

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-1-15 改 24
提出年月日	平成 29 年 11 月 9 日

東海第二発電所

地震による損傷の防止

平成 29 年 11 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 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

< 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 第 4 条（地震による損傷の防止）	技術基準規則 第 5 条（地震による損傷の防止）	備 考
<p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p>	<p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></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

(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、「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」に適合する構造とする。

(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に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、発電用原子炉（以下「原子炉」という。）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

【説明資料（1.1(2)：P4条－71）（2.1：P4条－76）】

- c. Sクラス（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留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、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留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留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 の設計用応答スペクトルを第 1 図～第 3 図に、基準地震動 S_s の時刻歴波形を第 4 図～第 11 図に示す。

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。

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地震動評価による基準地震動 S_s - D 1 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 を踏まえて設定する。具体的には、工学的判断より基準地震動 S_s - 1 1, 1 2, 1 3, 1 4, 2 1, 2 2, 3 1 に係数 0.5 を乗じた地震動、基準地震動 S_s - D 1 に対しては、基準地震動 S_1

も踏まえて設定した係数 0.5 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。

【説明資料 (3.1(2) : P 4 条－78)】

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留まる範囲で耐えられるように設計する。

【説明資料 (3.1(2) : P 4 条－78)】

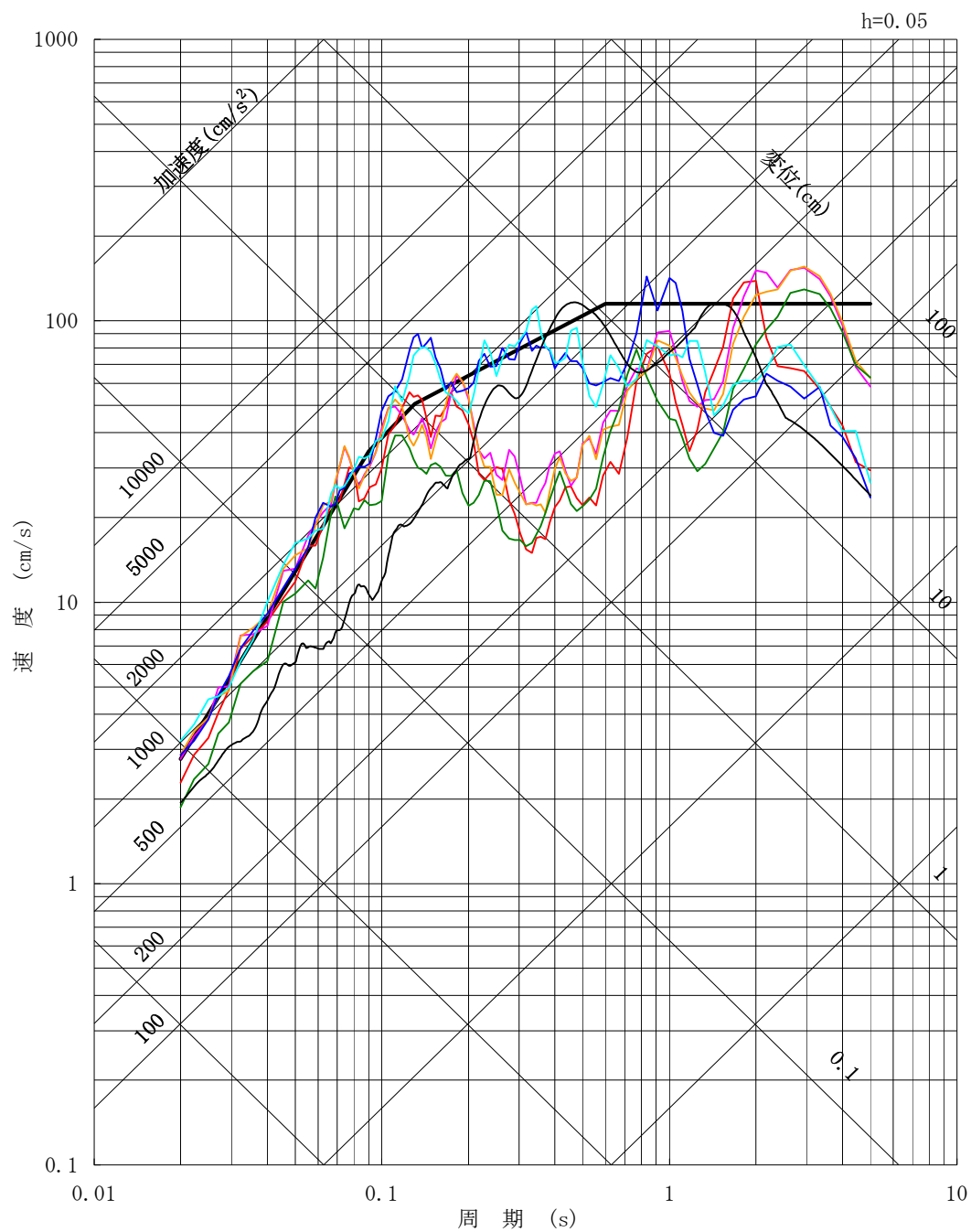
- e. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は、基準地震動 S_s による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

【説明資料 (1.1(6) : P 4 条－72) (4.1(3) : P 4 条－83)

(4.1(4) : P 4 条－85)】

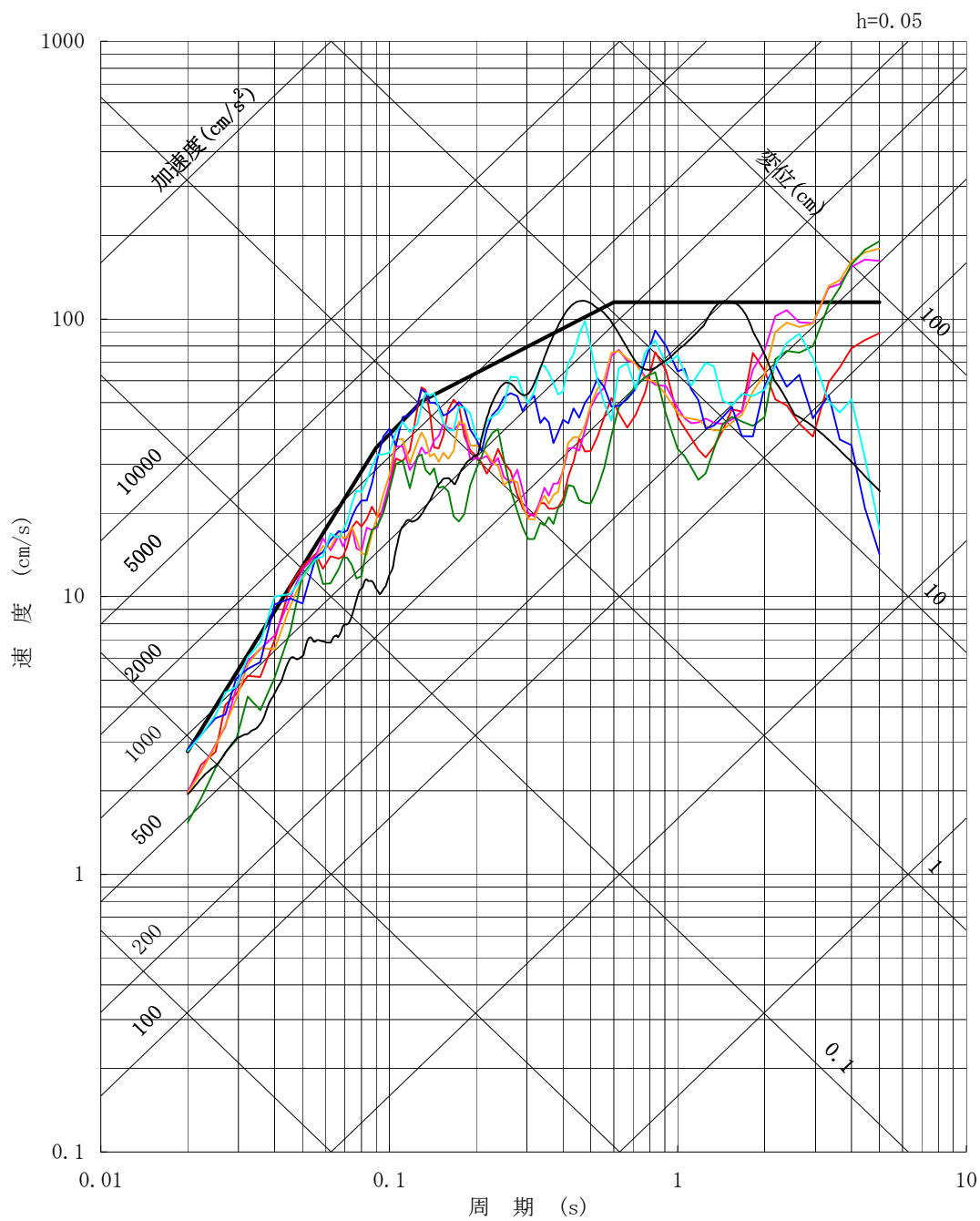
- f. 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、事象選定及び影響評価を行う。なお、影響評価においては、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

【説明資料 (1.1(9) : P 4 条－74) (7 : P 4 条－95)】



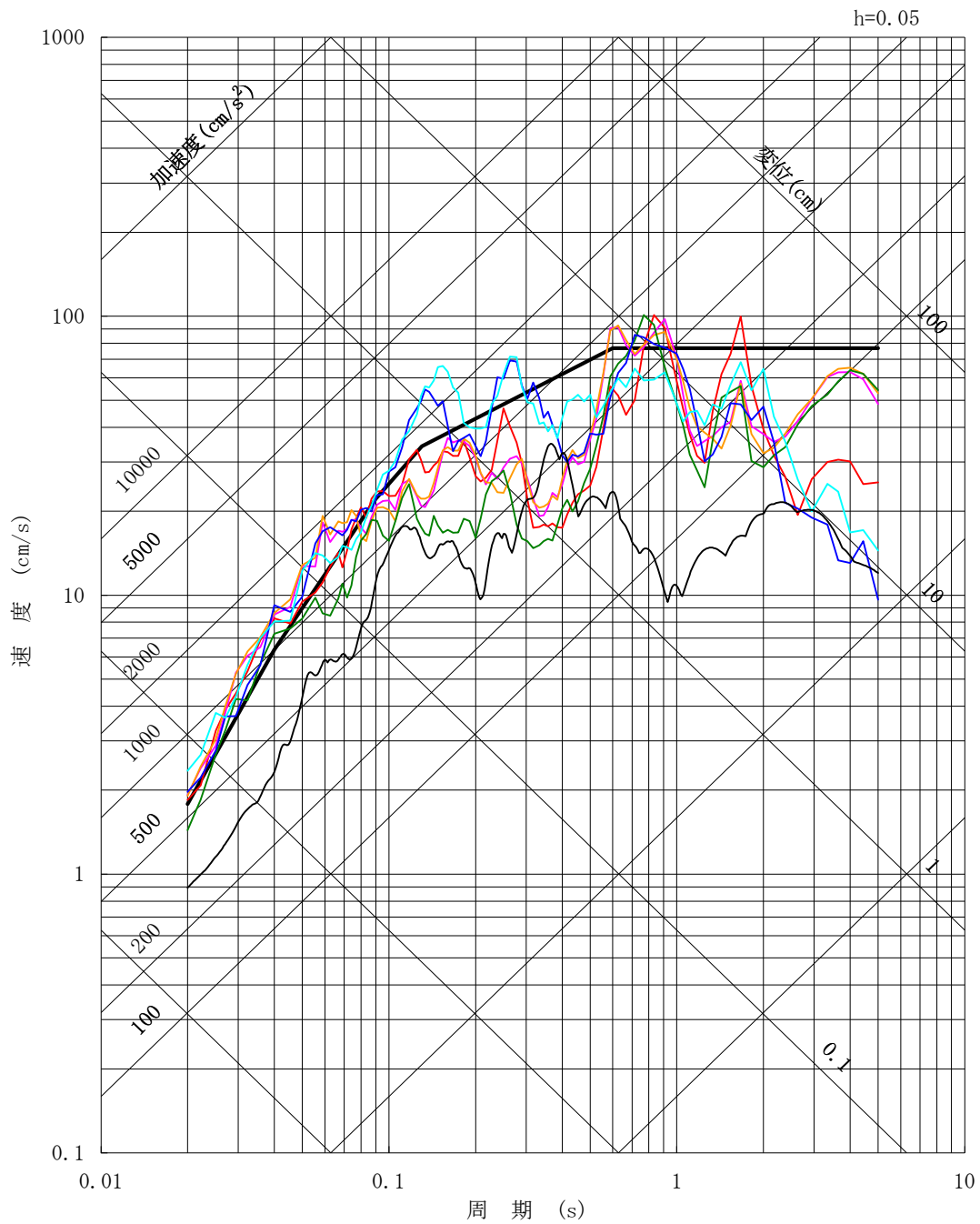
- S_s-D 1
- S_s-1 1 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 1)
- S_s-1 2 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-1 3 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 3)
- S_s-1 4 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-2 1 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- S_s-2 2 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S_s-3 1 2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

第 1 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (NS 成分)



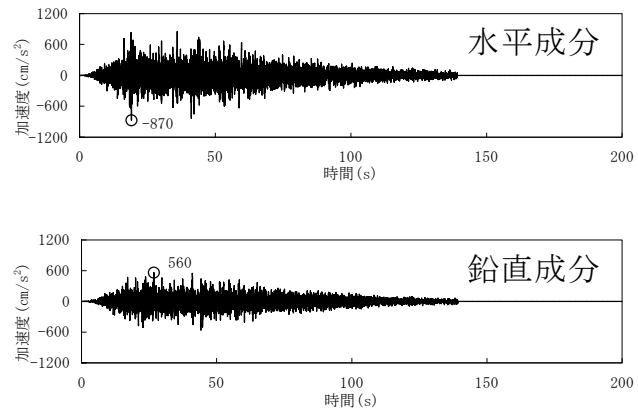
- $S_s - D1$
- $S_s - 11$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- $S_s - 12$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- $S_s - 13$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- $S_s - 14$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- $S_s - 21$ 2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- $S_s - 22$ 2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- $S_s - 31$ 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

第2図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (E W成分)

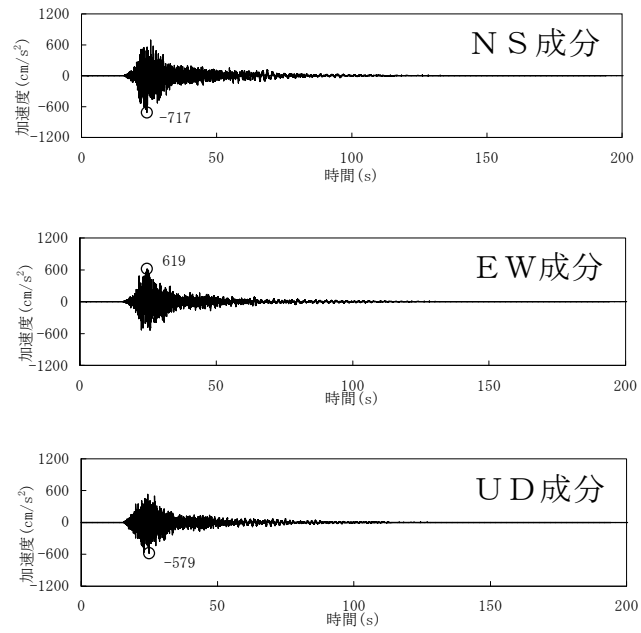


- S_s-D 1
- S_s-1 1 F 1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 1)
- S_s-1 2 F 1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-1 3 F 1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 3)
- S_s-1 4 F 1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-2 1 2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- S_s-2 2 2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S_s-3 1 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

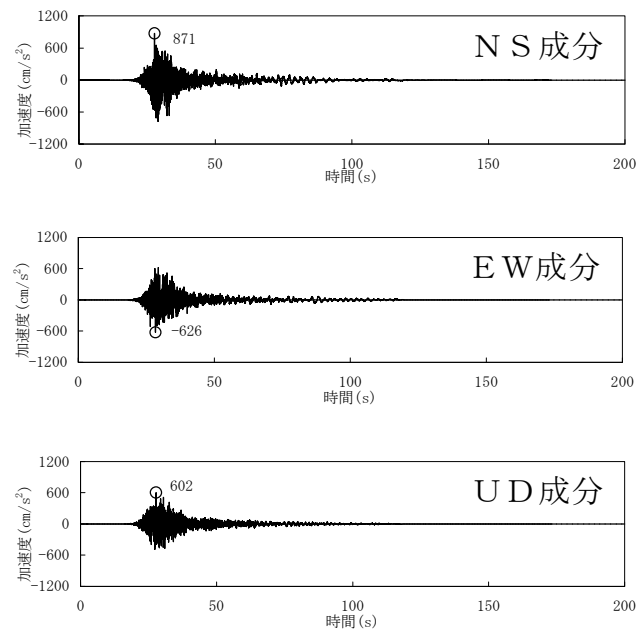
第3図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (UD成分)



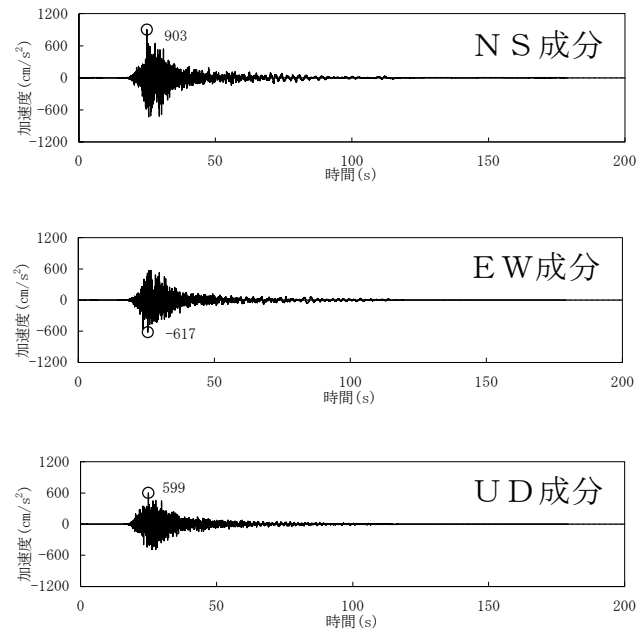
第 4 図 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - D1$)



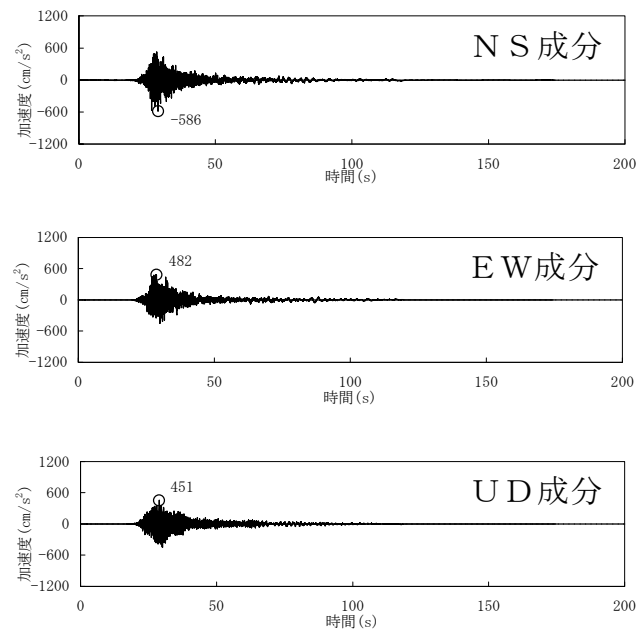
第 5 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 11$)



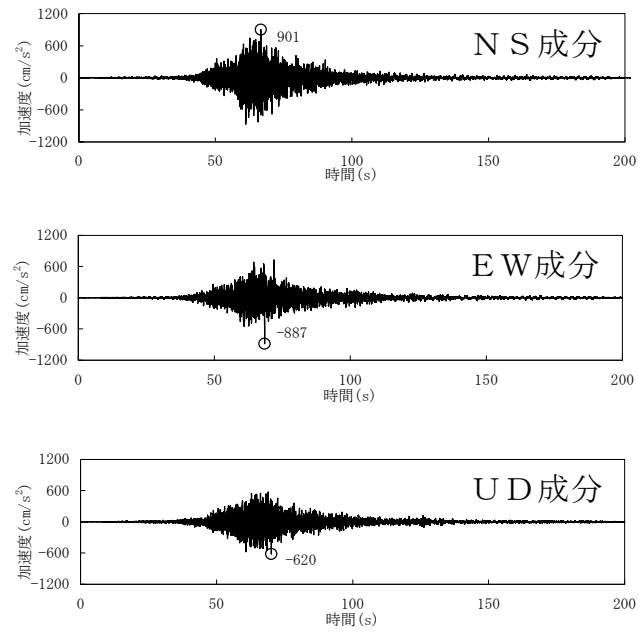
第 6 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 12$)



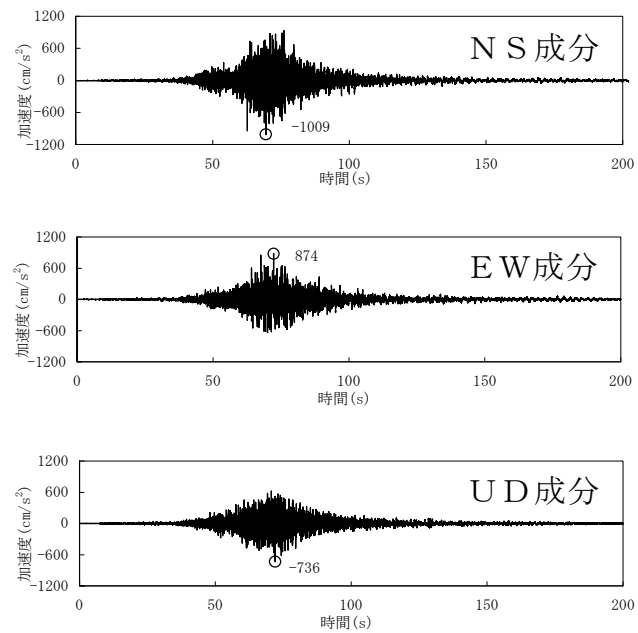
第 7 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 13$)



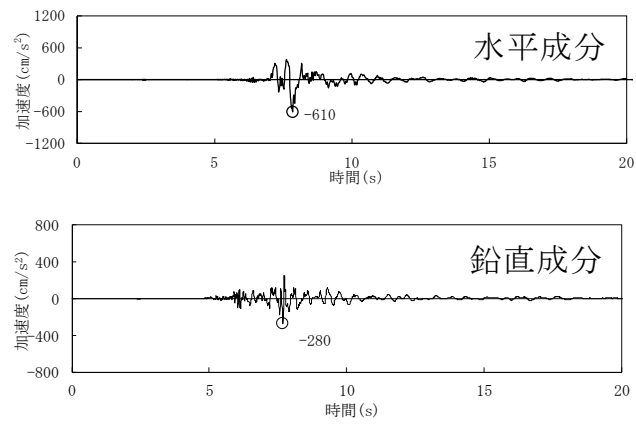
第 8 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 14$)



第 9 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 21$)



第 10 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 22$)



第 11 図 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S_s の時刻歴波形
($S_s - 3.1$)

(2) 安全設計方針

1.3 耐震設計

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」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-71)】

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－76）】

(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-76)】

(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-76)】

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（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_1 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-77)】

(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} ～ 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樣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-78)】

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_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 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

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て地震時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、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。

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－89）（5.3：P4条－93）】

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、適切なモデルを作成し、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－92）】

(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、必要に応じて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－95）】

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

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

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（積雪，風等）。

b. 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態

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（積雪，風等）。

【説明資料（4.1(1)：P4条－80）】

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

- (a) 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，水压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－81)】

(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-83)】

(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（(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

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応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

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。

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。

(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

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留まることとする。

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) 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。

(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。

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。

- 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，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

- 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) 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－85）】

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 : P 4 条-95)】

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－99）】

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附属棟（以下、「附属

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41m（南北方向）×約69m（東西方向），厚さ約2.5m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。

1.3.3.4 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 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 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 2.8～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および底部コンクリートスラブより構成され全体の高さは約 48m である。

円筒殻と底部コンクリートスラブ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、格納容器を上下に分けるダイヤフラムがあり、下部はサプレッション・プールになっている。

円錐殻頂部附近にはラジアルキーがあり、原子炉圧力容器より格納容器に伝えられる水平力および原子炉格納容器にかかる水平力の一部を周囲の生体遮蔽壁に伝える構造となっている。

1.3.3.6 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は内径約 6.4m、高さ約 23m、重量は炉心水を含めて約 1,600 トンである。

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止められている。

原子炉圧力容器は、さらにその外周の円筒壁頂部でスタビライザによって水平方向に支持されて、円筒壁の頂部は鋼製フレームによって格納容器シェルに結合されている。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ある。

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ので，きわめて剛な構造である。

1.3.3.7 圧力容器内構造物

炉心に作用する水平力は，ステンレス鋼のシュラウドによって支持されている。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，上部炉心板および炉心支持板を通してシュラウドに伝えられ，燃料棒はジルカロイ製の細長い箱形チャンネル・ボックスに納められている。燃料棒はチャンネル・ボックス頂部と底部の燃料支持金具で止められ，中間もスペーサによっておさえられている。

このため，燃料棒は過度の変形を生ずることはない。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リング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。ライザは圧力容器を貫通して立上り，上部において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ッフル・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。制御棒駆動機構シンブルは，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もつよう

に設計されている。

1.3.3.8 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、熱膨脹による動きを拘束せず、できる限り剛な系になるように、適当なスプリングアンカあるいはダンパを採用する。再循環ポンプは、ケーシングに取り付けられたコンスタント・ハンガによって支持される。

1.3.3.9 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パ、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。

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。

1.3.5 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）」 社団法人日本電気協会電気技術基準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 1.3-1 表 耐震重要度分類表

耐震重要度 分類	クラス別施設	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)		波及的影響を 考慮すべき施設 (注5)	
		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	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
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 ・原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁	S S	隔離弁を閉じ、必要な電気計装設備	S	原子炉圧力容器スカート ・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	S _s S _s	原子炉遮蔽壁 ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	S _s S _s S _s S _s
	(ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設	使用済燃料プール ・使用済燃料貯蔵ラック ・使用済燃料乾式貯蔵容器	S S S	使用済燃料プール水補給設備 (残留熱除去系) ・非常用電源及び計装設備 (非常用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	S	原子炉建屋 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋 ・軽油貯蔵タンク等の基礎	S _s S _s S _s	原子炉建屋クレーン ・燃料取扱機 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	S _s S _s S _s S _s S _s S _s
	(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めの施設、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	S S S	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋	S _s	タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	S _s S _s S _s
	(iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	原子炉隔離時冷却系 ・高圧炉心スプレイス ・残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード運転に必要な設備) ・冷却水源としてのサプレッション・プール	S S S S	残留熱除去系海水系 ・炉心支持構造物 ・高圧炉心スプレイス ・ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設 ・非常用電源及び計装設備 (非常用ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む)	S S S S	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋 ・海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 ・軽油貯蔵タンク等の基礎	S _s S _s S _s S _s	タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	S _s S _s S _s S _s
	(v) 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	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 (低圧注入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プレッション・プール	S S S S S	残留熱除去系海水系 ・高圧炉心スプレイス ・ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設 ・中央制御室の遮蔽と空調設備 ・非常用電源及び計装設備 (非常用ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む)	S S S S S	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋 ・海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 ・軽油貯蔵タンク等の基礎	S _s S _s S _s S _s	タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	S _s S _s S _s S _s

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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)		波及的影響を 考慮すべき施設 (注5)	
		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)	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Sクラス	(vi) 原子炉冷却材圧力バウダ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	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器 原子炉格納容器バウダン・弁管・弁 	S S	<ul style="list-style-type: none"> 隔離弁を閉とするために必要な電気計装設備 	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 	S _s	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉ウエル用遮蔽ブロック タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他 	S _s S _s S _s S _s
	(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であり、(vi)以外の施設	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系(格納容器スプレイ冷却モータ運転に必要な設備) 可燃性ガス濃度制御系 原子炉建屋原子炉棟系 非常用ガス処理系 非常用ガス再循環系 原子炉格納容器圧力低減装置(ダイヤフラムフロア、ベント管) 冷却水源としてのサプレッション・プール 	S S S S S S S	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水 非常用電源及び計装設備(非常用ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む) 	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	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 排気筒 軽油貯蔵タンク等の基礎 	S _s S _s S _s S _s	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他 	S _s S _s S _s
	(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	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤 防潮扉 放水路ゲート 構内排水路逆流防止設備 貯留堰 浸水防止蓋 貫通部止水処置 	S S S S S S S	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 機器等の支持構造物 	S	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 当該の屋外設備を支持する構造物 	S _s S _s	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他 	S _s S _s S _s
	(ix) 敷地における津波監視機能を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> 取水ビット水位計 潮位計 津波監視カメラ 	S S S	<ul style="list-style-type: none"> 非常用電源及び計装設備(非常用ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む) 	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 当該の屋外設備を支持する構造物 	S _s S _s	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他 	S _s S _s S _s
	(x) その他	<ul style="list-style-type: none"> ほう酸水注入系(注7) 圧力容器内部構造物(注8) 	S S	<ul style="list-style-type: none"> 非常用電源及び計装設備(非常用ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む) 	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 当該の屋外設備を支持する構造物 	S _s S _s	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他 	S _s S _s S _s

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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	検討用 地震動 (注6)
Bクラス	(i) 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	<ul style="list-style-type: none"> 主蒸気系(外側主蒸気 隔離弁より主塞止弁ま で) 主蒸気逃がし安全弁排 気管 主蒸気系及び給水系 原子炉冷却材浄化系 	B (注9) B (注10)	—	—	<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(外側主蒸 気隔離弁より主塞止弁ま での配管・弁を支持する 部分) 原子炉建屋 タービン建屋 	S _d S _d
	(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 い又は貯蔵方式によ り、その破損による 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 小さいものは除く)	<ul style="list-style-type: none"> 放射性廃棄物処理施設 (Cクラスに属するも のは除く) 	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 廃棄物処理建屋 	S _B S _B
	(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 従事者に過大な放射 線被ばくを与える可 能性のある施設	<ul style="list-style-type: none"> タービン、復水器、給 水加熱器及びその主要 配管 復水脱塩装置 復水貯蔵タンク 燃料プール冷却浄化系 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) 原子炉建屋クレーン 燃料取扱機 使用済燃料乾式貯蔵建 屋天井クレーン 制御棒貯蔵ラック 	B B B B B B B B B 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 廃棄物処理建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 	S _B S _B S _B S _B
	(iv) 使用済燃料を冷 却するための施設	<ul style="list-style-type: none"> 燃料プール冷却浄化系 	B	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却系 補機冷却海水系 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 海水ポンプ基礎等の海水 系を支持する構造物 	S _B S _B

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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	検討用 地震動 (注5)
Bクラス	(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、Sクラスに属さない施設	—	—	—	—	—	—	—	—
	(i) 原子炉の反応度を制御するための施設でSクラス及びBクラスに属さない施設	<ul style="list-style-type: none"> 再循環流量制御系 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 	S _C
Cクラス	(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Sクラス及びBクラスに属さない施設	<ul style="list-style-type: none"> 試料採取系 洗濯廃液処理系 固化装置より下流の固体廃棄物処理系 (貯蔵庫を含む) 雑固体減容処理設備 放射性廃棄物処理施設のうち濃縮装置の凝縮水側 新燃料貯蔵庫 その他 	C C C C C C C	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	C	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 固体廃棄物貯蔵庫 給水加熱器保管庫 固体廃棄物作業建屋 	S _C S _C S _C S _C S _C S _C

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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	検討用 地震動 (注6)
Cクラス	(iii) 原子炉施設ではあるが、放射線安全に関係しない施設	・循環水系 ・タービン補機冷却系 ・所内ボイラ及び所内蒸気系 ・消火系 ・主発電機・変圧器 ・空調設備 ・タービン建屋クレーン ・所内用空気系及び計器用空気系 ・その他	C C C C C C C C C			・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋	S _C S _C S _C

(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、若しく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施設の破損によって上位クラスに属する施設に波及的影響を及ぼすおそれのある施設をいう。また、その他の施設として「1. 3. 1. 5 設計における留意事項」での検討を踏まえた施設も適用範囲とする。

(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 : 耐震 B クラス施設に適用される地震力

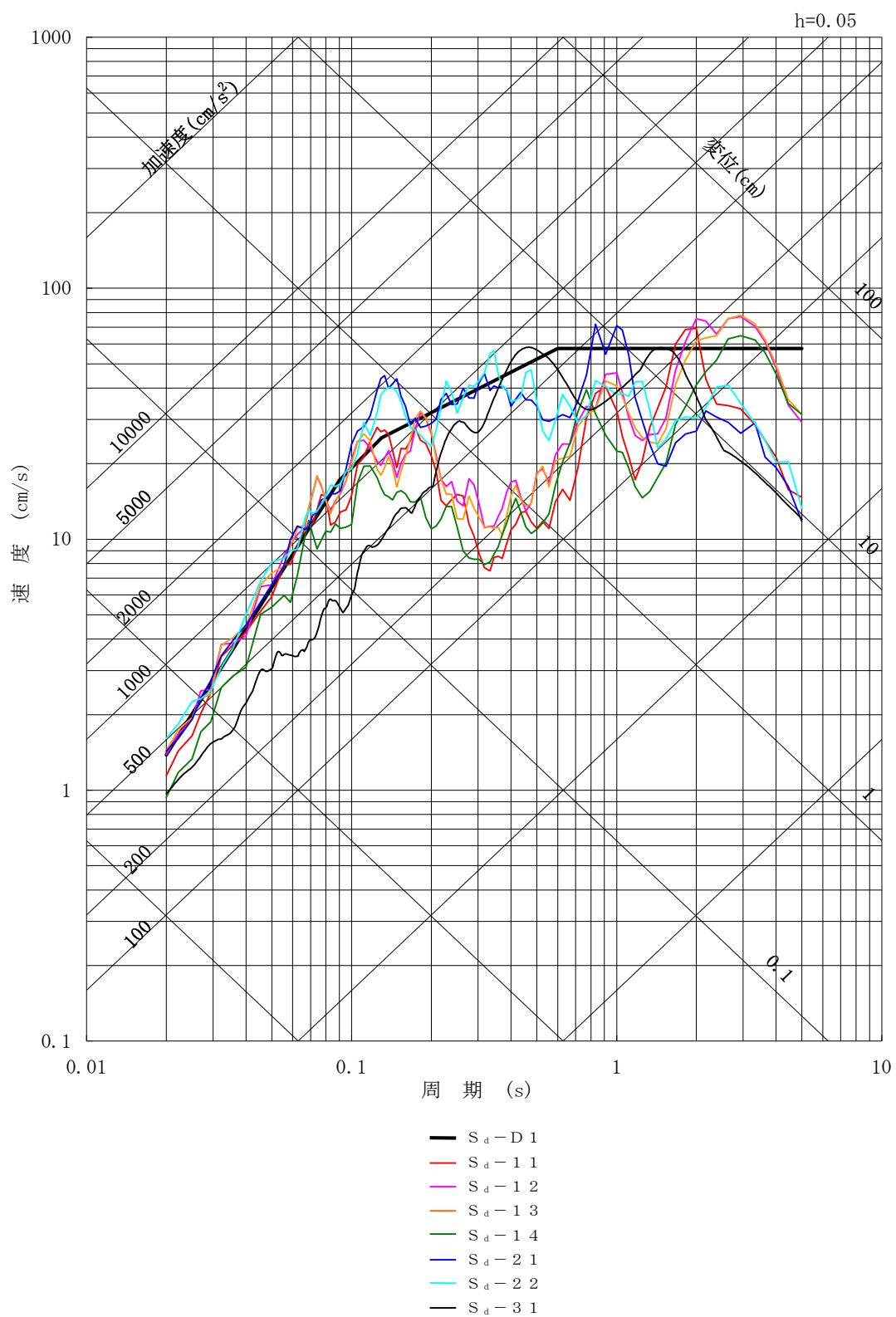
S_C : 耐震 C クラス施設に適用される静的地震力

(注7) ほう酸水注入系は、安全機能の重要度を考慮して、S クラスに準ずる。

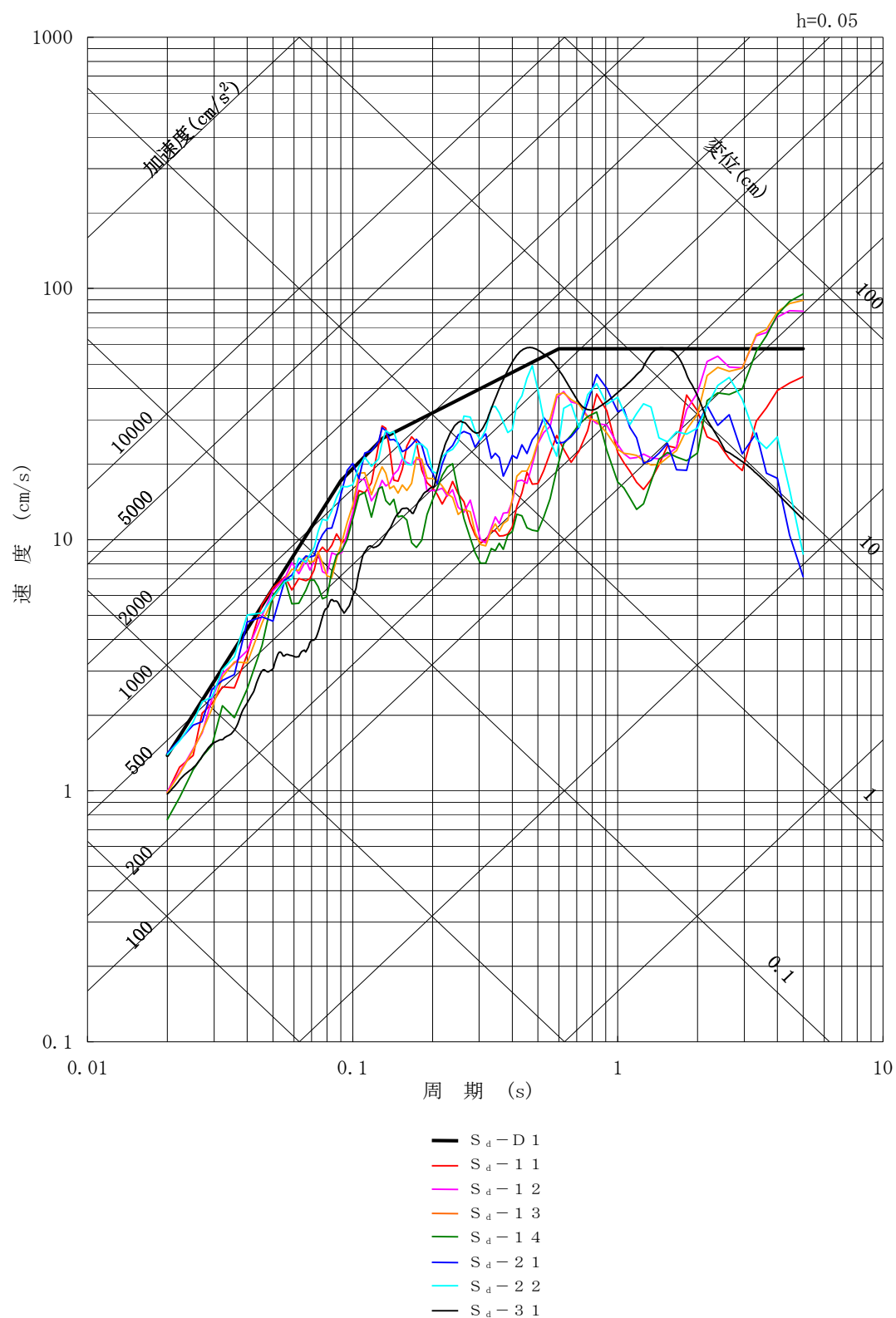
(注8) 圧力容器内部構造物は、炉内にあることの重要性から S クラスに準ずる。

(注9) B クラスではあるが、弾性設計用地震動 S_dに対して破損しないことの検討を行うものとする。

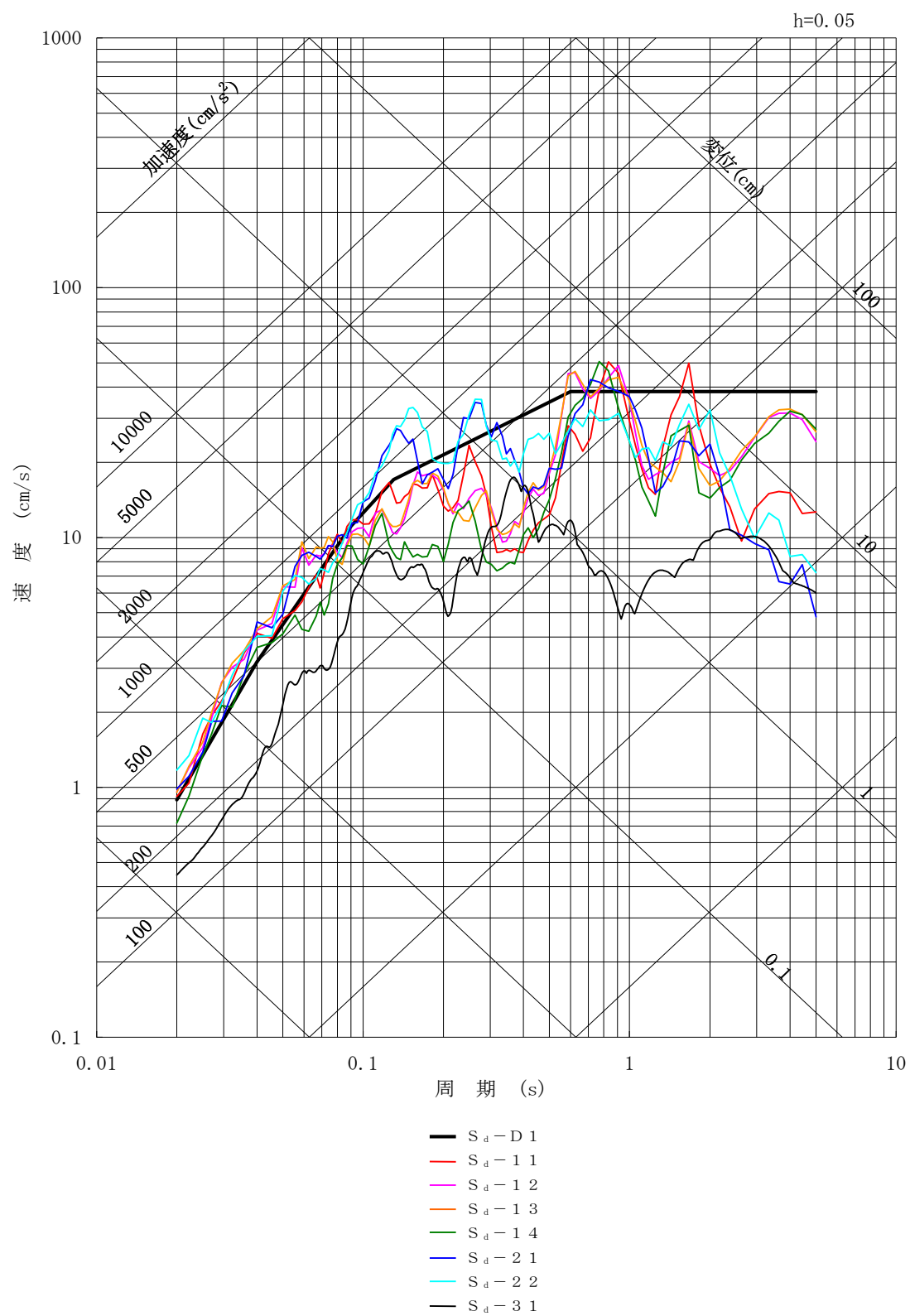
(注10) 地震により主蒸気逃がし安全弁排気管が破損したとしても、ドライウェル内に放出された蒸気はベント管を通してサブプレッション・チェンバのプール水中に導かれて凝縮するため、**原子炉** 格納容器の内圧が有意に上昇することはないと考えられるが、基準地震動 S_sに対し破損しないことを確認する。



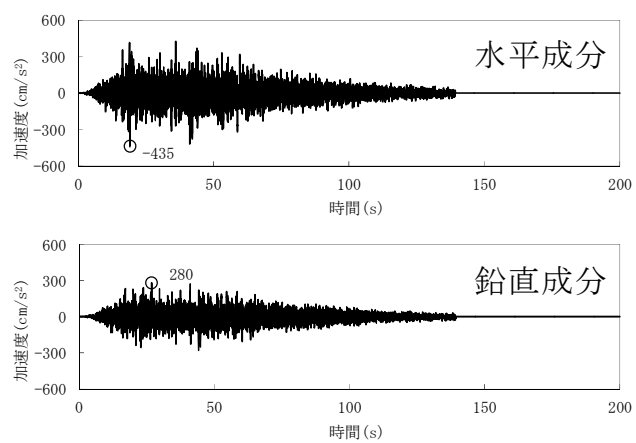
第 1.3-1 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (N S 成分)



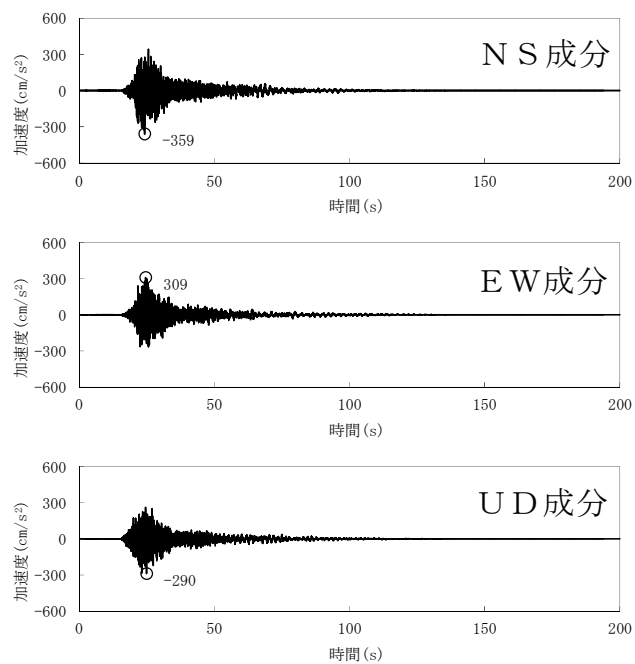
第 1.3-2 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (E W 成分)



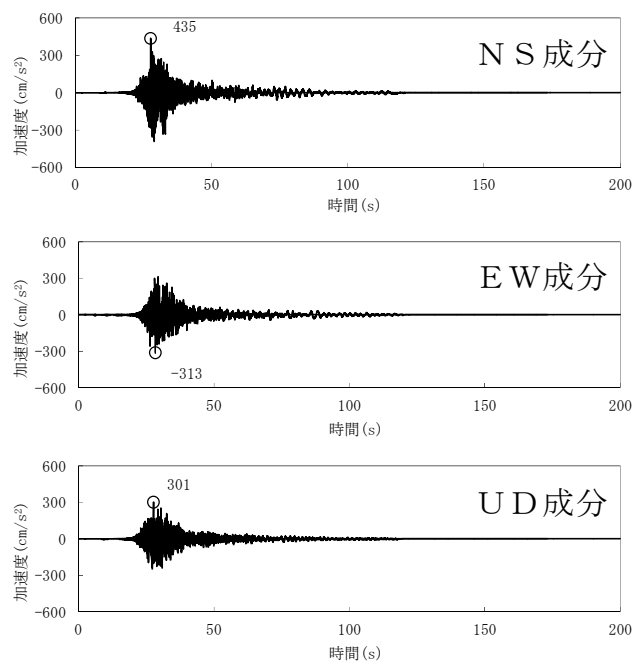
第 1.3-3 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (UD 成分)



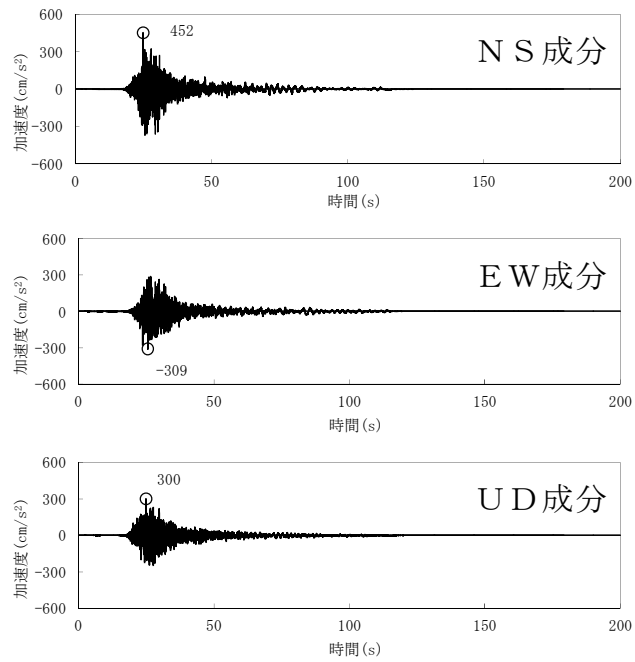
第 1.3-4 図 弾性設計用地震動 $S_d - D 1$ の時刻歴波形



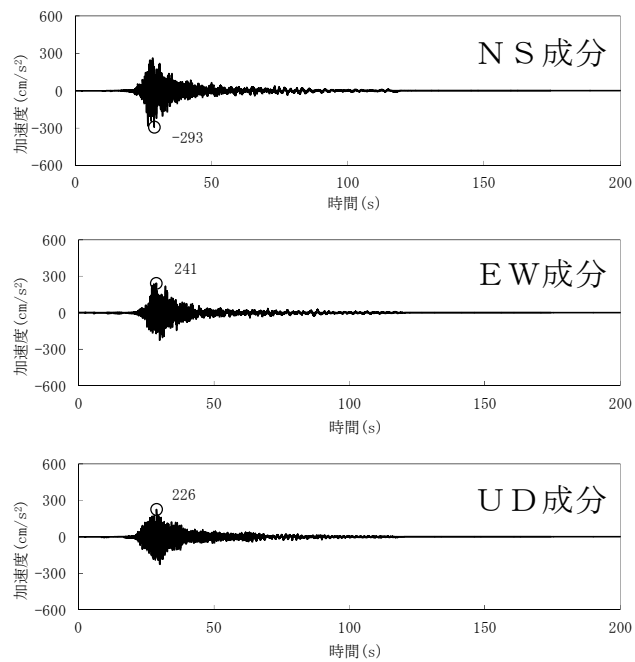
第 1.3-5 図 弾性設計用地震動 S_d-1.1 の時刻歴波形



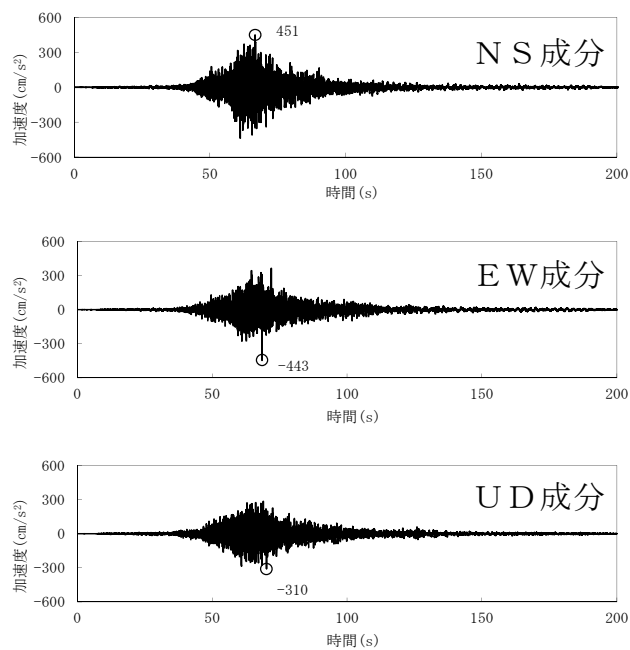
第 1.3-6 図 弾性設計用地震動 S_d-1.2 の時刻歴波形



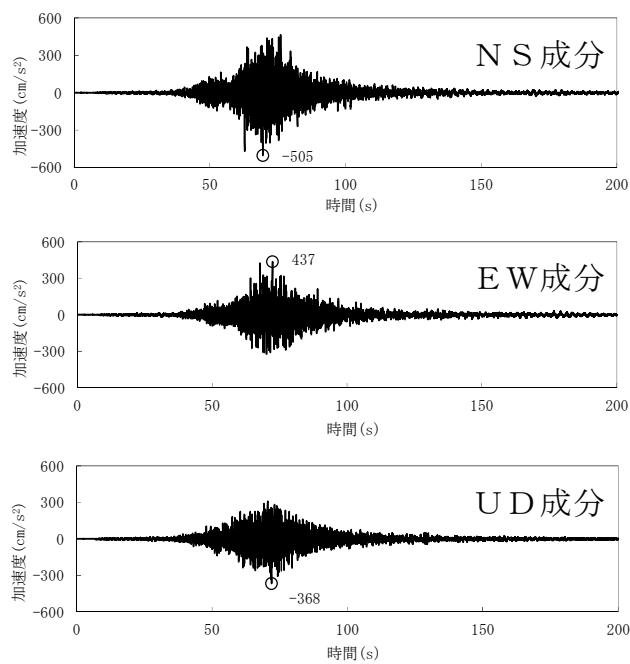
第 1.3-7 図 弾性設計用地震動 S_d-13 の時刻歴波形



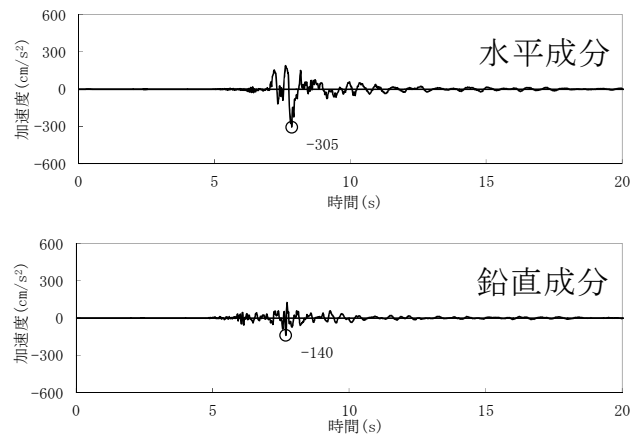
第 1.3-8 図 弾性設計用地震動 S_d-14 の時刻歴波形



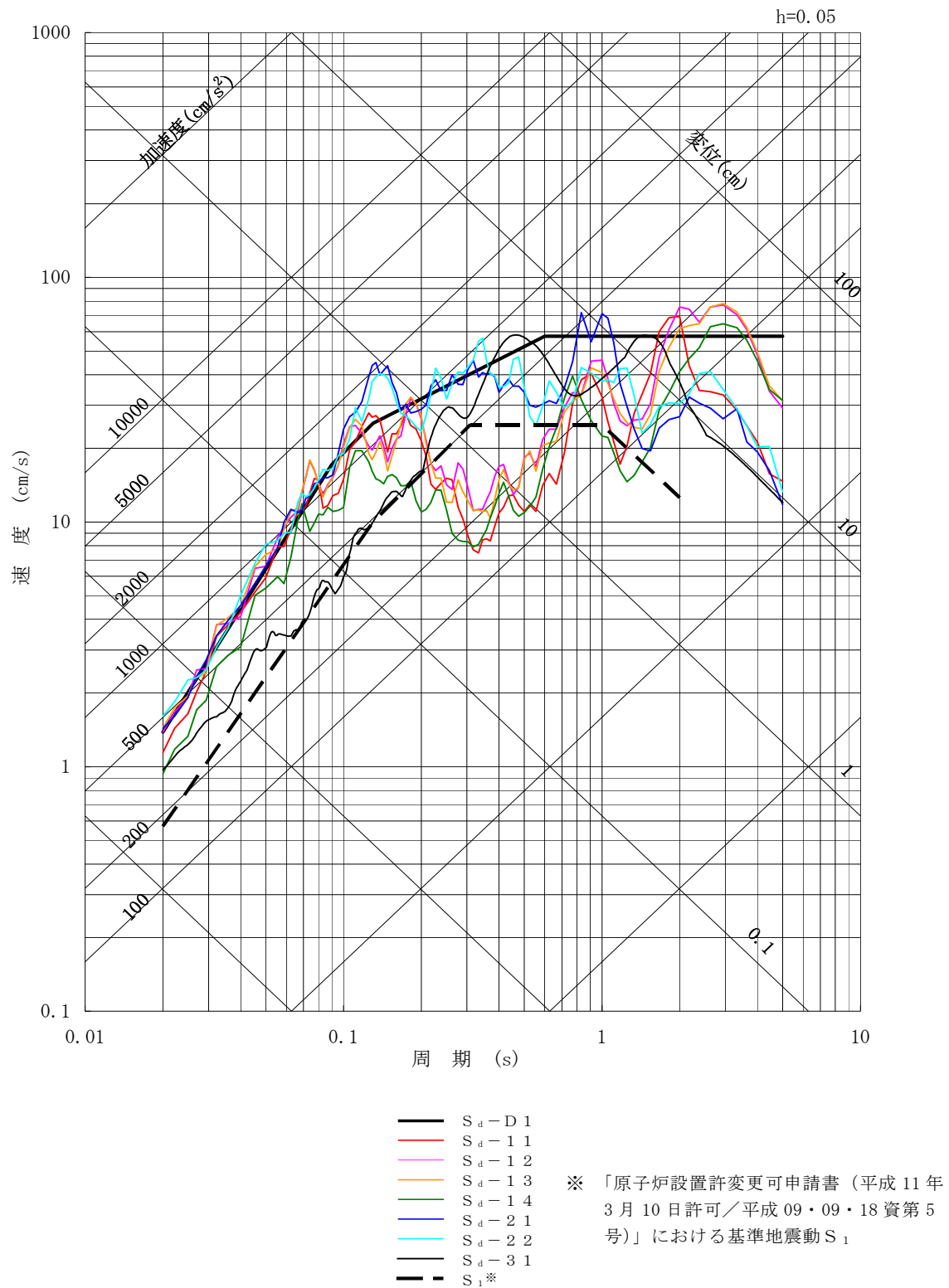
第 1.3-9 図 弾性設計用地震動 S_d-21 の時刻歴波形



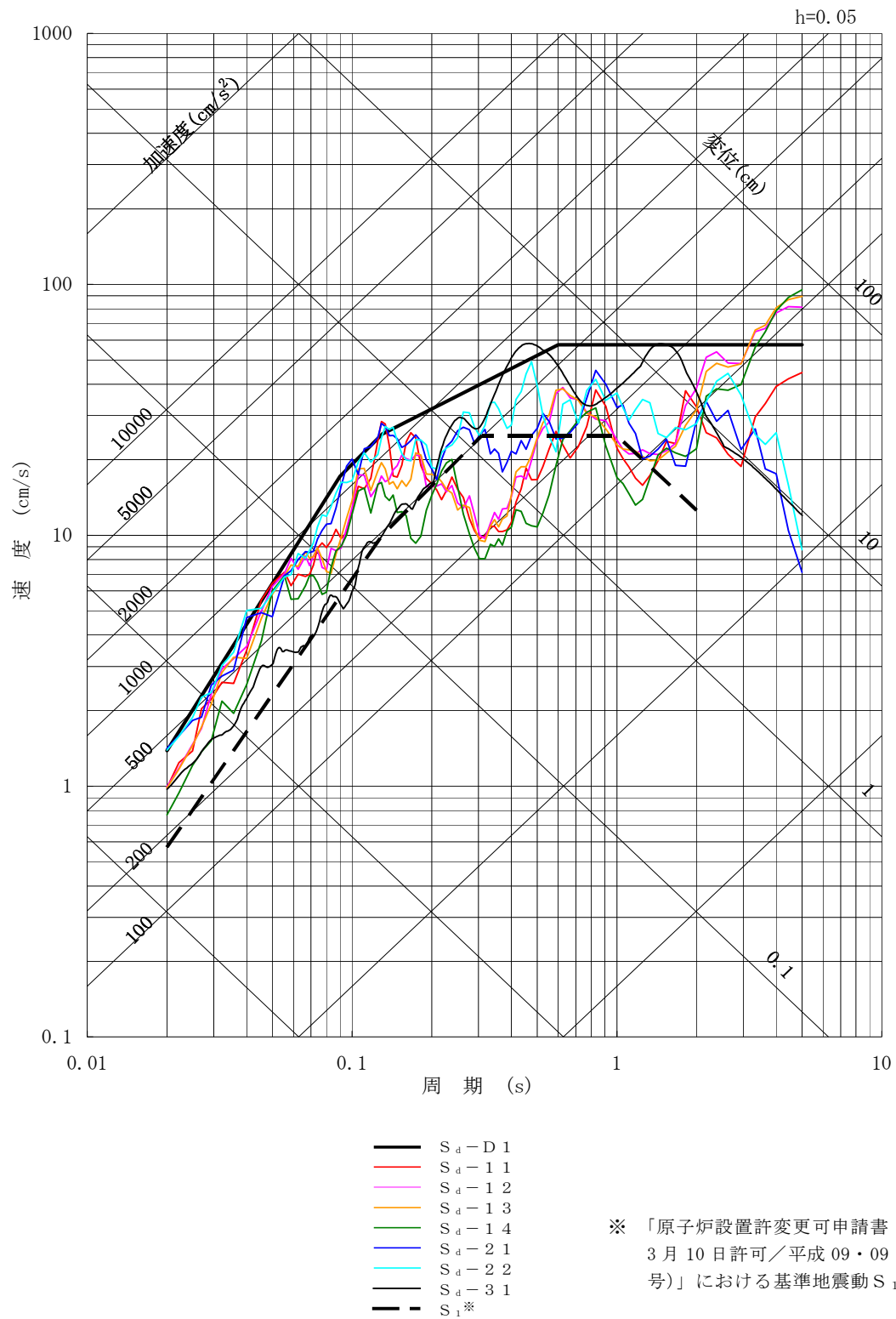
第 1.3-10 図 弾性設計用地震動 S_d-22 の時刻歴波形



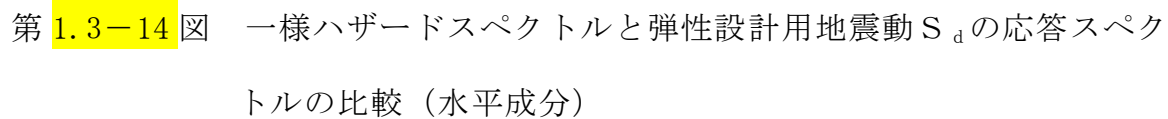
第 1.3-11 図 弾性設計用地震動 S_d-31 の時刻歴波形

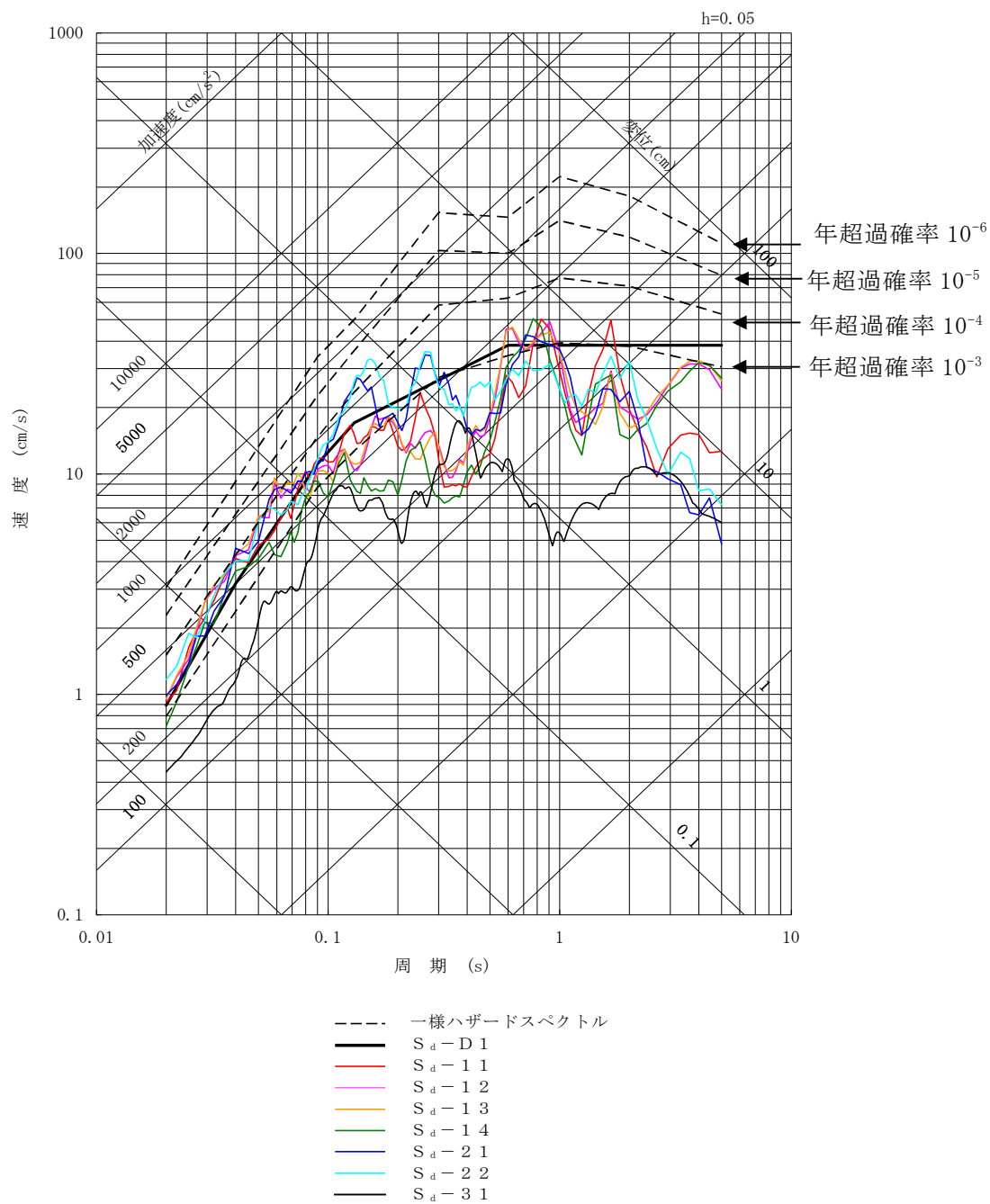


第 1.3-12 図 弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_1 の応答スペクトルの比較（NS 成分）



第 1.3-13 図 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（E W 成分）





第 1.3-15 図 一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルの比較（鉛直成分）

(3) 適合性説明

第四条 地震による損傷の防止

- 1 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。

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。

【説明資料（1.1(2)：P4条－71）】

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（1.1(1)：P4条－71）（1.1(2)：P4条－71）】

(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の

【説明資料（2.1(1)：P4条－76）】

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クラスの施設と比べ小さい施設

【説明資料（2.1(2)：P4条－76）】

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(3)：P4条－76)】

(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 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-77)】

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 3. 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-78)】

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 3. 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－72）】

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－72）】

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－72）（1.1(6)：P4条－72）】

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。

【説明資料（1.1(9)：P4条－74）】

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。

【説明資料（7(4)：P4条－96）】

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について

第2部

1. 耐震設計の基本方針

東海第二発電所の設計基準対象施設の耐震設計方針について説明する。

1.1 基本方針

発電用原子炉施設（以下「原子炉施設」という。）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（以下「耐震重要度分類」という。）し，それぞれに応じた地震力に十分耐えられる設計する。
- (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。）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留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留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又は津波監視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、それぞれの施設に要求される機能が保持できる設計とする。

新設屋外重要土木構造物の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。既設屋外重要土木構造物の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，構造部材のせん断についてはせん断耐力を許容限界とする。

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。

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変形能力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が保持できるものとする。

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留まる範囲で耐えられる設計とする。

また，共振のおそれのあるものについては，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。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設計とする。

(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。

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がある規格のほか、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。

なお、規格基準に規定のない評価手法等を用いる場合は、既往研究等において試験、研究等により妥当性が確認されている手法、設定等について、適用条件、適用範囲に留意し、その適用性を確認した上で用いる。

既往工認で実績のある適用規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601－1987」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4601・補 - 1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601－1991 追補版」（社）日本電気協会（以降、「J E A G 4601」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－許容応力度設計法－（（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計算基準・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）
- ・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 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（JGS1521－2003）地盤の平板載荷試験方法
- ・地盤工学会基準（JGS3521－2004）剛体載荷板による岩盤の平板載荷試験方法

ただし，J E A G 4601 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 クラスの施設とした上で，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。

なお，A クラスの施設を S クラスと読み替える際には基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を適用するものとする。

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 年追補版を含む））〈第 I 編 軽水炉規格〉 JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）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 1.3-1 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。

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ものとする。

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。

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、J E A G 4601 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 等の割増し係数の適用については、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決定する。

(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ものに適用する。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、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。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 を踏まえて設定する。具体的には、工学的判断より基準地震動 $S_s - 11, 12, 13, 14, 21, 22, 31$ に係数 0.5 を乗じた地震動、基準地震動 $S_s - D1$ に対しては、基準地震動 S_1 も踏まえて設定した係数 0.5 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。基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の最大加速度等を第 1 表及び第 2 表に示すとともに、基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルを第 1 図～第 3 図に、弾性設計用地震動 S_d の設計用応答スペクトルを第 4 図～第 6 図に示す。

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。

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は別添－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

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

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

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

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

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) 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，水压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，地震力には地震時の土圧，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。

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，水压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，地震力には地震時の土圧，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)で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作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力を組み合わせる。

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）の状態で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で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力を組み合わせる。

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等と基準地震動 S_s による地震力とを組み合わせる。

なお、上記 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て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ものとする。
- (c) 複数の荷重が同時に作用し，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場合には，その妥当性を示した上で，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) 上位の耐震クラス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。

第 1 部第 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荷重として，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，J E A G 4601 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を構成する施設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、終局耐力に対して妥当な安全余裕をもたせることとする。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. による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・構築物が、変形等に対して、その支持機能が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分類に応じた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留まることとする。

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を構成する設備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、その量が微小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すことがない限度に応力、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 に対する応答に対して、実証試験等により確認されている機能維持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留まることとする。

(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応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

新設屋外重要土木構造物の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。既設屋外重要土木構造物の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、構造部材のせん断についてはせん断耐力を許容限界とする。

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。

(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応力度を許容限界とする。

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・構築物が構造物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（津波防護機能及び浸水防止機能）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

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等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

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 $0.38\text{km/s} \sim 0.79\text{km/s}$ 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 FEM 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。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て地震時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、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。

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 次元応答性状及び機器・配管系への影響については、建物・構築物の 3 次元 F E M 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，適切なモデルを作成し，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FEM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、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。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。

6. 設計用減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は，J E A G 4601 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・構築物の地震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，その妥当性について検討する。

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。

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(1)～(4)の4つの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(1)～(4)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評価方針

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があるものを抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

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。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。
- ・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。

- ・ 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が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，地中に埋設された構造であり，周辺地盤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。したがって、地盤からの土圧が直接作用する部材について影響検討を行う。

- ・影響検討に当たっては、評価対象断面(弱軸方向)と評価対象断面に直交する縦断方向(強軸方向)の部材照査に与える影響を検討する。

(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

- ・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、構造型式ごとに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－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、耐震上の観点から出来る限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据え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。

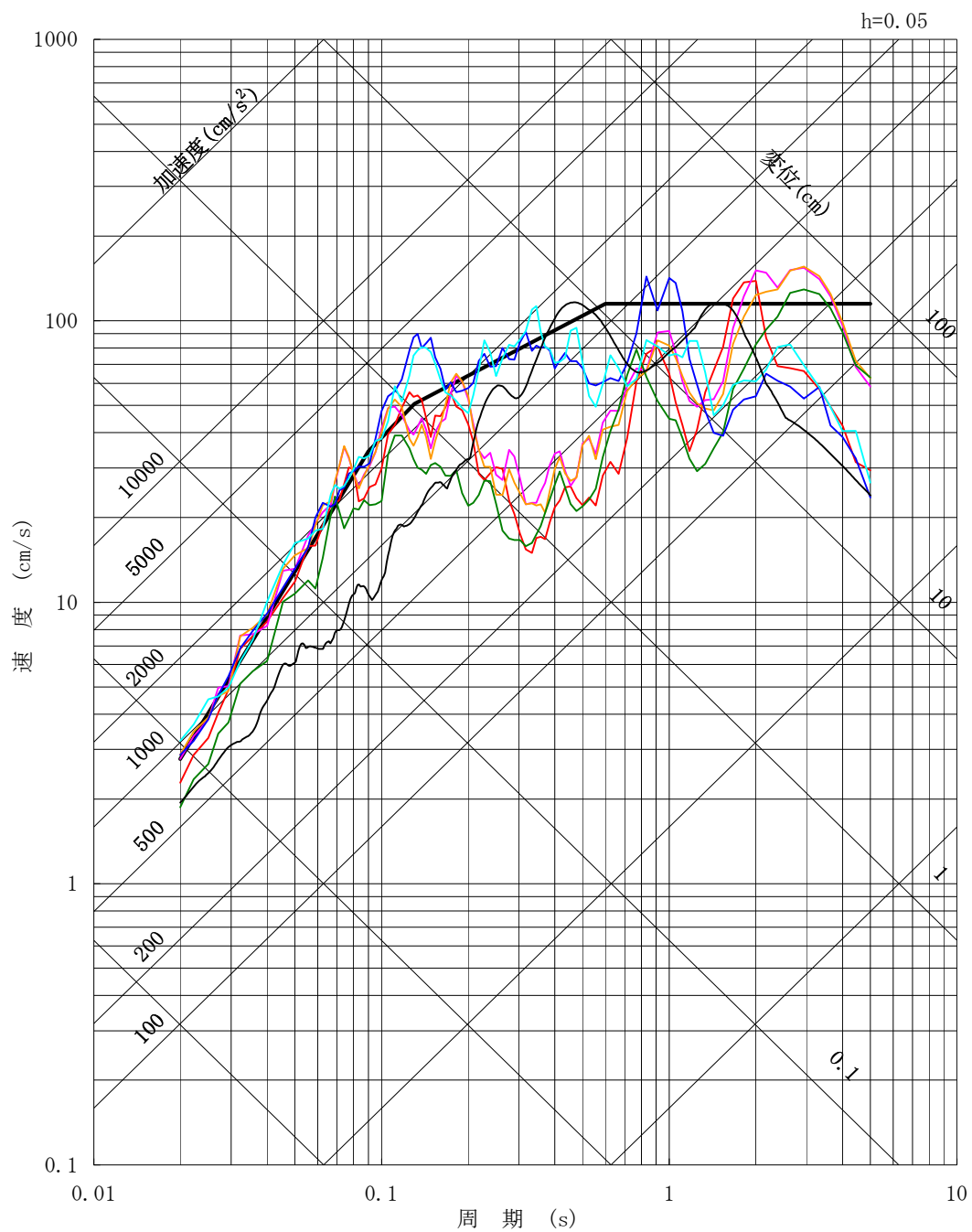
下位クラス施設は原則、耐震重要施設に対して離隔をとり配置するか、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持するか若しくは、下位クラス施設の波及的影響を想定しても耐震重要施設の有する機能を保持する設計とする。

第 1 表 基準地震動 S_s の最大加速度一覧

基準地震動 S_s		最大加速度 (cm/s^2)		
		N S 成分	E W 成分	U D 成分
$S_s - D 1$	応答スペクトル手法による基準地震動	870		
$S_s - 1 1$	F1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ，破壊開始点 1)	717	619	579
$S_s - 1 2$	F1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ，破壊開始点 2)	871	626	602
$S_s - 1 3$	F1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ，破壊開始点 3)	903	617	599
$S_s - 1 4$	F1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (断層傾斜角の不確かさ，破壊開始点 2)	586	482	451
$S_s - 2 1$	2011 年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901	887	620
$S_s - 2 2$	2011 年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	1009	874	736
$S_s - 3 1$	2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震	610		

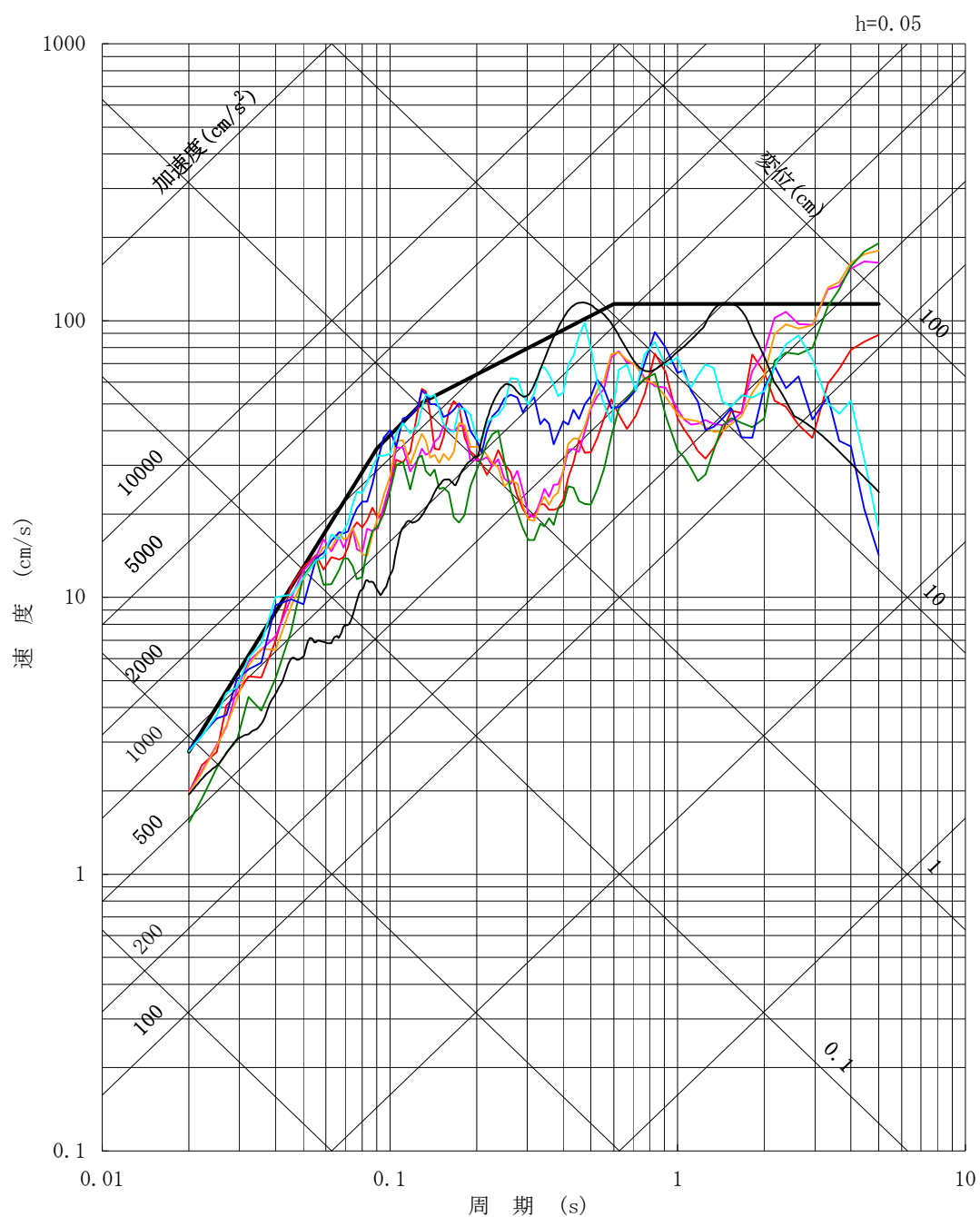
第2表 弾性設計用地震動 S_d の最大加速度一覧

弾性設計用地震動 S_d	最大加速度 (cm/s^2)		
	N S成分	E W成分	U D成分
$S_d - D1$	435		280
$S_d - 11$	359	309	290
$S_d - 12$	435	313	301
$S_d - 13$	452	309	300
$S_d - 14$	293	241	226
$S_d - 21$	451	443	310
$S_d - 22$	505	437	368
$S_d - 31$	305		140



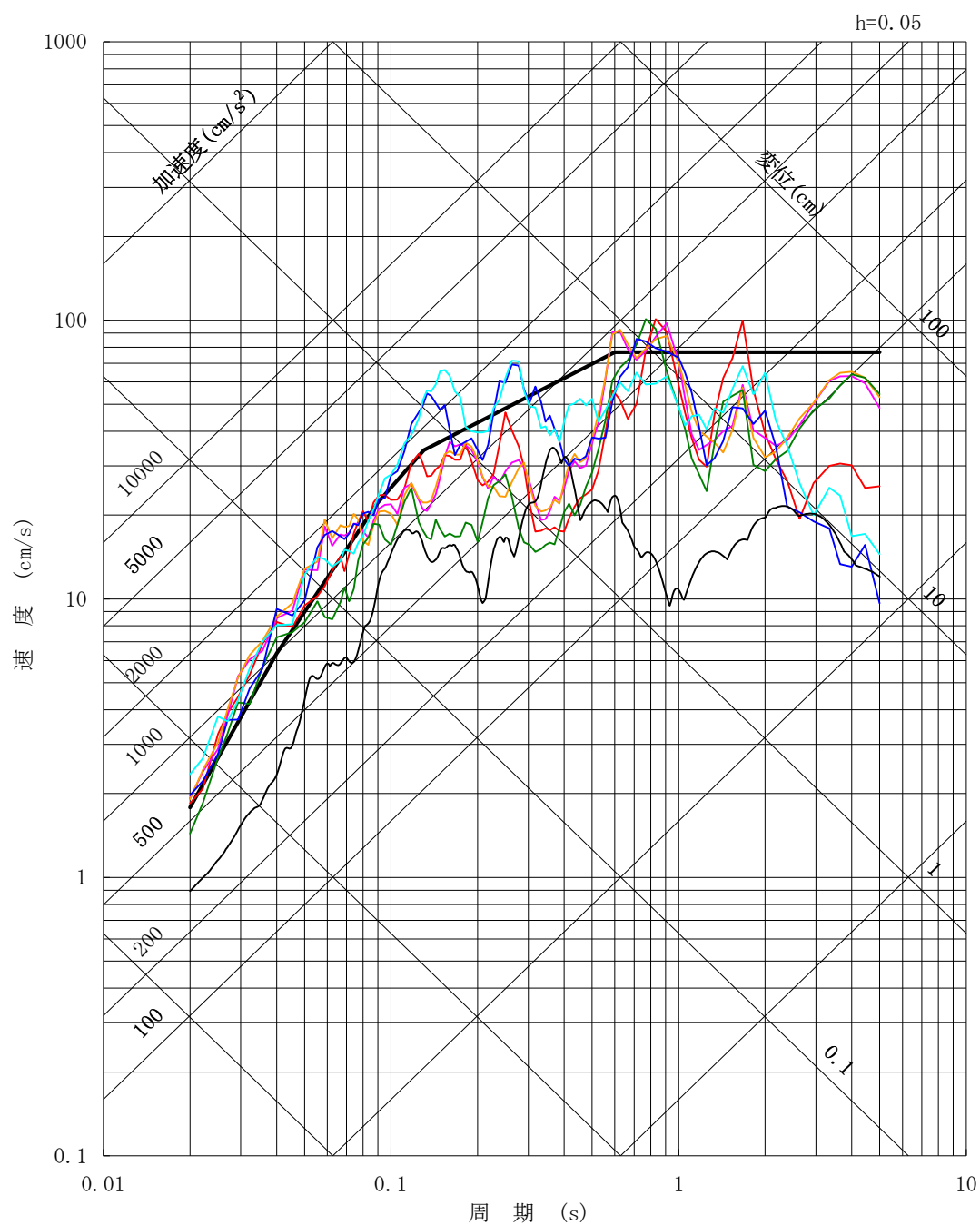
- S_s-D 1
- S_s-1 1 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 1)
- S_s-1 2 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-1 3 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 3)
- S_s-1 4 F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-2 1 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- S_s-2 2 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (SMG A 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S_s-3 1 2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

第 1 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (NS 成分)



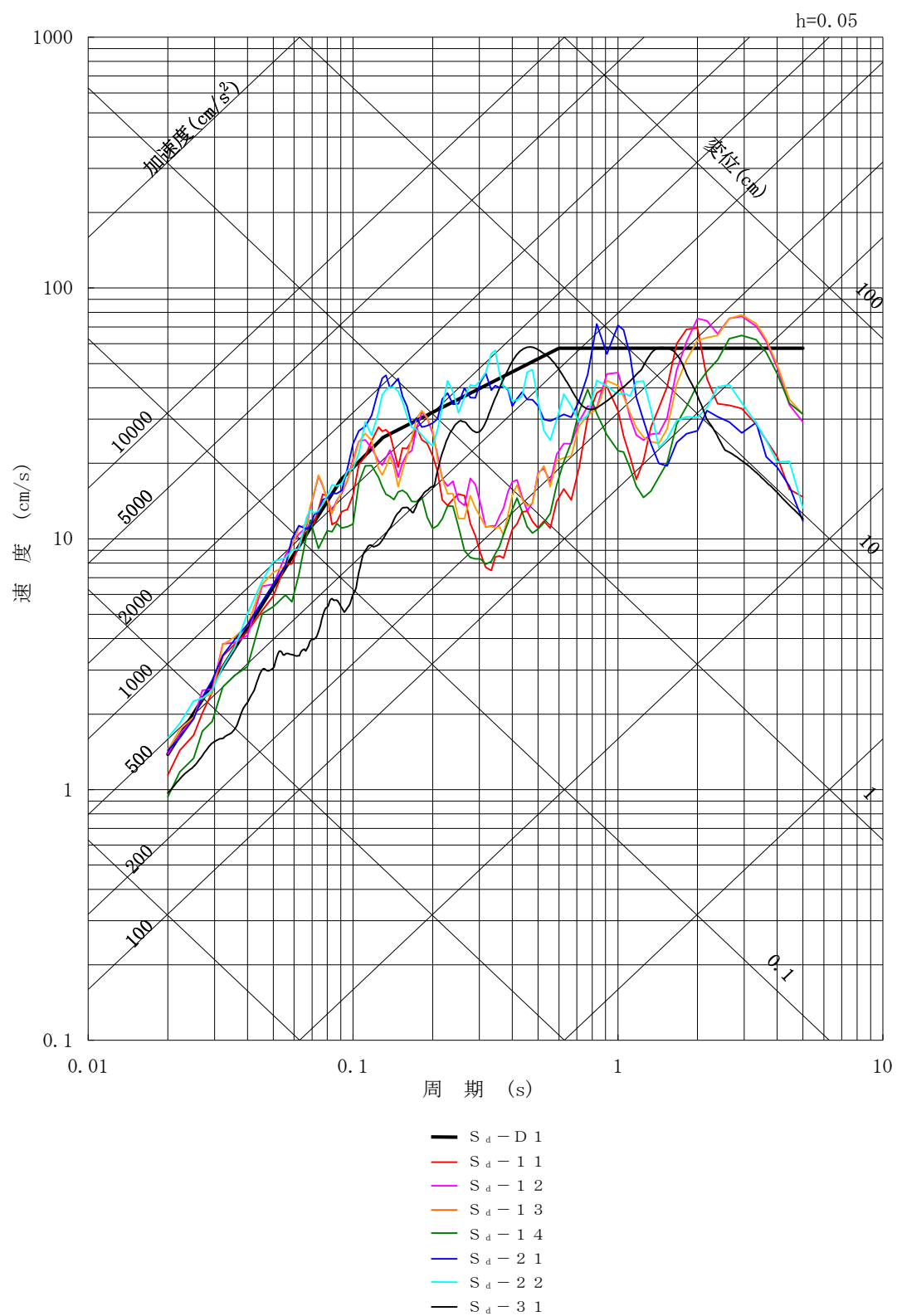
- $S_s - D 1$
- $S_s - 1 1$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 1)
- $S_s - 1 2$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 2)
- $S_s - 1 3$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 3)
- $S_s - 1 4$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点 2)
- $S_s - 2 1$ 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- $S_s - 2 2$ 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (SMG A 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- $S_s - 3 1$ 2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

第 2 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (E W 成分)

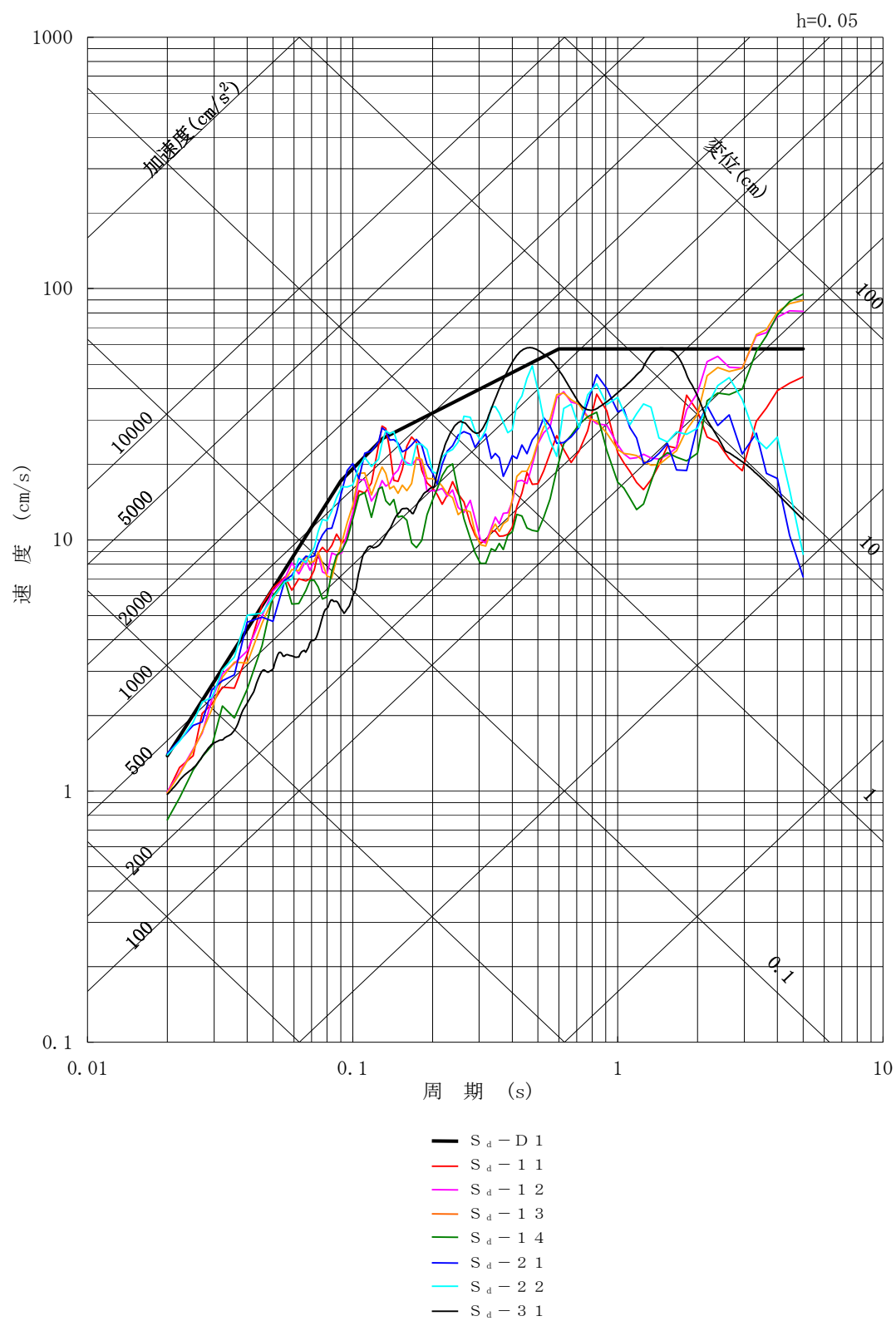


- $S_s - D 1$
- $S_s - 1 1$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 1)
- $S_s - 1 2$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 2)
- $S_s - 1 3$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 3)
- $S_s - 1 4$ F 1 断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点 2)
- $S_s - 2 1$ 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- $S_s - 2 2$ 2011 年東北地方太平洋沖型地震 (SMG A 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- $S_s - 3 1$ 2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

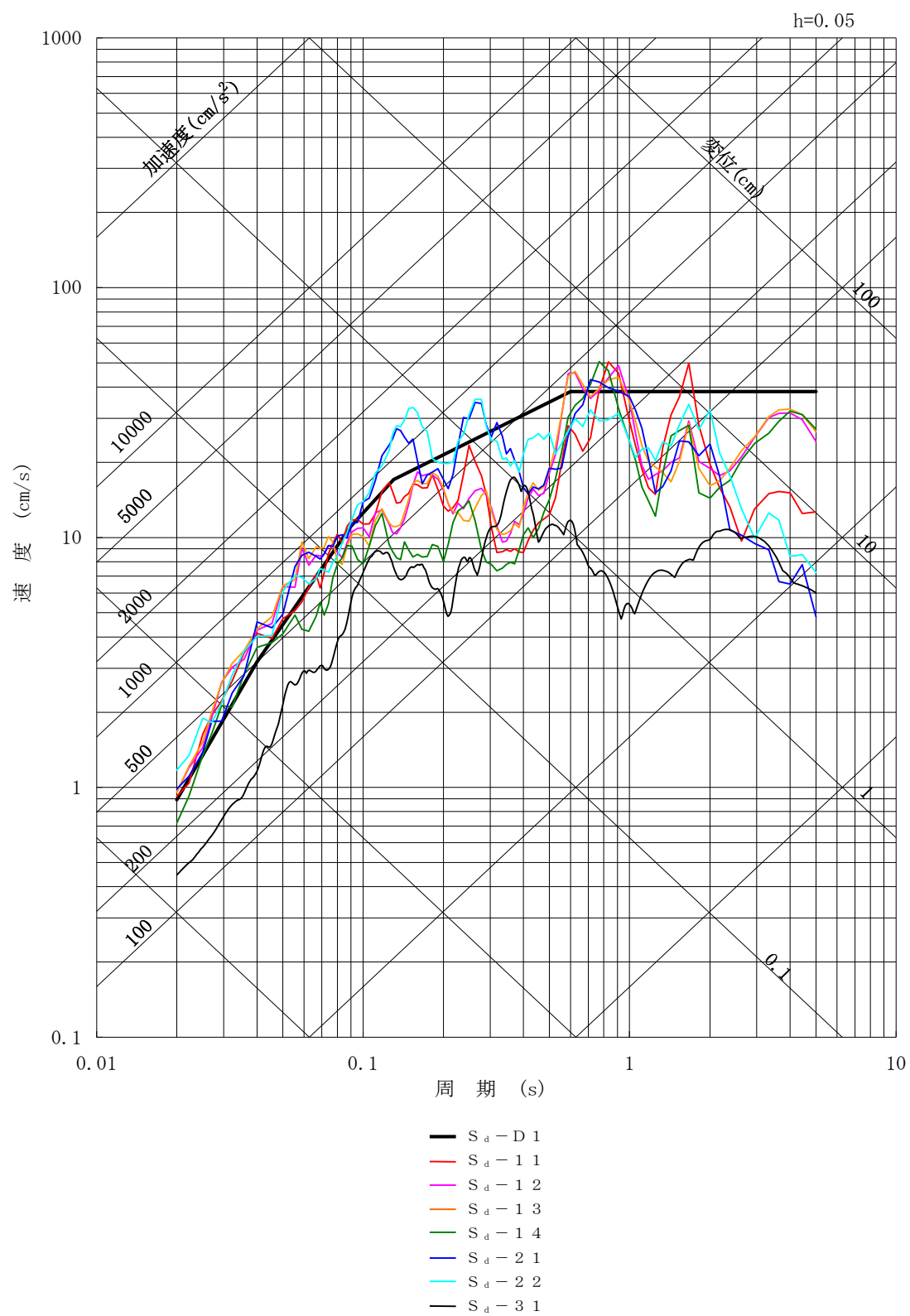
第 3 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (UD 成分)



第 4 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (NS 成分)



第 5 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (E W 成分)



第 6 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (UD 成分)

東海第二発電所

弾性設計用地震動 S_d ・ 静的地震力
による評価
(耐震)

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、概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応力度に対して安全余裕を有することを確認する。

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

(1) 弾性設計用地震動 S_d による評価

評価対象設備が弾性設計用地震動 S_d に対しておおむね弾性状態にあることを確認するために、以下の手順にて評価を実施する。評価手順を第 3-1 図に示す。

① 基準地震動 S_s による発生値と許容限界 ($III_A S$) 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 $III_A S$ ）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から、設備の基準地震動 S_s による発生値が、許容限界（許容応力状態 $III_A S$ ）以下であれば、弾性設計用地震動 S_d による発生値についても、許容限界（許容応力状態 $III_A S$ ）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。

② 弾性設計用地震動 S_d による発生値と許容限界 ($III_A S$) の比較

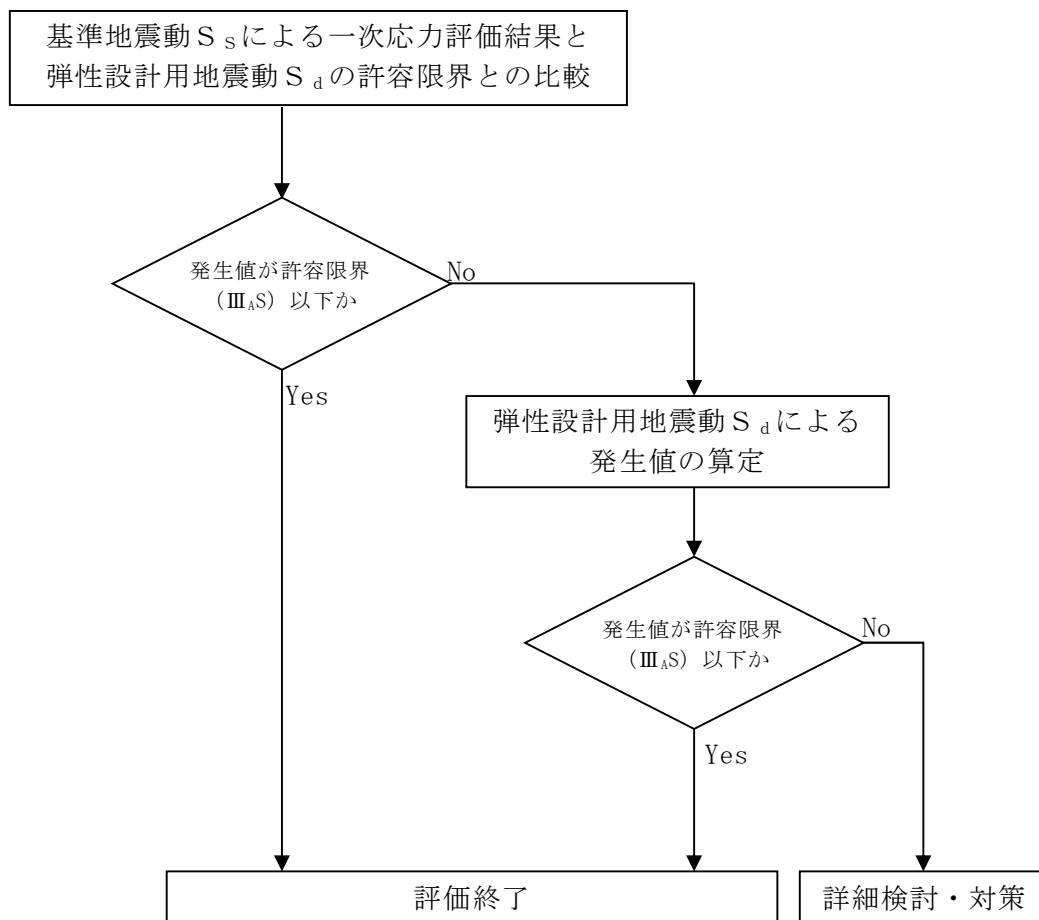
①項にて、評価対象設備の基準地震動 S_s による発生値が、許容限界 (許容応力状態 $III_A S$) を上回った設備については、弾性設計用地震動 S_d による発生値を詳細評価により算定し、その算定した発生値が許容限界 (許容応力状態 $III_A S$) 以下であることを確認する。

a. 弾性設計用地震動 S_d による評価において、1次＋2次応力評価の省略について

弾性設計用地震動 S_d による評価において、1次＋2次応力評価を省略する理由について以下に示す。

1次＋2次応力評価については、JEAG4601・補-1984 許容応力編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 $IV_A S$ と $III_A S$ で許容値が異なるケースが存在するため、個別確認を実施する。



第 3-1 図 機器・配管の弾性設計用地震動 S_d に対する評価手順

(2) 静的地震力による評価

既設の設備については、旧建築基準法に基づく静的震度 (C_0) により耐震設計を行っており、設備が「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）」等に規定される静的震度 (C_1) においても影響のないことを確認する。

静的震度 (C_i) に対する評価は、以下の関係を踏まえ、明らかに許容限界を満足する設備を、以下の①～⑤の手順により、既往評価結果に基づき許容限界を満足するとして詳細設計対象から除外し、詳細評価対象設備を絞り込み、⑥にて詳細評価を実施する。なお、耐震裕度を算出する際の応答加速度は、1.2 倍した値を用いる。評価手順を第 3-2 図に示す。

○耐震評価における関係性

- ・ $3.6C_i$, $3.6C_0$ に対する許容限界＝設計用地震, S_d に対する許容限界
- ・ 建設時の $3.6C_0$ による発生値 \leq 許容限界を確認済み
- ・ 今回工認での S_d による発生値 \leq 許容限界を確認済み

○評価手順

- ① 建設工認時の静的震度 C_0 と静的震度 C_i を比較し、 $C_0 \geq C_i$ となる設備は除外。
- ② 基準地震動 S_s による動的地震力と静的震度 $3.6C_i$ による静的地震力を比較し*, $S_s \geq 3.6C_i$ となる設備は除外。

ただし、弾性設計用地震動 S_d に対する評価において、基準地震動 S_s による発生値を用いている場合のみ適用可能。
- ③ 弾性設計用地震動 S_d による動的地震力と静的震度 $3.6C_i$ による静的地震力を比較し*, $S_d \geq 3.6C_i$ となる設備を除外
- ④ 弾性設計用地震動 S_d に対する評価結果に基づく耐震裕度 ($\text{III}_A S$ 許容限界値／発生値) (以下「 S_d 裕度」という。) と必要裕度 ($3.6C_i / S_d$ 比) を比較し、 S_d 裕度 \geq 必要となる設備は除外
- ⑤ 既工認における $3.6C_0$ 及び設計用地震に対する評価結果に基づく耐震裕

度（Ⅲ_AS 許容限界値／発生値）（以下「既工認における裕度」という。）と C_i / C_0 比を比較し、既工認における裕度 $\geq C_i / C_0$ 比となる設備は除外

⑥ 3.6C_iに対する詳細検討を実施

- * 水平と鉛直方向の組合せについては、S_s、S_dはSRSS法による組み合わせ、水平方向静的震度 3.6C_iは鉛直方向静的震度 0.288 と絶対値和による組合せを行っている。

【⑤の補足】

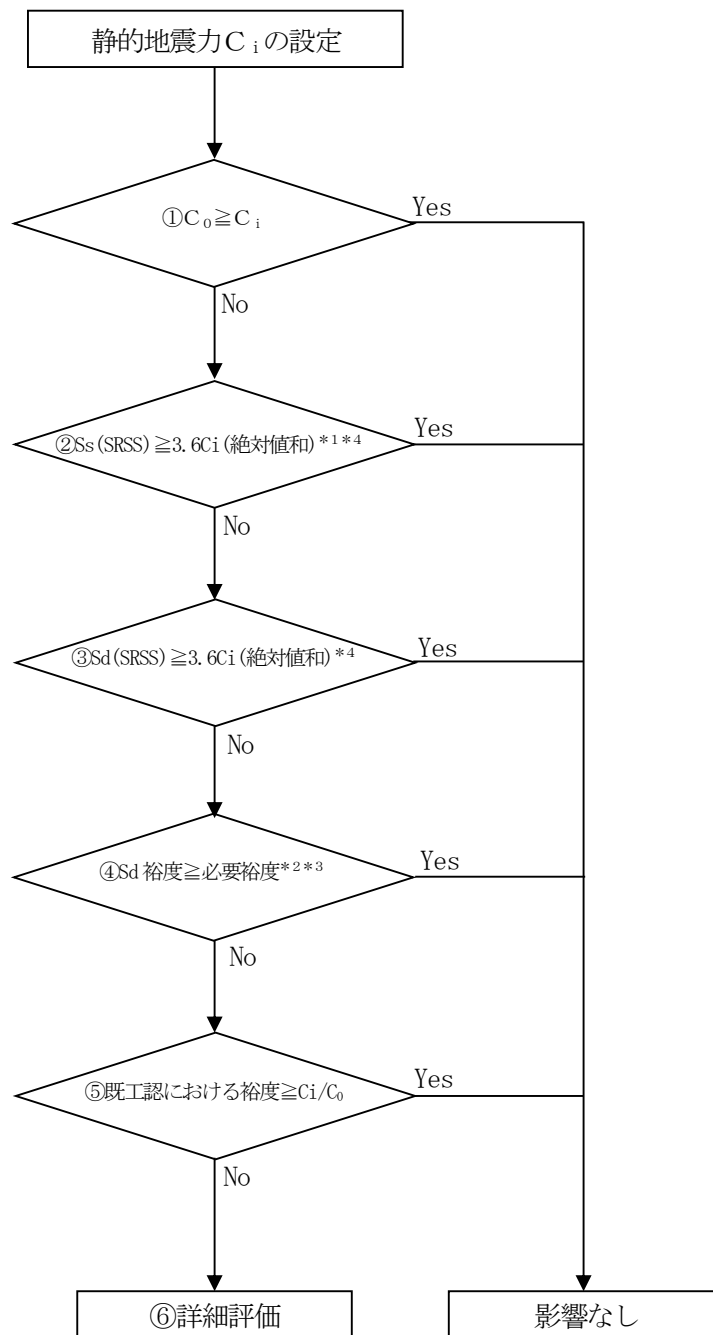
3.6C_i (3.6C₀)に対する裕度＝Ⅲ_AS 許容限界値／3.6C_i (3.6C₀)による発生値であり、発生値は静的震度に比例することから、次式のような関係となる。

$$3.6C_i \text{ に対する裕度} = 3.6C_0 \text{ に対する裕度} \div (C_i / C_0)$$

また、既工認における裕度は、3.6C₀及び設計用地震に対する裕度の小さい方であることから、静的震度比 C_i / C_0 で除したものは、次式のような関係となる。

$$3.6C_i \text{ に対する裕度} \geq \text{既工認における裕度} \div (C_i / C_0)$$

よって、既工認における裕度 $\geq C_i / C_0$ であれば、3.6C_iに対する裕度は1以上となる。



- * 1 S_d評価において、S_sにおける発生値を用いている場合
- * 2 必要裕度は $3.6 C_i (\text{絶対和}) / S_d (\text{SRSS})$ の比
- * 3 S_dを用いた動的解析による裕度により判定
- * 4 水平・鉛直方向の組合せについては、S_s、S_dはSRSS法による組合せ、
水平方向静的震度 $3.6 C_i$ は鉛直方向静的震度 (0.288) と絶対値和による組合せを行っている。

第3-2図 静的震度に対する評価手順

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り扱われている構造物については、既工認において、土木構造物として求められているCクラス相当の静的地震力よりも大きなAクラス又はBクラス相当の静的地震力に対して、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であることを確認することで、静的地震力に対する耐震評価が今回工認にて満足されることを確認する。

東海第二発電所

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
(耐震)

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、それぞれそ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」という。）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他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（NUC I A）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※：平成23年3月）

※NUC I A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 S_s 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 S_s 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

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 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が損なわないよう、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持つ地盤に、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、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，それぞれそ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「上位クラス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部流体の温度、圧力に影響を与えても、**支持構造物を含めて**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。

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。

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

- a. タービン建屋，サービス建屋，ベアラ建屋，サンプルタンク室，ヘパフィルター室，大物搬入口及び連絡通路

下位クラス施設であるタービン建屋，サービス建屋，ベアラ建屋，サンプルタンク室，ヘパフィルター室，大物搬入口及び連絡通路は，上位クラス施設である原子炉建屋に隣接しており，不等沈下による衝突影響の観点で波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。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第4-1表に示す。

東海第二発電所

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
(耐震)

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、原子炉建屋について、地震応答解析を行う。

(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による影響評価

水平2方向及び鉛直方向同時入力による評価を行わない部位における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、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)に基づいて地震力を設定する。

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

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には、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、3次元モデルによる精査にて、建物・構築物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、3次元モデルによる地震応答解析結果から、機器・配管系への影響の可能性が想定される部位について検討対象として抽出する。

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

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
断面選定の考え方
(耐震)

