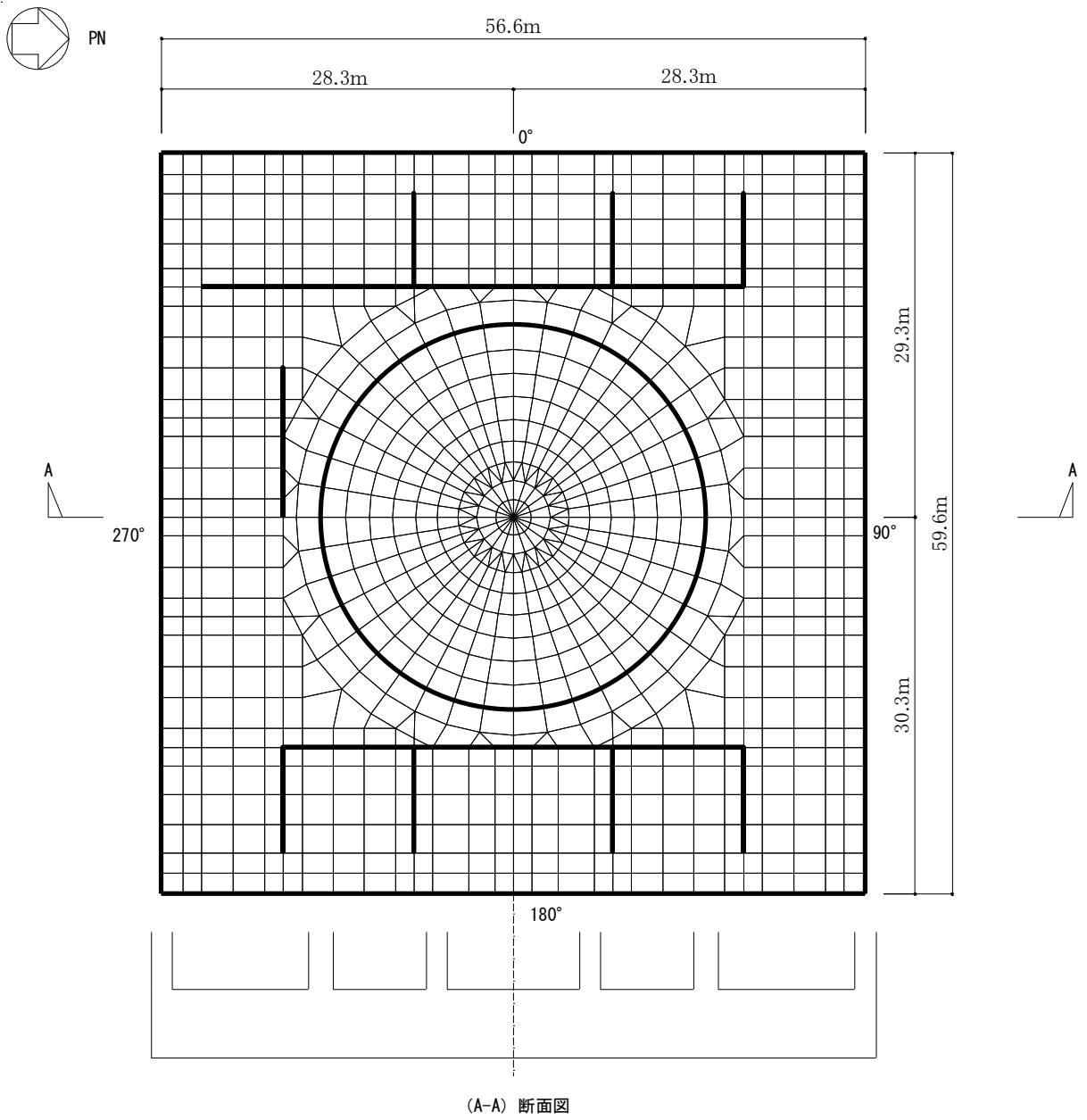
(a) 全体鳥瞰図



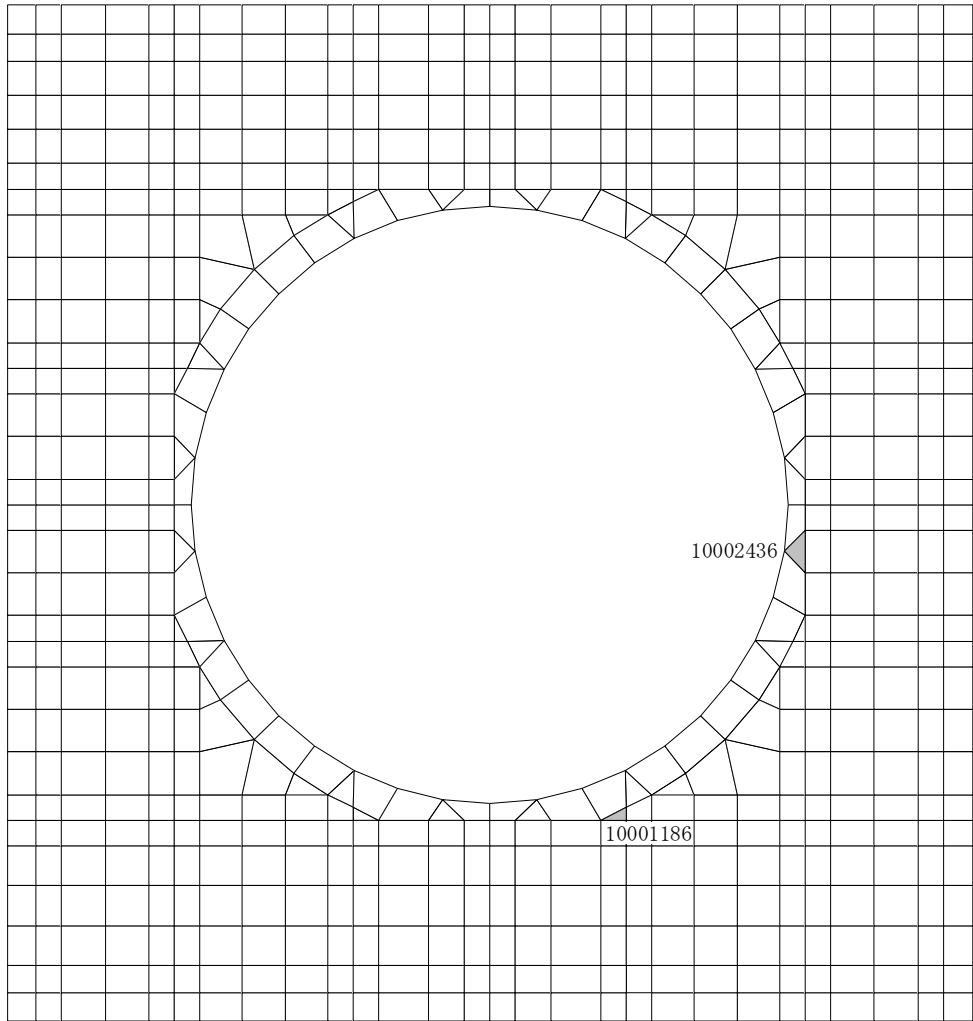
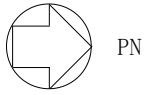
(b) 全体断面図

図 3-1-13 解析モデル (1/2)

K7 ① V-2-12 R0

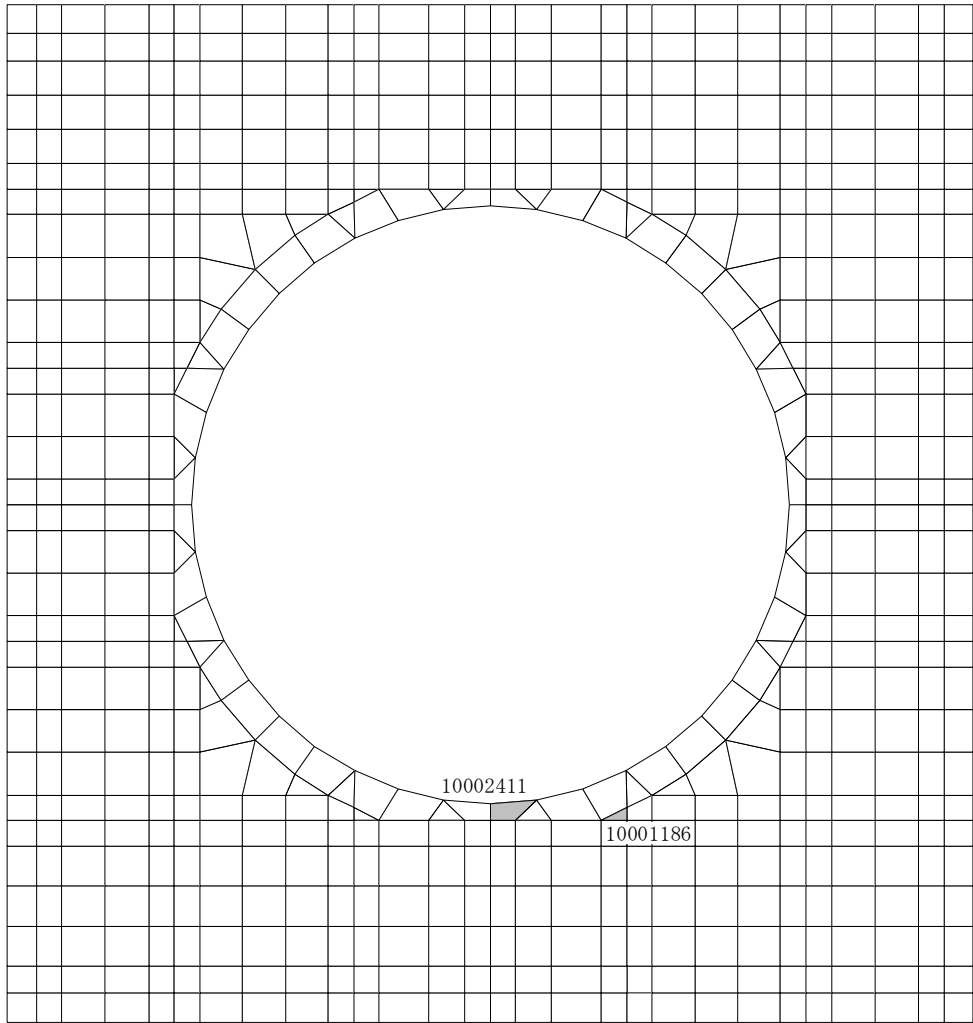
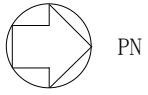


(c) 基礎スラブ要素分割図
図 3-1-13 解析モデル (2/2)



(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

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

評価対象設備を機種ごとに分類した結果を、表 3-2-1 に示す。機種ごとに分類した設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力による影響を以下の項目より検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

水平1方向の地震力に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合には、水平2方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

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

制御棒・破損燃料貯蔵ラックのサポートや横置き容器等は、水平2方向の地震力を想定した場合、水平1方向を拘束する構造であることや、水平各方向で振動性状及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより、特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため、水平1方向の地震力しか負担しないものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平1方向の地震力しか負担しないものを分類した。

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

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

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

原子炉圧力容器スタビライザは、周方向8箇所を支持する構造で配置され、水平1方向の地震力を6体で支持する設計としており、水平2方向の地震力を想定した場合、地震力を負担する部位が増え、また、最大反力を受けもつ部位が異なることで、水平1方向の地震力による荷重と水平2方向の地震力を想定した場合における荷重が同等になるものであり、水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等のものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等と言えるものを分類した。

d. 従来評価において、保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケットは、従来評価において、水平2方向地震を考慮した評価を行っているため、水平2方向の影響を考慮しても影響がないものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から従来評価にて保守性を考慮しており、水平2方向の影響を考慮しても影響がないものを分類した。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

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

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

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1) (2)において影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値を比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。水平2方向の地震力の組合せは米国Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮したSRSS法により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。算出の方法を以下に示す。

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

3.2.2 建物・構築物及び屋外重要土木建造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1 項及び 3.3 項における建物・構築物及び屋外重要土木建造物の影響評価において機

器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念される部位は抽出されなかった。

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

3.2.1項で検討した、水平2方向の地震力が重畳する観点、水平方向とその直行方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点、水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力増分の観点で、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出した結果を表3-2-2に示す。

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

3.2.1項の観点から抽出される設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を以下の方法により算出する。

発生値の算出における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法を適用する。

(1) 従来評価データを用いた算出

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

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出している設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平1方向と鉛直方向の地震力を組み合わせた上で従来の発生値を各方向で算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平方向を包絡した地震力と鉛直方向地震力を組み合わせたうえで従来の発生値を算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向同一の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。

また、算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。

- ・発生値が地震以外の応力成分を含む場合、地震による応力成分と地震以外の応力成分を分けて算出する。

3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

3.2.1項の観点から3.2.3項で抽出した以下の設備に対して、3.2.4項の影響評価条件で算出した発生値に対して設備が有する耐震性への影響を確認した。評価した内容を設備（部位）毎に以下に示し、その影響評価結果については重大事故時等の状態も考慮した結果を表3-2-3に示す。

a. 燃料集合体 燃料被覆管

従来設計では、地震応答解析により算定される水平各方向の最大応答変位及び最大応答加速度を用いた応力解析により評価部位の応力比を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、NS、EW各方向の最大応答変位及び最大応答加速度をベクトル和により組み合わせた変位及び加速度を用いた応力解析により設計比を算定し、許容値を満足することを確認した。

b. 原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔(N1) ケーシング側付根R部

従来設計では、地震応答解析により算定される水平各方向の地震荷重を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、水平2方向及び鉛直方向地震荷重をSRSS法で組み合わせた一次+二次応力が許容応力を上回ることから、簡易弾塑性解析により疲労累積係数を算定し、許容値を満足することを確認した。

c. ダイヤフラムフロア 鉄筋コンクリートスラブ放射方向

従来設計では、地震応答解析により算定される水平各方向の地震荷重を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、従来の水平方向地震荷重を $\sqrt{2}$ 倍し、水平2方向を考慮した配管反力及びその他荷重と組み合わせることによって算定し、許容値を満足することを確認した。

d. 静的触媒式水素再結合器 本体

従来設計では、水平各方向の最大応答加速度を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記発生値をSRSS法により組み合わせることによって算定し、許容値を満足することを確認した。

e. 制御棒挿入性

従来設計では、地震応答解析により算定される水平各方向の最大相対変位を用いて評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価は、基準地震動毎に水平各方向の最大相対変位をベクトル和で組み合わせて算定した最大相対変位が機能確認済相対変位を満足することを確認した。

3.2.6 まとめ

機器・配管系において、水平2方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、従来設計の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足し、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

