

VI-3-別添2 火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書

目 次

- VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針
- VI-3-別添 2-1-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度計算書
- VI-3-別添 2-1-2 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度計算書
- VI-3-別添 2-1-3 復水貯蔵タンクの強度計算書
- VI-3-別添 2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書

VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 強度評価の対象施設	1
3. 構造強度設計	2
3.1 構造強度の設計方針	2
3.2 機能維持の方針	4
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	24
4.1 荷重及び荷重の組合せ	24
4.2 許容限界	29
5. 強度評価方法	40
5.1 設備	40
5.1.1 原子炉補機冷却海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	40
5.1.2 復水貯蔵タンク	51
5.2 建屋等	61
5.2.1 建屋	61
5.2.2 軽油タンク室， 軽油タンク室（H）	66
6. 適用規格	69

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 7 条及びその「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の解釈」（以下「解釈」という。）に適合し、技術基準規則第 54 条及びその解釈に規定される「重大事故等対処設備」を踏まえた重大事故等対処設備に配慮する設計とするため、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち「VI-1-1-2-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」（以下「VI-1-1-2-4-3」という。）に設定している降下火砕物の影響を考慮する施設が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

強度評価は、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-4-1 火山への配慮に関する基本方針」（以下「VI-1-1-2-4-1」という。）に示す適用規格を用いて実施する。

降下火砕物の影響を考慮する施設に対する具体的な計算の方法及び結果は、「5. 強度評価方法」、添付書類「VI-3-別添 2-1-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度計算書」、添付書類「VI-3-別添 2-1-2 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度計算書」、添付書類「VI-3-別添 2-1-3 復水貯蔵タンクの強度計算書」及び添付書類「VI-3-別添 2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 強度評価の対象施設」に示す評価対象施設について、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す降下火砕物による荷重と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重により発生する応力等が、「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「5. 強度評価方法」で示す評価方法及び考え方を使用し、「6. 適用規格」で示す適用規格を用いて確認する。

2.1 強度評価の対象施設

VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」にて設定している構造物への荷重を考慮する施設のうち、強度評価の対象施設（以下「評価対象施設」という。）となる設備及び建屋等を表2-1に示す。なお、構造物への荷重を考慮する施設のうち、降下火砕物が堆積しにくい形状である高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナ及び非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器及び排気管は、評価対象施設として選定しない。

表2-1 評価対象施設

施設分類	評価対象施設
設備	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ ・復水貯蔵タンク
建屋等	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・制御建屋 ・軽油タンク室 ・軽油タンク室 (H)

3. 構造強度設計

VI-1-1-2-4-1 で設定している降下火砕物特性に対し、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している構造物への荷重を考慮する施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するように、VI-1-1-2-4-3 の「5. 機能設計」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

また、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を保持するように構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

VI-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するための設計方針を示す。

(1) 設備

a. 原子炉補機冷却海水ポンプ

原子炉補機冷却海水ポンプは、VI-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、海水ポンプ室床面のコンクリート基礎に基礎ボルトで固定し、原子炉補機冷却海水ポンプの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、30 日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

b. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、VI-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、海水ポンプ室床面のコンクリート基礎

に基礎ボルトで固定し，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために，30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

c. 復水貯蔵タンク

復水貯蔵タンクは，VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3)性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，想定する降下火砕物，積雪及び風（台風）による荷重に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，コンクリート基礎に基礎ボルトで固定し，復水貯蔵タンクの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために，30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

(2) 建屋等

a. 原子炉建屋

原子炉建屋は，VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3)性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，想定する降下火砕物，積雪及び風（台風）による荷重に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とし，鉄筋コンクリート造の屋根スラブを，鉄筋コンクリート造の耐震壁等で支持し，支持性能を有する基礎により支持する構造とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために，30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

b. タービン建屋

タービン建屋は，VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3)性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，想定する降下火砕物，積雪及び風（台風）による荷重に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とし，鉄筋コンクリート造の屋根スラブを，鉄筋コンクリート造の耐震壁等で支持し，支持性能を有する基礎により支持する構造とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために，30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

c. 制御建屋

制御建屋は，VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3)性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，想定する降下火砕物，積雪及び風（台風）による荷重に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とし，鉄筋コンクリート造の屋根スラブを，鉄筋コンクリート造の耐震壁等で支持し，支持性

能を有する基礎により支持する構造とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

d. 軽油タンク室

軽油タンク室は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3)性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材又は軽油タンク室全体として構造健全性を維持する設計とする。軽油タンク室は、地下に埋設された鉄筋コンクリート造とし、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。地上部には頂版及び開口部が露出し、露出する開口部には鋼製のハッチを設置する。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

e. 軽油タンク室（H）

軽油タンク室（H）は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3)性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材又は軽油タンク室（H）全体として構造健全性を維持する設計とする。軽油タンク室（H）は、地下に埋設された鉄筋コンクリート造とし、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。地上部には頂版及び開口部が露出し、露出する開口部には鋼製のハッチを設置する。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

3.2 機能維持の方針

VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重条件を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

(1) 設備

a. 原子炉補機冷却海水ポンプ

(a) 構造設計

原子炉補機冷却海水ポンプは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

原子炉補機冷却海水ポンプは、鋼製の立形ポンプの上に、電動機を取り付

け、電動機によりポンプの軸を回転させる構造とする。

原子炉補機冷却海水ポンプはポンプベースに固定する。電動機は電動機台と結合し電動機台はポンプベースに固定する。ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。主回路用端子箱等のポンプの機能維持に必要な付属品は、電動機にボルトで結合する。

電動機は、適切な強度を有する四角形の形状を基本とした鋼製のフレームに主回路用端子箱等が付加された形態とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する電動機上部の外扇カバー及び主回路用端子箱等に作用し、電動機フレーム及び円筒形の形状を基本とした電動機台を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。また、風荷重に対しては、外扇カバー、空気冷却器、電動機フレーム及び電動機台に作用し、電動機台を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て電動機フレーム及び電動機台に作用する。

原子炉補機冷却海水ポンプの構造計画を表3-1に示す。

(b) 評価方針

原子炉補機冷却海水ポンプは、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、原子炉補機冷却海水ポンプを構成する電動機フレーム、電動機台、基礎ボルト及び外扇カバーが、おおむね弾性状態に留まることを「5. 強度評価方法」に示す計算式を用いて確認する。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、添付書類「VI-3-別添2-1-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度計算書」に示す。