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

1. はじめに

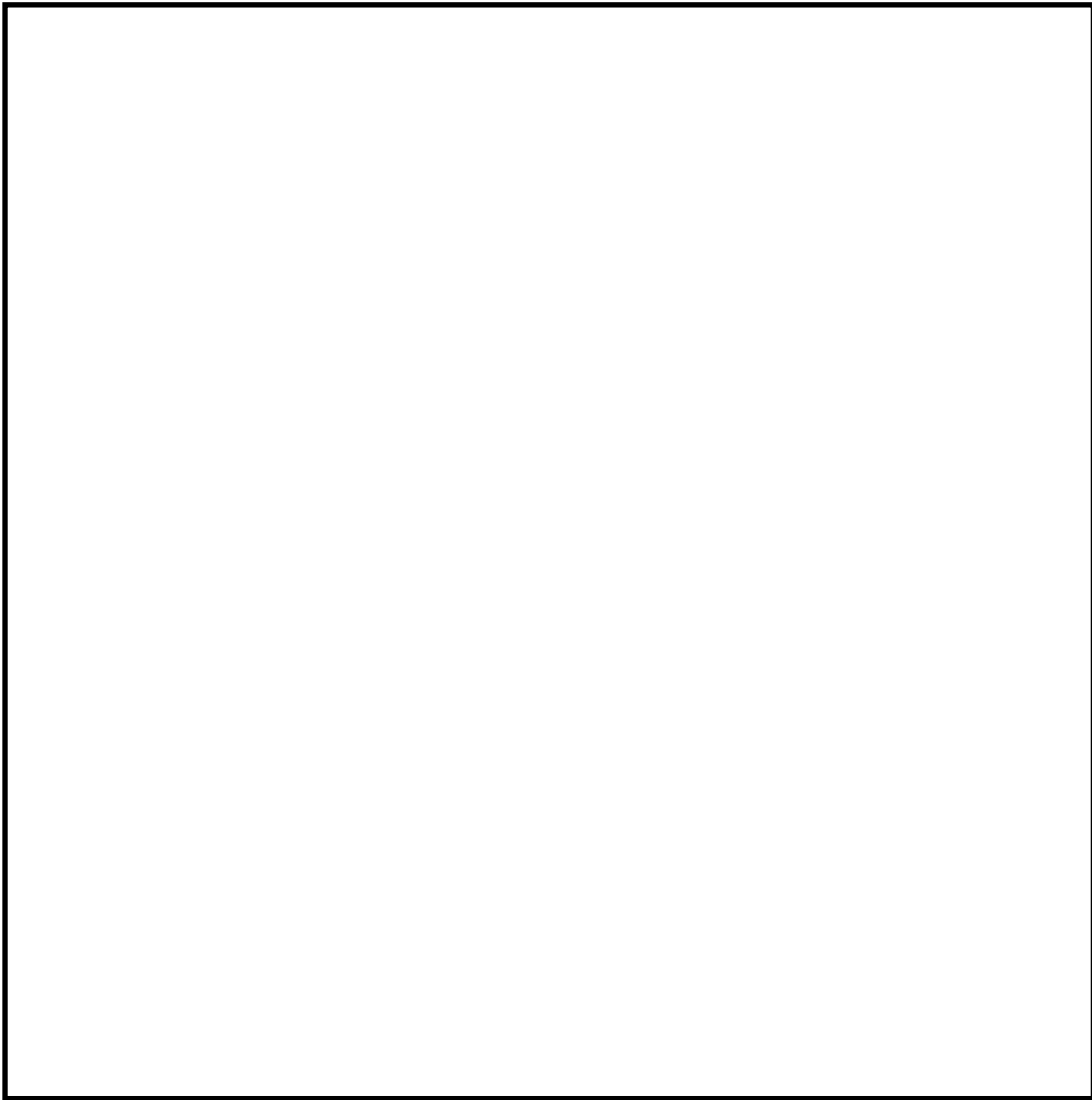
東海第二発電所での評価対象構造物は、屋外重要土木構造物である取水構造物及び屋外二重管、津波防護施設である防潮堤（放水路エリアを含む）及び貯留堰、常設耐震重要重大事故防止設備、重大事故緩和設備の間接支持構造物である常設代替高压電源装置置場、常設代替高压電源装置用カルバート、代替淡水貯槽、常設低压代替注水系ポンプ室、常設低压代替注水系配管カルバート、緊急用海水ポンプピット、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート、緊急時対策所用発電機用燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎並びに重大事故時における海水の通水構造物のうちS A用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A用海水ピット及び緊急用海水取水管である。

対象構造物のうち、貯留堰、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、常設低压代替注水系配管カルバート、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート、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については、構造物の配置、荷重条件及び地盤条件を考慮し、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。

取水構造物、屋外二重管、防潮堤（放水路エリア含む）、代替淡水貯槽、常設低压代替注水系ポンプ室、緊急用海水ポンプピット、S A用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A用海水ピット及び緊急用海水取水管については、3次元的な構造を考慮した設計を行うことから、特定の評価対象断面はない。

以下に、貯留堰、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，常設低圧代替注水系配管カルバート，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート，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評価対象断面選定の考え方を述べる。対象構造物の平面配置を図 6-1-1 図に示す。



第 6-1-1 図 平面配置図

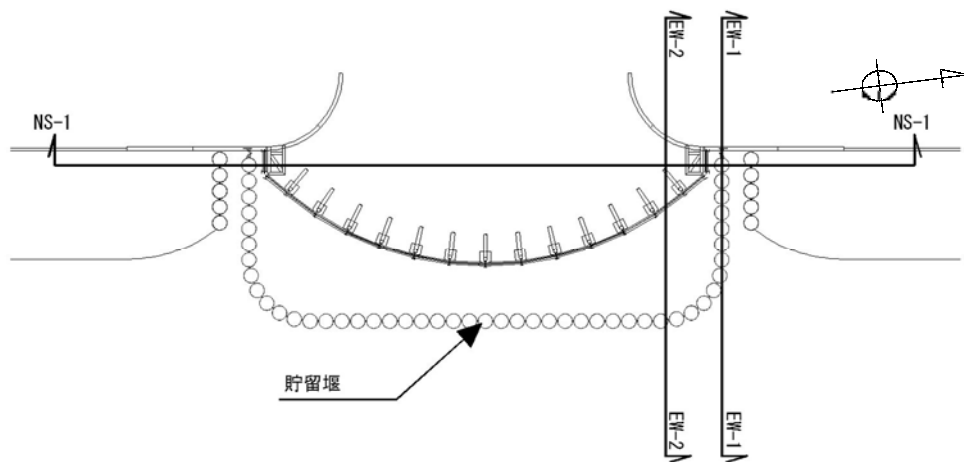
2. 貯留堰

貯留堰の平面図を第 6-2-1 図に，断面図を第 6-2-2 図に示す。

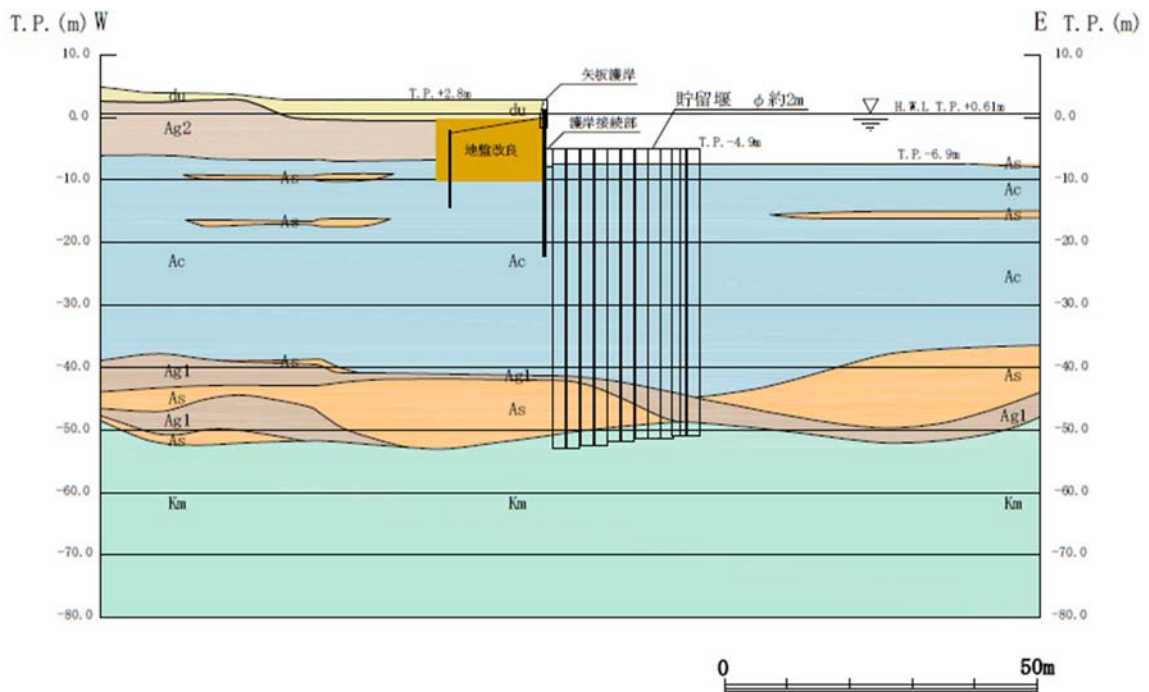
貯留堰は，取水口前面の海中に設置する鋼管矢板を連結した構造物であり，取水口護岸に接続する。鋼管矢板は，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

貯留堰の縦断方向（軸方向）は，加振方向に隣接する鋼管矢板を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対して直交する方向）は，加振方向に隣接する鋼管矢板がないことから，弱軸方向となる。

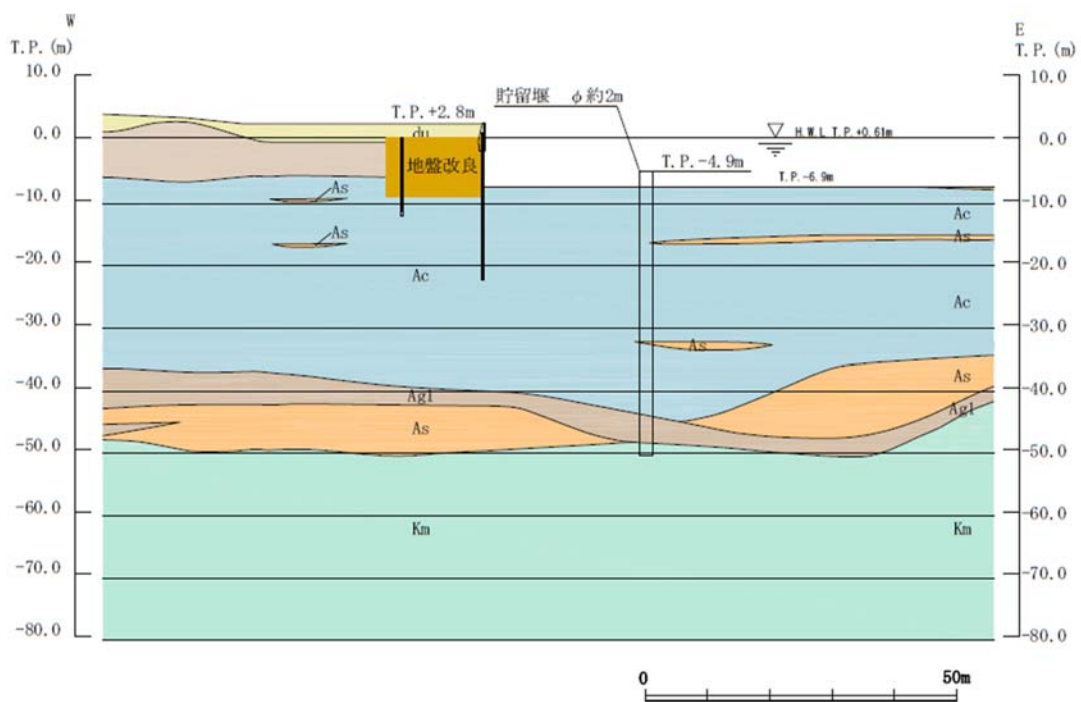
貯留堰の耐震評価は，構造物の構造的特长や周辺の地盤条件も考慮して，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面のうち，耐震安全上厳しくなる断面について基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



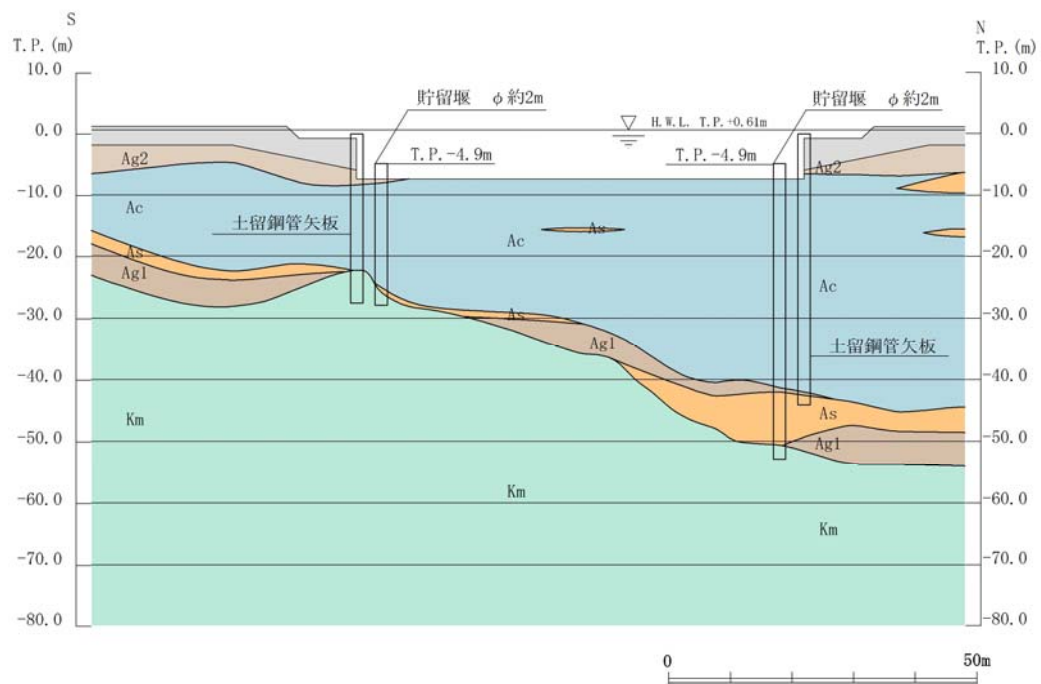
第 6-2-1 図 貯留堰 平面図



第6-2-2 (1) 図 貯留堰 断面図 (EW-1 断面)



第6-2-2 (2) 図 貯留堰 断面図 (EW-2 断面)



第 6-2-2 (3) 図 貯留堰 NS-1 断面

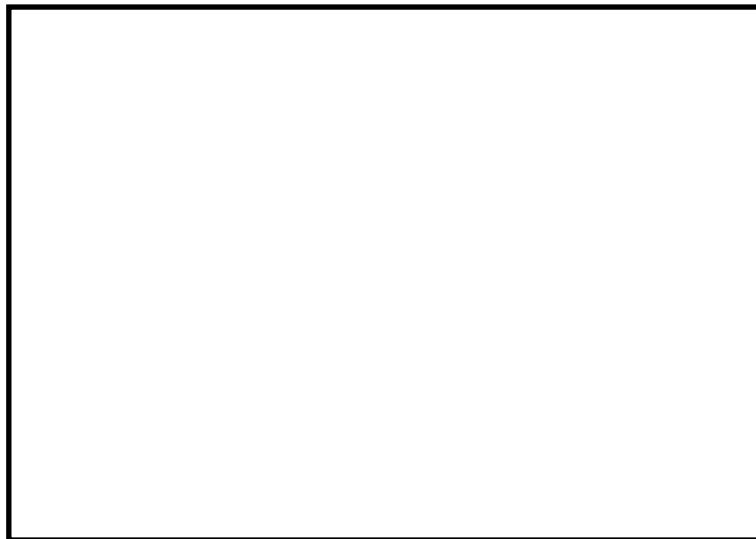
3. 常設代替高圧電源装置置場

常設代替高圧電源装置置場の平面図を第 6-3-1 図に，断面図を第 6-3-2 図に示す。

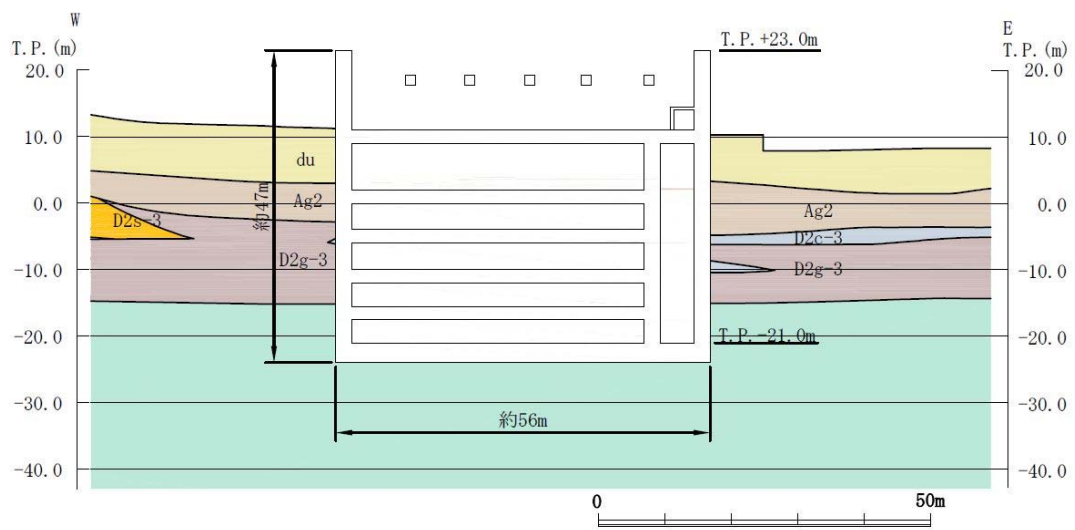
常設代替高圧電源装置置場は，鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

常設代替高圧電源装置置場の東西方向は，加振と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，南北方向は，設備の配置等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，弱軸方向となる。

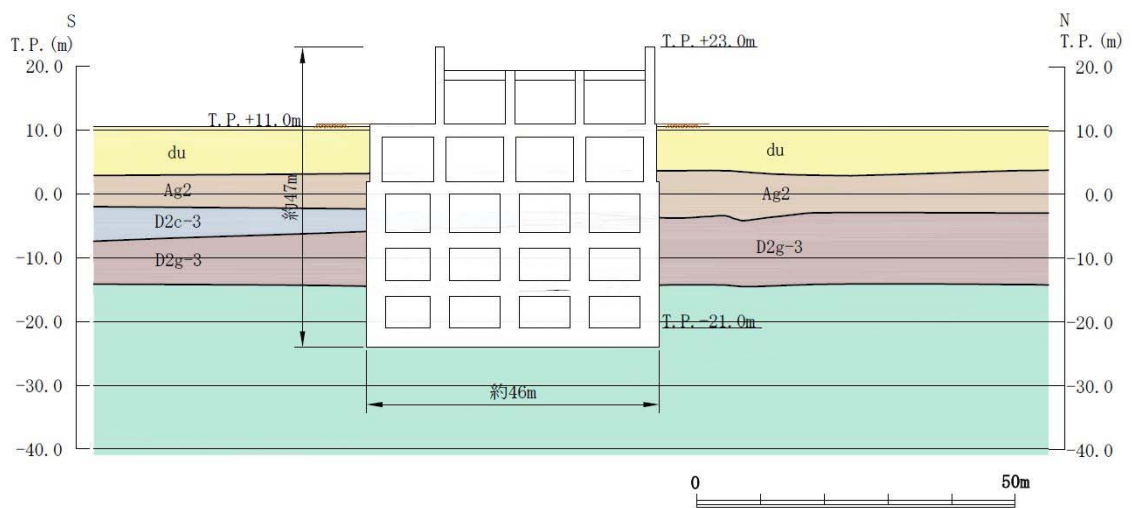
常設代替高圧電源装置置場の耐震評価は，構造物の構造的特長や周辺の地盤条件も考慮して，構造の安全性に支配的な弱軸方向である南北方向の断面のうち，耐震安全上厳しくなる断面について基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 6-3-1 図 常設代替高圧電源装置置場 平面図



第 6-3-2 (1) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (東西断面)



第 6-3-2 (2) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (南北断面)

4. 常設代替高圧電源装置用カルバート

常設代替高圧電源装置用カルバートの平面図を第 6-4-1 図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバートは、トンネル部、立坑部及びカルバート部に区分される。

トンネル部の縦断面図を第 6-4-2 図に、横断面図を第 6-4-3 図に示す。立坑部の断面図を第 6-4-4 図に示す。カルバート部の平面図を図 6-4-5 に、断面図を第 6-4-6 図に示す。

トンネル部は、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設置される。

トンネル部の縦断方向（軸方向）は、トンネルの加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向（軸方向に対し直交する方向）は、加振方向と平行に配置される構造物材がないことから弱軸方向である。

トンネル部の耐震評価は、構造物の構造的長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方向である横断方向の断面のうち、耐震安全上厳しくなる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。

立坑部は、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。

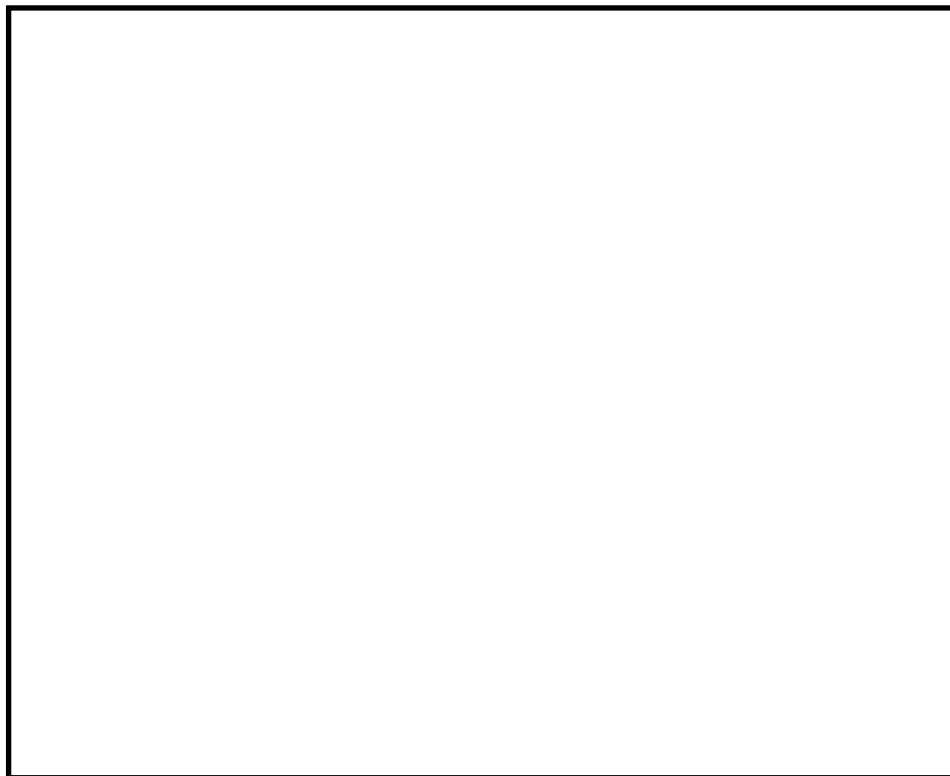
立坑部の耐震評価は、構造物の構造的長や周辺の地盤条件も考慮して、耐震安全上厳しくなる断面について基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

カルバート部は、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

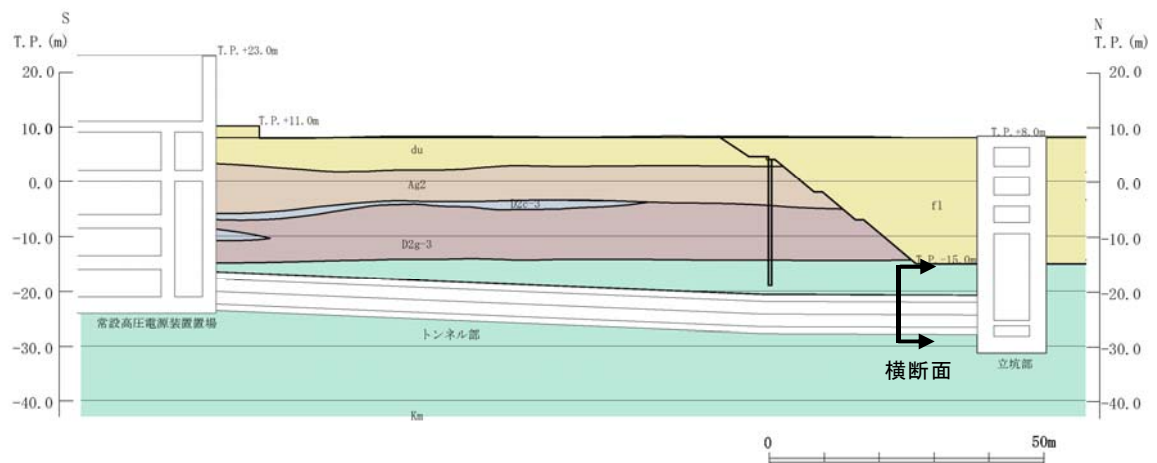
カルバート部の縦断方向（軸方向）は、カルバートの加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一

方、横断方向（軸方向に対し直交する方向）は、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方向である。

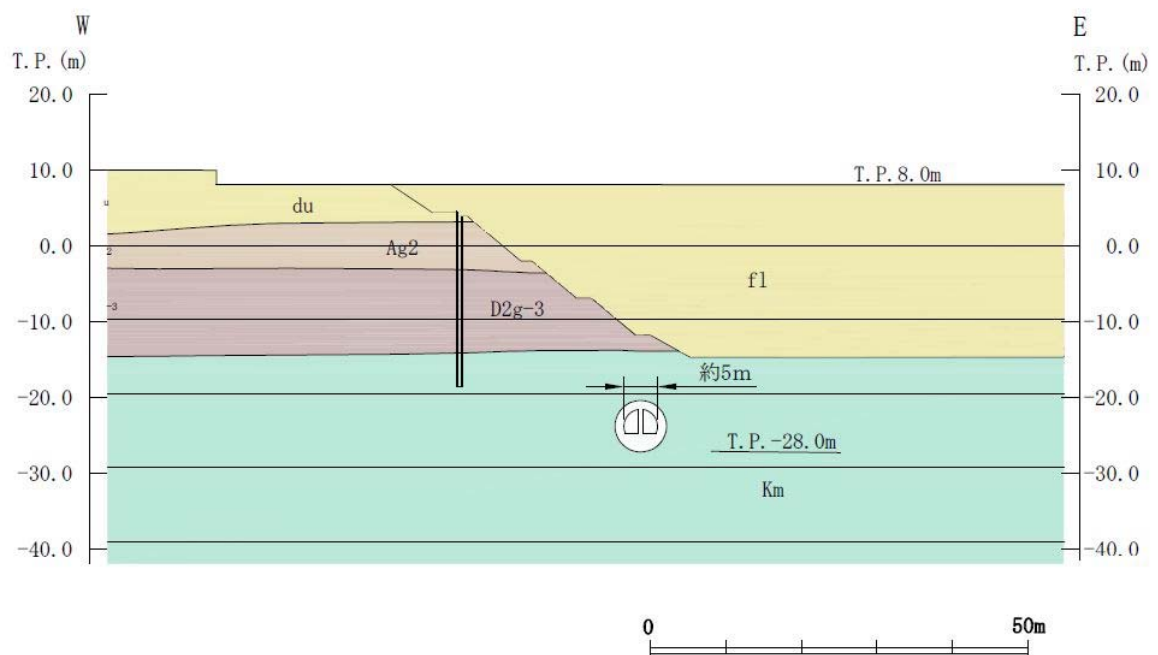
カルバート部の耐震評価は、構造物の構造的特长や周辺の地盤条件も考慮して、構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面のうち、耐震安全上厳しくなる断面について基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



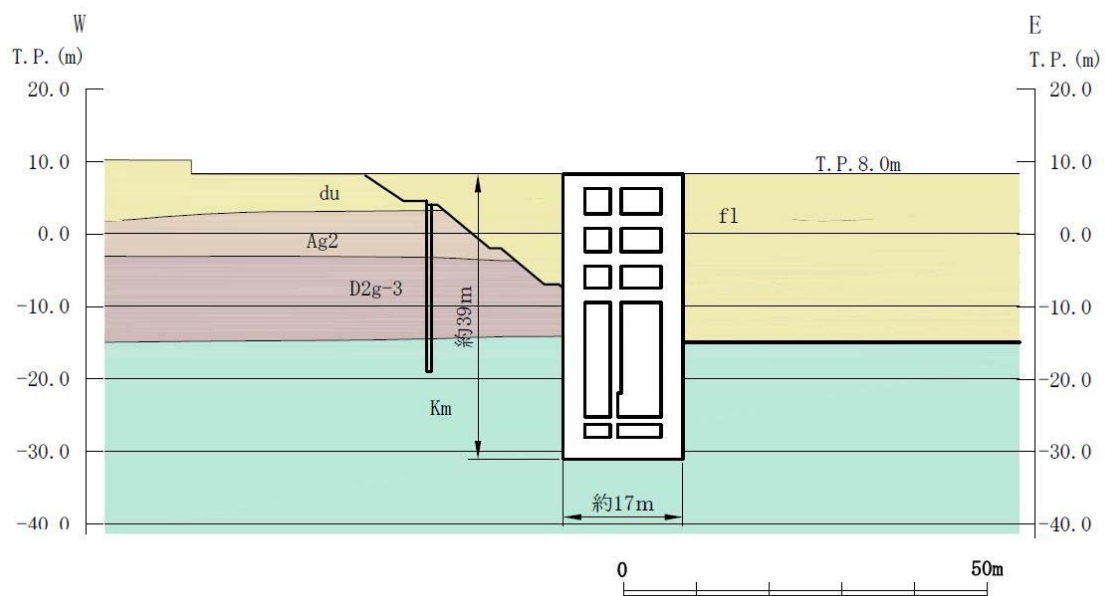
第 6-4-1 (1) 図 常設代替高圧電源装置用カルバート 平面図



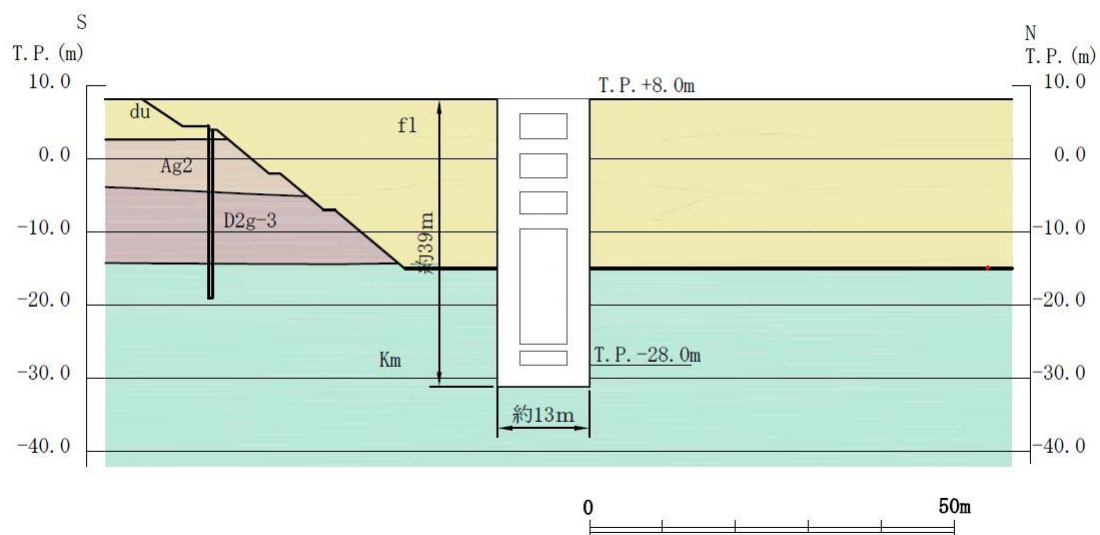
第 6-4-2 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部） 縦断面図



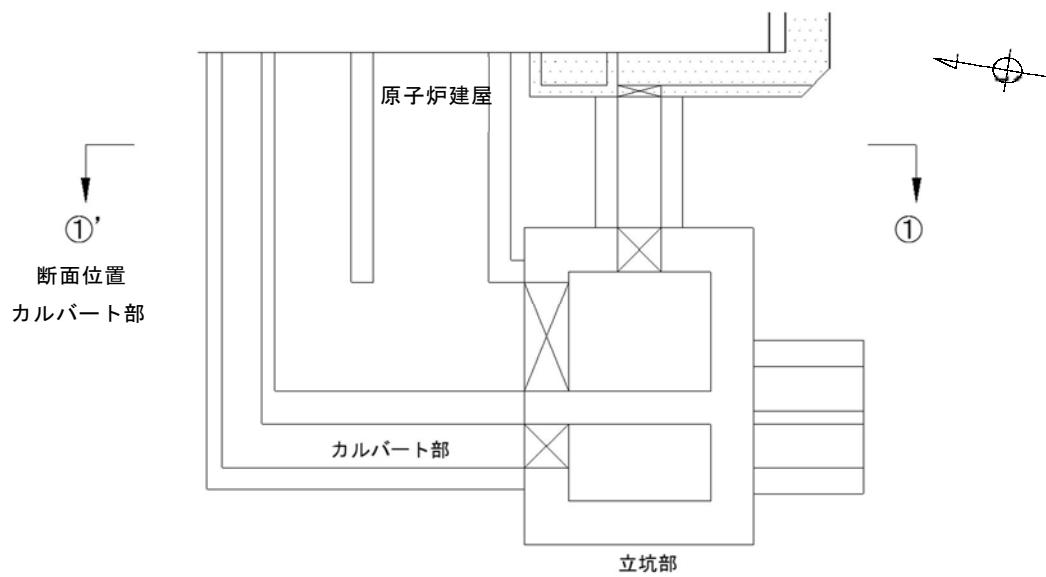
第 6-4-3 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部） 横断面図



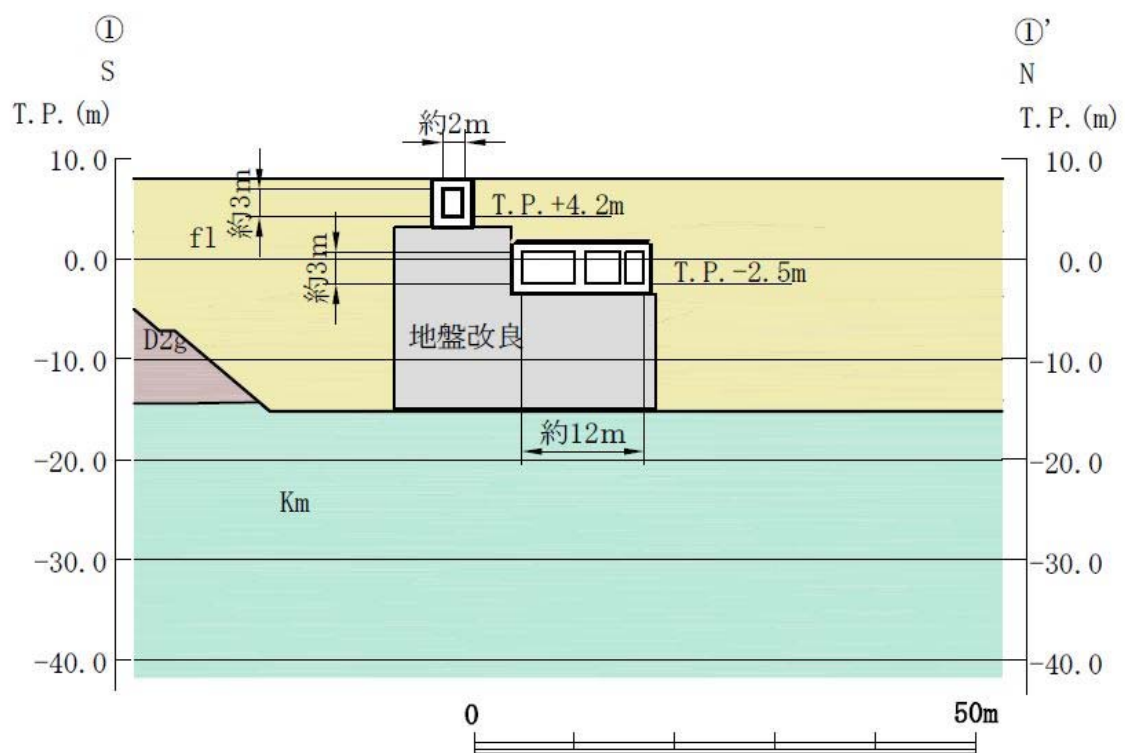
第 6-4-4 図 (1) 常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 断面図
(東西断面)



第 6-4-4 図 (2) 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)



第 6-4-5 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 6-4-6 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

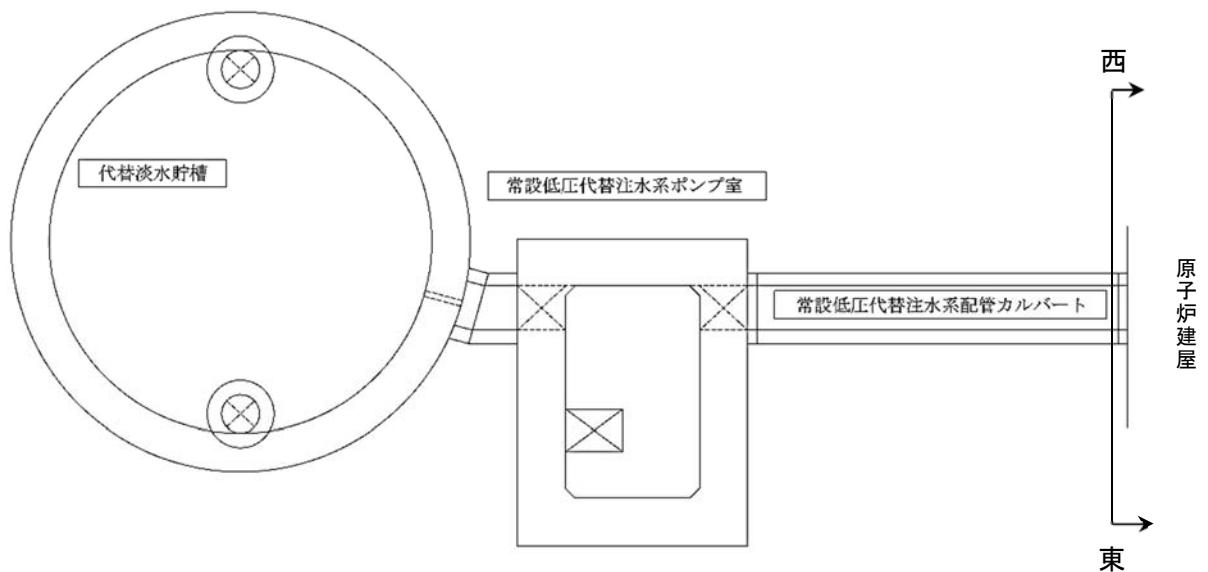
6. 常設低圧代替注水系配管カルバート

常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図を第 6-6-1 図に，断面図を第 6-6-2 図に示す。

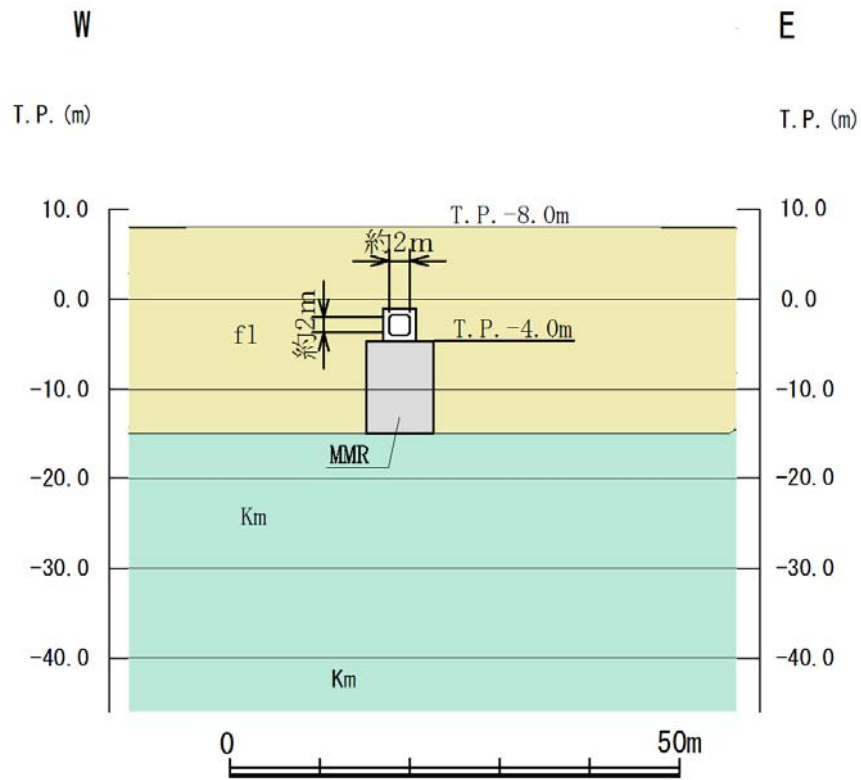
常設低圧代替注水系配管カルバートは，鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

常設低圧代替注水系配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震評価は，構造物の構造的特長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方向である横断方向の断面のうち，耐震安全上厳しくなる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 6-6-1 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 平面図



第 6-6-2 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 断面図

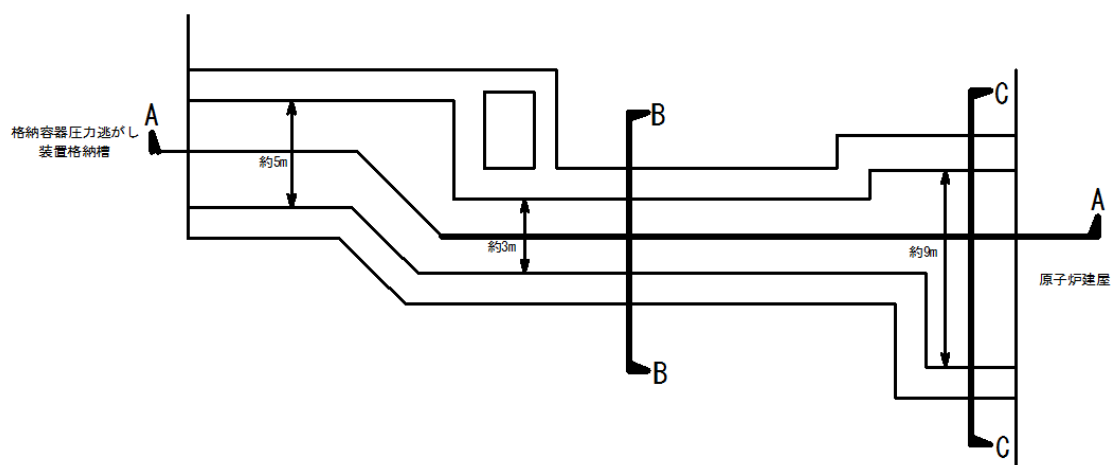
7. 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート

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6-7-1図に、断面図を第6-7-2図に示す。

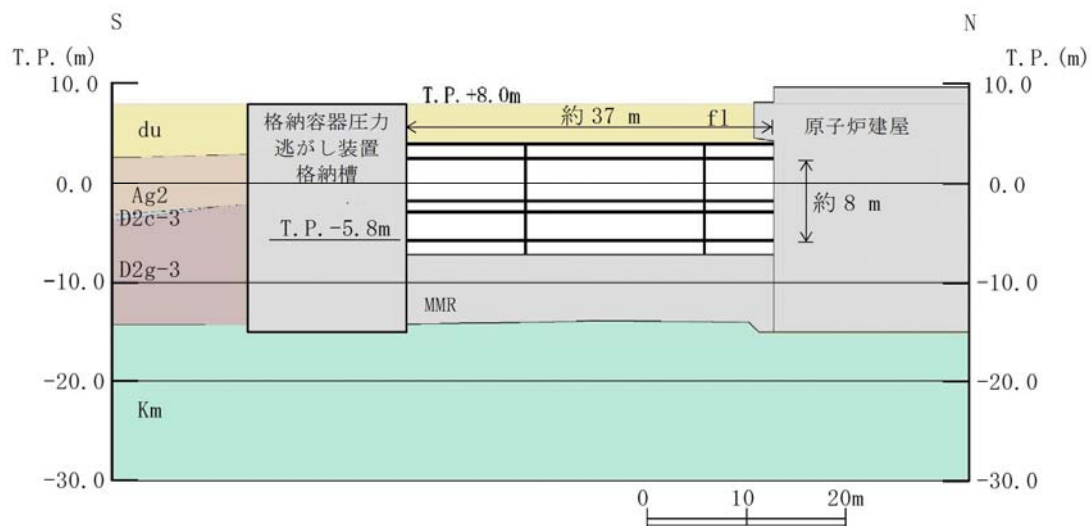
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向（軸方向）は、加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向（軸方向に対し直交する方向）は、配管が一様に配置されるため、加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから、弱軸方向となる。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価は、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して、構造物の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面のうち、耐震安全上厳しくなる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。

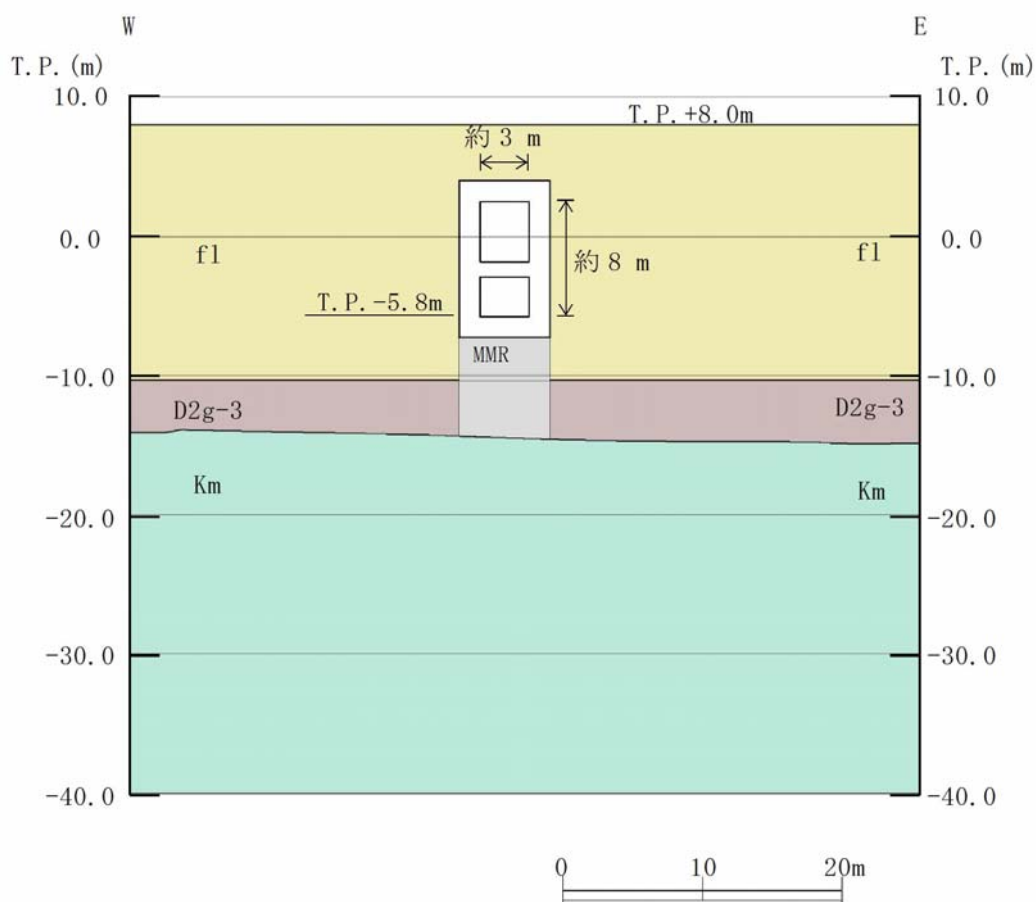


第6-7-1図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 平面図



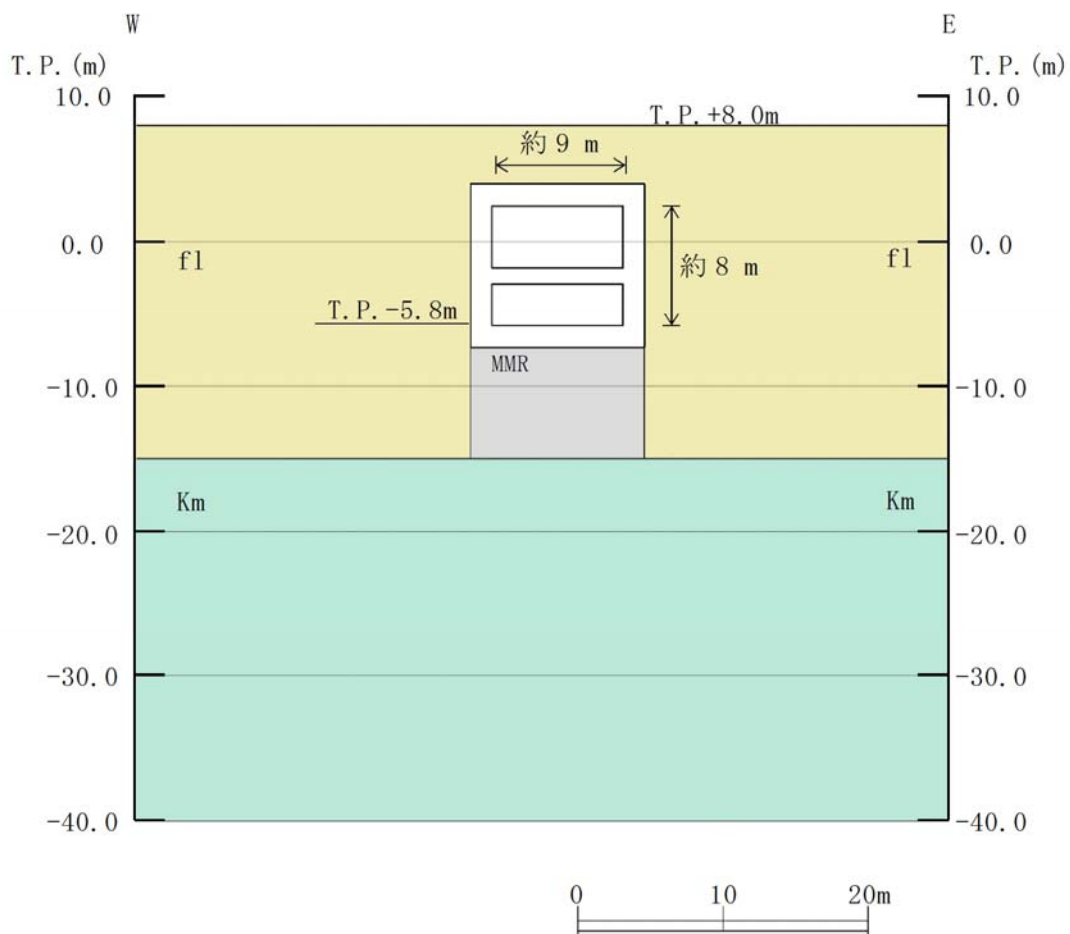
第 6-7-2 図 (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 断面図

(A-A 断面)



第 6-7-2 図 (2) 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 2.8-3 (3) 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)

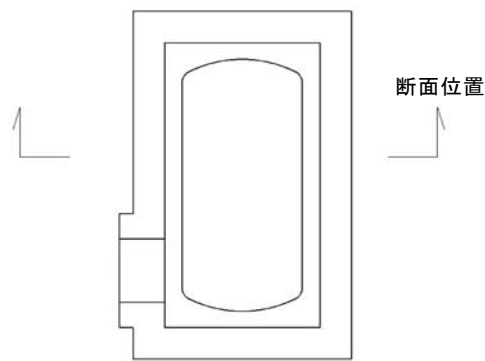
8. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎

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6-8-1図に、断面図を第6-8-2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6-8-3図に、断面図を第6-8-4図に示す。

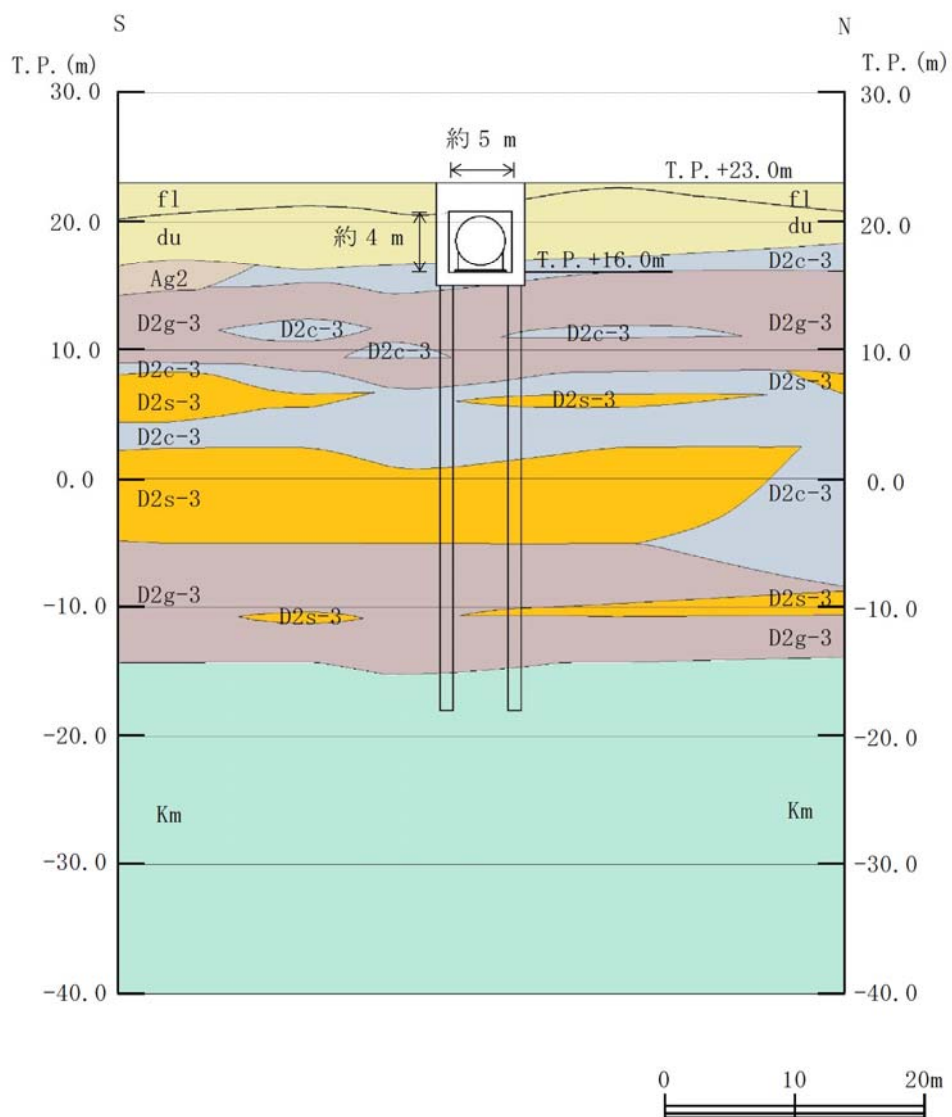
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎は、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

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の縦断方向（タンクの軸方向）は、加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は、タンクを格納するため、加振方向と平行に配置される構造部材がないことから、弱軸方向となる。

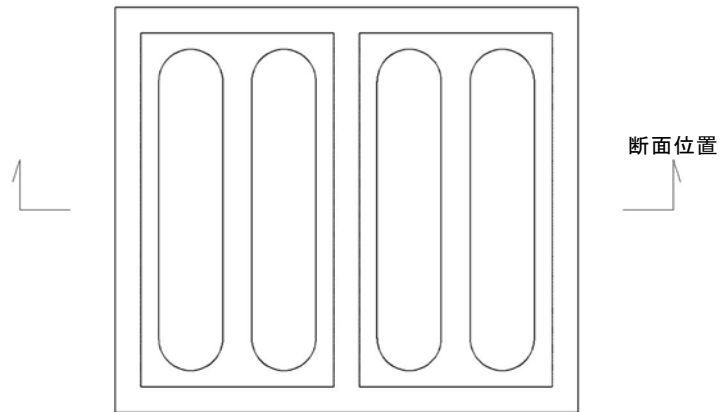
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価は、構造物の構造的長や周辺の地盤条件も考慮した上で、構造物の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面のうち、耐震安全上厳しくなる断面について基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



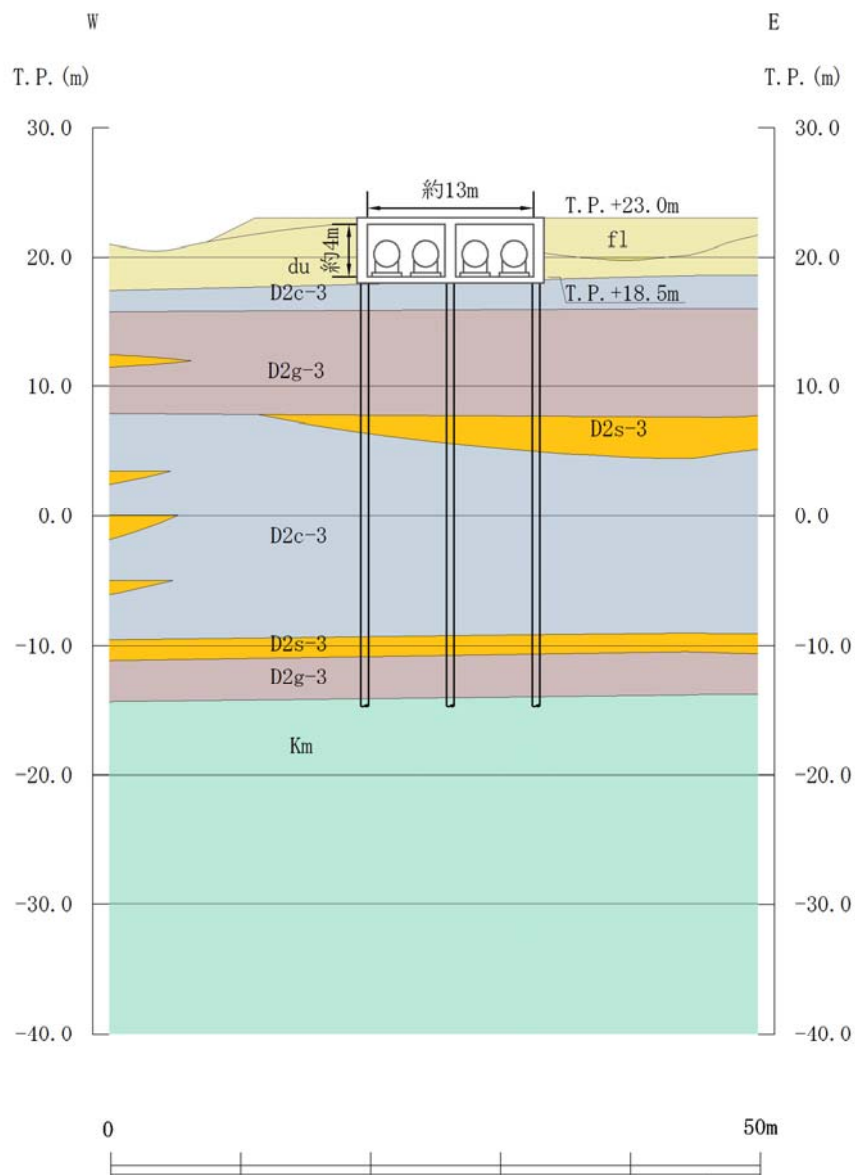
第 6-8-1 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 平面図



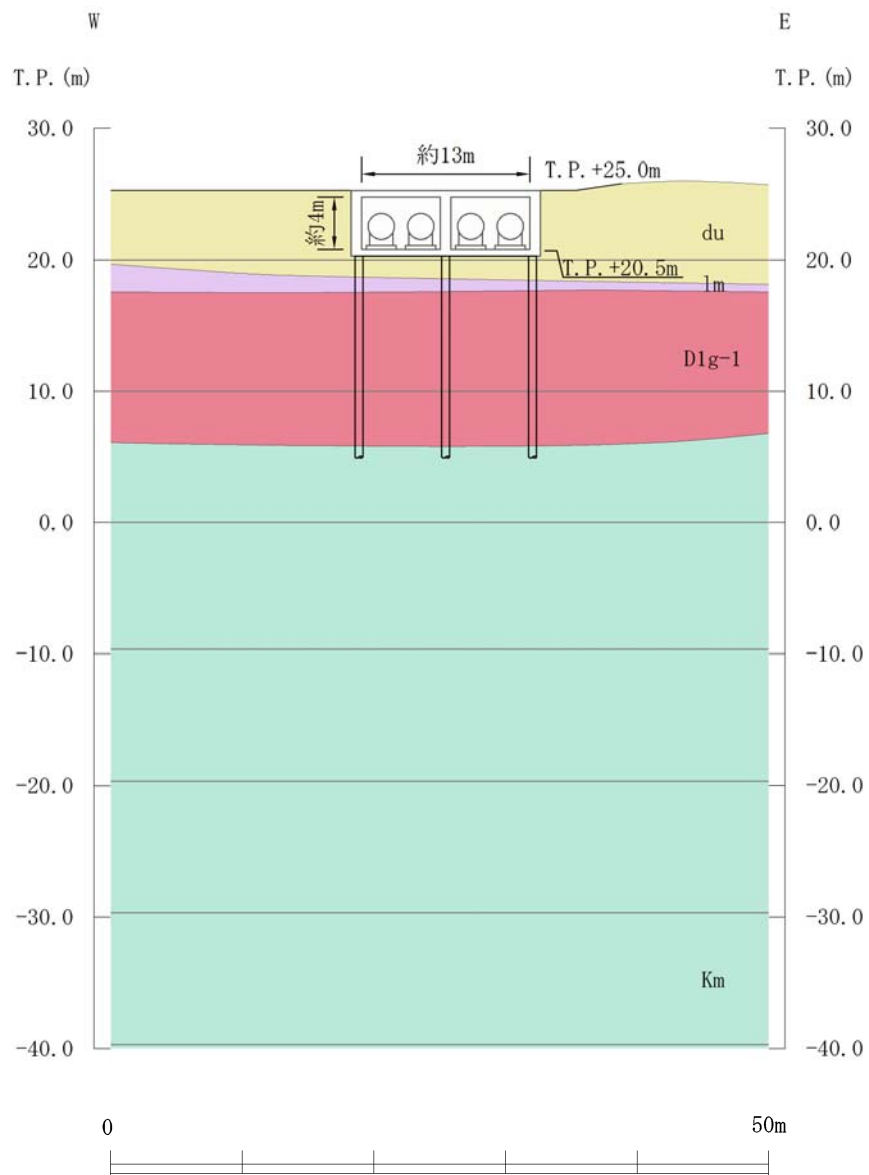
第 6-8-2 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図



第 6-8-3 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第 6-8-4 図 (1) 可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側) 断面図



第 6-8-4 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

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)
(耐震)

1-1 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)

1. はじめに

本資料は、設置変更許可審査段階におけるプラントの耐震成立性確認を目的として、今後提出する東海第二発電所の補正工認（以下「今回工認」という。）で採用する予定の評価手法のうち、当該発電所の既工認（以下「既工認」という。）の評価手法と相違があり、他社のプラントの既工認（以下「他プラント既工認」という。）で採用実績のないものを網羅的に整理する方針について示すものである。

2. 整理方針

(1) 整理対象

プラントの耐震成立性を確認するための重要な耐震 S クラス設備、耐震 S クラス設備に波及的影響を及ぼすおそれのある設備及び耐震 S クラス設備を支持する施設を対象とする。ただし、波及的影響を及ぼすおそれのある設備については、既工認で耐震計算書を有するクレーン類を対象とする。

(2) 整理方針

既工認の手法と今回工認の手法の差異を整理するとともに、他プラント既工認での採用実績の有無を整理する。これらから、既工認又は他プラント既工認での採用実績がないものを抽出する。

さらに、東海第二発電所は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987 等の規格基準制定前に建設されたプラントであることを踏まえ、既工認の手法と今回工認の手法に相違が無くても、規格基準に沿った手法で耐震評価がされているかを確認する。なお抽出された設備において、他プラント既工認での適用実績がない場合は、適用例のない手法として整理

する。

(3) 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フロー

既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フローについて、第1図に示すとともに、整理フローの検討内容を下記に示す。

a. 既工認と今回工認との比較のための整理

整理対象として抽出した設備について、既工認と今回工認時との比較を行うために、解析手法、解析モデル、減衰定数及びその他（評価条件の変更等）に対して、既工認の手法及び今回工認の手法について設備ごとに内容を整理する。

b. 既工認と今回工認との整理結果から適用例の無い手法の抽出

a. にて整理した結果に対して、既工認の手法と今回工認の手法について以下項目における相違の有無を確認する。

(a) 解析手法

解析種別として応答解析及び応力解析に適用する解析手法に対して、時刻歴解析、スペクトルモーダル解析、公式等による評価等の相違の有無を確認する。

(b) 解析モデル

解析種別として応答解析及び応力解析に適用する解析モデルに対して、1 質点系モデル、多質点系モデル、F E Mモデル等の相違の有無を確認する。

(c) 減衰定数

解析種別として応答解析及び応力解析に適用する減衰定数に対して、相違の有無を確認する。

(d) その他（評価条件の変更等）

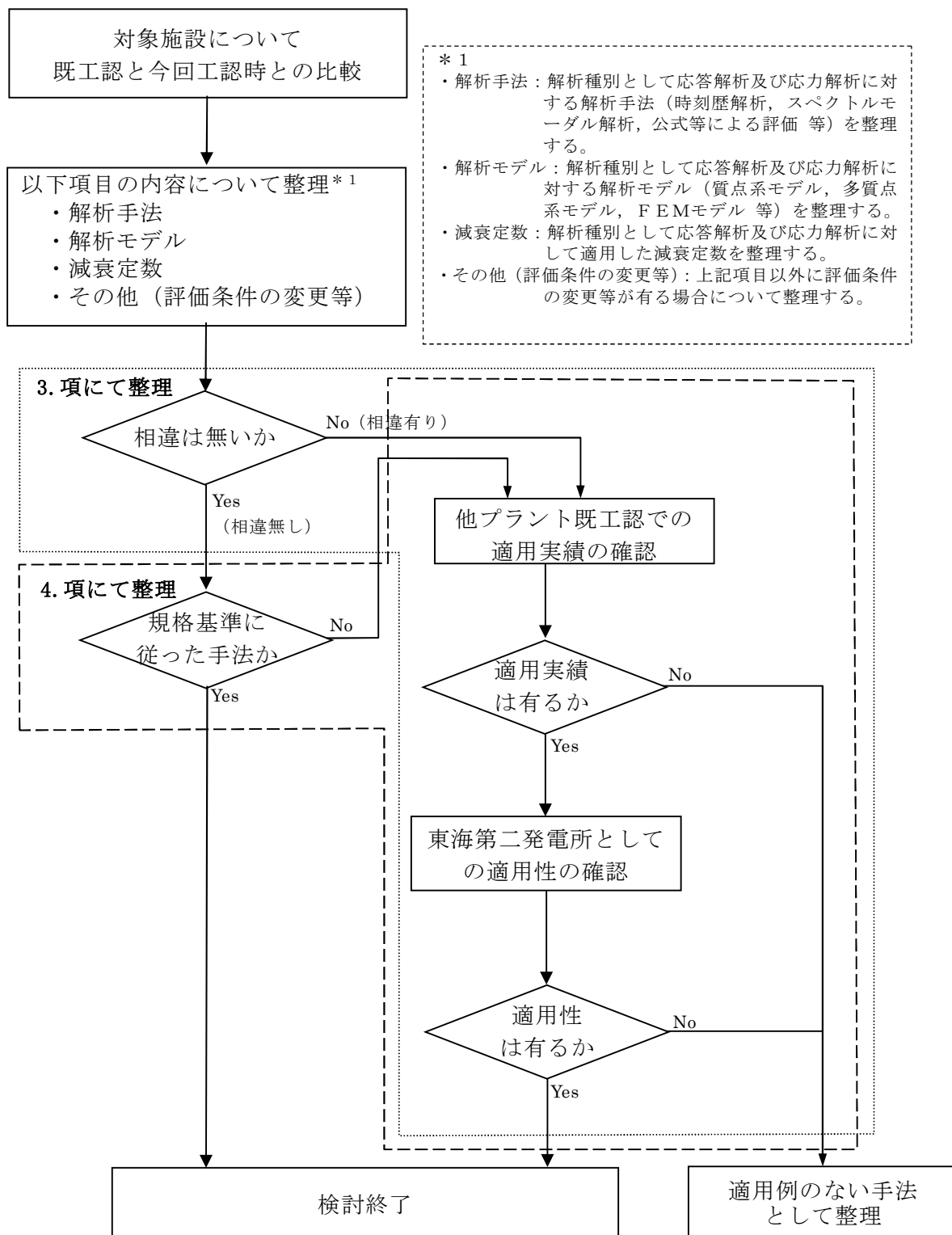
(a) ～ (c) 以外の評価条件の変更について相違の有無を確認する。

相違が有れば，他プラントの既工認での適用実績の確認を行う。適用実績の確認は，基本は他プラント既工認での同等設備での確認とするが，同等設備での適用実績がない場合は，その参照した設備を整理した上で，適用実績が無い場合は，適用例の無い手法として整理する。他プラントの既工認での適用実績が有る場合においても東海第二発電所として適用性を確認する。

c. 規格基準に沿った手法であることの確認

既工認の手法と今回工認の手法とに相違が無いことが確認された場合においても，今回工認の手法が既往工認で適用実績がある規格基準に沿った手法であることを確認する。

規格基準に沿った手法でない場合においては，②の手順に従って適用例の無い手法として整理するかを判断する。



第1図 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フロー

3. 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理結果

第1図の相違点の整理フローに基づき、既工認の手法と今回工認の手法の比較を行うために、解析手法、解析モデル、減衰定数及びその他（評価条件の変更等）の相違点について、設備ごとに整理した。整理した結果として建物・構築物を別表1に、屋外重要土木構造物を別表2に、機器・配管系を別表3に示す。

既工認の手法と今回工認の手法に相違が有ったものについては、建物・構築物、屋外重要土木構造物、機器・配管系ごとにその適用性等を以下別紙にて示す。

【建物・構築物】

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の適用

別紙－9 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について

【屋外重要土木構造物】

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

【機器・配管系】

別紙－5 機器・配管系における手法の変更点について

上記の結果、建物・構築物及び屋外重要土木構造物については、既工認の手法と今回工認の手法との比較において全ての施設に対して相違有り（既工認と異なる手法）と整理された。

一方で機器・配管系の一部施設については、既工認の手法と今回工認の手法との比較において相違無し（既工認と同じ手法）と整理された。このため、既工認と同じ手法を用いると整理された当該施設に対して、J E A G 4601-1987等の制定前に建設されたプラントであることを踏まえ、4.項にて規格基準に沿った手法かの確認を行う。

4. 今回工認の手法が既工認と同じ手法を用いる施設に対する規格基準に沿った手法かの確認

機器・配管系において、今回工認の手法が既工認と同じ手法を用いると整理された施設に対して、規格基準に沿った手法であることの確認を第 4-1 表に記載するとともに、以下のとおり整理した。

(1) 原子炉圧力容器スタビライザ

評価に用いる手法は、大型機器系連成解析モデルを用いた地震応答解析結果から得られる原子炉圧力容器スタビライザの各部材に発生する荷重に対して、荷重が受け持つ部材の断面積から応力を算出する一般的な材料力学の計算式であり、許認可実績を有する手法である。

(2) 建設工認以降に設置又は取り替えた設備

建設以降に設置又は取り替えた設備として、使用済燃料貯蔵ラック、使用済燃料乾式貯蔵容器及び放射線モニタについては、設置又は取替時の工事計画認可申請において、JEAG4601-1987 等に基づく耐震計算を実施しており、今回工認でも同様の評価を実施する計画である。

(3) ポンプ、タンク類の一般機器

ポンプ、タンク類の一般機器については、既工認では JEAG4601-1987 等に則っていない計算式にて応力算出を実施していたが、今回工認においては、各構造タイプに応じて JEAG4601-1987 等に基づく規格基準に従った手法で評価を実施する。

以上のとおり、機器・配管系における評価対象設備において規格基準に沿った手法の適用等の採用により、適用例のない手法と整理されるものが無いことが確認できた。

5. まとめ

設置変更許可審査段階における既工認との手法の相違点の検討として、東海第二発電所の今回工認で採用する予定の評価手法において、他プラント既

工認で採用実績を有する手法を採用すること，また現行の規格基準に沿った手法を採用することを確認した。

第 4-1 表 機器・配管系における今回工認に用いる手法の適用性の整理

4. 項 の項目	規格基準に沿った手法 であるのか等の確認	対象設備
(1)	荷重が受け持つ部材の断面積から応力を算出する一般的な材料力学の計算式であり，許認可実績を有する手法で評価を実施する。	原子炉圧力容器スタビライザ
(2)	既工認の手法が，設置又は取替により JEAG4601-1987 等に従った手法で実施しているため，今回工認においても同様の手法で評価を実施する。	使用済燃料貯蔵ラック 使用済燃料乾式貯蔵容器 放射線モニタ
(3)	既工認は，独自の規格計算式により評価を実施しているが，今回工認においては JEAG4601-1987 のその他機器（ポンプ，ブローア類）の評価法に基づき評価を実施する。	原子炉隔離時冷却系ポンプ 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン 残留熱除去系海水ストレーナ 非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ ほう酸水注入系ポンプ 放射線モニタ 中央制御室換気系送風機 中央制御室非常用排風機 中央制御室換気系フィルタユニット 非常用ガス再循環系排風機非常用ガス再循環系フィルタトレイン 非常用ガス処理系排風機 非常用ガス処理系フィルタトレイン 再結合装置 ディーゼル機関 発電機 その他電源装置 (交流電源装置，蓄電池)
		ほう酸水貯蔵タンク
		電気盤 (ベンチ盤，直立盤，現場盤)

今回工認と建設工認時との応答加速度等の比較

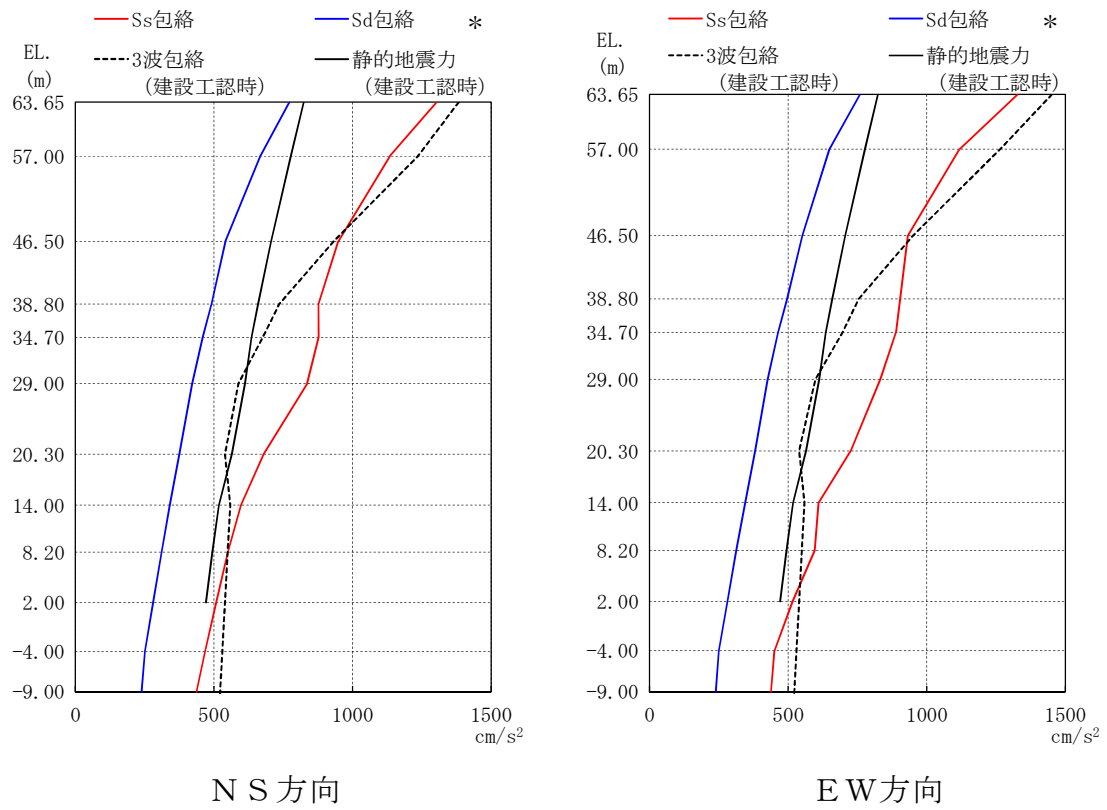
今回工認と建設工認時との評価用地震動に対する応答の比較を整理する。第 1 表に、建設工認及び今回工認における評価用地震動の比較を示す。

基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づく今回工認モデルによる最大応答加速度と建設工認時の設計波に基づく最大応答加速度及び静的地震力による震度との比較を第 1 図に、最大応答せん断力についての比較を第 2 図に示す。また、床応答曲線について、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d と、建設工認時の評価条件及び格納容器、制御棒駆動装置等一部設備に適用した 1.5 倍した評価条件との比較を第 3 図に示す。

第 1 表 建設工認及び今回工認における評価用地震動の比較

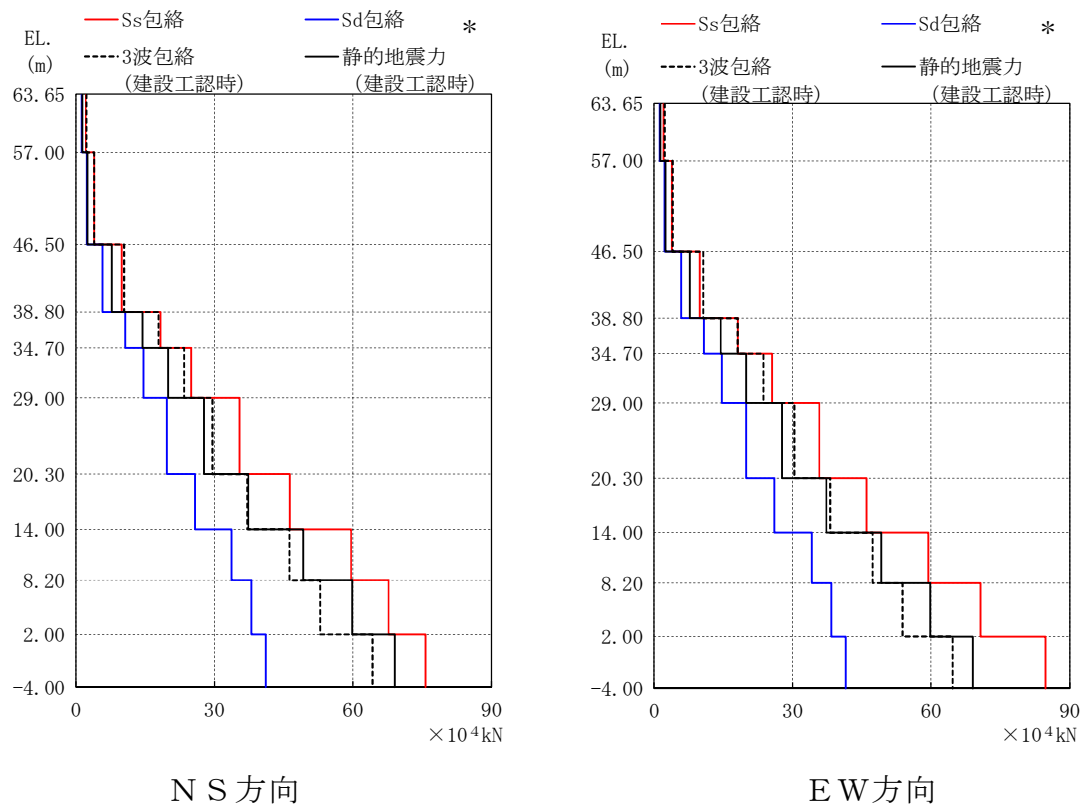
設計方針	建設工認	今回工認
弾性状態に留まる設計	EL CENTRO 波 (1940/3/18) * 1 TAFT 波 (1952/7/21) IBARGI 波 (1963/5/8)	弾性設計用地震動 S_d
機能維持に対する設計	上記応答を 1.5 倍	基準地震動 S_s

* 1 : 床応答曲線（第 3 図）の作成において、機器・配管系評価の影響を踏まえて EL CENTRO 波及び TAFT 波の 2 波を選定している。



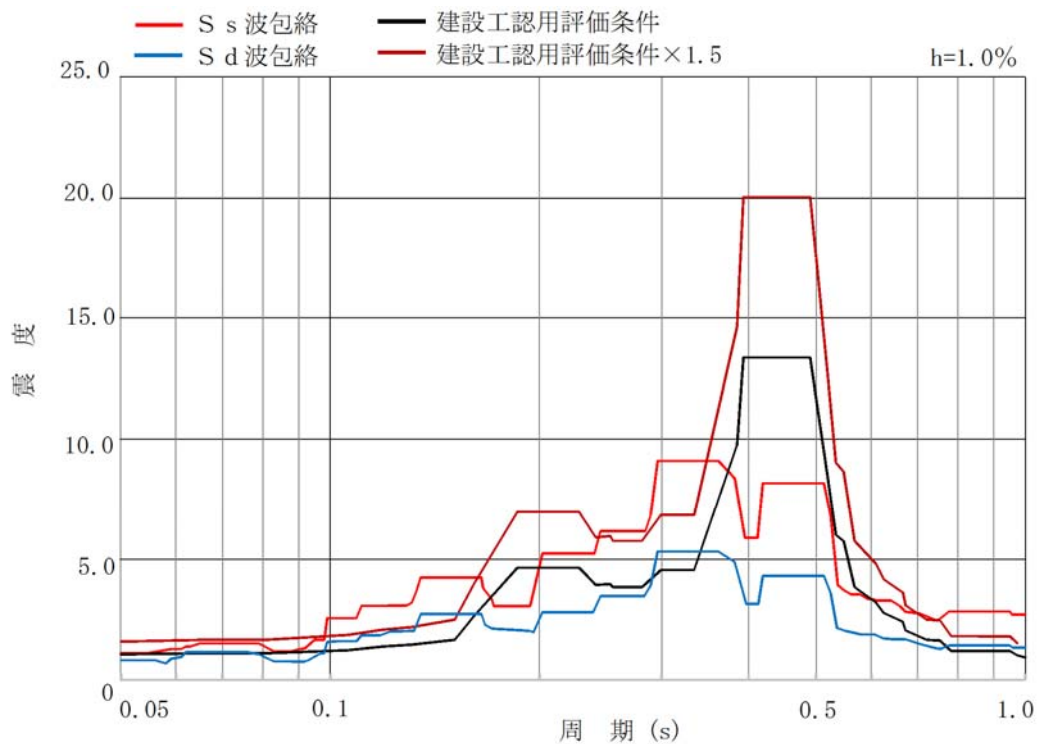
* : S_s包絡 : 今回工認における基準地震動 S_s 8 波による最大応答の包絡値
 S_d包絡 : 今回工認における基準地震動 S_d 8 波による最大応答の包絡値
 3波包絡 : 建設工認における設計用地震動 3 波による最大応答の包絡値
 静的地震力 : 建設工認における静的地震力

第 1 図 応答最大加速度の比較

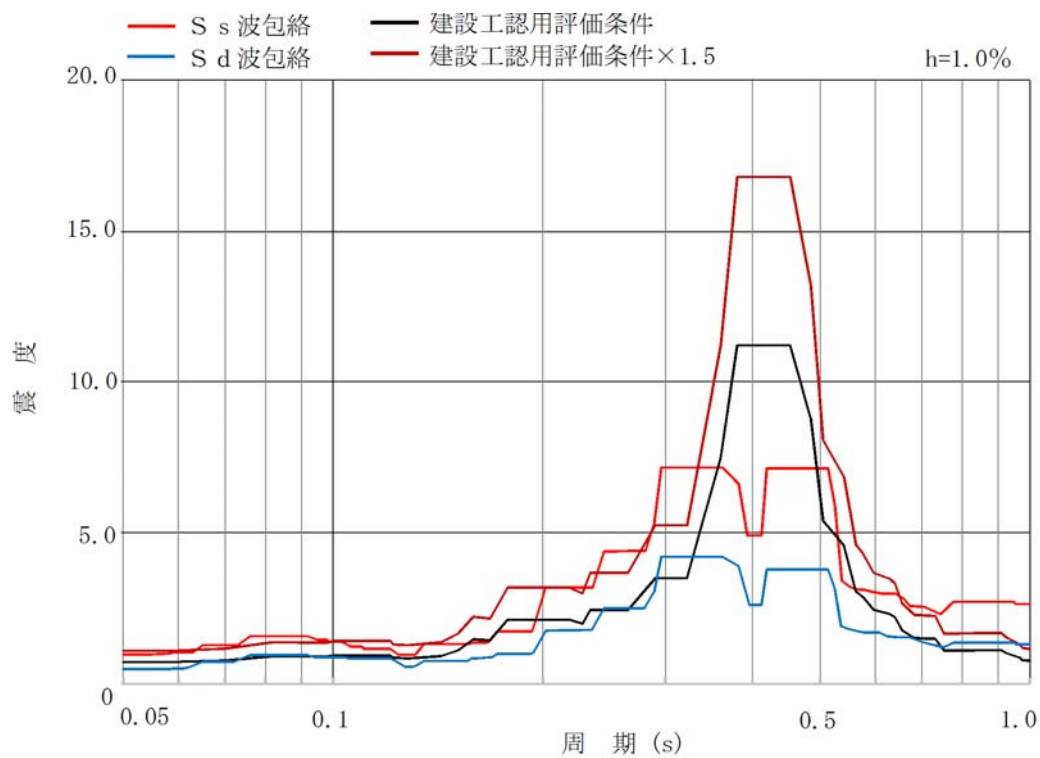


* : S_s 包絡 : 今回工認における基準地震動 S_s 8 波による最大応答の包絡値
 S_d 包絡 : 今回工認における基準地震動 S_d 8 波による最大応答の包絡値
 3 波包絡 : 建設工認における設計用地震動 3 波による最大応答の包絡値
 静的地震力 : 建設工認における静的地震力

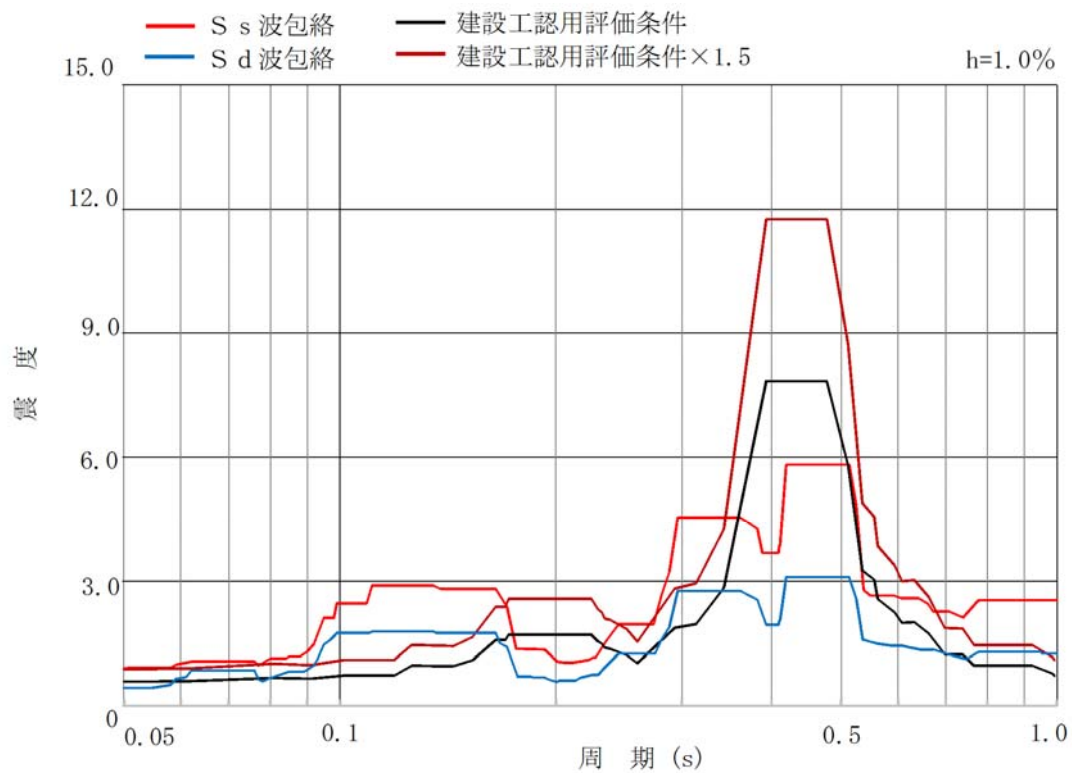
第 2 図 最大応答せん断力の比較



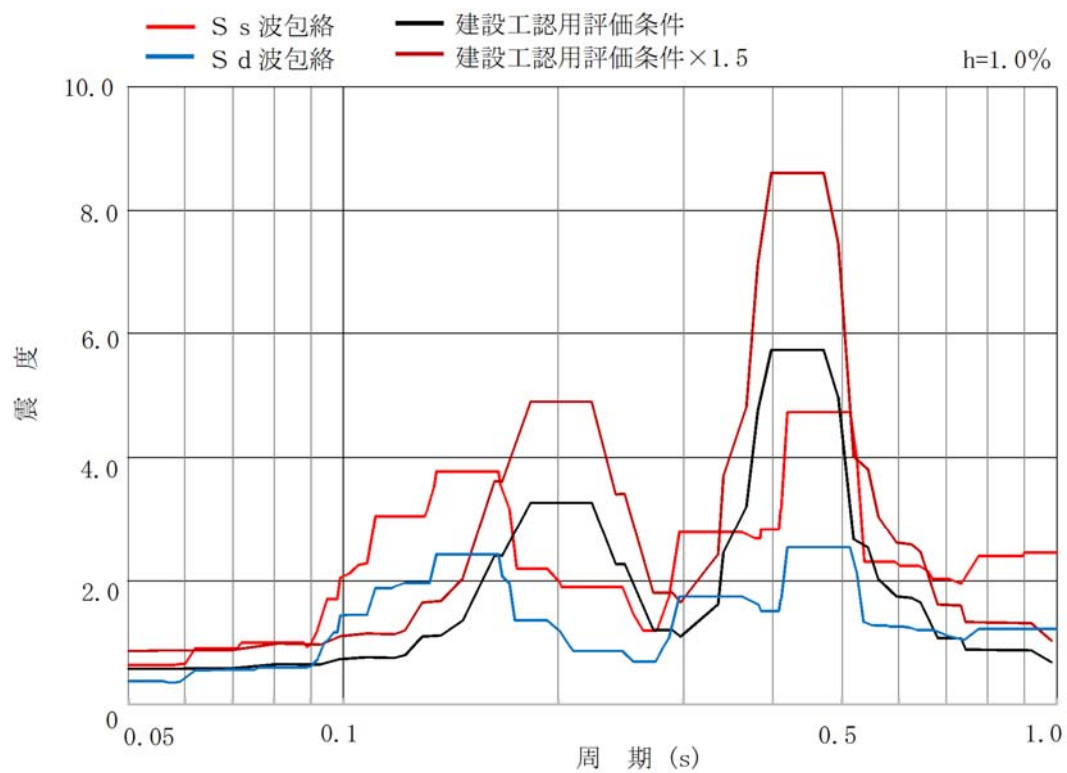
第 3 図(1) 床応答曲線の比較 (EL. +46.5m)



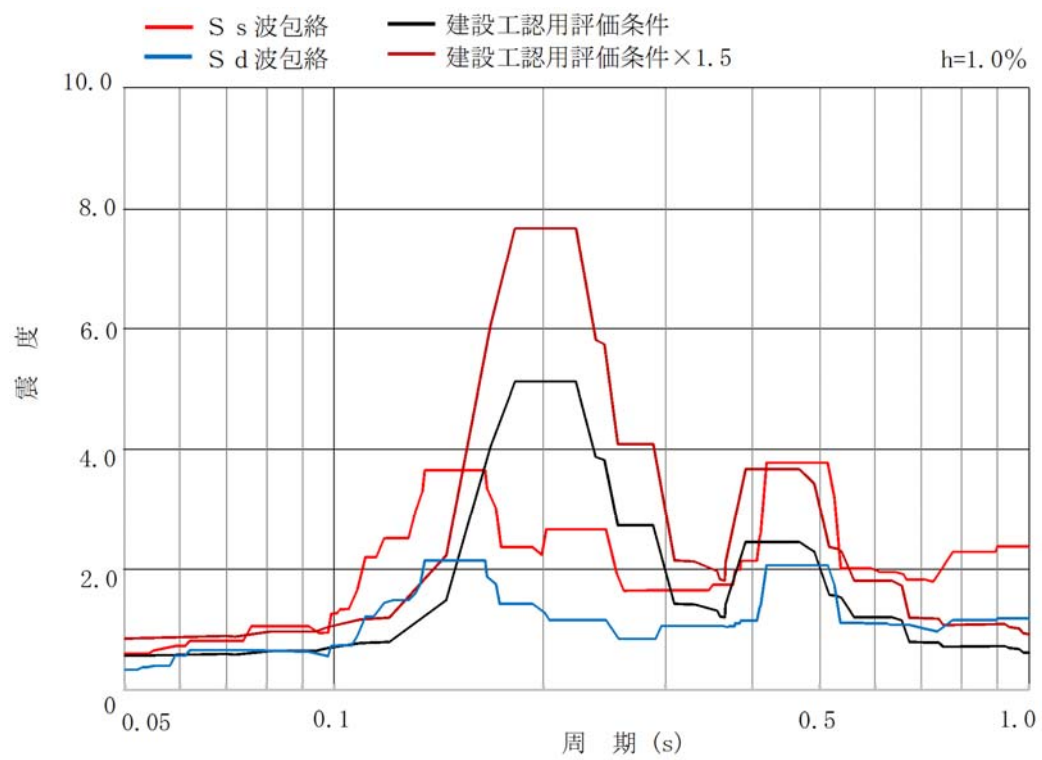
第 3 図(2) 床応答曲線の比較 (EL. +34.7m)



第 3 図(3) 床応答曲線の比較 (EL. +20.3m)



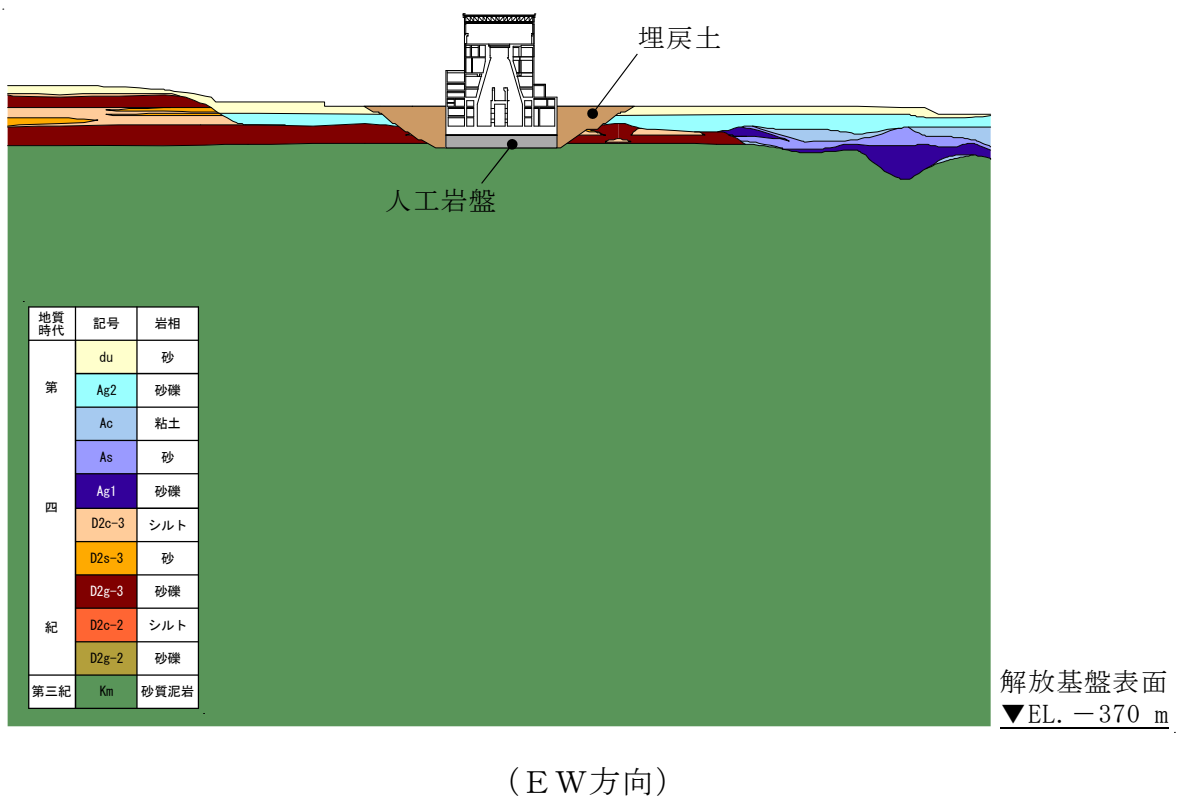
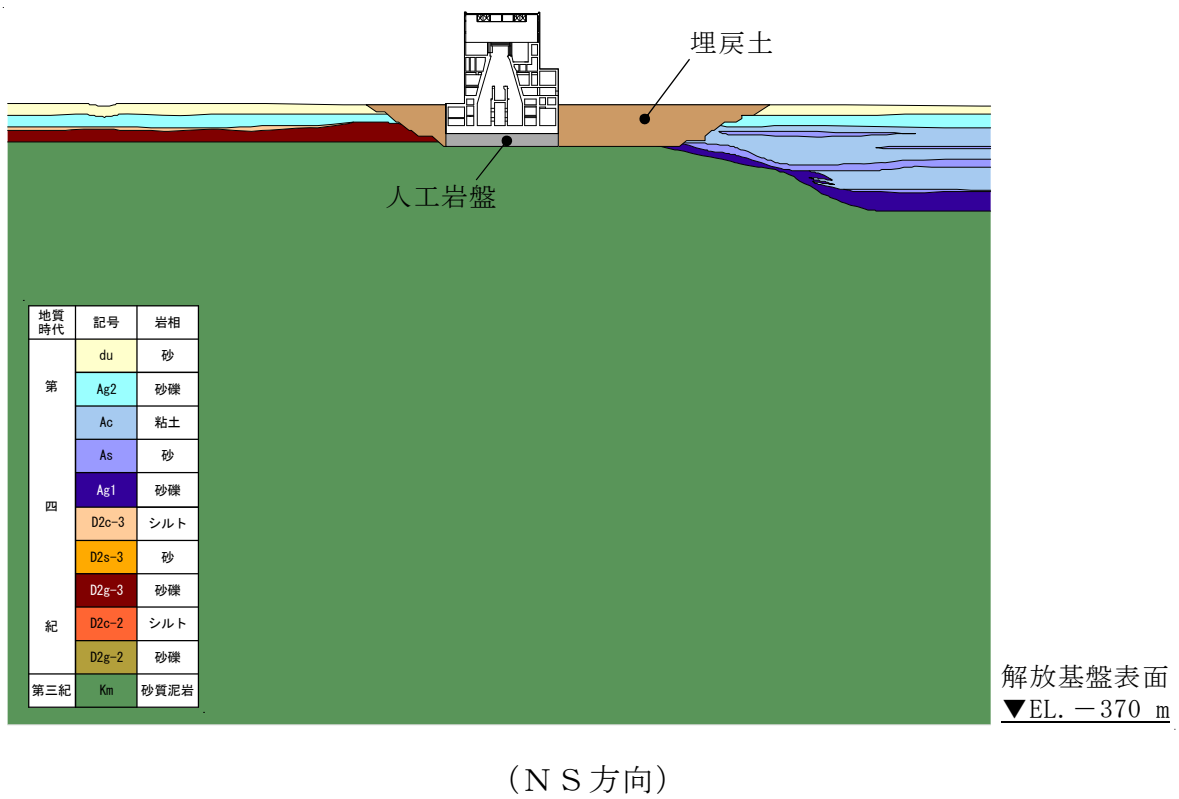
第 3 図(4) 床応答曲線の比較 (EL. +8.2m)



第 3 図(5) 床応答曲線の比較 (EL. -4.0m)

東海第二発電所

原子炉建屋の地震応答解析モデルについて



第 2-4 図 原子炉建屋設置地盤断面図

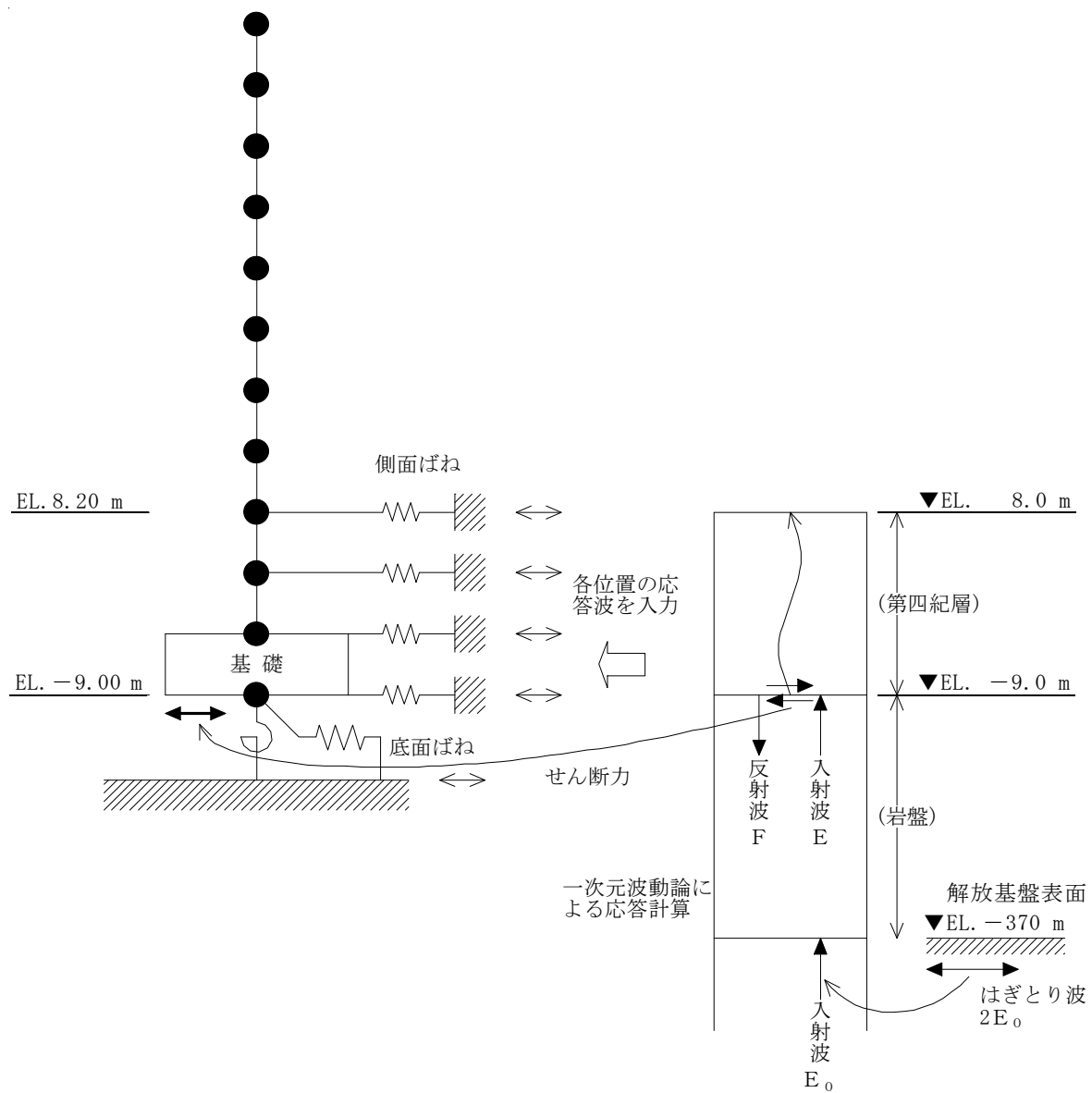
3.5 工認上の側面回転ばねの扱いについて

建屋側面地盤の埋込み効果を考慮するにあたり、側面地盤を水平ばね及び回転ばねとして評価してきた。ここでは、側面回転ばねを考慮しない場合の建屋応答への影響について検討した。

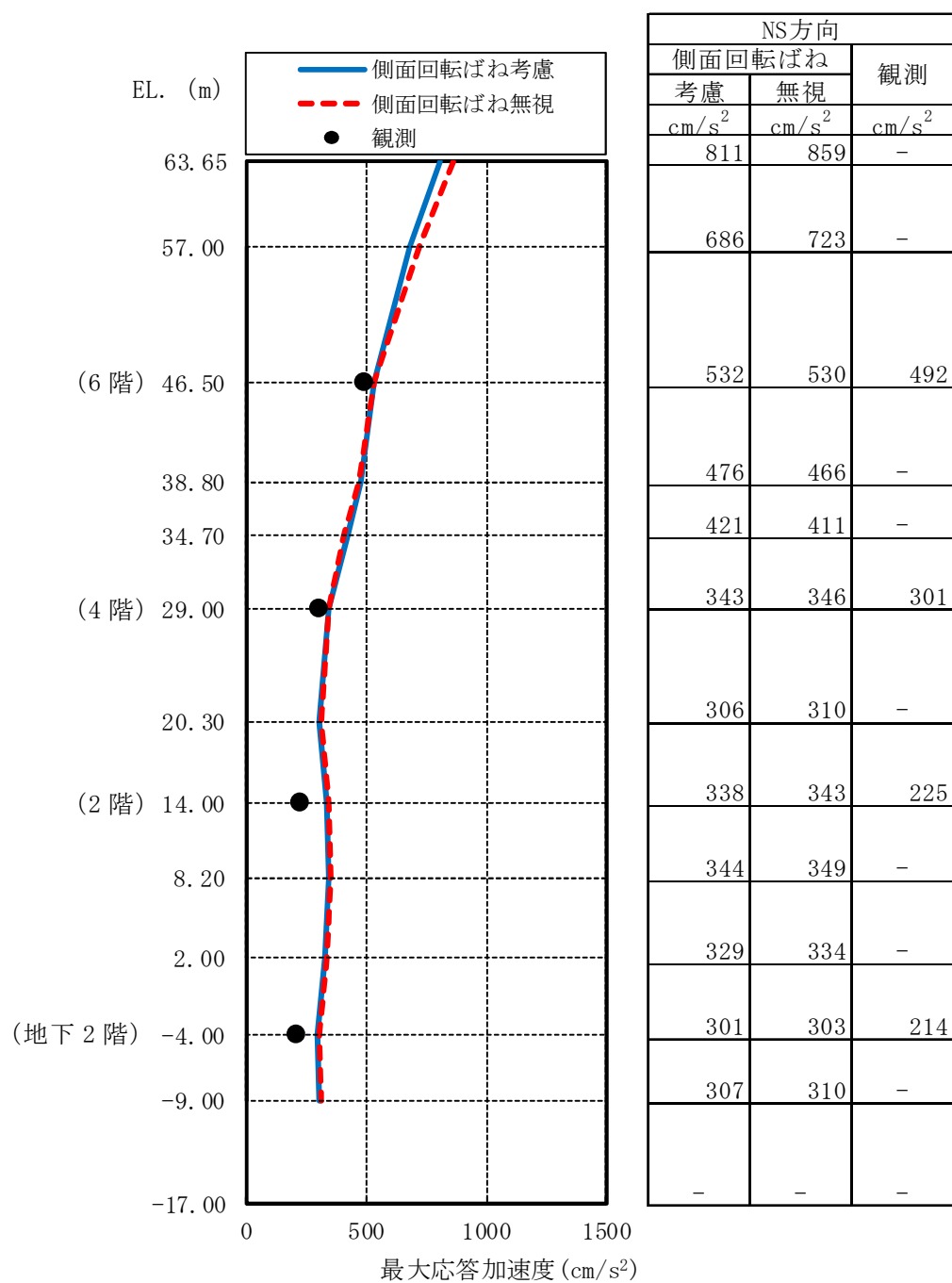
側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要を第 3-13 図に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を第 3-14 図及び第 3-15 図に、床応答スペクトルの比較を第 3-16 図及び第 3-17 図に示す。側面回転ばねを考慮しない場合の解析結果は、側面回転ばねを考慮する場合の応答に比べ、概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。