本影響評価は、水平2方向及び鉛直方向地震力により設備が有する耐震性への影響を確認することを目的としている。そのため、従来設計の発生値をそのまま用いて水平2方向

及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており、以下に示す保守側となる要因を含んでいる。

- ・従来設計の発生値（水平 1 方向及び鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分の組合せ）に対して、係数（ $\sqrt{2}$ ）を乗じて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出しているため、係数を乗じる必要のない鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分についても係数を乗じている。
- ・従来設計において水平各方向を包絡した床応答曲線を各方向に入力している設備は各方向の大きい方の地震力が水平 2 方向に働くことを想定した発生値として算出している。

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

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (1/11)

設備		部位
燃料集合体		燃料被覆管
炉心支持構造物	炉心シュラウド	上部胴上端 上部胴下端 下部胴上端
		炉心支持板支持面
	シュラウドサポート	レグ
		シリンダ プレート 下部胴
	上部格子板	リム胴板
		グリッドプレート
	炉心支持板	補強ビーム 支持板
	燃料支持金具	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具
制御棒案内管	下部溶接部 長手中央部	
原子炉圧力容器本体	ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザブラケット
		蒸気乾燥器支持ブラケット
		給水スパーチャブラケット 低圧注水スパーチャブラケット
原子炉圧力容器支持構造物	原子炉圧力容器スカート	スカート
	原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト
原子炉圧力容器本体	胴板 下部鏡板	胴板 スカート付根部 球殻部
		球殻部と円錐部の接続部 ナックル部 ナックル部と円筒胴部の接続部
	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	スタブチューブ
		ハウジング 下部鏡板リガメント
	原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔 (N1)	ケーシング側付根 R 部 RIP ノズル溶接部 スタブと下部鏡板の接続部
		貫通孔スタブ

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (2/11)

設備		部位
原子炉圧力容器本体	主蒸気ノズル (N3) 給水ノズル (N4) 低圧注水ノズル (N6) 上蓋スプレイ・ベントノズル (N7) 原子炉停止時冷却材出口ノズル (N8, N10) 計装ノズル (N12) 計装ノズル (N13) 計装ノズル (N14) ドレンノズル (N15) 高圧炉心注水ノズル (N16)	各部位
	原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル (N9)	ノズル
	炉心支持板差圧検出ノズル (N11)	肉盛溶接部
容器付属構造物	原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング	ケーシング
	原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド
		ブラケット
制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム	プレート	
原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器	ユニットサポート
		耐震用ブロックせん断面 A
		耐震用ブロック支圧面 A
		耐震用ブロック支圧面 B
	気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 中性子束計測案内管	各部位
	給水スパージャ 高圧炉心注水スパージャ 低圧注水スパージャ 高圧炉心注水系配管 (原子炉圧力容器内部)	各部位
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック	
	サポート 基礎ボルト (サポート部)	
	基礎ボルト (底部)	
使用済燃料貯蔵ラック	角管及びプレート シートプレート及びベース	
	基礎ボルト	

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (3/11)

設備	部位
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA)	架構
	基礎ボルト
	サポート (上部)
	サポート (下部)
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA 広域)	検出器
	検出器架台 (基礎ボルト)
	検出器架台 (部材)
	検出器サポート (上部)
監視カメラ	検出器サポート (下部)
	基礎ボルト
	取付ボルト
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置	カメラ架台
	基礎ボルト
横形ポンプ ポンプ駆動用タービン 補機海水ストレナ 空調ファン 空調ユニット 空気圧縮機	基礎ボルト 取付ボルト
横置円筒形容器	胴板
	脚
	基礎ボルト
横置円筒形容器 (原子炉補機冷却水系熱交換器)	胴板
	脚
	アンカボルト

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (4/11)

設備	部位
配管本体, サポート (多質点梁モデル解析)	配管本体
	サポート
ダクト本体, サポート	ダクト本体 (矩形)
	ダクト本体 (円形)
	サポート
原子炉冷却材再循環ポンプ	モータカバー 補助カバー
	スタッドボルト 補助カバー取付ボルト
アキュムレータ	胴板
	脚
立形ポンプ (ピットバレル形ポンプ)	コラムパイプ バレルケーシング
	基礎ボルト 取付ボルト
立形ポンプ (立形斜流ポンプ)	コラムパイプ
	基礎ボルト 取付ボルト
ECCS ストレーナ	各部位 (フランジ, 取付ボルト以外)
	フランジ
	ストレーナ取付部ボルト
ECCS ストレーナ部ティー	ティー
ECCS ストレーナ取付部コネクタ	コネクタ フランジ
スカート支持たて置円筒形容器	胴板
	スカート
	基礎ボルト
平底たて置円筒形容器	胴板
	基礎ボルト

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (5/11)

設備	部位
平底たて置円筒形容器 (第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽)	胴板
	取付ボルト
	架台取付ボルト
ラグ支持たて置き円筒容器	胴板
	ラグ
	取付ボルト
伝送器 (矩形床置)	基礎ボルト 取付ボルト
伝送器 (矩形壁掛)	基礎ボルト 取付ボルト
伝送器 (円形吊下)	取付ボルト
伝送器 (円形壁掛)	取付ボルト
伝送器 (サポート鋼材固定)	基礎ボルト 取付ボルト
	溶接部
制御棒駆動機構	スプールピース最小断面
水圧制御ユニット	フレーム
	取付ボルト
核計装設備	各部位
電気盤 (矩形床置)	基礎ボルト 取付ボルト
電気盤 (矩形壁掛)	基礎ボルト 取付ボルト
通信連絡設備 (床置アンテナ)	基礎ボルト
通信連絡設備 (壁掛アンテナ)	基礎ボルト
通信連絡設備 (パラボラアンテナ)	基礎ボルト
静的触媒式水素再結合器動作監視装置	基礎ボルト

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (6/11)

設備		部位
配管遮蔽		架台
		基礎ボルト
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ		ブレース
		ベース取付溶接部
		取付ボルト
原子炉格納容器	原子炉格納容器ライナ部	ライナプレート
		ライナアンカ
	ドライウエル上鏡	上鏡球殻部とナックル部の結合部 上鏡円筒部とフランジプレートとの結合部
		フランジプレート
		ガセットプレート
		コンクリート部
	下部ドライウエルアクセストンネルスリーブ及び鏡板	鏡板 鏡板のスリーブとの結合部 スリーブのフランジプレートとの結合部
		フランジプレート
		ガセットプレート
		コンクリート部
	クエンチャサポート基礎	ベースプレート
		下部サポートパイプ
		ベアリングプレート ガセットプレート
		基礎ボルト
		コンクリート部

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (7/11)

設備		部位
原子炉格納容器	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ サプレッションチェンバ出入口 上部ドライウエル所員用エアロック	円筒胴
		円筒胴のフランジプレートとの結合部
		フランジプレート
		ガセットプレート
		コンクリート部
	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 下部ドライウエル所員用エアロック	円筒胴
		円筒胴の鏡板との結合部
	原子炉格納容器配管貫通部	スリーブ
		スリーブのフランジプレートとの結合部 端板
		フランジプレート ガセットプレート
		コンクリート部
	原子炉格納容器電気配線貫通部	スリーブ
		スリーブのフランジプレートとの結合部
		フランジプレート ガセットプレート
		コンクリート部
	真空破壊弁	真空破壊弁パイプ
ダイヤフラムフロア	鉄筋コンクリートスラブ放射方向 鉄筋コンクリートスラブ円周方向	
	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部(地震時水平力伝達用シアプレート) 鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部(地震時鉛直力伝達用シアプレート)	
	原子炉本体基礎接合部 (地震時水平力伝達用シアプレート)	
	原子炉本体基礎接合部(半径方向水平力伝達用頭付きスタッド)	

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (8/11)

設備	部位
ベント管	垂直管支持部 水平吐出管の垂直管との結合部 水平吐出管支持部 リターンラインの垂直管との結合部
ドライウェルスプレイ管 サプレッションチェンバースプレイ管	スプレイ管 スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部 スプレイ管案内管
静的触媒式水素再結合器	本体
	架台
	取付ボルト
	基礎ボルト
下部ドライウェルアクセストンネル	各部位
コリウムシールド	補強フレーム 縦材 水平材
	ガセットプレート
	ベースプレート
	アンカーボルト
	水平プレート
	鋼棒
	ボルト
遠隔手動操作設備	等速ジョイント
	ヘリカルパワードライブ取付ボルト
	ベアリングユニット取付ボルト
	基礎ボルト
遠隔手動弁操作設備遮蔽	架台
	基礎ボルト

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (9/11)

設備	部位
燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置	外梁
	ガイドレール 門ピン
	ハンガーレール
	テーパブロック取付ボルト
	チェーン
非常用ディーゼル発電機	基礎ボルト 取付ボルト
ガスタービン発電機	転倒評価
	取付ボルト
	発電機車フレーム
	制御車フレーム
	取付部上部 (リンク機構)
	水平部材 (リンク機構)
	下部取付ボルト (リンク機構)
その他電源設備	基礎ボルト 取付ボルト
止水堰 (鋼板組合せ堰)	止水板
	梁材
	床アンカーボルト
	壁アンカーボルト
止水堰 (L型鋼製堰, 鋼製落とし込み型堰)	鋼製板
	アンカーボルト
止水堰 (鉄筋コンクリート製堰)	アンカーボルト及びアンカー筋
	縦筋
	堰底部のコンクリート

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (10/11)

設備	部位
床ドレンライン浸水防止治具 (フロート式治具)	弁本体
	フロートガイド
床ドレンライン浸水防止治具 (スプリング式治具)	本体・ガイド
	ばねガイド
	弁体
貫通部止水処置 (モルタル)	モルタル
貫通部止水処置 (鉄板)	鉄板
	配管と鉄板との溶接部
	鉄板とスリーブとの溶接部
貫通部止水処置 (フラップゲート)	フラップゲートの 固定ボルト
貫通部止水処置 (ケーブルトレイ金属ボックス)	ケーブルトレイ金属ボックスの固定ボルト
ボンベラック	ボンベラック
	溶接部
原子炉本体基礎	円筒部 (内筒)
	円筒部 (外筒)
	たてリブ
	アンカボルト
	ベアリングプレート
竜巻防護設備	ブラケット部
	アンカボルト
	鋼板
	架構

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (11/11)

設備	部位
中央制御室天井照明	溝形鋼
	ボックス鋼
	CS チャンネル
	取付ボルト
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガーダ
	脱線防止ラグ
	トロリストopp
	トロリ
	吊具
燃料取替機	構造物フレーム ブリッジ脱線防止ラグ(本体) トロリ脱線防止ラグ(本体) 走行レール 横行レール
	ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト) トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト)
	吊具
原子炉遮蔽壁	一般胴部 開口集中部
耐火隔壁	フレーム部材
	基礎ボルト

K7 ① V-2-12 R0

表 3-2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果（基準地震動 S s）

(凡例) ○：影響の可能性あり
△：影響軽微

(1) 構造強度評価

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1 項(1)水平 2 方向の地震力が重畳する観点及び(2)の観点水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点	3.2.1 項(3)水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
燃料集合体	○	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。
原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔(N1)*	△	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。
低圧注水ノズル(N6)	○	△	従来評価における設計荷重が、水平 2 方向の地震力を考慮した荷重を包絡する。
原子炉停止時冷却材出口ノズル(N8)	○	△	従来評価における設計荷重が、水平 2 方向の地震力を考慮した荷重を包絡する。
ダイヤフラムフロア*	△	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。
静的触媒式水素再結合器	○	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。

注記*：水平 1 方向及び鉛直方向地震力による裕度（許容値／発生値）が 1.1 未満の設備（機種）及び部位

(凡例) ○：影響の可能性あり
△：影響軽微

(2) 機能維持評価

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1 項(1)水平 2 方向の地震力が重畳する観点及び(2)の観点水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点	3.2.1 項(3)水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
制御棒挿入性	○	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。

表 3-2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果（基準地震動 S s）

(1) 構造強度評価

評価対象設備	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性						備考
	評価部位	応力分類	1 方向入力 発生値	2 方向想定 発生値	許容値	判定	
燃料集合体	燃料被覆管	一次＋二次応力	0.76 (設計比)	0.81 (設計比)	1	○	単位：なし
原子炉冷却材再循環 ポンプ貫通孔(N1)	ケーシング側付根 R 部	一次＋二次応力	532	0.692* (疲労累積係数)	552	○	単位：MPa
ダイヤフラムフロア	鉄筋コンクリート スラブ放射方向	面外せん断力	1936	1945	2108	○	単位：N/mm
静的触媒水素再結合器	本体	一次応力（組合せ）	126	157	171	○	単位：MPa

注記*：2 方向想定発生値（一次＋二次応力）が許容応力を上回ることから、簡易弾塑性解析による疲労累積係数が許容値を満たすことを確認。

(2) 機能維持評価

評価対象設備	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				備考
	1 方向入力 相対変位	2 方向想定 相対変位	確認済相対変位	判定	
制御棒挿入性	31.6	35.2	約 40	○	単位：mm

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

(1) 構造形式の分類

図3-3-1に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は、その構造形式より1)海水貯留堰、取水護岸、取水路、燃料移送系配管ダクトのような線状構造物、2)取水路（立坑部）、補機冷却用海水取水路（立坑部）のような立坑構造物、3)スクリーン室、補機冷却用海水取水路、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎のような妻壁を有する箱型構造物、4)軽油タンク基礎、第一ガスタービン発電機基礎のような版基礎、5)軽油タンク基礎、燃料移送系配管ダクト、第一ガスタービン発電機基礎、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎のような鋼管杭基礎、6)非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板のような壁構造物の6つに大別される。