表 3-1 原子炉補機冷却海水ポンプの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>原子炉補機冷却海水ポンプは、海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置する設計としている。</p>			
原子炉補機冷却海水ポンプ	電動機及び電動機に結合されたポンプで構成する。	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	<p>(a) 上面図</p> <p>(b) 側面図</p>

b. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

(a) 構造設計

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、鋼製の立形ポンプの上に、電動機を取り付け、電動機によりポンプの軸を回転させる構造とする。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはポンプベースに固定する。電動機は電動機台と結合し電動機台はポンプベースに固定する。ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。主回路用端子箱等のポンプの機能維持に必要な付属品は、電動機にボルトで結合する。

電動機は、適切な強度を有する円筒形の形状を基本とした鋼製のフレームに主回路用端子箱等が付加された形態とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する電動機上部の雨よけカバーに作用し、電動機フレーム及び円筒形の形状を基本とした電動機台を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。また、風荷重に対しては、電動機フレーム及び電動機台に作用し、電動機台を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て電動機フレーム及び電動機台に作用する。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造計画を表 3-2 に示す。

(b) 評価方針

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプを構成する電動機フレーム、電動機台、基礎ボルト及び雨よけカバーが、おおむね弾性状態に留まることを「5. 強度評価方法」に示す計算式を用いて確認する。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、添付書類「VI-3-別添2-1-2 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度計算書」に示す。

表 3-2 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置する設計としている。</p>			
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	電動機及び電動機に結合されたポンプで構成する。	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	<p>(a) 上面図</p> <p>(b) 側面図</p>

c. 復水貯蔵タンク

(a) 構造設計

復水貯蔵タンクは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

復水貯蔵タンクは、平底たて置円筒形容器とする。復水貯蔵タンクは、鋼製の屋根板及び胴板を主体構造とし、屋外の復水貯蔵タンクエリアに設けたコンクリート基礎に基礎ボルトで固定する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪の堆積による鉛直荷重に対しては、降下火砕物が堆積する屋根板及び屋根板に接続する胴板に伝達する構造とする。また、風荷重に対しては、胴板を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。

復水貯蔵タンクの構造計画を表 3-3 に示す。

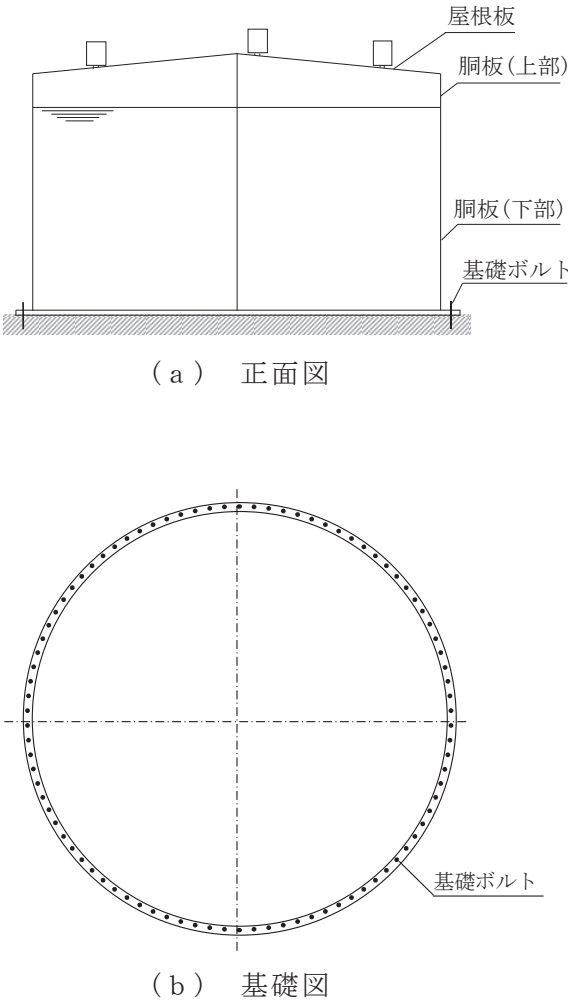
(b) 評価方針

復水貯蔵タンクは、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、復水貯蔵タンクを構成する屋根板、胴板及び復水貯蔵タンクを支持する基礎ボルトが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する。評価方法としては、FEMを用いた解析により算出した応力及び「5. 強度評価方法」に示す強度評価式により算出した応力を基に評価を行う。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、添付書類「VI-3-別添2-1-3 復水貯蔵タンクの強度計算書」に示す。

表3-3 復水貯蔵タンクの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>復水貯蔵タンクは、屋外の復水貯蔵タンクエリアに設置する設計としている。</p>			
復水貯蔵タンク	<p>平底たて置円筒形容器であり、鋼製の胴板及び屋根板より構成する。</p>	<p>コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。</p>	 <p>(a) 正面図</p> <p>(b) 基礎図</p>

(2) 建屋等

a. 原子炉建屋

(a) 構造設計

原子炉建屋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び VI-1-1-2-4-1 の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

原子炉建屋は、鉄筋コンクリート造の屋根スラブを、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。鉄筋コンクリート造の屋根スラブ、鉄筋コンクリート造の耐震壁は適切な強度を有する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する鉄筋コンクリート造の屋根スラブに作用する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、鉄筋コンクリート造の耐震壁に作用する構造とする。

原子炉建屋の構造計画を表 3-4 に示す。

(b) 評価方針

原子炉建屋は、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、屋根スラブ及び耐震壁が、「4.2 許容限界」で示す許容限界を超えないことを「5. 強度評価方法」に示す方法により確認する。耐震壁に対する風（台風）荷重（基準風速 30m/s）は、竜巻による風圧力荷重（最大風速 100m/s）に包絡されることから、添付書類「VI-3-別添 1-1-1 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書」により確認するものとする。