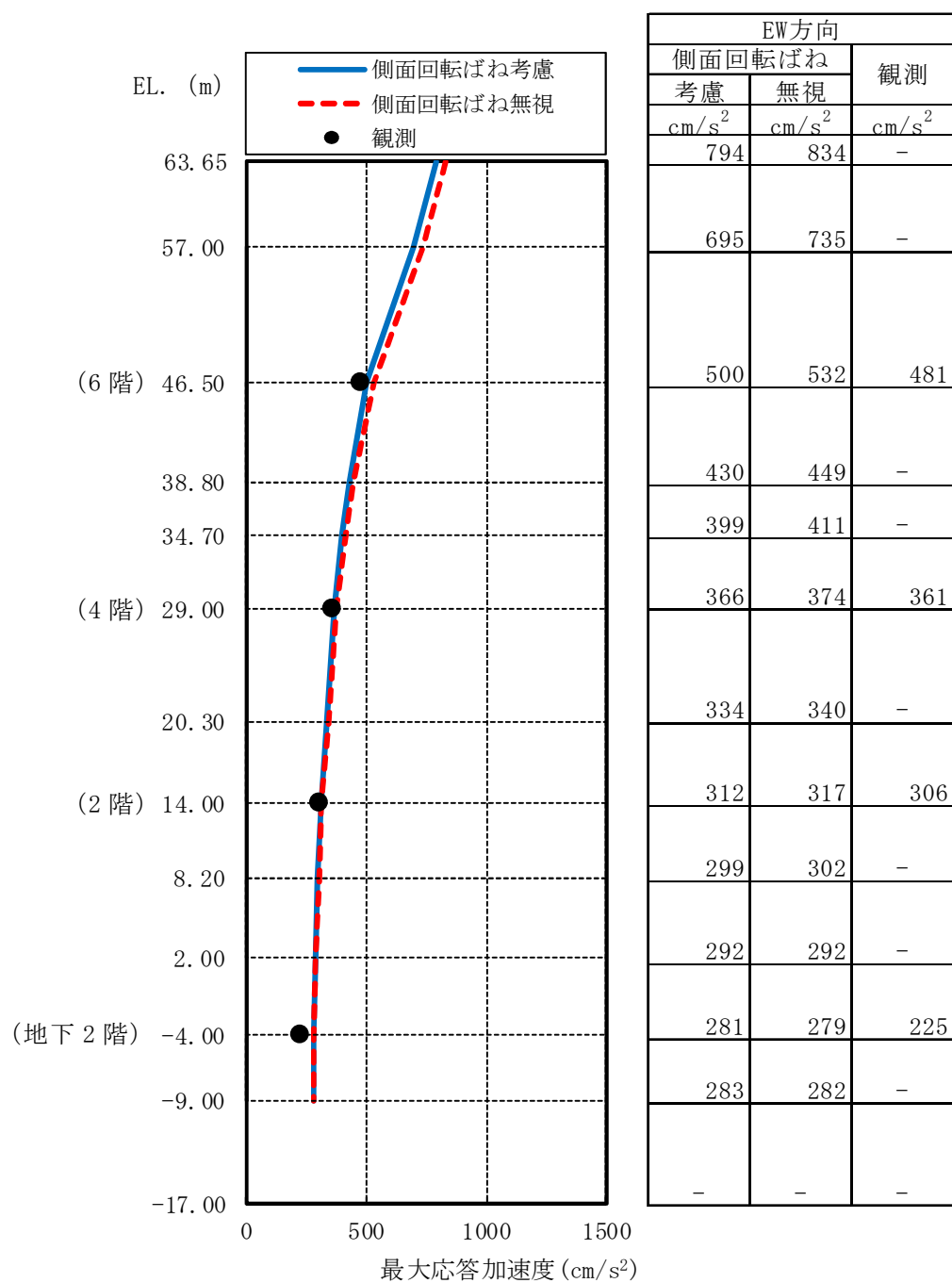
「3.3 建屋－地盤動的相互作用の評価法について」において示したように、埋込み効果として、側面地盤の水平ばね及び回転ばねを考慮した場合に、より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられるが、今回工認において、当プラントでは保守的に側面回転ばねを採用しない方針とした。



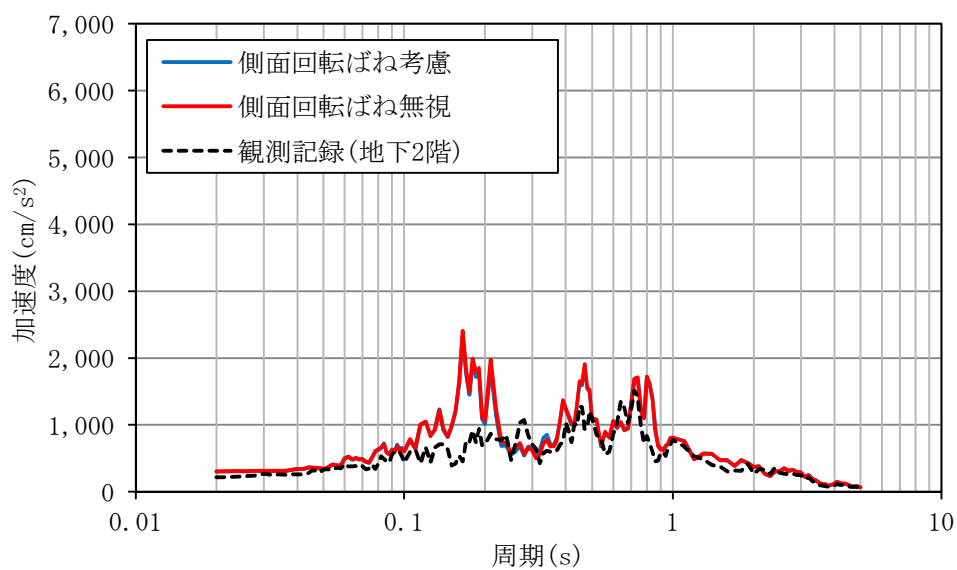
第 3-13 図 側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要



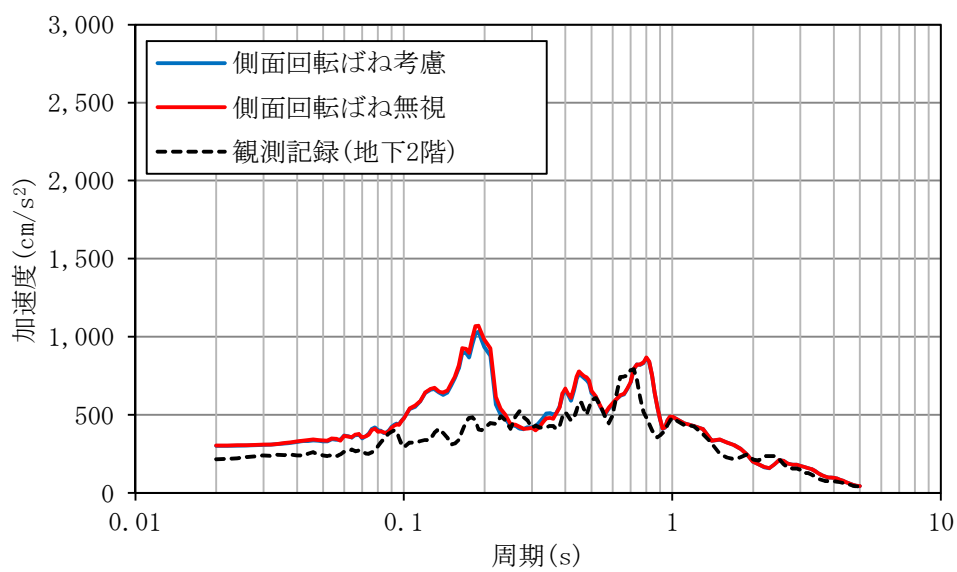
第 3-14 図 最大応答加速度分布の比較 (N S 方向)



第 3-15 図 最大応答加速度分布の比較 (EW 方向)



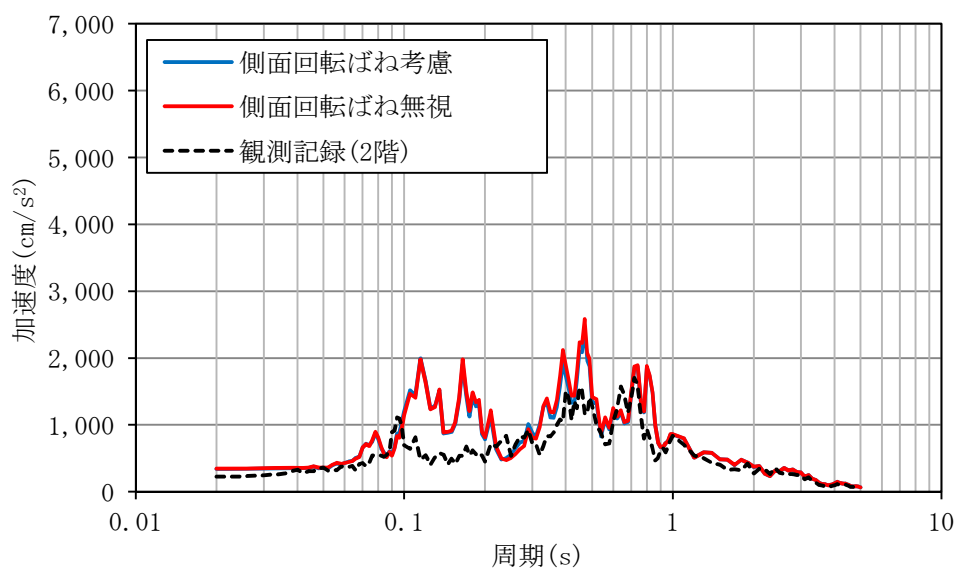
$h = 1\%$



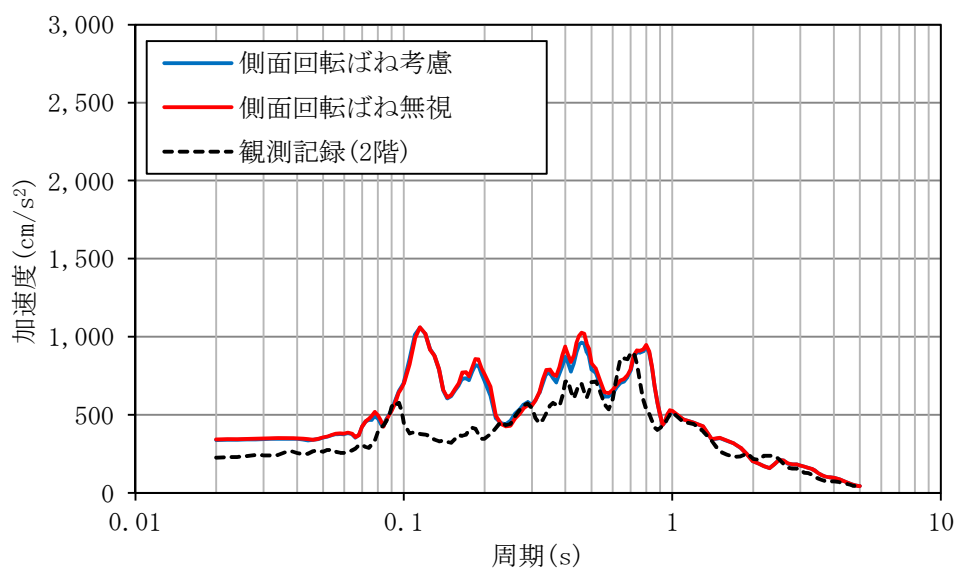
$h = 5\%$

地下 2 階

第 3-16 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



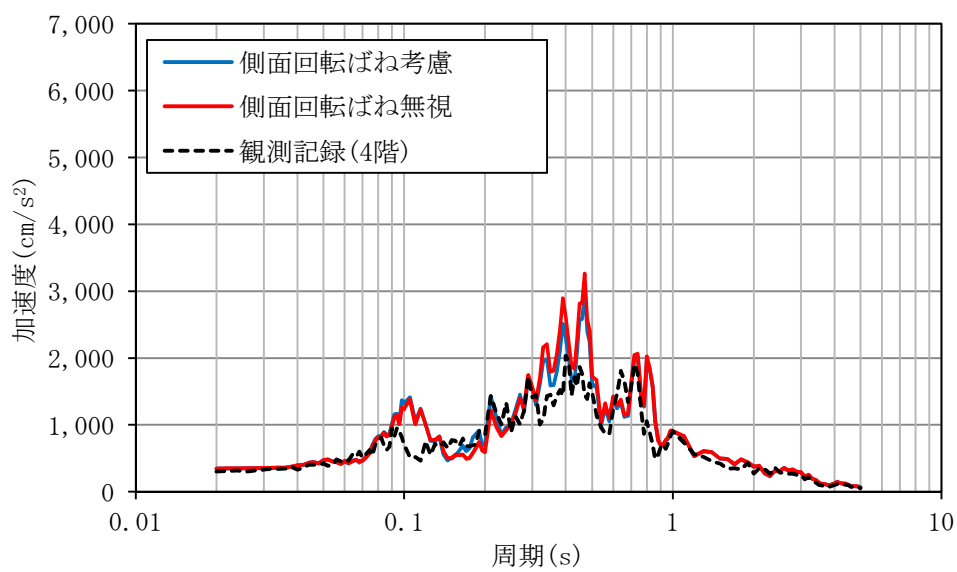
$h = 1\%$



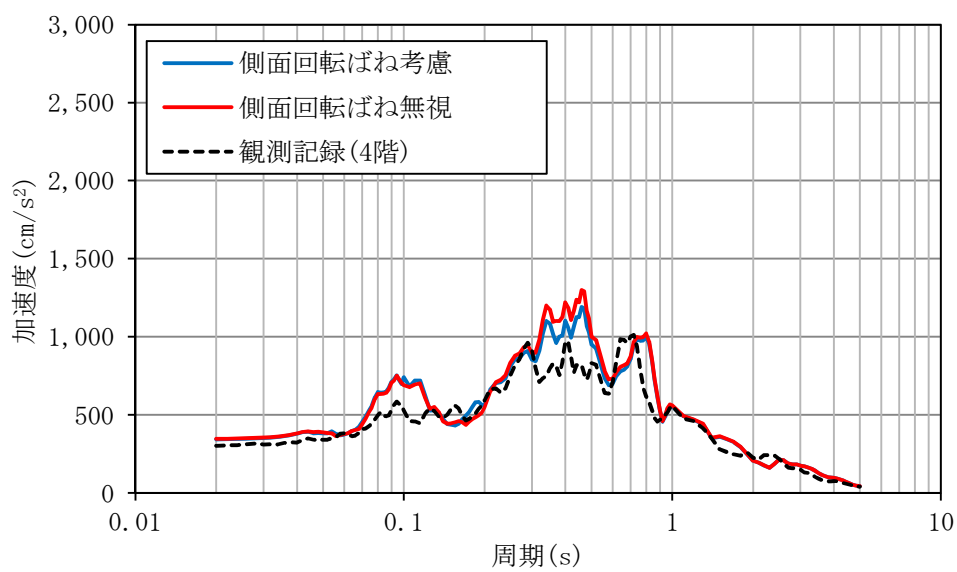
$h = 5\%$

2 階

第 3-16 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



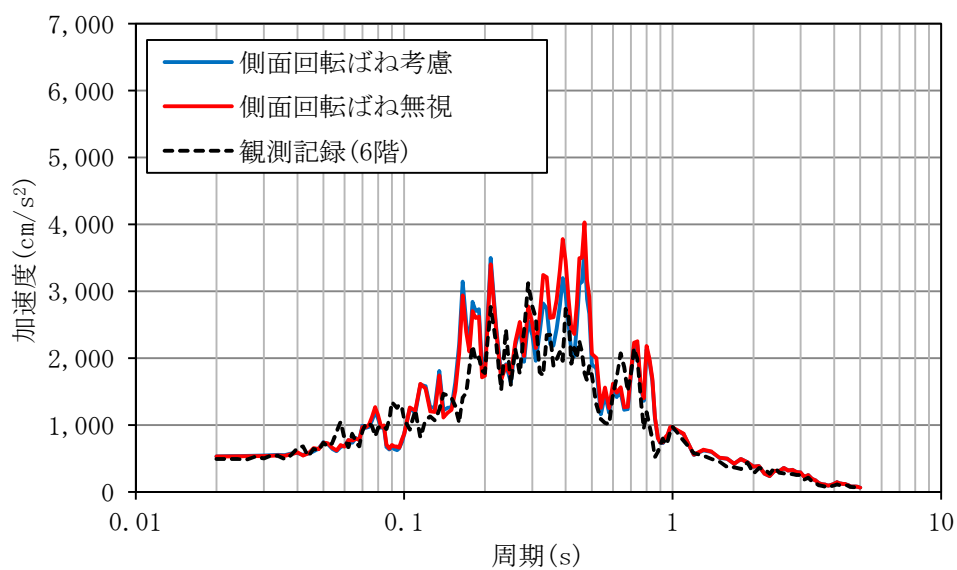
$h = 1\%$



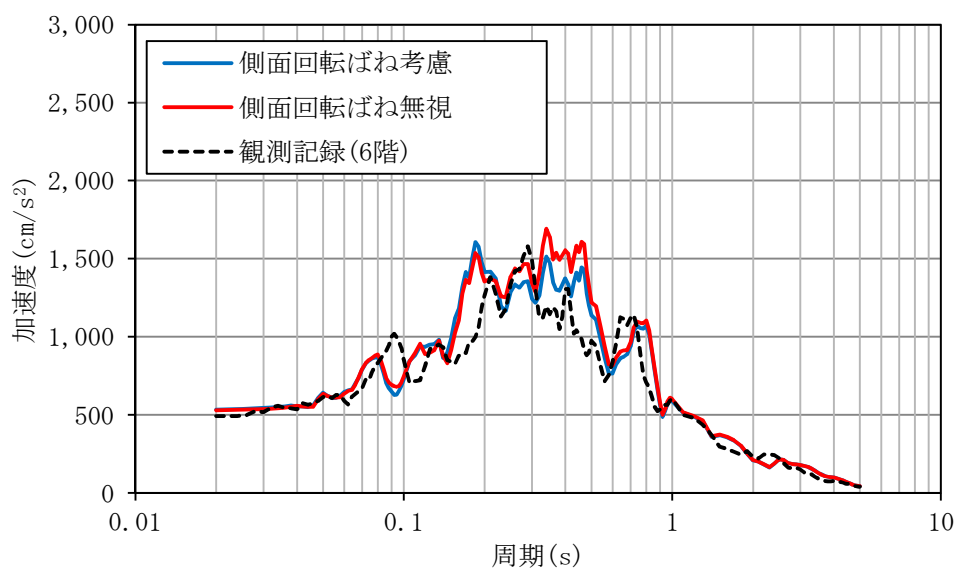
$h = 5\%$

4 階

第 3-16 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



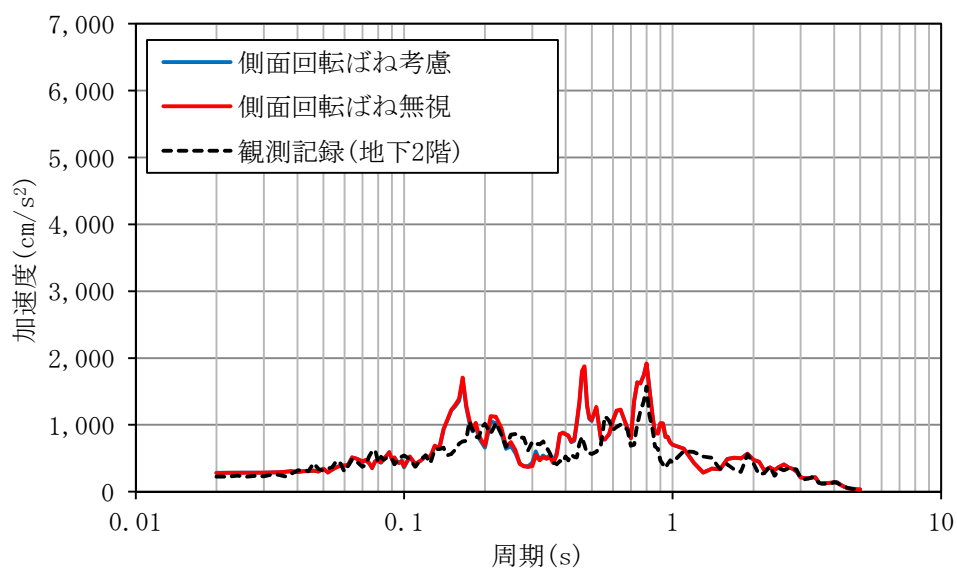
$h = 1\%$



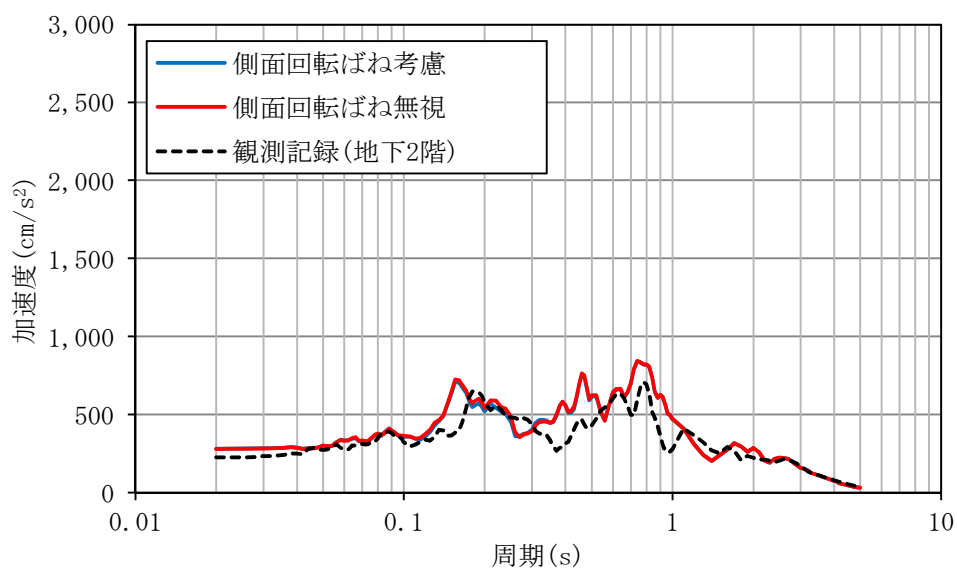
$h = 5\%$

6 階

第 3-16 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



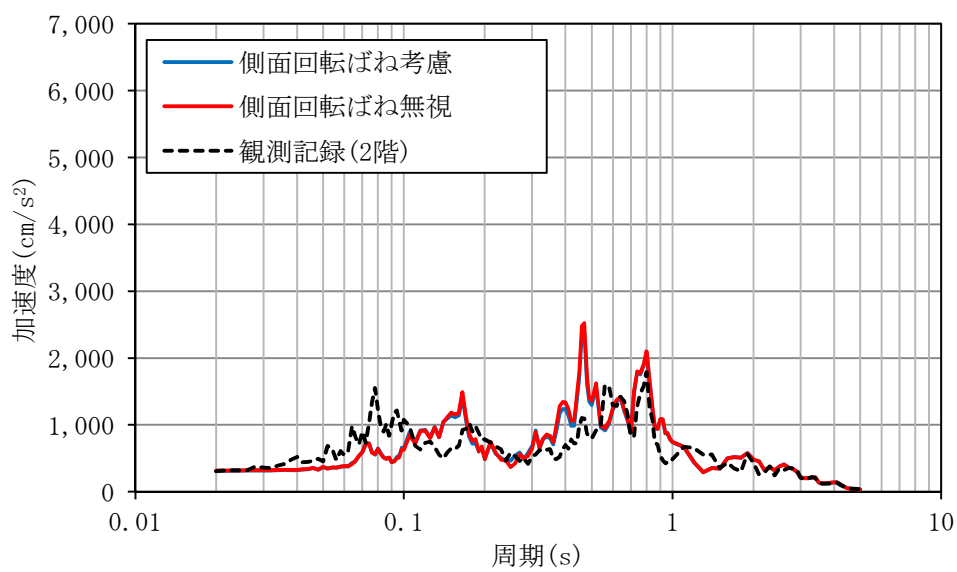
$h = 1\%$



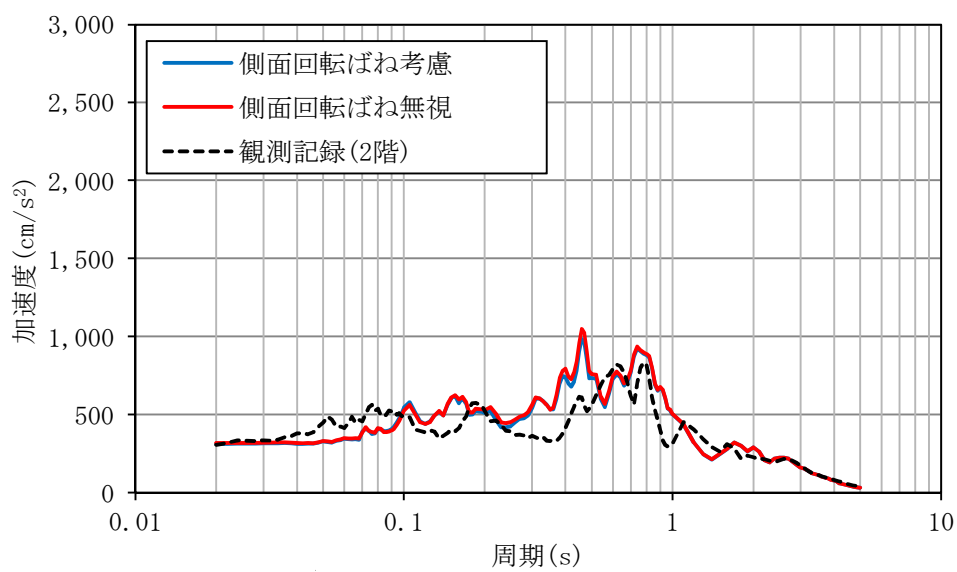
$h = 5\%$

地下 2 階

第 3-17 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



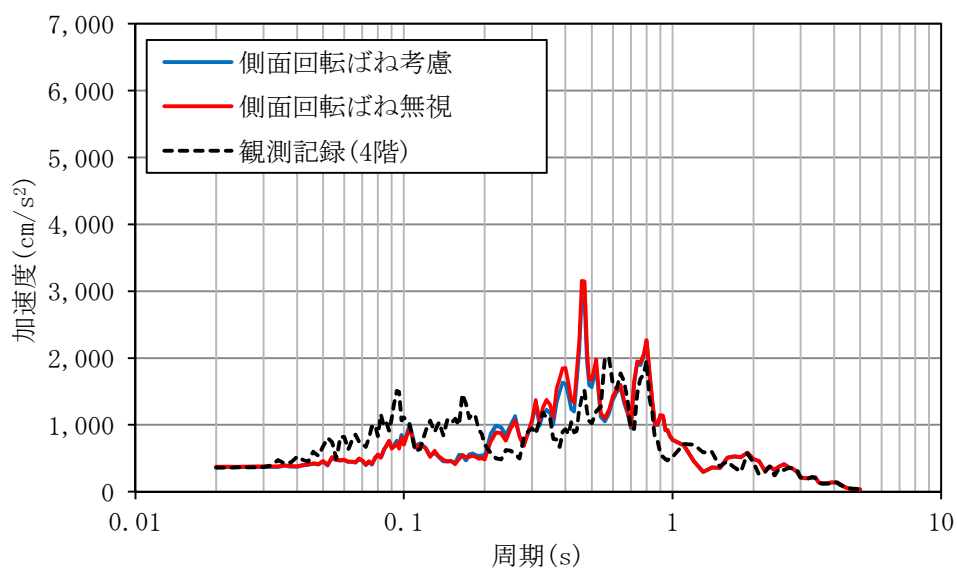
$h = 1\%$



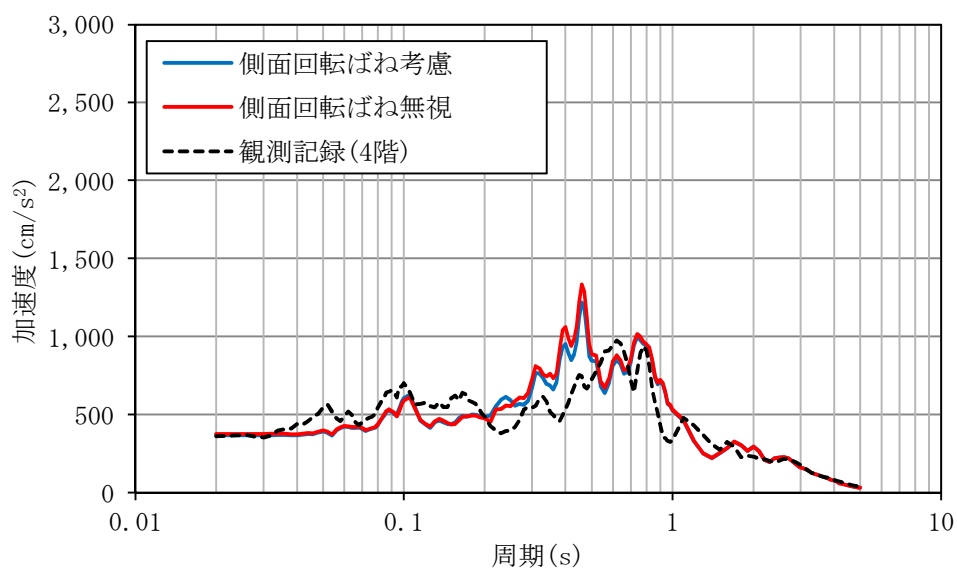
$h = 5\%$

2 階

第 3-17 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



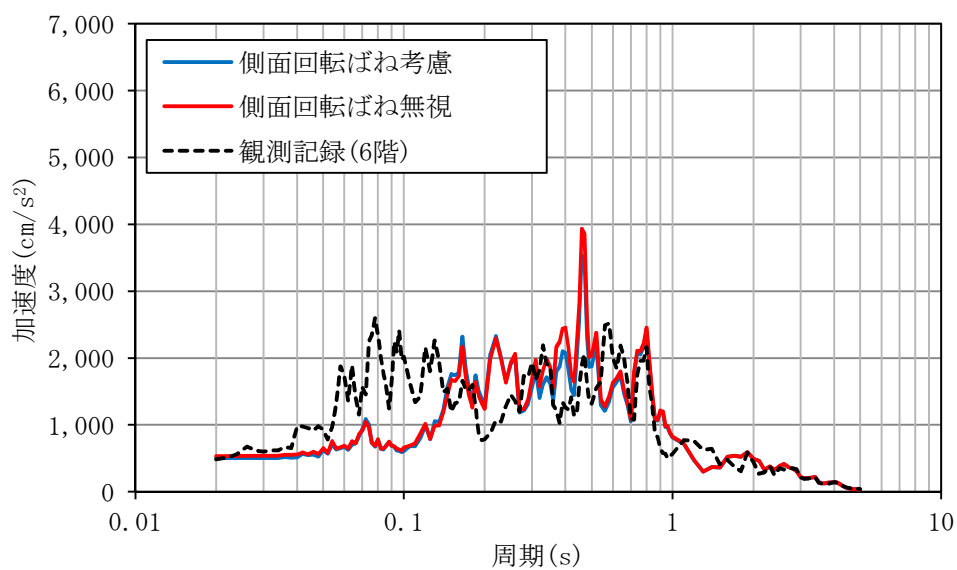
$h = 1\%$



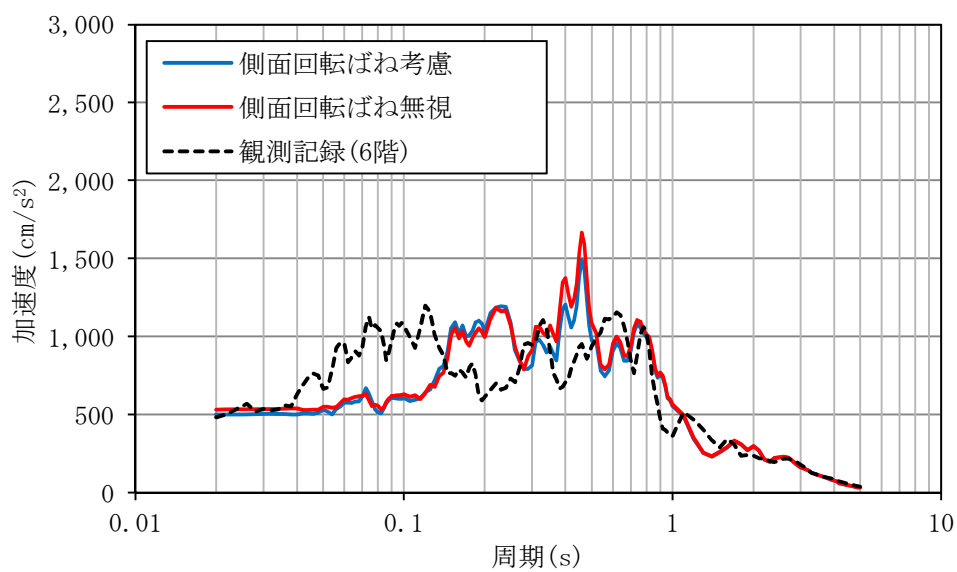
$h = 5\%$

4 階

第 3-17 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



$h = 1\%$



$h = 5\%$

6 階

第 3-17 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)

3.6 工認に用いる地震応答解析モデルについて

東海第二発電所原子炉建屋の地震応答解析モデルについて、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果の比較から、人工岩盤のモデル化及び側面回転ばねの工認上の扱いについて検討した。

既工認ではS Rモデルとしていたが、側面地盤の埋込み効果を考慮した埋込みS Rモデルとした場合、より実状に近い建屋の振動性状を評価できることを確認した。また、人工岩盤は岩盤として地盤モデル側にモデル化し、側面回転ばねを考慮しないモデルとする方が、応答を保守側に評価することを確認した。

以上の結果から、今回工認に用いる地震応答解析モデルは、人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化し、側面回転ばねを考慮しない埋込みS Rモデルとする。また、今回の検討で確認した地震観測記録の床応答スペクトルとシミュレーション解析結果との差異については、詳細設計においてその要因について考察を行うとともに、機器の耐震性評価に適切に考慮する。

4. 既工認との比較

「3. 原子炉建屋の地震応答解析モデルの設定」で示したように、今回工認において、地震応答解析モデルを一部見直している。地震応答解析モデルの主要な変更点を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 地震応答解析モデルの主要な変更点

項 目	既工認	今回工認
相互作用	S R モデル 地盤ばねは Timoshenko, Barkan 等の式に基づき評価	埋込み S R モデル 地盤ばねは NOVAK の方法及び振動アドミタンス理論に基づき評価
建屋モデル	線形としてモデル化	せん断及び曲げの非線形性を考慮
入力地震動	設計用地震動を直接入力	基準地震動 S_s を一次元波動論により算定

東海第二発電所

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

2.3.3 各部材のクライテリアについて

入力地震動の増大に伴い鉄骨部材の一部が塑性領域に入ると考えられることから、今回工認の原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルについては、弾塑性解析による評価を実施することとし、気密バウンダリである屋根スラブに過大な変形を生じさせないよう余裕を持たせた設計とする。鉛直荷重を負担する主トラス（上下弦材、斜材及び束材）、母屋並びに上弦面つなぎ梁については、地震後にも長期荷重を負担する必要があるため弾性範囲に留める設計とする。ここで弾性範囲とは、弾塑性解析において鋼材の材料強度（短期許容応力度の1.1倍の値とする）に基づき設定した弾性限の折れ点までの範囲を指す。

さらに、主トラスの横座屈を防止する下弦面つなぎ梁についても弾性範囲に留める設計とする。水平荷重を負担する上弦面水平ブレース並びに下弦面の振れ止めとなる下弦面水平ブレース及び鉛直ブレースの斜材は、引張材として地震時に荷重を負担するが、地震時の過大な変形を抑制するために引張側を弾性範囲に留めることとし、圧縮側の繰返し座屈により累積した塑性ひずみが引張材としての機能に影響を及ぼさないことを確認する。なお、鉛直ブレースの鉛直材については弾性範囲に留めることとする。第3-2-1表に各部材のクライテリアを示す。また、屋根スラブについてはその要求機能が担保されていることを確認するものとする。

東海第二発電所

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
(耐震)

1. 屋外重要土木構造物の評価手法の概要

屋外重要土木構造物の耐震評価について、今回申請では、屋外重要土木構造物の変位や変形をより実状に近い応答に適正化することを目的に、評価手法の高度化として、解析手法と減衰定数の変更を予定している。ここで、既工認は、東海第二発電所の工事計画認可（昭和 49 年 7 月 22 日及び昭和 49 年 10 月 30 日）をいう。既工認と今回工認との手法の比較を第 4-1 表に示す。

既工認との相違点のうち、解析手法として適用している「時刻歴応答解析、限界状態設計法」は、新規制基準対応工認にて適用例がある手法である。

なお、土木構造物の地震時の挙動は、地盤の影響を受けることを踏まえると、地盤特性を適切にモデル化することにより、実応答に近い形で評価できるものと考えられる。このため、コンクリート強度は、既工認と同じく設計基準強度を採用する方針とする。

第 4-1(1)表 既工認と今回工認の手法の比較（取水構造物）

	解析手法	解析モデル	減衰定数	コンクリート強度
既工認	時刻歴モーダル解析 許容応力度法	質点系モデル	コンクリート：5%	設計基準強度
今回工認	時刻歴応答解析 限界状態設計法	地質データに基づく F E Mモデル	コンクリート：5% あるいは 1%＋履歴減 衰	設計基準強度
比較結果	●異なる	●異なる	●異なる	○同じ
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり

第 4-1(2) 表 既工認と今回工認の手法の比較（屋外二重管）

	解析手法	解析モデル	減衰定数	鋼管の許容限界
既工認	波動論 許容応力度法	地質データに基づく 地盤モデル	—	許容応力度
今回工認	時刻歴応答解析 許容応力度法	地質データに基づく F E Mモデル	鋼材：3% あるいは 1%+履歴減衰	許容応力度
比較結果	●異なる	●異なる	●異なる	○同じ
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり

2. 解析手法

取水構造物の耐震安全性評価については、既工認では、地震応答解析手法として時刻歴モーダル解析を採用し、許容応力度法による設計として、壁のせん断については許容応力度、杭については設計水平力に対して妥当な安全余裕を持つことを確認することを基本としていた。また、屋外二重管の耐震安全性評価については、既工認では、地震応答解析手法として波動論を採用し、許容応力度法による設計として、管の円周方向応力及び軸方向応力について許容応力度に対して妥当な安全余裕を持つことを確認していた。

今回工認では、屋外重要土木構造物の地震応答解析手法に時刻歴応答解析を適用した、限界状態設計法による設計を採用する。減衰定数は、構造物を線形で扱う場合は、コンクリートは 5%，鋼材は 3%，履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は 1%とする。コンクリートの構造部材の曲げについては限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみ、せん断についてはせん断耐力、杭の曲げについては終局曲率、せん断については終局せん断強度を許容限界とし、妥当な安全余裕を持たせることとする。また、各設備の要求性能（支持性能、通水性能、貯水性能）を踏まえて照査項目・内容を追加する。なお、当該部材によって支持される機器・配管系の安全機能への影響を考慮し、必要に応じて層間変形角等の許容限界を更新する場合も

ある。

屋外二重管の今回工認での耐震評価は、地震応答解析モデルに当該鋼管をモデル化し、地震応答解析結果から得られた地震力を用いた許容応力度法による設計として、管の円周方向応力及び軸方向応力について許容応力度を許容限界とする。

以下では、今回工認で採用する限界状態設計法のうち、コンクリートの構造部材の曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性及びせん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について検討を行う。

2.1 曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回の工認申請における曲げに対する照査は、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005）」（以下，「土木学会マニュアル」という。）に基づき、照査用層間変形角が限界層間変形角を超えないことを確認する。

コンクリート標準示方書では、構造部材の終局変位は、部材の荷重－変位関係の骨格曲線において、荷重が降伏荷重を下回らない最大の変位として求めてよいとしている。コンクリート標準示方書による構造部材の終局変位の考え方を第4-2-1図に示す。

一方、土木学会マニュアルでは、以下の考え方に基づいている。

屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験の結果より、かぶりコンクリートが剥落すると荷重が低下し始める。層間変形角 $1/100$ に至る状態は、かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であることを確認しており^{(1), (2)}、荷重が低下しない範囲にある。当該限界値を限界状態とすることで、構造全体としての安定性が確保できるものとして設定されたものである。ラーメン構造の破壊実験の例を第4-2-2図に示す。

従って、土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は、コンクリート標準示方書による照査よりも安全側の評価を与えるため、適用性を有している。

更に、土木学会マニュアルでは、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針（案）・同解説（1997）」にて記載されている設計限界変形 $1/100$ 、終局限界変形 $1/80$ 等を基準値として参照している。

対象は同じラーメン構造であり、軸力比（軸応力度／コンクリート圧縮強度比）は建築物よりも屋外重要土木構造物の方が小さいと考えられることから、変形性能がより大きくなる傾向にあり、層間変形角 $1/100$ は安全側であると考ええる。機能維持確保の観点からも耐荷性能が確保されることが担保できるため限界値として適切である。

参考に、建築学会における曲げ降伏先行型の部材について、復元力特性と限界状態（損傷度）の関係の概念図を第 4-2-3 図に、土木学会マニュアルにおける鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態に対する概念図を第 4-2-4 図に示す。建築学会と土木学会マニュアルにおいて概ね対応が取れており、土木学会マニュアルの各損傷状態の設定は妥当であると考えられる。第 4-2-4 図において層間変形角 $1/100$ は第 4 折れ点よりも手前にあり、屋外重要土木構造物の限界状態に至っていないと考えられる。また、第 3 折れ点は層間変形角 $1/100$ よりもさらに手前にある。

耐震安全性評価では、当該許容限界値に対して、妥当な安全裕度を確保するため、構造部材の照査の過程において複数の安全係数を考慮する。安全係数は、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数及び構造物係数の 5 種に分けられる。それぞれの安全係数の考え方を第 4-2-5 図に示す。

曲げに対する照査において考慮している安全係数は第 4-2-1 表に示すとおり、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数、構造物係数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えにより定められ

ている。

(1) 材料係数

コンクリート強度の特性値は、製造において、その値を下回る強度が発現する確率が 5%以内となるように設定する。また、鉄筋の機械的性質の特性値に関しても、日本工業規格（JIS）の規格範囲の下限値を設定してよいとしている。このように、双方とも特性値の段階で実強度に対して小さい値を設定しており、応答値・限界値ともに安全側の照査がなされているため、材料係数は 1.0 としている。

(2) 部材係数

安全側に配慮した設定を行っていることから、部材係数は 1.0 としている。

(3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設定されるため、荷重係数は 1.0 としている。

(4) 構造解析係数

限られた条件での実験であること、地盤パラメータの設定が応答解析結果に及ぼす影響などを考え併せて、構造解析係数は 1.2 以上を標準としている。

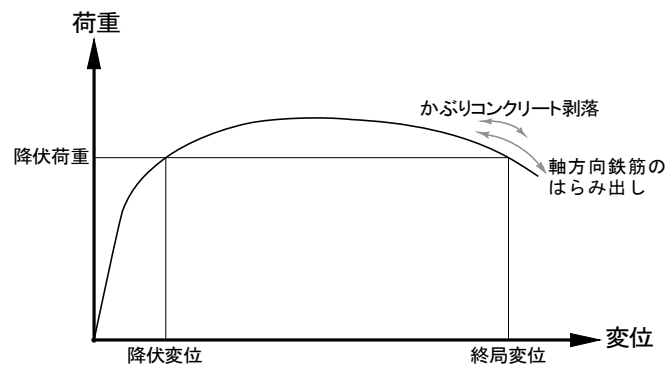
(5) 構造物係数

屋外重要土木構造物は重要度毎に適切な地震動が設定される。従って、構造物係数によりさらに構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐震性能照査における構造係数は 1.0 としている。

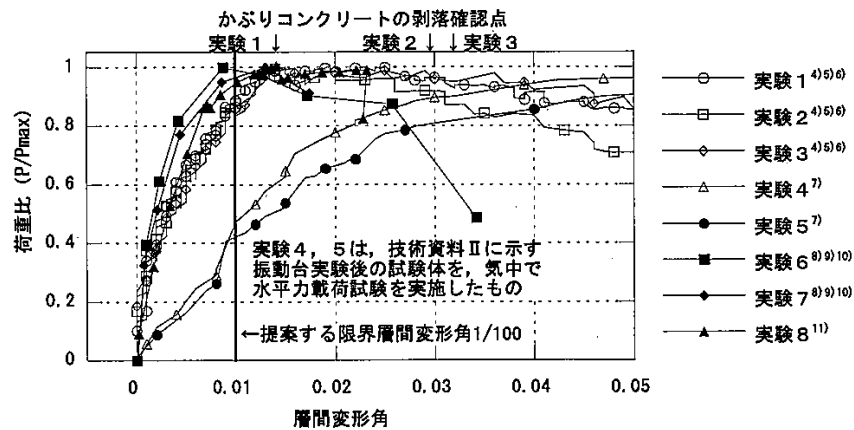
以上のことから、土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は、コンクリート標準示方書による照査よりも安全側の評価を与えるため、技術的妥当性及び適用性を有するとともに適切な余裕が確保されていると判断できる。

第 4-2-1 表 曲げ評価において考慮している安全係数

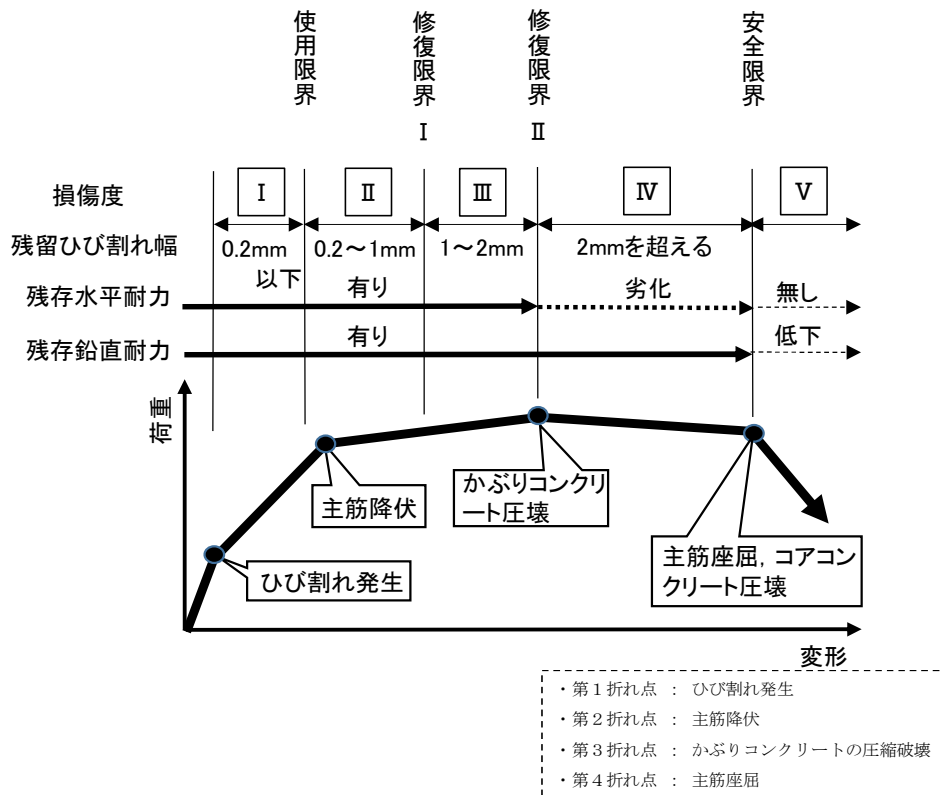
安全係数		曲げ照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.0
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	—
部材係数		—	1.0
荷重係数		1.0	—
構造解析係数		1.2	—
構造物係数		1.0	



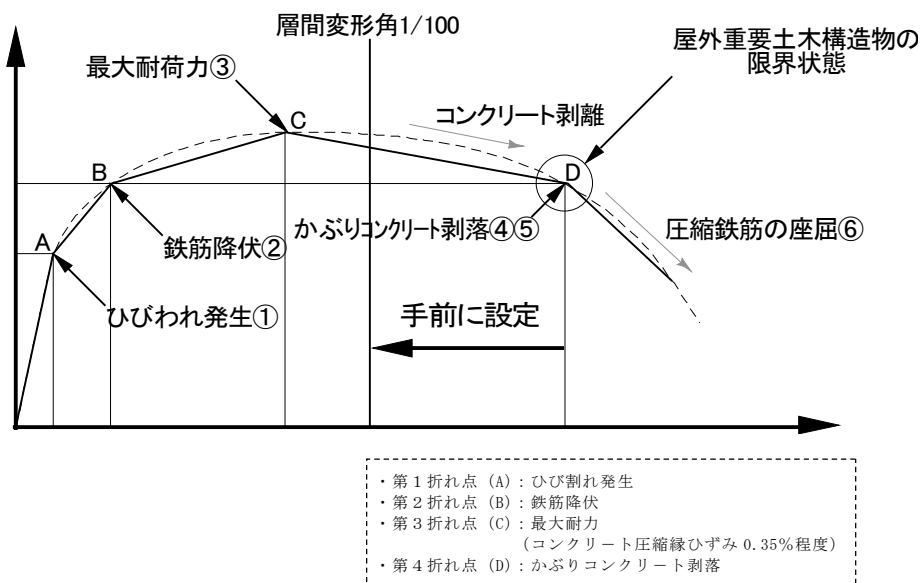
第 4-2-1 図 コンクリート標準示方書による構造部材の終局変位の考え方



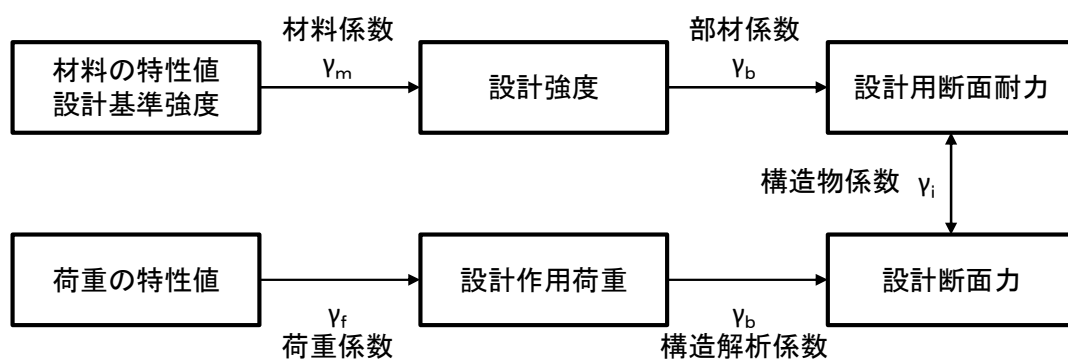
第 4-2-2 図 鉄筋コンクリート製ラーメン構造の破壊実験 ^{(1), (2)}



第 4-2-3 図 曲げ降伏先行型の部材の復元力特性と限界状態（損傷度）の
関係の概念図（建築学会）



第 4-2-4 図 鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態に
対する概念図（土木学会マニュアル）



第 4-2-5 図 安全係数の考え方

2.2 セン断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回の工認申請におけるせん断に対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、照査用せん断力が、せん断耐力を下回ることを確認する。

コンクリート標準示方書では、棒部材及びディープビームについて第4-2-2表に示すと通りのせん断耐力式を定義している。このうち、ディープビームについては、コンクリート標準示方書及び土木学会マニュアルにおいて同様の評価式となっている。

土木学会マニュアルでは、コンクリート標準示方書におけるせん断耐力式のうち棒部材式において、等価せん断スパンにより設定可能な係数 β_a を考慮している。これは屋外重要土木構造物が地中に埋設されたラーメン構造で、土圧、水圧、地震時慣性力等の多数の分布荷重が作用していることによる分布荷重が卓越し、スパン内に反曲点が存在する等の載荷形態にある条件下では、せん断耐力が増大するという実験的知見を踏まえ、より合理的なせん断耐力を与えるよう、コンクリート標準示方書のせん断耐力式を精緻化したものである。当該せん断耐力式は、第4-2-6図に示すとおり、屋外重要土木構造物を模した破壊試験より得られるせん断耐力と整合的であり、合理的な評価が可能であることを確認されている^{(3), (4)}。

また、これら多数の荷重の複合作用を個々に分解することは困難であることから、せん断耐力の算定時に個々の荷重作用を区分せず最終的な設計用断面力分布を用いて合理的なせん断耐力を算定することとしている⁽³⁾。

せん断に対する照査において考慮している安全係数は第4-2-3表に示すとおり、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数、構造物係数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えにより定められている。

(1) 材料係数

限界値算定時に適用する材料係数はコンクリート標準示方書に準拠して、コンクリートに対して 1.3、鉄筋に対して 1.0 としている。応答値算定時に適用する材料係数は、コンクリートと鉄筋の物性値が、特性値の段階で実強度に対して小さい値を設定していることから安全側の照査がなされているため、材料係数は 1.0 としている。

(2) 部材係数

コンクリート標準示方書に準拠して、コンクリート寄与分に対して 1.3、鉄筋寄与分に対して 1.1 としている。

(3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設定されるため、荷重係数は 1.0 としている。

(4) 構造解析係数

変形に関する応答値の評価精度に比較して、断面力に関する応答値の評価精度は高いと考えられることから、変形照査の場合より低減させて 1.05 としている。

(5) 構造物係数

基準地震動は地点毎にサイト特性を考慮して設定され、重要度分類に対応して入力地震動が選定される。従って、構造物係数よりさらに構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐震性能照査における構造係数は 1.0 としている。

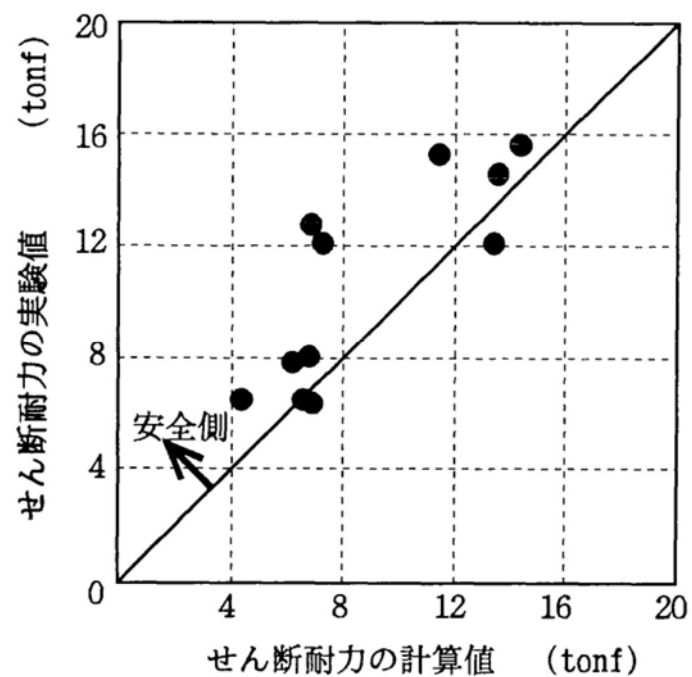
以上のことから、土木学会マニュアルによるせん断照査手法は、屋外重要土木構造物の構造的特徴を踏まえ設定された手法であるため、技術的妥当性及び適用性を有すると判断できる。

第 4-2-2 表 セン断耐力式の比較表

	コンクリート標準示方書	土木学会マニュアル
棒部材	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ V_{yd} : セン断耐力 V_{cd} : コンクリート負担 V_{sd} : セン断補強筋負担 $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ β_d, β_p : 構造寸法や鉄筋量で決まる係数 β_n : 発生曲げモーメントで決まる係数 f_{vcd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる b_w : 腹部の幅 d : 有効高さ γ_b : 安全係数	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ V_{yd} : セン断耐力 V_{cd} : コンクリート負担 V_{sd} : セン断補強筋負担 $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ β_d, β_p : 構造寸法や鉄筋量で決まる係数 β_n : 発生曲げモーメントで決まる係数 $\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d}$ a : セン断スパン長 f_{vcd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる b_w : 腹部の幅 d : 有効高さ γ_b : 安全係数
	<div> セン断スパンより設定される係数を考慮し, コンクリート標準示方書のセン断耐力式を精緻化 </div>	
デーパービーム	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$ V_{ydd} : セン断耐力 V_{cdd} : コンクリート負担 V_{sdd} : セン断補強筋負担 $V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ $\beta_a = \frac{5}{1 + (a_v/d)^2}$ a_v : 荷重作用点から支承前面までの距離 f_{dd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$ V_{ydd} : セン断耐力 V_{cdd} : コンクリート負担 V_{sdd} : セン断補強筋負担 $V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ $\beta_a = \frac{5}{1 + (a_v/d)^2}$ a_v : 荷重作用点から支承前面までの距離 f_{dd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる
	<div> コンクリート標準示方書と土木学会マニュアルにおいて同一の評価式となっている </div>	

第 4-2-3 表 せん断耐力評価において考慮している安全係数

安全係数		せん断照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.3
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	—
部材係数	コンクリート	—	1.3
	鉄筋	—	1.1
荷重係数		1.0	—
構造解析係数		1.05	—
構造物係数		1.0	



第 4-2-6 図 せん断耐力算定法の妥当性の検証

3. 屋外重要土木構造物の減衰定数

3.1 減衰定数の設定について

今回工認で採用している時刻歴応答解析において、地盤及び構造物の減衰定数は、粘性減衰と履歴減衰とで考慮している。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

$[C]$ ：減衰係数マトリックス， $[M]$ ：質量マトリックス，

$[K]$ ：剛性マトリックス， α ， β ：係数

係数 α ， β は以下のように求めている。

構造体を線形要素でモデル化する場合は、固有値解析により求められた一次固有振動数、二次固有振動数の2点で Rayleigh 減衰がコンクリート部材については5%に、鋼構造部材については3%に一致する α ， β を設定する。履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は、固有値解析により求められた一次固有振動数、二次固有振動数の2点で Rayleigh 減衰が1%に一致する α ， β を設定する。

3.2 既工認と今回工認の相違について

今回の工認における構造物の粘性減衰は、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は、履歴減衰が生じない状態等における解析上の安定のためになるべく小さい値として一次固有振動数及び二次固有振動数に対して1%となる Rayleigh 減衰を採用している。

既工認では、時刻歴モーダル解析におけるコンクリート構造物の減衰定数として5%を採用した。

時刻歴非線形解析における粘性減衰の値は、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（平成 14 年）⁽⁵⁾ において、構造部材の非線形性として履歴モデルを用いる場合には、この部材の履歴減衰は履歴モデルによって自動的に解析に取り入れられるため、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合には、コンクリート部材は 2%（0.02）程度、鋼構造部材は 1%（0.01）程度とするのがよいとされている。

最新の道路橋示方書・同解説（平成 24 年）⁽⁶⁾ においても、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合の粘性減衰について、鉄筋コンクリート橋脚は 2%（0.02）とされている。

以上のように、粘性減衰は、履歴減衰が生じない状態等における解析上の安定のために設定される値であるため、履歴減衰を用いる場合には、なるべく小さい値として 1%を採用している。

4. 参考文献

- (1) 松尾ら：コンクリート製地中構造物の合理的な耐震性能評価指標に関する検討，土木学会地震工学論文集，2003
- (2) 石川ら：鉄筋コンクリート製地中構造物の変形性状と損傷状態に関わる実験的考察，第26回地震工学研究発表会講演論文集，pp885－888
- (3) 原子力土木委員会・限界状態設計部会：原子力発電所・鉄筋コンクリート製屋外重要土木構造物への限界状態設計法の適用・安全性照査マニュアルの提案，土木学会論文集 No. 442／V－16
- (4) 遠藤ら：鉄筋コンクリート製地中構造物の限界状態に用いるせん断耐力評価法，電力中央研究所報告
- (5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成14年3月
- (6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成24年3月

東海第二発電所

機器・配管系における手法の変更点について
(耐震)

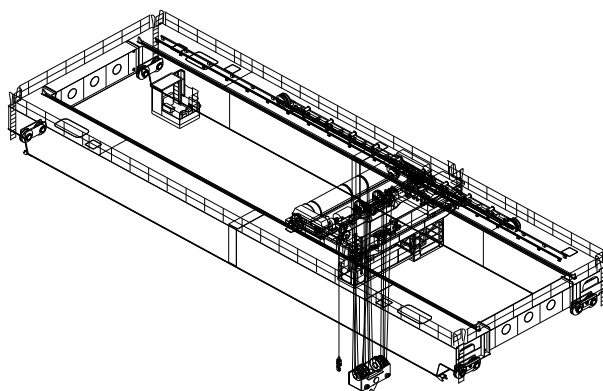
原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について

1. 概要

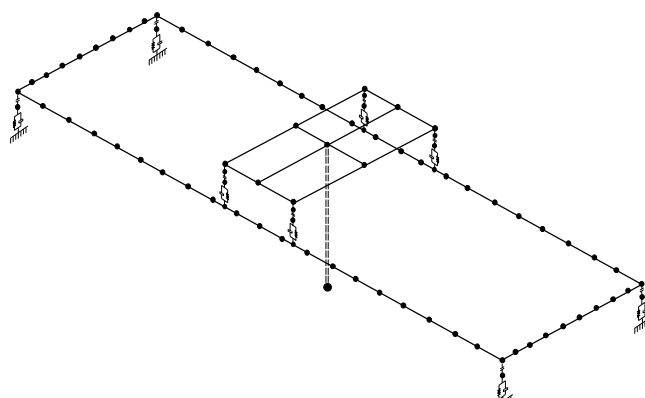
原子炉建屋クレーン（第 1-1 図）の耐震評価は、既工認では鉛直方向は静的地震力のみであったことから簡便に手計算により実施していた。

今回工認では、鉛直方向の動的地震力を考慮する必要があること及びクレーンの車輪部がレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、鉛直方向の地震力に対する車輪部の浮き上がり挙動を考慮した解析モデル（第 1-2 図）を用いた非線形時刻歴応答解析により評価を実施する。

なお、本モデル及び評価手法は大間 1 号炉の建設工認にて適用例があり、大間 1 号炉と東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは類似構造であることから、東海第二発電所の原子炉建屋クレーンにも適用可能である。



第 1-1 図 原子炉建屋クレーン構造概要図



第 1-2 図 今回工認の解析モデル

2. 原子炉建屋クレーンの構造

大間 1 号炉と東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは、第 1-3 図に示すとおり原子炉建屋に設置された走行レール上をガーダ及びサドルが走行し、ガーダ上に設置された横行レールをトロリが横行する構造であり、いずれも同様の構造（別紙 1 参照）となっており、地震力に対し以下の挙動を示す。

(1) 走行方向の水平力

- a. クレーンは走行レール上に乗っているだけで固定されていないため、走行方向の水平力がクレーンに加わっても、クレーンはレール上をすべるだけで、クレーン自身にはレールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
- b. クレーンの走行車輪は、駆動輪又は従動輪である。
- c. 駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度が車輪部に加わると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をすべる。

(2) 横行方向の水平力

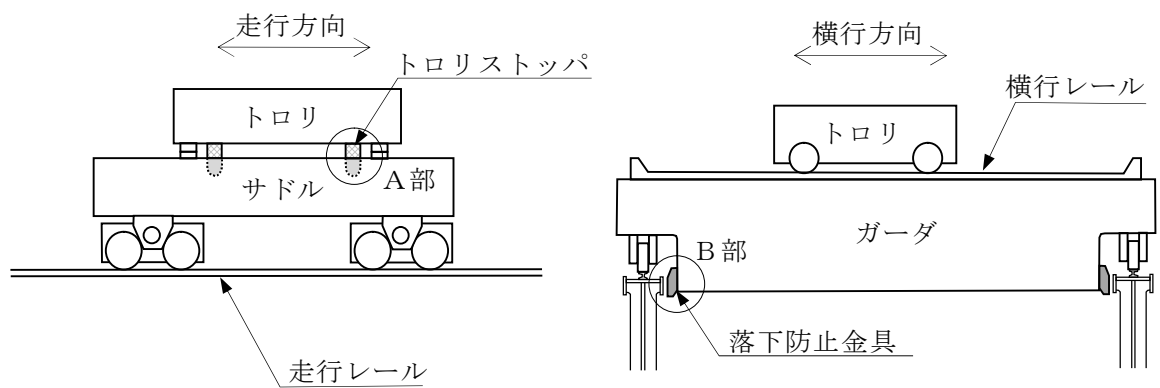
- a. ガーダ関係
 - (a) 横行方向は、走行レールに対して直角方向であるため、ガーダは建屋と固定されているものとし、水平力がそのままガーダに作用する。
- b. トロリ関係
 - (a) トロリはガーダの上に乗っているだけでガーダとは固定されていないため、水平力がトロリに加わっても、トロリはレール上をすべるだけで、トロリ自身にはレールと横行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
 - (b) トロリの横行車輪は、駆動輪又は従動輪である。

(c) トロリの駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度が車輪部に加わると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をすべる。

(3) 鉛直力

ガーダ及びトロリは、レールと固定されていないことから、鉛直方向の地震力によってレールから浮き上がる可能性がある。

また、東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは、今後実施する耐震補強工事により、大間 1 号炉のトロリストッパ及び脱線防止ラグと同様な構造変更を行うことにより、車輪まわりのトロリストッパ及び落下防止金具とレールの間の取り合い構造は、認可実績のある大間 1 号炉の原子炉建屋クレーンと同様の構造となることから、車輪まわりを含めた地震応答解析モデルは大間 1 号炉と同様にモデル化することができる（構造変更の概要は別紙 2 参照）。



	大間 1 号炉	東海第二発電所
A 部		
B 部		

第 1－3 図 車輪まわりの構造比較

3. 解析評価方針

(1) 評価方法

既工認と今回工認の評価方法を第 1-1 表に示す。今回工認では、鉛直方向の動的地震力を考慮する必要があること及びクレーンの車輪部の構造を変更しておりレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、鉛直方向の地震力に対する車輪部の浮き上がり、衝突の挙動を考慮した 3 次元 F E M 解析モデルを用いた非線形時刻歴応答解析により評価を実施する。

第 1-1 表 既工認と今回工認の評価方法の比較

項 目		東海第二発電所		大間 1 号炉
		既工認	今回工認	
解析手法		公式等による 評価	非線形時刻歴 応答解析	同左
解析モデル		—	3 次元 F E M 解析モデル	同左
車輪－レール間の境界条件		すべり考慮	すべり，浮き上がり，衝突考慮	同左
地震力	水平	動的地震力	動的地震力	同左
	鉛直	静的地震力		同左
減衰定数	水平	— ※ 1	2.0% ※ 2	同左
	鉛直	—		同左
解析プログラム		—	Abaqus (Ver. 6.5-4)	同左

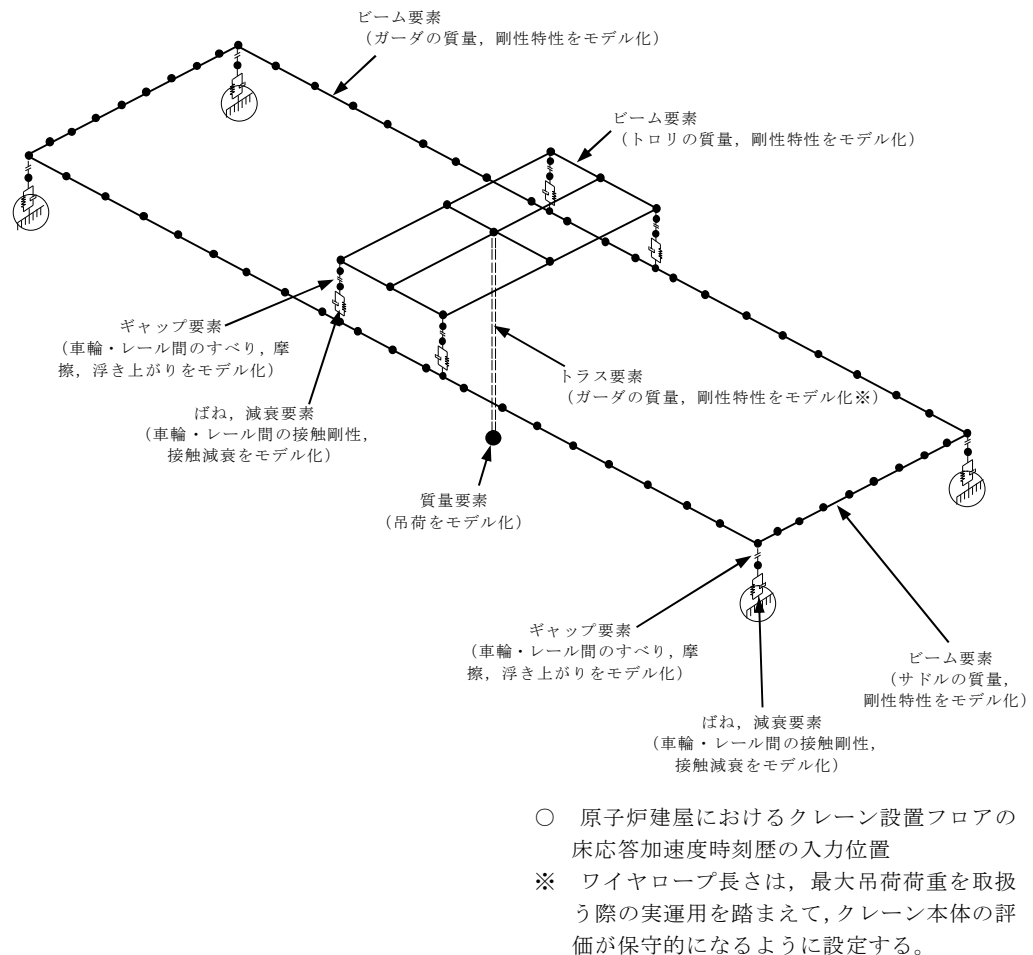
※ 1：既工認では剛として耐震評価を実施しているため減衰定数は使用していない。

※ 2：添付資料 5 にて適用性を説明。

(2) 地震応答解析モデル

クレーンを構成する主要部材をビーム要素でモデル化し、車輪部はレール上に乗っており固定されておらず、すべり、浮き上がり及び衝突の挙動を示す構造であることから、ギャップ要素、ばね要素及び減衰要素でモデル化する。クレーンの解析モデルを第 1-4 図に示す。

なお、今回工認の原子炉建屋クレーンのモデル化は、大間 1 号炉と同一の設定方法とする（車輪部の非線形要素については別紙 3 参照）。



第 1-4 図 原子炉建屋クレーン地震応答解析モデル

(3) 地盤物性等の不確かさに対する検討方針

スペクトルモーダル解析等では、床応答加速度は地盤物性等の不確かさによる固有周期のシフトを考慮して周期方向に $\pm 10\%$ 拡幅したものをを用いている。

本評価では設計用床応答スペクトルを用いない時刻歴応答解析を採用することから、地盤物性等の不確かさに対する考慮を適切に考慮した上で、評価を行う。

なお、今回工認では地盤物性等の不確かさによる建屋固有周期のシフトの影響も考慮し、機器評価への影響が大きい地震動に対し ASME Boiler Pressure Vessel Code SECTION III , DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadening) に規定された設計用床応答スペクトルで考慮されている拡幅 $\pm 10\%$ に相当するゆらぎを仮定する手法による検討を行う予定である。また、ゆらぎを考慮した設計用床応答スペクトルの谷間にクレーンの固有周期が存在する場合は、ASME の規程に基づきピーク位置が固有周期にあたるようにゆらぎを考慮した評価も行う。本検討方針に対する東海第二発電所の原子炉建屋クレーンへの適用性については詳細設計段階で説明する。

4. 別紙

- (1) 原子炉建屋クレーンの主要諸元
- (2) 原子炉建屋クレーンの耐震補強工事による構造変更
- (3) クレーン車輪部の非線形要素（摩擦・接触・減衰）
- (4) 原子炉建屋クレーンの地震時挙動に関する補足説明

5. 参考文献

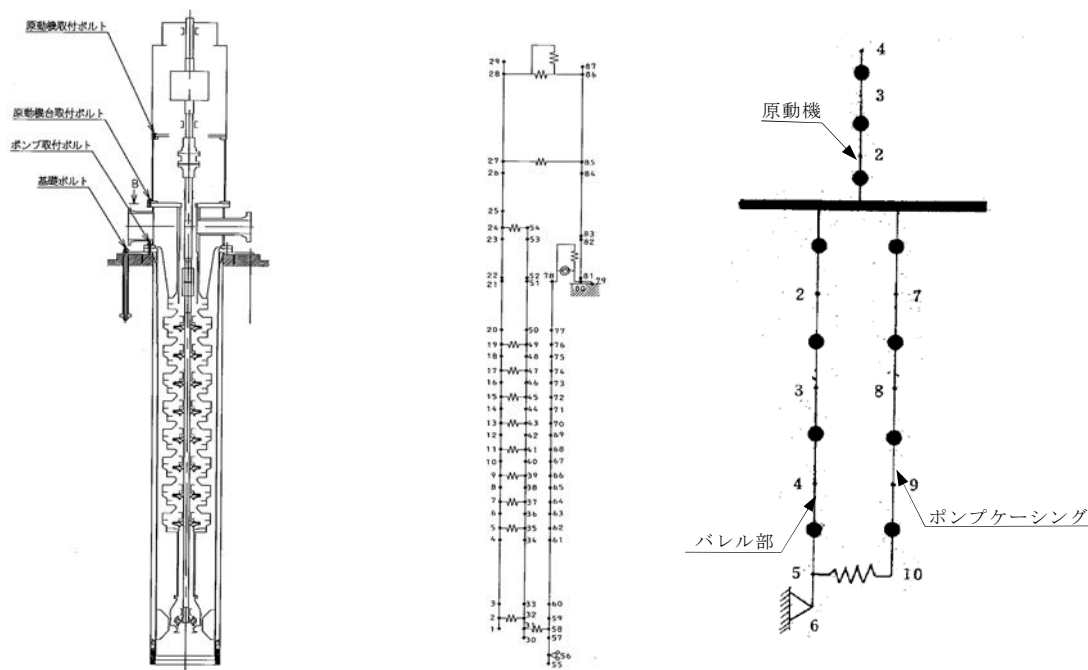
- (1) 平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査
動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告書(08 耐部報-0021, (独)
原子力安全基盤機構)
- (2) 平成 20 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査
動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告書(08 耐部報-0021, (独)
原子力安全基盤機構)

ポンプ等の解析モデルの精緻化について

1. 立形ポンプの解析モデルの精緻化

既工認における高圧炉心スプレーポンプ、低圧炉心スプレーポンプ及び残留熱除去系ポンプの解析モデルは、立形ポンプの構造を模擬したバレル部及びポンプケーシングによる質点系モデルを構築していた。今回工認では、最新の知見によるモデル化を行う観点から、J E A G 4601-1981 追補版に基づき、モデルの精緻化を行う（第 2-1 図参照）。

なお、本解析モデルは大間 1 号炉の既工認及び東海第二発電所の立形ポンプのうち、非常用ディーゼル発電機海水ポンプ及び残留熱熱除去系海水ポンプの既工認にて適用実績がある（第 2-2 図参照）。



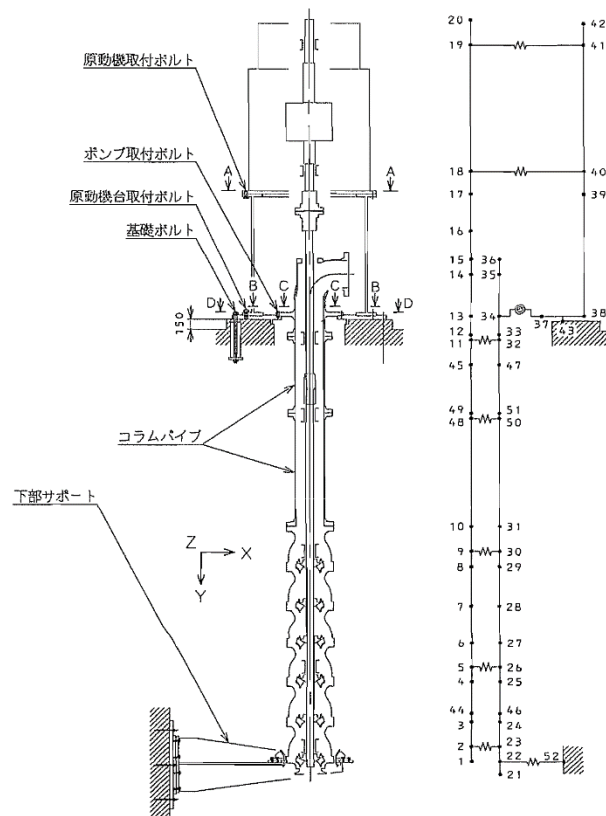
構造概要図

今回工認の解析モデル

既工認の解析モデル

第 2-1 図 立形ポンプの解析モデル図

(高圧炉心スプレーポンプ解析モデルの例)



構造概要図 既工認の解析モデル

第 2-2 図 残留熱除去系海水ポンプ解析モデル

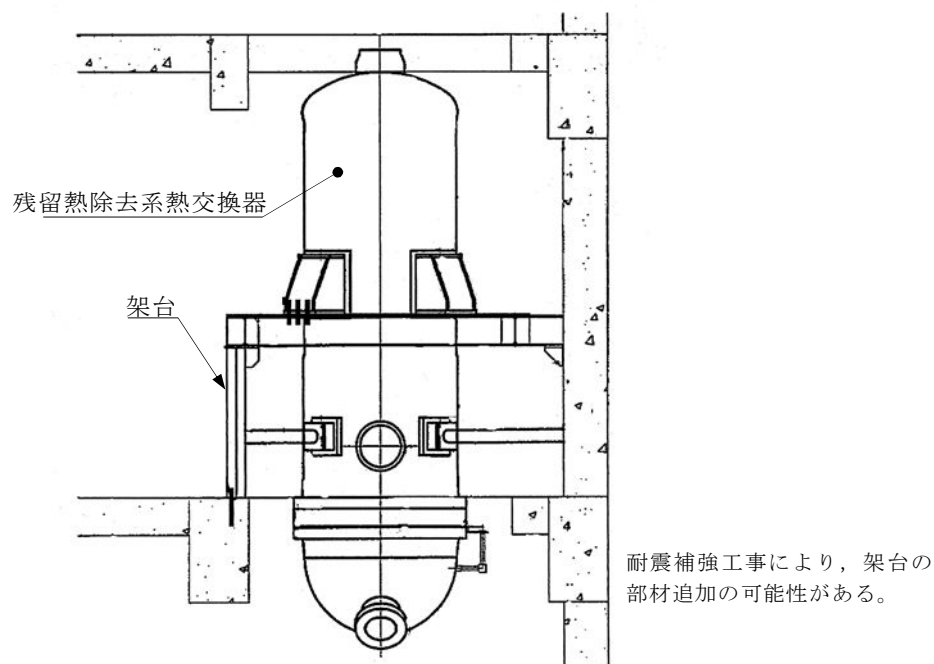
2. 残留熱除去系熱交換器の解析モデルの精緻化

残留熱除去系熱交換器の支持構造概要図を第 2-3 図に示す。残留熱除去系熱交換器は、原子炉建屋床面に設置された架台を介して支持する構造である。既工認における応力評価は、架台部の 1 次固有周期に対して設計用床応答スペクトルから算出される加速度を入力として、規格計算式によって熱交換器本体の評価を実施していた。

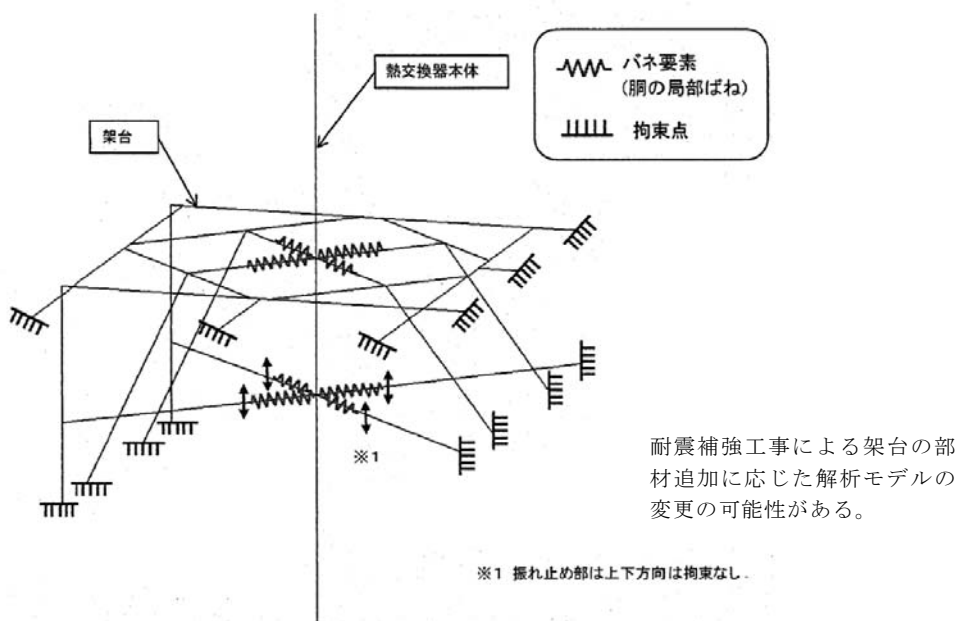
今回工認においては、架台及び熱交換器本体との相互影響を精緻に評価す

る観点から、第 2-4 図に示す多質点系のはりモデルを用いた地震応答解析により評価を行う。

なお、多質点系のはりモデルを用いた地震応答解析については、大間 1 号炉においての既工認にて適用実績がある。



第 2-3 図 残留熱除去系熱交換器支持構造概要図

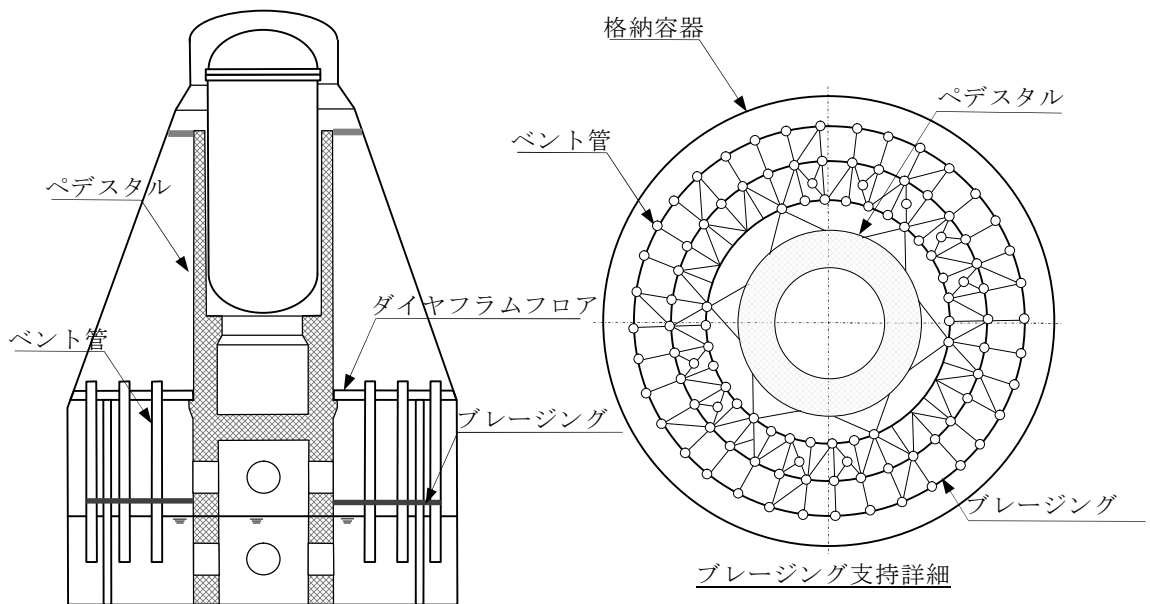


第 2-4 図 残留熱除去系熱交換器解析モデル図

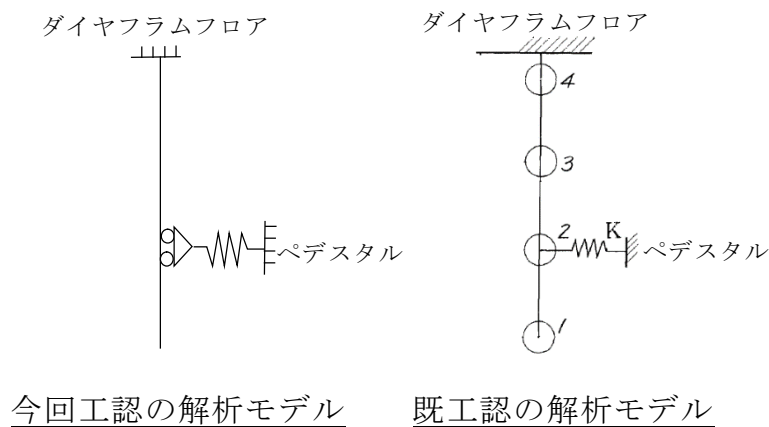
3. 格納容器ベント管の解析モデルの精緻化

格納容器のベント管の支持構造図を第 2-5 図に示す。ベント管はダイヤフラムフロアにより支持され、ブレイジングにて水平方向を拘束されている。

第 2-6 図にベント管の解析モデル図を示す。今回工認においては、大間 1 号炉の既工認実績を踏まえて、**集中質量を用いる質点モデルから等分布質量とした**ビーム要素に変更した解析モデルを用いた地震応答解析により評価を行う。



第 2-5 図 ベント管概要図



第 2-6 図 ベント管解析モデル図

容器等の応力解析への F E Mモデルの適用について

既工認において、公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備について、至近の既工認の適用実績を踏まえて、3 次元 F E Mモデル、多質点モデルを適用した耐震評価を実施する。F E Mモデルを用いる手法等は、大間 1 号炉を含めて他 B W R での適用実績がある手法である。

1. 容器への F E Mモデルの適用

パーソナルエアロック，サプレッションチェンバ，アクセスハッチ等の格納容器本体に取付く各構造物並びにディーゼル発電機の付属設備である始動用空気だめ及び燃料油デイトンクについて，実機の形状をシェル要素にて模擬し，J S M E 等に基づく材料諸元を与えてモデル化することにより，応答解析を行う。応答解析に用いる解析モデル図の例を第 3-1 図に示すとともに第 3-1 表及び第 3-2 表に解析概要を示す。



第 3-1 図 格納容器の F E Mモデル図
(パーソナルエアロックの F E Mモデルの例)

第 3-1 表 格納容器の F E M解析概要

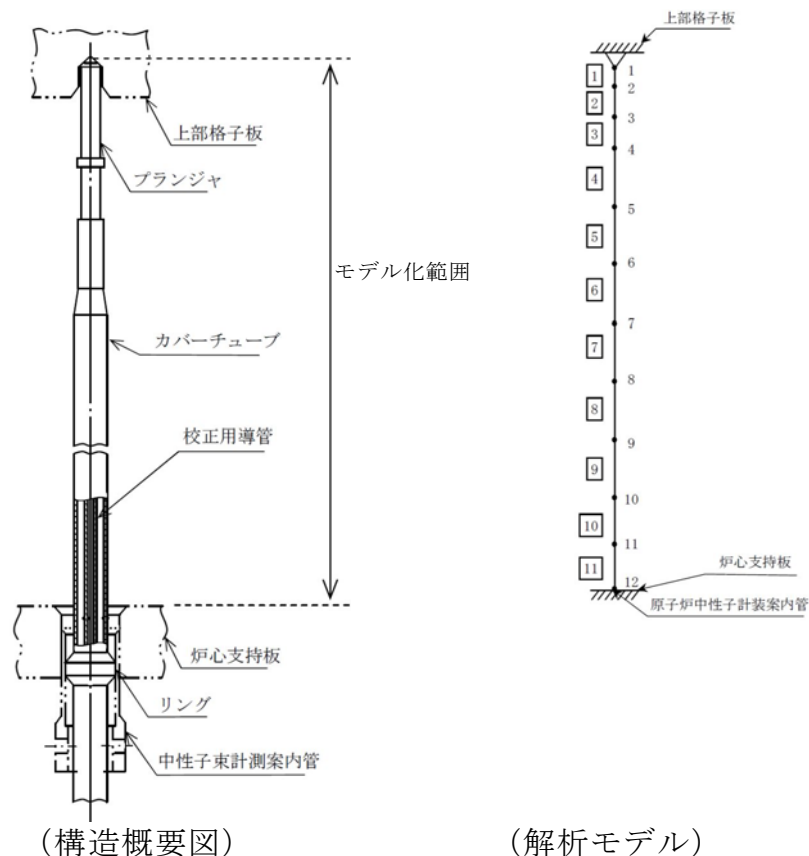
項 目	内 容
適用部位	パーソナルエアロック取付部 サプレッションチェンバアクセスハッチ取付部 イクイプメントハッチ取付部 配管貫通部取付部 電気配線貫通部取付部 上部シアラグ取付部 下部シアラグ取付部
解析コード	NASTRAN
地震条件	別途実施する地震応答解析から得られる地震力（荷重，加速度）を入力とする。

第 3-2 表 D G用補機類容器の F E M解析概要

項 目	内 容
適用部位	非常用ディーゼル発電機用始動空気だめ及び燃料油デイトンク 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用始動空気だめ及び燃料油デイトンク
解析コード	Abaqus
地震条件	別途実施する原子炉建屋地震応答解析から得られる加速度を入力とする。

3. 原子炉圧力容器内構造物への多質点モデルの適用

原子炉圧力容器内構造物であるジェットポンプ、炉心スプレースパージャ及び出力領域計装検出器（LPRM）について、実機形状を質点とはり要素に置き換えた多質点モデルにて応答解析を行う。応答解析に用いる解析モデル図の例を第 3-2 図に示すとともに第 3-3 表に解析概要を示す。



第 3-2 図 原子炉圧力容器内構造物の多質点モデル図

(出力領域計装検出器の多質点モデルの例)

水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて

1. 概要

今回工認の耐震設計では、これまで静的な取扱いのみであった鉛直方向の地震力について、動的な地震力を考慮することとなるとともに、水平方向及び鉛直方向の動的な地震力による荷重を適切に組み合わせることが必要となる。

従来の水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せは、静的な地震力による鉛直方向の荷重には地震継続時間や最大加速度の生起時刻のような時間の概念がなかったことから、水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の最大値同士の絶対値の和としていた。(以下「絶対値和法」という。)

一方、水平方向及び鉛直方向の両者がともに動的な地震力である場合、両者の最大加速度の生起時刻に差があるという実挙動を踏まえると、従来と同じように絶対値和法を用いるのではなく、時間的な概念を取り入れた荷重の組み合わせ法を検討する必要がある。

本資料では、水平方向及び鉛直方向の動的地震力の組合せに関する既往研究⁽¹⁾をもとに、二乗和平方根法(以下「SRSS法(Square Root of the Sum of the Squares)」という。)による組合せ法の妥当性を説明するものである。

なお、SRSS法による組合せは、大間1号炉の既工認において適用実績のある手法である。

2. 東海第二発電所で用いる荷重の組合せ法

東海第二発電所では、静的な地震力による荷重の組合せについては、従来

どおり絶対値和法を用いて評価を行う。また、動的な地震力による荷重の組合せについては、既往知見に基づき、S R S S法を用いて評価を行う。

3. 水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の組合せ法に関する研究の成果

3.1 荷重の組合せ法の概要

絶対値和法とS R S S法の概要を以下に示す。

(1) 絶対値和法

本手法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重（又は応力）
※を絶対値和で組み合わせる方法である。

この方法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重が同時刻に同位相で生じることを仮定しており、組合せ法の中で最も大きな荷重を与える。本手法は、主に地震力について時間の概念がない静的地震力による荷重の組合せに使用する。

$$\text{組合せ荷重（又は応力）} = |M_H|_{\max} + |M_V|_{\max}$$

M_H ：水平方向地震力による荷重（又は応力）

M_V ：鉛直方向地震力による荷重（又は応力）

(2) S R S S法

本手法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重（又は応力）
※を二乗和平方根で組み合わせる方法である。

この方法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重の生起時刻に時間的なずれがあるという実挙動を考慮しており、水平方向及び鉛直方向地震動の同時入力による時刻歴応答解析との比較において平均的な荷重を与える。本手法は、動的な地震力による荷重の組合せに使用する。

$$\text{組合せ荷重（又は応力）} = \sqrt{(M_H)_{\max}^2 + (M_V)_{\max}^2}$$

M_H ：水平方向地震力による荷重（又は応力）

M_V ：鉛直方向地震力による荷重（又は応力）

※：荷重の段階で組み合わせる場合と、荷重による発生した応力の段階で組み合わせる場合がある。応力の段階で組み合わせる場合は、その妥当性を確認した上で用いる。

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)

5.2 接続部における相互影響

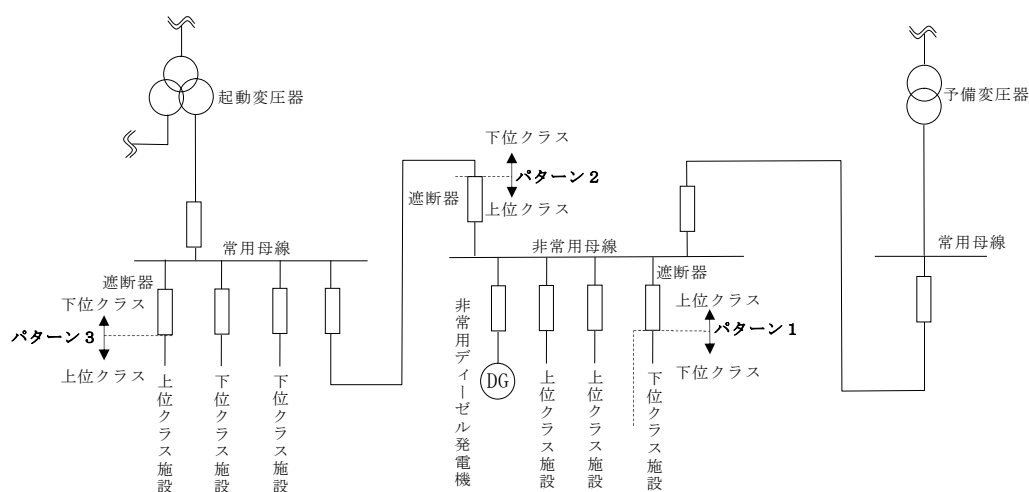
第5-2図のフローに従い、上位クラス施設と接続する下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

a. 接続部の影響検討を要する上位クラス施設の抽出

接続部の影響検討を要する上位クラス施設を抽出する。ここで、上位クラス施設と下位クラス施設との設計上の考慮をしている電気設備、計装設備、格納容器貫通部、空気駆動弁（以下「A0弁」という。）駆動用空気供給配管接続部及び弁グランド部漏えい検出配管接続部については抽出の対象外とし、機器・配管及びダクトを対象とする。

(a) 電気設備

受電系統について、上位クラス施設と下位クラス施設は基本的には系統的に分離した設計としているが、受電系統概念図にあるように一部の受電系統において上位クラス施設と下位クラス施設との接続がある。このため、上位クラス施設と下位クラス施設との接続するパターンを下記のように整理した。



受電系統概念図

＜パターン 1＞

受電系統概念図のパターン 1 のように上位クラス電源盤と下位クラス施設が接続し、上位クラス電源盤から下位クラス施設に給電する場合、上位クラス電源盤と下位クラス施設は遮断器を介して接続されており、下位クラス施設の故障が生じた場合においても、上位クラス電源盤の遮断器が動作することで事故範囲を隔離し、上位クラス電源盤の機能に影響を与えない設計としている。

＜パターン 2＞

受電系統概念図のパターン 2 のように上位クラス施設である非常用高圧母線と下位クラス施設が接続し、下位クラス施設から非常用高圧母線に給電する場合、上位クラス電源盤と下位クラス施設は遮断器を介して接続されており、下位クラス設備の故障が生じた場合には、上位クラス電源盤の遮断器が動作することにより事故範囲を隔離する。この際、非常用高圧母線が停電するが非常用ディーゼル発電機が自動起動し非常用高圧母線に給電するため、上位クラス施設である非常用高圧母線が機能喪失しない設計としている。

＜パターン 3＞

パターン 1，2 以外に考えられる上位クラス施設と下位クラス施設が接続する組合せとして、下位クラス電源盤から上位クラス施設に給電するパターンが挙げられる。この場合、下位クラス電源盤が故障により上位クラス施設が機能喪失することとなるが、東海第二発電所においてはこのようなパターンのものはない。

以上より、電気設備については上位クラス施設に接続する下位クラス施設の故障が上位クラス施設に波及することがない設計としている。

(b) 計装設備

計測制御設備について、安全系（上位クラス施設）と常用系（下位クラス施設）は原則物理的に分離しているが、制御信号および計装配管の一部に上位クラス施設と下位クラス施設との接続部がある。このため、上位クラス施設と下位クラス施設との接続するパターンを下記のように整理した。

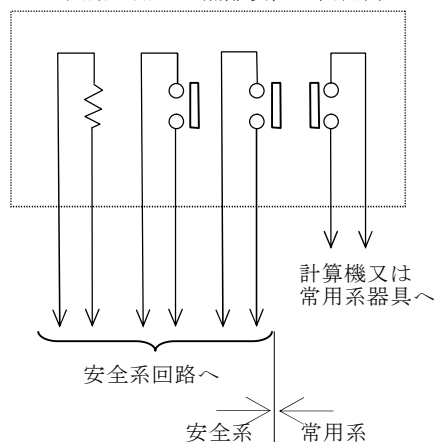
i) 制御信号

制御信号について、上位クラス施設と下位クラス施設との接続部として存在する可能性が考えられるパターンとして、下記の2つがある。

- ①安全系（上位クラス）から常用系（下位クラス）に伝送する
- ②常用系（下位クラス）から安全系（上位クラス）に伝送する

このうち、②のパターンは東海第二発電所においては存在しない。①の信号を安全系（上位クラス）から常用系（下位クラス）に伝送するラインについては、信号伝送における分離概念図に示すとおり、フォトカップラやリレー回路などの隔離装置を介することにより、電氣的に分離されており、常用系の故障が安全系に波及することがない設計としている。

リレー回路を用いた隔離装置の代表例



信号伝送における分離概念図

ii) 計装配管

計装配管について、上位クラス施設と下位クラス施設との接続部として存在する可能性が考えられるパターンとして、下記の2つがある。

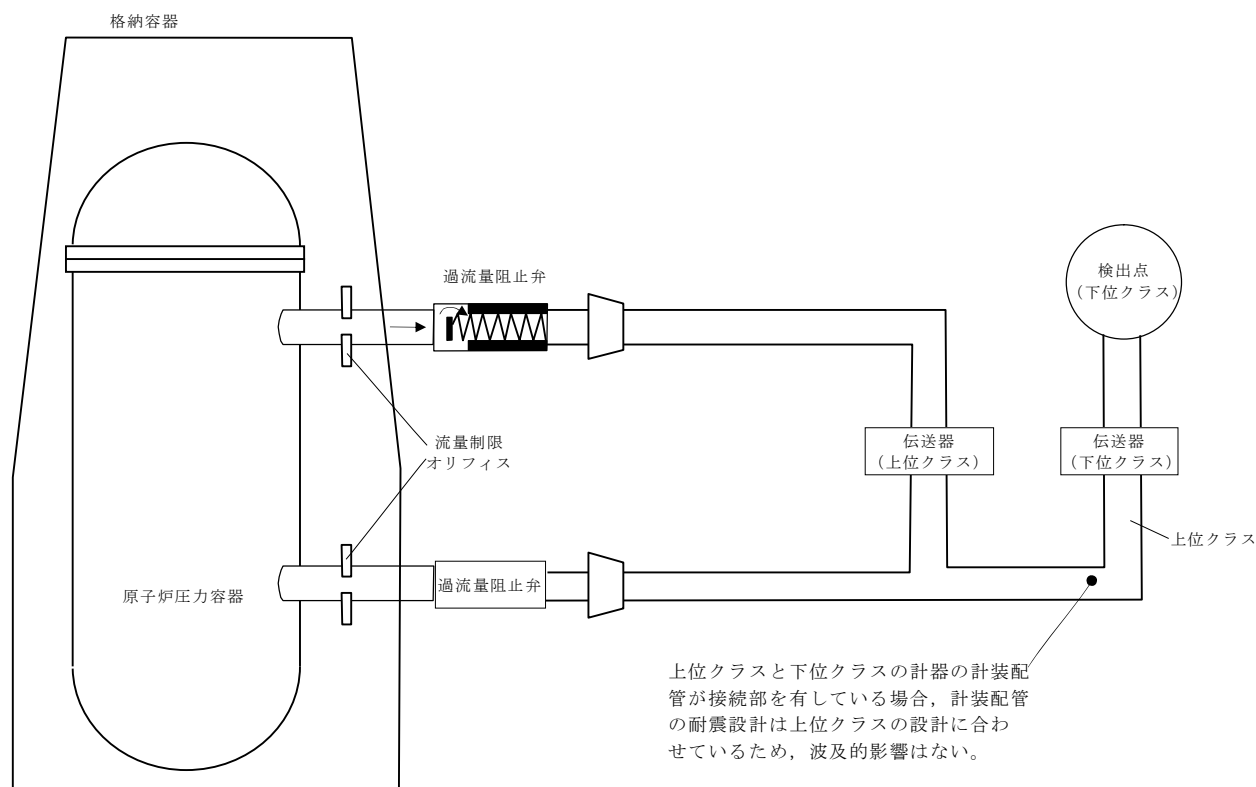
①上位クラスの機器に下位クラス計器の計装配管が接続されている

②下位クラスの機器に上位クラス計器の計装配管が接続されている

このうち、②のパターンは東海第二発電所においては存在しない。①については、上位クラスの計器と下位クラスの計器が接続されているパターンと上位クラスの機器（原子炉圧力容器）の計測装置として下位クラスの計器が接続されているパターンがあるため、それぞれパターン①-1，①-2と分類して下記の通り検討した。

<パターン①-1>

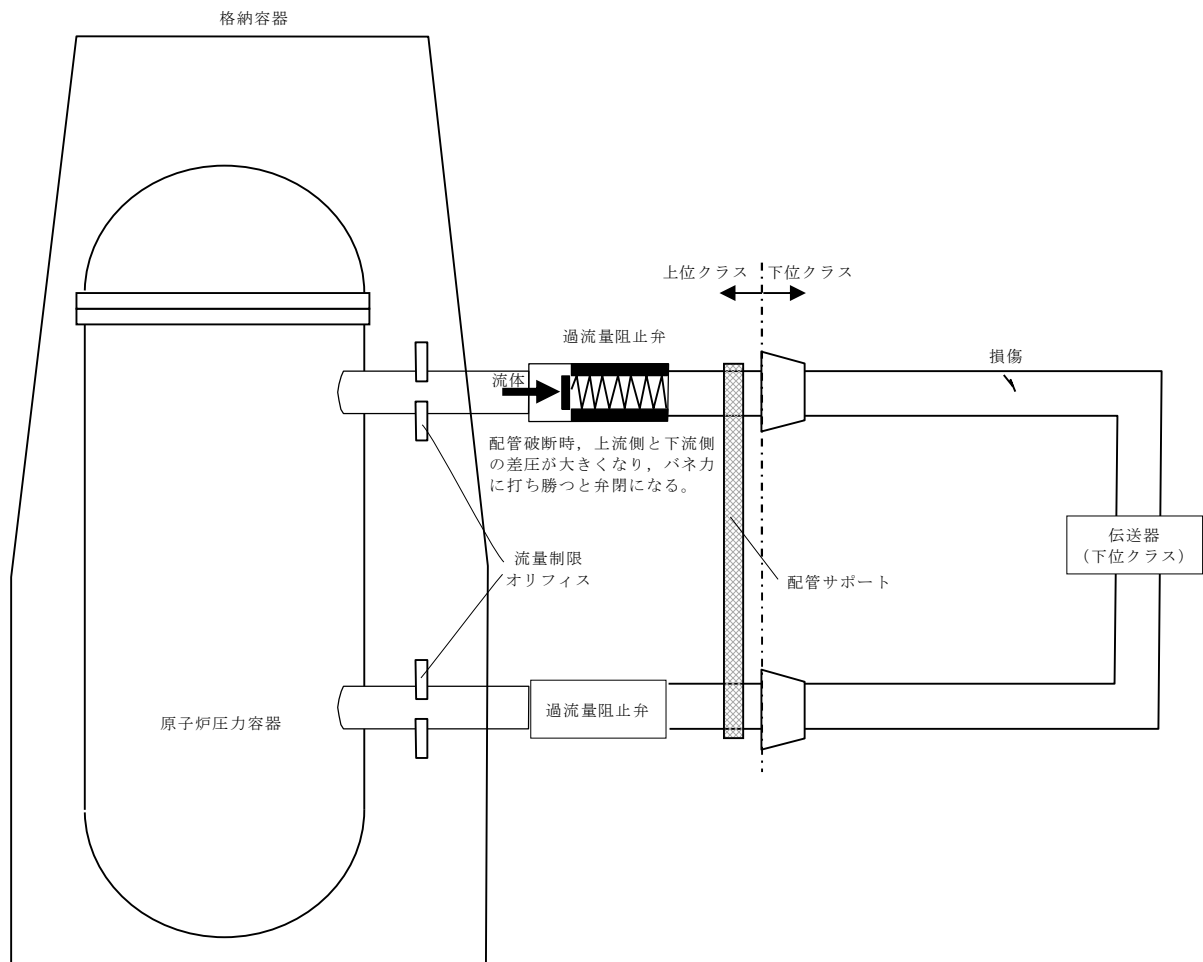
上位クラスと下位クラスの計装配管が接続部を有している場合、下記の概念図に示すとおり、計装配管の耐震設計は上位クラスの設計に合わせているため、波及的影響はない。



計装配管の耐震設計概念図

<パターン①-2>

原子炉圧力容器（上位クラス）に接続されている下位クラス計器については、原子炉圧力容器からの計装ライン構成概念図に示すとおり、過流量阻止弁の下流側は下位クラスの設計としている。ただし、原子炉圧力容器に接続されている計装配管には、原子炉格納容器内側に流量制限オリフィスを設けると共に、原子炉格納容器外側には過流量阻止弁を設置しており、万一、過流量阻止弁～計器間の計装配管が破断した際においても、差圧大で瞬時に過流量阻止弁が閉となるため、波及的影響はない。



原子炉圧力容器からの計装ライン構成概念図

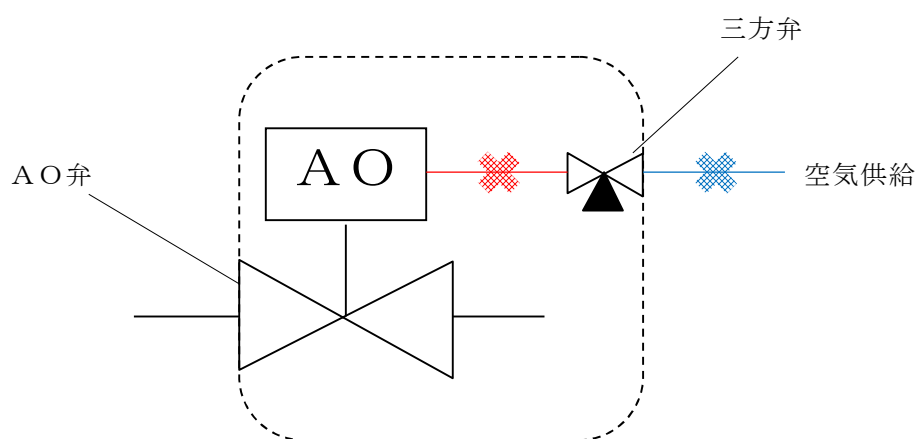
以上より，計装設備については上位クラス施設に接続する下位クラス施設の故障が上位クラス施設に波及することがない設計としている。

(c) 格納容器貫通部

格納容器貫通部については，前後の隔離弁を含めて上位クラス設計であり，接続する下位クラス配管が破損した場合においても隔離弁の健全性を保つ構造としており，格納容器バウンダリとしての貫通部の機能に波及的影響を及ぼすことがない設計としている。

