

女川原子力発電所 2 号炉

設計基準対象施設について

(4 条 地震による損傷の防止)

令和元年 6 月

東北電力株式会社

目次

- 4条 地震による損傷の防止
- 5条 津波による損傷の防止
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）
- 7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
- 8条 火災による損傷の防止
- 9条 溢水による損傷の防止等
- 10条 誤操作の防止
- 11条 安全避難通路等
- 12条 安全施設
- 14条 全交流動力電源喪失対策設備
- 16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
- 17条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 23条 計測制御系統施設（第16条を含む）
- 24条 安全保護回路
- 26条 原子炉制御室等
- 31条 監視設備
- 33条 保安電源設備
- 34条 緊急時対策所
- 35条 通信連絡設備

下線は、今回の提出資料を示す。

第4条：地震による損傷の防止

<目次>

第1部

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.3 気象等

1.4 設備等

1.5 手順等

第2部

1. 耐震設計の基本方針

1.1 基本方針

1.2 適用規格

2. 耐震設計上の重要度分類

2.1 重要度分類の基本方針

2.2 耐震重要度分類

3. 設計用地震力

3.1 地震力の算定法

3.2 設計用地震力

4. 荷重の組合せと許容限界

4.1 基本方針

5. 地震応答解析の方針

5.1 建物・構築物

5.2 機器・配管系

5.3 屋外重要土木構造物

5.4 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物

6. 設計用減衰定数

7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響

8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針

9. 構造計画と配置計画

(別 添)

別添－1 設計用地震力

別添－2 動的機能維持の評価

別添－3 弾性設計用地震力 S_d ・静的地震力による評価

別添－4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について

別添－5 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

別添－6 屋外重要土木構造物等及び津波防護施設の耐震評価における断面選定の考え方

別添－7 主要建屋の構造概要及び解析モデルについて

別添－8 入力地震動について

(別 紙)

別紙－1 既工認との手法の相違点の整理（設置変更許可申請段階での整理）

別紙－2 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討

別紙－3 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について

別紙－4 サプレッションチェンバ内部水質量の考え方の変更について

別紙－5 竜巻防護ネットの耐震構造設計について

別紙－6 原子炉本体の基礎の復元力特性について

別紙－7 使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数について

別紙－8 規格適用範囲外の動的機能維持の評価

別紙－9 海水ポンプ室門型クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用

別紙－10 地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持について

別紙－11 東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた建屋耐震設計方法への反映について

別紙－12 埋め込まれた建屋の周辺地盤による影響について

別紙－13 原子炉建屋屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用

別紙－14 原子炉建屋基礎版の応力解析モデルへの弾塑性解析の適用

別紙－15 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について

別紙－16 後施工せん断補強筋による耐震補強について

別紙－17 液状化影響の検討方針について

別紙－18 地下水位低下設備について

< 概 要 >

第1部において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する女川原子力発電所2号炉における適合性を示す。

第2部において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

第 1 部

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

地震による損傷の防止について，設置許可基準規則第 4 条並びに技術基準規則第 5 条において，追加要求事項を明確化する（表 1）。

表 1 設置許可基準規則第四条並びに技術基準規則第五条 要求事項

設置許可基準規則 第四条（地震による損傷の防止）	技術基準規則 第五条（地震による損傷の防止）	備考
<p>設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>5 炉心内の燃料被覆材は、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>設計基準対象施設は、これに作用する地震力（設置許可基準規則第四条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼさないように施設しなければならない。</p> <p>2 耐震重要施設（設置許可基準規則第三条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（設置許可基準規則第四条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないように施設しなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設が設置許可基準規則第四条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p> <p>4 炉心内の燃料被覆材は、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの機能が損なわれるおそれがないように施設しなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

本発電用原子炉施設は、発電用原子炉、原子炉冷却系、タービン系、各種の安全防護設備等からなる。各設備は、原子炉建屋、タービン建屋、制御建屋、海水ポンプ室等に収納するが、一部の設備は屋外に設置する。

本発電用原子炉施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規則に関する法律」及び電気事業法等の関連法令の要求を満足するとともに、原子力規制委員会が決定した「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という。）、関連する審査基準等に適合するように設計する。

(1) 耐震構造

本発電用原子炉施設は、次の方針に基づき耐震設計を行い、設置許可基準規則に適合するように設計する。

(i) 設計基準対象施設の耐震設計

設計基準対象施設については、耐震重要度分類に応じて、適用する地震力に対して、以下の項目に従って耐震設計を行う。

- a. 耐震重要施設は、基準地震動 S_s による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- b. 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて、耐震重要度分類を以下のとおり、Sクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。

Sクラス 地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの

Bクラス 安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設

Cクラス Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

- c. Sクラスの施設 (e.に記載のもののうち、津波防護機能を有する設備 (以下「津波防護施設」という。)、浸水防止機能を有する設備 (以下「浸水防止設備」という。)) 及び敷地における津波監視機能を有する施設 (以下「津波監視設備」という。)) を除く。)、Bクラス及びCクラスの施設は、建物・構築物については、地震層せん断力係数 C_i に、それぞれ 3.0、1.5 及び 1.0 を乗じて求められる水平地震力、機器・配管系については、それぞれ 3.6、1.8 及び 1.2 を乗じた水平震度から求められる水平地震力に十分に耐えられるように設計する。建物・構築物及び機器・配管系ともに、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を 0.2 以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

ただし、土木構造物の静的地震力は、Cクラスに適用される静的地震力を適用する。

Sクラスの施設 (e.に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)) については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、建物・構築物については、震度 0.3 以上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる鉛直震度、機器・配管系については、これを 1.2 倍した鉛直震度より算定する。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

- d. Sクラスの施設 (e.に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)) は、基準地震動 S_s による地震力に対して安全機能が保持できるように設計する。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力 (終局耐力時の変形) について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有するように設計する。機器・配管系については、その施設に要求される機能を保持するように設計し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように、また、動的機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、その設備に要求される機能を保持するように設計する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。建物・構築物については、発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。機器・配管系については、応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるように設計する。

なお、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

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について、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。策定した基準地震動 S_s の応答スペクトルを第 1 図及び第 2 図に、基準地震動 S_s の時刻歴波形を第 3 図～第 5 図に示す。

原子炉格納施設設置位置周辺は、地質調査の結果によれば、約 1.4km/s の S 波速度を持つ堅硬な岩盤が十分な広がりをもって存在することが確認されており、建物・構築物はこの堅硬な岩盤に支持させる。

敷地周辺には中生界ジュラ系の砂岩、頁岩等が広く分布し、安全上重要な建屋の設置レベルにもこの岩盤が分布していることから、解放基盤表面は、この岩盤が分布するレベルに設定する。2号炉原子炉建屋は O.P. -14.1m としている。

また、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らない値とし、さらに応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S_s -D1, D2 に対しては、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）」における基準地震動 S_1 を踏まえて設定する。具体的には、工学的判断により、基準地震動 S_s -F1, F2, F3 及び S_s -N1 は係数 0.5 を乗じた地震動、基準地震動 S_s -D1, D2, D3 は係数 0.58 を乗じた地震動を弾性設計用地震動 S_d として設定する。

なお、Bクラスの施設のうち、共振のおそれのある施設については、弾性設計用地震動 S_d に 2分の1 を乗じた地震動によりその影響についての検討を行う。建物・構築物及び機器・配管系ともに、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

【説明資料 (3.1(2) : P4 条-57)】

- e. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は、基準地震動 S_s による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

【説明資料 (1.1(6) : P4 条-53) (4.1(3) : P4 条-61)

(4.1(4) : P4 条-62)】

- f. 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、事象選定及び影響評価を行う。なお、影響評価においては、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

【説明資料 (1.1(9) : P4 条-54) (7 : P4 条-69)】

- g. 炉心内の燃料被覆材（以下「燃料被覆管」という。）の放射性物質の閉じ込め

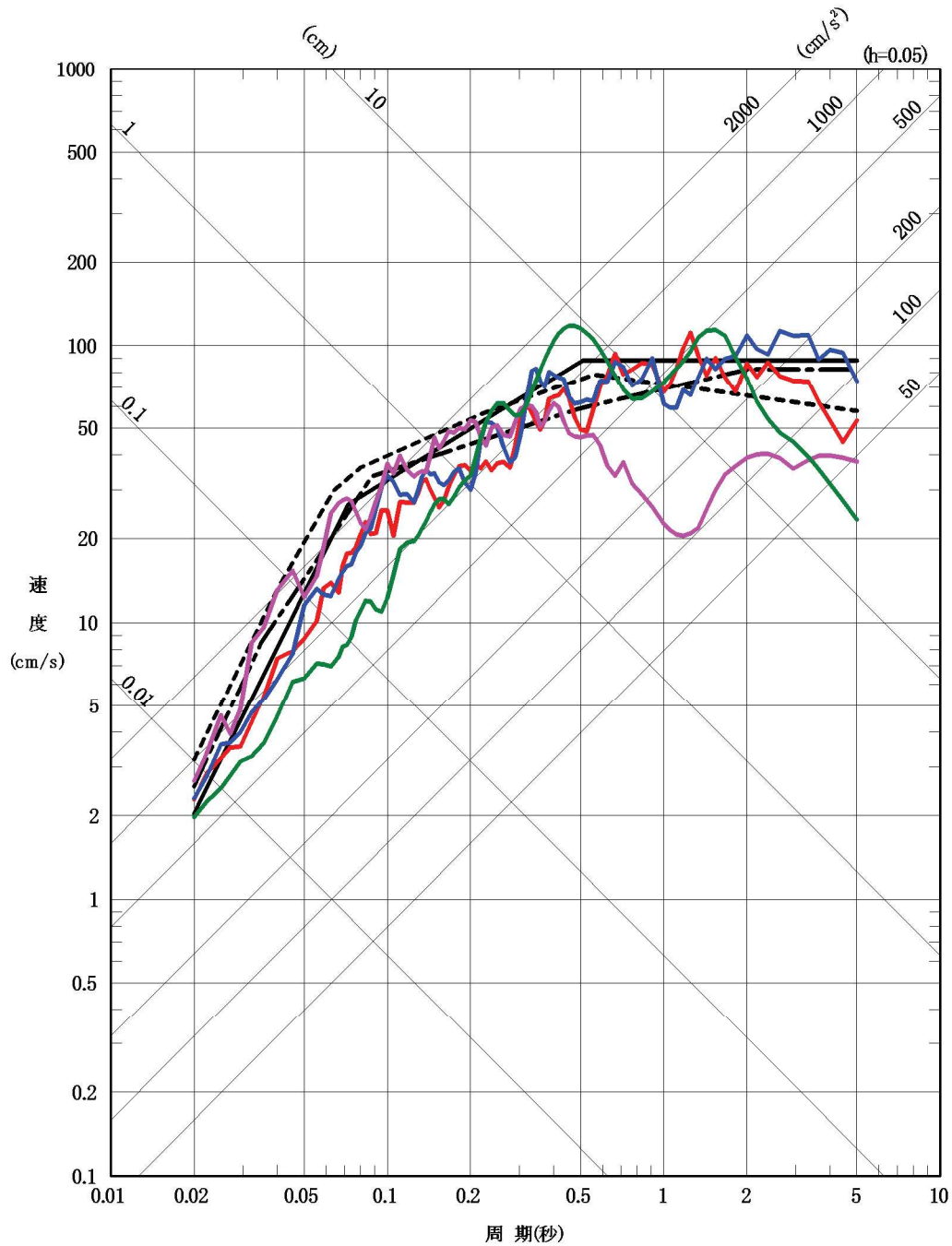
の機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、炉心内の燃料被覆管の応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるように設計する。

基準地震動 S_s による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

【説明資料 (1.1(12) : P4 条-54) (4.1(4) : P4 条-62)】

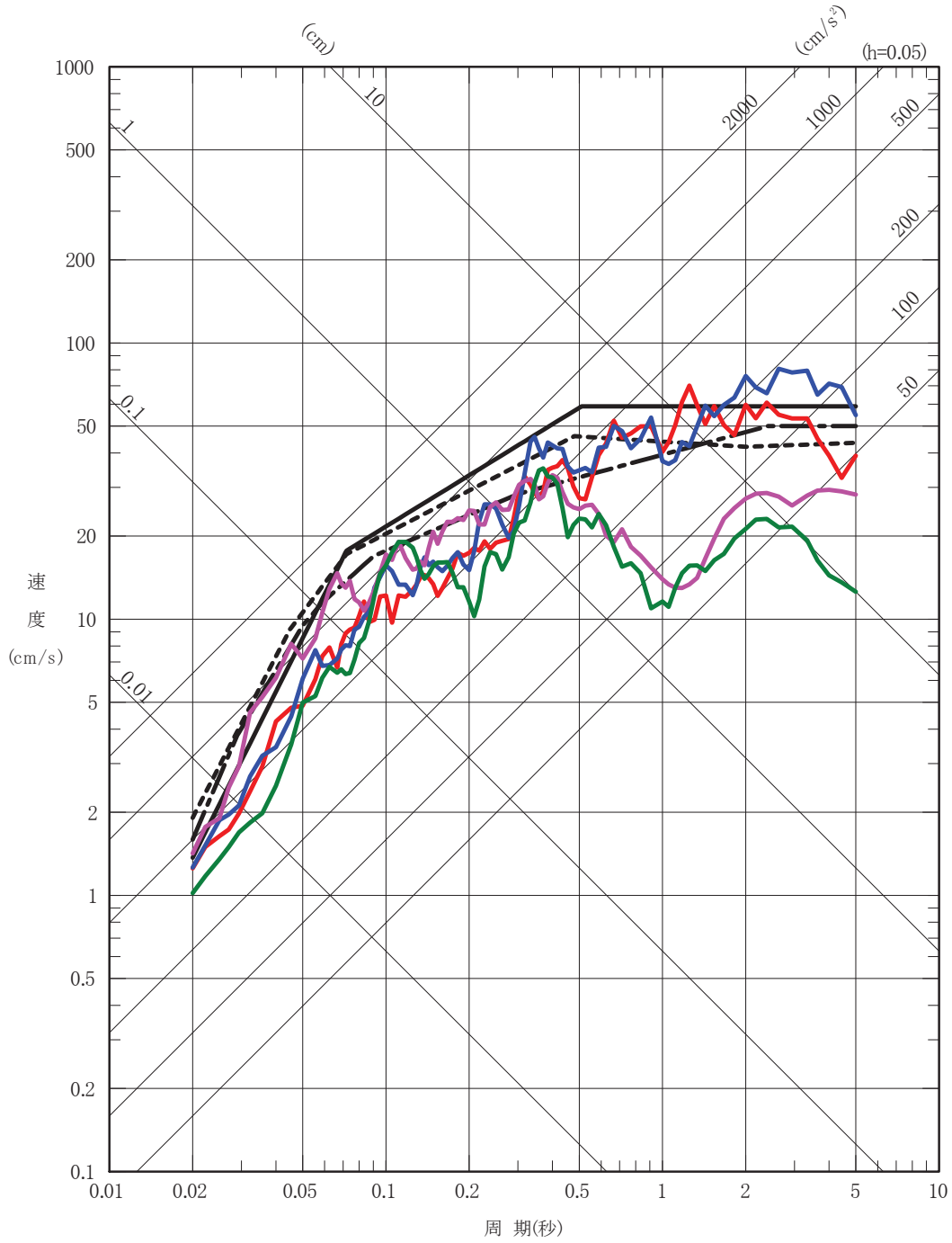
- 基準地震動 Ss-D1H*
- - - 基準地震動 Ss-D2H
- · - 基準地震動 Ss-D3H
- (red) 基準地震動 Ss-F1H
- (blue) 基準地震動 Ss-F2H
- (purple) 基準地震動 Ss-F3H
- (green) 基準地震動 Ss-N1H



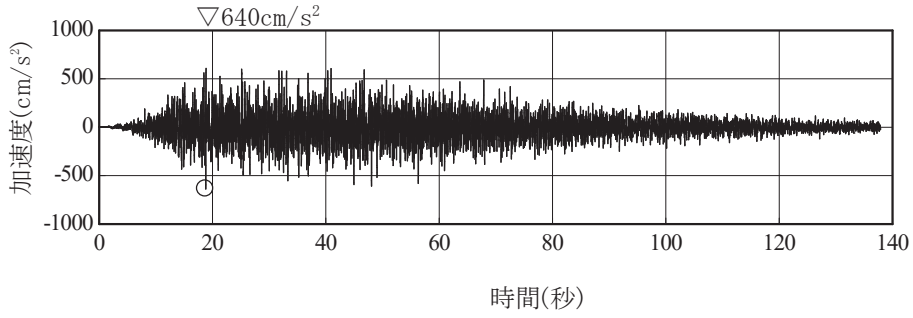
*Ss-D1~3: 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 Ss-F1~3: 断層モデルを用いた手法による基準地震動
 Ss-N1: 震源を特定せず策定する基準地震動

第 1 図 基準地震動 Ss の応答スペクトル (水平方向)

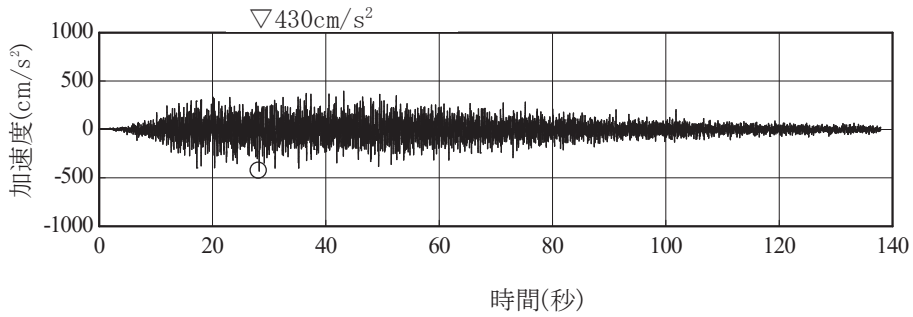
- 基準地震動Ss-D1V
- - - 基準地震動Ss-D2V
- · - 基準地震動Ss-D3V
- 基準地震動Ss-F1V
- 基準地震動Ss-F2V
- 基準地震動Ss-F3V
- 基準地震動Ss-N1V



第2図 基準地震動Ssの応答スペクトル(鉛直方向)

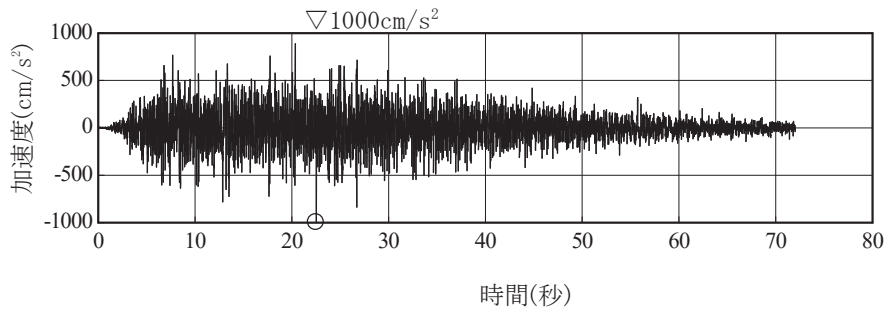


水平方向：基準地震動 S_s-D1H

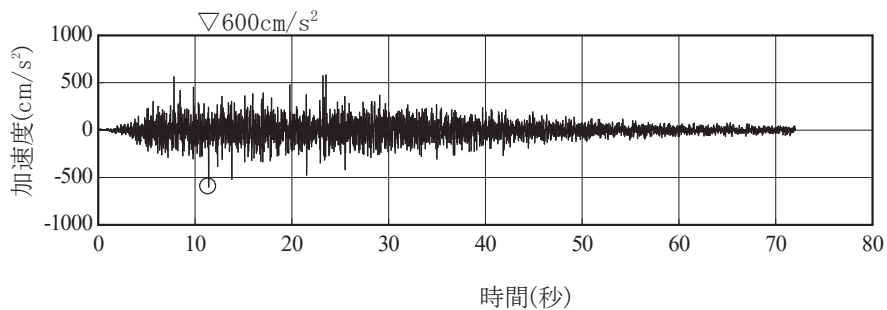


鉛直方向：基準地震動 S_s-D1V

第 3 図 (1) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S_s の
加速度時刻歴波形 (S_s-D1)

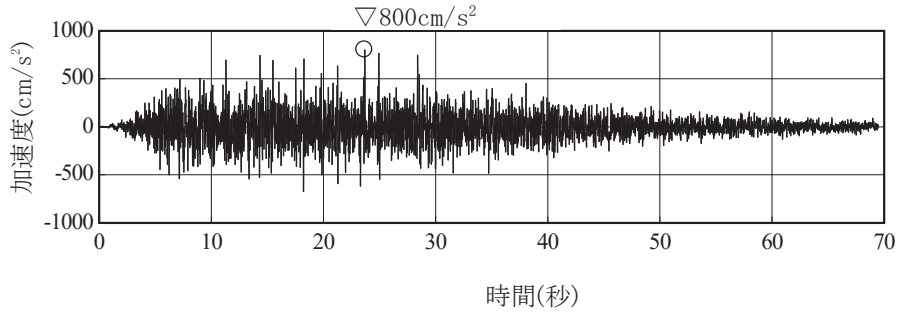


水平方向：基準地震動 S_s-D2H

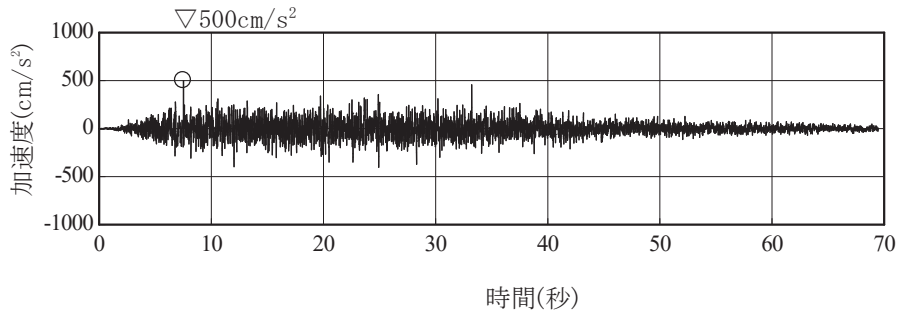


鉛直方向：基準地震動 S_s-D2V

第 3 図 (2) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S_s の
加速度時刻歴波形 (S_s-D2)

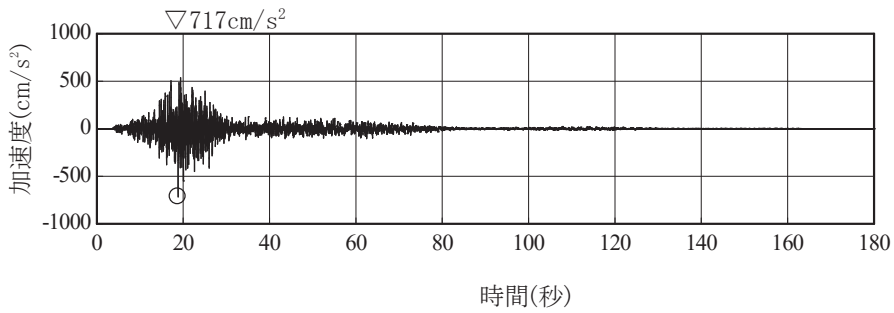


水平方向：基準地震動 Ss-D3H

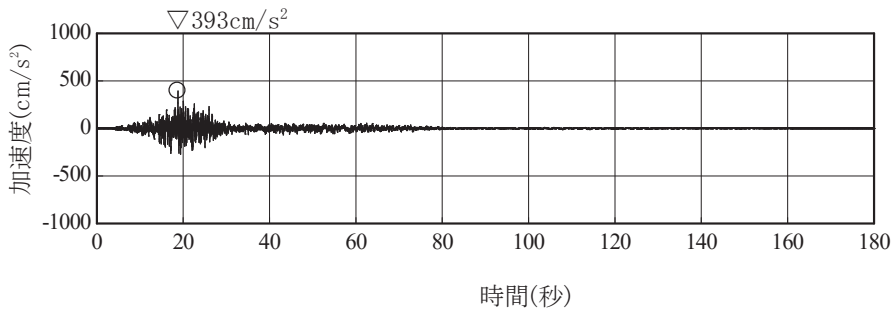


鉛直方向：基準地震動 Ss-D3V

第 3 図 (3) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 Ss の
加速度時刻歴波形 (Ss-D3)

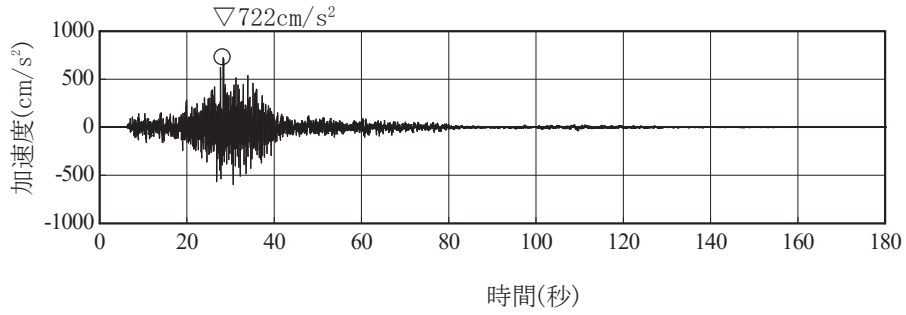


水平方向：基準地震動 Ss-F1H

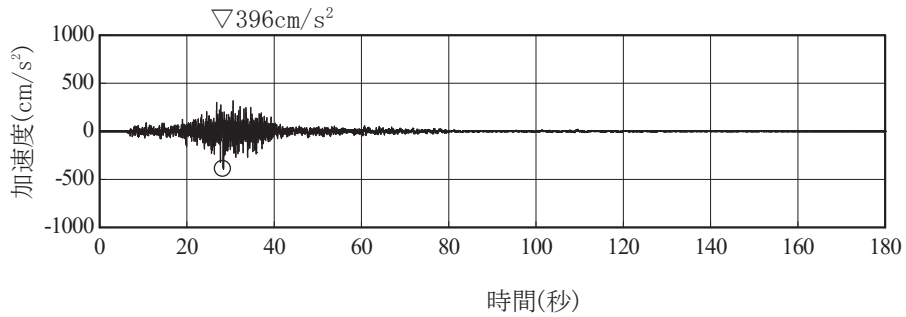


鉛直方向：基準地震動 Ss-F1V

第 4 図 (1) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss の
加速度時刻歴波形 (Ss-F1)

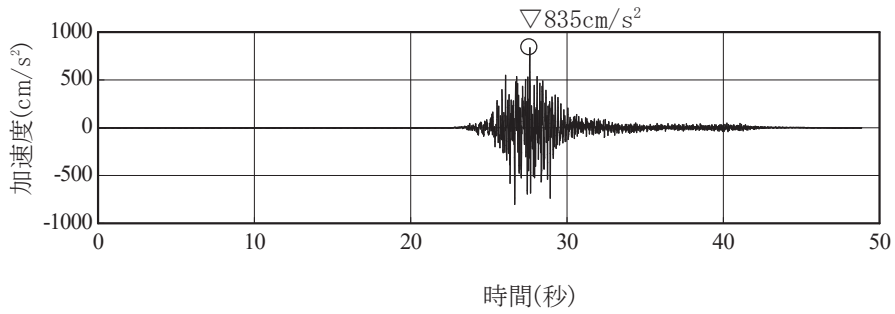


水平方向：基準地震動 S_s-F2H

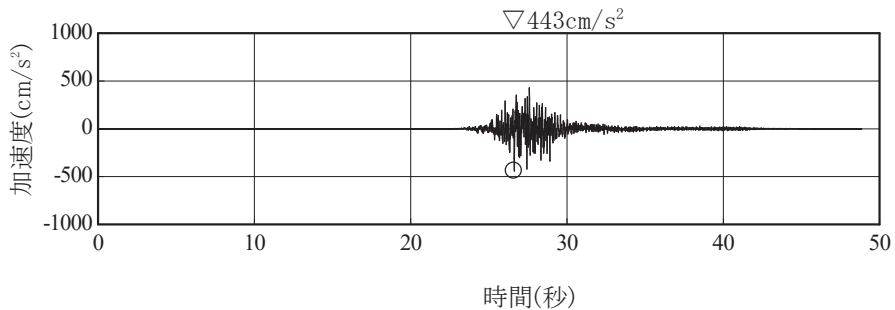


鉛直方向：基準地震動 S_s-F2V

第 4 図 (2) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の
加速度時刻歴波形 (S_s-F2)

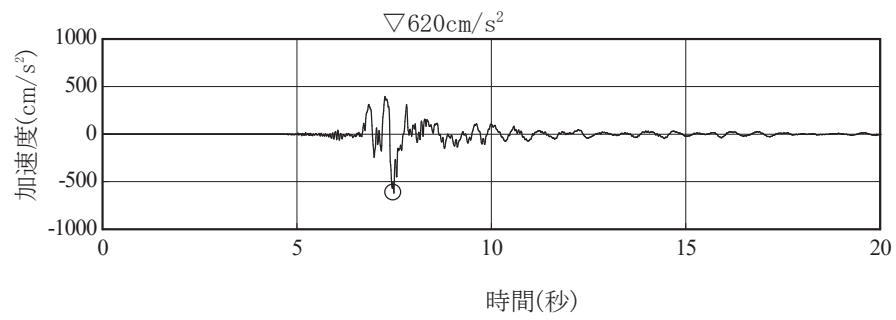


水平方向：基準地震動 S_s-F3H

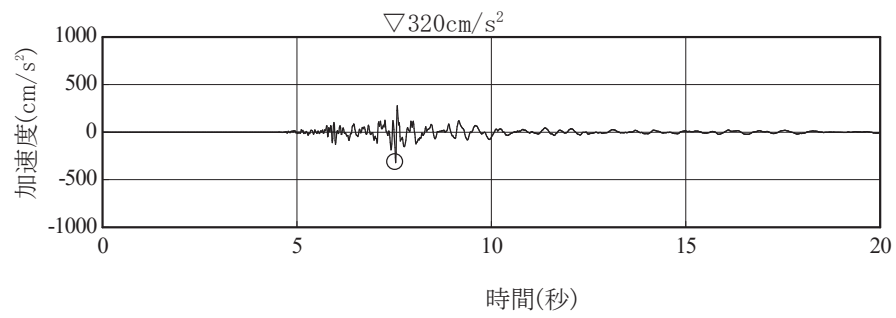


鉛直方向：基準地震動 S_s-F3V

第 4 図 (3) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の
加速度時刻歴波形 (S_s-F3)



水平方向：基準地震動 Ss-N1H



鉛直方向：基準地震動 Ss-N1V

第 5 図 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 Ss の
加速度時刻歴波形 (Ss-N1)

(2) 安全設計方針

1.4 耐震設計

発電用原子炉施設の耐震設計は、「設置許可基準規則」に適合するように、「1.4.1 設計基準対象施設の耐震設計」、「1.4.2 重大事故等対処施設の耐震設計」、「1.4.3 主要施設の耐震構造」及び「1.4.4 地震検知による耐震安全性の確保」に従って行う。

1.4.1 設計基準対象施設の耐震設計

1.4.1.1 設計基準対象施設の耐震設計の基本方針

設計基準対象施設の耐震設計は、以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2) 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。
- (3) 建物・構築物については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

なお、建物・構築物とは、建物、構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）の総称とする。

また、屋外重要土木構造物とは、耐震安全上重要な機器・配管系の間接支持機能又は非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物をいう。

- (4) Sクラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護機能を有する設備（以下「津波防護施設」という。）、浸水防止機能を有する設備（以下「浸水防止設備」という。）及び敷地における津波監視機能を有する施設（以下「津波監視設備」という。）を除く。）は、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が保持できるように設計する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計する。

- (5) Sクラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）については、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

また、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平2方

向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。なお、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用し、影響が考えられる施設、設備については許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

- (6) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は、基準地震動 S_s による地震力に対して、構造全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。なお、基準地震動 S_s の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、上記(5)と同様とする。

また、重大事故等対処施設を津波から防護するための津波防護設備、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物についても同様の設計方針とする。

- (7) Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動 S_d に2分の1を乗じたものとする。なお、当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとし、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

- (8) Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

- (9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

- (11) 設計基準対象施設は、建物・構築物の揚圧力影響低減のために設置する地下水位低下設備により一定の範囲に保持される地下水位を前提として設計用地下水位を適切に設定の上、地震力に十分耐えられる設計とする。地下水位低下設備の機能に期待しない場合は、施設の配置位置や地盤条件等を踏まえ設計用地下水位を適切に設定の上、地震力に十分耐えられる設計とする。

また、耐震重要施設は、設定した設計用地下水位を踏まえ、地震発生に伴い液状化等の地盤変状が生じた場合においても安全機能が損なわれないことを確認するとともに、安全機能に影響が及ぶ場合は適切な対策を講ずる設計とする。

- (12) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、炉心内の燃料被覆管の応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるように設計する。

基準地震動 S_s による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

【説明資料 (1.1 : P4 条-53) (9:P4 条-71)】

1.4.1.2 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震重要度分類を、次のように分類する。

(1) Sクラスの施設

地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいものであり、次の施設を含む。

- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
- ・ 使用済燃料を貯蔵するための施設
- ・ 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- ・ 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設
- ・ 放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設
- ・ 津波防護施設及び浸水防止設備
- ・ 津波監視設備

【説明資料 (2.1(1) : P4 条-56)】

(2) Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設であり、次の施設を含む。

- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設
- ・ 放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が「実用発電用原

子炉の設置，運転等に関する規則（昭和 53 年通商産業省令第 77 号）」第 2 条第 2 項第 6 号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。）

- ・放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で，その破損により，公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
- ・使用済燃料を冷却するための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような場合に，その外部放散を抑制するための施設で，Sクラスに属さない施設

【説明資料（2.1(2)：P4 条－56)】

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設である。

上記に基づく耐震重要度分類を第 1.4-1 表に示す。

なお，同表には当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動についても併記する。

【説明資料（2.1(3)：P4 条－56)】

1.4.1.3 地震力の算定方法

設計基準対象施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は，Sクラスの施設（津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備を除く。），Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし，それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

a. 建物・構築物

水平地震力は，地震層せん断力係数 C_i に，次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ，さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで，地震層せん断力係数 C_i は，標準せん断力係数 C_0 を 0.2 以上とし，建物・構築物の振動特性，地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また，必要保有水平耐力の算定においては，地震層せん断力係数 C_i に乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は，Sクラス，Bクラス及びCクラスともに 1.0 とし，その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は 1.0 以上とする。

Sクラスの施設については，水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の

組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度 0.3 以上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求めた鉛直震度より算定するものとする。

ただし、土木建造物の静的地震力は、安全上適切と認められる規格及び基準を参考に、Cクラスに適用される静的地震力を適用する。

b. 機器・配管系

静的地震力は、上記 a. に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平震度及び上記 a. の鉛直震度をそれぞれ 20%増しとした震度より求めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

上記 a. 及び b. の標準せん断力係数 C_0 等の割増し係数の適用については、耐震性向上の観点から、一般産業施設、公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。

【説明資料 (3.1(1) : P4 条-56)】

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設、屋外重要土木建造物及びBクラスの施設のうち共振のおそれのあるものに適用することとし、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。なお、構造特性から水平2方向及び鉛直方向の地震力の影響が考えられる施設及び設備については、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに対して、許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。

屋外重要土木建造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力を適用する。

「添付書類六 5.地震」に示す基準地震動 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」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定した。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」に基づき策定した基準地震動 S_s -D1~D3 の年超過確率は 10^{-4} ~ 10^{-6} 程度で、 S_s -F1~F2 の年超過確率は、 S_s -D1 を超過する帯域で 10^{-6} より低くなっており、 S_s -F3 の年超過確率は、短周期側でおおむね 10^{-4} 程度である。「震源を特定せず策定する地震動」に基づき

設定した基準地震動 S_s-N1 の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-7}$ 程度である。

また、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らないよう基準地震動 S_s に係数を乗じて設定する。ここで、係数は工学的判断として、原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が 0.5 程度であるという知見(1)を踏まえ、さらに、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した値とする。具体的には、 $S_s-F1 \sim F3$ 及び S_s-N1 は係数 0.5 を乗じた地震動、応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 $S_s-D1 \sim D3$ に対しては更に余裕を見込み、係数 0.58 を乗じた地震動を弾性設計用地震動 S_d として設定する。また、建物・構築物及び機器・配管系ともに係数 0.5 又は 0.58 を採用することで、弾性設計用地震動 S_d に対する設計に一貫性をとる。弾性設計用地震動 S_d の年超過確率は短周期側で $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 程度、長周期側で $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度である。弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルを第 1.4-1 図に、弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形を第 1.4-2 図～第 1.4-8 図に、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_1 の応答スペクトルの比較を第 1.4-9 図に、弾性設計用地震動 S_d と解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を第 1.4-10 図に示す。

【説明資料 (3.1(2) : P4 条-57)】

a. 入力地震動

原子炉格納施設設置位置周辺は、地質調査の結果によれば、約 1.4km/s の S 波速度を持つ堅硬な岩盤が十分な広がりをもって存在することが確認されており、建物・構築物はこの堅硬な岩盤に支持させる。

敷地周辺には中生界ジュラ系の砂岩、頁岩等が広く分布し、安全上重要な建屋の設置レベルにもこの岩盤が分布していることから、解放基盤表面は、この岩盤が分布するレベルに設定する。2号炉原子炉建屋は O.P.-14.1m としている。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を基に、対象建物・構築物の地盤の非線形特性等の条件を適切に考慮した上で、必要に応じ 2次元 FEM 解析、1次元波動論又は 1次元地盤応答解析により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。

b. 地震応答解析

(a) 動的解析法

i. 建物・構築物

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮の上、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。動的解析は、時刻歴応答解析法又は周波数応答解析法による。

建物・構築物の動的解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、地盤の剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

地盤－建物・構築物連成系の減衰定数は、振動エネルギーの地下逸散及び地震応答における各部のひずみレベルを考慮して定める。

基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する応答解析において、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、実験等の結果に基づき、該当する建物部分の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

また、Sクラスの施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための動的解析において、施設を支持する建物・構築物の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。なお、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等の地震の影響により、建物・構築物に発生したひび割れ等を起因とする剛性の変動については、観測記録や試験データなどから適切に応答解析モデルへ反映し、保守性を確認した上で適用する。また、必要に応じて建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に及ぼす影響を検討する。

建物・構築物の動的解析において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

原子炉建屋については、3次元FEM解析等から、建物・構築物の3次元応答性状及び機器・配管系への影響を評価する。

屋外重要土木構造物の動的解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形又は非線形解析のいずれかにて行う。

また、地震力については、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

【説明資料 (5.1 : P4 条-65) (5.3 : P4 条-67)】

ii. 機器・配管系

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮の上、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準又は試験等の結果に基づき設定する。ここで、原子炉本体の基礎については、鋼板とコンクリートの複合構造物として、より現実に近い適正な地震応答解析を実施する観点から、コンクリートの剛性変化を適切に考慮した復元力特性を設定する。復元力特性の設定に当たっては、既往の知見や実物の原子炉本体の基礎を模擬した試験体による加力試験結果を踏まえて、妥当性、適用性を確認するとともに、設定における不確実性や保守性を考慮し、機器・配管系の設計用地震力を設定する。なお、原子炉本体の基礎の構造強度は、鋼板のみで地震力に耐える設計とする。

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるような質点系モデル、有限要素モデル等に置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。配管系については、配管の形状や構造を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるモデルを作成し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択に当たっては、衝突・すべり等の非線形現象を模擬する観点又は既往研究の知見を取り入れ実機の挙動を模擬する観点で、建物・構築物の剛性、地盤物性のばらつき等への配慮をしつつ時刻歴応答解析法を用いる等、解析対象とする現象、対象設備の振動特性・構造特性等を考慮し適切に選定する。

また、設備の3次元的な広がりを踏まえ、適切に応答を評価できるモデルを用い、水平2方向及び鉛直方向の応答成分について適切に組み合わせるものとする。

なお、剛性の高い機器は、その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて地震力を算定する。

【説明資料 (5.2 : P4 条-66)】

(3) 設計用減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は、安全上適切と認められる規格及び基準、既往の振動実験、地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。

なお、建物・構築物の応答解析に用いる鉄筋コンクリートの減衰定数の設定については、既往の知見に加え、既設施設の地震観測記録等により、その妥当性を検討する。

また、地盤と屋外重要土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減衰定数については、地中構造物としての特徴、同モデルの振動特性を考慮して適切に設定する。

【説明資料（6：P4条-68）】

1.4.1.4 荷重の組合せと許容限界

設計基準対象施設の耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

a. 建物・構築物

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態。

ただし、運転状態には通常運転時、運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪等）。

b. 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替等が計画的又は頻繁に行われた場合であって運転条件が所定の制限値以内にある運転状態。

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生じるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態。

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態。

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風，積雪等）。

【説明資料（4.1：P4条-58）】

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

- (a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重，すなわち固定荷重，積載荷重，土圧，水圧及び通常的气象条件による荷重
- (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

ただし，運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には，機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし，地震力には，地震時土圧，機器・配管系からの反力，スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

b. 機器・配管系

- (a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重
- (b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

【説明資料（4.1：P4条-58）】

(3) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せを以下に示す。

a. 建物・構築物（c.に記載のものを除く。）

- (a) Sクラスの建物・構築物については，常時作用している荷重及び運転時（通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時）の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。

- (b) Sクラスの建物・構築物については，常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力とを組み合わせる。

- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については，常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。

b. 機器・配管系（c.に記載のものを除く。）

- (a) Sクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
 - (b) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
 - (c) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせる。
 - (d) Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
 - (e) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能の確認においては、通常運転時の状態で燃料被覆管に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって燃料被覆管に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- c. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物
- (a) 津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動 S_s による地震力とを組み合わせる。
 - (b) 浸水防止設備及び津波監視設備については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動 S_s による地震力とを組み合わせる。
 なお、上記 c. (a), (b)については、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動 S_s による地震力と津波による荷重の組合せを考慮する。また、津波以外による荷重については、「(2)荷重の種類」に準じるものとする。
- d. 荷重の組合せ上の留意事項
- (a) Sクラスの施設に作用する地震力のうち動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ算定するものとする。

- (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。
- (c) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかなずれがあることが判明しているならば、必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。
- (d) 上位の耐震重要度分類の施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震重要度分類に応じた地震力と常時作用している荷重、運転時の状態で施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

なお、第 1.4-1 表に対象となる建物・構築物及びその支持機能が維持されていることを検討すべき地震動等について記載する。
- (e) 地震と組み合わせる自然現象として、風及び積雪を考慮し、風荷重及び積雪荷重については、施設の設置場所、構造等を考慮して、地震荷重と組み合わせる。

【説明資料 (4.1(3) : P4 条-60)】

(4) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている許容応力等を用いる。

a. 建物・構築物 (c. に記載のものを除く。)

(a) Sクラスの建物・構築物

i. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリにおける長期的荷重との組合せを除く。）に対しては、下記

ii. に示す許容限界を適用する。

ii. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕をもたせることとする。（評価項目はせん断ひずみ、応力等）。

なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。

(b) Bクラス及びCクラスの建物・構築物（(e)及び(f)に記載のものを除く。）
上記(a) i.による許容応力度を許容限界とする。

(c) 耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

上記(a) ii.を適用するほか、耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物が、変形等に対してその支持機能を損なわないものとする。

なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が損なわれないことを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

建物・構築物については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して耐震重要度分類に応じた妥当な安全余裕を有していることを確認する。

(e) 屋外重要土木構造物

i. 静的地震力との組合せに対する許容限界

安全上適切と認められる規格及び基準による許容値を許容限界とする。

ii. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

構造部材の曲げについては限界層間変形角、許容応力度等、構造部材のせん断についてはせん断耐力、許容応力度等に対して、妥当な安全余裕を持たせることとする。3次元静的材料非線形解析により評価を行うもの等、ひずみを許容値とする場合は、構造物の要求機能に応じた許容値に対し妥当な安全余裕を持たせることとする。

(f) その他の土木構造物

安全上適切と認められる規格及び基準による許容値を許容限界とする。

b. 機器・配管系（c.に記載のものを除く。）

(a) Sクラスの機器・配管系

i. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする（評価項目は応力等）。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリを構成する設備、非常用炉心冷却設備等における長期的荷重との組合せを除く。）に対しては、下記(a) ii. に示す許容限界を適用する。

ii. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように応力、荷重等を制限する値を許容限界とする。

また、地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とする。

(b) Bクラス及びCクラスの機器・配管系

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする（評価項目は応力等）。

(c) チャンネルボックス

地震時に作用する荷重に対して、燃料集合体の冷却材流路を維持できること及び過大な変形や破損を生ずることにより制御棒の挿入が阻害されることがないことを確認する。

(d) 燃料被覆管

炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能についての許容限界は、以下のとおりとする。

i. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする。

ii. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないこととする。

c. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物

津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、当該施設及び建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能及び浸水防止機能）が保持できることを確認する（評価項目はせん断ひずみ、応力等）。

浸水防止設備及び津波監視設備については、その設備に要求される機能（浸水防止機能及び津波監視機能）が保持できることを確認する。

d. 基礎地盤の支持性能

- (a) Sクラスの建物・構築物及びSクラスの機器・配管系（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）の基礎地盤
- i. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界
- 接地圧に対して、安全上適切と認められる規格、基準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。
- ii. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界
- 接地圧が、安全上適切と認められる規格、基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
- (b) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物の基礎地盤
- i. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界
- 接地圧が、安全上適切と認められる規格、基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物、Bクラス及びCクラスの機器・配管系並びにその他の土木構造物の基礎地盤
- 上記 (a) i. による許容支持力度を許容限界とする。

【説明資料 (4.1(4) : P4条-62)】

1.4.1.5 設計における留意事項

耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設（以下「下位クラス施設」という。）の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

波及的影響については、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用して評価を行う。なお、地震動又は地震力の選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間等を踏まえて適切に設定する。また、波及的影響においては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合に影響を及ぼす可能性のある施設及び設備を選定し評価する。

波及的影響の評価に当たっては、以下(1)～(4)をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、耐震重要施設の安全機能への影響がないことを確認する。