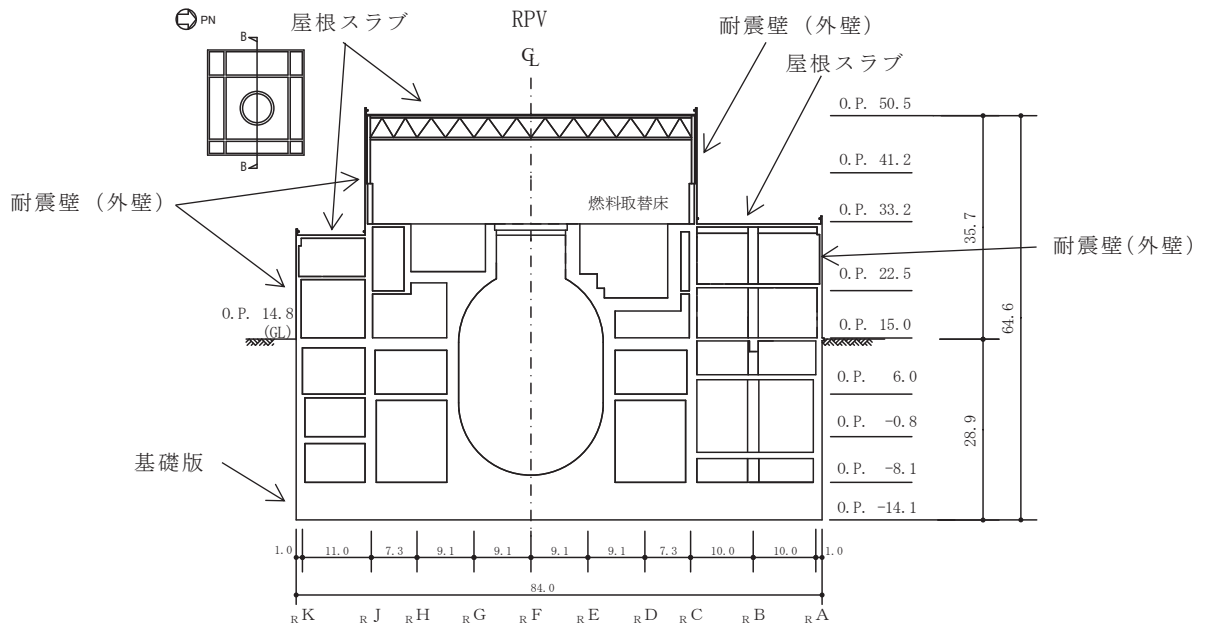
降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、「5. 強度評価方法」に示す。

表 3-4 原子炉建屋の構造計画(1/2)

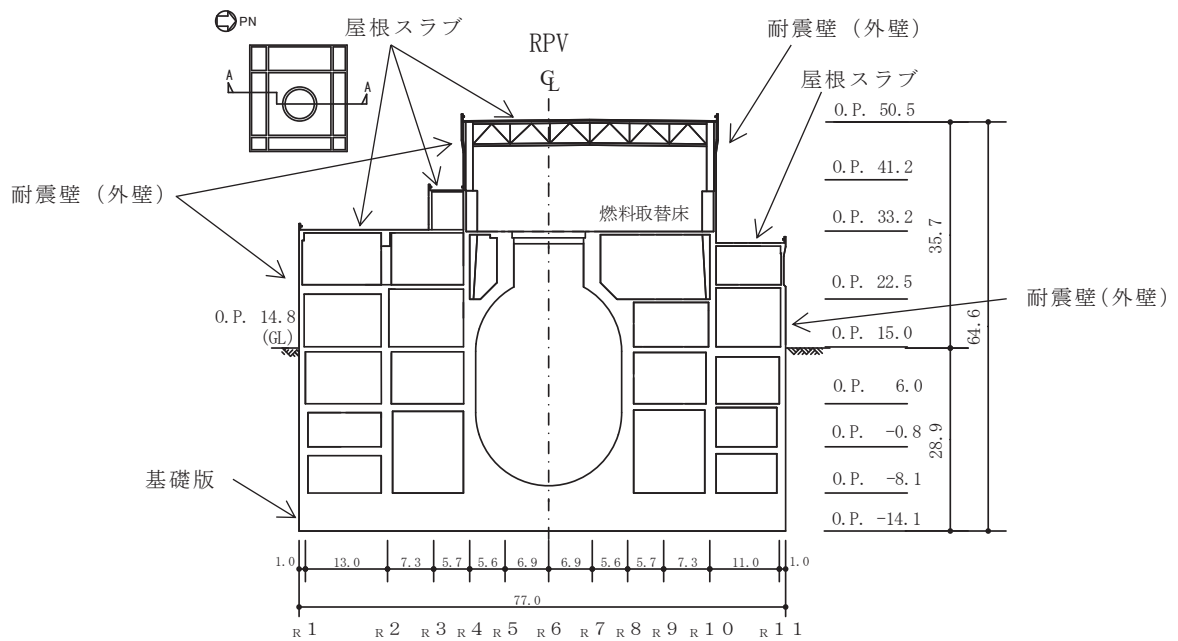
施設 名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
原子炉建屋			

表 3-4 原子炉建屋の構造計画 (2/2)

施設名称	計画の概要	
	主体構造	支持構造
原子炉建屋	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）で構成する。	荷重は建屋の外殻を構成する屋根スラブ及び外壁に作用し、耐震壁等を介し、基礎版へ伝達する構造とする。



東西方向断面 (B-B 断面)



南北方向断面 (A-A 断面)

(単位 : m)

b. タービン建屋

(a) 構造設計

タービン建屋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

タービン建屋は、鉄筋コンクリート造の屋根スラブを、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。鉄筋コンクリート造の屋根スラブ、鉄筋コンクリート造の耐震壁は適切な強度を有する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する鉄筋コンクリート造の屋根スラブに作用する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、鉄筋コンクリート造の耐震壁に作用する構造とする。

タービン建屋の構造計画を表 3-5 に示す。

(b) 評価方針

タービン建屋は、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、屋根スラブ及び耐震壁が、「4.2 許容限界」で示す許容限界を超えないことを「5. 強度評価方法」に示す方法により確認する。耐震壁に対する風（台風）荷重（基準風速 30m/s）は、竜巻による風圧力荷重（最大風速 100m/s）に包絡されることから、添付書類「VI-3-別添 1-1-1 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書」により確認するものとする。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、「5. 強度評価方法」に示す。

表 3-5 タービン建屋の構造計画(1/2)

施設 名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
タービン建屋			

○ 2 ⑥ VI-3-別添 2-1 R 4

表 3-5 タービン建屋の構造計画 (2/2)

