

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-1-14 改31
提出年月日	平成29年12月12日

東海第二発電所

地震による損傷の防止

平成29年12月
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

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

下線部：今回提出資料

(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について
- 別添 - 8 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造

(別 紙)

- 別紙 - 1 既工認との手法の相違点の整理について (設置変更許可申請段階での整理)
- 別紙 - 2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて
- 別紙 - 3 原子炉建屋屋根トラス評価モデルへの弾塑性解析適用について
- 別紙 - 4 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 - 5 機器・配管系における手法の変更点について
- 別紙 - 6 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙 - 7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について
- 別紙 - 8 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定について
- 別紙 - 9 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について
- 別紙 - 10 液状化影響の検討方針について
- 別紙 - 11 屋外二重管の基礎構造の設計方針について
- 別紙 - 12 既設設備に対する耐震補強等について
- 別紙 - 13 動的機能維持評価の検討方針について
- 別紙 - 14 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造の変遷について

< 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東海第二発電所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また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 条及び技術基準規則第 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 4 条及び技術基準規則第 5 条 要求事項

設置許可基準規則	技術基準規則	備考
<p>第 4 条（地震による損傷の防止）</p> <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。</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>第 5 条（地震による損傷の防止）</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>追加要求事項</p>

(2) 安全設計方針

1.3 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、「1.3.1 設計基準対象施設の耐震設計」、「1.3.2 重大事故等対処施設の耐震設計」、「1.3.3 主要施設の耐震構造」及び「1.3.4 地震検知による耐震安全性の確保」に従って行う。

1.3.1 設計基準対象施設の耐震設計

1.3.1.1 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、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留まる範囲で耐えられる設計とする。

- (5) Sクラスの施設（(6)に記載のものうち、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、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留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、構造物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留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留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留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。

【説明資料(1.1:P4条-73)】

1.3.1.2 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震重要度を、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-78)】

(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、1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がある施設
- ・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-78)】

(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。

【説明資料(2.1(3):P4条-78)】

上記に基づくクラス別施設を第1.3-1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。

1.3.1.3 地震力の算定法

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 に乘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，土木構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-79)】

(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，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留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 にしたものであ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又は津波監視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「3. 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，年超過確率は， 10^{-4} から 10^{-6} 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 0.5 を乗じて設定する。ここで，係数 0.5 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 $S_s - D1$ 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）」に基づいた「原子炉設置変更許可申請書（平成 11 年 3 月 10 日許可 / 平成 09・09・18 資第 5 号）」の「添付書類六 変更後に係る原子炉施設の場所に関する気象，地盤，水理，地震，社会環境等の状況に関する説明書 3.2.6.3 基準地震動」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。また，建物・構築物及び機器・配管系ともに 0.5 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。なお，弾性設計用地震動 S_d の年超過確率は， $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 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 1.3 - 1 図～第 1.3 - 3 図に，弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形を第 1.3 - 4 図～第 1.3 - 11 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 1.3 - 12 図及び第 1.3 - 13 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様ハザードスペクトルの比較を第 1.3 - 14 図及び第 1.3 - 15 図に示す。

【説明資料(3.1(2):P4条-80)】

a . 入力地震動

原子炉建屋設置位置付近は，地盤調査の結果，新第三紀の砂質泥岩からなる久米層が分布し，EL. - 370m 以深では S 波速度が 0.7km/s 以上であることが確認されている。したがって，EL. - 370m の位置を解放基盤表面として設定する。

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_1 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うえで，必要に応じ 2 次元 FEM 解析又は 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。

b . 地震応答解析

(a) 動的解析法

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うえ，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，時刻歴応答解析法による。また，3次元応答性状等の評価は，線形解析に適用可能な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。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。保守的な配慮として地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合には、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

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次元応答性状及びそれによる機器・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、非線形解析のいずれかにて行う。

なお、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 - 92）（5.3：P4条 - 96）】

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、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準又は実験等の結果に基づき設定する。

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、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、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・構築物の剛性及び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-94)】

(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。

1.3.1.4 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次に示す。

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，燃料取替え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(1)：P4条 - 82）】

(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，水圧及び通常の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(2)：P4条 - 84）】

(3) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは次による。

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（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。

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に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 1.3 - 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条件として、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-85)】

(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

) 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) に示す許容限界を適用する。

) 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持たせることとする。(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)) 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)) 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

われないものとする。

なお，当該施設を支持する建物・構築物の支持機能を損なわ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

- ）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応力度を許容限界とする。

- ）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

構造部材のうち，鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角，終局曲率又は許容応力度，せん断についてはせん断耐力又は許容せん断応力度を許容限界とする。構造部材のうち，鋼材の曲げについては終局曲率又は許容応力度，せん断についてはせん断耐力又は許容せん断応力度を許容限界とする。

なお，限界層間変形角，終局曲率及びせん断耐力に対しては妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし，それぞれの安全余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。構造部材の曲げについては限界層間変形角及び終局曲率又は許容応力度，構造部材のせん断についてはせん断耐力又は許

容せん断応力度を許容限界とする。

(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応力度を許容限界とする。

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

) 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留まることとする（評価項目は応力等）。

ただし，冷却材喪失事故時の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))に示す許容限界を適用する。

) 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留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留まることとする（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。

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

) 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等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。

) 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，津波防護施設及び浸水防止設備並びに浸

水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物の基礎地盤

) 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))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-87)】

1.3.1.5 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、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対して，建屋内の下位クラス施設の損傷，転倒及び落下等により，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，転倒及び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，建屋外の下位クラス施設の損傷，転倒及び落下等により，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。(火災については「東海第二発電所設計基準対象施設について」のうち「第8条火災による損傷の防止」に、溢水については「東海第二発電所設計基準対象施設について」のうち「第9条溢水による損傷の防止等」に記載)

上記の観点で検討した波及的影響を考慮する施設を、第1.3-1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-98)】

1.3.1.6 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-102)】

1.3.3 主要施設の耐震構造

1.3.3.1 原子炉建屋

原子炉建屋は、地上 6 階、地下 2 階建で、平面が約 67m（南北方向）×約 67m（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。

最下階床面からの高さは約68mで地上高さは約56mである。

建物中央部には一次格納容器を囲む円型の一次遮蔽壁があり、その外側に二次格納施設である原子炉棟の外壁及び原子炉建屋付属棟（以下、「付属棟」という。）の外壁がある。

これらは原子炉建屋の主要な耐震壁を構成している。

これらの耐震壁間を床が一体に連絡し、全体として剛な構造としている。

原子炉建屋の基礎は、平面が約67m（南北方向）×約67m（東西方向）、厚さ約5mのべた基礎で、人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.2 タービン建屋

タービン建屋は、地上 2 階、地下 1 階建で、平面が約 70m（南北方向）×約 105m（東西方向）の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建物であり、適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

タービン建屋の基礎は、平面が約 70m（南北方向）×約 105m（東西方向）、厚さ約 1.9m で、杭及びケーソンを介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.3 廃棄物処理建屋

廃棄物処理建屋は、地上 4 階、地下 3 階建で、平面は約 41m（南北方向）×約 69m（東西方向）の鉄筋コンクリート造の建物であり、適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

廃棄物処理建屋の基礎は、平面が約 41 m（南北方向）×約 69 m（東西方向）、厚さ約 2.5 m のべた基礎で、人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.4 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、地上 1 階建てで平面が約 52m（南北方向）×約 24m（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）の建物であり、適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎は、平面が約 60m（南北方向）×約 33m（東西方向）、厚さ約 2.5m（一部約 2.0m）で、鋼管杭を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.5 防潮堤及び防潮扉

防潮堤は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁、鋼製防護壁及び鉄筋コンクリート防潮壁の 3 種類の構造形式に区分され、敷地を取り囲む形で設置するとともに、防潮堤には防潮扉を設置する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、延長約 1.5km、直径約 2m～約 2.5m の複数の鋼管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた天端標高約 18m～約 20m の鋼管鉄筋コンクリートと鉄筋コンクリート梁壁を一体とした剛な構造物であり、鋼管杭を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

鋼製防護壁は、延長約 80m、天端標高約 20m、奥行約 5m～16m の鋼殻構造であり、適切に配置された鋼板を溶接及び高力ボルトで接合した剛な構造である。鋼製防護壁は、幅約 50m の取水構造物を横断し、取水構造物の側方に位置する地中連続壁基礎を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

鉄筋コンクリート防潮壁は、延長約 160m、天端標高約 20m、奥行約 10m～約 23m の鉄筋コンクリート造の剛な構造物であり、地中連続壁基礎を介して、

砂質泥岩である久米層に岩着している。

防潮扉は上下スライド式の鋼製扉である。防潮扉は、敷地側面南側の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁及び敷地前面東側の鉄筋コンクリート防潮壁の2箇所に設置し、それぞれ杭又は地中連続壁基礎を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.6 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、内径約 26m、高さ約 16m、厚さ約 3.2cm～約 3.8cm の鋼製円筒殻と底部内径約 26m、頂部内径約 12m、高さ約 24m、厚さ約 2.8cm～約 3.8cm の鋼製円錐殻、底部内径約 12m、頂部内径約 9.7m、高さ約 2m の鋼製円錐殻、その上に載る格納容器ヘッド及び鉄筋コンクリート造の基礎版より構成され全体の高さは約 48m である。

円筒殻と基礎版との接続にはアンカーボルトを用いる。

円筒殻と円錐殻の接続部の高さに、原子炉格納容器を上下に分けるダイヤフラム・フロアがあり、下部はサプレッション・チェンバになっている。

円錐殻頂部付近には上部シアラグ及びスタビライザがあり、原子炉圧力容器より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一次遮蔽壁に伝える構造となっている。

1.3.3.7 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は内径約 6.4m、高さ約 23m、重量は原子炉圧力容器内部構造物、原子炉冷却材及び燃料集合体を含めて約 1,600 t である。

この容器は底部の鋼製スカートで支持され、スカートは鉄筋コンクリート造円筒部に固定されたベヤリングプレートにボルトで接続されている。

原子炉圧力容器は、その外周の原子炉遮蔽頂部でスタビライザによって水平方向に支持されて、原子炉遮蔽の頂部は鋼製フレームによって原子炉格納容器に結合されている。スタビライザはプリテンションによって原子

炉圧力容器を締めつけており，原子炉圧力容器の熱膨脹によってこのプリテンションが弛緩して締めつけ力がゼロにならないようにしている。

したがって，水平力に対して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。

1.3.3.8 原子炉圧力容器内部構造物

炉心に作用する水平力は，ステンレス鋼の炉心シュラウドによって支持されている。炉心シュラウドは，円筒形をした構造で原子炉圧力容器の下部に溶接されている。

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られ，燃料集合体はジルカロイ製の細長いチャンネル・ボックスに納められている。燃料棒は，過度の変形を生ずることがないように，燃料集合体頂部と底部のタイプレートで押さえ，中間部もスペーサによって押さえられている。

スタンドパイプと気水分離器は溶接によって一体となっている。蒸気乾燥器は原子炉圧力容器につけたブラケットによって支持されている。ジェットポンプは炉心シュラウドの外周に配置されている。ライザは原子炉圧力容器を貫通して立上り，上部において原子炉圧力容器に支持され，ジェットポンプは上部においてライザに結合されている。

ジェットポンプの下部はバツフルプレートに溶接されている。この機構によってジェットポンプは熱膨脹を拘束されずに振動を防止できる構造となっている。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に溶接されており，地震荷重に対しても十分な強度を持つように設計する。

1.3.3.9 再循環系

再循環回路は 2 ループあって，外径約 610mm のステンレス鋼管で原子炉圧力容器から下方に伸び，その最下部に再循環系ポンプを持ち再び立ち上

がって、管寄せに入りそこから 5 本の外径約 320mm のステンレス鋼管に別れ、原子炉圧力容器に接続される。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、適当なスプリングハンガ、スナップ等を採用する。再循環系ポンプは、ケーシングに取り付けられたコンスタントハンガ、スナップ等によって支持される。

1.3.3.10 その他

その他の機器・配管系については、運転荷重、地震荷重、熱膨張による荷重を考慮して、必要に応じてスナップ、ハンガ、その他の支持装置を使用して耐震的にも熱的にも安全な設計とする。

1.3.4 地震検知による耐震安全性の確保

(1) 地震検出計

安全保護系の一つとして地震検出計を設け、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 S_d 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に配慮する。

地震検出計は、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、また主要な機器が配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管理が可能な原子炉建屋の適切な場所に設置する。

(2) 地震観測等による耐震性の確認

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、施設の機能に支障のないことを確認していくものとする。

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について

機器・配管系及びその他の土木構造物を支持する基礎地盤
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

原子炉建屋設置位置付近は、地盤調査の結果、新第三紀の砂質泥岩からなる久米層が分布している。ボーリング孔で実施したP S 検層から得られた EL. - 400m までの久米層の S 波速度は、深度方向に増大する傾向を示し平均 0.38km / s ~ 0.79km / s であり、EL. - 370m 以深では S 波速度が 0.7km / s 以上であることが確認されている。したがって、EL. - 370m の位置を解放基盤表面として設定する。なお、S 波速度と標高についての関係を第 7 図に示す。S 波速度 V_s (km / s) と標高 Z (m) との関係は次式で近似される。

$$V_s = 0.433 - 7.71 \times 10^{-4} \cdot Z$$

解析に用いる解放基盤の S 波速度は、標高 Z を EL. - 370 m として算定される 0.718km / s とする。

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うえで、必要に応じ 2 次元 F E M 解析または 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。特に杭を介して岩盤に支持された建物・構築物については杭の拘束効果についても適切に考慮する。弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力による評価については別添 - 3 に示す。

また、耐震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 を1/2倍したものをを用いる。

(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、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。保守的な配慮として地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合には、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

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材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また、材料のばらつきによる変動が建物・構築物の振動性状や応答性状に及ぼす影響として考慮すべき要因を選定した上で、選定された要因を考慮した動的解析により設計用地震力を設定する。

建物・構築物の3次元応答性状及びそれによる機器・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、周波数応答解析法による。

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、耐震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1/2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、評価に当たっては建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつき等を適切に考慮する。

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1質点系モデル、多質点系モデル等に置換し、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、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・構築物の剛性及び地盤物性のばらつき等への配慮を考慮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、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うえで、必要に応じ 2 次元 F E M 解析または 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 を参照。

(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、非線形解析のいずれかにて行う。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。保守的な配慮として地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合には、原地盤よりも十分に小さい液状化

強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）

を設定する。なお，地震応答解析では，水平地震動と鉛直地震動の同時加振を基本とするが，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必要がある場合は，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

動的解析による地震力の算定については，5.1(2)，5.2(2)及び5.3(2)によるものとする。

東海第二発電所

下位クラス施設の波及的影響の検討について
(耐震)

大物搬入口建屋の耐震重要度分類について

1. はじめに

大物搬入口建屋の機能要求を踏まえて、耐震設計上の取扱いについて、以下のとおり整理した。

2. 二次格納施設の範囲、気密性に係る要求及びその取扱いについて

(1) 二次格納施設の範囲及び気密性に係る要求について

二次格納施設の範囲を示した原子炉建屋概略平面図を第 1 図に示す。

二次格納施設を負圧に維持するため、機器搬入口内側扉（以下「内側扉」という。）又は機器搬入口外側扉（以下「外側扉」という。）のどちらか一方の扉は閉鎖状態であることが要求される。これは、通常運転時に二次格納施設を負圧に維持するとともに、設計基準事故（原子炉冷却材喪失（LOCA）、燃料集合体の落下）が発生した際に、原子炉建屋ガス処理系（非常用ガス処理系、非常用ガス再循環系）により二次格納施設内のガスを処理し、二次格納施設を負圧に維持するための「気密性に係る要求」である。

実運用としては、原則、内側扉及び外側扉ともに閉鎖状態としている。また、機器の搬出入等に伴い一時的に内側扉又は外側扉を開放する場合は、もう一方の扉は閉鎖状態を維持し、二次格納施設の気密性を確保することとしている。

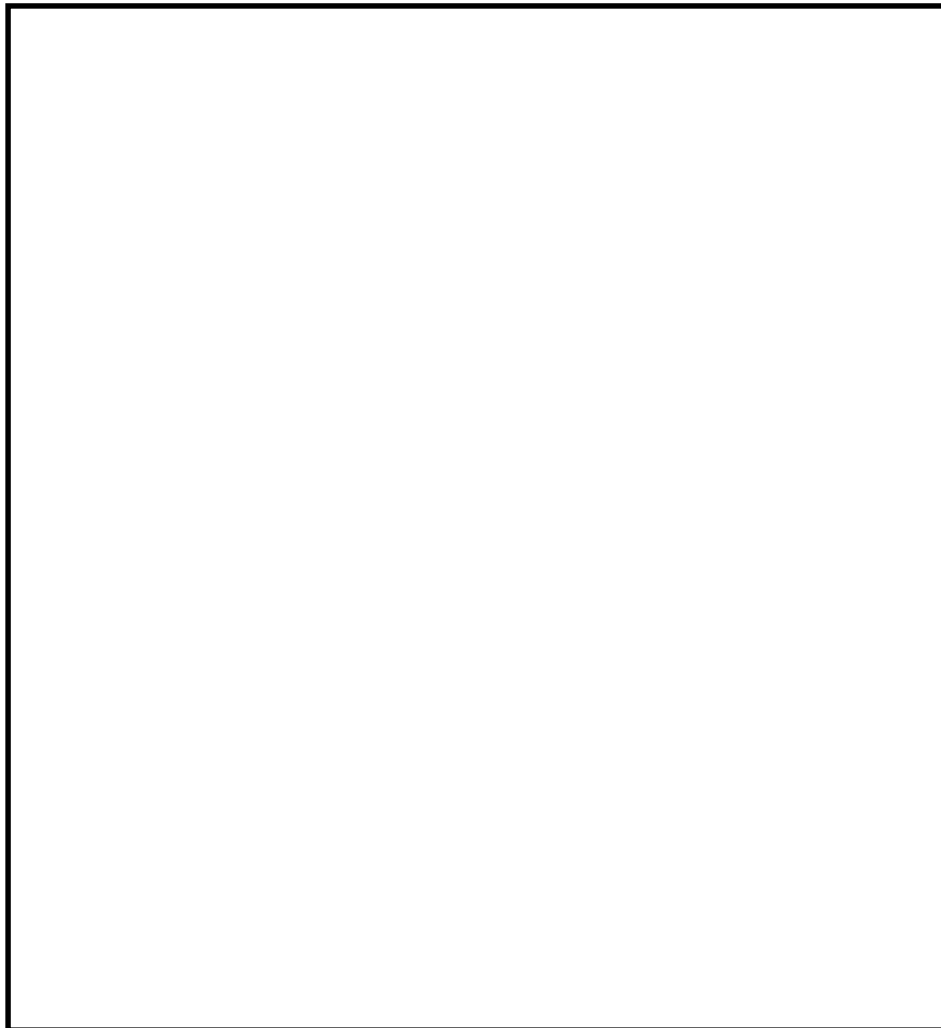
(2) 二次格納施設の気密性に係る要求の取扱い

二次格納施設の気密性に係る要求として、原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）において、内側扉又は外側扉の何れか一方の扉が閉鎖状態であることを定めている。これを満足しない場合は、二次格納施設を負圧に保つための措置を 4 時間以内に講じることが要求され、さらにこの要求を

満足できない場合には、プラント停止等の必要な措置を決められた時間内に実施することが要求される。

(3) 東海第二発電所における耐震設計上の取扱いの方針

東海第二発電所では、一時的な機器搬出入時を除いて閉鎖状態とする内側扉までを二次格納施設として扱い耐震Sクラスとし、大物搬入口建屋を含む外側扉については、耐震Cクラスとしている。



: 二次格納施設



: 機器搬入口内側扉開放時に一時的に
気密性を要求する範囲

第1図 原子炉建屋概略平面図 (EL.8.2m)

3. 耐震重要度分類の整理

大物搬入口建屋を含む外側扉を耐震Cクラスとしている理由について整理する。

(1) 通常運転時は内側扉及び外側扉の両方を閉めて運転していること

上記2.(1)のとおり、通常運転時は、原則、内側扉及び外側扉を閉じて運転しており、地震発生等により大物搬入口建屋を含む外側扉の気密性が確保されない場合でも、耐震Sクラスとした内側扉にて二次格納施設の気密性は確保可能である。

(2) 通常運転時の内側扉開放時に気密性が損なわれた場合でも外部への被ばく影響は小さいこと

内側扉開放時に外側扉を含む機器搬入口建屋が損傷に至ると、保安規定で要求される内側扉又は外側扉の閉鎖状態の確保を満足していない状態となるため、二次格納施設を負圧に保つための措置として、4時間以内に内側扉を閉鎖する必要がある。過去の作業実績から内側扉の閉鎖作業時間は約1時間であるが、保守的に4時間開放されるものとして平常時被ばく評価への影響を確認した。

通常運転時には、放射性物質が換気系を通して排気筒から放出されるが、内側扉が開放される場合は、気密性が失われ、二次格納施設内から直接地上放出すると仮定し、通常運転時の換気系から年間放出量のうち、内側扉が開放される4時間に当たる放出量が地上から放出すると想定し、平常時の被ばく評価を行った。第1表に被ばく評価に使用した放出量を示す。その結果、人の居住を考慮した実効線量は、わずかに増加するものの添付書類九の記載値の約 $8.4 \mu\text{Sv}/\text{年}$ から変動はなく、平常時被ばく評価への影響は小さいこと確認した。また、この値は線量目標値である $50 \mu\text{Sv}/\text{年}$ を十分下回る。

第 1 表 被ばく評価に使用した放出量

(Bq/y)

	内側扉開放を考慮した場合		通常運転時の場合
	地上放出 (4 時間放出)	排気筒放出	排気筒放出
希ガス	2.2×10^{11}	1.4×10^{15}	1.4×10^{15}
I - 131	1.5×10^7	5.9×10^{10}	5.9×10^{10}
I - 133	4.1×10^7	9.4×10^{10}	9.4×10^{10}

- (3) 基準地震動 S_s により原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる事故が発生せず二次格納施設の健全性の維持が可能であること

二次格納施設の気密性の要求は、原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる設計基準事故(LOCA, 燃料集合体の落下)に備えたものであるが、原子炉冷却材圧力バウンダリは耐震 S クラスとしており、基準地震動 S_s による LOCA の発生はない。また、燃料交換機は、基準地震動 S_s によっても、吊り上げた燃料を落下させることはなく、燃料集合体の落下は発生しない。

以上より、基準地震動 S_s により原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる事故は考慮不要であることから、内側扉の開放時において決定論的に地震の発生を想定した場合においても設計基準事故に至らず、地震発生後に速やかに内側扉の閉鎖を行うことにより、二次格納施設の気密性を維持することができる。

- (4) 内側扉の開放時間が限定的でありその間に事故等が発生する確率が小さいこと

a. LOCA に対する検討

内側扉の開放時に地震起因の LOCA が発生した場合には、二次格納施

設の気密性確保が一時的に損なわれることとなるが、地震 P R Aにおける地震加速度が 1.00G までの L O C Aの発生確率は約 3×10^{-12} / 炉年であり、内側扉の開閉状態に関係無く、その発生確率は十分小さい。さらに、後述での年間当たり内側扉が開放している確率である 1.1×10^{-2} を考慮すれば、確率的に極めて小さくなるため、L O C Aの発生は、地震との独立事象として整理できる。

内側扉の開放時における L O C Aの発生について

- ・ 1 年間における内側扉の開放時間

新燃料の受入れ、使用済燃料の移送等計画的に実施する作業における内側扉の開放時間は、1 回当たりの作業時間として 2~3 時間であり、年間の合計時間は約 90 時間となる。この合計時間に基づく 1 年間当たり内側扉が開放している確率は、 1.1×10^{-2} である。なお、この開放時間は、過去の作業時間を参考に算定したものであり、今後の内側扉の開放作業に際しては作業効率を図ることや計画的に実施することにより、内側扉の開放時間を極力抑えることが可能である。

- ・ L O C Aの発生確率

内部事象 P R Aにおける L O C Aの発生確率は、大破断 L O C A が 2.0×10^{-5} / 炉年、中破断 L O C A が 2.0×10^{-4} / 炉年、小破断 L O C A が 3.0×10^{-4} / 炉年であり、その合計は 5.2×10^{-4} / 炉年である。なお、内側扉の開放時に偶発的に L O C A が発生した場合においても、外側扉は閉じられているため、二次格納施設の気密性確保に問題はない。

以上より、内側扉の開放時における L O C Aの発生確率は、約 5.8×10^{-6} / 炉年となる。

地震の発生確率について

JEAG4601・補-1984 に記載されている基準地震動 S_2 及び S_1 の発生確率を基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の超過確率に読み替えることにより、地震の発生確率として適用する。その結果、基準地震動 S_s の発生確率は 5×10^{-4} / 年を、弾性設計用地震動 S_d の発生確率は 10^{-2} / 年となる。

また、東海第二発電所の大型搬入口建屋は耐震Cクラスであるため、耐震Cクラス設計用地震力（以下「 S_c 」という。）を超える地震が発生する確率として、1 / 年を想定する。この値は、東海第二発電所運転開始 39 年経過時点においても、大型搬入口建屋が地震によって損傷に至っていないことを考慮すれば十分に保守的な値と考える。

以上を踏まえ、内側扉開放時に LOCA が発生した状態において、各地震を考慮すべき有意な確率となる継続時間は第 1 表のとおり計算される。

なお、この有意な確率とは、JEAG4601・補-1984 で用いられる荷重の組合せに関する判断目安である 10^{-7} / 炉年とした。

継続時間の計算結果としては、基準地震動 S_s の場合は約 3.5×10^1 年、弾性設計用地震動 S_d の場合は約 1.7 年、 S_c を超える地震の場合は約 1.7×10^{-2} 年（約 6 日）となり、過去作業実績における内側扉閉鎖作業時間である約 1 時間を十分上回る。したがって、内側扉開放時に LOCA が発生した状態において、内側扉を閉止するまでの各地震の発生は考慮不要である。

第 2 表 内側扉開放及び L O C A 発生時に判断目安に到達する継続時間

内側扉開放 時における LOCA の発生確 率 (/ 炉年)	地震の発生確率 (/ 年)		合 計 (×)	判断目安 (10^{-7} / 炉 年) に到達する継続時 間 (年)
約 5.8×10^{-6}	基準地震動 S_s	5×10^{-4}	2.9×10^{-9}	約 3.5×10^1
	弾性設計用地震動 S_d	10^{-2}	5.8×10^{-8}	約 1.7
	S_c を超える地震	1	5.8×10^{-6}	約 1.7×10^{-2} (約 6 日)

b . 燃料集合体の落下に対する検討

燃料集合体落下の可能性を有する作業として、定期検査時の燃料集合体の取替作業（以下「燃料取替作業」という。）がある。

燃料取替作業時における内側扉の開放作業は、燃料取替作業時には内側扉の開放作業を計画的に実施しない運用とすること、また燃料取替作業時に内側扉の開放の必要が生じたときには燃料集合体を取り扱う作業を一時的に中断する運用とすることにより、内側扉が開放された状態での燃料取替作業時における燃料集合体の落下を防ぐこととする。

4. まとめ

以上のとおり、大物搬入口建屋は通常運転時には原則内側扉及び外側扉を閉鎖状態としていること、通常運転時の内側扉開放時に気密性が損なわれた場合でも外部への被ばく影響は小さいこと、基準地震動 S_s により原子炉建屋ガス処理系の起動が必要な事故は考慮不要であること、内側扉の開放時に L O C A が発生し、内側扉を閉鎖するまでに地震により大物搬入口建屋が損傷する確率は極めて小さいことから、大物搬入口建屋を含む外側扉まで耐震 C クラスとして扱うこととする。

東海第二発電所

屋外重要土木構造物の耐震評価における
断面選定について
(耐震)

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」及び「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）（以後、「常設重大事故等対処施設」という。）」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これに設置される主要設備の一覧表を第1表に、全体配置図を第1図に示す。

耐震評価においては、構造物の配置、構造形状、周辺の地質構造等を考慮し、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断面とする。

上記を考慮した屋外重要土木構造物等の断面選定の考え方を第2表の通り整理する。

個々の施設の断面選定においては、上記の考え方に加え、杭基礎、可とう管、上載する機器・配管系への影響についても考慮する。

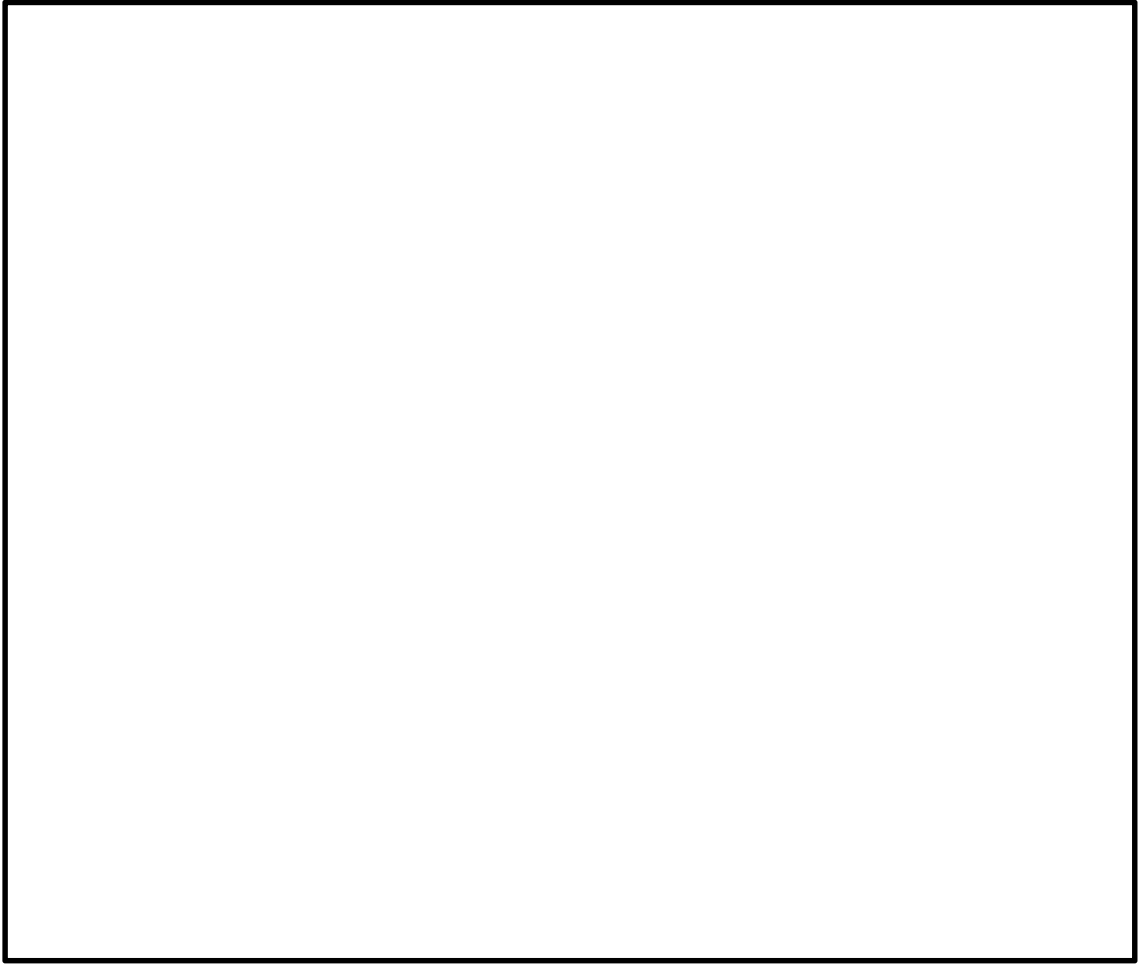
第1表 耐震重要施設等に設置される主要設備一覧表

屋外重要土木構造物等			主要設備									
名称	屋外重要土木構造物	津波防護施設	常設SA設備	常設SA施設	名称	耐震	津波	常設SA設備				
取水構造物		-			残留熱除去系海水ポンプ	-	-					
					非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	-	-					
					高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	-	-					
					潮位計, 取水ピット水位計	-	-	注1				
					残留熱除去系海水系配管	-	-					
					非常用ディーゼル発電機用海水系配管	-	-					
					高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機用海水系配管	-	-					
					貯留堰	-	-	-				
					防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)	-	-	注1	津波・構内監視カメラ(4台)	-	-	注1
					防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)	-	-	注1	防潮扉	-	-	注1
第2章		-			防潮堤(鋼製防護壁)	-	-	注1				
					鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)	-	-	注1	放水路ゲート	-	-	注1
					常設代替高圧電源装置場	-	-	-	軽油貯蔵タンク	-	-	
					常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル, 立坑, カルバート)	-	-	-	常設代替高圧電源装置他	-	-	
					代替淡水貯槽	-	-	-	西側淡水取水設備	-	-	
					常設低圧代替注水系ポンプ室	-	-	-	軽油移送配管	-	-	
					常設低圧代替注水系配管カルバート	-	-	-	常設代替高圧電源装置電路	-	-	
					緊急用海水ポンプピット	-	-	-	-	-	-	
					格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート	-	-	-	常設低圧代替注水系ポンプ	-	-	
					緊急用海水取水管	-	-	-	常設低圧代替注水系配管	-	-	
第3章		-			SA用海水ピット	-	-	-	緊急用海水ポンプ	-	-	
					海水引込み管	-	-	-	格納容器圧力逃がし装置用配管	-	-	
					SA用海水ピット取水塔	-	-	-	-	-	-	
					緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎(A, B)	-	-	-	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク(A, B)	-	-	
					可搬型設備用軽油タンク基礎(西側)	-	-	-	可搬型設備用軽油タンク(西側)	-	-	
					可搬型設備用軽油タンク基礎(南側)	-	-	-	可搬型設備用軽油タンク(南側)	-	-	