(d) A0 弁駆動用空気供給配管接続部

上位クラス配管に設置される A0 弁駆動用の空気供給配管は上位クラス設計ではないが，仮に空気供給配管が破損した場合でも，弁はフェイルセーフ側に動作するため，上位クラス施設の安全機能は喪失しないことから，抽出の対象外としている。なお，空気供給配管の供給側（下図青色部）で閉塞が発生したとしても A0 弁はフェイルセーフ側に動作しないが，動作要求信号が発生すれば三方弁から支障なく排気されることから A0 弁の機能に影響を与えない。また，空気供給配管の A0 弁側（下図赤色部）については上位クラスの A0 弁とあわせて動的機能維持を確認している範囲であるためそもそも閉塞しないと考えられる。



----- 上位クラスとして動的機能維持を確認している範囲

A0 弁概念図

(e) 弁グランド部漏えい検出配管接続部

上位クラス配管に設置される弁のグランド部に接続されるグランドリーク検出ラインについては、上位クラス設計ではないが、仮にグランドリーク検出ラインが破損した場合でも、上位設備である弁の機能に影響が無いことから、抽出の対象外としている。

b. 接続部の抽出

機器・配管及びダクトを対象として上位クラス施設に下位クラス施設が直接接続している箇所を抽出する。

c. 影響評価対象の選定

b. で抽出した接続部のうち、上位クラス設計の弁又はダンパにより常時閉隔離されているものは、接続する下位クラス配管が破損した場合においても健全性は確保されるため、評価対象外とする。

d. 影響評価

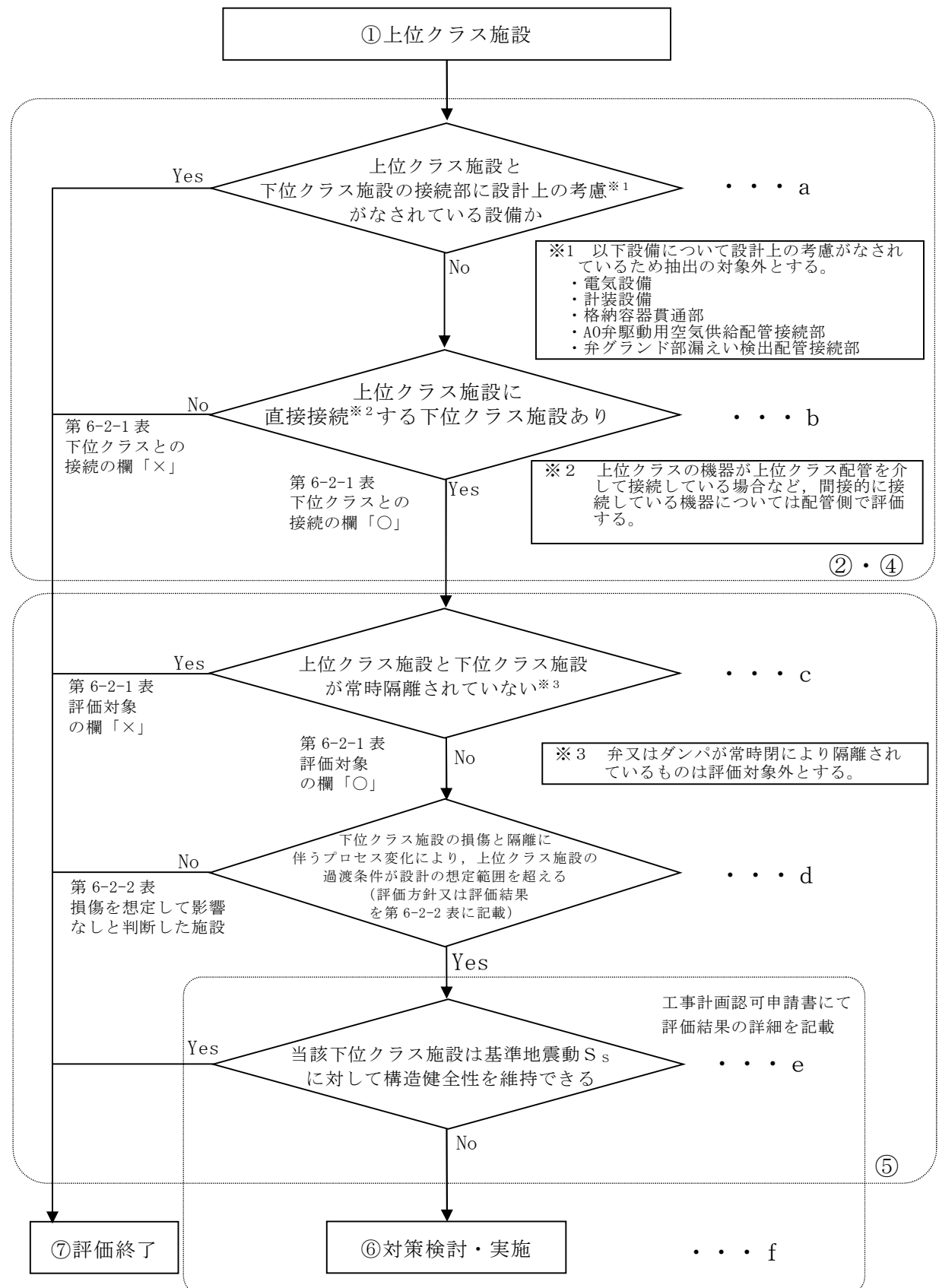
c. で抽出した下位クラス施設について、下位クラス施設が損傷した場合の系統隔離等に伴うプロセス変化により、上位クラス施設の過渡条件が設計の想定範囲内であることを確認する。ここで、下位クラス施設の損傷には破損と閉塞が考えられる。閉塞は配管等が相対変位による軸直交方向の大きな荷重を受けることによって折れ曲がり、流路を完全に遮断することで発生する。しかしながら、下位クラス施設が上位クラス施設と同一の間接支持構造物に支持されていれば、間接支持構造物の相対変位及び不等沈下による影響を受けないことから、閉塞はしないと考えられる。以上より、上位クラス施設と隔離されずに接続する下位クラス施設の支持状況を確認し、同一の間接支持構造物に支持されていない場合は閉塞の影響について個別に検討する。

e. 耐震性の確認

d. で設計の想定範囲を超えるものについて、基準地震動 S_s に対して、構造健全性が維持され、内部流体の内包機能等の必要な機能を維持できることを確認する。

f. 対策検討

e. で上位クラス施設の機能を損なうおそれが否定できない下位クラス施設について、基準地震動 S_s に対して健全性を維持できるように構造の改造、接続部から上位クラス施設の配管・ダクト側に同じく健全性を維持できる隔離弁の設置等により、波及的影響を防止する。



※フロー中①，②，④～⑦の数字は第2-1図中の①，②，④～⑦に対応する。

第 5-2 図 上位クラス施設と接続する下位クラス施設の抽出及び評価フロー

波及的影響評価に係る現場調査の実施要領

1. 目的

建屋内外の上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響評価のため、現場調査を実施し、上位クラス施設周辺の下位クラス施設の位置、構造及び影響防止措置等の状況を確認し、下位クラス施設による波及的影響のおそれの有無等を調査する。

2. 調査対象

2.1 調査対象施設

以下に示す上位クラス施設を現場調査の対象とする。

- (1) 設計基準対象施設のうち、耐震Sクラス施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む。）
- (2) 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

なお、狭暗部、内部構造物等機器の内部、コンクリート埋設、地下、高所、高線量区域及び水中については、現場調査が困難であるが、狭暗部（原子炉圧力容器支持構造物等）については、外部から閉ざされた区域にあり、元々耐震Sクラス施設しかないこと、内部構造物等機器の内部（原子炉圧力容器内部構造物等）はその物全体が上位クラス施設であること、コンクリート埋設、地下については、周囲に波及的影響を与えるものはないと推定されることから、これらの箇所に設置されている上位クラス施設に対する波及的影響はないと判断する。

高所については、施設下方から周辺機器の位置関係を俯瞰的に見ることによって波及的影響の有無を確認する。

水中については、対象上位クラス施設として使用済燃料プール、使用済燃料貯蔵ラックが該当するが、使用済燃料プール内に設置されている下位

クラス施設は設計図書類で網羅的に確認できることから、現場調査では使用済燃料貯蔵プール等の上部を俯瞰的に見ることで波及的影響の有無を確認する。

2.2 現場調査にて確認する検討事象

別記2に記載された事項に基づく検討事象に対する現場調査による確認項目を第1表に示す。

第1表 別記2に記載された事項に基づく検討事象に対する現場調査による確認項目

調査対象施設	建屋外施設		接続部 (建屋内外)	建屋内施設
検討事象	別記 2①	別記 2④	別記 2②	別記 2③
現場調査による確認項目	× ^{※1}	○	× ^{※2}	○

※1 不等沈下又は相対変位の観点として、上位クラス施設の建物・構築物と下位クラス施設の位置関係が机上検討で確認した通りであることを現地で確認。

※2 接続部については、系統図等により網羅的に確認が可能であり、プラント建設時及び改造工事の際は、施工に伴う確認、系統図作成時における現場確認、使用前検査、試運転等から接続部が設計図書どおりであることを確認していることから、接続部の波及的影響については、机上検討により評価対象の抽出が可能である。

3. 調査要員

調査要員の要件は、以下のとおりとする。下記(1)または(2)の要件に該当する者の複数名でチームを編成し、現場調査を実施する。

- (1) 耐震設計、構造設計又は機械・電気計装設計等に関する専門的な知識・技能及び経験を有する者。

(2) 施設の構造，機能及び特性等に関する専門的な知識・技能及び経験を有する者。

4. 現場調査実施日

平成 27 年 12 月 7 日～平成 28 年 3 月 25 日

平成 29 年 5 月 18 日

5. 調査方法

5.1 調査手順

調査対象施設について，別紙の「東海第二発電所上位クラス施設への波及的影響調査記録シート」に従い，周辺の下位クラス施設の位置，構造及び影響防止措置（落下防止措置，固縛措置等）等の状況から，波及的影響のおそれの有無を確認する。

5.2 確認項目及び判断基準

各確認項目に対する波及的影響のおそれの有無の判断基準を第 2 表に示す。

なお，対象となる上位クラス施設に対して，下位クラス施設が明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ，重量等である場合（小口径配管，照明器具等）は影響無しと判断する。

第2表 確認項目及び判断基準

確認項目	判断基準
○下位クラス施設との十分な離隔距離をとる等により、当該設備に与える影響はない。	・周辺の下位クラス施設の転倒・落下を想定した場合にも上位クラス施設に衝突しないだけの離隔距離をとって配置・保管されていること。
○周辺に作業用ホイスﾄ・ﾚｰﾙ, グﾚｰﾁﾝｸﾞ, 手すり等がある場合, 落下防止措置等により, 当該設備に与える影響はない。	<p>・作業用ホイスﾄ・ﾚｰﾙ, グﾚｰﾁﾝｸﾞ, 手すり等について, 離隔距離が十分でない場合は, 適切な落下防止措置等が講じられていること。</p> <p>・離隔距離をとっていても地震により移動する可能性があるもの(チェーンブロック等)は移動防止措置が講じられていること。</p>
○周辺に仮置き機器がある場合, 固縛措置等により, 当該設備に与える影響はない。	・仮置き機器について, 離隔距離が十分でない場合は, 固縛措置等により落下防止または移動防止措置が講じられていること。
○上部に照明器具がある場合, 落下防止措置等により, 当該設備に与える影響はない。	・照明器具について, 離隔距離が十分ではない場合は, 適切な落下防止措置等が講じられていること。

東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (1/2)

施設(機器)名称		施設(機器)番号	
設置建屋		設置場所	

Y: YES N: NO U: 調査不可 N/A: 該当なし

No.	調 査 項 目	Y	N	U	N/A
1	調査対象施設の上部または近傍に下位クラス施設の有無				
2	下位クラス施設等との十分な離隔距離が有り、当該施設に影響を与えない。				
3	周辺に影響を及ぼしうる揚重設備、レール、グレーチング手摺等がある場合、転倒及び落下により当該設備に影響を与えない。				
4	周辺に点検用機材等の物置場がある場合、固縛措置等により当該設備に影響を与えない。				
5	上部に照明器具、天井・壁の簡易建築材がある場合、落下防止措置等により当該設備に影響を与えない。				
6	対象設備と支持構造物との接合部に外観上の異常（ボルトの緩み、腐食・き裂等）の有無				
7	その他 ()				

所見（施設周辺の状況について記載）

調査実施日 平成 年 月 日
調 査 者

東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (2/2)

施設(機器)名称		施設(機器)番号	
設置建屋		設置場所	

現場調査記録 (写真等)

波及的影響評価に係る現地調査記録

東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (1 / 2)

施設(機器)名称	原子炉隔離時冷却系ポンプ	施設(機器)番号	B020
設置建屋	R/B	設置場所 (エリア)	B2F RCIC ポンプ室 (B2-B)

Y: YES N: NO U: 調査不可 N/A: 該当なし

No.	調 査 項 目	Y	N	U	N/A
1	調査対象施設の上部または近傍に影響を及ぼしうる下位クラス施設はない。		○		
2	下位クラス施設等との十分な離隔距離が有り、当該施設に影響を与えない。	○			
3	周辺に影響を及ぼしうる揚重設備、レール、グレーチング手摺等がある場合、転倒及び落下により当該設備に影響を与えない。		○		
4	周辺に点検用機材等の物置場がある場合、固縛措置等により当該設備に影響を与えない。	○			
5	上部に天井・壁の簡易建築材がある場合、落下防止措置等により当該設備に影響を与えない。	○			
6	対象設備と支持構造物との接合部に外観上の異常（ボルトの緩み、腐食・き裂等）はない。	○			
7	その他 (下記所見参照)				

所見（施設周辺の状況について記載）

原子炉隔離時冷却系ポンプの上部にある揚重設備（ホイスト）の落下により当該施設を破損させる恐れがある。

調査実施日 平成28年02月01日

調 査 者

東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (2 / 2)

施設(機器)名称	原子炉隔離時冷却系ポンプ	施設(機器)番号	B020
設置建屋	R/B	設置場所 (エリア)	B2F RCIC ポンプ室 (B2-B)

現場調査記録 (写真等)

東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (1/2)

施設(機器)名称	エリア (B2-B)	施設(機器)番号	—
設置建屋	R/B	設置場所 (エリア)	B2F RCIC ポンプ室 (B2-B)

Y: YES N: NO U: 調査不可 N/A: 該当なし

No.	調 査 項 目	Y	N	U	N/A
1	調査対象施設の上部または近傍に影響を及ぼしうる下位クラス施設はない。		○		
2	下位クラス施設等との十分な離隔距離が有り、当該施設に影響を与えない。	○			
3	周辺に影響を及ぼしうる揚重設備、レール、グレーチング手摺等がある場合、転倒及び落下により当該設備に影響を与えない。		○		
4	周辺に点検用機材等の物置場がある場合、固縛措置等により当該設備に影響を与えない。	○			
5	上部に天井・壁の簡易建築材がある場合、落下防止措置等により当該設備に影響を与えない。	○			
6	対象設備と支持構造物との接合部に外観上の異常（ボルトの緩み、腐食・き裂等）はない。	○			
7	その他 ()				

所見（施設周辺の状況について記載）

- ①上部にある揚重設備（ホイスト）の落下により配管系、弁を破損させる恐れがある。（RCIC系／RHR系）
- ②当該エリアにおけるその他全ての施設（Sクラス施設を含む）への波及的影響は無いことを確認した。
- ・配管系、弁、貫通部
 - ・ダクト
 - ・ケーブルトレイ

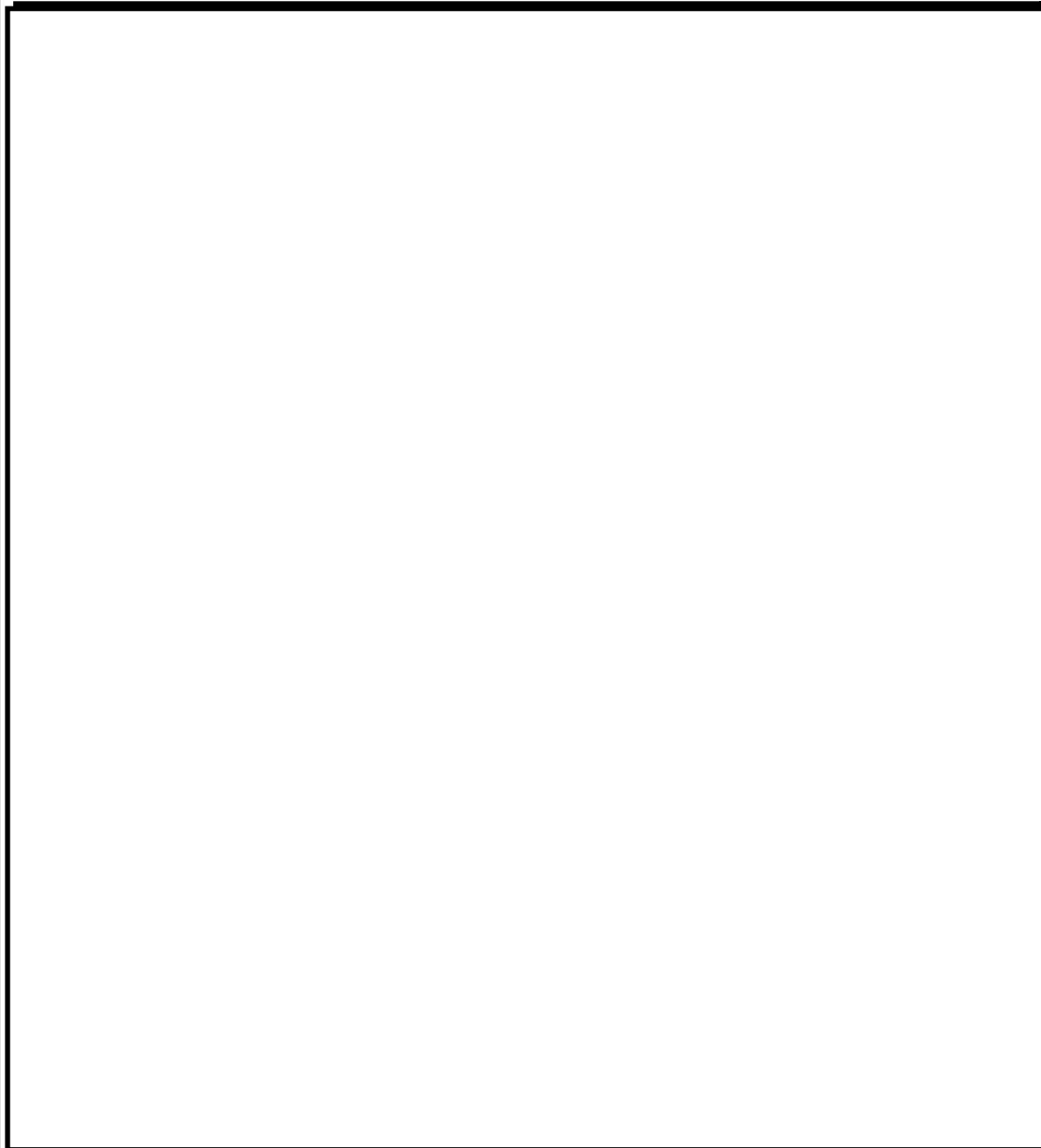
調査実施日 平成28年02月01日

調 査 者 XXXXXXXXXX

東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (2 / 2)

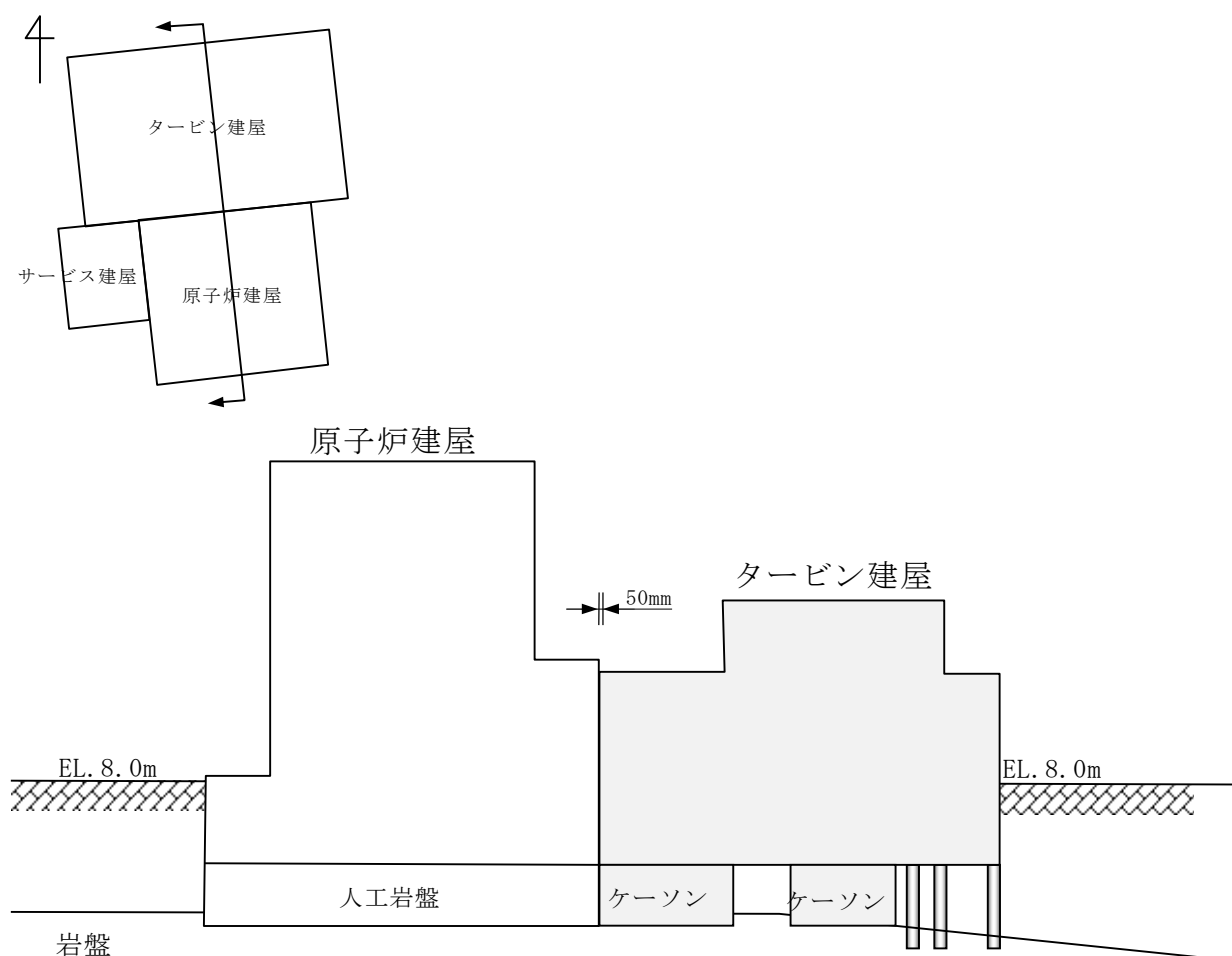
施設(機器)名称	エリア (B2-B)	施設(機器)番号	—
設置建屋	R/B	設置場所 (エリア)	B2F RCIC ポンプ室 (B2-B)

現場調査記録 (写真等)

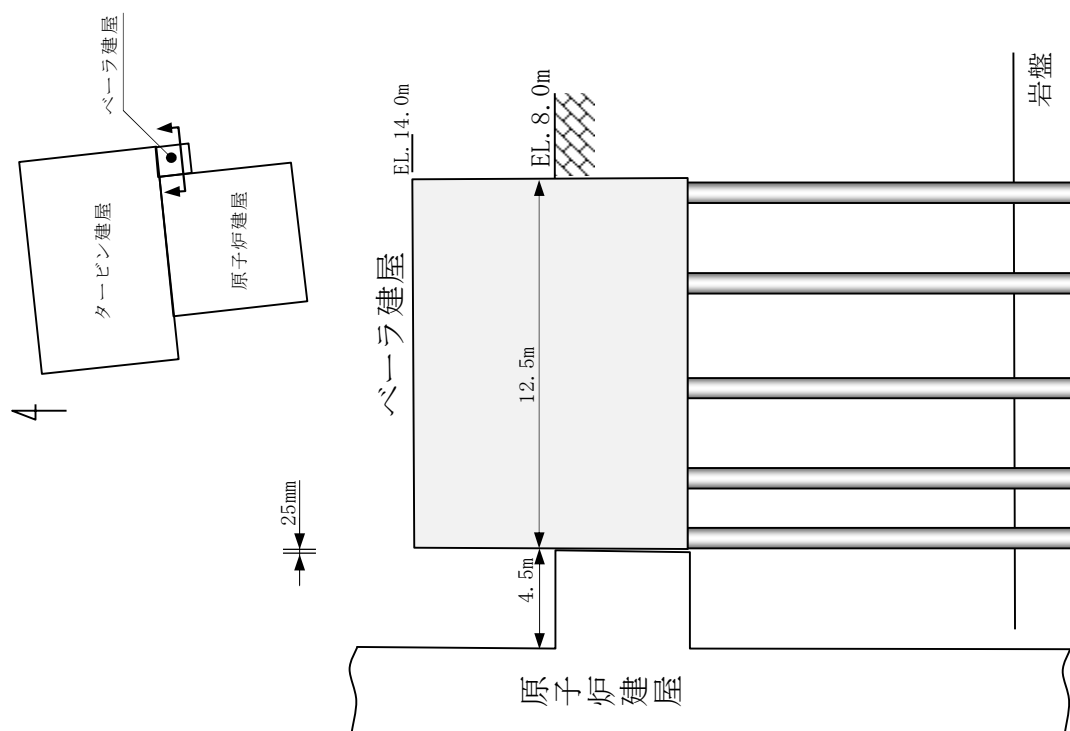


上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の接地状況について

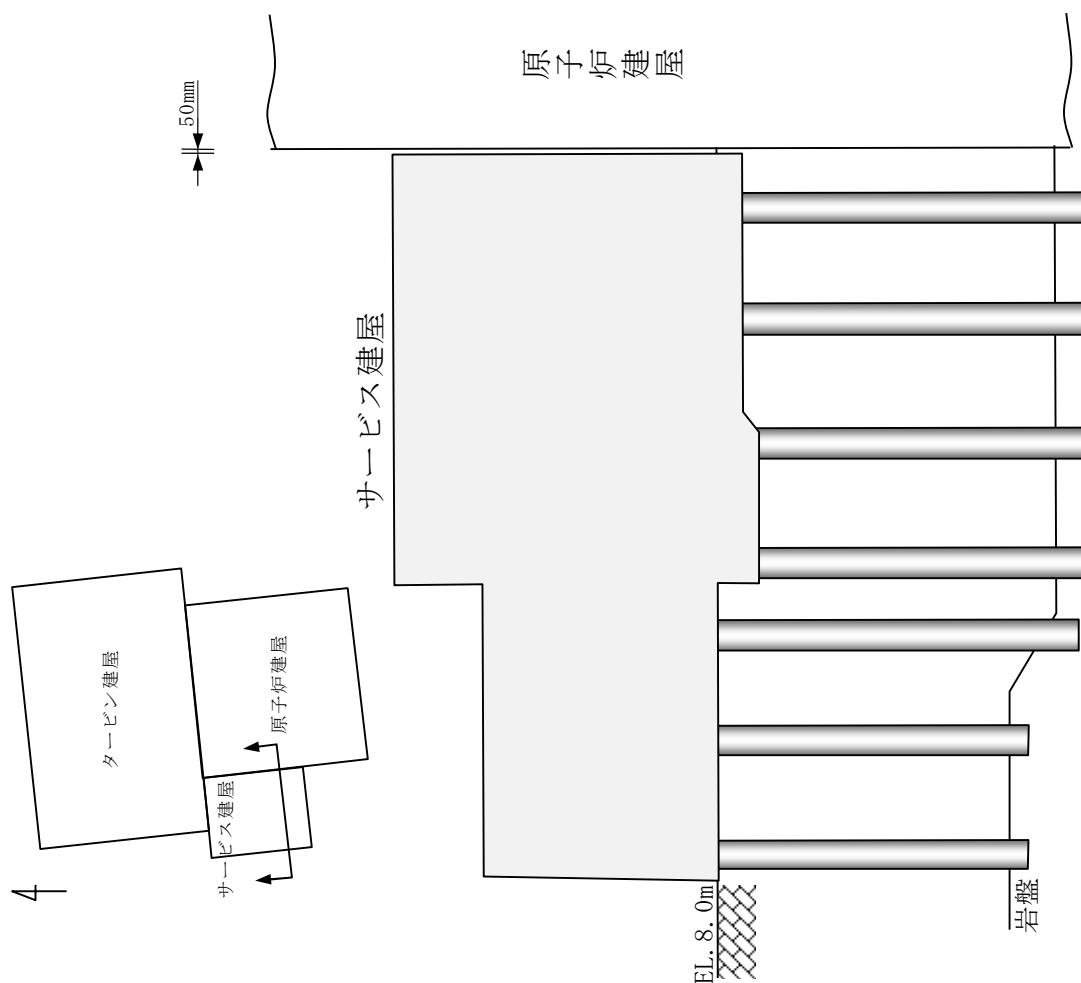
本資料では，上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の接地状況の概念図
第4－1図～第4－6図について示す。



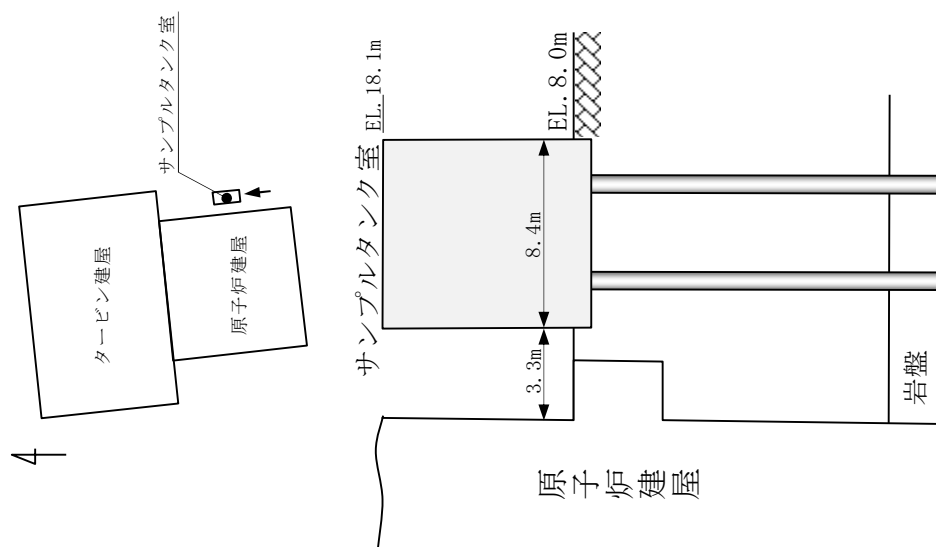
第 4－1 図 原子炉建屋及びタービン建屋接地状況概念図



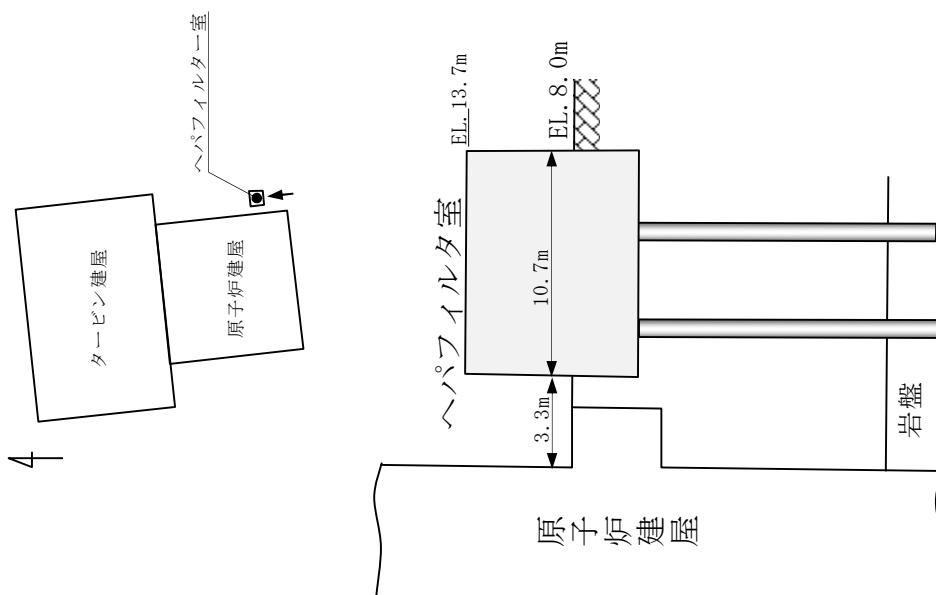
第4-3図 フ建屋接地状況概念図



第4-2図 図サ-ビス建屋接地状況概念図

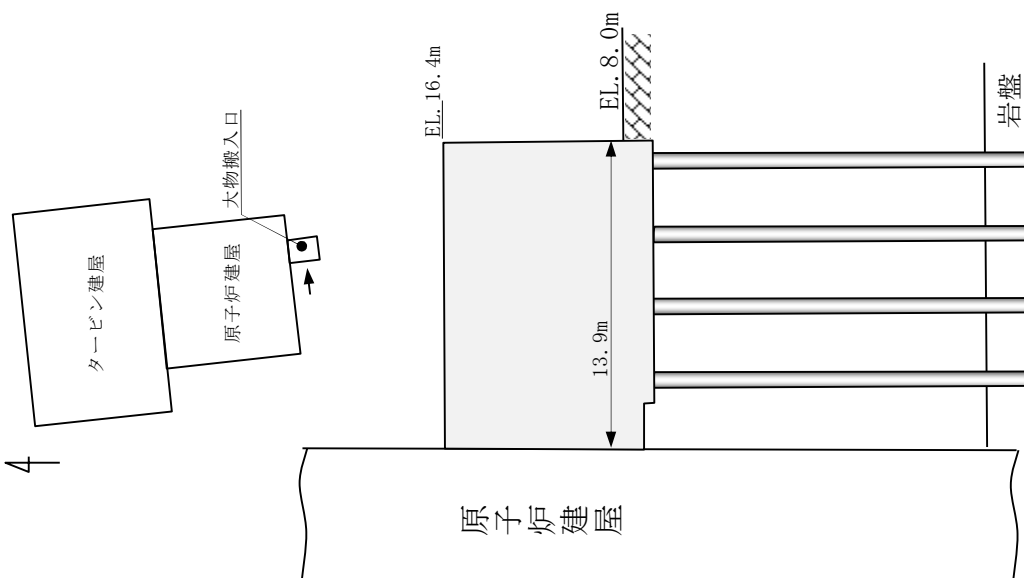


第4-4図 サンプルトンク室接地状況概念図



第4-5図 ヘパフィルタ室接地状況概念図

4



第4-6図 機器搬入口接地状況概念図

東海第二発電所

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
(耐震)

目 次

1. はじめに
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動
 - 2.1 東海第二発電所の基準地震動 S_s
 - 2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価
 - 3.1 建物・構築物
 - 3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方
 - 3.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法
 - 3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出方針
 - 3.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 3.2 機器・配管系
 - 3.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方
 - 3.2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針
 - 3.2.3 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
 - 3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出
 - 3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの抽出結果及び今後の評価方針
 - 3.3 屋外重要土木構造物
 - 3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方
 - 3.3.2 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
 - 3.3.3 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
 - 3.3.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出
 - 3.3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備における評価対象構造物の抽出及び整理

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

3.4.3 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

3.4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

別紙－1 機器・配管系に関する説明資料

参考資料－1 方向性を考慮していない水平方向地震動における模擬地震波の作成方針

3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出方針

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

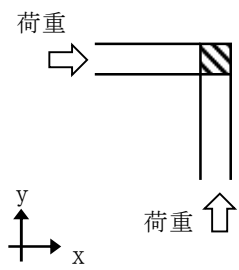
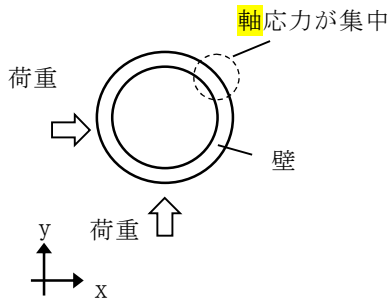
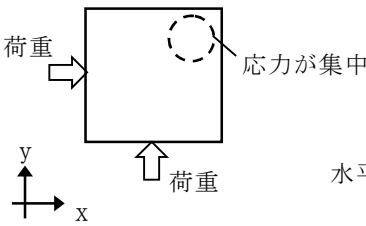
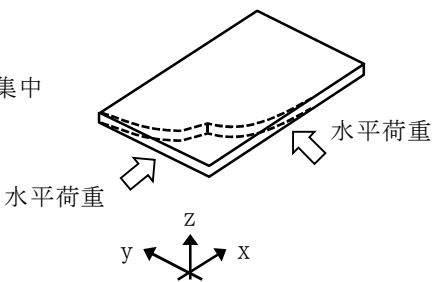
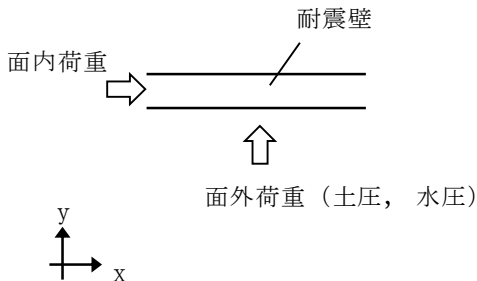
建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2) 応答特性の整理

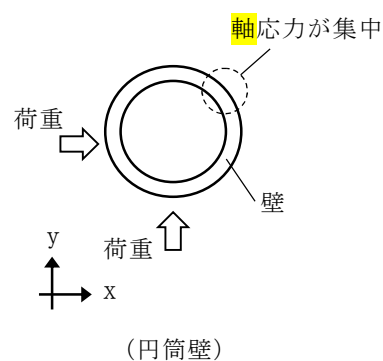
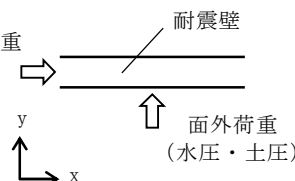
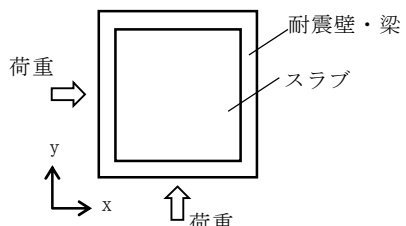
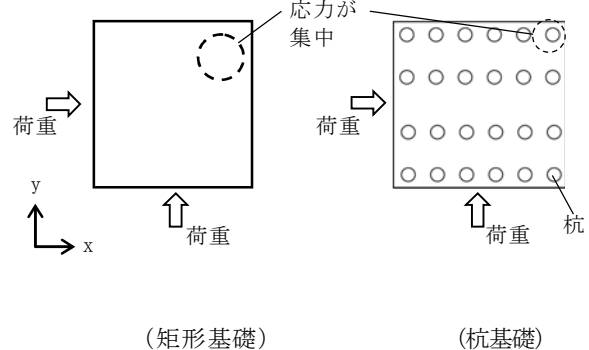
建物・構築物における耐震性評価部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第3-1-1表及び第3-1-2表に示す。また、応答特性を踏まえ、耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力による影響の考え方を第3-1-3表に示す。

なお、本資料は、一般的に想定される形状を前提として記載しているものであり、詳細設計においては、構造図に基づき各建物・構築物の部位の実状を踏まえ検討を行う。

第 3-1-1 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性
(荷重の組合せによる応答特性)

荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p> <div> <div>  <p>荷重</p><p>荷重</p><p>(隅柱)</p> </div> <div>  <p>荷重</p><p>荷重</p><p>壁</p><p>軸応力が集中</p><p>(円筒壁)</p> </div> </div> <div> <div>  <p>荷重</p><p>応力が集中</p><p>荷重</p><p>(矩形の基礎版)</p> </div> <div>  <p>水平荷重</p><p>水平荷重</p><p>(矩形の基礎版)</p> </div> </div>
		<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水压を負担するプール壁等</p> <p>(例)</p> <div>  <p>面内荷重</p><p>耐震壁</p><p>面外荷重 (土圧, 水压)</p> </div>

第 3-1-3 表 耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力による影響
の考え方 (2/2)

耐震評価上の構成部位		水平 2 方向入力の影響
壁	一般部	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本である。 円筒壁は直交する水平 2 方向の地震力により，集中応力が作用する。</p>  <p>(円筒壁)</p>
	地下部 プール壁	<p>地下部分の耐震壁は，直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受ける。同様にプール部の壁については水圧を面外方向から受ける。</p>  <p>(耐震壁)</p>
	鉄骨 ブレース	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり，ねじれによる荷重増分は軽微と考えられ影響は小さい。</p>
床・ 屋根	一般部	<p>スラブは四辺が壁及び梁で拘束されており，水平方向に変形しにくい構造となっており，水平地震力の影響は小さい。</p>  <p>(耐震壁・梁)</p> <p>(スラブ)</p>
基礎	矩形 杭基礎	<p>直交する水平 2 方向の地震力により，集中応力が作用する。</p>  <p>(矩形基礎)</p> <p>(杭基礎)</p>

3.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位で、水平 2 方向及び鉛直方向の同時入力による評価を行わない部位については、建物・構築物の重要性、規模及び構造特性の観点から代表評価部位を選定し、基準地震動 S_s を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。評価にあたっては、従来設計手法による各部位の解析モデル及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を用いることとする。

また、影響評価は水平 2 方向及び鉛直方向を同時に入力する時刻歴応答解析による評価又は基準地震動 S_s の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として、米国 REGULATORY GUIDE1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）に基づいた評価により実施する。

組合せ係数法の妥当性については、念のため代表施設において水平 2 方向及び鉛直方向同時入力との応力比較を実施する。

3.3 屋外重要土木構造物

3.3.1 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

従来設計手法の考え方について、RC構造物である取水構造物を例に第3-3-1表に示す。

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、概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。また、屋外重要土木構造物は、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き方向に連続する構造的特徴を有することから、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。

屋外重要土木構造物は、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。

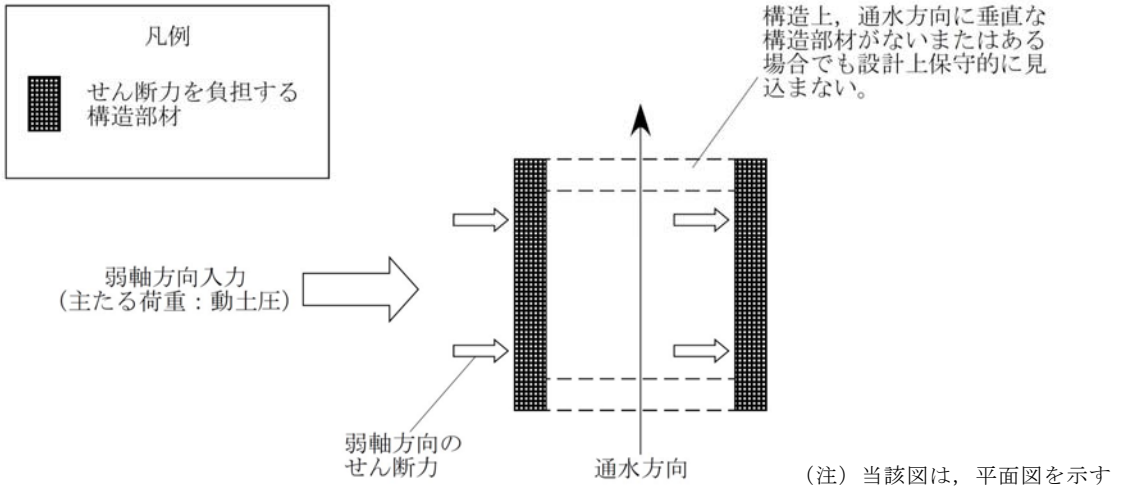
強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来設計手法では、弱軸方向を評価対象断面として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第3-3-1図に示すとおり、従来設計手法では、屋外重要土木構造物の構造上の特徴から、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ず、垂直に配置された構造部材のみで受けもつよう設計している。

なお、屋外重要土木構造物のうち、既設構造物は取水構造物と屋外二重管（基礎部除く）であり、それ以外の構造物は新設構造物である。ここでは、既設構造物、新設構造物の両方について検討を行う。

第 3-3-1 表 従来設計における評価対象断面の考え方（取水構造物の例）

	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少ない</p> <p>A-A 断面</p> <p>B-B 断面</p>	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>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る</p> <p>A-A 断面</p> <p>B-B 断面</p>



第 3-3-1 図 従来設計手法の考え方

3.3.2 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、屋外重要土木構造物である、取水構造物及び屋外二重管並びに波及影響防止のために耐震評価する土木構造物とする。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常設代替高圧電源装置置場、常設代替高圧電源装置用カルバート、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並びに重大事故時における海水の通水構造物のうちS A用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A用海水ピット及び緊急用海水取水管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による影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

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構造部材の発生応力等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による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

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。

3.3.3 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第3-3-2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

評価対象構築物について、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構造部材の発生応力等を適切に組合せることで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

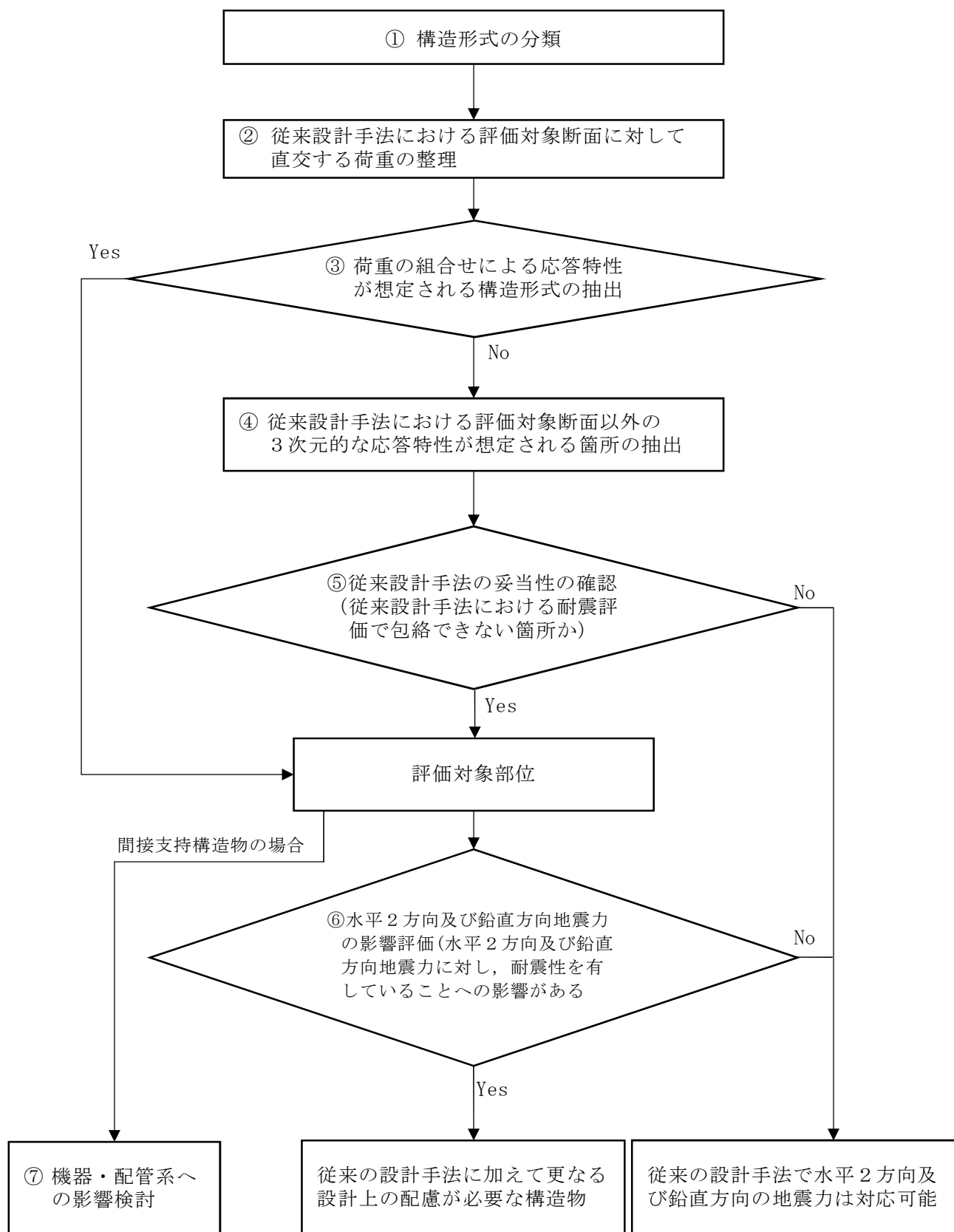
評価対象部位については、屋外重要土木構造物が明確な弱軸・強軸を示し、地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し、従来設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平 2 方向の影響の程度を踏まえて選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、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、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。



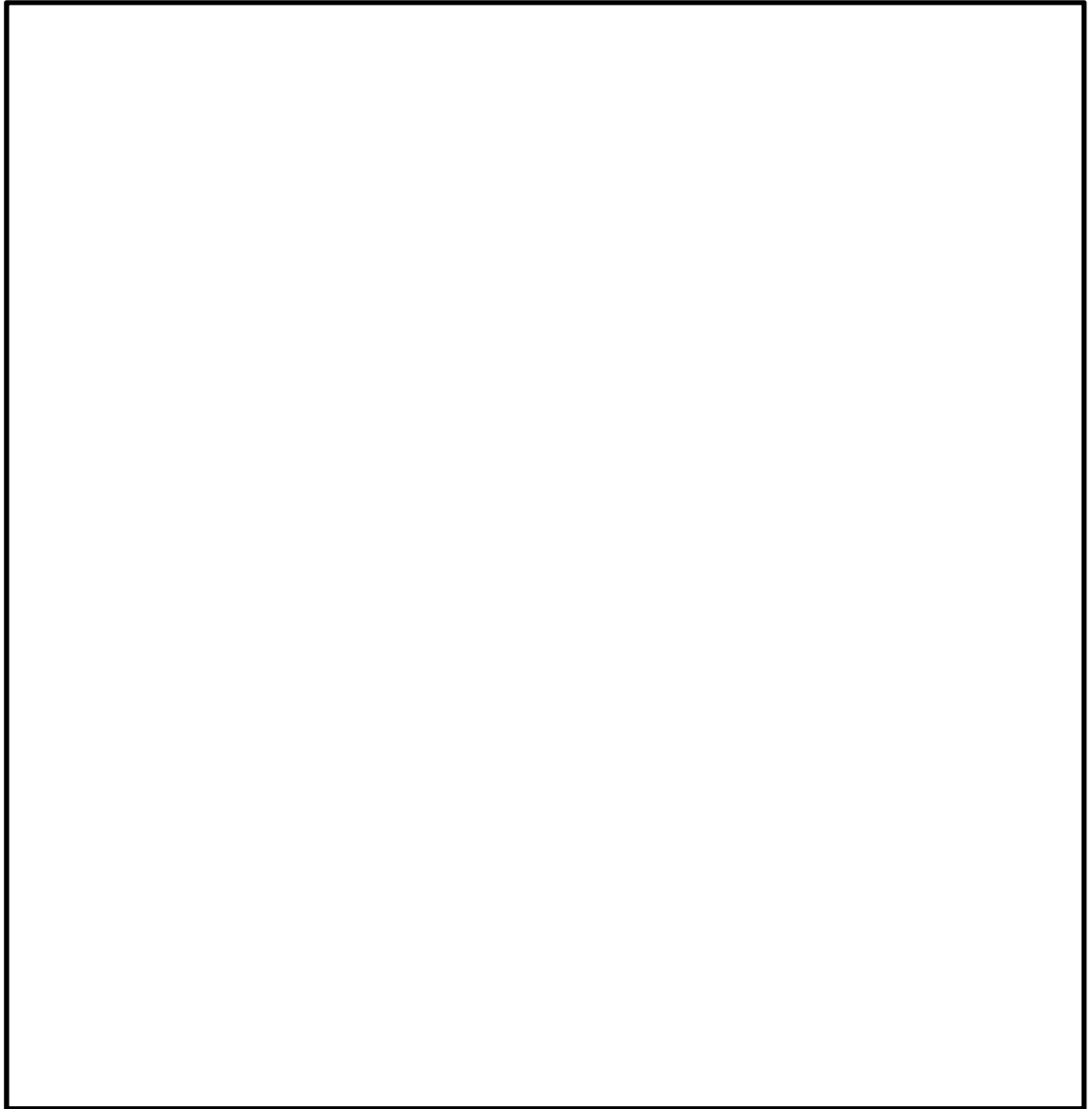
第 3-3-2 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

第3-3-3図に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は、その構造形式より 1)取水構造物、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（立坑部）、常設低压代替注水系ポンプ室、緊急用海水ポンプピット、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ような箱型構造物、2)常設代替高压電源装置用カルバート（トンネル部、カルバート部）、常設低压代替注水系配管カルバート及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのような線状構造物、3)代替淡水貯槽、S A用海水ピット取水塔及びS A用海水ピットのような円筒状構造物、4)屋外二重管基礎コンクリートのような梁状構造物、5)取水構造物、屋外二重管、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鋼管杭基礎、並びに 6)屋外二重管、海水引込み管及び緊急用海水取水管のような管路構造物の6つに大別される。



第 3－3－3 図 屋外重要土木構造物配置図

(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

第3-3-2表に、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

第3-3-2表 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ ^(注)
⑦動土圧 及び動水 圧	従来設計手法における 評価対象断面に対し て、平行に配置される 構造部材に作用する動 土圧及び動水圧	
④摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間 で生じる相対変位に伴 い発生する摩擦力	
⑦慣性力	躯体に作用する慣性力	

(注) 作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第 3-3-3 表に、3.3.4(1)で整理した構造形式毎に、3.3.4(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

評価対象構造物の地震時の挙動は、躯体が主に地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.3.4(2)で整理した荷重のうち①摩擦力や②慣性力は、③動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、③動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

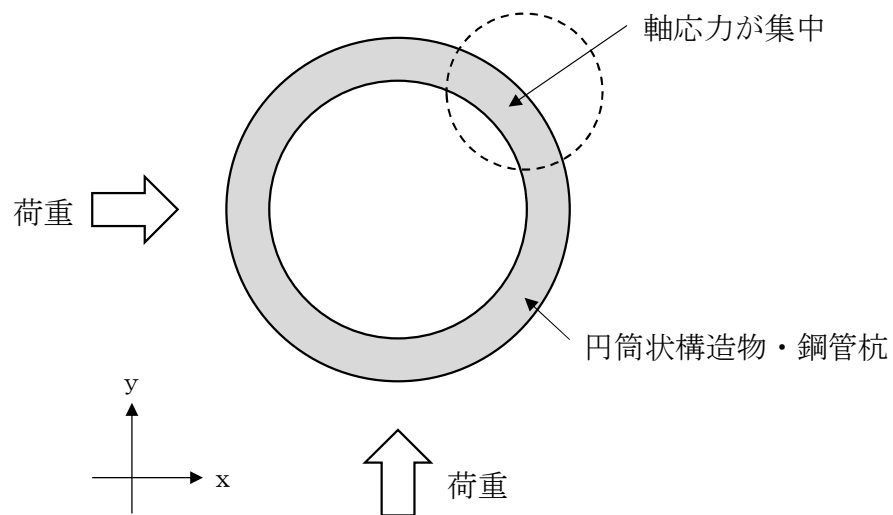
線状構造物については、その構造上の特徴として、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さない若しくは妻側（小口）の面積が小さいことから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する③動土圧及び動水圧は作用しない。

箱型構造物は、妻壁等を有することから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する③動土圧及び動水圧が作用する。

同様に、梁状構造物は、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する③動土圧及び動水圧が構造物側面に作用する。

円筒状構造物及び鋼管杭基礎は、第 3-3-4 図に示すように水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる。

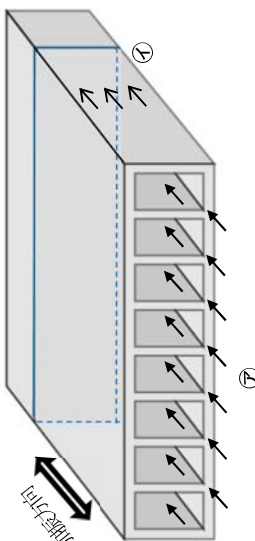
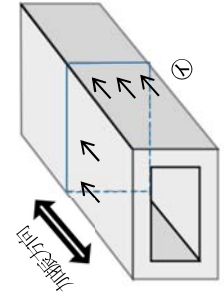
管路構造物については、従来設計手法において管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。



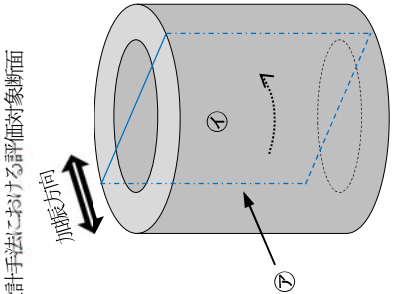
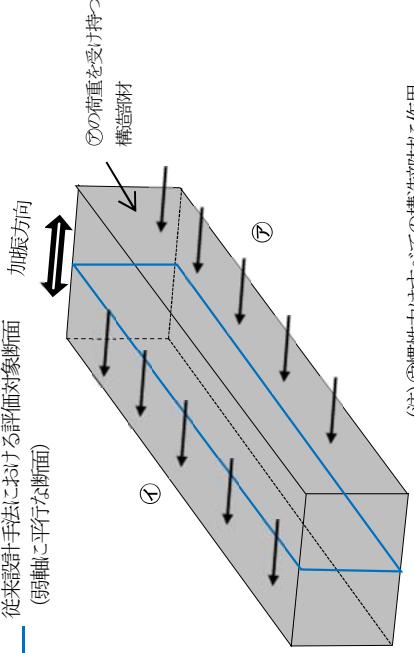
第3-3-4図 円筒状構造物・鋼管杭基礎に係る応答特性

以上のことから，荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として，従来評価手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する箱型構造物及び梁状構造物ならびに水平2方向入力による応力の集中が考えられる円筒状構造物，鋼管杭基礎及び管路構造物を抽出する。

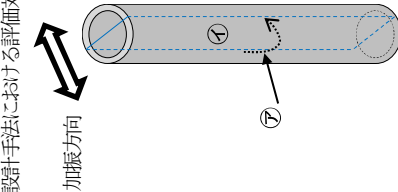
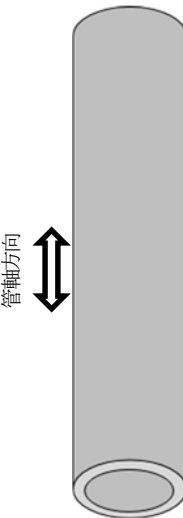
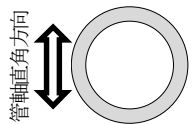
第3-3-3 表 水平2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (1/3)

3.3.4 (1) で整理した構造形式の分類	1) 箱型構造物 (取水構造物等)	2) 線状構造物 (常設低圧代替注水系配管カルバート等)
3.3.4(2)で整理した荷重 の作用状況	 <p>—— 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p> <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>—— 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p> <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>
	⑦動土圧及び動水圧	⑦動土圧及び動水圧
	①摩擦力	①摩擦力
	⑦慣性力	⑦慣性力
従来設計手法における評価対象断面における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材 (妻壁) を有し、⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大	主に妻壁に作用 側壁に作用 全ての部材に作用	作用しない 側壁、頂版に作用 全ての部材に作用
従来設計手法における評価対象断面における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小	○	×
抽出結果 (○：影響検討実施)	○	×

第3-3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (2/3)

3.3.4 (1) で整理した 構造形式の分類	3) 円筒状構造物 (代替淡水貯槽等)	4) 梁状構造物 (屋外二重管基礎コンクリート)	
3.3.4 (2) で整理した 荷重の作用状況	<p>—— 従来設計手法における評価対象断面 (加振方向に平行な断面)</p> 	<p>—— 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p> 	
	(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用		
	⑦動土圧及び動水圧	⑦動土圧及び動水圧	⑦動土圧及び動水圧
	④摩擦力	④摩擦力	④摩擦力
	⑦慣性力	⑦慣性力	⑦慣性力
従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響度	胴体部において、⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用する ため影響大		
抽出結果 (○：影響検討実施)	○	○	

第 3-3-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (3/3)

3.3.4 (1) で整理した 構造形式の分類	5) 鋼管杭基礎 (取水構造物等の杭基礎)	6) 管路構造物 (屋外二重管等)
3.3.4 (2) で整理した 荷重の作用状況	 <p>—— 従来設計手法における評価対象断面</p> <p>加振方向</p> <p>⑦</p> <p>④</p> <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造物材に作用</p>	<p>管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており，従来設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せが考慮されている</p>  
	⑦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用
	④摩擦力	主に胴体部に作用
	⑦慣性力	全ての部材に作用
	<p>胴体部において，⑦動土圧及び動水圧による荷重，及び上部工からの荷重が作用するため影響大。</p>	
従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響度		
抽出結果 (○：影響検討実施)	○	

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

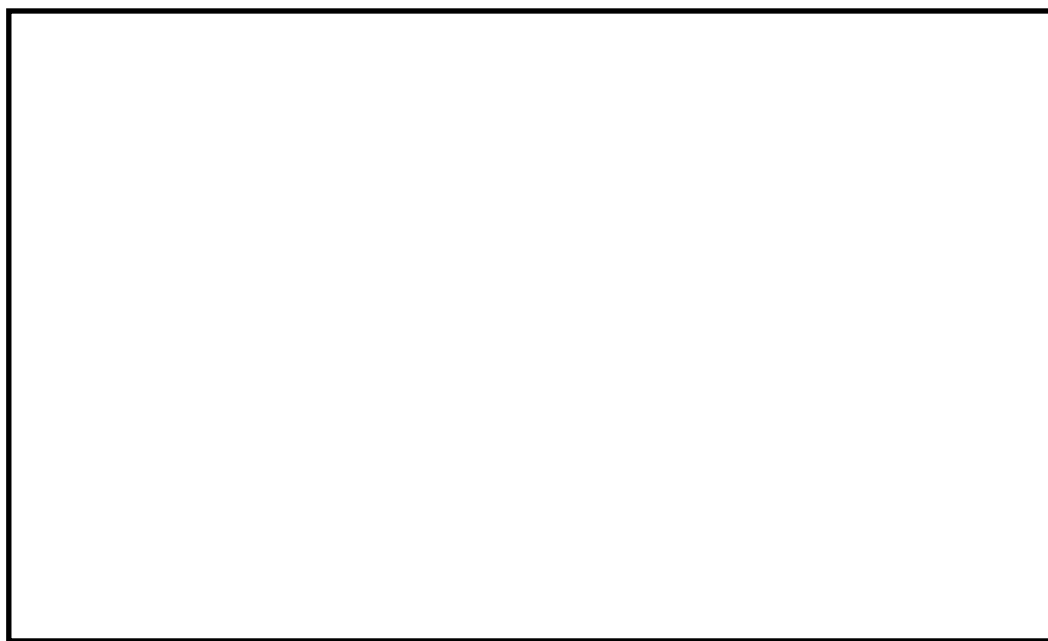
(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について，構造物ごとの平面・断面図を以下に示す。各構造物の構造，地盤条件等を考慮した上で，従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。

a) 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）

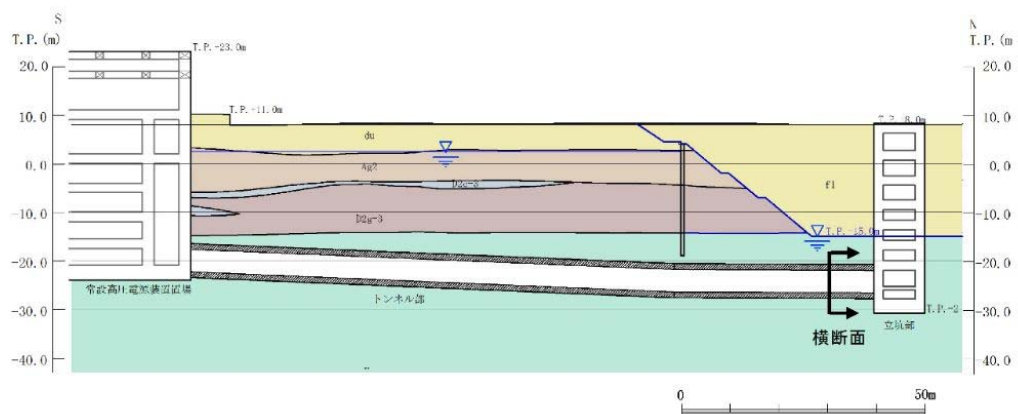
【線状構造物】

第 3-3-5 図に常設代替高圧電源装置用カルバートの配置図，第 3-3-6 図及び第 3-3-7 図に常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の断面図を示す。

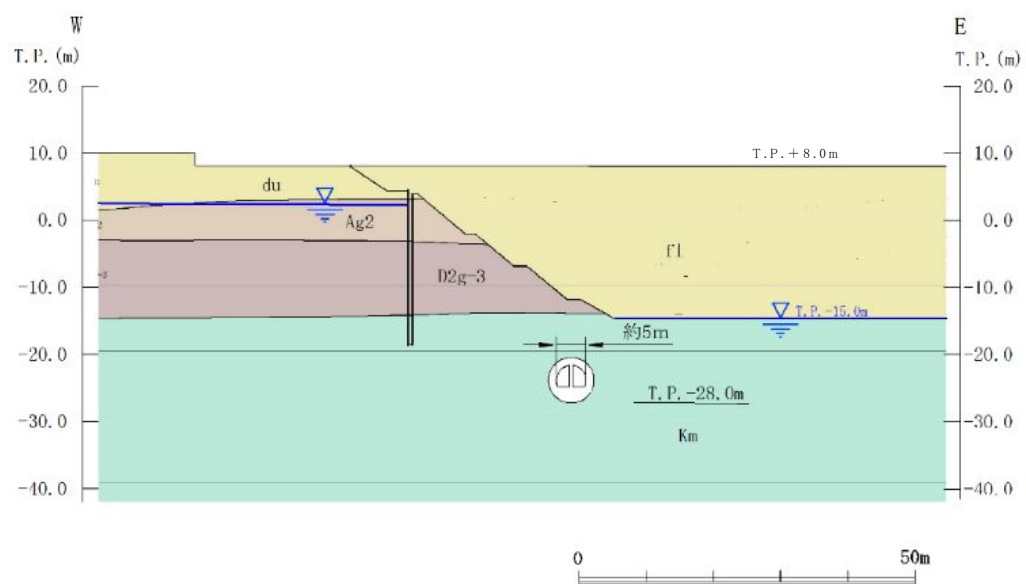
当該トンネルは，断面変化がほとんどないが，緩やかな曲線部が計画されている。第 3-3-8 図（施工目地の割り付け概念図）に示すように，適切な間隔で施工目地を設けることにより，構造物に応力集中が発生しないような設計方針とする。なお，施工目地の間隔は，トンネルの適用事例が多い「トンネル標準示方書：土木学会」に基づき決定する。



第 3-3-5 図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3-3-6 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 3-3-7 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

b) 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

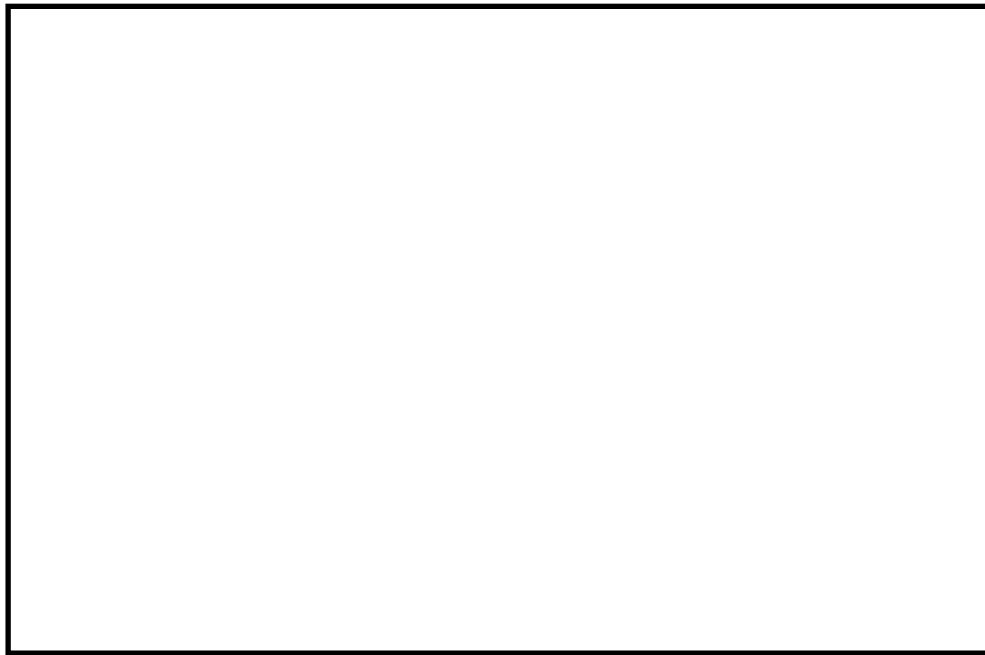
【線状構造物】

第 3-3-9 図に常設代替高圧電源装置用カルバートの配置図，
第 3-3-10 図及び第 3-3-11 図に常設代替高圧電源装置用カル
バート（カルバート部）の平面図及び断面図を示す。

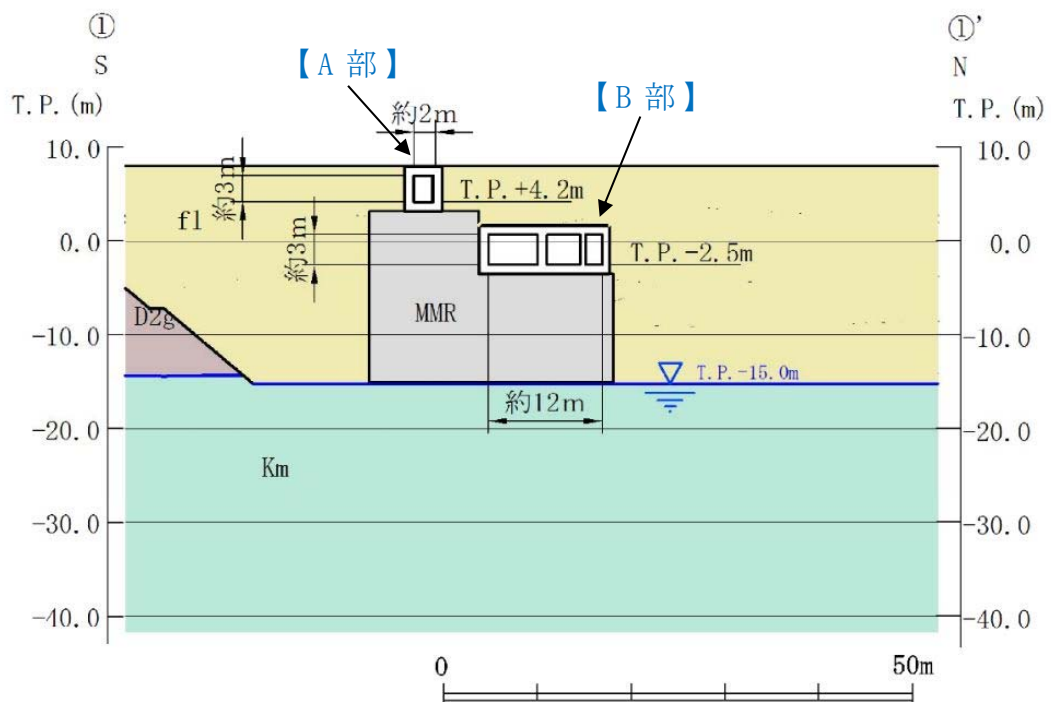
内空幅約 2m，内空高さ約 3m のカルバート部【A 部】は，断面変
化もほとんどなく直線である。また，マンメイドロックを介して
十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸方向の曲げ
の影響をほとんど受けない。一方，内空幅約 12m，内空高さ約 3m
のカルバート部【B 部】は，内空寸法はほぼ一様であるが屈曲部
（隅角部）を有するため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合
せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形へ
の影響が想定される。



第 3-3-9 図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3-3-10 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

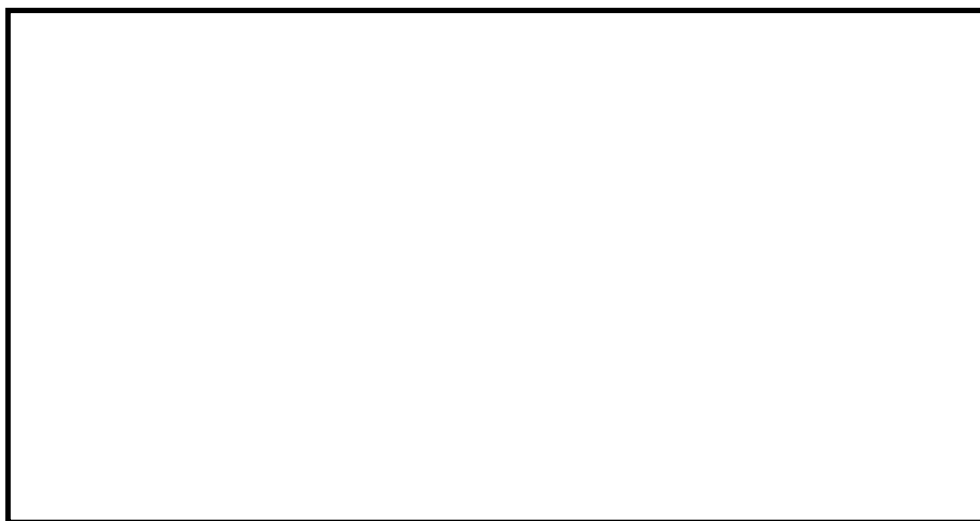


第 3-3-11 図 常設代替高圧電源装置用カルバート
(カルバート部) 断面図 (①-①' 断面)

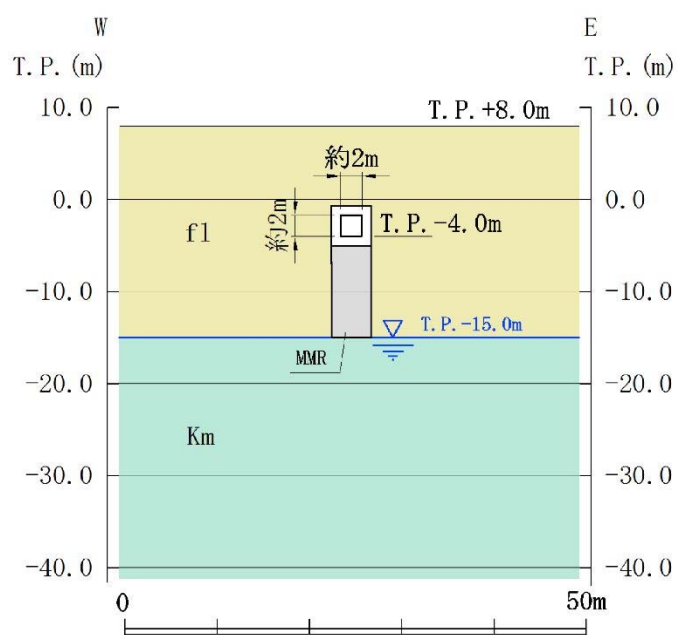
c) 常設低圧代替注水系配管カルバート【線状構造物】

第 3-3-12 図及び第 3-3-13 図に常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

当該構造物は，断面変化もほとんどなく直線である。また，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸方向の曲げの影響をほとんど受けない。



第 3-3-12 図 常設低圧代替注水系配管カルバート
平面図



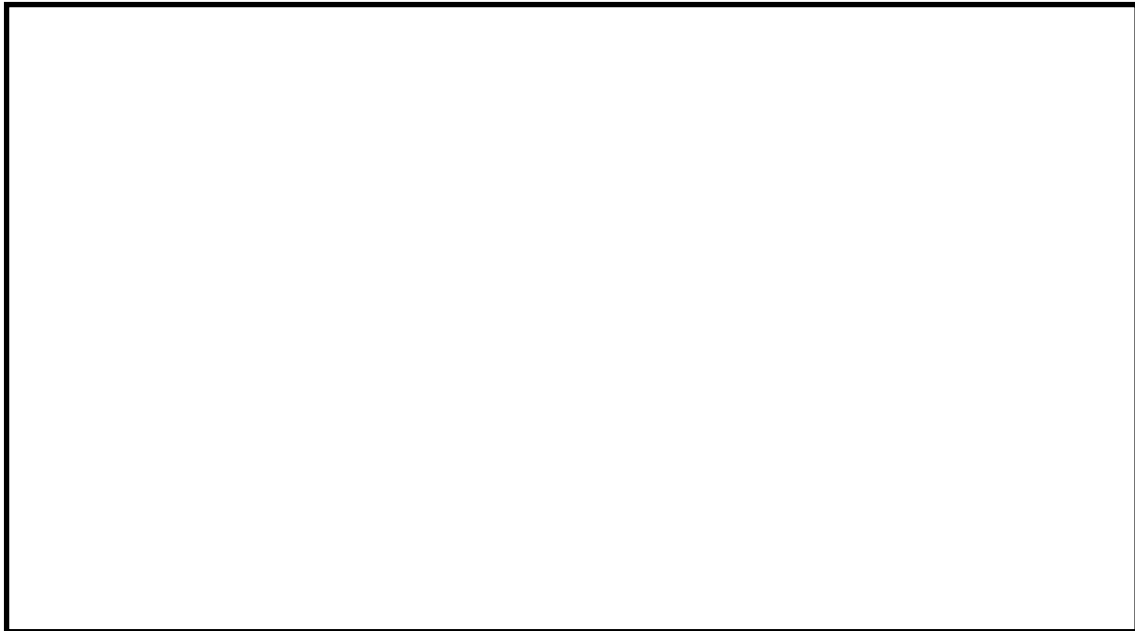
第 3-3-13 図 常設低圧代替注水系配管カルバート
断面図（東西断面）

d) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート（上部工）

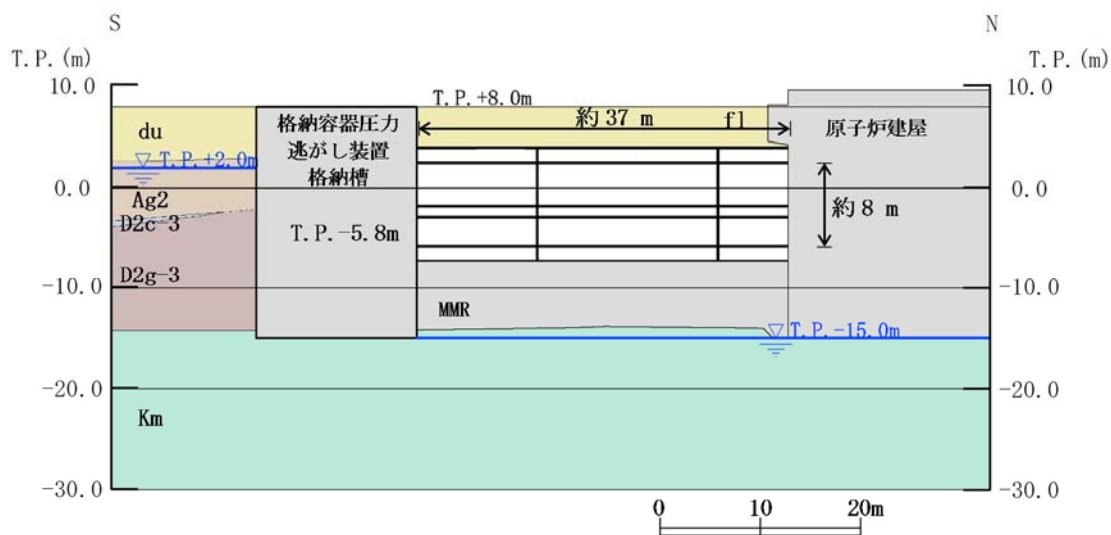
【線状構造物】

第 3-3-14 図，第 3-3-15 図及び第 3-3-16 図に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

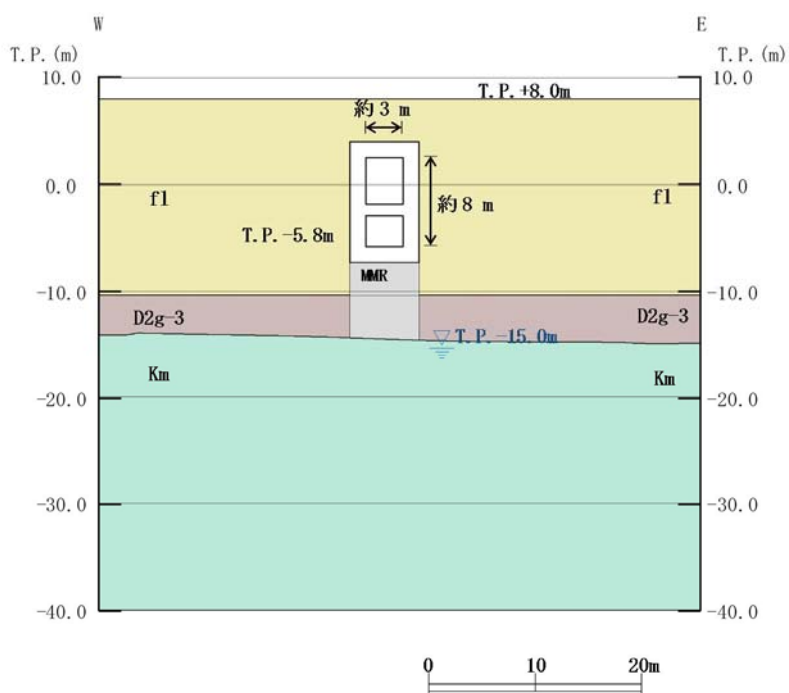
当該構造物は，断面変化があり屈曲部を有するため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。



第 3-3-14 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート平面図



第 3-3-15 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート
断面図（A-A 断面）



第 3-3-16 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）

線状構造物として大別した常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，構造物の配置上，屈曲部を有する。線状構造物の屈曲部では，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

以上のことから，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの屈曲部について水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する。

(5) 従来設計手法の妥当性の確認

i) 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）【B部】
の従来設計では，第3-3-4表に示す通り，屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず，保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）は，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，躯体が底面で拘束されていることから，屈曲部における強軸方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）における屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は，従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第3-3-4表 屈曲部における3次元的な拘束効果
（常設代替高圧電源装置用カルバート）

--

ii) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの従来設計では、第3-3-5表に示す通り、屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず、保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため、躯体が底面で拘束されていることから、屈曲部における強軸方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は、従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第3-3-5表 屈曲部における3次元的な拘束効果
(格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート)

--

3.3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.4の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として、構造及び作用荷重の観点から、箱型構造物、梁状構造物、円筒状構造物及び鋼管杭基礎を抽出する。なお、管路構造物については、従来設計手法において水平2方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っているため対象外とする。

箱型構造物、円筒状構造及び鋼管杭基礎については、構造物の規模等を考慮し（第3-3-6表）、箱型構造物の代表構造物（施設）として常設代替高圧電源装置置場、円筒状構造の代表構造物（施設）として代替淡水貯槽及びSA用海水ピット、鋼管杭基礎の代表構造物（施設）として取水構造物を選定し、影響評価を行う。第3-3-17図から第3-3-34図に各構造物の概要図を示す。

梁状構造物は屋外二重管基礎コンクリートのみであることから、当該構造物にて影響評価を行う。

第 3-3-6 表 代表構造物の選定検討表 (1/2)

構造形式	構造物 (施設) 名	規模			選定理由
		長辺	短辺	高さ	
箱型	取水構造物	約56m	約43m	約12m	
	常設代替高圧電源装置置場	約56m	約46m	約47m	長辺・短辺・高さが最大
	常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部)	約15m	約11m	約39m	
	常設低圧代替注水系ポンプ室	約15m	約11m	約30m	
	緊急用海水ポンプピット	約12m	約12m	約36m	
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	約12m	約7m	約7m	
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側) ・ (南側)	約17m	約15m	約7m	
円筒状	代替淡水貯槽	直径φ約20m		約22m	直径が最大
	SA用海水ピット	直径φ約14m		約34m	高さが最大
	SA用海水ピット取水塔	直径φ約8m		約21m	

※緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

第 3-3-6 表 代表構造物の選定検討表 (2/2)

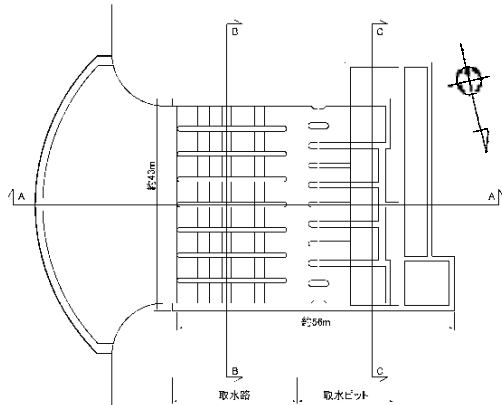
構造形式	構造物 (施設) 名	上部工規模			鋼管杭 長さ(最大)	選定理由
		長辺	短辺	高さ		
鋼管杭 基礎	取水構造物	約56m	約43m	約12m	約43m	上部工の長辺・短辺、杭長さが最大
	屋外二重管 ^{注)}	約10m	約4m	約3m	約42m	
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	約12m	約7m	約7m	約33m	
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側)	約17m	約15m	約7m	約33m	
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (南側)	約17m	約15m	約7m	約15m	

注) 屋外二重管の上部工規模は基礎コンクリートの寸法

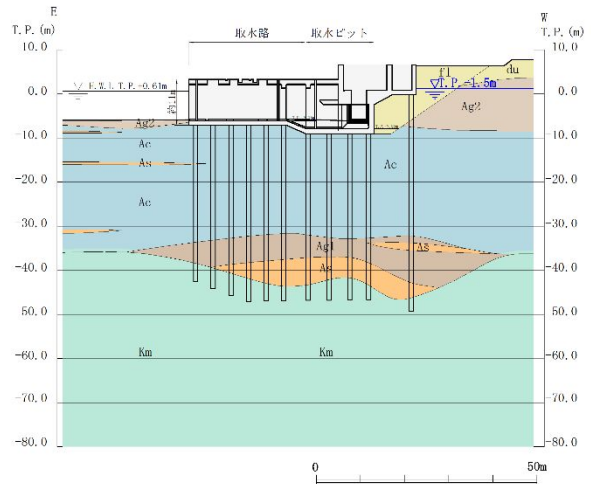
※緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

a) 取水構造物 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎の代表】

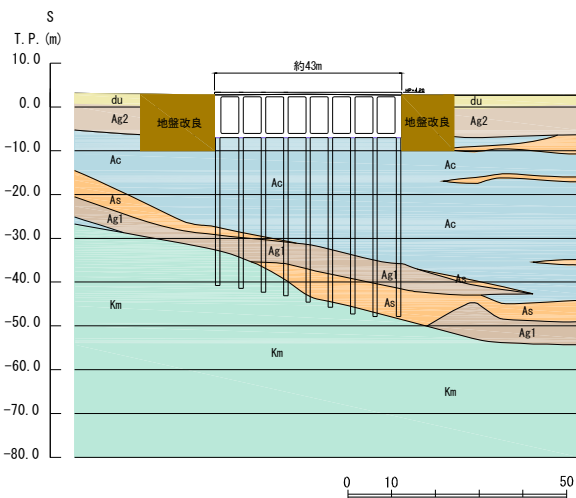
第 3-3-17 図から第 3-3-20 図に取水構造物の平面図及び断面面図を示す。



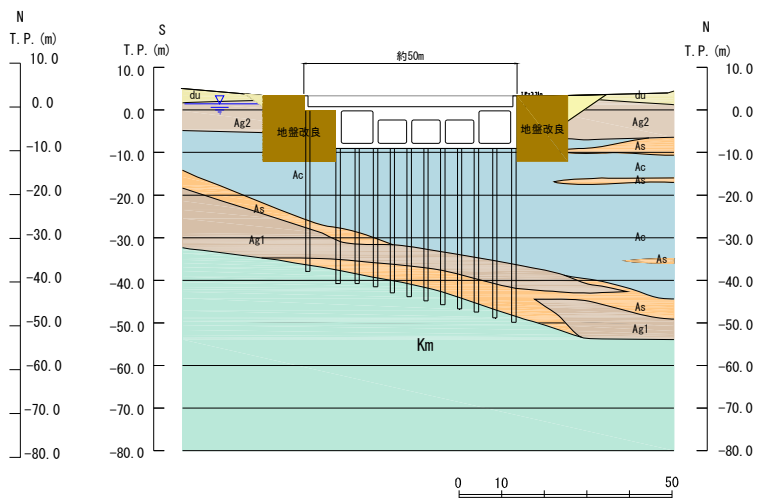
第 3-3-17 図 取水構造物
平面図



第 3-3-18 図 取水構造物
縦断面図 (A-A 断面)



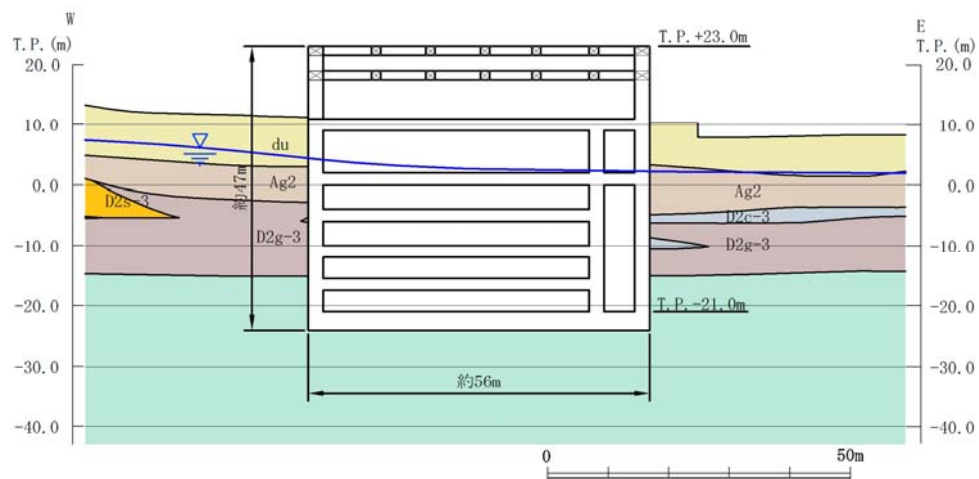
第 3-3-19 図 取水構造物
縦断面図 (B-B 断面)



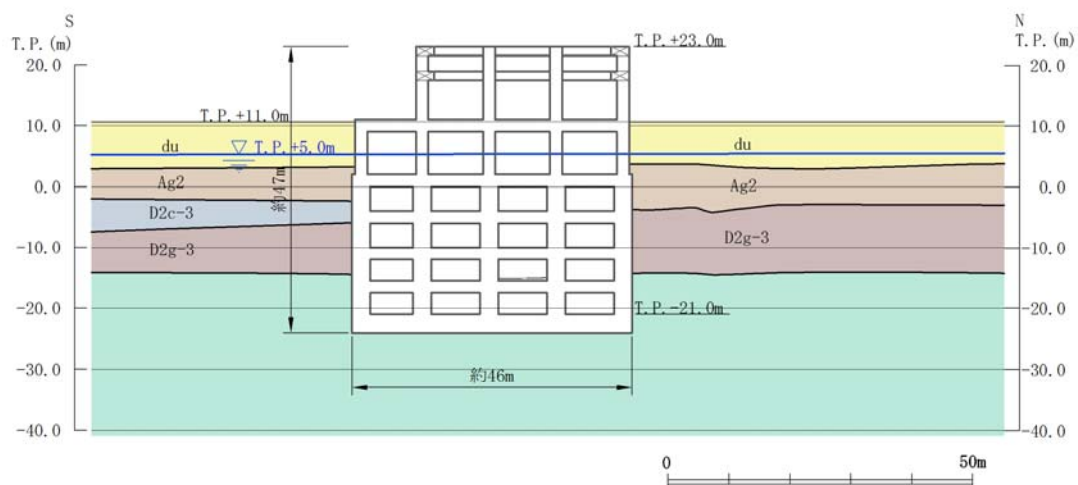
第 3-3-20 図 取水構造物
縦断面図 (C-C 断面)

b) 常設代替高圧電源装置置場 【箱型構造物の代表】

第 3-3-21 図及び第 3-3-22 図に常設代替高圧電源装置置場の断面図を示す。



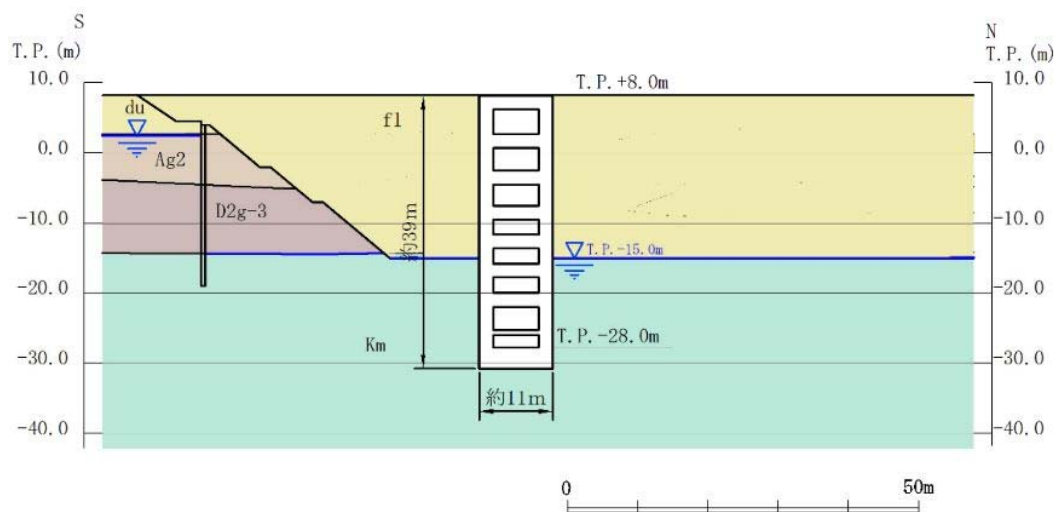
第 3-3-21 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図（東西断面）



第 3-3-22 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図（南北断面）

c) 常設代替高压電源装置用カルバート（立坑部）【箱型構造物】

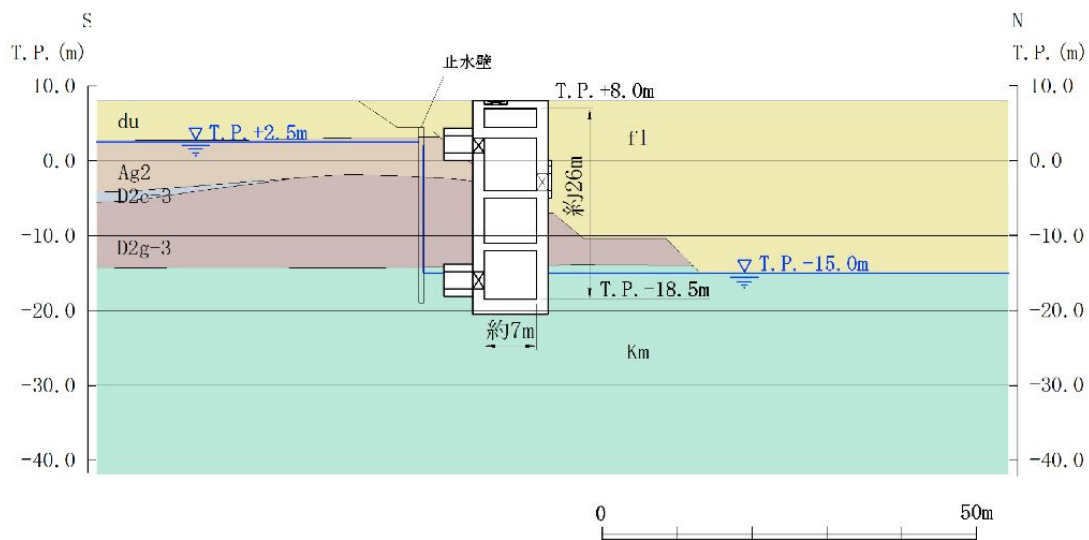
第 3-3-23 図に常設代替高压電源装置用カルバート（立坑部）の断面図を示す。



第 3-3-23 図 常設代替高压電源装置用カルバート（立坑部）断面図

d) 常設低压代替注水系ポンプ室【箱型構造物】

第 3-3-24 図に常設低压代替注水系ポンプ室の断面図を示す。

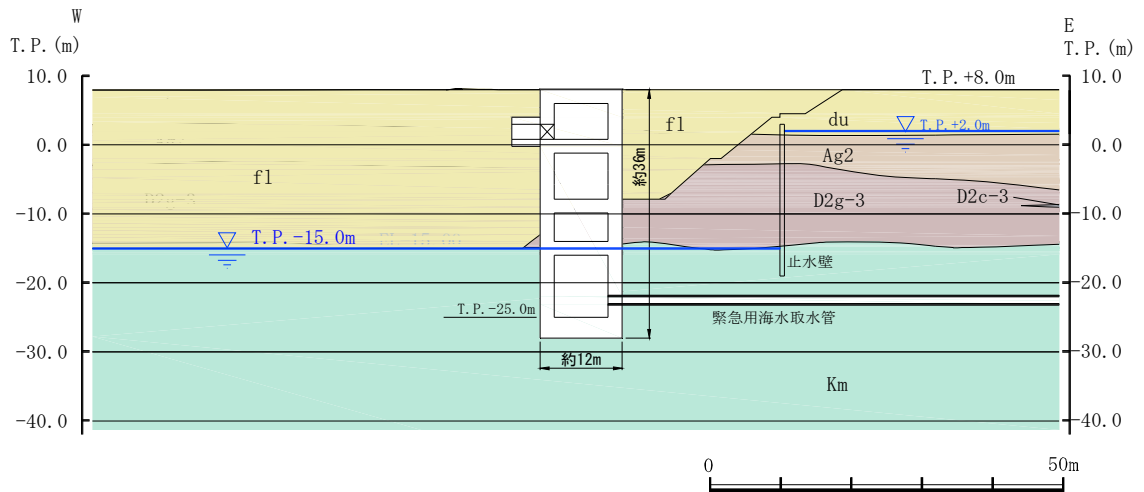


第 3-3-24 図 常設低压代替注水系ポンプ室
断面図（南北断面）

4 条-別紙 7-69

e) 緊急用海水ポンプピット 【箱型構造物】

第 3-3-25 図に緊急用海水ポンプピットの断面図を示す。

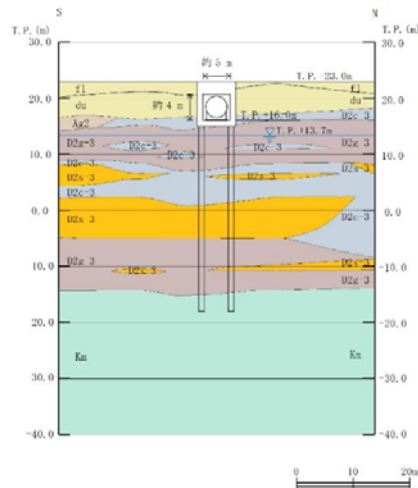


第 3-3-25 図 緊急用海水ポンプピット
断面図（東西断面）

f) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎

【箱型構造物】 【鋼管杭基礎】

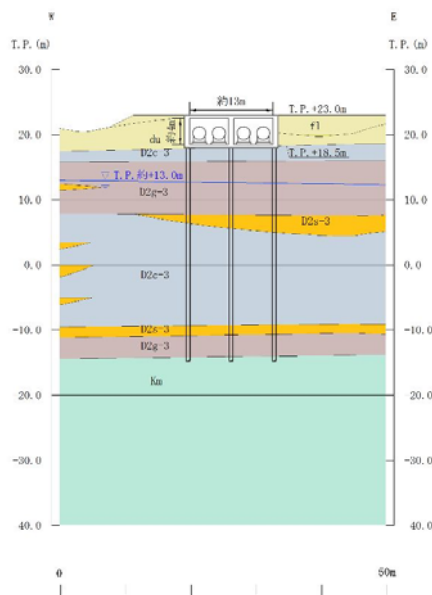
第 3-3-26 図に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面図を示す。



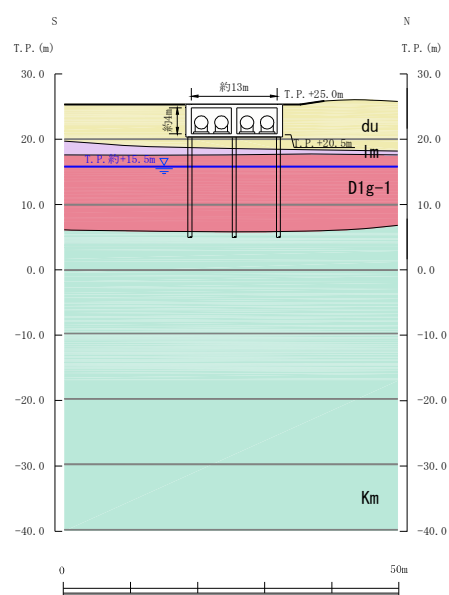
第 3-3-26 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図

g) 可搬型設備用軽油タンク基礎 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎】

第 3-3-27 図及び第 3-3-28 図に可搬型設備用軽油タンク基礎の断面図を示す。



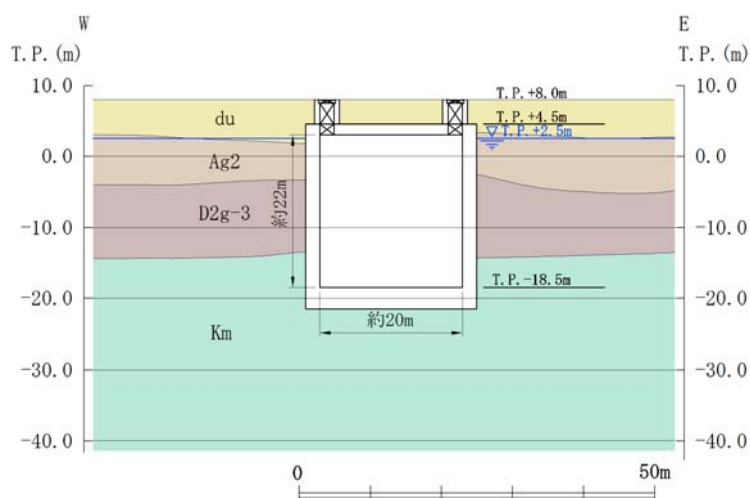
第 3-3-27 図 可搬型設備用
軽油タンク基礎断面図【西側】



第 3-3-28 図 可搬型設備用
軽油タンク基礎断面図【南側】

h) 代替淡水貯槽 【円筒状構造物の代表】

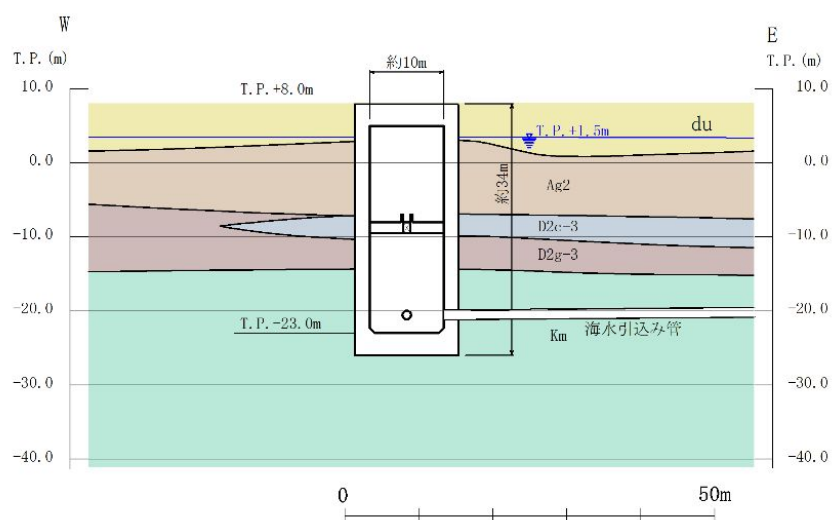
第 3-3-29 図に代替淡水貯槽の断面図を示す。



第 3-3-29 図 代替淡水貯槽 断面図（東西断面）

i) S A用海水ピット 【円筒状構造物の代表】

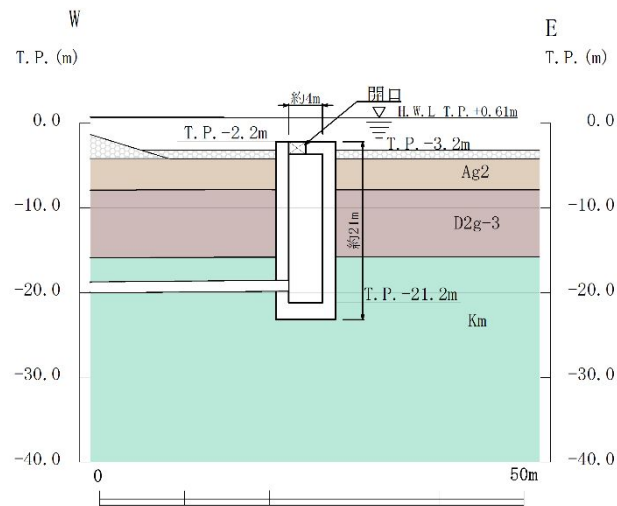
第 3-3-30 図に S A用海水ピットの断面図を示す。



第 3-3-30 図 S A用海水ピット 断面図

j) S A用海水ピット取水塔 【円筒状構造物】

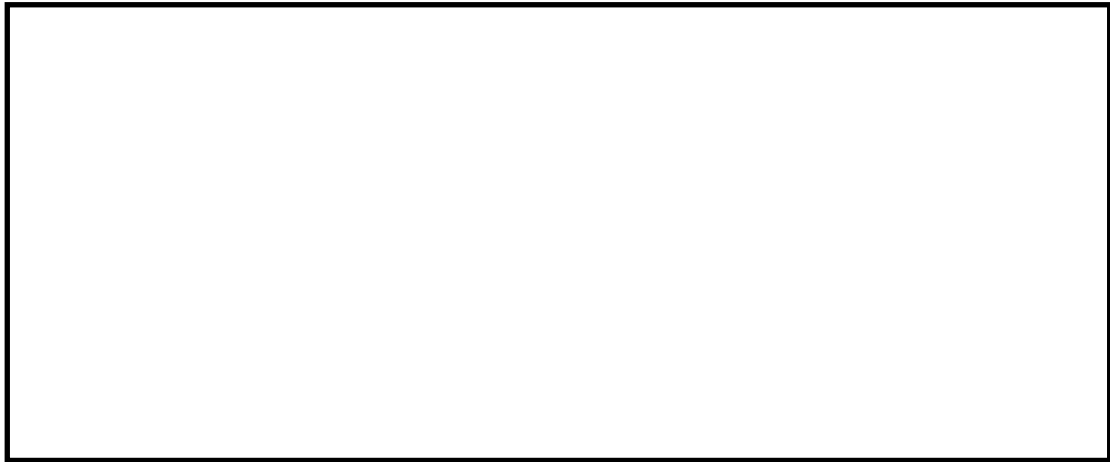
第 3-3-31 図に S A用海水ピット取水塔の断面図を示す。



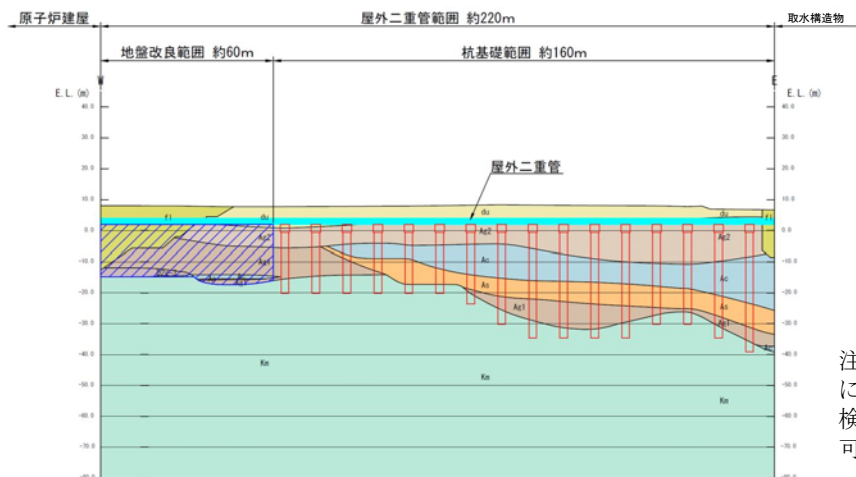
第 3-3-31 図 S A用海水ピット取水塔 断面図

k) 屋外二重管 【鋼管杭基礎】

第 3-3-32 図及び第 3-3-33 図に屋外二重管の平面及び断面図を示す。第 3-3-34 図に概念図を示す。

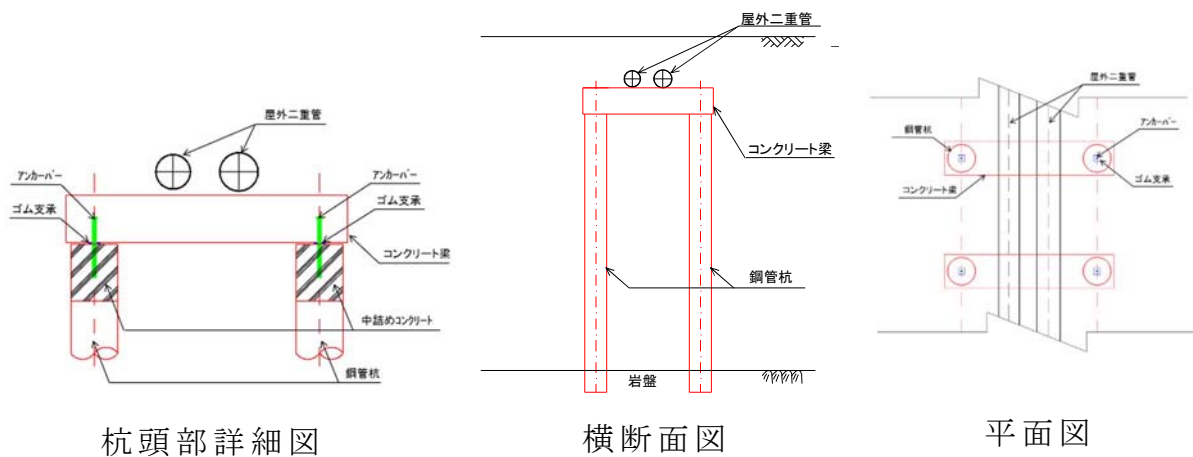


第 3-3-32 図 屋外二重管 平面図



注) 範囲, 杭配置については今後の検討により変更の可能性がある。

第 3-3-33 図 屋外二重管 縦断面図 (A-A 断面)