施設名称	計画の概要	
	主体構造	支持構造
タービン建屋	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）で構成する。	荷重は建屋の外殻を構成する屋根スラブ及び外壁に作用し、耐震壁等を介し、基礎版へ伝達する構造とする。
説明図		
<p style="text-align: center;">東西方向断面（B-B 断面）</p> <p style="text-align: center;">南北方向断面（A-A 断面）</p> <p style="text-align: right;">（単位：m）</p>		

c. 制御建屋

(a) 構造設計

制御建屋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

制御建屋は、鉄筋コンクリート造の屋根スラブを、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。鉄筋コンクリート造の屋根スラブ、鉄筋コンクリート造の耐震壁は適切な強度を有する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する鉄筋コンクリート造の屋根スラブに作用する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、鉄筋コンクリート造の耐震壁に作用する構造とする。

制御建屋の構造計画を表 3-6 に示す。

(b) 評価方針

制御建屋は、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、屋根スラブ及び耐震壁が、「4.2 許容限界」で示す許容限界を超えないことを「5. 強度評価方法」に示す方法により確認する。耐震壁に対する風（台風）荷重（基準風速 30m/s）は、竜巻による風圧力荷重（最大風速 100m/s）に包絡されることから、添付書類「VI-3-別添 1-1-1 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書」により確認するものとする。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、「5. 強度評価方法」に示す。

表 3-6 制御建屋の構造計画(1/2) 把握

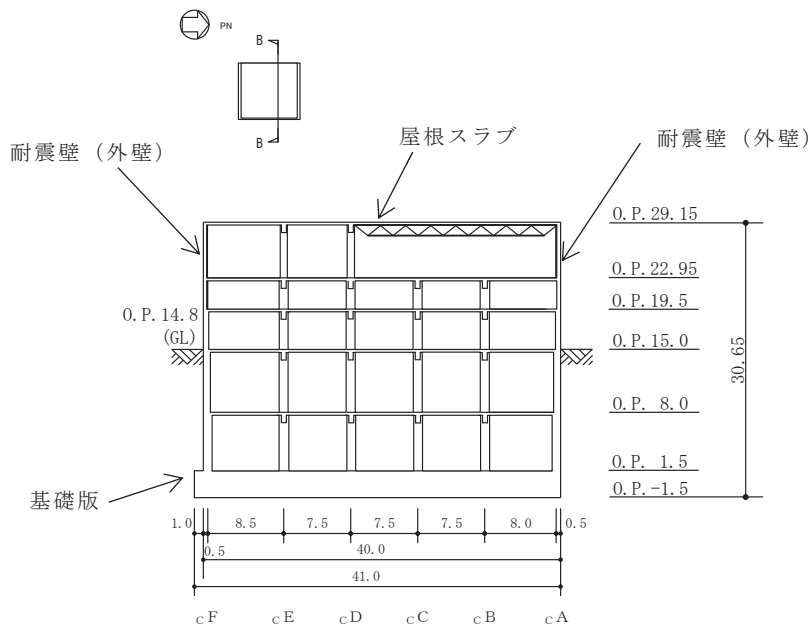
施設 名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
制御建屋			

○ 2 ⑥ VI-3-別添 2-1 R 4

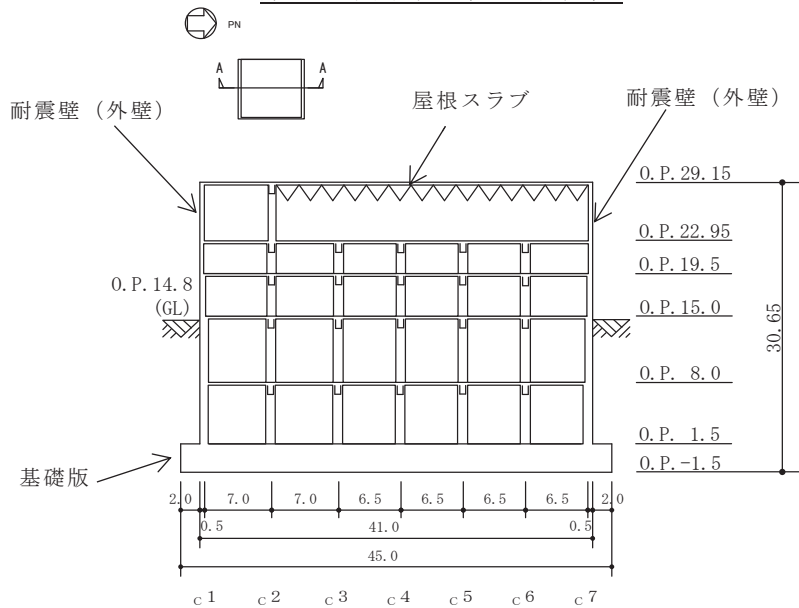
表 3-6 制御建屋の構造計画(2/2)

施設名称	計画の概要	
	主体構造	支持構造
制御建屋	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）で構成する。	荷重は建屋の外殻を構成する屋根スラブ及び外壁に作用し，耐震壁等を介し，基礎版へ伝達する構造とする。

説明図



東西方向断面 (B-B 断面)



南北方向断面 (A-A 断面)

(単位 : m)

d. 軽油タンク室

(a) 構造設計

軽油タンク室は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

軽油タンク室は、地下に埋設された鉄筋コンクリート造とし、地上部には頂版及び開口部が露出し、露出する開口部には鋼製のハッチを設置する。鉄筋コンクリート造の躯体は適切な強度を有する構造とし、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、地上に露出した頂版及び鋼製ハッチに作用する構造とする。

軽油タンク室の構造計画を表 3-7 に示す。

(b) 評価方針

軽油タンク室は、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。頂版については、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重に対し、この荷重が耐震評価で考慮する積載荷重を超えないことを確認する。また、鋼製ハッチについては、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、鋼製ハッチを構成する上蓋が、おおむね弾性状態に留まることを「5.強度評価方法」に示す計算式を用いて確認する。

鋼製ハッチにおける降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、添付書類「VI-3-別添2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書」に示す。