常設SA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SA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
 耐震： 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： 津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備
 注1： 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

第 2 表 屋外重要土木構造物等の断面選定の基本方針

		断面選定の基本方針		
名 称	A: 構造形状，周辺の地質構造等の条件が比較的単純であり，耐震評価上厳しい断面が定性的に定まるもの	B: 比較的長いトンネル又は鋼管であり，複数個所にて一次元波動論等による地震応答解析を実施し，耐震評価上厳しい断面を選定するもの	C: 構造形状，周辺の地質構造等の条件から複数の断面を耐震評価断面として整理し，耐震評価上厳しい断面を選定するもの	D: 複雑な設備構造，長大な設置範囲であることを考慮し，津波荷重等も踏まえた総合的な耐震評価，耐津波評価を行うもの
第 2 章	取水構造物			
	屋外二重管			
	貯留堰			
	防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）			
	防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）			
	防潮堤（鋼製防護壁）			
	鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）			
	常設代替高压電源装置置場			
	常設代替高压電源装置用カルバート（トンネル，立坑，カルバート）	（立坑，カルバート）	（トンネル）	
	代替淡水貯槽			
	常設低圧代替注水系ポンプ室			
	常設低圧代替注水系配管カルバート			
	緊急用海水ポンプビット			
第 3 章	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート			
	緊急用海水取水管			
	SA用海水ビット			
	海水引込み管			
	SA用海水ビット取水塔			
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎（A，B）			
	可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）			
	可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）			



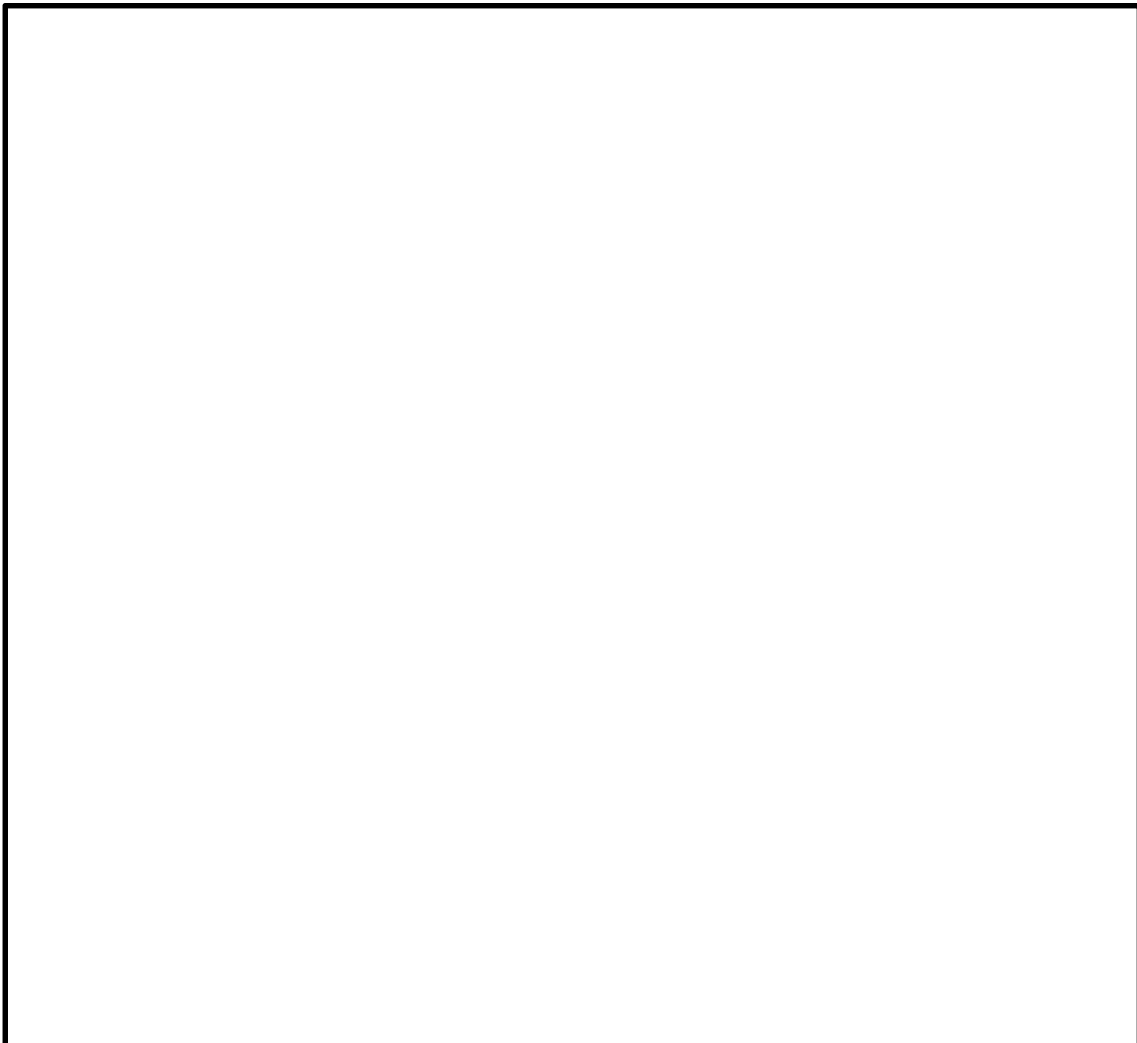
第 1 図 全体平面配置図

2. 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

2.1 各施設の配置

本章では屋外重要土木構造物である，取水構造物，屋外二重管，常設代替高圧電源装置置場及び常設代替高圧電源装置用カルバート，津波防護施設である防潮堤（放水路エリアを含む）及び貯留堰の断面選定の考え方を示す。

第 2.1-1 図に屋外重要土木構造物及び津波防護施設の平面配置図を示す。



第 2.1-1 図 屋外重要土木構造物及び津波防護施設の平面配置図

2.2 取水構造物の断面選定の考え方

取水構造物の平面図を第 2.2 - 1 図に，縦断面図を第 2.2 - 2 図に，横断面図を第 2.2 - 3 図に示す。

取水構造物は，S クラス機器である残留熱除去系海水ポンプ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ等の間接支持機能を有する。取水構造物は非常用取水設備であり，通水性能及び貯水性能が要求される。

取水構造物は，延長約 56m，幅約 43m，高さ約 12m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，取水方向に対して複数の断面形状を示すが，基本的には取水路は 8 連のラーメン構造にて，取水ピットは 5 連のラーメン構造にて構成され，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

取水構造物の縦断方向（通水方向）は，加振方向に対して平行に配置される側壁又は隔壁の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向（通水方向に対し直交する方向）は，通水機能を確保するため，加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから，弱軸断面方向となる。

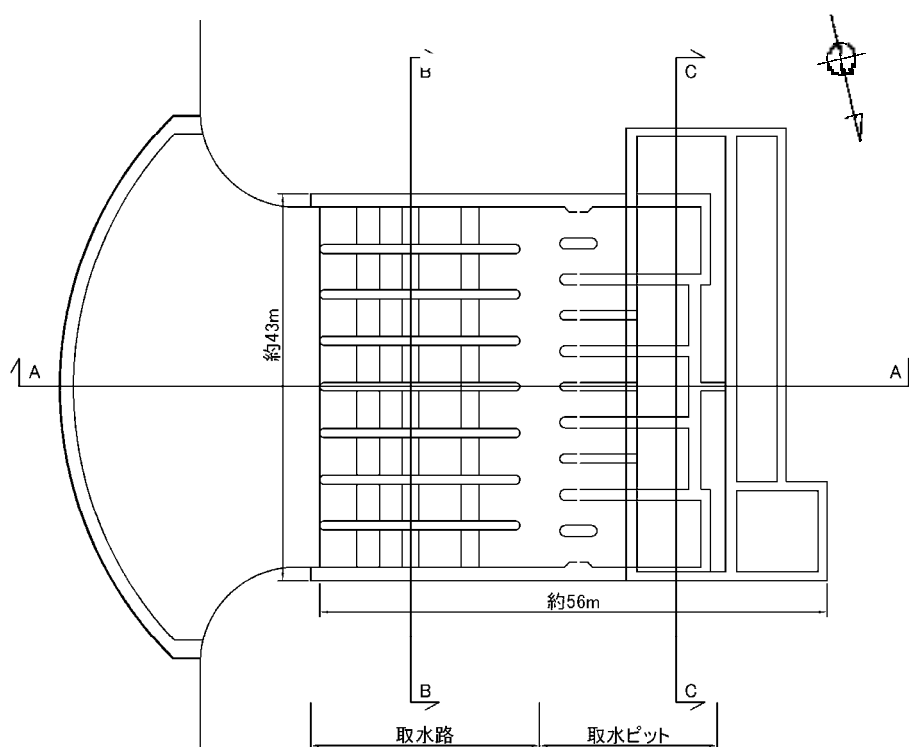
耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向を評価対象とする。

取水路である 8 連のボックスカルバート構造の区間（以下，「取水路区間」という。）においては，頂版には取水方向に概ね規則的に開口が存在する。このため，耐震評価においては，同区間の取水方向全長で開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮した断面を設定する。

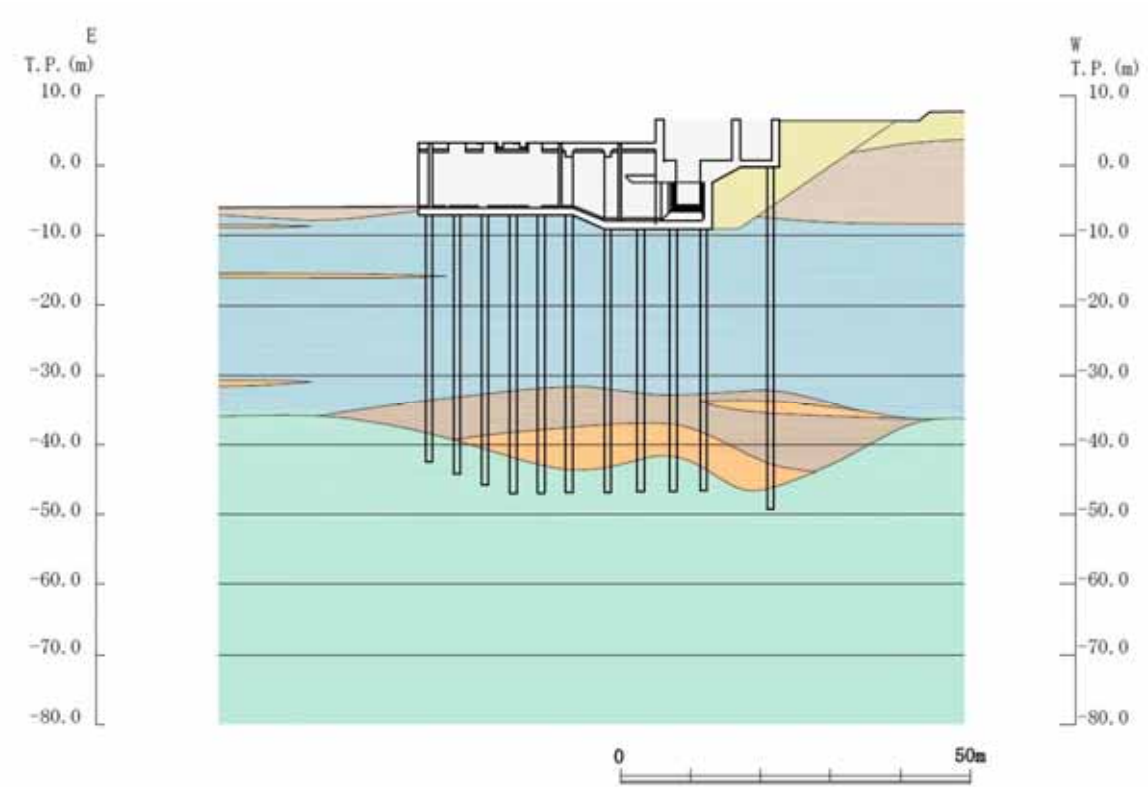
取水構造物の耐震評価においては，杭基礎への影響についても考慮し，上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

なお，取水ピットである 5 連のボックスカルバート形状の区間（以下，

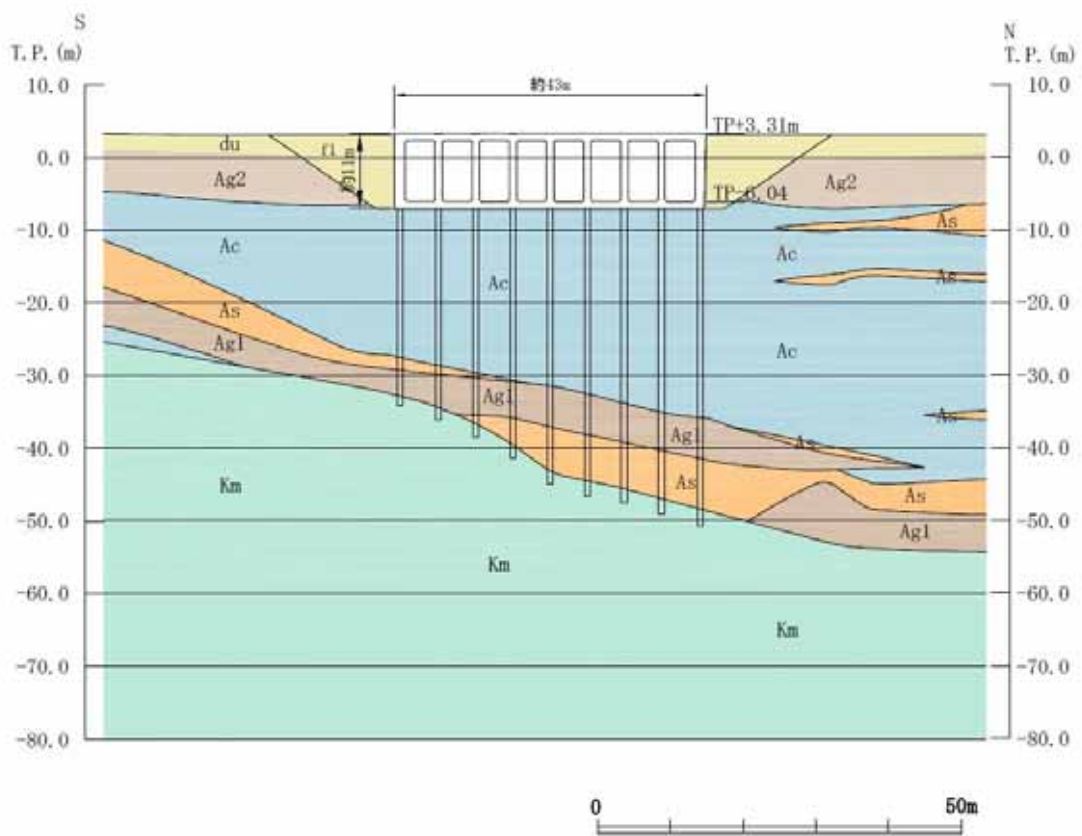
「取水ピット区間」という。)においては、循環水ポンプ、残留熱除去系海水ポンプ等の非常用ポンプなどの重量物が設置される。このため、機器・配管系を評価する床応答の観点から**も**地震応答解析を実施する。



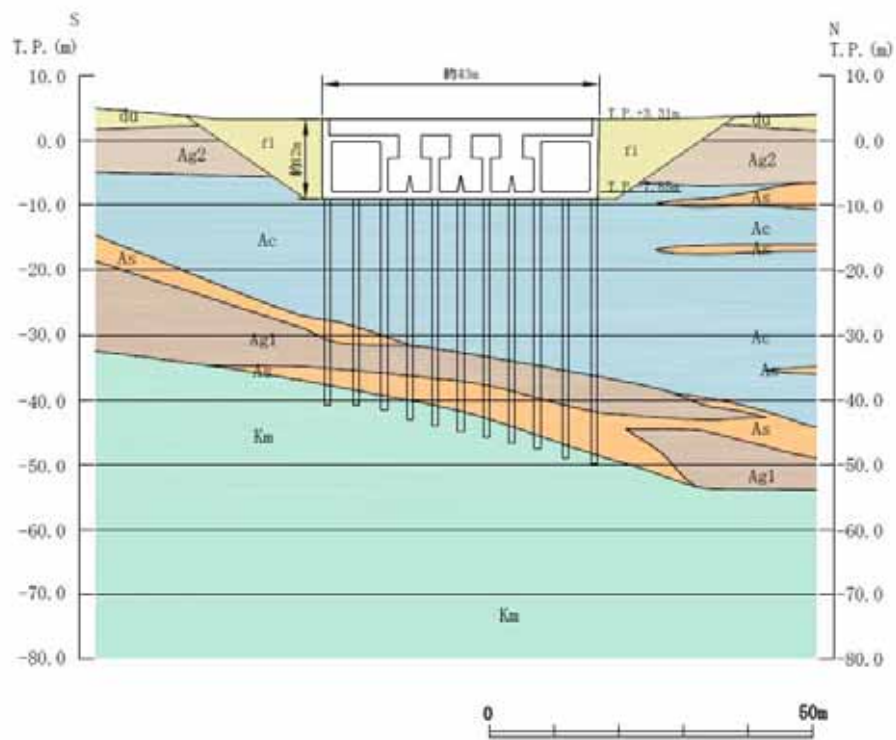
第 2.2 - 1 図 取水構造物 平面図



第 2.2 - 2 図 取水構造物 縦断面図 (A - A 断面)



第 2.2 - 3 (1) 図 取水構造物 横断面図 (B - B 断面 : 取水路)



第 2.2 - 3 (2) 図 取水構造物 横断面図 (C - C 断面 : 取水ピット)

2.3 屋外二重管の断面選定の考え方

屋外二重管は、Sクラス機器である残留熱除去系海水系配管、非常用ディーゼル発電機用海水系配管等の間接支持機能を有する。

屋外二重管は、延長約 215m、内径 2.0m 及び 1.8m の 2 本の鋼管の地中構造物である。また、地震時の相対変位を吸収するため、2 本の鋼管にはそれぞれ 3 箇所にかとう管が設定されている。構造物直下には液状化検討対象層である As 層、Ag1 層及び Ag2 層が分布している。なお、指針改訂に伴う耐震裕度向上工事として、平成 21 年に Ag2 層を対象とした地盤改良を実施している。

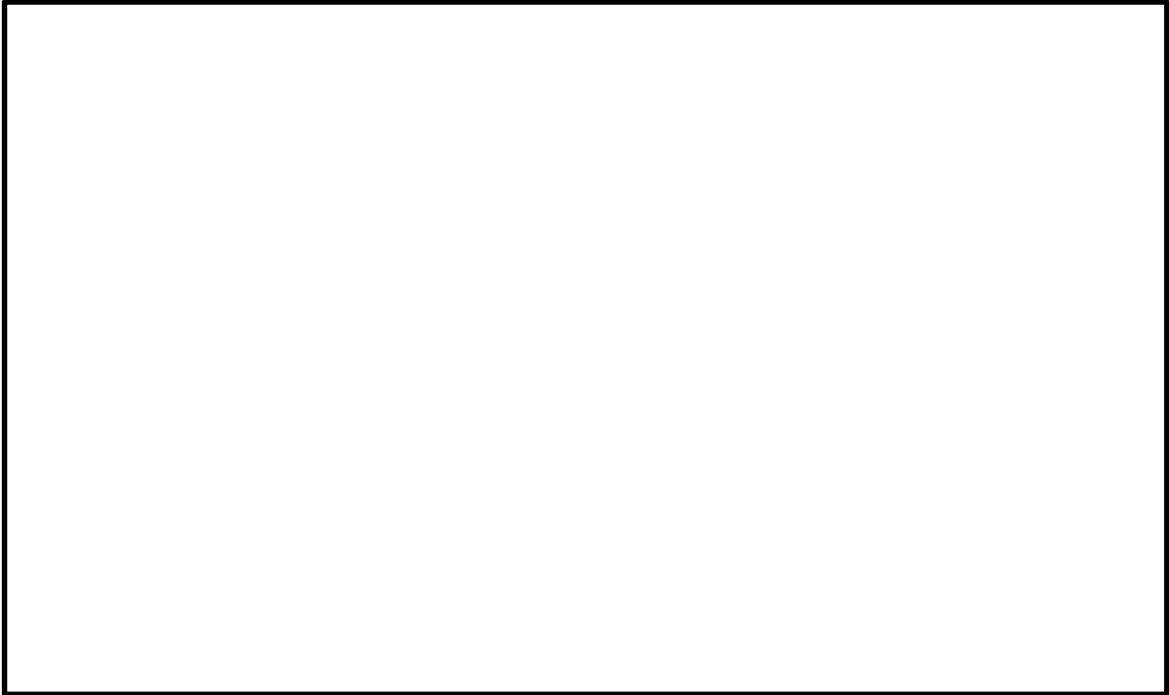
設置許可基準規則第 3 条第 1 項への適合性の観点から、本構造物は杭等を介して岩盤で支持する構造とする。

屋外二重管の平面図を第 2.3 - 1 図に、縦断面図を第 2.3 - 2 図に、横断面図を第 2.3 - 3 図に示す。

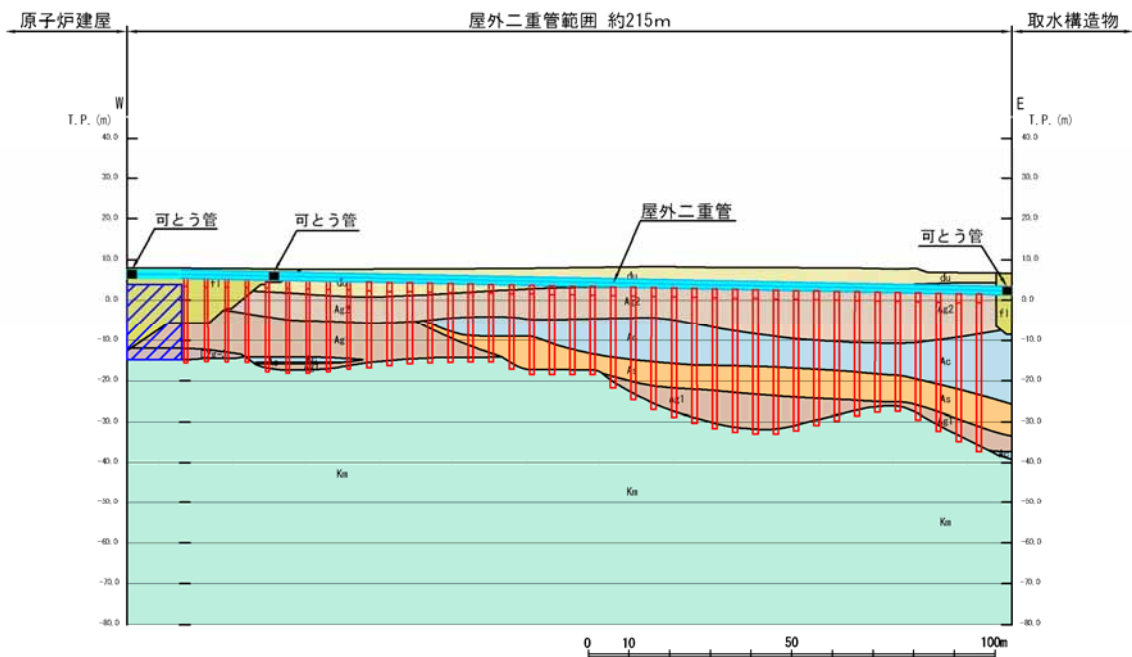
主な範囲においては、屋外二重管の直下に沈下防止を目的とした鋼製梁を設置して、鋼管杭を介して岩盤で支持させる。また、原子炉建屋近傍で、移設不可能な既設構造物（排気筒基礎等）や埋設物との干渉によって鋼管杭の打設が困難な箇所については、屋外二重管直下を地盤改良（セメント固化工法等）することにより補強する地盤に支持させる検討を行う。屋外二重管の基礎構造概要図を第 2.3 - 4 図に示す。

屋外二重管のうち二重管部分は任意の管軸直交方向断面において一様の形状を示す線状の構造物である。二重管部分の耐震評価では、一般的な地中埋設構造管路の設計を考慮し、管周方向応力と管軸方向応力の組合せを考慮した検討を行う。上記検討に当たっては、かとう管及び杭基礎への影響についても考慮し、耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

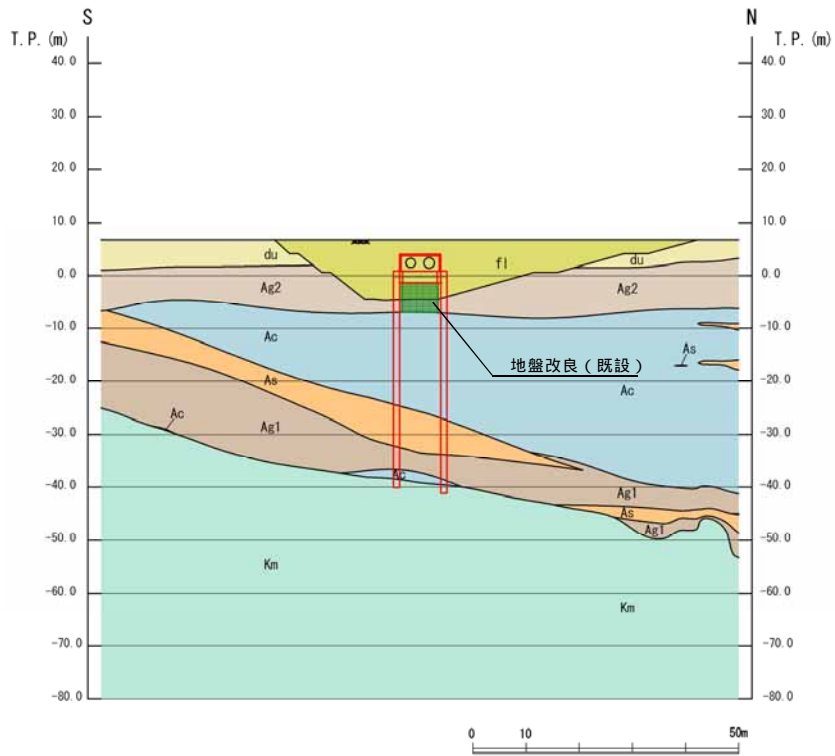
また、屋外二重管には残留熱除去系海水系配管、非常用ディーゼル発電機用海水系配管等が設置されることから、これら配管系への影響も踏まえた評価を実施する。



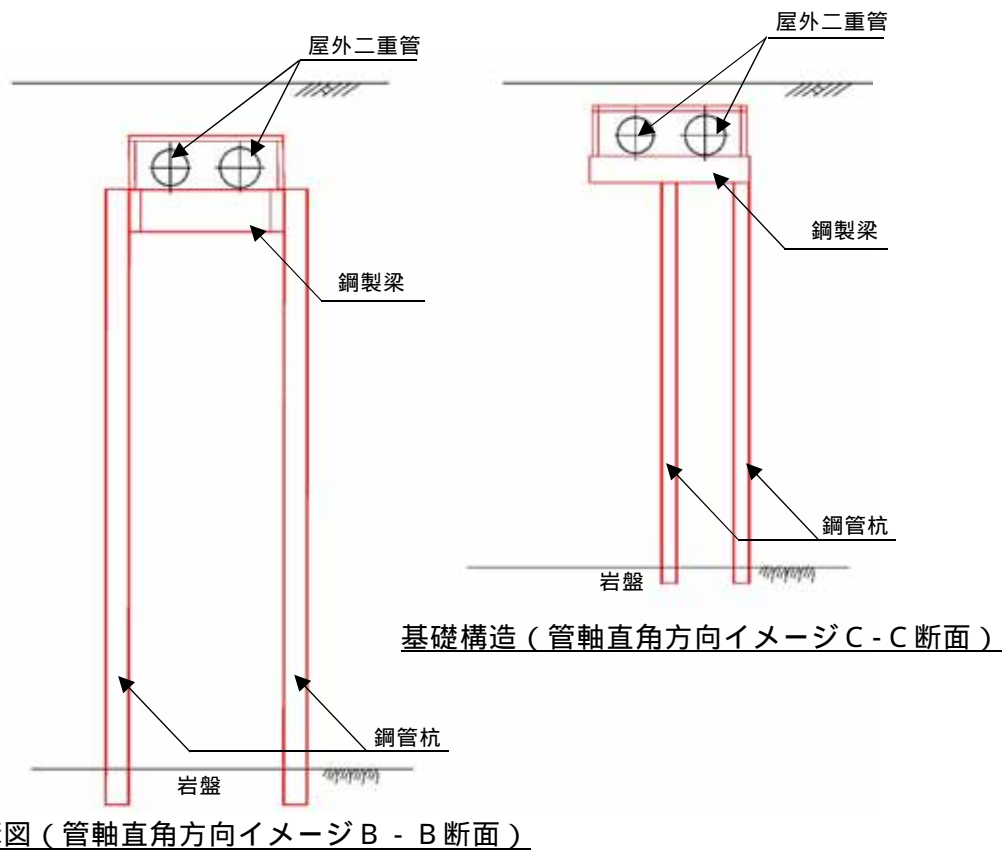
第 2.3 - 1 図 屋外二重管 平面図



第 2.3 - 2 図 屋外二重管 縦断面図 (A - A 断面)