第 3-3-34 図 屋外二重管概念図

4 条一別紙 7-74

3.3.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

(1) 箱型構造物

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、箱型構造物の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの2次元の地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸方向加振における部材照査において、強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説—許容応力度設計法—（日本建築学会，1999）（以下「RC基準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

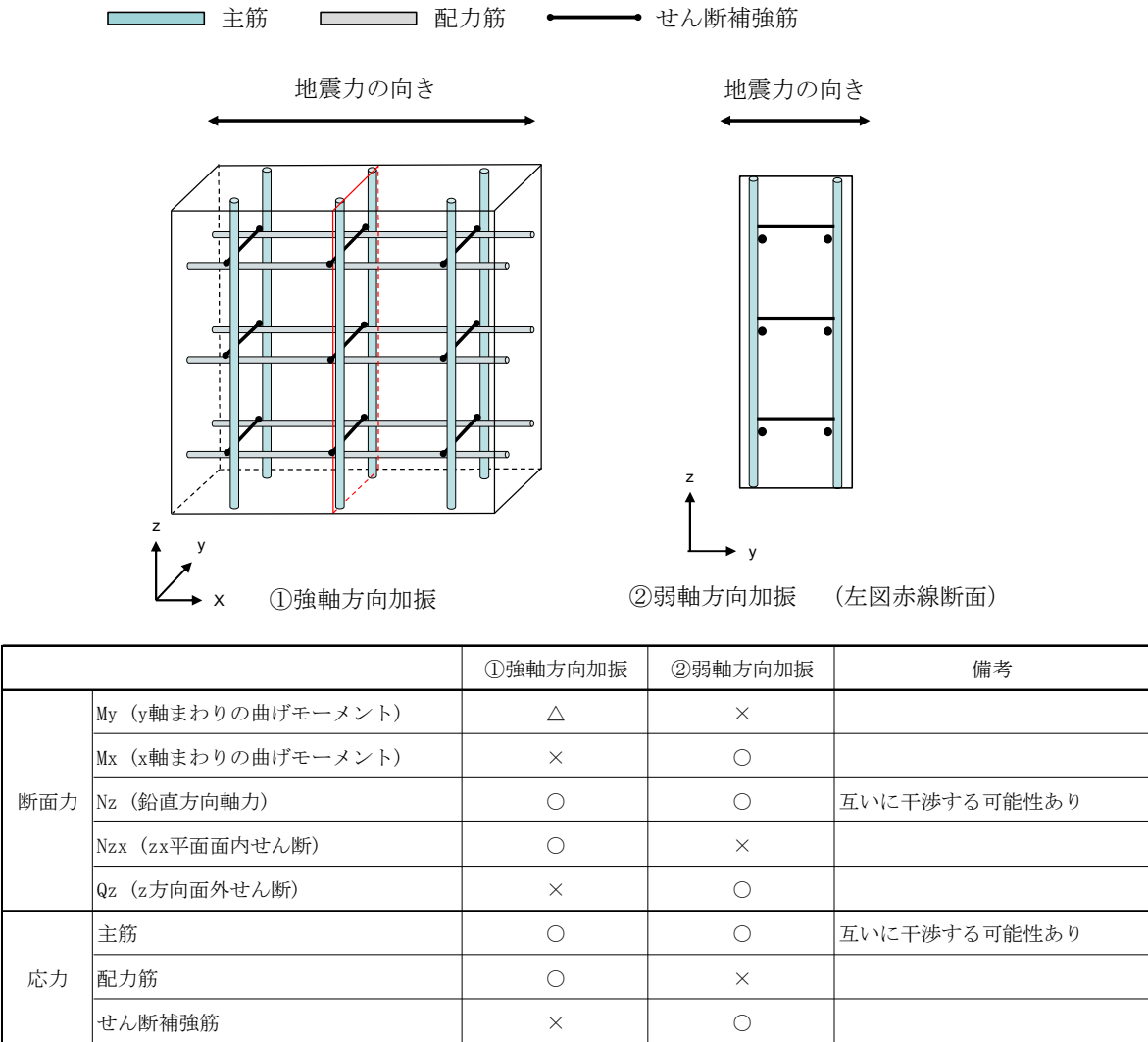
RC基準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材の生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担は無く鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方、強軸方向加振にて生じるせん断力を、箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず、鉄筋に負担させる場合、第3-3-35図に示すとおり、強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が、弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

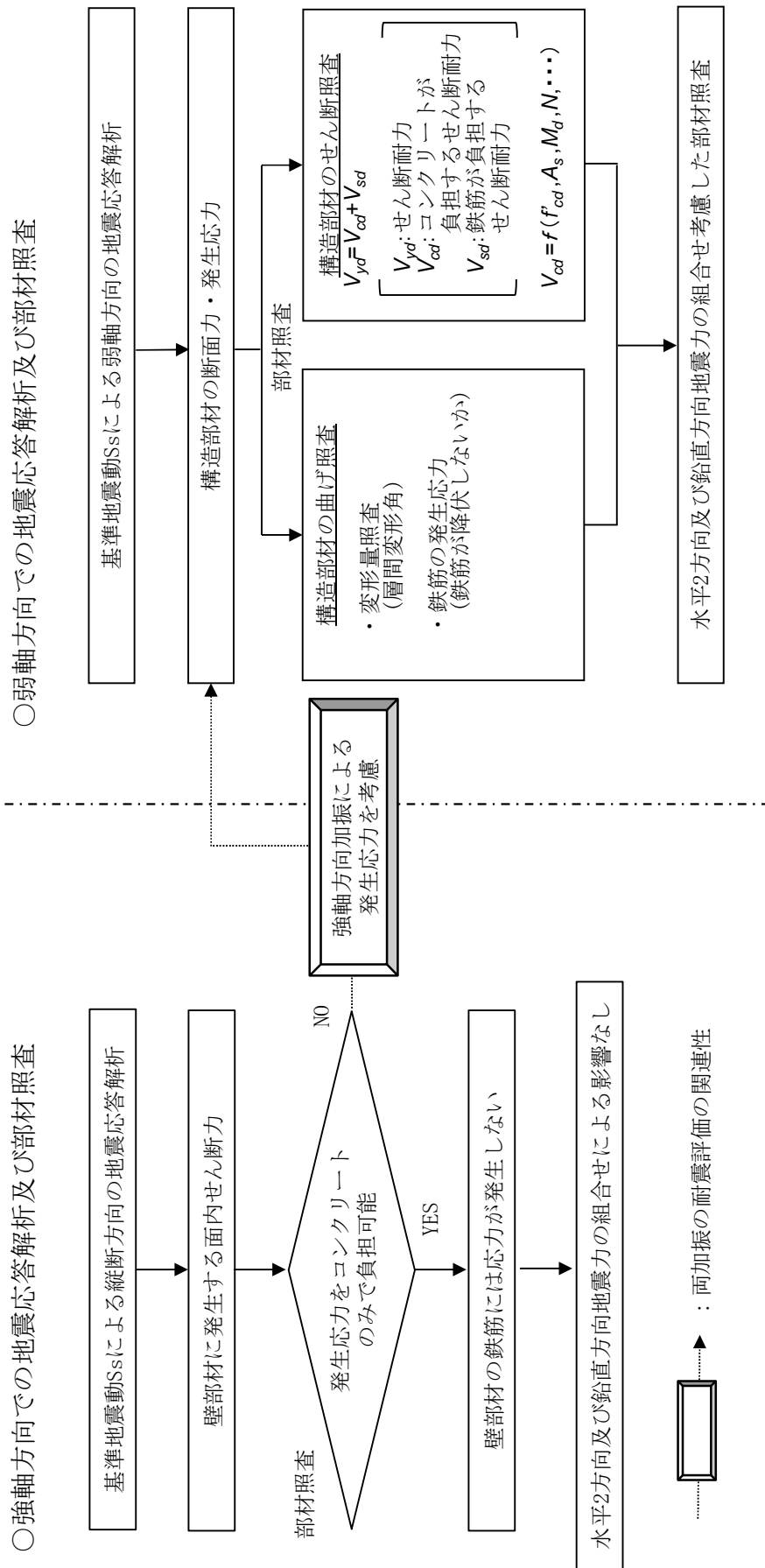
したがって、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、強軸方向加振にて発生する応力を、弱軸方向における構造部材の照査に付加することで、その影響の有無を検討する。

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

第 3－3－36 図に水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。



第 3－3－35 図 強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力



第 3-3-36 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー

4 条一別紙 7-77

(2) 梁状構造物，円筒状構造物及び鋼管杭基礎

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，従来の設計手法である水平 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評価結果等を用い，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の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)に基づいて地震力を設定する。

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

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

3.3.7 機器・配管系への影響評価

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、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、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。

3.4 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

3.4.1 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・構築物における評価対象構造物の抽出及び整理

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する対象施設の設置位置図を第3-4-1図に示す。各対象施設において，「3.1 建物・構築物」，「3.2 機器・配管系」，「3.3 屋外重要土木構造物」の何れかの区分に基づき設計するものについて，その方針を第3-4-1表に示す。

津波防護施設については，「3.3 屋外重要土木構造物」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。なお，評価対象施設の構造的な特徴を踏まえ，3.4.4項以降に水平2方向及び鉛直方向地震の組合せ影響を整理する。

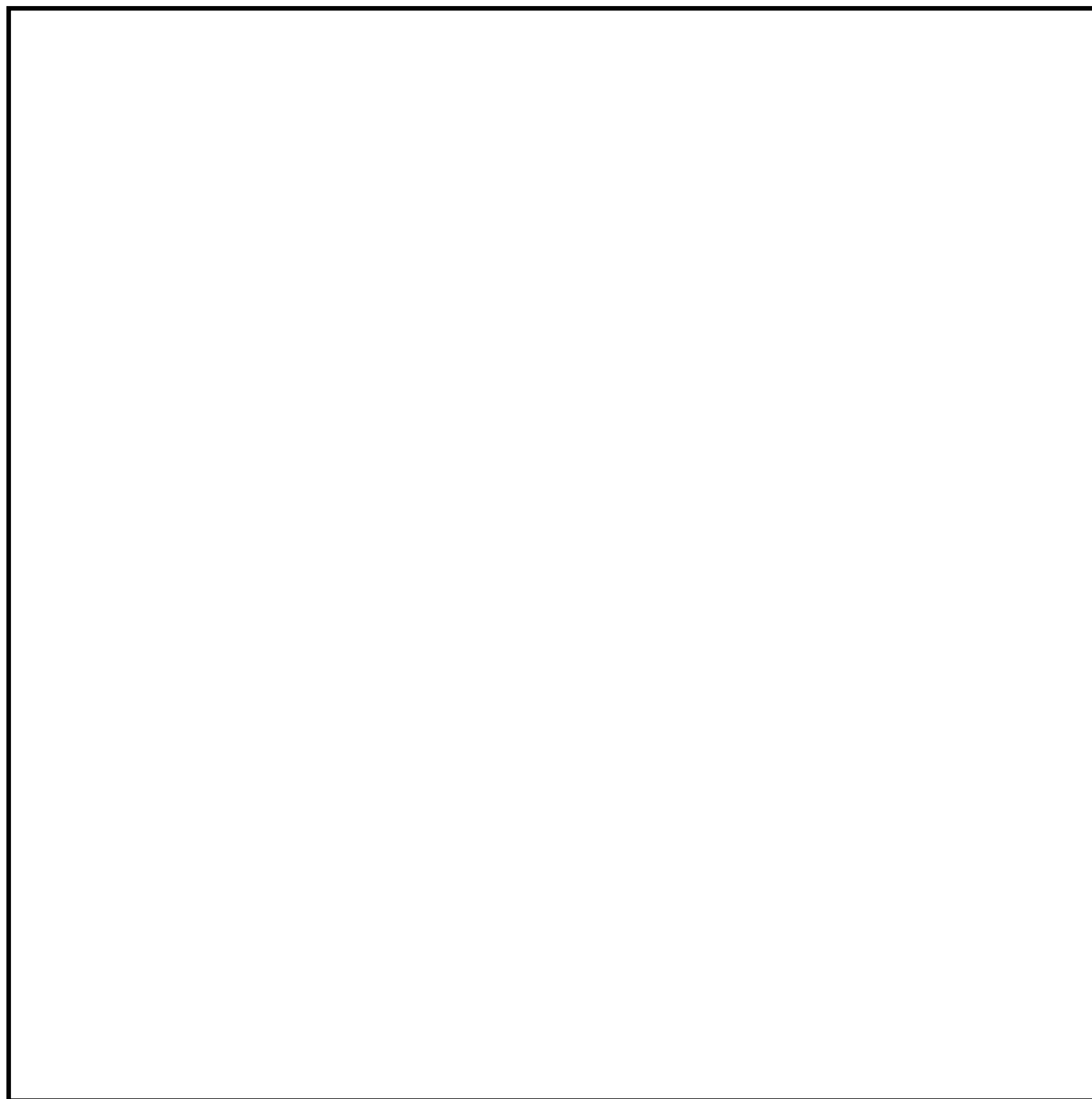
浸水防止設備及び津波監視設備については，「3.2 機器・配管系」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。

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，各構造物の構造上の特徴を踏まえ「3.1 建物・構築物」又は「3.3 屋外重要土木構造物」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。

【凡例】

- T. P. +3. 0m～T. P. +8. 0m
- T. P. +8. 0m～T. P. +11. 0m
- T. P. +11. 0m 以上

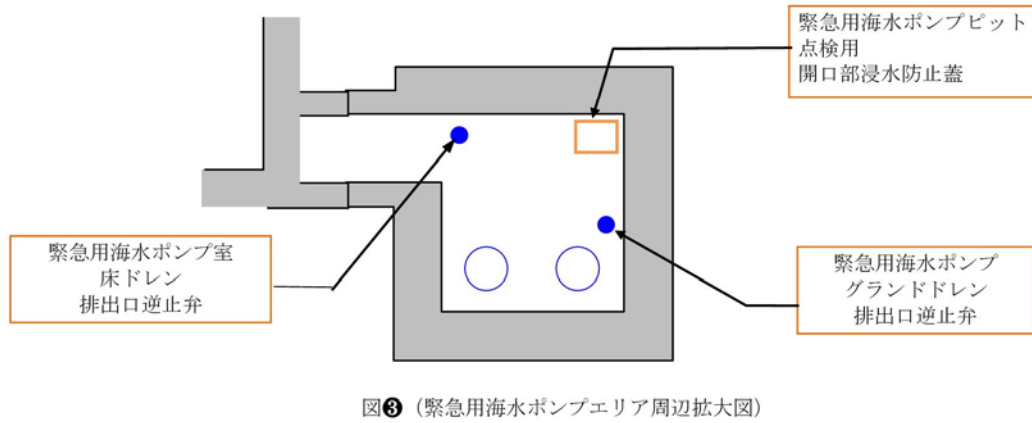
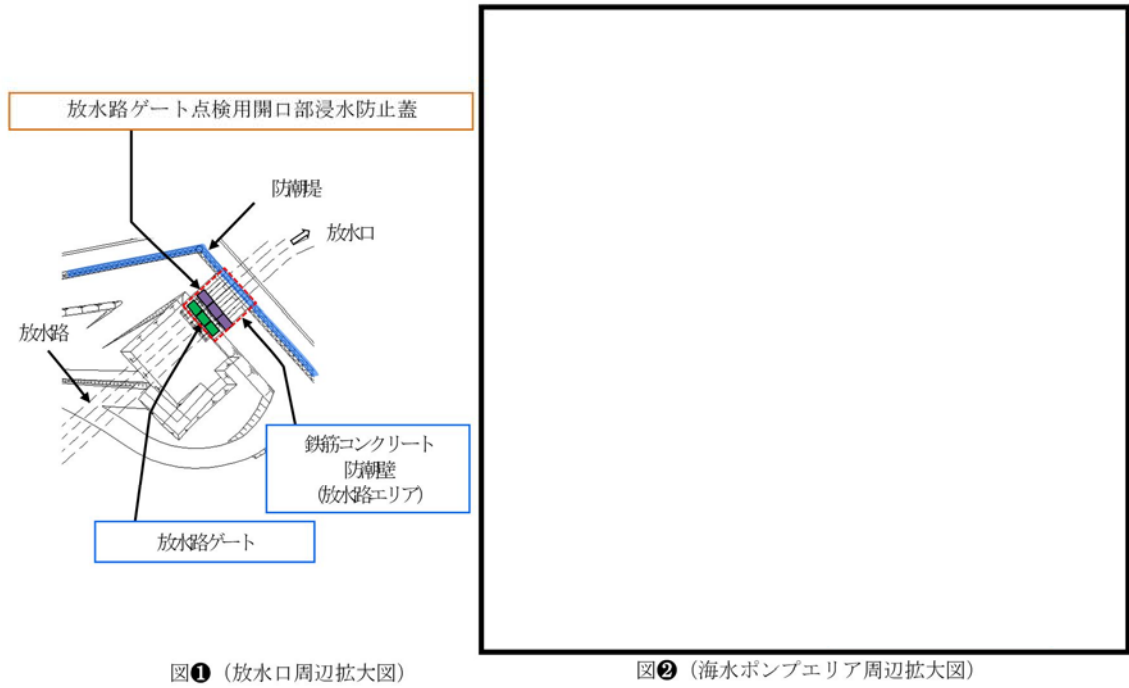
- 津波防護施設
- 浸水防止設備
- 津波監視設備
- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画



第 3－4－1 図（1／2） 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

【凡例】

- 津波防護施設
- 浸水防止設備
- 津波監視設備
- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画



第 3-4-1 図 (2/2) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

第 3-4-1 表 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の分類

分 類	施設，設備名称		区 分
津波防護施設	防潮堤及びゲート類	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	「3.3 屋外重要土木構造物」の設計方針に基づく。影響評価については3.4.4以降に整理する。 津波防護施設のうち放水路ゲート，防潮扉本体，構内排水路逆流防止装置は，「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。
		鋼製防護壁	
		鉄筋コンクリート防潮壁	
		鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）	
	構内排水路逆流防止設備	逆流防止装置	
		出口側集水桝※	
	貯留堰		
浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく
	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
	取水ピット空気抜き配管逆止弁		
	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋		
	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋		
	S A用海水ピット開口部浸水防止蓋		
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		
	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁		
	貫通部止水処置		
津波監視設備	津波監視カメラ		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく
	取水ピット水位計		
	潮位計		
浸水防止設備及び津波監視設備が設置された建物・構築物	取水構造物		「3.3 屋外重要土木構造物」の設計方針に基づく。鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の影響評価については3.4.4以降に整理する。
	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁		
	S A用海水ピット		
	緊急用海水ポンプピット		
	原子炉建屋		「3.1 建物・構築物」の設計方針に基づく

※：間接支持構造物

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

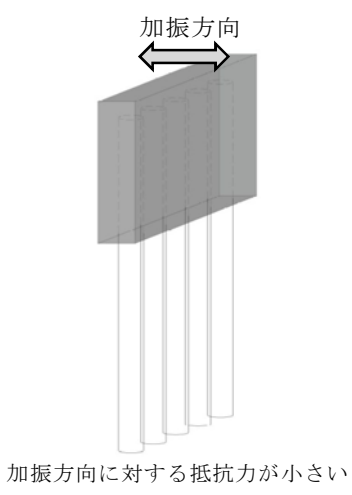
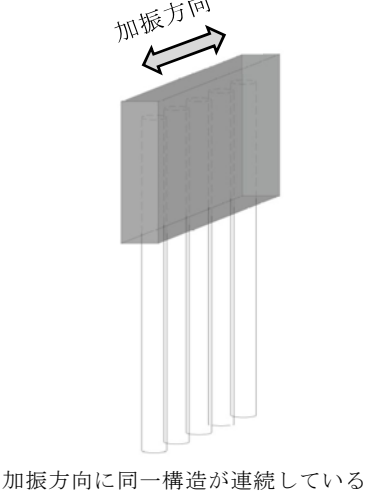
津波防護施設における従来設計手法の考え方について、防潮堤を例に第 3-4-2 表に示す。津波防護施設は、地中構造物と地上構造物に分けられる。地上構造物は、躯体の慣性力や基礎部分に係る動土圧等が主たる荷重となる。地中構造物については、屋外重要土木構造物同様、比較的単純な構造部材の配置で構成される。地中構造物、地上構造物共にほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有することから、3 次元的な応答の影響は小さいため、2 次元断面での耐震評価を行っている。

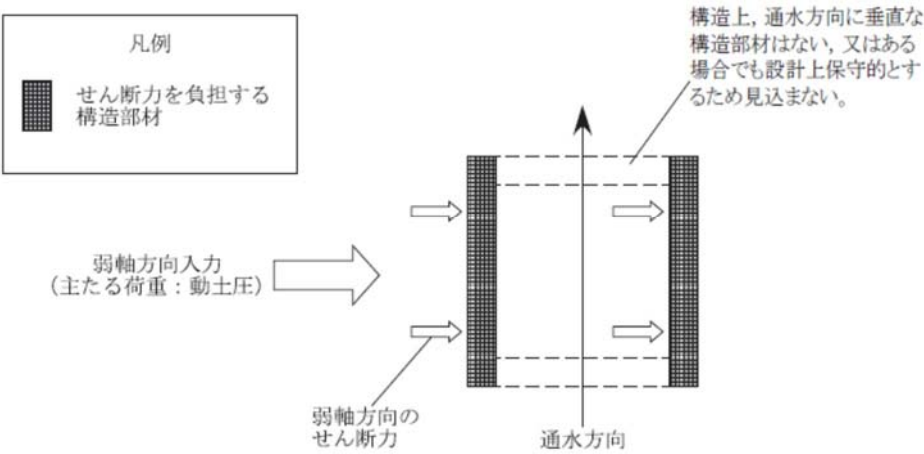
上述のとおり、地中構造物、地上構造物共にほぼ同一の断面が長手方向に連続する構造的な特徴を有していることから、構造上の特徴として明確な弱軸、強軸を有する。

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、従来評価手法では弱軸方向を評価対象として、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。

第 3-4-2 図に示す通り、従来設計手法では、津波防護施設の構造上の特徴から、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ず、垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう設計している。

第 3-4-2 表 従来設計における評価対象断面の考え方（防潮堤）

	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>加振方向に対する抵抗力が小さい</p>	 <p>加振方向に同一構造が連続している</p>



(注) 当該図は平面図を示す

第 3-4-2 図 従来設計手法の考え方

3.4.3 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

津波防護施設において、水平2方向及び鉛直方向地震力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。

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

応答特性が抽出された、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位は、既往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合せ、対象部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

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

評価フローを第3-4-3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

評価対象構築物について、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、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響により 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構造部材の発生応力等を適切に組合せることで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象部位については、津波防護施設が明確な弱軸・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。

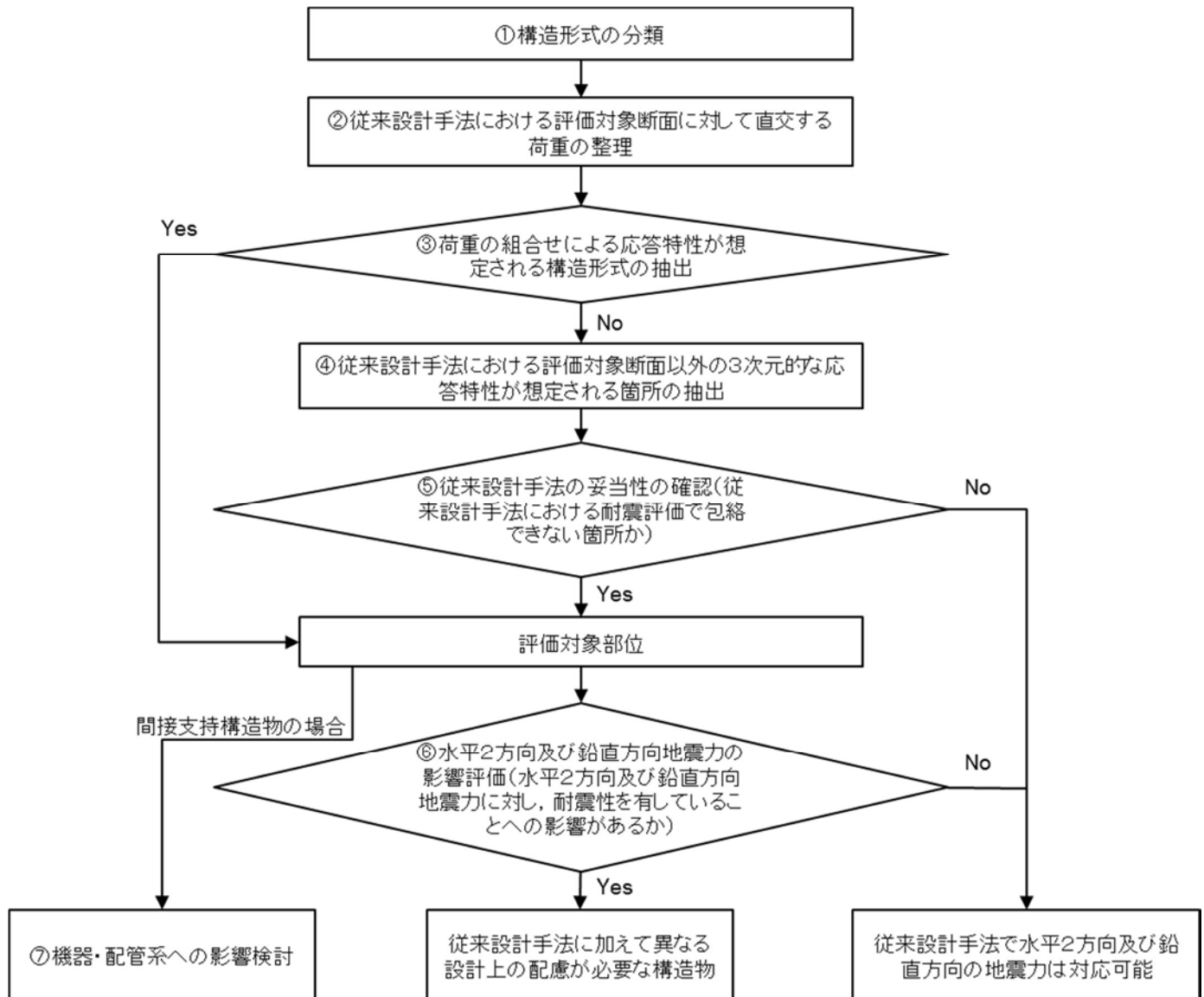
⑦ 機器・配管系への影響評価

評価対象として抽出された構造物が、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は、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、津波防護施設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。



第 3-4-3 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

3.4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

津波防護施設は、その構造形式より 1) 鋼製防護壁の上部工のような鋼殻構造物、2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工、鉄筋コンクリート防潮壁の上部工、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路、貯留堰のような線状構造物、3) 鋼製防護壁の下部工、鉄筋コンクリート防潮壁の下部工、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の基礎のような地中連続壁基礎、4) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工、出口側集水柵の下部工のような鋼管杭基礎、並びに 5) 出口側集水柵の上部工のような箱型構造物の 5 つに大別される。

(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

第3-4-3表に、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

第3-4-3表 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ ^(注)
㊦動土圧 及び動水 圧	従来設計手法における 評価対象断面に対し て、平行に配置される 構造部材に作用する動 土圧及び動水圧	
㊦摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間 で生じる相対変位に伴 い発生する摩擦力	
㊦慣性力	躯体に作用する慣性力	

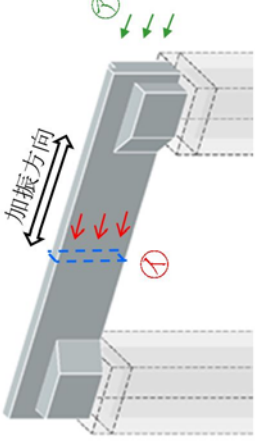
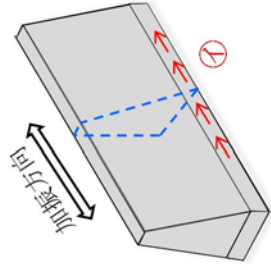
(注) 作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

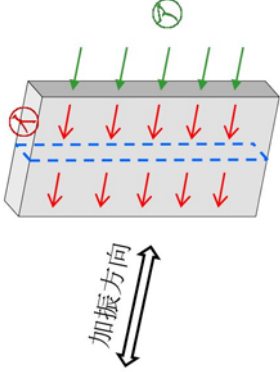
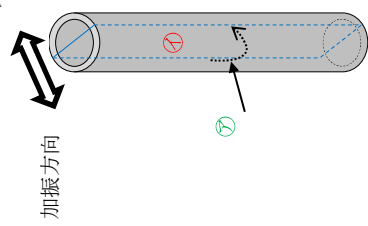
第 3-4-4 表に，3.4.4(1)で整理した構造形式毎に，3.4.4(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

また，構造形式ごとに，各構造物の概略図と特徴について以下に示す。

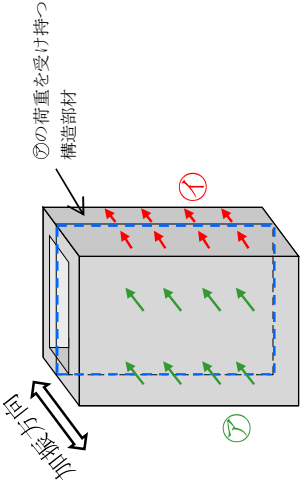
第3-4-4表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (1/3)

3.4.4 (1) で整理した構造形式の分類	a) 鋼殻構造物 (鋼製防護壁の上部工)	b) 線状構造物 (鉄筋コンクリート防潮壁の上部工等)
3.4.4 (2) で整理した荷重の作用状況	 <p>-----: 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p> <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>-----: 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p> <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>
	⑦動土圧及び動水圧 ④摩擦力 ⑦慣性力	⑦動土圧及び動水圧 ④摩擦力 ⑦慣性力
	⑦動土圧及び動水圧 ④摩擦力 ⑦慣性力	従来設計手法における評価対象断面に対して平行する側面に作用 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する側面に作用
	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する下部工を有し、また形状が複雑であるため、水平2方向及び鉛直地震力の組合せの影響の程度が大きい。	全ての部材に作用 従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向 (強軸方向) に⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小
抽出結果 (○: 影響検討実施)	○	×

第3-4-4表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (2/3)

3.4.4 (1) で整理した 構造形式の分類	c) 地中連続壁基礎 (鉄筋コンクリート防潮壁下部工等)		d) 鋼管杭基礎 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁下部工等)	
	<p>-----: 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p>  <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>		<p>-----: 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	
3.4.4 (2) で整理した 荷重の作用状況	⑦動土圧及び動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して平行する面に作用	⑦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用
	④摩擦力	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する面に作用	④摩擦力	主に胴体部に作用
	⑦慣性力	全ての部材に作用	⑦慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響度	従来設計手法における評価対象断面に対して、平行する面に⑦動土圧及び動水圧による荷重が、上部工との接合面に上部工から伝わる荷重が作用するため影響大		胴体部において、⑦動土圧及び動水圧による荷重、及び上部工からの荷重が作用するため影響大	
抽出結果 (○: 影響検討実施)	○		○	

第 3-4-4 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (3/3)

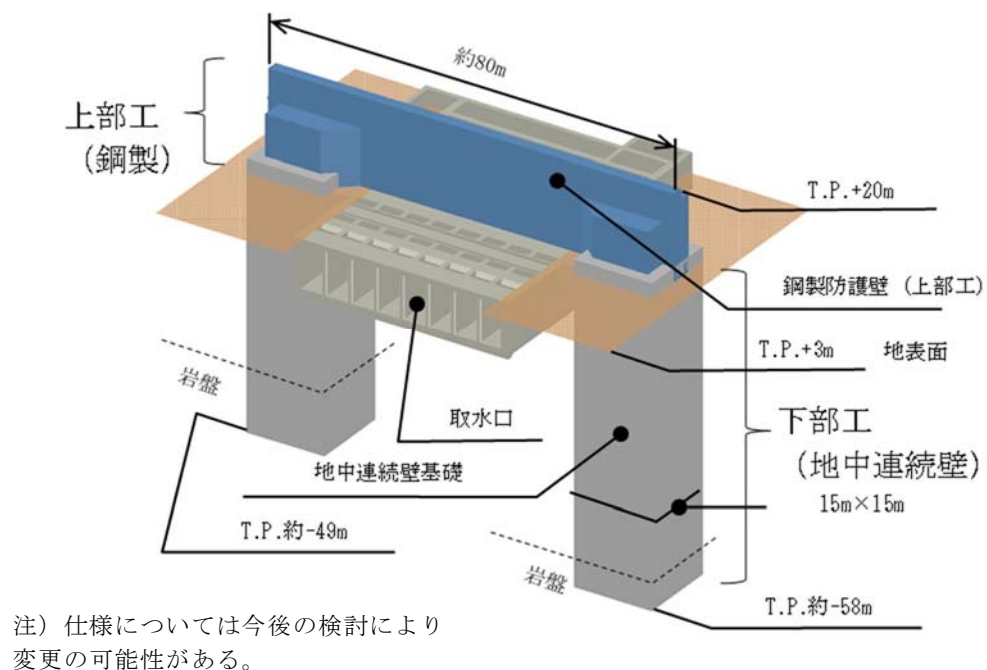
3. 4. 4 (1) で整理した 構造形式の分類	e) 箱型構造物 (出口側集水桝の上部工)
3. 4. 4 (2) で整理した 荷重の作用状況	<p>----- : 従来設計手法における評価対象断面 (弱軸に平行な断面)</p> <div><p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p></div>
	⑦ 動土圧及び動水圧 加振方向に対して直交して配置される構造部材に作用
	⑧ 摩擦力 加振方向に対して平行に配置される構造部材に作用
	⑨ 慣性力 全ての部材に作用
従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響度	従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有し, ⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大
抽出結果 (○: 影響検討実施)	○

a) 鋼殻構造物

・ 鋼製防護壁の上部工

第 3-4-4 図に鋼製防護壁の上部工の概要図を示す。

当該構造物の上部工は、基礎深さ及び地盤条件が異なる下部工を有し、また形状が複雑であるため、水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せの影響がある可能性が大きい。したがって、三次元解析を実施する。



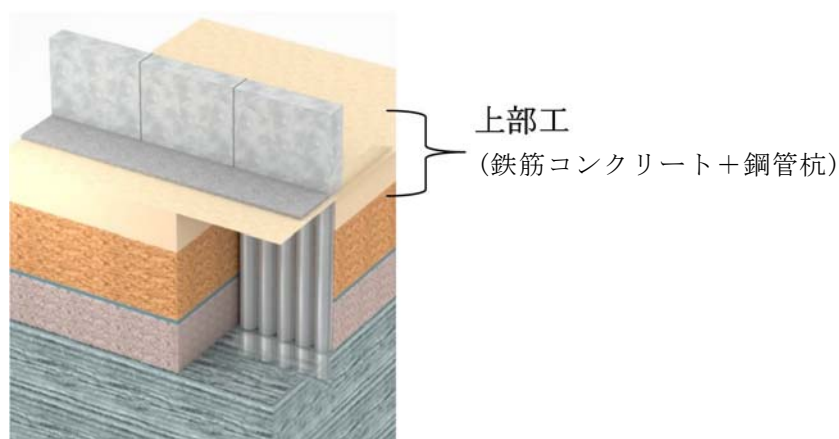
第 3-4-4 図 鋼製防護壁の上部工

b) 線状構造物

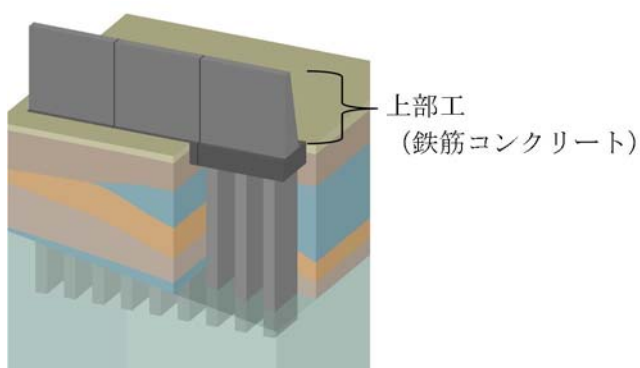
- ・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁

第3-4-5図，第3-4-6図及び第3-4-7図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁の上部工及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁の概要図を示す。

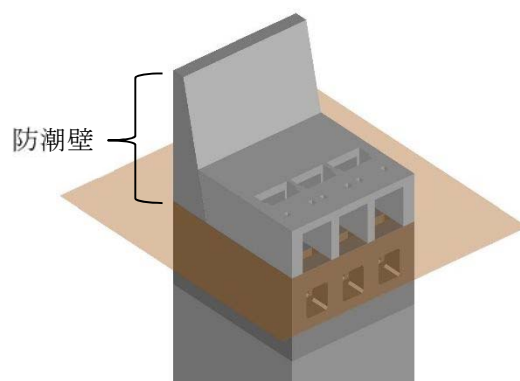
当該構造物は，擁壁タイプの線状構造物であり，その構造上の特徴として，妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さず，妻側（小口）の面積も小さいことから，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧はほとんど作用しない。



第3-4-5図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工



第3-4-6図 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工

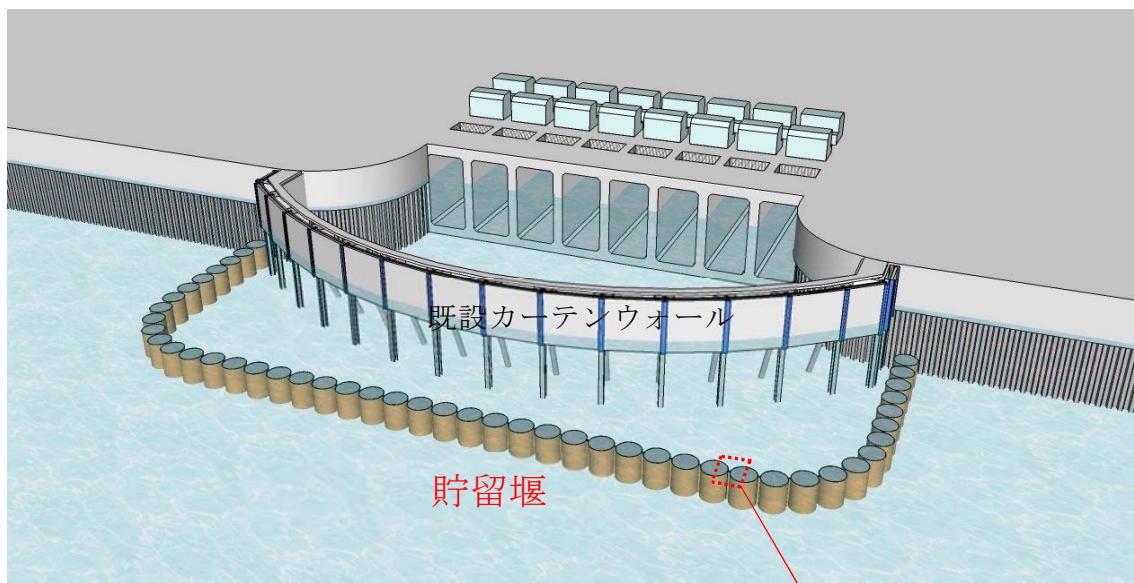


第3-4-7図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁

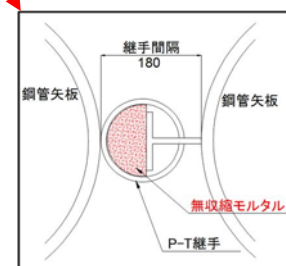
- ・貯留堰

第3-4-8図に貯留堰の概要図を示す。

貯留堰は鋼管矢板構造であり，線状構造物に分類される。各鋼管矢板は，継手部を介して隣接鋼管矢板により鋼管矢板の法線方向に拘束されており，法線方向の断面係数は，法線直角方向と比べて大きく，明確な強軸方向を示す。そのため，強軸方向の水平力により鋼管矢板に発生する曲げモーメントは比較的小さい。したがって，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響は小さい。



第3-4-8図 貯留堰

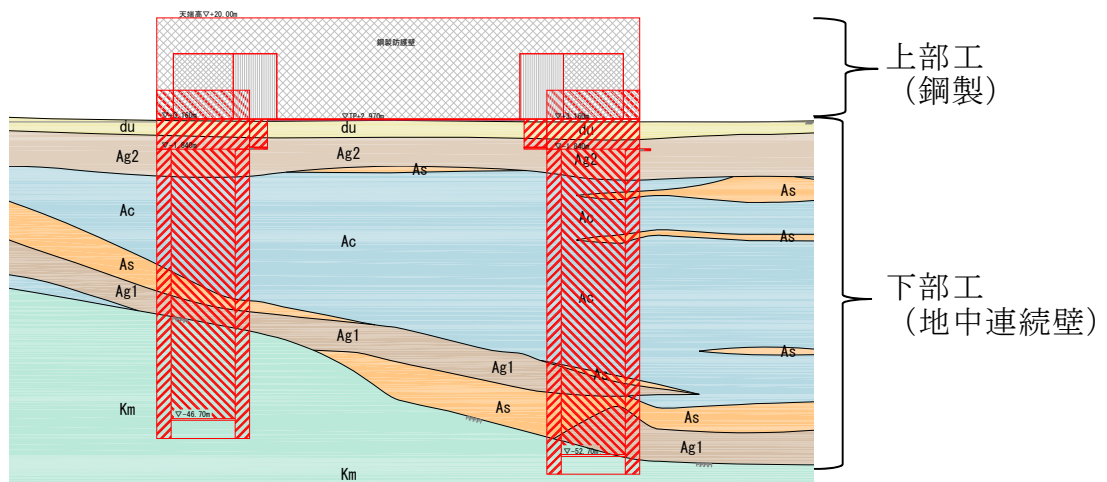


c) 地中連続壁基礎

・ 鋼製防護壁の下部工

第 3-4-9 図に鋼製防護壁の下部工の断面図を示す。

当該構造物の南北二つの下部工は、基礎深さ及び地盤条件が異なり 3 次元的に複雑な挙動をすることが考えられるため、水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。

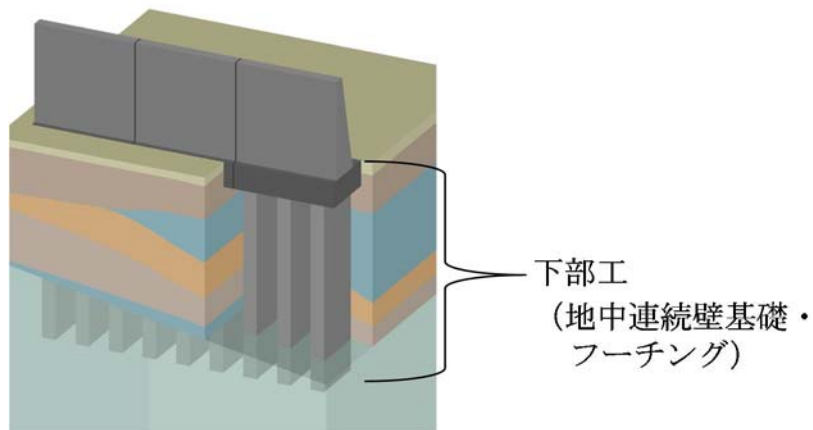


第 3-4-9 図 鋼製防護壁の下部工

- ・鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

第 3-4-10 図に鉄筋コンクリート防潮壁の下部工の概要図を示す。

当該構造物の下部工は，上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力，並びに上部工法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため，水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。

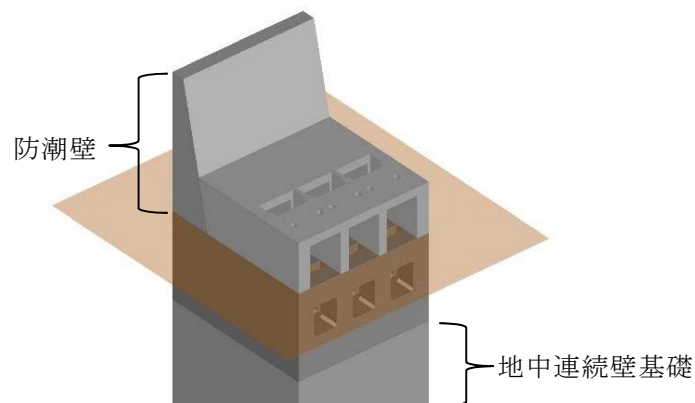


第 3-4-10 図 鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

- ・鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎

第3-4-11図に鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎の概要図を示す。

当該構造物の地中連続壁基礎は、防潮壁法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と防潮壁からの荷重による発生応力、並びに防潮壁法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため、水平2方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。



第3-4-11図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の地中連続壁基礎

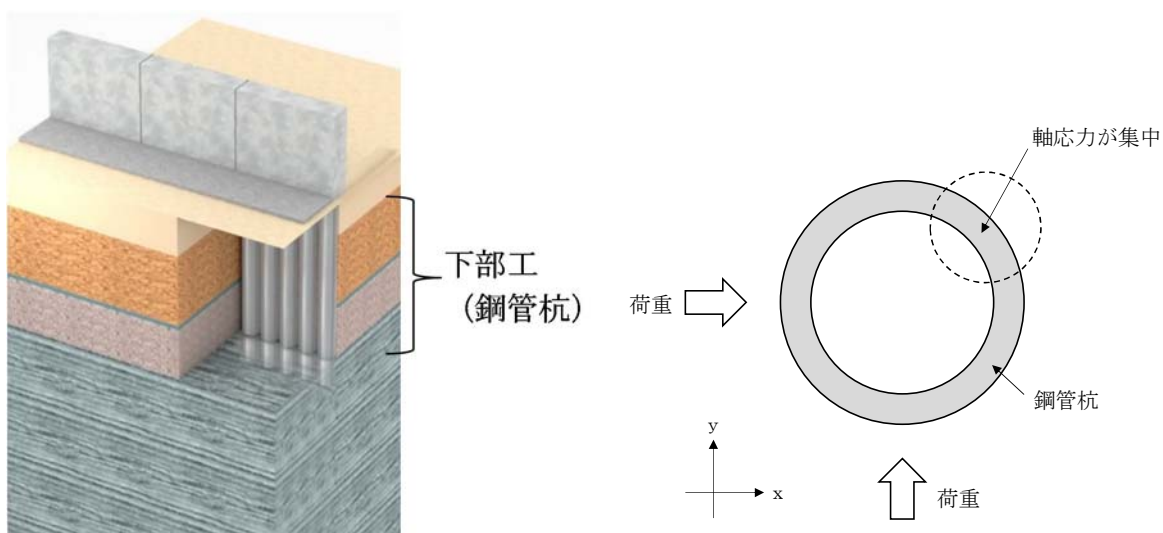
d) 鋼管杭基礎

- ・ 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

第 3-4-12 図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工の概要図を示す。

鋼管杭基礎は、第 3-4-13 図に示すように水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる。

当該構造物の鋼管杭は、上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力、並びに上部工法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため、水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。



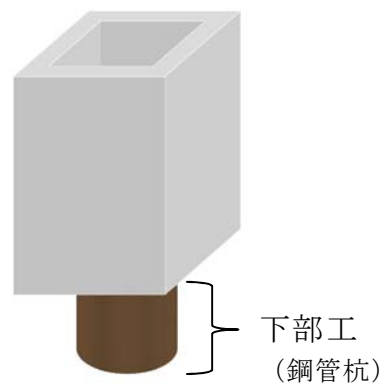
第 3-4-12 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

第 3-4-13 図 鋼管杭基礎に係る応答特性

- ・ 出口側集水桝の下部工

第 3-4-14 図に出口側集水桝の下部工の概要図を示す。

当該構造物の下部工（鋼管杭）も、互いに直交する方向の各水平地震力による動土圧及び動水圧と、上部工からの荷重による発生応力が足し合わされるため、第 3-4-13 図に示すように水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。



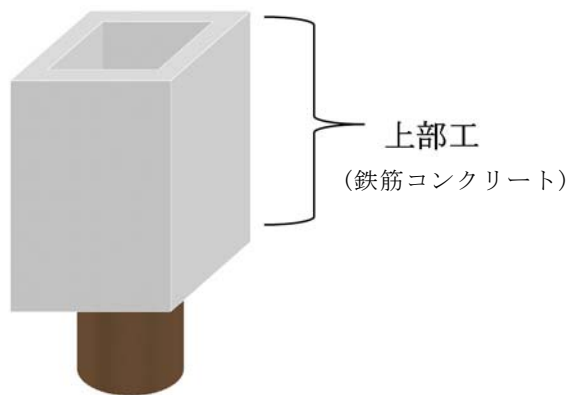
第 3-4-14 図 出口側集水桝の下部工

e) 箱型構造物

・ 出口側集水桝の上部工

第 3-4-15 図に出口側集水桝の上部工の概要図を示す。

箱型構造物については，従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有し，⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため，水平 2 方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。



第 3-4-15 図 出口側集水桝の上部工

以上のことから，荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として，鋼殻構造物，地中連続壁基礎，鋼管杭基礎及び箱型構造物を抽出する。

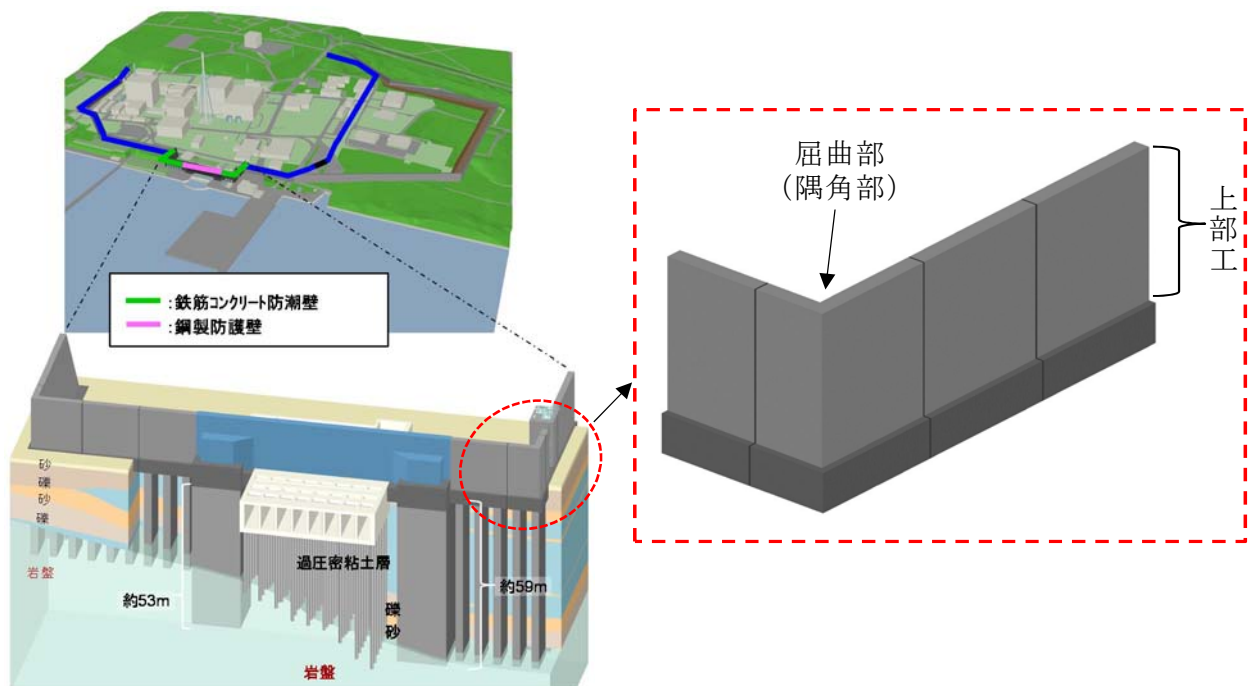
(4) 従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

(3) で抽出しなかった構造形式である線状構造物について，各構造物の構造等を考慮した上で，従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を抽出し，以下に示す。

a) 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工 【線状構造物】

第 3-4-16 図に鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の概要図を示す。

当該構造物は，構造物の配置上，屈曲部（隅角部）を有する。線状構造物の屈曲部（隅角部）では，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

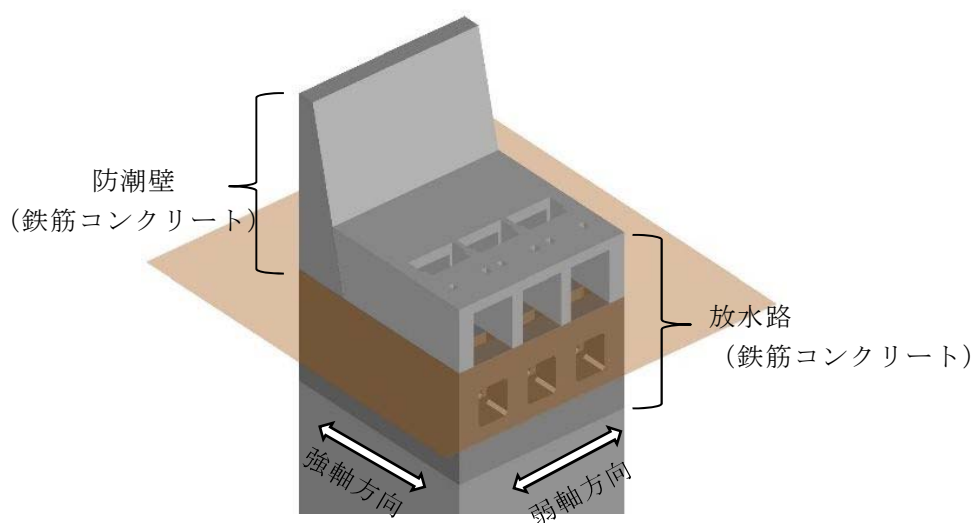


第 3-4-16 図 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）

b) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路 【線状構造物】

第3-4-17図に鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路の概要図を示す。

当該構造物は、防潮壁から強軸方向の荷重を受ける。よって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

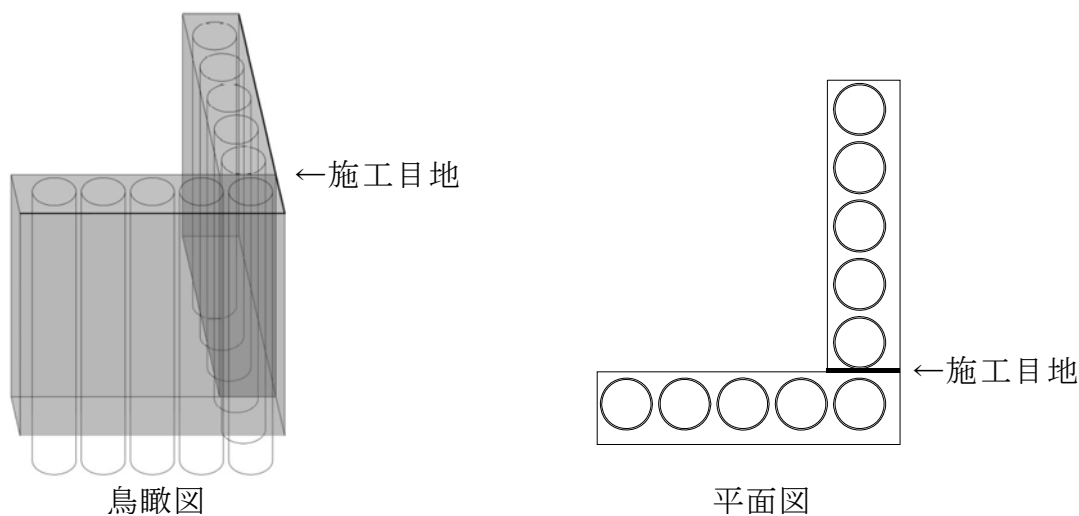


第3-4-17図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

c) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工 【線状構造物】

第3-4-18図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の概要図を示す。

当該構造物は、屈曲部（隅角部）に施工目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているだけとなり、3次元的な応答特性は想定されない。よって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響はない。



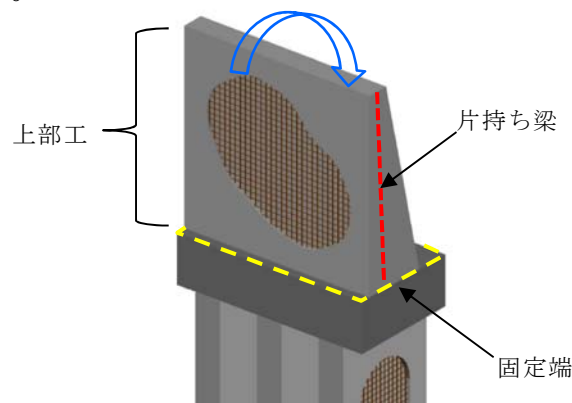
第3-4-18図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工

以上のことから、鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路については、水平2方向地震力の組合せの影響を検討する。

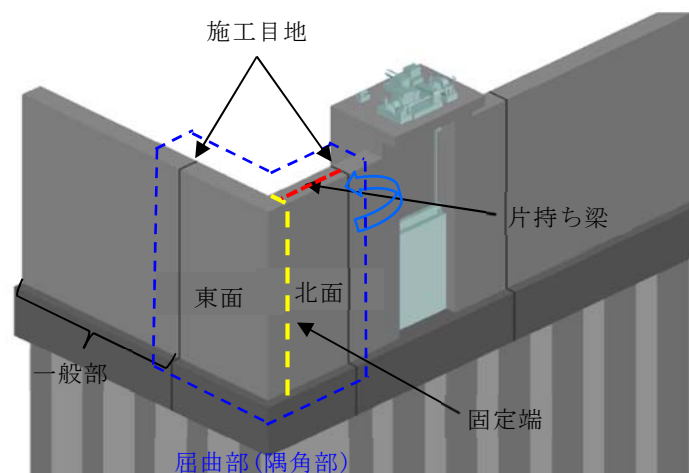
(5) 従来設計手法の妥当性の確認

i) 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工

鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の設計において、一般部は第3-4-19図に示すように、フーチング側を固定端とする鉛直方向の片持ち梁として設計する。屈曲部（隅角部）の東面鉛直壁は一般部と同様に設計するが、屈曲部（隅角部）の北(南)面は第3-4-20図に示すように、東面鉛直壁を固定端とする水平方向の片持ち梁として設計する。したがって、屈曲部（隅角部）は水平2方向の荷重を組み合わせた設計となるため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象部位として抽出する。なお、片持ち梁モデルの妥当性については、静的三次元モデル解析を実施し確認する。



第3-4-19図 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工〔一般部〕

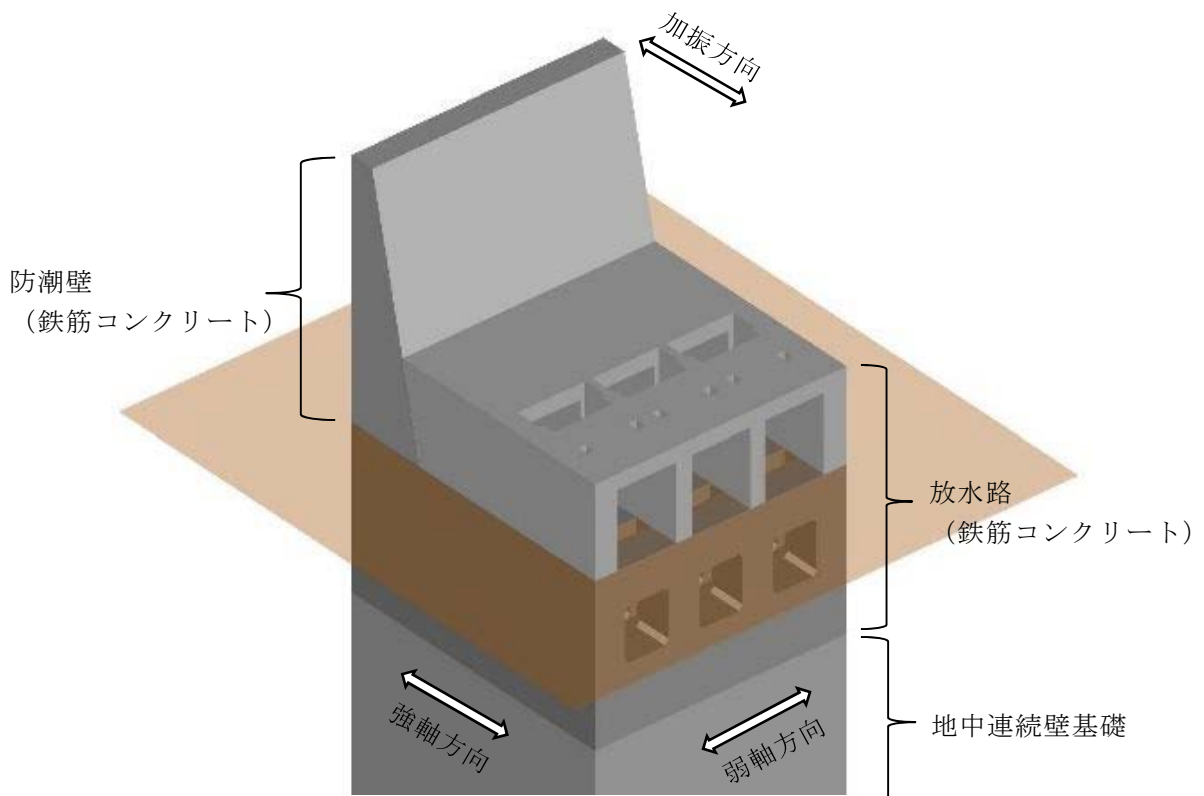


第3-4-20図 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工〔屈曲部（隅角部）〕

ii) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

第3-4-21図に鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路の概要図を示す。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路の設計において、評価対象断面に直交する水平地震力については、カルバート構造物であるため、評価対象断面直交方向（強軸方向）には動土圧・動水圧はほとんど作用しない。しかしながら、放水路（カルバート）上に設置される防潮壁は、当該加振方向による水平地震力により慣性力を受けるため、下部の放水路（カルバート）に荷重が伝わり、強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象部位として抽出する。



第3-4-21図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

3.4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4.4の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として、構造及び作用荷重の観点から、地中連続壁基礎、鋼管杭基礎、箱型構造物、線状構造物のうち鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路を抽出する。

なお、鋼殻構造物については、三次元解析を実施するため、ここでは対象外とする。

第3-4-5表に抽出した評価対象施設（構造物）を示す。

第3-4-5表 評価対象施設（構造物）の抽出結果

構造形式	施設（構造物）名称	フロー※中の対応番号
地中連続壁基礎	鋼製防護壁の下部工	③
	鉄筋コンクリート防潮壁の下部工	③
	鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎	③
鋼管杭基礎	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工	③
	出口側集水柵の下部工	③
箱型構造物	出口側集水柵の上部工	③
線状構造物	鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）	⑤
	鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路	⑤

注）鋼殻構造物は三次元解析を実施するため対象外とする。

※第3-4-3図に示す影響評価フロー

3.4.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

(1) 地中連続壁基礎，鋼管杭基礎，線状構造物のうち鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，従来の設計手法である水平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評価結果等を用い，水平2方向及び鉛直方向地震力の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)に基づいて地震力を設定する。

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

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

2) 箱型構造物，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

箱型構造物及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，箱型構造物及び放水路の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの2次元の地震応答解析にて，互いに干渉し合う断面力や応力を選定し，弱軸方向加振における部材照査において，強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については，構造物の隔壁・側壁が，強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから，当該構造部材を耐震壁と見なし，「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説－許容応力度設計法－（日本建築学会，1999）（以下「RC基準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

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

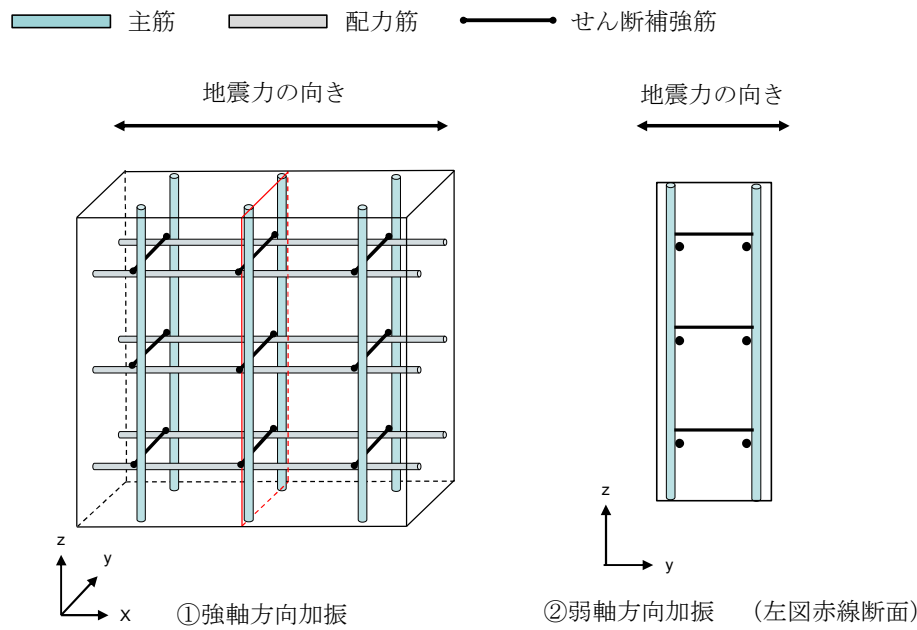
一方，強軸方向加振にて生じるせん断力を，構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず，鉄筋に負担させる場合，第3-4-22図に示すとおり，強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が，弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては，強軸方向加振にて発生する応力を，弱軸方向における構造部材の照査に付加することで，その影響の有無を検討する。

なお，弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では，保守的に両方とも基

準地震動 S_s を用いる。

第 3-4-23 図に水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価
ローを示す。

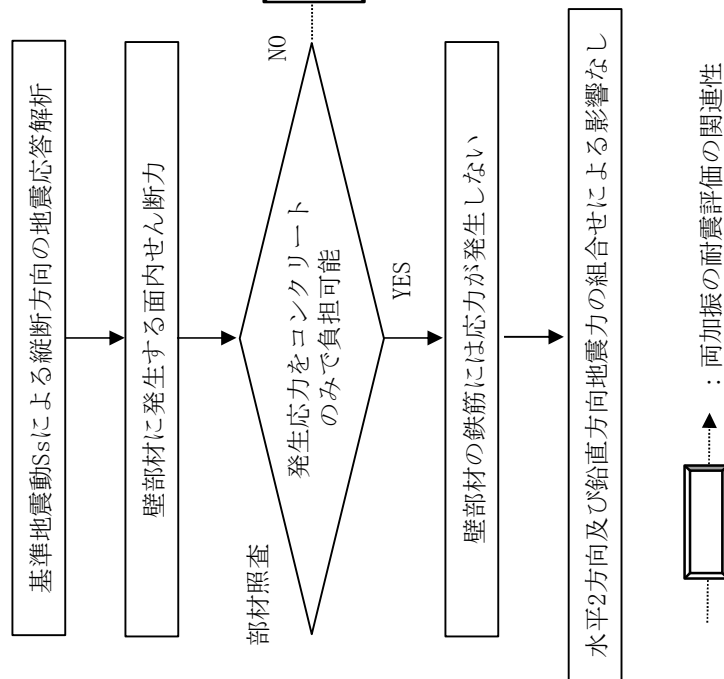


		①強軸方向加振	②弱軸方向加振	備考
断面力	M_y (y軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	M_x (x軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	N_z (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	N_{zx} (zx平面内せん断)	○	×	
	Q_z (z方向面外せん断)	×	○	
応力	主筋	○	○	互いに干渉する可能性あり
	配力筋	○	×	
	せん断補強筋	×	○	

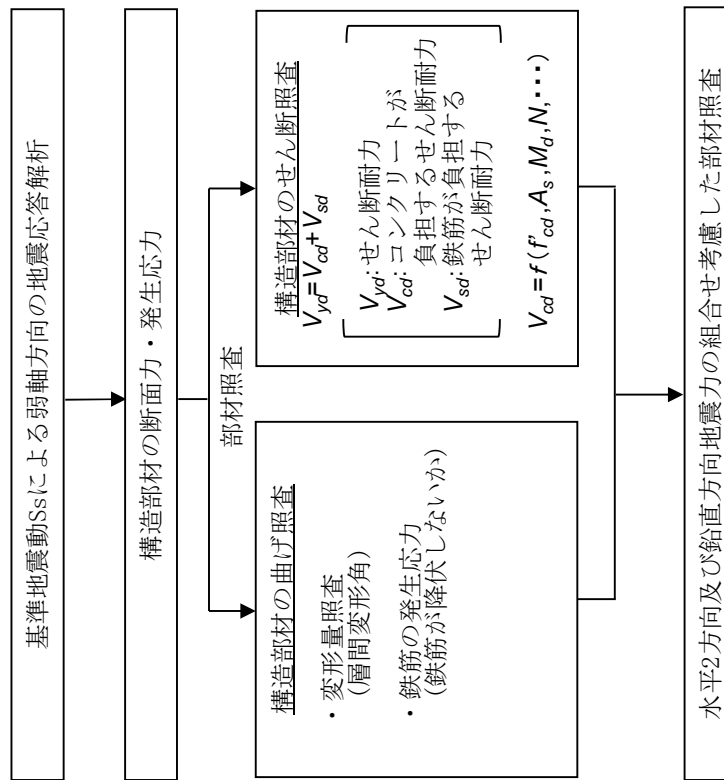
(○：発生する可能性あり，△：発生する可能性があるが極めて軽微，×：発生しない)

第 3-4-22 図 強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力

○強軸方向での地震応答解析及び部材照査



○弱軸方向での地震応答解析及び部材照査



第3-4-23 図 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー
4条-別紙7-113

添付 1 補足説明資料

目 次

1. 水平2方向同時加振の影響評価について（原子炉圧力容器スタビライザ及び格納容器スタビライザ）
2. 水平2方向同時加振の影響評価について（蒸気乾燥器支持ブラケット）
3. 水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）
4. 水平2方向同時加振の影響評価について（ダイヤフラムフロア）
5. 水平2方向同時加振の影響評価について（燃料取替機）
6. 水平2方向同時加振の影響評価について（矩形配置されたボルト）
7. 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）

3 水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）

3.1 はじめに

本項は、水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響検討をF E Mモデルを用いた解析で確認した結果をまとめたものである。

容器については、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項では解析にて影響確認することを目的として、円筒形容器のF E Mモデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せにより確認を行うため、胴の組合せ一次応力を対象としたものである。

具体的な確認項目として、以下2点を確認した。

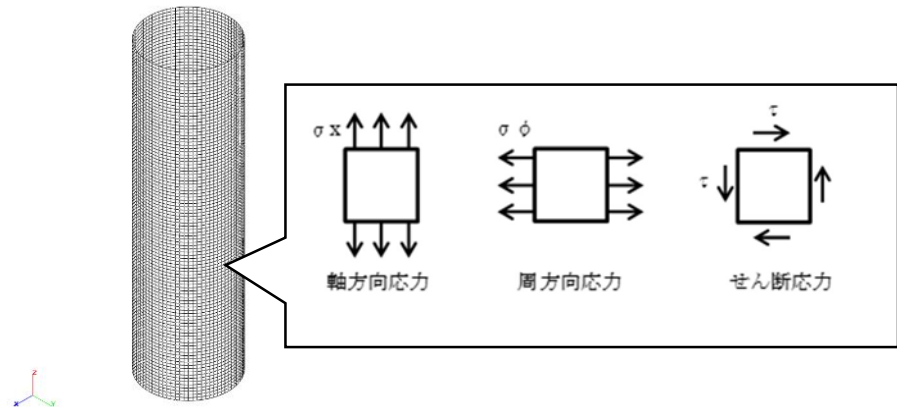
- ① X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることへの確認
- ② 最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認

3.2 影響評価検討

評価検討モデルを第3－1図に示す。検討方法を以下に示す

- ・ 検討方法 : 水平地震力1Gを、X方向（0° 方向）へ入力し、周方向の0° 方向から90° 方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。
- ・ 検討モデル : たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化
- ・ 拘束点 : 容器基部を拘束
- ・ 荷重条件 : モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷

- ・ 解析方法 ： 静的解析
- ・ 対象部位及び応力 ： 容器基部における応力
- ・ 水平2方向同時加振時の組合せ方法
 - 組合せ係数法（最大応答の非同時性を考慮）
 - S R S S 法（最大応答の非同時性を考慮）



第3－1図 評価検討モデル

3.3 検討結果

3.3.1 軸方向応力 σ_x

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を第3－2図に示す。

この結果により，最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから，Y方向から水平地震力を入力した場合においても，最大応力点は $90^\circ / 270^\circ$ 位置に発生することは明白であるため，水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また，第3－1表にX方向，Y方向，2方向入力時の軸方向応力分布を示す。

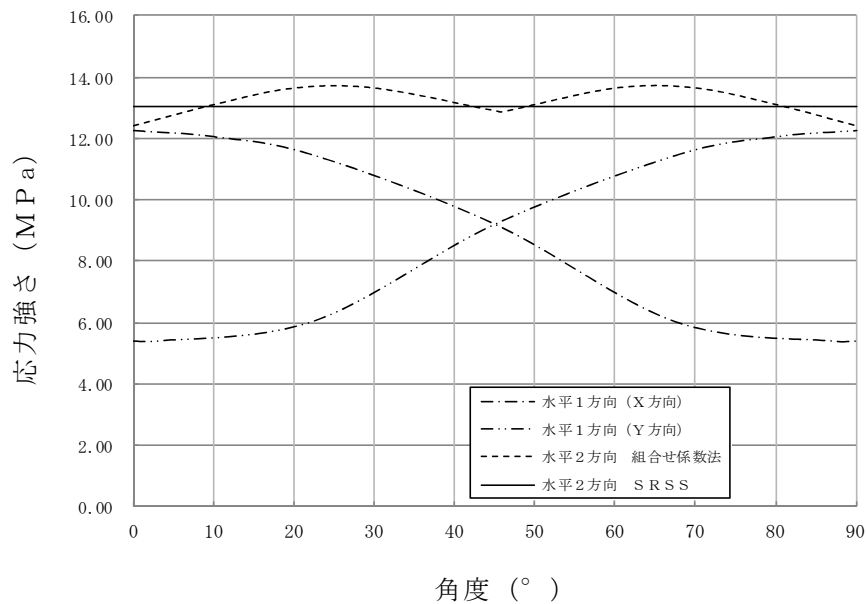
中間部($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外)において2方向入力時の影響が確認できる。

なお，組合せ係数法及びS R S S法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\sigma_{x,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{x,s}(\theta)$ は，水平1方向入力時の軸方向応力解析結果（X

算出した応力強さの分布及び分布図を第3－5表及び第3－6図に示す。

第3－5表 水平地震時の組合せ応力強さ

角度	X方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	S R S S 法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.04
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.04
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.04
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.04
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.04



第3－6図 水平地震時組合せ応力強さ分布図

組合せ応力強さは、S R S S 法では全方向において一定であるのに対して、組合せ係数法では24.75° 及び65.25° にピークを持つ分布となった。組合せ応力強さは0° , 45° 及び90° 付近ではS R S S 法のほうが組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ24.75° 及び65.25° 付近ではS R S S 法を約5%上回る結果となった。

水平2方向入力時のS R S S 法による組合せ最大応力強さは、第3－6表に示すとおり水平1方向入力時の最大応力強さに対して6 %上回る程度であり、水平2方向による影響は軽微といえる。

一方、水平2方向入力時の組合せ係数法による組合せ最大応力強さについては、水平1方向入力時の最大応力強さに対して11%上回る結果となった。これは水平2方向入力時の影響軽微と判断する基準（応力の増分が1割）を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。

このため、水平2方向による影響は軽微であると **考えられるため、詳細設計段階で、影響軽微とした判断する基準（応力の増分が1割）以下であることを確認する。**

第3－6表 水平地震時の最大組合せ応力強さ及び水平2方向による影響

		最大組合せ応力強さ (MPa)	水平2方向／水平1方向 最大応力強さ比
水平1方向入力		12.28	1.00
水平2方向 入力	S R S S 法	13.05	1.06
	組合せ係数法	13.67	1.11

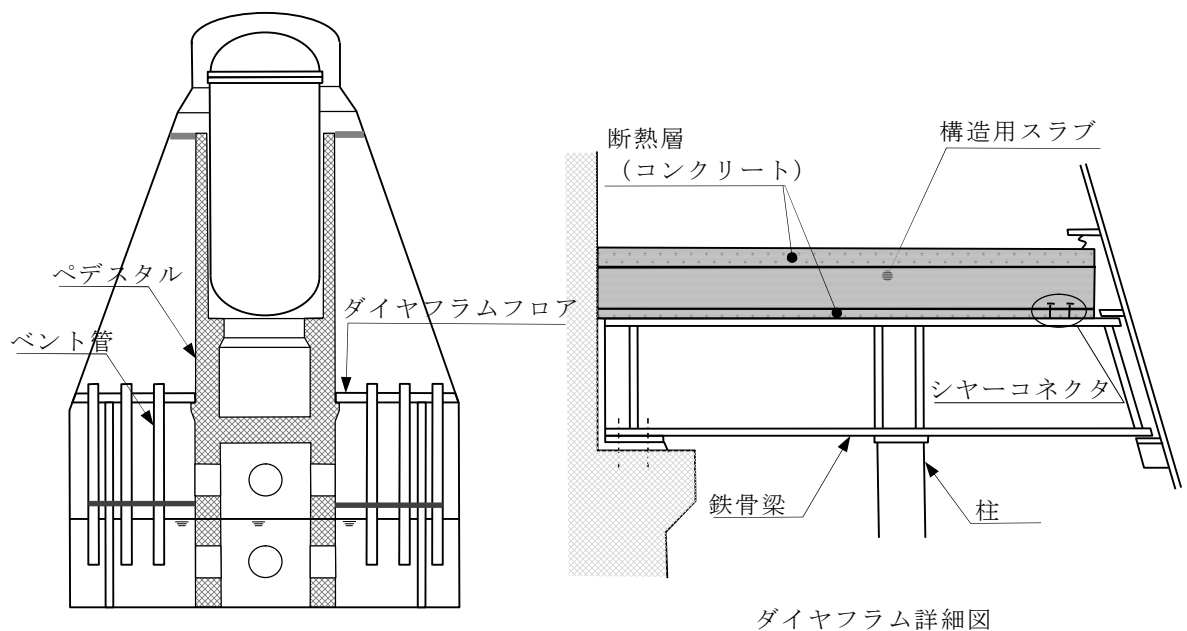
4. 水平2方向同時加振の影響評価について（ダイヤフラムフロア）

4.1 はじめに

本項は、ダイヤフラムフロアに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

4.2 ダイヤフラムフロアの構造

ダイヤフラムフロアは、格納容器をドライウェルとサプレッションチェンバとを隔離する構造物であり、上部及び下部に断熱層を持った鉄筋コンクリート製の構造用スラブで構成されている。垂直方向の荷重は、鉄筋コンクリート製スラブから鉄骨梁に伝えられ、その下部にあるペデスタル及び鉄骨の柱で支持されている。水平方向の荷重も同様に鉄骨梁から原子炉本体基礎及び格納容器周囲に設置されたシアラグを介して原子炉建屋に伝達される（第4-1図）。



第4-1図 ダイヤフラムフロアの構造

4.3 水平 2 方向同時加振の影響

構造用スラブ及び鉄骨梁は、水平方向に広がりを持つことから、作用する荷重は鉛直方向の荷重が支配的であり、水平 2 方向の地震に対して影響は軽微である。また、同様に構造用スラブ及び鉄骨梁を支持する柱についても、各構造物からの鉛直方向の荷重を受ける構造であるため、水平 2 方向の地震に対する影響はない。

水平地震力を構造用スラブから鉄骨梁に伝達するシヤーコネクタに対する水平 2 方向の地震の影響について整理する。地震時にダイヤフラムフロア全体に加わる水平力 Q とした場合、シヤーコネクタが設置されているダイヤフラムフロア端部に加わる水平力 q は、第 4-2 図に示すとおり \sin 分布として与えられるため、地震方向との角度 θ が 90° の位置で最大となることから、NS、EW 方向 で最大となる地震力の位置は異なる(第 4-3 図)。

さらに、水平 2 方向同時加振時の水平力は、第 4-4 図に示すとおり水平 1 方向加振時の最大の水平力と比較し S R S S 法を用いた場合は同値、組合せ係数法を用いた場合は最大で約 1.08 倍の値となるため、水平 2 方向同時加振の影響は軽微である。

また、ダイヤフラムフロアは、水平方向に広がりを持った構造物であることから、鉛直方向の地震力に対する影響を無視できないため、水平 2 方向に鉛直方向を加えた影響の確認を行う。

なお、地震応答解析結果から得られたダイヤフラムフロアの評価に用いる既工認時の荷重及び今回工認の荷重の比較を第 4-1 表に、既工認におけるダイヤフラムフロア主要部材における地震荷重の割合を第 4-2 表及び第 4-3 表に示す。今回工認の評価用荷重に比べ既工認の評価用荷重が大きいこと、また既工認の評価結果から事故時の温度、圧力等による荷重は評価に一

定の影響を与えることが分かる。以上より、水平2方向同時加振による影響は、ダイヤフラムフロアにおける実際の評価では、事故時荷重として圧力、熱荷重等を考慮して評価するため、水平方向地震力の寄与度を踏まえると水平2方向同時加振における影響は軽微であるものと考えられるが、詳細設計段階で具体的な評価結果を用いた確認を行う。

第4-1表 ダイヤフラムフロア評価用荷重の比較

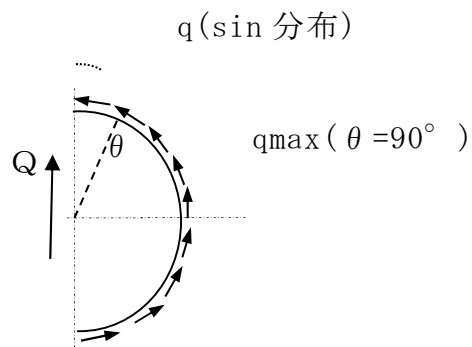
	既工認 (評価用地震×1.5)	今回工認 (S_s 応答包絡値)
評価用荷重	9,530 kN	7,570 kN

第4-2表 ダイヤフラムフロア（構造用スラブ）の既工認の応力度割合

	自重及び 鉛直地震	水平地震	事故時等
コンクリートの 圧縮応力度	0.4 %	11.9 %	87.7 %
鉄筋の 圧縮応力度	0.7 %	31.1 %	68.2 %
鉄筋の 圧縮応力度	0.6 %	68.2 %	31.2 %
面外せん断	1.8 %	—	98.2 %
面内せん断	—	100 %	—

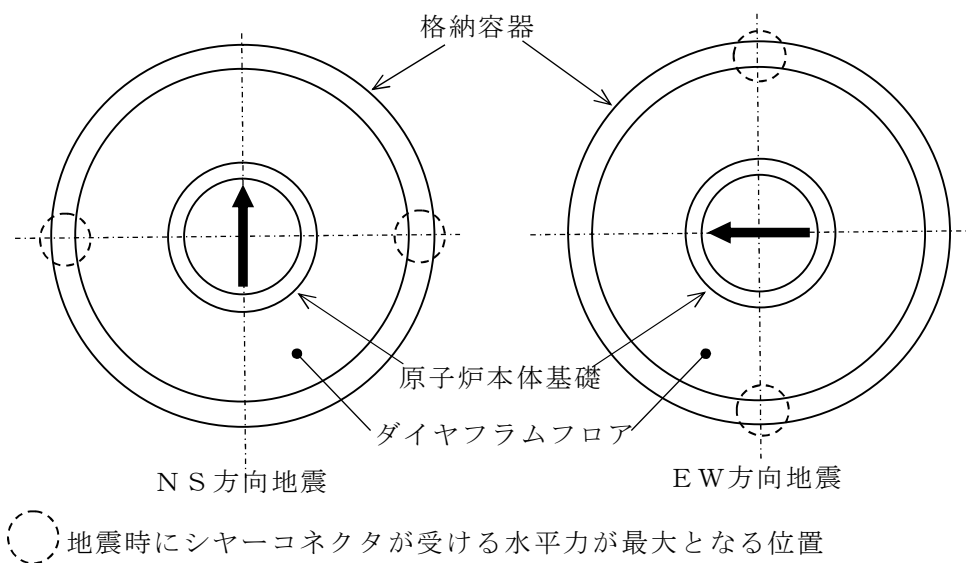
第4-3表 ダイヤフラムフロア（柱）の既工認の荷重割合

	自重	鉛直地震	事故時差圧
コンクリートの 圧縮応力度	10.8 %	2.6 %	86.6 %

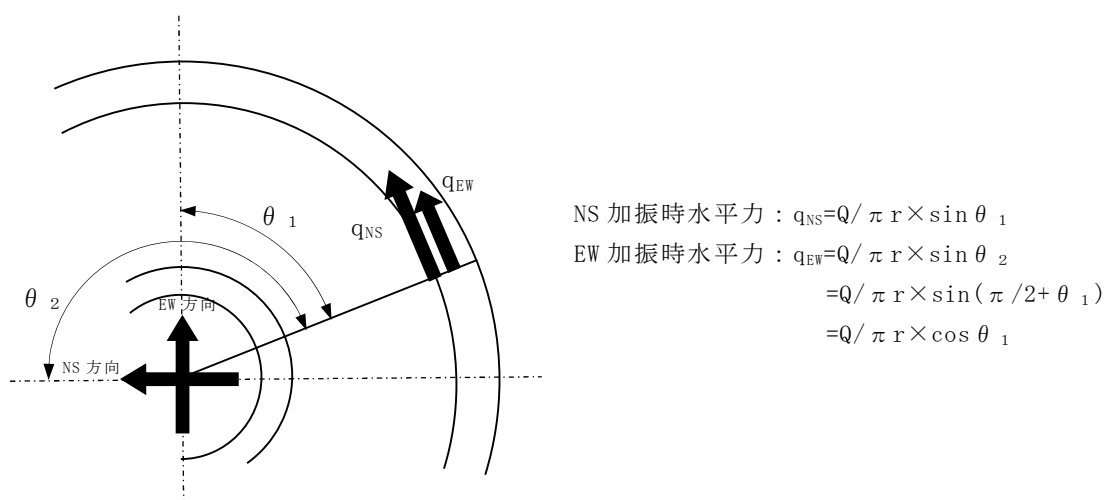


Q : 地震時にダイヤフラムフロア全体が受ける水平力
 q : ダイヤフラム端部に作用する水平力

第4-2図 ダイヤフラムフロア端部における水平力の分布



第 4-3 図 シヤーコネクタに与える水平 2 方向地震組合せの影響



< 組合せ係数法を用いた2方向入力時水平力 >

$$q = \max(q_{NS} + 0.4 \times q_{EW}, 0.4 \times q_{NS} + q_{EW})$$

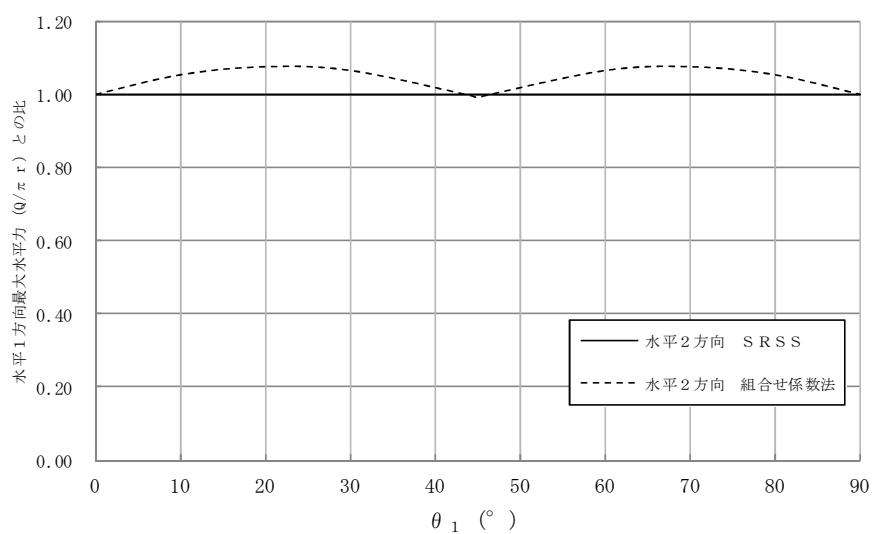
$$= Q / \pi r \times \max(\sin \theta_1 + 0.4 \times \cos \theta_1, 0.4 \times \sin \theta_1 + \cos \theta_1)$$

< S R S S 法を用いた2方向入力時水平力 >

$$q = \sqrt{(q_{NS}^2 + q_{EW}^2)}$$

$$= \sqrt{((Q / \pi r \times \sin \theta_1)^2 + (Q / \pi r \times \cos \theta_1)^2)}$$

$$= Q / \pi r$$



第4-4図 水平2方向同時加振時の水平力分布について

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)

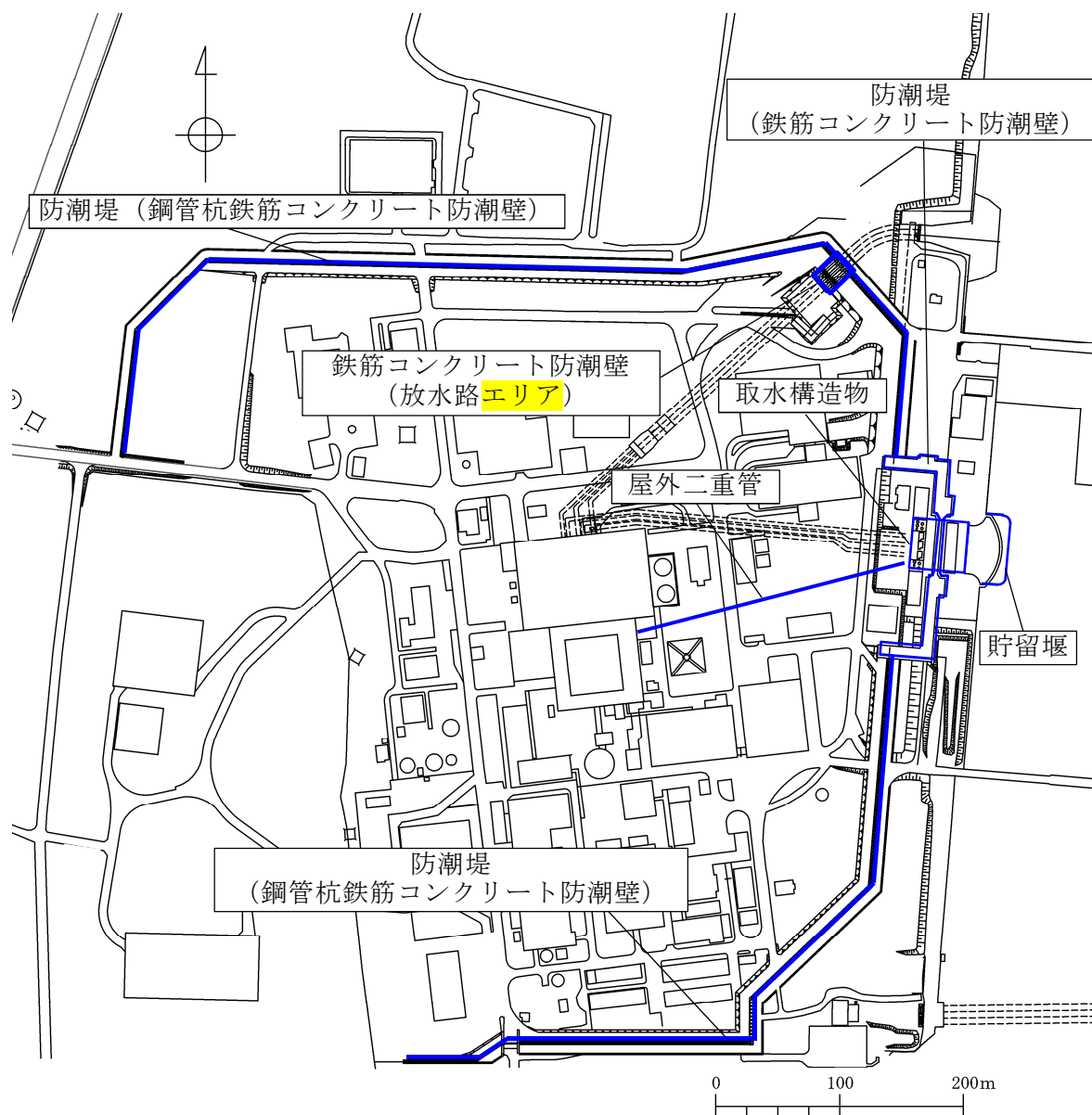
1. 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方

1.1 方針

屋外重要土木構造物の評価対象断面については、構造物の配置、荷重条件及び地盤条件を考慮し、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。

東海第二発電所での対象構造物は、屋外重要土木構造物である、取水構造物及び屋外二重管、津波防護施設である防潮堤（放水路エリアを含む）及び貯留堰である。各施設の平面配置図を第 1.1-1 図に示す。

なお、設計基準対象施設である軽油貯蔵タンク及び軽油移送配管等の間接支持構造物である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については、「2. 重大事故等対処施設の土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方」に示す。



第 1.1-1 図 屋外重要土木構造物 平面配置図

1.2 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 1.2-1 図に、縦断面図を第 1.2-2 図に、横断面図を第 1.2-3 図に示す。

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。

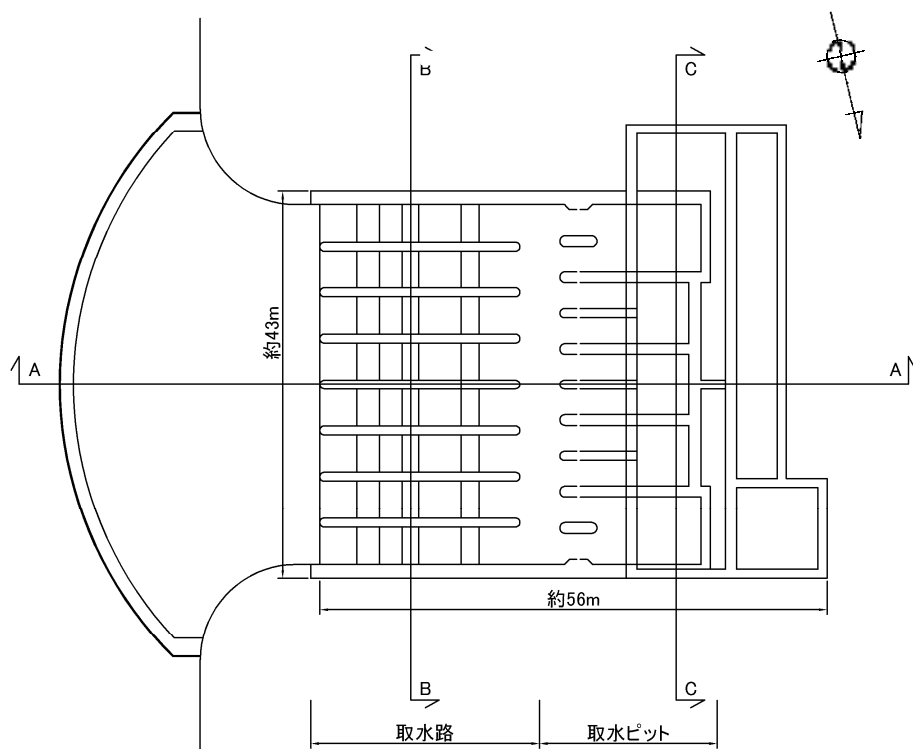
取水構造物の縦断方向（通水方向）は、加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向（通水方向に対し直交する方向）は、通水機能を確保するため、加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから、弱軸方向となる。

耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向を評価対象の断面の方向とする。

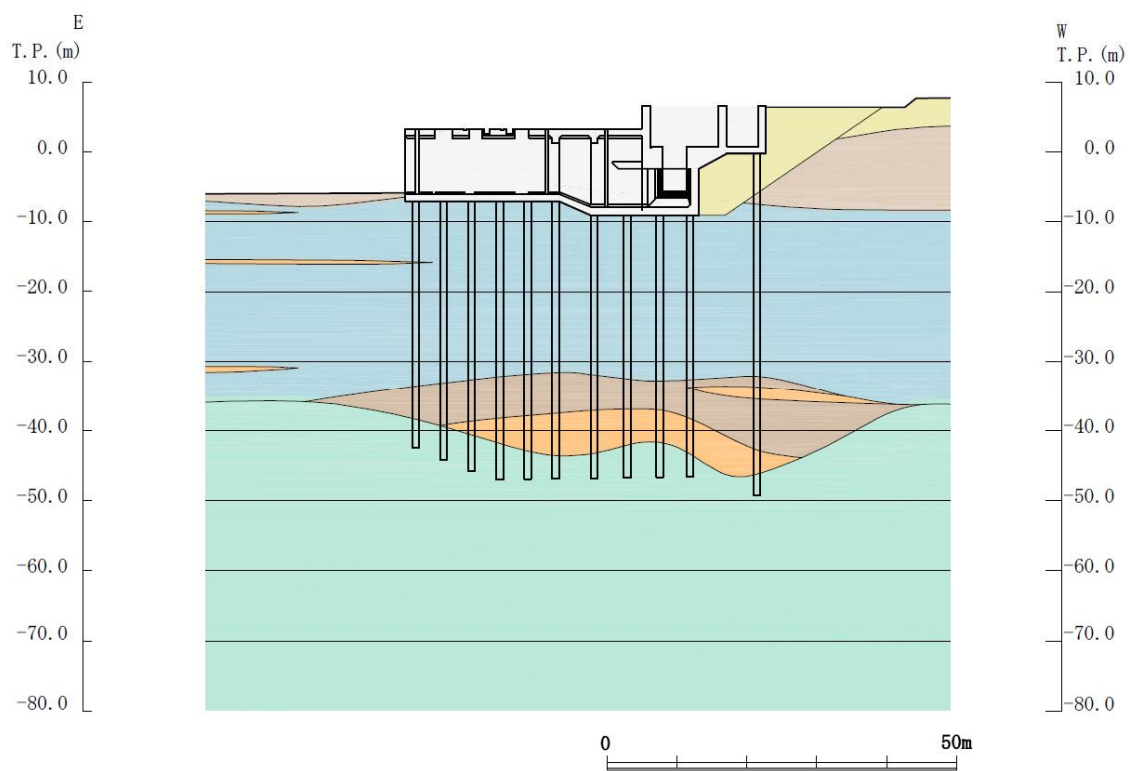
取水路である 8 連のボックスカルバート構造の区間においては、頂版には取水方向に概ね規則的に開口が存在する。このため、耐震評価は、同区間の取水方向全長で開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

また、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、耐震評価は、これらのポンプ等が設置される取水方向の区間長で開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

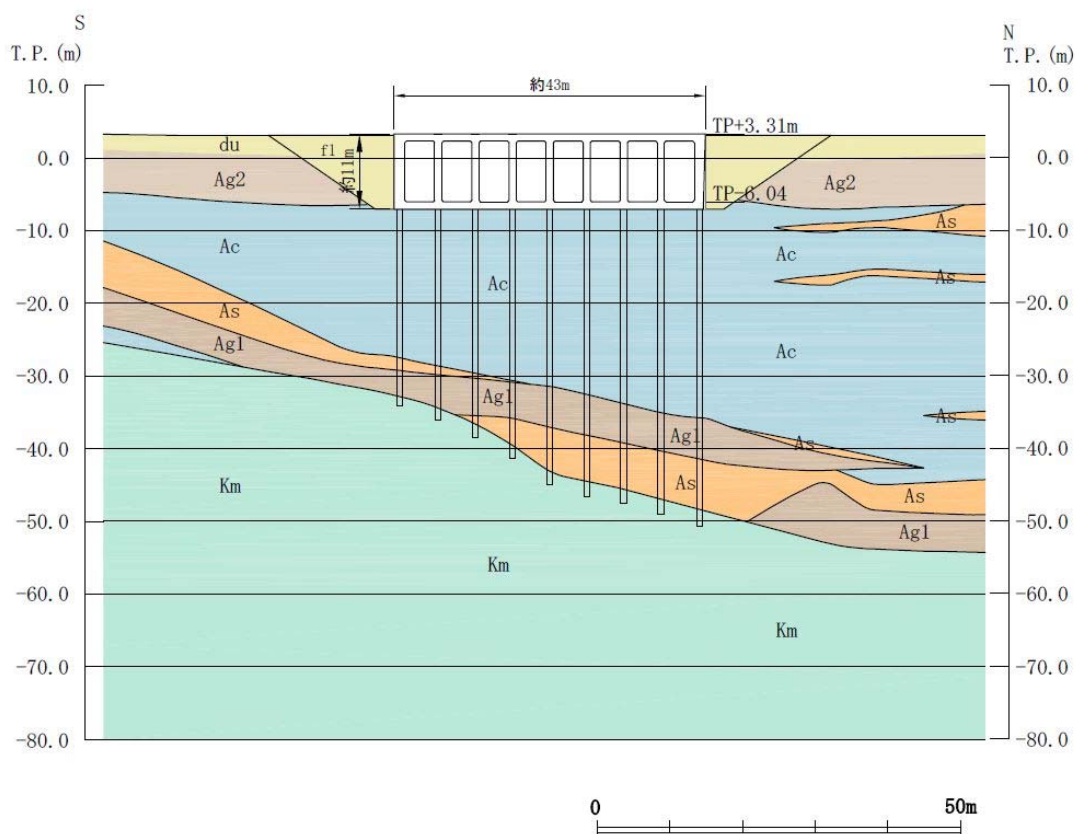
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



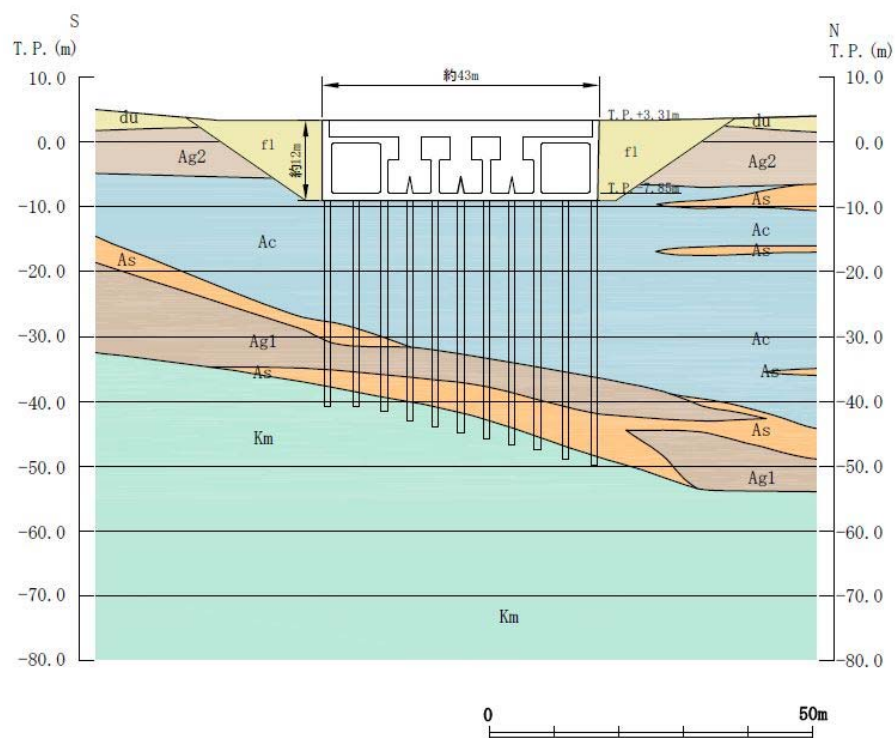
第 1.2-1 図 取水構造物 平面図



第 1.2-2 図 取水構造物 縦断面図 (A-A断面)



第 1.2-3 (1) 図 取水構造物 横断面図 (B-B 断面：取水路)



第 1.2-3 (2) 図 取水構造物 横断面図 (C-C 断面：取水ピット)

1.3 屋外二重管の断面選定の考え方

屋外二重管は、延長約 215m の鋼管の地中構造物であり、内径 2.0m 及び 1.8m の 2 本が設置され、第四系地盤に直接支持されている。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。

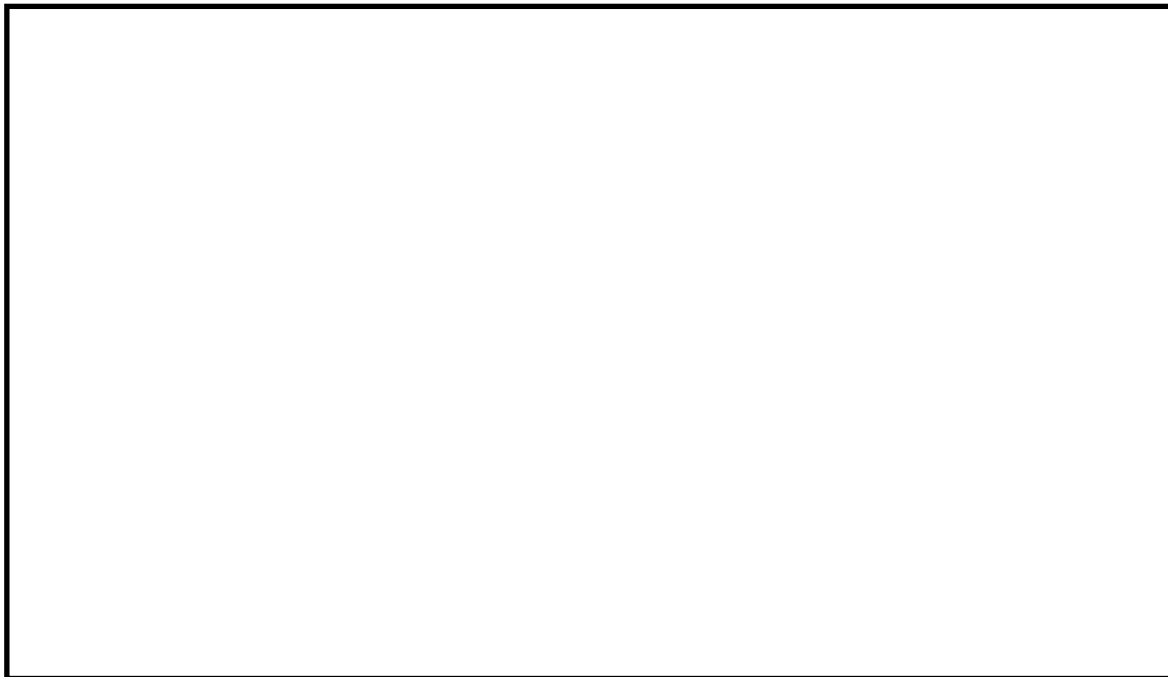
屋外二重管の平面図を第 1.3-1 図に、縦断面図を第 1.3-2 図に、横断面図を第 1.3-3 図に示す。

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鉄筋コンクリート梁を設置して、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。