表 3-7 軽油タンク室の構造計画

施設 名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】 軽油タンク室は，屋外の軽油タンク室エリアに設置する設計としている。</p>			
軽油タンク室	<p>地下に埋設された外殻の躯体を鉄筋コンクリート造とし，地上部に露出する頂版及び鋼製のハッチで構成する。</p>	<p>荷重は地上に露出した鉄筋コンクリート造の頂版及び鋼製のハッチに作用する構造とする。</p>	<p>PN</p> <ul style="list-style-type: none"> 1300×1300 開口部 800×800 開口部①* 800×800 開口部②* <p>軽油タンク室</p> <p>注記 * : 800×800開口部には2種類の形状の上蓋の鋼製ハッチを適用</p> <p>(東西方向断面図)</p> <p>(南北方向断面図)</p>

e. 軽油タンク室（H）

(a) 構造設計

軽油タンク室（H）は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

軽油タンク室（H）は、地下に埋設された鉄筋コンクリート造とし、地上部には頂版及び開口部が露出し、露出する開口部には鋼製のハッチを設置する。鉄筋コンクリート造の躯体は適切な強度を有する構造とし、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、地上に露出した頂版及び鋼製ハッチに作用する構造とする。

軽油タンク室（H）の構造計画を表 3-8 に示す。

(b) 評価方針

軽油タンク室（H）は、「(a) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。頂版については、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重に対し、この荷重が耐震評価で考慮する積載荷重を超えないことを確認する。また、鋼製ハッチについては、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、鋼製ハッチを構成する上蓋が、おおむね弾性状態に留まることを「5.強度評価方法」に示す計算式を用いて確認する。

鋼製ハッチにおける降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、添付書類「VI-3-別添2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書」に示す。

表 3-8 軽油タンク室 (H) の構造計画

施設 名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>軽油タンク室 (H) は、屋外の軽油タンク室エリアに設置する設計としている。</p>			
軽油タンク室 (H)	<p>地下に埋設された外殻の躯体を鉄筋コンクリート造とし、地上部に露出する頂版及び鋼製のハッチで構成する。</p>	<p>荷重は地上に露出した鉄筋コンクリート造の頂版及び鋼製のハッチに作用する構造とする。</p>	<p>PN</p> <p>1300×1300 開口部</p> <p>800×800 開口部</p> <p>軽油タンク室 (H)</p> <p>(東西方向断面図)</p> <p>(南北方向断面図)</p>

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

評価対象施設の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

評価対象施設の強度評価にて考慮する荷重は、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-2-4-3にて設定しており、それらを「(1) 荷重の種類」に示す。また、評価対象施設の強度評価にて考慮する荷重の組合せの考え方は、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-2-4-3にて定めており、これらを踏まえて、強度評価において考慮すべき荷重の組合せを設定する。評価対象施設の荷重の組合せを「(2) 荷重の組合せ」に示す。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、VI-1-1-2-4-1の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している常時作用している荷重に従って、持続的に生じる荷重である自重、積載荷重及び水頭圧とする。

b. 降下火砕物による荷重 (F_{vo})

降下火砕物による荷重は、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」(以下「VI-1-1-2-1-1」という。)の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、主荷重として扱うこととし、VI-1-1-2-4-1の「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」に示す降下火砕物の特性及び「2.1.3(2)a. 荷重の種類」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて、湿潤密度 1.5 g/cm^3 の降下火砕物が15cm堆積した場合の荷重として堆積量1cmごとに 147.1 N/m^2 の降下火砕物による荷重が作用することを考慮し設定する。

c. 積雪荷重 (F_s)

積雪深は、VI-1-1-2-1-1の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、従荷重として扱うこととし、VI-1-1-2-1-1の「4.1(4) 自然現象の組合せの方針」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である43cmが堆積した場合の荷重を主荷重に組み合わせる積雪荷重(F_s)とする。積雪荷重については、建築基準法施行令第86条第2項により、積雪量1cmごとに 20 N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

d. 風荷重 (W)

風荷重は、VI-1-1-2-1-1 の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、従荷重として扱うこととし、VI-1-1-2-1-1 の「4.1(4) 自然現象の組合せの方針」に示す組み合わせる風速を踏まえて、建築基準法施行令に基づく平成 12 年建設省告示第 1454 号に定められた石巻市及び女川町の基準風速である 30m/s が加わった場合の荷重 (W) とする。風荷重については、施設の形状により風力係数等が異なるため、施設ごとに設定する。

e. 運転時の状態で作用する荷重 (F_p)

運転時の状態で作用する荷重としては、VI-1-1-2-4-1 の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している運転時の状態で作用する荷重に従って、ポンプのスラスト荷重等の運転時荷重とする。

(2) 荷重の組合せ

a. 降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せ

降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重については、VI-1-1-2-1-1 の「4.1 自然現象の組合せについて」を踏まえて、それらの組合せを考慮し、自然現象の荷重として扱う。自然現象の荷重は短期荷重として扱う。

b. 評価対象施設の荷重の組合せ

評価対象施設の荷重の組合せについては、自然現象の荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

ただし、評価対象施設のうち原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、動的機器であるため、運転時の状態で作用する荷重を考慮する。

復水貯蔵タンクは水源として常時水を保有するため水頭圧による荷重を考慮する。

なお、常時作用する荷重、積雪荷重、風荷重及び運転時の状態で作用する荷重については、組み合わせることで降下火砕物による荷重の抗力となる場合には、評価結果が保守的となるよう荷重の算出において考慮しないこととする。

上記を踏まえ、対象施設の強度評価における荷重の組合せの設定については、施設の設置状況及び構造等を考慮し設定する。対象施設ごとの荷重の組合せの考え方を表 4-1 に示す。

表 4-1 対象施設ごとの荷重の組合せ

施設 分類	強度評価の 対象施設	荷重*						
		常時作用する 荷重 (F_d)			降下火砕物による 荷重 (F_{vo})	積雪 荷重 (F_s)	風 荷重 (W)	運転時 の状態 で作用 する荷 重 (F_p)
		自重	積 載 荷 重	水 頭 圧				
設備	・原子炉補機冷却海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	○	—	—	○	○	○	○
	・復水貯蔵タンク	○	—	○	○	○	○	—
建屋等	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・制御建屋	○	○	—	○	○	○	—
	・軽油タンク室 ・軽油タンク室(H)	○	—	—	○	○	—	—