なお、原子力発電所の地震被害情報をもとに、以下(1)～(4)以外に検討す

べき事項がないかを確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その観点を追加する。

- (1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響
 - a. 不等沈下
耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して不等沈下により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。
 - b. 相対変位
耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による下位クラス施設と耐震重要施設の相対変位により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

- (2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響
耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、耐震重要施設に接続する下位クラス施設の損傷により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

- (3) 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響
耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋内の下位クラス施設の損傷、転倒、落下等により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

- (4) 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響
 - a. 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、施設の設置地盤及び周辺地盤の液状化による影響を考慮した上で、建屋外の下位クラス施設の損傷、転倒、落下等により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。
 - b. 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、耐震重要施設の周辺斜面が崩壊しないことを確認する。

なお、上記(1)～(4)の検討に当たっては、溢水及び火災の観点からも波及的影響がないことを確認する。

上記の観点で検討した波及的影響を考慮する施設を、第 1.4-1 表中に「波及的影響を考慮すべき施設」として記載する。

【説明資料 (7 : P4 条-69)】

1.4.1.6 構造計画と配置計画

設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としない建物・構築物は、剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保する。

機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点からできる限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据付け状態になるよう配置する。

また、建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は原則、耐震重要施設に対して離隔をとり配置する若しくは、基準地震動 S_s に対し構造強度を保つようにし、耐震重要施設の安全機能を損なわない設計とする。

【説明資料 (9 : P4 条-71)】

1.4.3 主要施設の耐震構造

1.4.3.1 原子炉建屋

原子炉建屋は、中央部に地上3階、地下3階で、平面が約66m（南北方向）×約53m（東西方向）の原子炉棟があり、その周囲に地上2階、地下3階の付属棟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版上に設置され、本建屋の平面は外側で約77m（南北方向）×約84m（東西方向）である。最下階床面からの高さは59mで、地上高さは約36mである。

原子炉棟中央部には、鋼製の原子炉格納容器を囲む厚さ約2mの鉄筋コンクリート造の生体しゃへい壁があり、その外側に内部ボックス壁及び付属棟の外側である外部ボックス壁がある。

これらは、原子炉建屋の主要な耐震壁を構成し、それぞれ壁の間を強固な床板で一体に連結しているため、全体として剛な構造となっている。

1.4.3.2 タービン建屋

タービン建屋は、地上2階、地下2階で、平面が約96m（南北方向）×約58m（東西方向）の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。

建物の内部は、多くのしゃへい壁をもち、剛性が高い。したがって十分な耐震性を有する構造となっている。

1.4.3.3 制御建屋

制御建屋は、地上3階、地下2階で平面が41m（南北方向）×40m（東西方向）の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建物である。

1.4.3.4 防潮堤

防潮堤は、鋼管式鉛直壁（一般部）、鋼管式鉛直壁（岩盤部）及び盛土堤防の3種類の構造形式に区分され、敷地の前面に設置する。

鋼管式鉛直壁（一般部）は、延長約420m、直径2.2m及び2.5mの鋼管杭に天端高さ0.P.+29m*の鋼製遮水壁を取り付け、周囲に背面補強工（コンクリート）、セメント改良土、改良地盤及び置換コンクリートを配置した剛な構造物であり、鋼管杭及び改良地盤を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

鋼管式鉛直壁（岩盤部）は、延長約260m、直径2.2m及び2.5mの鋼管杭に天端高さ0.P.+29mの鋼製遮水壁を取り付けた剛な構造物であり、鋼管杭を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

盛土堤防は、延長約120m、天端高さ0.P.+29mのセメント改良土で盛り立てた盛土構造物であり、直接又は改良地盤を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

* 防潮堤の高さは、平成23年東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した表記とする。

1.4.3.5 防潮壁

防潮壁は、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉及び鉄筋コンクリート（RC）遮水壁の4種類の構造形式に区分され、2号炉海水ポンプ室、2号炉放水立坑、3号炉海水ポンプ室及び3号炉放水立坑に設置する。

鋼製遮水壁（鋼板）は、フーチング上に設置するH形鋼に、鋼板をボルトで接合した構造物であり、フーチングと一体化した鋼管杭を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

鋼製遮水壁（鋼桁）は、海水ポンプ室及び地中構造物を横断し、フーチング上に設置した鉄筋コンクリート（RC）支柱に、支承ゴムを介して鋼桁を設置する構造物であり、フーチングと一体化した鋼管杭を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

鋼製扉は、フーチング上に設置した鉄筋コンクリート（RC）支柱と鋼製扉を、扉取付部（ヒンジ）により接合した片開き式の構造物であり、フーチングと一体化した鋼管杭を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

鉄筋コンクリート（RC）遮水壁は、フーチングと鉄筋コンクリート（RC）壁を一体とした剛な構造物であり、フーチングと一体化した鋼管杭を介して砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層である荻の浜累層に着岩している。

1.4.3.6 原子炉格納容器

原子炉格納容器はドライウエルとサブプレッションチェンバから構成しており、ドライウエルは直径約 23m の円筒殻の上に、直径約 23m の半球殻をつけた約 37m の鋼製圧力容器であり、ベント管を介してサブプレッションチェンバと接続している。

半球殻上部付近にはシヤラグを設けて、原子炉圧力容器から原子炉格納容器に伝えられる水平力及び原子炉格納容器にかかる水平力の一部を周囲の生体しゃへい壁に伝える構造としている。

サブプレッションチェンバは、円環形をしており、管径約 9.4m、円環部の直径約 38m の鋼製容器である。

1.4.3.7 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は、内径約 5.6m、高さ約 22m、質量は原子炉圧力容器内部構造物、内部冷却材及び燃料集合体を含めて約 1,250t である。

この容器は、底部の鋼製スカートで支持され、スカートは鋼製円筒形基礎にアンカボルトで接続されている。原子炉圧力容器は、その外周の円筒状原子炉しゃへい壁頂部で原子炉圧力容器スタビライザによって水平方向に支持され、原子炉しゃへい壁の頂部は原子炉格納容器スタビライザによって原子炉格納容器と結合する。原子炉圧力容器スタビライザは地震力に対し原子炉圧力容器の上部を横方向に支持している。

つまり、原子炉圧力容器は、スカートで下端固定、スタビライザで上部ピン支持となっている。

1.4.3.8 原子炉圧力容器内部構造物

炉心に作用する水平力は、ステンレス鋼製の炉心シュラウドで支持する。炉心シュラウドは周囲に炉心シュラウド支持ロッドを設置した円筒形の構造で、シュラウドサポートを介して原子炉圧力容器の下部に溶接する。

燃料集合体に作用する水平力は、上部格子板及び炉心支持板を通して炉心シュラウドに伝える。燃料集合体は、ジルカロイ製の細長いチャンネルボックスに納める。燃料棒は、燃料集合体頂部及び底部のタイプレートで押さえられ、中間部もスペーサによって押さえられるので過度の変形を生ずることはない。

気水分離器は、シュラウドヘッドに取り付けられたスタンドパイプに溶接する。蒸気乾燥器は、原子炉圧力容器に付けたブラケットで支持する。

20 台のジェットポンプは、炉心シュラウドの外周に配置する。ジェットポンプライザ管は、原子炉圧力容器を貫通して立ち上がり、上部において原子炉圧力容器にライザブレースで支持される。ジェットポンプ上部のノズルアセンブリはボルトでライザに結合する。ジェットポンプのディフューザ下部

はバッフルプレートに溶接する。ディフューザ上部とスロートはスリップジョイント結合にして、縦方向に滑ることができるようにする。したがって、ジェットポンプの支持機構は、熱膨張は許すが、振動を防止することができる。

制御棒駆動機構ハウジングは、上部は原子炉圧力容器底部のスタブチューブに溶接し、下部はハウジングサポートで支持し、地震荷重に対しても十分な強度をもつように設計する。

1.4.3.9 原子炉再循環系

原子炉再循環ループは2ループあって、外径約0.52mのステンレス鋼管で原子炉圧力容器から下方に伸び、その下に原子炉再循環ポンプを設け、再び立ち上げてヘッドに入れ、そこから5本の外径約0.28mのステンレス鋼管に分け、原子炉圧力容器に接続する。この系の支持方法は、熱膨張による動きを拘束せず、できる限り剛な系になるように、スプリングハンガ、スナッパ等を採用する。原子炉再循環ポンプは、ケーシングに取り付けたコンスタントハンガ等で支持する。

1.4.3.10 原子炉本体基礎

原子炉本体の基礎については、内筒及び外筒の円筒鋼板の間にコンクリートを充填した、鋼材とコンクリートの複合構造となっている。

1.4.3.11 その他

その他の機器、配管については、運転荷重、地震荷重、熱膨張による荷重を考慮して、必要に応じてリジットハンガ、スナッパ、その他の支持装置を使用して耐震性に対しても熱的にも十分な設計を行う。

1.4.4 地震検知による耐震安全性の確保

1.4.4.1 地震感知器

安全保護系の一つとして地震感知器を設け、ある程度以上の地震が起こった場合に原子炉を自動的に停止させる。スクラム設定値は弾性設計用地震動Sdの加速度レベルに余裕を持たせた値とする。安全保護系は、フェイル・セーフ設備とするが、地震以外のショックによって原子炉をスクラムさせないよう配慮する。

地震感知器は、基盤の地震動をできるだけ直接的に検出するため建屋基礎版の位置、また主要な機器が設置されている代表的な床面に設置する。なお、設置に当たっては試験及び保守が可能な原子炉建屋の適切な場所に設置する。

1.4.4.2 地震観測等による耐震性の確認

発電用原子炉施設のうち安全上特に重要なものに対しては、地震観測網を適切に設置し、地震観測等により振動性状の把握を行い、それらの測定結果に基づく解析等により施設の機能に支障がないことを確認していくものとする。また、ある程度以上の地震が起こった場合には、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等の影響を踏まえて設計体系に反映した事項(初期剛性低下の考慮等)について分析し、設計の妥当性を確認する。

なお、地震観測装置の設置に当たっては、地震観測を継続して実施するために、地震観測網の適切な維持管理を行うとともに、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等に対する振動性状の詳細検討結果に応じて観測装置の充実を図る。

1.4.5 参考文献

- (1) 「静的地震力の見直し(建築編)に関する調査報告書(概要)」
(社)日本電気協会 電気技術調査委員会 原子力発電耐震設計特別調査委員会 建築部会 平成6年3月

第1.4-1表 耐震重要度分類表 (1/6)

耐震重要度分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		波及的影響を考慮すべき施設	検討用地震動(注5)
		適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス		
Sクラス	(i)「原子炉冷却材圧力バウンダリ」を構成する機器・配管系	原子炉圧力容器 原子炉圧力容器バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁	S	隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備	原子炉圧力容器支持スカート 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉本体の基礎 原子炉建屋 制御建屋	Ss Ss Ss	原子炉しゃへい壁 中央制御室天井照 明 タービン建屋 補助ボイラー建屋 1号炉制御建屋	Ss Ss Ss Ss Ss	
		(ii)使用済燃料を貯蔵するための施設	S S	—	機器の支持構造物	S	原子炉建屋	Ss	原子炉建屋クレーン 燃料交換機 制御棒貯蔵ハンガ 制御棒貯蔵ラック 燃料チャヤンネル着脱機 タービン建屋	Ss Ss Ss Ss Ss	
	(iii)原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するたための設備及び原子炉の停止状態を維持するための施設	制御棒、制御棒駆動機構及び制御棒駆動水圧系(スクラム機能に関する部分)	S	炉心支持構造物 電気計装設備 チャヤンネルボックス	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋 制御建屋	Ss Ss	中央制御室天井照 明 タービン建屋 補助ボイラー建屋 1号炉制御建屋	Ss Ss Ss Ss	
		(iv)原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	S S S S	当該施設の冷却系(原子炉補助冷却系) 炉心支持構造物 非常用電源及び計装設備(デイズル発電機及びその冷却系・補助施設を含む) 当該施設の機能維持に必要な空調設備	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋 海水ポンプ室 原子炉機器冷却海水配管ダクト 軽油タンク基礎 軽油タンク連絡ダクト 制御建屋	Ss Ss Ss Ss Ss Ss	海水ポンプ室門型クレーン 竜巻防護ネット 前面護岸 原子炉建屋クレーン 中央制御室天井照 明 耐火隔壁 タービン建屋 補助ボイラー建屋 1号炉制御建屋	Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss	

第 1.4-1 表 耐震重要度分類表 (2/6)

耐震重要度分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		波及的影響を考慮すべき施設	検討用地震動(注5)
		適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス		
Sクラス	(v) 原子炉冷却材圧力バウナダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス
		<ul style="list-style-type: none"> 非常用炉心冷却系 1) 高圧炉心スプレイス 2) 低圧炉心スプレイス 3) 残留熱除去系(低圧注水モード運転に必要な設備) 4) 自動減圧系 冷却水源としてのサブレッションポンプ 	S	<ul style="list-style-type: none"> 当該施設の冷却系(原子炉補機冷却系) 非常用電源及びゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む 中央制御室の遮蔽及び空調設備 当該施設の機能維持に必要な空調設備 	S	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	S	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 海水ポンプ室 原子炉機器冷却海水配管ダクト 軽油タンク基礎 軽油タンク連絡ダクト 制御建屋 	Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss		
Sクラス	(vi) 原子炉冷却材圧力バウナダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス
		<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器 原子炉格納容器バウナダリに属する配管・弁 	S S	<ul style="list-style-type: none"> 隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備 	S	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	S	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 制御建屋 	Ss Ss		
Sクラス	(vii) 放射性物質の放出を伴うような事故の際にその外部放散を抑制するための設備(上記(vi)以外の施設)	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス	適用範囲	耐クラス
		<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系(格納容器スプレイス冷却モードの運転に必要な設備) 可燃性ガス濃度制御系 原子炉建屋原子炉棟 非常用ガス処理系及び排気筒 原子炉格納容器圧力抑制装置(ベントヘッダ、ダウンカム等) 冷却水源としてのサブレッションポンプ 	S S S S S S	<ul style="list-style-type: none"> 当該施設の冷却系(原子炉補機冷却系) 非常用電源及びゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む 当該施設の機能維持に必要な空調設備 	S S	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	S S	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 海水ポンプ室 原子炉機器冷却海水配管ダクト 軽油タンク基礎 軽油タンク連絡ダクト 排気筒連絡ダクト 排気筒基礎 制御建屋 	Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss Ss		

第 1.4-1 表 耐震重要度分類表 (3/6)

耐震重要度分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		検討用地震動(注6)	波及的影響を考慮すべき施設(注5)	検討用地震動(注6)
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	適用範囲			
Sクラス	(viii)津波防護機能を有する設備及び浸水防止機能を有する設備	適用範囲	S	—	—	機器等の支持構造物	S	3号炉海水熟交換器 ・取水口 ・防潮堤 ・防潮壁(2号炉放水立坑) ・揚水井戸 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・3号炉補機冷却海水系放水ピット ・海水ポンプ室 ・3号炉海水ポンプ室	Ss	海水ポンプ室門型クレーン ・3号炉海水ポンプ室門型クレーン ・竜巻防護ネット ・3号炉取水路 ・北側排水路 ・アクセスレート ・タービン建屋	Ss	Ss
		適用範囲	S	—	—	機器、配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋 ・防潮堤 ・海水ポンプ室 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・軽油タンク基礎 ・軽油タンク連絡ダクト ・制御建屋	Ss	海水ポンプ室門型クレーン ・竜巻防護ネット ・タービン建屋 ・中央制御室天井照明 ・補助ボイラー建屋 ・1号炉制御建屋	Ss	Ss
Sクラス	(ix)敷地における津波監視機能を有する施設	適用範囲	S	非常用電源及び計装設備(ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む)	S	機器、配管、電気計装設備等の支持構造物 ・原子炉圧力容器	S	原子炉建屋 ・海水ポンプ室 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・軽油タンク基礎 ・軽油タンク連絡ダクト ・制御建屋 ・原子炉本体の基礎	Ss	原子炉建屋クレーン ・燃料交換機 ・原子炉しゃへい壁 ・ほう酸水注入系システムタンク ・中央制御室天井照明 ・海水ポンプ室門型クレーン ・竜巻防護ネット ・前面護岸 ・タービン建屋 ・補助ボイラー建屋 ・1号炉制御建屋	Ss	Ss
		適用範囲	S	非常用電源及び計装設備(ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む)	S	機器、配管、電気計装設備等の支持構造物 ・原子炉圧力容器	S	原子炉建屋 ・海水ポンプ室 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・軽油タンク基礎 ・軽油タンク連絡ダクト ・制御建屋 ・原子炉本体の基礎	Ss	原子炉建屋クレーン ・燃料交換機 ・原子炉しゃへい壁 ・ほう酸水注入系システムタンク ・中央制御室天井照明 ・海水ポンプ室門型クレーン ・竜巻防護ネット ・前面護岸 ・タービン建屋 ・補助ボイラー建屋 ・1号炉制御建屋	Ss	Ss
Sクラス	(x)その他	適用範囲	S	燃料プールの水補給設備(残留熱除去系(燃料プールの補給に必要な設備)) ・ほう酸水注入系(注7) ・圧力容器内部構造物(注8)	S	機器、配管、電気計装設備等の支持構造物 ・原子炉圧力容器	S	原子炉建屋 ・海水ポンプ室 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・軽油タンク基礎 ・軽油タンク連絡ダクト ・制御建屋 ・原子炉本体の基礎	Ss	原子炉建屋クレーン ・燃料交換機 ・原子炉しゃへい壁 ・ほう酸水注入系システムタンク ・中央制御室天井照明 ・海水ポンプ室門型クレーン ・竜巻防護ネット ・前面護岸 ・タービン建屋 ・補助ボイラー建屋 ・1号炉制御建屋	Ss	Ss
		適用範囲	S	燃料プールの水補給設備(残留熱除去系(燃料プールの補給に必要な設備)) ・ほう酸水注入系(注7) ・圧力容器内部構造物(注8)	S	機器、配管、電気計装設備等の支持構造物 ・原子炉圧力容器	S	原子炉建屋 ・海水ポンプ室 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・軽油タンク基礎 ・軽油タンク連絡ダクト ・制御建屋 ・原子炉本体の基礎	Ss	原子炉建屋クレーン ・燃料交換機 ・原子炉しゃへい壁 ・ほう酸水注入系システムタンク ・中央制御室天井照明 ・海水ポンプ室門型クレーン ・竜巻防護ネット ・前面護岸 ・タービン建屋 ・補助ボイラー建屋 ・1号炉制御建屋	Ss	Ss

第 1.4-1 表 耐震重要度分類表 (4/6)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物	
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	検討用 地震動 注 6)
Bクラス	(i) 原子炉冷却材圧カバウンダリに直接接続され、一次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る施設	主蒸気系(原子炉格納容器外側主蒸気隔離弁から主蒸気止め弁まで)	B 注 9)	—	—	機器・配管等の支持構造物	B 注 9)	原子炉建屋 ・タービン建屋(原子炉格納容器外側主蒸気隔離弁より主蒸気止め弁までの配管・弁を支持する部分)	Sd Sd
		逃がし安全弁排気管	B 注 10)	—	—	機器・配管等の支持構造物	B 注 10)	原子炉建屋	Sd
Bクラス	(ii) 放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし内蔵量が少ないか又は貯蔵方式によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が周辺監視区域外における年間の線量限度に比べ十分に小さいものは除く	主蒸気系及び給水系	B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉建屋 ・タービン建屋	S _B S _B
		原子炉冷却材浄化系	B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉建屋 ・タービン建屋 ・焼却炉建屋 ・サイトバンカ建屋	S _B S _B S _B S _B

第 1.4-1 表 耐震重要度分類表 (5/6)

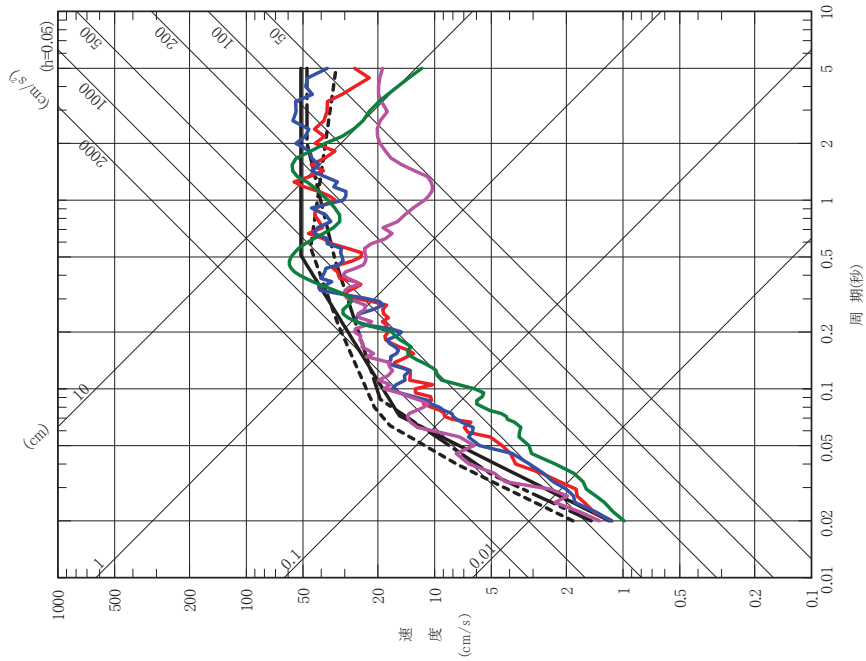
耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 注 1)		補助設備 注 2)		直接支持構造物 注 3)		間接支持構造物 注 4)		
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	検査用 地震動 注 6)	
B クラス	(iii) 放射性廃棄物以外の放射性物質に 関連した施設で、 その破損により公 衆及び従業員に過 大な放射線被ばく を与える可能性の ある施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気タービン、湿 分分離加熱器、主 復水器、給水加熱 器及びその主要 配管 ・ 復水浄化系 ・ 復水貯蔵タンク ・ 燃料プールの冷却浄 化系 ・ 放射線低減効果の 大きい遮蔽 ・ 制御棒駆動水圧系 (放射性流体を内 蔵する部分、ただ し、スクラム機能 に関するものを 除く) ・ 原子炉建屋クレ ーン ・ 燃料取扱設備 ・ 制御棒貯蔵ラック 	B	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器・配管等の支 持構造物 	B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉建屋 ・ タービン建屋 ・ タービンペデスタ ル ・ 復水貯蔵タンク基 礎 	<ul style="list-style-type: none"> S_B S_B S_B S_B
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料プールの冷却 化系 	B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉補機冷却 系 ・ 電気計装設備 	B B	B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器・配管、電気 計装設備等の支 持構造物 	B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉建屋 ・ 海水ポンプ室 ・ 原子炉機器冷却海 水配管ダクト 	<ul style="list-style-type: none"> S_B S_B S_B
	(iv) 使用済燃料を冷 却するための施設	—	—	—	—	—	—	—	—	
	(v) 放射性物質の放 出を伴うような場 合に、その外部放 散を抑制するため の施設で、耐震 S クラスに属さない 施設	—	—	—	—	—	—	—	—	

第 1.4-1 表 耐震重要度分類表 (6/6)

耐震重要度分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス
Cクラス	(i) 原子炉の反応度を抑制するための施設で耐震Sクラス及びBクラスに属さない施設	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉再循環量制御装置 制御棒駆動水圧系(Sクラス)及びBクラスに属さない部分) 	C	—	—	C	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 制御建屋 	<ul style="list-style-type: none"> S_c S_c 	
		<ul style="list-style-type: none"> 試料採取系 固化装置より下流の固体廃棄物取扱い設備(貯蔵庫を含む) 雑固体系 新燃料貯蔵設備 その他 	C	—	—	C	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 焼却炉建屋 サイトバンカ建屋 	<ul style="list-style-type: none"> S_c S_c S_c S_c 	
		(iii) 放射線安全に関係しない施設等	<ul style="list-style-type: none"> 循環水系 タービン補機冷却系 補助ボイラ 消火系 開閉所、発電機、変圧器 換気空調系(Sクラスの換気空調系以外のもの) タービン建屋クレーン 圧縮空気系 その他 	C	—	—	C	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 海水ポンプ室 タービン建屋 制御建屋 当該施設に係る屋外コンクリート構造物 	<ul style="list-style-type: none"> S_c S_c S_c S_c S_c
	(ii) 放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設で耐震S及びBクラスに属さない施設	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位低下設備 	C	<ul style="list-style-type: none"> 電気計装設備 	C	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 制御建屋 当該施設に係る屋外コンクリート構造物 	<ul style="list-style-type: none"> S_s S_s S_s 	

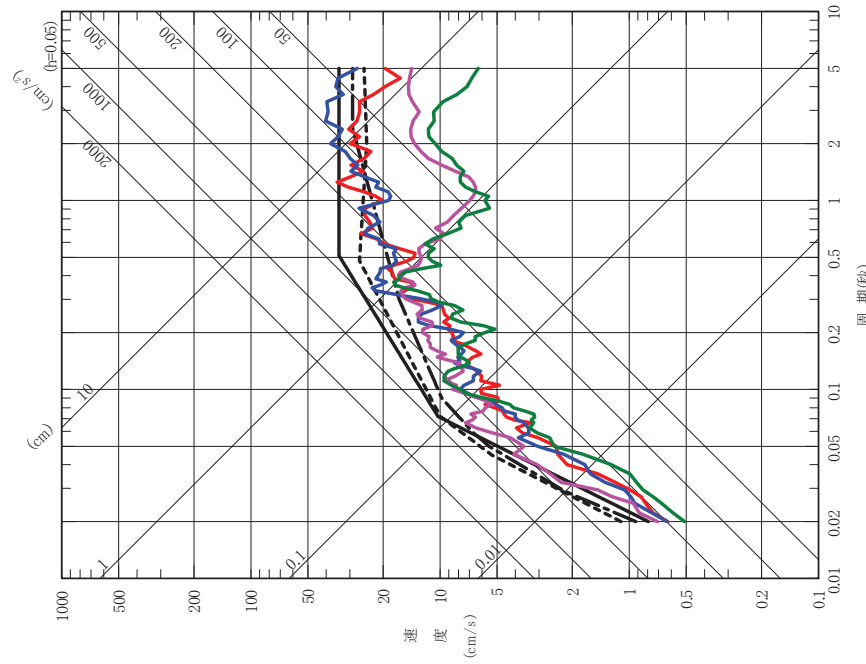
- (注1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。
- (注2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。
- (注3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物又はこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。
- (注4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物（建物・構築物）をいう。
- (注5) 波及的影響を考慮すべき施設とは、下位の耐震クラスに属するものの破損等によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある施設をいう。
- (注6) S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力
 S_d : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力
 S_B : Bクラス施設に適用される地震力
 S_C : Cクラス施設に適用される静的地震力
- (注7) ほう酸水注入系は、安全機能の重要度を考慮して、Sクラスに準じて取り扱う。
- (注8) 圧力容器内部構造物は、炉内にあることの重要度を考慮して、Sクラスに準じて取り扱う。
- (注9) Bクラスではあるが、弾性設計用地震動 S_d に対し破損しないことを確認する。
- (注10) 逃がし安全弁排気管については、基準地震動 S_s に対して破損しないことを確認することで、蒸気凝縮性能の信頼性を担保する。
- (注11) Cクラスではあるが、基準地震動 S_s に対し機能維持することを確認する。

- 弾性設計用地震動Sd-D1H
- - 弾性設計用地震動Sd-D2H
- - 弾性設計用地震動Sd-D3H
- 弾性設計用地震動Sd-F1H
- 弾性設計用地震動Sd-F2H
- 弾性設計用地震動Sd-F3H
- 弾性設計用地震動Sd-N1H



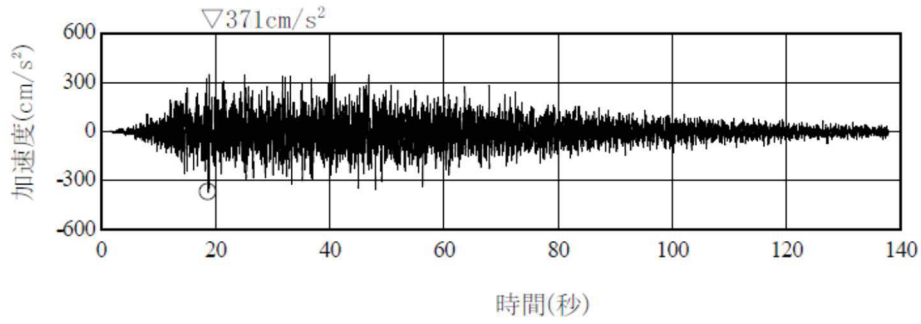
(a) 水平方向

- 弾性設計用地震動Sd-D1V
- - 弾性設計用地震動Sd-D2V
- - 弾性設計用地震動Sd-D3V
- 弾性設計用地震動Sd-F1V
- 弾性設計用地震動Sd-F2V
- 弾性設計用地震動Sd-F3V
- 弾性設計用地震動Sd-N1V

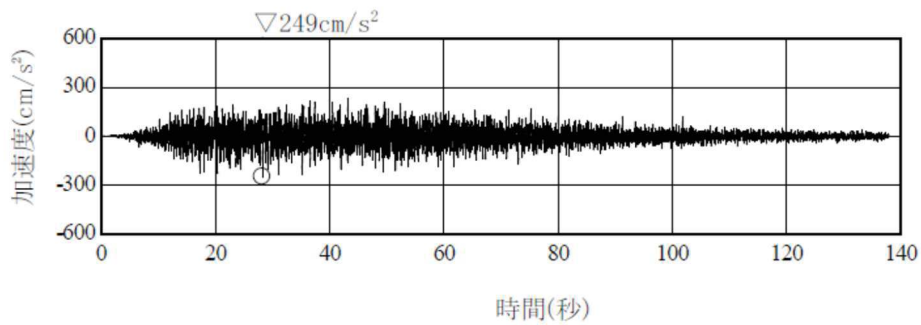


(b) 鉛直方向

第 1.4-1 図 弾性設計用地震動 Sd の応答スペクトル

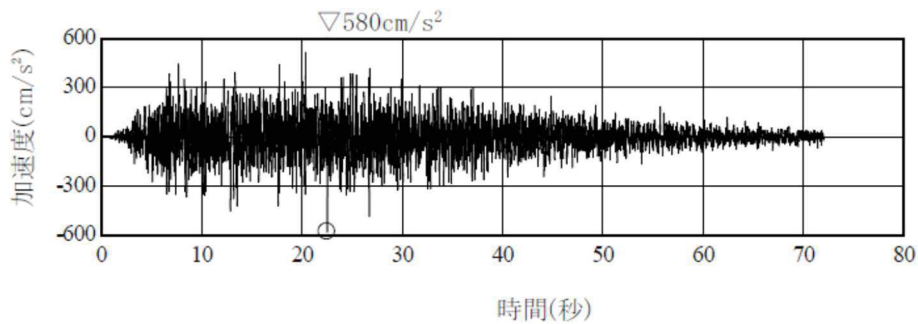


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-D1H

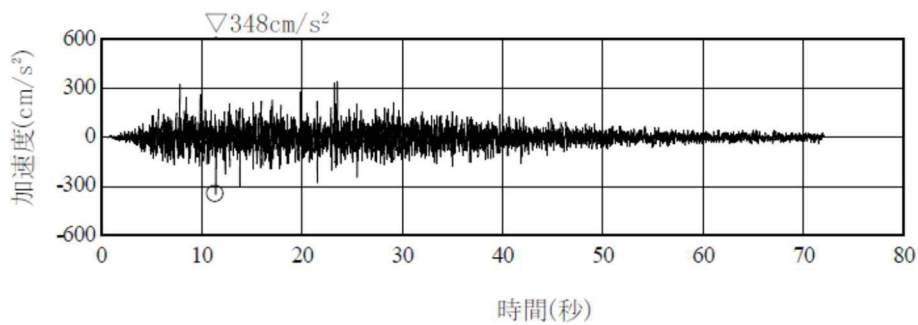


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-D1V

第 1.4-2 図 弾性設計用地震動 Sd-D1 の加速度時刻歴波形

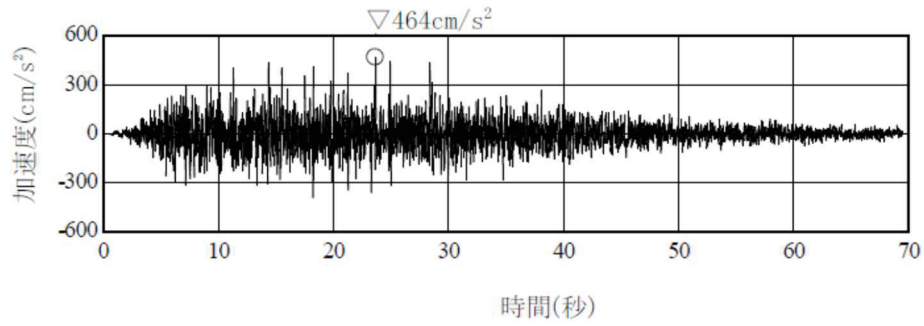


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-D2H

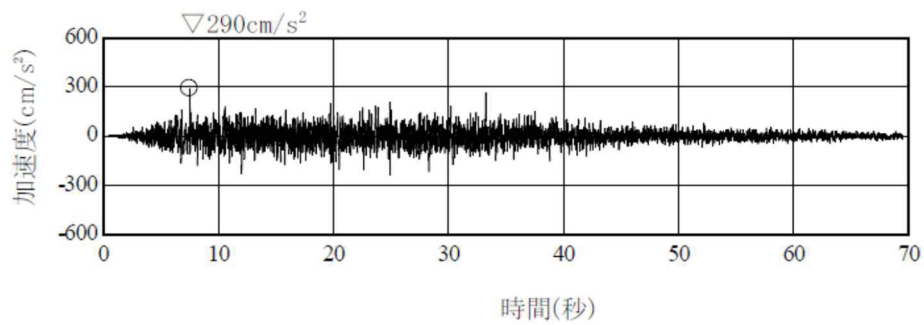


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-D2V

第 1.4-3 図 弾性設計用地震動 Sd-D2 の加速度時刻歴波形

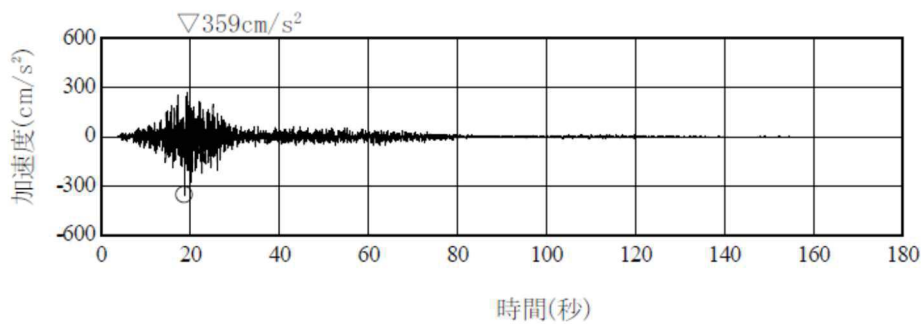


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-D3H

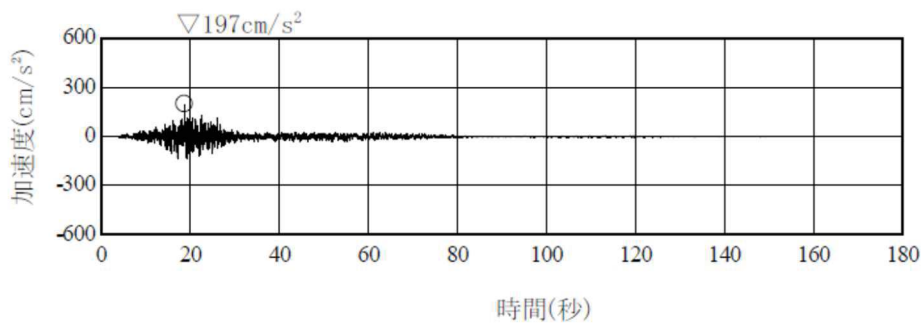


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-D3V

第 1.4-4 図 弾性設計用地震動 Sd-D3 の加速度時刻歴波形

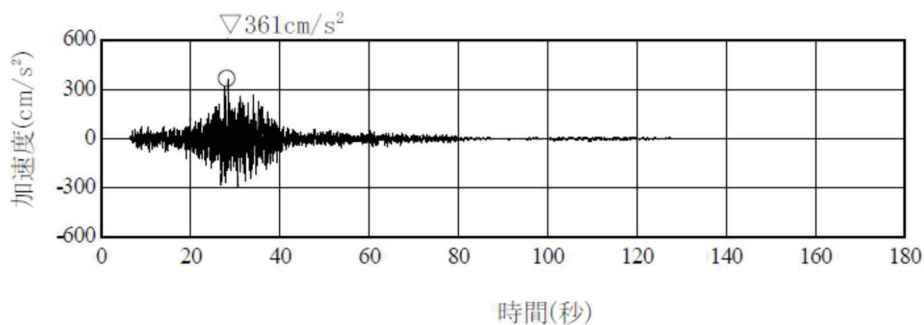


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-F1H

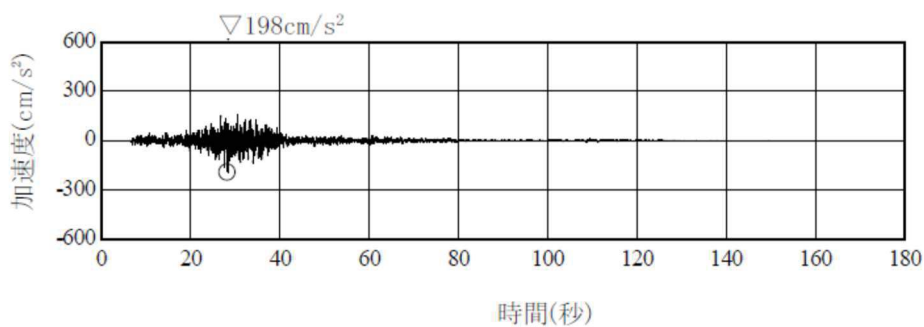


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-F1V

第 1.4-5 図 弾性設計用地震動 Sd-F1 の加速度時刻歴波形

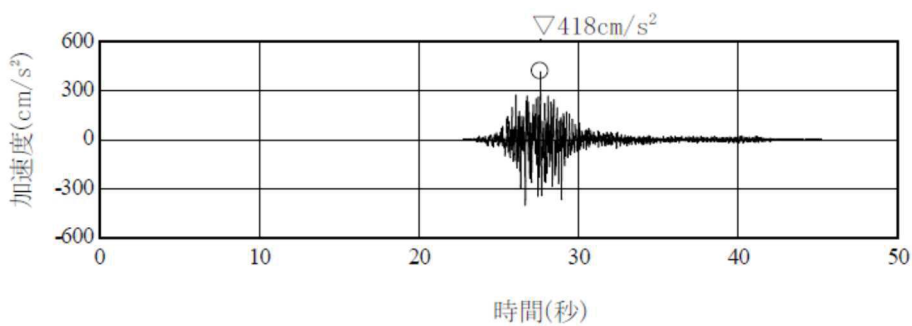


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-F2H

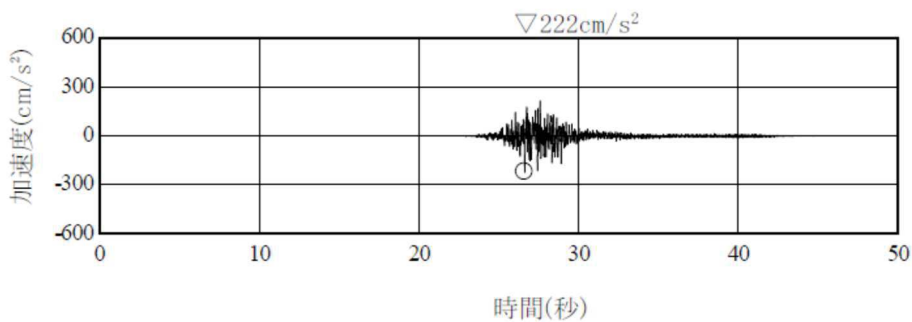


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-F2V

第 1.4-6 図 弾性設計用地震動 Sd-F2 の加速度時刻歴波形

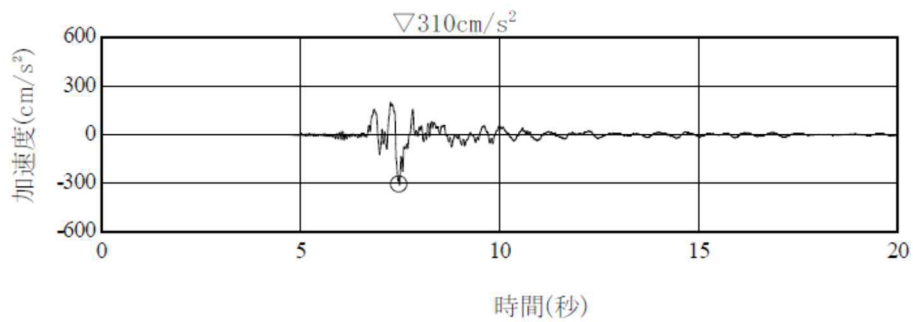


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-F3H

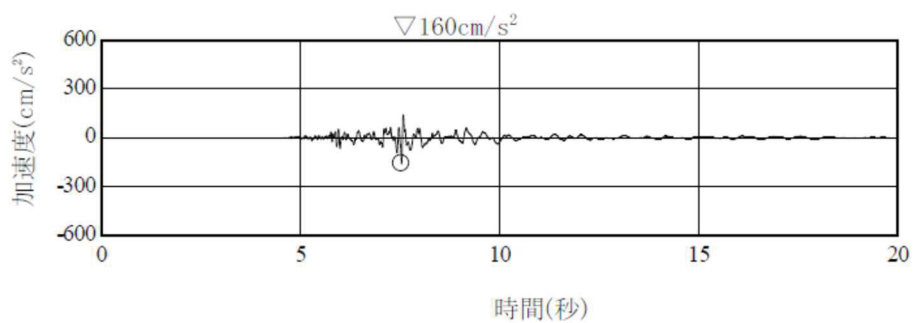


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-F3V

第 1.4-7 図 弾性設計用地震動 Sd-F3 の加速度時刻歴波形

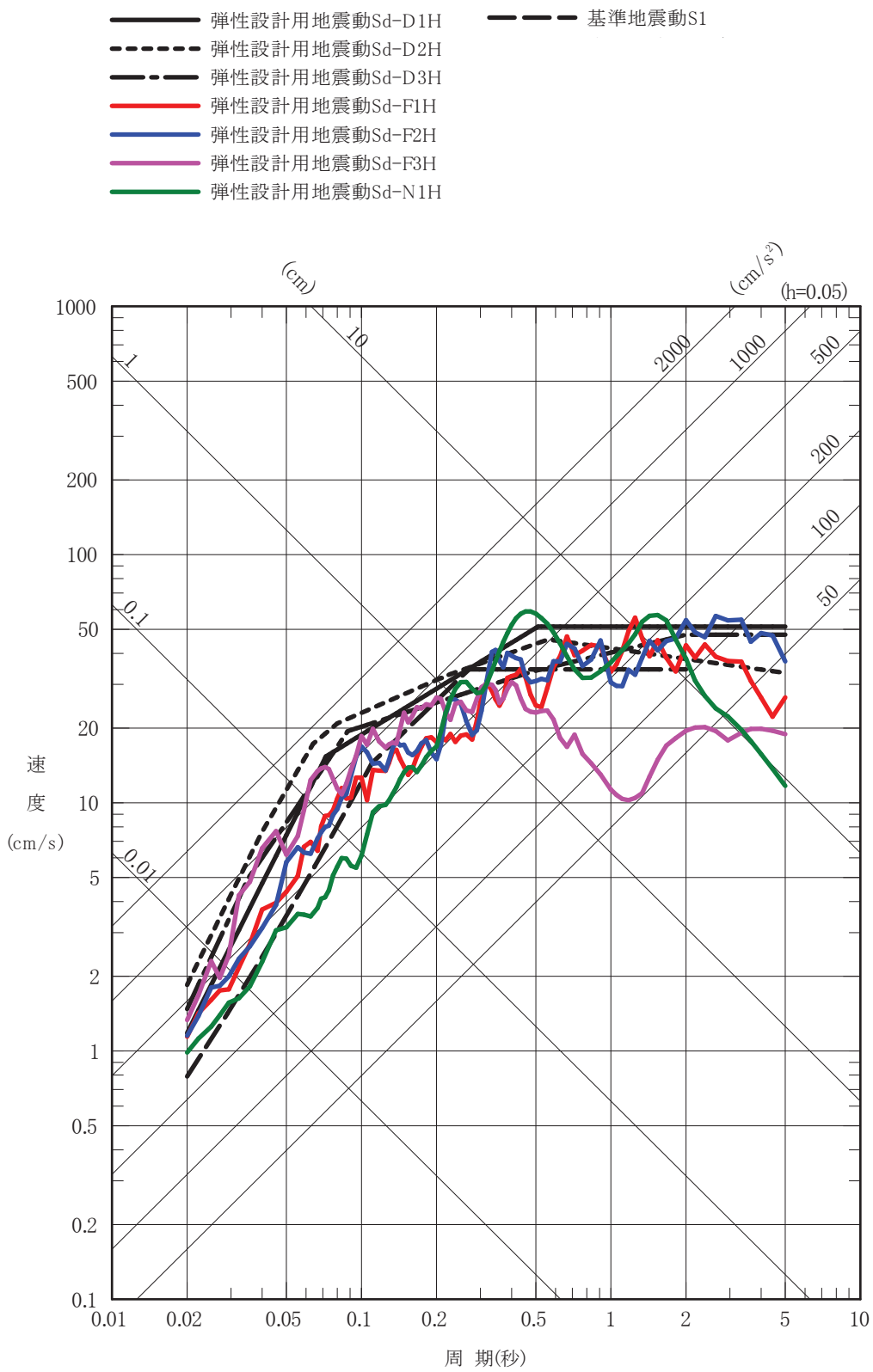


水平方向：弾性設計用地震動 Sd-N1H

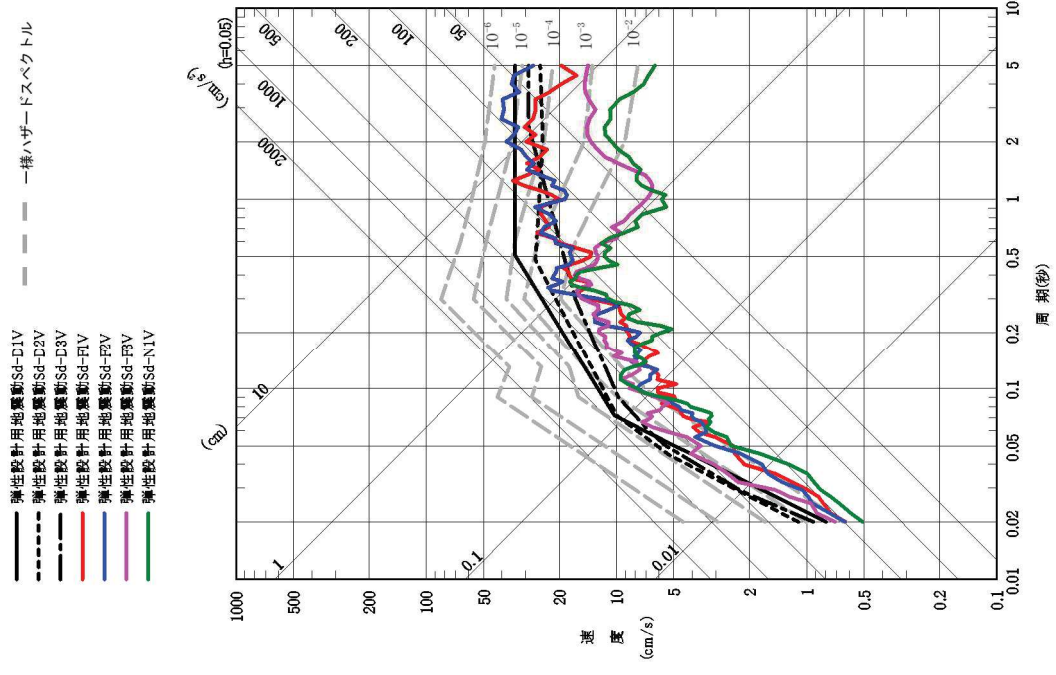


鉛直方向：弾性設計用地震動 Sd-N1V

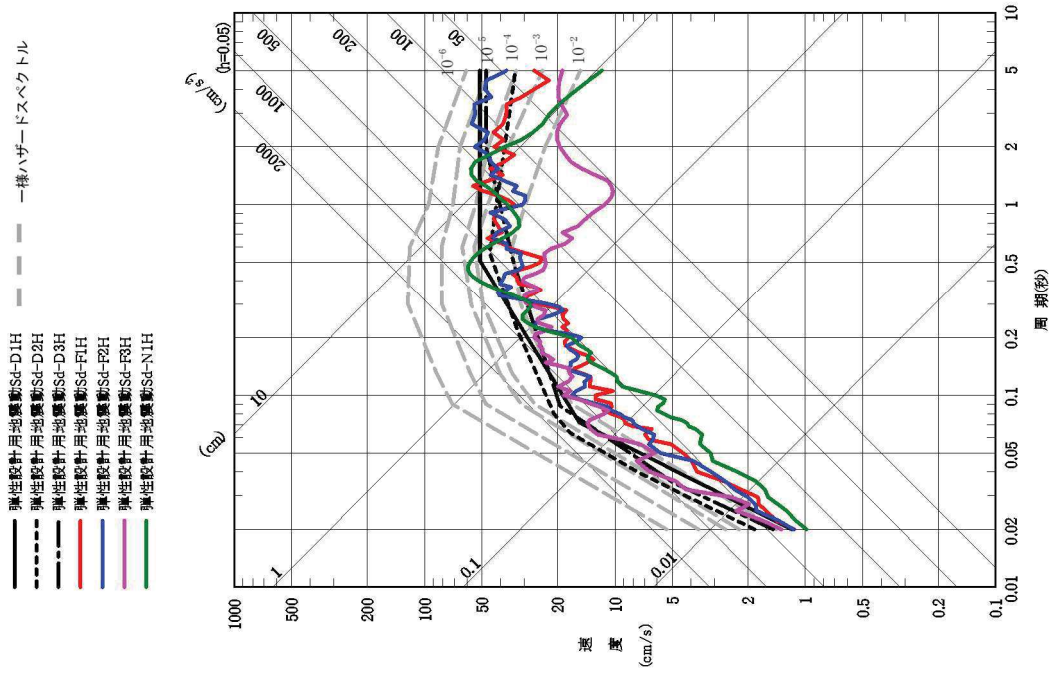
第 1.4-8 図 弾性設計用地震動 Sd-N1 の加速度時刻歴波形



第 1.4-9 図 弾性設計用地震動 Sd と基準地震動 S₁ の応答スペクトルの比較



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第 1.4-10 図 弾性設計用地震動 Sd の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトル

(3) 適合性説明

(地震による損傷の防止)

第四条 設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。

- 2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。
- 3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基準地震動による地震力」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。
- 4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。
- 5 炉心内の燃料被覆材は、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

設計基準対象施設は、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じて設定した地震力に対しておおむね弾性範囲の設計を行う。

なお、耐震重要度分類及び地震力については、「第2項について」に示すとおりである。

炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力を組み合わせた荷重条件に対して、炉心内の燃料被覆管の応答が全体的におおむね弾性状態にとどまる設計とする。

【説明資料 (1.1 : P4 条-53)】

第2項について

設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失(地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。)及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて、以下のとおり、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力を算定する。

【説明資料 (2.1 : P4 条-56)】

(1) 耐震重要度分類

Sクラス:地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心

を冷却するために必要な機能を持つ施設，自ら放射性物質を内蔵している施設，当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設，これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し，放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設，並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって，その影響が大きいもの

【説明資料（2.1：P4条－56）】

Bクラス：安全機能を有する施設のうち，機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設

【説明資料（2.1：P4条－56）】

Cクラス：Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

【説明資料（2.1：P4条－56）】

(2) 地震力

上記(1)のSクラスの施設（津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備を除く。），Bクラス及びCクラスの施設に適用する地震力は以下のとおり算定する。

なお，Sクラスの施設については，弾性設計用地震動Sdによる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力を適用する。

a. 静的地震力

静的地震力は，Sクラス，Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし，それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

(a) 建物・構築物

水平地震力は，地震層せん断力係数 C_i に，次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ，さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで，地震層せん断力係数 C_i は，標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし，建物・構築物の振動特性，地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

Sクラスの施設については，水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は，震度0.3以上を基準とし，建物・構築物の振動特性，地盤の種類等を考慮して求めた鉛直震度より算定するものとする。ただし，鉛直震度は高さ方向に一定とする。

(b) 機器・配管系

耐震重要度分類の各クラスの地震力は、上記(a)に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記(a)の鉛直震度をそれぞれ 20%増しとした震度より求めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

【説明資料 (3.1(1) : P4 条-56)】

b. 弾性設計用地震動 S_d による地震力

弾性設計用地震動 S_d による地震力は、Sクラスの施設に適用する。

弾性設計用地震動 S_d は、「添付書類六 5.地震」に示す基準地震動 S_s に工学的判断から求められる係数 0.5 又は 0.58 を乗じて設定する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

なお、Bクラスの施設のうち、共振のおそれのある施設については、弾性設計用地震動 S_d に2分の1を乗じた地震動によりその影響についての検討を行う。当該地震動による地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

【説明資料 (3.1(2) : P4 条-57)】

第3項について

耐震重要施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）については、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切な地震動、すなわち「添付書類六 5.地震」に示す基準地震動 S_s による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。

【説明資料 (1.1(5) : P4 条-53)】

また、屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

【説明資料 (1.1(6) : P4 条-53)】

基準地震動 S_s による地震力は、基準地震動 S_s を用いて、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

【説明資料 (1.1(5) : P4 条-53) (1.1(6) : P4 条-53)】

なお、耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

第4項について

耐震重要施設については、基準地震動 S_s による地震力によって生じるおそれがある周辺の斜面の崩壊に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない場所に設置する。

第5項について

炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動 S_s による地震力を組み合わせた荷重条件により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさない設計とする。

なお、燃料の機械設計においては、燃料被覆管応力、累積疲労サイクル及び過度の寸法変化防止に対する設計方針を満足するように燃料要素の設計を行うが、上記の設計方針を満足させるための設計に当たっては、これらのうち燃料被覆管への地震力の影響を考慮すべき項目として、燃料被覆管応力及び累積疲労サイクルを評価項目とする。評価においては、内外圧力差による応力、熱応力、水力振動による応力、支持格子の接触圧による応力等の他、地震による応力を考慮し、設計疲労曲線としては、Langer and O' Donnell の曲線を使用する。

- 1.3 気象等
該当なし
- 1.4 設備等
該当なし
- 1.5 手順等
該当なし

第4条：地震による損傷の防止

<目次>

第2部

1. 耐震設計の基本方針
 - 1.1 基本方針
 - 1.2 適用規格
2. 耐震設計上の重要度分類
 - 2.1 重要度分類の基本方針
 - 2.2 耐震重要度分類
3. 設計用地震力
 - 3.1 地震力の算定法
 - 3.2 設計用地震力
4. 荷重の組合せと許容限界
 - 4.1 基本方針
5. 地震応答解析の方針
 - 5.1 建物・構築物
 - 5.2 機器・配管系
 - 5.3 屋外重要土木構造物
 - 5.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物
6. 設計用減衰定数
7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響
8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
9. 構造計画と配置計画

(別添)

- 別添－1 設計用地震力
- 別添－2 動的機能維持の評価
- 別添－3 弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価
- 別添－4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別添－5 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
- 別添－6 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添－7 主要建屋の構造概要及び解析モデルについて
- 別添－8 入力地震動について

第2部

1. 耐震設計の基本方針

1.1 基本方針

発電用原子炉施設の耐震設計は「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員会規則第5号)」及び「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)」に適合するよう以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。)は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2) 地震により発生するおそれがある安全機能の喪失(地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。)及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度(以下「耐震重要度」という。)に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。
- (3) 建物・構築物及び土木構造物(屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物)については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。
- (4) Sクラスの施設((6)に記載のもののうち、津波防護機能を有する設備(以下「津波防護設備」という。)、浸水防止機能を有する設備(以下「浸水防止設備」という。)及び敷地における津波監視機能を有する施設(以下「津波監視設備」という。)を除く。)について、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。
- (5) Sクラスの施設((6)に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)は、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が保持できる設計とする。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)に対して十分な余裕を有するように、機器・配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持できるように設計する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計とする。
- (6) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は、基準地震動 S_s による地震力に対して、構造全体として変形能力(終局耐力時の変形)について十分な余裕を有すると

ともに、それぞれの施設に要求される機能が保持できる設計とする。

屋外重要土木構造物は、構造部材の曲げについては限界層間変形角又は許容応力度等、構造部材のせん断についてはせん断耐力又は許容応力度等に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。3次元静的材料非線形解析により評価を行うもの等、ひずみを許容値とする場合は、構造物の要求機能に応じた許容値に対し妥当な安全余裕を持たせることとする。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物については、(5)に示す基準地震動 S_s に対する設計方針を適用する。基準地震動 S_s による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

また、重大事故等対処施設を津波から防護するための津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物についても同様の設計方針とする。

- (7) Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動 S_d を2分の1としたものとする。なお、当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとし、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

- (8) Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。
- (9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するもの(資機材等含む)の波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。
- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。
- (11) 設計基準対象施設は、建物・構築物の揚圧力影響低減のために設置する地下水位低下設備により一定の範囲に保持される地下水位を前提として設計用地下水位を適切に設定の上、地震力に十分耐えられる設計とする。地下水位低下設備の機能に期待しない場合は、施設の配置位置や地盤条件等を踏まえ設計用地下水位を適切に設定の上、地震力に十分耐えられる設計とする。

また、耐震重要施設は、設定した設計用地下水位を踏まえ、地震発生に伴い液化等の地盤変状が生じた場合においても安全機能が損なわれないことを確認するとともに、安全機能に影響が及ぶ場合は適切な対策を講ずる設計とする。

- (12) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、炉心内の燃料被覆管の応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるように設計する。

基準地震動 S_s による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

1.2 適用規格

適用する規格としては、既往工認で適用実績のある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。

既往工認で実績のある規格を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984)
(日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)(日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 62 年 8 月)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991 追補版)(日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成 3 年 12 月)
(以降、「JEAG4601」と記載しているものは上記 3 指針を指す。)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会 1999 改定)
- ・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)
- ・鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - ((社)日本建築学会 2005 改定)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造設計規準・同解説 - 許容応力度設計と保有水平耐力 - ((社)日本建築学会, 2001 改定)
- ・塔状鋼構造設計指針・同解説((社)日本建築学会, 1980 制定)
- ・建築耐震設計における保有耐力と変形性能((社)日本建築学会, 1990 改定)
- ・建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会 2001 改定)
- ・各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会 2010)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会, 2005/2007)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格((社)日本機械学会 2003)
- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社)土木学会, 2002 年制定)
- ・道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説((社)日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説((社)日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・水道施設耐震工法指針・解説((社)日本水道協会, 1997 年版)
- ・地盤工学会基準(JGS 1521-2003)地盤の平板載荷試験方法
- ・地盤工学会基準(JGS 3521-2004)剛体載荷板による岩盤の平板載荷試験方法

ただし、JEAG4601 に記載されている A_s クラスを含む A クラスの施設を S クラスの施設と、基準地震動 S_2 , S_1 をそれぞれ基準地震動 S_s , 弾性設計用地震動 S_d と読み替える。

また、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和55年通商産業省告示第501号, 最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号)に関する内容については、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む))〈第I編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2005/2007」(日本機械学会 2007年9月)に従うものとする。

2. 耐震設計上の重要度分類

2.1 重要度分類の基本方針

設計基準対象施設の耐震設計上の重要度を次のように分類する。

(1) Sクラスの施設

地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きい施設

(2) Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの施設と比べ小さい施設

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

2.2 耐震重要度分類

耐震重要度分類について第1部第1.4-1表に示す。なお、同表には当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動についても併記する。

3. 設計用地震力

3.1 地震力の算定法

耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は、Sクラスの施設(津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれ耐震重要度分類に応じて、以下の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

a. 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震重要度分類

に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を 0.2 以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数 C_i に乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は、Sクラス、Bクラス、Cクラスともに 1.0 とし、その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は 1.0 以上とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度 0.3 以上を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求めた鉛直震度より算定するものとする。

b. 機器・配管系

静的地震力は、上記 a. に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平震度及び上記 a. の鉛直震度をそれぞれ 20% 増しとした震度より求めるものとする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

c. 土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）

土木構造物の静的地震力は、JEAG4601 の規定を参考に、Cクラスの建物・構築物に適用される静的地震力を考慮する。

上記 a. 及び b. 並びに c. の標準せん断力係数 C_0 等の割増し係数は、耐震性向上の観点から、一般産業施設及び公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設、屋外重要土木構造物及びBクラスの施設のうち共振のおそれのある施設に適用する。Sクラスの施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）については、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動を適用する。

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」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定した。

また、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らないように基準地震動 S_s に係数を乗じて設定する。こ

ここで、係数は工学的判断として、原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が 0.5 程度であるという知見を踏まえ、さらに、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した値とする。具体的には、 $S_s-F1\sim F3$ および S_s-N1 は係数 0.5 を乗じた地震動、応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 $S_s-D1\sim D3$ に対しては更に余裕を見込み、係数 0.58 を乗じた地震動を弾性設計用地震動 S_d として設定する。また、建物・構築物及び機器・配管系ともに係数 0.5 又は 0.58 を採用することで、弾性設計用地震動 S_d に対する設計に一貫性をとる。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動の振幅を 2 分の 1 としたものによる地震力を適用する。

屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力を適用する。

動的解析においては、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。

3.2 設計用地震力

設計用地震力について別添－1 に示す。

4. 荷重の組合せと許容限界

4.1 基本方針

耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

a. 建物・構築物

以下の(a)～(c)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態。ただし、運転状態には通常運転時、運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪等）。

b. 機器・配管系

以下の(a)～(d)の状態を考慮する。

(a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動，停止，出力運転，高温待機及び燃料取替等が計画的又は頻繁に行われた場合，運転条件が所定の制限値内にある運転状態

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって，当該状態が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化時より低い異常な状態であって，当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風，積雪等）

c. 土木構造物

以下の(a)～(c)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常 of 自然条件下におかれている状態。
ただし，運転状態には通常運転時，運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風，積雪等）

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

以下の(a)～(d)の荷重とする。

(a) 発電用原子炉のおかれている状態に係らず常時作用している荷重，すなわち固定荷重，積載荷重，土圧，水圧及び通常 of 気象条件による荷重

(b) 運転時の状態で施設に作用する荷重

(c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

(d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

ただし，運転時，設計基準事故時の荷重には，機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし，地震力には，地震時土圧，機器・配管系からの反力，

スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

b. 機器・配管系

以下の(a)～(d)の荷重とする。

- (a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重
- (b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

ただし，地震力にはスロッシング等による荷重が含まれるものとする。

c. 土木構造物

以下の(a)～(d)の荷重とする。

- (a) 原子炉のおかれている状態に係らず常時作用している荷重，すなわち固定荷重，積載荷重，土圧，水圧及び通常的气象条件による荷重
- (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

ただし，運転時，設計基準事故時の荷重には，機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし，地震力には，地震時土圧，機器・配管系からの反力，スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

(3) 荷重の組合せ

(2)に定めた地震力と他の荷重との組合せは以下による。

a. 建物・構築物（d.に記載のものを除く。）

- (a) Sクラスの建物・構築物については，常時作用している荷重及び運転時（通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時）に施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) Sクラスの建物・構築物については，常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうちの長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については，常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。

b. 機器・配管系（d.に記載のものを除く。）

- (a) Sクラスの機器・配管系については，通常運転時の状態で作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) Sクラスの機器・配管系については，運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重と地震力とを組み合わせる。

- (c) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせる。
 - (d) Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態で作用する荷重と動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
 - (e) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能の確認においては、通常運転時の状態で燃料被覆管に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって燃料被覆管に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- c. 土木構造物
- (a) 屋外重要土木構造物については、常時作用している荷重及び運転時（通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時）の状態に施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
 - (b) その他の土木構造物については、常時作用している荷重及び運転時の状態に施設に作用する荷重と静的地震力とを組み合わせる。
- d. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物
- (a) 津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態に作用する荷重と基準地震動 S_s による地震力を組み合わせる。
 - (b) 浸水防止設備及び津波監視設備については、常時作用している荷重及び運転時の状態に作用する荷重等と基準地震動 S_s による地震力を組み合わせる。
なお、上記 d. (a), (b)については、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動 S_s による地震力と津波による荷重の組合せを考慮する。また、津波以外による荷重については、「(2) 荷重の種類」に準じるものとする。
- e. 荷重の組合せ上の留意事項
- (a) 動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ、算定するものとする。
 - (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しい場合には、その妥当性を示した上で、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。
 - (c) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかになずれがある場合には、その妥当性を示した上で、必ずしもそ

それぞれの応力のピーク値を重ねなくてよいものとする。

- (d) 上位の耐震クラスの施設を支持する建物・構築物等の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震重要度分類に応じた地震力と常時作用している荷重、運転時の状態で施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

第1部第1.4-1表に対象となる建物・構築物及びその支持性能が維持されていることを検討すべき地震動等について記載する。

- (e) 地震と組み合わせる自然現象として、風及び積雪を考慮し、風荷重及び積雪荷重については、施設の設置場所、構造等を考慮して、地震荷重と組み合わせる。

(4) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は以下のとおりとし、JEAG4601等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

- a. 建物・構築物（d.に記載のものを除く。）

(a) Sクラスの建物・構築物

- イ. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリ及び非常用炉心冷却設備等における長期的荷重との組合せを除く。）に対しては、下記ロ.に示す許容限界を適用する。

- ロ. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、終局耐力に対し妥当な安全余裕を持たせることとする。なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。

- (b) Bクラス及びCクラスの建物・構築物

上記(a)イ.の許容応力度を許容限界とする。

- (c) 耐震重要度の異なる施設を支持する建物・構築物

上記(a)ロ.の項を適用するほか、耐震重要度の異なる施設がそれを支持する建物・構築物の変形等に対して、その支持機能を損なわないものとする。なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が維持されることを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

- (d) 建物・構築物の保有水平耐力

建物・構築物については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、耐震重要度に応じた適切な安全余裕を有していることを確認する。

b. 機器・配管系 (d. に記載のものを除く。)

(a) Sクラスの機器・配管系

イ. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるものとする (評価項目は応力等)。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ (原子炉格納容器バウンダリ及び非常用炉心冷却設備等における長期的荷重との組合せを除く。) に対しては、下記(a)ロ. に示す許容限界を適用する。

ロ. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼすことがないように応力、荷重等を制限する。

また、地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とする。動的機能維持の評価については別添-2に示す。

(b) Bクラス及びCクラスの機器・配管系

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする。

(c) チャンネルボックス

地震時に作用する荷重に対して、燃料集合体の冷却材流路を維持できること及び過大な変形や破損を生ずることにより制御棒の挿入が阻害されることがないことを確認する。

(d) 燃料被覆管

炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能についての許容限界は、以下のとおりとする。

イ. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする。

ロ. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないこととする。

- c. 土木構造物
- (a) 屋外重要土木構造物
- イ. 静的地震力との組合せに対する許容限界
安全上適切と認められる規格及び基準による許容値を許容限界とする。
- ロ. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界
構造部材の曲げについては限界層間変形角又は許容応力度等、構造部材のせん断についてはせん断耐力又は許容応力度等に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。3次元静的材料非線形解析により評価を行うもの等、ひずみを許容値とする場合は、構造物の要求機能に応じた許容値に対し妥当な安全余裕を持たせることとする。
- (b) その他の土木構造物
安全上適切と認められる規格及び基準による許容値を許容限界とする。
- d. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物
津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、当該施設及び建物・構築物が構造全体として変形能力（終局耐力時の変形）及び安定性について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能）が保持できるものとする。
浸水防止設備及び津波監視設備については、その施設に要求される機能（浸水防止機能及び津波監視機能）が保持できるものとする。
- e. 基礎地盤の支持性能
- (a) Sクラスの建物・構築物、Sクラスの機器・配管系（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）の基礎地盤
- イ. 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界
接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。
- ロ. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界
接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
- (b) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物の基礎地盤
- イ. 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界
上記(a)ロ. による許容支持力度を許容限界とする。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物、Bクラス及びCクラスの機器・配管系及びその他の土木構造物の基礎地盤
上記(a)イ. による許容支持力度を許容限界とする。

5. 地震応答解析の方針

5.1 建物・構築物

(1) 入力地震動

建物・構築物の動的解析モデルに対する水平方向及び鉛直方向の入力地震動は、解放基盤表面で定義された基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を用いて設定する。

原子炉格納施設設置位置周辺は、地質調査の結果によれば、約 1.4km/s の S 波速度を持つ堅硬な岩盤が十分な広がりをもって存在することが確認されており、建物・構築物はこの堅硬な岩盤に支持させる。

敷地周辺には中生界ジュラ系の砂岩、頁岩等が広く分布し、安全上重要な建屋の設置レベルにもこの岩盤が分布していることから、解放基盤表面は、この岩盤が分布するレベルに設定する。2号原子炉建屋は O.P. -14.1m としている。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮した上で、必要に応じ 2次元 FEM 解析、1次元波動論又は1次元地盤応答解析により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価を考慮した敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置と炉心位置での地質・速度構造の違いにも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価については別添-3に示す。

Bクラスの建物・構築物のうち共振のおそれがあり、動的解析が必要なものに対しては、弾性設計用地震動 S_d に2分の1を乗じたものを用いる。

入力地震動の考え方については別添-8に示す。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮の上、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。また、原則として、建物・構築物の地震応答解析及び床応答曲線の策定は、線形解析及び非線形解析に適用可能な時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の地震応答解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、基礎側面と地盤の接触状況及び地盤の剛性等を考慮して定める。各入力地震動が接地率に与える影響を踏まえて、地盤ばねには必要に応じて、基礎浮上りによる非線形性又は誘発上下動を考慮できる浮上り非線形性を考慮するものとする。設計用地盤定数は、原則として、弾

性波試験によるものを用いる。

地震応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めてばらつきによる変動幅を適切に考慮する。平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の地震の影響により、建物・構築物に発生したひび割れ等を起因とする剛性の変動については、観測記録や試験データなどから適切に応答解析モデルへ反映し、保守性を確認した上で適用する。また、必要に応じて建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に及ぼす影響を検討する。

液状化の影響については、地下水位低下設備を考慮の上設定した地下水位及び液状化検討対象層の分布状況を踏まえて、検討の必要性を判断する。

建物・構築物の 3 次元応答性状及び機器・配管系への影響については、建物・構築物の 3 次元 FEM モデルによる解析に基づき、施設の重要性、建屋規模、構造特性を考慮して評価する。3 次元応答性状等の評価は、時刻歴応答解析法による。

5.2 機器・配管系

(1) 入力地震動又は入力地震力

機器・配管系の地震応答解析における入力地震動又は入力地震力は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d 、又は当該機器・配管系の設置床における設計用床応答曲線又は時刻歴応答波とする。弾性設計用地震動 S_d による評価については別添-3 に示す。

また、Bクラスの機器・配管系のうち共振のおそれがあり、動的解析が必要なものに対しては、弾性設計用地震動 S_d を基に作成した設計用床応答曲線の応答加速度を 2 分の 1 倍したものを用いる。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震動の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各物性値は適切な規格・基準、あるいは実験等の結果に基づき設定する。

また、評価にあたっては建物・構築物の剛性及び地盤物性等の不確かさを適切に考慮する。原子炉本体基礎については、鋼板とコンクリートの複合構造物として、より現実に近い適正な地震応答解析を実施する観点から、コンクリートの剛性変化を適切に考慮した復元力特性を設定する。復元力特性の設定に当たっては、既往の知見や実物の原子炉本体基礎を模擬した試験体による加力試験結果を踏まえて、妥当性、適用性を確認するとともに、設定における不確実性や保守性を考慮し、機器・配管系の設計用地震力を設定する。なお、原子炉本体基礎の構造強度は、鋼板のみで地震力に耐える設計とする。

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう質点系モデル等の有限要素モデルに置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求

める。

配管系については、振動モードを適切に表現できるモデルを作成し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法等により応答を求める。

スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択に当たっては、衝突・すべり等の非線形現象を模擬する場合等には時刻歴応答解析法を用いる等、解析対象とする現象、対象設備の振動特性・構造特性等を考慮し適切に選定する。

また、応答解析モデルは設備の3次元的な広がり及び当該設備の対称性を踏まえ、応答を適切に評価できる場合は1次元モデルや2次元モデルを用い、3次元的な応答性状を把握する必要がある場合は3次元的な配置をモデル化する等、その応答を適切に評価できるモデルを用いることとし、水平2方向及び鉛直方向の応答成分について適切に組み合わせるものとする。

なお、剛性の高い機器は、その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて構造強度評価に用いる地震力を算定する。

5.3 屋外重要土木構造物

(1) 入力地震動

屋外重要土木構造物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、対象構造物の地盤条件を適切に考慮した上で1次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。静的地震力による評価については別添—3に示す。

入力地震動の考え方については別添—8に示す。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、各構造物に応じた適切な解析条件を設定する。地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形又は非線形解析のいずれかに行う。液状化の影響については、地下水位低下設備を考慮の上設定した地下水位及び液状化検討対象層の分布状況を踏まえて、検討の必要性を判断する。

液状化検討対象層は盛土及び旧表土とし、液状化を考慮する場合は、構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる有効応力解析を用いて地震時の応答を算定する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性については、敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的に設定（下限値）することを基本とし、各施設近傍に試験結果がある場合には、その試験結果から液状化強度特性を保守的に設定（下限値）する。

なお、液状化考慮と液状化非考慮で耐震安全性評価上どちらが保守的な評価と

なるかを確認するため、全応力解析と有効応力解析の結果を比較して、解析手法を選定する。

また、地震応答解析では、水平地震動と鉛直地震動の同時加振とするが、構造物の応答特性により水平2方向の同時性を考慮する場合は、水平2方向の組合せについて適切に評価する。

(3) 評価対象断面

屋外重要土木構造物の評価対象断面については、構造物の形状・配置等により、耐震上の弱軸、強軸が明確である場合、構造の安定性に支配的である弱軸方向を対象とする。

また、評価対象断面位置については、構造物の配置や荷重条件等を考慮し、耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象とする。

屋外重要土木構造物の耐震評価における評価断面選定の考え方を別添-6に示す。

5.4 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物

(1) 入力地震動

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、構造物の基礎地盤条件等を考慮し設定する。なお、敷地内の詳細な地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意する。

(2) 解析方法及び解析モデル

解析方法及び解析モデルについては、5.1(2)、5.2(2)、5.3(2)によるものとする。

6. 設計用減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は、JEAG4601に記載されている減衰定数を設備の種類、構造等により適切に選定するとともに、試験等で妥当性が確認された値も用いる。

なお、建物・構築物の応答解析に用いる鉄筋コンクリートの減衰定数の設定については、既往の知見に加え、既往施設の地震観測記録等により、その妥当性を確認し、評価に用いる。

地盤と屋外重要土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減衰定数については、地中構築物としての特徴、同モデルの振動特性を考慮して適切に設定する。

7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響

耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設（以下「下位クラス施設」という。）の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

波及的影響については、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用して評価を行う。なお、地震動又は地震力の選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間等を踏まえて適切に設定する。また、波及的影響においては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合に影響を及ぼす可能性のある施設を選定し評価する。

波及的影響については、以下に示す4つの検討事項について検討を行う。また、原子力発電所の地震被害情報等から新たに検討すべき事項が抽出された場合には、これを追加する。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下及び相対変位による影響

a. 不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う不等沈下による、耐震重要施設の安全機能への影響

b. 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う下位クラス施設と耐震重要施設の相対変位による、耐震重要施設の安全機能への影響

(2) 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う、耐震重要施設に接続する下位クラス施設の損傷による、耐震重要施設の安全機能への影響

(3) 建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う、建屋内の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による、耐震重要施設の安全機能への影響

(4) 建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う、施設の設置地盤及び周辺地盤の液状化による影響を考慮した建屋外の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による、耐震重要施設の安全機能への影響

なお、上記4つの検討事項の検討に当たっては、地震に起因する溢水及び火災の観点からも波及的影響がないことを確認する。

上記の観点で抽出した下位クラス施設について、抽出した過程と結果を別添－4に示す。

8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響検討方針

水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについて、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のあるものを抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価に当たっては、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震動の影響を受ける部位を抽出し、その部位について水平2方向及び鉛直方向の荷重や応力を算出し、施設が有する耐震性への影響を確認する。なお、本方針の詳細を別添-5に示す。

(1) 建物・構築物

- ・建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。
- ・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方向及び鉛直方向の地震力の影響が想定される応答特性を整理する。
- ・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。
- ・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。
- ・上記で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。
- ・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。

(2) 機器・配管系

- ・基準地震動 S_s で評価を行う各設備を代表的な機種ごとに分類し、構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。
- ・抽出された設備に対して、水平2方向及び鉛直方向に地震力が入力された場合の荷重や応力等を求め、従来の設計手法による設計上の配慮を踏まえて影響を検討する。

(3) 屋外重要土木構造物

- ・屋外重要土木構造物について、各構造物の構造上の特徴を踏まえ、構造形式ごと

に大別する。

- ・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抽出する。
 - ・屋外重要土木構造物は、地中に埋没された RC 構造であり、周辺の埋戻土からの土圧が耐震上支配的な荷重となることから、評価対象断面に対して直交方向に作用する土圧により水平 2 方向及び鉛直方向の地震力による影響程度が決定される。
 - ・影響検討にあたっては、構造形式等の観点から水平 2 方向及び鉛直方向の地震力による影響が大きい構造として抽出した評価対象構造物に対して、評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面に直交する断面の地震応答解析に基づく地震時荷重を適切に組み合わせることで、水平 2 方向及び及び鉛直方向地震力の組合せによる構造部材の発生応力等を算出し、耐震性への影響を確認する。
- (4) 津波防護施設、浸水防止施設及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物
- ・津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物について、各構造物の構造上の特徴を踏まえ、構造形式ごとに 8. (1), 8. (2) 及び 8. (3) により影響を検討する。

9. 構造計画と配置計画

設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としない建物・構築物は、剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保する。主要建屋の平面図、断面図を別添一 7 に示す。

機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点からできる限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据付状態になるよう配置する。

また、建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は原則、耐震重要施設に対して離隔をとり配置するか、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持するか若しくは、下位クラス施設の波及的影響を想定しても耐震重要施設の有する機能を保持する設計とする。

女川原子力発電所 2 号炉

設計用地震力

設計用地震力

1. 静的地震力

静的地震力は、次の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

項目	耐震 クラス	地震層せん断力係数* ¹ 及び水平震度	鉛直震度* ²
建物・ 構築物	S	$3.0 \cdot C_i$	$1.0 \cdot C_v$ (0.240)
	B	$1.5 \cdot C_i$	—
	C	$1.0 \cdot C_i$	—
機器・ 配管系	S	$3.6 \cdot C_i$	$1.2 \cdot C_v$ (0.288)
	B	$1.8 \cdot C_i$	—
	C	$1.2 \cdot C_i$	—
土木 構造物	C	$1.0 \cdot C_i$	—

注記 *1：地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

R_t ：振動特性係数 0.8

A_i ： C_i の分布係数

C_0 ：標準せん断力係数 0.2

*2：鉛直震度 C_v は、震度0.3以上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定とする。また次式より求めた値を表に記載した。

$$C_v = 0.3 \cdot R_v \quad (R_v：振動特性係数 0.8)$$

R_v ：振動特性

2. 動的地震力

動的地震力は、以下の地震動に基づき算定する。

項目		耐震 クラス	入力地震動	
			水平	鉛直
建物・ 構築物	S	弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d	
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	
	B	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	
津波防護施設・ 浸水防止設備・ 津波監視設備	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	
機器・ 配管系	S	弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d	
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	
	B	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	
土木 構造物	屋外重要 土木構造 物	C	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s

*1：水平及び鉛直方向の地震動に対して、共振のおそれのある施設に適用する。

3. 設計用地震力

設計用地震力は、以下のとおり静的地震力及び動的地震力に基づく条件を設定する。

項目	耐震 クラス	適用する地震動等		備考
		水平	鉛直	
建物・ 構築物	S	地震層せん断力係数 $3.0C_i$	静的震度 $1.0C_v$	*1 荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利に作用するものとする。水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は組合せ係数法による。
		弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d	
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	*1 荷重の組合せは、組合せ係数法による。
	B	地震層せん断力係数 $1.5C_i$	—	
		*2 弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	*2 弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は組合せ係数法による。
	C	地震層せん断力係数 $1.0C_i$	—	
津波防護施設・ 浸水防止設備・ 津波監視設備	S	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	*3 荷重の組合せは、組合せ係数法又は二乗和平方根 (SRSS) 法による。

項目	耐震 クラス	適用する地震動等		備考
		水平	鉛直	
機器・ 配管系	S	静的震度 $3.6C_i$	静的震度 $1.2C_v$	*3 *4 荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利に作用するものとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根(SRSS)法による。
		弾性設計用地震動 S_d	弾性設計用地震動 S_d	
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	*3 荷重の組合せは、二乗和平方根(SRSS)法による。
	B	静的震度 $1.8C_i$	—	*3 *5 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根(SRSS)法による。
		弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	弾性設計用地震動 $S_d \times 1/2$	
	C	静的震度 $1.2C_i$	—	
土木 構造物	屋外重要 土木構造物	静的震度 $1.0C_i$	—	
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	鉛直地震力は、水平地震力と同時に作用するものとする。
	その他 土木構造物	C	静的震度 $1.0C_i$	—

*1：建物・構築物のうち原子炉格納容器については、水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根(SRSS)法又は絶対値和法を適用する。

*2：水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

*3：絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

*4：水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

*5：水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

女川原子力発電所 2 号炉

動的機能維持の評価

動的機能維持の評価

動的機能維持に関する評価は、以下に示す機能維持確認済加速度との比較により実施する。

動的機能維持の評価手順を別添 2-1 図に示す。

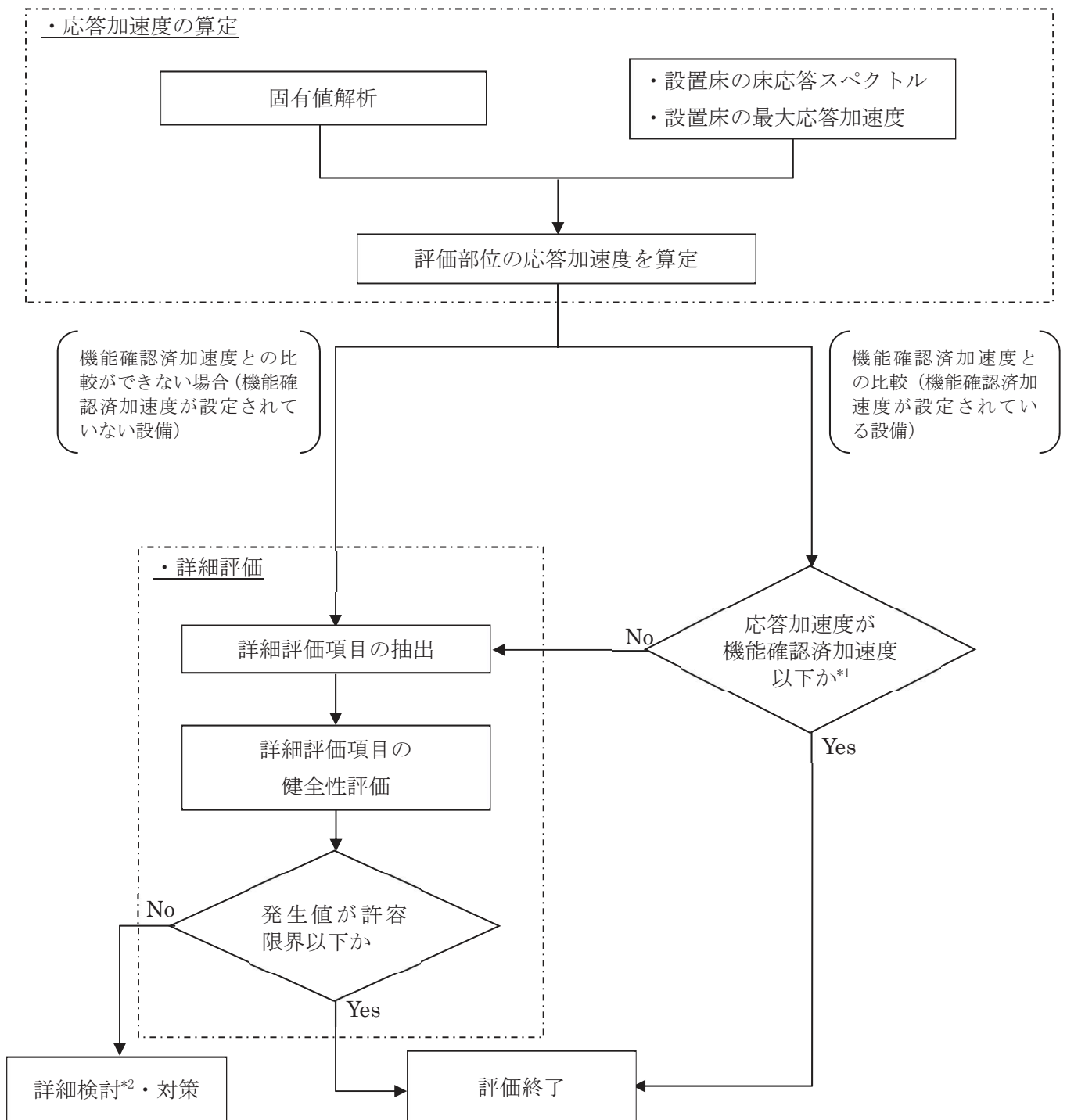
1. 機能確認済加速度との比較

基準地震動 S_s による評価対象機器の応答加速度を求め、その加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、機能確認済加速度とは、立形ポンプやポンプ駆動用タービン等の機種ごとに、試験あるいは解析によって動的機能維持が確認された加速度である。

制御棒の地震時挿入性については、炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を求め、地震応答解析から求めた燃料集合体変位がその最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

2. 詳細評価

機能確認済加速度の設定されていない機器、基準地震動 S_s による応答加速度が機能確認済加速度を上回る機器については、JEAG4601-1991 等を参考に、動的機能維持を確認する上で評価が必要となる項目を抽出し、対象部位ごとの構造強度評価又は動的機能維持評価を行い、発生値が許容限界を満足していることを確認する。



*1：制御棒の地震時挿入性の評価については、炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入性試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を求め、地震応答解析から求めた燃料集合体変位がその最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

*2：解析，試験等による検討。

別添 2-1 図 動的機能維持の評価手順

女川原子力発電所 2 号炉

弾性設計用地震動 S_d ・ 静的地震力
による評価

弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価

1. 建物・構築物

弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価は、建物・構築物が、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して評価結果がおおむね弾性状態であること及び地震時の最大接地圧が基礎地盤の短期許容支持力度に対して安全余裕を有していることを確認する。また、建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して安全余裕を有していることを確認する。

2. 機器・配管系

評価対象設備が弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力に対しておおむね弾性状態にあることを確認するため、以下の手順で評価を実施する。

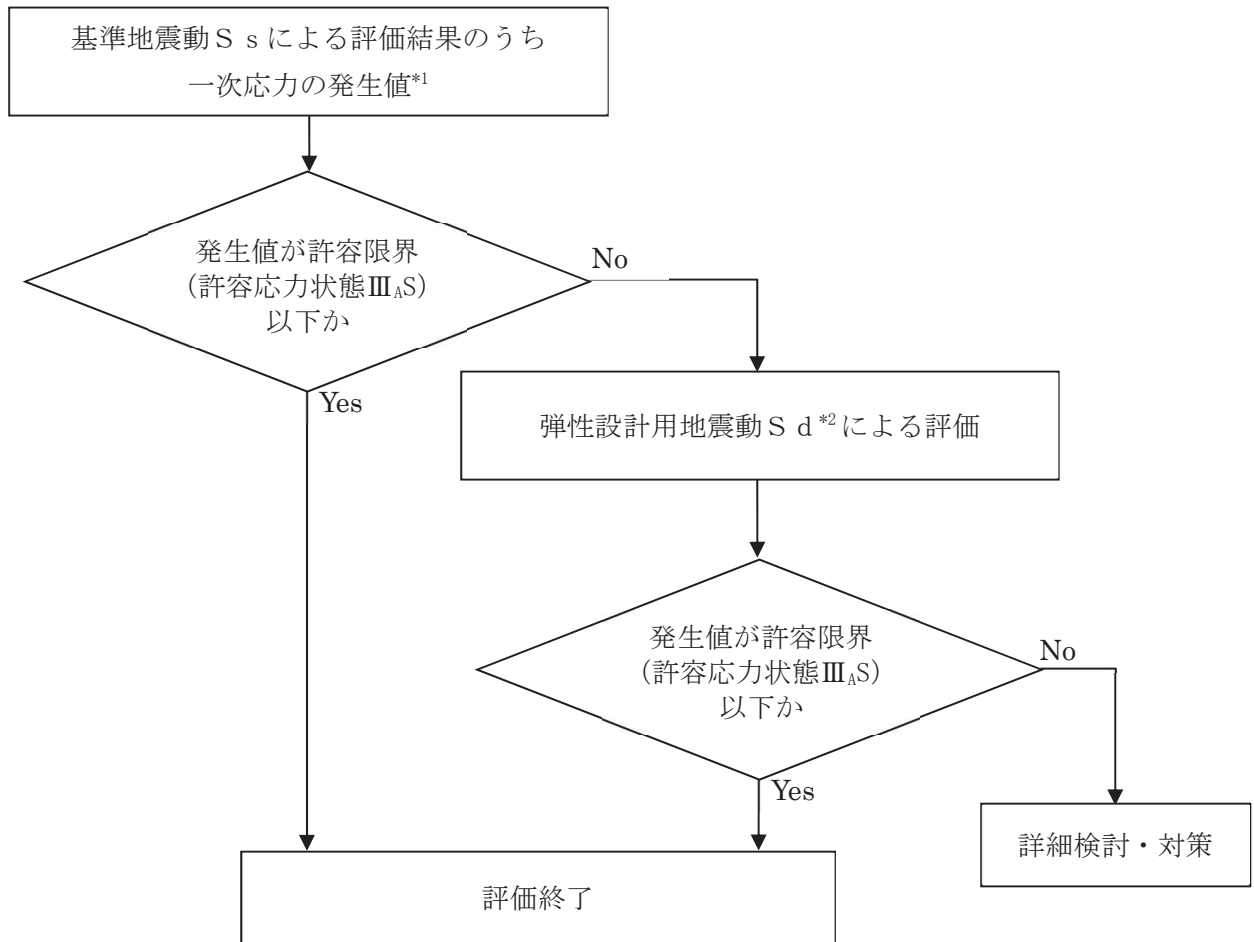
(1) 基準地震動 S_s による発生値と許容限界 ($\text{III}_A S$) の比較

評価対象設備の基準地震動 S_s による発生値が弾性設計用の許容限界（許容応力状態 $\text{III}_A S$ ）以下であることを確認する。

弾性設計用地震動 S_d は基準地震動 S_s の係数倍にて定義していること、及び基準地震動 S_s による地震力が静的震度 $3.6C_i$ よりも大きいことを確認していることから、基準地震動 S_s による発生値が、 S_d の許容限界（許容応力状態 $\text{III}_A S$ ）以下であれば、弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力による発生値についても、許容限界（許容応力状態 $\text{III}_A S$ ）以下となる。

ただし、基準地震動 S_s 評価では考慮しない事故時荷重（LOCA 時荷重など）を考慮する必要がある評価ケースは、弾性設計用地震動 S_d と組み合わせるべき事故時荷重を考慮した評価を行い、発生値に考慮する。