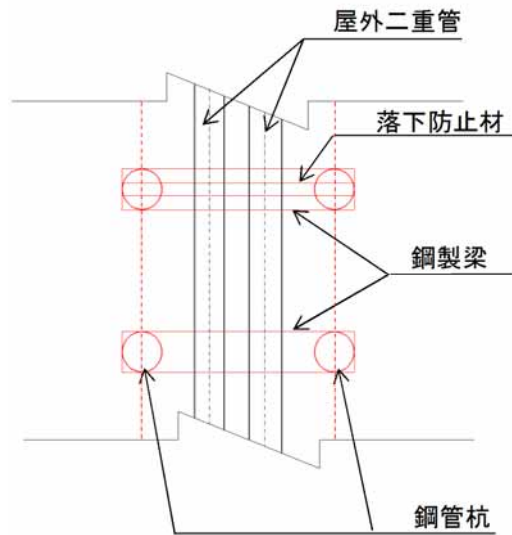


第 2.3 - 3 図 屋外二重管 横断面図 (B - B 断面)



基礎構図 (管軸直角方向イメージ B - B 断面)

第 2.3 - 4 図 基礎構造概要図



基礎構造（平面イメージ）

第 2.3 - 5 図 基礎構造概要図

2.4 貯留堰の断面選定の考え方

貯留堰の平面図を第 2.4 - 1 図に，断面図を第 2.4 - 2 図に示す。

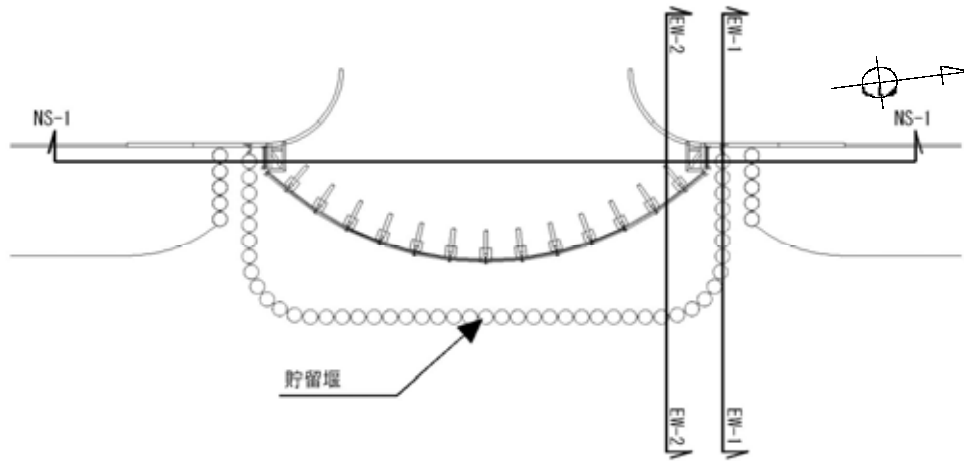
貯留堰は非常用取水設備であり，貯水性能が要求される。

貯留堰は，延長約 110m の海底面から約 2m 突出した鋼管矢板を連結した構造物であり，取水口護岸に接続する。鋼管矢板は十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

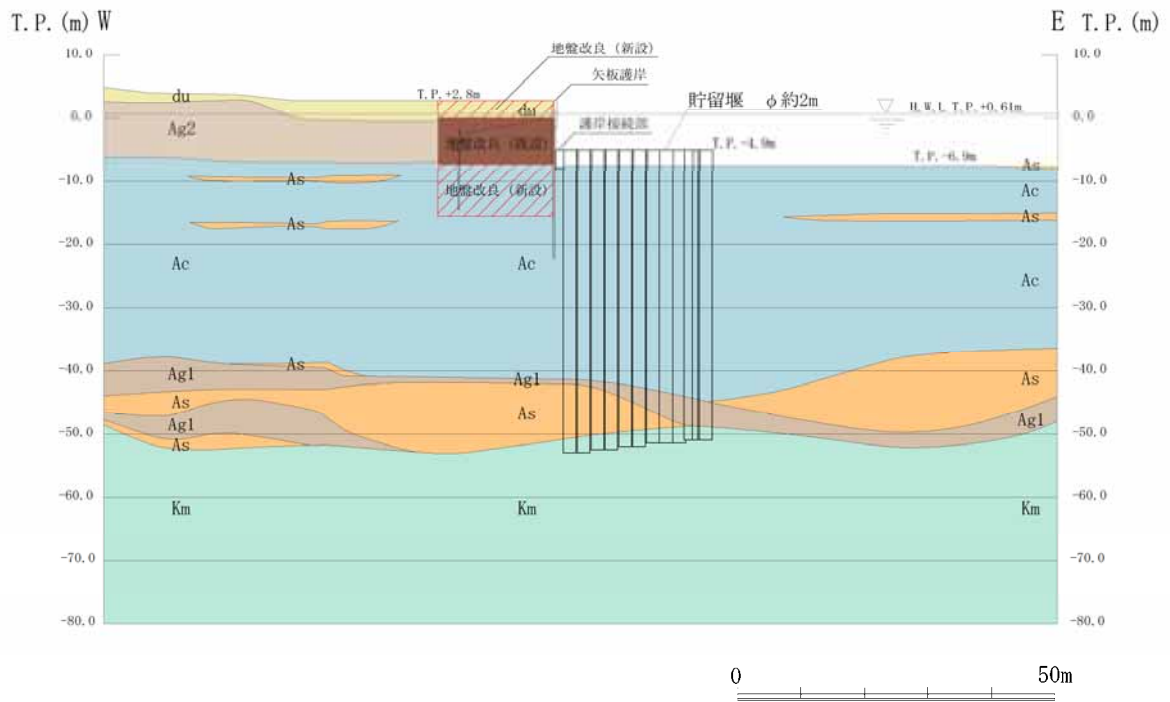
貯留堰の縦断方向は，加振方向に対して，鋼管が縦列に連結された鋼管矢板の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向は，加振方向に連結された鋼管がないことから，弱軸断面方向となる。

NS - 1 断面によれば，貯留堰の設置位置は，北に向かって堆積層の基底面が深くなっていることから，貯留堰の本体に着目した検討断面として，EW-2 断面を選定する。また，護岸との接続部については，北側の接続部に着目した検討断面として，EW - 1 断面及び NS - 1 断面を選定する。

今後，上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

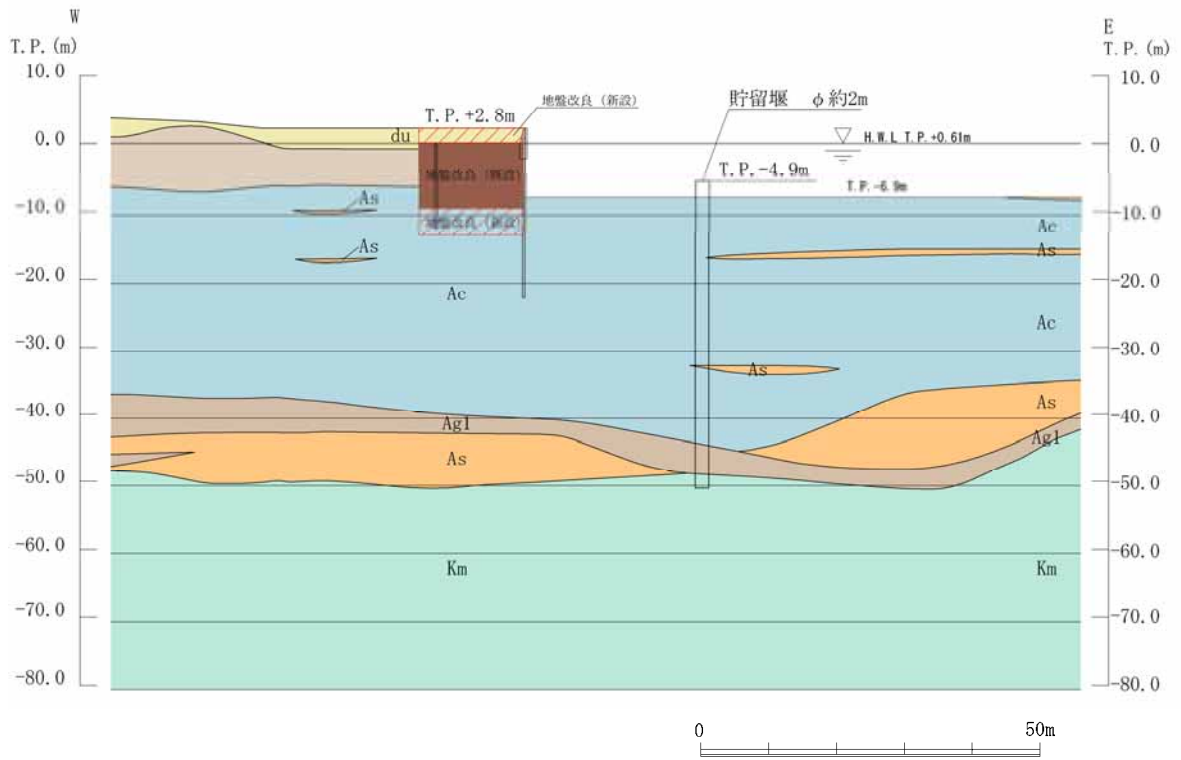


第 2.4 - 1 図 貯留堰 平面図



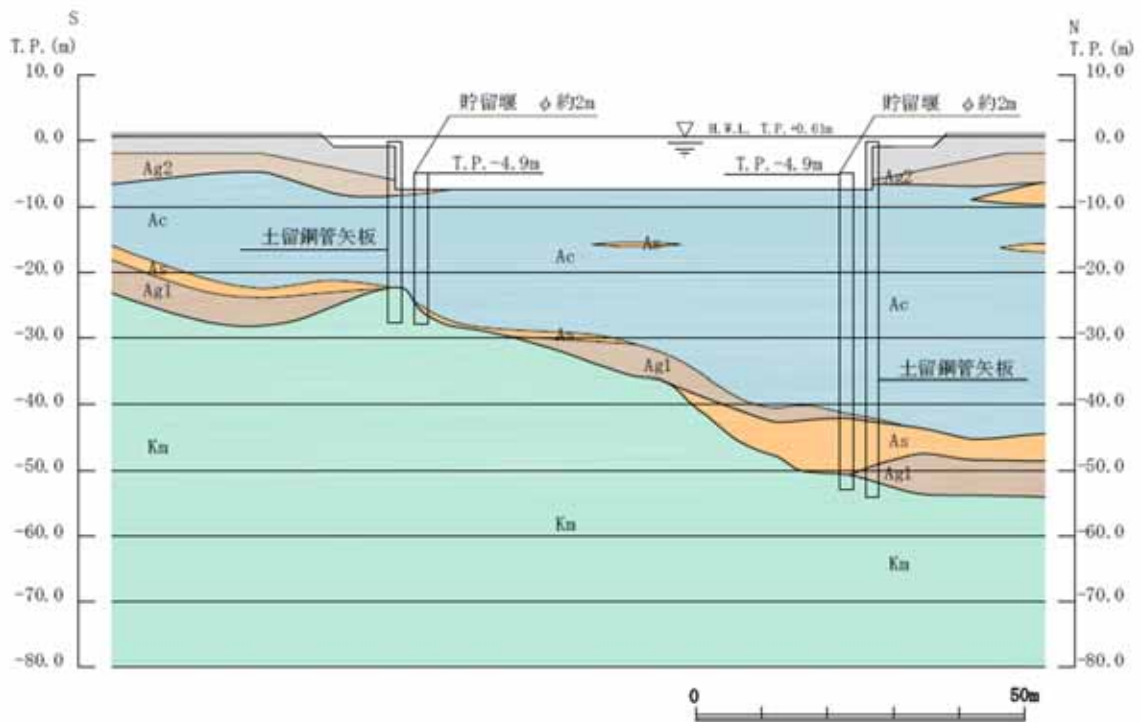
注：地盤改良の範囲については、今後の設計進捗により変更の可能性がある。

第 2.4 - 2 (1) 図 貯留堰 断面図 (EW - 1 断面)



注：地盤改良の範囲については、今後の設計進捗により変更の可能性がある。

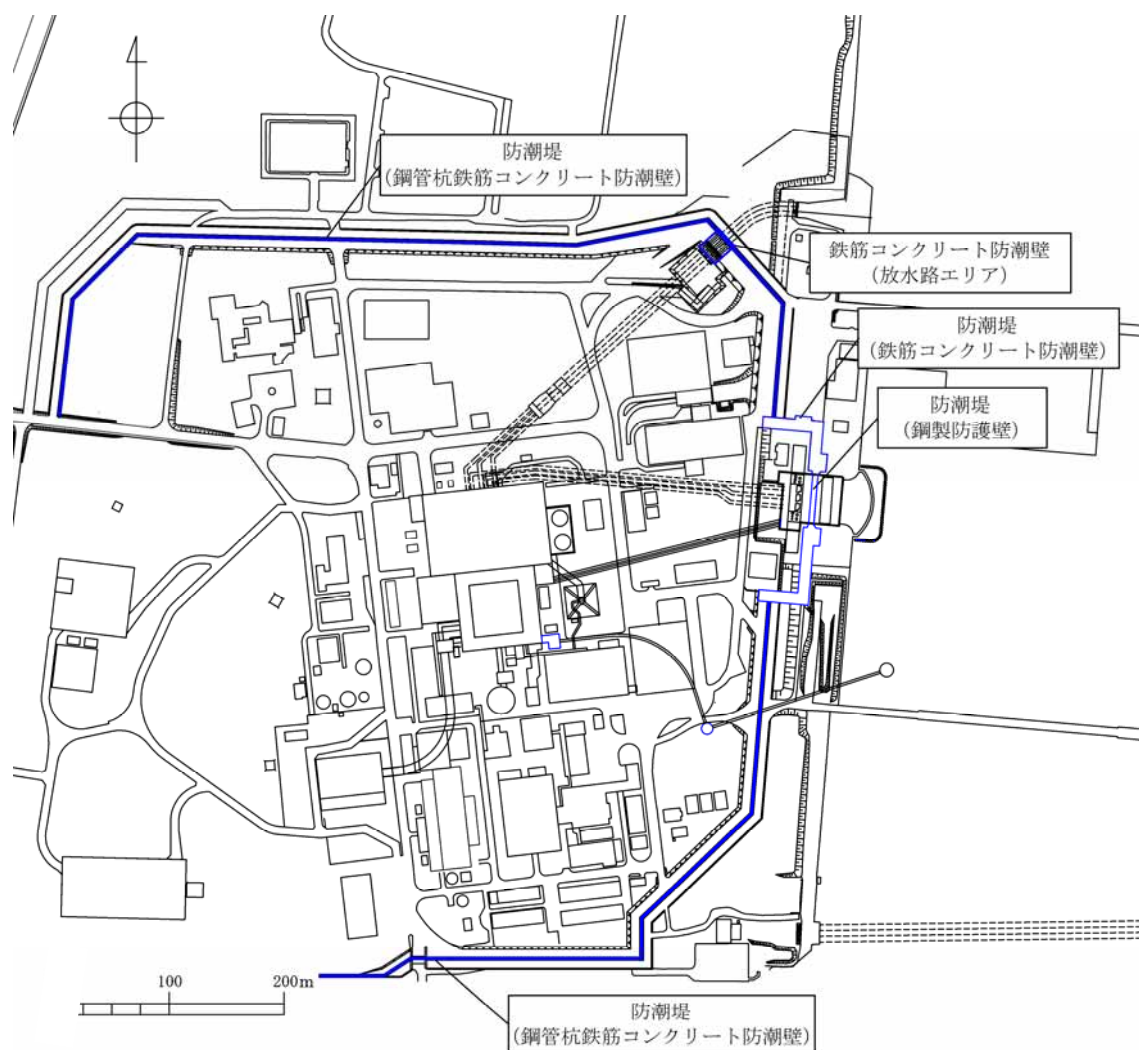
第 2.4 - 2 (2) 図 貯留堰 断面図 (EW - 2 断面)



第 2.4 - 2 (3) 図 貯留堰 断面図 (NS - 1 断面)

2.5 防潮堤の断面選定の考え方

防潮堤の平面図を第 2.5 - 1 図に示す。防潮堤は，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁，鋼製防護壁及び鉄筋コンクリート防潮壁に区分され，総延長は約 2.3km，天端高さは T.P. + 20m（敷地前面東側）又は T.P. + 18m（敷地側面北側及び敷地側面南側）からなる。以下に，それぞれの断面選定の考え方を示す。



第 2.5 - 1 図 防潮堤 平面図

2.5.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁

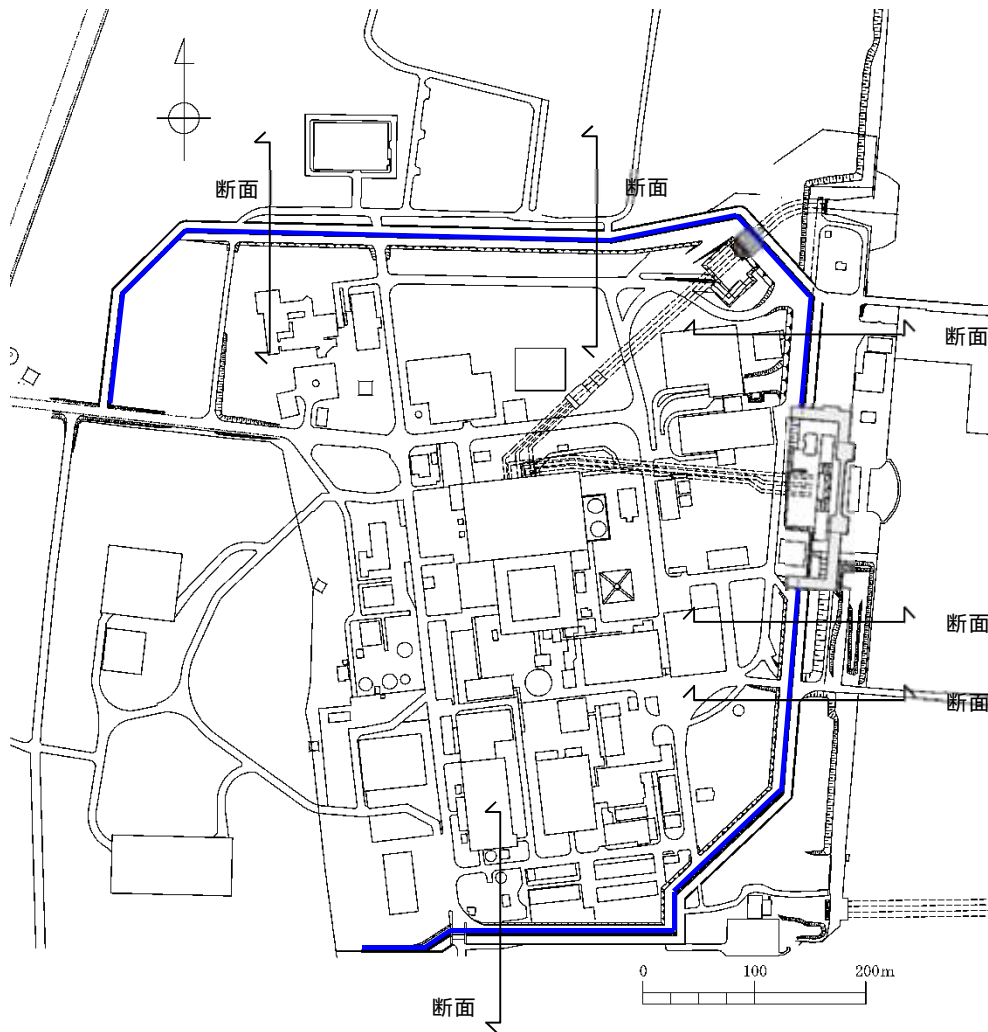
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の平面図を第 2.5 - 2 図に，正面図及び断面図を第 2.5 - 3 図に，横断面図を第 2.5 - 4 ~ 5 図に示す。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，延長約 2km，直径 2 ~ 2.5m の複数の鋼管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた鉄筋コンクリート造の防潮壁を 1 つのブロックとした構造物であり，鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

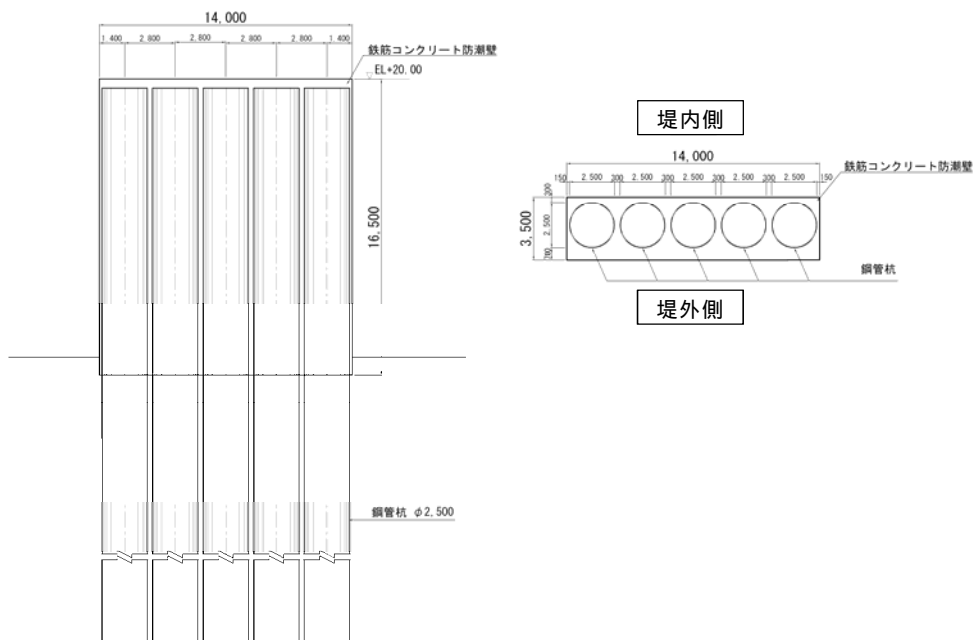
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は，加振方向に対して，長辺方向の躯体及び縦列の杭基礎の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向は，加振方向に対して，短辺方向の躯体及び杭基礎の構造断面性能により抵抗するため，弱軸断面方向となる。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向の断面について，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

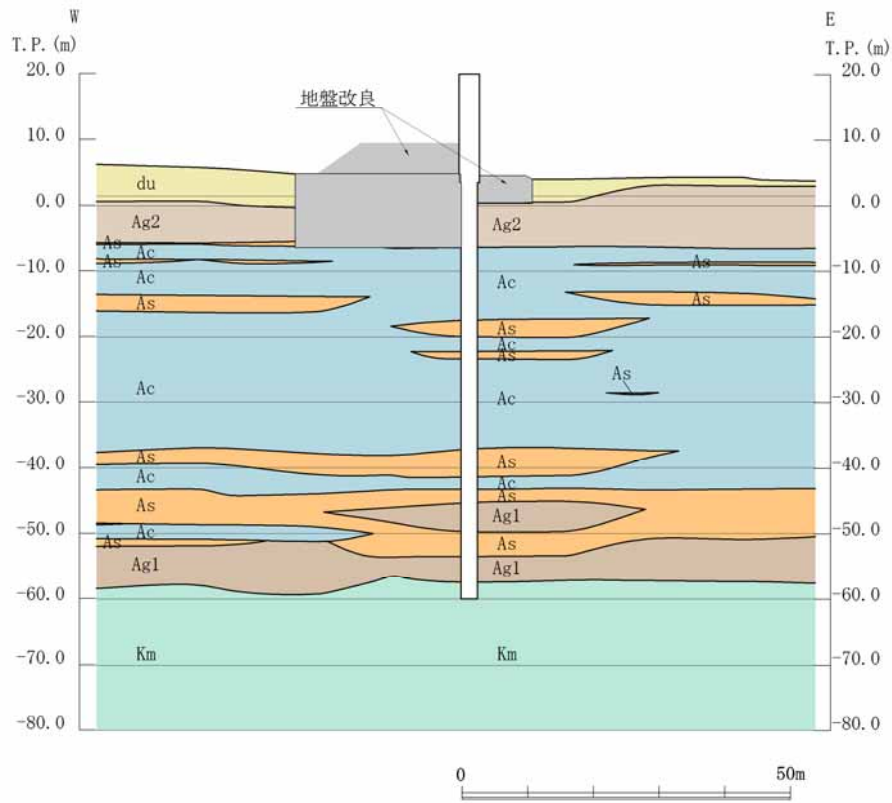
なお，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は敷地の全域に渡り設置することから，敷地の地質・地質構造の特徴や遡上津波の特性等を踏まえ，それらを網羅的に考慮した検討断面を第 2.5 - 1 表，第 2.5 - 2 表，第 2.5 - 6 図，第 2.5 - 7 図に基づき選定した（断面 ~ 断面）。



第 2.5 - 2 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 平面図

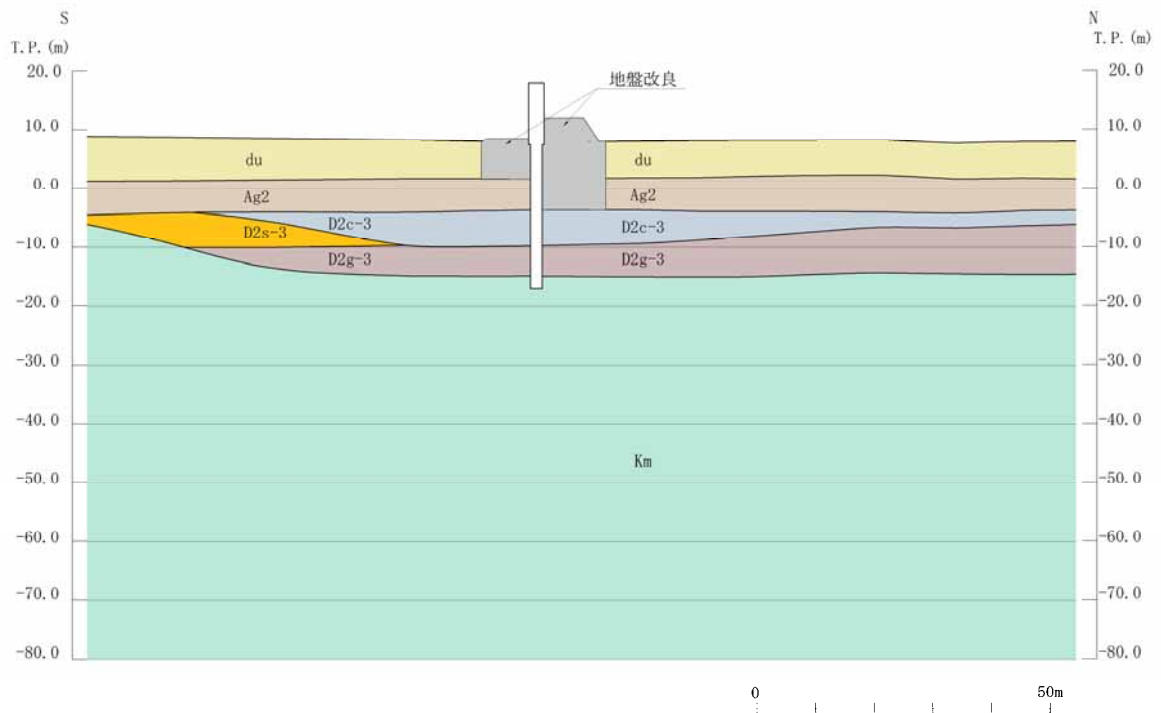


第 2.5 - 3 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 正面図及び断面図



注：地盤改良の範囲については、今後の設計進捗により変更の可能性がある。

第 2.5 - 4 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図 (断面)

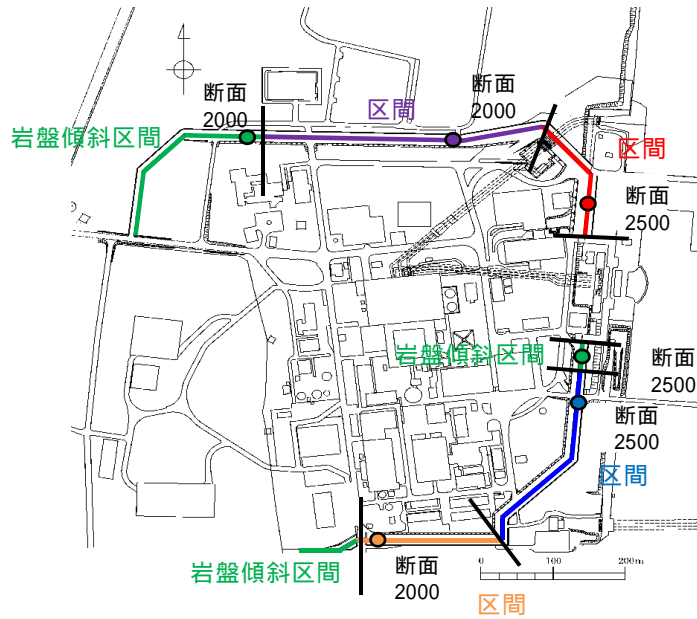


注：地盤改良の範囲については、今後の設計進捗により変更の可能性がある。

第 2.5 - 5 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図 (断面)