注記 * : ○は考慮する荷重を示す。

(3) 荷重の算定方法

「4.1(1) 荷重の種類」で設定している荷重のうち、「4.1(2)a. 降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せ」で設定している自然現象の荷重の鉛直荷重及び水平荷重の算出式を以下に示す。鉛直荷重については、「5. 強度評価方法」及び添付書類「VI-3-別添 2-1-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度計算書」から添付書類「VI-3-別添 2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書」の各計算書にて共通で使用するための算出式を用いた荷重の算出も行う。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
A_1	m^2	風の受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
C	—	風力係数
d_1	m	降下火砕物の層厚
d_2	cm	組合せ荷重として考慮する積雪深
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	—	建設省告示第 1454 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F_d	N	常時作用する荷重
F_s	N/m^2	積雪荷重
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_{v0}	N/m^2	湿潤状態の降下火砕物による荷重
G	—	ガスト影響係数
g	m/s^2	重力加速度
H	m	全高
q	N/m^2	設計用速度圧
V_D	m/s	基準風速
W	N	風荷重
w_s	$N/(m^2 \cdot cm)$	建築基準法施行令に基づき設定する積雪の単位荷重
Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
ρ_1	kg/m^3	降下火砕物の湿潤密度

b. 鉛直荷重

鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物及び積雪を考慮する。

湿潤状態の降下火砕物による荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_{v0} = \rho_1 \cdot d_1 \cdot g$$

積雪荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_s = w_s \cdot d_2$$

表 4-3 に入力条件を示す。

表 4-3 入力条件

ρ_1 (kg/m ³)	d_1 (m)	d_2 (cm)	w_s (N/(m ² ・cm))	g (m/s ²)
1500	0.15	43	20	9.80665

上記式より、湿潤状態の降下火砕物による荷重 $F_{v0} = 2207\text{N/m}^2$ ，積雪荷重 $F_s = 860\text{N/m}^2$ である。

湿潤状態の降下火砕物に積雪を踏まえた鉛直荷重（以下「降下火砕物等堆積による鉛直荷重」という。）は、次式のとおり算出する。

$$F_{v'} = F_{v0} + F_s$$

以上より、 $F_{v'} = 3067 \text{ N/m}^2$ とする。

c. 水平荷重

水平荷重については、風を考慮する。風速を建築基準法施行令の基準風速に基づき 30 m/s に設定し、風荷重については施設の形状により異なるため施設ごとに算出する。

風荷重の算出式は建築基準法施行令第 87 条に基づき、以下のとおりである。

$$W = q_H \cdot C \cdot A_1$$

ここで、

$$q_H = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H \leq Z_b$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H > Z_b$$

4.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、評価対象部位ごとの許容限界を表 4-4 に示す。

対象施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価対象部位の損傷モードを踏まえ、評価項目を選定し定める。

「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 4 6 0 1・補-1984）」、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）を準用できる施設については、J E A G 4 6 0 1に基づき「J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表及びJ I Sの材料物性値により許容限界を算出している。

(1) 設備

a. 原子炉補機冷却海水ポンプ

原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している原子炉補機冷却海水ポンプの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 電動機フレーム、電動機台、基礎ボルト及び外扇カバー

原子炉補機冷却海水ポンプの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ポンプを構成する電動機フレーム、電動機台、基礎ボルト及び外扇カバーが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

b. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容限界は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 電動機フレーム、電動機台、基礎ボルト及び雨よけカバー

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ポンプを構成する電動機フレーム、電動機台、基礎ボルト及び雨よけカバーが、おおむね

弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

c. 復水貯蔵タンク

復水貯蔵タンクの許容限界は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している復水貯蔵タンクの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根板、胴板（上部及び下部）及び基礎ボルト

復水貯蔵タンクの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、タンクを構成する屋根板、胴板（上部及び下部）及び基礎ボルトが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえJ E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

(2) 建屋等

a. 原子炉建屋

原子炉建屋の許容限界は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している原子炉建屋の構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根スラブ

原子炉建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、評価対象部位に求められる機能が担保できる許容限界を設定する。屋根スラブは、原子炉建屋の要求機能である放射性物質の閉じ込め機能（以下「気密性」という。）及び放射線の遮蔽機能（以下「遮蔽性」という。）を担保するために、以下のとおり短期許容応力度を許容限界として設定する。屋根スラブについては、既工事計画認可申請書において、常時作用する荷重を長期荷重として扱い、これにより発生する応力度が長期許容応力度に収まることを確認している。降下火砕物等堆積による鉛直荷重は一時的なものであることから短期荷重として扱う。また、鉄筋コンクリート造の屋根スラブは、許容応力度の比（短期／長期＝1.5以上）により、短期では少なくとも長期の1.5倍の荷重を負担できることから、長期許容応力度を1.5倍した短期許容応力度を許容限界として設定する。

具体的には長期許容荷重を1.5倍した短期許容荷重から、常時作用する荷重を差し引いた荷重を屋根スラブの許容堆積荷重とし、降下火砕物等堆積による鉛直荷重が、許容堆積荷重を超えないことにより、短期許容応力

度以下であることを確認する。

(b) 耐震壁

原子炉建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、構造健全性、気密性能及び遮蔽性能を維持することを性能目標としていることから、J E A G 4 6 0 1 に基づき最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} を耐震壁の許容限界として設定する。

b. タービン建屋

タービン建屋の許容限界は、VI-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定しているタービン建屋の構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根スラブ

タービン建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、評価対象部位に求められる機能が担保できる許容限界を設定する。タービン建屋の屋根スラブは内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、終局耐力が許容限界となるが以下のとおり短期許容応力度を許容限界として設定する。屋根スラブについては、既工事計画認可申請書において、常時作用する荷重を長期荷重として扱い、これにより発生する応力度が長期許容応力度に収まることを確認している。降下火砕物等堆積による鉛直荷重は一時的なものであることから短期荷重として扱う。また、鉄筋コンクリート造の屋根スラブは、許容応力度の比（短期／長期＝1.5 以上）により、短期では少なくとも長期の 1.5 倍の荷重を負担できることから、長期許容応力度を 1.5 倍した短期許容応力度を許容限界として設定する。

具体的には長期許容荷重を 1.5 倍した短期許容荷重から、常時作用する荷重を差し引いた荷重を屋根スラブの許容堆積荷重とし、降下火砕物等堆積による鉛直荷重が、許容堆積荷重を超えないことにより、短期許容応力度以下であることを確認する。