屋外重要土木構造物の構造形式を表3-3-1に示す。

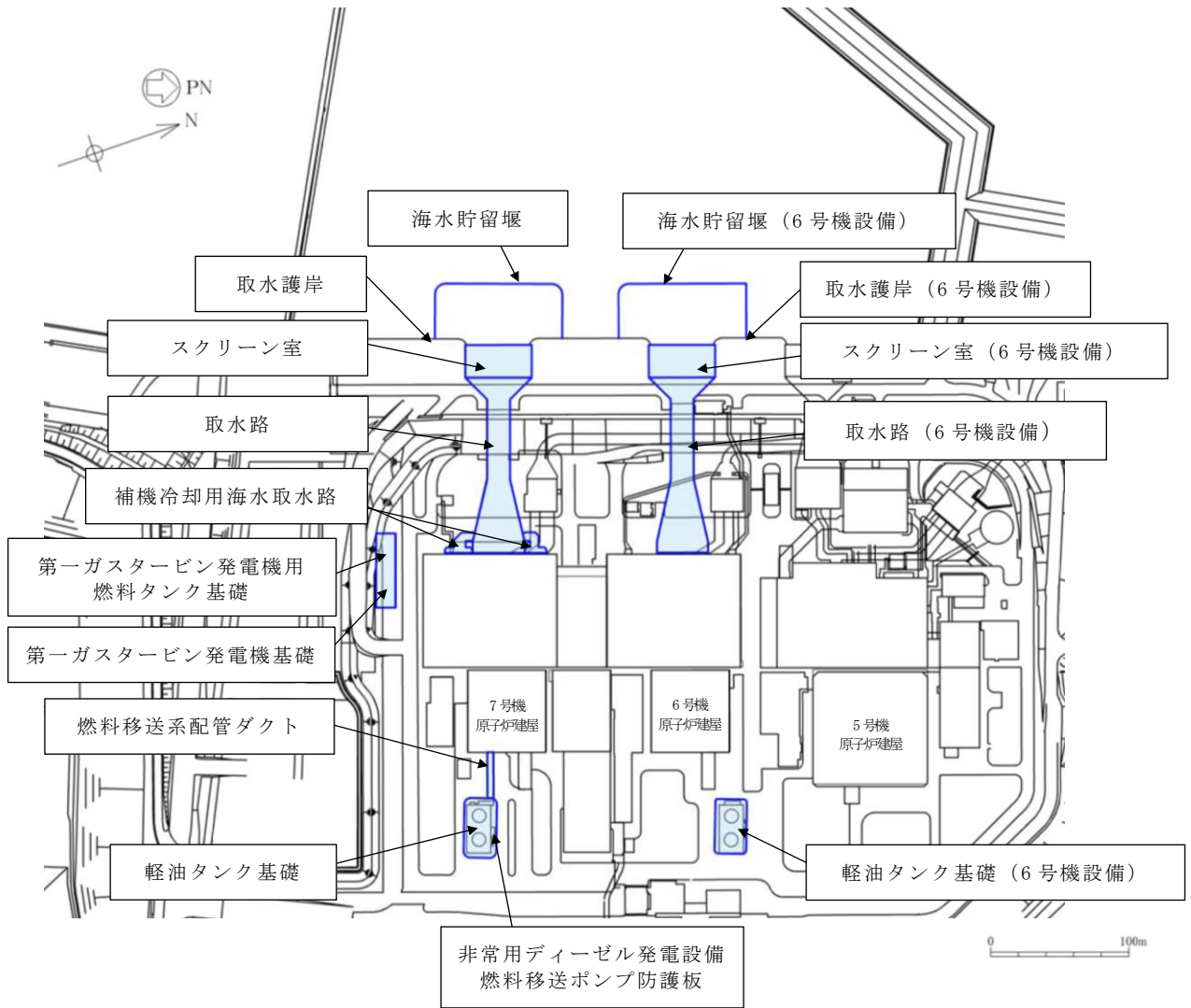


図3-3-1 屋外重要土木構造物配置図

表 3-3-1 屋外重要土木構造物の構造形式

対象構造物		構造形式					
		1)線状 構造物	2)立坑 構造物	3)箱型 構造物	4)版基 礎	5)鋼管 杭基礎	6)壁構 造物
屋外重要土木構造物	海水貯留堰	○					
	取水護岸	○					
	スクリーン室			○			
	取水路	○	○				
	補機冷却用海水取水路		○	○			
	軽油タンク基礎（鉄筋コンクリート）				○		
	軽油タンク基礎（鋼管杭）					○	
	燃料移送系配管ダクト（鉄筋コンクリート）	○					
	燃料移送系配管ダクト（鋼管杭）					○	
	第一ガスタービン発電機基礎（鉄筋コンクリート）				○		
	第一ガスタービン発電機基礎（鋼管杭）					○	
	第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎（鉄筋コンクリート）			○			
	第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎（鋼管杭）					○	
	海水貯留堰（6号機設備）	○					
	取水護岸（6号機設備）	○					
	スクリーン室（6号機設備）			○			
	取水路（6号機設備）	○	○				
	軽油タンク基礎（6号機設備）（鉄筋コンクリート）				○		
軽油タンク基礎（6号機設備）（鋼管杭）					○		
*1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板						○	

注記*1 : 波及的影響防止のために耐震評価を行う土木構造物

(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、動土圧及び動水圧、摩擦力、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：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

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。

評価対象構造物のうち1)線状構造物、2)立坑構造物、3)箱型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。評価対象構造物のうち4)版基礎、5)鋼管杭基礎の地震時の挙動は、①動土圧及び動水圧による影響に加え、③慣性力に起因する上部工及び上載する機器等からの荷重に影響されることから、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、①動土圧及び動水圧及び③慣性力による影響を考慮する。

線状構造物については、その構造上の特徴として、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さない若しくは妻壁（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。

立坑構造物は、その構造形状の特徴として表3-3-3に示すよう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①動土圧及び動水圧が作用する。

箱型構造物は、妻壁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。

版基礎は、その構造形状の特徴として表3-3-3に示すよう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①動土圧及び動水圧が作用するとともに、③慣性力に起因する上部工及び上載する機器等からの荷重が作用する。

鋼管杭基礎については、互いに直交する断面に対して①動土圧及び動水圧による荷重が作用し、また、上部工との接合面に③慣性力に起因する上部工及び上載する機器等から伝わる荷重が作用する。

評価対象構造物のうち6)壁構造物は、地上構造物であることから、3.3.1(2)で整理した荷重のうち③慣性力による影響を考慮する。

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、地中埋設構造物のうち、従来評価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立坑構造物、箱型構造物を抽出する。また、①動土圧及び動水圧並びに③慣性力に起因する上部工及び上載する機器等から伝わる荷重が作用する版基礎及び鋼管杭基礎を抽出する。さらに、地上構造物である壁構造物も慣性力による影響が想定されるため、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抽出する。

表 3-3-3 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(1/3)

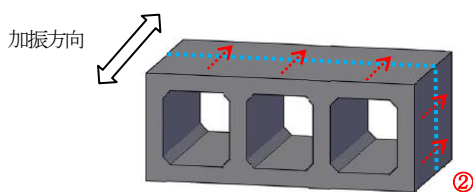
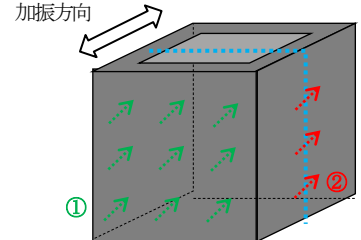
<p>3.3.1(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)</p>	<p>1) 線状構造物 海水貯留堰, 取水護岸, 取水路, 燃料移送系配管ダクト (鉄筋コンクリート)</p>	<p>2) 立坑構造物 取水路 (立坑部), 補機冷却用海水取水路 (立坑部)</p>												
<p>3.3.1(2)で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>..... 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸断面方向)</p>  <p>注: ③慣性力は全ての構造部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="443 877 1182 973"> <tr> <td>①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>	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	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>注: ③慣性力は全ての構造部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="1196 877 1937 973"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	①動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用	②摩擦力	主に胴体部に作用	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	主に胴体部に作用													
②摩擦力	主に胴体部に作用													
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 直交する荷重の影響程 度</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>胴体部において, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。</p>												
<p>抽出結果 (○影響検討実施)</p>	<p style="text-align: center;">×</p>	<p style="text-align: center;">○</p>												

表 3-3-3 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(2/3)

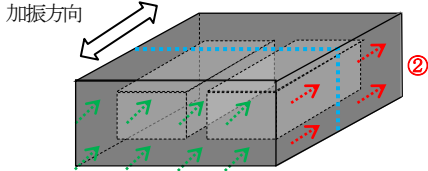
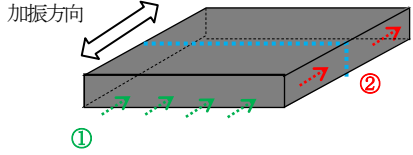
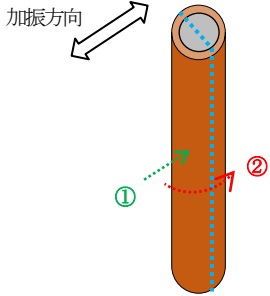
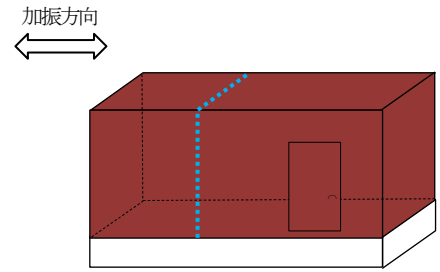
<p>3.3.1(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)</p>	<p>3)箱型構造物 スクリーン室, 補機冷却用海水取水路, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎 (鉄筋コンクリート)</p>	<p>4)版基礎 軽油タンク基礎 (鉄筋コンクリート), 第一ガスタービン発電機基礎 (鉄筋コンクリート)</p>												
<p>3.3.1(2)で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面 (弱軸断面方向)</p>  <p>注: ③慣性力は全ての部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="432 847 689 946"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>主に妻壁に作用</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>	①動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用	②摩擦力	側壁に作用	③慣性力	全ての部材に作用	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>注: ③慣性力は全ての部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="1196 847 1453 946"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>主に基礎版部に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>主に基礎版部に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	①動土圧及び動水圧	主に基礎版部に作用	②摩擦力	主に基礎版部に作用	③慣性力	全ての部材に作用
①動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用													
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	主に基礎版部に作用													
②摩擦力	主に基礎版部に作用													
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 直交する荷重の影響程 度</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 (妻壁) を有し, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。</p>	<p>版基礎部において, ①動土圧及び動水圧による荷重及び③慣性力に起因する上載する機器等からの荷重が作用するため影響大。</p>												
<p>抽出結果 (○影響検討実施)</p>	<p style="text-align: center;">○</p>	<p style="text-align: center;">○</p>												

表 3-3-3 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(3/3)

<p>3.3.1(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)</p>	<p>5) 鋼管杭基礎 軽油タンク基礎 (鋼管杭), 燃料移送系配管ダクト (鋼管杭), 第一ガスタービン発電機基礎 (鋼管杭), 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎 (鋼管杭)</p>	<p>6) 壁構造物 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板</p>												
<p>3.3.1(2)で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面 (弱軸断面方向)</p>  <p>注: ③慣性力は全ての部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="432 845 1196 946"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	①動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用	②摩擦力	主に胴体部に作用	③慣性力	全ての部材に作用	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>注: ③慣性力は全ての部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="1196 845 1960 946"> <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>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>	①動土圧及び動水圧	作用しない	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	主に胴体部に作用													
②摩擦力	主に胴体部に作用													
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	作用しない													
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 直交する荷重の影響程 度</p>	<p>鋼管杭基礎部において, ①動土圧及び動水圧による荷重及び③慣性力に起因する上部工及び上載する機器等からの荷重に影響されるため影響大。</p>	<p>地上構造物である壁構造物は, ③慣性力による荷重の組合せによる影響が想定されるため影響大。</p>												
<p>抽出結果 (○影響検討実施)</p>	<p style="text-align: center;">○</p>	<p style="text-align: center;">○</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)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上で、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。なお、海水貯留堰、取水護岸及び取水路は7号機設備と6号機設備で構造、地盤条件等に大きな差異は無いことから、代表して7号機設備の平面図及び断面図を示す。

a. 海水貯留堰【線状構造物】

図3-3-2及び図3-3-3に海水貯留堰の平面図及び断面図を示す。

各鋼管矢板は、継手部を介して隣接鋼管矢板により鋼管矢板の軸方向に沿って拘束されており、軸方向の断面係数は、法線直角方向と比べて大きいことから、明確な強軸断面方向である。そのため、強軸断面方向の水平力により鋼管矢板に発生する曲げモーメントは比較的小さいため、強軸断面方向の曲げの影響はほとんど受けない。