第 2.5 - 1 表 検討断面選定理由

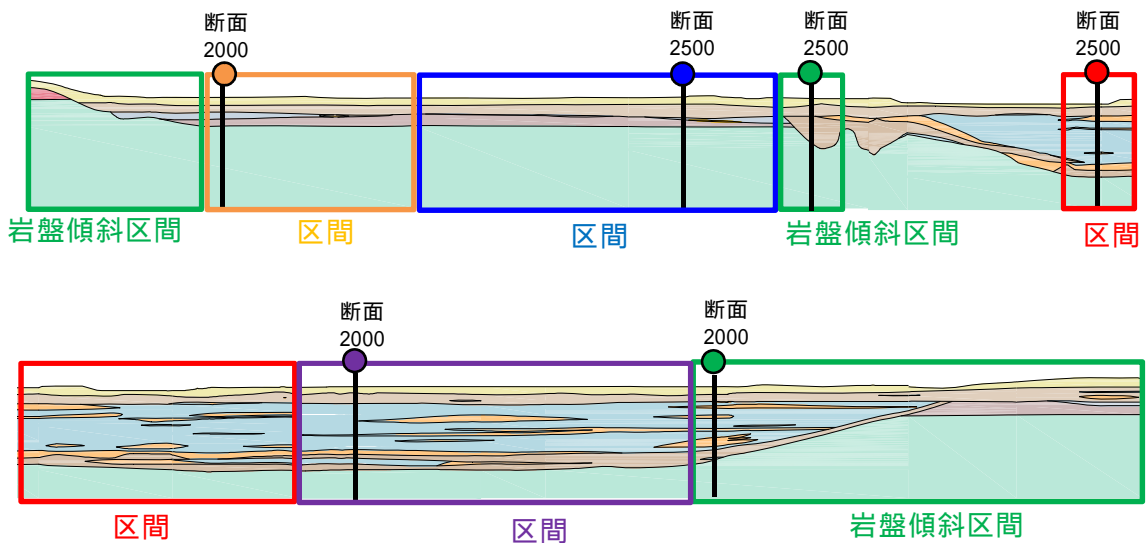
検討断面	地質的特徴	区間名 (防潮堤天端高さ)	選定理由
くは断面 断面もし	岩盤が傾斜する。	岩盤傾斜区間 (T.P.+18m もしくは T.P.+20m)	岩盤の傾斜角が最も大きい箇所
断面	岩盤標高が低い (第四系の層厚が厚い)	区間 (T.P.+18m)	粘土層が最も厚く堆積する箇所(区間内で第四系の層厚はほぼ一定)
断面		区間 (T.P.+20m)	全区間で防潮壁の壁高さが最も高い箇所(全区間で津波荷重が最も大きい箇所)
断面	岩盤標高が高い (第四系の層厚が薄い) 更新統が存在する。	区間 (T.P.+20m)	当該区間で第四系の層厚が最も厚い箇所
断面		区間 (T.P.+18m)	当該区間で第四系の層厚が最も厚い箇所



第 2.5 - 6 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の区間割図

第 2.5 - 2 表 区間別の第四系層厚

凡例	区間	鋼管杭径	第四系の層厚(岩盤の出現深さ)
—	岩盤傾斜区間	2,000 or 2,500	薄い~厚い(傾斜)
—	区間	2,000	一定の厚さで厚い(深い)
—	区間	2,500	一定の厚さで厚い(深い)
—	区間	2,500	一定の厚さで薄い(浅い)
—	区間	2,000	一定の厚さで薄い(浅い)



第 2.5 - 7 図 検討断面位置図

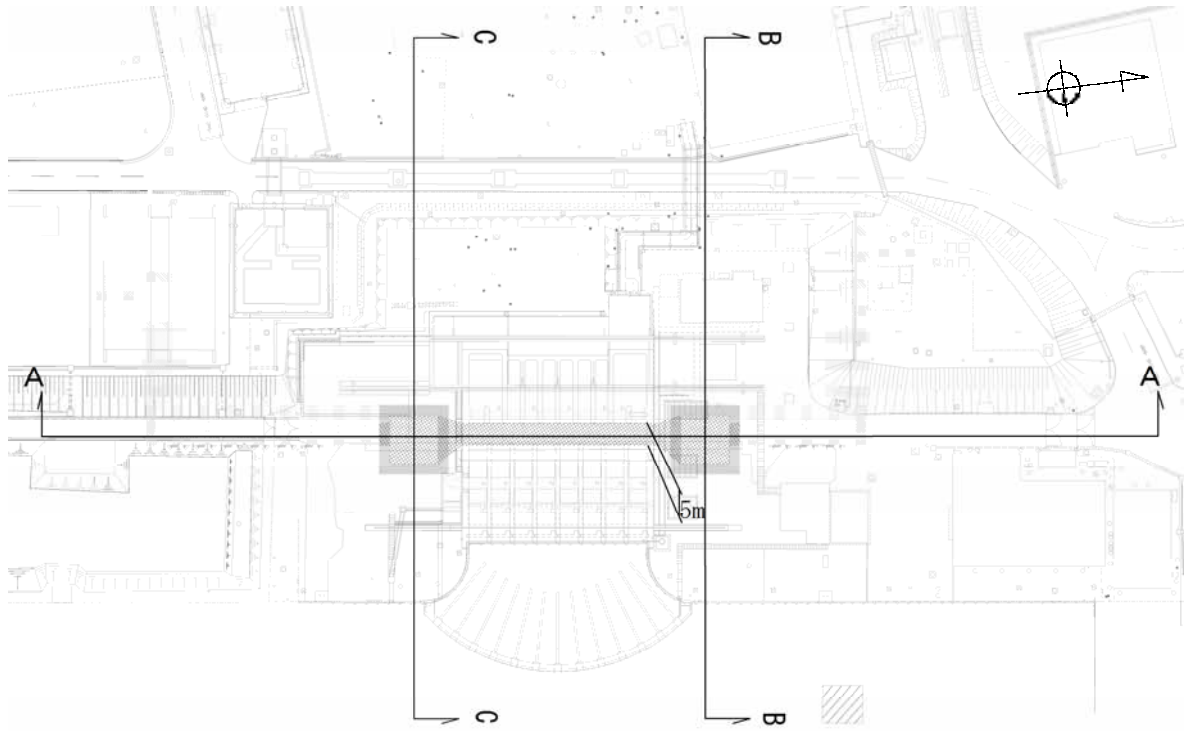
2.5.2 鋼製防護壁

鋼製防護壁の平面図を第 2.5 - 8 図に，正面図を第 2.5 - 9 図に，断面図を第 2.5 - 10 図に示す。

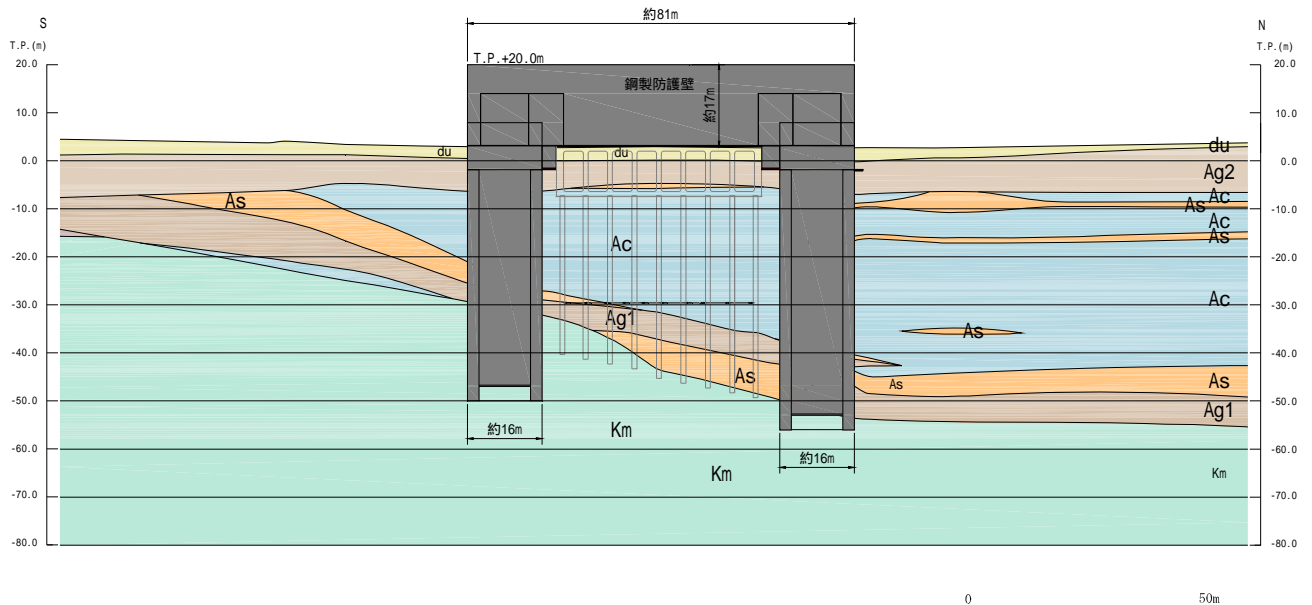
鋼製防護壁は，幅約 81m，高さ約 17m，奥行約 5m の鋼製の構造物であり，幅約 50m の取水構造物を横断し，取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。鋼製防護壁周辺の地盤は新第三系の岩盤上面が南側から北側に傾斜し，その上部に第四系の地層が堆積しているため，第四系の地層は北側で厚く分布している。

鋼製防護壁は，上部工では相対的に断面係数が大きい縦断方向が強軸断面方向となる。一方，鋼製防護壁の基礎は取水構造物を挟んで南北に分離されており，岩盤深さが北側と南側で異なる。

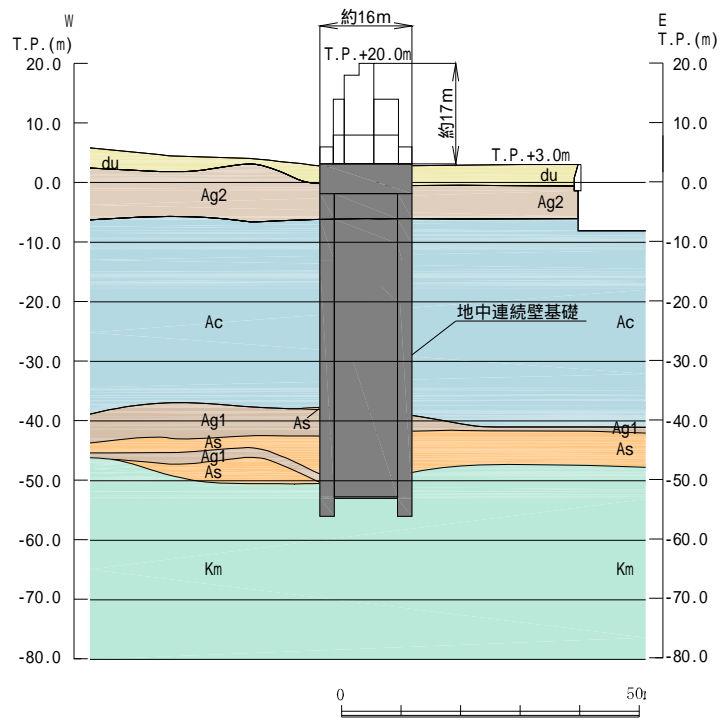
以上より，鋼製防護壁の耐震評価では，縦断方向 1 断面及び南北基礎の横断方向（堤軸に対して直交する方向）2 断面について，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



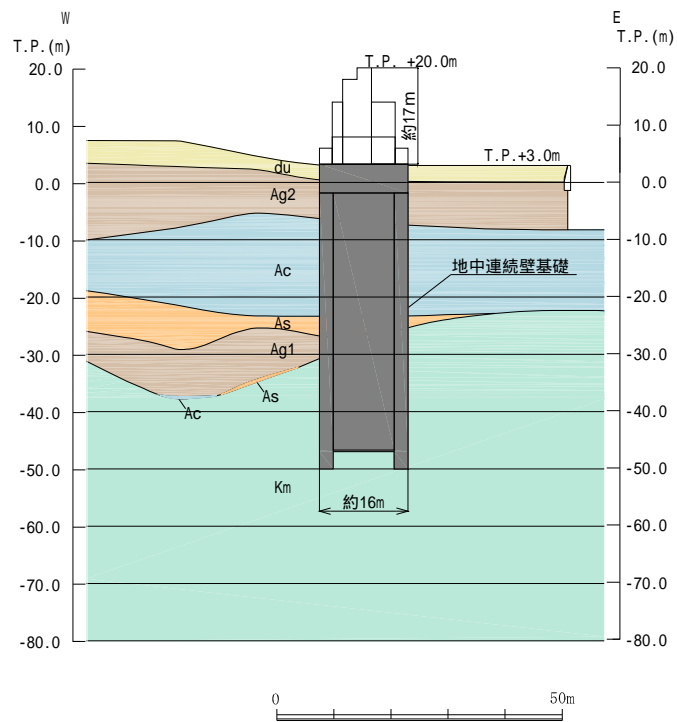
第 2.5 - 8 図 鋼製防護壁 平面図



第 2.5 - 9 図 鋼製防護壁 正面図 (A - A 断面)



第 2.5 - 10 (1) 図 鋼製防護壁 断面図 (B - B 断面)



第 2.5 - 10 (2) 図 鋼製防護壁 断面図 (C - C 断面)

2.5.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリアを除く）

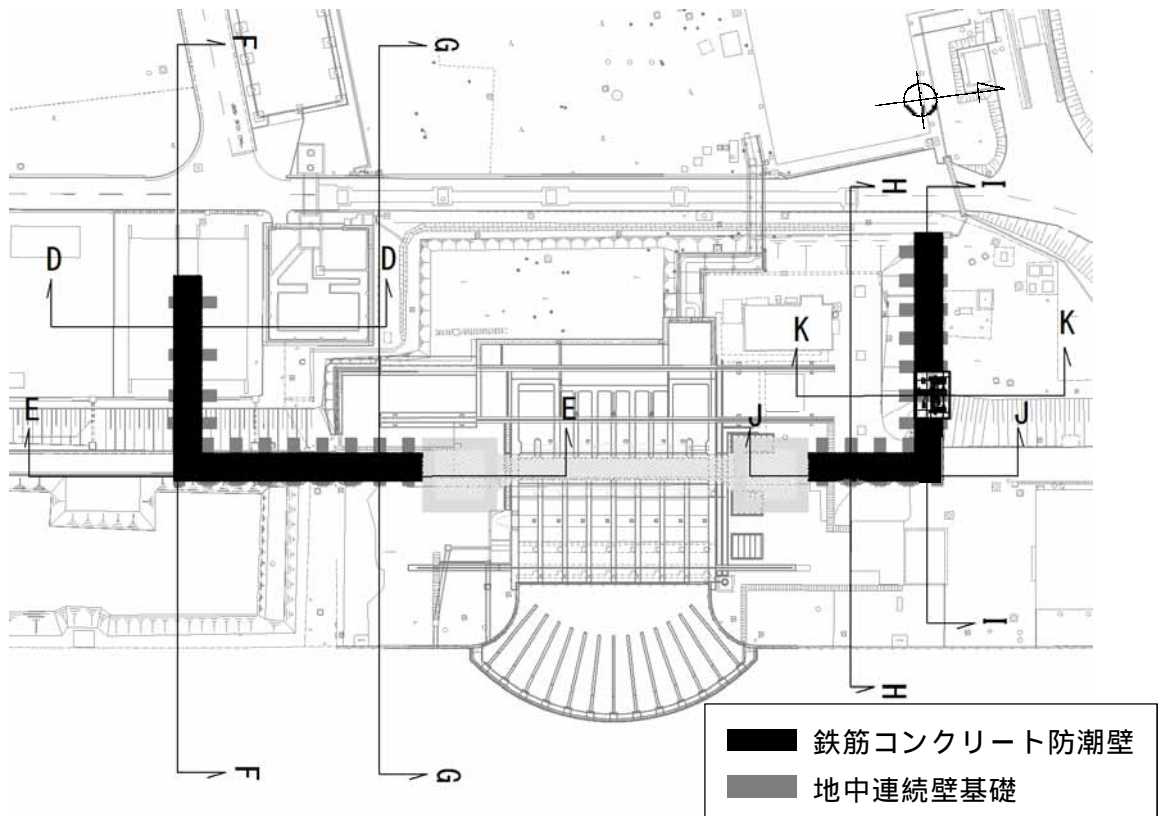
鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリアを除く）の平面図を第 2.5 - 11 図に，断面図を第 2.5 - 12 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は，幅 11m～20m 程度，高さ約 22m，奥行約 10m の鉄筋コンクリート造の構造物であり，ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は，地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

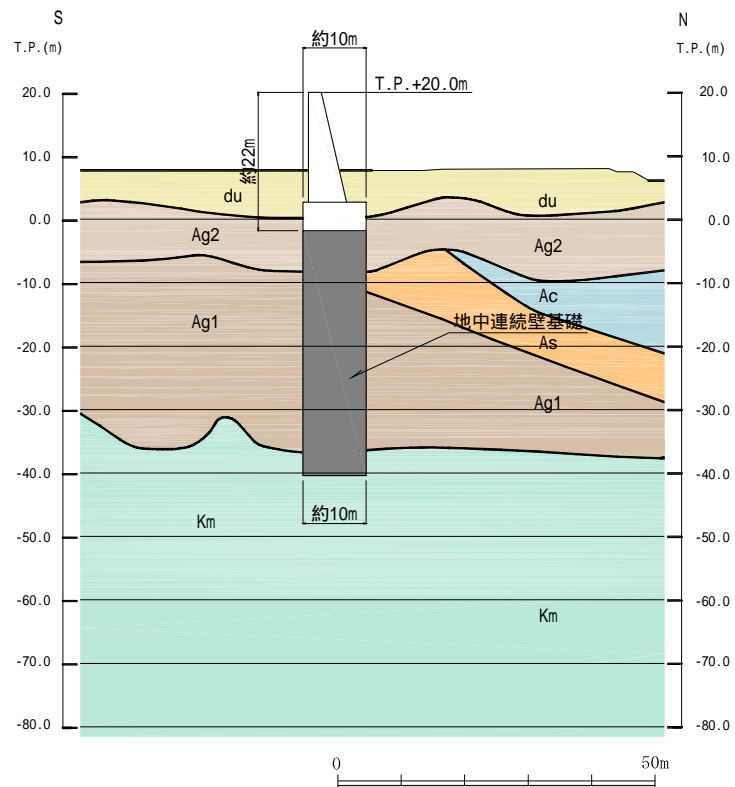
鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は，加振方向に対して，長辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。横断方向（堤軸に対して直交する方向）は，加振方向に対して，短辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗するため，弱軸断面方向となる。一方，地中連続壁基礎に着目すると防潮堤の縦断方向は加振方向と平行に配置される部材が少ないことから弱軸断面方向となる。

鉄筋コンクリート防潮壁周辺の地盤は新第三系の岩盤上面が南側から北に傾斜し，その上部に第四系の地層が堆積しているため，第四系の地層は北側側で厚く分布している。第四系の地層は，南側の東西方向では起伏に富み，北側の東西方向はほぼ水平に層をなしている。

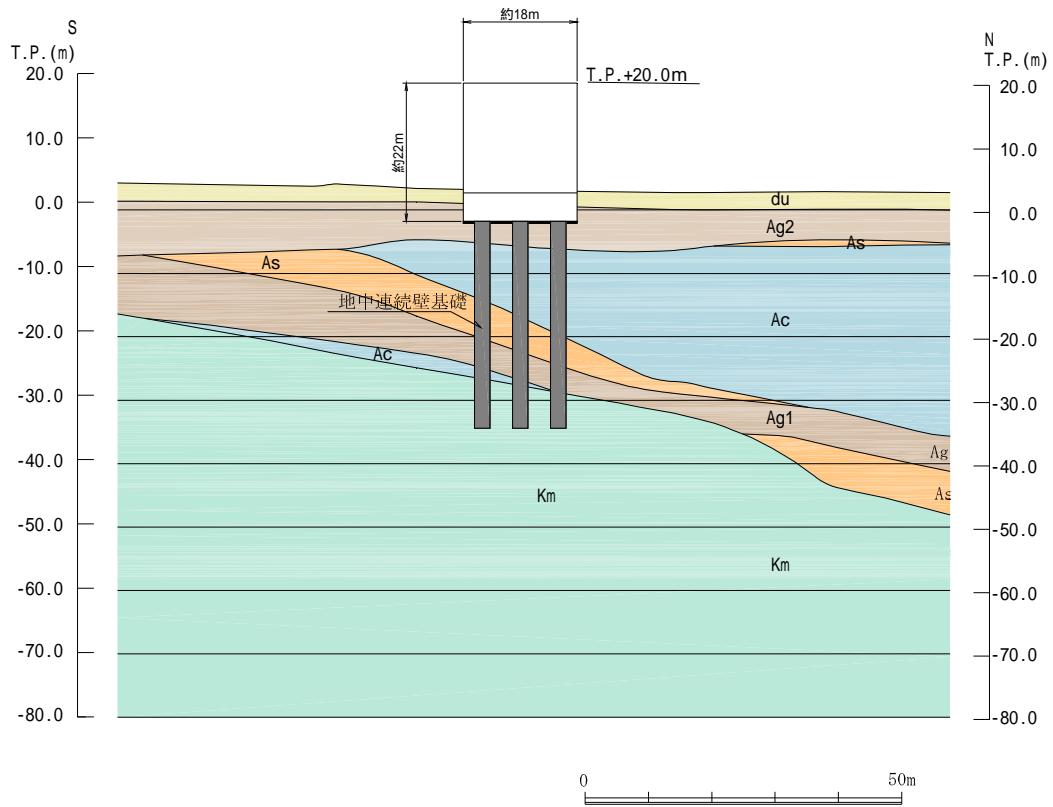
耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して，上部工については構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向の 4 断面，基礎部については構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である縦断方向の 4 断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



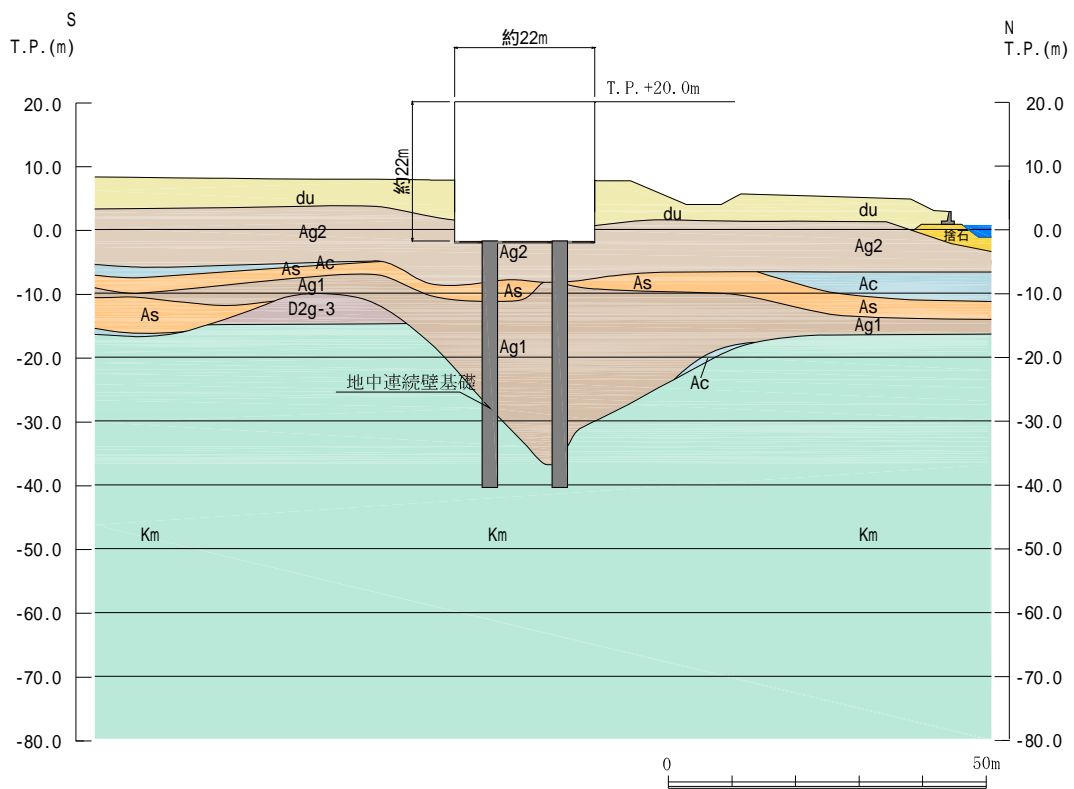
第 2.5 - 11 図 鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



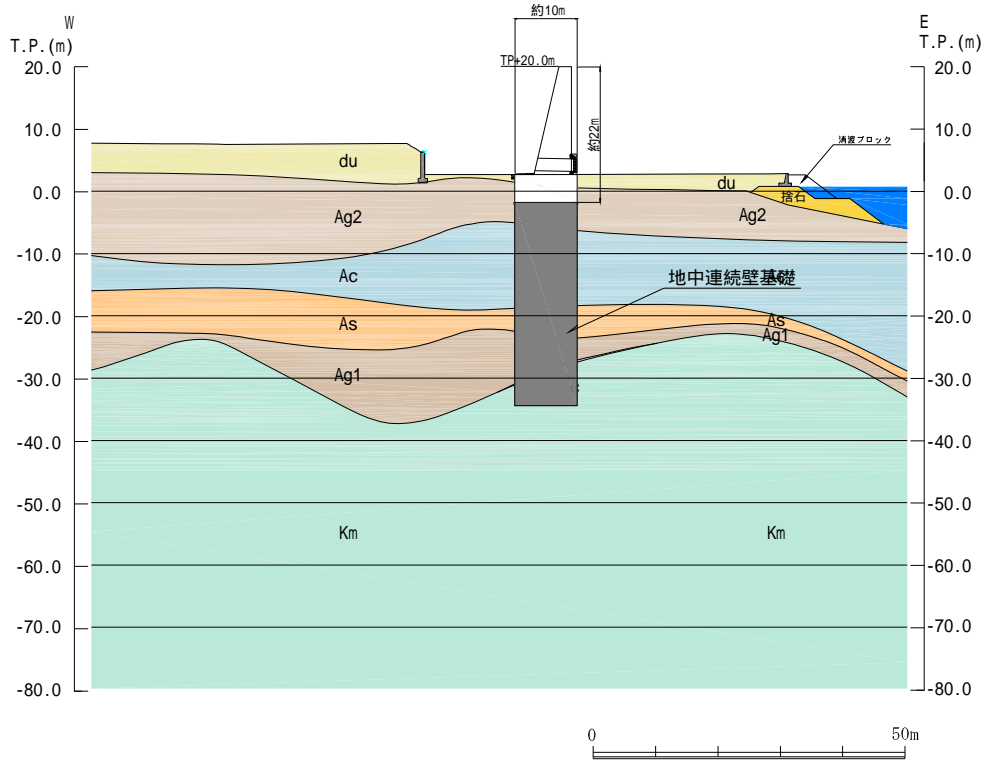
第 2.5 - 12 (1) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(D - D断面)



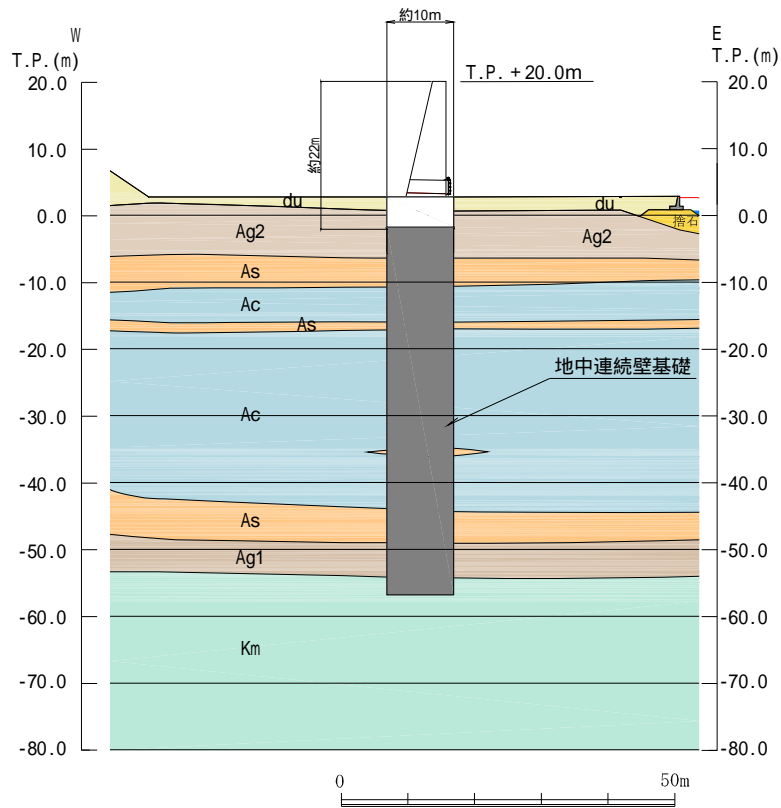
第 2.5 - 12 (2) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(E - E 断面)



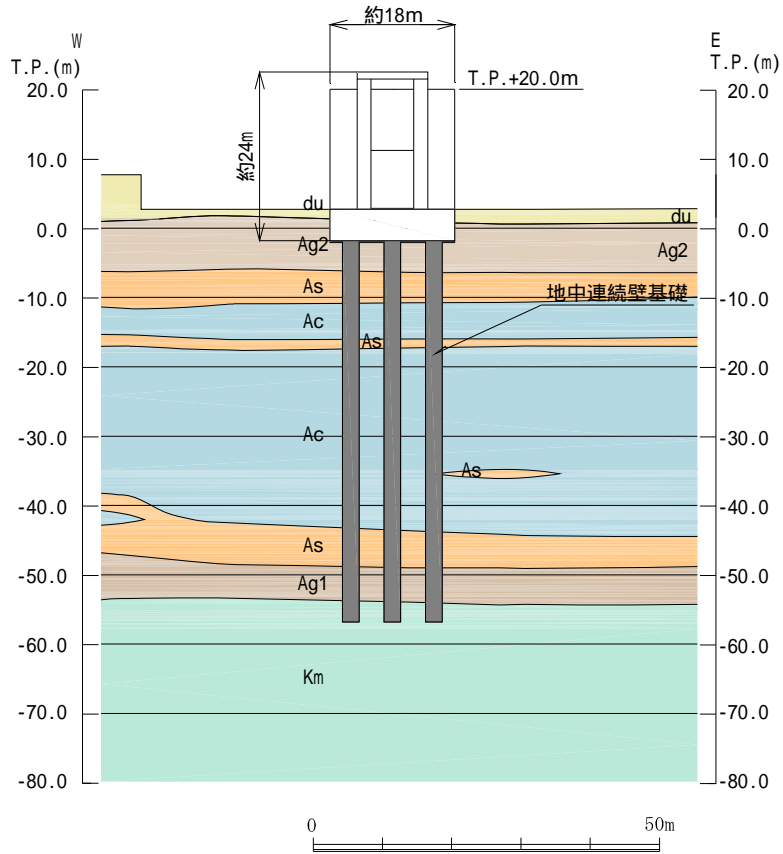
第 2.5 - 12 (3) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(F - F 断面)



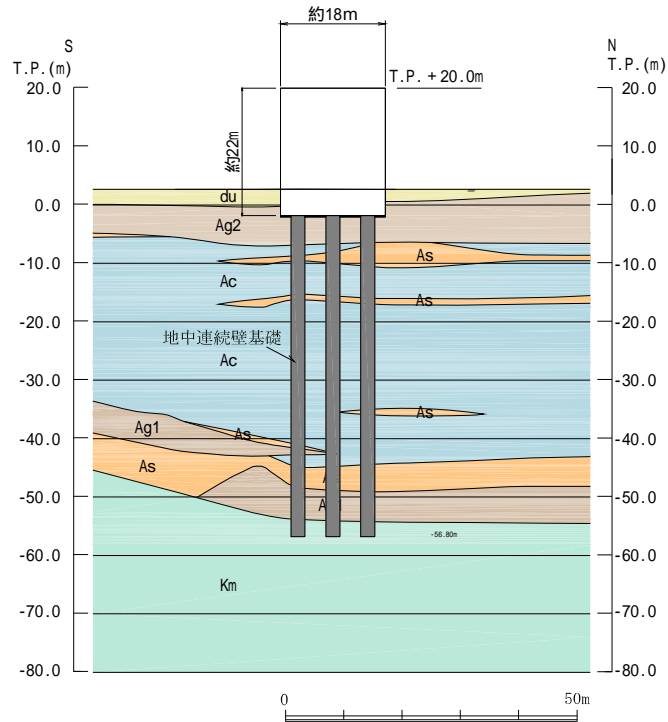
第 2.5 - 12 (4) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(G - G断面)