(b) 耐震壁

タービン建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、J E A G 4 6 0 1 に基づき最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} を耐震壁の許容限界として設定する。

c. 制御建屋

制御建屋の許容限界は、VI-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している制御建屋の構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根スラブ

制御建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、評価対象部位に求められる機能が担保できる許容限界を設定する。制御建屋の屋根スラブは内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、終局耐力が許容限界となるが以下のとおり短期許容応力度を許容限界として設定する。屋根スラブについては、既工事計画認可申請書において、常時作用する荷重を長期荷重として扱い、これにより発生する応力度が長期許容応力度に収まることを確認している。降下火砕物等堆積による鉛直荷重は一時的なものであることから短期荷重として扱う。また、鉄筋コンクリート造の屋根スラブは、許容応力度の比（短期／長期＝1.5 以上）により、短期では少なくとも長期の 1.5 倍の荷重を負担できることから、長期許容応力度を 1.5 倍した短期許容応力度を許容限界として設定する。

具体的には長期許容荷重を 1.5 倍した短期許容荷重から、常時作用する荷重を差し引いた荷重を屋根スラブの許容堆積荷重とし、降下火砕物等堆積による鉛直荷重が、許容堆積荷重を超えないことにより、短期許容応力度以下であることを確認する。

(b) 耐震壁

制御建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、J E A G 4 6 0 1 に基づき最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} を耐震壁の許容限界として設定する。

d. 軽油タンク室

軽油タンク室の許容限界は、VI-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している軽油タンク室の構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 頂版

軽油タンク室の頂版については、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重が、耐震評価で考慮する積載荷重を超えないことを確認する。

(b) 鋼製ハッチ

軽油タンク室の鋼製ハッチの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対し、鋼製ハッチを構成する上蓋が、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ_AS の許容応力を許容限界として設定する。

e. 軽油タンク室 (H)

軽油タンク室（H）の許容限界は、VI-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している軽油タンク室（H）の構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 頂版

軽油タンク室（H）の頂版については、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重が、耐震評価で考慮する積載荷重を超えないことを確認する。

(b) 鋼製ハッチ

軽油タンク室（H）の鋼製ハッチの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対し、鋼製ハッチを構成する上蓋が、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (1/6)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
原子炉補機冷却 海水ポンプ	$F_d + F_v$	外扇カバー	曲げ	部材が弾性域 に留まらず塑 性域に入る状 態	J E A G 4 6 0 1 に準じて 許容応力状態 Ⅲ A S の許容 応力以下とす る*
	$F_d + F_v$ $+ W + F_p$	電動機 フレーム	曲げ 圧縮		
		電動機台	曲げ 圧縮		
		基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		
高圧炉心スプレ イ補機冷却海水 ポンプ	$F_d + F_v$	雨よけカバー	曲げ	部材が弾性域 に留まらず塑 性域に入る状 態	J E A G 4 6 0 1 に準じて 許容応力状態 Ⅲ A S の許容 応力以下とす る*
	$F_d + F_v$ $+ W + F_p$	電動機 フレーム	曲げ 圧縮		
		電動機台	曲げ 圧縮		
		基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		

F_d : 常時作用する荷重

W : 風荷重

F_v : 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

F_p : 運転時の状態で作用する荷重

注記 * : 表 4-5 J E A G 4 6 0 1 「クラス 2, 3 支持構造物」の許容限界を準用する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (2/6)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
復水貯蔵タンク	$F_d + F_v$	屋根板	一次一般膜 一次膜＋一次 曲げ	部材が弾性域 に留まらず塑 性域に入る状 態	J E A G 4 6 0 1 に準じて 許容応力状態 Ⅲ A S の許容 応力以下とす る*1,*2
		胴板 (上部)	一次一般膜 一次膜＋一次 曲げ		
	$F_d + F_v +$ W	胴板 (下部)	一次一般膜 組合せ一次 座屈		
		基礎ボルト	引張 せん断 組合せ		

F_d : 常時作用する荷重

W : 風荷重

F_v : 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

注記 *1 : 表 4-5 J E A G 4 6 0 1 「クラス 2,3 支持構造物」の許容限界を準用する。

*2 : 表 4-6 J E A G 4 6 0 1 「クラス 2,3 容器」の許容限界を準用する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (3/6)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
軽油タンク室及 び軽油タンク室 (H)	$F_d + F_v$	頂版	曲げ せん断	部材が弾性域 に留まらず塑 性域に入る状 態	降下火砕物及び 積雪を考慮した 荷重が、耐震評 価で考慮する積 載荷重を超えな いこと
	$F_d + F_v$	鋼製ハッチ	曲げ	部材が弾性域 に留まらず塑 性域に入る状 態	J E A G 4 6 0 1 に準じて許容 応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下 とする*

F_d : 常時作用する荷重

F_v : 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

注記 * : 表 4-5 J E A G 4 6 0 1 「クラス 2, 3 支持構造物」の許容限界を準用する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (4/6)

施設名称	要求機能	機能設計上の性能目標	評価対象部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
原子炉建屋	—	構造健全性を維持すること	屋根スラブ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度*2
			耐震壁*1	最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
	気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	屋根スラブ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度*2
			耐震壁*1 (原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設))	最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3} *4
	遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽機能を損なわないこと	屋根スラブ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度*2
			耐震壁*1 (二次遮蔽壁及び補助遮蔽)	最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

注記 *1: 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられるため、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*2: 具体的には降下火砕物等堆積による鉛直荷重が、許容堆積荷重を超えないことにより、短期許容応力度以下であることを確認する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (5/6)

施設名称	要求機能	機能設計上の性能目標	評価対象部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
タービン建屋	—	内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないこと	屋根スラブ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度* ²
			耐震壁* ¹	最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 4.0×10^{-3}

注記 *1: 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられるため、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*2: 具体的には降下火砕物等堆積による鉛直荷重が、許容堆積荷重を超えないことにより、短期許容応力度以下であることを確認する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (6/6)

施設名称	要求機能	機能設計上の性能目標	評価対象部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
制御建屋	—	内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないこと	屋根スラブ	降下火砕物等堆積による鉛直荷重が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度* ²
			耐震壁* ¹	最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 4.0×10^{-3}

注記 *1: 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられるため、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*2: 具体的には降下火砕物等堆積による鉛直荷重が、許容堆積荷重を超えないことにより、短期許容応力度以下であることを確認する。