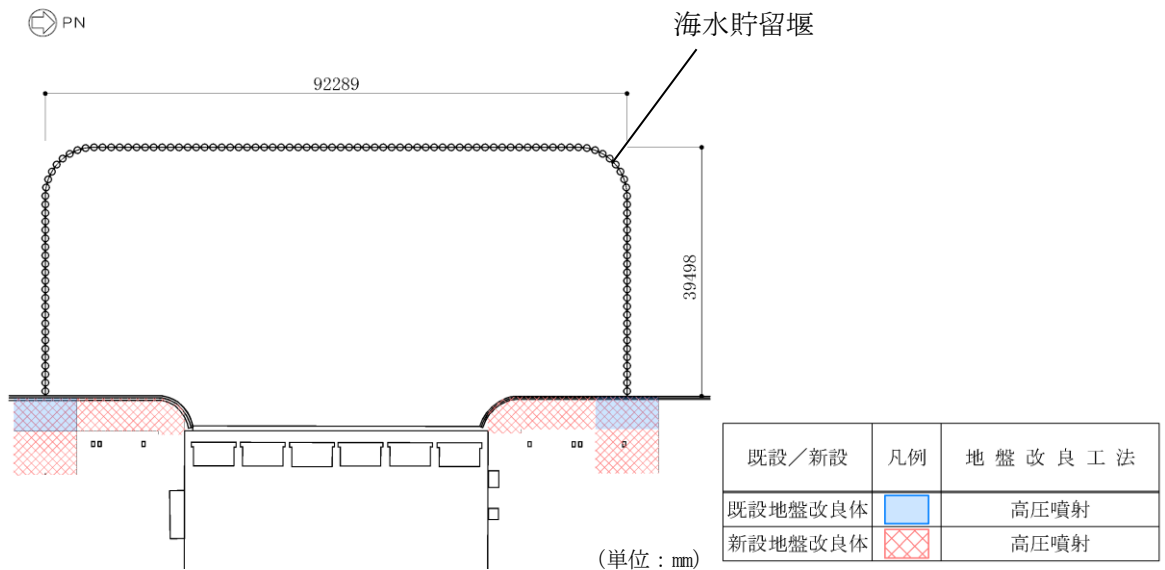


図3-3-2 海水貯留堰の平面図

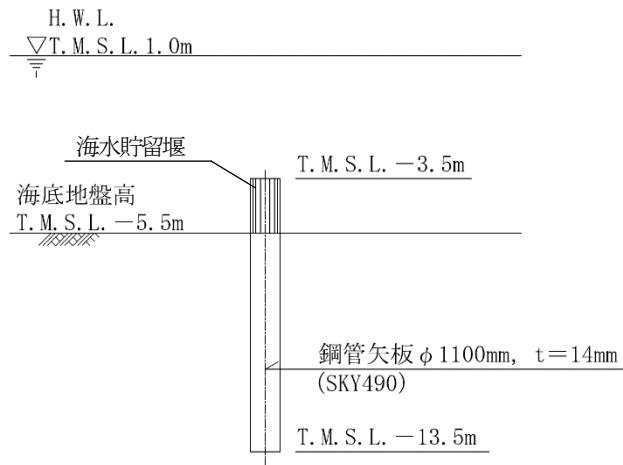


図3-3-3 海水貯留堰の断面図

b. 取水護岸【線状構造物】

図3-3-4及び図3-3-5に取水護岸の平面図及び断面図を示す。

取水護岸は、断面変化が無く直線状に設置される矢板構造物であることから、強軸断面方向の曲げの影響はほとんど受けない。

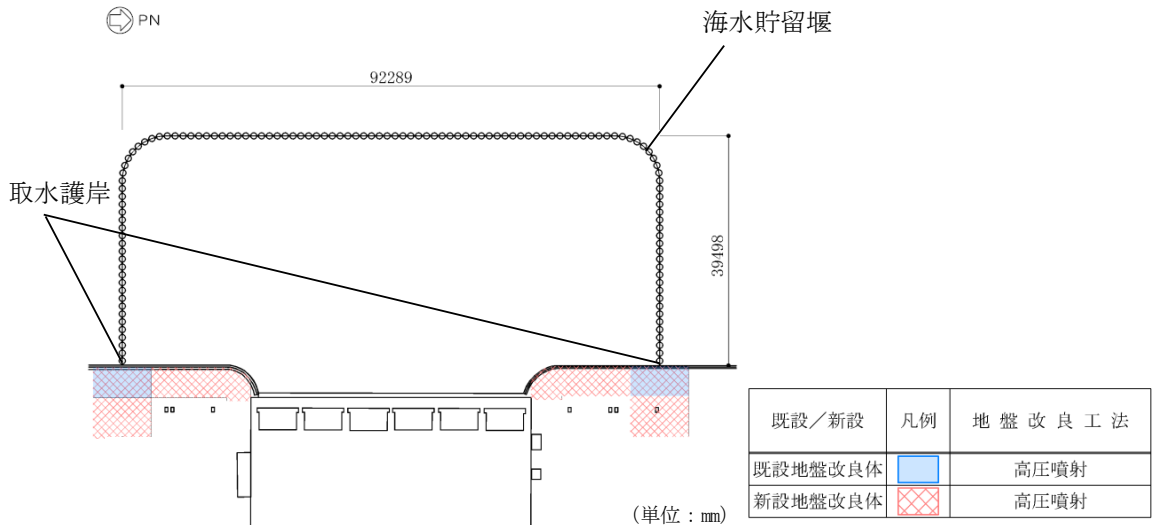


図3-3-4 取水護岸の平面図

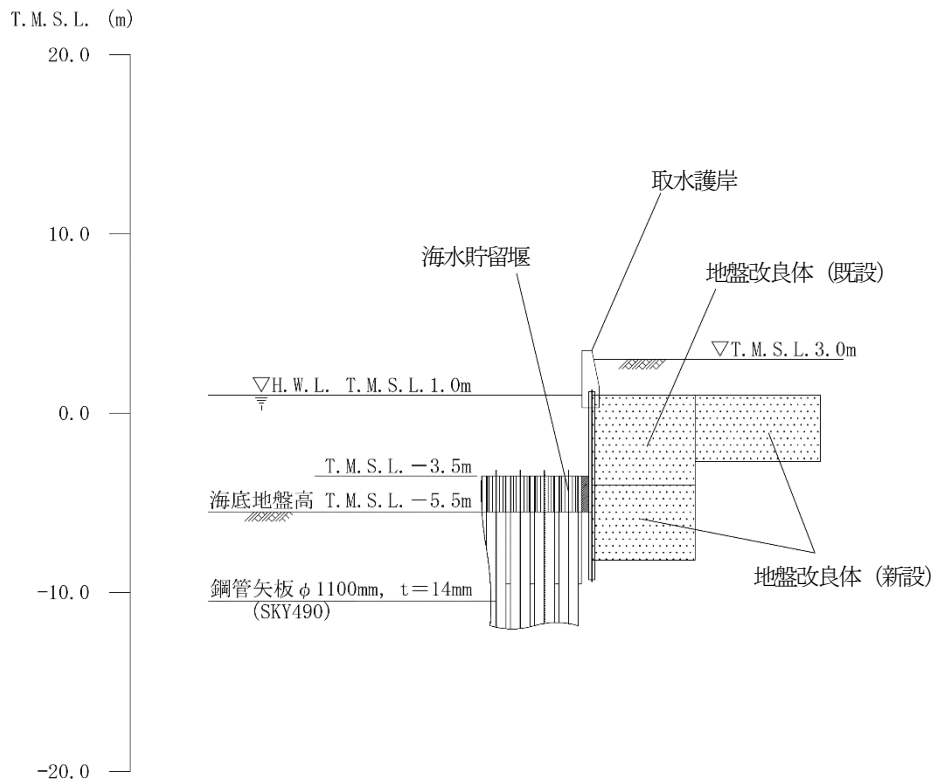


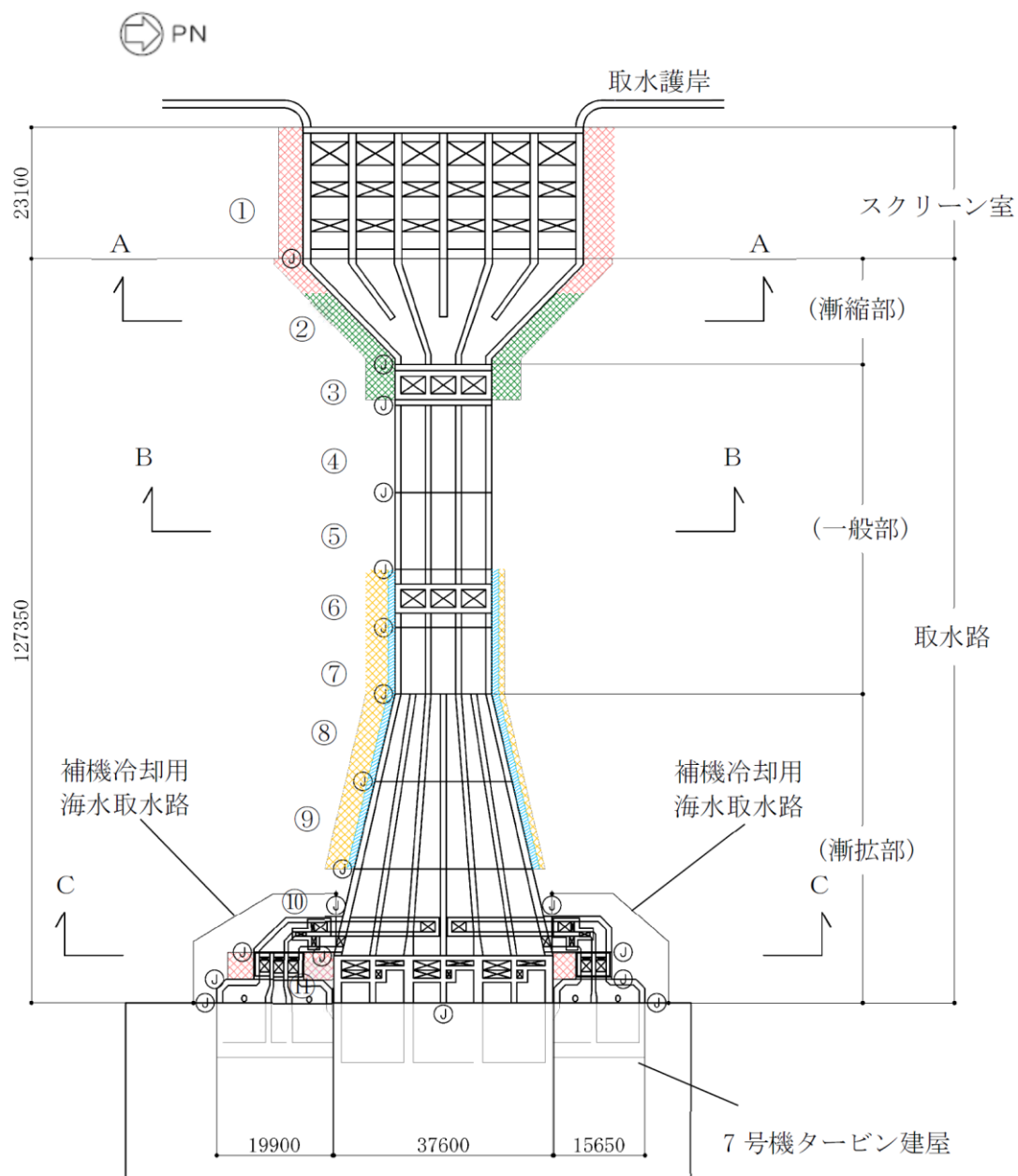
図3-3-5 取水護岸の断面図

c. 取水路【線状構造物】

図3-3-6～図3-3-9に取水路の平面図及び断面図を示す。

取水路のうち一般部については、断面変化が無く直線上に設置されるため、強軸断面方向の影響をほとんど受けない。また、取水路のうち漸縮部及び漸拡部については、断面変化があるものの断面が徐々に漸縮、漸拡していく形状であり、屈曲部は有さないため、強軸断面方向の曲げの影響はほとんど受けないと考えられる。

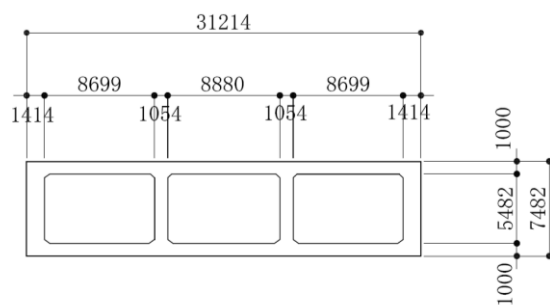
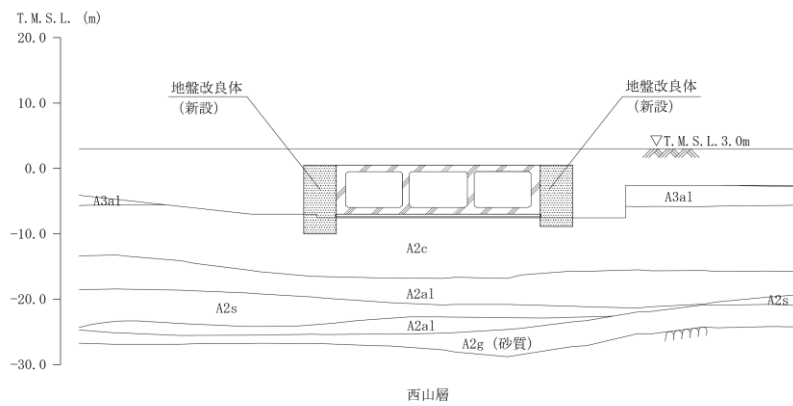
K7 ① V-2-12 R0



(単位：mm)

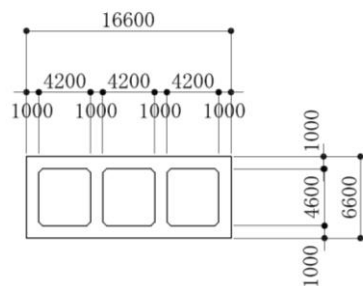
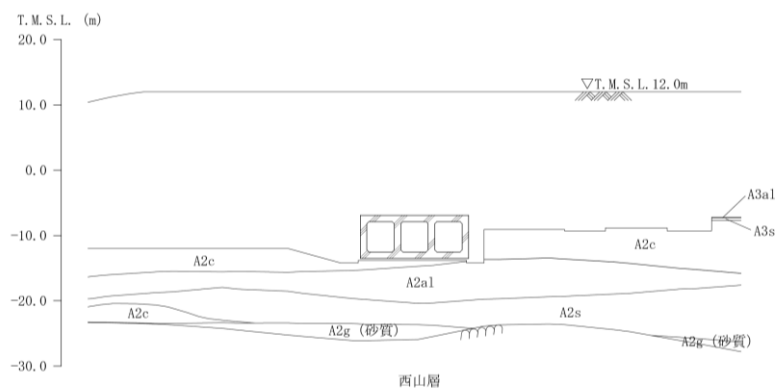
既設／新設	凡例	地盤改良工法
新設地盤改良体		高圧噴射
		無筋コンクリート
		置換(地中連続壁)
		機械攪拌

図3-3-6 取水路の平面図



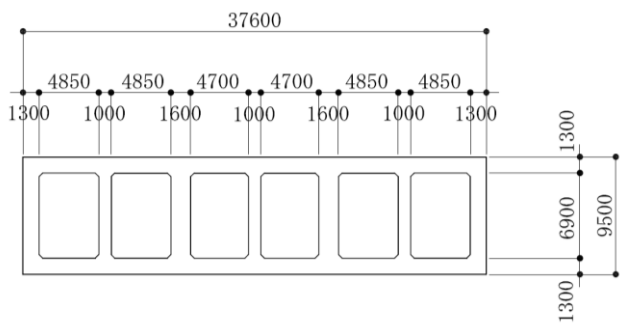
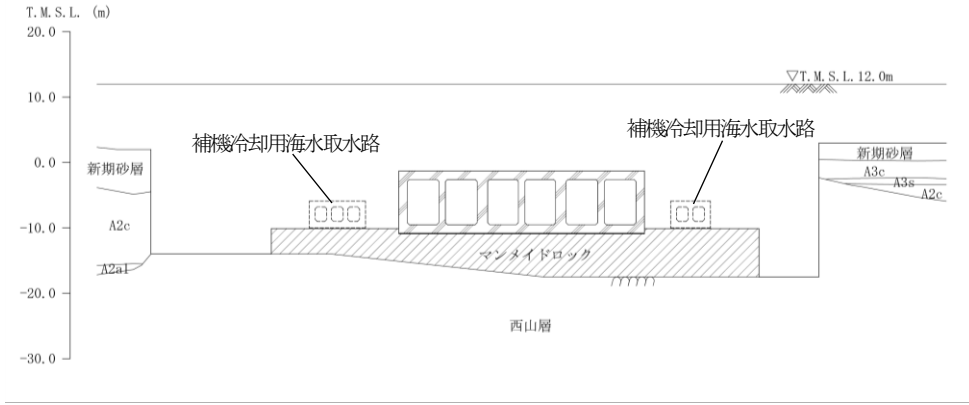
(単位：mm)

図3-3-7 取水路の断面図 (漸縮部 A-A断面 ブロック②)



(単位：mm)

図3-3-8 取水路の断面図 (一般部 B-B断面 ブロック⑤)



(単位 : mm)