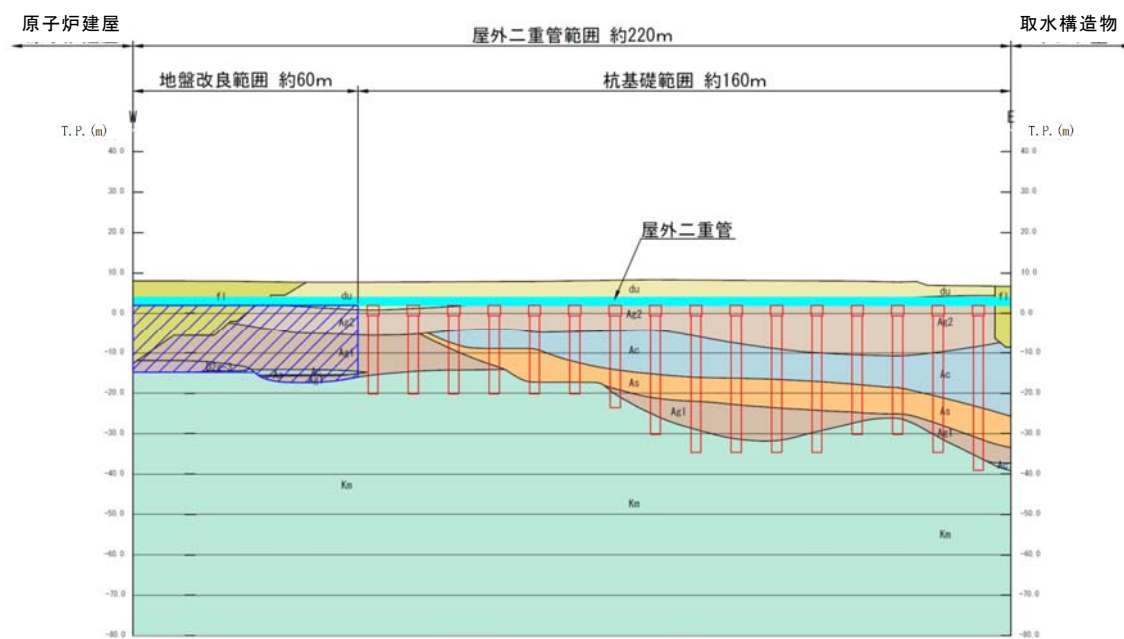
屋外二重管の基礎構造概要図を第 1.3-4 図に示す。

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、屋外二重管横断方向としては第四系が最も厚く分布する取水構造物側端部の断面及び屋外二重管縦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。

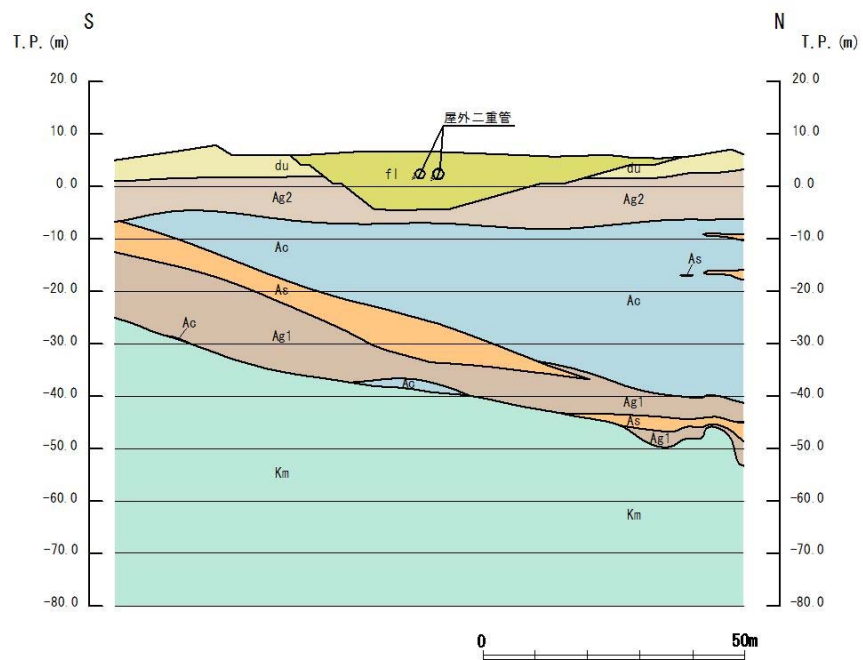
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



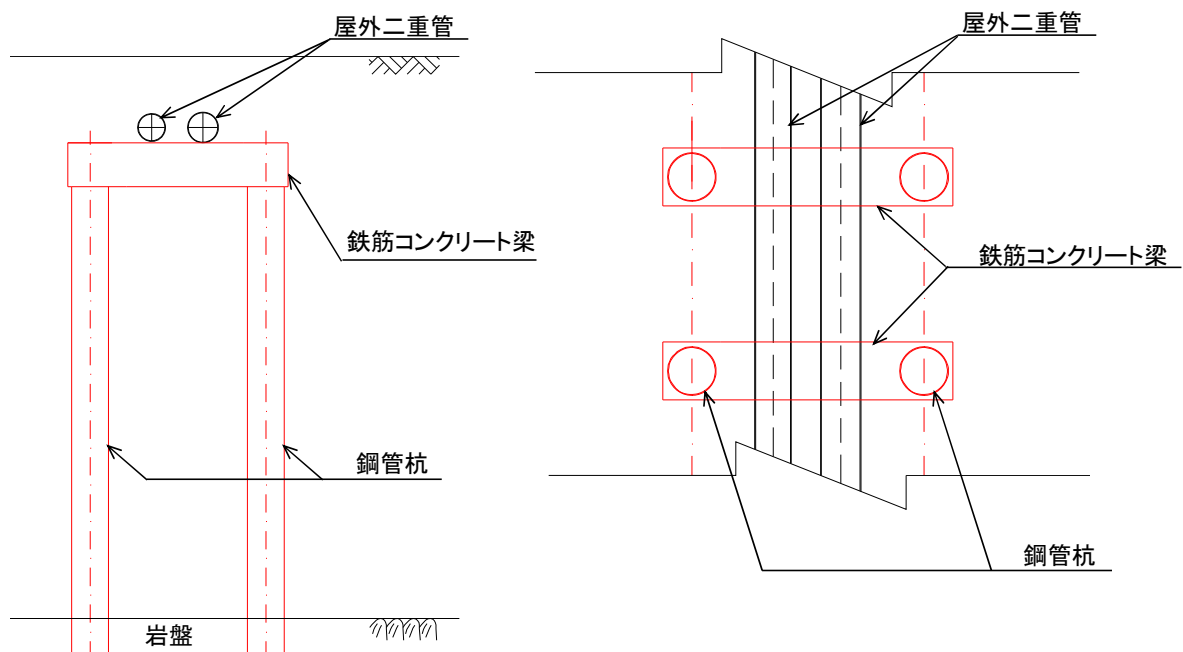
第 1.3-1 図 屋外二重管 平面図



第 1.3-2 図 屋外二重管 縦断面図 (A-A断面)



第 1.3-3 図 屋外二重管 横断面図 (B-B 断面)



基礎構造 (管軸直角方向イメージ)

基礎構造 (平面イメージ)

第 1.3-4 図 基礎構造概要図

1.4 貯留堰の断面選定の考え方

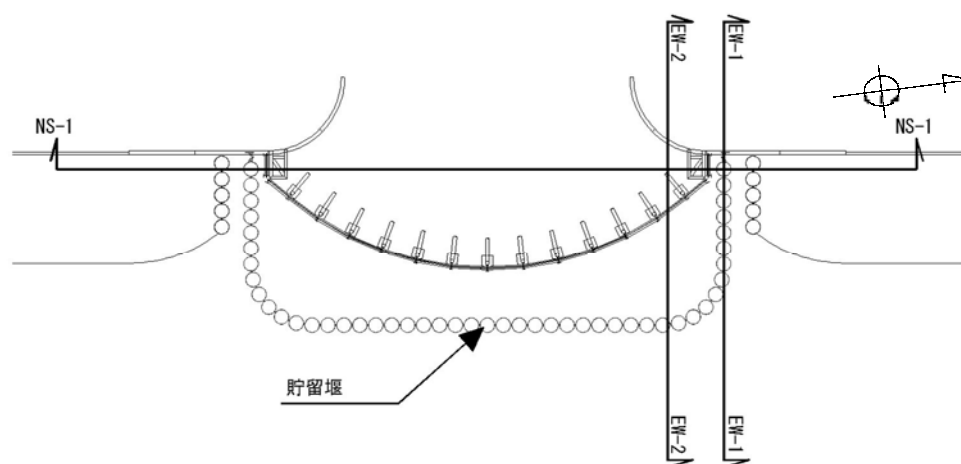
貯留堰の平面図を第 1.4-1 図に、断面図を第 1.4-2 図に示す。

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。

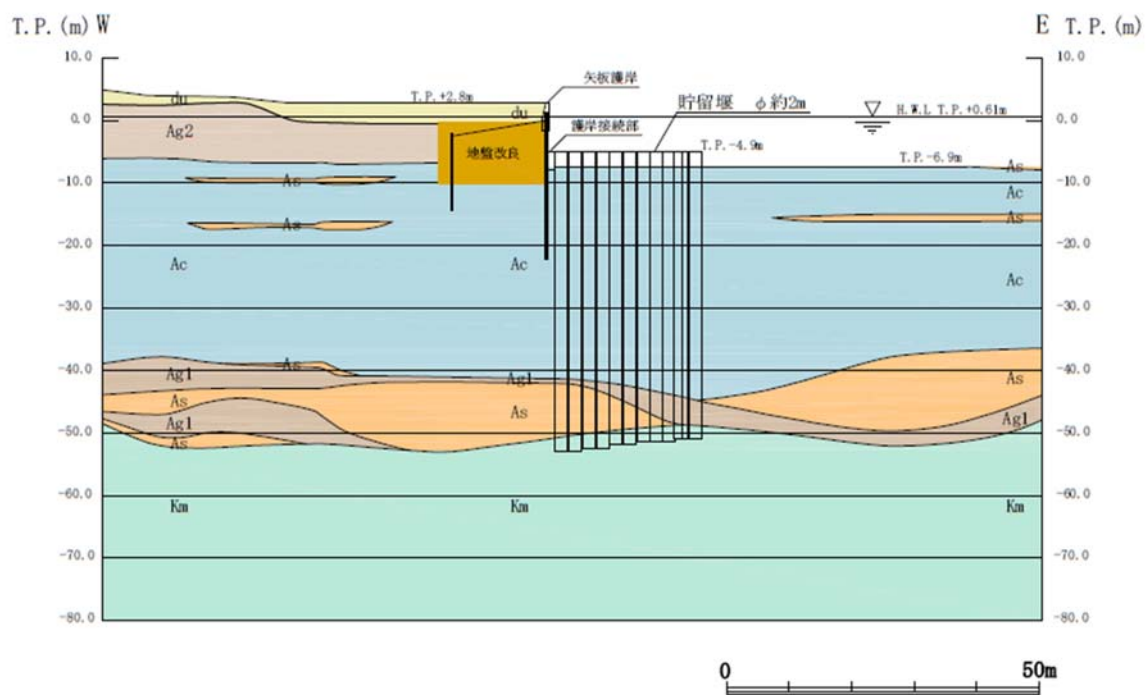
貯留堰の縦断方向（軸方向）は、加振方向に隣接する鋼管矢板を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向（軸方向に対して直交する方向）は、加振方向に隣接する鋼管矢板がないことから、弱軸方向となる。

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方向の断面について、耐震安全上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。

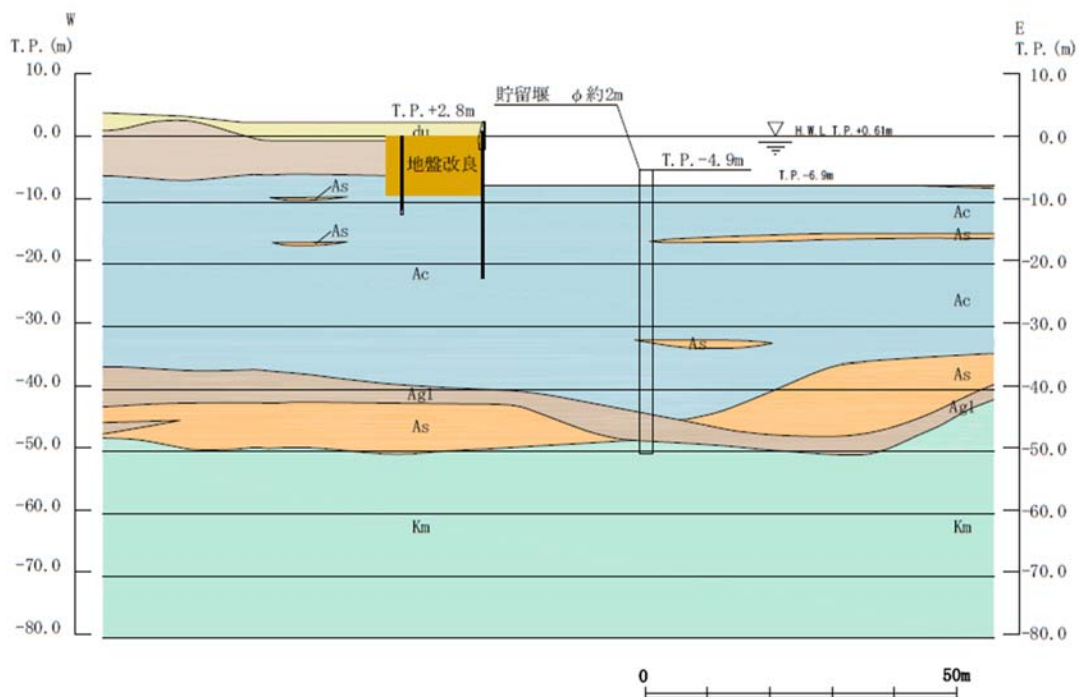
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



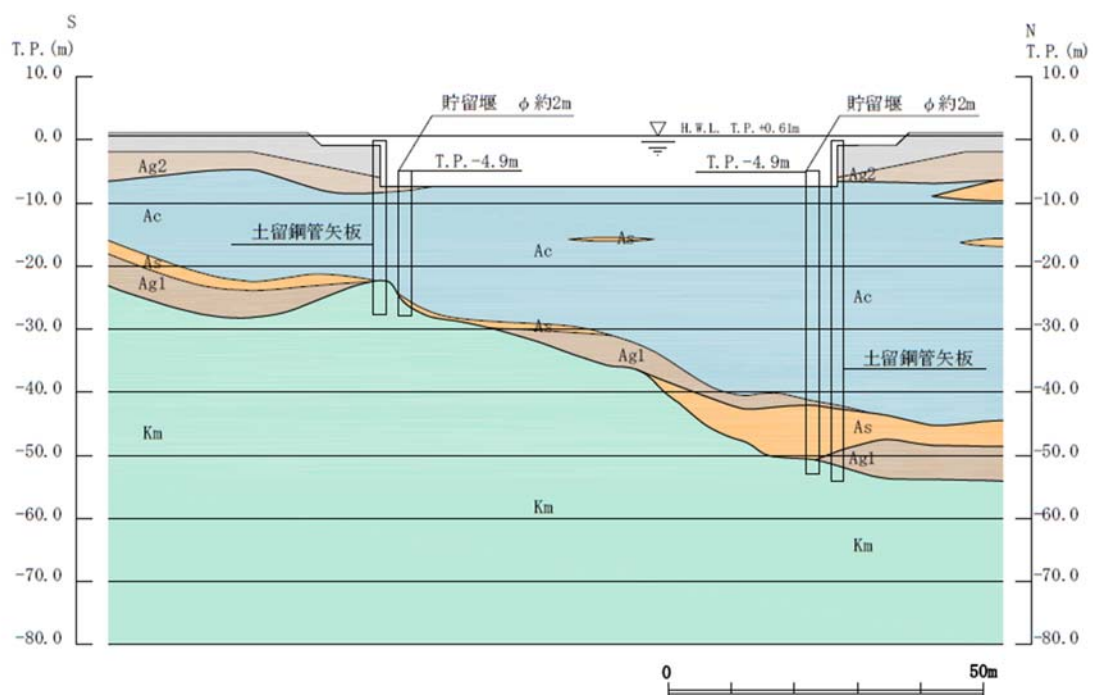
第 1.4-1 図 貯留堰 平面図



第 1.4-2 (1) 図 貯留堰 断面図 (EW-1 断面)



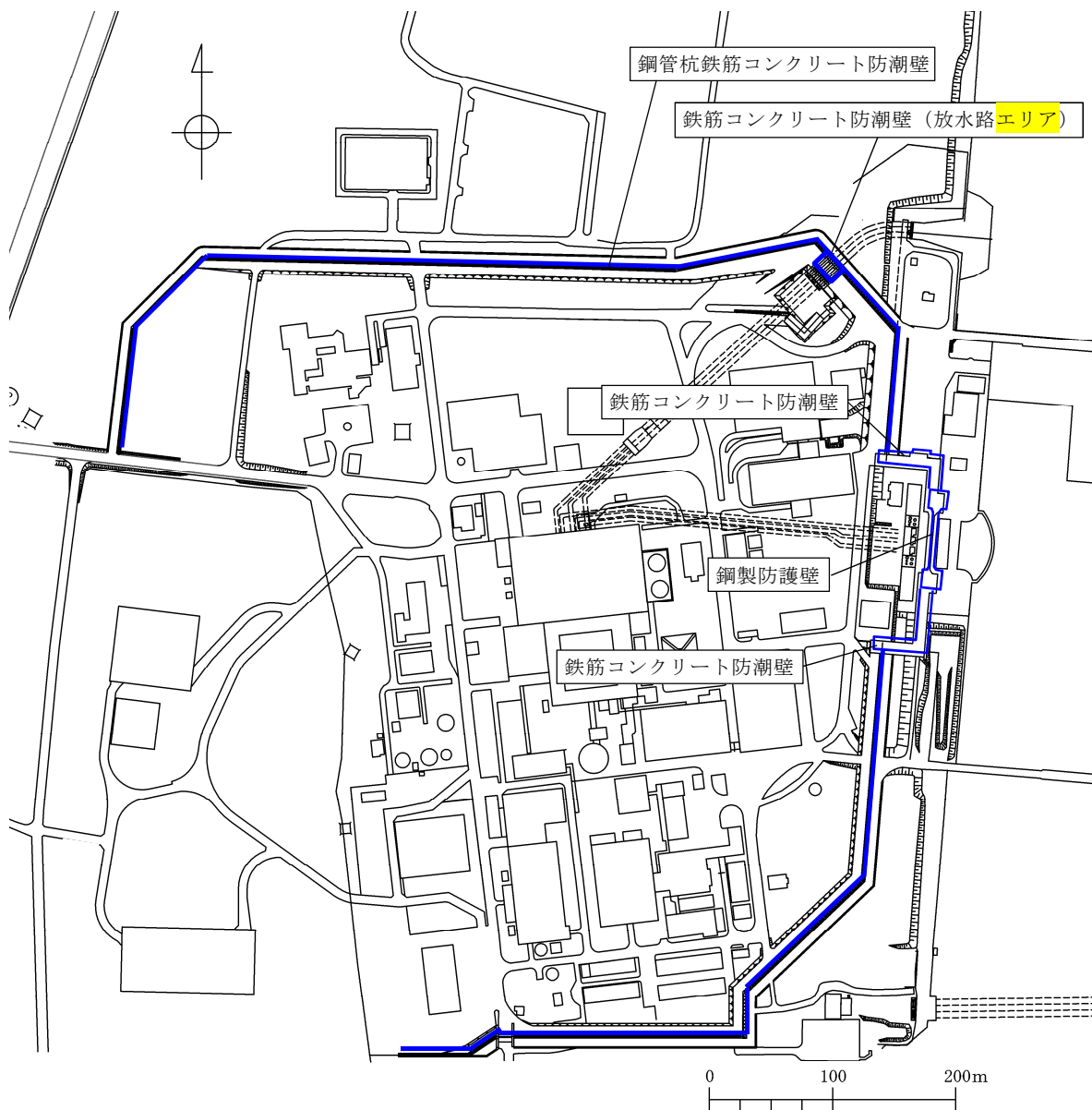
第 1.4-2 (2) 図 貯留堰 断面図 (EW-2 断面)



第 1.4-2 (3) 図 貯留堰 断面図 (NS-1 断面)

1.5 防潮堤の断面選定の考え方

防潮堤の平面図を第 1.5-1 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（敷地東側）又は T.P.+18m（敷地北側及び南側）からなる。以下に、それぞれの断面選定の考え方を示す。



第 1.5-1 図 防潮堤 平面図

1.5.1 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 1.5-2 図に、正面図及び断面図を第 1.5-3 図に、横断面図を第 1.5-4～5 図に示す。

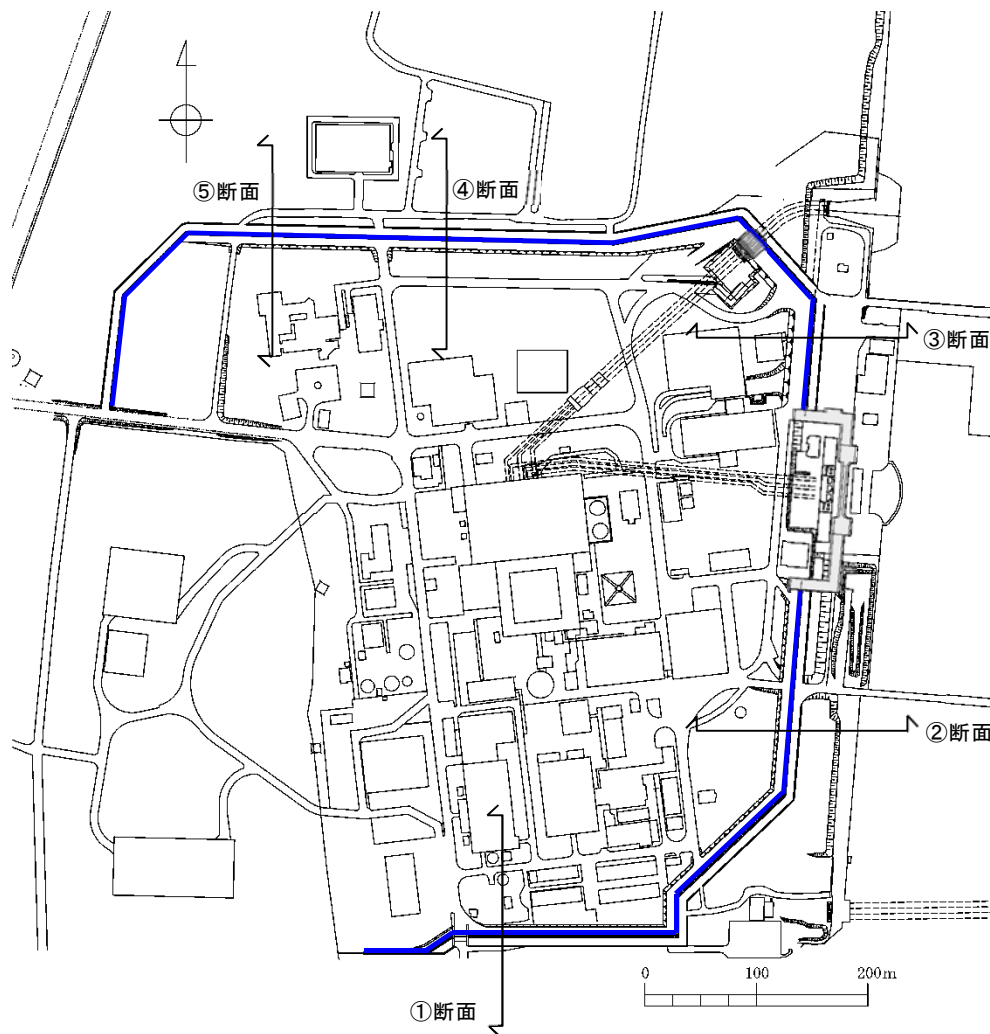
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、延長約 2km、直径 2～2.5m の複数の鋼管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた鉄筋コンクリート造の防潮壁を 1 つのブロックとした構造物であり、鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は、加振方向と平行に配置される躯体及び杭基礎を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。一方、横断方向は、加振方向と平行に躯体及び杭基礎が配置されないことから、弱軸方向となる。

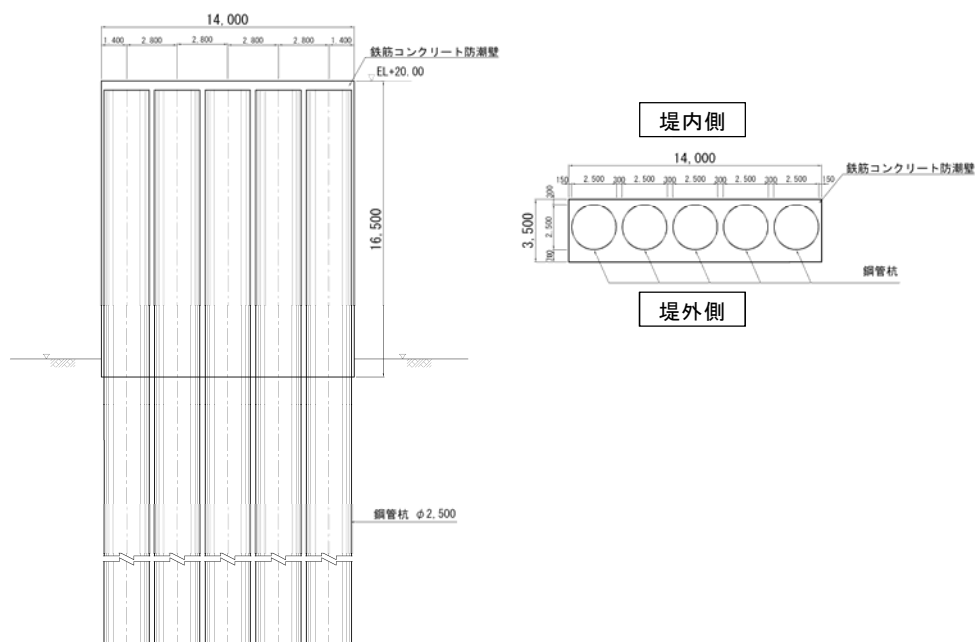
耐震評価では、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して、構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面について、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。

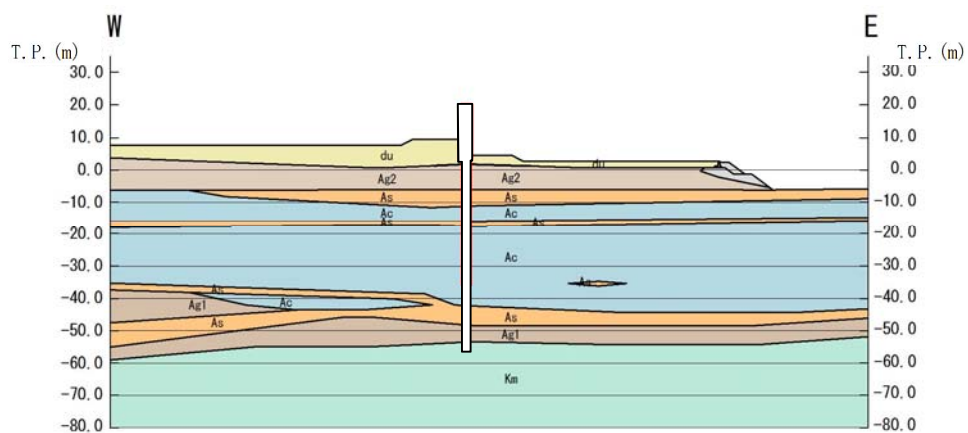
なお、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は敷地の全域に渡り設置することから、敷地の地質・地質構造の特徴や遡上津波の特性等を踏まえ、それらを網羅的に考慮した検討断面を第 1.5-1 表、第 1.5-2 表、第 1.5-6 図、第 1.5-7 図に基づき選定した（①断面～⑤断面）。



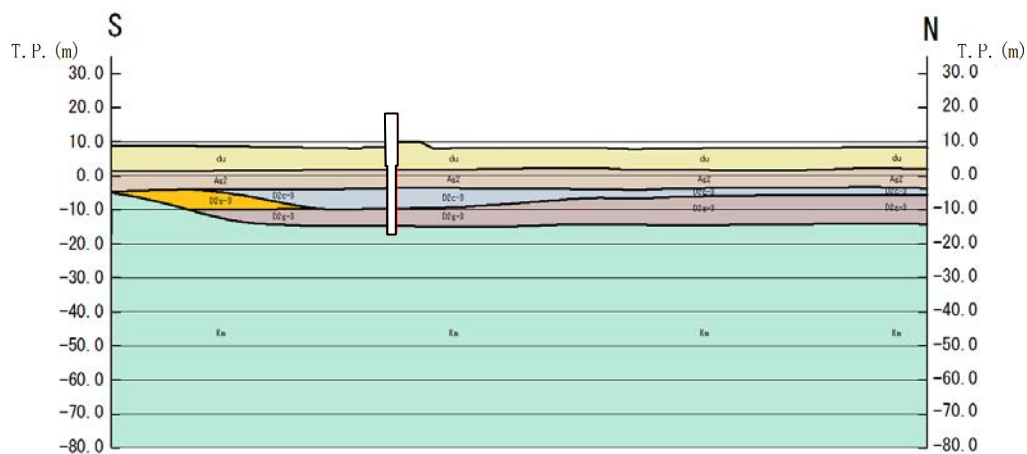
第 1.5-2 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



第 1.5-3 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 正面図及び断面図



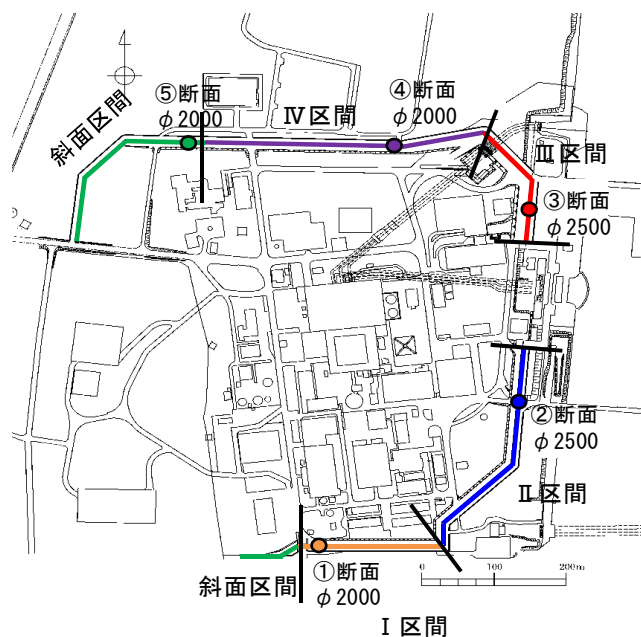
第 1.5-4 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図 (②断面)



第 1.5-5 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図 (①断面)

第 1.5－1 表 検討断面選定理由

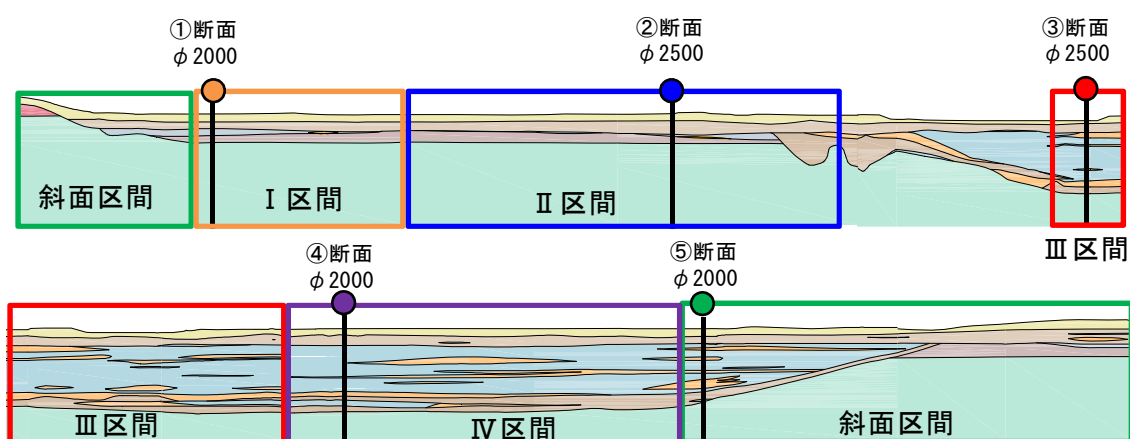
検討断面	区間	選定理由
① 断面	I 区間	I 区間の中で，第四系の層厚が最も厚い箇所
② 断面	II 区間	II 区間の中で，護岸に最も近接する箇所 (II 区間で第四系の層厚は一定である。)
③ 断面	III 区間	III 区間の中で，防潮壁の壁高さが最も高い箇所 (全区間で津波荷重が最も大きい箇所)
④断面	IV 区間	IV 区間の中で，粘土層が最も厚く堆積する箇所 (IV 区間で第四系の層厚は一定である。)
⑤断面	斜面区間	斜面区間の中で，岩盤の傾斜角が最も大きく，防潮壁の壁高さが最も高い箇所



第 1.5－6 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の区間割図

第 1.5－2 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)
—	Ⅰ区間	φ 2000	一定の厚さで薄い(浅い)
—	Ⅱ区間	φ 2500	一定の厚さで薄い(浅い)
—	Ⅲ区間	φ 2500	一定の厚さで厚い(深い)
—	Ⅳ区間	φ 2000	一定の厚さで厚い(深い)
—	斜面区間	φ 2000	薄い～厚い(傾斜)



第 1.5－7 図 検討断面位置図

1.5.2 鋼製防護壁

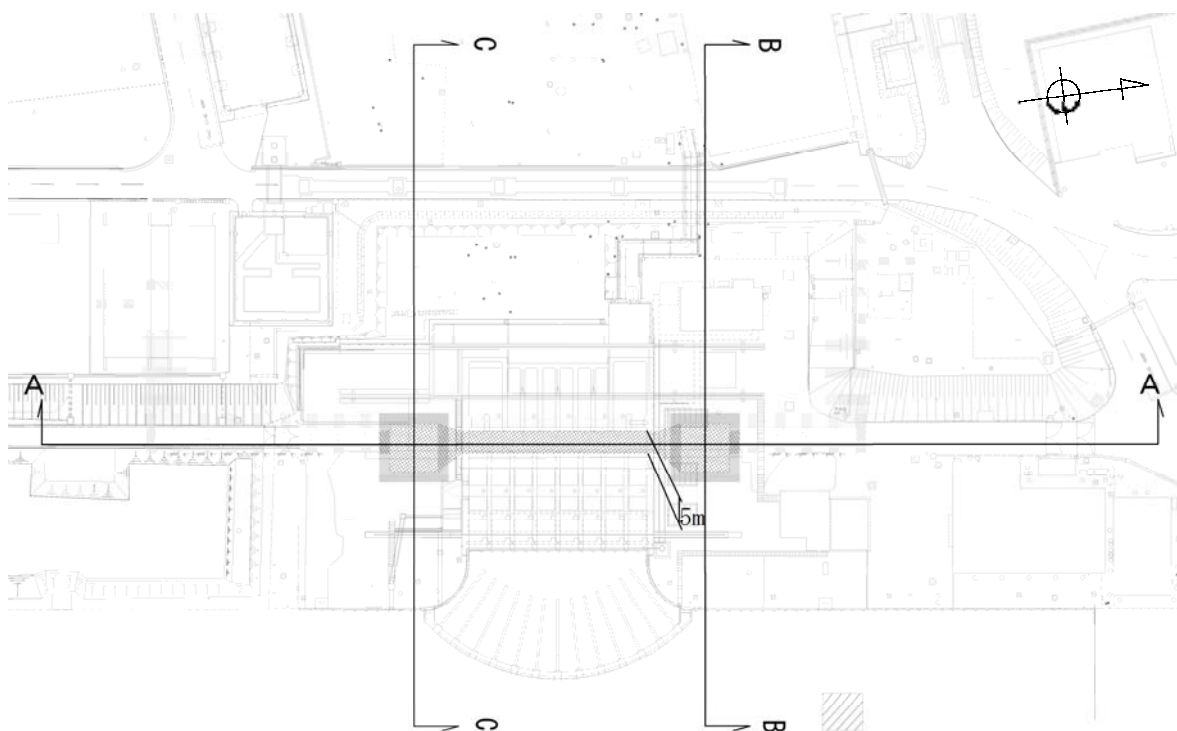
鋼製防護壁の平面図を第 1.5-8 図に、正面図を第 1.5-9 図に、断面図を第 1.5-8 図に示す。

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。

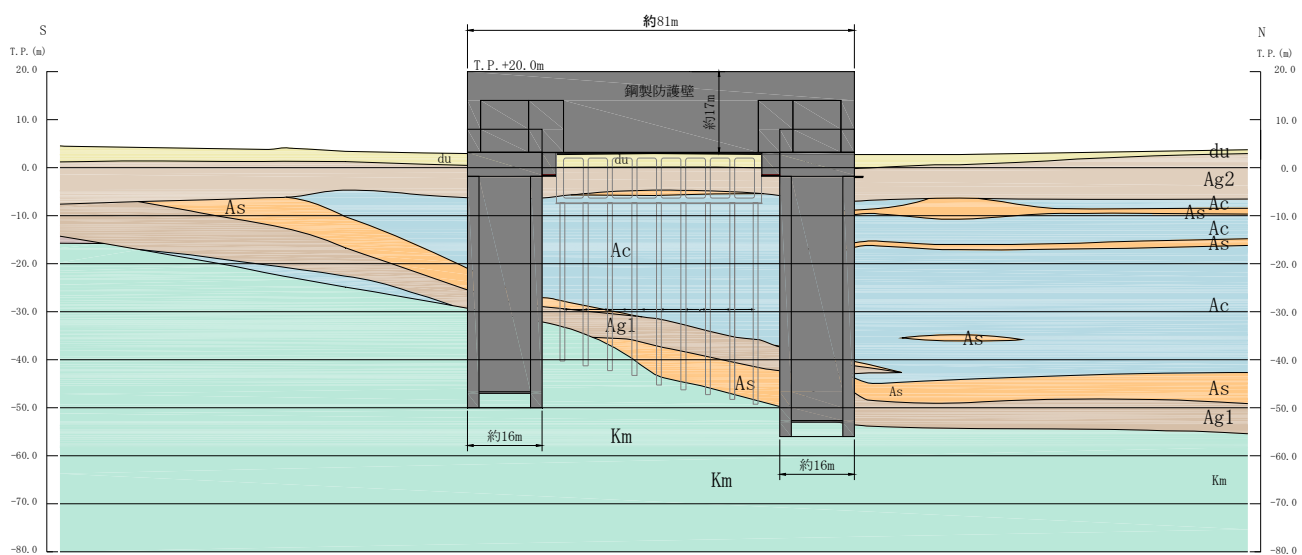
鋼製防護壁は、上部工では相対的に断面係数が多い縦断方向が強軸方向となる。一方、鋼製防護壁の基礎は取水構造物を挟んで南北に分離されており、平面形状が正方形であり、構造全体としての挙動を考慮すると縦断方向を強軸方向とは見なせない。また、北側と南側で基礎の延長や地盤条件が異なるため、複雑な挙動が考えられる。

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 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。

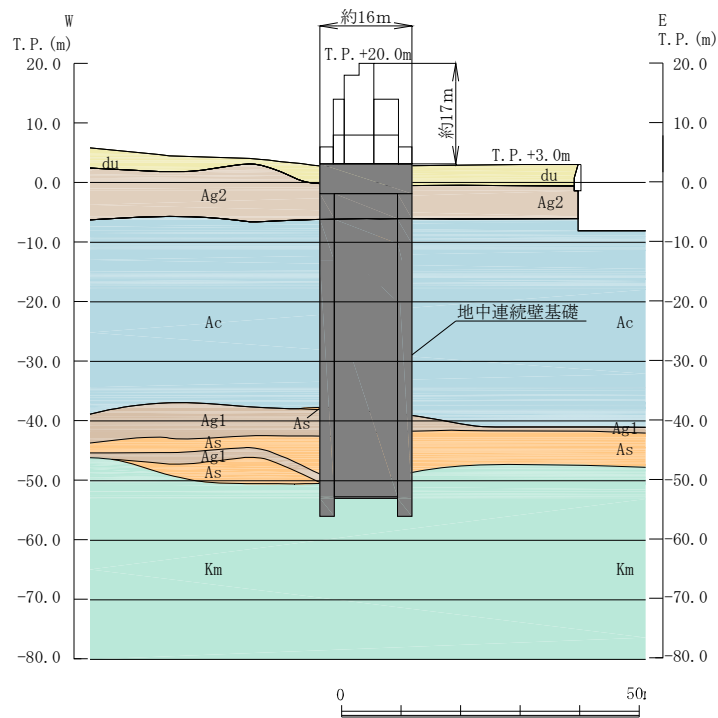
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



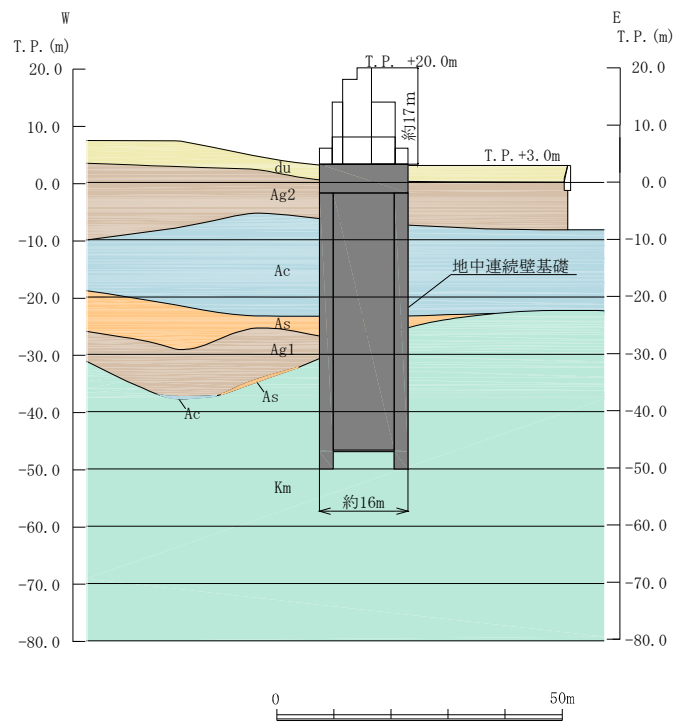
第 1.5-8 図 鋼製防護壁 平面図



第 1.5-9 図 鋼製防護壁 正面図 (A-A断面)



第 1.5-9 (1) 図 鋼製防護壁 断面図 (B-B 断面)



第 1.5-9 (2) 図 鋼製防護壁 断面図 (C-C 断面)

1.5.3 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 1.5-10 図に、断面図を第 1.5-11 図に示す。

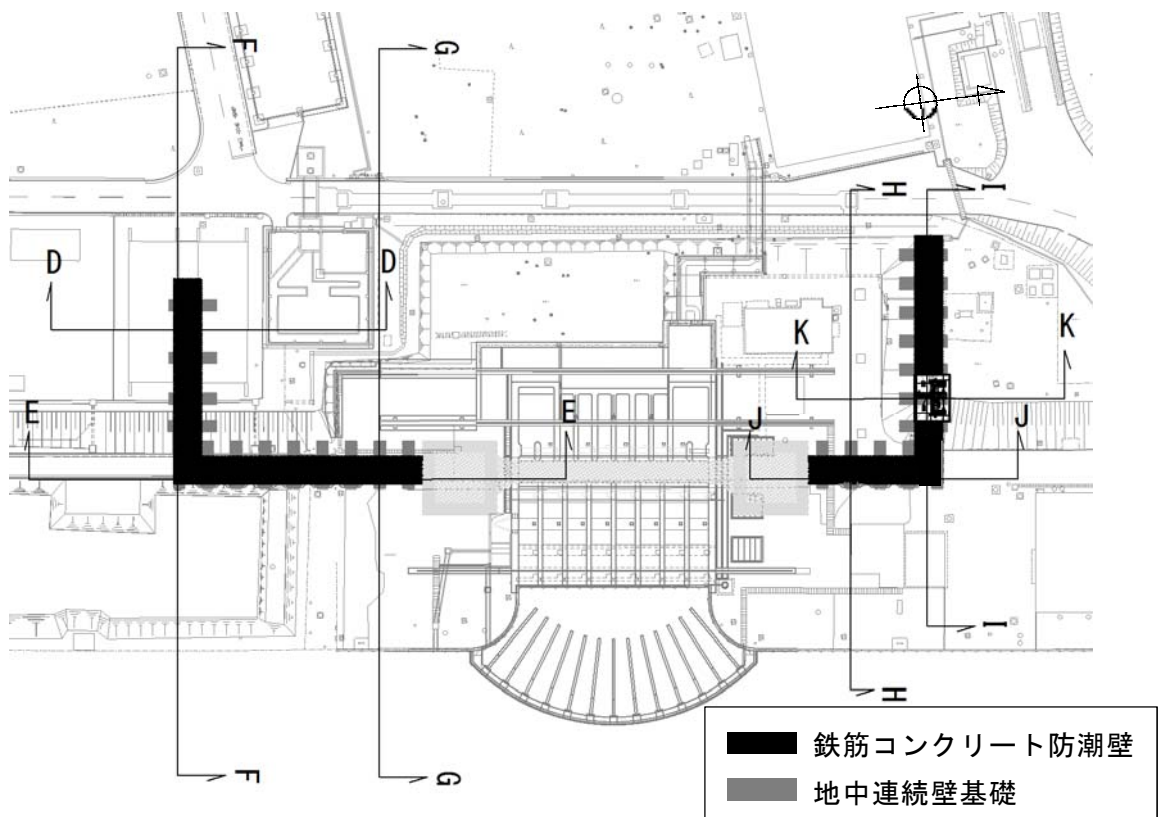
鉄筋コンクリート防潮壁は、幅 11m～20m 程度、高さ約 22m、奥行約 10m の鉄筋コンクリート造の構造物であり、ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は、加振方向と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。横断方向（堤軸に対して直交する方向）は、加振方向と平行に躯体が配置されないことから、弱軸方向となる。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。

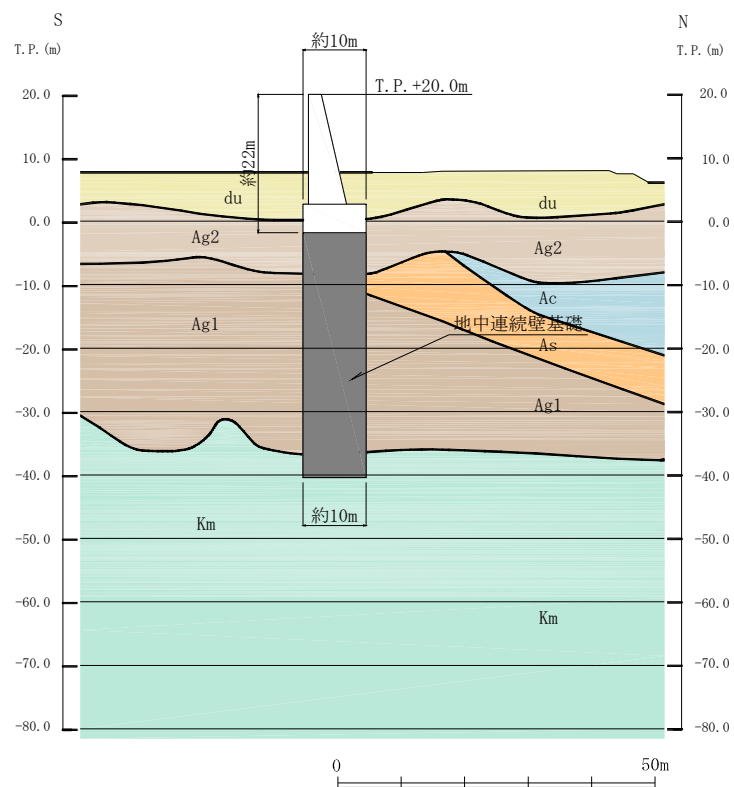
鉄筋コンクリート防潮壁周辺の地盤は新第三系の岩盤上面が南側から北側に傾斜し、その上部に第四系の地層が堆積しているため、第四系の地層は北側で厚く分布している。第四系の地層は、南側の東西方向では起伏に富み、北側の東西方向はほぼ水平に層をなしている。

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方向である縦断方向の 4 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。

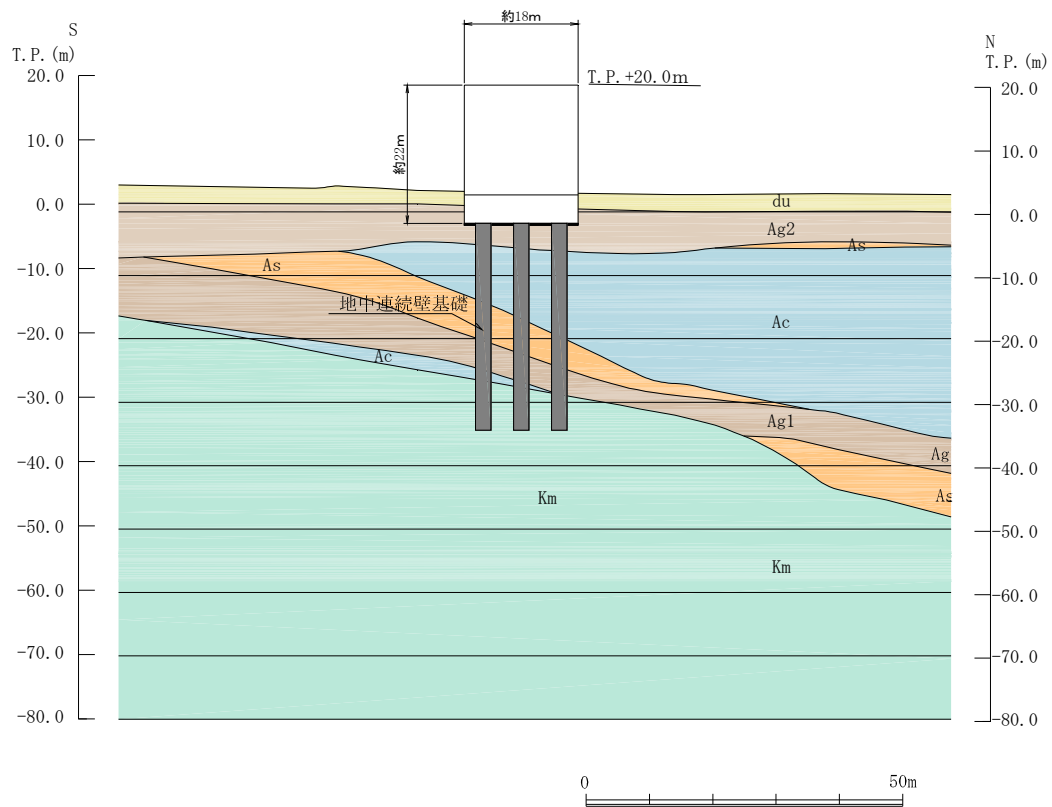
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



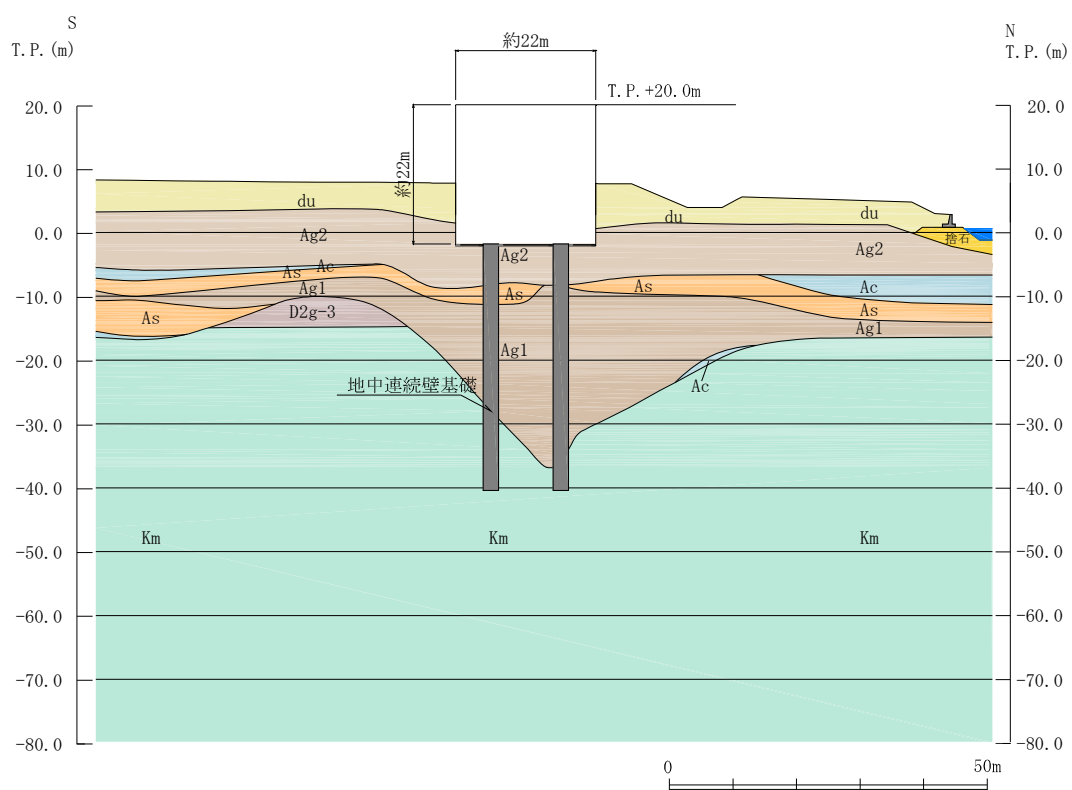
第 1.5-10 図 鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



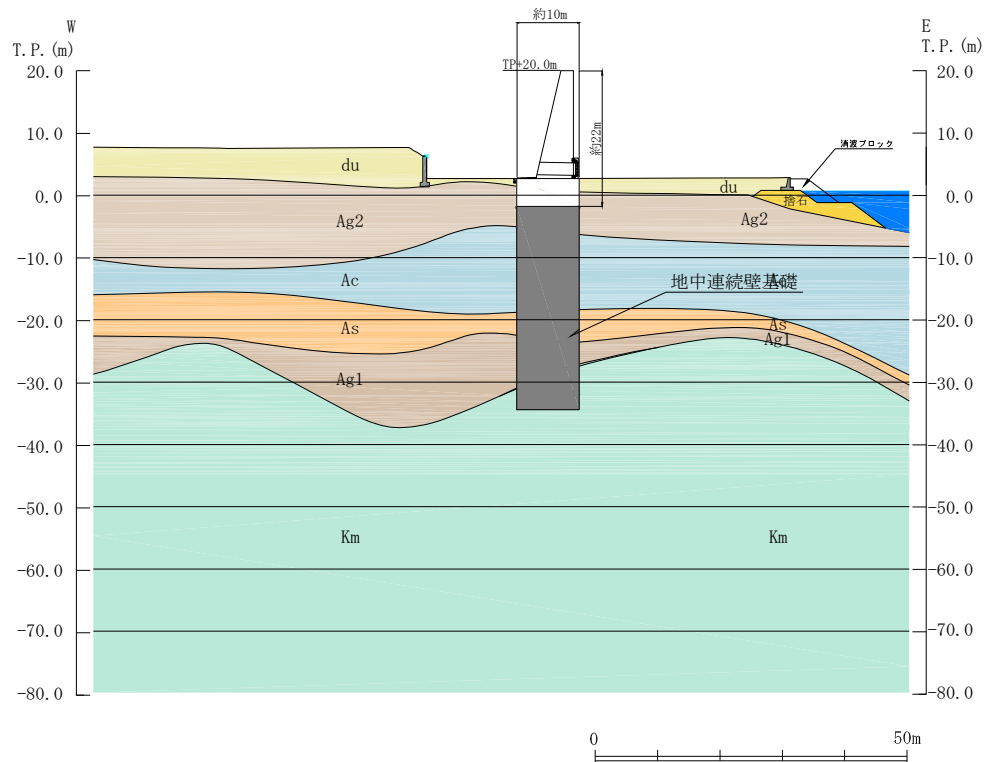
第 1.5-11 (1) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(D-D断面)



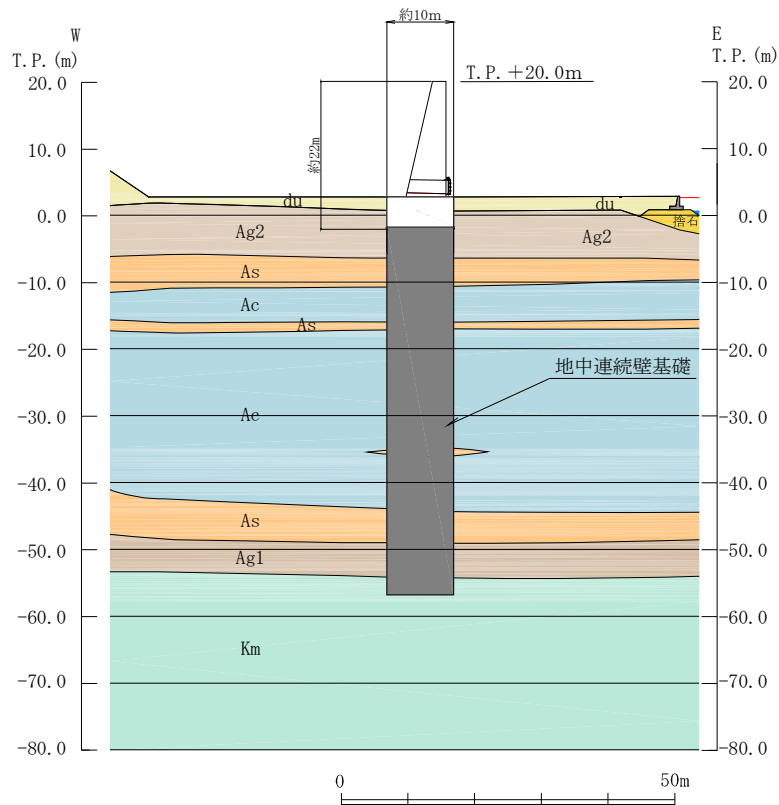
第 1.5-11 (2) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(E-E断面)



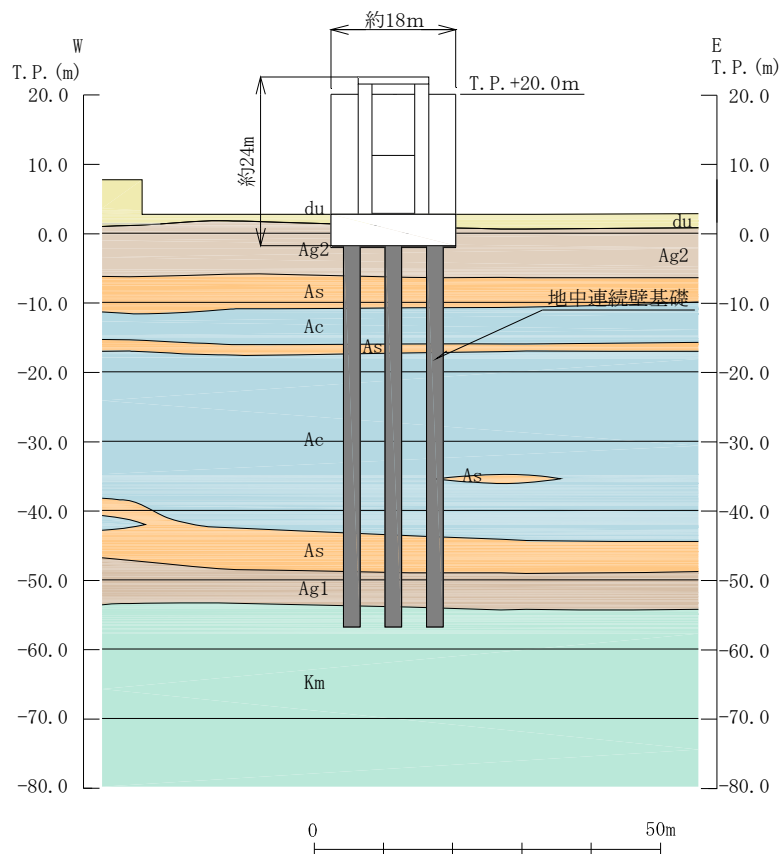
第 1.5-11 (3) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(F-F断面)



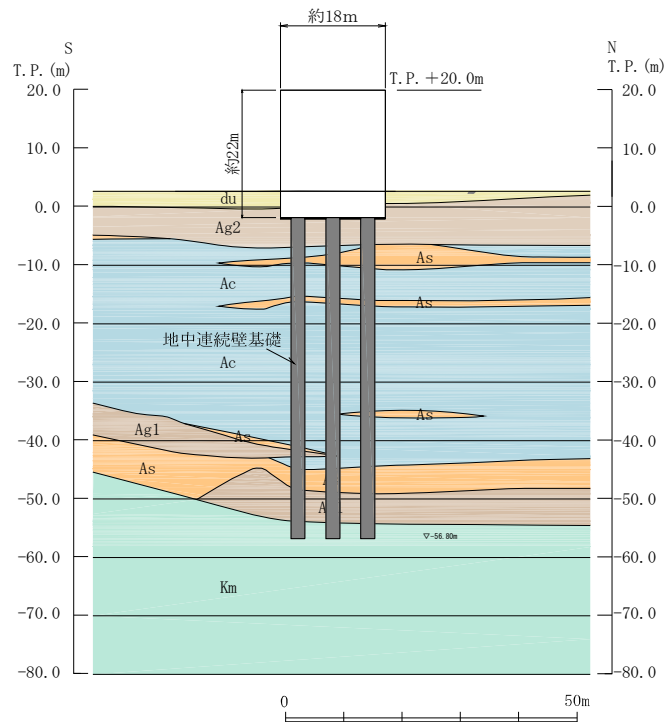
第 1.5-11 (4) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (G-G 断面)



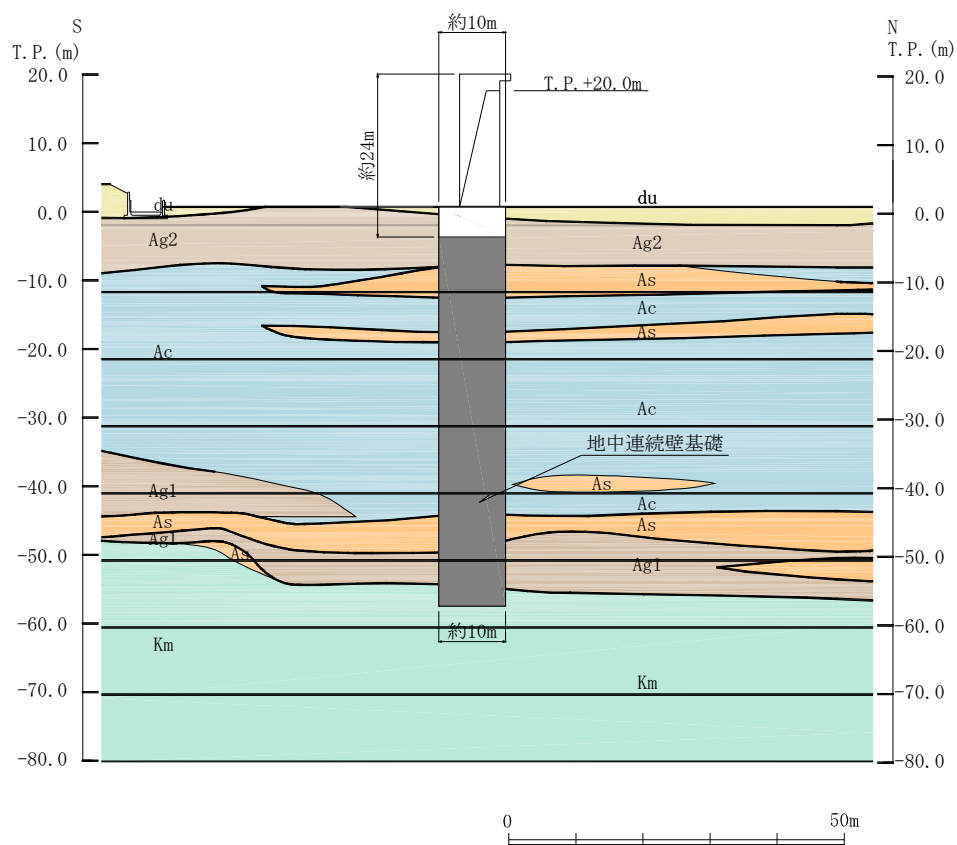
第 1.5-11 (5) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (H-H 断面)



第 1.5－11 (6) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (I－I 断面)



第 1.5－11 (7) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (J－J 断面)



第 1.5-11 (8) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (K-K 断面)

1.5.4 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 1.5-12 図に、断面図を第 1.5-13 図に示す。

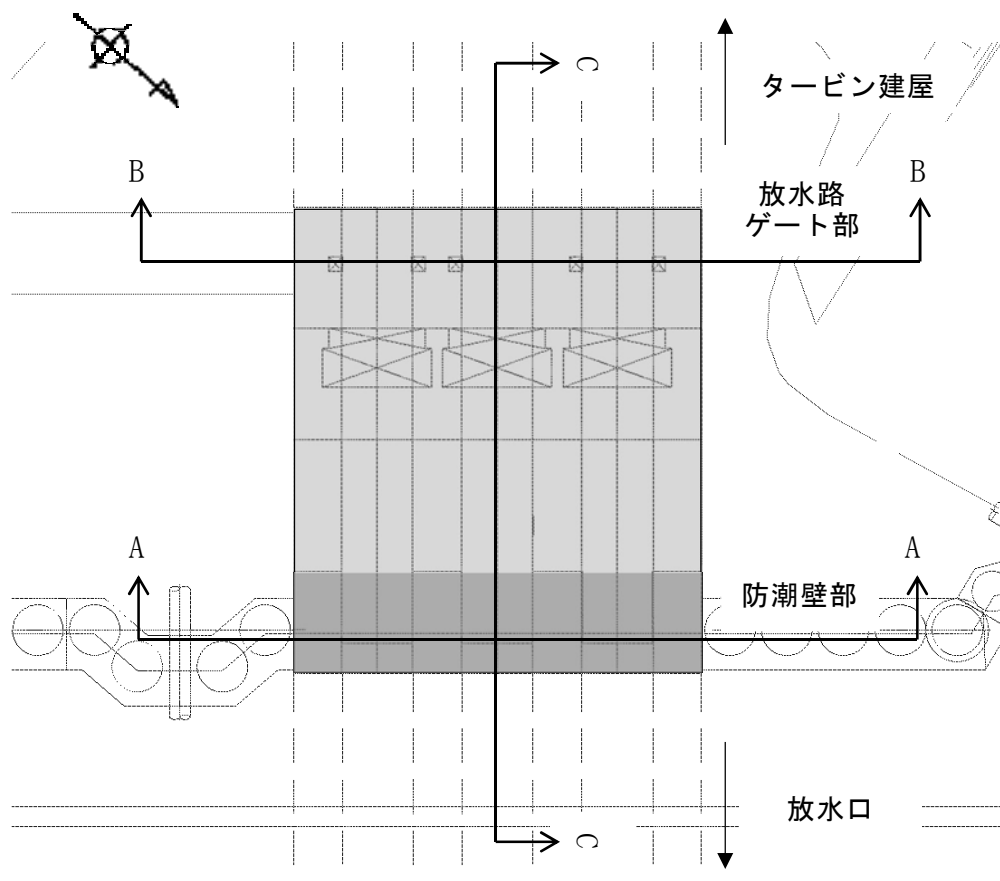
鉄筋コンクリート防潮壁は、縦断方向約 20m、高さ約 17m、横断方向約 23m の鉄筋コンクリート造の構造物であり、放水路、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

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と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となり、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。

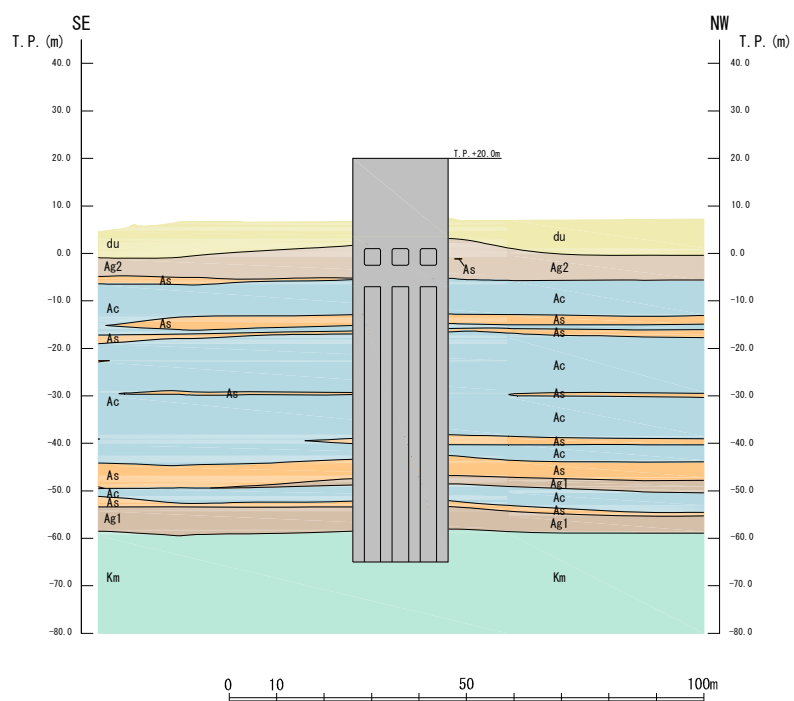
鉄筋コンクリート防潮壁周辺の第四系の地層はほぼ水平な層をなし、Ac 層が厚く分布する。

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。

本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。

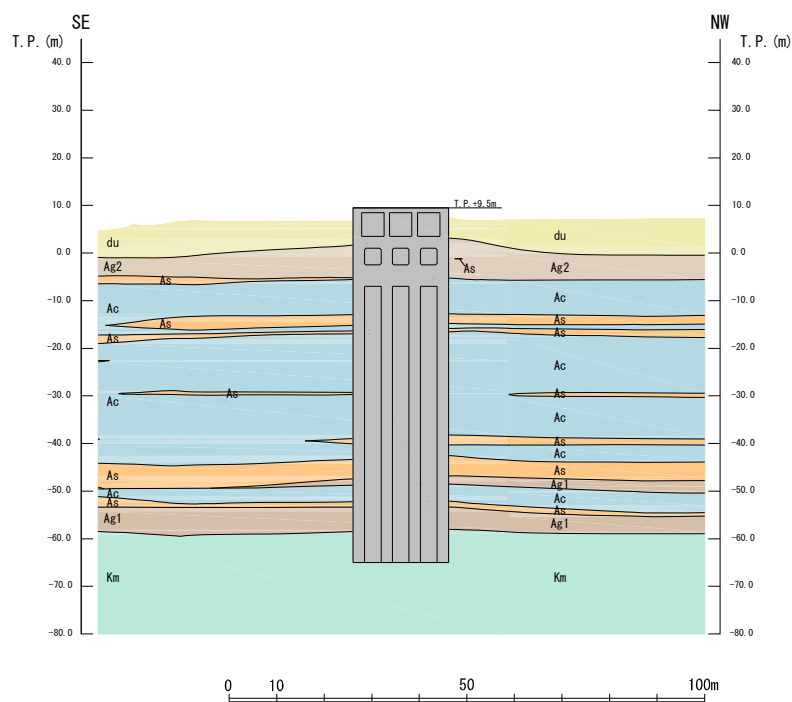


第 1.5-12 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア） 平面図

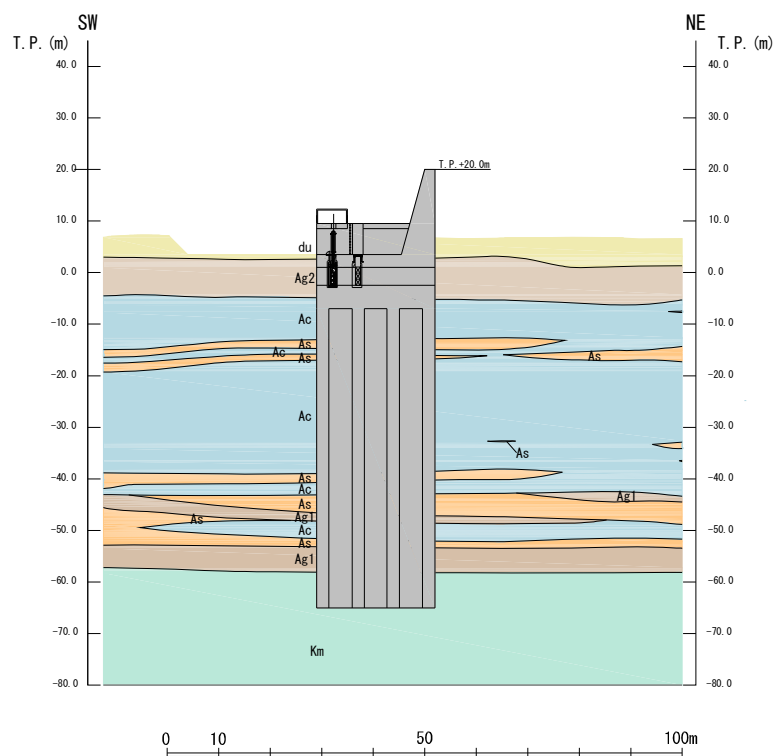


第 1.5-13 (1) 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

断面図（A-A断面）（防潮壁部）



第 1.5－13 (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)



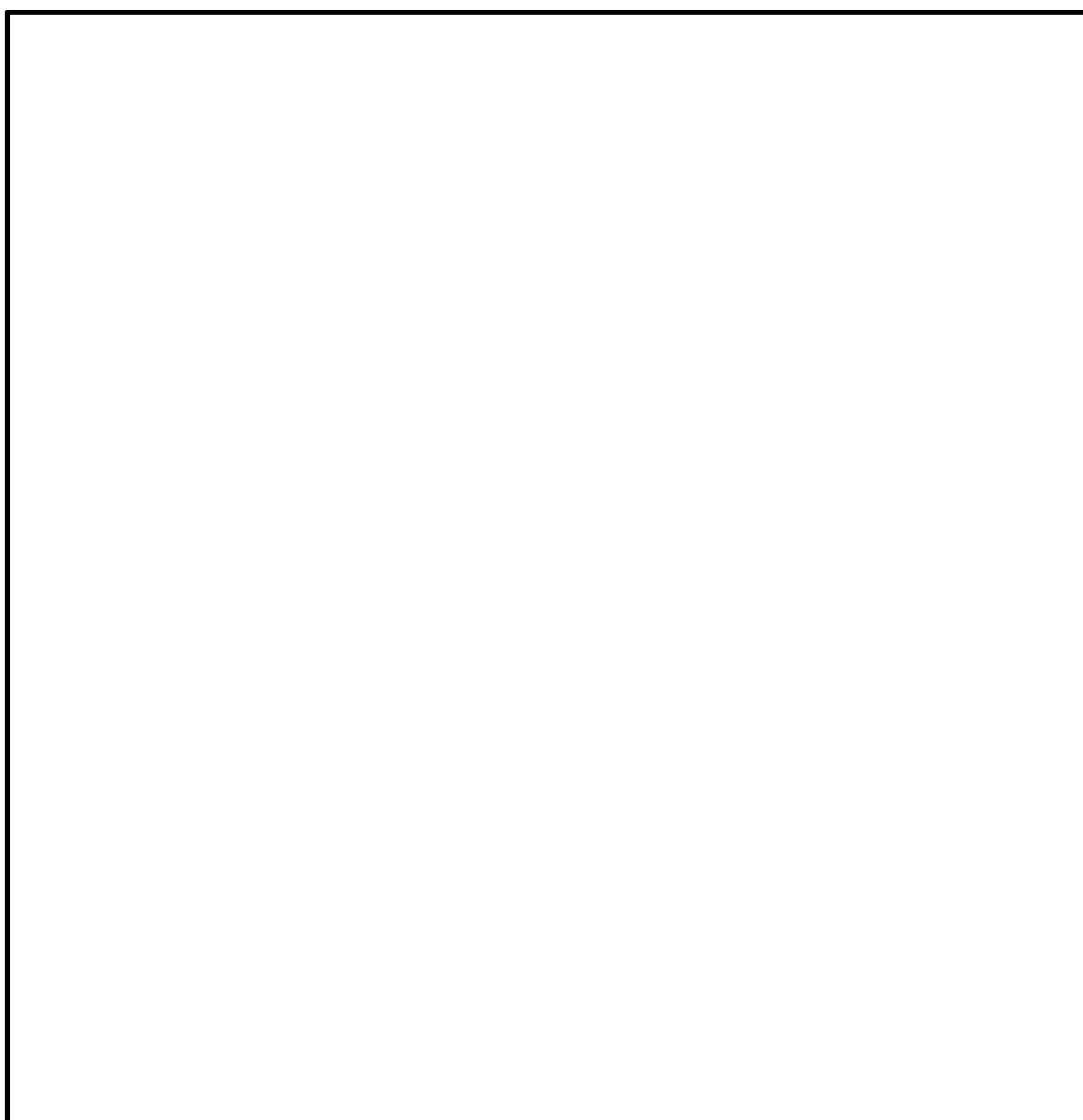
第 1.5－13 (3) 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）断面図
(C－C断面)

2. 重大事故等対処施設の土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方

2.1 方針

耐震重要重大事故防止設備又は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並びに重大事故時における海水の通水構造物の土木構造物の評価対象断面については、構造物の配置や荷重条件及び地盤条件を考慮し、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。

東海第二発電所での対象構造物は、常設代替高圧電源装置置場、常設代替高圧電源装置用カルバート、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がある。各施設の平面配置図を第2.1-1図に示す。



第 2.1－1 図 重大事故等対処施設の土木構造物 平面配置図

2.2 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 2.2-1 図に、断面図を第 2.2-2 図に示す。

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。

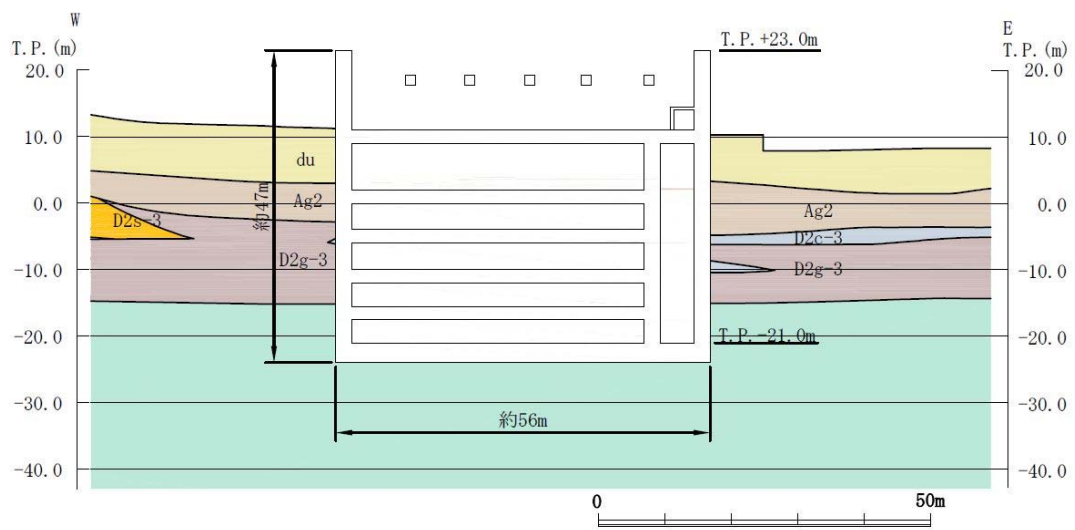
常設代替高圧電源装置置場の東西方向は加振と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことが出来るため、強軸方向となる。一方、南北方向は、設備の配置などから加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから弱軸方向となる。

耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸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。

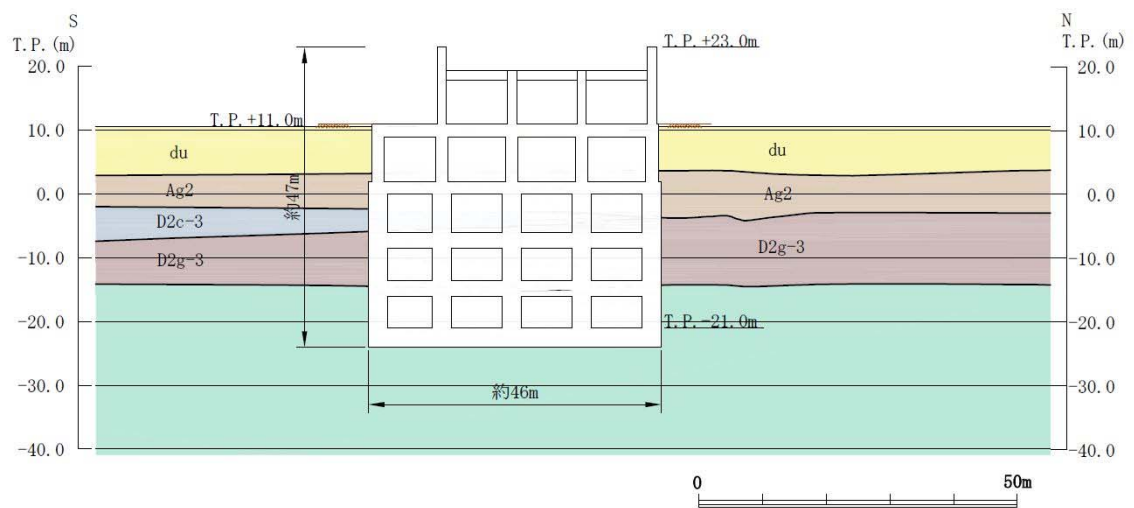
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



第 2.2-1 図 常設代替高圧電源装置置場 平面図



第 2.2-2 (1) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (東西断面)

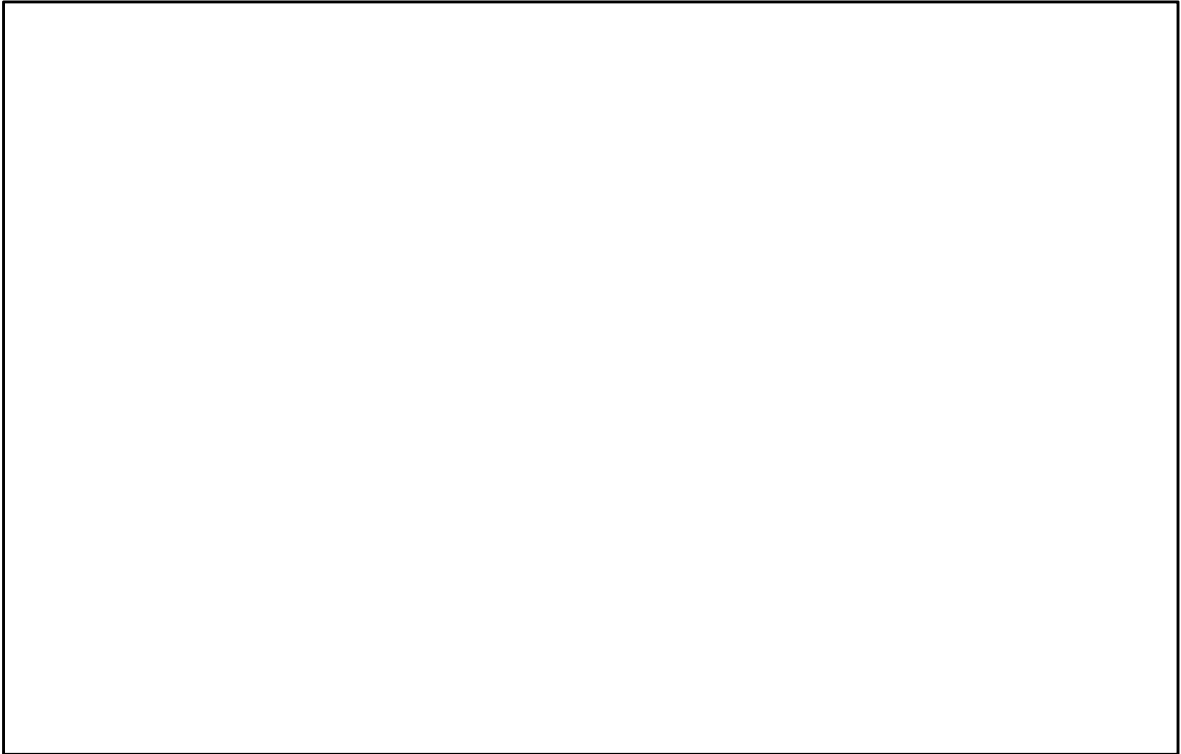


第 2.2-2 (2) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (南北断面)

2.3 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 2.3-1 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 2.3-1 図 常設代替高圧電源装置用カルバート 平面図

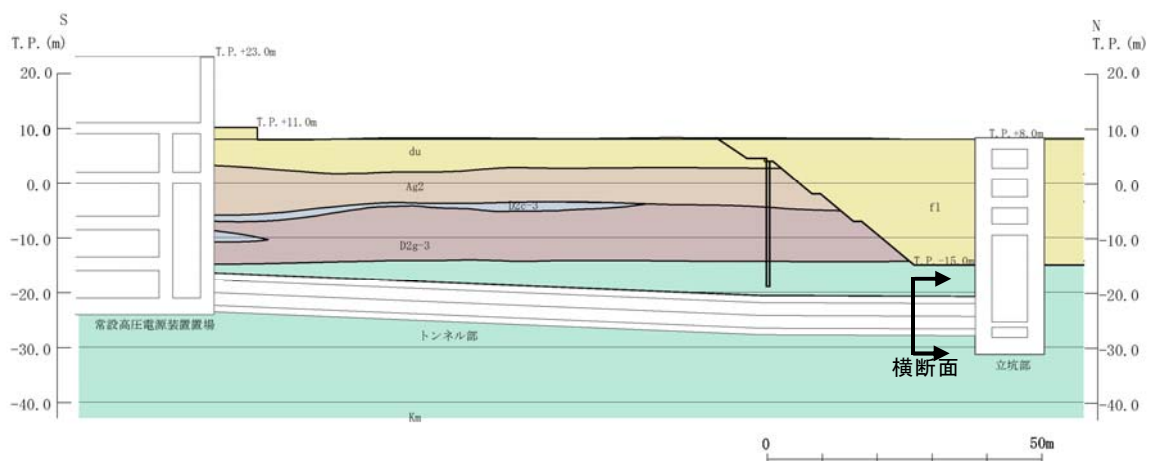
2.3.1 トンネル部

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 2.3-2 図に，横断面図を第 2.3-3 図に示す。

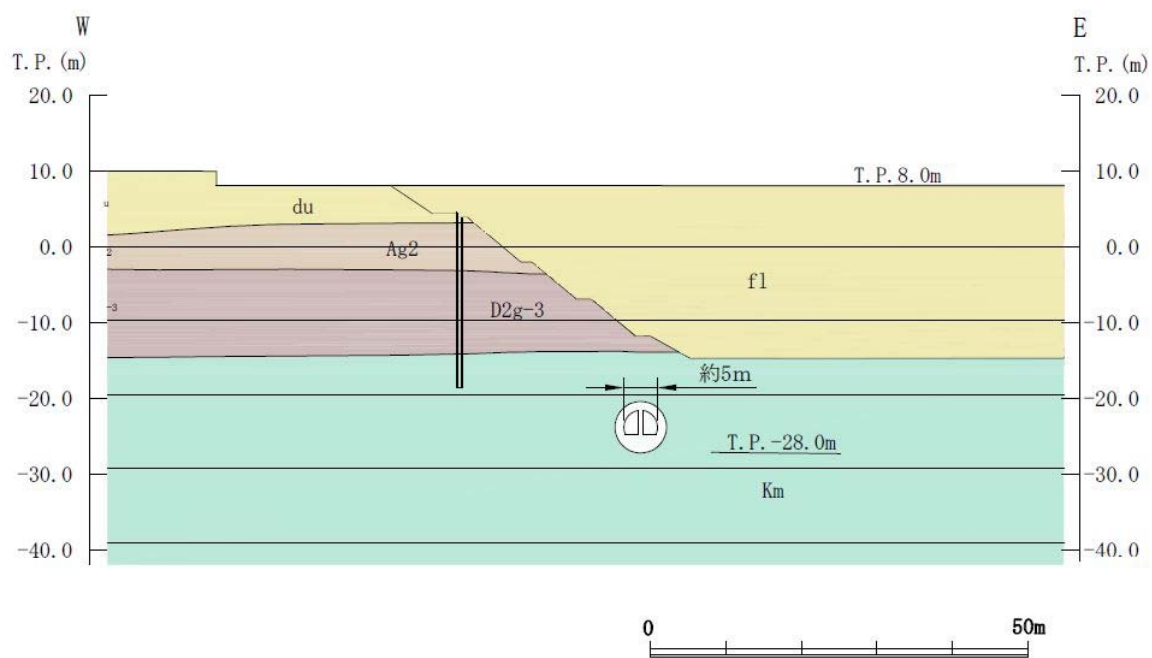
トンネル部は，延長約 150m，内径約 5m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，トンネルの軸方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

トンネルの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向（配管方向と直交する断面）を評価対象の断面方向とし，上載荷重に着目し，土被りが最も大きくなる位置を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.3-2 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 2.3-3 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）

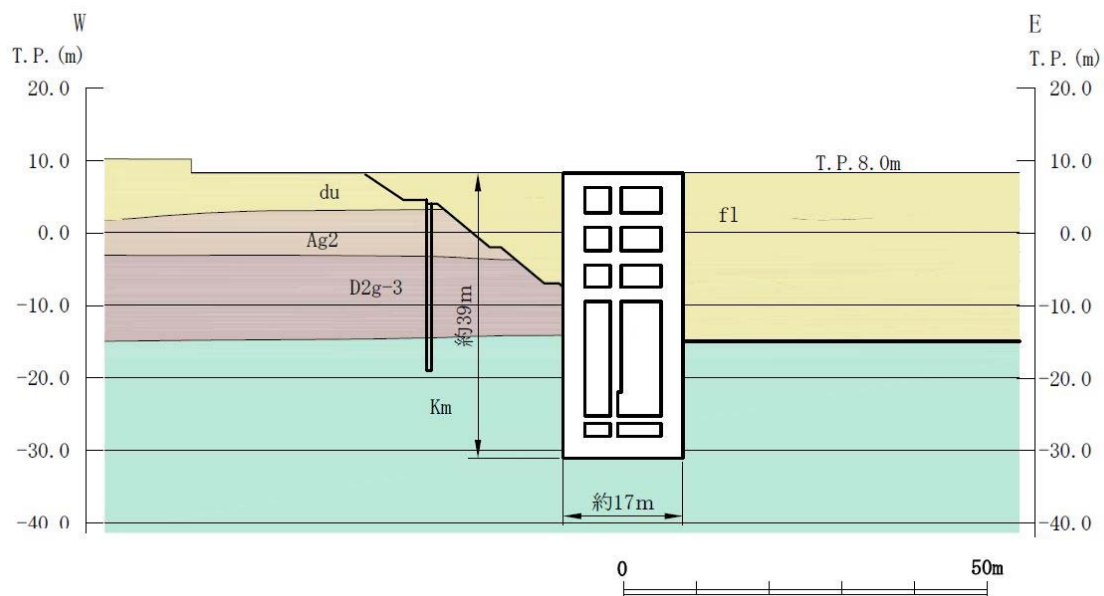
横断面図

2.3.2 立坑部

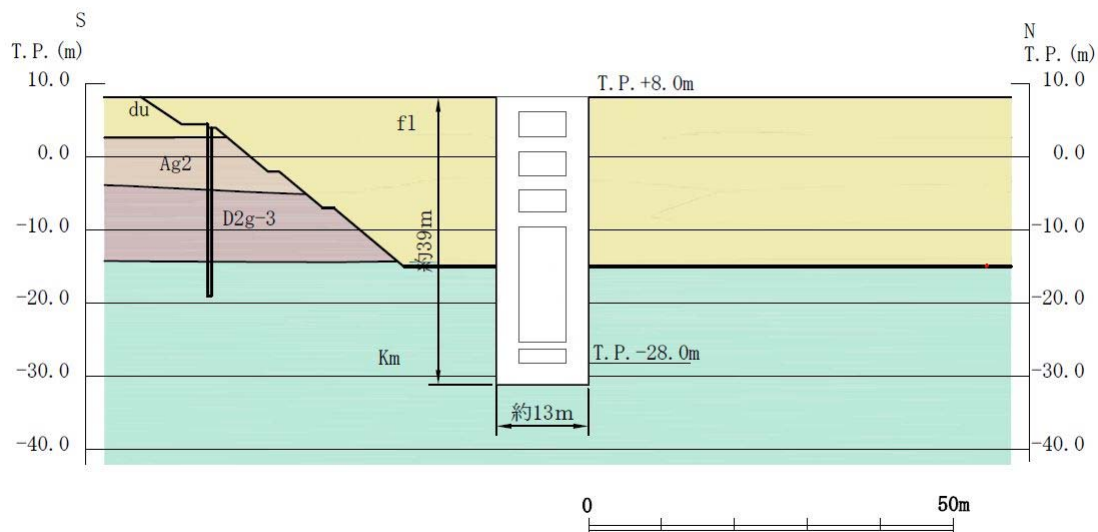
常設代替高圧電源装置用カルバートのうち立坑部の断面図を第 2.3-4 図に示す。

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 2.3-4 (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 2.3-4 (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)

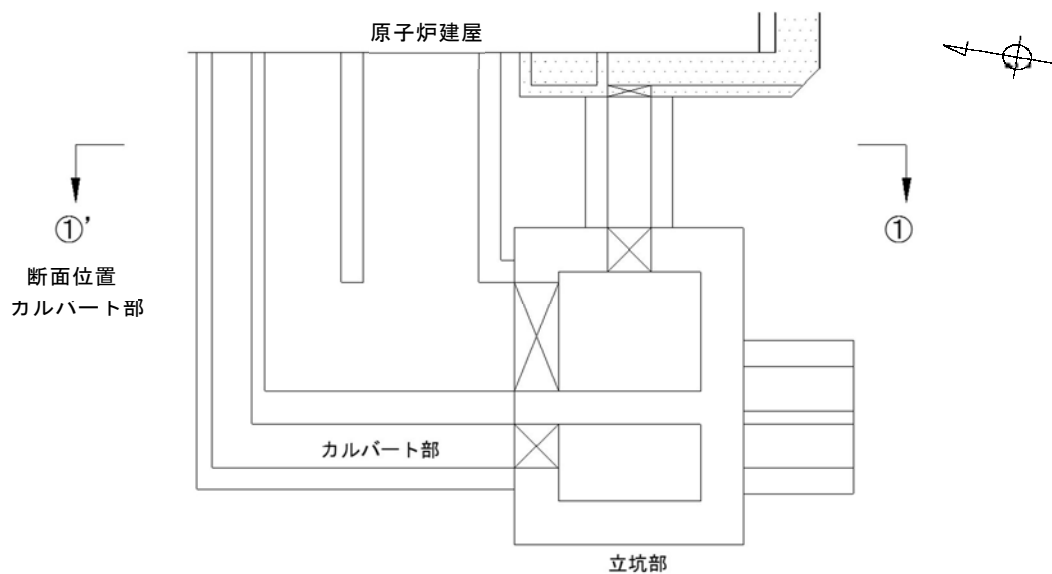
2.3.3 カルバート部

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 2.3-5 図に，断面図を第 2.3-6 図に示す。

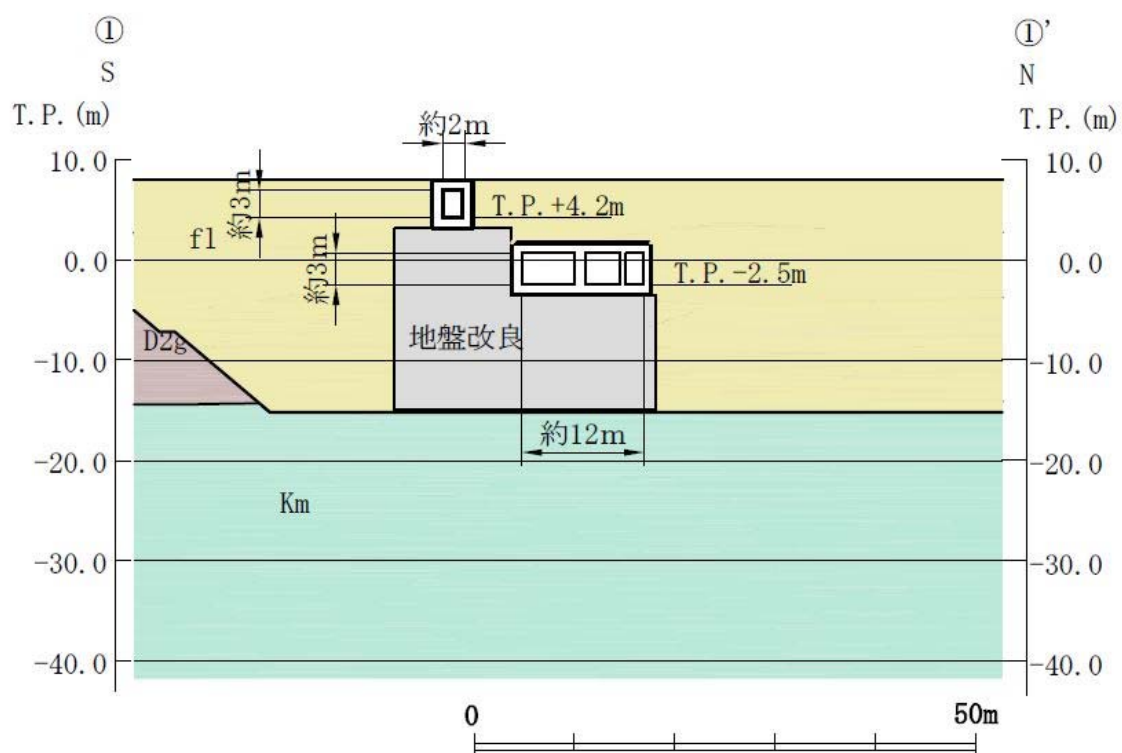
カルバート部は，延長約 29m，内空幅約 12m，内空高さ約 3m 及び延長約 6m，内空幅約 2m，内空高さ約 3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，カルバートの軸方向（配管方向）に対して内空寸法がほぼ一様で，地盤改良体を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.3-5 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 2.3-6 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）

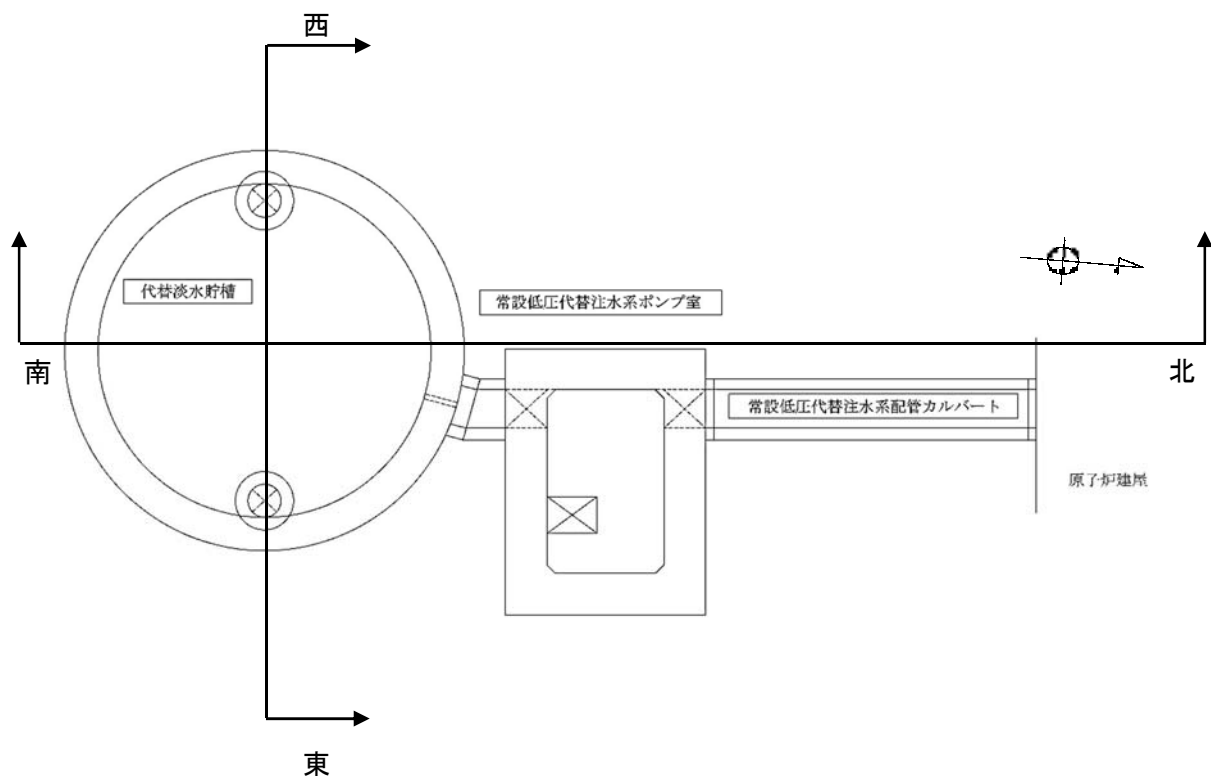
2.4 代替淡水貯槽の断面選定の考え方

代替淡水貯槽の平面図を第 2.4-1 図に、断面図を第 2.4-2 図に示す。

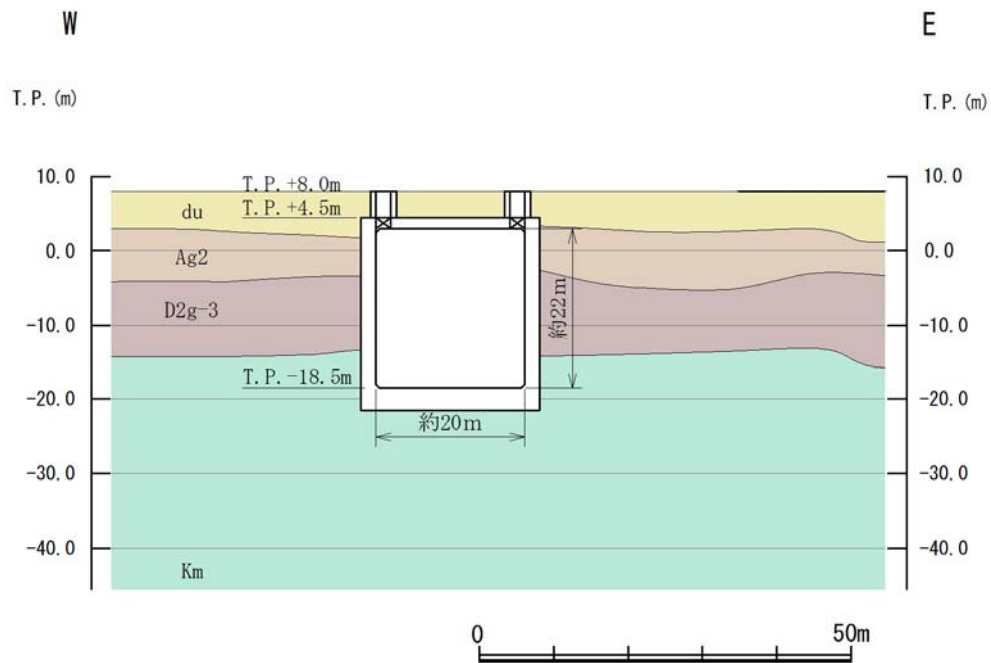
代替淡水貯槽は、内径約 20m、内空高さ約 22m の鉄筋コンクリート造の円筒形の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

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。

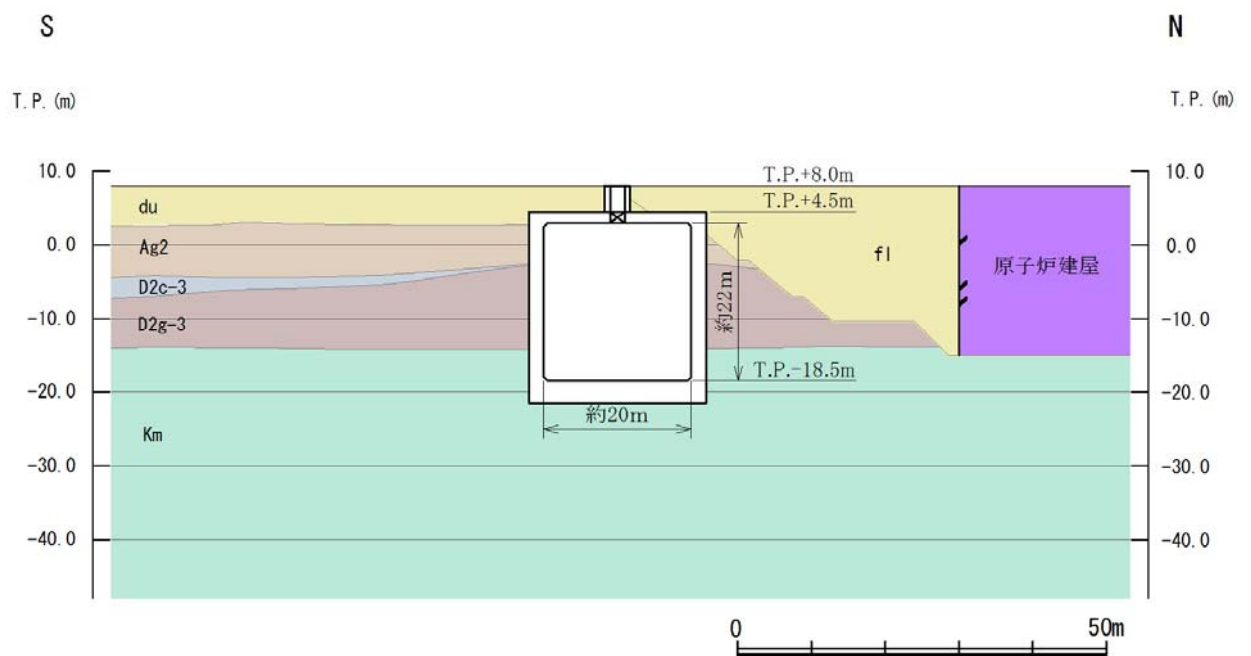
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



第 2.4-1 図 代替淡水貯槽 平面図



第 2.4-2 (1) 図 代替淡水貯槽 断面図 (東西断面)



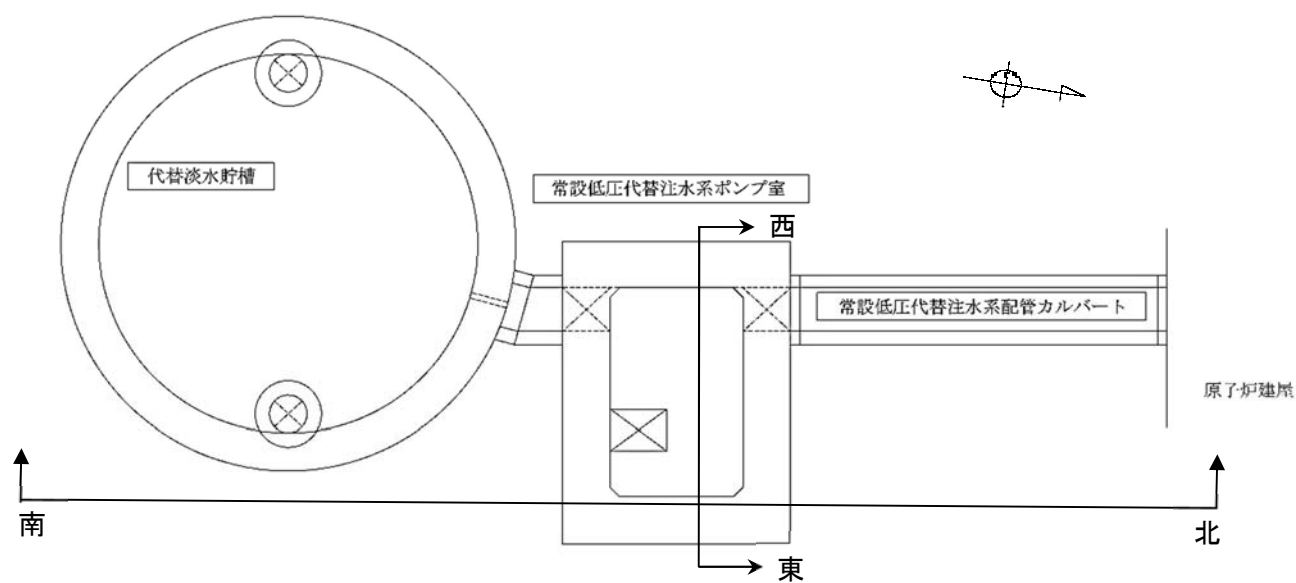
第 2.4-2 (2) 図 代替淡水貯槽 断面図 (南北断面)