なお、座屈の評価は JEAG4601 に規定される評価式を用いるため、評価式中の許容限界を $\text{IV}_A S$ から $\text{III}_A S$ とし、評価を行う。評価手順を別添 3-1 図に示す。



*1: 弾性設計用地震動 S_d 評価において、基準地震動 S_s 評価では考慮していない事故時荷重 (LOCA) を考慮する必要がある評価ケースは、評価を行い、発生値に考慮する。

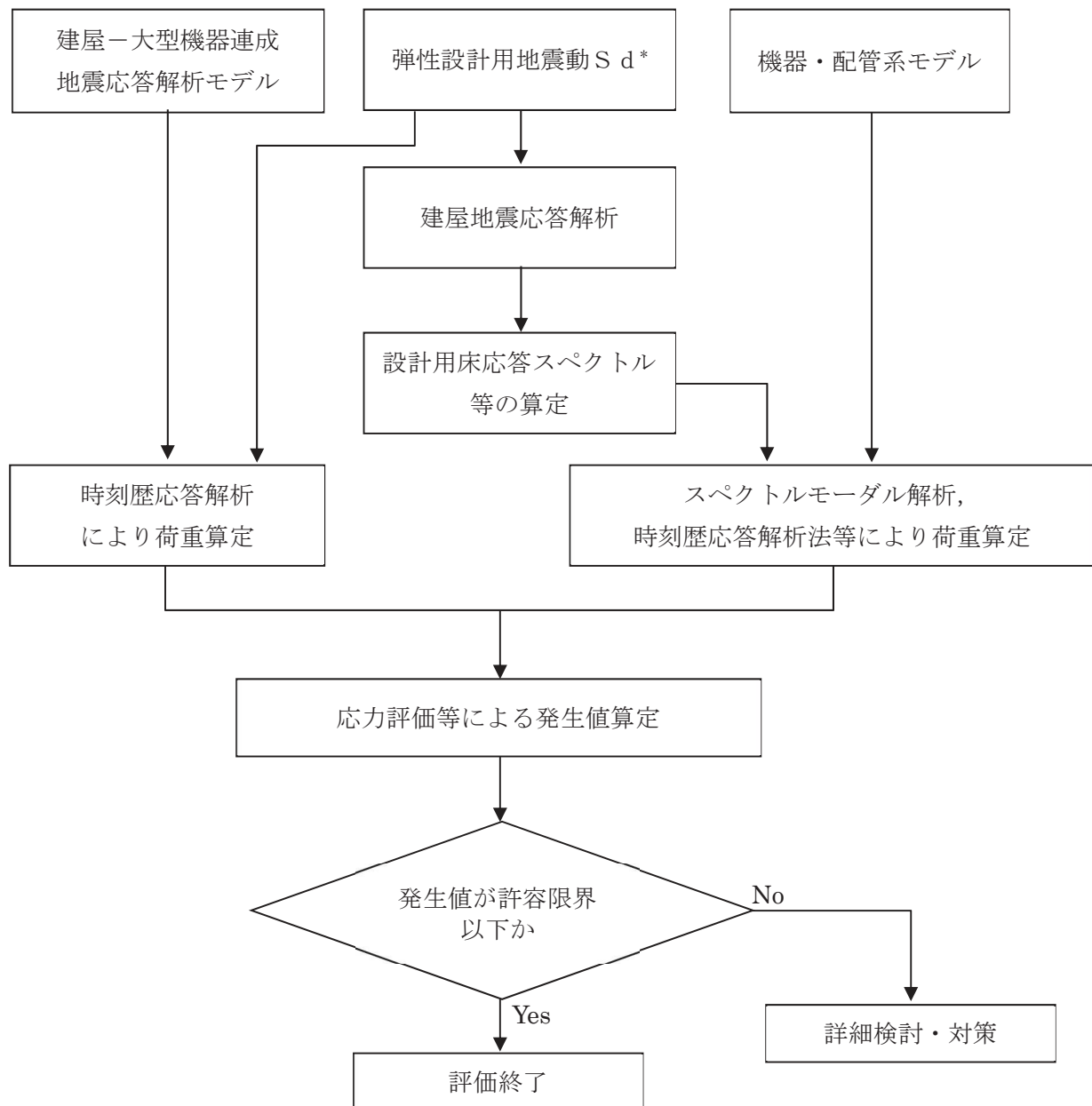
*2: 静的地震力についても考慮する。

別添 3-1 図 基準地震動 S_s の発生値と許容限界 (III_AS) とを比較する場合の
評価手順

(2) 弾性設計用地震動 S_d による評価

弾性設計用地震動 S_d による発生値を S_s による評価と同様に解析等により算定し、その算定した発生値が許容限界 (許容応力状態 III_AS) 以下であることを確認する。評価手順を別添 3-2 図に示す。なお、その際、弾性設計用地震動 S_d による地震力と静的震度 3.6 C_i, 1.2C_v を比較し、静的震度の方が大きい場合は、静的震度についても考慮する。具体的には以下の比較を実施する。

- S_d による水平地震力 (S_{d_h}) と 3.6C_i の比較
- S_d による鉛直地震力 (S_{d_v}) と 1.2C_v の比較
- $\sqrt{S_{d_h}^2 + S_{d_v}^2}$ と 3.6C_i + 1.2C_v の比較



*: 静的地震力についても考慮する。

別添 3-2 図 弾性設計用地震動 S d を適用する場合の評価手順

なお、弾性設計用地震動 S d による評価において、一次+二次応力評価の省略を可とするが、その理由について以下に示す。

一次+二次応力評価については、JEAG4601 に規定されている許容応力状態 $IV_A S$ と $III_A S$ の許容値は同一となる。許容値が同じであれば、弾性設計用地震動 S d より大きな地震動である基準地震動 S s で評価した結果の方が厳しいことは明らかであることから、基準地震動 S s の評価を実施することで、弾性設計用地震動 S d による評価は省略した。

ただし、支持構造物（ボルト以外）のうち、「支圧」に対しては、許容応力状態Ⅳ_ASとⅢ_ASで許容値が異なるケースが存在する為、個別確認を実施する。

3. 屋外重要土木構造物

従前より屋外重要土木構造物として取扱われている構造物については、既工認において、Asクラス又はAクラスの動的地震力（基準地震動S1, S2）に対して、許容応力度法による耐震評価を実施している。

したがって、今回工認においては、現在の基準により設定される荷重条件や、許容限界等の諸条件が、既工認における諸条件と同等または安全側である場合には、静的地震力に対する耐震評価が既工認にて満足されることを確認する。

荷重条件等の諸条件が既工認における諸条件よりも厳しい場合、または今回工認において新たに屋外重要土木構造物として取扱うものについては、静的地震力による耐震評価を実施する。

女川原子力発電所 2 号炉

上位クラス施設の安全機能への下位クラス
施設の波及的影響の検討について

上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について

1. 概要

本資料は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の耐震設計を行うに際して、波及的影響を考慮した設計の基本的な考え方を説明するものである。

本資料の適用範囲は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設である。

2. 基本方針

設計基準対象施設のうち耐震重要度分類のSクラスに属する施設（以下、「Sクラス施設」という。）、重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備並びにこれらが設置される常設重大事故等対処施設（以下、「SA施設」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれの安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないように設計する。

3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針

3.1 設置許可基準規則に例示された事項に基づく事例の検討

Sクラス施設の設計においては、「設置許可基準規則の解釈別記2」（以下、「別記2」とする。）に記載の以下の4つの観点で実施する。

SA施設の設計においては、別記2における「耐震重要施設」を「SA施設」に、「安全機能」を「重大事故等に対処するために必要な機能」に読み替えて適用する。

- ①設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ②耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響
- ③建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響
- ④建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

3.2 地震被害事例に基づく事象の検討

上記の別記2に例示された事項のほかに考慮すべき事項が抜け落ちているものがないかを確認する観点で、原子力施設情報公開ライブラリー（NUCIA）に登録された以下の地震を対象に被害情報を確認する。

(対象とした情報)

- ・宮城県沖地震（女川原子力発電所：平成17年8月）
- ・能登半島地震（志賀原子力発電所：平成19年3月）
- ・新潟県中越沖地震（柏崎刈羽原子力発電所：平成19年7月）
- ・駿河湾地震（浜岡原子力発電所：平成21年8月）
- ・東北地方太平洋沖地震（女川原子力発電所，東海第二発電所，福島第二原子力発電所：平成23年3月*）

*：NUCIA最終報告となっているものを対象とした。

その結果，これらの地震の被害要因のうち，3.1の検討事象に整理できないものとして，津波や警報発信等の設備損傷以外の要因が挙げられた。

津波については，別途「津波による損傷の防止」への適合性評価を実施する。津波の影響評価では，基準地震動に伴う津波を超える高さの津波を基準津波として設定して，施設の安全機能への影響評価を実施することから，基準地震動に伴う津波による影響については，これらの適合性評価に包絡されるため，ここでは検討の対象外とする。

また，警報発信等については，設備損傷以外の要因による不適合事象であることから，波及的影響の観点で考慮すべき事象に当たらないと判断した。

以上のことから，原子力発電所の地震被害情報から確認された損傷要因を踏まえても，3.1で整理した波及的影響の具体的な検討事象に追加考慮すべき事項がないことを確認した。

以上の3.1項①～④の具体的な設計方法を以下に示す。

3.3 不等沈下又は相対変位の観点による設計

屋外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に，別記2①「設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響」の観点で，上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

(1) 地盤の不等沈下による影響

下位クラスの施設が設置される地盤の不等沈下により，上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう，以下のとおり設計する。

隔離による防護を講じて設計する場合には，下位クラス施設の不等沈下を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか，下位クラス施設と上位クラス施設の間に波及的影響を防止するために，衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を上位クラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合には，下位クラス施設を上位クラス施設と同等の支持性能をもつ地盤に，同等の基礎を設けて設置する。

支持性能が十分でない地盤に下位クラス施設を設置する場合は、基礎の補強や周辺の地盤改良等を行った上で、同等の支持性能を確保する。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設が設置される地盤の不等沈下を想定し、上位クラス方針の有する機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち、不等沈下を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に、その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」に示す。

(2) 建屋間の相対変位による影響

下位クラス施設と上位クラス施設との相対変位により、上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう、以下のとおり設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設と上位クラス施設との相対変位を想定しても、下位クラス施設が上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と上位クラス施設との間に波及的影響を防止するために、衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設と上位クラス施設との相対変位により、下位クラス施設が上位クラス施設に衝突する位置にある場合には、衝突部分の接触状況の確認、建屋全体評価又は局部評価を実施し、衝突に伴い、上位クラス施設について、それぞれの安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれのないよう設計する。

以上の設計方針のうち、建屋全体評価又は局部評価を実施して設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に、その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」に示す。

3.4 接続部の観点による設計

建屋内外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に、別記2②「耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響」の観点で、上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

上位クラス施設と下位クラス施設との接続部には、原則、上位クラスの隔離弁等を設置することにより分離し、事故時等に隔離されるよう設計する。隔離されない接続部以降の下位クラス施設については、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、内部流体の内包機能、機器の動的機能、構造強度等を確保するよう設計する。又は、これらが維持されなくなる可能性がある場合は、下位クラス施設の損傷と隔離によるプロセス変化により、上位クラス施設の内包流体の温度、圧力に影響を与えても、系統としての機能が設計

の想定範囲内に維持されるように設計する。

以上の設計方針のうち、内部流体の内包機能、機器の動的機能、構造強度を確保するよう設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に、その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」に示す。

3.5 損傷、転倒及び落下等の観点による建屋内施設の設計

建屋内に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に、別記2③「建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響」の観点で、上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と上位クラス施設の間に波及的影響を防止するために衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を上位クラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合には、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等に至らないよう構造強度設計を行う。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するように設計する。

以上の設計方針のうち、構造強度設計を行う、又は下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に、その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」に示す。

3.6 損傷、転倒及び落下等の観点による建屋外施設の設計

建屋外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に、別記2④「建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響」の観点で、上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と上位クラス施設の間に波及的影響を防止するために衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を上位クラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合には、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等に至らないよう構造強度設計を行う。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想

定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち、構造強度設計を行う、又は下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に、その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」に示す。

4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

「3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針」に基づき、構造強度等を確保するよう設計するものとして選定した下位クラス施設を以下に示す。

4.1 不等沈下又は相対変位の観点

(1) 地盤の不等沈下による影響

不等沈下によって影響を及ぼす施設はない。

(2) 建屋間の相対変位による影響

a. 2号タービン建屋

下位クラス施設である2号炉タービン建屋は上位クラス施設である2号炉原子炉建屋および2号炉制御建屋に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う相対変位により衝突して、2号原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

b. 2号炉補助ボイラー建屋

下位クラス施設の2号炉補助ボイラー建屋は上位クラス施設である2号炉制御建屋に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う相対変位により衝突して、2号炉制御建屋に対して波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

c. 1号炉制御建屋

下位クラス施設の1号炉制御建屋は上位クラスである2号炉制御建屋に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う相対変位により衝突して、2号炉制御建屋に対して波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

d. 2号炉制御建屋

本施設は上位クラス施設であるが、同じく上位クラス施設の2号炉原子炉建屋と隣接していることから、地震による相対変位により衝突して、2号炉原子炉建屋及び2号炉制御建屋自身に波及的影響を及ぼすことが否定できない。

このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の不等沈下又は相対変位により，波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を別添 4-1 表に示す。

別添 4-1 表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設（相対変位）^{*1}

波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
2号炉原子炉建屋 2号炉制御建屋	2号炉タービン建屋
2号炉制御建屋	2号炉補助ボイラー建屋
	1号炉制御建屋
2号炉原子炉建屋	2号炉制御建屋 ^{*2}

*1：詳細設計の段階で変更の可能性あり。

*2：当該建屋は上位クラス施設であるが，2号炉原子炉建屋に近接していることを踏まえ相対変位の影響を確認する。

4.2 接続部の観点

上位クラス施設と下位クラス施設との接続部は隔離弁等により隔離されていること，又は下位クラス施設の損傷と隔離によるプロセス変化に対する上位クラス施設への過渡条件が設計の想定範囲内に維持されることから，接続部における相互影響の観点で波及的影響を及ぼす下位クラス施設はない。

4.3 屋内施設の損傷，転倒及び落下等の観点

(1) 施設の損傷，転倒及び落下等による影響

a. 原子炉しゃへい壁

下位クラス施設の原子炉しゃへい壁は上位クラス施設である原子炉圧力容器に隣接していることから，上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により，原子炉圧力容器に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

b. 原子炉建屋クレーン

下位クラス施設の原子炉建屋クレーンは上位クラス施設である使用済燃料プールや使用済燃料貯蔵ラック等の上部又は近傍に設置していることから，上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により，使用済燃料プール等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

c. 燃料交換機

下位クラス施設の燃料交換機は上位クラス施設である使用済燃料プールや使用済燃料貯蔵ラック等の上部又は近傍に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、使用済燃料プール等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

d. 制御棒貯蔵ハンガ

下位クラス施設の制御棒貯蔵ハンガは上位クラス施設である使用済燃料貯蔵ラックの近傍に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、使用済燃料貯蔵ラックに衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。そこで、以下に示すような検討を行い、波及的影響が防止できる設計とする。

- ・基準地震動 S_s に対する耐震性の確認（運用制限などと合わせて確認する）
- ・転倒による使用済燃料貯蔵ラックへの影響検討
- ・転倒防止対策の検討
- ・撤去、移設の検討

e. 制御棒貯蔵ラック

下位クラス施設の制御棒貯蔵ラックは上位クラス施設である使用済燃料貯蔵ラックの近傍に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、使用済燃料貯蔵ラックに衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。そこで、d. 制御棒貯蔵ハンガと同様な検討を行い、波及的影響が防止できる設計とする。

f. 燃料チャンネル着脱機

下位クラス施設の燃料チャンネル着脱機は上位クラス施設である使用済燃料貯蔵ラックの近傍に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、使用済燃料貯蔵ラックに衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。そこで、d. 制御棒貯蔵ハンガと同様な検討を行い、波及的影響が防止できる設計とする。

g. 原子炉ウェルしゃへいプラグ

下位クラス施設の原子炉ウェル遮蔽プラグは上位クラス施設であるドライウェルの上部に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う落下により、ドライウェルに衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

h. 中央制御室天井照明

下位クラス施設の中央制御室天井照明は上位クラス施設である原子炉制御盤や原子炉補機制御盤等の上部に設置していることから、上位クラス施設的设计に適用する地震動又は地震力に伴う落下により、原子炉制御盤等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

i. ほう酸水注入系テストタンク

下位クラス施設のほう酸水注入系テストタンクは上位クラス施設であるほう酸水注入系ポンプ出口圧力に隣接していることから、上位クラス施設的设计に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により、ほう酸水注入形ポンプ出口圧力に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

j. 耐火隔壁

下位クラス施設の耐火隔壁は上位クラス施設である中央制御室外原子炉停止装置盤や原子炉系（広域水位）計装ラック等に隣接していることから、上位クラス施設的设计に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により、中央制御室外原子炉停止装置盤等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等により波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を別添 4-2 表に示す。

別添 4-2 表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設（損傷、転倒及び落下等）*1

波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
原子炉圧力容器	原子炉しゃへい壁
使用済燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック等	原子炉建屋クレーン
使用済燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック等	燃料交換機
使用済燃料貯蔵ラック	制御棒貯蔵ハンガ
	制御棒貯蔵ラック
	燃料チャンネル着脱機
ドライウエル	原子炉ウエルしゃへいプラグ
重要計器監視用 125V 直流分電盤 2 原子炉冷却制御盤等	中央制御室天井照明
ほう酸水注入系ポンプ出口圧力	ほう酸水注入系テストタンク
中央制御室外原子炉停止装置盤 原子炉系（広域水位）計装ラック等	耐火隔壁

*1：詳細設計の段階で変更の可能性あり。

4.4 屋外施設の損傷、転倒及び落下等の観点

(1) 施設の損傷、転倒及び落下等による影響

a. 2号炉海水ポンプ室門型クレーン

下位クラス施設の2号炉海水ポンプ室門型クレーンは上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプや原子炉補機冷却海水系配管等の上部に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、原子炉補機冷却海水ポンプ等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

b. 竜巻防護ネット

下位クラス施設の竜巻防護ネットは上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプや原子炉補機冷却海水系配管等の上部に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う落下により、原子炉補機冷却海水ポンプ等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

c. 3号炉取水路

下位クラス施設の3号炉取水路は上位クラス施設である防潮堤の下部の地

中に位置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う損傷により、防潮堤の支持機能に波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

d. 北側排水路

下位クラス施設の北側排水路は上位クラス施設である防潮堤の下部の地中に位置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う損傷により、防潮堤の支持機能に波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

e. アクセスルート（防潮堤の盛土堤防部と一体となっている部分）

下位クラス施設のアクセスルート（防潮堤の盛土堤防部と一体となっている部分）は上位クラス施設である防潮堤と一体の構造となっていることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う損傷により、防潮堤の機能に波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

f. 3号炉海水ポンプ室門型クレーン

下位クラス施設の海水ポンプ室門型クレーンは上位クラス施設である防潮壁や浸水防止蓋等の近傍に設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、防潮壁等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

g. 2号炉タービン建屋

下位クラス施設の2号炉タービン建屋は上位クラス施設である防潮壁や逆流防止設備等に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により、防潮壁等に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

h. 2号炉補助ボイラー建屋

下位クラス施設の2号炉補助ボイラー建屋は上位クラス施設である制御建屋に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により、制御建屋に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

i. 1号炉制御建屋

下位クラス施設の1号炉制御建屋は上位クラス施設である制御建屋に隣接していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う

転倒により，制御建屋に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

j. 1号炉排気筒

下位クラス施設の1号炉排気筒は斜面上に位置していることから，上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により，上位クラス施設である排気筒に衝突し波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

k. 前面護岸

下位クラス施設の前面護岸は上位クラス施設である取水口の近傍に位置していることから，上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う損傷により，取水口の取水機能に波及的影響を及ぼすことが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の損傷，転倒及び落下等により波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を別添4-3表に示す。

別添 4-3 表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設（損傷、転倒及び落下等）*1

波及的影響を受けるおそれのある 上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする 下位クラス施設
原子炉補機冷却海水ポンプ 原子炉補機冷却海水系配管等	2号炉海水ポンプ室門型クレーン
原子炉補機冷却海水ポンプ 原子炉補機冷却海水系配管等	竜巻防護ネット
防潮堤	3号炉取水路
防潮堤	北側排水路
防潮堤	アクセスルート（防潮堤の盛土堤防 部と一体となっている部分）
防潮壁 浸水防止蓋等	3号炉海水ポンプ室門型クレーン
防潮壁 逆流防止設備等	2号炉タービン建屋
制御建屋	2号炉補助ボイラー建屋
制御建屋	1号炉制御建屋
排気筒	1号炉排気筒
取水口	前面護岸

*1：詳細設計の段階で変更の可能性あり。

5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針

「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」で選定した施設の耐震設計方針を以下に示す。

5.1 耐震評価部位

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震評価部位は、それぞれの損傷モードに応じて選定する。すなわち、評価対象下位クラス施設が不等沈下、相対変位、接続部における相互影響、損傷、転倒及び落下等を防止するよう、主要構造部材、支持部及び固定部等を対象とする。

5.2 地震応答解析

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計において実施する地震応答解析については、既工認で実績があり、かつ最新の知見に照らしても妥当な手法及び条件を基本として行う。

5.3 設計用地震動又は地震力

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設においては、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

5.4 荷重の種類及び荷重の組合せ

波及的影響の防止を目的とした設計において用いる荷重の種類及び荷重の組合せについては、波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設と同じ運転状態において下位クラス施設に発生する荷重を組み合わせる。

荷重の設定においては、実運用・実事象上定まる範囲を考慮して設定する。

5.5 許容限界

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の評価に用いる許容限界設定の考え方を、以下建物・構築物、機器・配管系及び土木構造物に分けて示す。

5.5.1 建物・構築物

建物・構築物について、離隔による防護を講じることで、下位クラス施設の相対変位等による波及的影響を防止する場合は、下位クラス施設と上位クラス施設との距離を基本として許容限界を設定する。

また、施設の構造を保つことで、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を防止する場合は、部材に発生する応力に対して終局耐力を基本として許容限界を設定する。

5.5.2 機器・配管系

機器・配管系について、施設の構造を保つことで、下位クラス施設の接続部における相互影響及び損傷、転倒及び落下等を防止する場合は、許容限界として、評価部位に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有していることに相当する許容限界を設定する。機器の動的機能維持を確保することで、下位クラス施設の接続部における相互影響を防止する場合は、許容限界として動的機能維持確認済加速度を設定する。

5.5.3 土木構造物

土木構造物について、施設の構造を保つことで、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を防止する場合は、構造部材の終局耐力や基礎地盤の極限支持力度に対し妥当な安全余裕を考慮することを基本として許容限界を設定する。

また、構造物の安定性や変形により上位クラス施設の機能に影響がないよう設計する場合は、構造物のすべりや変形量に対し妥当な安全余裕を考慮することを基本として許容限界を設定する。

6. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討

工事段階においても、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の設計段階の際に検討した配置・補強等が設計どおりに施されていることを、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行うことで確認する。また、仮置資材等、現場の配置情况等の確認を必要とする下位クラス施設についても併せて確認する。

工事段階における検討は、別記2の4つの観点のうち、③及び④の観点、すなわち下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による影響について、プラントウォークダウンにより実施する。

確認事項としては、設計段階において検討した離隔による防護の観点で行う。すなわち、施設の損傷、転倒及び落下等を想定した場合に上位クラス施設に衝突するおそれのある範囲内に下位クラス施設がないこと、又は間に衝撃に耐えうる障壁、緩衝物等が設置されていること、仮置資材等については固縛など、転倒及び落下を防止する措置が適切に講じられていることを確認する。

ただし、仮置機器等の下位クラス施設自体が、明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ、重量等の場合は対象としない。

以上を踏まえて、損傷、転倒及び落下等により、上位クラス施設に波及的影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設が抽出されれば、必要に応じて、上記の確認事項と同じ観点で対策を検討する他、固縛等の転倒・落下防止措置等の対策についても検討する。すなわち、下位クラス施設の配置変更や、間に緩衝物等を設置する対策、固縛等の転倒防止対策、落下防止対策等を講じることで影響を防止する。

また、工事段階における確認の後も、波及的影響を防止するように現場を保持するため、保安規定に機器設置時の配慮事項等を定めて管理する。

女川原子力発電所第2号炉

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

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針

1. 概要

本資料は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価の方針について説明するものである。

2. 基本方針

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

今回、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価対象は「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）」の第5条及び第50条に規定されている耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設とする。耐震Bクラスの施設については、共振のおそれのあるものを評価対象とする。

評価に当たっては、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける部位を抽出し、その部位について水平2方向及び鉛直方向の荷重や応力を算出し、施設が有する耐震性への影響を確認する。

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

3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 Ss-D1～D3、Ss-F1～F3 及び Ss-N1 を用いる。

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

4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

4.1 建物・構築物

4.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

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

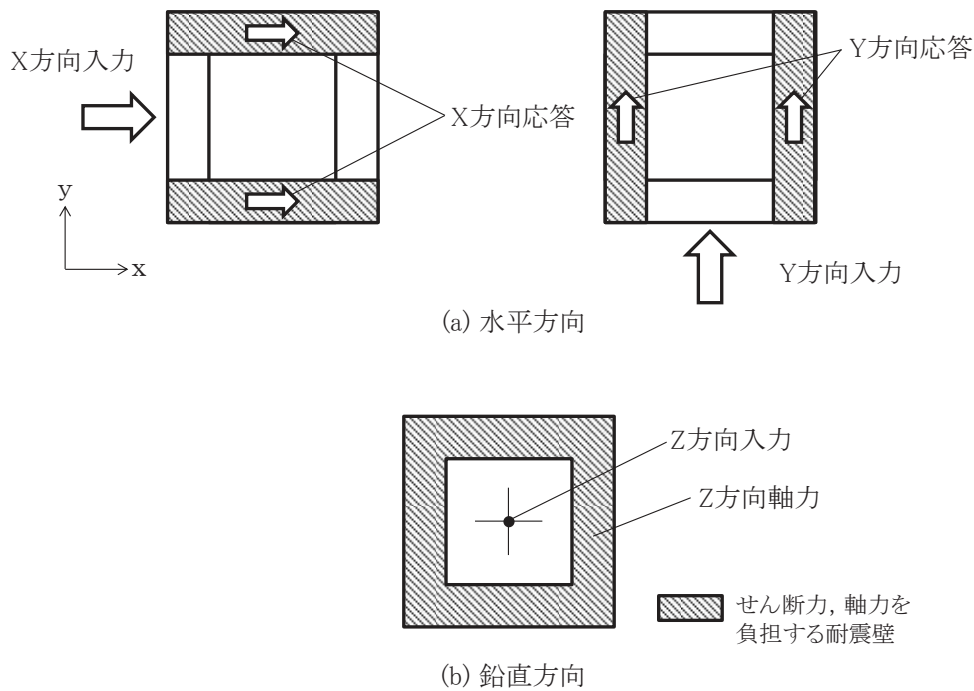
水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に作用するせん断力は、地震時に生じる力の流れが明解となるように、直交する 2 方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平 2 方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、建物・構築物に対し水平 2 方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平 2 方向の入力がある場合の評価は、水平 1 方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

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

入力方向ごとの耐震要素について、別添 5-1 図に示す。

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

排気筒については、超高層建築物等の構造解析と同様に、鉛直方向の地震動と、検討する地震動に直交する水平方向地震動等の影響を適切に考慮するための一項目として、支持鉄塔の対角線方向に地震動を入力し、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を実施している。



別添 5-1 図 入力方向ごとの耐震要素

4.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

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

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設の評価部位とする。

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

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

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

4.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

建物・構築物において、水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた従来の設計手法に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可

能性がある耐震評価上の構成部位について、応答特性から抽出し、影響を評価する。影響評価のフローを別添 5-2 図に示す。

(1) 影響評価部位の抽出

① 耐震評価上の構成部位の整理

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

② 応答特性の整理

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

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

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

④ 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、建屋規模及び構造特性を考慮し、女川原子力発電所 2 号炉原子炉格納容器及び原子炉建屋について地震応答解析を行う。3 次元 FEM モデルの概要を別添 5-3 図に示す。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

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

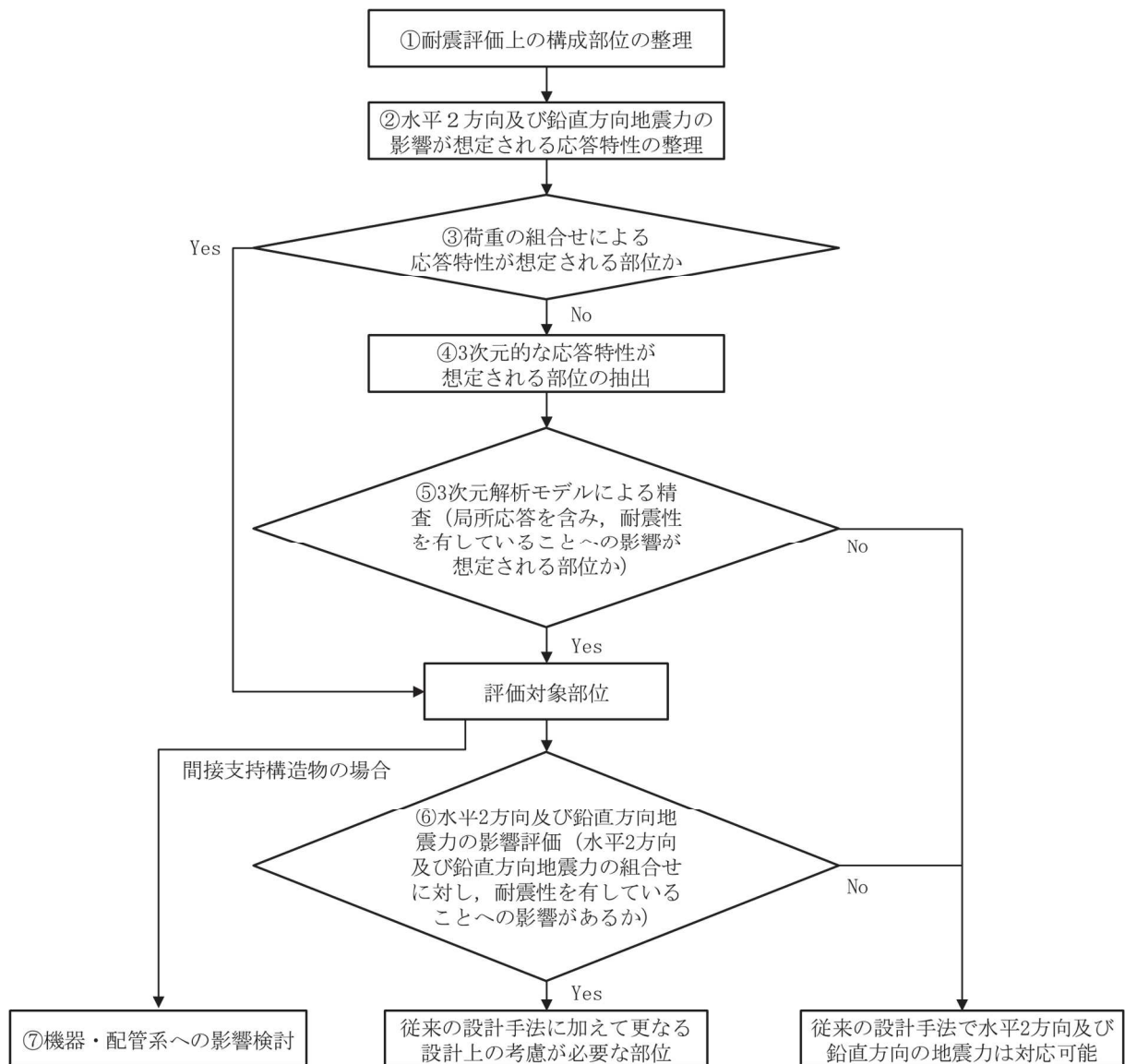
評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

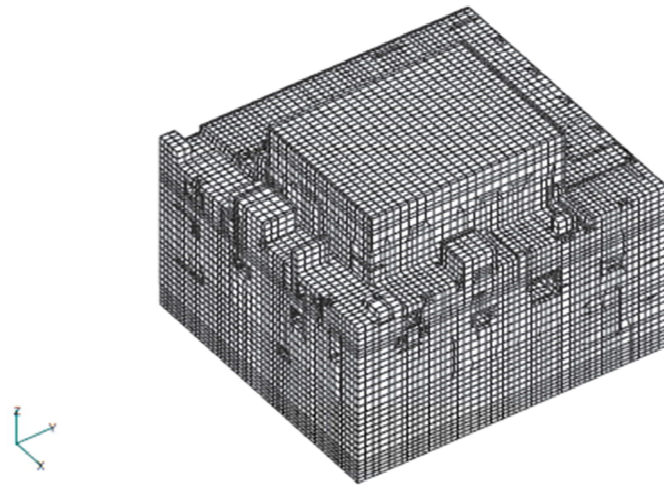
評価対象として抽出された部位が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持機能を有する場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

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

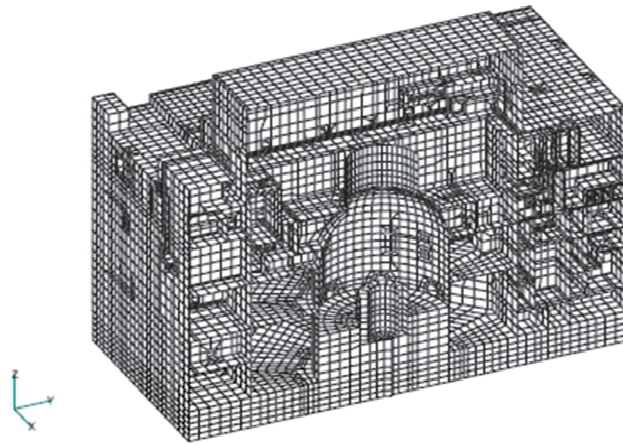
(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”



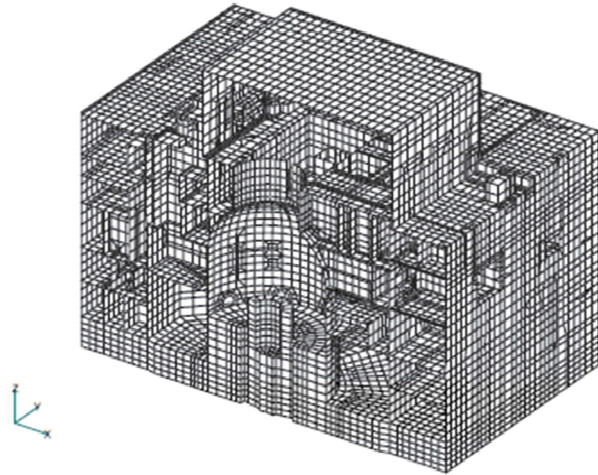
別添 5-2 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討のフロー



(a) 建屋全景



(b) EW 断面図



(c) NS 断面図

別添 5-3 図 建屋 3 次元 FEM モデル

4.2 機器・配管系

4.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

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

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

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

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

4.2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

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

評価対象は、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備とする。耐震Bクラスの施設については、共振のおそれのあるものを評価対象とする。

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

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

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

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

水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価は、基準地震動 Ss-D1～D3、Ss-F1～F3 及び Ss-N1 を対象とするが、複数の基準地震動における地震動の特性及び包絡関係、地震力の包絡関係を確認し、代表可能である場合は代表の基準地震動にて評価する。

また、水平各方向の地震動は、それぞれの位相の異なる地震動を用いることを基本とするが、保守的な手法を用いる場合もある。

4.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

機器・配管系において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性があり、水平 1 方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な設備について、構造及び発生値の増分の観点から抽出し、影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価結果を用いて行うことを基本とする。影響評価のフローを別添 5-4 図に示す。

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

① 評価対象となる設備の整理

耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備、共振のおそれのある耐震 B クラス施設を評価対象とし、代表的な機種ごとに分類し整理する。（別添 5-4 図①）

② 構造上の特徴による抽出

機種ごとに構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重複する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（別添 5-4 図②）

③ 発生値の増分による抽出

水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向の地震力が各方向 1：1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、

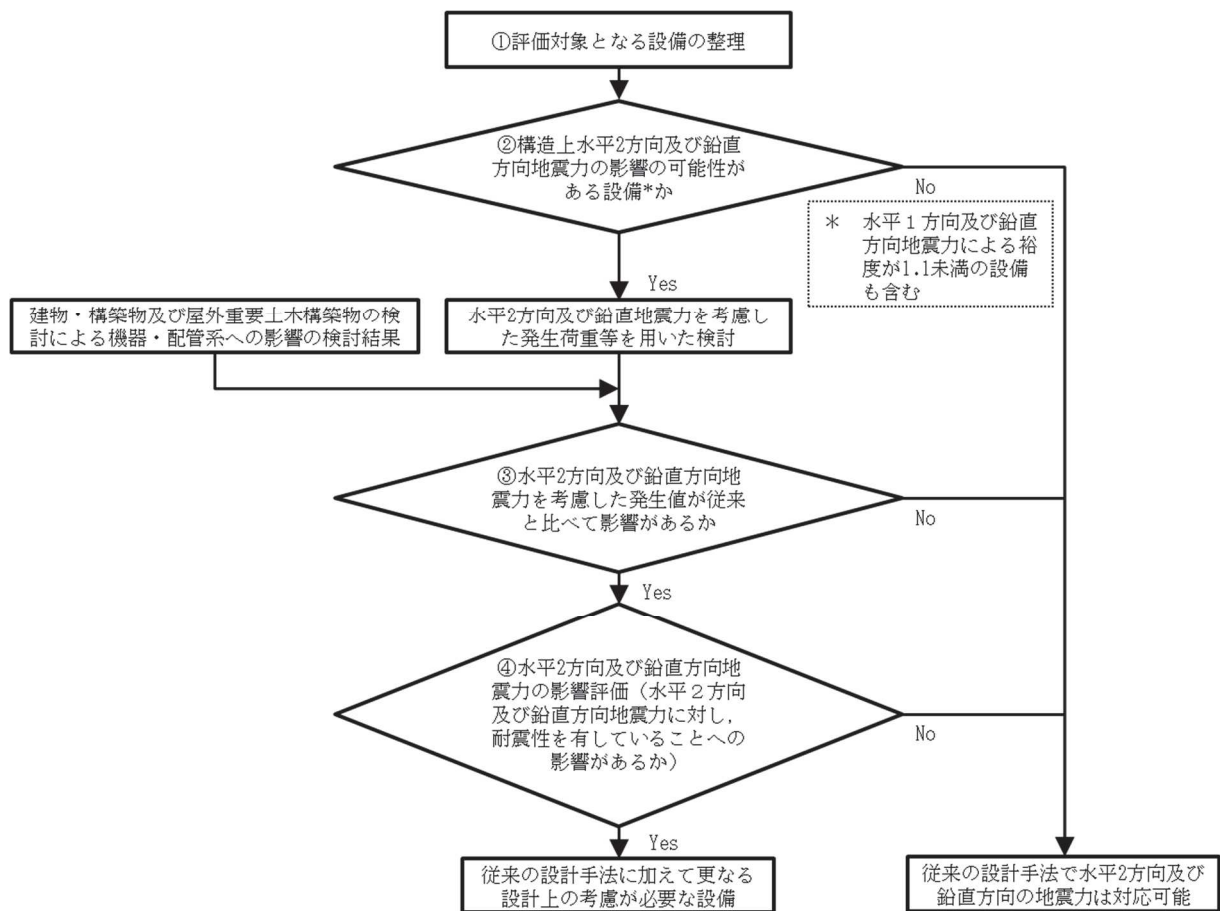
従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構築物の検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。（別添 5-4 図③）

④ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

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



別添 5-4 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

4.3 屋外重要土木構造物

4.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

一般的な地上構造物では、躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し、屋外重要土木構造物はおおむね地中に埋設されているため、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。屋外重要土木構造物のうち、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有する構造物（以下、線状構造物とする。）は、3次元的な応答の影響は小さいため、2次元断面での耐震評価を行っている。

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

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

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

一方、断面が奥行方向に一様ではなく、妻壁や隔壁を有する 3 次元的な構造を耐震設計にて考慮すべき構造物（以下、箱形構造物とする。）では、3 次元モデルにより耐震評価を行っている。

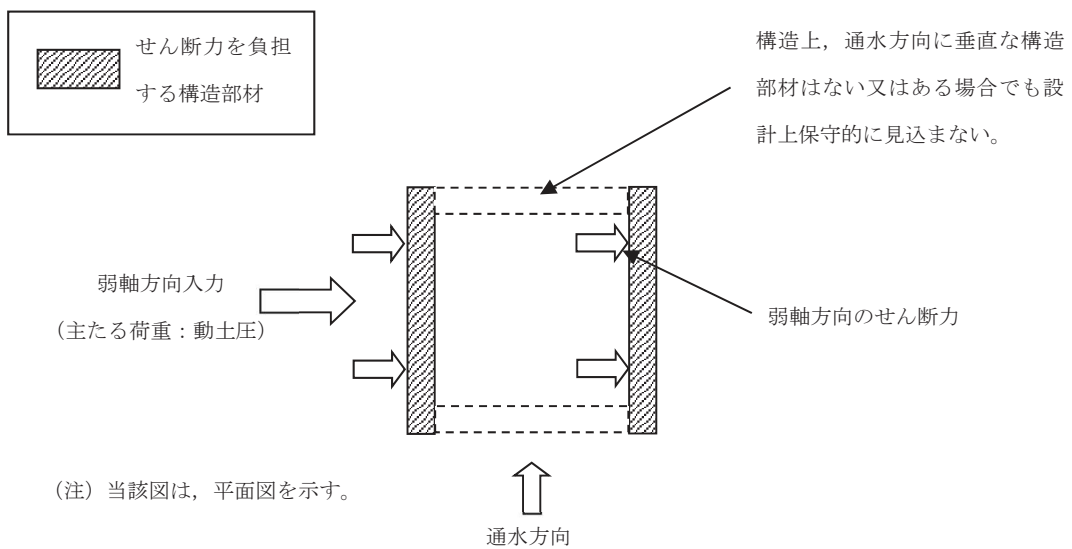
箱形構造物の代表として、海水ポンプ室を例として従来設計手法の考え方を別添 5-2 表に示す。箱形構造物は、耐震設計上見込むことができる加振方向に平行な壁部材の配置や間隔から弱軸となる方向を評価対象としている。

別添 5-6 図に示すとおり、複雑な形状を有する箱形構造物に対して、3 次元モデルを用いることにより、加振方向に平行な壁部材が地震時の応答に与える影響を考慮して耐震評価を実施している。

箱形構造物のうち、海水ポンプ室と取水口については、縦断方向には耐震設計上見込める部材として水路を構成する側壁及び隔壁が多数設置されており強軸方向となることから、弱軸方向となる横断方向を評価対象として耐震評価を実施している。また、円筒形の遮蔽壁を有する復水貯蔵タンク基礎については、弱軸及び強軸方向が明確ではないことから、従来設計では、両方向ともに評価対象としている。

別添 5-1 表 従来設計手法における評価対象断面の考え方（取水路の例）

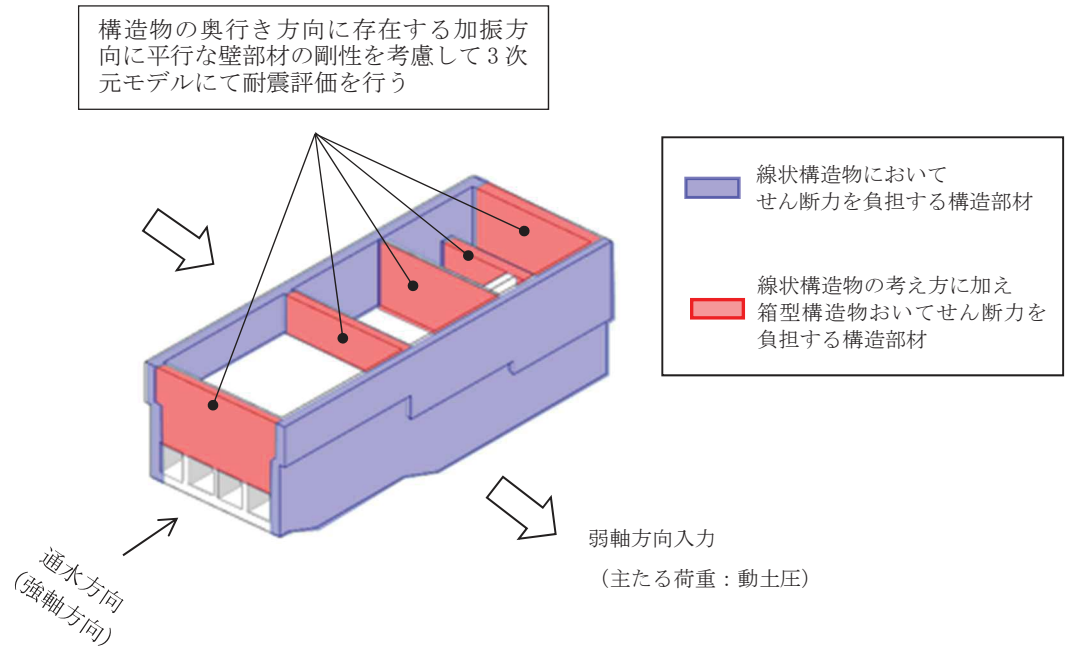
	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計の評価対象断面の考え方	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材がない</p>	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>加振方向に平行な側壁材及び隔壁を震設計上見込むことができる</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 横断方向は、加振方向に平行な壁部材がないため、弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができ、強軸方向にあたる。
<ul style="list-style-type: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



別添 5-5 図 従来設計手法の考え方

別添 5-2 表 従来設計手法における評価対象断面の考え方
(海水ポンプ室の例)