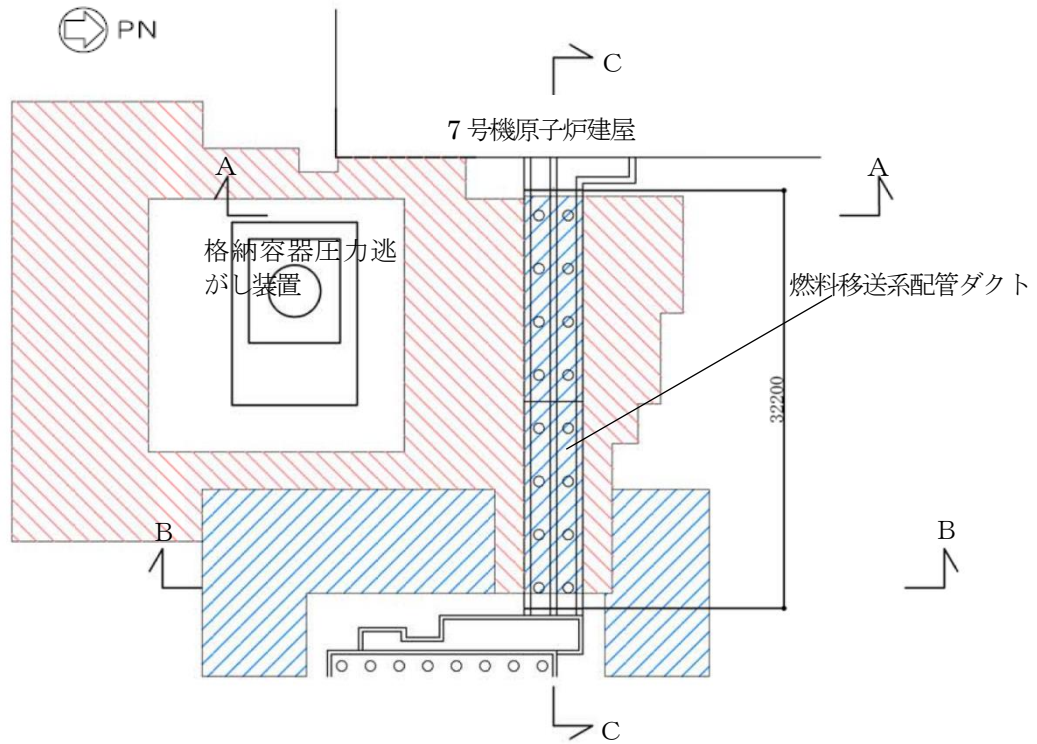
図3-3-9 取水路の断面図 (漸拡部 C-C断面 ブロック⑩)

K7 ① V-2-12 R0

d. 燃料移送系配管ダクト【線状構造物】

図3-3-10～図3-3-12に燃料移送系配管ダクトの平面図及び断面図を示す。

燃料移送系配管ダクトは、断面変化が無く直線上に設置されるため、強軸断面方向の影響をほとんど受けない。

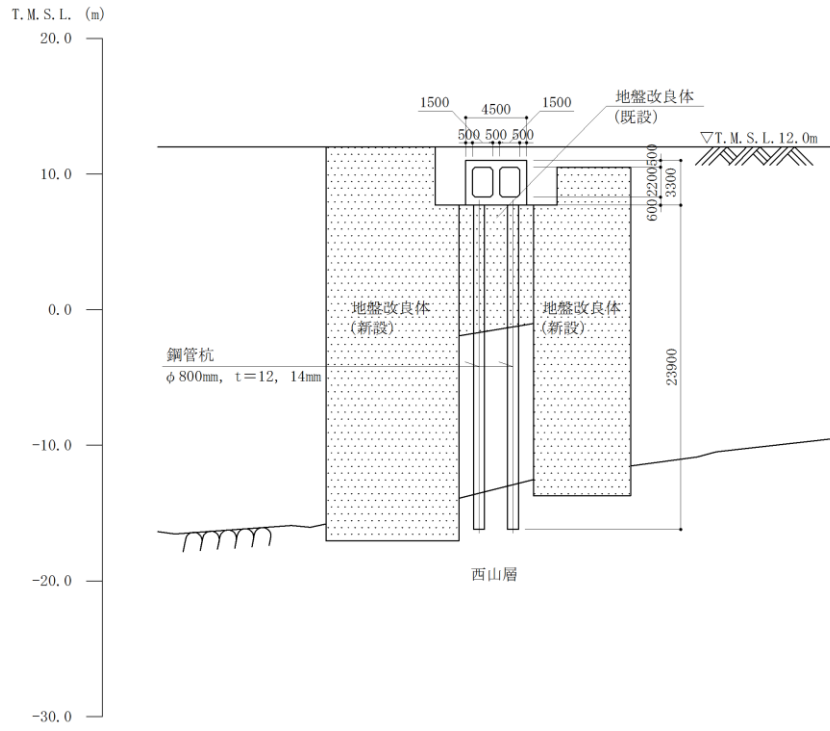


(単位：mm)

既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

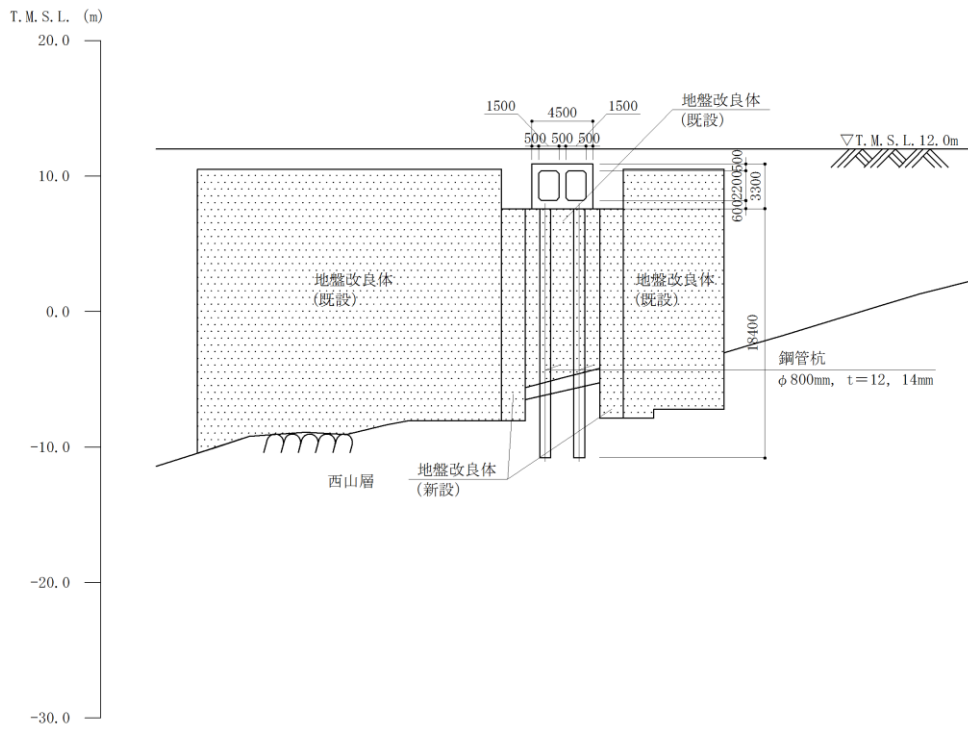
注：置換工法(CD掘削)の施工範囲の内、地上構造物及び埋設構造物がある箇所では、高圧噴射または置換(開削)を適用

図3-3-10 燃料移送系配管ダクトの平面図



(単位：mm)

図3-3-11 燃料移送系配管ダクトの断面図 (A-A断面)



(単位：mm)

図3-3-12 燃料移送系配管ダクトの断面図 (B-B断面)

線状構造物として分類した海水貯留堰、取水護岸、取水路及び燃料移送系配管ダクトについて、各構造物の構造、地盤条件等を考慮した上で、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無いことを確認した。

(5) 従来設計手法の妥当性確認

補機冷却用海水取水路の従来設計では、図3-3-13に示すとおり、屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず、評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計であり、十分に保守的な評価となっている。また、補機冷却用海水取水路は直接若しくはマンメイドロックを介して西山層に設置されており、躯体が底版で拘束されていることから、屈曲部における強軸方向の曲げの影響はない。

以上のことから、補機冷却用海水取水路における屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は、従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

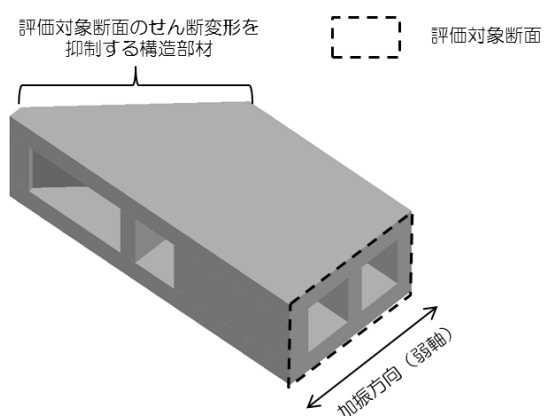


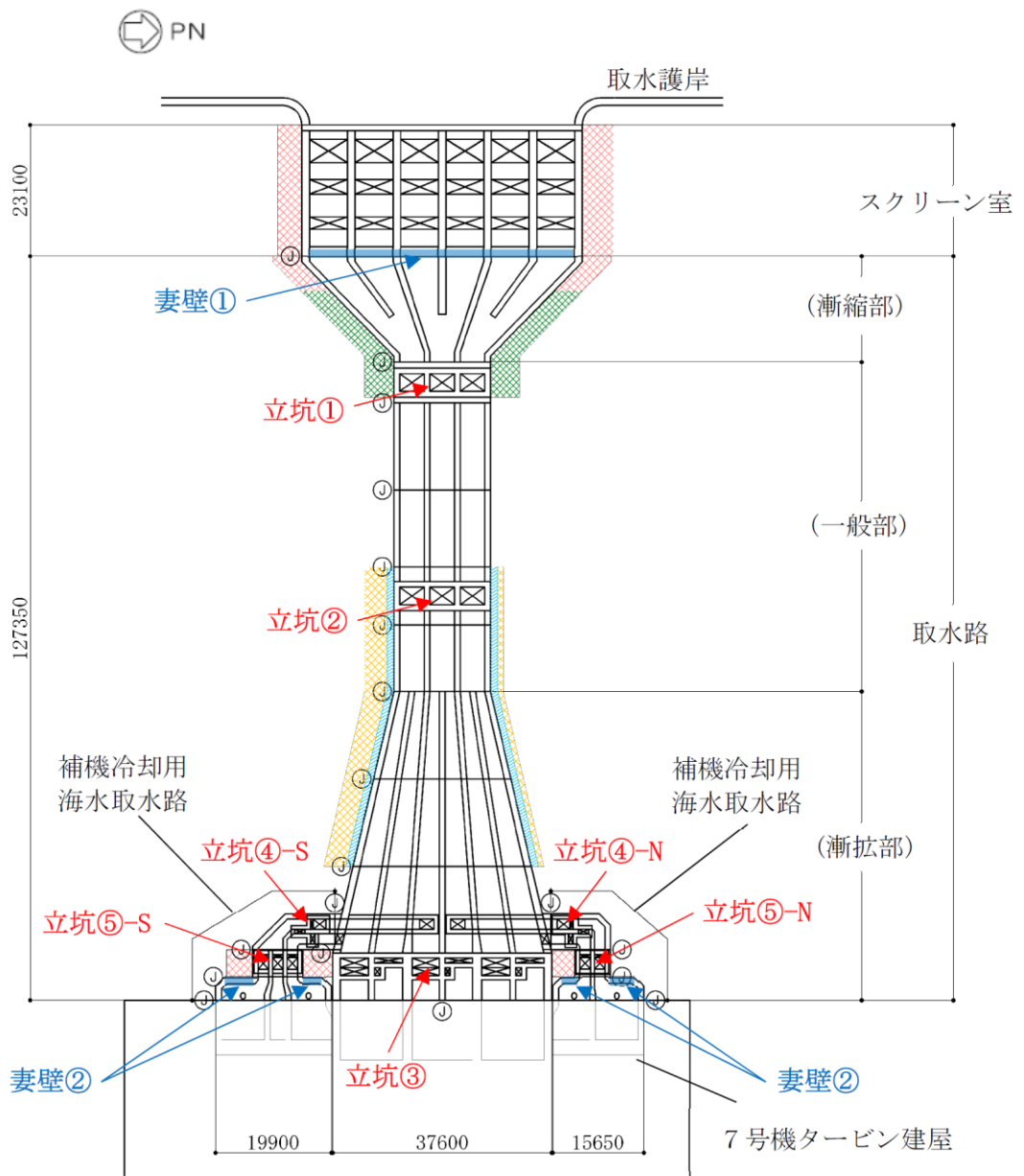
図3-3-13 屈曲部における3次元的な拘束効果

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、立坑構造物、箱型構造物、版基礎、鋼管杭基礎及び壁構造物を抽出した。上記で抽出した構造形式ごとに代表構造物を選定し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。以下に構造形式ごとの代表構造物の選定結果を示す。

(1) 立坑構造物

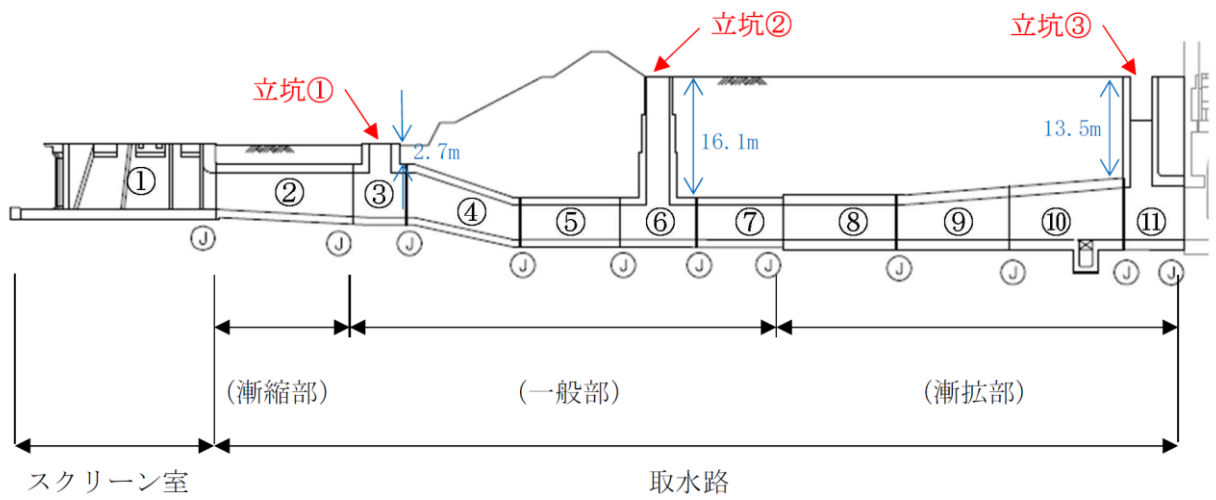
図3-3-14～図3-3-16にスクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路の立坑部の平面図及び縦断面図を示す。立坑構造物の代表構造物は、V-2-10-3-1-6「取水路の耐震性についての計算書」のうち「別紙 取水路立坑の健全性評価について」に示すとおり、7号機の立坑②とする。



(単位：mm)