2.5 常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方

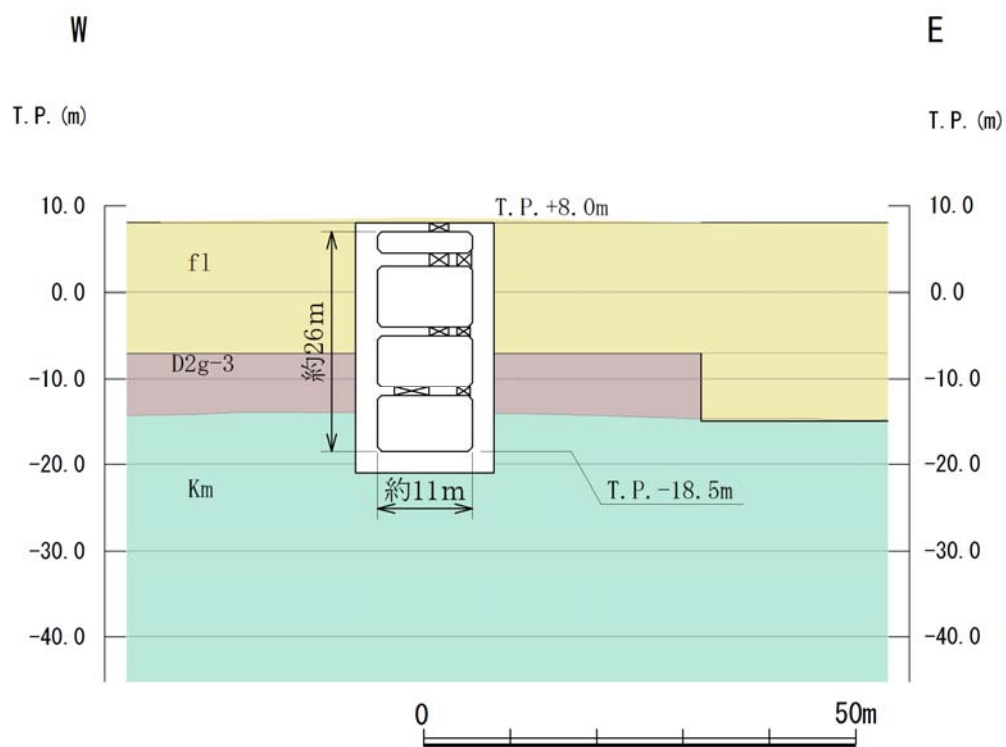
常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第 2.5-1 図に、断面図を第 2.5-2 図に示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室は、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。

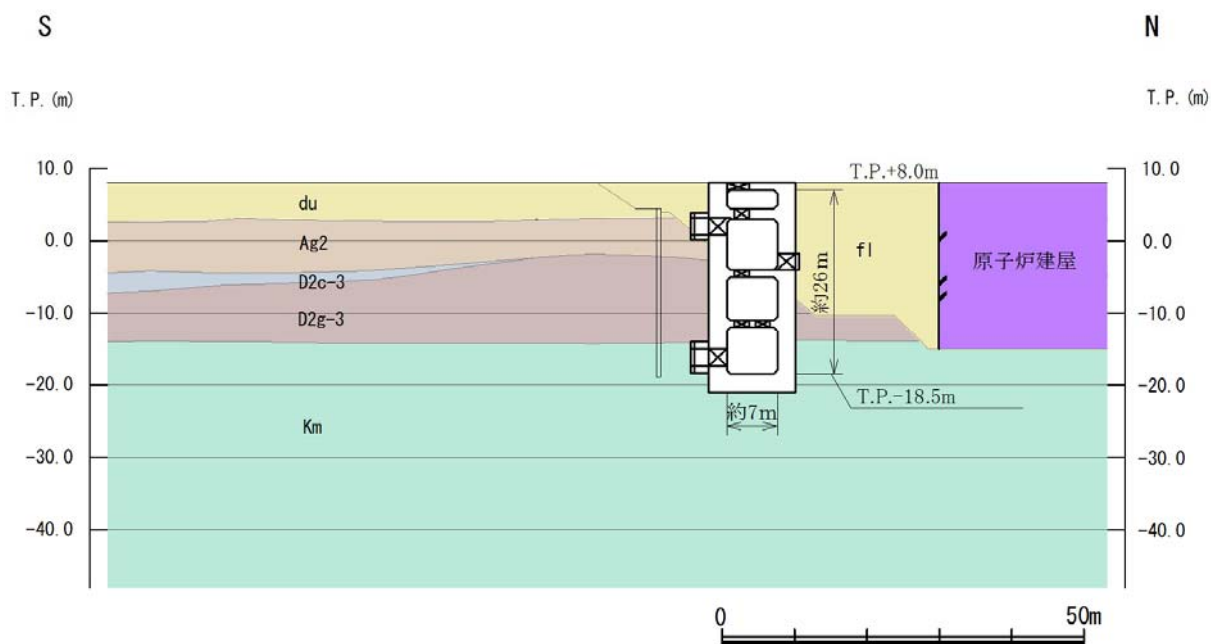
常設低圧代替注水系ポンプ室は、角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから、耐震評価では、常設低圧代替注水系ポンプ室の東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。また、南北断面においては、東西方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第 2.5-1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 平面図



第 2.5-2 (1) 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図 (東西断面)



第 2.5-2 (2) 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図 (南北断面)

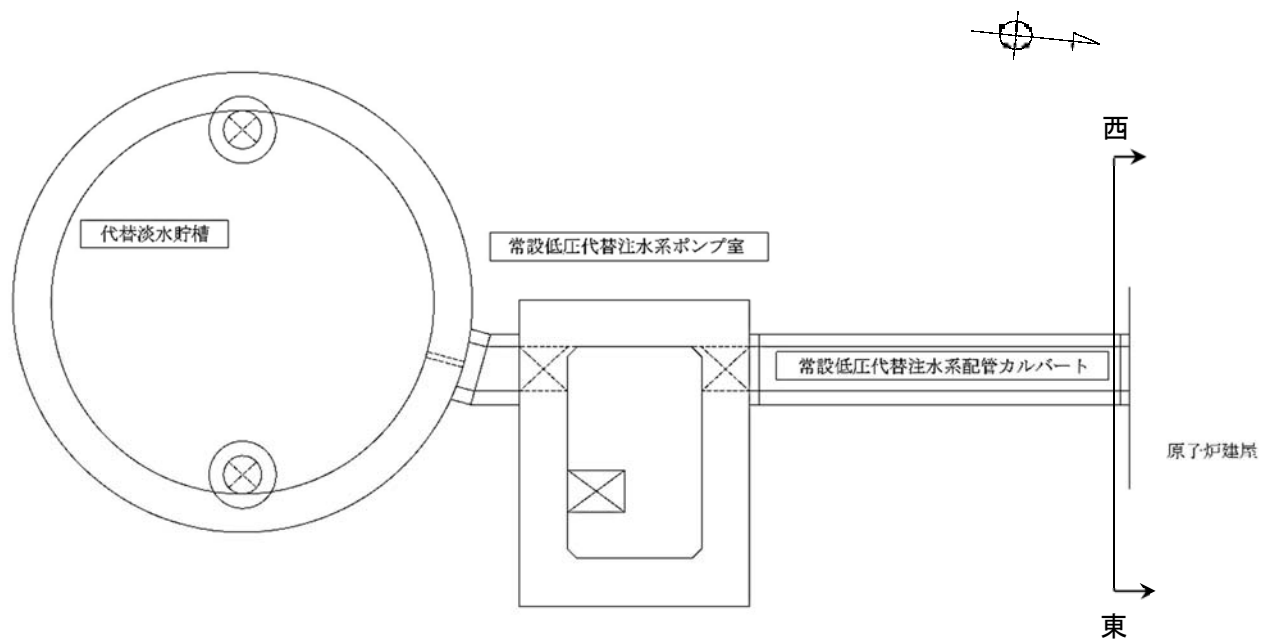
2.6 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方

常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図を第 2.6-1 図に，断面図を第 2.6-2 図に示す。

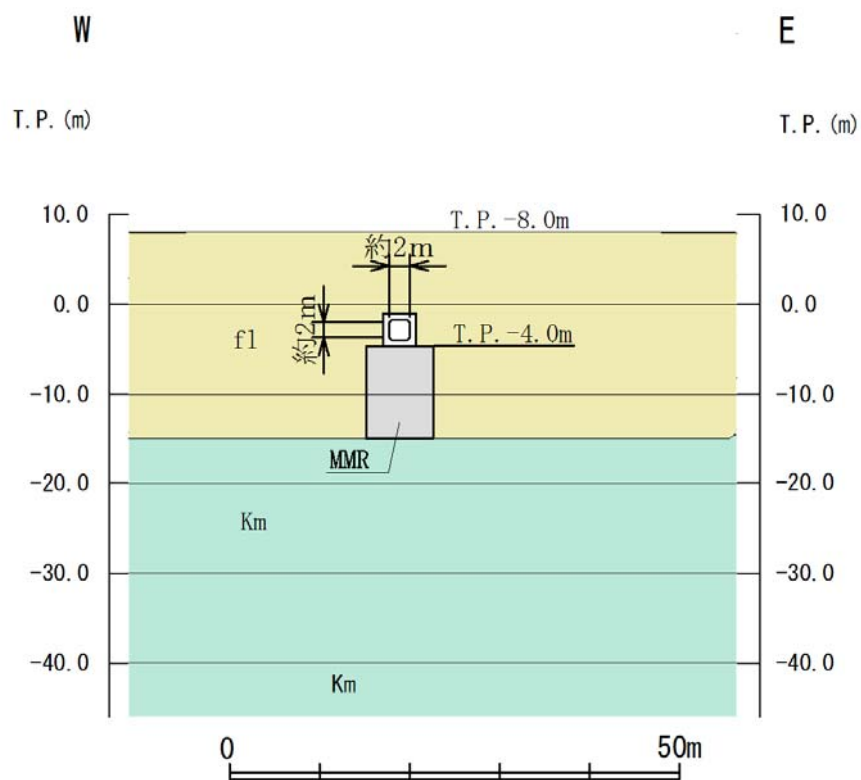
常設低圧代替注水系配管カルバートは，延長約 22m，内空幅約 2m，内空高さ約 2m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，軸方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

常設低圧代替注水系配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，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，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.6-1 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 平面図



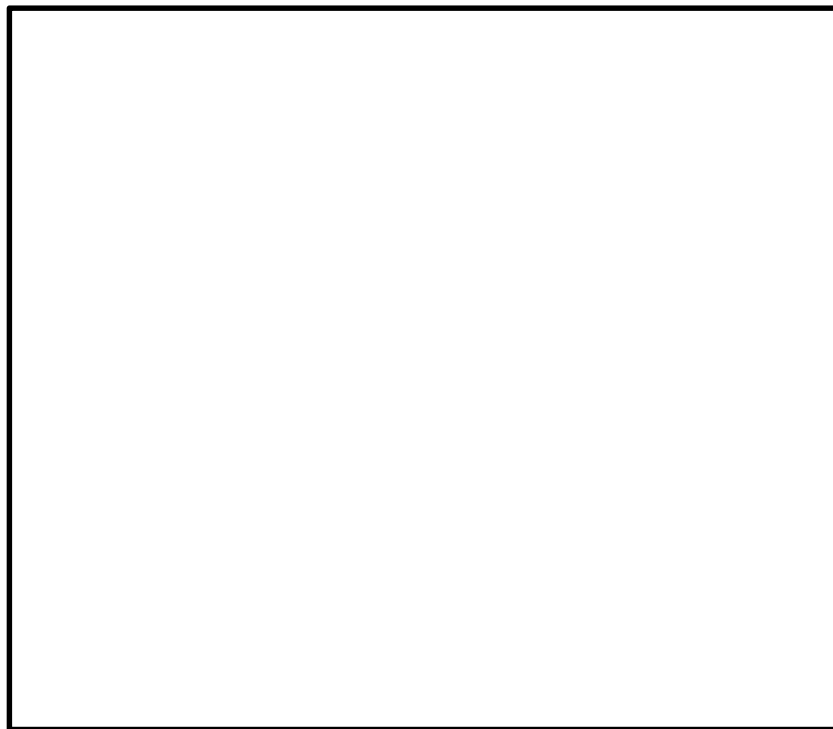
第 2.6-2 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 断面図（東西断面）

2.7 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方

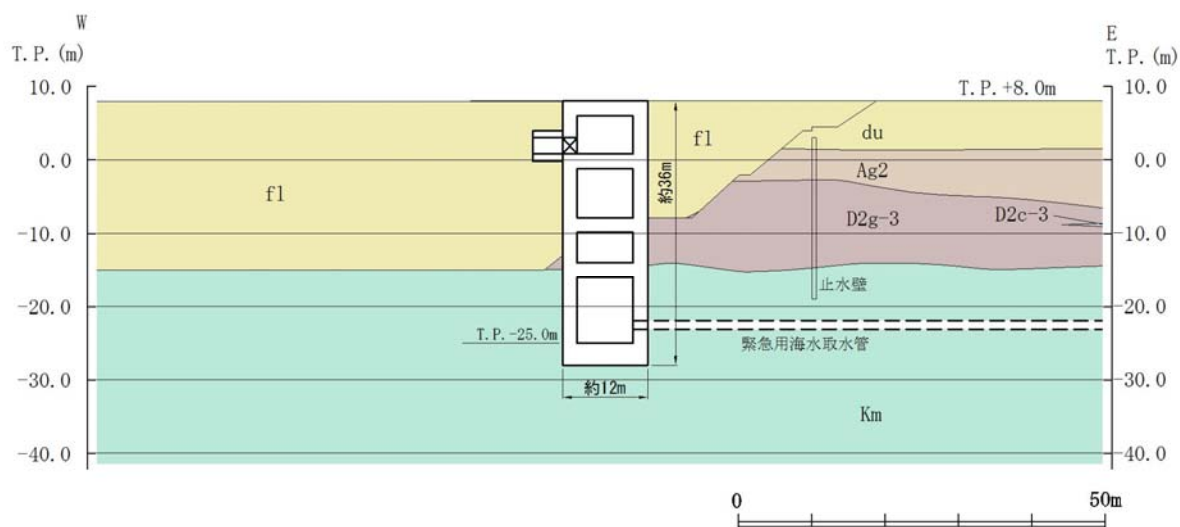
緊急用海水ポンプピットの平面図を第 2.7-1 図に，断面図を第 2.7-2 図に示す。

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。

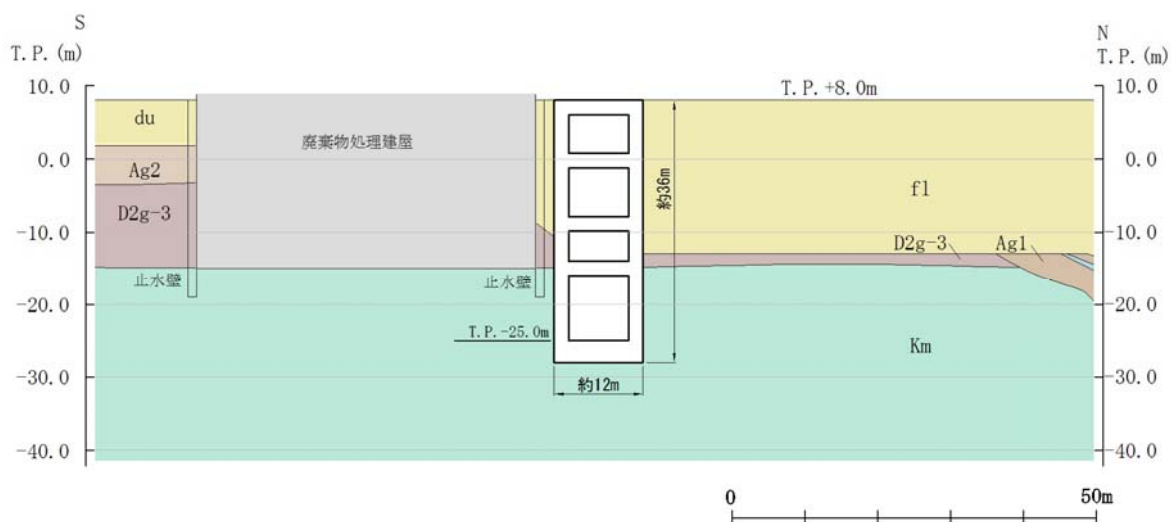
緊急用海水ポンプピットは，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，緊急用海水ポンプピットの東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。また，東西断面においては，南北方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第 2.7-1 図 緊急用海水ポンプピット 平面図



第 2.7-2 (1) 図 緊急用海水ポンプピット 断面図 (東西断面)



第 2.7-2 (2) 図 緊急用海水ポンプピット 断面図 (南北断面)

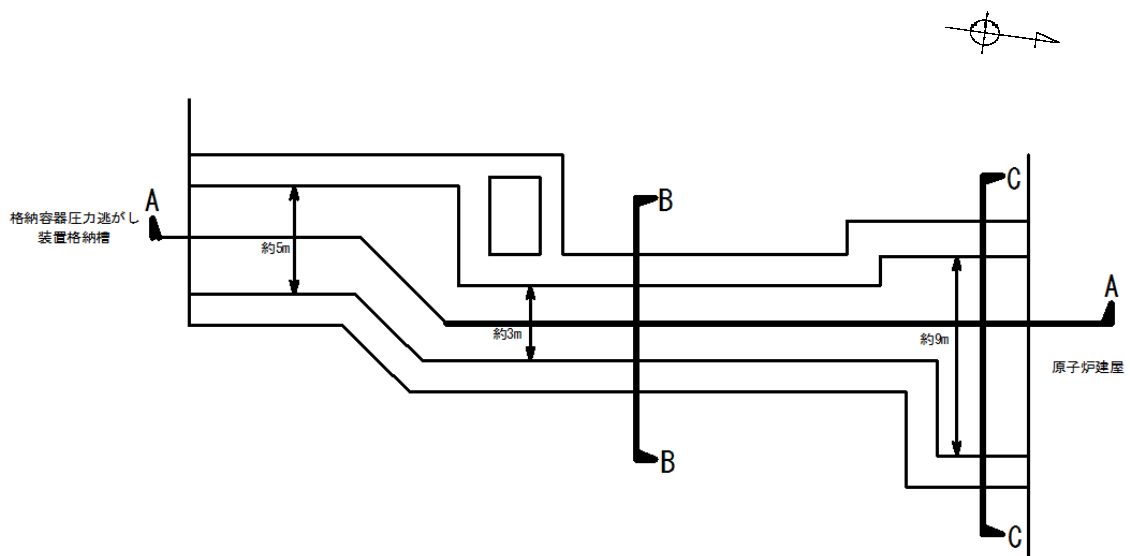
2.8 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方

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 2.8-1 図に，縦断面図を第 2.8-2 図に，横断面図を第 2.8-3 図に示す。

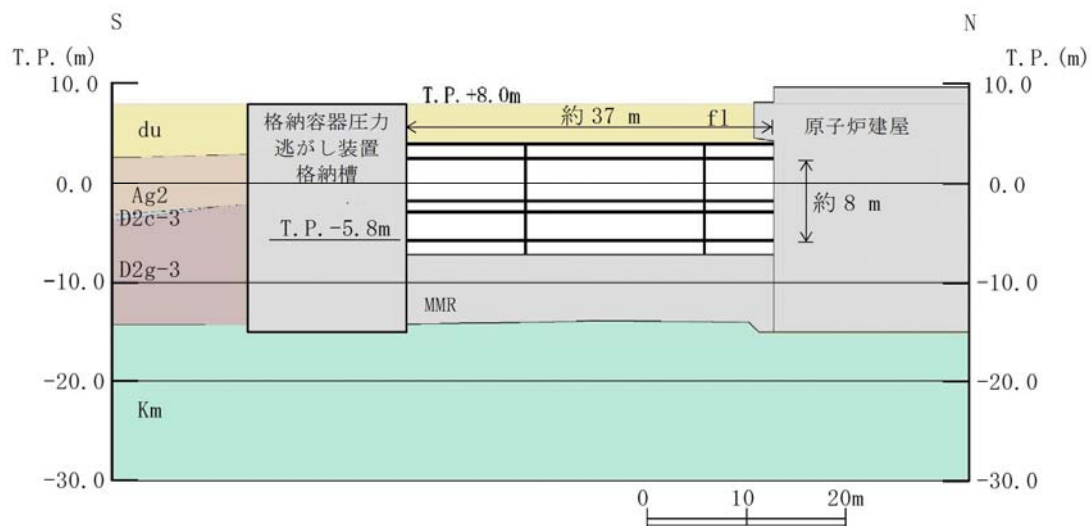
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，延長約 37m，内空幅約 3m（一部約 5m 及び約 9m），内空高さ約 8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，マンメイドロック介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

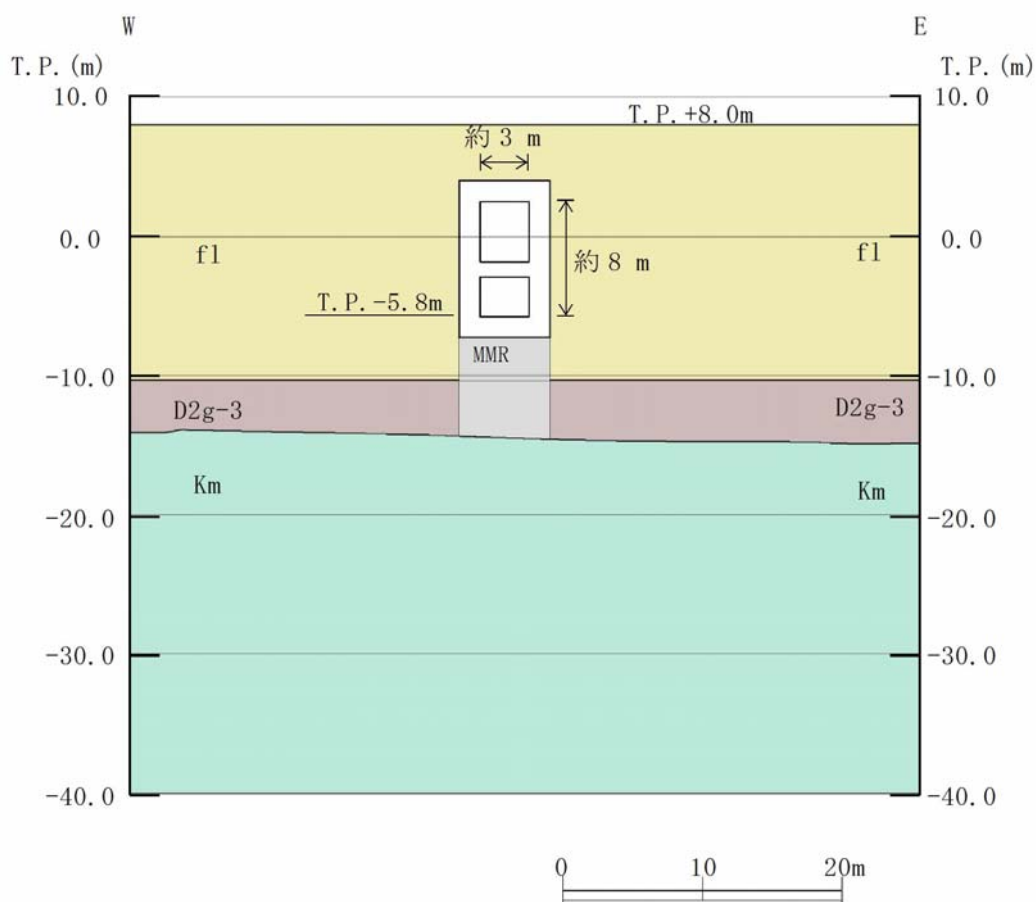


第 2.8-1 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 平面図



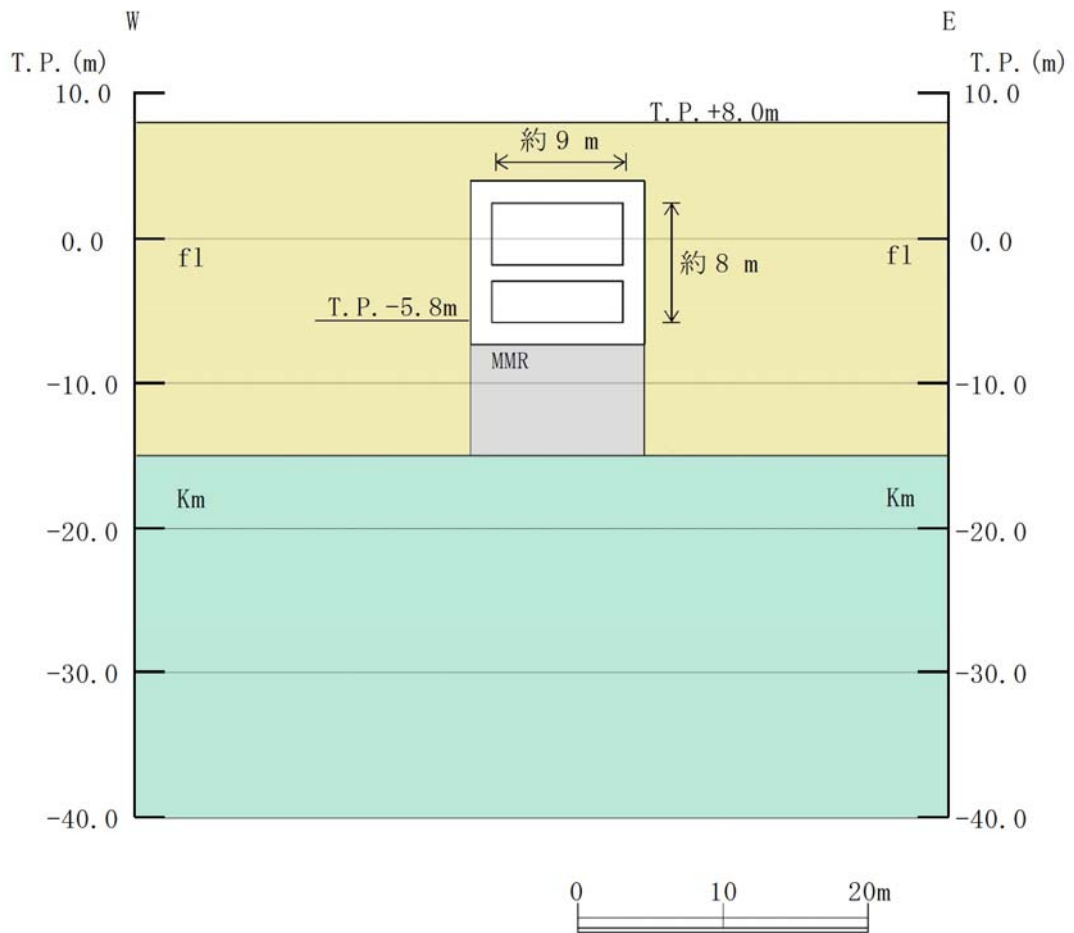
第 2.8-2 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 縦断面図

(A-A 断面)



第 2.8-3 (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 2.8-3 (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)

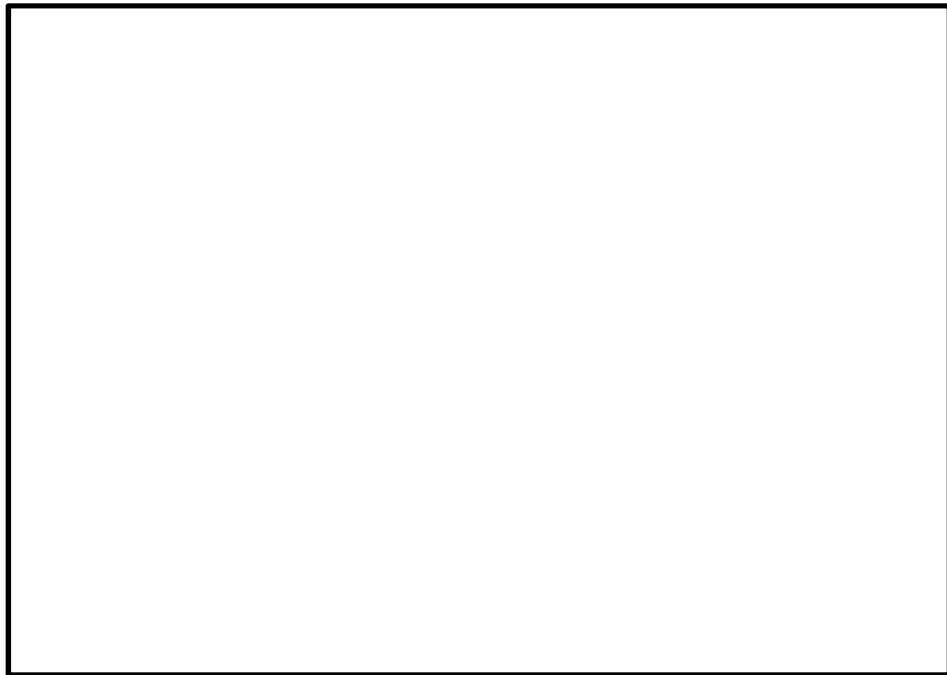
2.9 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

緊急用海水取水管の平面図を第 2.9-1 図に、縦断面図を第 2.9-2 図に、横断面図を第 2.9-3 図に示す。

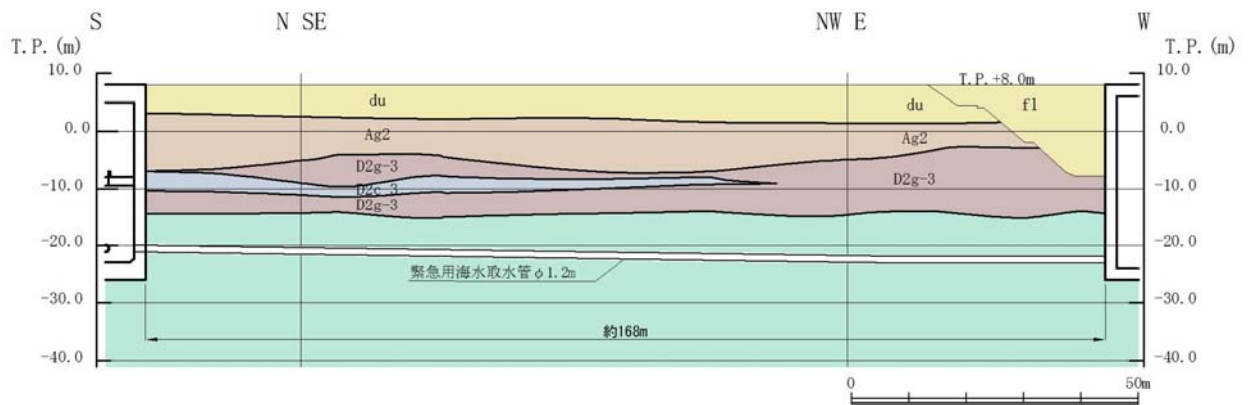
緊急用海水取水管は、S A 用海水ピットと緊急用海水ポンプピットを接続する延長約 168m で内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

緊急用海水取水管は可撓管の設置スパンが長い線状構造物であるため、管路全ての範囲を評価対象とする。また、カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから、横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが、一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し、管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。

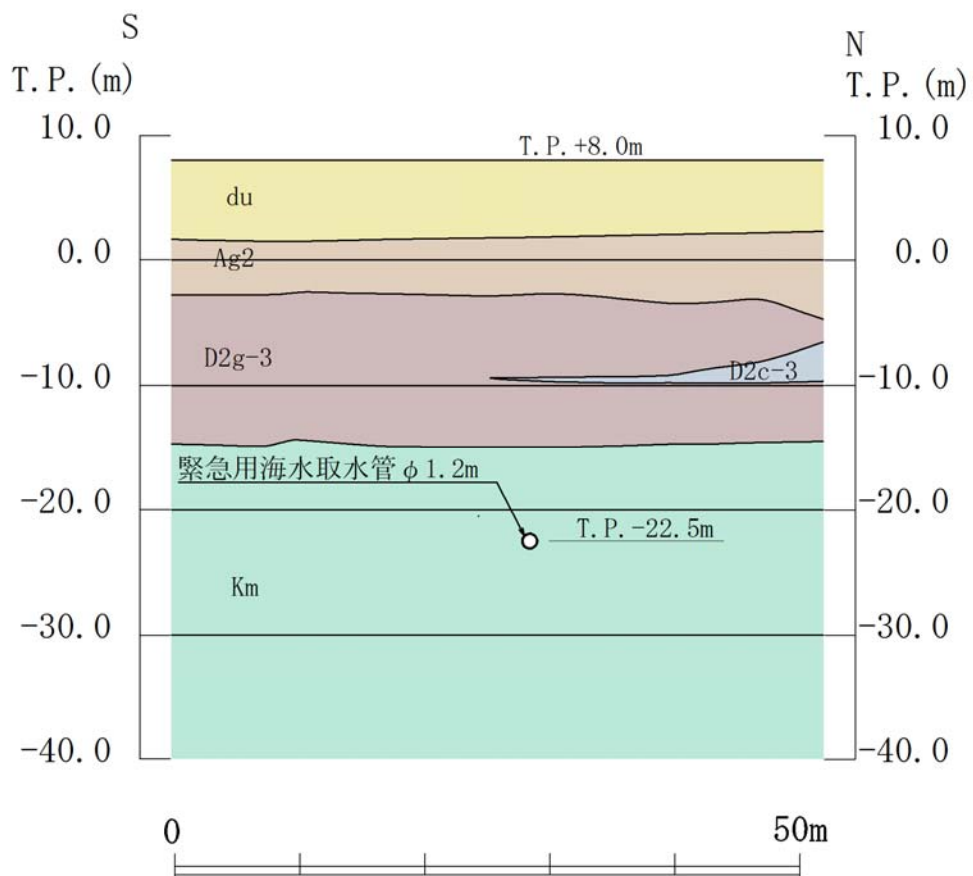
耐震評価では、上載荷重に着目し、土被りが最も大きくなる A-A 断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.9-1 図 緊急用海水取水管 平面図



第 2.9-2 図 緊急用海水取水管 縦断面図



第 2.9-3 図 緊急用海水取水管 横断面図（A-A断面）

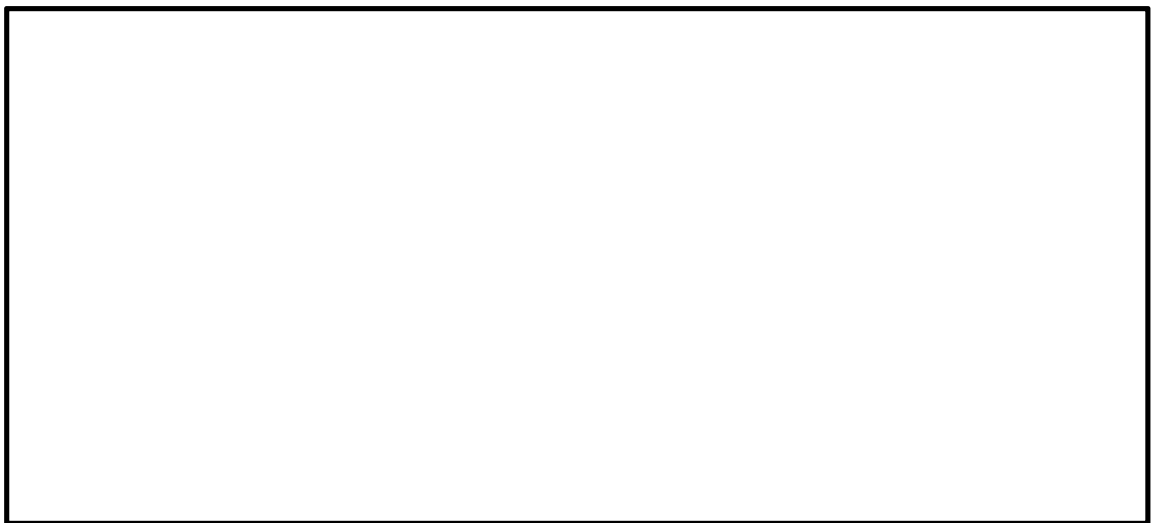
2.10 S A用海水ピットの断面選定の考え方

S A用海水ピットの平面図を第 2.10－1 図に，断面図を第 2.10－2 図に示す。

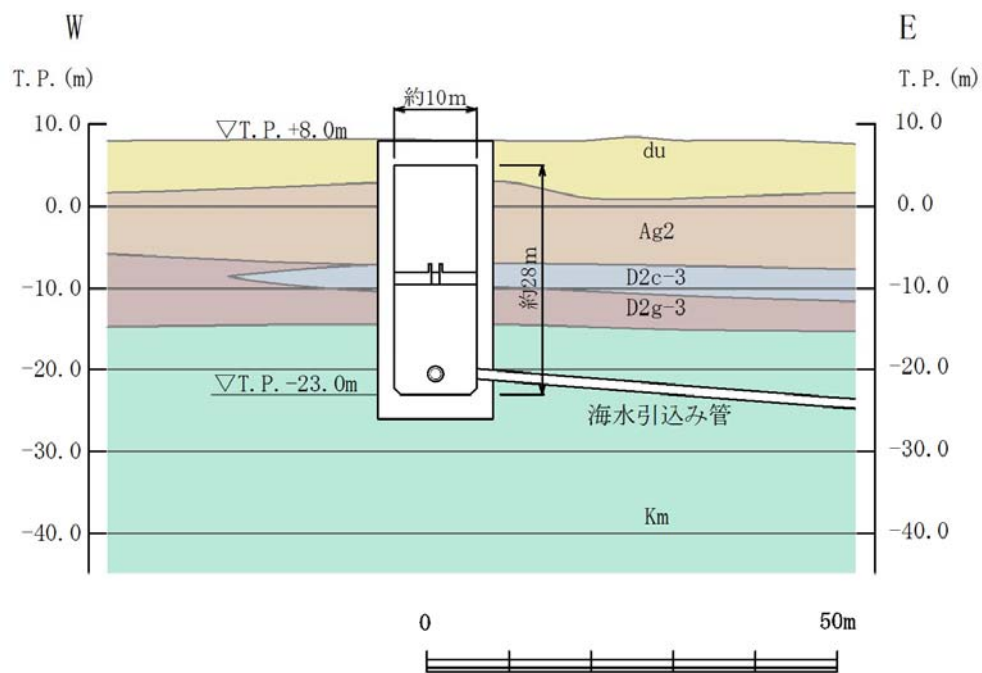
S A用海水ピットは，内径約 10m，内空高さ約 28m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，S A用海水ピットは，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で，双方の管路はS A用海水ピットへ直交して接続される。

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。

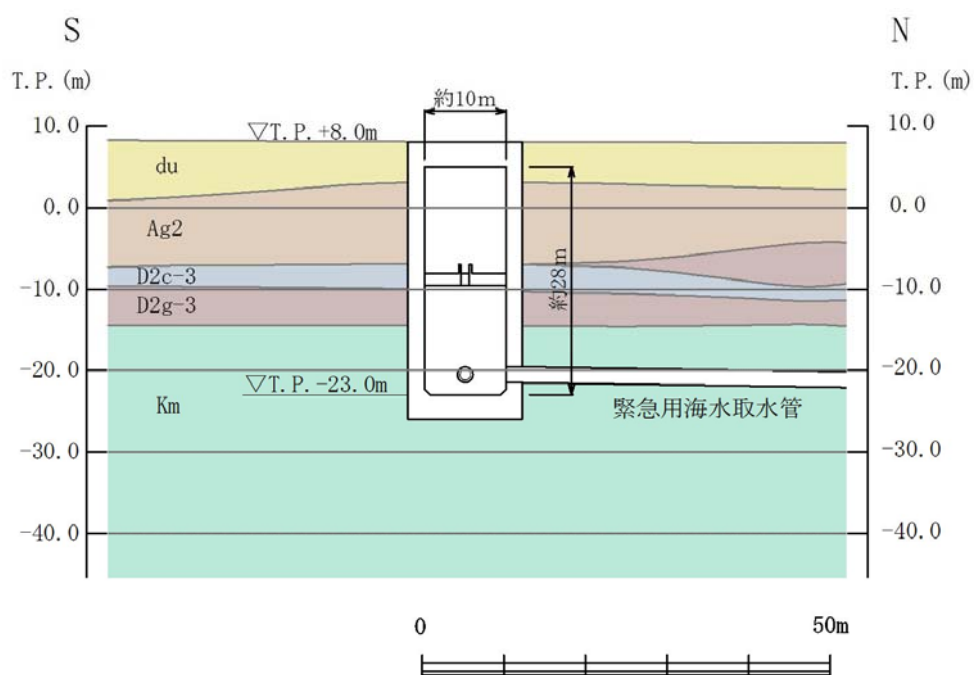
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



第 2.10－1 図 S A用海水ピット 平面図



第 2.10-2 (1) 図 SA用海水ピット 断面図 (①-①断面)



第 2.10-2 (2) 図 SA用海水ピット 断面図 (②-②断面)

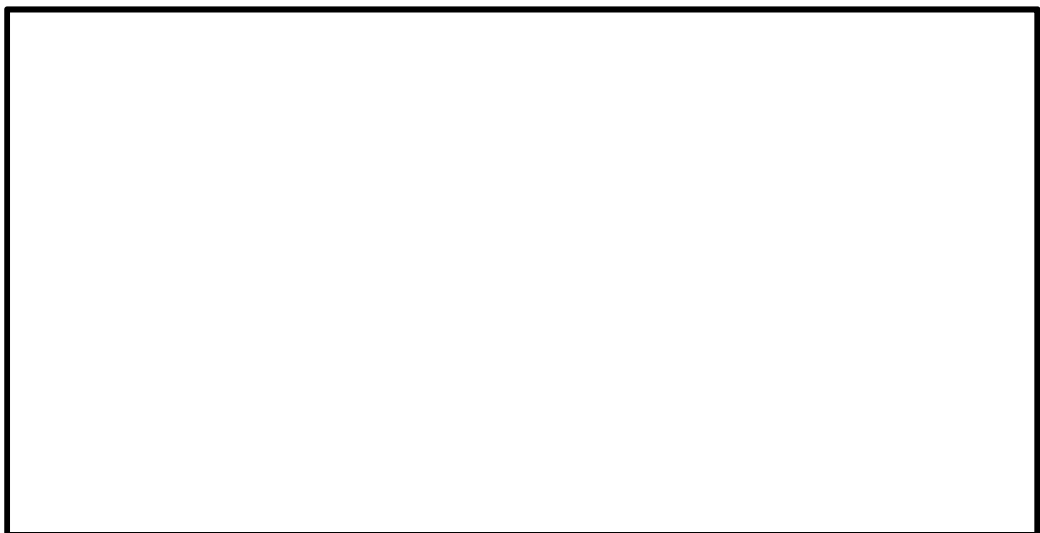
2.11 海水引込み管の断面選定の考え方

海水引込み管の平面図を第 2.11-1 図に、縦断面図を第 2.11-2 図に、横断面図を第 2.11-3 図に示す。

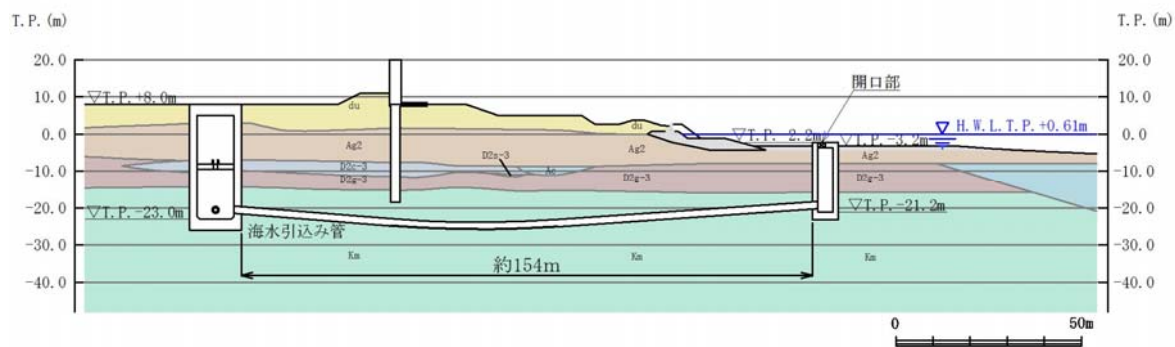
海水引込み管は、S A 用海水ピット取水塔と S A 用海水ピットを接続する延長約 154m、内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

海水引込み管は可撓管の設置スパンが長い線状構造物であるため、管路全ての範囲を評価対象とする。また、カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから、横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが、一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し、管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。

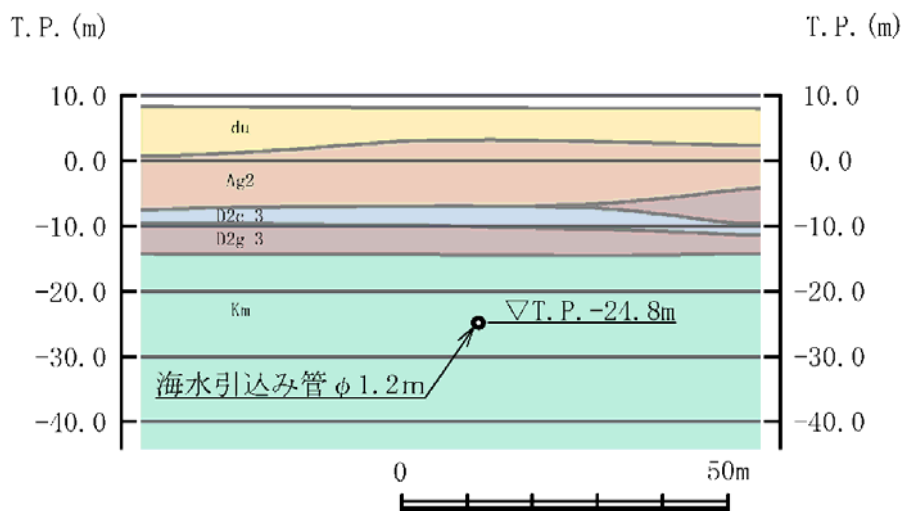
耐震評価では、上載荷重に着目し、土被りが最も大きくなる A-A 断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.11-1 図 海水引込み管 平面図



第 2.11-2 図 海水引込み管 縦断面図



第 2.11-3 図 海水引込み管 横断面図 (A-A断面)

2.12 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 2.12-1 図に，断面図を第 2.12-2 図に示す。

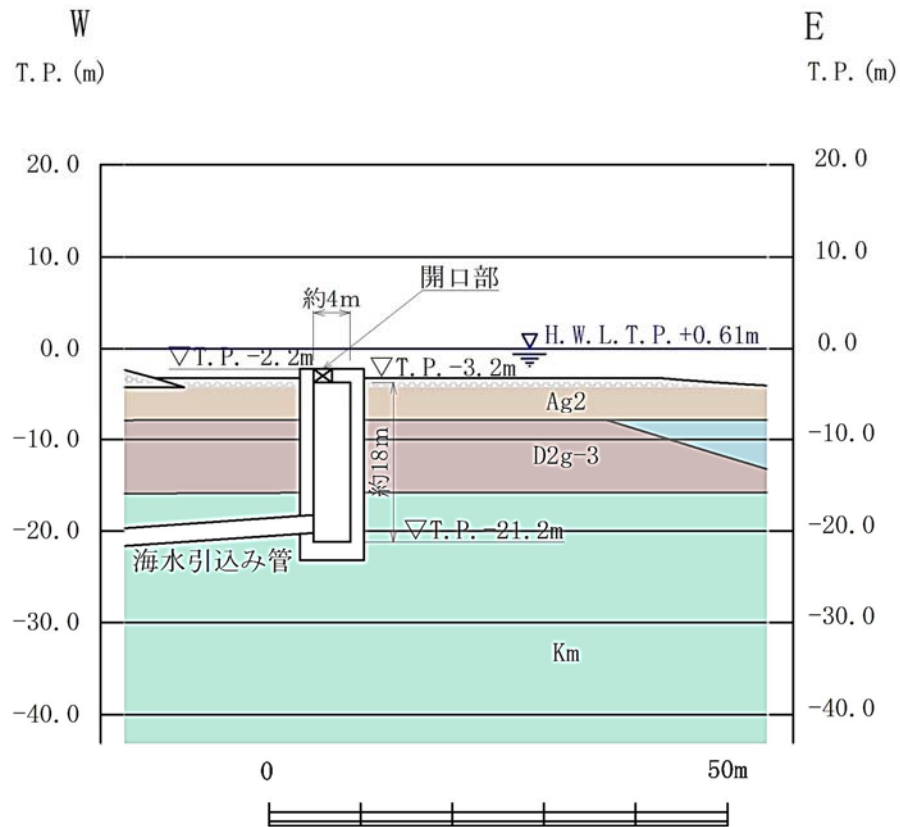
S A用海水ピット取水塔は，内径約 4m，内空高さ約 18m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，S A用海水ピット取水塔は，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管が接続する構造で，管路はS A用海水ピット取水塔へ直交して接続される。

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。

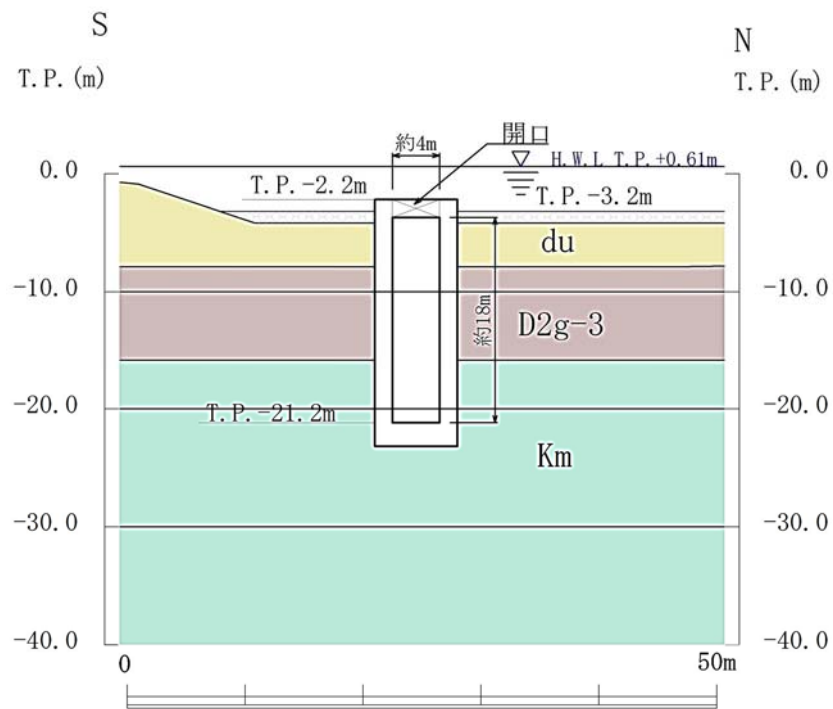
本構造物の周辺地盤においては海底下に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



第 2.12-1 図 S A用海水ピット取水塔 平面図



第 2.12-2 (1) 図 SA用海水ピット取水塔 断面図 (①-①断面)



第 2.12-2 (2) 図 SA用海水ピット取水塔 断面図 (②-②断面)

2.13 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

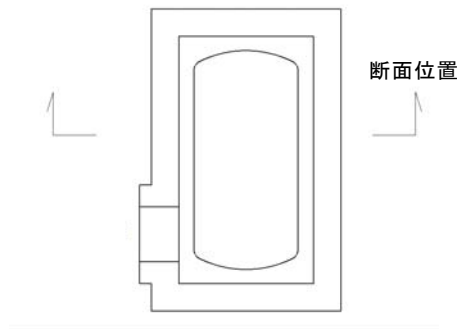
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の平面図を第 2.13-1 図に、断面図を第 2.13-2 図に示す。また、可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図を第 2.13-3 図に、断面図を第 2.13-4 図に示す。

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。

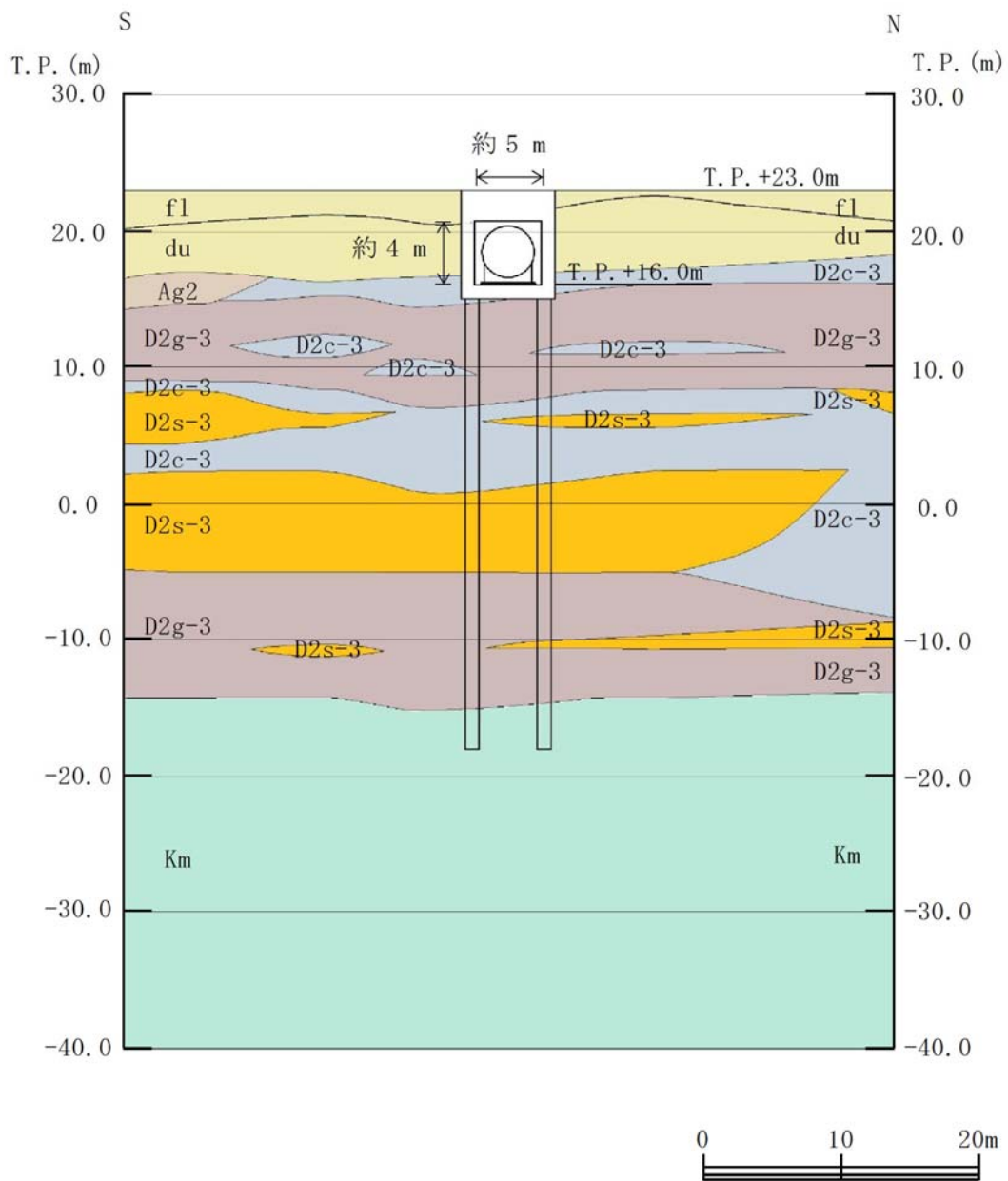
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の縦断方向（タンクの軸方向）は、加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は、タンクを格納するため、加振方向と平行に配置される構造部材がないことから、弱軸方向となる。

耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸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。

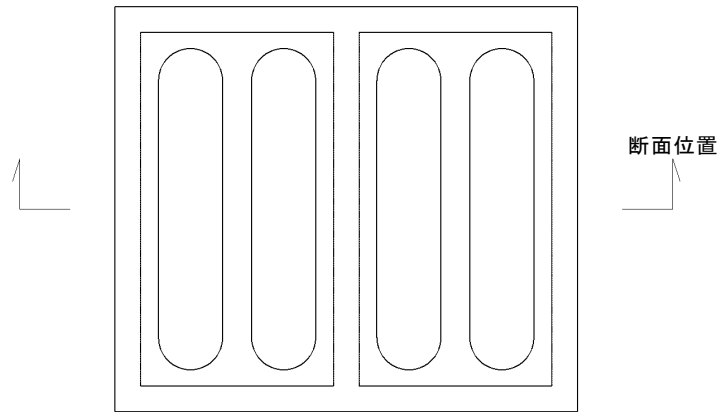
本構造物の周辺地盤においては地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから、有効応力解析により液状化の可能性を評価し、構造物の耐震評価を実施する。



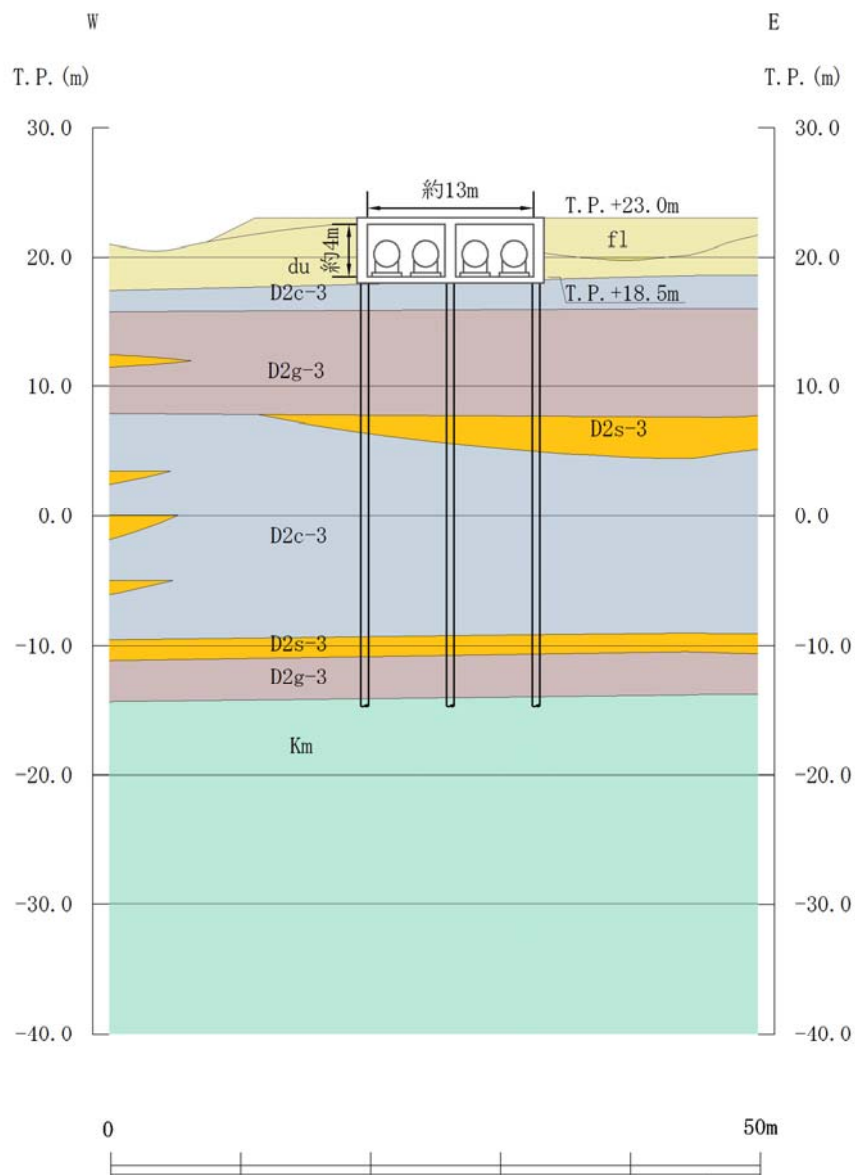
第 2.13-1 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 平面図



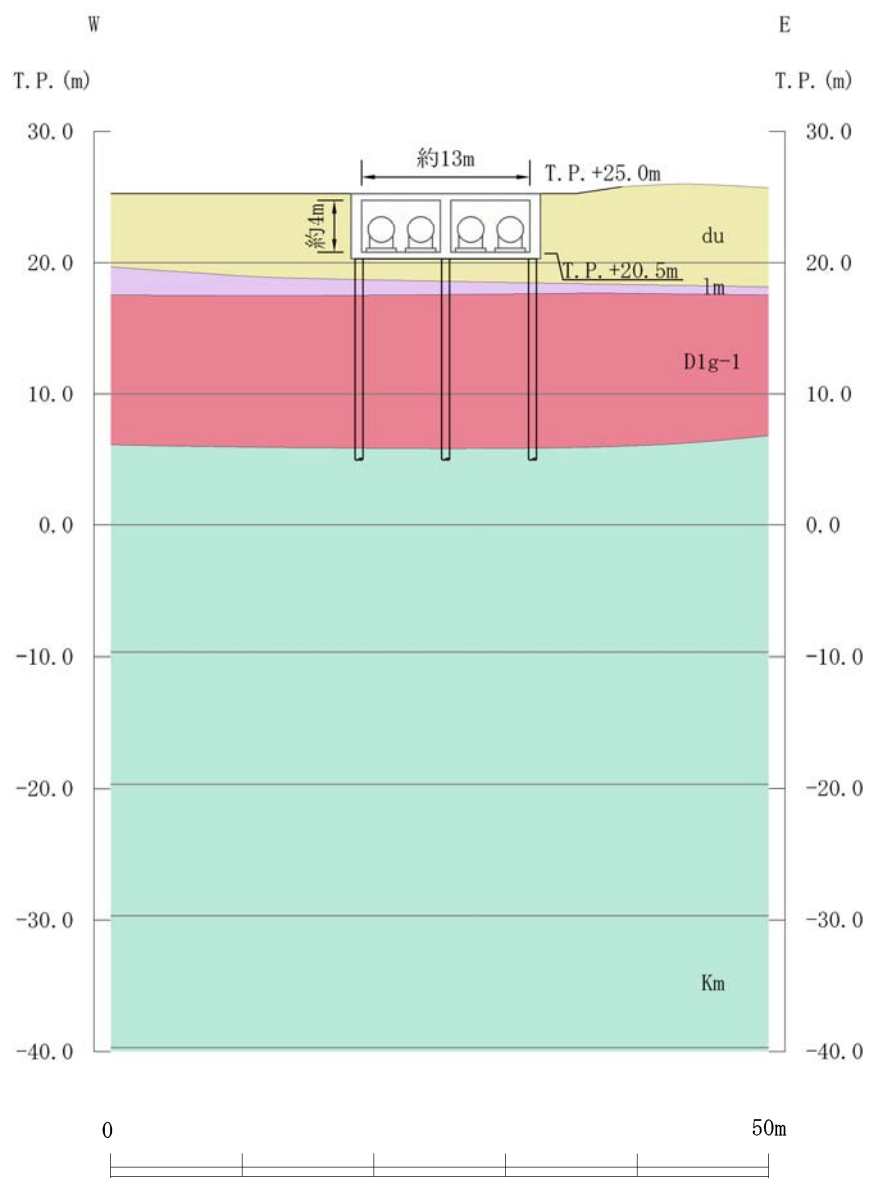
第 2.13-2 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図



第 2.13-3 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第 2.13-4 (1) 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側) 断面図



第 2.13-4 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

使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について

1. はじめに

本資料の構成は、以下の 2 項目から成る。

「Ⅰ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要」には、使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要を示す。また今回工認においては、既工認から地震応答解析モデルを変更するため、その内容について「Ⅱ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更について」に示す。

Ⅰ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要

Ⅱ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの既工認からの 変更について

I 使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置を第1-1図に示す。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器を24基収納する地上1階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート及び鉄骨造）の建物である。

使用済燃料乾式貯蔵建屋に加わる地震時の水平力は、外周部に配置された耐震壁と柱及び梁（屋根トラス）からなるフレーム構造で負担する。耐震壁には、冷却空気取り入れのための開口がある。

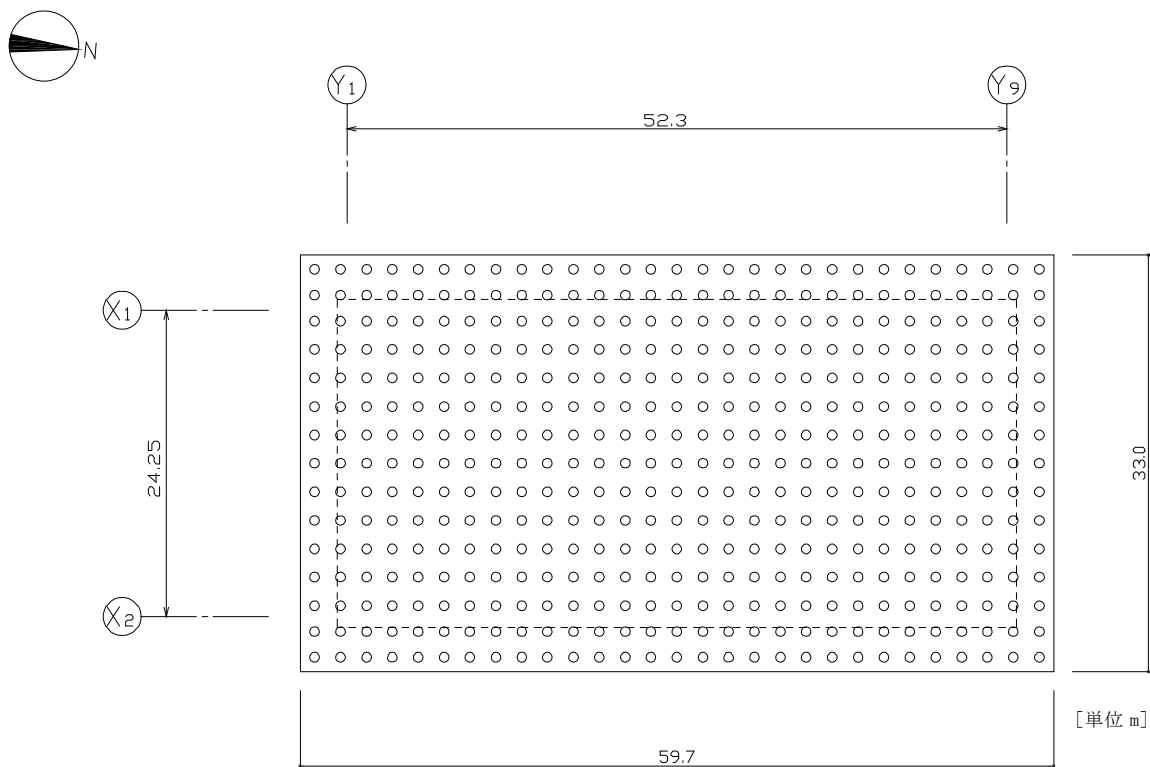
使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要を第1-2図及び第1-3図に示す。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、地上1階建で平面が約52 m（南北方向）×約24 m（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60 m（南北方向）×約33 m（東西方向）、厚さ約2.5 m（一部約2.0 m）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。

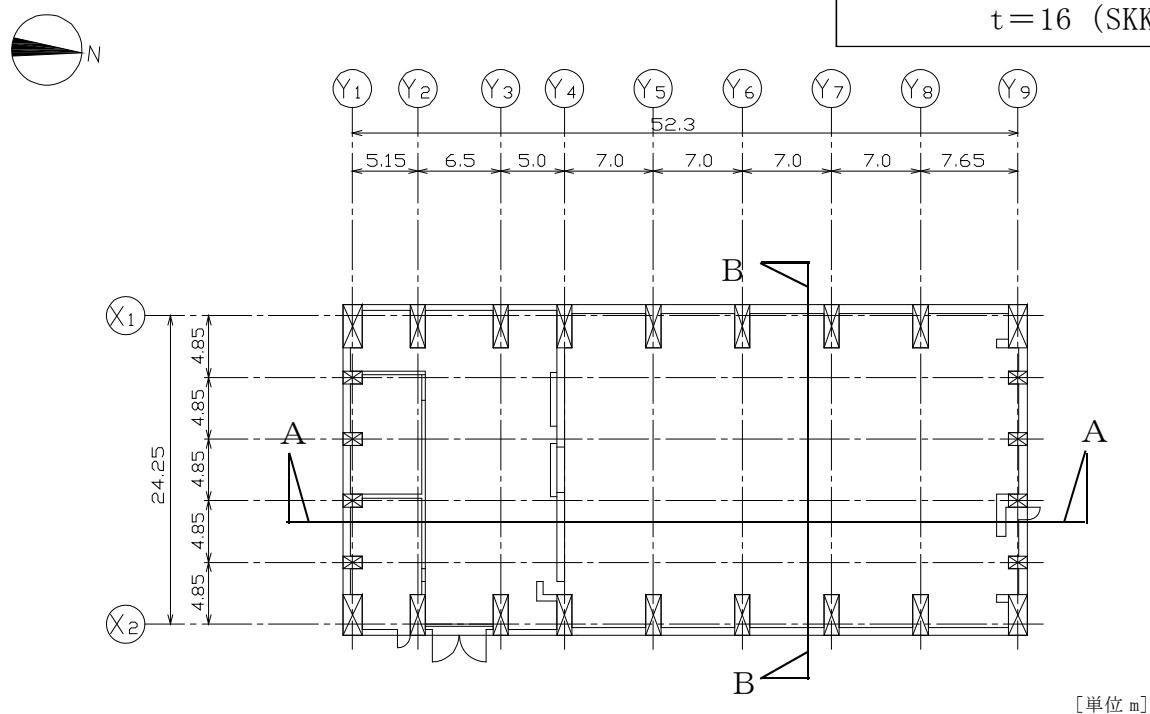


第1－1図 使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置



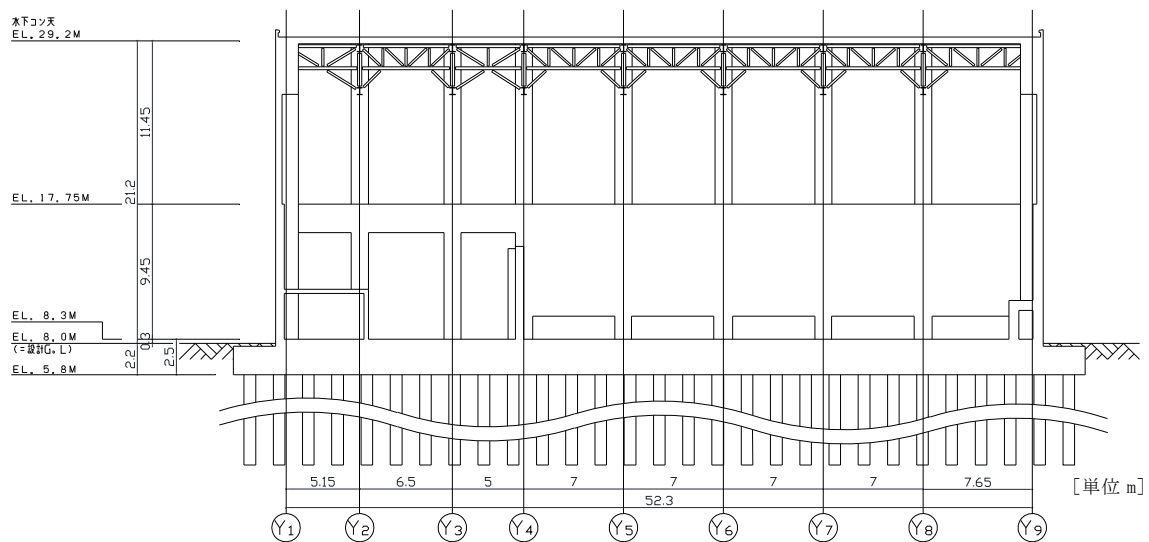
(杭伏図 : EL. -5.8 m)

杭仕様 : 鋼管杭 $\phi 812.8$,
 $t = 16$ (SKK400)

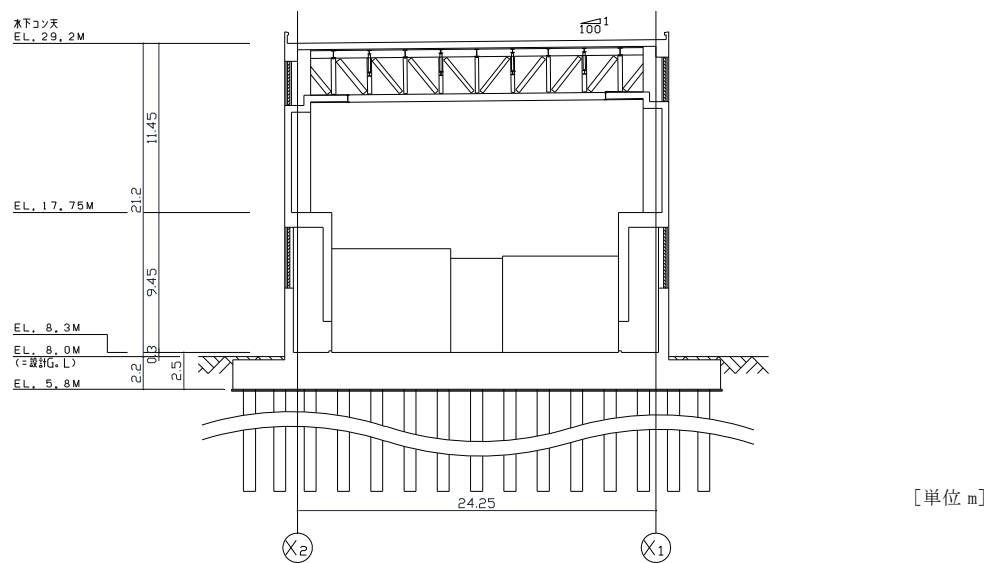


(1階平面図 : EL. 8.3 m)

第1-2図 使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要 (平面図)



(N S 方向, A - A 断面)



(E W 方向, B - B 断面)

第1-3図 使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要 (断面図)

Ⅱ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の 地震応答解析モデルの既工認からの変更について

1. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更

1.1 目的

今回工認に用いる使用済燃料乾式貯蔵建屋のS Rモデルについて検討する。使用済燃料乾式貯蔵建屋はN S方向に細長い形状をしている。このような形状であるとE W方向振動に対して、中央部の振動を含め、1本棒モデルに集約するのは難しい。設計当時は1本棒モデルであるが、3次元F E Mの1次固有周期（中央部振動の固有周期）に整合するように剛性を設定していた。これは、耐震壁の剛性を小さく見積もることであり、クライテリアをせん断ひずみとした場合には保守的な設定と言える。また、設計当時の基準地震動 S_2 に対しては、この保守的なモデルを用いても弾性範囲に収まっていたため、耐震壁の復元力特性を作成していない。

今回工認では基準地震動 S_s 入力に対し、非線形領域に入ることが予想されるため、耐震壁の復元力特性を設定する必要がある。

上記を背景に、N S方向も含め、より実情に近い建屋の振動性状を評価できる耐震壁の復元力特性を考慮した解析モデルを設定することを目的とする。

1.2 今回工認モデルの設定方針

地震応答解析モデルは、以下の方針に基づいて、建設当時の工認（以下「既工認」という。）のモデルから変更する。N S方向の耐震壁には、金属キャスク冷却のために大開口が設けられている。既工認モデルでは、開口の影響を考慮したはり理論による等価剛性を設定しており、既工認モデルでは、3次元全体F E Mと1次固有周期は整合していたものの、上階の方が下階よりも剛性が大きく評価されていた。今回は、より詳細に開口の影響を考慮するために、3次元全体F E Mモデルによる剛性評価を採用することに修正する。復元力特性は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1991

追補版〔社団法人日本電気協会〕（以下「J E A G 4601-1991 追補版」という。）に基づいて設定する。

E W方向の既工認モデルは、「1.1 目的」に記載したように、保守的に1本棒のモデルを構築していた。基準地震動 S_s に対する今回工認では、非線形挙動を精度良く表現するために、妻側耐震壁と耐震壁間のフレーム部をそれぞれ1本棒でモデル化し、屋根スラブレベルで屋根スラブ剛性を模擬したせん断ばねで連結する2本棒多質点系モデルに変更する。

1.3 既工認との比較

地震応答解析モデルの変更点を第1-1表に示す。

既工認では、質点系モデルの基礎底面位置に杭と地盤との動的相互作用を考慮して評価したばね（水平ばね及び回転ばね）を取り付けてモデル化している。基礎底面ばねは、地盤の成層性と半無限性を考慮した三次元薄層要素法による加振解に基づく方法により算定している。

今回工認では、既工認から地盤ばね算出に用いていた三次元薄層要素法を入力動評価にも用いることにより、杭の拘束効果を考慮した。この入力動のことを以下「有効入力動」という。

第 1-1 表 (1/3) 地震応答解析モデルの変更点 (解析条件)

項目	既工認	今回工認
材料諸元	R C 部：ヤング係数 E ・せん断弾性係数 G (従来単位)	R C 部：R C - N 規準に基づくヤング係数 E ・せん断弾性係数 G
モデル 形状※ ¹	N S 方向，E W 方向ともに 1 軸多質点系モデル	N S 方向：1 軸多質点系モデル E W 方向：建屋振動特性を考慮した 2 軸多質点系モデル 鉛直方向：モデルを新設
耐震 剛性※ ¹	N S 方向：剛床仮定に基づいた従来ベースの弾性剛性を設定 E W 方向：3 次元 F E M モデルにより屋根スラブ剛性を考慮した等価剛性を設定 鉛直方向：モデル未設定	N S 方向：3 次元 F E M モデルにより大開口の影響をより詳細に考慮した等価剛性を設定 E W 方向：耐震壁と中間フレーム部を独立させ，それぞれ従来ベースの弾性剛性を設定 鉛直方向：耐震壁配置に応じ従来ベースで剛性を設定 (単スパン集約モデル)
耐震重量	積雪荷重を未考慮	積雪荷重 30 cm×0.35 考慮 (30 tf 増)

第 1-1 表 (2/3) 地震応答解析モデルの変更点 (解析条件)

項目	既工認	今回工認
解析手法	建屋剛性は線形としてモデル化 (線形応答解析)	せん断及び曲げの非線形性を考慮 (復元力特性の設定による非線形 応答解析) ※鉛直方向は線形応答解析
入力 地震動	一次元波動論を用いた地盤応答解 析による基礎版底面レベルの応答 波	三次元薄層要素法による杭の拘束 効果を考慮した有効入力動

※1：解析モデルの妥当性は、観測記録シミュレーションより確認した。

第 1-1 表 (3/3) 地震応答解析モデルの変更点 (解析モデル形状)

	既工認	今回工認
N S 方向	<p>EL. (m)</p> <p>29.20</p> <p>17.75</p> <p>8.30 7.05 5.80</p> <p>要素名 BM03</p> <p>質点名 ND03</p> <p>ND02</p> <p>BM02</p> <p>BSTP</p> <p>ND01</p> <p>BSBM</p> <p>ROCK</p> <p>SWAY</p>	<p>EL. (m)</p> <p>29.20</p> <p>17.75</p> <p>8.30 7.05 5.80</p> <p>要素名 BM03</p> <p>質点名 ND03</p> <p>ND02</p> <p>BM02</p> <p>BSTP</p> <p>ND01</p> <p>BSBM</p> <p>ROCK</p> <p>SWAY</p>
E W 方向	<p>EL. (m)</p> <p>29.20</p> <p>17.75</p> <p>8.30 7.05 5.80</p> <p>要素名 BM03</p> <p>質点名 ND03</p> <p>ND02</p> <p>BM02</p> <p>BSTP</p> <p>ND01</p> <p>BSBM</p> <p>ROCK</p> <p>SWAY</p>	<p>EL. (m)</p> <p>29.20</p> <p>17.75</p> <p>8.30 7.05 5.80</p> <p>要素名 BM03</p> <p>質点名 ND03</p> <p>ND02</p> <p>BM02</p> <p>BSTP</p> <p>ND01</p> <p>BSBM</p> <p>ROCK</p> <p>SWAY</p> <p>壁</p> <p>フレーム</p> <p>ND03</p> <p>SP01</p> <p>ND13</p> <p>BM13</p> <p>ND12</p> <p>BM12</p>
鉛直 方向		<p>EL. (m)</p> <p>29.20</p> <p>17.75</p> <p>8.30 7.05 5.80</p> <p>要素名 BM03</p> <p>質点名 ND03</p> <p>ND02</p> <p>BM02</p> <p>BSTP</p> <p>ND01</p> <p>BSBM</p> <p>AXA2</p> <p>RF05</p> <p>RF04</p> <p>RF03</p> <p>RF02</p> <p>RF01</p> <p>RF05</p> <p>RF04</p> <p>RF03</p> <p>RF02</p> <p>RF01</p> <p>SPR1</p>

【補足資料 1】 三次元薄層要素法とは

三次元薄層要素法とは，弾性地盤における正弦的な波動伝播を求めるのに際し，地盤を水平な薄層に分割して水平方向には均質な連続体とするが，深さ方向には分割面で離散的に扱う方法である。即ち，水平方向には弾性波動論，深さ方向には有限要素法で定式化したのが三次元薄層要素法である。三次元薄層要素法では，波動伝播の解が解析的に求められるため積分する必要がなく，計算効率の点で極めて有利となるため，地盤内部に多数の加振源を有する埋込み基礎や群杭の動的相互作用解析に広く適用されている。

【補足資料 2】観測記録を用いた応答解析モデルの妥当性検討

建屋のモデル化における振動特性評価の妥当性確認として、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）時の観測記録を用いたシミュレーション解析を実施した。

1. 地震計設置位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋には、地震時の基本的な振動性状を把握する目的で基礎上端と屋根トラス上部に各1台の地震計を設置している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置を第1-1図に示す。

2. シミュレーション解析結果

既工認での地震応答解析の概要図を第2-1図に、今回の工認での評価の概要図を第2-2図に示す。観測記録を用いたシミュレーション解析は、既工認モデルと今回の工認モデルの両方を用いた。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として、両者の最大応答加速度分布の比較を第2-3図に示す。今回工認モデルは既工認モデルとほぼ同等の応答となっており、観測記録に対しては両モデルともに観測記録よりも大きい結果となっている。

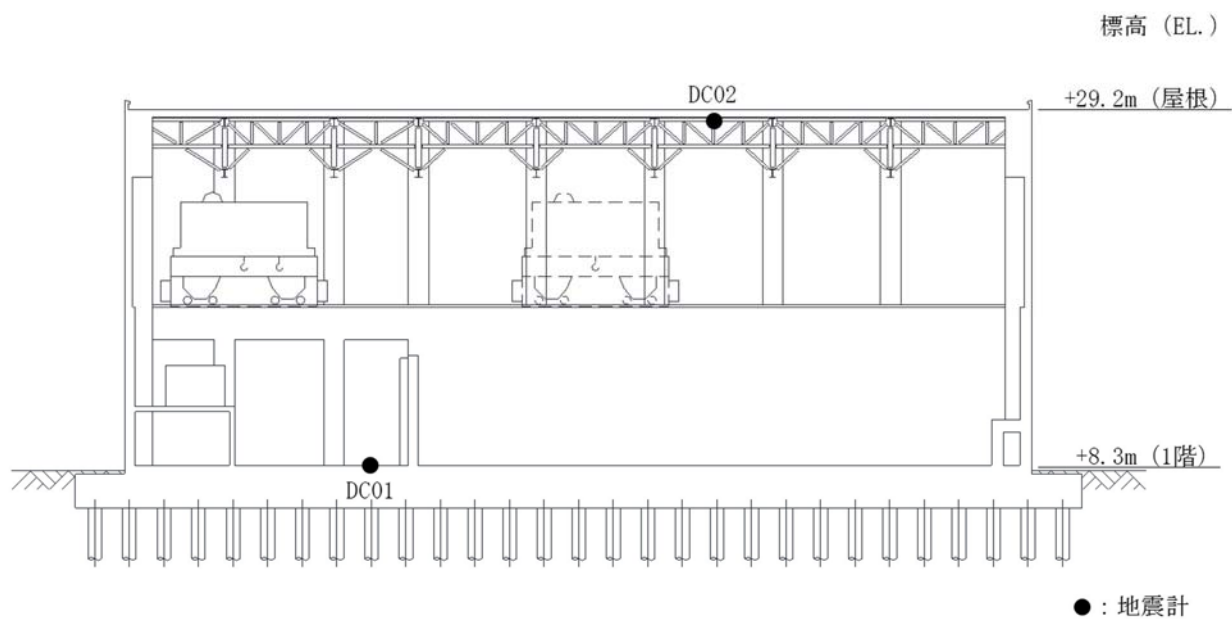
床応答スペクトルの比較を第2-4図に示す。観測記録、既工認モデル及び今回工認モデルのピークは、ほぼ同じ周期で生じていることから、建屋の剛性は適切に模擬できているものと考ええる。

3. 工認に用いる地震応答解析モデルの妥当性について

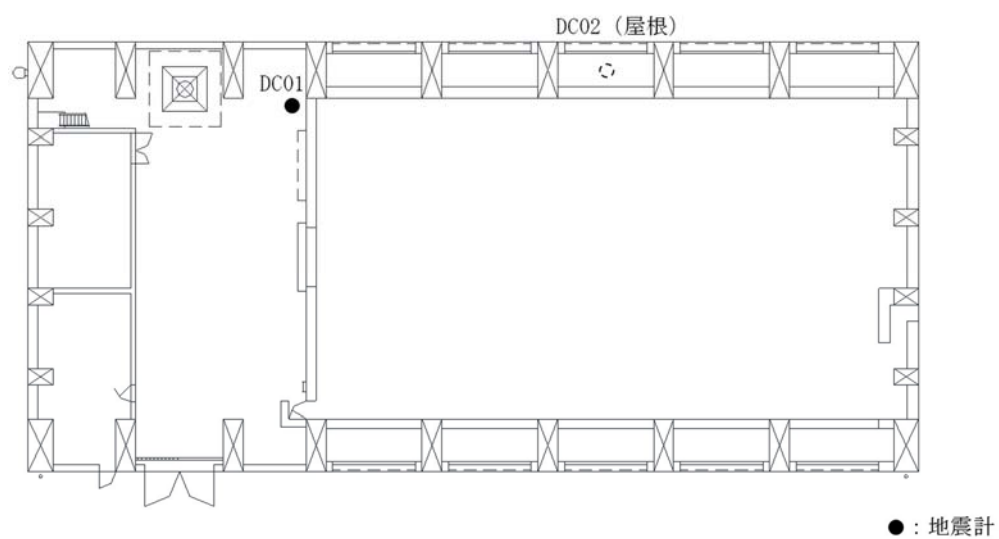
使用済燃料乾式貯蔵建屋が細長い形状をしていること等を考慮し、地震応答解析モデルを既工認から変更したが、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果より、既工認モデルと今回工認モデルの観測記録の説明性は同程度であることを確認した。

以上の結果を踏まえ、使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算及び耐震計

算書に用いる応答解析モデルには，今回工認モデルを用いることとした。

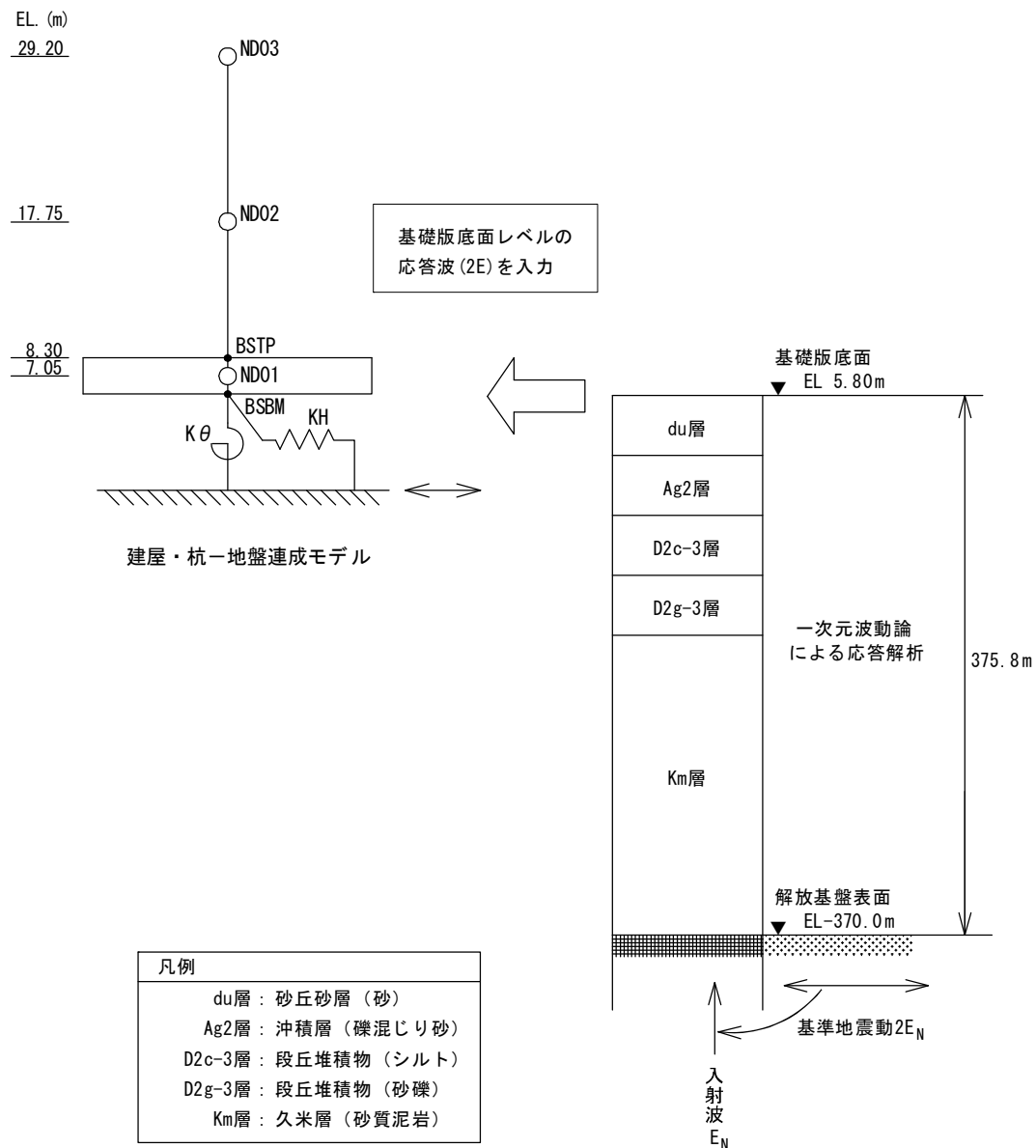


(a) 断面図

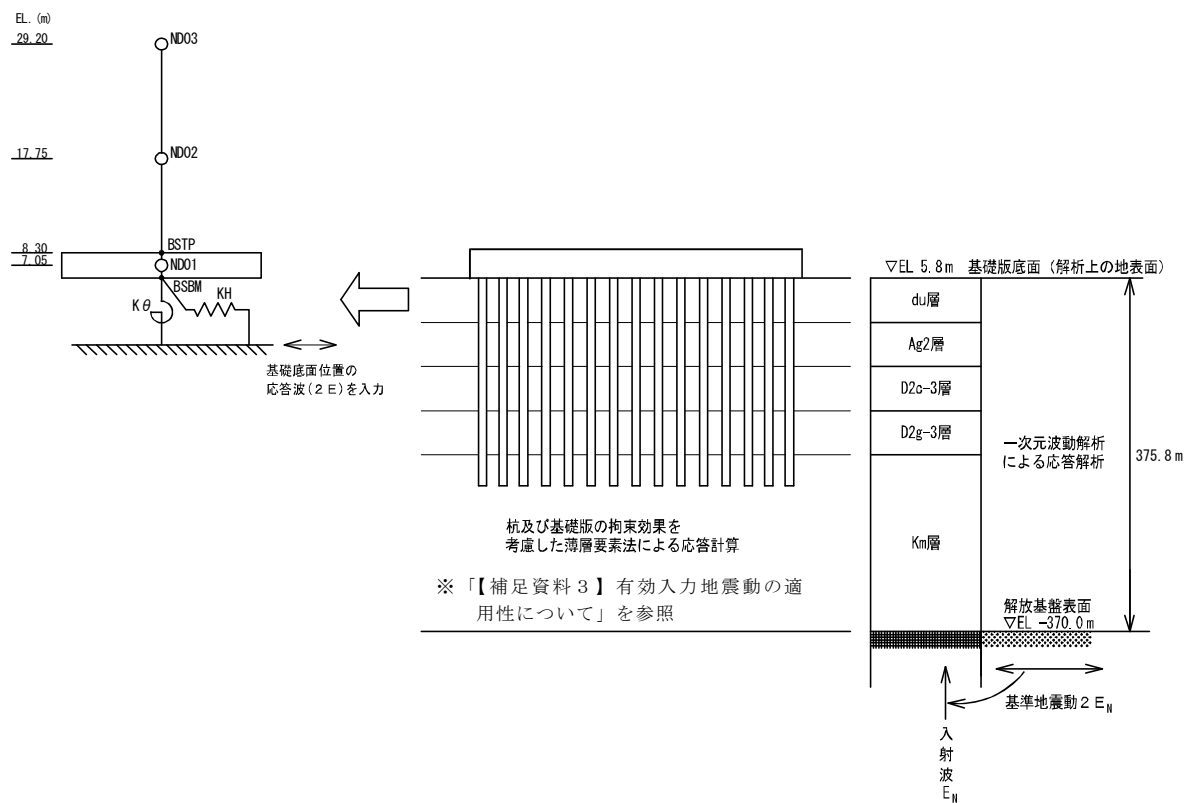


(b) 1 階 (EL. 8.3 m) 平面図

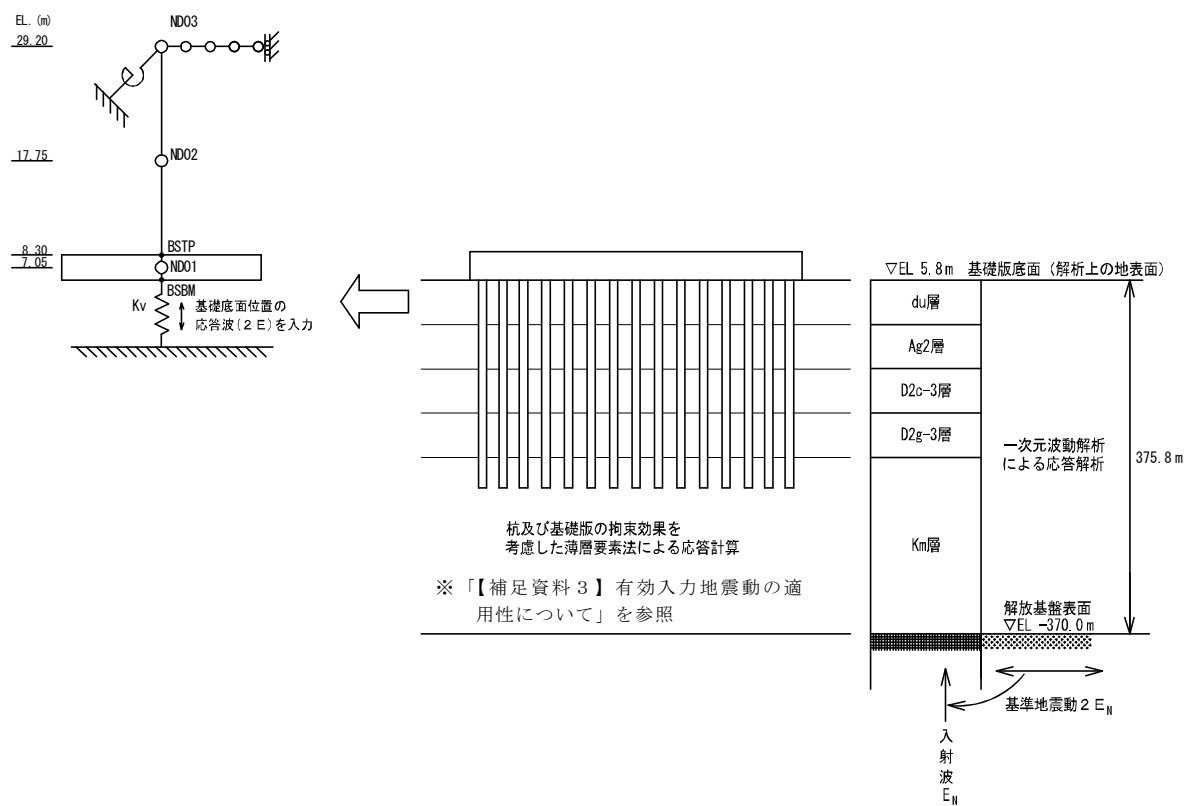
第1-1図 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置



第2-1図 地震応答解析の概要図（既工認）

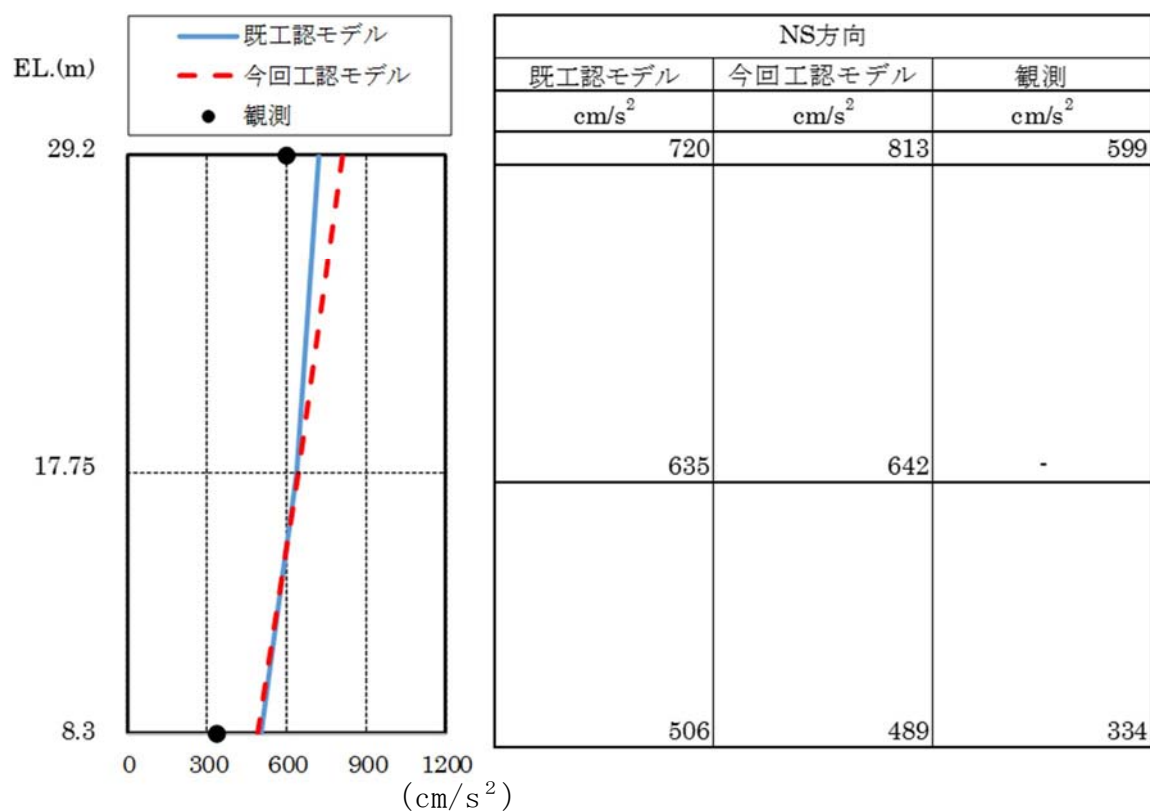


(水平方向)

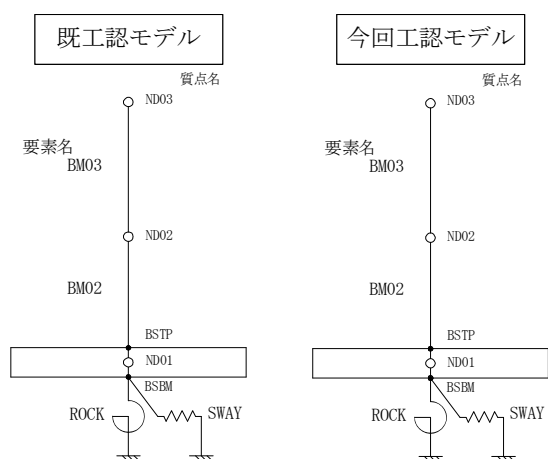


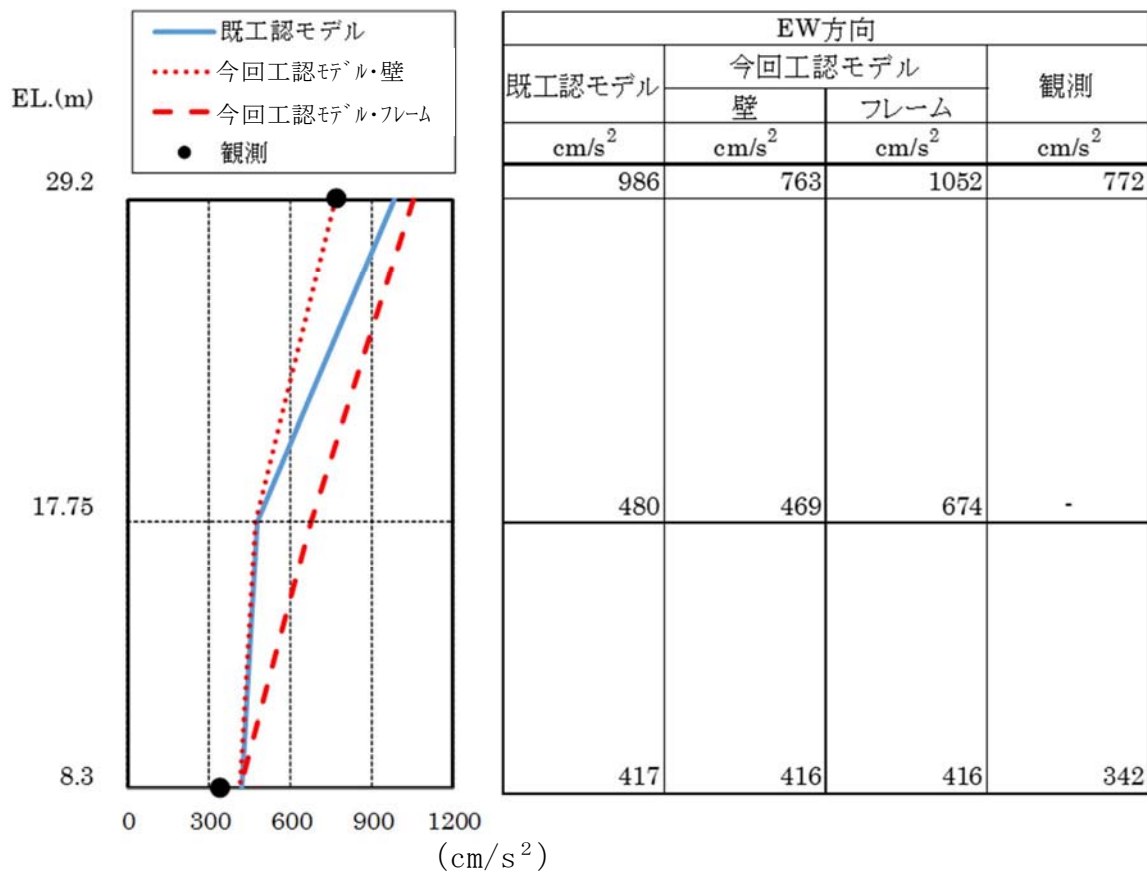
(鉛直方向)

第2-2図 地震応答解析の概要図 (今回工認での評価)

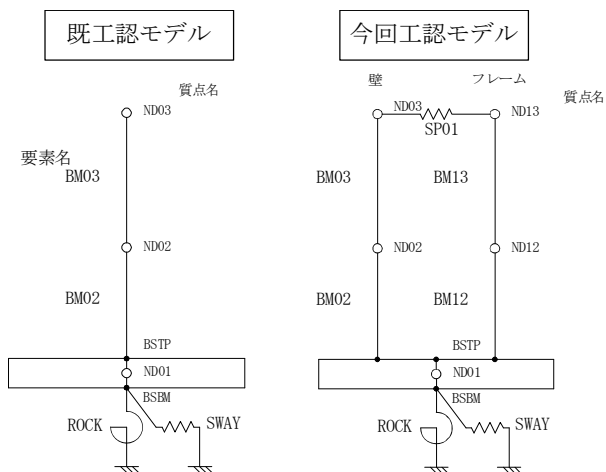


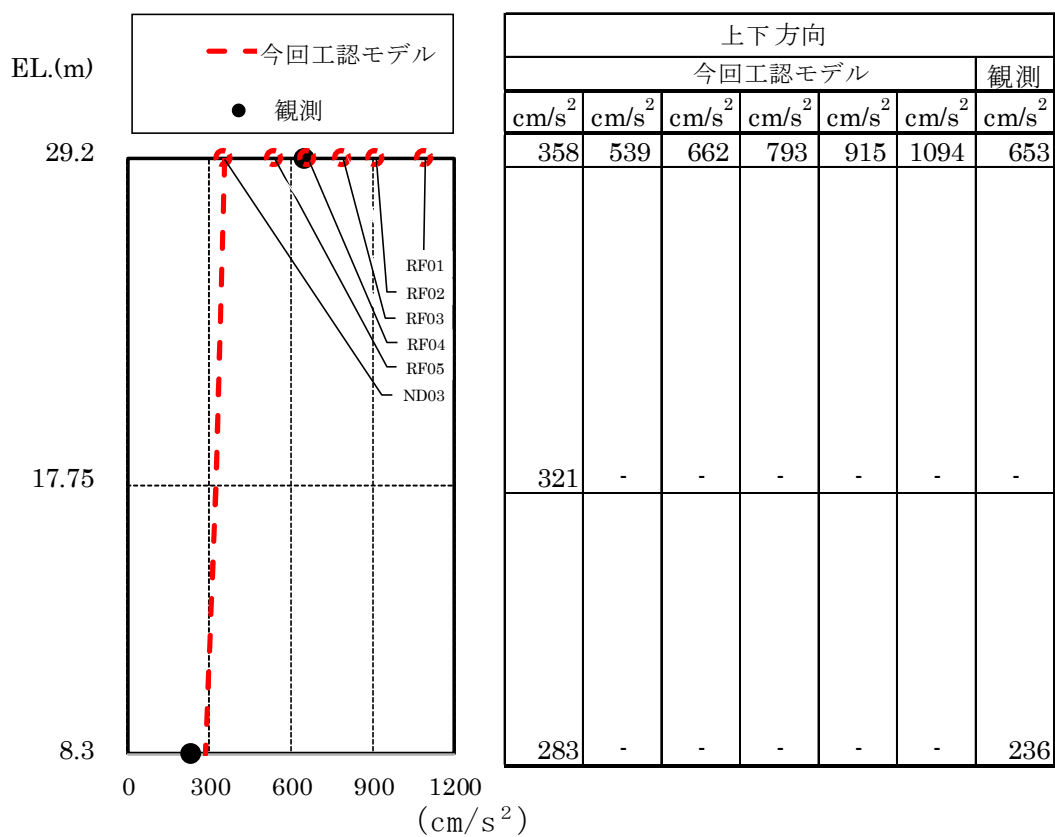
第2-3図 (1/3) 最大応答加速度分布の比較 (N S 方向)