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計の 評価対象断 面の考え方	<p>構造が奥行方向に一様ではなく、耐震設計上見込むことができる、加振方向に平行な妻壁及び隔壁が存在するが、設置個所は限定される。</p>	<p>耐震設計上見込むことができる、加振方向に平行な側壁及び隔壁が多数配置されている</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 横断方向は、加振方向に平行な壁部材の設置個所が限定されるため弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向は、加振方向に平行な側壁及び隔壁が多数配置されており、強軸方向にあたる。
	<ul style="list-style-type: none"> 妻壁や隔壁を有する3次元的な構造を耐震設計にて考慮する。 耐震設計にて考慮する加振方向に平行な壁部材の配置や間隔等から、弱軸となる方向を評価対象とする。 	



別添 5-6 図 箱形構造物の従来設計手法の考え方 (海水ポンプ室の例)

4.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

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

評価対象は、原子炉機器冷却海水配管ダクト、排気筒連絡ダクト、軽油タンク連絡ダクト、2号炉取水路、海水ポンプ室、軽油タンク室、取水口及び波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物(3号炉取水路、北側排水路)とする。また、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の間接支持構造物のうち復水貯蔵タンク基礎とガスタービン発電設備軽油タンク室も本評価では屋外重要土木構造物として扱うこととし、評価対象に含める。

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

箱形構造物は、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を耐震部材として考慮して3次元モデルによる構造解析を実施している。これらの壁部材は、従来設計手法では主たる荷重としては面内の荷重に抵抗していたが、水平2方向の地震力に対しては、面外荷重の影響も受けることになる。また、従来より主に面外荷重に抵抗していた側壁等にも、直交する2方向の地震力の影響や、妻壁や隔壁の面外変形の影響が作用する。よって、箱形構造物については、加振方向に平行に配置された壁部材への影響等を確認するため、水平2方向及び鉛直地震力の組合せの影響評価を実施することとする。

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

評価対象断面(弱軸方向)に直交する断面(強軸方向)の地震応答解析に基づく地震時荷重は、基準地震動による評価対象断面(弱軸方向)での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相の異なる地震動にて算出して用いることとする。

なお、部材が非線形化する可能性がある構造物においては、耐震要素として考慮される評価対象断面(弱軸方向)に平行な壁部材が、評価時刻に至るまでの荷重により受ける影響を考慮して水平2方向同時入力の影響を評価することとする。

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

4.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性があり、水平 1 方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを別添 5-7 図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

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

② 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造物形式の抽出

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

④ 従来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で抽出されなかった構造形式について、従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響により 3 次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

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

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

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

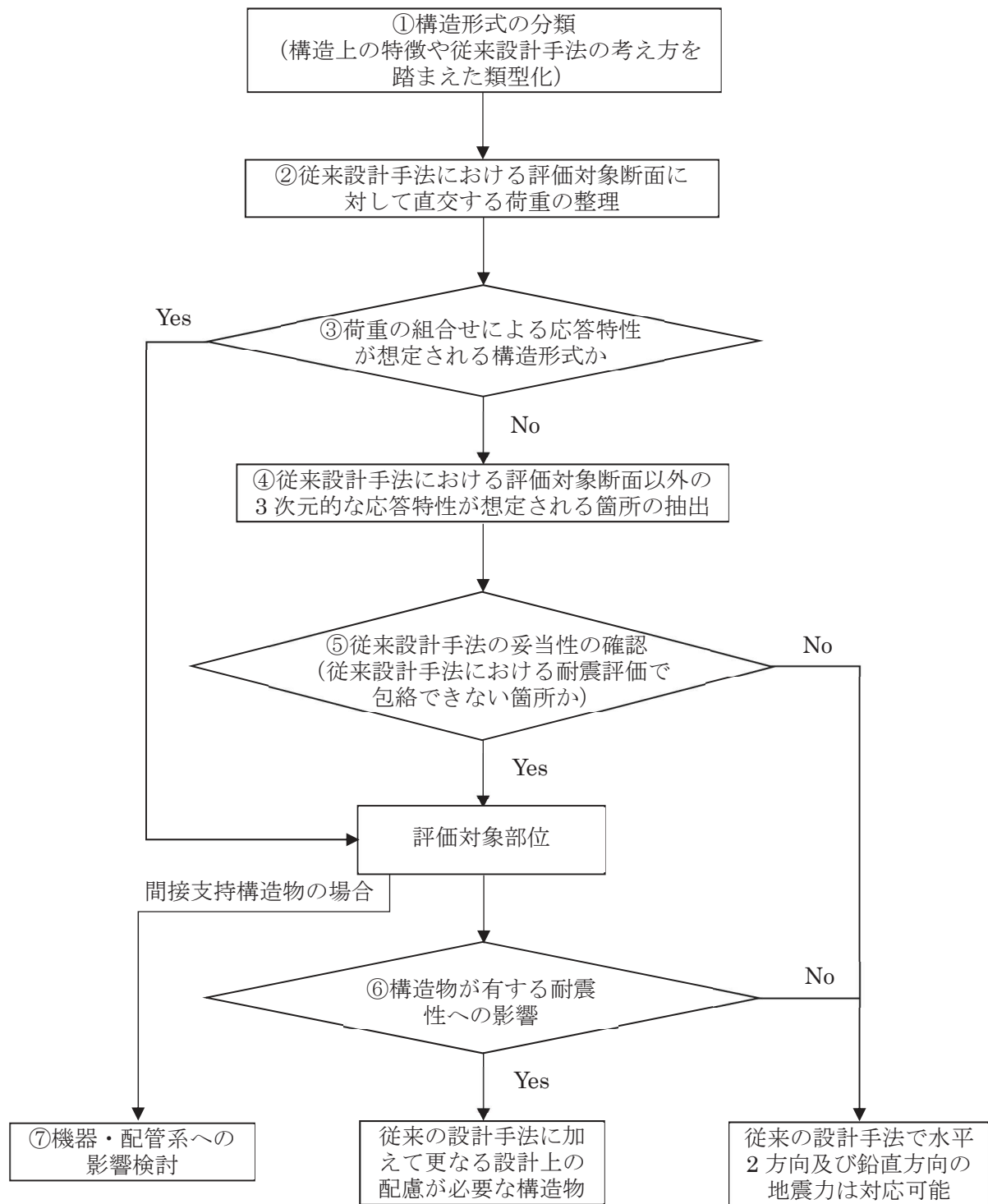
評価対象部位については、屋外重要土木構造物が明確な弱軸・強軸を示し、地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し、従来設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平 2 方向の影響の程度を踏まえて選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

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

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



別添 5-7 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

4.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

4.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

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

女川原子力発電所第2号炉

屋外重要土木構造物等及び津波防護施設
の耐震評価における断面選定の考え方

屋外重要土木構造物等及び津波防護施設の耐震評価における断面選定の考え方

1. 方針

本資料では、屋外重要土木構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備のうち土木構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）のうち土木構造物（以後、「常設重大事故等対処施設」という。）（以上の何れかに該当するか、又は兼務する構造物を「屋外重要土木構造物等」という。）及び津波防護施設の耐震評価における断面選定の考え方について示す。

本資料で記載する屋外重要土木構造物等及び津波防護施設に設置される設備の一覧表を別添 6-1.1 表に、全体配置図を別添 6-1.1 図に示す。

女川原子力発電所の屋外重要土木構造物等には、二次元地震応答解析により得られる構造物の応答に対して耐震評価を行う構造物と、二次元地震応答解析により得られる土圧等の荷重を三次元モデルに作用させて耐震評価を行う構造物がある。

延長方向への海水の通水機能や配管等の支持機能を維持するため、延長方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置される構造物（以後、「線状構造物」という。）は、横断方向（延長方向に直交する方向）に設置される構造部材が少なく、横断方向が明確に弱軸となることから、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。よって、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を横断方向から評価対象断面として選定する。

構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮する構造物（以後、「箱形構造物」という。）は、三次元モデルを用いて水平 2 方向及び鉛直地震動の組合せの影響を考慮して耐震評価を行う。よって、三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する 2 方向から評価対象断面として選定する。

津波防護施設のうち、設備構造が複雑かつ設置範囲が長大である防潮堤及び防潮壁については、屋外重要土木構造物等と同様の考え方に加え、各部位の役割を踏まえ、津波に対する止水機能維持も含めた耐震評価を行うため、耐震・耐津波評価を行う上で厳しい断面を選定する。

上記を考慮した屋外重要土木構造物等及び津波防護施設の断面選定の考え方を別添 6-1.2 表に示す。

また、評価対象断面の選定の流れを以下に示す。

① 耐震評価候補断面の整理

以下の観点にて、耐震評価候補断面を整理する。

- ・ 要求機能及び間接支持される機器・配管系の有無及び設置位置
- ・ 構造的特徴（部材厚、内空断面、断面急変部、構造物間の連結部等）
- ・ 周辺状況（上載荷重、土被り厚、周辺地質、周辺地質変化部、隣接構造物、地下水位^{*}、断層との交差状況）

- ・地震波の伝搬特性
- ・機器・配管系への応答加速度及び応答変位算出位置

※：地下水位は浸透流解析等の地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定する。

② 評価対象断面の選定

①にて整理した耐震評価候補断面（以後、「候補断面」という。）から以下の考えで評価対象断面を選定する。

a. 構造的特徴による選定

横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を実施する線状構造物については、候補断面の部材厚や内空断面等の構造的特徴を比較し、他の候補断面より耐震評価上厳しくなることが想定される候補断面を評価対象断面として選定する。同一断面となる場合には、同一断面となる区間毎に後述する他の観点で評価対象断面を選定する。

三次元モデルで耐震評価を実施する箱形構造物については、地震時荷重を算出する二次元地震応答解析を実施する断面を、構造的特徴を踏まえて選定する。

b. 周辺状況による選定

上載荷重、土被り厚、周辺地質、隣接構造物にて耐震評価上厳しくなる断面を選定する。

同一構造で延長方向に設置深さが異なる線状構造物は、上載荷重が最大となる断面や土被り厚が最大となる断面を評価対象断面として選定する。

隣接構造物については、評価対象構造物との間の埋戻し材料や、それぞれの設置状況に応じて、隣接構造物が評価対象構造物の地震時応答に与える影響を踏まえ、モデル化可否を検討した上で評価対象断面を選定する。候補断面の中で、隣接構造物との位置関係により土圧が作用しない断面と、周辺地質が盛土となる断面がある場合のように、構造物に作用する土圧が大きく評価される候補断面が明確な場合には、その候補断面を評価対象断面として選定する。隣接構造物のモデル化の方針は以下のとおりとし、評価対象構造物と隣接構造物の位置関係の例を別添 6-1.2 図に示す。

(a) 評価対象構造物と隣接構造物の間が盛土で埋め戻されている場合

地中構造物の耐震評価においては、盛土よりも剛性の大きい隣接構造物をモデル化することにより、周辺地盤の変形が抑制されると考えられる。よって、評価対象構造物に作用する土圧を保守的に評価するため、隣接構造物の設置範囲を盛土としてモデル化する。

(b) 評価対象構造物と隣接構造物の間が地盤改良されている場合

評価対象構造物と隣接構造物の間に剛性の大きい改良地盤が存在する場合には、隣接構造物の地震時応答が剛性の大きい改良地盤を介して評価対象構造物に伝達することが考えられる。よって、改良地盤を介しての隣接構造物の影響を考慮するため隣接構造物をモデル化する。

(c)評価対象構造物と隣接構造物が置換コンクリートを共有している場合
評価対象構造物が隣接構造物と置換コンクリート(以後、「MMR」という)
を共有して設置されている場合には、共有する MMR とともに互いに影響
を受けながら振動するため、隣接構造物をモデル化する。

c. 評価対象断面の絞り込み

上記の観点で選定された評価対象断面と、地下水位や地震波の伝搬特性等
に応じて整理された候補断面を比較して評価対象断面の絞り込みを行う。候
補断面によって周辺状況が異なる線状構造物や、箱形構造物のうち候補断面
によって地下水位が異なる構造物等については、地震応答解析を実施して評
価対象断面を絞り込む。

岩盤内に設置される構造物等、周辺に液状化検討対象層が分布しない構造
物については一次元全応力解析により評価対象断面の絞り込みを行い、耐震
評価上厳しい候補断面を評価対象断面として選定する。

周辺に液状化検討対象層が分布する場合には、一次元又は二次元の全応力
解析及び有効応力解析により評価対象断面の絞り込みを行い、耐震評価上
厳しい候補断面を評価対象断面として選定する。地震応答解析による評価
対象断面の絞り込み方法の例を別添 6-1.3 図に示す。

d. 周辺地質が急変した場合の影響を確認するための断面選定

周辺地質が改良地盤から盛土に急変する場合等は、その境界部にて周辺地
質の剛性が急変するため、その影響を確認するために境界部を評価対象断
面として選定する。

e. 断層の変形の影響を確認するための断面選定

構造物と断層が交差する断面については、構造物と断層の接し方や周辺地
質により、断層の変形による構造物への影響が異なると考えられるため、構
造物と断層の位置関係により以下のとおり分類し、それぞれから評価対象断
面を選定する。構造物と断層の位置関係の例について別添 6-1.4 図に示す。

- ・ 構造物の掘削底面にて MMR 又は改良地盤を介して断層と接するもの
- ・ 構造物と断層が底面で接しており、構造物周辺は盛土にて埋め戻されてい
るもの
- ・ 構造物周辺が岩盤で囲まれている状況で断層に接しているもの

評価対象断面は、断層の幅や連続性を勘案して耐震評価上構造物への影響が
厳しくなる断層を対象として選定する。

f. 床応答算出位置による選定

耐震評価上の観点以外に機器・配管系の応答加速度及び応答変位の観点か
ら、床応答算出用の断面を選定する。

以上の流れで選定した複数断面を評価対象断面とする場合と、必要に応じて、
各観点で選定された断面の保守的な条件を組合せた断面を作成し、評価対象断

面とする場合がある。

耐震評価候補断面の整理と評価対象断面の選定結果については工認段階で示す。

別添6-1.1表 屋外重要土木構造物等及び津波防護施設等に設置される設備一覧表

名称	屋外重要土木構造物	津波防護施設	常設重大事故等対処設備	常設重大事故等対処施設	設置される設備			
					名称	耐震	津波	常設重大事故等対処設備
原子炉機器冷却海水配管ダクト	○	-	-	○	原子炉補機冷却海水系配管	○	-	○
排気筒連絡ダクト(土砂部, 岩盤部)	○	-	-	○	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管	○	-	○
軽油タンク連絡ダクト	○	-	-	○	非常用ガス処理系配管	○	-	○
取水路(標準部, 漸拡部)	○	-	○※1	-	燃料移送系配管	○	-	○
海水ポンプ室	○	-	○※1	○	原子炉補機冷却海水ポンプ	○	-	○
軽油タンク室	○	-	-	○	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	○	-	○
取水口	○	-	○※1	-	軽油タンク	○	-	○
復水貯蔵タンク基礎	-	-	-	○	燃料移送ポンプ	○	-	○
ガスタービン発電設備軽油タンク室	-	-	-	○	-	-	-	-
防潮堤	-	○	-※2	-	復水貯蔵タンク	-	-	○
防潮壁	-	○	-※2	-	ガスタービン発電設備軽油タンク	-	-	○
取放水路流路縮小工	-	○	-※2	-	津波監視カメラ	-	○	-※2
貯留堰	○	○	○※1, 2	-	逆流防止設備	-	○	-※2

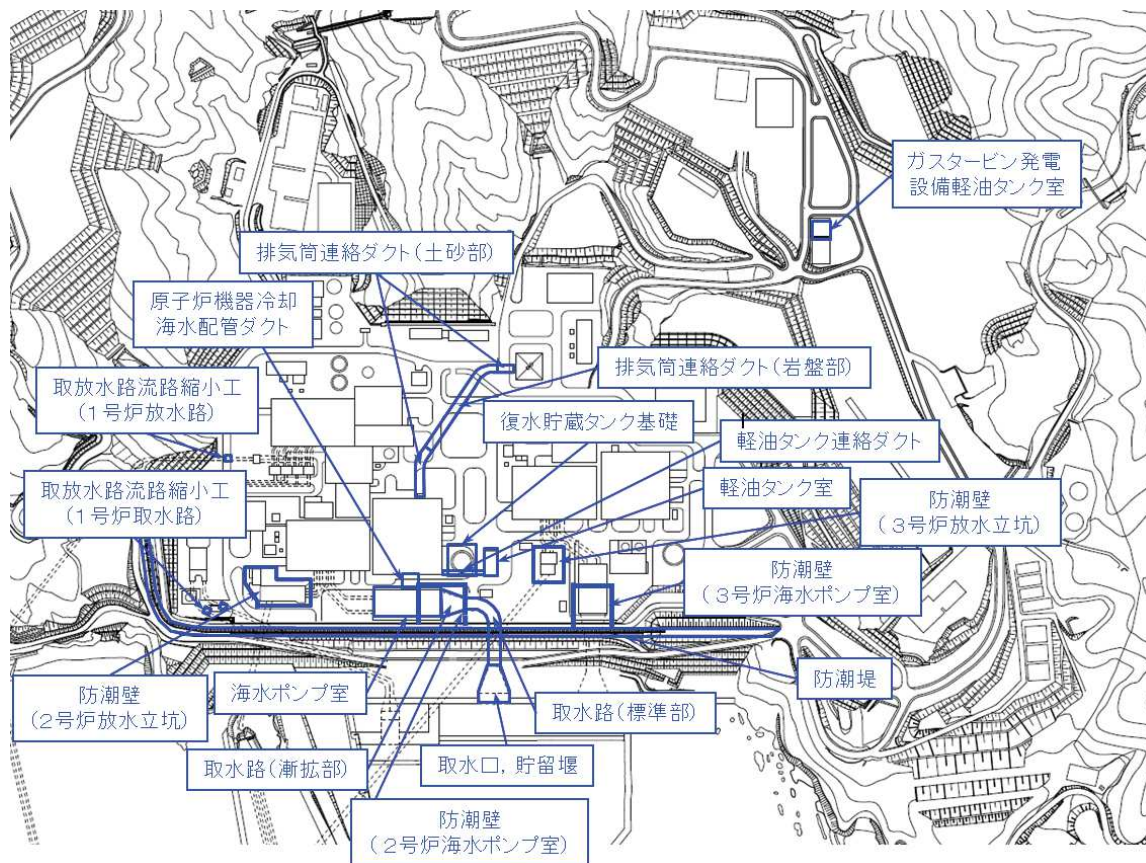
屋外重要土木構造物 : 耐震上重要な機器・配管系の間接支持機能, 若しくは非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物
 常設重大事故等対処設備 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備
 常設耐震重要重大事故防止施設 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)
 耐震重要施設(津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備を除く)
 津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備
 ※1 : 非常用取水設備
 ※2 : 常設重大事故等対処設備に対する津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備

別添 6-1.2 表 屋外重要土木構造物等及び津波防護施設の断面選定の考え方

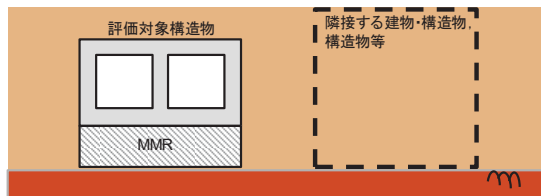
名称	断面選定の考え方		
	A: 横断方向が明確に弱軸となることから、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う線状構造物 ⇒構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面として選定する。	B: 構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮して、三次元モデルを用いて水平 2 方向及び鉛直地震動の組合せを考慮して耐震評価を行う箱形構造物 ⇒三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な位置を直交する 2 方向から評価対象断面として選定する。	C: 設備構造が複雑かつ設置範囲が長大で、津波に対する止水機能維持も含めた耐震評価を行う防潮堤及び防潮壁 ⇒A及びBの考え方に加え、構成する各部位の役割及び設計方針を踏まえ、耐震・耐津波評価を行う上で厳しい断面を選定する。
原子炉機器冷却海水配管ダクト	○		
排気筒連絡ダクト（土砂部、岩盤部）	○		
軽油タンク連絡ダクト	○		
取水路（標準部、漸拡部）	○		
海水ポンプ室		○	
軽油タンク室		○	
取水口		○	
復水貯蔵タンク基礎		○	
ガスタービン発電設備軽油タンク室		○	
防潮堤			○
防潮壁			○
取放水路流路縮小工	○		
貯留堰 ^{※1}			○

※1 貯留堰の耐震評価用の三次元モデルは取水口に含まれることから、取水口と同様の方針で断面選定を行う。

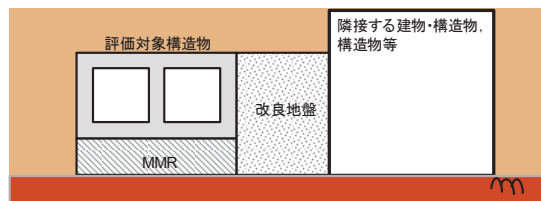
※2 複数個所に設置される鋼桁部、鋼製扉部から、構造的特徴や荷重条件（入力津波高さ等）及び地質構造等の観点で評価の代表性が説明できる場合には評価対象構造物の絞り込みを行う。



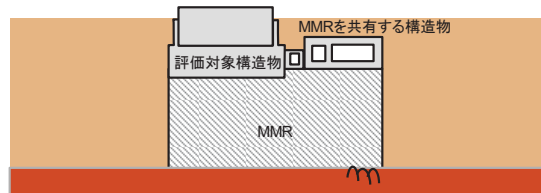
別添 6-1.1 図 全体配置図



(a) 評価対象構造物と隣接構造物の間が盛土で埋め戻されている場合



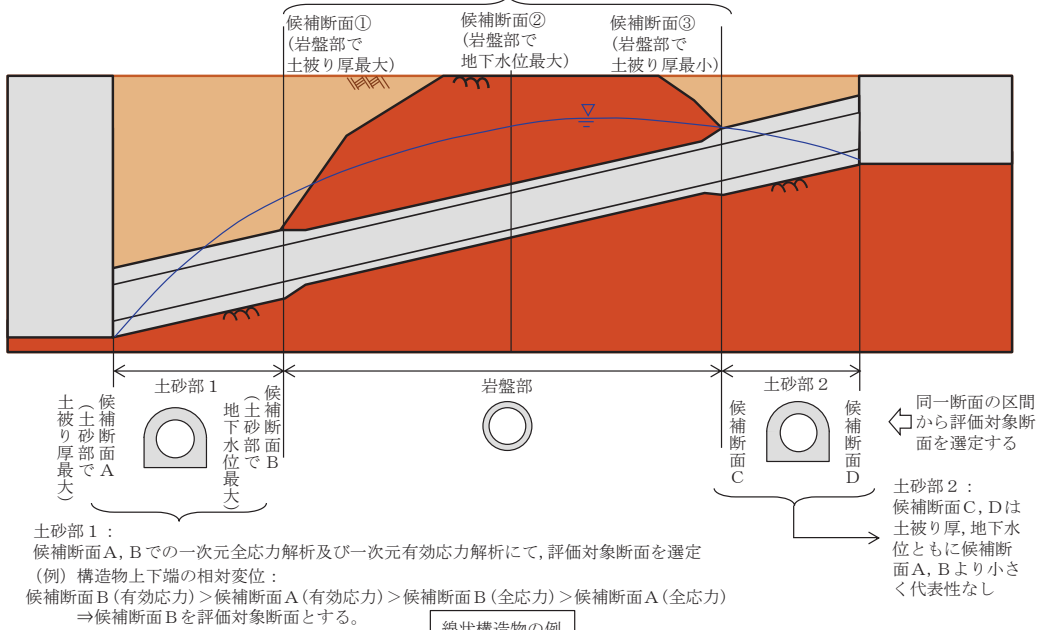
(b) 評価対象構造物と隣接構造物の間が地盤改良されている場合



(c) 評価対象構造物と隣接構造物がMMRを共有する場合

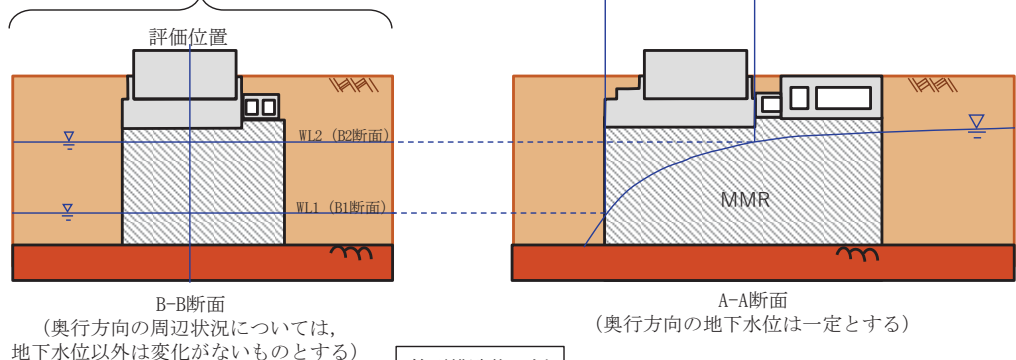
別添 6-1.2 図 隣接構造物との位置関係の例

岩盤部：①, ②, ③断面での一次元全応力解析にて評価対象断面を選定
 (例) 構造物上下端の相対変位：候補断面①>候補断面②>候補断面③ ⇒ 候補断面①を評価対象断面とする



B-B方向の断面は、WL1, WL2それぞれの一次元全応力解析及び一次元有効応力解析にて耐震評価上厳しい地下水位を確認して選定する。

(例) 構造物上下端での相対変位
 WL2 (有効応力) > WL2 (全応力) > WL1 (有効応力) > WL1 (全応力)
 ⇒ 評価対象断面はB2断面 とする。



別添 6-1.3 図 評価対象断面の絞り込み方法の例



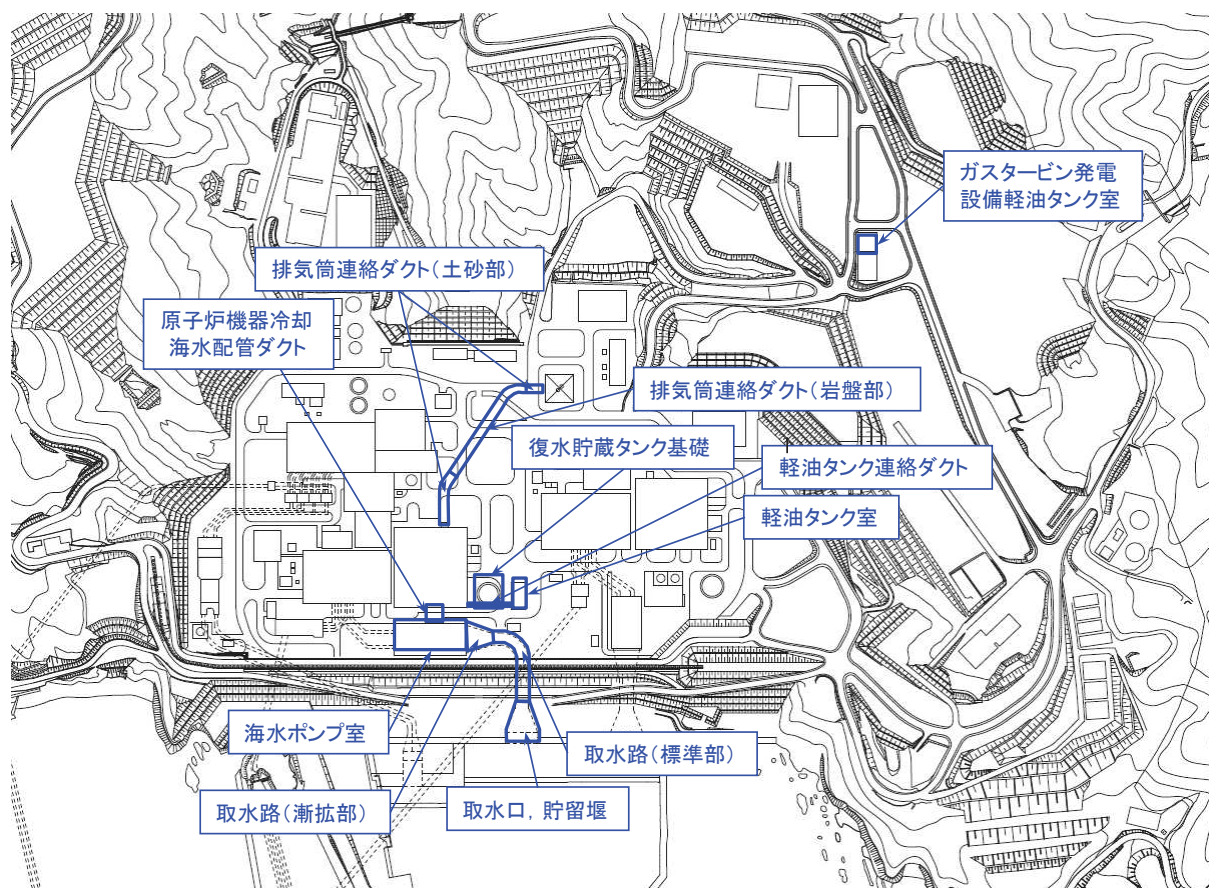
別添 6-1.4 図 構造物と断層の位置関係の例

2. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定の考え方

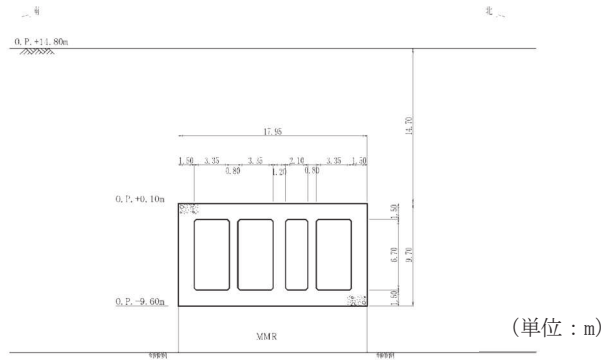
2.1 各施設の配置

本章では屋外重要土木構造物等である，原子炉機器冷却海水配管ダクト，排気筒連絡ダクト，軽油タンク連絡ダクト，取水路，海水ポンプ室，軽油タンク室，取水口，貯留堰，復水貯蔵タンク基礎，ガスタービン発電設備軽油タンク室の断面選定の考え方を示す。

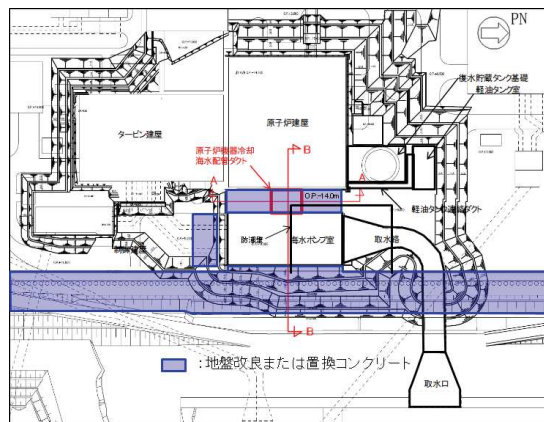
別添 6-2. 1. 1 図に屋外重要土木構造物等の平面配置図を示す。



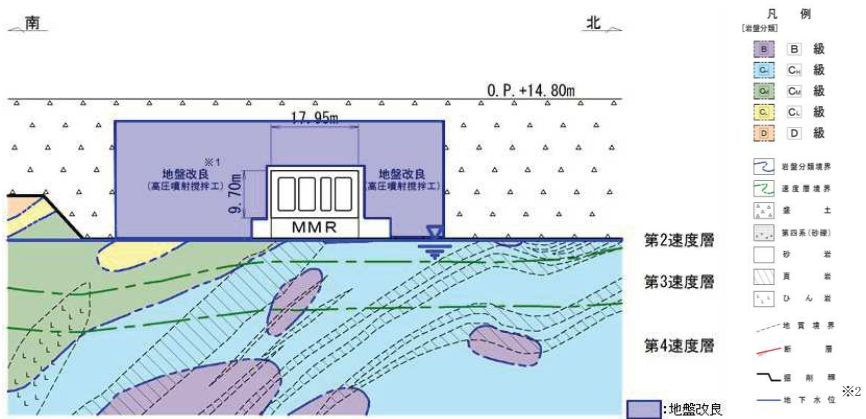
別添 6-2. 1. 1 図 屋外重要土木構造物等の平面配置図



別添 6-2. 2. 3 図 原子炉機器冷却海水配管ダクト断面図 (A-A)

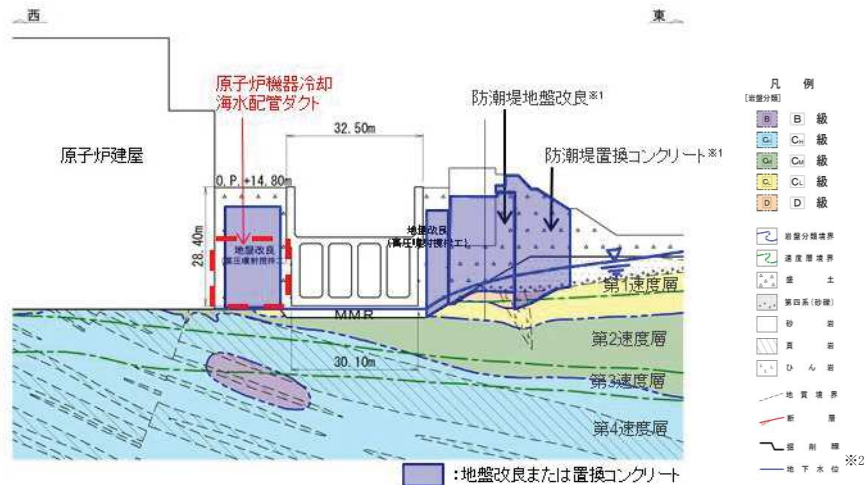


別添 6-2. 2. 4 図 原子炉機器冷却海水配管ダクト掘削図



別添 6-2. 2. 5 図 原子炉機器冷却海水配管ダクト地質断面図 (A-A)

※1 地盤改良の範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。
 ※2 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 2. 6 図 原子炉機器冷却海水配管ダクト地質断面図 (B-B)

※1 地盤改良及び置換コンクリートの範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。
 ※2 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

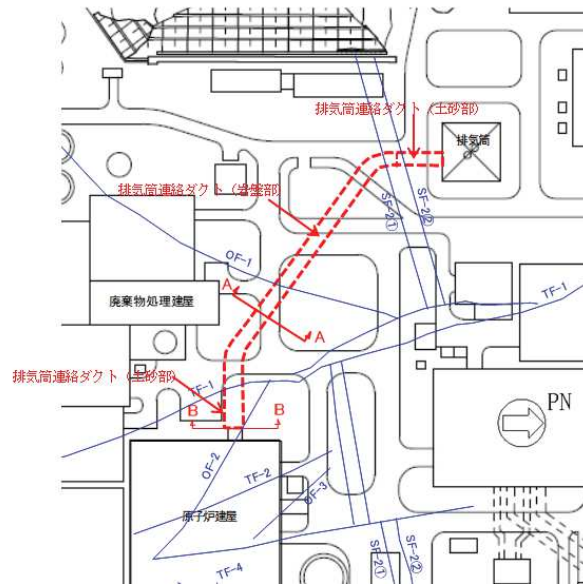
2.3 排気筒連絡ダクト (土砂部, 岩盤部)

排気筒連絡ダクトの配置図を別添 6-2. 3. 1 図に、平面図を別添 6-2. 3. 2 図に、断面図を別添 6-2. 3. 3 図、別添 6-2. 3. 4 図に、掘削図を別添 6-2. 3. 5 図に、地質断面図を別添 6-2. 3. 6 図、別添 6-2. 3. 7 図、別添 6-2. 3. 8 図にそれぞれ示す。排気筒連絡ダクトは、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である非常用ガス処理系配管を間接支持しており、支持機能が要求される。

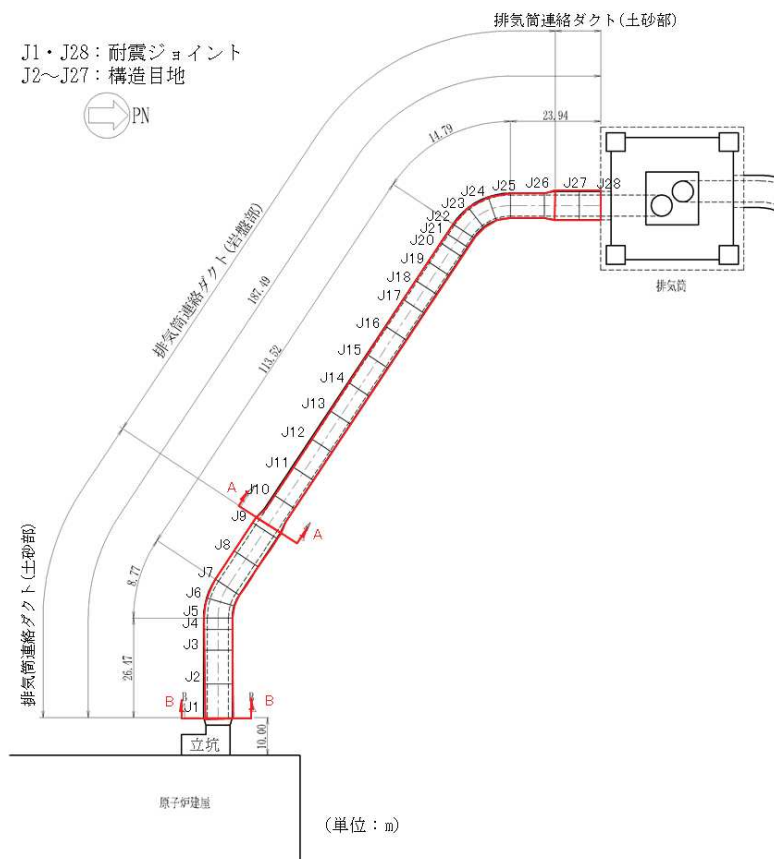
排気筒連絡ダクトは原子炉建屋と排気筒を結ぶ、延長約 187. 5m、内空 の鉄筋コンクリート造の地下トンネル構造物であり、円形トンネルの岩盤部と幌形トンネルの土砂部にて構成され、それぞれの区間で延長方向に断面の変化がない線状構造物である (別添 6-2. 3. 2 図、別添 6-2. 3. 3 図、別添 6-2. 3. 4 図)。

よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況、地震力の特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

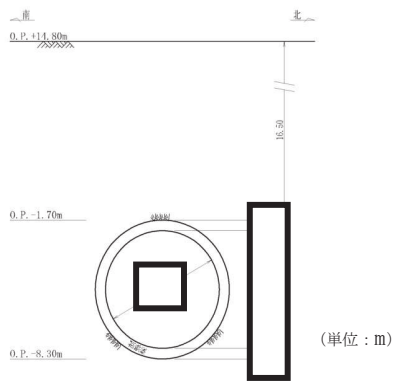
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



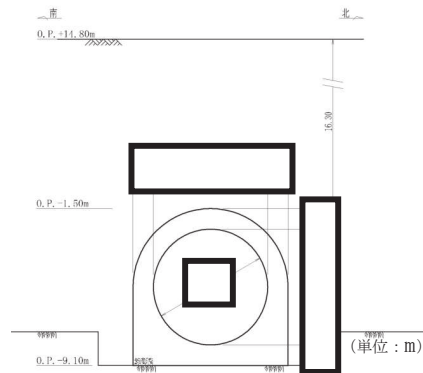
別添 6-2. 3. 1 図 排気筒連絡ダクト配置図



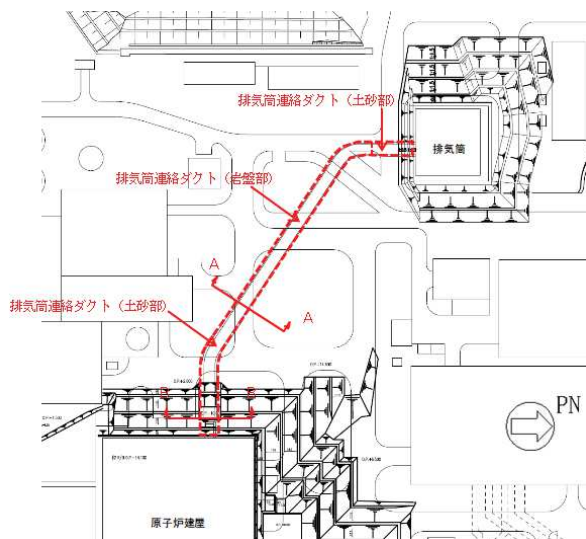
別添 6-2. 3. 2 図 排気筒連絡ダクト平面図



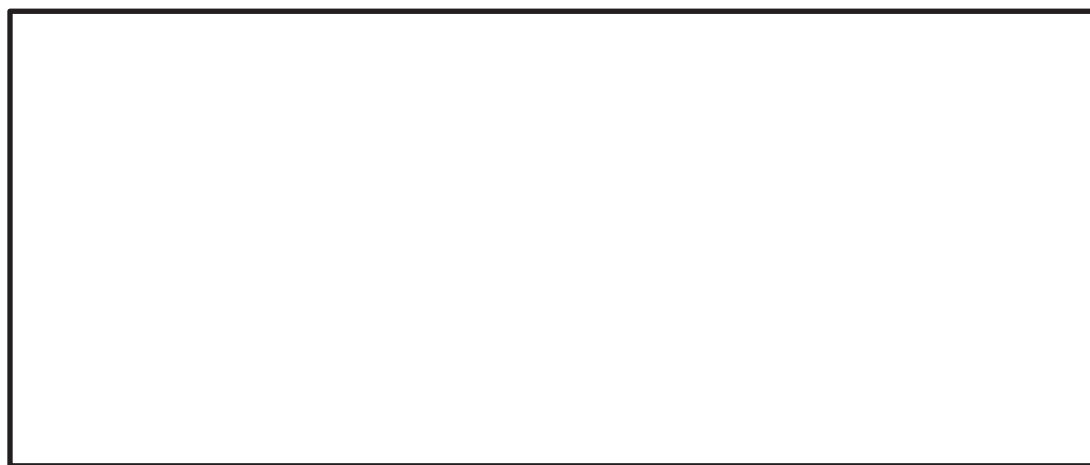
別添 6-2. 3. 3 図 排気筒連絡ダクト
断面図 (岩盤部)



別添 6-2. 3. 4 図 排気筒連絡ダクト
断面図 (土砂部)



別添 6-2. 3. 5 図 排気筒連絡ダクト掘削図



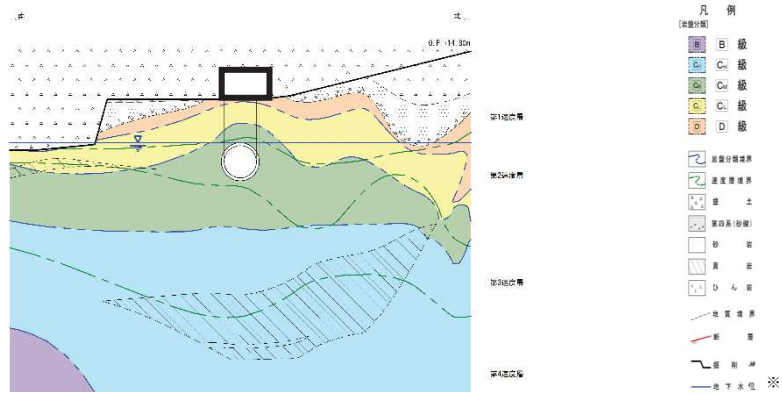
別添 6-2. 3. 6 図 排気筒連絡ダクト地質断面図 (縦断)

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。

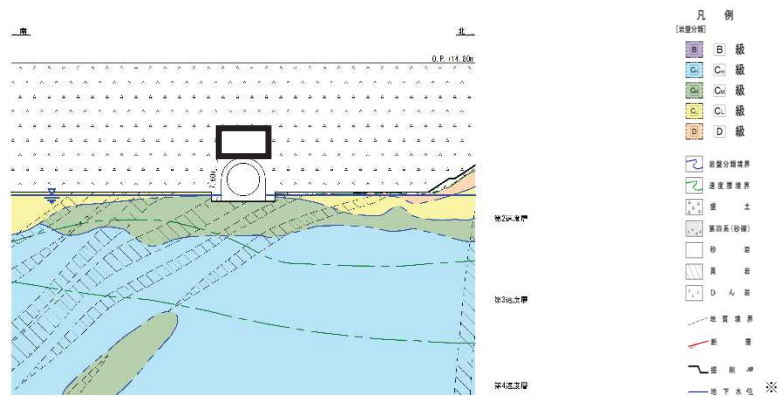
4 条-別添 6-14

- 凡 例
- [前壁分類]
- B 級
 - C₁ 級
 - C₂ 級
 - C₃ 級
 - D 級
 - 岩盤分類境界
 - 速度層境界
 - 盤 土
 - 第四系(砂礫)
 - 砂 層
 - 頁 岩
 - ひ ん 岩
 - 地質境界
 - 断 層
 - 掘削線
 - 地下水位



別添 6-2. 3. 7 図 排気筒連絡ダクト地質断面図（岩盤部，A-A）

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 3. 8 図 排気筒連絡ダクト地質断面図（土砂部，B-B）

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

2.4 軽油タンク連絡ダクト

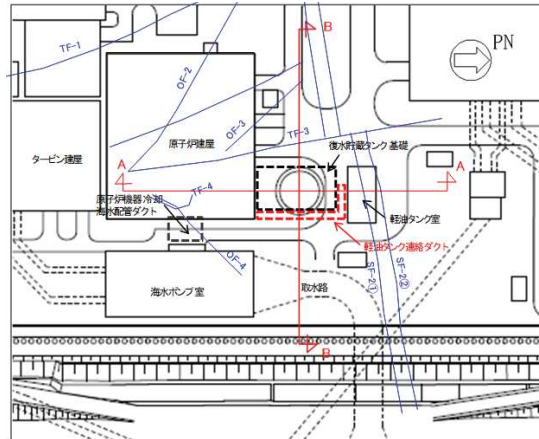
軽油タンク連絡ダクトの配置図を別添 6-2. 4. 1 図に、平面図を別添 6-2. 4. 2 図、別添 6-2. 4. 3 図に、断面図を別添 6-2. 4. 4 図に、縦断面図を別添 6-2. 4. 5 図に、掘削図を別添 6-2. 4. 6 図に、地質断面図を別添 6-2. 4. 7 図、別添 6-2. 4. 8 図にそれぞれ示す。