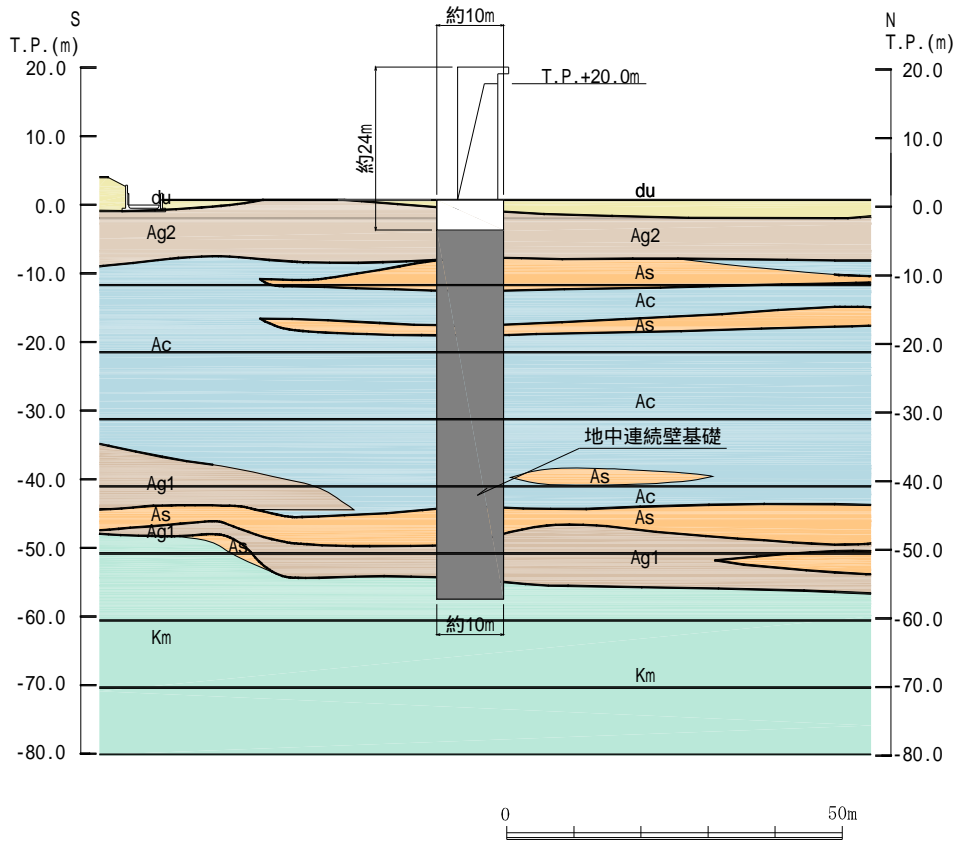
第 2.5 - 12 (5) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(H - H断面)



第 2.5 - 12 (6) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(I - I 断面)



第 2.5 - 12 (7) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(J - J 断面)



第 2.5 - 12 (8) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(K - K 断面)

2.5.4 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

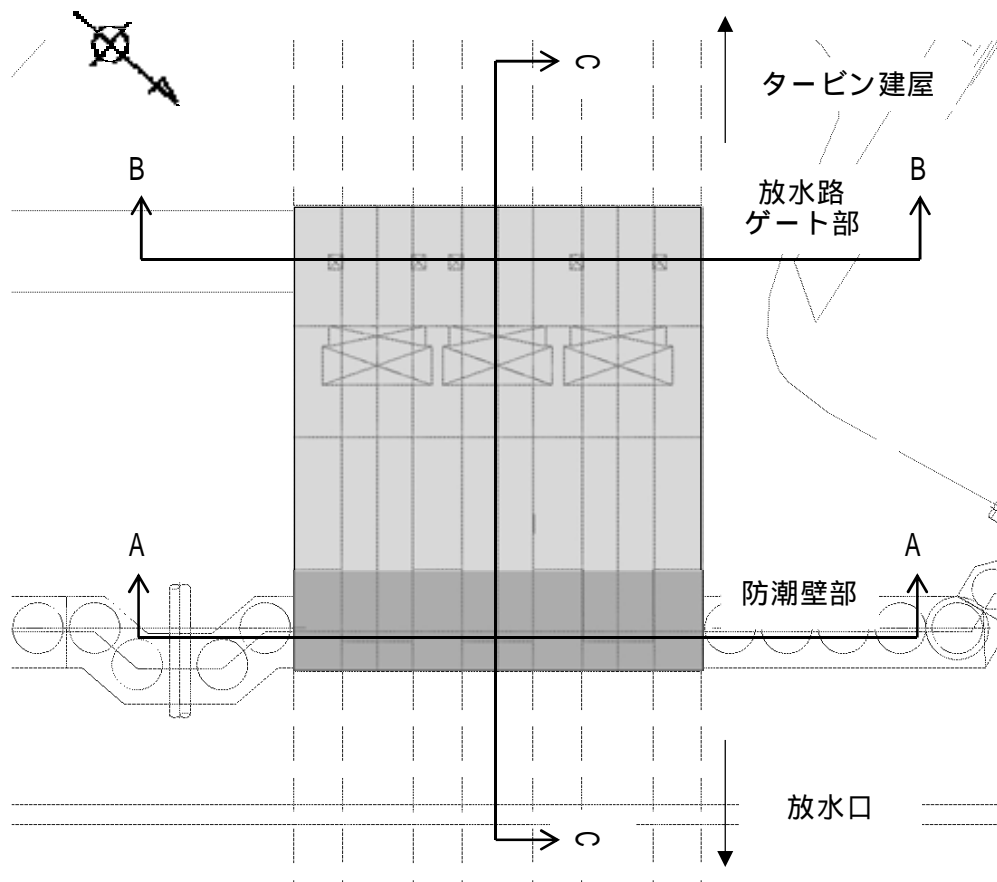
鉄筋コンクリート防潮壁のうち放水路横断部の平面図を第 2.5 - 13 図に、断面図を第 2.5 - 14 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は、縦断方向約 20m、高さ約 17m、横断方向約 23m の鉄筋コンクリート造の構造物であり、放水路、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

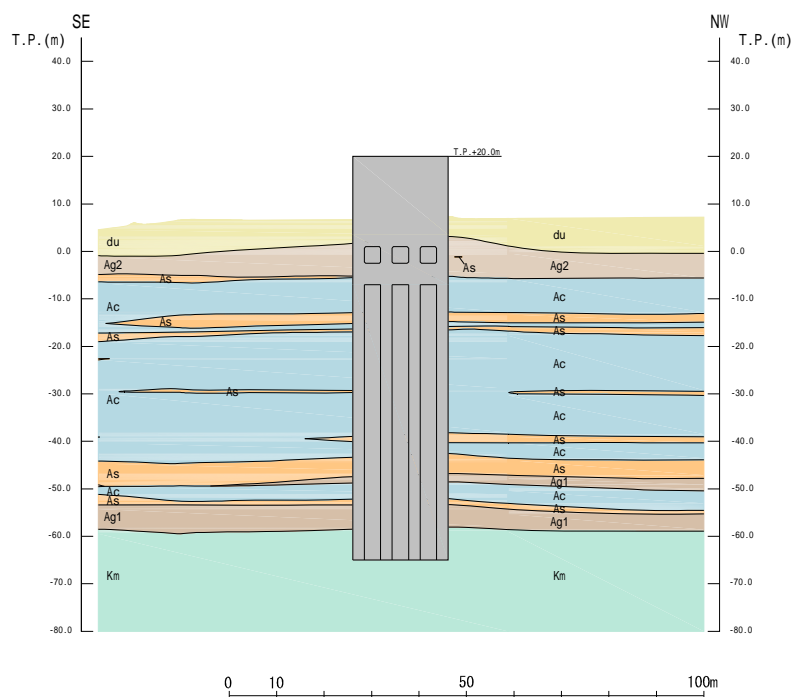
鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向では、防潮壁部は、加振方向に対して、長辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗することから、強軸断面方向となり、防水路部及び放水路ゲート部は加振方向と平行に躯体が配置されないことから、弱軸断面方向となる。

鉄筋コンクリート防潮壁周辺の第四系の地層はほぼ水平な層をなし、Ac 層が厚く分布する。

耐震評価では、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して、縦断方向 2 断面及び横断方向 1 断面について、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。縦断方向の断面位置は防潮壁部と放水路ゲート部に設定する。横断方向の断面位置は構造物の中心線位置とする。

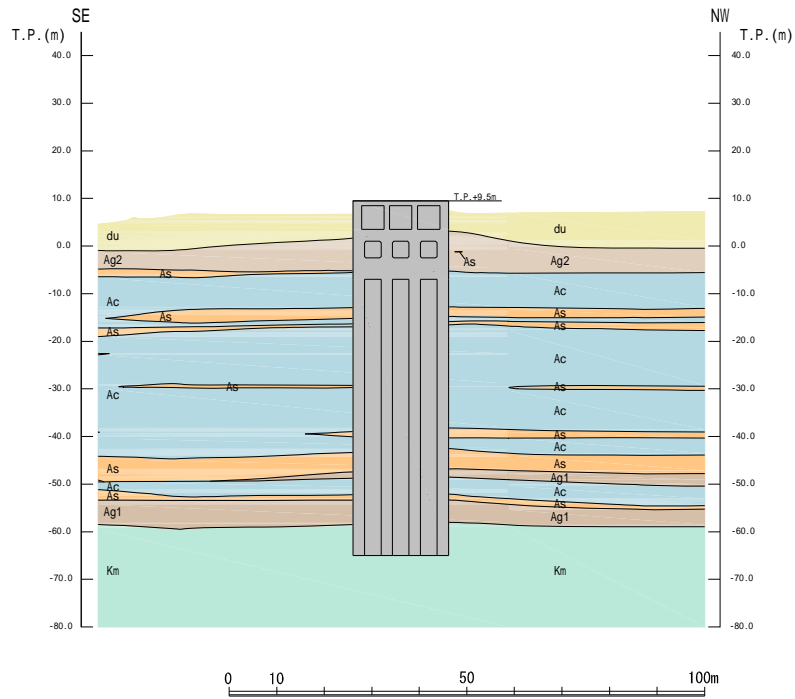


第 2.5 - 13 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア） 平面図

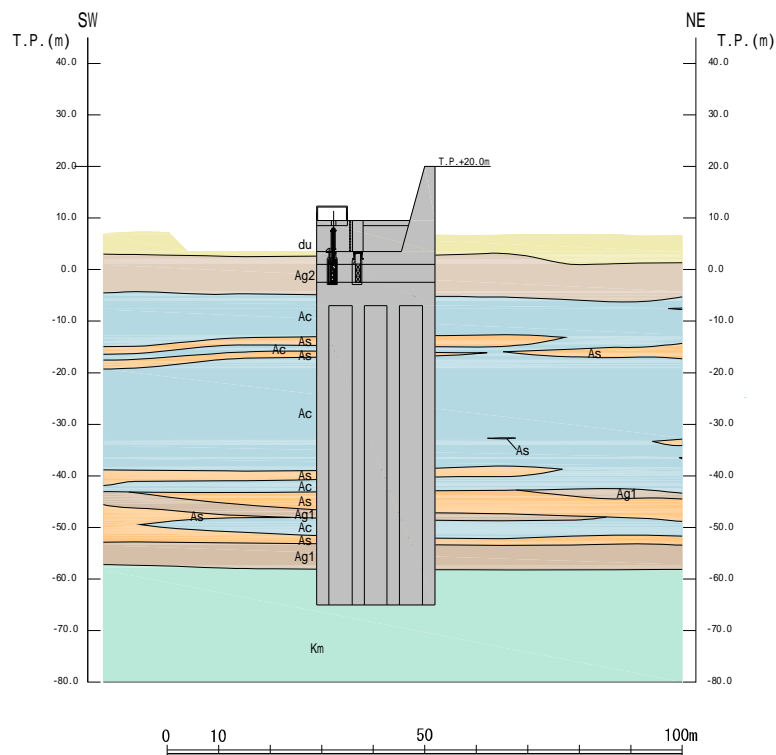


第 2.5 - 14 (1) 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

断面図（A - A 断面）（防潮壁部）



第 2.5 - 14 (2) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) 断面図
 (B - B 断面)(放水路ゲート部)



第 2.5 - 14 (3) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) 断面図
 (C - C 断面)

2.6 常設代替高圧電源装置置場の断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置置場の平面図を第 2.6 - 1 図に，断面図を第 2.6 - 2 図に示す。

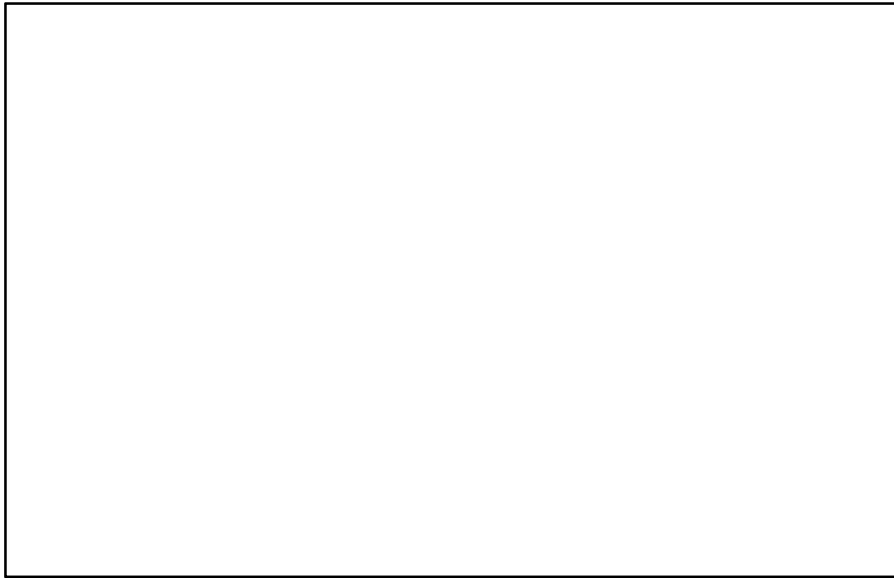
常設代替高圧電源装置置場は常設重大事故等対処施設であり，常設代替高圧電源装置等を内包すると共に，S クラス施設である軽油貯蔵タンクを間接支持する機能を有する。

常設代替高圧電源装置置場は，幅約 46m（南北方向）×約 56m（東西方向），高さ約 47m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

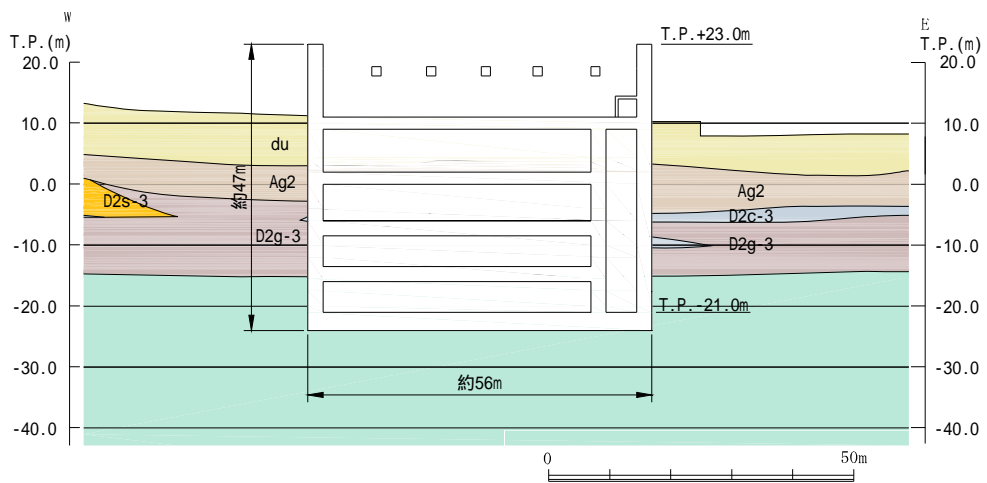
常設代替高圧電源装置置場では内包する常設代替高圧電源装置や間接支持する S クラス施設が縦断方向（東西方向）に一様に設置されているため，機器・配管の設置位置による影響を考慮する必要はない。

常設代替高圧電源装置置場の東西方向は加振方向に対して平行に配置される側壁又は隔壁の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，南北方向は，設備の配置などから加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから弱軸断面方向となる。

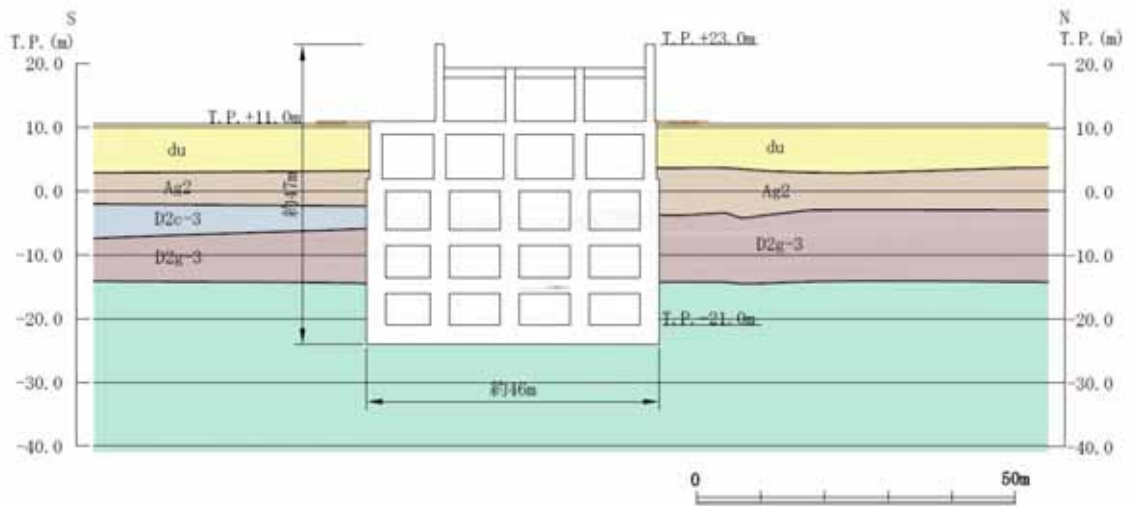
常設代替高圧電源装置置場は，東西方向にほぼ一様な構造であること，周辺の地質構造は施設の縦断方向について一様であることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である南北方向の断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.6 - 1 図 常設代替高圧電源装置置場 平面図



第 2.6 - 2 (1) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (東西断面)

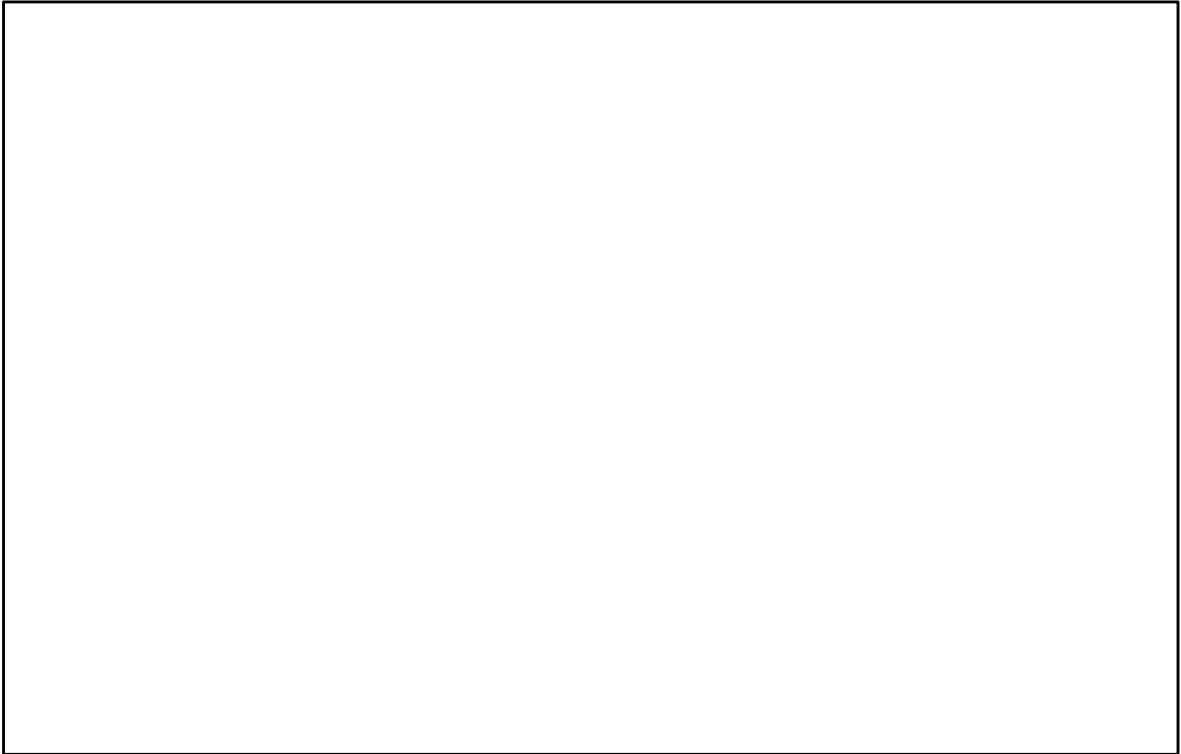


第 2.6 - 2 (2) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (南北断面)

2.7 常設代替高圧電源装置用カルバートの断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置用カルバートの平面図を第 2.7 - 1 図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバートは、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、トンネル部、立坑部及びカルバート部に区分される。以下にそれぞれの断面選定の考え方を示す。



第 2.7 - 1 図 常設代替高圧電源装置用カルバート 平面図

2.7.1 トンネル部

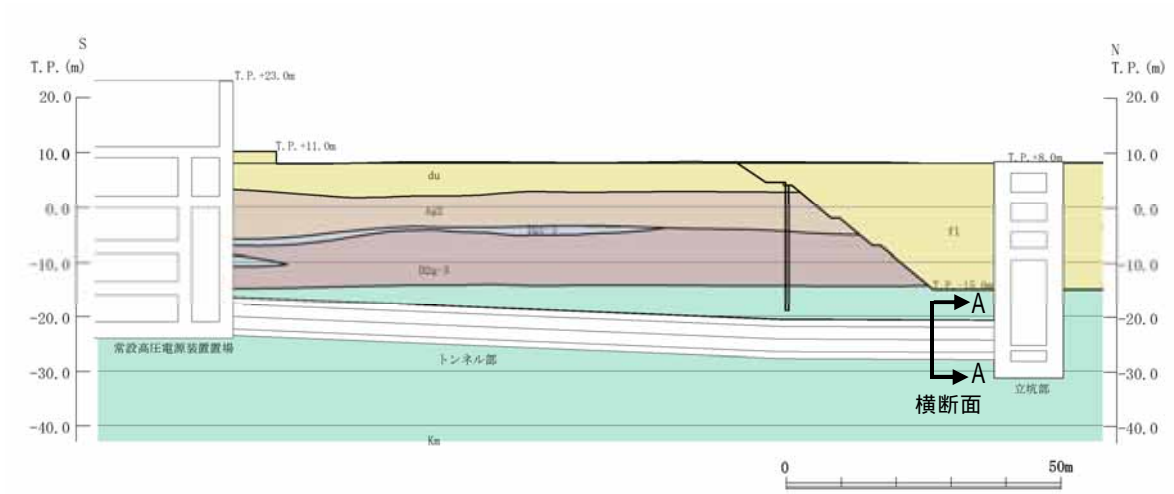
常設代替高圧電源装置用カルバートのうちトンネル部の縦断面図を第 2.7 - 2 図に，横断面図を第 2.7 - 3 図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部，カルバート部）は常設重大事故等対処施設であり，常設代替高圧電源装置電路等を内包すると共に，S クラス施設である軽油移送配管を間接支持する機能を有する。

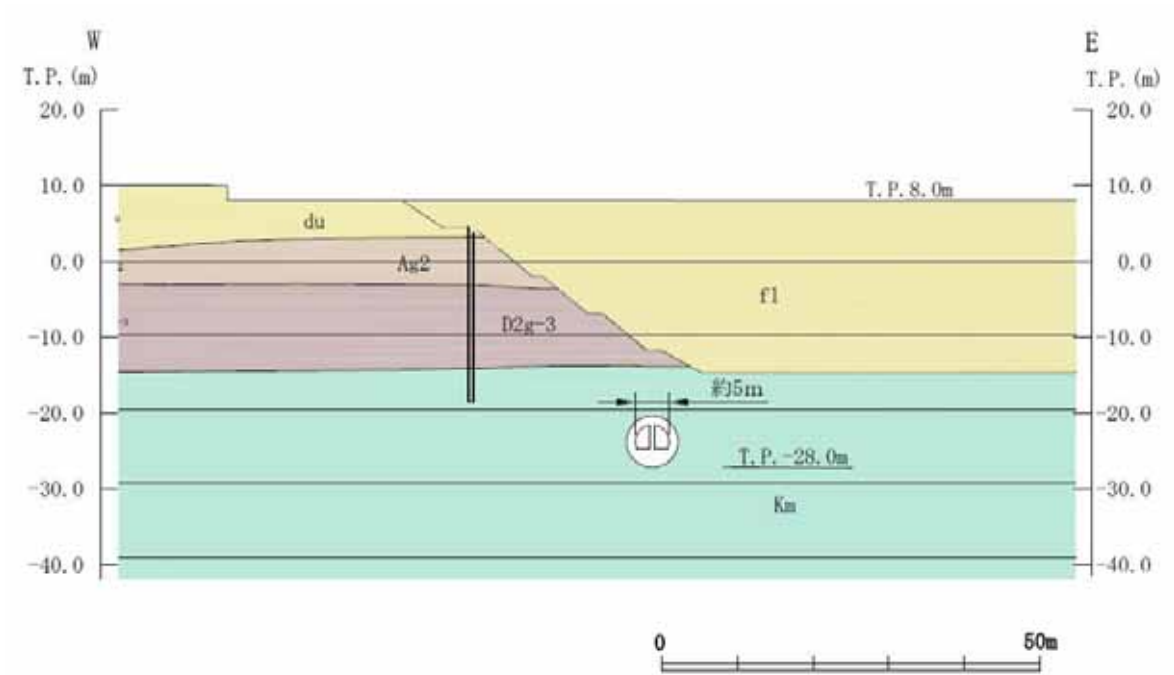
トンネル部は，延長約 150m，内径約 5m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，トンネルの縦断方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。トンネル部は全線にわたり一定区間でブロック割されている。

トンネルの縦断方向は，加振方向に対して，長辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。また，前述のとおりトンネル部は全線にわたり一定区間でブロック割されており，トンネル縦断方向の応力は区間毎に解放されること，トンネルは岩盤に設置されていることから縦断方向のブロック毎の相対変位は小さいと考えられる。一方，横断方向は，トンネル内に配管が配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸断面方向となる。

トンネル部は，全長を岩盤に設置されており，周辺の地盤が構造物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく，上載荷重の影響が支配的であると考えることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向のうち，土被りが最も大きくなる A - A 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。なお，周辺地質状況の相違による影響を確認するため，トンネル縦断方向における複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し，トンネルの上端と下端の相対変位を確認する。



第 2.7 - 2 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）縦断面図



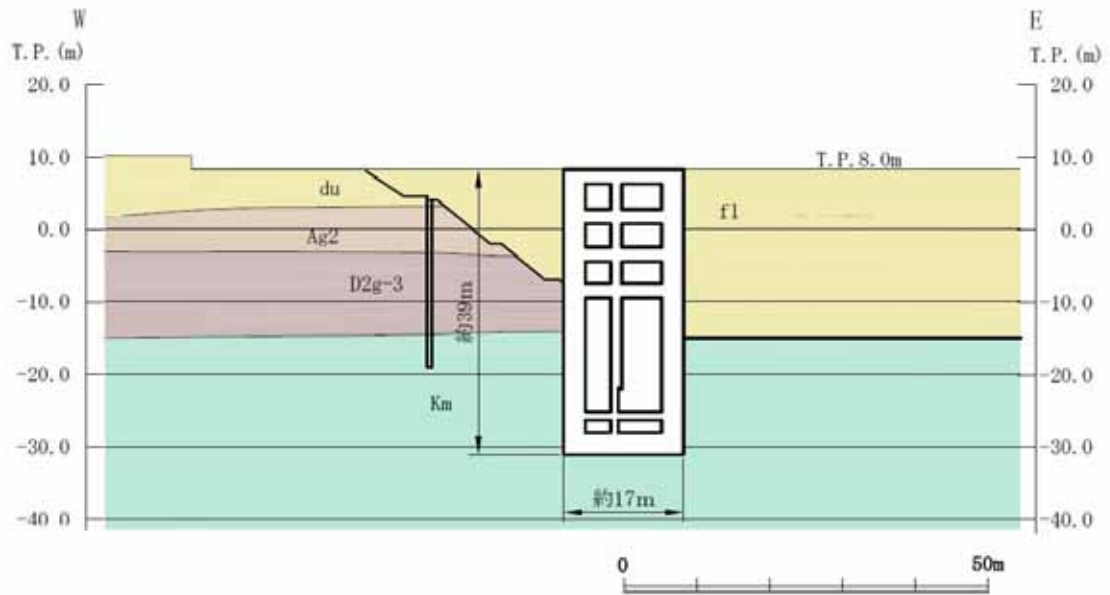
第 2.7 - 3 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
横断面図

2.7.2 立坑部

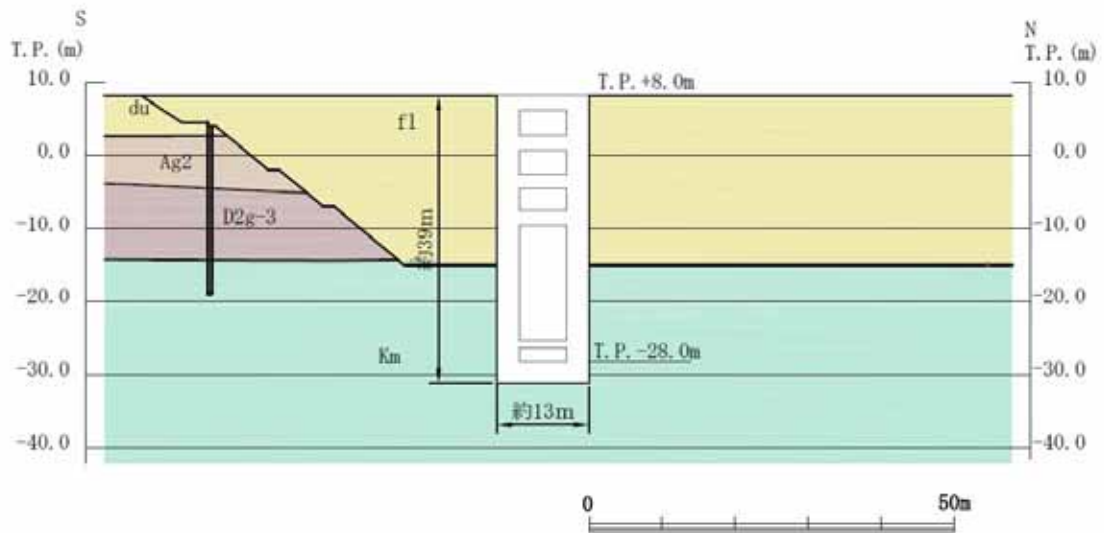
常設代替高圧電源装置用カルバートのうち立坑部の断面図を第 2.7 - 4 図に示す。