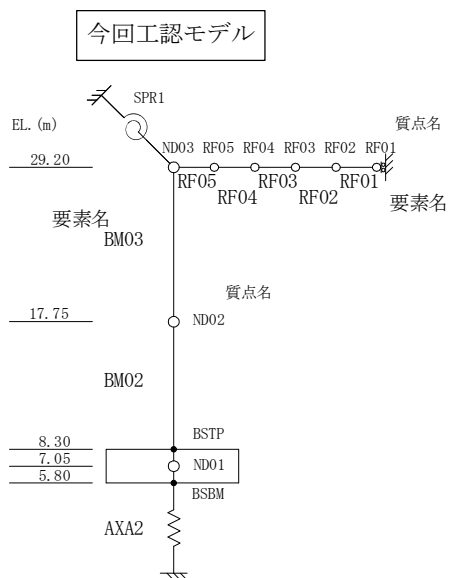


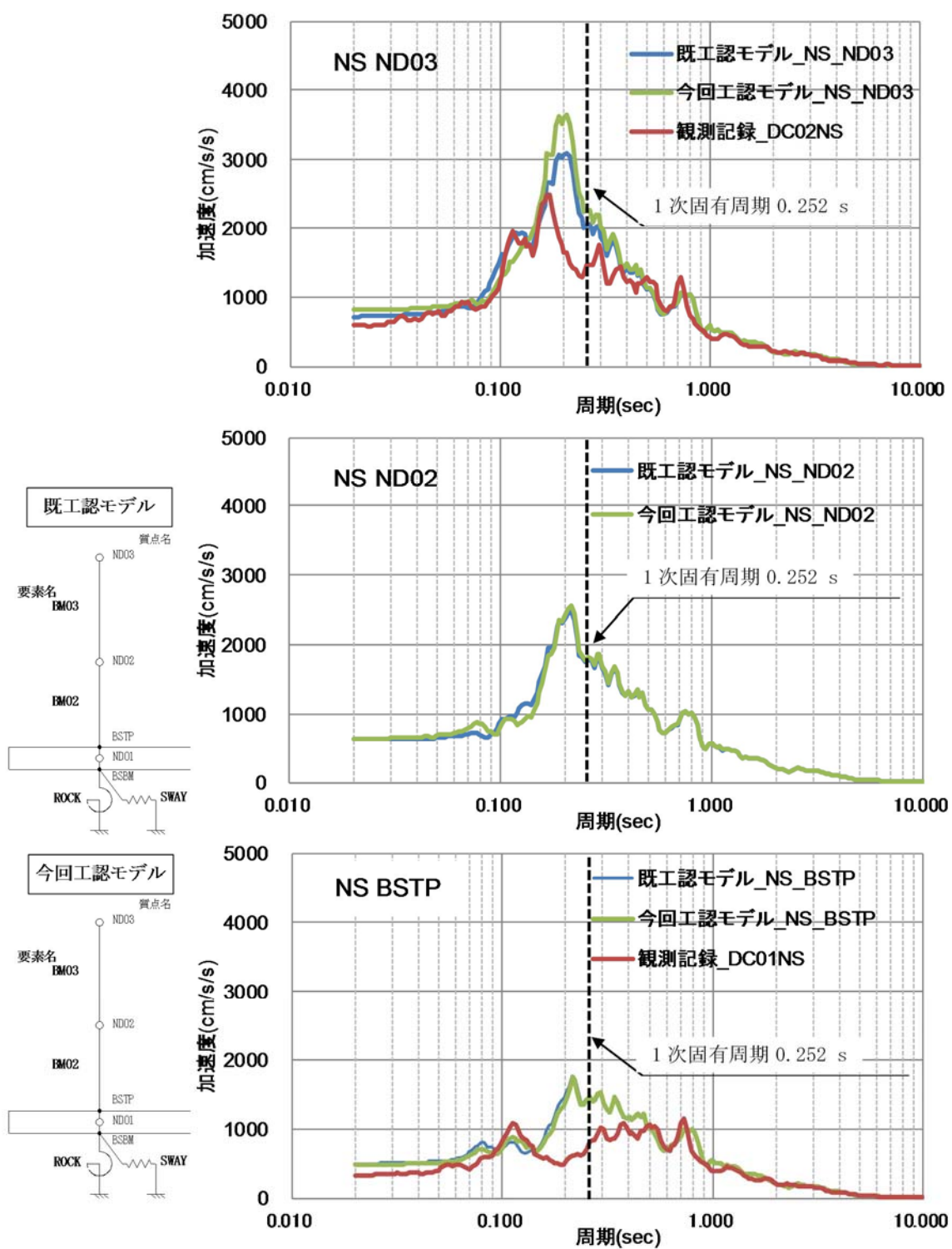
第2-3図 (2/3) 最大応答加速度分布の比較 (EW方向)



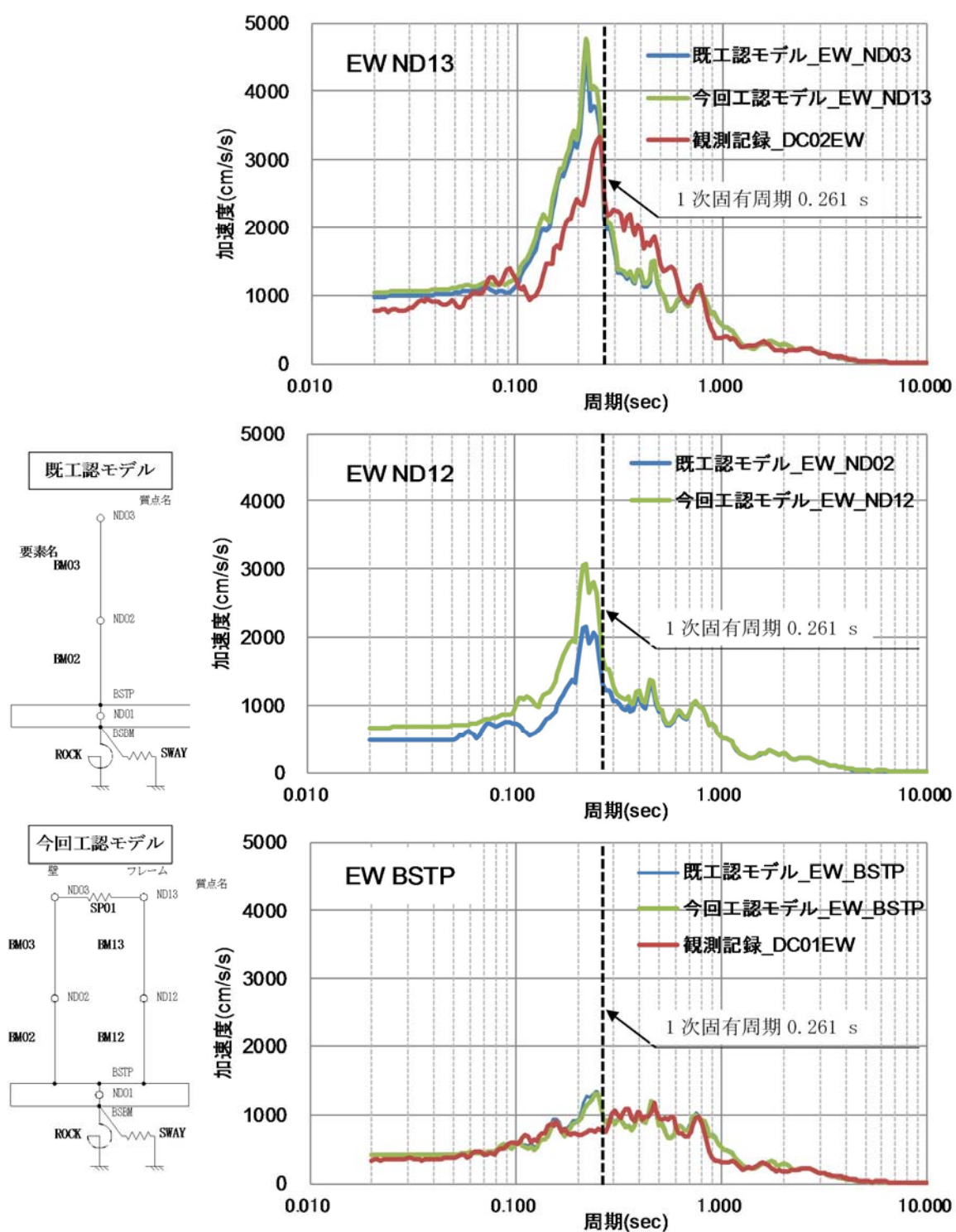


第2-3図 (3/3) 最大応答加速度分布の比較 (上下方向)

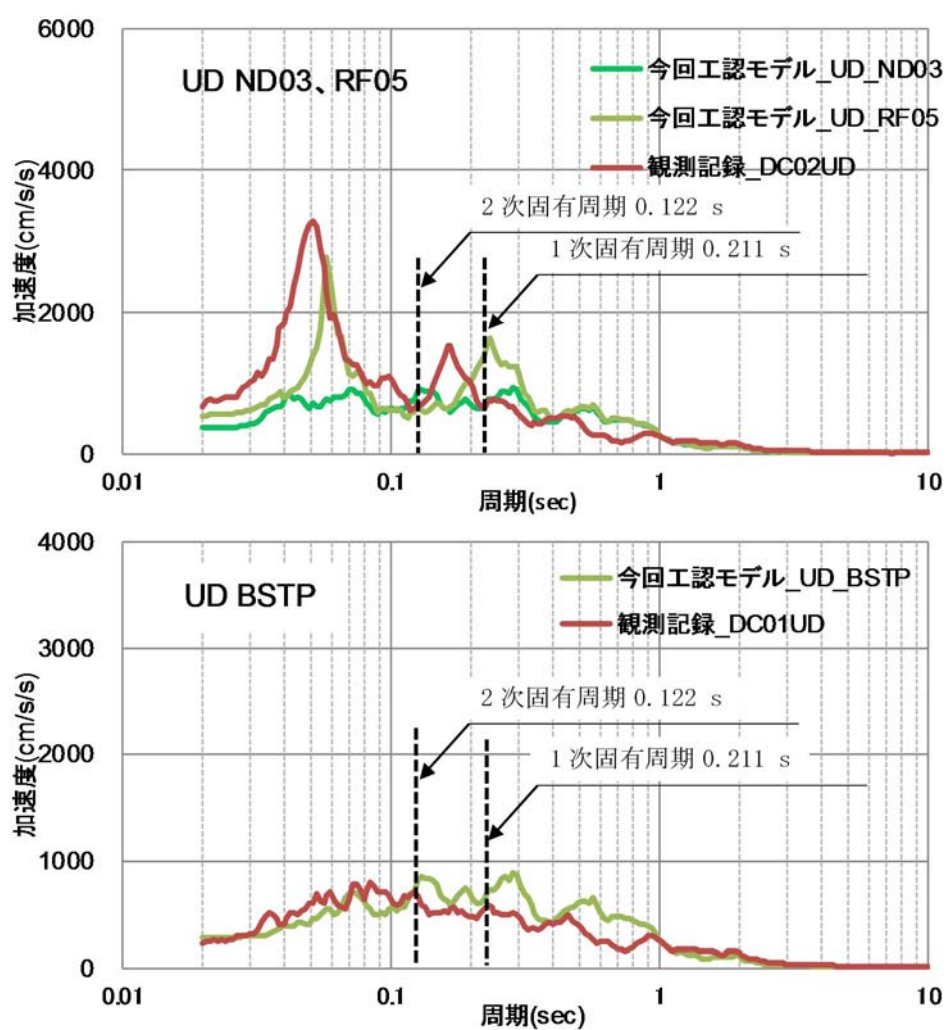




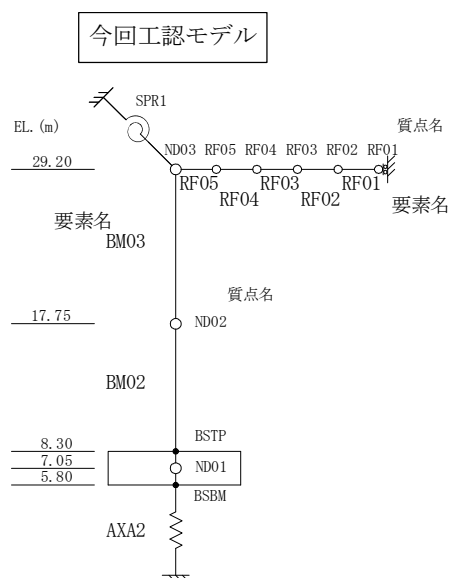
第2-4図 (1/3) 床応答スペクトルの比較 (NS方向, $h = 5\%$)



第2-4図 (2/3) 床応答スペクトルの比較 (EW方向, $h = 5\%$)



第2-4図 (3/3) 床応答スペクトルの比較 (上下方向, $h = 5\%$)



【補足資料 3】有効入力動の適用性について

1. 既工認と今回工認における地盤ばね及び入力地震動算出方法の比較

既工認では、杭を考慮した地盤ばね算出に三次元薄層要素法を用いていたが、建屋地震応答解析モデルへの入力動には基礎版底面レベルにおける露頭波を用いていた。三次元薄層要素法とは、水平方向には弾性波動論、深さ方向には有限要素法で定式化した解析手法である。

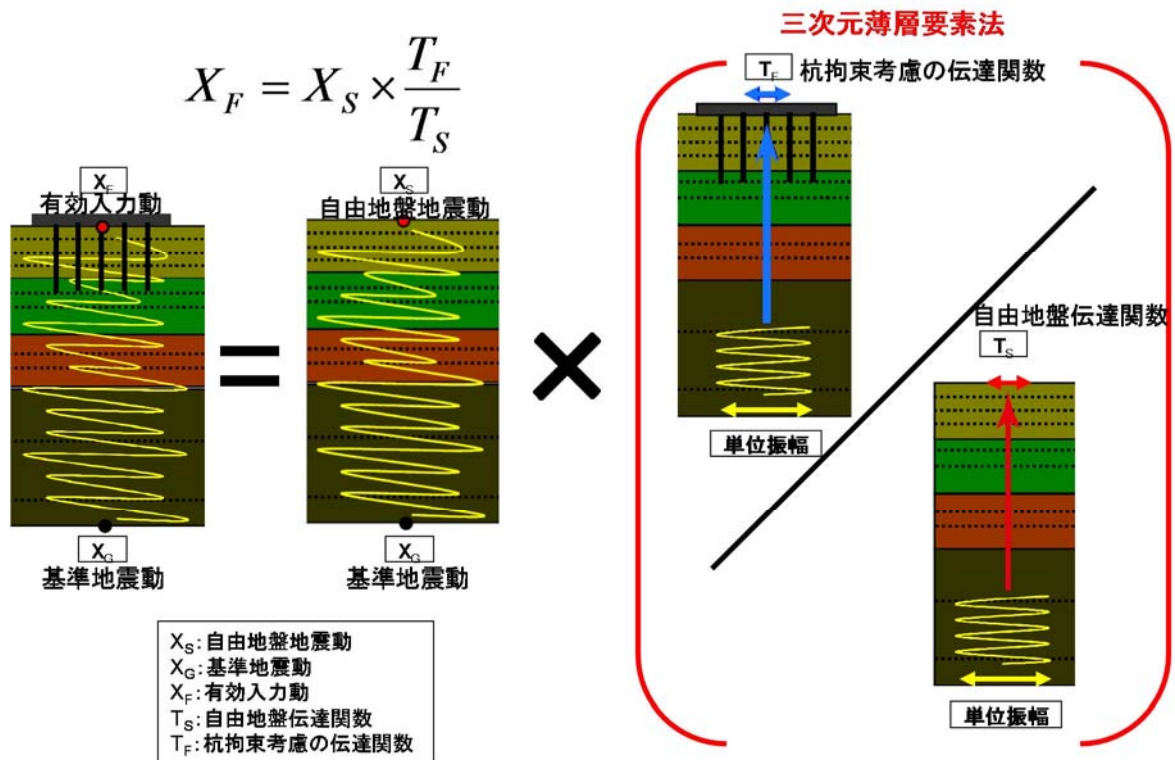
今回工認では、入力地震動評価にも同手法により杭の拘束効果を考慮した基礎版底面レベルにおける有効入力動を用いることにより、地盤ばねの設定との整合を図り、より実状に近い評価とする。第1－1図に既工認と今回工認における地盤ばね及び入力地震動算出方法の比較を示す。

	建屋モデル	①地盤ばね	②入力地震動
既工認		<p>三次元薄層要素法により杭を考慮した地盤ばねを算出</p> <p>杭の存在を考慮している範囲</p>	<p>一次元波動論により入力地震動を算出</p> <p>自由地盤地震動 基準地震動</p>
今回工認		<p>三次元薄層要素法により杭を考慮した地盤ばねを算出</p>	<p>三次元薄層要素法により杭の拘束効果を考慮した入力地震動を算出</p> <p>有効入力動 基準地震動</p>

第1－1図 既工認と今回工認における地盤ばね及び入力地震動算出方法の比較

2. 三次元薄層要素法による杭の拘束効果を考慮した有効入力動の算出方法

一次元波動論から算出される自由地盤地震動に三次元薄層要素法により算出した伝達関数比率を乗じて杭の拘束効果を考慮した有効入力動を算出する。算出方法を第2-1図に示す。

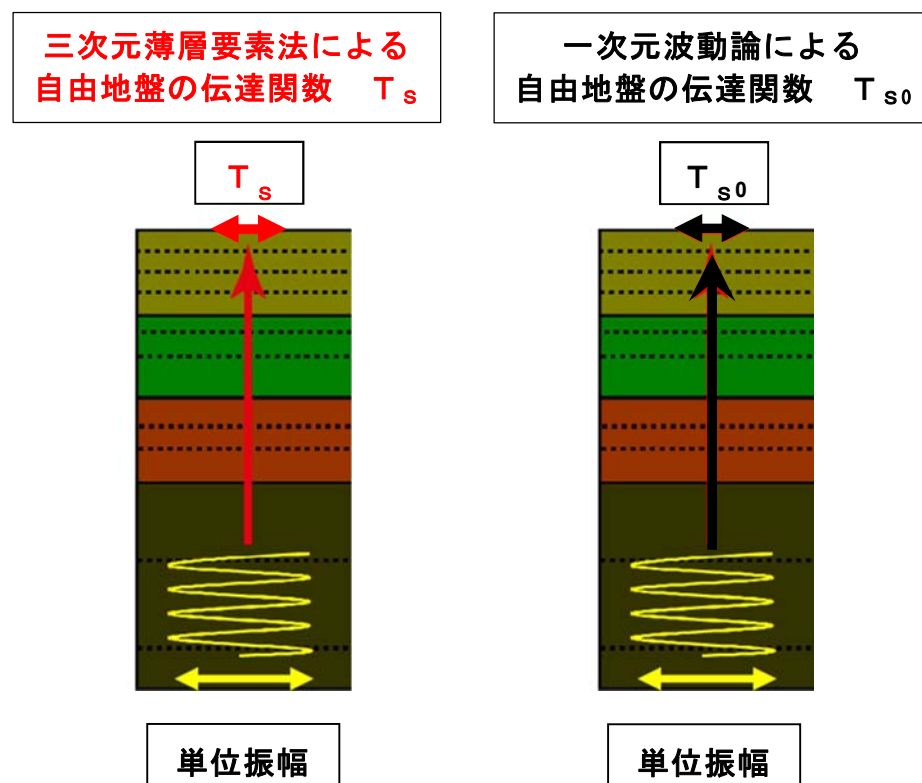


第2-1図 三次元薄層要素法による有効入力動の算出方法

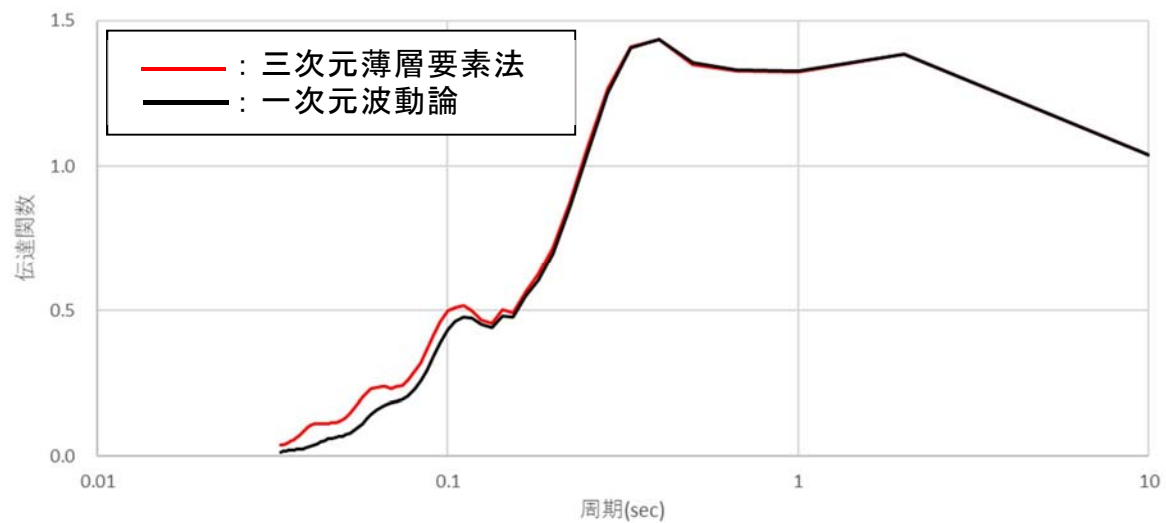
3. 三次元薄層要素法の妥当性確認

三次元薄層要素法による有効入力動の妥当性を規格基準等の記載より確認した。規格基準等には、杭基礎の拘束効果を考慮した有効入力動を設定すること及びその評価に三次元薄層要素法が用いられることが示されている。確認した規格基準等の抜粋を「補足資料4 規格基準等での有効入力動に関する記載」に示す。

また、三次元薄層要素法の妥当性を確認するため、三次元薄層要素法及び一次元波動論より算定した自由地盤の伝達関数を比較した。地盤物性は S_s —D1Hによる等価物性を代表として用いた。第3-1図に比較対象概要図、第3-2図に一次元波動論及び三次元薄層要素法による自由地盤の伝達関数を比較して示す。両者同様な結果が得られていることから三次元薄層要素法の妥当性を確認した。



第3-1図 比較対象概要図

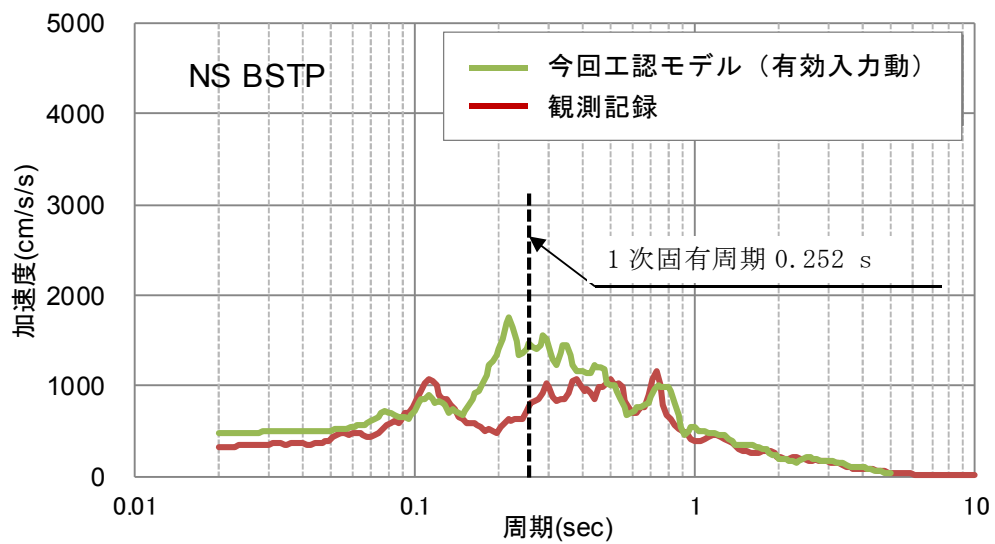
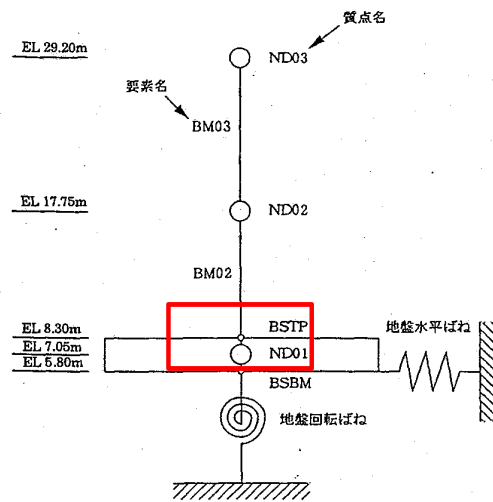


第3-2図 自由地盤伝達関数の比較

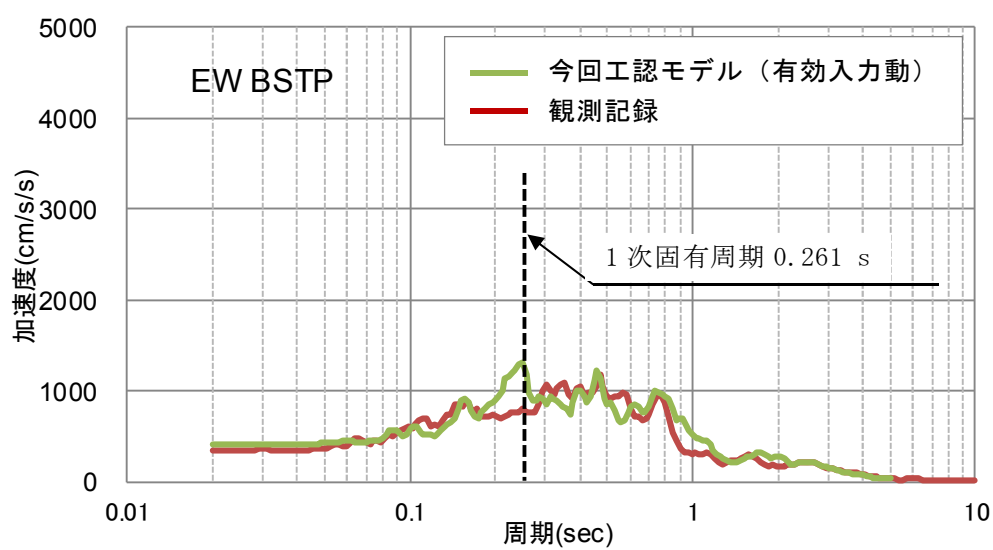
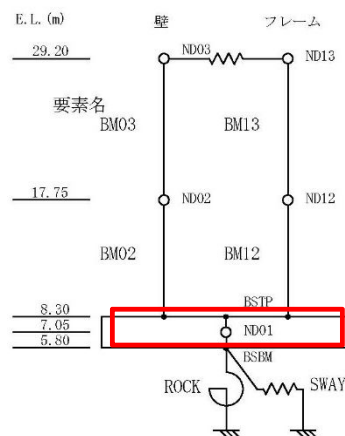
4. 杭の拘束効果を考慮した有効入力動の適用性の検討

使用済燃料乾式貯蔵建屋への杭の拘束効果を考慮した有効入力動の適用性を確認するため、東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析を行った。地震観測記録と有効入力動を用いた解析結果の基礎上の床応答スペクトルの比較を第4-1図に示す。

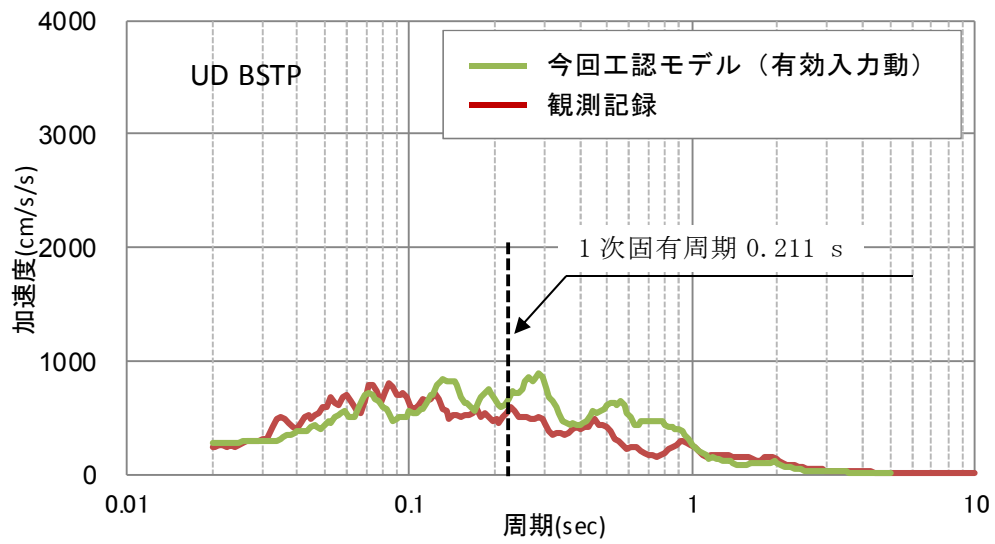
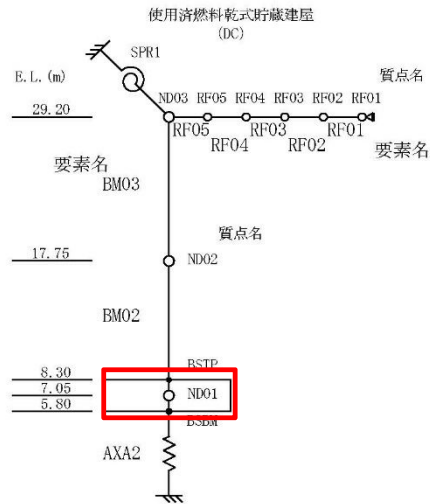
有効入力動を用いた解析結果は、建屋の1次固有周期近傍で観測記録より大きいことより、使用済燃料乾式貯蔵建屋への杭の拘束効果を考慮した有効入力動の適用性を確認した。



第4-1図 (1/3) 床応答スペクトルの比較
(NS方向, $h = 5\%$)



第4-1図 (2/3) 床応答スペクトルの比較
(EW方向, $h = 5\%$)



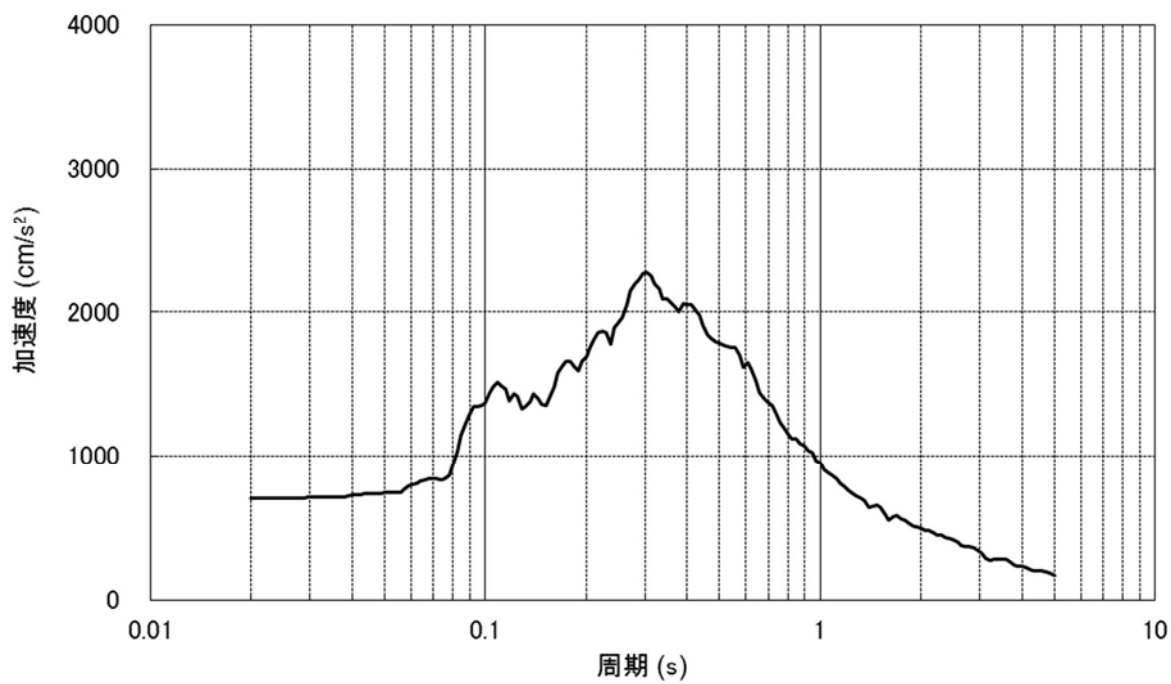
第 4-1 図 (3/3) 床応答スペクトルの比較 (上下方向, $h = 5\%$)

5. 基準地震動 S_s に対する有効入力動と自由地盤地震動の比較

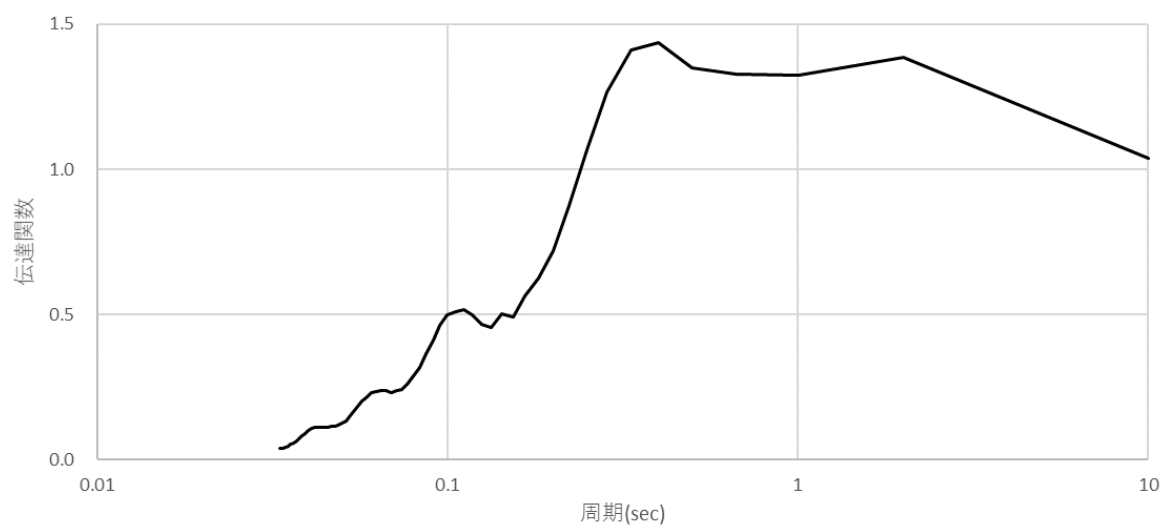
基準地震動 S_s に対する杭の拘束効果を考慮した有効入力動を既工認手法による自由地盤地震動と比較を行った。比較は代表として基準地震動 $S_s - D1H$ に対して行った。

第5-1図に一次元波動論により算定した自由地盤地震動 X_s の加速度応答スペクトルを示す。三次元薄層要素法により算定した自由地盤の伝達関数 T_s 、杭拘束考慮の伝達関数 T_F を第5-2図、第5-3図にそれぞれ示す。また、 T_s に対する T_F の比を第5-4図に示す。最終的に算定された、NS方向及びEW方向の有効入力動の加速度応答スペクトルを自由地盤地震動の加速度応答スペクトルと比較して第5-5図に示す。

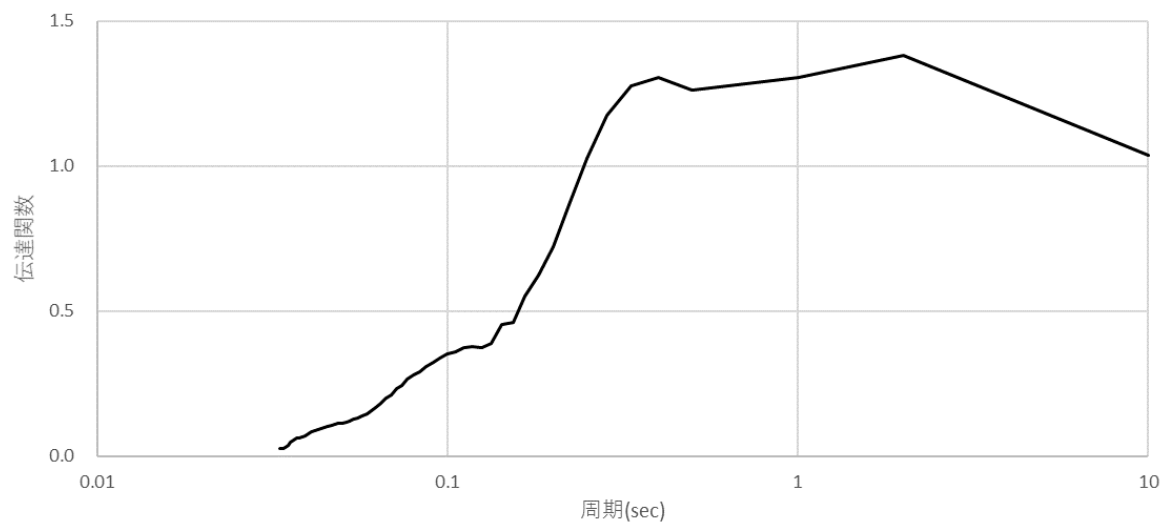
杭の拘束効果を考慮した有効入力動は自由地盤地震動よりやや小さいことを確認した。



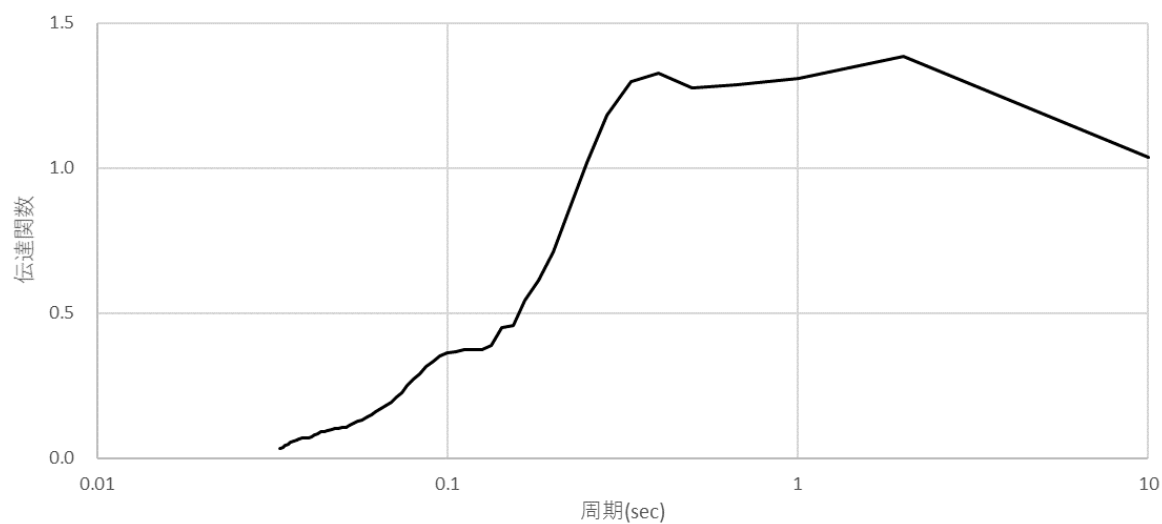
第5-1図 自由地盤地震動 (X_s) の加速度応答スペクトル
($S_s - D 1 H$, $h = 5\%$)



第5-2図 自由地盤伝達関数 (T_s)

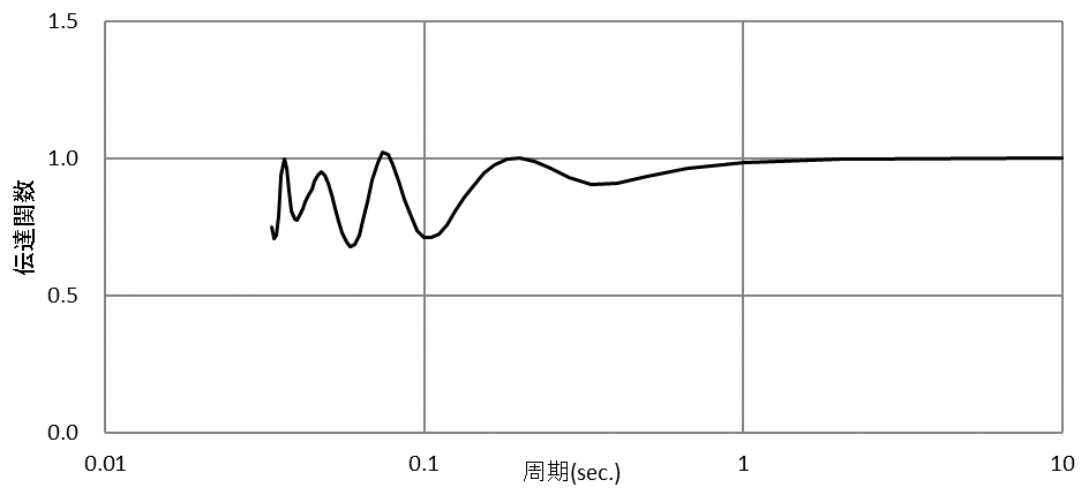


(a) N S 方向

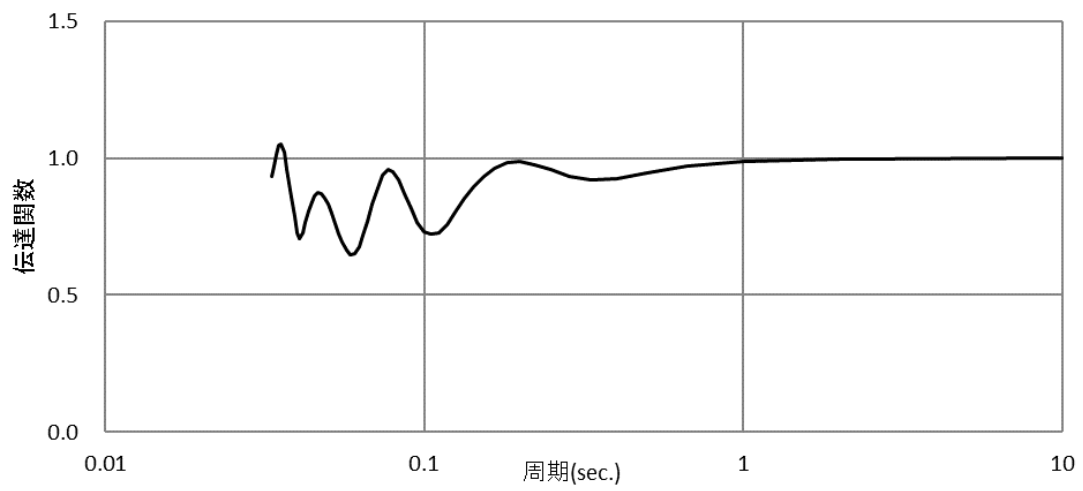


(b) E W 方向

第5-3図 杭拘束考慮の伝達関数 (T_F)

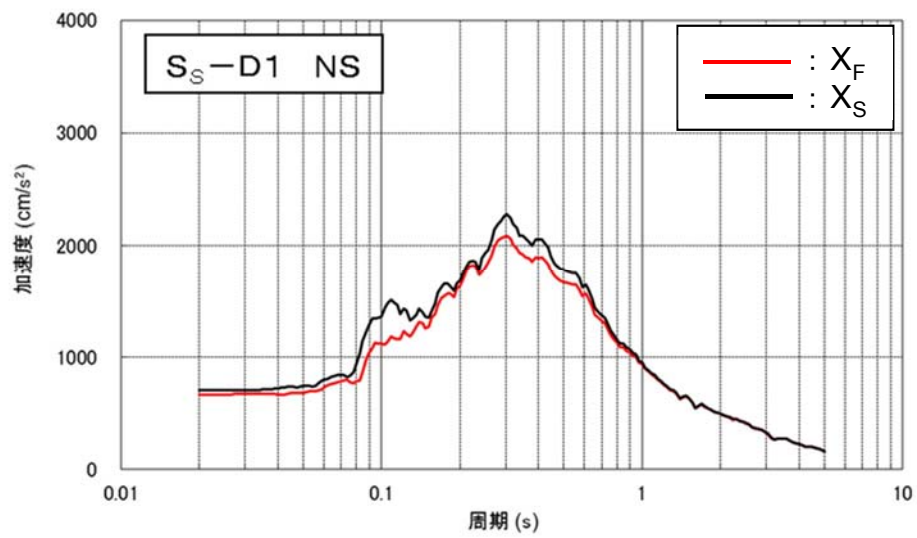


(a) N S 方向

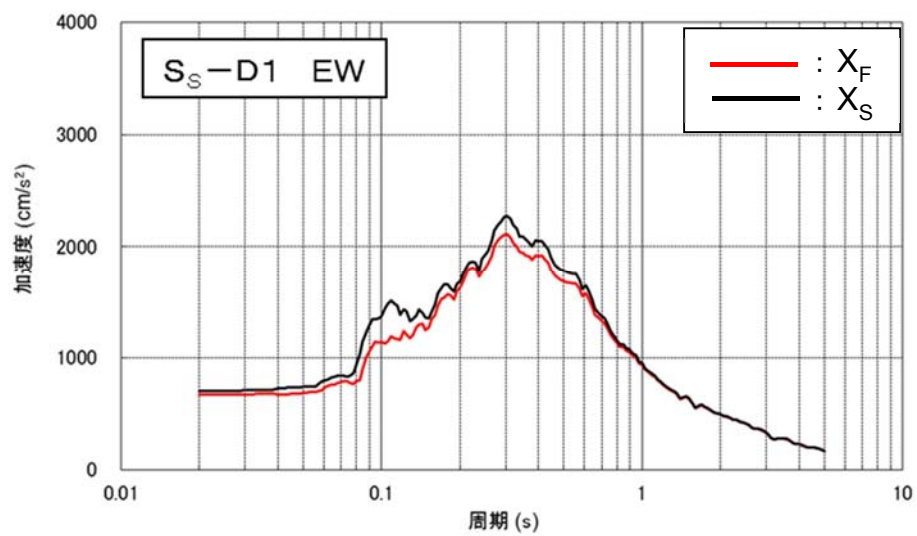


(b) E W 方向

第5-4図 T_S に対する T_F の比



(a) N S 方向



(b) E W 方向

第 5-5 図 加速度応答スペクトルの比較 ($h = 5\%$)

東海第二発電所

液状化影響の検討方針について

目次

1. 液状化影響評価の検討方針の概要	・・・ 3
2. 敷地の地質について	・・・ 6
3. 液状化検討対象層の抽出	・・・ 20
3.1 液状化検討対象層の抽出	
3.2 Ac 層の液状化強度試験結果	
4. 液状化強度試験箇所とその代表性	・・・ 35
4.1 液状化強度試験箇所の選定	
4.2 液状化強度試験選定箇所の代表性	
4.3 室内液状化強度試験結果の R_{L20} と道路橋示方書式による R_L との比較検討	
4.4 基準地震動 S_s に対する液状化強度試験の有効性	
5. 施設毎の液状化影響検討の組合せ	・・・ 63
6. 有効応力解析の検討方針	・・・ 69
7. 液状化強度特性（豊浦標準砂）の仮定	・・・ 82
8. 設置許可基準規則第三条第 1 項，第 2 項に対する条文適合方針について	・・・ 86
9. 参考資料	
9.1 地下水位観測データについて	・・・ 88
9.2 土槽振動実験の再現シミュレーションについて	・・・ 94

5. 施設毎の液状化影響検討の組合せ

1) 液状化影響検討の組合せの設定方針

液状化影響検討の組合せの設定フローを第 5.1.1 図に示す。

施設の詳細設計において、その周辺地盤に液状化検討対象層が存在しない場合は、液状化の影響検討は不要とする。

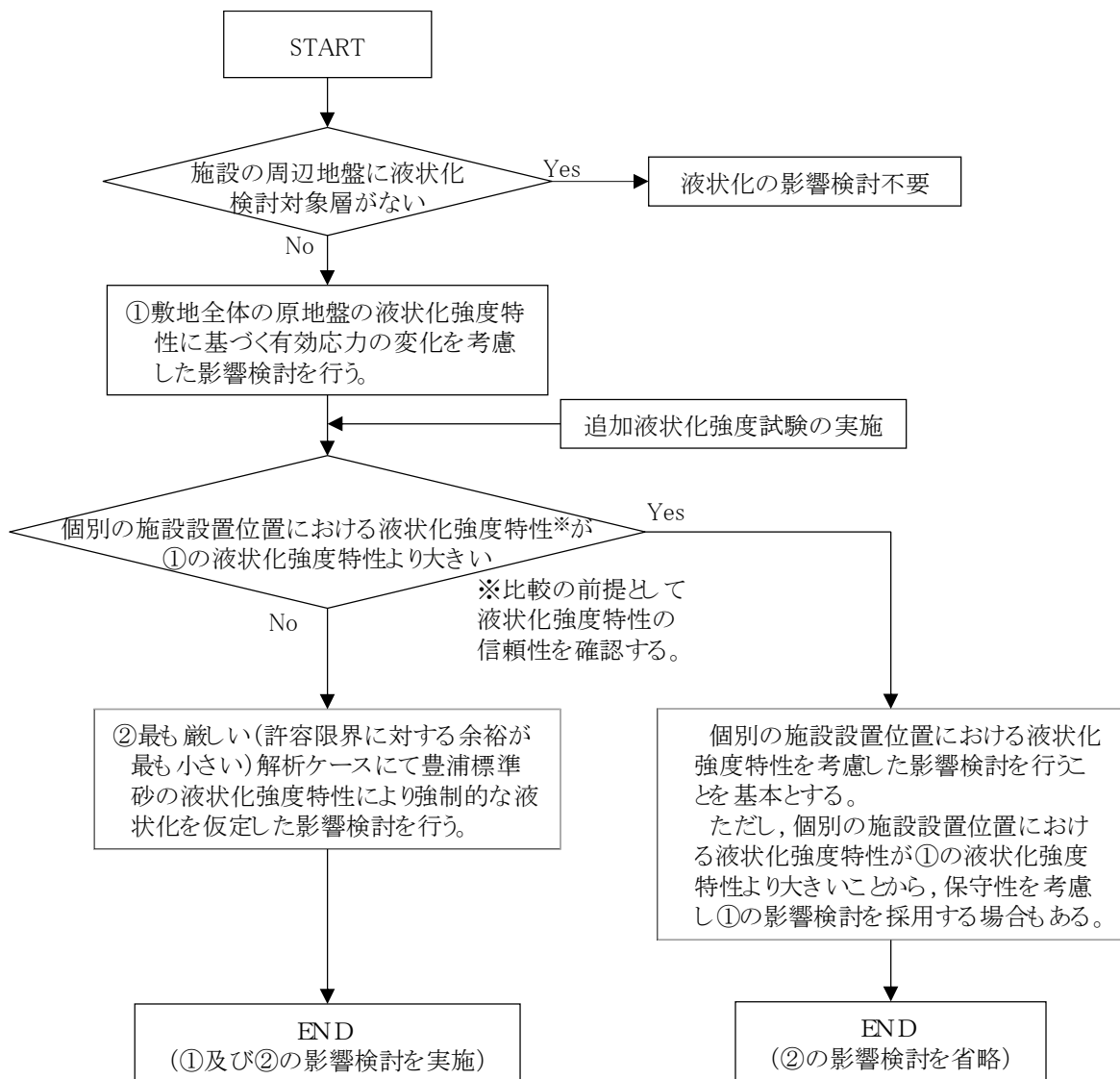
上記に該当しない施設について、基準地震動 S_s に対して、敷地全体の原地盤に基づく液状化強度特性を用いた有効応力解析による影響検討を行う (①)

個別の施設設置位置の液状化強度特性について、信頼性を確認した上で、①の液状化強度特性より大きいかの確認を行う。

個別の施設設置位置の液状化強度特性が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができない場合は、①の検討において最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）解析ケースに対して、豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により強制的な液状化を仮定した影響検討を追加で行う (②)。

個別の施設設置位置の液状化強度が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができた場合は、個別の施設設置位置における液状化強度特性を考慮した影響検討を行うことを基本とする。

ただし、個別の施設設置位置の液状化強度が①の液状化強度特性より大きいことから、保守性を考慮し①の影響検討を採用する場合もある。

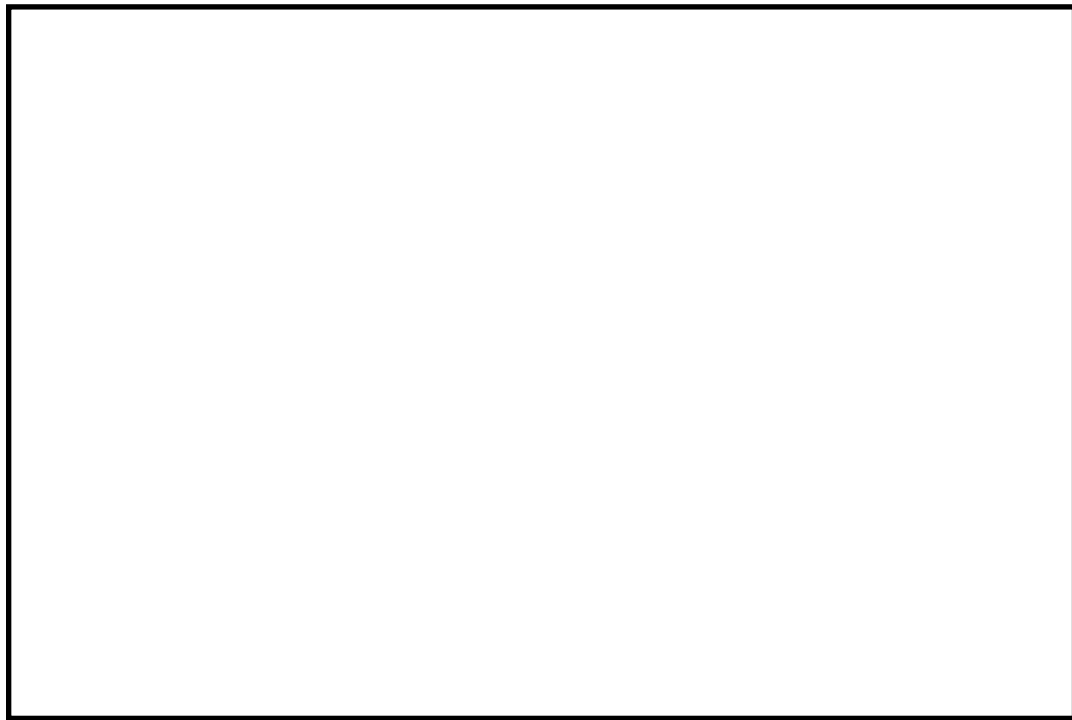
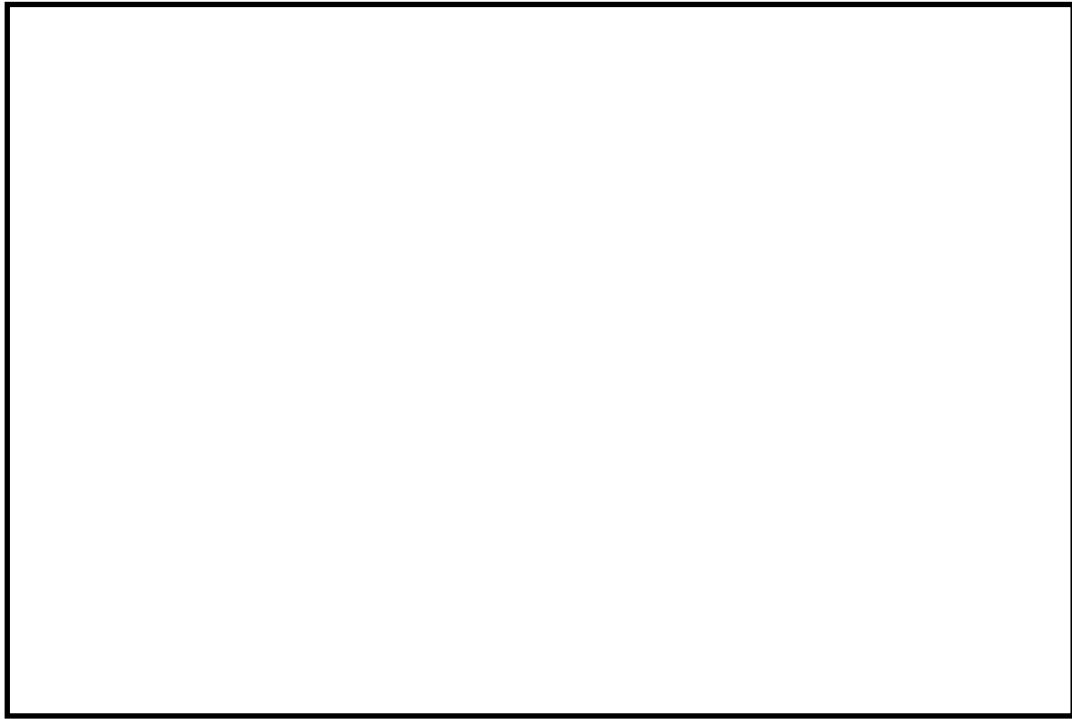


第 5.1.1 図 液状化影響検討の組合せの設定フロー

2) 施設毎の液状化影響検討の組合せ

対象施設の設置位置，液状化強度試験用試料採取箇所及び対象層を第 5.1.2 図に示す。また，検討フローに基づいた施設毎の液状化影響検討の組合せを第 5.1.1 表に示す。

また，第 5.1.3 図に追加液状化強度試験計画を示す。今後，当該試験結果を踏まえ，詳細設計にて用いられる液状化強度特性を精査していく。

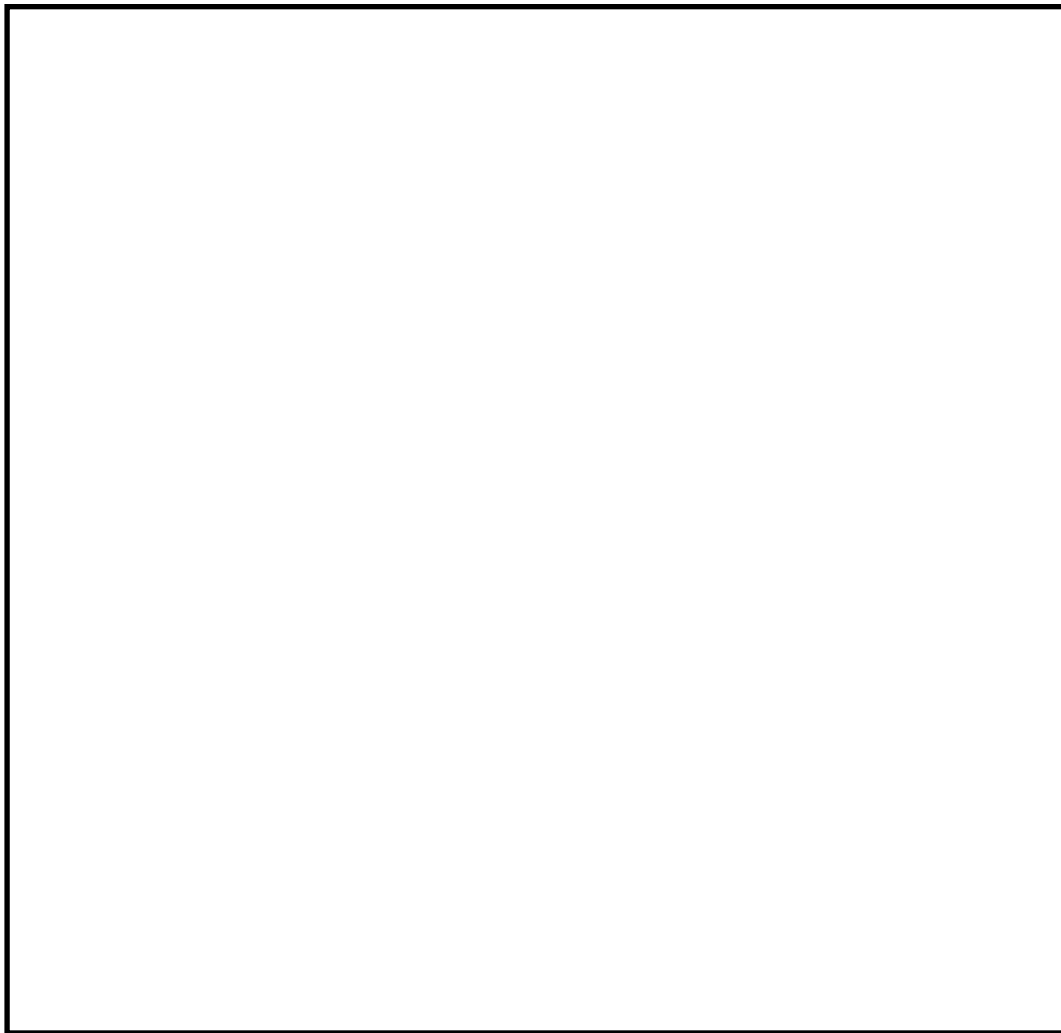


第 5.1.2 図 対象施設の設置位置，液状化強度試験用試料採取箇所及び対象層

第 5.1.1.1 表 施設毎の液状化影響検討の組合せ

影響検討の組合せについては、今後の追加液状化強度試験及び詳細設計により変更する可能性がある。						
設備分類	設備名称 【間接支持している設備名称】	下部工の構造	支持層	周辺地盤の地層のうち、 液状化検討対象層	液状化の 影響検討 不要	液状化の 影響検討 不要
設計 処 施 基 準	使用済燃料乾式貯蔵建屋 【使用済燃料乾式貯蔵容器】	杭支持構造	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	●
	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	杭支持構造	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層, D2s-3層, D2g-3層, D1-g1層	●	●
	鋼製防護壁	地中連続壁	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	●
	鉄筋コンクリート防潮壁	地中連続壁	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	●
	鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア)	地中連続壁	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	●
	原子炉建屋	MMRを介して 岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	取水構造物	杭支持構造	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	●
	【非常用海水取水ポンプ及び非常用海水系配管】	杭支持構造	久米層	無し (第四系全てを地盤改良)	●	—
	主排気筒 【非常用ガス処理系排気筒】	杭支持構造 (第四系全てを地盤改良)	久米層	無し (第四系全てを地盤改良)	●	—
	屋外二重管 【非常用海水系配管】	杭支持構造	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	●
設計 重 大 事 故 等 の 対 処 施 及 び	貯留堰	岩盤に直接支持	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	●
	常設代替高圧電源装置置場 【常設代替高圧電源装置用カルバート (トンネル部)】	岩盤に直接支持	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	●
	常設代替高圧電源装置置場 【常設代替高圧電源装置用カルバート (トンネル部)】	岩盤内に設置 (トンネル)	久米層	無し (岩盤中に直接設置)	●	—
	常設代替高圧電源装置置場 【常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部)】	岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	常設代替高圧電源装置置場 【常設代替高圧電源装置用カルバート (トンネル部)】	地盤改良体を介して 岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	緊急時対策所建屋	鋼管コンクリート杭	久米層	du層, D2s-3層, D2g-3層	●	●
	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)】	杭支持構造	久米層	du層, D2s-3層, D2g-3層	●	●
	緊急用海水ポンプピット 【緊急用海水ポンプ】	岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	SA用海水ピット	岩盤内に設置 (埋設管)	久米層	無し (岩盤中に直接設置)	●	—
	海水引込み管	岩盤内に設置 (埋設管)	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	●
重大 事 故 等 の 対 処 施	SA用海水ピット取水塔	岩盤に直接支持	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	●
	格納容器圧力逃がし装置格納槽 【格納容器圧力逃がし装置】	岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 【格納容器圧力逃がし装置用配管】	MMRを介して 岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	代替淡水貯槽	岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	低圧代替注水系ポンプ室 【低圧代替注水系ポンプ】	岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	低圧代替注水系配管カルバート 【低圧代替注水系配管】	MMRを介して 岩盤に直接支持	久米層	無し※1	●	—
	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)】	杭支持構造	久米層	du層, D2s-3層, D2g-3層	●	●
	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)】	杭支持構造	久米層	du層, D1g-1層	●	●
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (南側)	杭支持構造	久米層	du層, D1g-1層	●	●
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (南側)	杭支持構造	久米層	du層, D1g-1層	●	●

※1：排水設備により、地下水位を久米層分布深度以下に保つこと、地下水位に深に液状化検討対象層はない。



第 5.1.3 図 追加液状化強度試験計画

6. 有効応力解析の検討方針

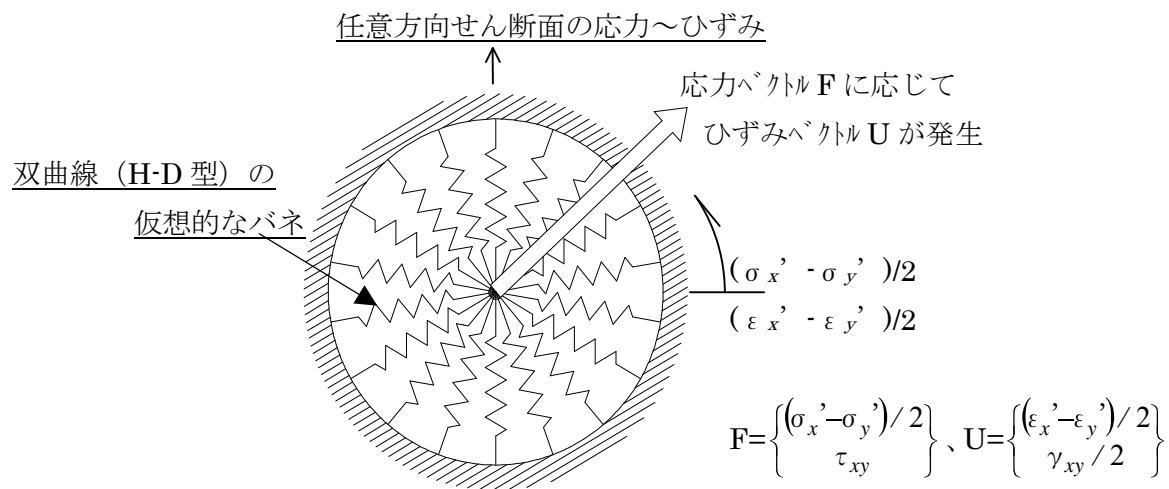
1) 有効応力解析コード「F L I P」について

有効応力解析コード「F L I P (Finite element analysis of Liquefaction Program)」は、1988 年に運輸省港湾技術研究所(現、(独) 港湾空港技術研究所)において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく、2 次元地震応答解析プログラムである。F L I P の主な特徴として、以下の 5 点が挙げられる。

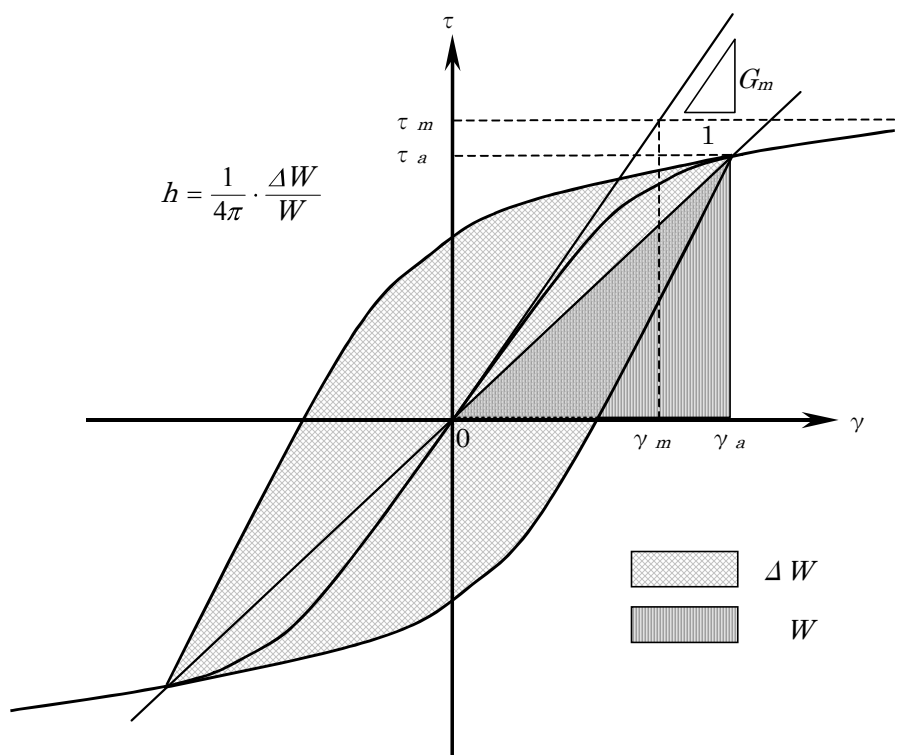
- ① 有限要素法に基づくプログラムである。
- ② 平面ひずみ状態を解析対象とする。
- ③ 地盤の液状化を考慮した地震応答解析を行い、部材断面力や残留変形等を計算する。
- ④ 土の応力-ひずみモデルとしてマルチスプリングモデルを採用している。
- ⑤ 液状化現象は有効応力法により考慮する。そのため、必要な過剰間隙水圧発生モデルとして井合モデルを用いている。

砂の変形特性を規定するマルチスプリングモデルは、任意方向のせん断面において仮想的な単純せん断バネの作用があるものとし、これらのせん断バネの作用により、土全体のせん断抵抗が発揮されるものである。土の応力-ひずみ関係は、このせん断バネの特性によって種々の表現が可能であるが、「F L I P」では双曲線 (Hardin-Drnevich) 型モデルを適用している。また、履歴ループについては、その大きさを任意に調整可能なように拡張した Masing 則を用いている。第 6.1.1 図にマルチスプリングモデルの概念図を、第 6.1.2 図に非排水条件での土の応力-ひずみ関係の

概念図を示す。



第 6.1.1 図 マルチスプリングモデルの概念図



第 6.1.2 図 非排水条件での土の応力－ひずみ関係の概念図

2) 有効応力解析における地下水位分布について

敷地においては水位観測に基づき、水位コンターを設定している。地下水位については、平成 29 年 6 月時点でのデータを用いて取り纏めを行い、地下水位コンター図を作成した。

第 6.1.3 図に観測最高地下水位コンター図、第 6.1.1 表に観測最高地下水位一覧表を示す。

今後、防潮堤の設置に伴い地下水位の上昇の可能性を踏まえ、施設設計の保守性を考慮し、防潮堤に囲われた第 6.1.3 図に示す範囲については、地下水位を地表面に設定することを基本とする。



第 6.1.3 図 観測最高地下水位コンター及び地下水位設定

第 6.1.1 表 観測最高地下水位一覧表

観測孔名	計測期間	観測最高地下水位 (T. P. + m)	観測最高地下水位 計測時期
a	1995～1999	3.49	1998 年 10 月 8 日
b	1995～1999	2.52	1998 年 9 月 25 日
c	1995～1999	2.53	1998 年 9 月 22 日
d	1995～1999	2.28	1998 年 9 月 22 日
a-1	1995～1999, 2004～2009	15.42	2006 年 8 月 7 日
a-2	2004～2009	13.60	2006 年 7 月 28 日
b-2	2004～2009	9.06	2006 年 7 月 30 日
c-0	1995～1999, 2004～2009	2.05	1998 年 9 月 19 日
c-2	1995～1999, 2004～2017	2.58	2012 年 7 月 7 日
c-3	2004～2017	2.49	2012 年 7 月 7 日
c-4	2004～2017	2.00	2012 年 6 月 25 日
d-1	1995～1999, 2004～2009	1.50	1998 年 9 月 18 日
d-3	2004～2017	1.44	2013 年 10 月 27 日
d-6	2004～2017	1.58	2013 年 10 月 28 日
e-2	2004～2017	1.38	2006 年 10 月 8 日
e-3	2004～2017	1.50	2013 年 10 月 16 日
e-5	2004～2017	1.30	2013 年 10 月 21 日
e-6	2004～2017	1.26	2013 年 10 月 21 日
B-1	2005～2017	2.90	2006 年 7 月 30 日
B-2	2005～2017	3.09	2006 年 7 月 30 日
B-4	2005～2017	3.56	2006 年 7 月 31 日
B-6	2005～2017	5.51	2006 年 8 月 17 日
C-4	2005～2017	3.17	2012 年 6 月 27 日
C-7	2005～2017	4.99	2006 年 8 月 18 日
D-0	2006～2017	2.37	2012 年 6 月 22 日
D-3	2005～2017	2.88	2006 年 10 月 7 日
D-4	2006～2017	2.76	2012 年 6 月 25 日
D-5	2006～2017	2.54	2012 年 7 月 16 日
E-4	2006～2017	2.26	2012 年 6 月 25 日
F-2	2005～2015	1.74	2013 年 10 月 30 日
F-4	2005～2017	1.55	2013 年 10 月 27 日
F-6	2005～2017	1.77	2012 年 6 月 24 日
G-5	2005～2017	1.53	2013 年 10 月 27 日
H-4	2006～2017	2.13	2013 年 10 月 16 日
H-7	2005～2017	1.33	2013 年 10 月 27 日

8. 設置許可基準規則第三条第1項、第2項に対する条文適合方針について

8.1 設置許可基準規則第三条第1項、第2項に対する条文適合方針

当社における耐震重要施設等※は、直接または杭を介して十分な支持性能を有する岩盤（久米層）で支持する。（第1項適合）

杭基礎構造部においては、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した場合においても、支持機能及び杭本体の構造が成立するように設計する。また、液状化を仮定した際の地盤変状を考慮した場合においても、その安全機能が損なわれないうように、適切な対策を講ずる設計とする。（第1項及び第2項適合）

8.2 上記の設計方針を踏まえた基礎地盤安定性評価及び耐震設計方針

(1) 基礎地盤のすべり

耐震重要施設等※の杭基礎については、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した場合においても、杭本体の構造が成立するように設計することから、基礎地盤安定性評価においては、杭体を貫通横断するような仮想すべり面は想定しない。

したがって、杭基礎構造を有する耐震重要施設等※については、杭基礎の先端以深の基礎岩盤を通る仮想すべり面を対象とした安定性評価を実施する。

(2) 基礎地盤の支持力

杭基礎構造を有する耐震重要施設等※について、基礎地盤安定性評価及び豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させ

ることを仮定した杭基礎の耐震設計を行う際は、第四紀層の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭先端の支持岩盤への最大鉛直力度（接地圧）に対する支持力評価を行う。

（3）杭基礎の設計

杭基礎構造を有する耐震重要施設等[※]について、豊浦標準砂の液化強度特性により強制的に液化化させることを仮定した杭基礎の耐震設計を行う際は、液化化を仮定した場合における杭と地盤の相互作用を考慮しても、杭体の構造が成立するよう設計する。

※：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）

東海第二発電所

屋外二重管の基礎構造の設計方針について

目次

1. 屋外二重管の概要
2. 基礎構造形式について
3. 基礎構造の設計方針
4. 鋼管杭の仕様設定
5. 鉄筋コンクリート梁の仕様設定
6. 鉄筋鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造の仕様設定
7. 基礎構造の耐震設計方針（有効応力解析）

1. 屋外二重管の概要

残留熱除去海水系配管及びディーゼル発電機海水系配管をポンプ室から原子炉建屋まで配置するため、屋外海水配管二重管（以下「屋外二重管」という。）を設置している。

屋外二重管は、設置許可基準規則第 3 条及び第 4 条の対象となる「耐震重要施設を支持する建物・構築物」及び設置許可基準規則第 38 条及び第 39 条の対象となる「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）」に該当する。

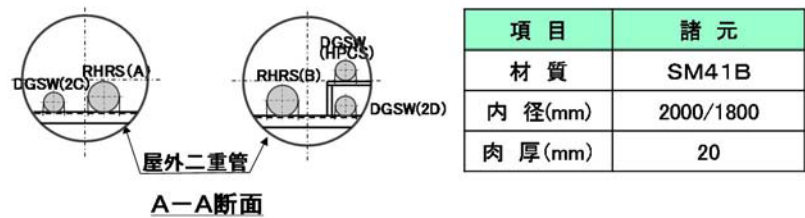
屋外二重管は、第四系地盤に直接支持している施設であり、施設直下には液状化検討対象層である As 層、Ag1 層及び Ag2 層が分布している。なお、指針改訂に伴う耐震裕度向上工事として、平成 21 年に Ag2 層を対象とした地盤改良を実施している。

設置許可基準規則第 3 条第 1 項への適合性の観点から、当該施設については杭等を介して岩盤（久米層）で支持する構造とする。

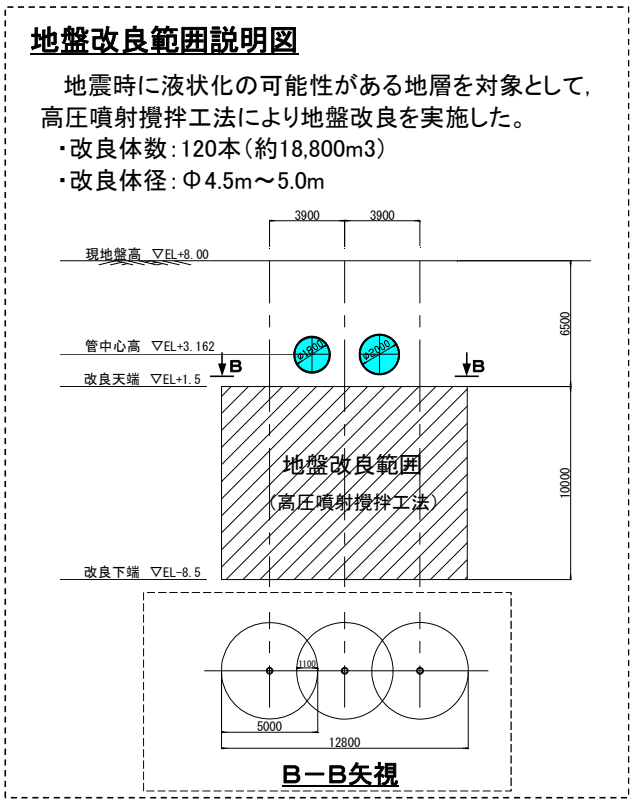
第 1 図に屋外二重管の平面図及び断面図、第 2 図に既施工の地盤改良範囲の説明図、第 3 図に地質縦断図及び横断図を示す。



屋外二重管配置図



第 1 図 屋外二重管の平面位置図及び断面図



第 2 図 地盤改良範囲（既施工）説明図



(断面位置図)

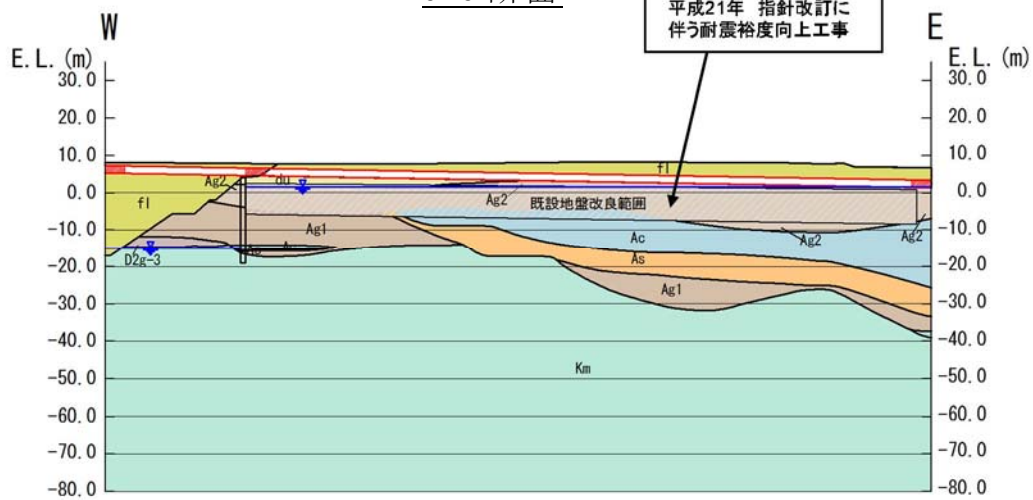
地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
第四紀	沖積低地堆積層	du	砂	敷地全体に広く分布する。
		Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
	久慈川堆積層	Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
		As	砂	
		Ag1	砂礫	
	低段段丘Ⅰ堆積層	D2g-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
		D2s-3	砂	
		D2g-3	砂礫	
		D2s-2	シルト	
		D2g-2	砂礫	
		Im	ローム	
	中段段丘堆積層	D1g-1	シルト	敷地の南西部に分布し、ややゆるな段丘面を構成する。
		D1g-1	砂礫	
第三紀	新第三紀	Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

~~~~~ 不整合

・屋外二重管(縦断面)

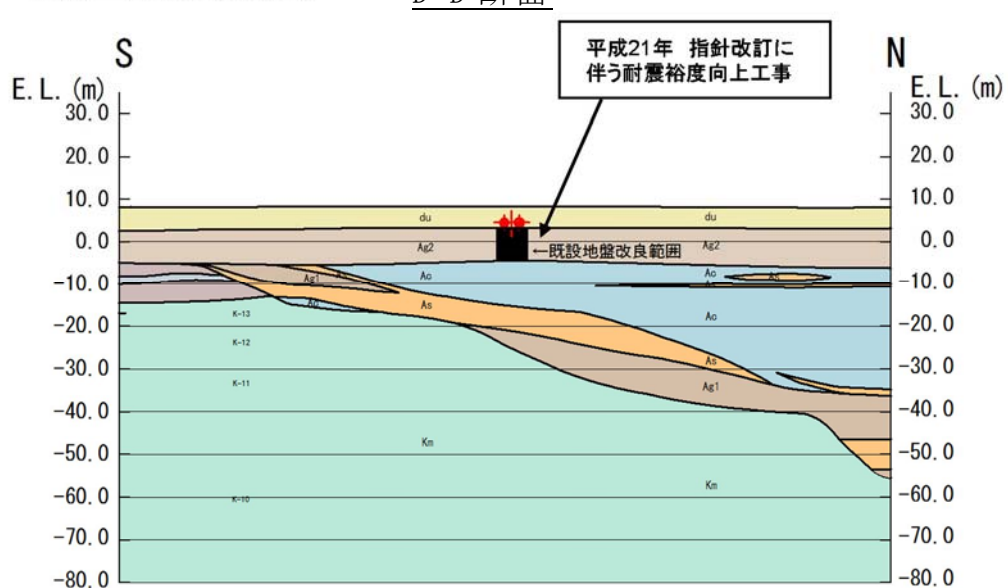
C-C 断面



※flは、埋戻土である。

・屋外二重管(横断面)

D-D 断面



第 3 図 地質縦断面図及び横断面図

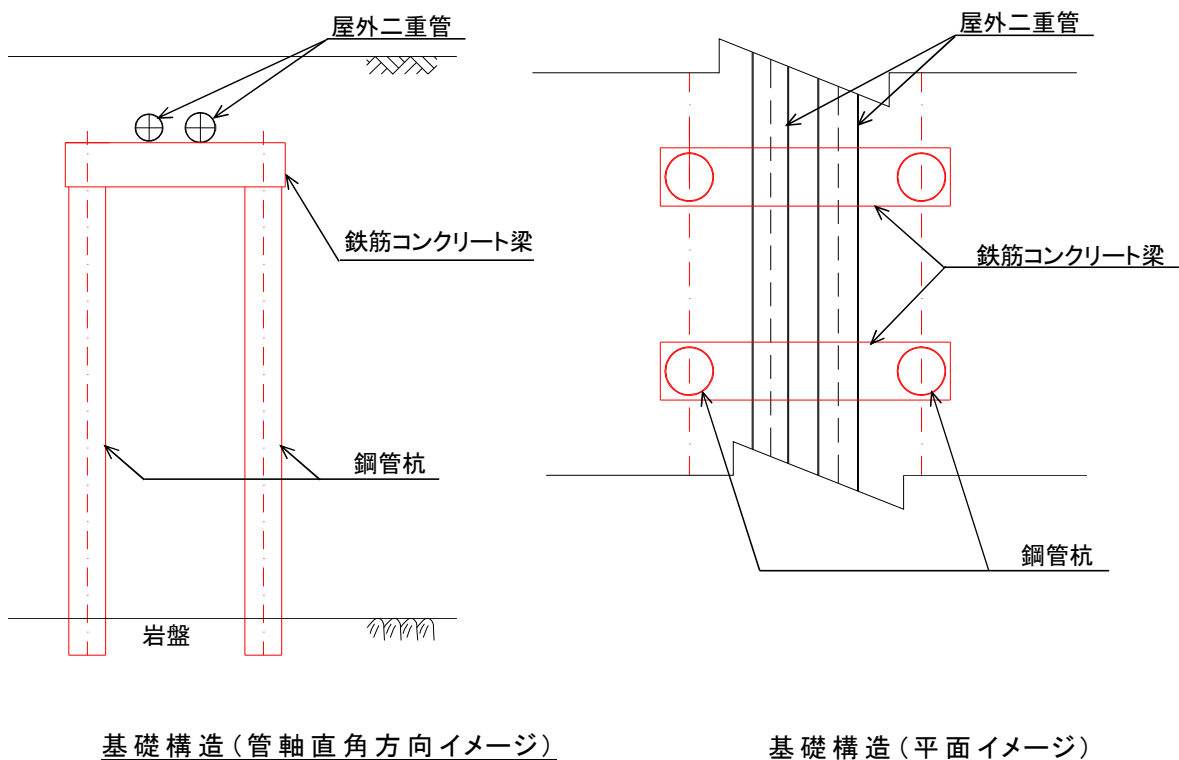


## 2. 基礎構造形式について

地震に伴う周辺地盤の沈下に伴って屋外二重管が沈下することを防止するため、屋外二重管の直下に沈下防止を目的とした鉄筋コンクリート梁を設置して、鋼管杭を介して岩盤で支持する構造とする。

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 4 図に示す。また、基礎構造区分を第 5 図に示す。

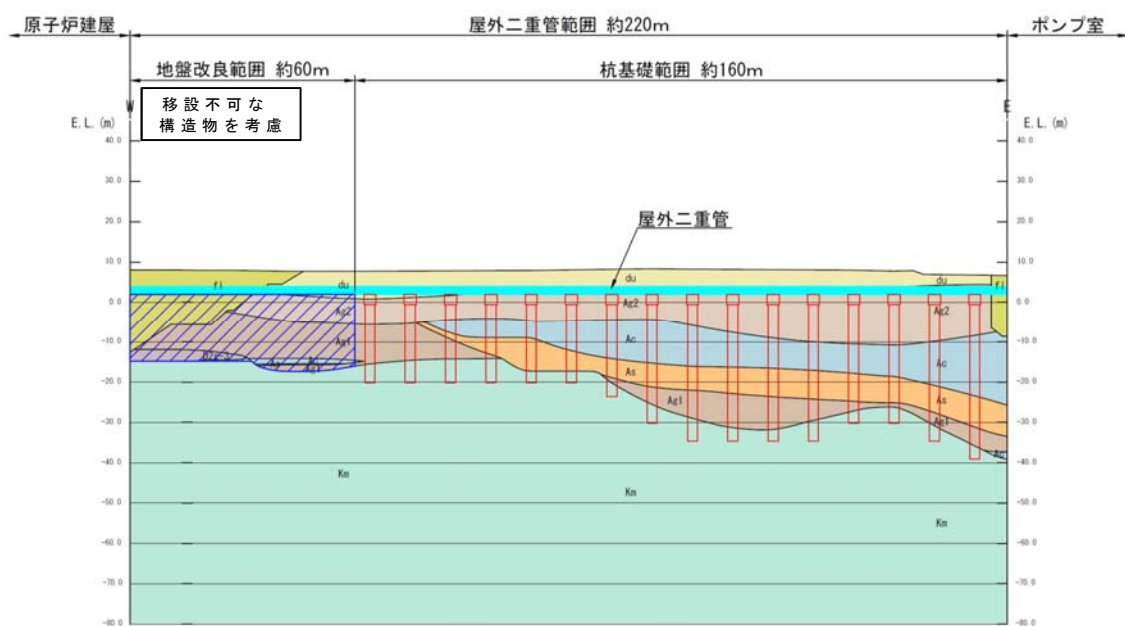


第 4 図 屋外二重管の基礎構造概要図





平面図



縦断面図

第 5 図 屋外二重管の基礎構造区分



### 3. 基礎構造の設計方針

屋外二重管の基礎構造の耐震評価は、第 1 表に示す屋外二重管の基礎構造の評価項目に基づき、各構造部材の構造健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

地震動は、Ss-D1（水平動及び上下動の位相反転考慮）、Ss-11、Ss-12、Ss-13、Ss-14、Ss-21、Ss-22、Ss-31（水平動の位相反転考慮）を対象とする。

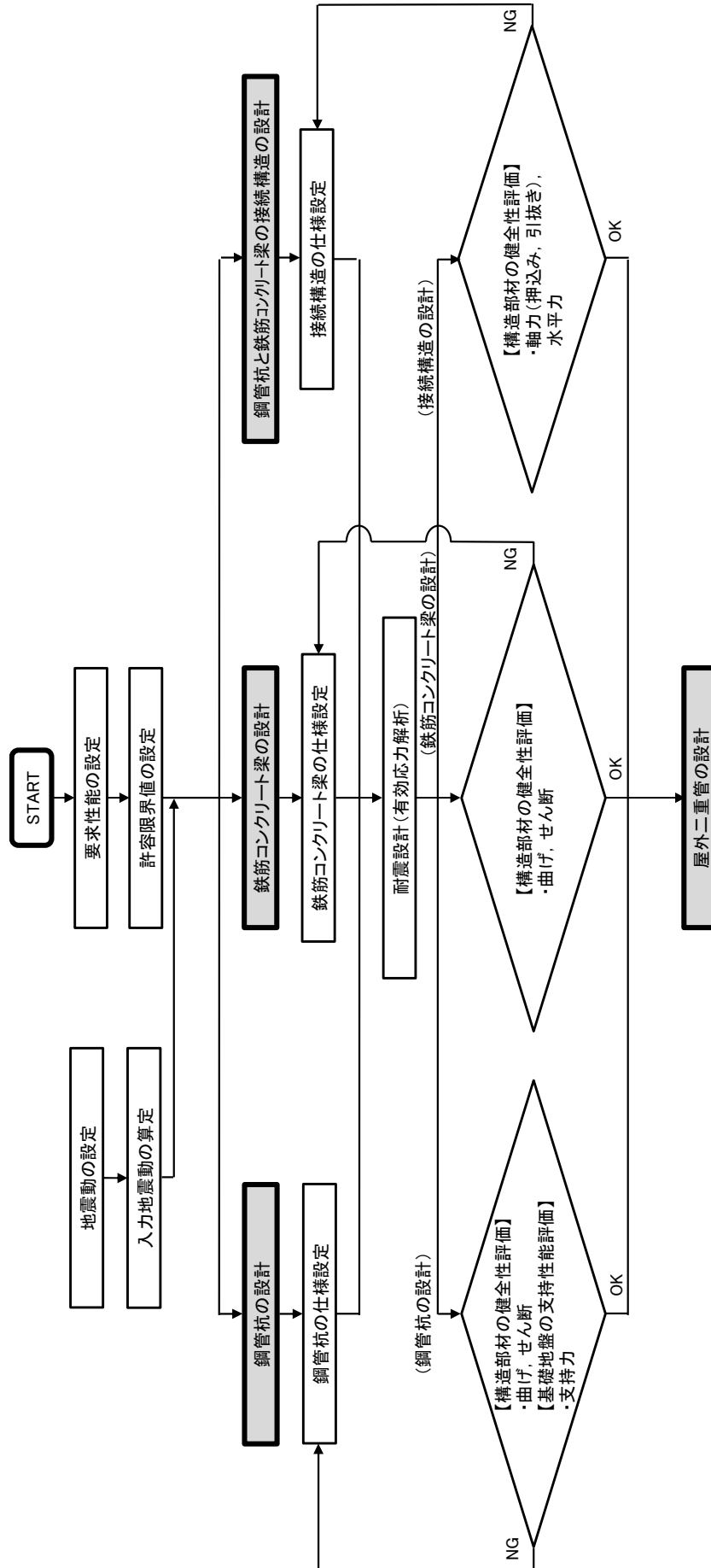
また、地盤定数のばらつきを考慮して、上記の地震波のうち、屋外二重管に対して最も厳しい地震波を用いて、液状化検討対象層を強制的に液状化させるケースとして、豊浦標準砂の剛性及び液状化強度特性を仮定し、その影響を確認する。

屋外二重管の基礎構造の構造健全性及び支持性能評価の検討フローを第 6 図に示す。

第 1 表 屋外二重管の基礎構造の評価項目

| 評価方針       | 評価項目      | 部位                 | 評価方法                          | 許容限界                          |
|------------|-----------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 構造強度を有すること | 構造部材の健全性  | 鋼管杭                | 発生応力が許容限界に対して妥当な安全裕度を有することを確認 | 短期許容応力度                       |
|            |           | 鉄筋コンクリート梁          | 発生応力が許容限界に対して妥当な安全裕度を有することを確認 | 短期許容応力度                       |
|            |           | 鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造 | 発生応力が許容限界に対して妥当な安全裕度を有することを確認 | 短期許容応力度                       |
|            | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤               | 支持力が許容限界に対して妥当な安全裕度を有することを確認  | 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 |





(注記) 鋼管杭の打設が不可能な箇所については、別途地盤改良等の検討を行う。

第 6 図 屋外二重管の基礎構造の構造健全性及び支持性能評価の検討フロー



#### 4. 鋼管杭の仕様設定

屋外二重管の基礎構造の鋼管杭は、岩盤で支持する構造（支持杭）とし、その支持力を確保するために杭径程度以上を岩盤に根入れする。

杭の配列については、屋外二重管の形状や寸法、杭の寸法や本数、施工条件等を考慮し決定する。

屋外二重管の基礎構造の設計においては、基準地震動  $S_s$  等による荷重及びこれらに耐え得る大口径、高強度の鋼管杭の仕様を考慮した上で、適切な杭配置を検討する。

荷重ケースは地震時を想定し、長期荷重として死荷重を、短期荷重として基準地震動  $S_s$  による地震荷重を考慮する。

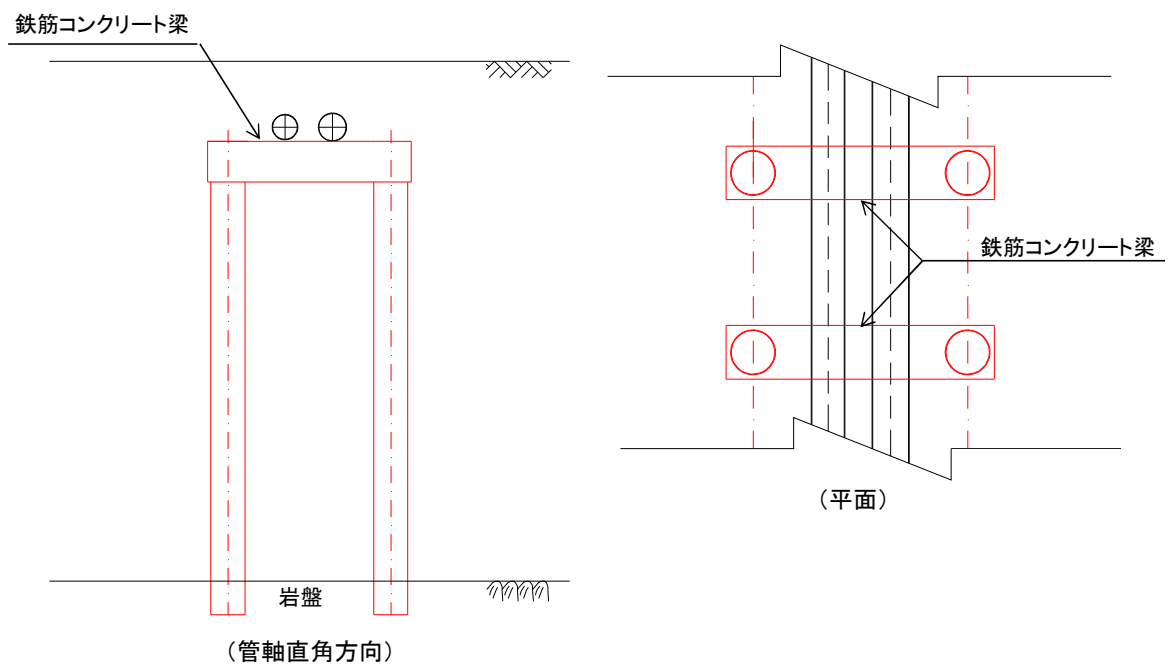
#### 5. 鉄筋コンクリート梁の仕様設定

屋外二重管の基礎構造の鉄筋コンクリート梁は、屋外二重管を受け、その荷重を鋼管杭で支持する構造とする。

荷重ケースは地震時を想定し、長期荷重として死荷重を、短期荷重として基準地震動  $S_s$  による地震荷重を考慮する。

また、鉄筋コンクリート梁には発生応力度が短期許容応力度に十分収まる鉄筋を配置する。





第 7 図 鉄筋コンクリート梁イメージ図



## 6. 鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造の仕様設定

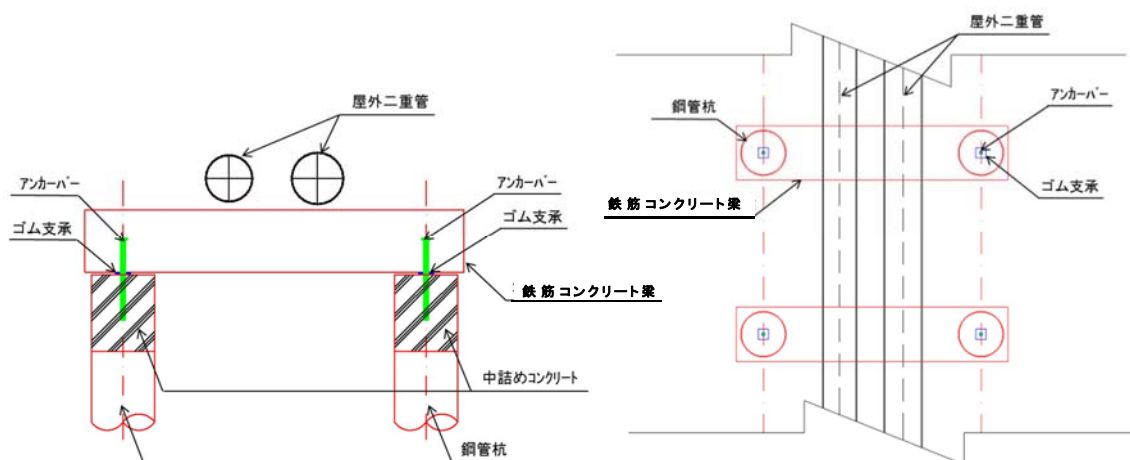
屋外二重管の基礎構造の鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造は、屋外二重管を受ける鉄筋コンクリート梁より生じる荷重を鋼管杭に伝達する構造とする。接続構造は、鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続部に過大な曲げモーメントを生じさせないヒンジとし、単純桁橋梁の支承として一般的に使用されるパッド型ゴム支承とアンカーバーの組合せによる構造とする。

この構造の機構は、鉄筋コンクリート梁より生じる鉛直力（下向き）と回転変位をゴム支承にて受け持ち、鉛直力（上向き）と水平力をアンカーバーにて受け持つ。

なお、地中部において支承部の機能を確保することを目的に、支承部への土砂流入対策を講じる。また、メンテナンスフリーとするために、鋼材は腐食代を考慮し、ゴム支承は耐久性を確保できる材質等を選定する。

荷重ケースは、地震時を想定し、長期荷重として死荷重を、短期荷重として基準地震動  $S_s$  による地震荷重を考慮する。

鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造イメージを第 8 図に示す。



第 8 図 鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造イメージ図



## 7. 基礎構造の耐震設計方針（有効応力解析）

屋外二重管の基礎構造（鋼管杭、鉄筋コンクリート梁、鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造、基礎地盤）の耐震設計は、二次元地震応答解析を行い、地震時の鋼管杭、鉄筋コンクリート梁及び鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造の構造部材の健全性及び基礎地盤の支持性能について検討する。

検討断面は、岩盤以浅の第四系地盤の変位が、基礎構造に与える影響を考慮するため、杭基礎範囲の中で岩盤の深いポンプ室側端部の1断面を選定する。

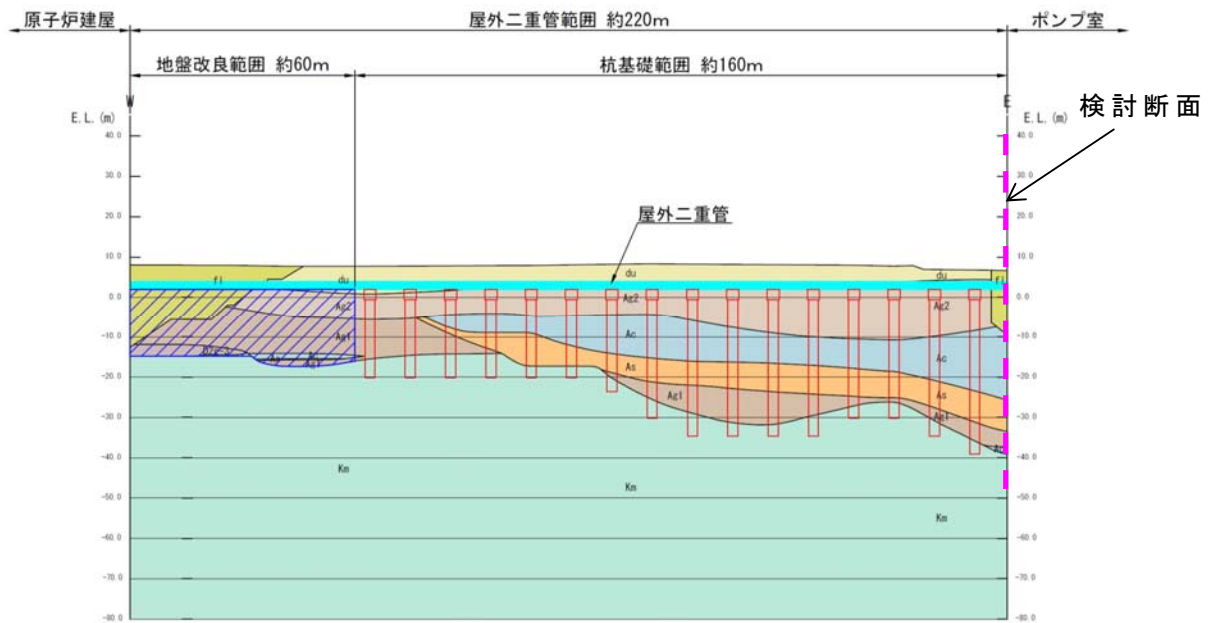
選定した検討断面位置を第9図に示す。

地震時応答解析は、有効応力の変化に伴う地盤の挙動の変化を考慮することができる有効応力解析を用いる。

鋼管杭、鉄筋コンクリート梁及び鋼管杭と鉄筋コンクリート梁の接続構造については、地震応答解析により算定された断面力を用いて、曲げモーメント、軸力及びせん断力に対する照査を行い、許容限界以下であることを確認することで健全性評価とする。

基礎地盤については、地震応答解析より算定された支持力が許容限界以下であることを確認することで支持性能評価とする。





第 9 図 検討断面位置



## 東海第二発電所

既設設備に対する耐震補強等について  
(耐震)



## 1. はじめに

本資料では、今回工認の申請において耐震性を向上させる観点から今後実施する計画である既設設備に対する耐震補強等について整理する。

なお、今後の設計評価により補強対象の施設、設備の変更及び補強内容の変更の可能性がある。

## 2. 既設設備に対する耐震補強等について

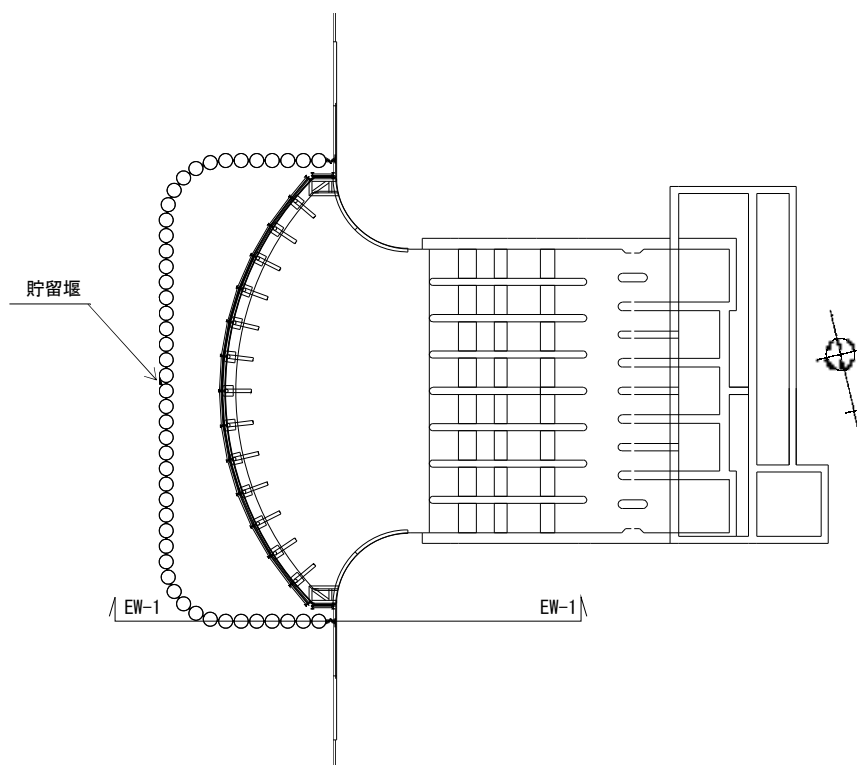
建物・構築物、機器・配管系、屋外重要土木構造物における耐震補強等の一覧を第1表に、耐震補強の概要を第1図～第11図に示す。

第1表 既設設備の耐震補強等一覧

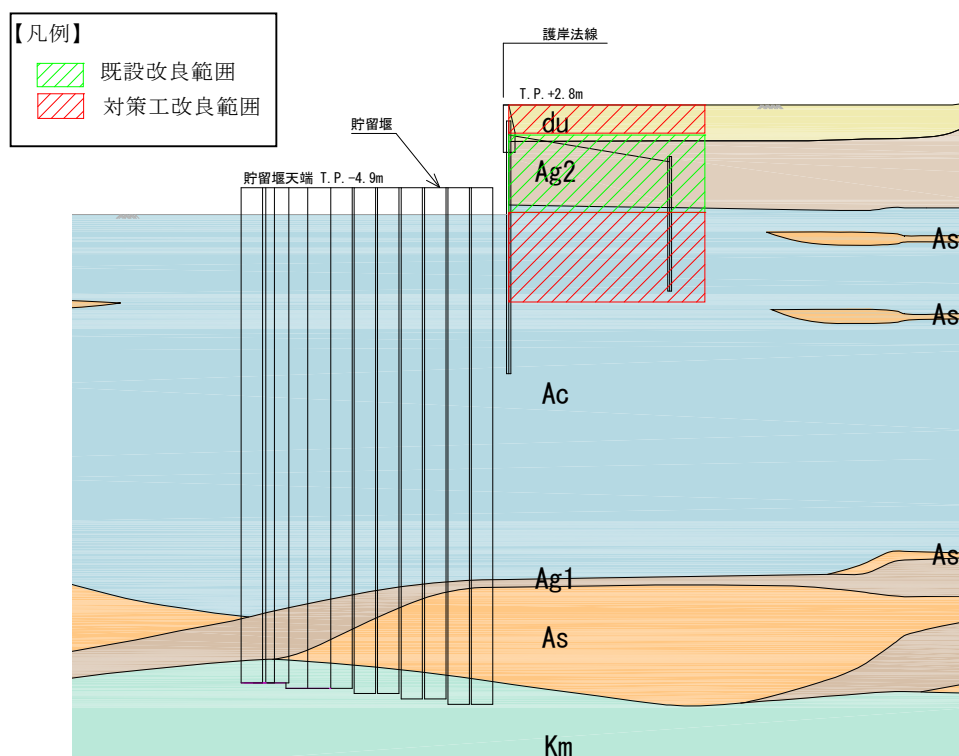
|                   | 施設・設備<br>名称    | 目 的                                   | 内 容                           | 添付図<br>番号 |
|-------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| 建物・<br>構築物        | 排気筒            | 排気筒の支持機能強化                            | 鉄塔部への支持部材の追加及び地盤改良            | 1         |
| 機器・<br>配管系        | 格納容器スタ<br>ビライザ | フランジボルトの応力<br>低減対策及び許容限界<br>値の向上      | フランジボルトの口径<br>変更及び高強度材料適<br>用 | 2         |
|                   | 原子炉建屋ク<br>レーン  | 地震時落下防止による<br>波及的影響防止                 | 落下防止対策の追設* <sup>1</sup>       | 3         |
|                   | 燃料取替機          | 同上                                    | ガード等の部材強化                     | 4         |
|                   | 配管系            | 配管系の支持機能強化                            | サポートの追加及び補<br>強               | 5         |
|                   | 残留熱除去系<br>熱交換器 | 残留熱除去系熱交換器<br>の支持機能強化                 | 架台部への耐震補強サ<br>ポート追設           | 6         |
|                   | 水圧制御ユニ<br>ット   | 水圧制御ユニットの支<br>持機能強化                   | 架構部への補強梁追加                    | 7         |
|                   | 格納容器シア<br>ラグ部  | 格納容器とシアラグ取<br>付け部の応力低減対策              | シアラグ部への補強材<br>追加              | 8         |
| 屋外重要<br>土木構造<br>物 | 貯留堰取付護<br>岸    | 地震時の護岸構造の健<br>全性維持による貯留堰<br>への波及的影響防止 | 地盤改良                          | 9         |
|                   | 屋外二重管基<br>礎構造  | 屋外二重管の支持機能<br>強化                      | 屋外二重管を支持する<br>基礎構造の追設         | 10        |
|                   | 取水構造物          | 地震時の取水構造物の<br>健全性維持                   | 地盤改良                          | 11        |

\* 1 落下防止対策を添付1に示す。





平面図



(注記) 南側の貯留堰取付護岸についても同様に耐震補強を実施する予定

横断面図 (EW1-EW1 断面)

第 9 図 貯留堰取付護岸の耐震補強概要図

4 条－別紙 1 2－7