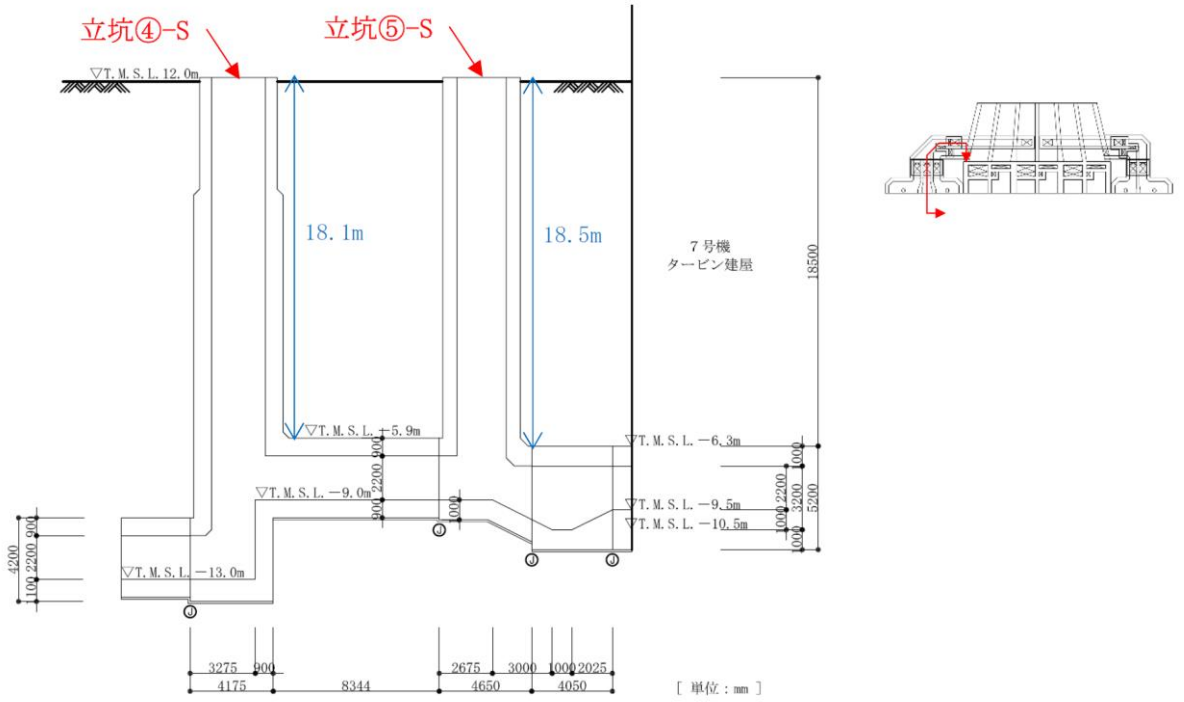
既設／新設	凡例	地盤改良工法
新設地盤改良体		高压喷射
		無筋コンクリート
		置換(地中連続壁)
		機械攪拌

図3-3-14 スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路立坑部及び妻壁部の平面図

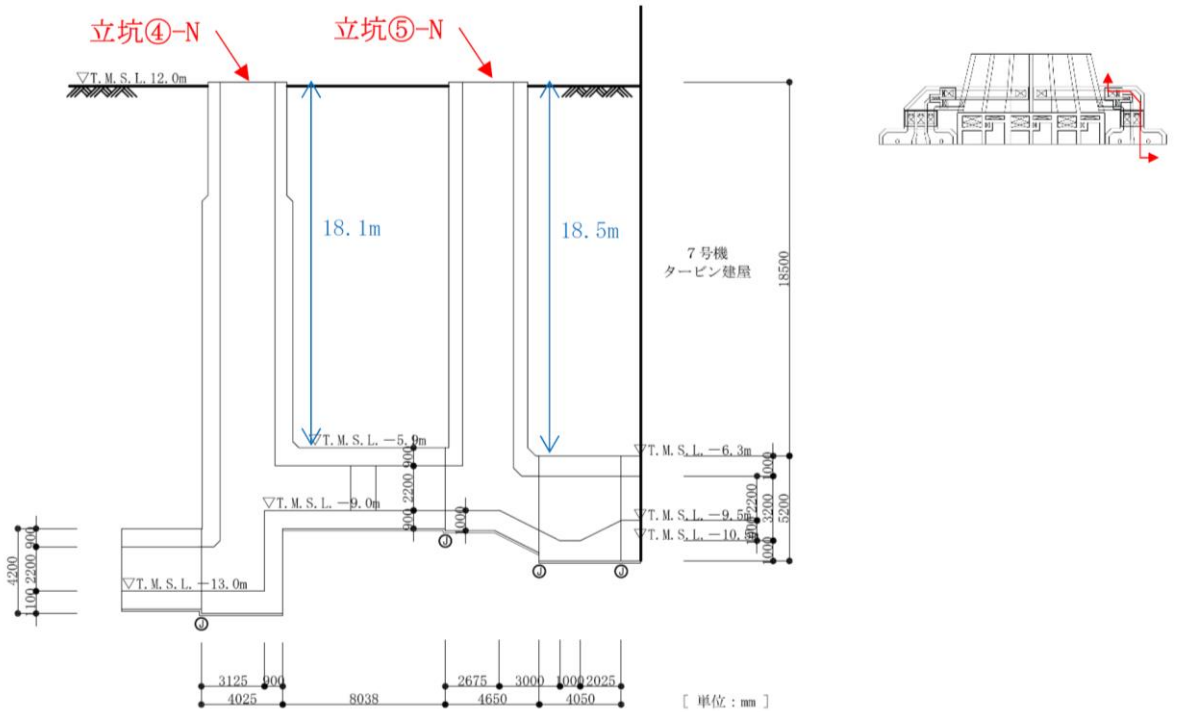


注： ①は耐震ジョイント

図3-3-15 スクリーン室, 取水路立坑部 縦断面図



(a) 補機冷却用海水取水路（南側）



(b) 補機冷却用海水取水路（北側）

図3-3-16 補機冷却用海水取水路縦断面図

(2) 箱型構造物

図 3-3-14 に示すとおり、スクリーン室及び補機冷却用海水取水路には、スクリーン室の妻壁①と補機冷却用海水取水路の妻壁②が存在する。

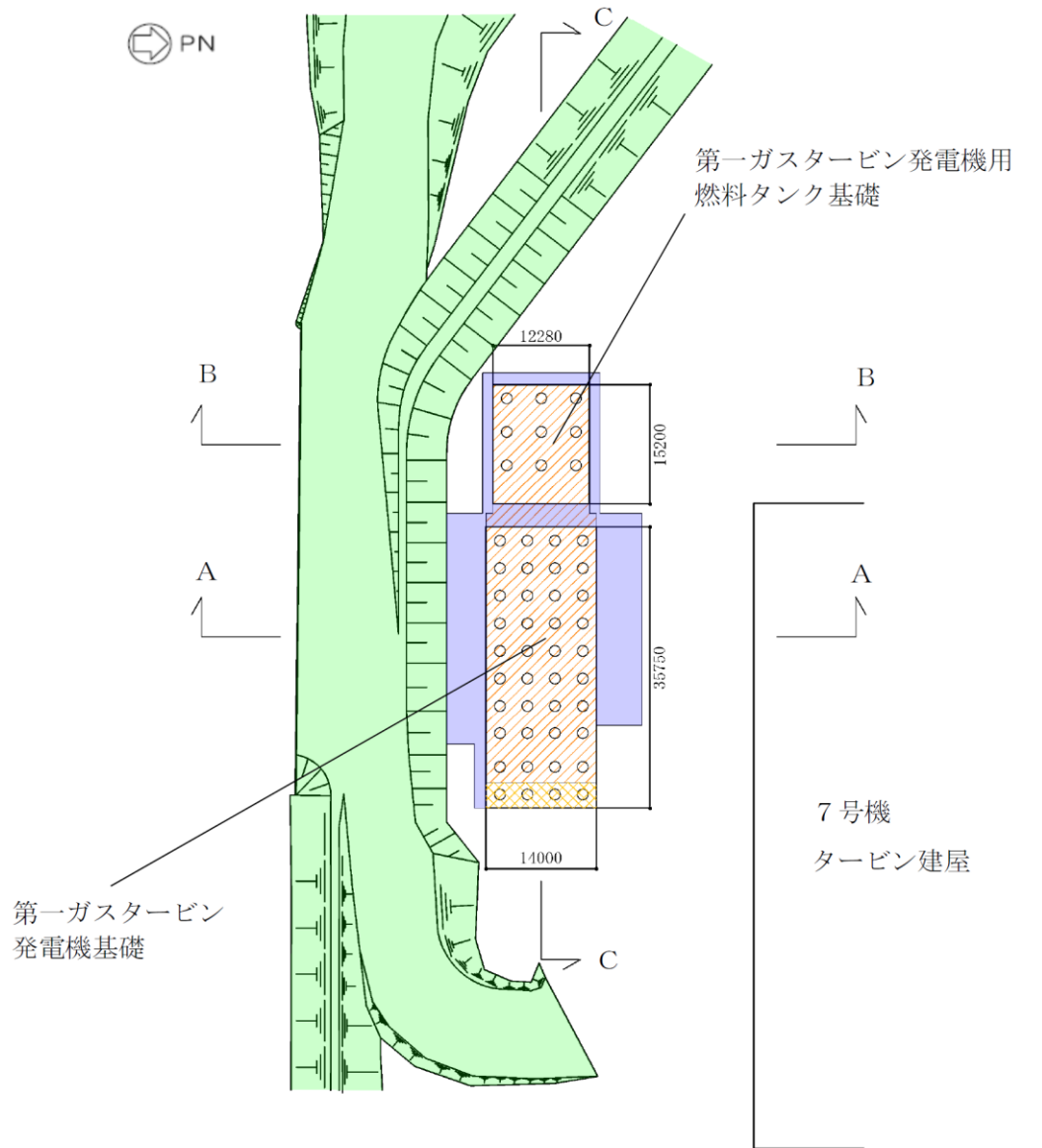
表 3-3-4 に示すとおり、妻壁①と比較し妻壁②は地表面からの設置位置が深く、妻壁部に作用する動土圧及び動水圧の影響が大きいことから、妻壁②を有する補機冷却用海水取水路を箱型構造物の代表構造物として選定する。

表 3-3-4 妻壁の設置深さ*

妻壁	深さ (m)
①	2.5
②	22.5

注記* : 地表面～妻壁下端の高さ

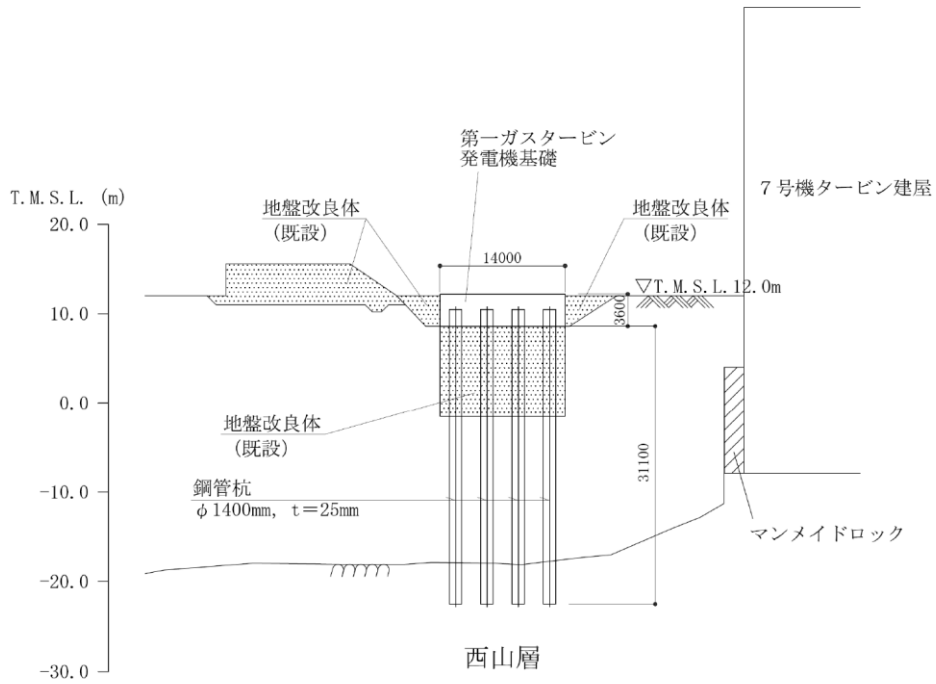
また、常設代替交流電源設備基礎の平面図及び断面図を図 3-3-17～図 3-3-20 に示す。図 3-3-19 及び図 3-3-20 に示すとおり、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎（鉄筋コンクリート）についても、面積が大きい妻壁を有することから、箱型構造物の代表構造物として選定する。



(単位 : mm)

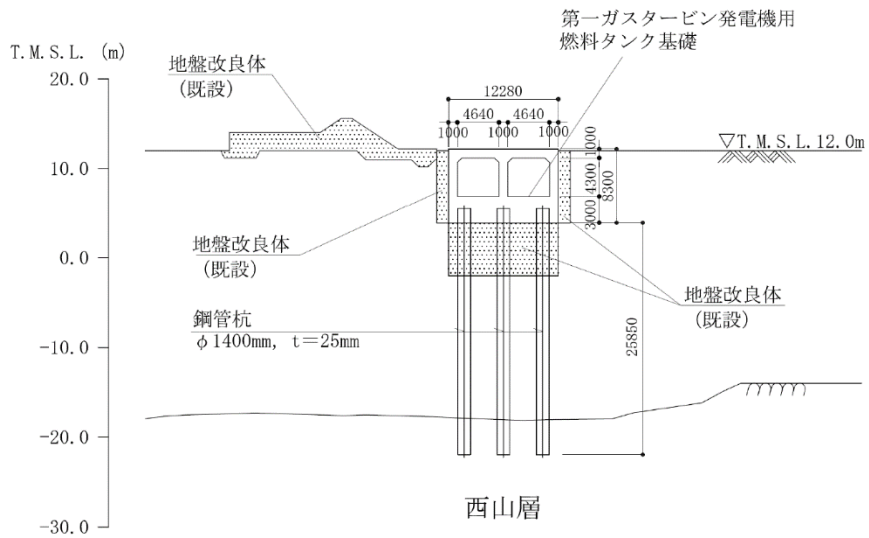
既設/新設	凡例	地盤改良工法
		機械攪拌
既設地盤改良体		土質安定処理土
		改良盛土
新設地盤改良体		機械攪拌