軽油タンク連絡ダクトは耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である燃料移送系配管を間接支持しており、支持機能が要求される。

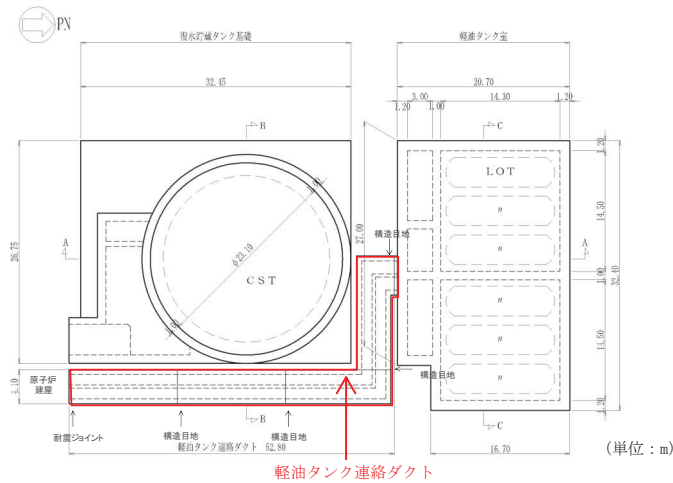
軽油タンク連絡ダクトは原子炉建屋と軽油タンク室を結ぶ、延長約 52. 3m、内空幅 1. 25m、内空高さ 2m の鉄筋コンクリート造の二連地下ダクトで、延長方向に断面の変化が小さい線状構造物である。

よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況、地震力の特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

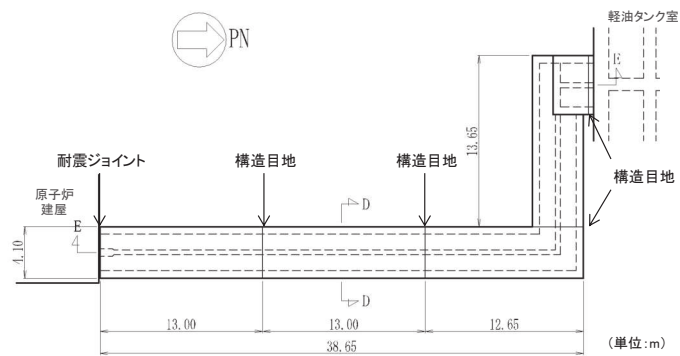
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



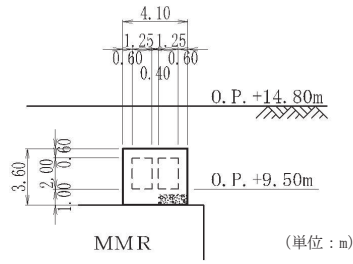
別添 6-2. 4. 1 図 軽油タンク連絡ダクト配置図



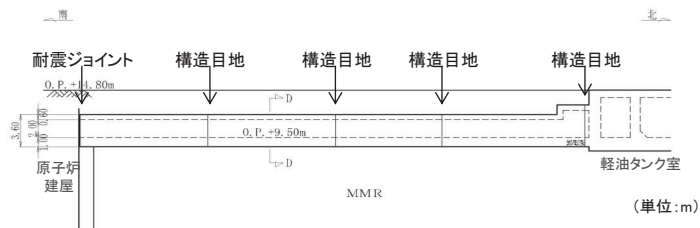
別添 6-2. 4. 2 図 軽油タンク連絡ダクト平面図



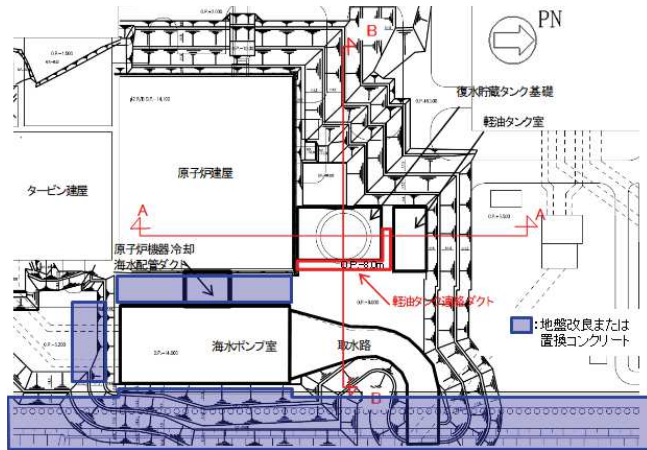
別添 6-2. 4. 3 図 軽油タンク連絡ダクト平面図 (詳細)



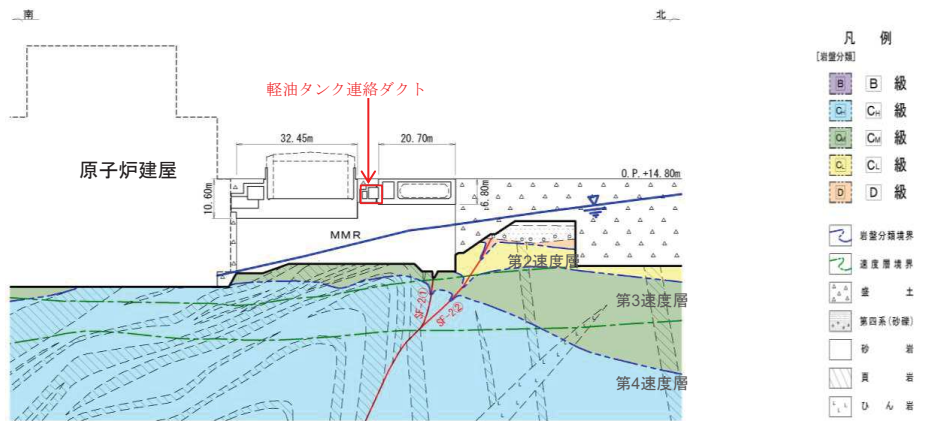
別添 6-2. 4. 4 図 軽油タンク連絡ダクト断面図 (標準部, D-D)



別添 6-2. 4. 5 図 軽油タンク連絡ダクト縦断面図

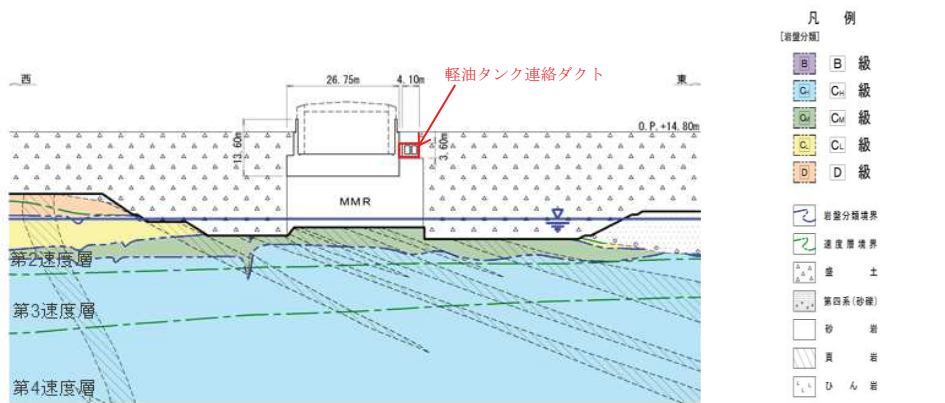


別添 6-2. 4. 6 図 軽油タンク連絡ダクト掘削図



別添 6-2. 4. 7 図 軽油タンク連絡ダクト地質断面図 (A-A)

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 4. 8 図 軽油タンク連絡ダクト地質断面図 (B-B)

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

2.5 取水路 (標準部, 漸拡部)

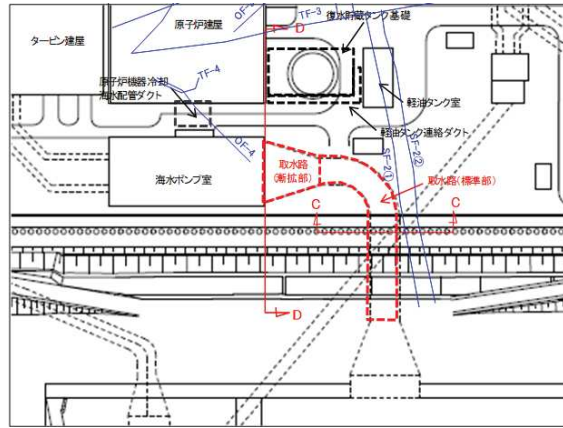
取水路の配置図を別添 6-2. 5. 1 図に、平面図を別添 6-2. 5. 2 図に、断面図を別添 6-2. 5. 3 図、別添 6-2. 5. 4 図に、掘削図を別添 6-2. 5. 5 図に、地質断面図を別添 6-2. 5. 6 図、別添 6-2. 5. 7 図、別添 6-2. 5. 8 図にそれぞれ示す。

取水路は非常用取水設備であり、通水機能及び貯水機能が要求される。

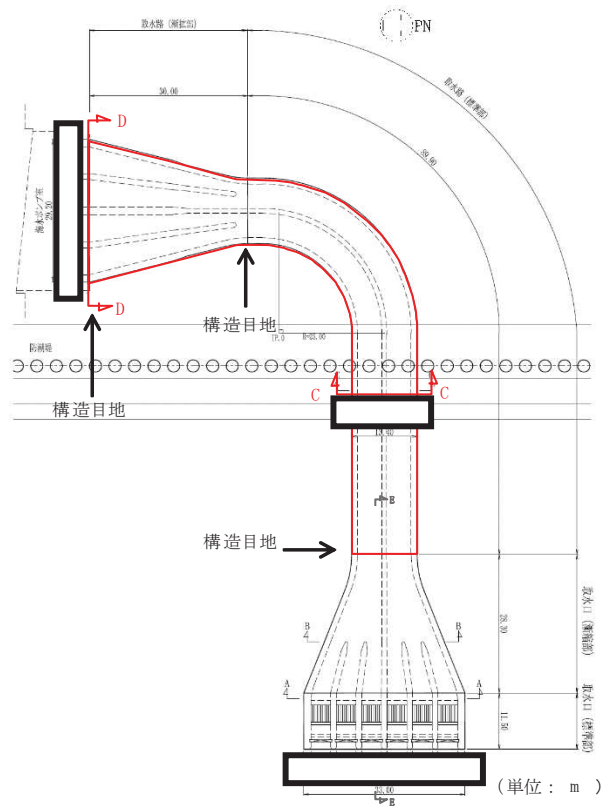
取水路は、取水口と海水ポンプ室を結ぶ、延長 119.9m の鉄筋コンクリート造の地下水路であり、内空幅 、内空高さ の二連カルバート構造で断面一様である標準部と、四連カルバート構造で、下流に向かって内空幅 、内空高さ まで断面が拡幅する漸拡部より構成され、延長方向に断面の変化が小さい線状構造物である (別添 6-2. 5. 2 図、別添 6-2. 5. 3 図、別添 6-2. 5. 4 図)。

よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況、地震力の特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。

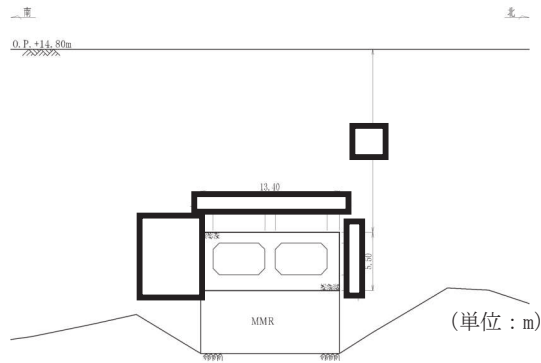


別添 6-2.5.1 図 取水路配置図

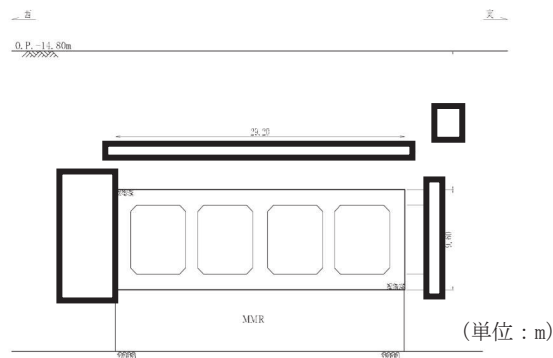


別添 6-2.5.2 図 取水路平面図

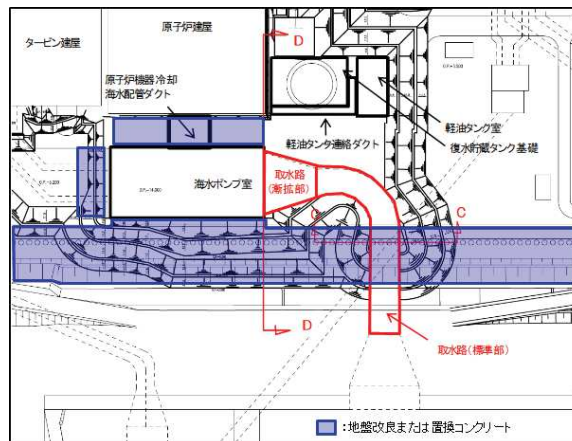
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2. 5. 3 図 取水路断面図 (標準部, C-C)

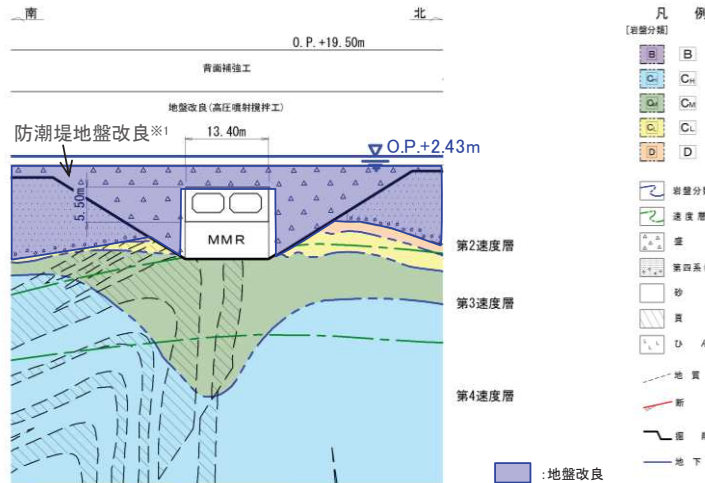


別添 6-2. 5. 4 図 取水路断面図 (漸拡部, D-D)



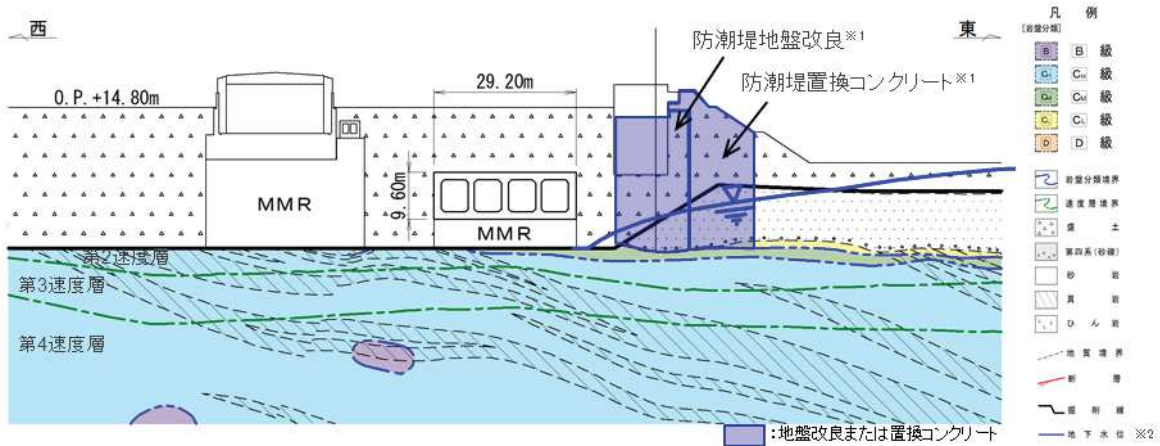
別添 6-2. 5. 5 図 取水路掘削図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2. 5. 6 図 取水路地質断面図 (C-C)

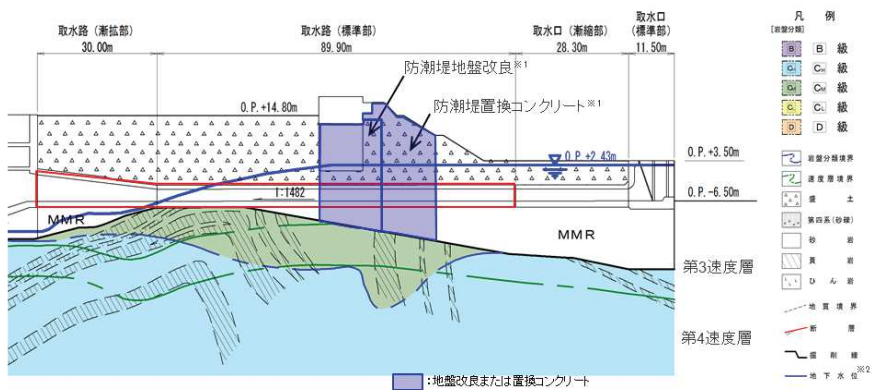
※ 地盤改良の範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。



別添 6-2. 5. 7 図 取水路地質断面図 (D-D)

※1 地盤改良及び置換コンクリートの範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。

※2 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 5. 8 図 取水路地質断面図 (縦断)

※1 地盤改良及び置換コンクリートの範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。

※2 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

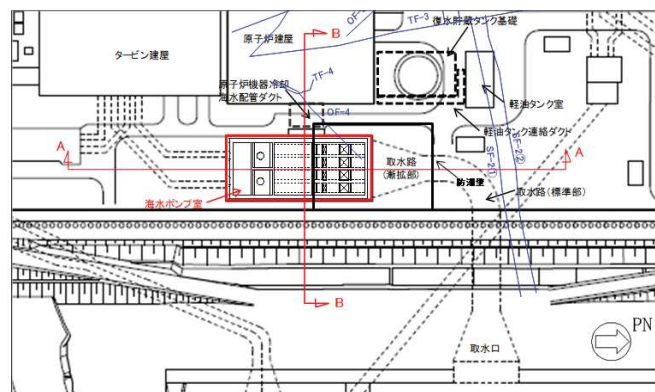
2.6 海水ポンプ室

海水ポンプ室の配置図を別添 6-2.6.1 図に，平面図を別添 6-2.6.2 図に，断面図を別添 6-2.6.3 図，別添 6-2.6.4 図に，掘削図を別添 6-2.6.5 図に，地質断面図を別添 6-2.6.6 図，別添 6-2.6.7 図にそれぞれ示す。

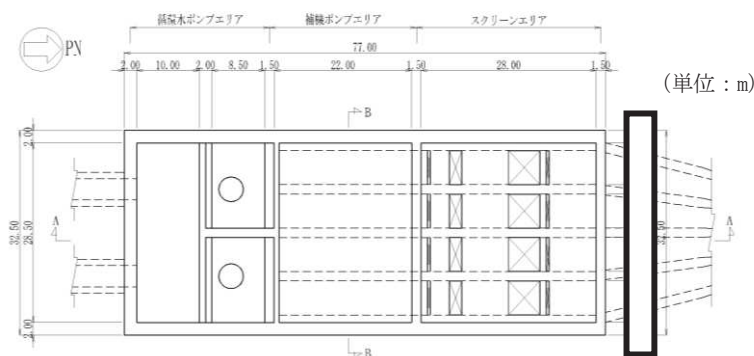
海水ポンプ室は，耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ等の間接支持機能と，非常用取水設備として通水，貯水機能，浸水防止のための止水機能が要求される。

海水ポンプ室は，延長 77m，幅 32.5m，高さ 28.4m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，上流側より，スクリーンエリア，補機ポンプエリア，循環水ポンプエリアの 3 つのエリアにて構成され，構造物の断面が延長方向で異なり，加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱形構造物である（別添 6-2.6.2 図，別添 6-2.6.3 図，別添 6-2.6.4 図）。

よって，構造的特徴，周辺状況，地震力の特性等を考慮して，三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する 2 方向から評価対象断面として選定する。

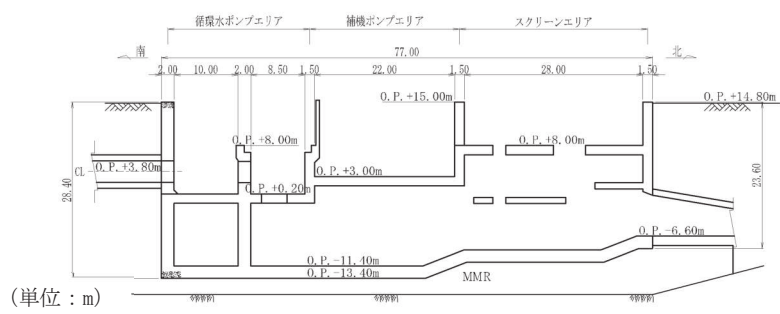


別添 6-2.6.1 図 海水ポンプ室配置図

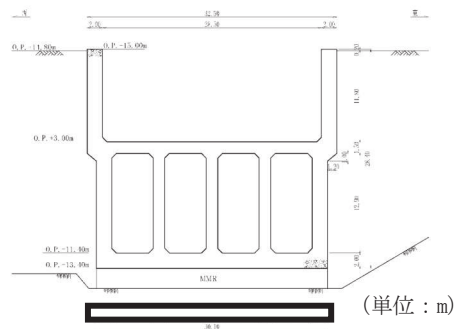


別添 6-2.6.2 図 海水ポンプ室平面図

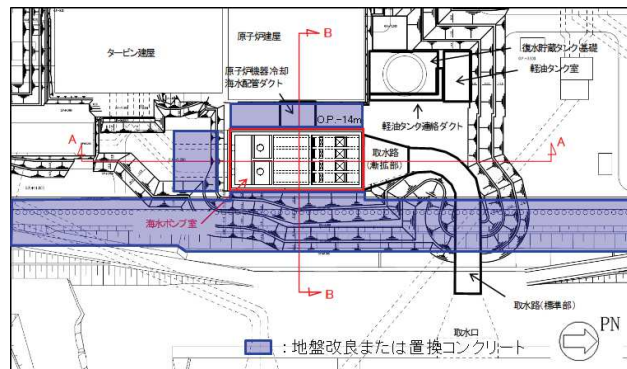
本資料のうち，枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2. 6. 3 図 海水ポンプ室縦断図 (A-A)

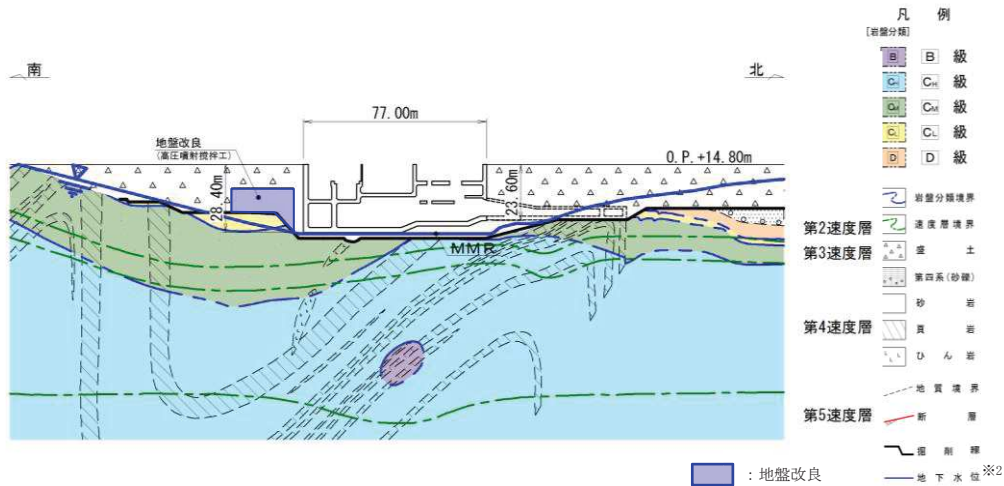


別添 6-2. 6. 4 図 海水ポンプ室断面図 (B-B)



別添 6-2. 6. 5 図 海水ポンプ室掘削図

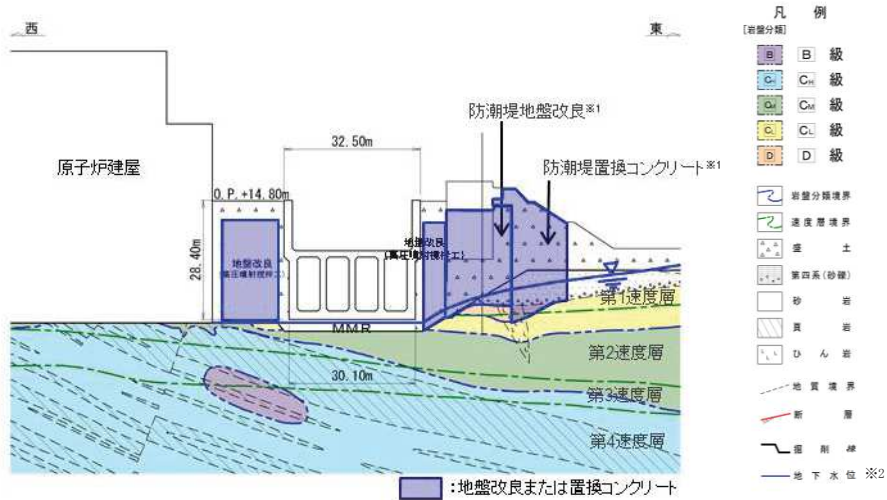
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2. 6. 6 図 海水ポンプ室地質断面図 (A-A)

※1 地盤改良の範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。

※2 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 6. 7 図 海水ポンプ室地質断面図 (B-B)

※1 地盤改良及び置換コンクリートの範囲は今後の設計進捗で変更の可能性がある。

※2 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

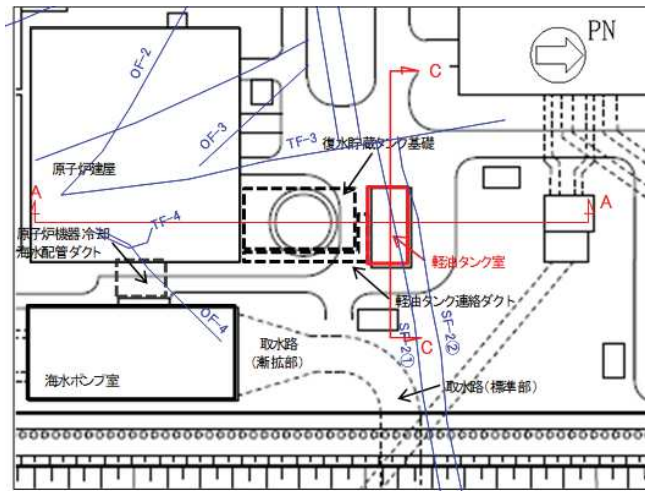
2.7 軽油タンク室

軽油タンク室の配置図を別添 6-2. 7. 1 図に、平面図を別添 6-2. 7. 2 図に、断面図を別添 6-2. 7. 3 図、別添 6-2. 7. 4 図に、掘削図を別添 6-2. 7. 5 図に、地質断面図を別添 6-2. 7. 6 図、別添 6-2. 7. 7 図にそれぞれ示す。

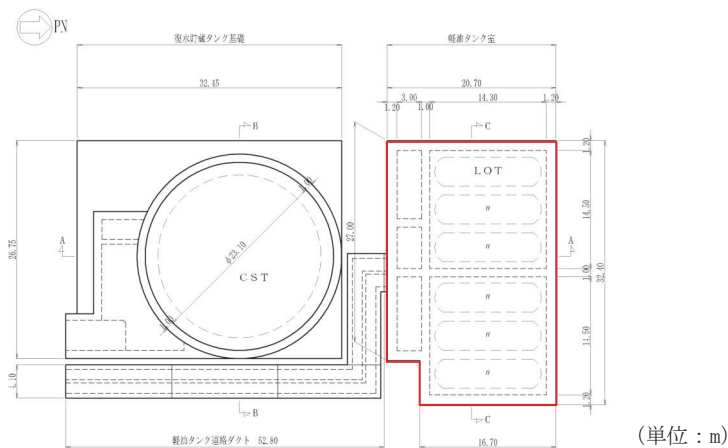
軽油タンク室は耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である軽油タンクや燃料移送系ポンプを間接支持しており、支持機能が要求される。

軽油タンク室は、幅 32.4m (東西方向) × 20.7m (南北方向)、高さ 6.8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱形構造物である (別添 6-2. 7. 2 図、別添 6-2. 7. 3 図、別添 6-2. 7. 4 図)。

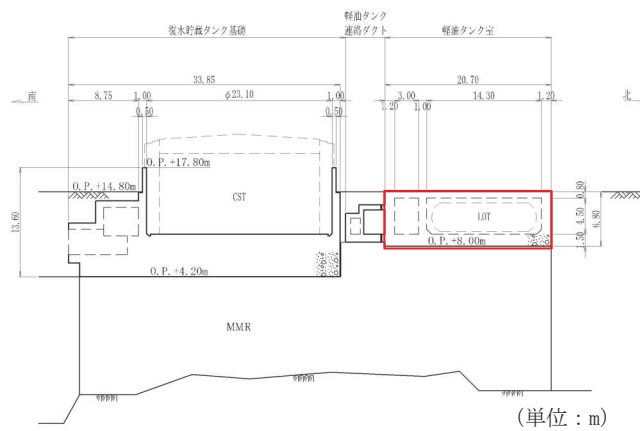
よって、構造的特徴，周辺状況，地震力の特性等を考慮して，三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する2方向から評価対象断面として選定する。



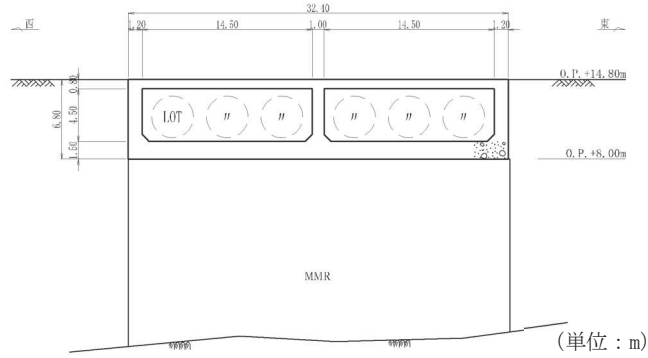
別添 6-2.7.1 図 軽油タンク室配置図



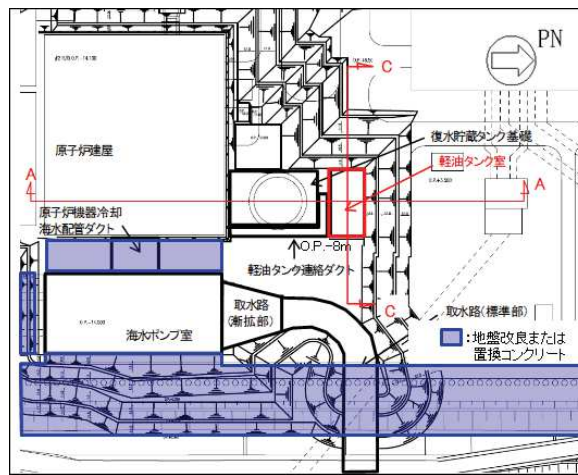
別添 6-2.7.2 図 軽油タンク室平面図



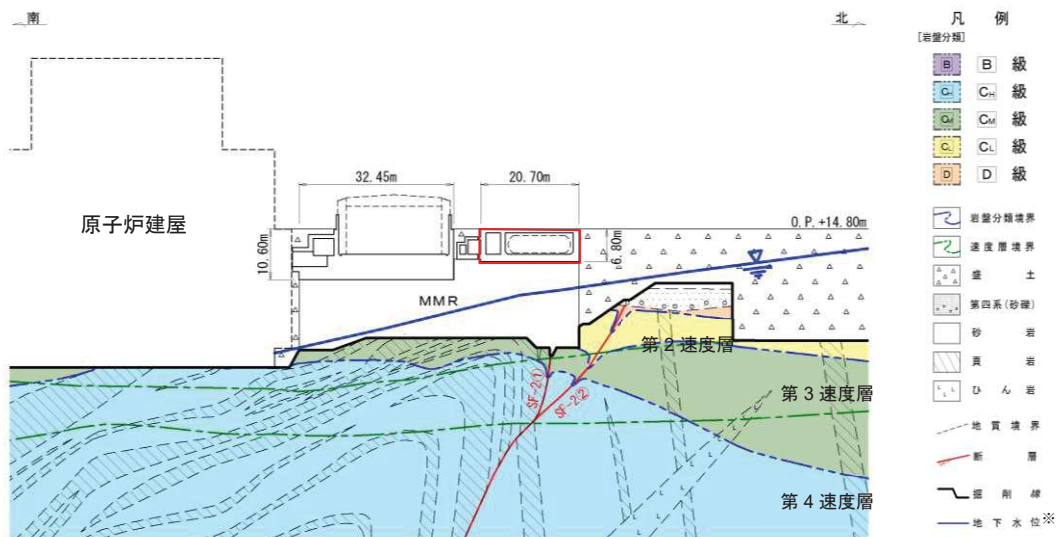
別添 6-2.7.3 図 軽油タンク室断面図 (A-A)



別添 6-2.7.4 図 軽油タンク室断面図 (C-C)

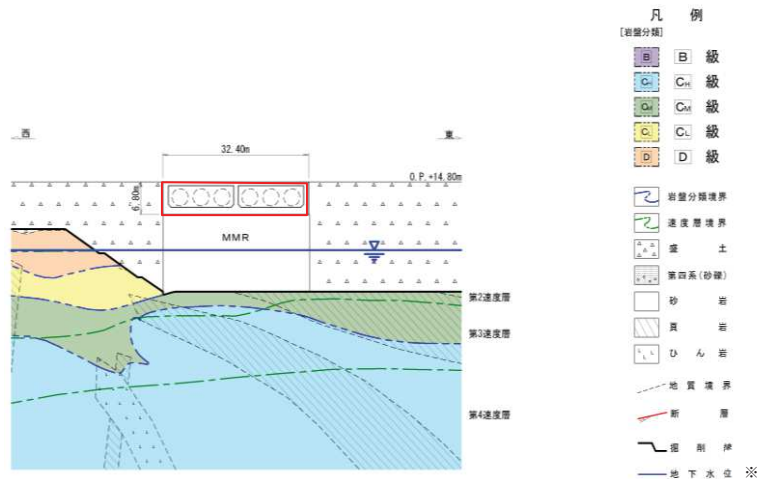


別添 6-2.7.5 図 軽油タンク室掘削図



別添 6-2.7.6 図 軽油タンク室地質断面図 (A-A)

※1 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 7. 7 図 軽油タンク室地質断面図 (C-C)

※1 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

2. 8 取水口，貯留堰

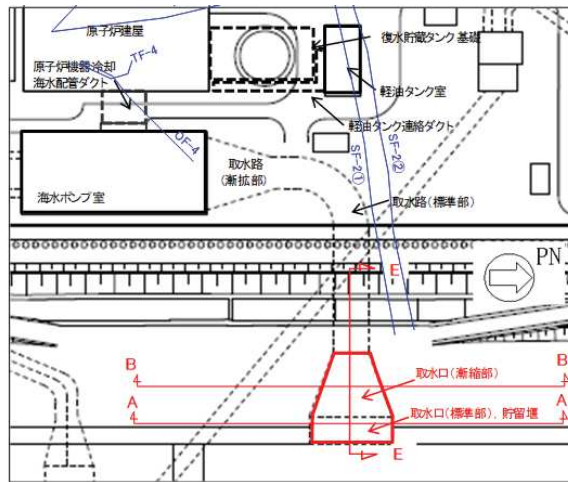
取水口及び貯留堰の配置図を別添 6-2. 8. 1 図に，平面図を別添 6-2. 8. 2 図に，断面図を別添 6-2. 8. 3 図，別添 6-2. 8. 4 図，別添 6-2. 8. 5 図に，掘削図を別添 6-2. 8. 6 図に，地質断面図を別添 6-2. 8. 7 図，別添 6-2. 8. 8 図，別添 6-2. 8. 9 図にそれぞれ示す。

取水口は非常用取水設備であり通水機能及び貯水機能が要求される。また，貯留堰は非常用取水設備及び津波防護施設であり通水機能及び貯水機能が要求される。

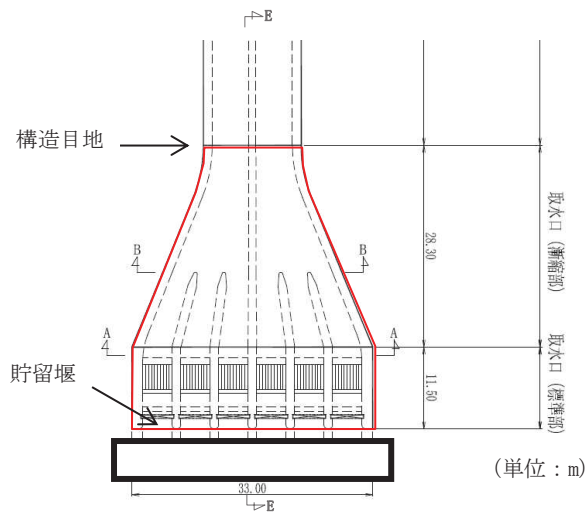
取水口は鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，延長 11. 5m，内空幅 ，内空高さ の六連カルバート構造の標準部と，延長 28. 3m で内空幅 ，内空高さ の六連カルバートから内空幅 ，内空高さ の二連カルバートに断面が縮小する漸縮部より構成され，構造物の断面が延長方向で異なり，加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱形構造物である（別添 6-2. 8. 2 図，別添 6-2. 8. 3 図，別添 6-2. 8. 4 図，別添 6-2. 8. 5 図）。

よって，構造的特徴，周辺状況，地震力の特性等を考慮して，三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する 2 方向から評価対象断面として選定する。

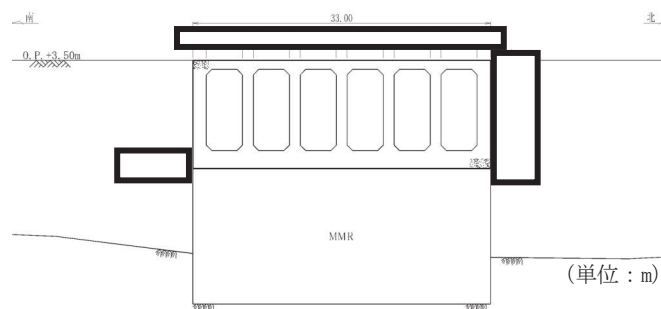
本資料のうち，枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2.8.1 図 取水口，貯留堰配置図

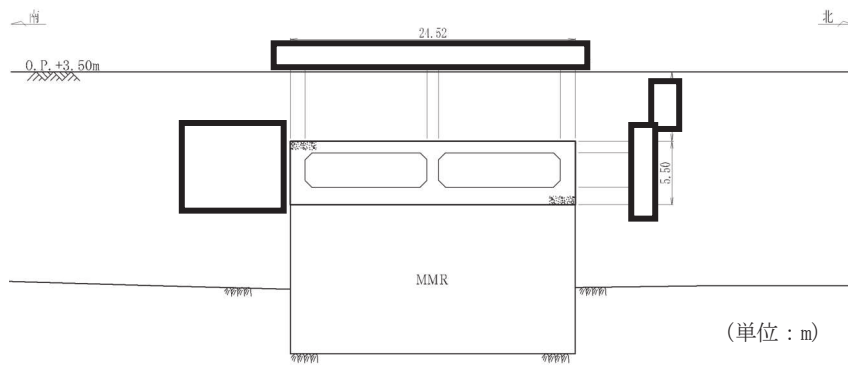


別添 6-2.8.2 図 取水口，貯留堰平面図

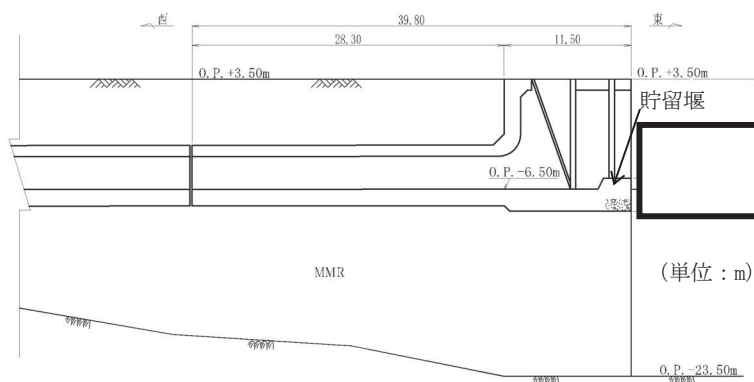


別添 6-2.8.3 図 取水口断面図 (標準部, A-A)

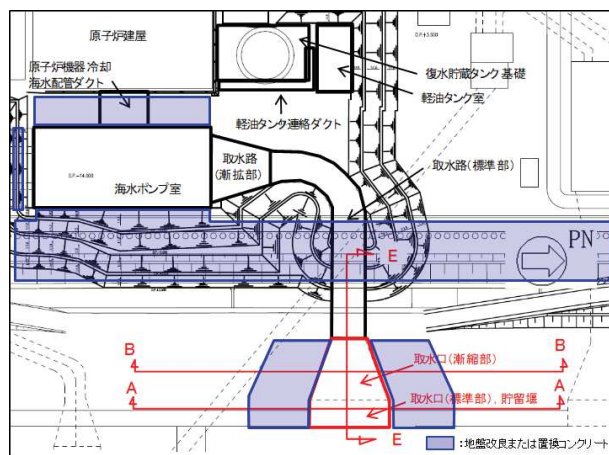
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2. 8. 4 図 取水口断面図 (漸縮部, B-B)

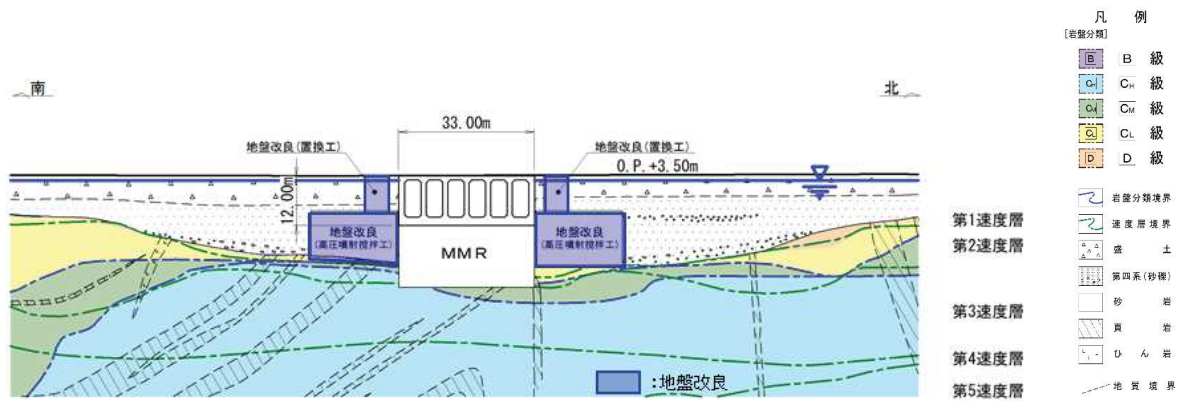


別添 6-2. 8. 5 図 取水口, 貯留堰縦断面図 (E-E)

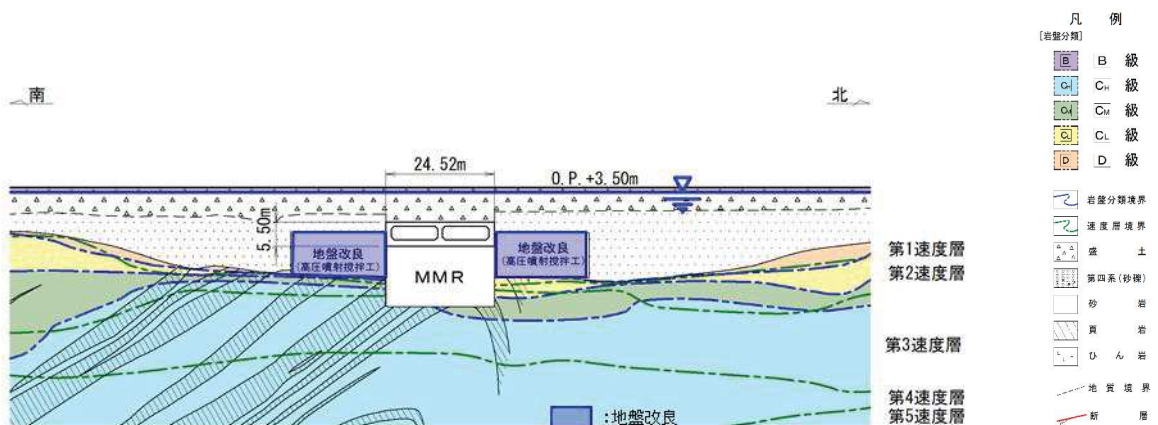


別添 6-2. 8. 6 図 取水口掘削図

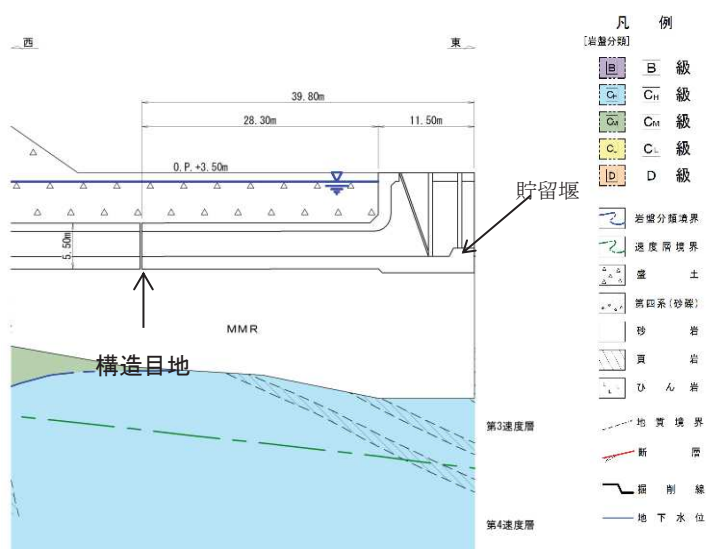
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-2. 8. 7 図 取水口地質断面図 (標準部)