立坑部は、幅約 15m (東西方向) × 約 11m (南北方向)、高さ約 39m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

立坑部は、角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから、耐震評価では、立坑部の南北方向及び東西方向の 2 断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.7 - 4 (1) 図 常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 断面図
(東西断面)



第 2.7 - 4 (2) 図 常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 断面図
(南北断面)

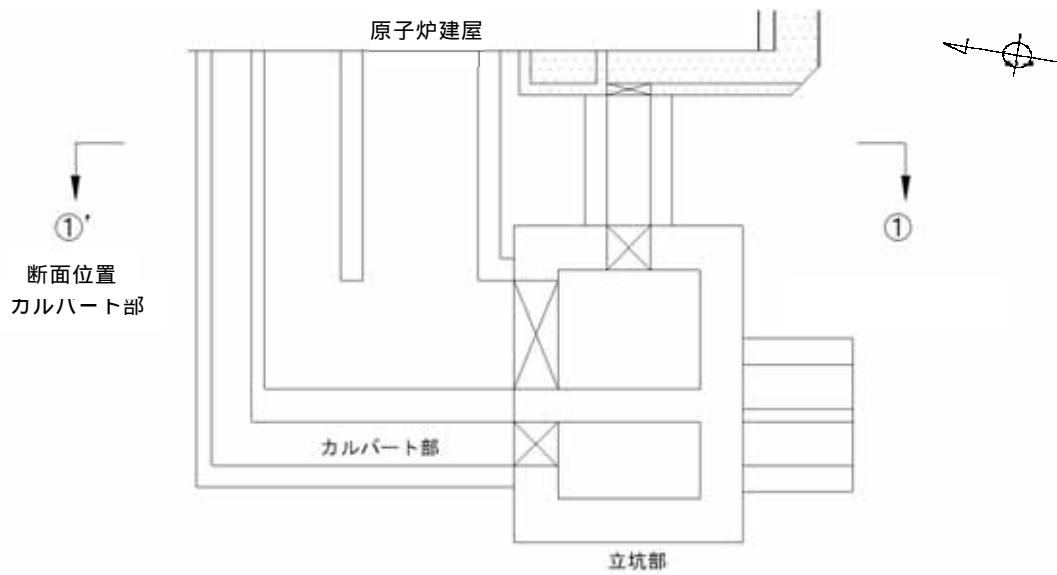
2.7.3 カルバート部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちカルバート部の平面図を第 2.7 - 5 図に，断面図を第 2.7 - 6 図に示す。

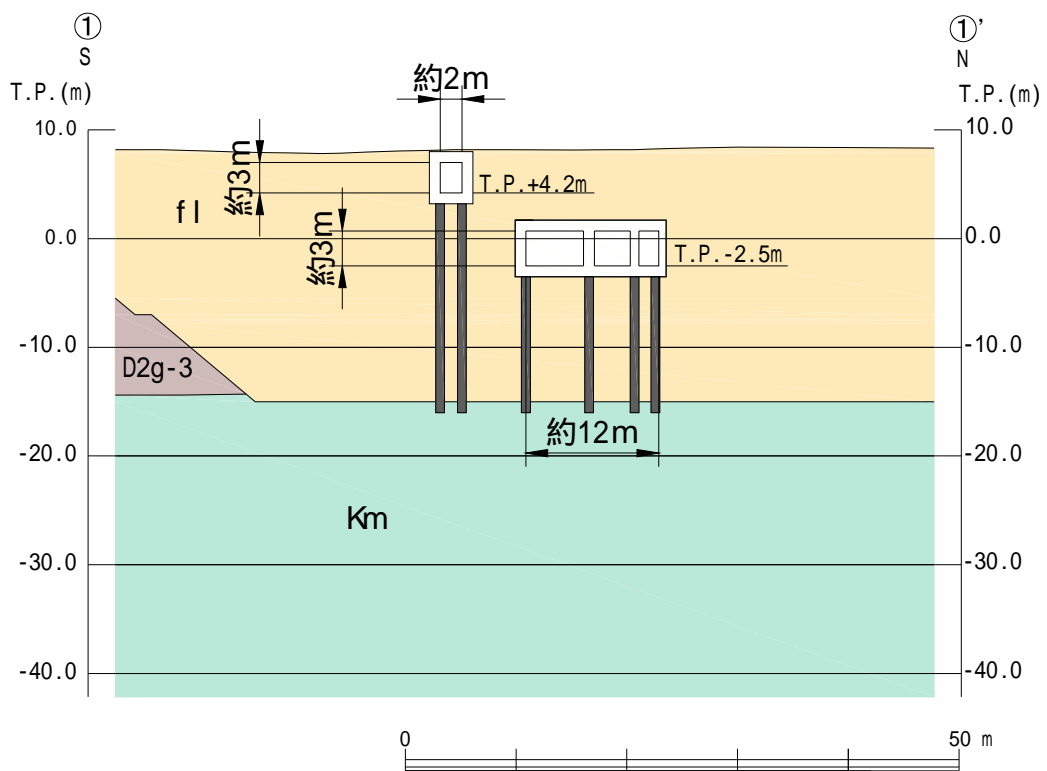
カルバート部は，延長約 29m，内空幅約 12m，内空高さ約 3m 及び延長約 6m，内空幅約 2m，内空高さ約 3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，カルバートの縦断方向（配管方向）に対して内空寸法がほぼ一様で，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

カルバートの縦断方向は，加振方向に対して，長辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向は，加振方向に対して，短辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗するため，弱軸断面方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向の断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.7 - 5 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）平面図



第 2.7 - 6 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）
断面図（ ① - ①' 断面）

3. 常設重大事故等対処施設等の耐震評価における断面選定の考え方

3.1 各施設の配置

本章では「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」及び「常設重大事故等対処施設」である，代替淡水貯槽，常設低圧代替注水系ポンプ室，常設低圧代替注水系配管カルバート，緊急用海水ポンプピット，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート，緊急用海水取水管，S A用海水ピット，海水引込み管，S A用海水ピット取水塔，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え方を示す。各施設の平面配置図を第 3.1 - 1 図に示す。



第 3.1 - 1 図 重大事故等対処施設の土木構造物 平面配置図

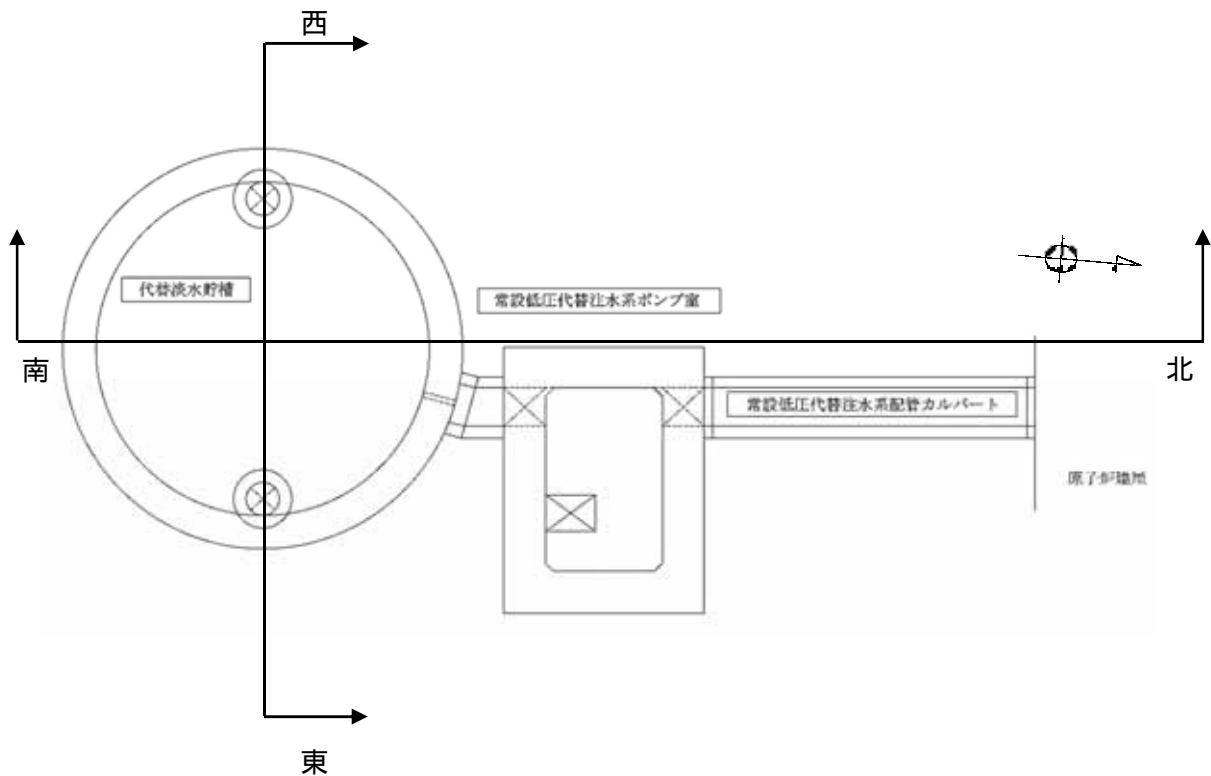
3.2 代替淡水貯槽の断面選定の考え方

代替淡水貯槽の平面図を第 3.2 - 1 図に，断面図を第 3.2 - 2 図に示す。

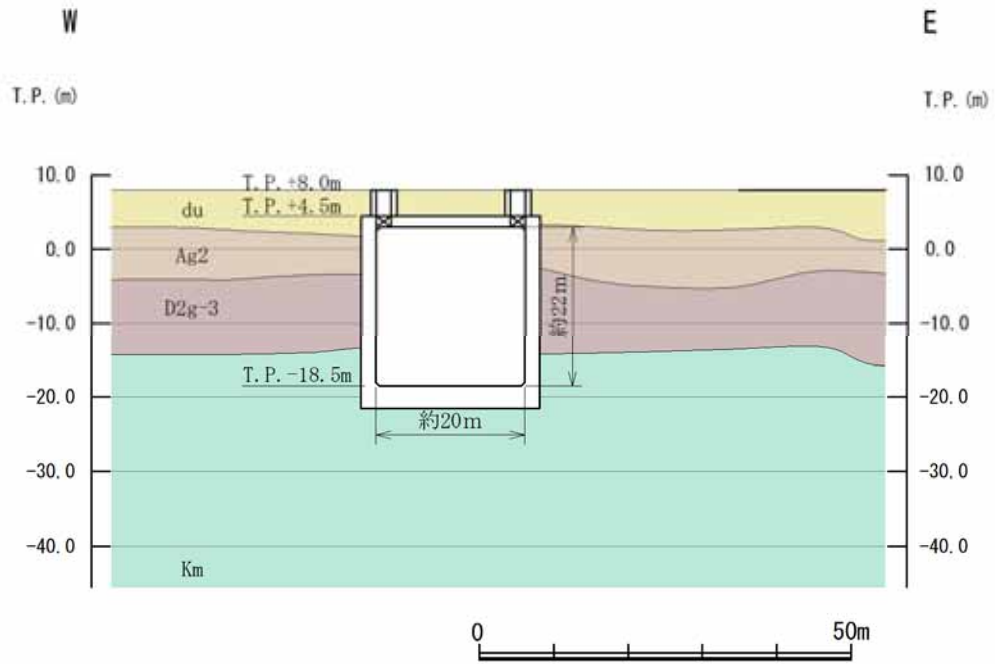
代替淡水貯槽は常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。

代替淡水貯槽は，内径約 20m，内空高さ約 22m の鉄筋コンクリート造の円筒形の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

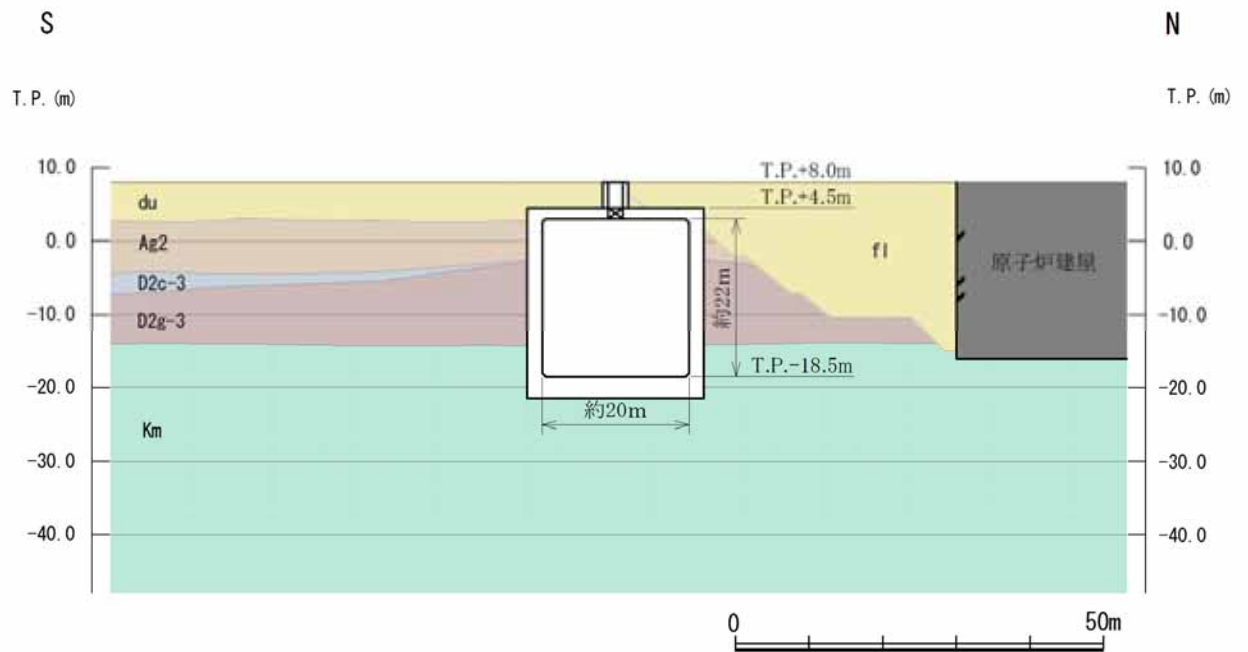
代替淡水貯槽は，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，明確な弱軸断面方向がないことから，東西及び南北方向の 2 断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.2 - 1 図 代替淡水貯槽 平面図



第 3.2 - 2 (1) 図 代替淡水貯槽 断面図 (東西断面)



第 3.2 - 2 (2) 図 代替淡水貯槽 断面図 (南北断面)

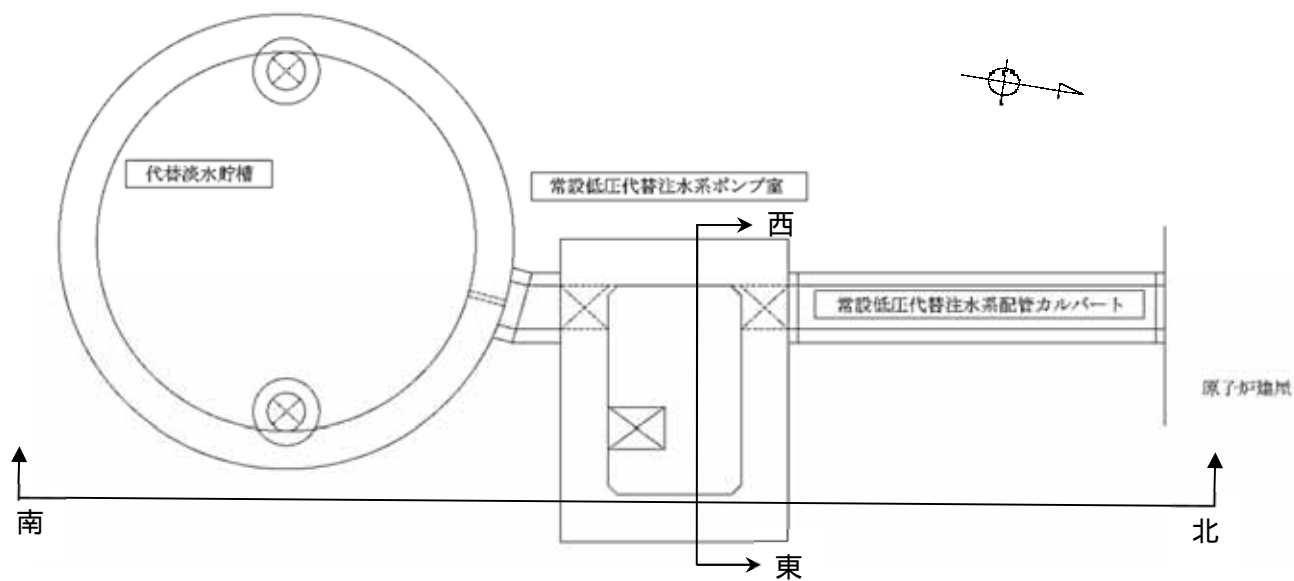
3.3 常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方

常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第 3.3 - 1 図に，断面図を第 3.3 - 2 図に示す。

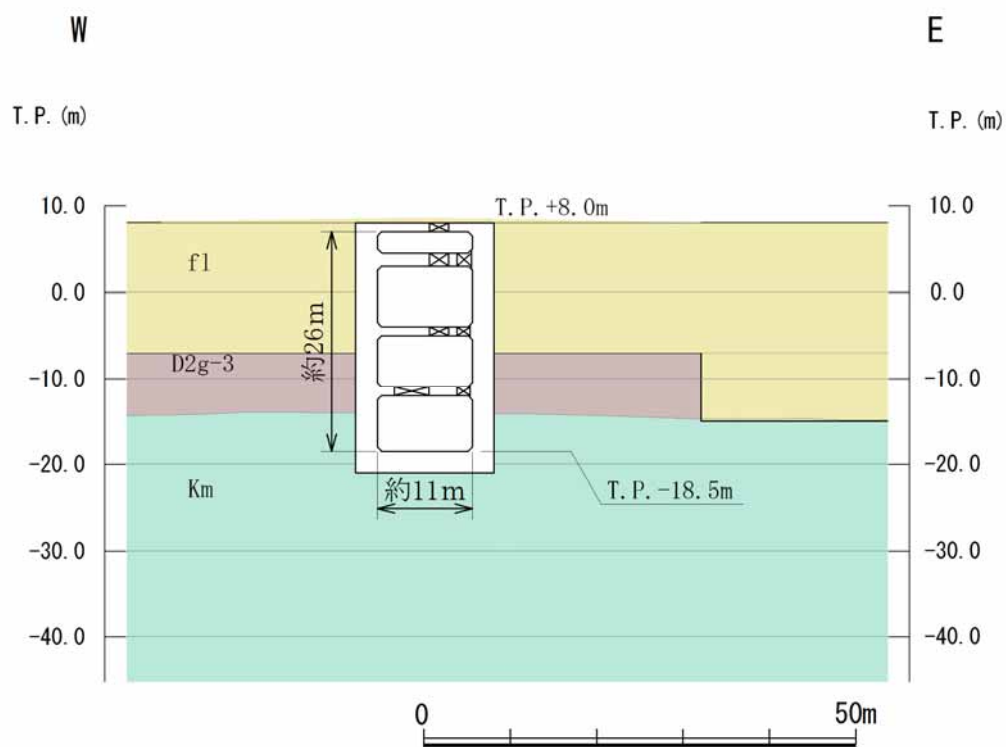
常設低圧代替注水系ポンプ室は常設重大事故等対処施設であり，常設低圧代替注水系ポンプ等を内包する。

常設低圧代替注水ポンプ室は，内空幅約 11m（東西方向）×約 7m（南北方向），内空高さ約 26m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，代替淡水貯槽と接続する配管を支持する内空幅約 2m，内空高さ約 2m の張出し部を 2 箇所有する。

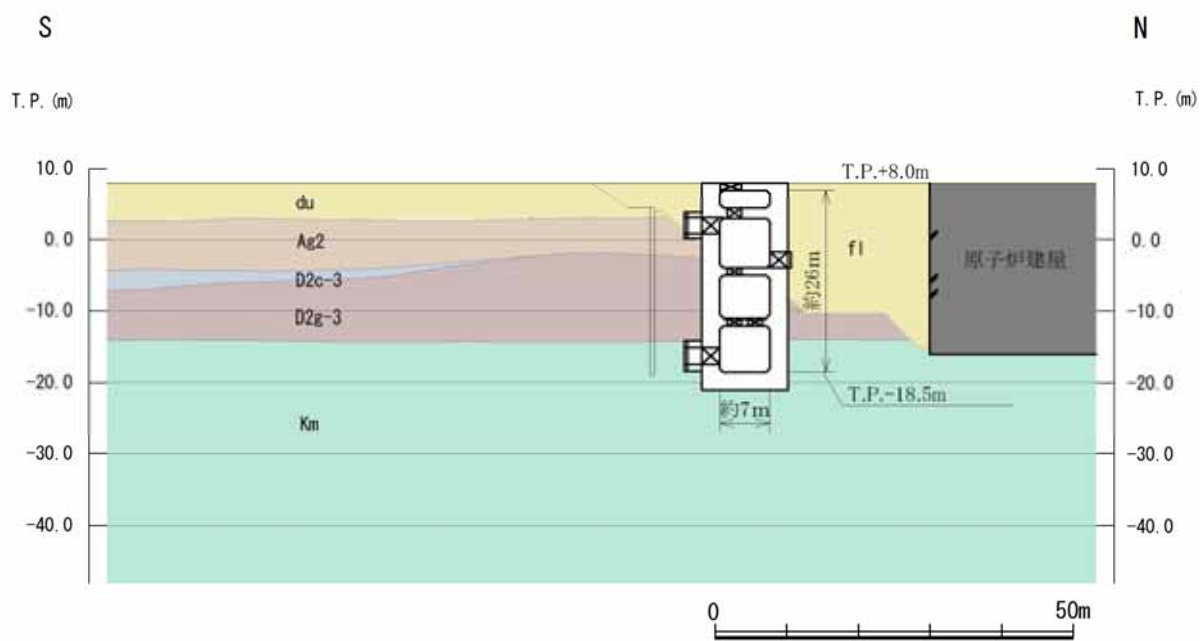
常設低圧代替注水系ポンプ室は，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，常設低圧代替注水系ポンプ室の東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。また，南北断面においては，東西方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第 3.3 - 1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 平面図



第 3.3 - 2 (1) 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図 (東西断面)



第 3.3 - 2 (2) 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図 (南北断面)

3.4 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方

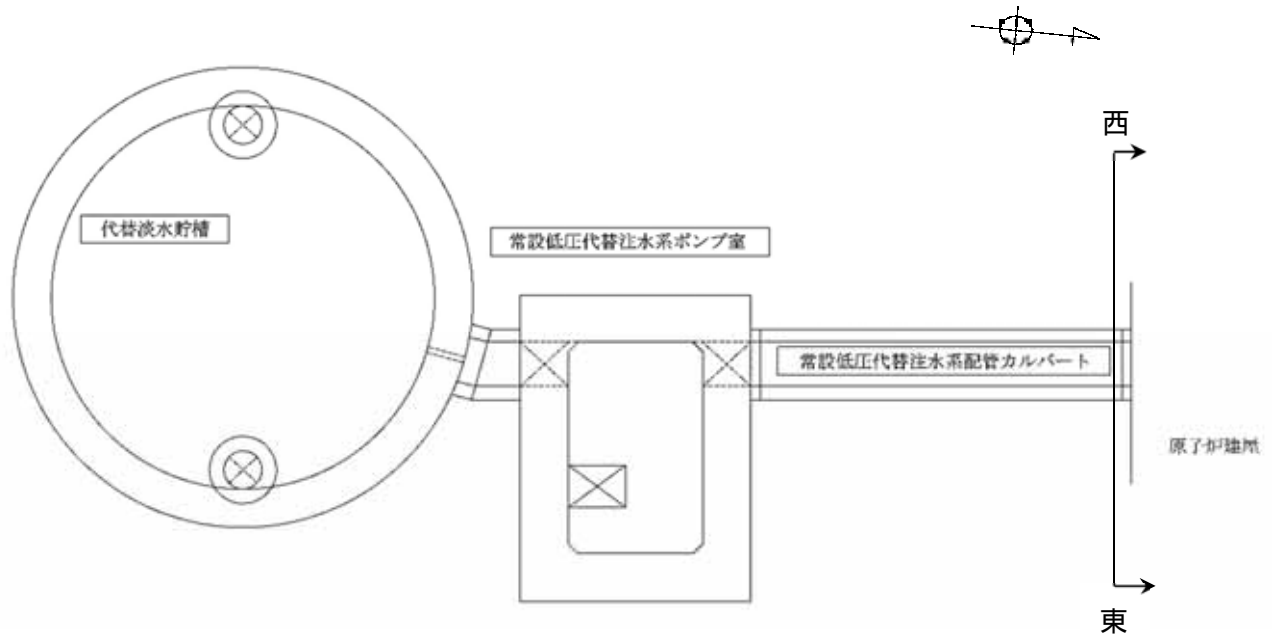
常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図を第 3.4 - 1 図に，断面図を第 3.4 - 2 図に示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートは常設重大事故等対処施設であり，常設低圧代替注水系配管を内包する。

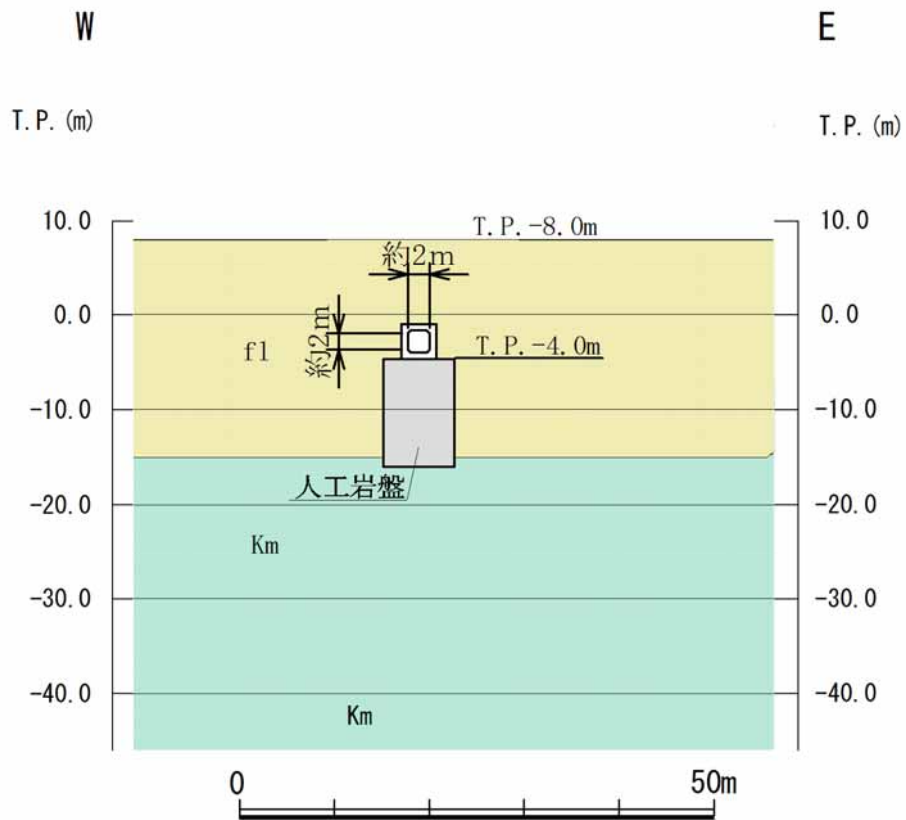
常設低圧代替注水系配管カルバートは，延長約 22m，内空幅約 2m，内空高さ約 2m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，縦断方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

常設低圧代替注水系配管カルバートの縦断方向は，加振方向に対して，長辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向は，加振方向に対して，短辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗するため，弱軸断面方向となる。

常設低圧代替注水系配管カルバートは全区間同一断面であり，周辺地盤も同じ構成であることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向の断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.4 - 1 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 平面図



第 3.4 - 2 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 断面図 (東西断面)

3.5 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方

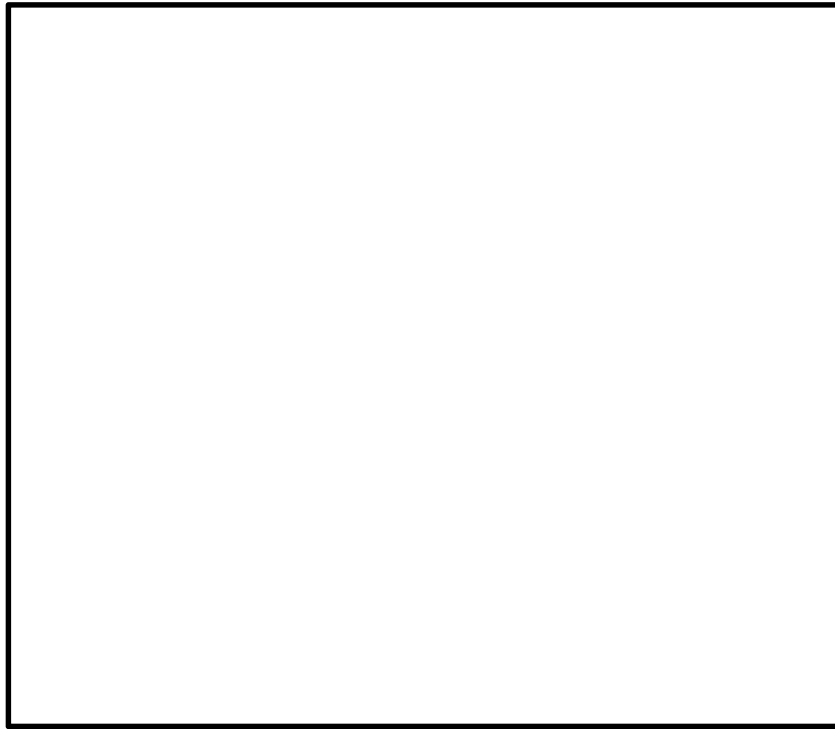
緊急用海水ポンプピットの平面図を第 3.5 - 1 図に，断面図を第 3.5 - 2 図に示す。

緊急用海水ポンプピットは常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備であり，緊急用海水ポンプ等を内包する。