図3-3-17 常設代替交流電源設備基礎の平面図



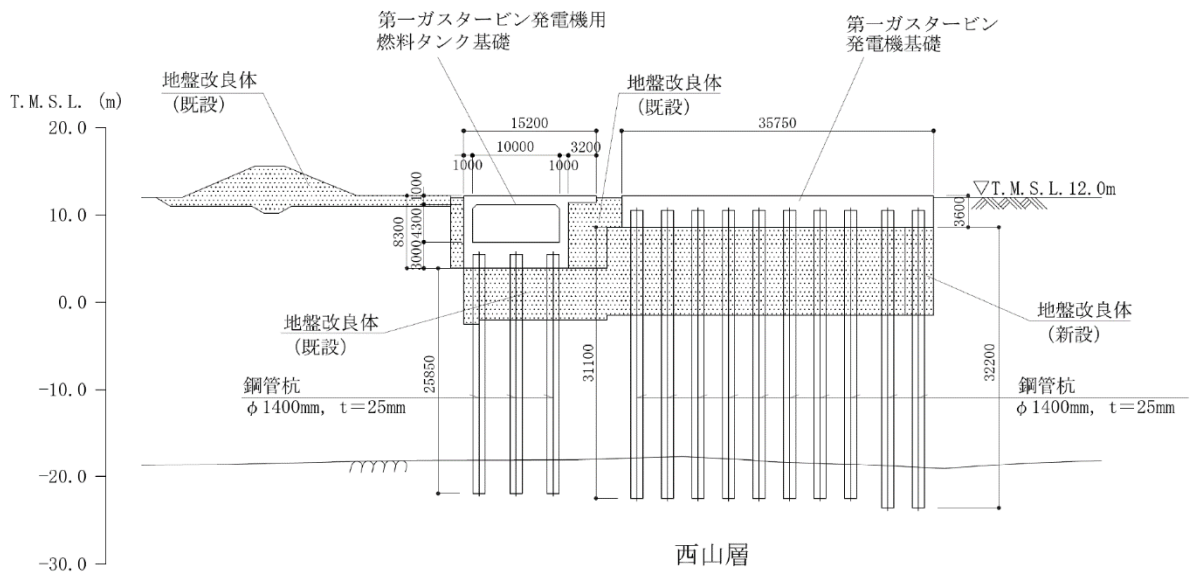
(単位：mm)

図3-3-18 常設代替交流電源設備基礎断面図 (A-A断面)



(単位：mm)

図3-3-19 常設代替交流電源設備基礎断面図 (B-B断面)



(単位: mm)

図3-3-20 常設代替交流電源設備基礎断面図 (C-C断面)

(3) 版基礎

版基礎については、版基礎の寸法、仕様、上載荷重及び周辺地盤の状況が構造物ごとに異なるため、軽油タンク基礎、第一ガスタービン発電機基礎及び軽油タンク基礎（6号機設備）の全ての構造物について影響評価を行う。

(4) 鋼管杭基礎

鋼管杭基礎については、鋼管杭の材質、杭径、杭間隔、長さ、上載荷重及び周辺地盤の状況が構造物ごとに異なり、定性的に代表構造物を選定することが困難であるため、各施設の耐震評価対象断面における鋼管杭の照査値（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結果）に基づき代表構造物を選定し、影響評価を行う。表3-3-5に鋼管杭基礎の代表構造物の選定結果を示す。表3-3-5より、鋼管杭の曲げ軸力及びせん断力照査全体のうち照査値が最も大きい軽油タンク基礎（6号機設備）とせん断力照査値が最大となる第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎を代表構造物として選定する。なお、第一ガスタービン発電機基礎は、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎と比較しタービン建屋による変形抑制効果が期待出来ることから、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎を代表構造物として選定し、影響評価を行う。

表3-3-5 鋼管杭基礎の代表構造物選定結果

構造形式	構造物名	最大照査値		選定結果	選定理由
		曲げ軸力照査	せん断力照査		
鋼管杭基礎	軽油タンク基礎	0.30	0.64		
	燃料移送系配管ダクト	0.10	0.35		
	第一ガスタービン発電機基礎	0.85	0.72		
	第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎	0.73	0.87	○	せん断力照査値最大
	軽油タンク基礎（6号機設備）	0.91	0.75	○	曲げ軸力照査値最大（全体最大）

(5) 壁構造物

壁構造物である非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板については、慣性力による影響が想定されるため、影響評価を行う。

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) 立坑構造物

a. 評価方法

立坑構造物である水路立坑は、図3-3-21に示すとおり、水路部と立坑部から構成される。このうち、立坑部については、V-2-10-3-1-6「水路の耐震性についての計算書」のうち「別紙 取水路立坑の健全性評価について」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耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認していることから、当資料では水路部について水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施する。

水路部の評価は、水路部の弱軸断面方向（NS方向）及び強軸断面方向（EW方向）におけるそれぞれの2次元の地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸断面方向加振における部材照査において、強軸断面方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸断面方向加振については、水路部の側壁及び隔壁が、強軸断面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。

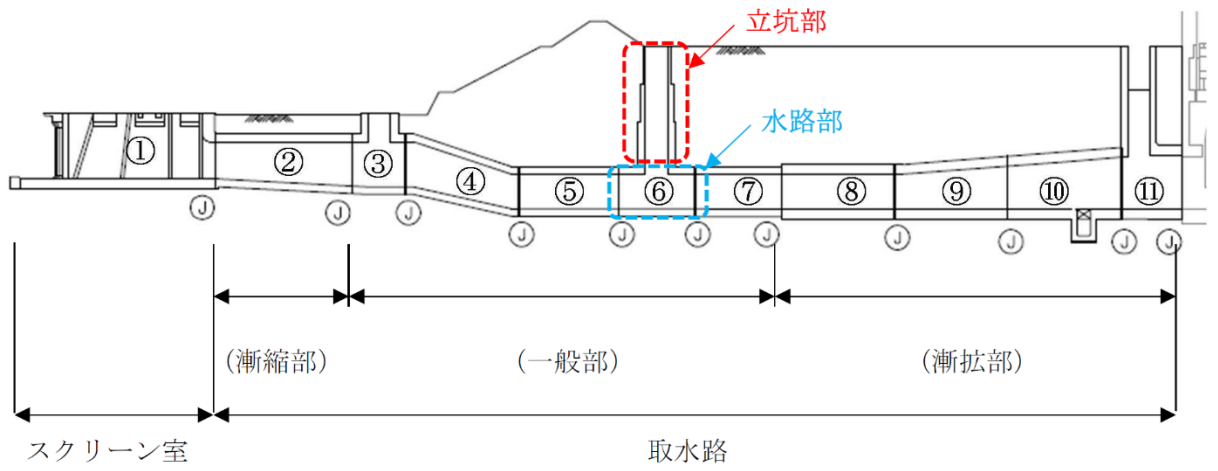
RC規準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材に生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断耐力以下であれば、鉄筋によるせん断負担は無く、鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方、強軸断面方向加振にて生じるせん断力を、水路部の側壁及び隔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3-3-22に示すとおり、強軸断面方向加振にて発生する側壁及び隔壁の主筋の発生応力が、弱軸断面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、強軸断面方向加振にて発生する応力を、弱軸断面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。

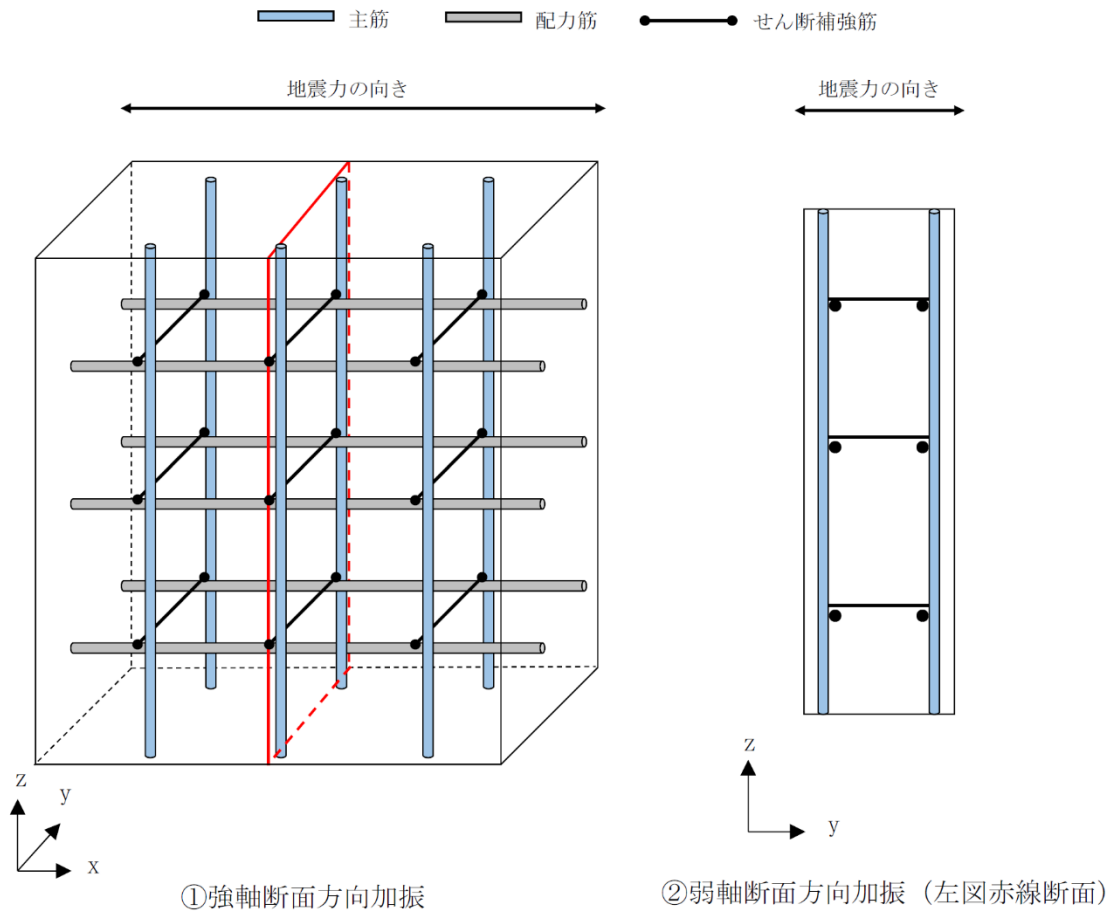
なお、弱軸断面方向及び強軸断面方向の地震応答解析では、保守的に両方向とも基準地震動 S_s を用いる。

図3-3-23に水路部の水平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。



注： ①は耐震ジョイントを示す

図3-3-21 取水路立坑の構造部位

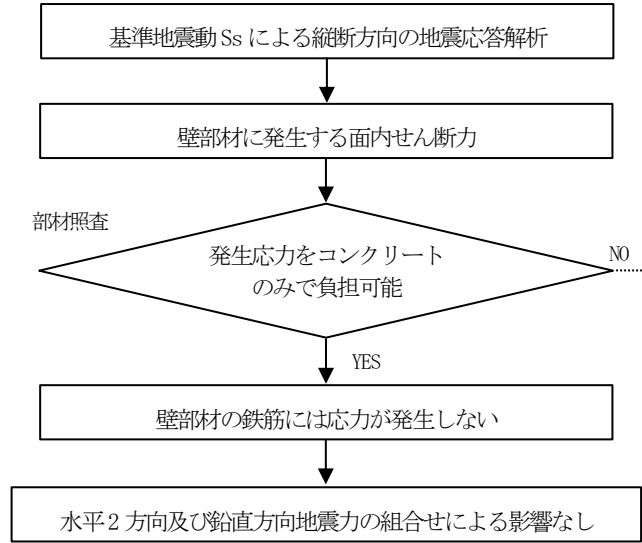


		①強軸断面 方向加振	②弱軸断面 方向加振	備考
断面力	M_y (y 軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	M_x (x 軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	N_z (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	Q_{zx} (zx 平面内せん断)	○	×	
	Q_z (z 方向面外せん断)	×	○	
応力	主筋	○	○	互いに干渉する可能性あり
	配力筋	○	×	
	せん断補強筋	×	○	

(凡例 ○：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 3-3-22 強軸断面方向加振及び弱軸断面方向加振において発生する断面力・応力

○強軸断面方向での地震応答解析及び部材照査



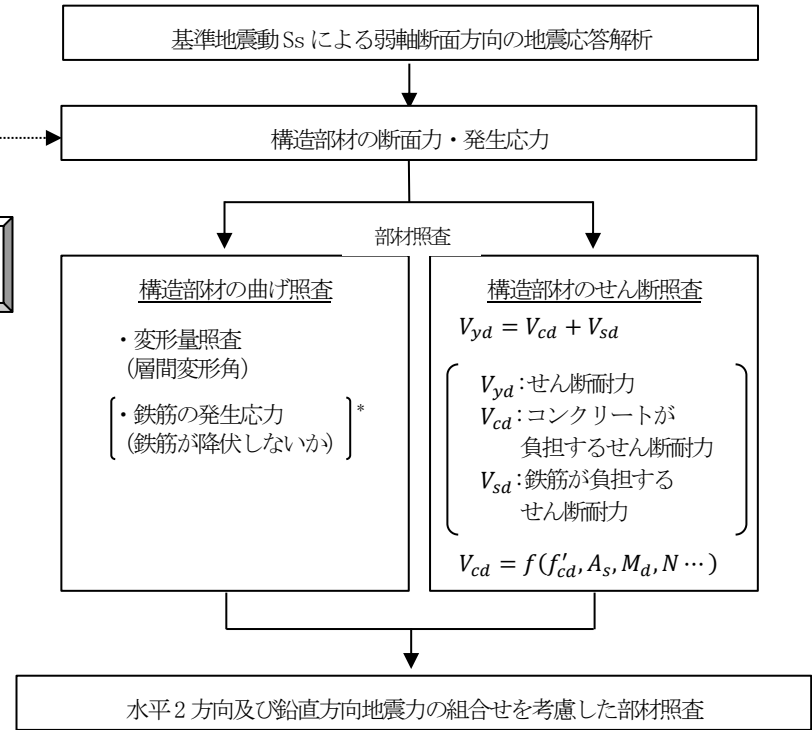
部材照査

NO

YES

..... : 両加振の耐震評価の関連性

○弱軸断面方向での地震応答解析及び部材照査



部材照査

構造部材の曲げ照査

- ・変形量照査 (層間変形角)
- 〔鉄筋の発生応力 (鉄筋が降伏しないか)〕*

構造部材のせん断照査

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

- V_{yd} :せん断耐力
- V_{cd} :コンクリートが負担するせん断耐力
- V_{sd} :鉄筋が負担するせん断耐力

$$V_{cd} = f(C'_cd, A_s, M_d, N \dots)$$

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した部材照査

注記* : 鉄筋の応力度照査を行う場合。

図 3-3-23 水路部の水平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

(a) 地震応答解析手法

強軸断面方向（EW 方向）の地震応答解析手法は、V-2-10-3-1-6「取水路の耐震性についての計算書」のうち「別紙 取水路立坑の健全性評価について」に示す地震応答解析手法と同様とする。