別添 6-2. 8. 8 図 取水口地質断面図 (漸縮部)



別添 6-2. 8. 9 図 取水口，貯留堰地質断面図 (縦断面部)

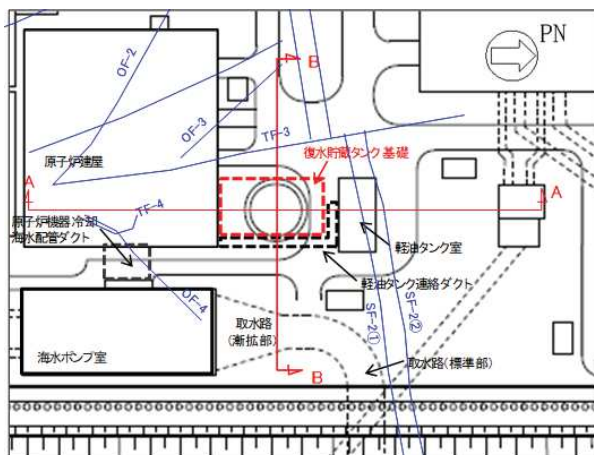
2.9 復水貯蔵タンク基礎

復水貯蔵タンク基礎の配置図を別添 6-2.9.1 図に、平面図を別添 6-2.9.2 図に、断面図を別添 6-2.9.3 図、別添 6-2.9.4 図に、掘削図を別添 6-2.9.5 図に、地質断面図を別添 6-2.9.6 図、別添 6-2.9.7 図にそれぞれ示す。

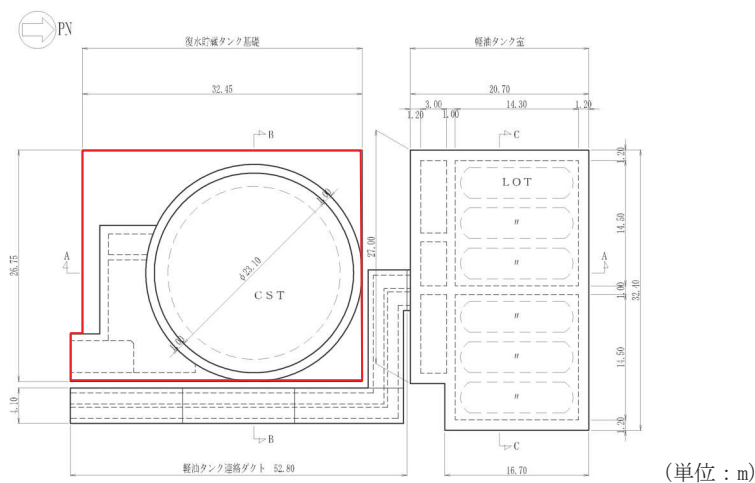
復水貯蔵タンク基礎は、常設重大事故等対処設備である復水貯蔵タンクを間接支持しており、支持機能が要求される。

復水貯蔵タンク基礎は、幅 26.75m（東西方向）×32.45m（南北方向）、高さ 13.6m の鉄筋コンクリート造の地中構造物で、復水貯蔵タンクを間接支持する基礎版と円筒形の遮蔽壁から構成され、構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱形構造物である（別添 6-2.9.2 図、別添 6-2.9.3 図、別添 6-2.9.4 図）。

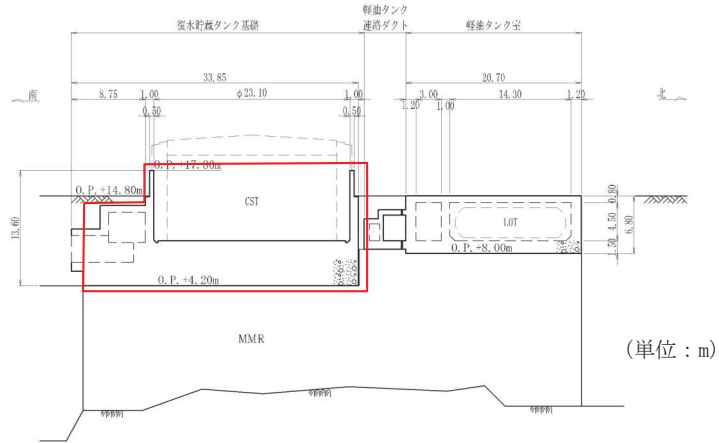
よって、構造的特徴、周辺状況、地震力の特性等を考慮して、三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する 2 方向から評価対象断面として選定する。



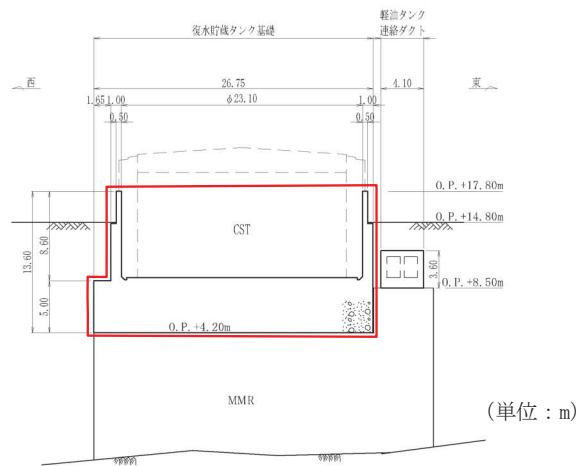
別添 6-2.9.1 図 復水貯蔵タンク基礎配置図



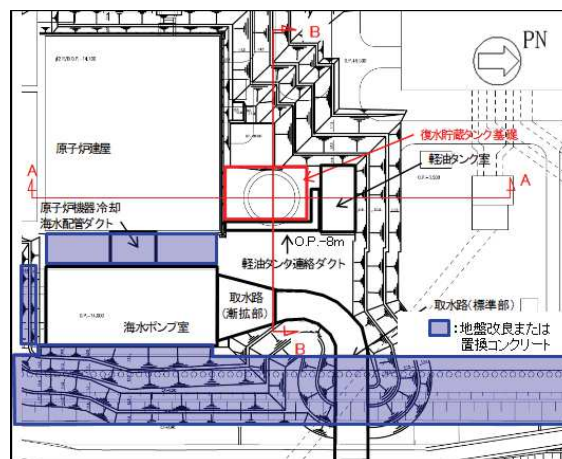
別添 6-2.9.2 図 復水貯蔵タンク基礎平面図



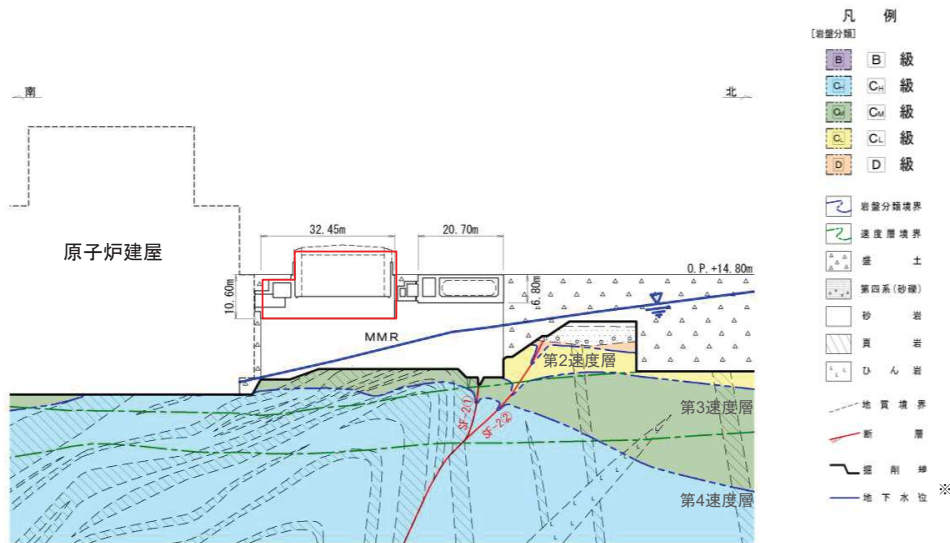
別添 6-2.9.3 図 復水貯蔵タンク基礎断面図 (A-A)



別添 6-2.9.4 図 復水貯蔵タンク基礎断面図 (B-B)

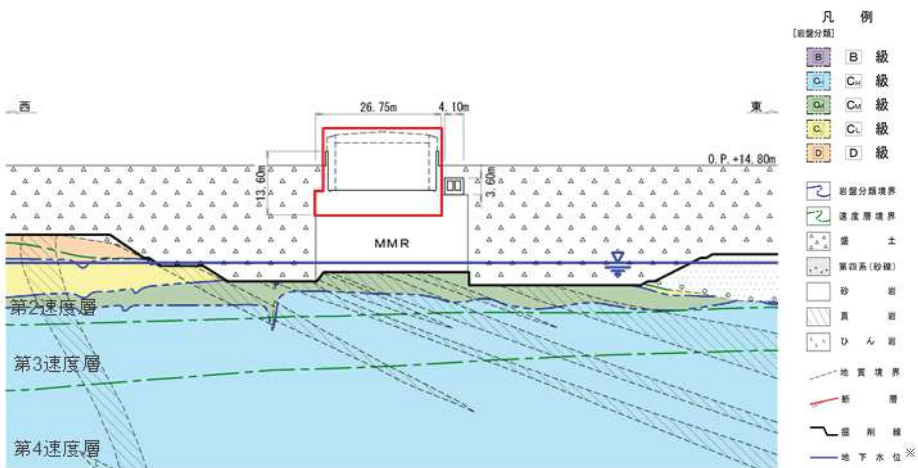


別添 6-2.9.5 図 復水貯蔵タンク基礎掘削図



別添 6-2. 9. 6 図 復水貯蔵タンク地質断面図 (A-A)

※1 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-2. 9. 7 図 復水貯蔵タンク地質断面図 (B-B)

※1 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

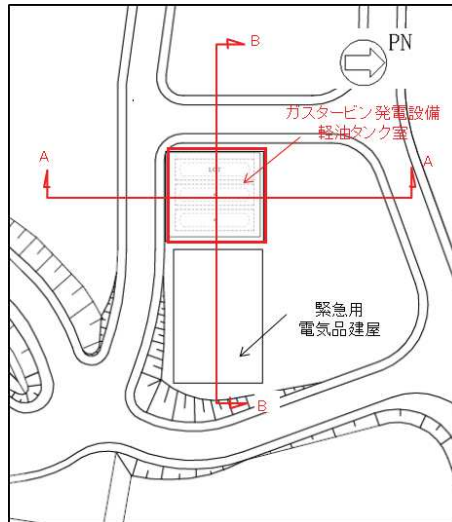
2.10 ガスタービン発電設備軽油タンク室

ガスタービン発電設備軽油タンク室の配置図を別添 6-2. 10. 1 図に、平面図を別添 6-2. 10. 2 図に、断面図を別添 6-2. 10. 3 図、別添 6-2. 10. 4 図に、掘削図を別添 6-2. 10. 5 図に、地質断面図を別添 6-2. 10. 6 図、別添 6-2. 10. 7 図にそれぞれ示す。

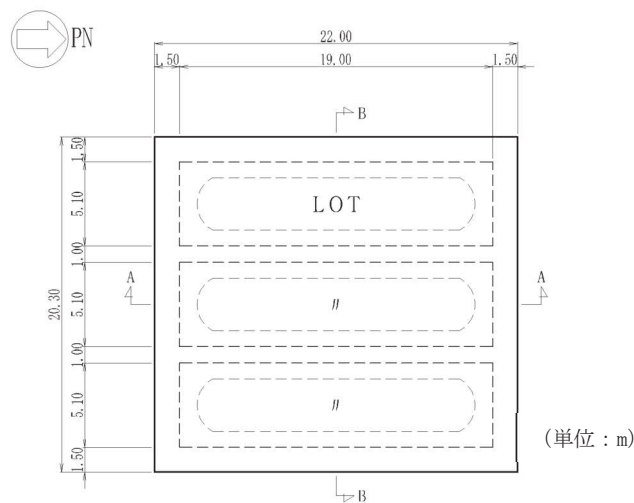
ガスタービン発電設備軽油タンク室は常設重大事故等対処設備であるガスタービン発電設備軽油タンクを間接支持しており、支持機能が要求される。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、幅 20. 3m (東西方向) × 22m (南北方向)、高さ 7. 1m の鉄筋コンクリート造の地中構造物で、構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱形構造物である (別添 6-2. 10. 2 図、別添 6-2. 10. 3 図、別添 6-2. 10. 4 図)。

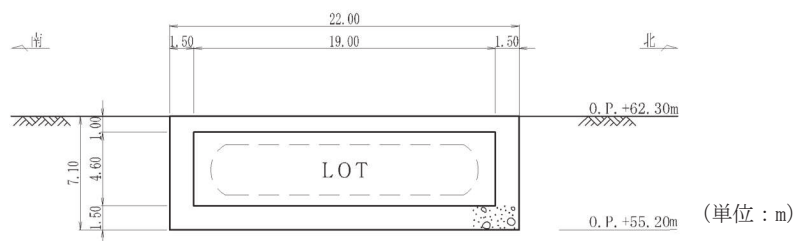
よって、構造的特徴，周辺状況，地震力の特性等を考慮して，三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する2方向から評価対象断面として選定する。



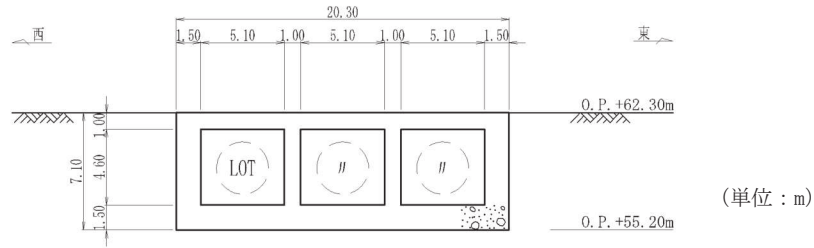
別添 6-2. 10. 1 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室配置図



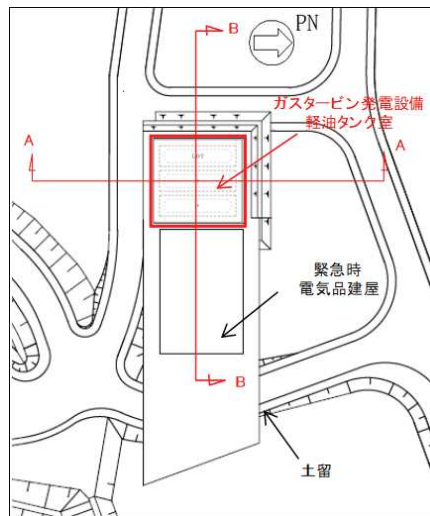
別添 6-2. 10. 2 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室平面図



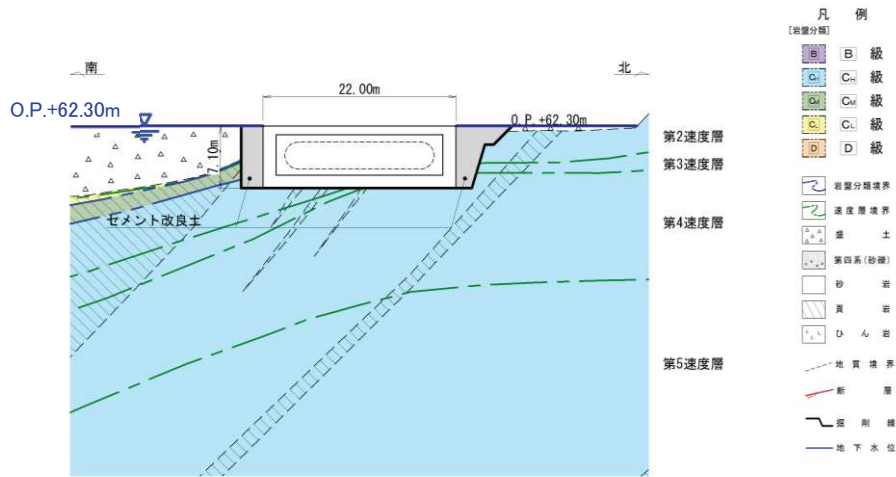
別添 6-2. 10. 3 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (A-A)



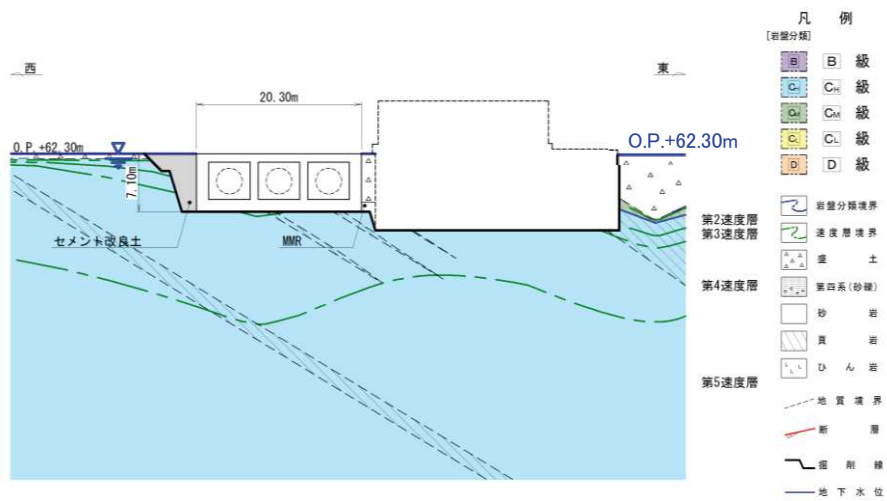
別添 6-2. 10. 4 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (B-B)



別添 6-2. 10. 5 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室掘削図



別添 6-2. 10. 6 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室地質断面図 (A-A)



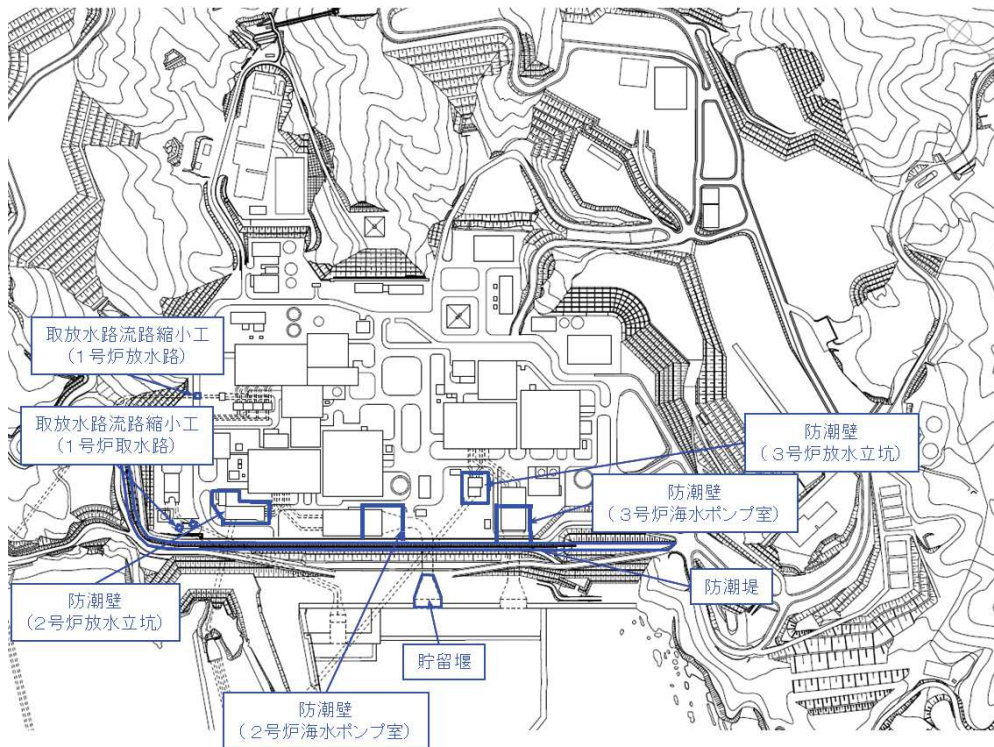
別添 6-2. 10. 7 図 ガスタービン発電設備軽油タンク室地質断面図 (B-B)

3 津波防護施設の耐震評価における断面選定の考え方

本章では、津波防護施設である、防潮堤、防潮壁及び取放水路流路縮小工の断面選定の考え方を示す。なお、貯留堰の耐震評価は、取水口と同じモデルで評価するため、取水口の断面選定の基本方針に準ずる。

別添 6-3. 1. 1 図に津波防護施設の全体配置図を示す。

なお、津波防護施設の設計においては、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う、約1mの沈降を考慮する。



別添 6-3. 1. 1 図 津波防護施設の全体配置図

3.1 防潮堤

防潮堤の平面図を別添 6-3.1.2 図に、縦断図を別添 6-3.1.3 図に示す。防潮堤は、鋼管式鉛直壁（一般部）、鋼管式鉛直壁（岩盤部）及び盛土堤防に区分され、総延長は約 800m、天端高さは O. P. +29m からなる。鋼管式鉛直壁（一般部）、鋼管式鉛直壁（岩盤部）及び盛土堤防の構造を別添 6-3.1.4～別添 6-3.1.8 図に示す。

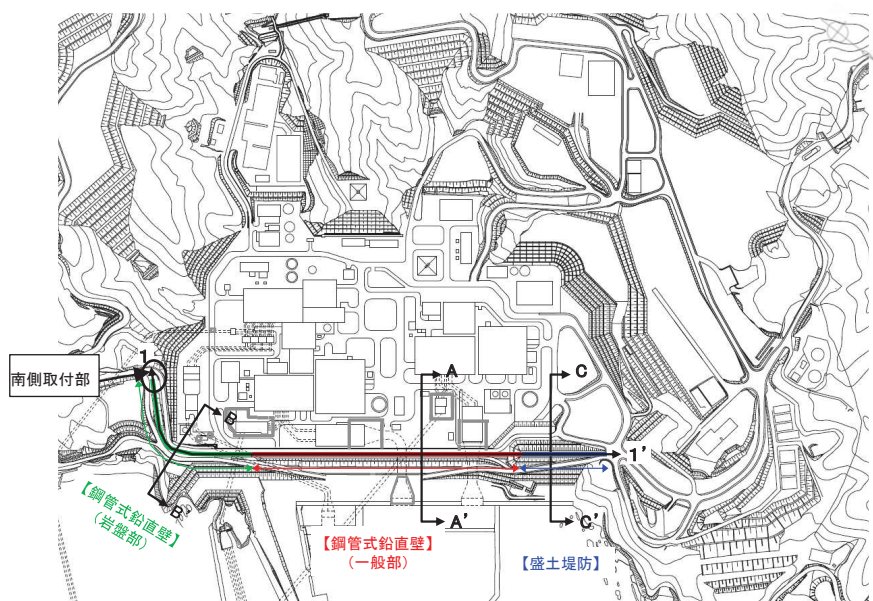
防潮堤は、屋外重要土木構造物等と同様の考え方に加え、各部位の役割及び設計方針を踏まえ、津波に対する止水機能維持も含めた耐震評価を行うため、耐震・耐津波評価を行う上で厳しい断面を選定する。

以下に断面選定に関連する評価上の留意点を示す。

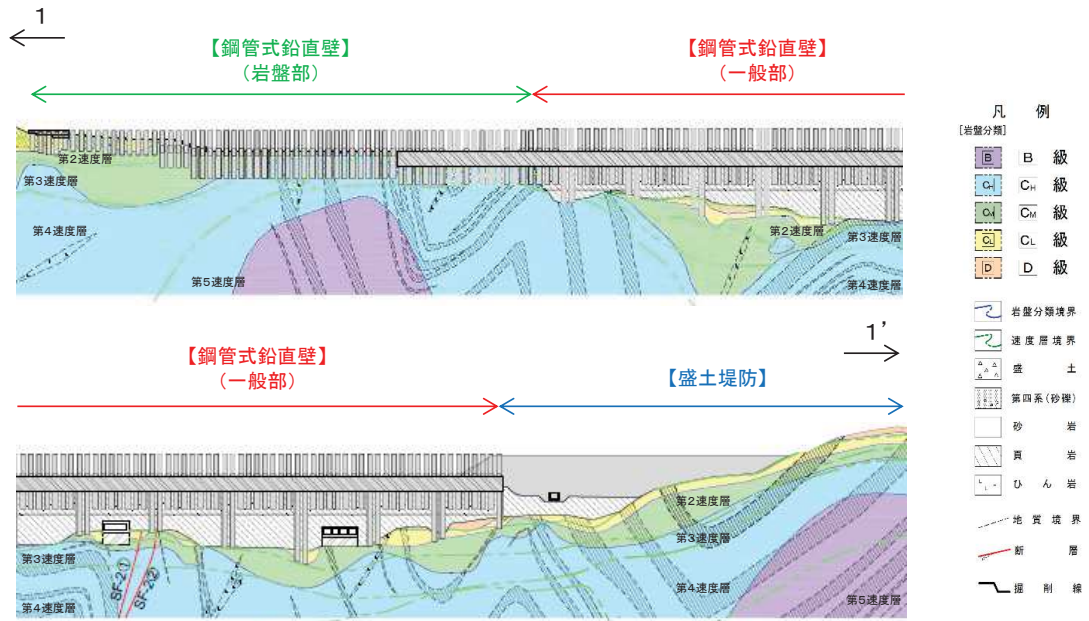
- ・ 延長方向に断面の変化がない線状構造物であり、屋外重要土木構造物等の考え方に基づき、評価対象断面を選定する*。
- ・ 鋼管式鉛直壁（一般部）と盛土堤防の境界部の断面を検討断面として追加する。
- ・ 止水機能の他に津波監視設備である津波監視カメラ（防潮堤北側エリアに今後設置予定）を間接支持することとしており、支持機能が要求される。床応答算出位置については、今後設置予定の津波監視カメラの設計方針を踏まえ、必要に応じて断面の追加を検討することとする。

各部位の役割及び設計方針並びに評価上の留意点の詳細については、審査資料「津波による損傷の防止 添付資料 2 4 防潮堤の設計方針及び構造成立性の評価結果について」に記載する。

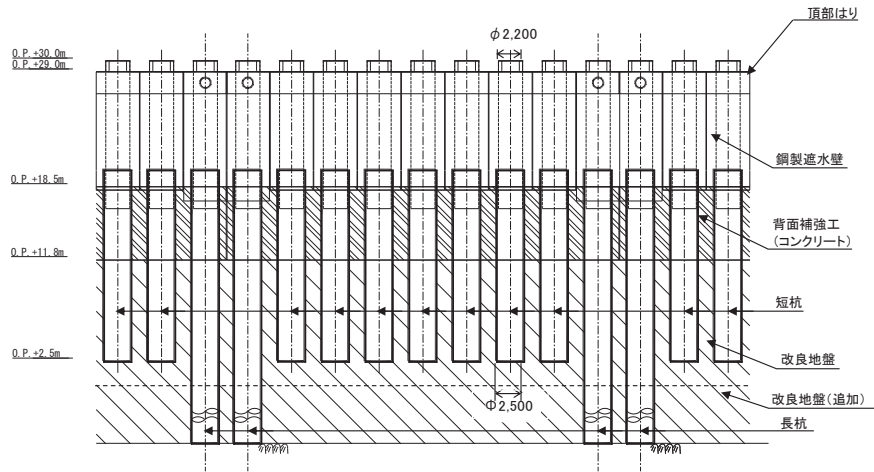
※防潮堤の審査のうち設置許可段階における構造成立性評価にて示した評価断面以外に、一次元地震応答解析結果を参照し、必要に応じて検討断面を追加する。



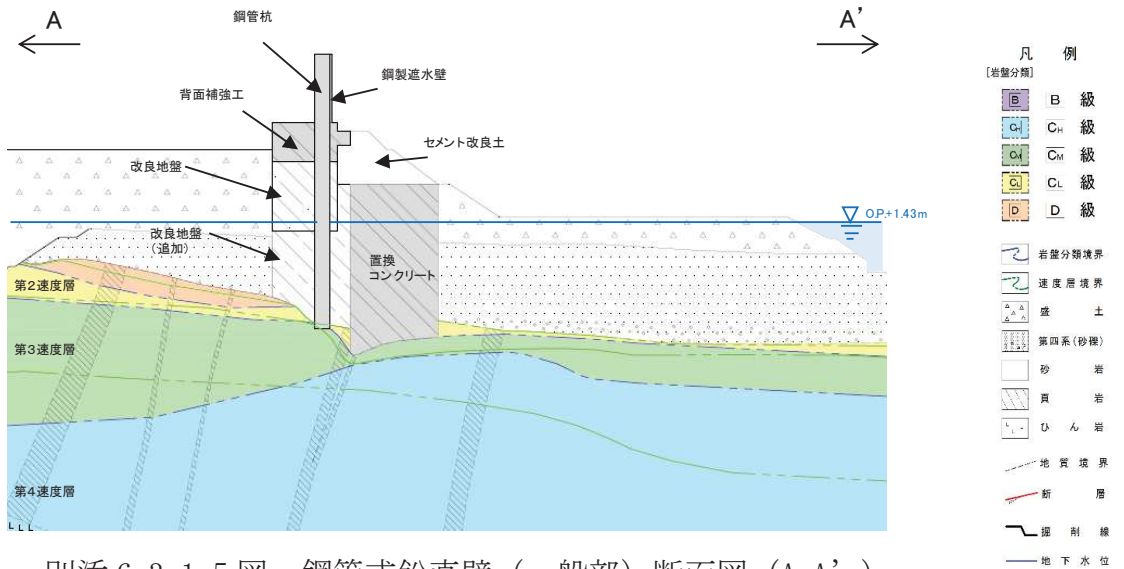
別添 6-3.1.2 図 防潮堤平面図



別添 6-3. 1. 3 図 防潮堤縦断面図

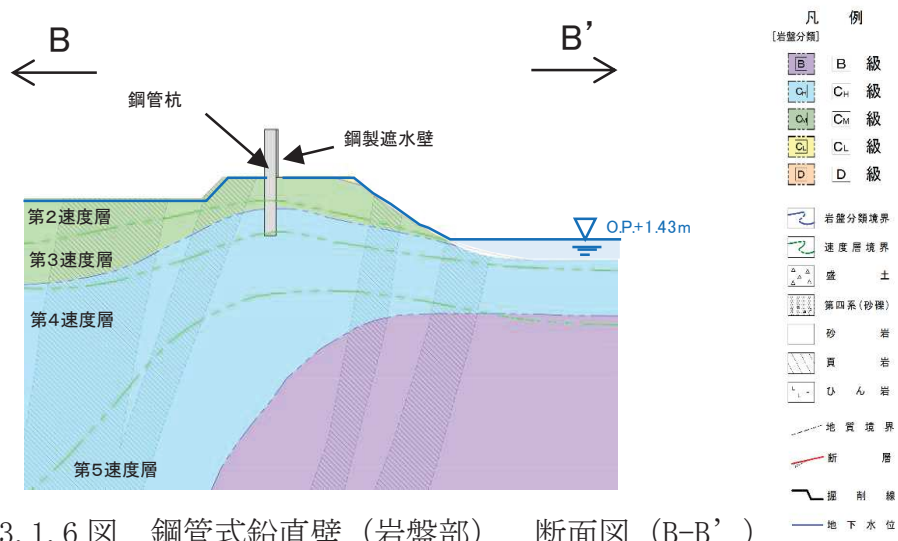


別添 6-3. 1. 4 図 鋼管式鉛直壁（一般部） 正面図

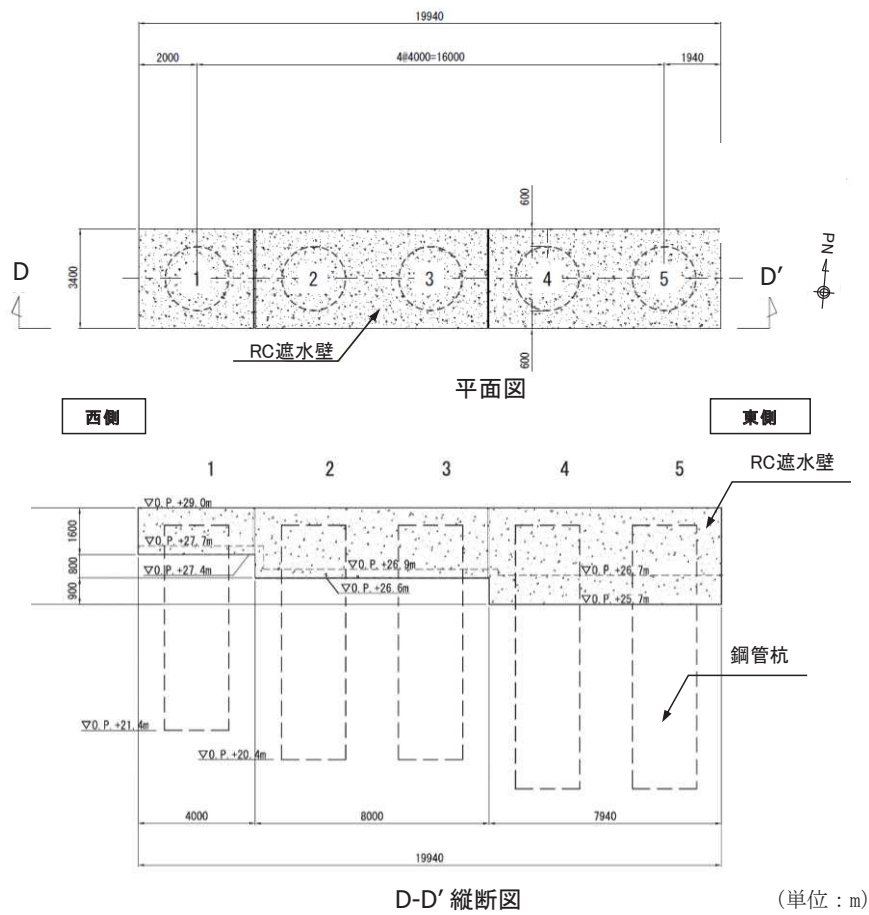


別添 6-3. 1. 5 図 鋼管式鉛直壁（一般部）断面図 (A-A')

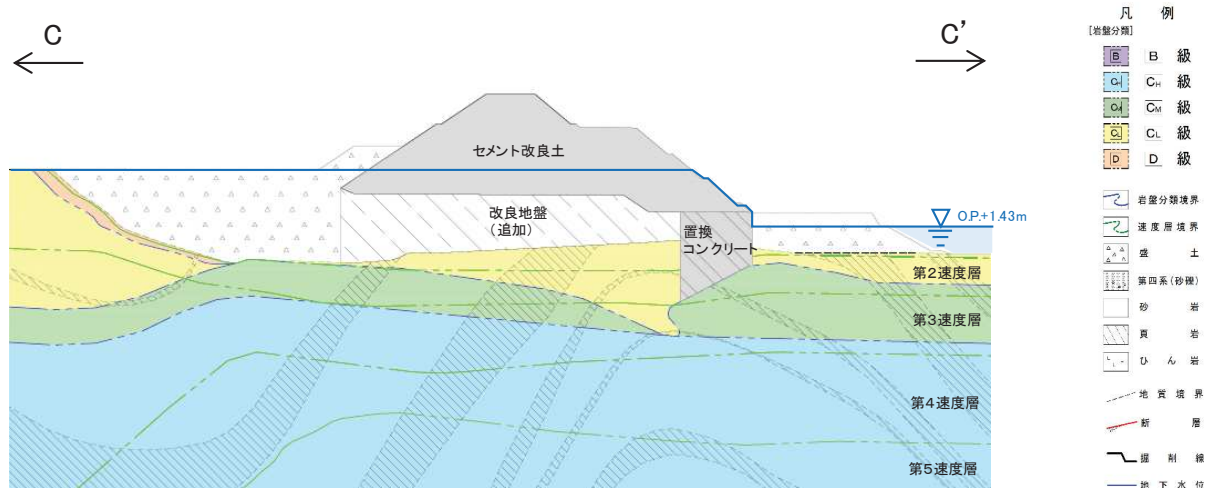
※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



別添 6-3. 1. 6 図 鋼管式鉛直壁 (岩盤部) 断面図 (B-B')



別添 6-3. 1. 7 図 南側取付部 詳細図



別添 6-3.1.8 図 盛土堤防 断面図

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

3.2 防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉、RC 遮水壁）

防潮壁の配置図を別添 6-3.2.1 図に、縦断面図を別添 6-3.2.2 図、別添 6-3.2.3 図、別添 6-3.2.4 図、別添 6-3.2.5 図に示す。防潮壁は、総延長は約 680m、天端高さは 0. P. +19. 0m 又は 0. P. +20. 0m で、上部工の構造形式により、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉及び RC 遮水壁に区分される。それぞれの構造概要を別添 6-3.2.6 図、別添 6-3.2.7 図、別添 6-3.2.8 図、別添 6-3.2.9 図に示す。

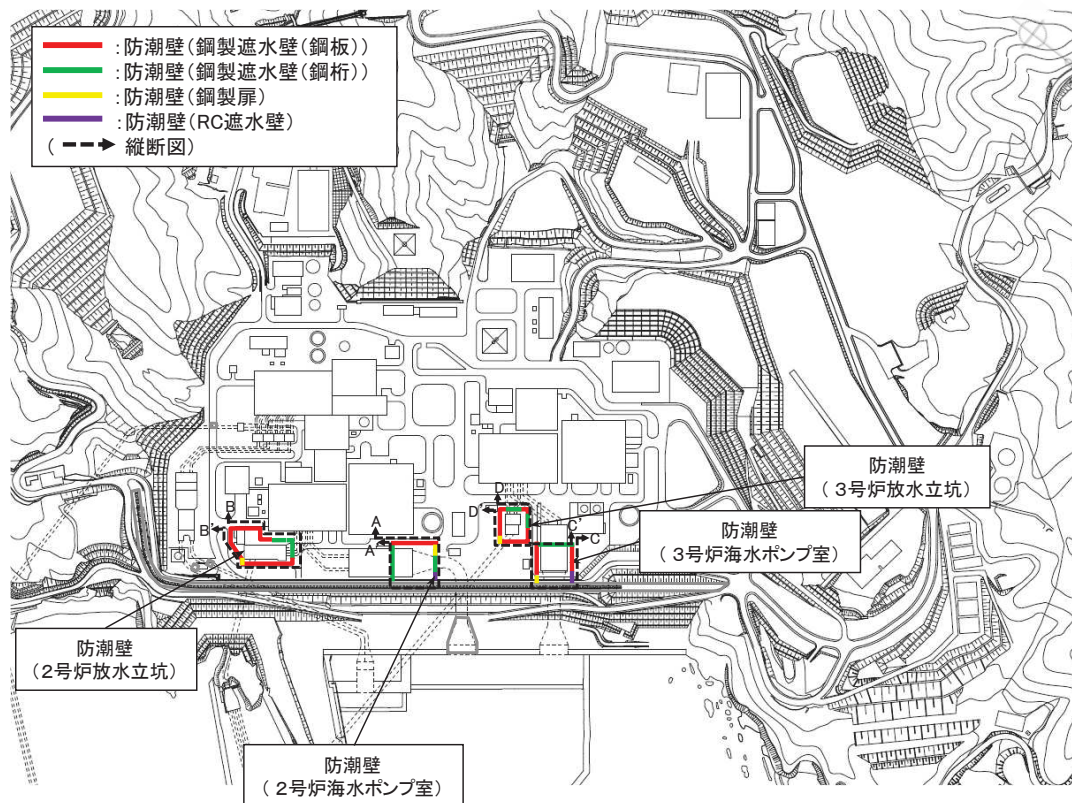
防潮壁は、鋼管杭と基礎フーチングからなる下部工と、構造形式毎に鋼製又は鉄筋コンクリート製の上部工から構成され、同一構造形式間の構造目地部や各構造形式間の接合部には変位追従性を有する止水ジョイントを設置する津波防護施設である。

よって、屋外重要土木構造物等と同様の考え方に加え、各部位の役割及び設計方針を踏まえ、津波に対する止水機能維持も含めた耐震評価を行うため、耐震・耐津波評価を行う上で厳しい断面を選定する。

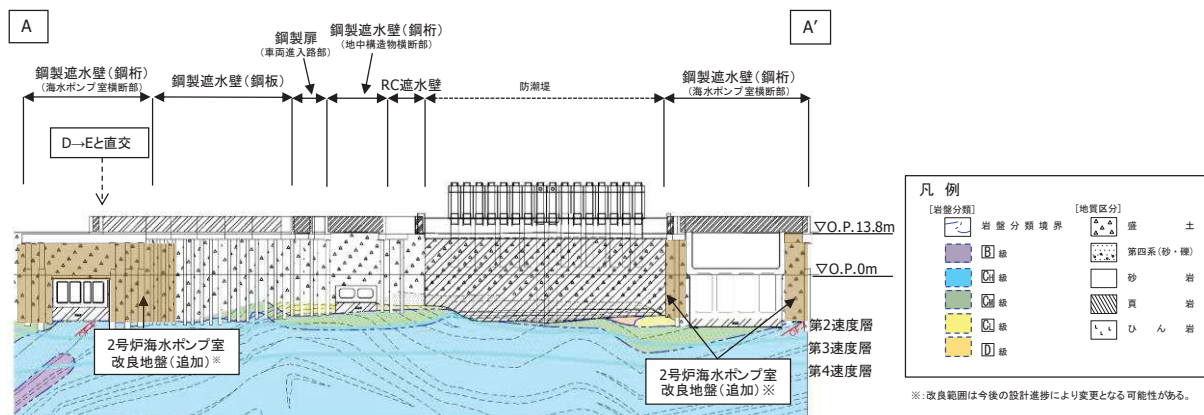
以下に断面選定に関連する評価上の留意点を示す。

- ・ 延長方向に断面の変化がない線状構造物である鋼製遮水壁（鋼板）は、屋外重要土木構造物等の考え方に基づき、評価対象断面を選定する。
- ・ 鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉及び RC 遮水壁は、構造諸元（上部工の高さ、幅等）の異なる同一構造形式が複数個所に設置されることから、次元地震応答解析等を実施し、評価の代表性が説明できる場合には、評価対象構造物の絞り込みを行う。
- ・ なお、下部工と上部工で厳しい結果となる断面が異なる可能性を踏まえ、上部工と下部工のそれぞれに与える影響を考慮して、評価対象断面の選定及び評価対象構造物の絞り込みを行う。
- ・ また、同一構造形式間の構造目地部や各構造形式間の接合部に止水ジョイントを設置することとしており、地震時の変位追従性を確認する必要があることから、地震応答解析結果等から相対変位量が大きくなる箇所を変位量評価断面として抽出する。

各部位の役割及び設計方針並びに評価上の留意点の詳細については、審査資料「津波による損傷の防止 添付資料 3 3 杭基礎構造防潮壁の設計方針について」に記載する。

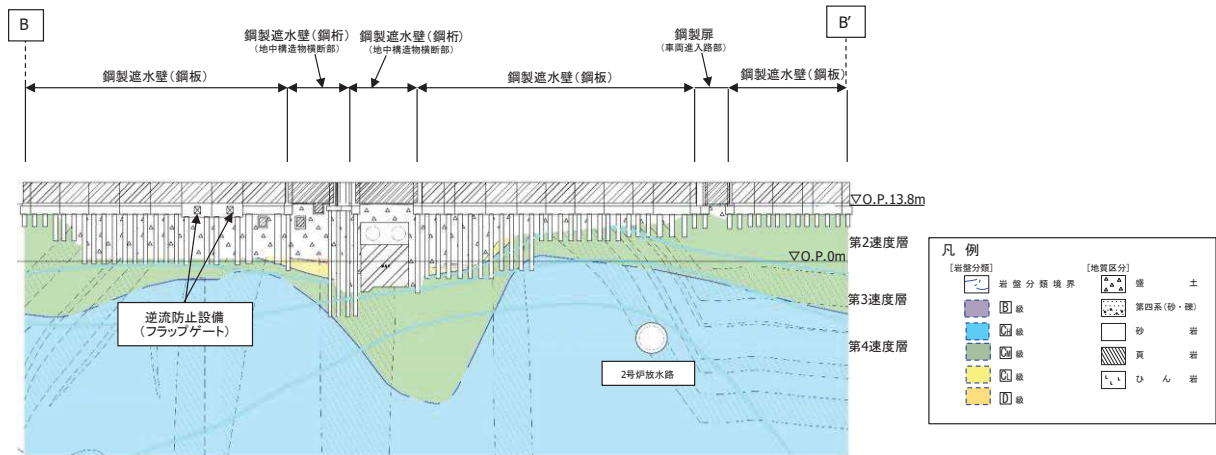


別添 6-3. 2. 1 図 防潮壁配置図



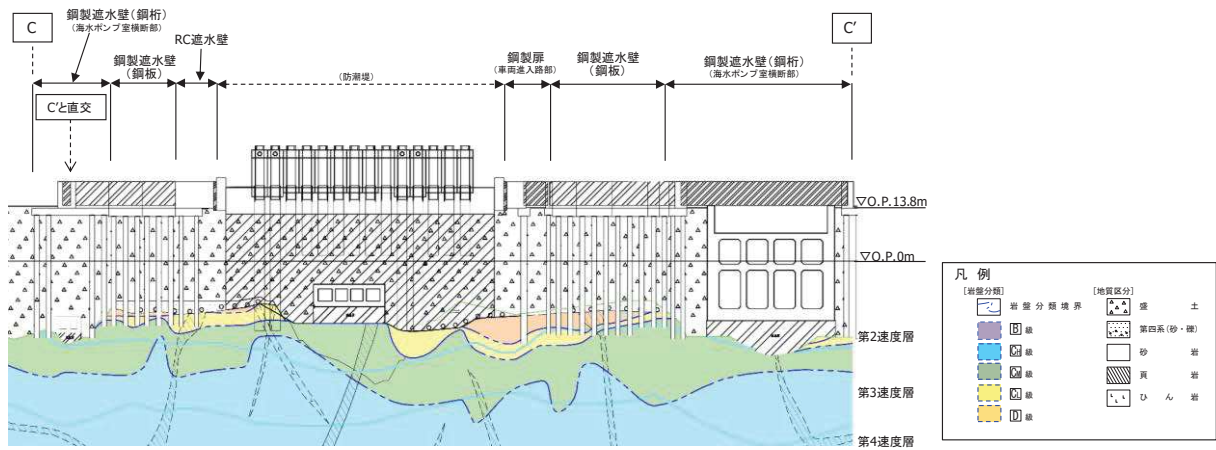
別添 6-3. 2. 2 図 防潮壁縦断面図 (2号炉海水ポンプ室)