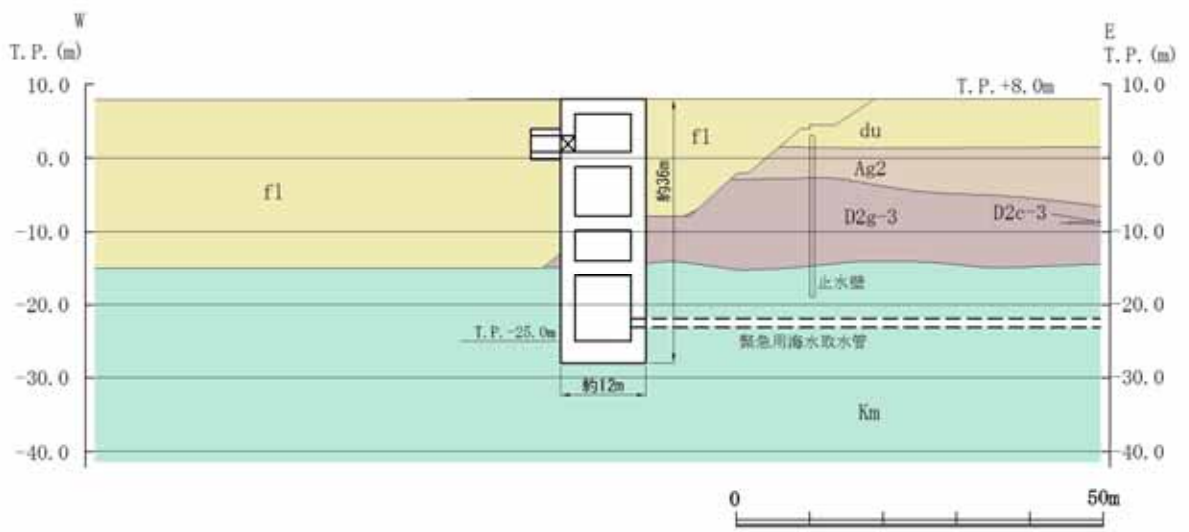
S A 用海水ポンプピットは非常用取水設備であり，通水性能及び貯水性能が要求される。

緊急用海水ポンプピットは，幅約 12m（東西方向）×約 12m（南北方向），高さ約 36m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，原子炉建屋内へ接続する配管を間接支持する内空幅約 3m，内空高さ約 2m の張出し部を有する。

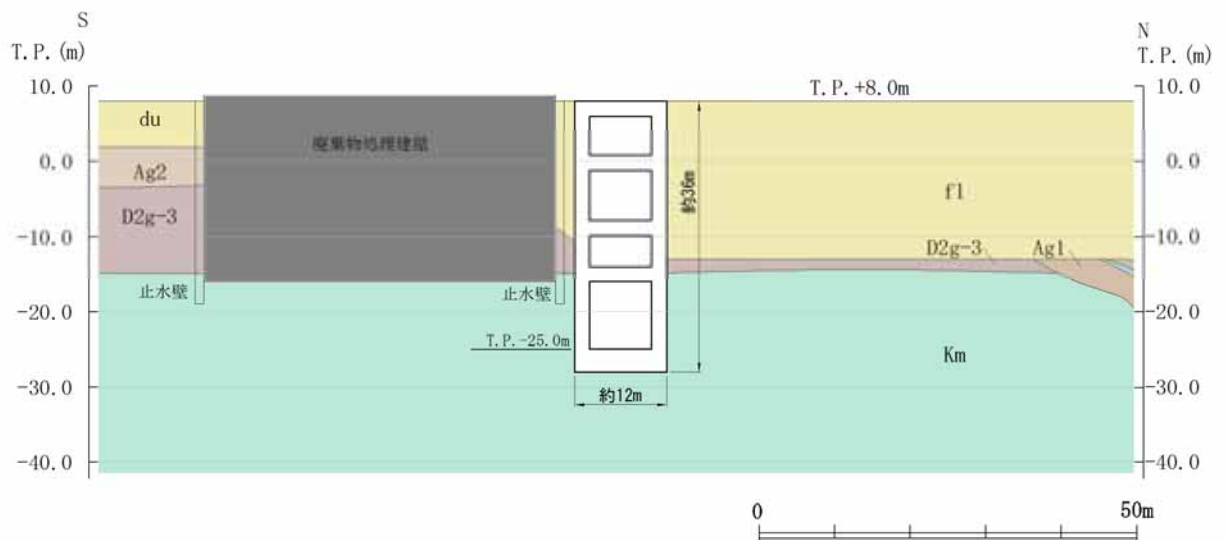
緊急用海水ポンプピットは，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，緊急用海水ポンプピットの東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。また，東西断面においては，南北方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第 3.5 - 1 図 緊急用海水ポンプピット 平面図



第 3.5 - 2 (1) 図 緊急用海水ポンプピット 断面図 (東西断面)



第 3.5 - 2 (2) 図 緊急用海水ポンプピット 断面図 (南北断面)

3.6 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方

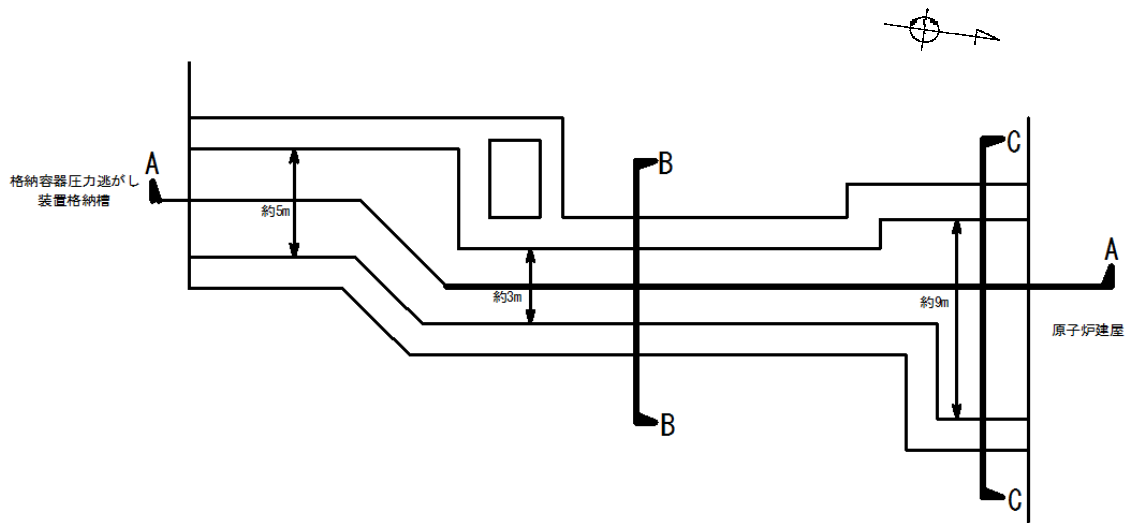
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図を第 3.6 - 1 図に，縦断面図を第 3.6 - 2 図に，横断面図を第 3.6 - 3 図に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは常設重大事故等対処施設であり，格納容器圧力逃がし装置用配管を内包する。

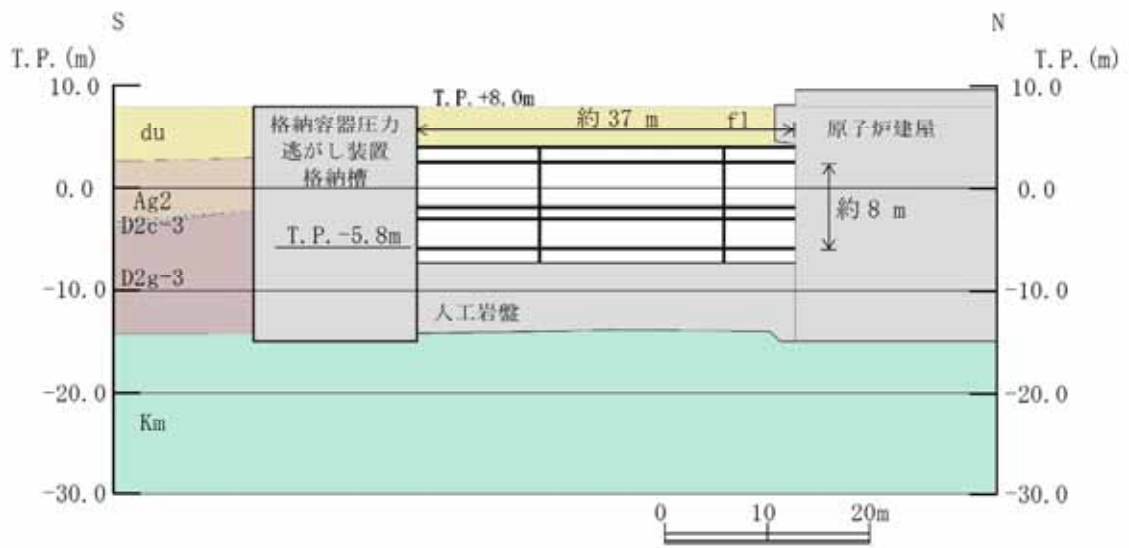
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，延長約 37m，内空幅約 3m（一部約 5m 及び約 9m），内空高さ約 8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向は，加振方向に対して，長辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向は，加振方向に対して，短辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗するため，弱軸断面方向となる。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート周辺の地質構造は縦断方向に対して一様であるが，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは縦断方向に対して複数の断面形状を示すことから，上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

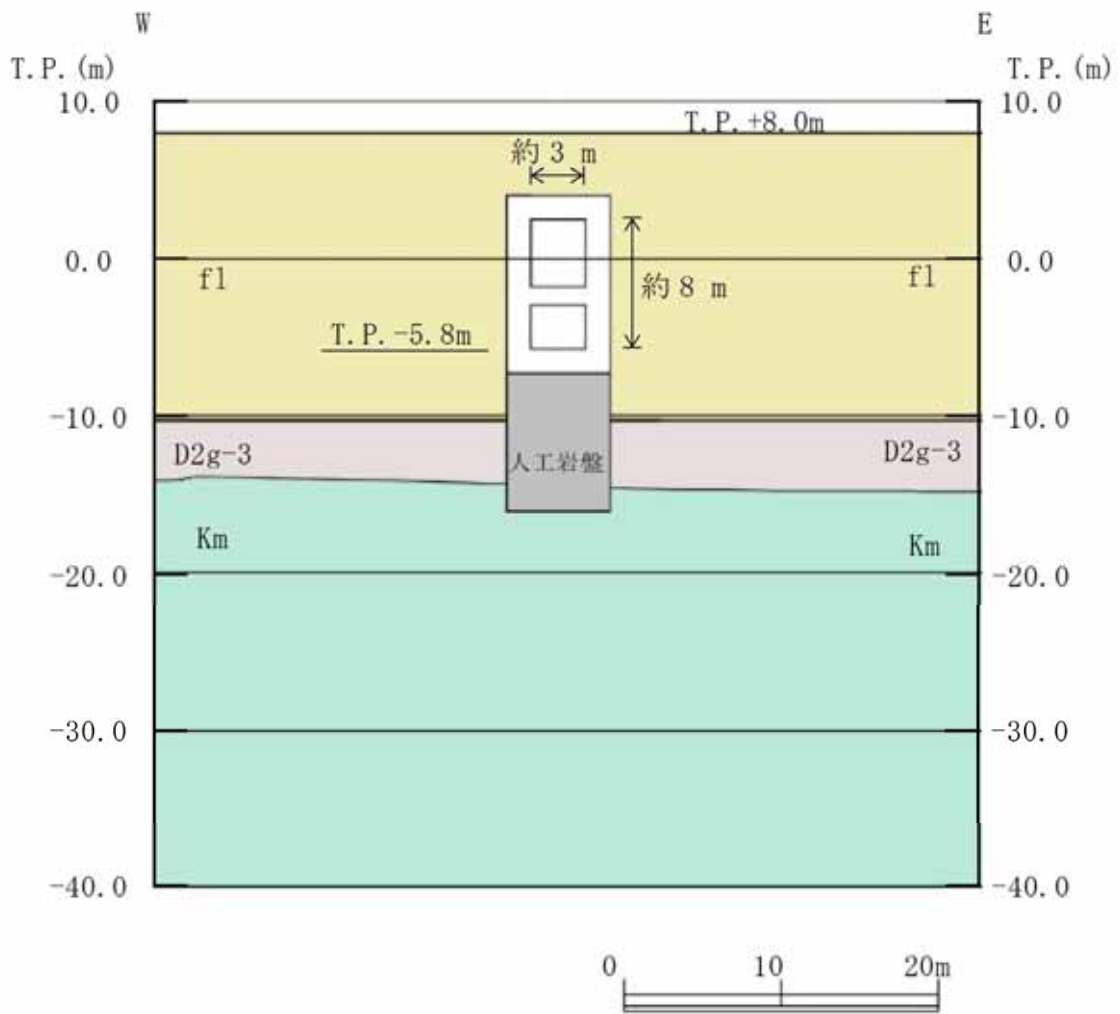


第 3.6 - 1 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 平面図

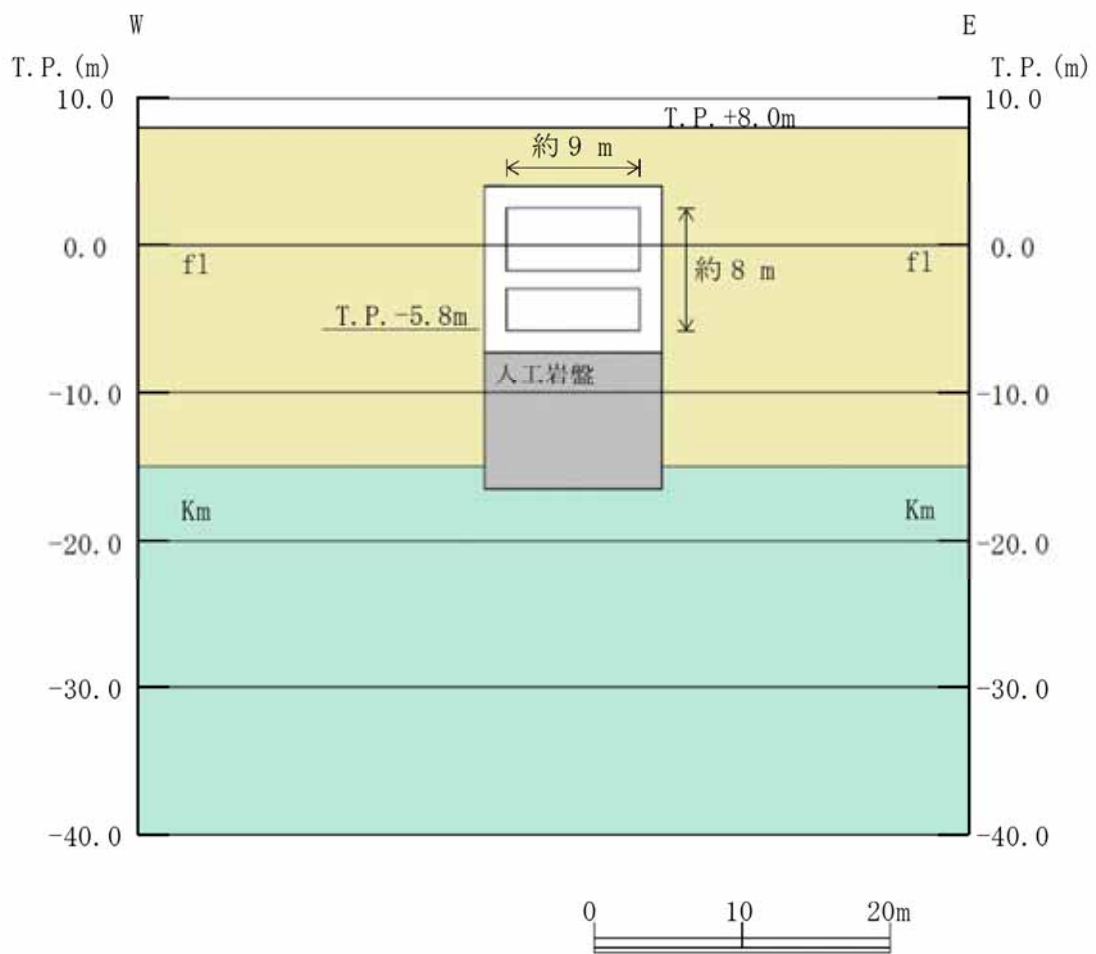


第 3.6 - 2 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 縦断面図

(A - A 断面)



第 3.6 - 3 (1) 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 断面図
(B - B 断面)



第 3.6 - 3 (2) 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 断面図
(C - C 断面)

3.7 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

緊急用海水取水管の平面図を第 3.7 - 1 図に，縦断面図を第 3.7 - 2 図に，横断面図を第 3.7 - 3 図に示す。

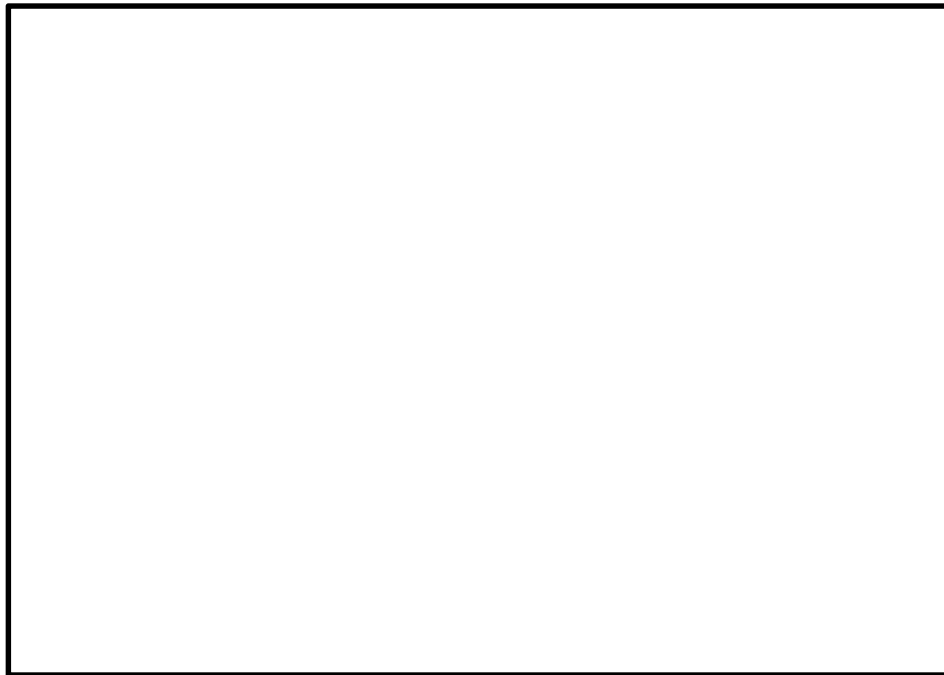
緊急用海水取水管は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能が要求される。

緊急用海水取水管は，S A 用海水ピットと緊急用海水ポンプピットを接続する延長約 168m で内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。また，地震時の相対変位を吸収するため，複数の可とう管を設定する。

緊急用海水取水管は任意の管軸直交方向断面において一様の断面形状を示す線状の構造物である。緊急用海水取水管の耐震評価では，一般的な地中埋設構造管路の設計を考慮し，管周方向応力と管軸方向応力の組合せを考慮した検討を行う。上記検討に当たっては，可とう管への影響についても考慮し，耐震安全上最も厳しくなる断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

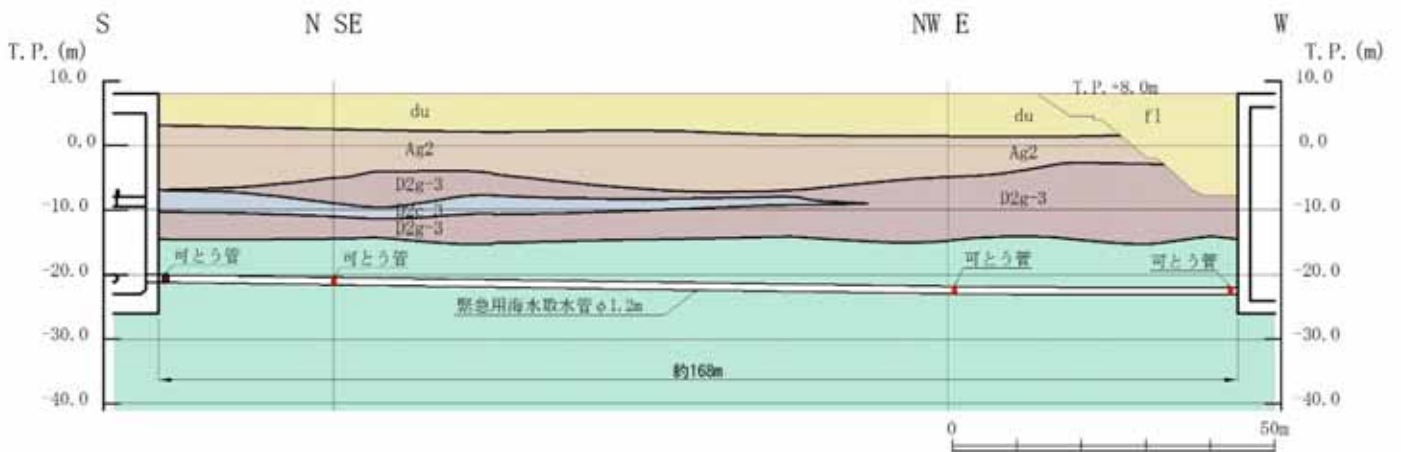
緊急用海水取水管は，全長を岩盤に設置されており，周辺の地盤が構造物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく，上載荷重の影響が支配的であると考えられる。管軸直交方向の検討においては，土被りが最も大きくなる A - A 断面を選定し，耐震評価を実施する。

なお，周辺地質状況の相違による影響を確認するため，管軸方向における複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し，管路の上端と下端の相対変位を確認する。



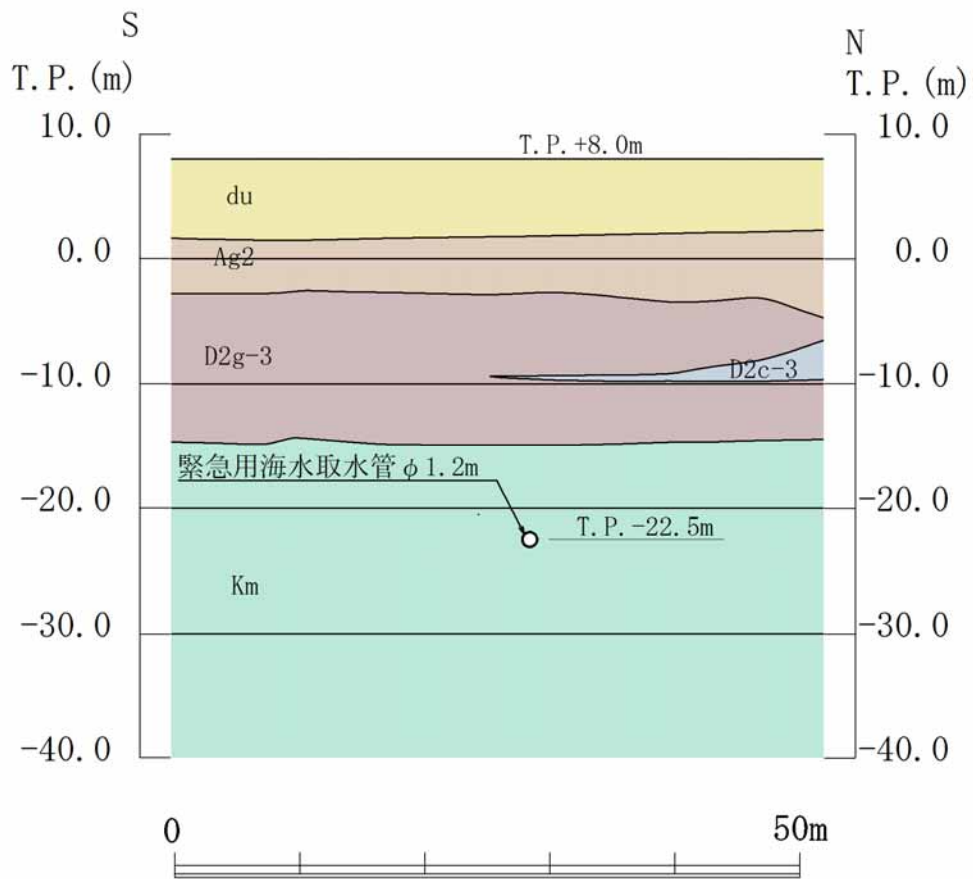
注：可とう管の配置については、今後の設計進歩により変更の可能性がある。

第 3.7 - 1 図 緊急用海水取水管 平面図



注：可とう管の配置については、今後の設計進歩により変更の可能性がある。

第 3.7 - 2 図 緊急用海水取水管 縦断面図



第 3.7 - 3 図 緊急用海水取水管 横断面図 (A - A 断面)

3.8 S A用海水ピットの断面選定の考え方

S A用海水ピットの平面図を第 3.8 - 1 図に，断面図を第 3.8 - 2 図に示す。

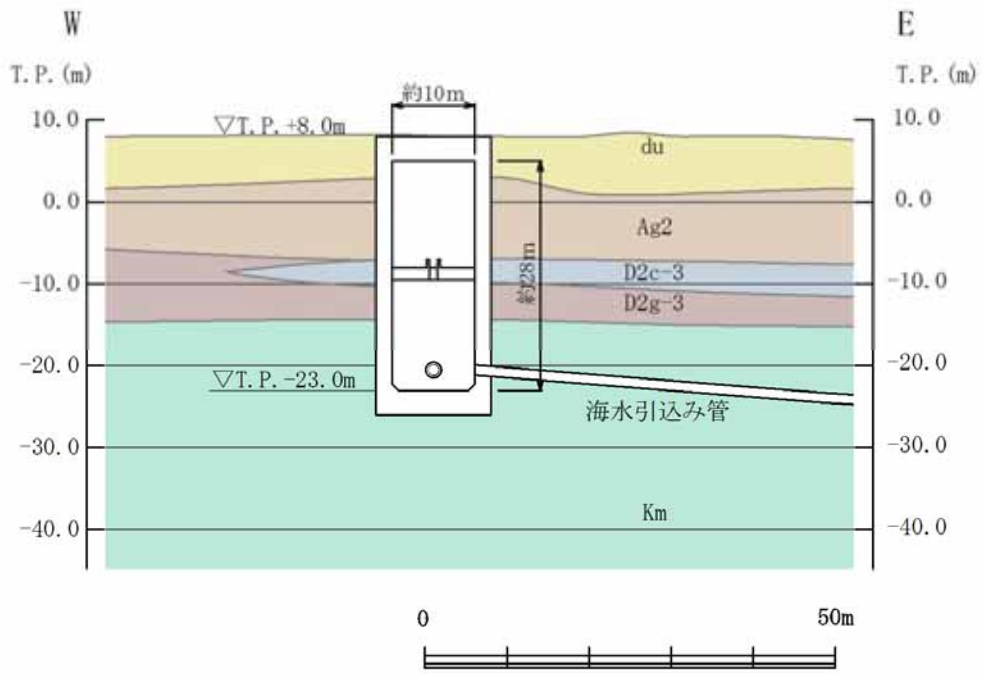
S A用海水ピットは常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能及び貯水性能が要求される。

S A用海水ピットは，内径約 10m，内空高さ約 28m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，S A用海水ピットは，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で，双方の管路はS A用海水ピットへ直交して接続される。

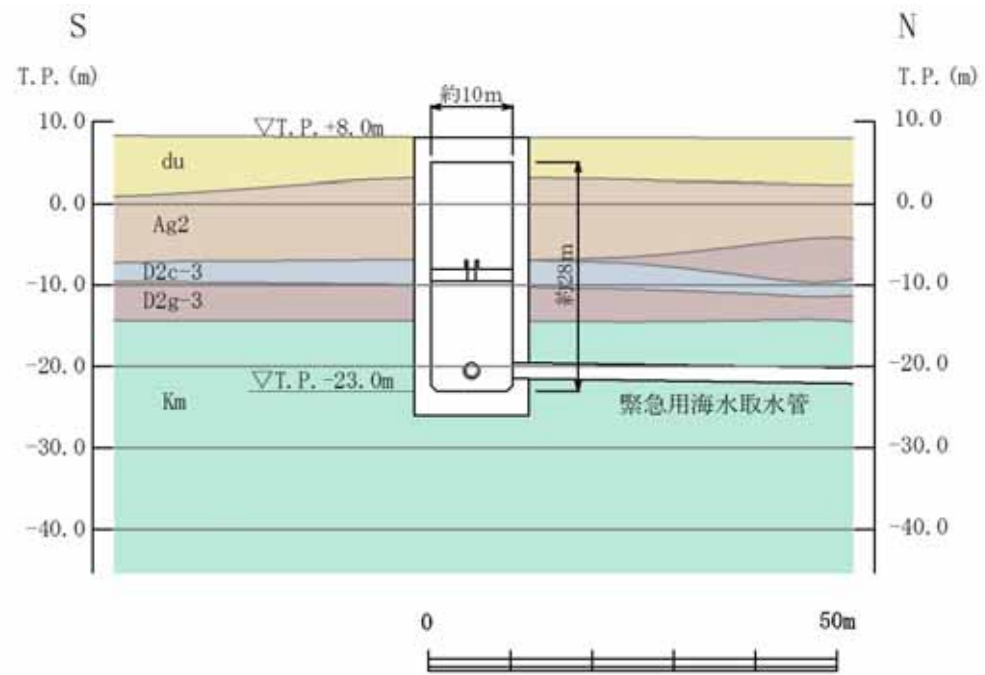
S A用海水ピットは，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，明確な弱軸断面方向がないことから，S A用海水ピットに接続する海水引込み管及び緊急用海水取水管に着目し，直交する両管路の縦断方向の2断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.8 - 1 図 S A用海水ピット 平面図



第 3.8 - 2 (1) 図 SA用海水ピット 断面図 (- 断面)



第 3.8 - 2 (2) 図 SA用海水ピット 断面図 (- 断面)

3.9 海水引込み管の断面選定の考え方

海水引込み管の平面図を第 3.9 - 1 図に，縦断面図を第 3.9 - 2 図に，横断面図を第 3.9 - 3 図に示す。

海水引込み管は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能が要求される。

海水引込み管は，S A用海水ピット取水塔とS A用海水ピットを接続する延長約 154m,内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。また，地震時の相対変位を吸収するため，複数の可とう管を設定する。

海水引込み管は任意の管軸直交方向断面において一様の断面形状を示す線状の構造物である。海水引込み管の耐震評価では，一般的な地中埋設構造管路の設計を考慮し，管周方向応力と管軸方向応力の組合せを考慮した検討を行う。上記検討に当たっては，可とう管への影響についても考慮し，耐震安全上最も厳しくなる断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