(b) 地震応答解析モデル

強軸断面方向（EW 方向）における地震応答解析モデルの設定は、V-2-10-3-1-6「取水路の耐震性についての計算書」のうち「別紙 取水路立坑の健全性評価について」に示す強軸断面方向（EW 方向）の解析モデルと同様とする。

(c) 解析ケース

解析ケース及び地震動は、V-2-10-3-1-6「取水路の耐震性についての計算書」に示す取水路（一般部）で実施している全ての解析ケース及び地震動とする。

(d) 許容限界

許容限界は、RC 規準を参考に、以下の式で求まるコンクリートの許容せん断力（ Q_1 ）から算定する短期許容せん断応力とする。

$$Q_1 = t \cdot l \cdot f_s$$

ここで、

t : 壁板の厚さ

l : 壁部材の幅

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

(($\frac{F_c}{30}$ かつ $0.5 + \frac{F_c}{100}$ 以下) の 1.5 倍)

c. 評価結果

強軸断面方向（EW 方向）にて側壁及び隔壁に発生するせん断応力及び許容せん断応力を表 3-3-6 に示す。

水路部の強軸断面方向（EW 方向）にて発生するせん断応力は、最大で 876kN/m² である。一方、RC 規準によるコンクリートの許容せん断応力は、1088kN/m² であることから、壁部材に発生するせん断力はコンクリートの許容せん断応力を下回る。

したがって、強軸断面方向加振において壁部材に発生するせん断力はコンクリートのみで負担でき、壁部材の鉄筋には顕著な応力は発生しないことから、強軸断面方向加振にて壁部材に生じるせん断応力は、弱軸断面方向の耐震評価に影響を与えることはない。

表 3-3-6 側壁及び隔壁の面内せん断力に対する照査結果（水路部）

解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断応力 τ_{max} (kN/m ²)	短期許容せん断応力 Q (kN/m ²)	照査値 τ_{max}/Q
①	Ss-1++	846	1088	0.78
	Ss-1-+	822		0.76
	Ss-1+-	865		0.80
	Ss-1--	858		0.79
	Ss-2	740		0.69
	Ss-3++	755		0.70
	Ss-3-+	771		0.71
	Ss-3+-	826		0.76
	Ss-3--	798		0.74
	Ss-4	728		0.67
	Ss-5	687		0.64
	Ss-6	715		0.66
	Ss-7	695		0.64
	Ss-8++	668		0.62
	Ss-8-+	641		0.59
②	Ss-1--	833	0.77	
③	Ss-1--	876	0.81	
④	Ss-1--	854	0.79	
⑤	Ss-1--	836	0.77	

(2) 箱型構造物

補機冷却用海水取水路については、V-2-10-3-1-8「補機冷却用海水取水路の耐震性についての計算書」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耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(3) 版基礎

軽油タンク基礎、第一ガスタービン発電機基礎及び軽油タンク基礎（6号機設備）の鉄筋コンクリート部材については、V-2-2-18「軽油タンク基礎の耐震性についての計算書」、V-2-2-22「常設代替交流電源設備基礎の耐震性についての計算書」及びV-2-2-24「軽油タンク基礎（6号機設備）の耐震性についての計算書」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耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(4) 鋼管杭基礎

a. 評価方法

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、直交する水平 2 方向におけるそれぞれの 2 次元有効応力解析にて評価した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応答が許容限界以下であることを確認する。

本検討において、軽油タンク基礎（6号機設備）は水平 1 方向の検討で照査値が卓越する曲げ軸力照査，第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎は同様にせん断力照査について水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

b. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した照査値の算定方法

(a) 曲げ軸力照査

V-2-2-24「軽油タンク基礎（6号機設備）の耐震性についての計算書」より、軽油タンク基礎（6号機設備）の鋼管杭の曲げ軸力照査において照査値が卓越する肉厚 9mm の杭を検討対象とし、降伏モーメントに対する曲率を許容限界とする。

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値の算定式を以下に示す。

$$R_{\phi_{\max}} = \max\left(\frac{\phi(t)}{\phi_{y1}(t)}, \frac{\phi(t)}{\phi_{y2}(t)}\right)$$

ここで、

$R_{\phi_{\max}}$: 曲げ軸力照査の時刻歴最大照査値

$\phi_{y1}(t)$: 時刻 t における 1 方向目の降伏モーメントに対する曲率

$\phi_{y2}(t)$: 時刻 t における 2 方向目の降伏モーメントに対する曲率

$\phi(t)$: 時刻 t における水平 2 方向及び鉛直方向地震力考慮した曲率

$$\phi(t) = \gamma_a \cdot \sqrt{(\phi_1(t))^2 + (\phi_2(t))^2}$$

γ_a : 構造解析係数 (=1.05)

$\phi_1(t)$: 時刻 t における 1 方向目の曲率

$\phi_2(t)$: 時刻 t における 2 方向目の曲率

(b) せん断力照査

V-2-2-22「常設代替交流電源設備基礎の耐震性についての計算書」より、
キャスク指針に基づく終局せん断強度を許容限界とする。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮したせん断力照査値の算定式を以下
に示す。

$$R_{Q_{\max}} = \frac{Q(t)}{Q_u}$$

ここで、

$R_{Q_{\max}}$: せん断力照査の時刻歴最大照査値

Q_u : 終局せん断強度

$Q(t)$: 時刻 t における水平 2 方向及び鉛直方向地震力考慮したせん
断力

$$Q(t) = \gamma_a \cdot \sqrt{(Q_1(t))^2 + (Q_2(t))^2}$$

γ_a : 構造解析係数 (= 1.05)

$Q_1(t)$: 時刻 t における 1 方向目のせん断力

$Q_2(t)$: 時刻 t における 2 方向目のせん断力

c. 評価条件

(a) 地震応答解析

地震応答解析は、V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」及びV-2-2-21「常設代替交流電源設備基礎の地震応答計算書」に示す方法と同様とする。

(b) 模擬地震動

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では、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に発生することは現実的には考えにくいことから、鋼管杭基礎の水平 1 方向の照査において最大照査値となる断面に対して直交する方向には、位相の異なる模擬地震波を用いる。

(c) 検討ケースの及び地震波の選定

軽油タンク基礎（6号機設備）については、「B-B断面、解析ケース③，Ss-1-+」で鋼管杭の曲げ軸力照査値が最大となるため、同解析ケース，地震波を検討対象とし、直交するA-A断面に対して位相の異なる模擬地震波を用いる。

第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎については、「C-C断面、解析ケース③，Ss-3++」で鋼管杭のせん断力照査値が最大となるため、同解析ケース，地震波を検討対象とし、直交するB-B断面に対して位相の異なる模擬地震波を用いる。

d. 評価結果

(a) 軽油タンク基礎（6号機設備）

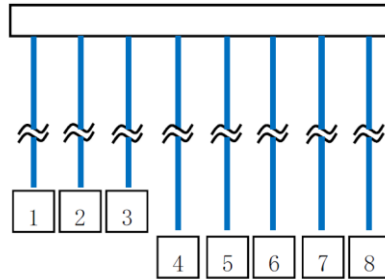
水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ軸力照査値最大時の曲率を表3-3-7，抽出位置図を図3-3-24，水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した鋼管杭の曲げ軸力照査結果を表3-3-8に示す。水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも，照査用曲率が許容限界以下であることを確認した。

表3-3-7 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値最大時の曲率

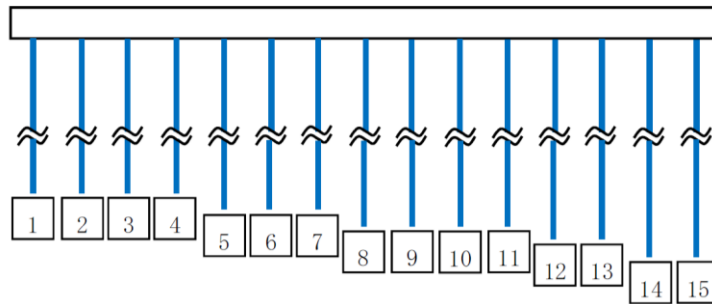
1 方向目の曲率 (A-A断面)		2 方向目の曲率 (B-B断面)		2 方向及び 鉛直方向地震力を 考慮した曲率*2 $\phi(t)$ (1/m)
抽出位置*1	$\phi_1(t)$ (1/m)	抽出位置*1	$\phi_2(t)$ (1/m)	
2	6.87×10^{-4}	9	1.74×10^{-3}	1.97×10^{-3}

注記*1：抽出位置は下図に示す。

*2：構造解析係数 γ_a を考慮



A-A断面



B-B断面

図3-3-24 抽出位置図

表 3-3-8 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した鋼管杭の曲げ軸力照査結果

2 方向及び 鉛直方向地震力を 考慮した曲率*1 $\phi(t)$ (1/m)	1 方向目の 降伏モーメント に対する曲率*2 (A-A 断面) $\phi_{y1}(t)$ (1/m)	2 方向目の 降伏モーメント に対する曲率*2 (B-B 断面) $\phi_{y2}(t)$ (1/m)	照査値 $R_{\phi \max}$
1.97 × 10 ⁻³	2.58 × 10 ⁻³	2.08 × 10 ⁻³	0.95

注記*1 : 構造解析係数 γ_a を考慮

*2 : 部材係数 γ_b を考慮

(b) 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎

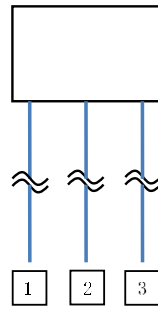
水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮したせん断力照査値最大時のせん断力を表3-3-9, 抽出位置図を図3-3-25, 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した鋼管杭のせん断力照査結果を表3-3-10に示す。水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも, 照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 3-3-9 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮したせん断力照査値最大時のせん断力

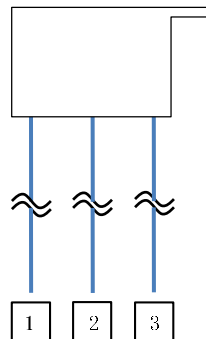
1方向目のせん断力 (B-B断面)		2方向目のせん断力 (C-C断面)		2方向及び 鉛直方向地震力を 考慮したせん断力*2 Q(t) (kN)
抽出位置*1	Q ₁ (t) (kN)	抽出位置*1	Q ₂ (t) (kN)	
3	584	1	7091	7471

注記*1 : 抽出位置は下図に示す。

*2 : 構造解析係数 γ_a を考慮



B-B断面



C-C断面

図 3-3-25 抽出位置図

表 3-3-10 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した鋼管杭のせん断力照査結果

2 方向及び 鉛直方向地震力を 考慮したせん断力* ¹ Q (t) (kN)	終局せん断強度* ² Q _u (kN)	照査値 R _{Qmax}
7471	8563	0.88

注記*1 : 構造解析係数 γ_a を考慮

*2 : 部材係数 γ_b を考慮

e. 機器・配管系への影響

軽油タンク基礎（6号機設備）及び第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎については、機器・配管系を間接支持する構造物である。水平 2 方向の地震力が機器・配管系の床応答に与える影響については、構造物にねじれが発生する場合、応答に影響を与えると考えられる。

軽油タンク基礎（6号機設備）については、構造物の周辺を取り囲むように地盤改良体が設置されており、地震力によるねじれは発生し難い構造であるため、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。したがって、応答加速度についても、それぞれ独立と見なしても実用上は問題無いと判断できる。

第一ガスタービン発電機用燃料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く、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は発生し難い構造であるため、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。したがって、応答加速度についても、それぞれ独立と見なしても実用上は問題無いと判断できる。

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よる機器・配管系への影響は無いと考えられる。

(5) 壁構造物

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板については、V-2-11-2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の耐震性についての計算書」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耐震評価を実施し、上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないことを確認している。

3.3.4 まとめ

屋外重要土木構造物において、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上で抽出し、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。

また、水平 2 方向の地震力の影響を受けると判断した施設のうち、機器・配管系を間接支持する構造物である軽油タンク基礎（6号機設備）及び第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎については、地震力によるねじれは発生し難い構造であるため、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。したがって、応答加速度についても、それぞれ独立と見なしても実用上は問題ないと判断できる。

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よる機器・配管系への影響は無いと考えられる。

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 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) 評価対象となる施設の整理

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，添付書類V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.1 建物・構築物」，「4.2 機器・配管系」又は「4.3 屋外重要土木構造物」に分類し評価を行っていることから，その分類を表3-4-1に示す。

表 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の分類

No.	施設，設備分類	施設，設備名称	区分
1	津波防護施設	海水貯留堰	屋外重要 土木構造物
2	浸水防止設備	タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板	建物・構築物
3	浸水防止設備	補機冷却用海水取水槽(A) 閉止板	建物・構築物
4	浸水防止設備	補機冷却用海水取水槽(B) 閉止板	建物・構築物
5	浸水防止設備	補機冷却用海水取水槽(C) 閉止板	建物・構築物
6	浸水防止設備	建屋間連絡水密扉（タービン建屋地下2 階～配管トレンチ）	建物・構築物
7	浸水防止設備	原子炉補機冷却水系 <input type="checkbox"/> 熱交換器・ ポンプ室 水密扉	建物・構築物
8	浸水防止設備	タービン建屋地下2階北西階段室 水密扉	建物・構築物
9	浸水防止設備	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ 室 水密扉1	建物・構築物
10	浸水防止設備	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ 室 水密扉2	建物・構築物
11	浸水防止設備	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ 室 水密扉3	建物・構築物
12	浸水防止設備	循環水配管，電解鉄イオン供給装置室 水密扉1	建物・構築物
13	浸水防止設備	循環水配管，電解鉄イオン供給装置室 水密扉2	建物・構築物
14	浸水防止設備	タービン建屋地下中2階南西階段室 水密扉	建物・構築物
15	浸水防止設備	タービン建屋地下中2階北西階段室 水密扉	建物・構築物
16	浸水防止設備	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空 気圧縮機室 水密扉	建物・構築物
17	浸水防止設備	循環水配管メンテナンス室 水密扉1	建物・構築物
18	浸水防止設備	循環水配管メンテナンス室 水密扉2	建物・構築物
19	浸水防止設備	原子炉補機冷却水系 <input type="checkbox"/> 熱交換器・ ポンプ室 水密扉2	建物・構築物
20	浸水防止設備	原子炉補機冷却水系 <input type="checkbox"/> 熱交換器・ ポンプ室 水密扉	建物・構築物
21	浸水防止設備	床ドレンライン浸水防止治具	機器・配管系
22	浸水防止設備	貫通部止水処置	機器・配管系
23	津波監視設備	取水槽水位計	機器・配管系 ^{*1}
24	津波監視設備	津波監視カメラ	機器・配管系 ^{*2}

*1 : 表 3-2-1 「伝送器（矩形壁掛）」に分類。

*2 : 表 3-2-1 「監視カメラ」に分類。