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



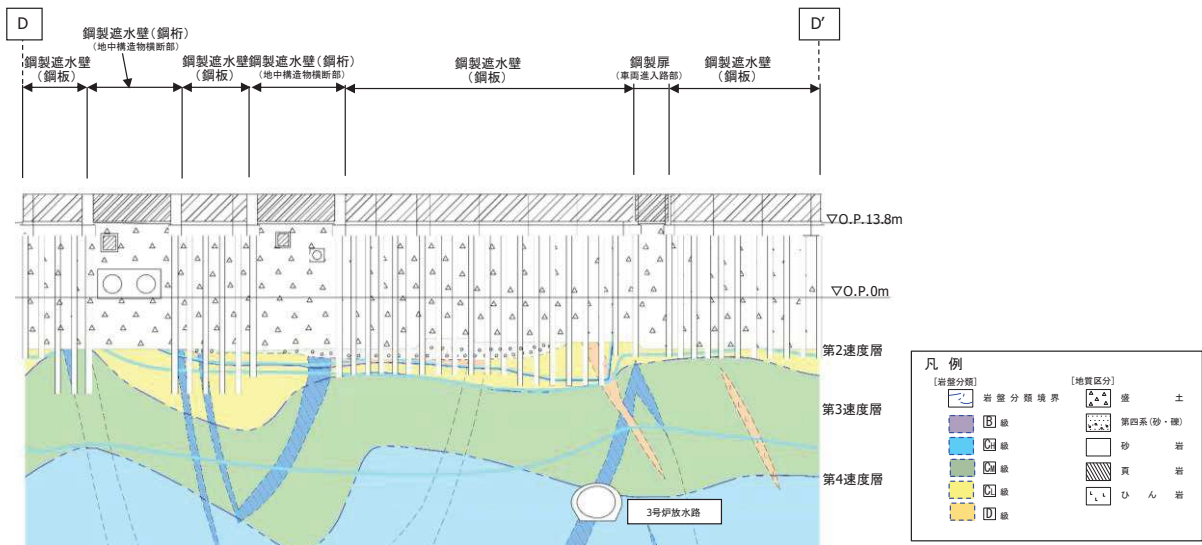
別添 6-3. 2. 3 図 防潮壁縦断面図（2号炉放水立坑）

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



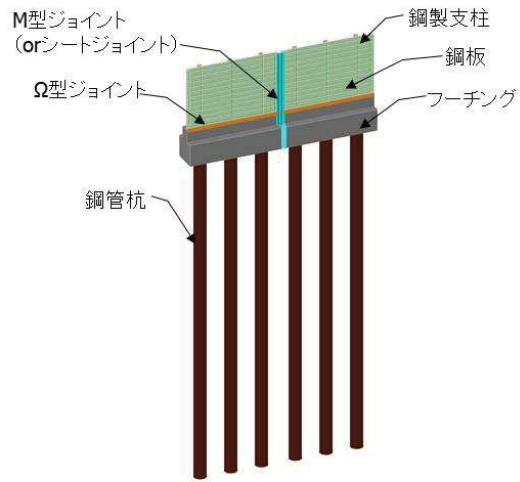
別添 6-3. 2. 4 図 防潮壁縦断面図（3号炉海水ポンプ室）

※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。

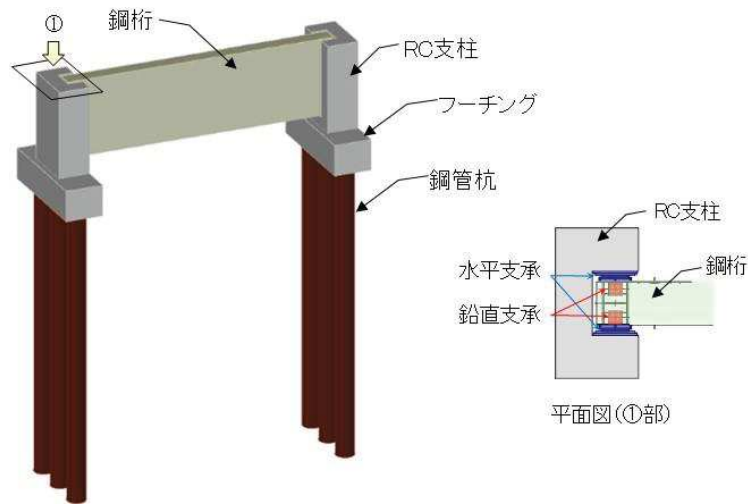


別添 6-3. 2. 5 図 防潮壁縦断面図（3号炉放水立坑）

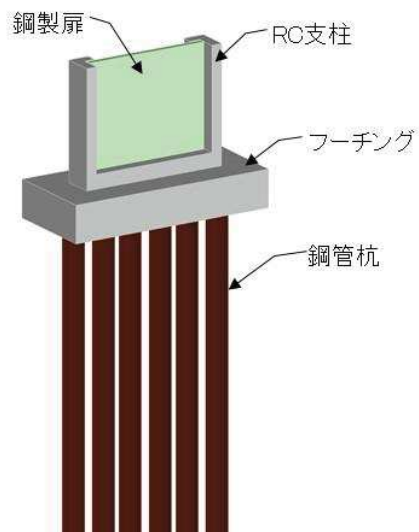
※ 地下水位は、今後実施する浸透流解析等の地下水位設定に係る検討の結果を踏まえて設定する。



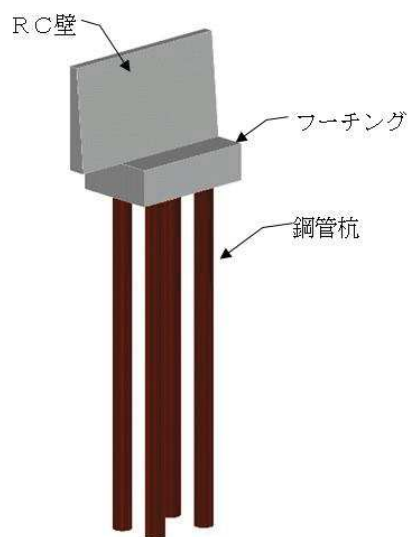
別添 6-3. 2. 6 図 鋼製遮水壁（鋼板） 概要図



別添 6-3. 2. 7 図 鋼製遮水壁（鋼桁） 概要図



別添 6-3. 2. 8 図 鋼製扉 概要図



別添 6-3. 2. 9 図 RC 遮水壁 概要図

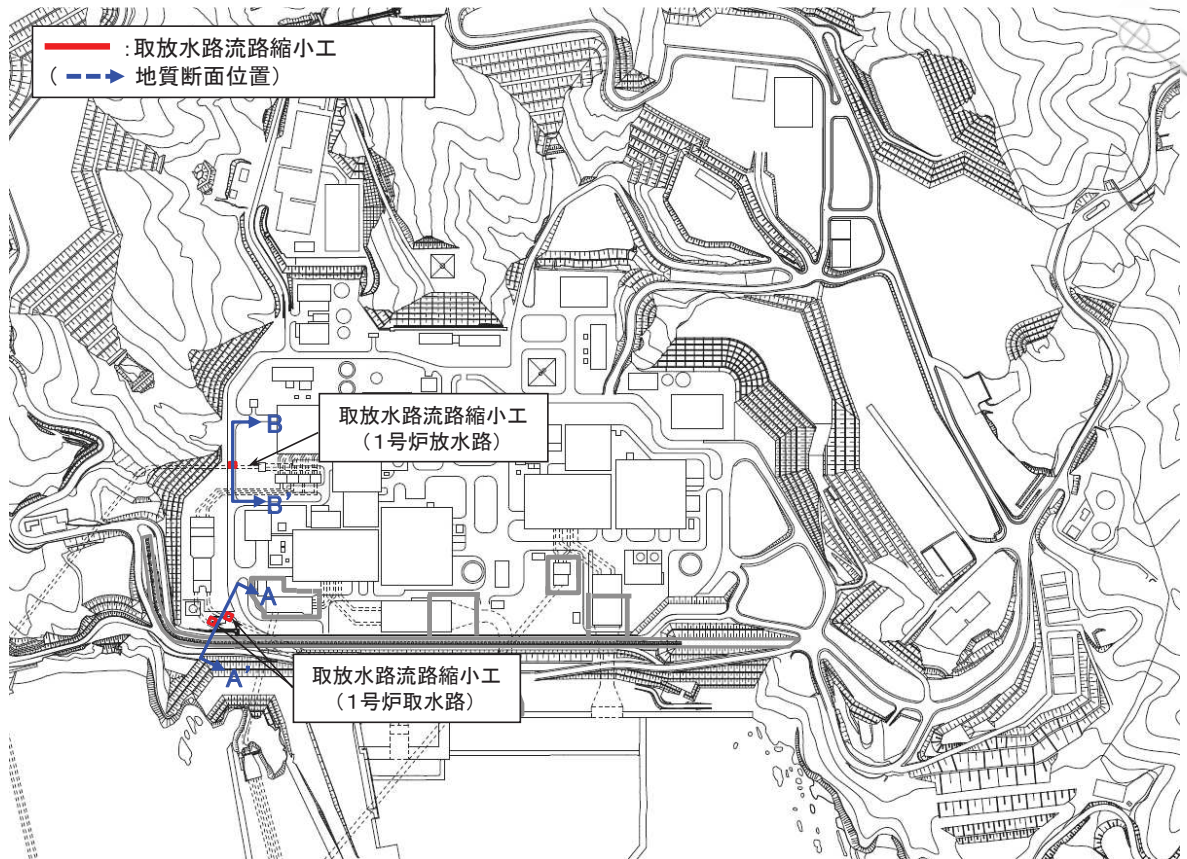
3. 3 取放水路流路縮小工

取放水路流路縮小工の平面図を別添 6-3. 3. 1 図に，断面図及び縦断図を別添 6-3. 3. 2 図，別添 6-3. 3. 3 図，別添 6-3. 3. 4 図，別添 6-3. 3. 5 図に示す。

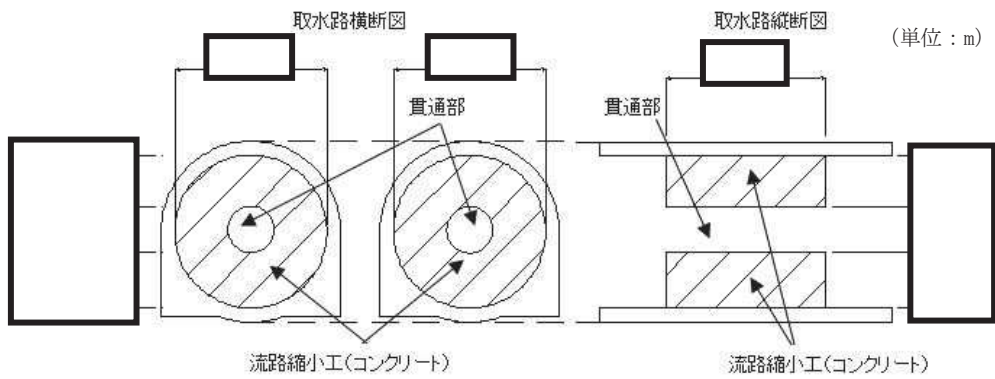
取放水路流路縮小工は， C_M 級岩盤内に設置された岩盤トンネルである既設 1 号炉取放水路を縮小する形で設置する，直径 (取水路) 及び (放水路)，延長 (取水路) 及び (放水路) のコンクリート製の躯体で，延長方向に断面の変化がない線状構造物である(別添 6-3. 3. 2 図，別添 6-3. 3. 3 図)。

二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で，構造的特徴，周辺状況，地震力の特性等を考慮して，構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面として選定する。

本資料のうち，枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。

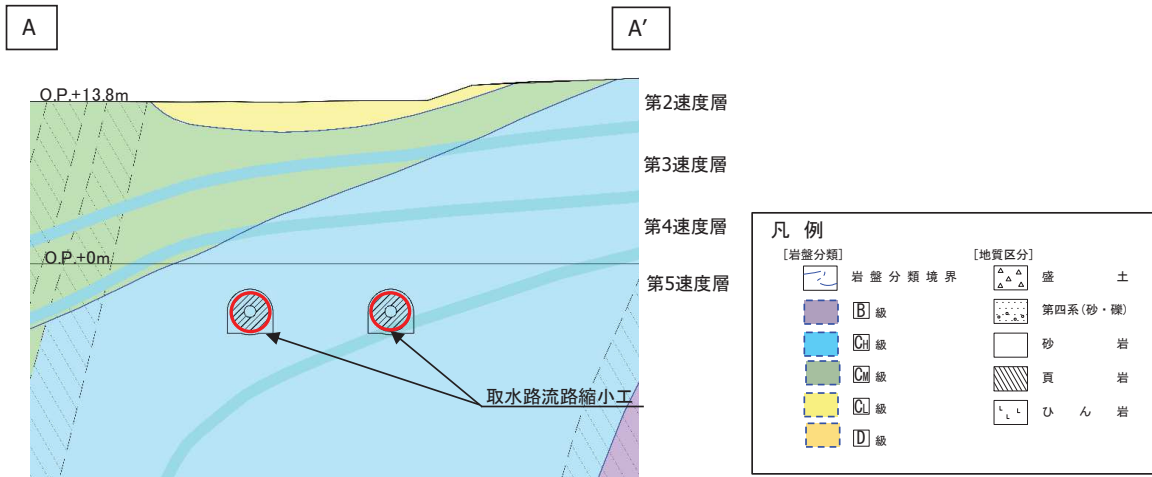


別添 6-3. 3. 1 図 流路縮小工（取水路） 平面図

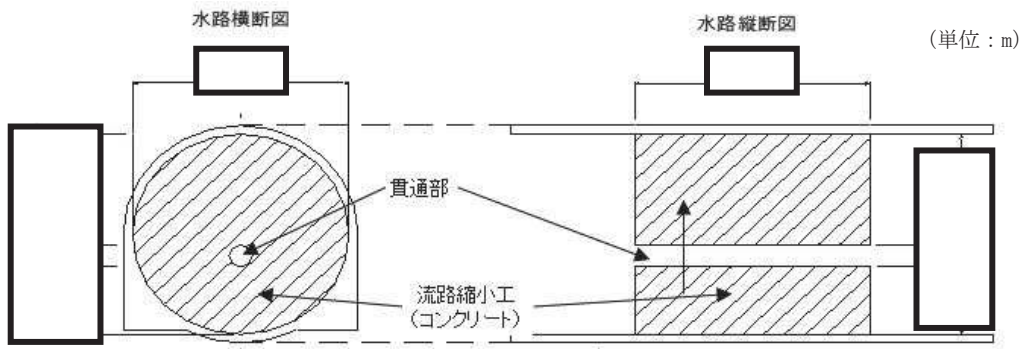


別添 6-3. 3. 2 図 流路縮小工（取水路） 構造図

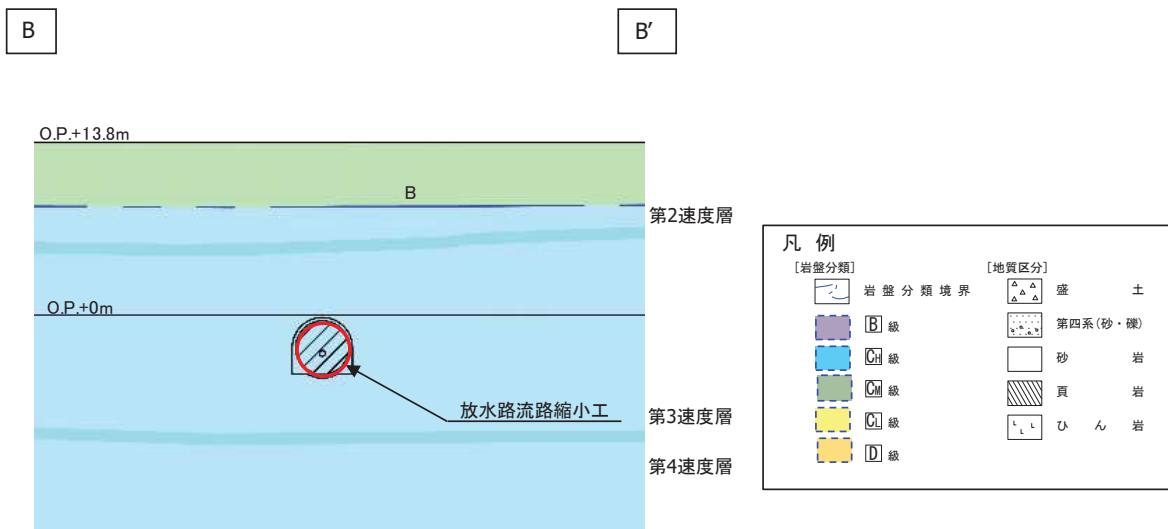
本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。



別添 6-3. 3. 3 図 流路縮小工（取水路） 断面図



別添 6-3. 3. 4 図 流路縮小工（放水路） 構造図



別添 6-3. 3. 5 図 流路縮小工（放水路） 断面図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。

女川原子力発電所 2 号炉

主要建屋の構造概要及び解析モデルについて

主要建屋の構造概要及び解析モデルについて

1. 構造概要

主要建屋の配置図を別添 7-1 図に示す。また、各建屋の概略平面図及び断面図を別添 7-2 図～別添 7-5 図に示す。

(1) 原子炉建屋

原子炉建屋は地下 3 階，地上 3 階建で，基礎底面からの高さは 64.6m であり，平面は下部で 77.0m (N S) × 84.0m (E W) * のほぼ正方形である。建屋の構造は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)であり，その総重量は約 3415000kN である。

原子炉建屋の中央部には，平面が 66.0m × 53.0m * (最下階) で地下 3 階，地上 3 階建の原子炉建屋原子炉棟(以下「原子炉棟」という。)があり，その周囲には地下 3 階，地上 2 階建の原子炉建屋附属棟(以下「附属棟」という。)が配置され，これらは同一基礎版上に設置された一体構造である。その主たる耐震要素は原子炉格納容器のまわりを囲んでいる原子炉 1 次しゃへい壁(以下「シェル壁：SW」という。) ，原子炉棟の外壁(以下「内部ボックス壁：IW」という。)及び附属棟の外壁(以下「外部ボックス壁：OW」という。)である。これらは，原子炉建屋の主要な耐震壁を構成しており，全体として剛な構造としている。

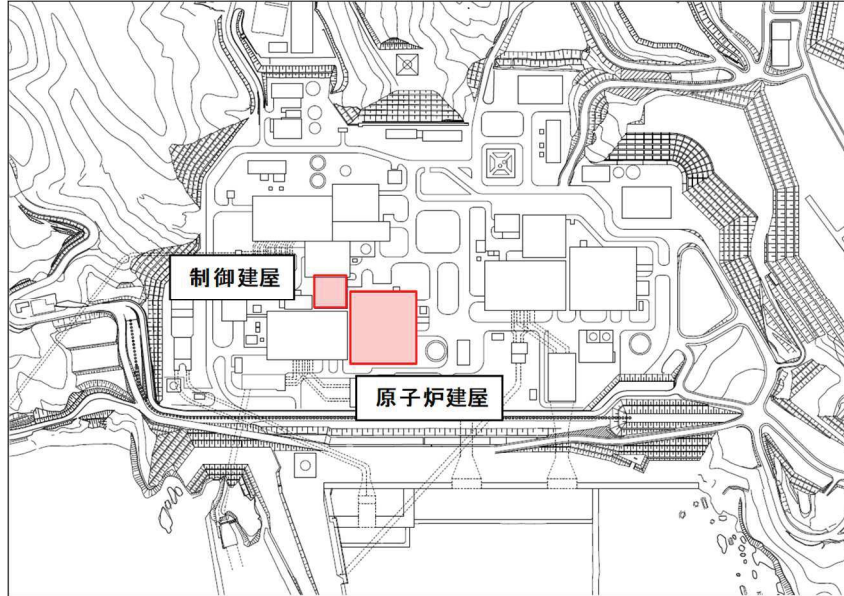
また，内部ボックス壁と同じ構面において 3 階には耐震壁を，クレーン階には鉄骨ブレースを耐震部材として追設している。

(2) 制御建屋

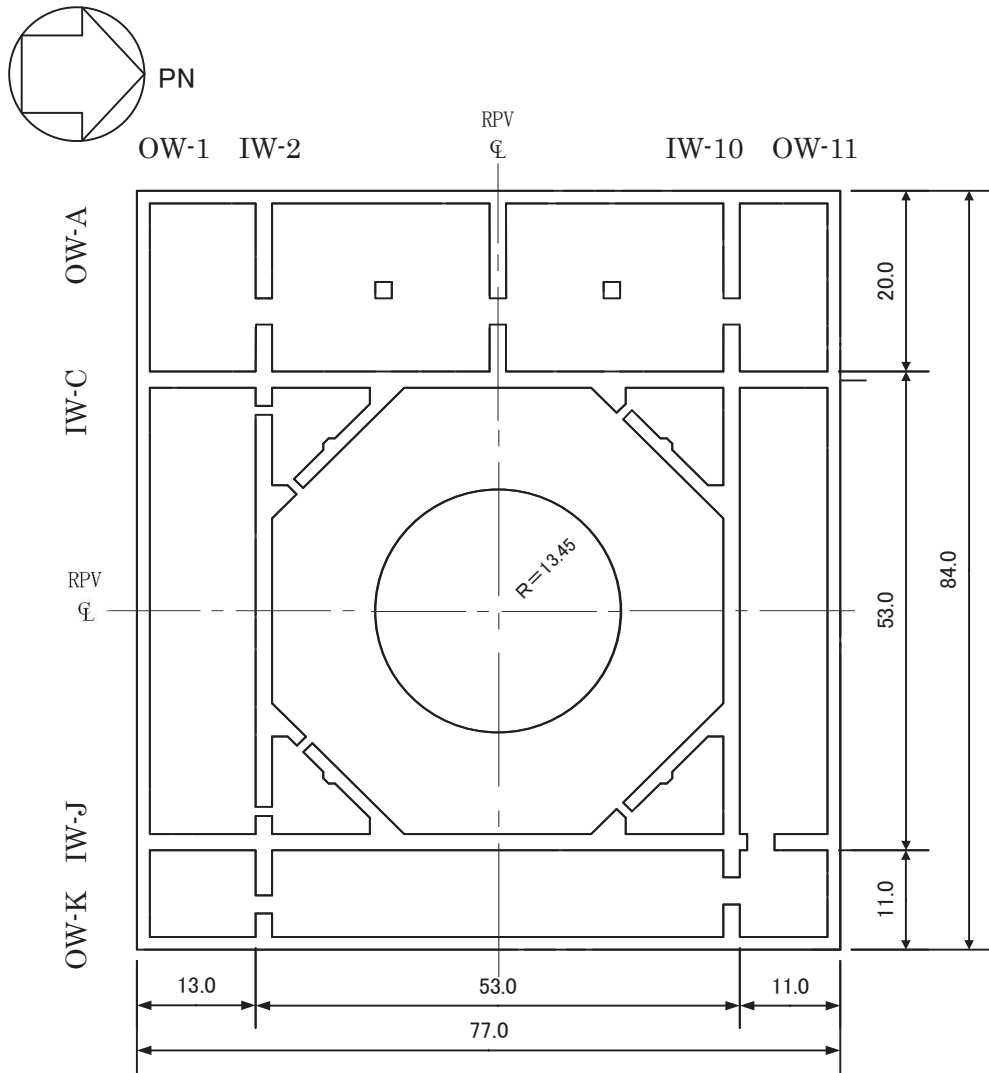
制御建屋は地下 2 階，地上 3 階建で，基礎底面からの高さは 30.65m であり，平面は下部で 41.0m (N S) × 40.0m (E W) * のほぼ正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)であり，その主たる耐震要素は建屋の外周の耐震壁である。建屋の総重量は約 358600kN である。

建物の内部は，多くの耐震壁をもち，剛性が高い。したがって十分な耐震性を有する構造となっている。

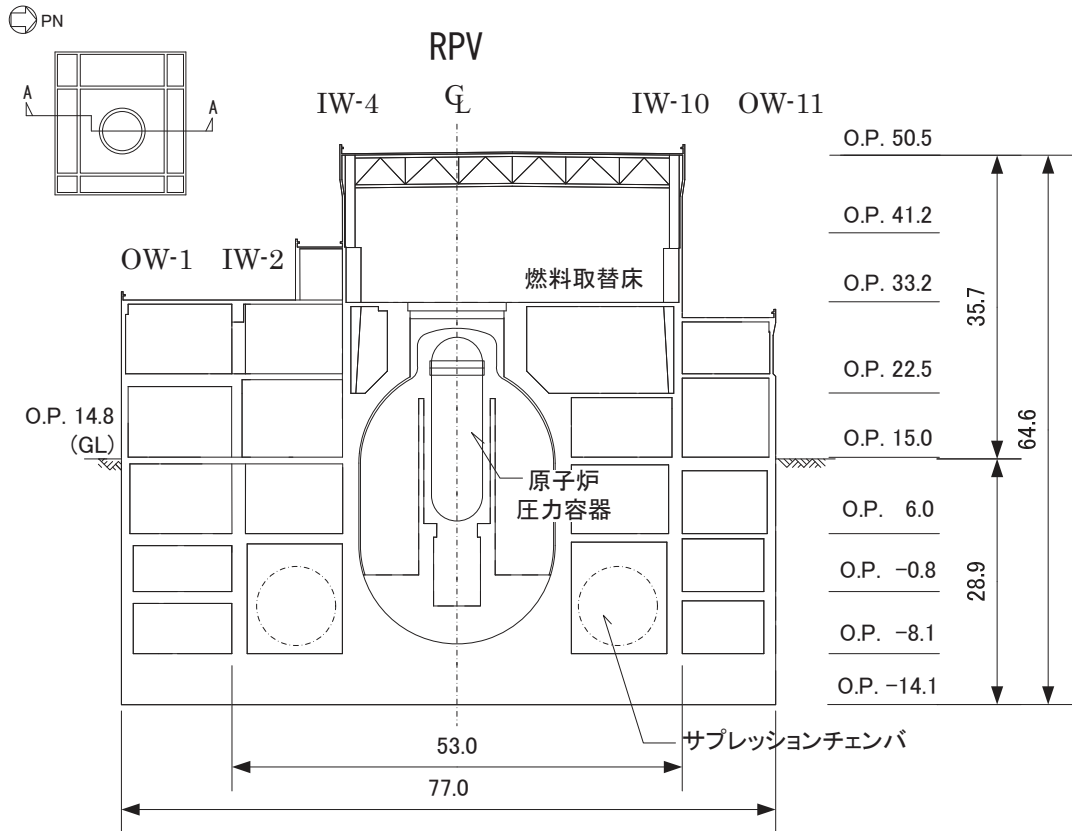
注記*：建屋寸法は壁外面押えとする。



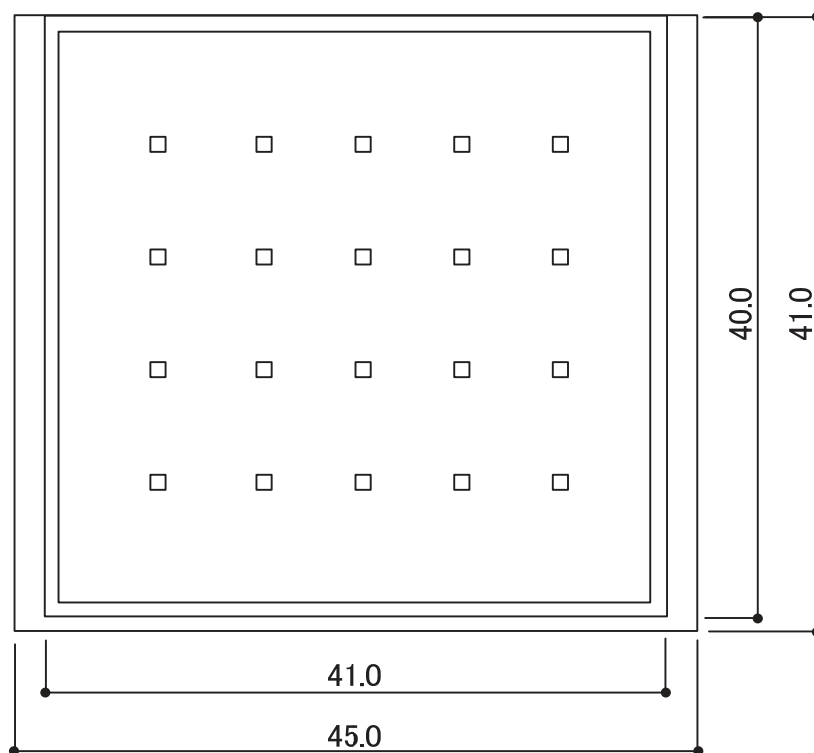
別添7-1図 主要建屋の配置図（女川2号炉）



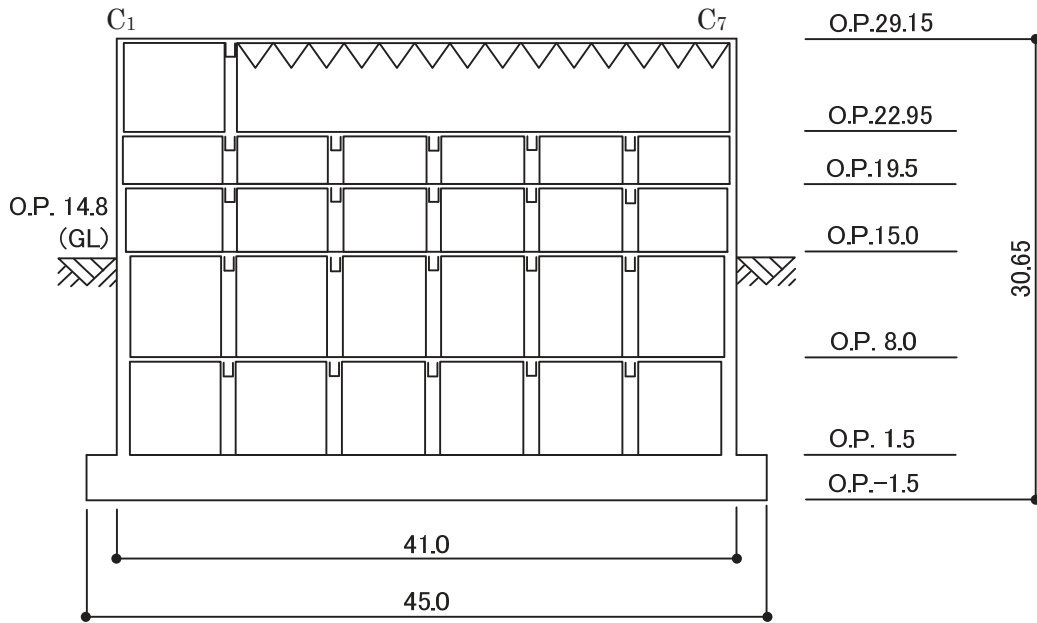
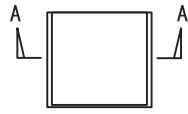
別添 7-2 図 原子炉建屋平面図(O. P. -8.1m) (単位:m)



別添 7-3 図 原子炉建屋断面図 (単位:m)



別添7-4図 制御建屋平面図(0. P. 1. 5m) (単位:m)

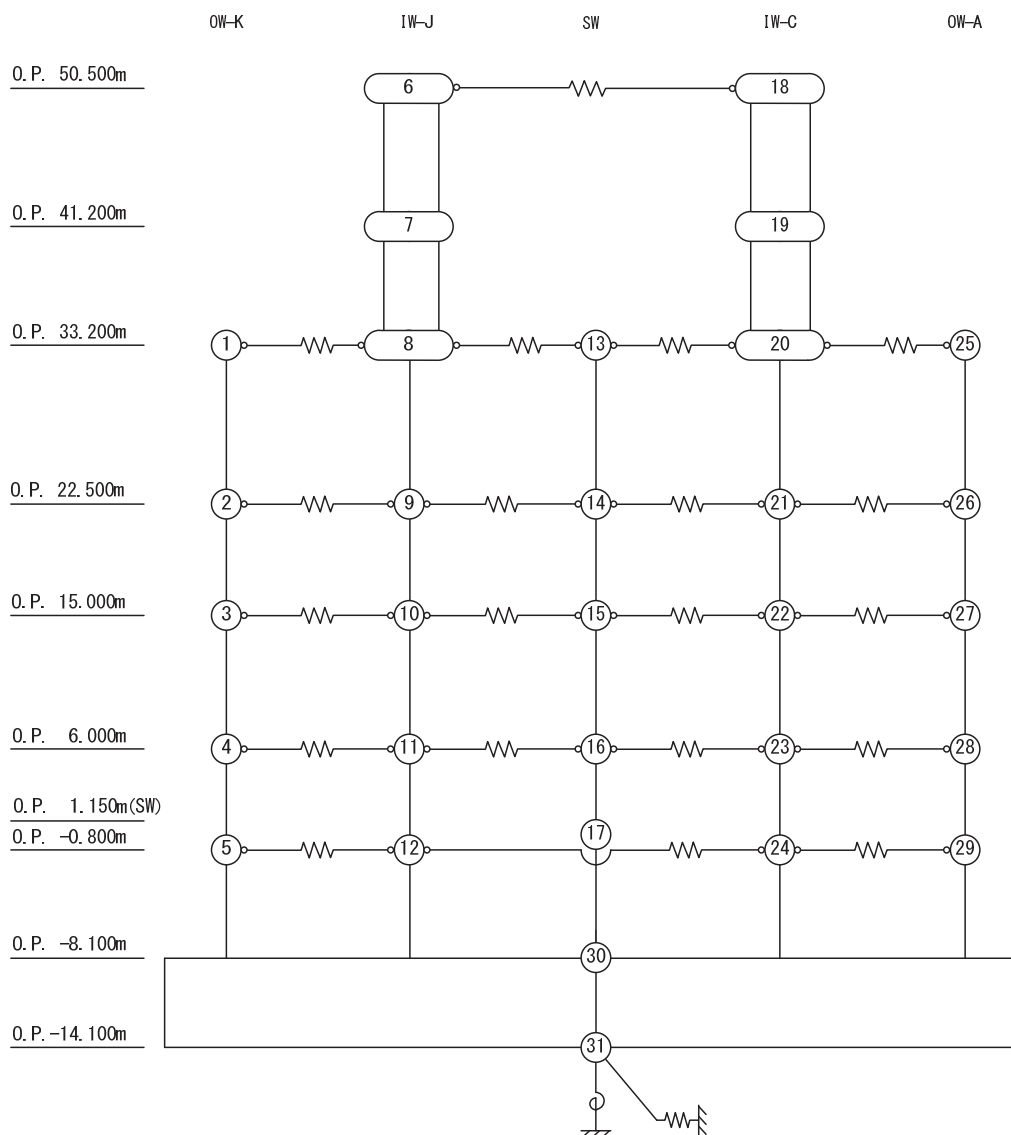


別添7-5図 制御建屋断面図 (単位:m)

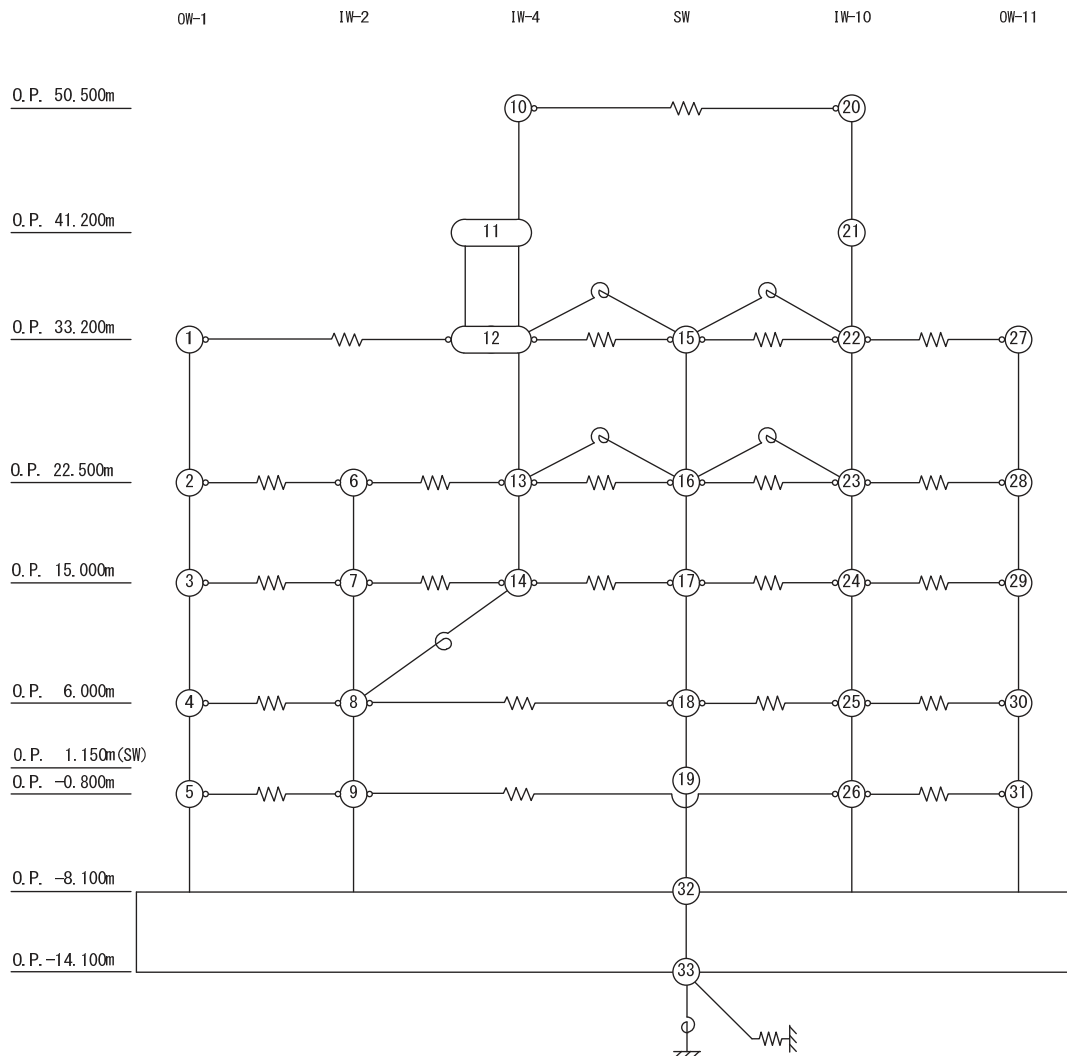
2. 解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

主要建屋の地震応答解析モデルのうち、原子炉建屋を例に別添 7-6 図及び別添 7-7 図に示す。



別添 7-6 図 地震応答解析モデル(N S 方向)



別添 7-7 図 地震応答解析モデル (EW方向)

女川原子力発電所 2 号炉

入力地震動について

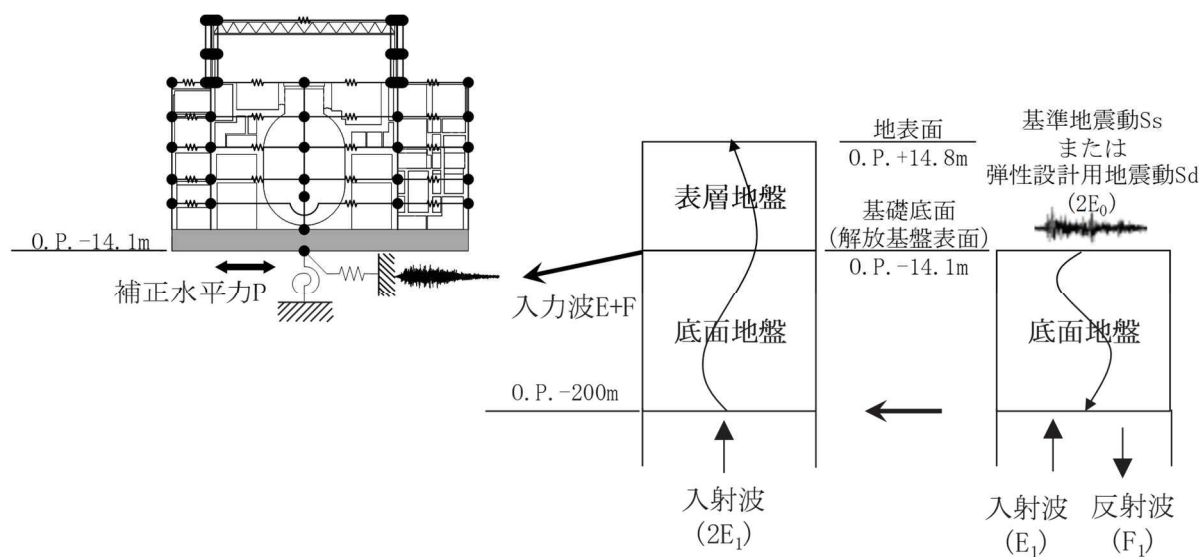
入力地震動について

1. 建物・構築物

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮した上で、必要に応じ 2 次元 FEM 解析又は 1 次元地盤応答解析により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置と炉心位置での地質・速度構造の違いにも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。

なお、建物・構築物の地震応答解析においては、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、基礎側面と地盤の接触状況及び地盤の剛性等を考慮して定める。各入力地震動が接地率に与える影響を踏まえて、地盤ばねには、基礎浮上りによる非線形性又は誘発上下動を考慮できる浮上り非線形性を考慮するものとする。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

女川 2 号炉原子炉建屋を例として、別添 8-1 図に入力地震動の算定概念図を示す。

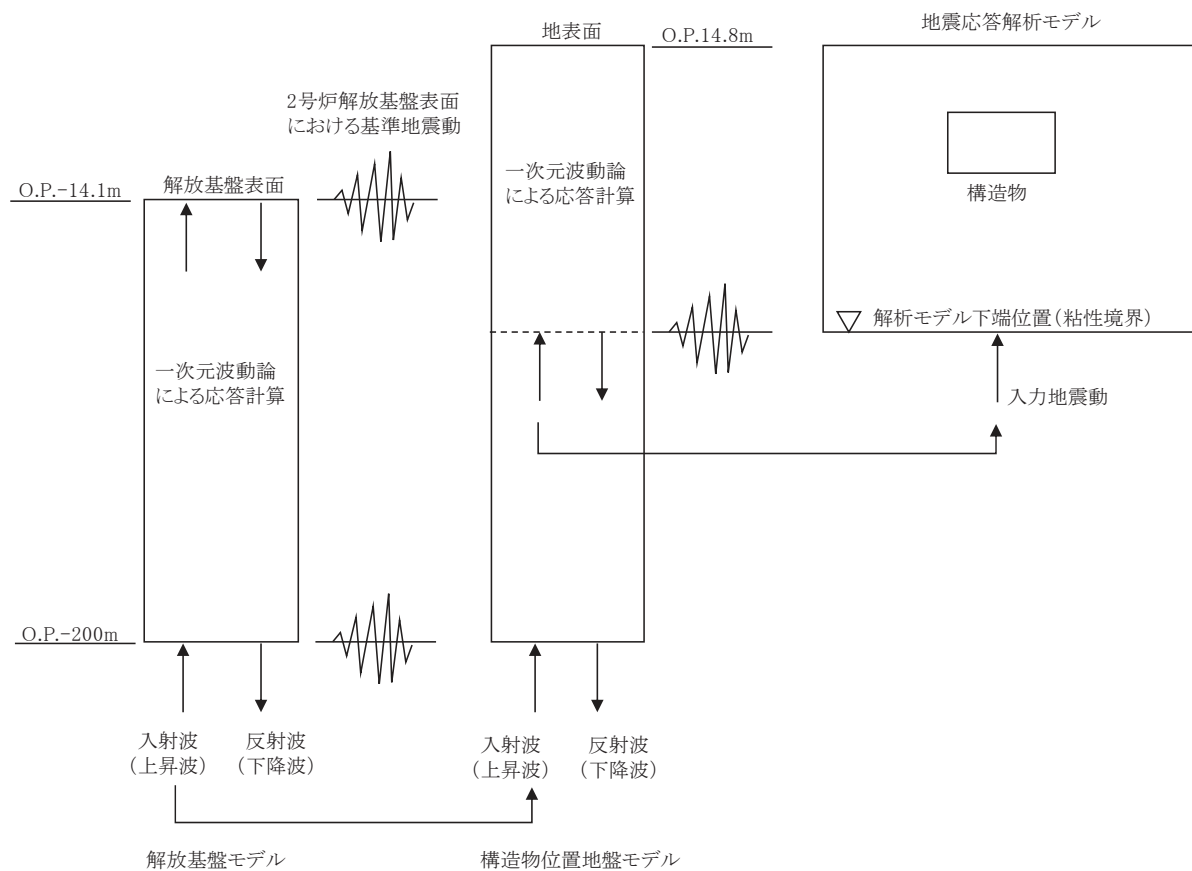


別添 8-1 図 入力地震動の算定概念図
(女川 2 号炉原子炉建屋の例)

2. 屋外重要土木構造物

屋外重要土木構造物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、対象構造物の地盤条件を適切に考慮したうえで、1次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。なお、敷地における1次元波動論の適用性は、別紙-12（添付4）に示す敷地における観測記録の分析により確認している。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。

別添 8-2 図に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



別添 8-2 図 屋外重要土木構造物への入力地震動の概念図