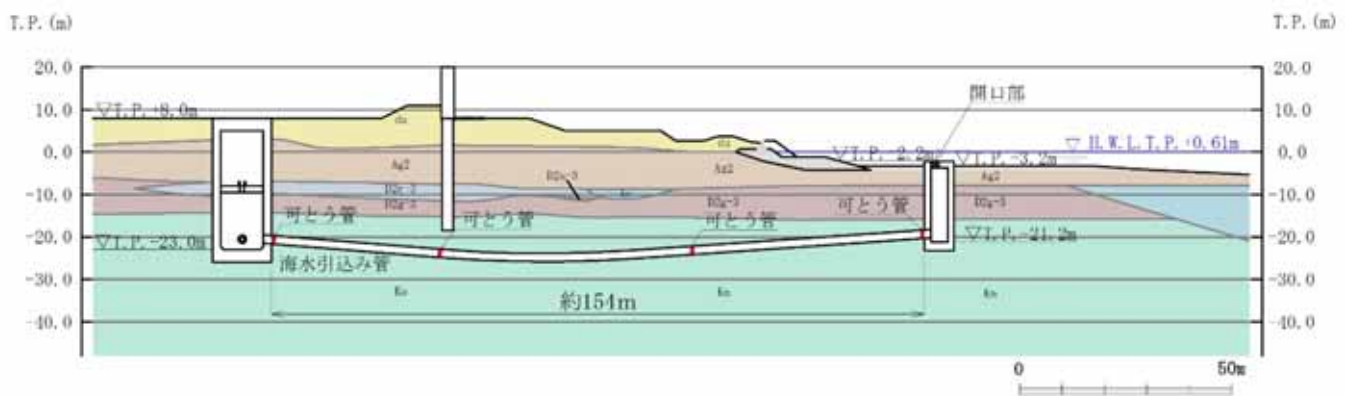
海水引込み管は，全長とも岩盤に設置されており，周辺の地盤が構造物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく，上載荷重の影響が支配的であると考えられる。管軸直交方向の検討においては，土被りが最も大きくなる A - A 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

なお，周辺地質状況の相違による影響を確認するため，管軸方向における複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し，管路の上端と下端の相対変位を確認する。



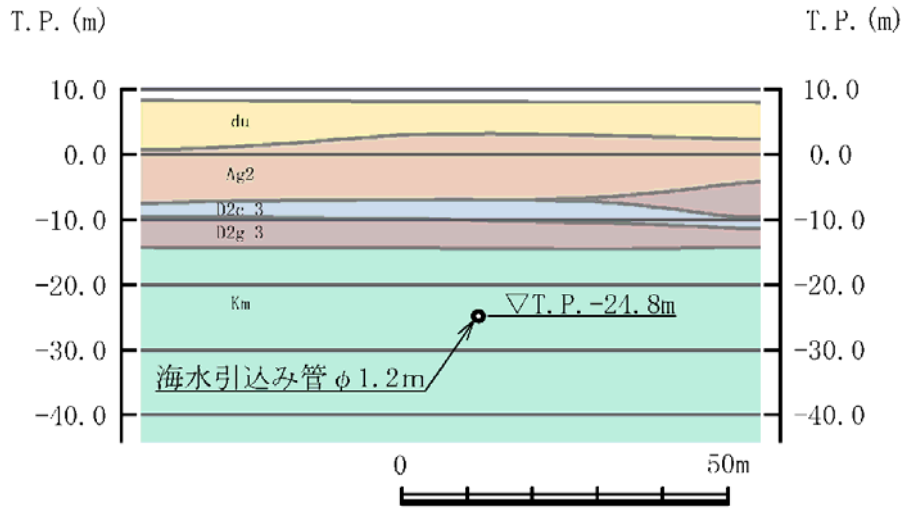
注：可とう管の配置については、今後の設計進歩により変更の可能性がある。

第 3.9 - 1 図 海水引込み管 平面図



注：可とう管の配置については、今後の設計進歩により変更の可能性がある。

第 3.9 - 2 図 海水引込み管 縦断面図



第 3.9 - 3 図 海水引込み管 横断面図 (A - A 断面)

3.10 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

S A用海水ピット取水塔の平面図を第 3.10 - 1 図に，断面図を第 3.10 - 2 図に示す。

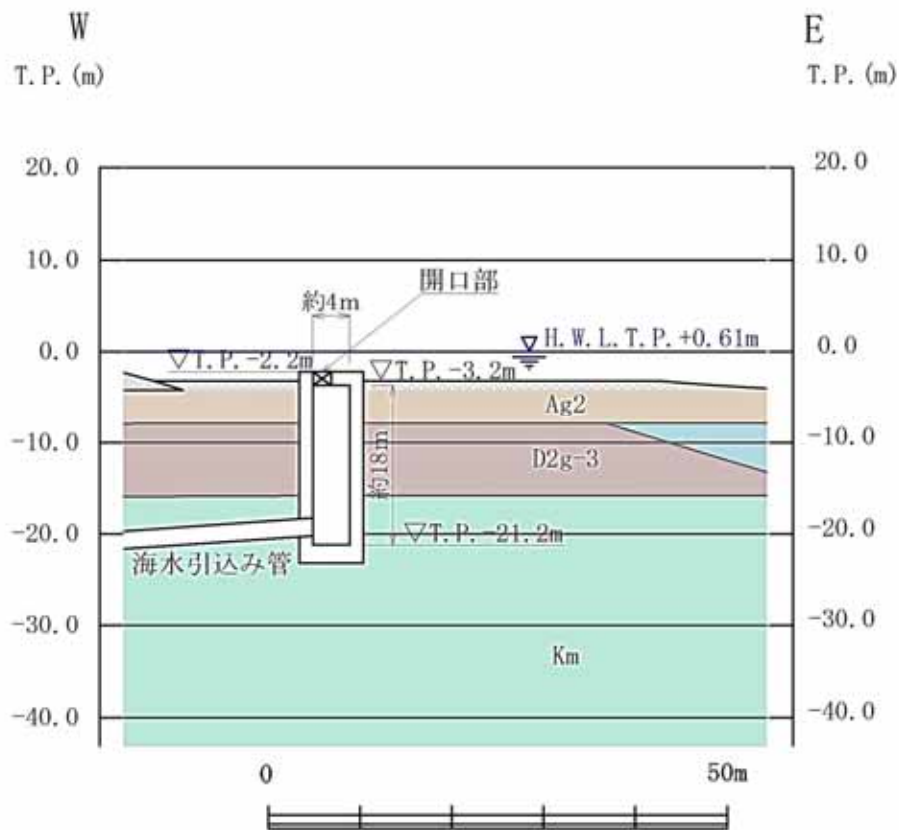
S A用海水ピット取水塔は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能が要求される。

S A用海水ピット取水塔は，内径約 4m，内空高さ約 18m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，S A用海水ピット取水塔は，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管が接続する構造で，管路はS A用海水ピット取水塔へ直交して接続される。

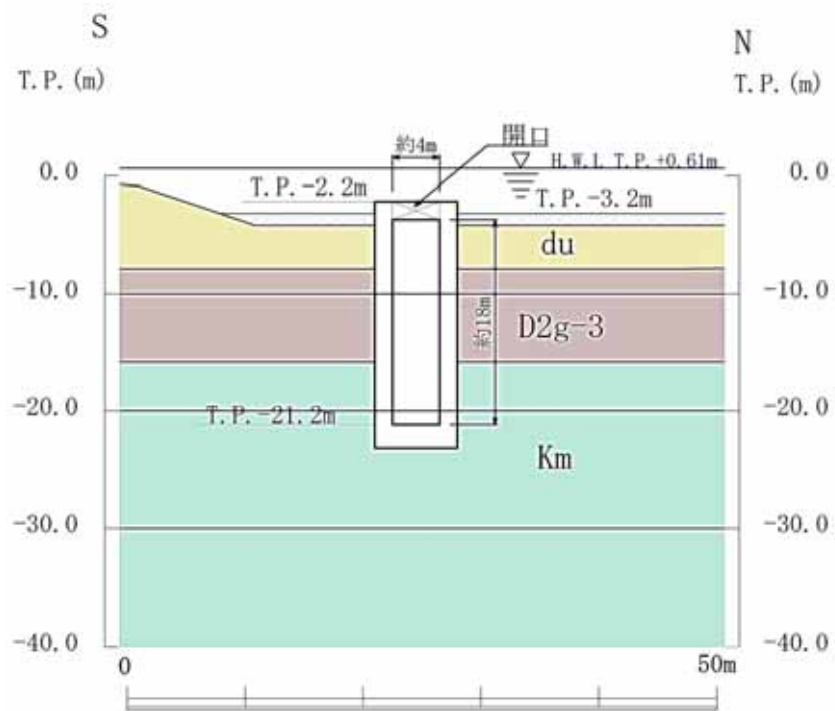
S A用海水ピット取水塔は，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり明確な弱軸断面方向がないことから，S A用海水ピット取水塔に接続される海水引込み管に着目し，海水引込み管を縦断する断面とこれに直交する断面の 2 断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.10 - 1 図 S A用海水ピット取水塔 平面図



第 3.10 - 2 (1) 図 SA用海水ピット取水塔 断面図 (- 断面)



第 3.10 - 2 (2) 図 SA用海水ピット取水塔 断面図 (- 断面)

3.11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の平面図を第 3.11 - 1 図に，断面図を第 3.11 - 2 図に示す。また，可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図を第 3.11 - 3 図に，断面図を第 3.11 - 4 図に示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎はいずれも常設重大事故等対処施設であり，対応するタンク（緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク及び可搬型設備用軽油タンク）を内包する。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は内空幅約 9m（タンク軸方向）×約 5m（タンク横断方向），内空高さ約 4m，可搬型設備用軽油タンク基礎は内空幅約 11m（タンク軸方向）×約 13m（タンク横断方向），内空高さ約 4m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

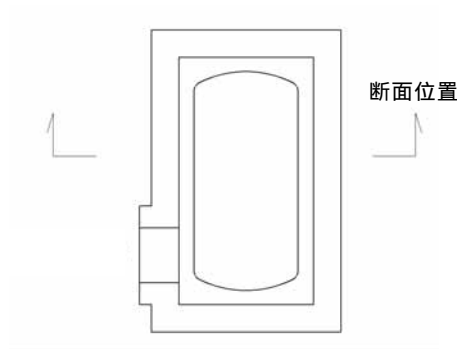
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎はいずれも比較的単純な箱型構造物であり，縦断方向（タンクの軸方向）にほぼ一様な断面である。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎はいずれも内包するタンクが縦断方向に一様に設置されているため，機器・配管の設置位置による影響を考慮する必要はない。

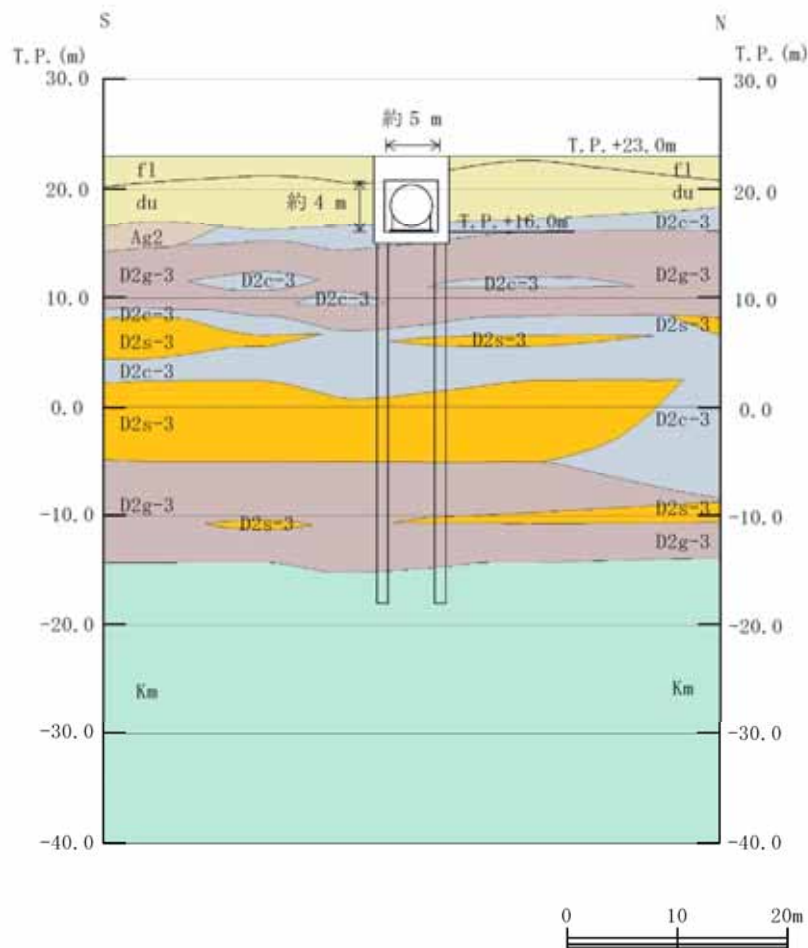
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の縦断方向は，加振方向に対して平行に配置される躯体又は隔壁の構造断面性能により抵抗することから，強軸断面方向となる。一方，横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は，加振方向に対して，短辺方向の躯体の構造断面性能により抵抗するため，弱軸断面方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸断面方向である横断方向（タ

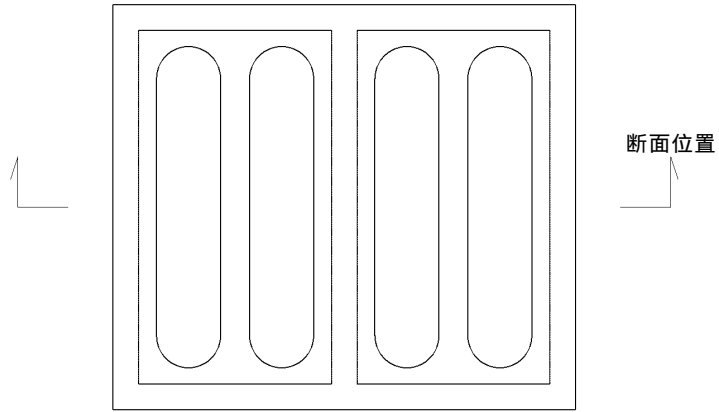
ンクの軸方向に対し直交する方向)の断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



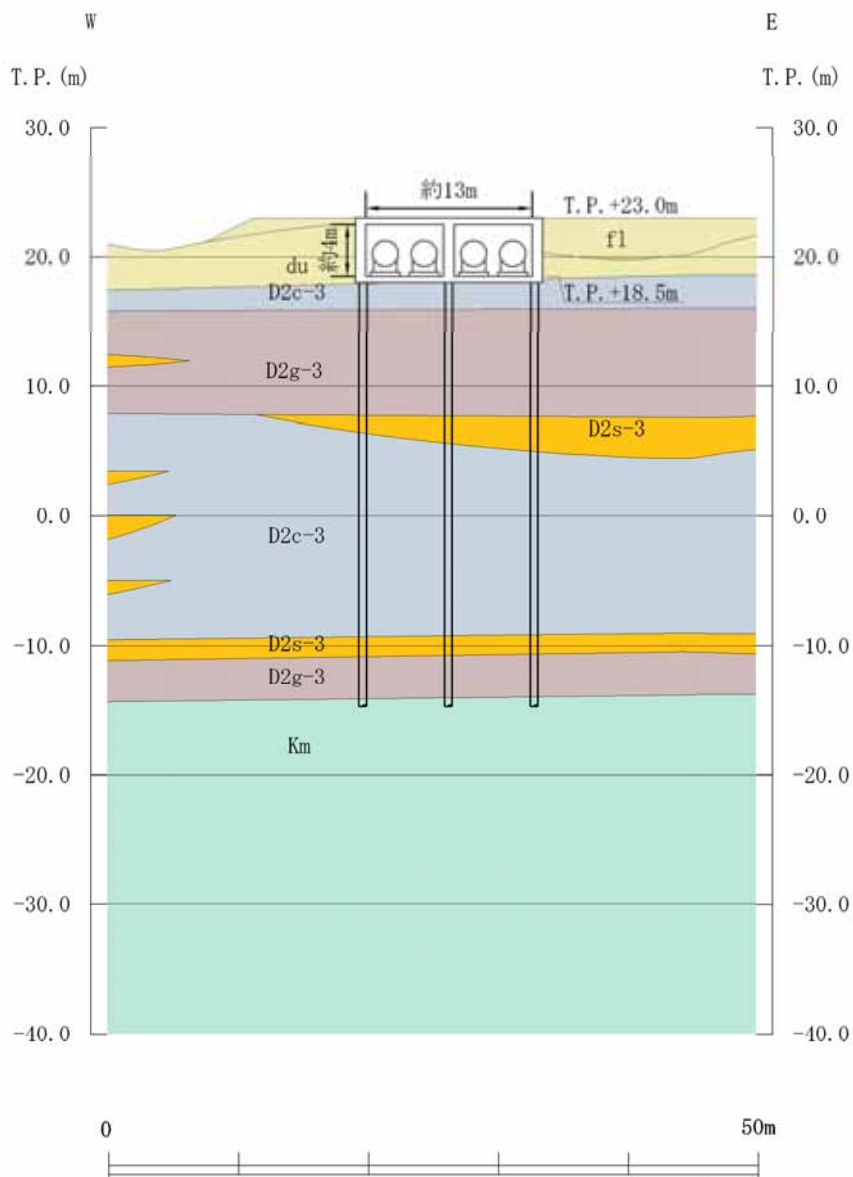
第 3.11 - 1 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 平面図



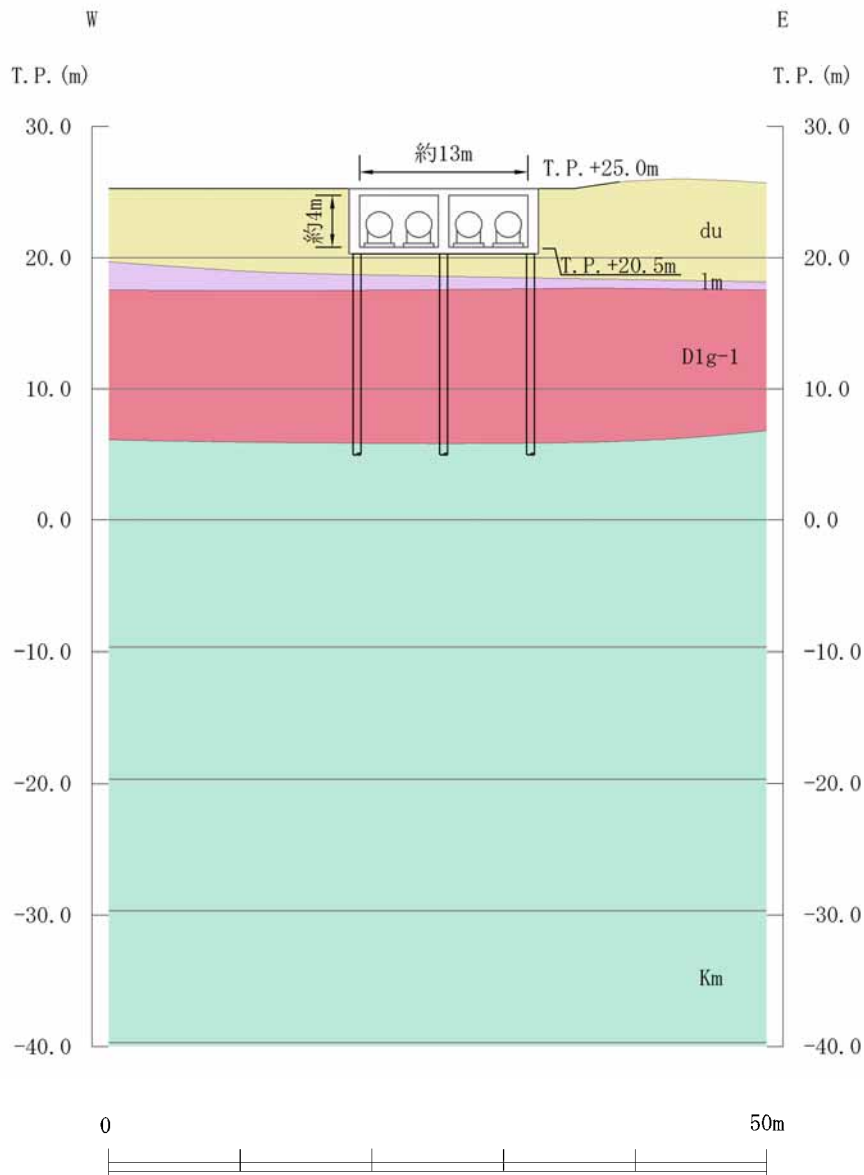
第 3.11 - 2 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図



第 3.11 - 3 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第 3.11 - 4 (1) 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側) 断面図



第 3.11 - 4 図 (2) 可搬型設備用軽油タンク基礎 (南側) 断面図

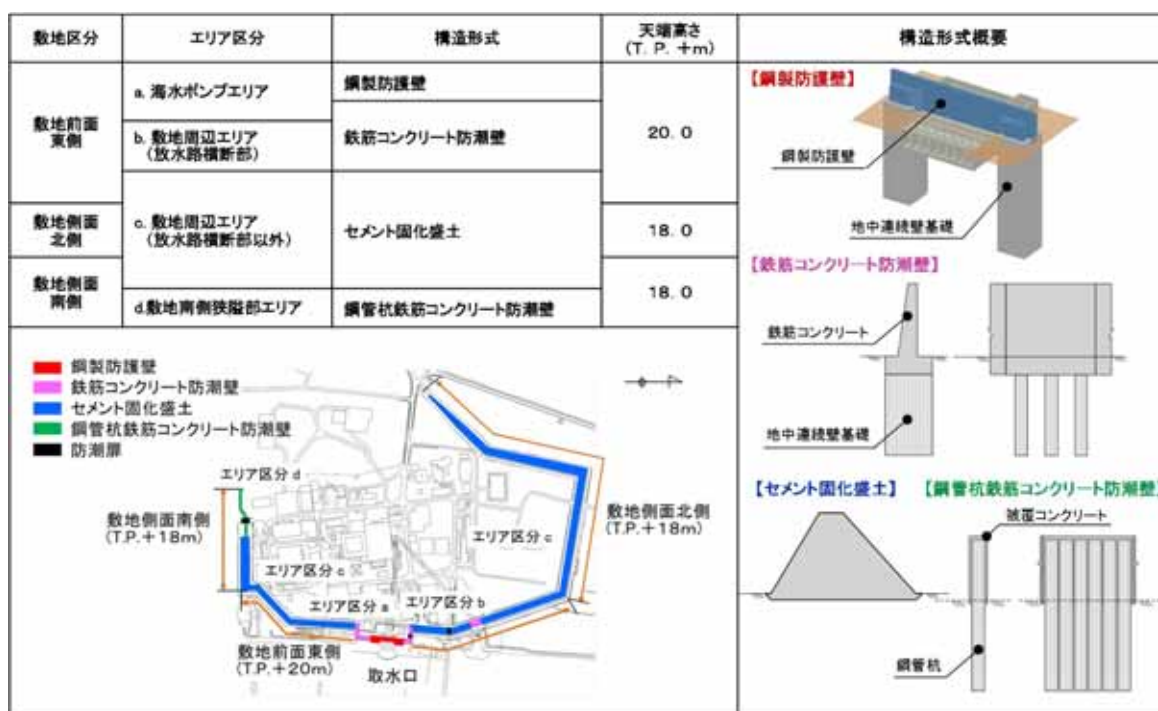
東海第二発電所

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造の 変遷について

1. 防潮堤の構造形式および設置ルートの変遷について

(1) 申請当時の構造について（平成 26 年 5 月）

東海第二発電所における津波に対する浸水防止（外郭防護）は，防潮堤を設置することにより対応する方針であり，申請当時（平成 26 年 5 月）において，防潮堤の構造は，第 1 図に示す通り鋼製防護壁構造，鉄筋コンクリート防潮壁構造，セメント固化盛土構造，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造の 4 種類とし，それぞれの配置は以下の通りであった。



第 1 図 防潮堤の構造と配置図（平成 26 年 5 月申請当時）

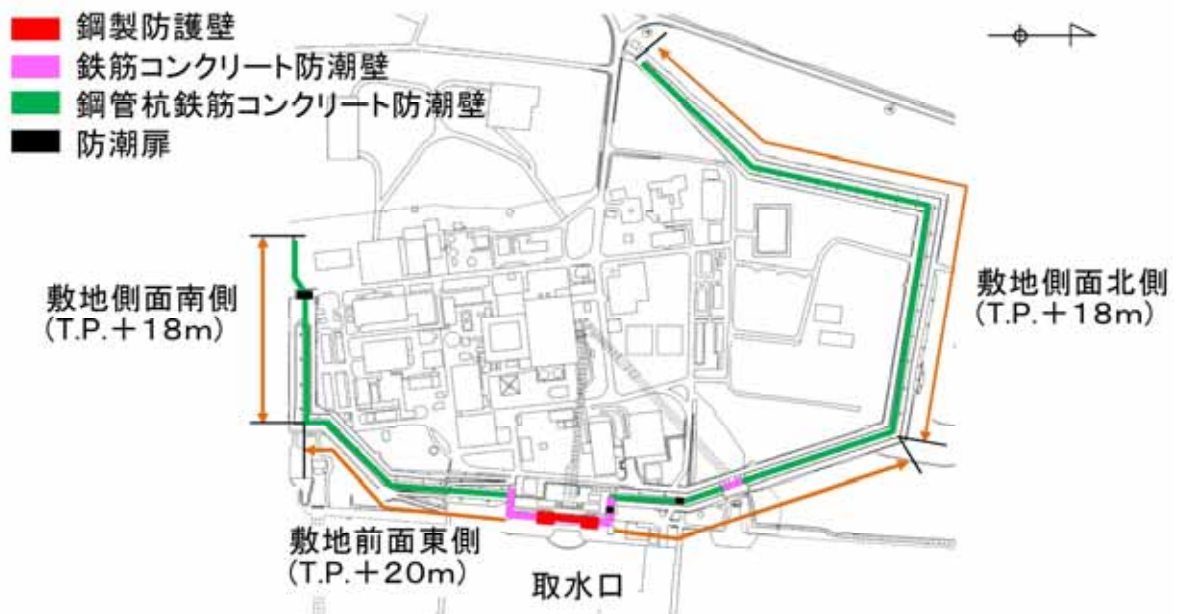
(2) セメント固化盛土構造から鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造への変更（平成 29 年 4 月）

東海第二発電所では，防潮堤の構造としては主にセメント固化盛土構造を検討していたが，液状化検討対象層を考慮しても鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造の構造成立性を見通しを得たことから，セメント固化盛土構造に代

わり，軽量の構造でより一層強固な部材である鋼管杭や鉄筋コンクリートを用いることで，耐津波，耐震の安全裕度向上が見込まれる鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造へ変更することとした。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁への構造変更により，詳細設計で強度設定の変更が生じた場合でも，構造部材が工場製品の組合せであることから，迅速かつ柔軟に設計外力へ対応した設計が可能となる。また，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造の場合，杭支持により防潮堤の長期的な安定性を確保することが可能となる。これら設計上の利点も勘案した上で，構造変更を行ったものである。

なお，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造は，申請当時から岩盤が比較的浅い敷地側面南側の日本原子力研究開発機構との敷地境界付近を対象に設計検討を進めており，これをセメント固化盛土構造区間へも適用したものである。防潮堤の構造と配置図を第2図に示す。

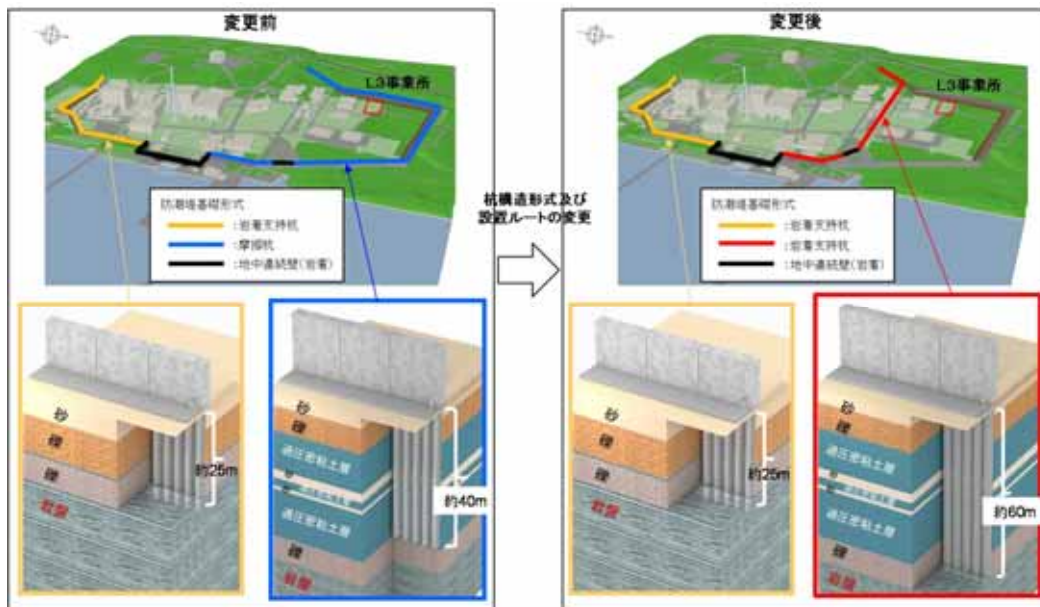


第2図 防潮堤の構造と配置図 (平成29年4月)

(3) 摩擦杭式形式から岩着支持杭への変更（平成 29 年 7 月）

平成 29 年 4 月時点においては，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭の支持形式については，敷地の地盤の特徴を踏まえ敷地側面南側では岩盤に支持させる岩着杭形式を，敷地側面北側は非液状化層である過圧密粘土層だけでも必要な支持力を確保できる摩擦杭形式を計画していた。しかし，敷地側面北側の摩擦杭形式を更に岩着杭形式にすることにより，より裕度が高い支持性能が得られることから，敷地内に設置する鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁については，全て岩着杭形式に変更することとした。

また，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周辺の表層地盤については，地震時における地盤の変形や津波による洗掘などに対して，浸水防護をより確実なものとするため表層地盤改良を行うが，表層地盤改良等の実施に当たっては，敷地側面北側の「低レベル放射性廃棄物埋設事業所廃棄物埋設施設（L3事業所）」及び他事業所施設の地下水流況に影響を及ぼす可能性を考慮して，岩着杭形式への構造変更とあわせて，防潮堤のルートの一部変更した。第4図に構造変更及び一部ルート変更結果を示す。



第4図 杭構造形式及び設置ルートに係る変更図

2. 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性について

(1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針及び構造成立性の評価結果について（平成 29 年 10 月）

構造成立性の検討にあたっては、構造体に対してより厳しい評価となる解析断面を選定し、その地盤モデルについても地層構成の不確かさや地盤物性値のバラツキなどを安全側に考慮（極端な地層厚の組合せや強制的な液状化を仮定するなど）した評価を行った。

評価結果によれば、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工及び上部工とも、各照査項目は許容値内に収まっていることを確認した。

以上のことから、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震及び耐津波設計の検討としては、安全側に包含する条件の評価により、十分な構造強度と止水性能を有する構造成立性を確認できたことと共に、今後の詳細設計で検討条件の変化が生じた場合においても、材料仕様の変更等により柔軟な設計対応が可能である見通しを得た。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針及び構造成立性の評価結果については、審査資料「津波による損傷の防止 添付資料 2 4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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。