表 4-5 J E A G 4 6 0 1 「クラス 2, 3 支持構造物」の許容限界

許容応力状態	許容限界* ¹ (ボルト以外)				許容限界* ¹ (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	圧縮	曲げ	引張	せん断	引張	せん断
Ⅲ _A S	1.5 f _c	1.5 f _b	1.5 f _t	1.5 f _s	1.5 f _t	1.5 f _s

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 f_{t_s}は以下のとおり。

$$f_{t_s} = \text{Min}\{1.4(1.5 f_t) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t\}$$

表 4-6 J E A G 4 6 0 1 「クラス 2, 3 容器」の許容限界

許容応力状態	許容限界* ²	
	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
Ⅲ _A S	S _y と 0.6 S _u の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と 1.2 Sとの大きい方。	左欄の 1.5 倍の値

注記 *2: 座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ FEM 等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

風荷重による影響を考慮する施設については、建築基準法施行令等に基づき風荷重を考慮し、設備の受圧面に対して等分布荷重として扱って良いことから、評価上高さの 1/2 に集中荷重として作用するものとしており、これは J E A G 4 6 0 1 耐震評価における 1 質点モデルと等価なものであり、地震荷重を風荷重と置き換え J E A G 4 6 0 1 に基づき評価を行う。

風荷重を考慮した、降下火砕物等堆積による鉛直荷重が作用する場合に強度評価を行う施設のうち、設備及び建屋の強度評価方法を以下に示す。

5.1 設備

5.1.1 原子炉補機冷却海水ポンプ，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

(1) 評価条件

原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- 風荷重による影響が大きな電動機フレーム、電動機台及び基礎ボルトの強度計算モデルは、1 質点系モデルとし、J E A G 4 6 0 1 の立形ポンプの計算方法を参考に評価を行う。なお、1 質点系モデルの強度計算において、評価上の高さの 1/2 に集中荷重として作用するものとする。計算モデルを図 5-1～図 5-3 に示す。
- 鉛直荷重によって一様な応力が発生する原子炉補機冷却海水ポンプの外扇カバー及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの雨よけカバーは、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。
- 計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-1 に示す。

表 5-1 評価対象部位及び評価内容

施設名称	評価対象部位	評価内容
原子炉補機冷却海水ポンプ	外扇カバー	曲げ
	電動機フレーム	曲げ, 圧縮
	電動機台	曲げ, 圧縮
	基礎ボルト	引張, せん断, 組合せ
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	雨よけカバー	曲げ
	電動機フレーム	曲げ, 圧縮
	電動機台	曲げ, 圧縮
	基礎ボルト	引張, せん断, 組合せ

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号を表 5-2 に示す。

表 5-2 原子炉補機冷却海水ポンプ及び高压炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
の強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
A_{11}	m^2	電動機台及び電動機フレームの受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_{12}	m^2	電動機フレームの受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_2	m^2	降下火砕物等の堆積面積
A_{bi}	mm^2	ボルトの断面積
a	mm	外扇カバー評価時の短辺の長さ
B	mm	風の受圧面積算出時のポンプ幅
b	mm	外扇カバー評価時の長辺の長さ
B_1	mm	電動機台外径
B_2	mm	電動機台内径
B_3	mm	電動機フレーム外寸及び電動機フレーム外径
B_4	mm	電動機フレーム内寸及び電動機フレーム内径
C	-	風力係数
C_p	-	ポンプ振動による震度
c	mm	雨よけカバー評価時の天板の半径
d	mm	ボルト呼び径
D_i	mm	ボルトのピッチ円の直径
E'	-	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	-	建設省告示第 1454 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
F_b	N	電動機台の自重による軸方向荷重
f_b	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
F_{bi}	N	ボルトに対する引張力
F_c	N	電動機の自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重
f_c	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容圧縮応力
F_d	N	電動機の自重による軸方向荷重
F_p	N	ポンプスラストによる軸方向荷重
f_s	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容せん断応力
f_t	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容引張応力
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重

表 5-2 原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
の強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
G	-	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	m	全高
h	mm	降下火砕物等堆積を考慮した取付面からの電動機重心高さ
H _M	mm	風の受圧面積算出時の電動機高さ
H _P	mm	風の受圧面積算出時の電動機台高さ
h _p	μm	予想最大全振幅
M	N・mm	電動機台に作用する曲げモーメント
M'	N・mm	電動機フレームに作用する曲げモーメント
M ₁	N・mm	風荷重により電動機台に作用する曲げモーメント
M ₁ '	N・mm	風荷重により電動機フレームに作用する曲げモーメント
M ₂	N・mm	鉛直荷重により電動機台に作用する曲げモーメント
M ₂ '	N・mm	鉛直荷重により電動機フレームに作用する曲げモーメント
M _b	kg	電動機台の質量
m _i	kg	ボルトに加わる機器質量
M _m	kg	電動機の質量
M _s	kg	ポンプスラスト
M _v	kg	機器に加わる降下火砕物等堆積物の質量
N	rpm	回転数
n _i	-	ボルトの本数
p	MPa	外扇カバー及び雨よけカバー評価時の等分布荷重
Q _{b i}	N	ボルトに対するせん断力
q _H	N/m ²	設計用速度圧
S	mm ²	電動機台の断面積
S'	mm ²	電動機フレームの断面積
S _u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S _y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	外扇カバー及び雨よけカバー評価時の厚さ
V _D	m/s	基準風速
W ₁	N	電動機台及び電動機フレームに対する風（台風）による水平荷重
W ₂	N	電動機に対する風（台風）による水平荷重

表 5-2 原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
の強度評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
Z	mm^3	電動機台の断面係数
Z'	mm^3	電動機フレームの断面係数
Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α	-	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
β_1	-	長方形板の最大応力係数
π	-	円周率
σ_b	MPa	電動機台に生じる曲げ応力
σ_b'	MPa	電動機フレームに生じる曲げ応力
σ_b''	MPa	外扇カバー及び雨よけカバーに発生する最大曲げ応力
σ_{bi}	MPa	ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	電動機台に生じる圧縮応力
σ_c'	MPa	電動機フレームに生じる圧縮応力
τ_{bi}	MPa	ボルトに生じるせん断応力

b. 計算モデル

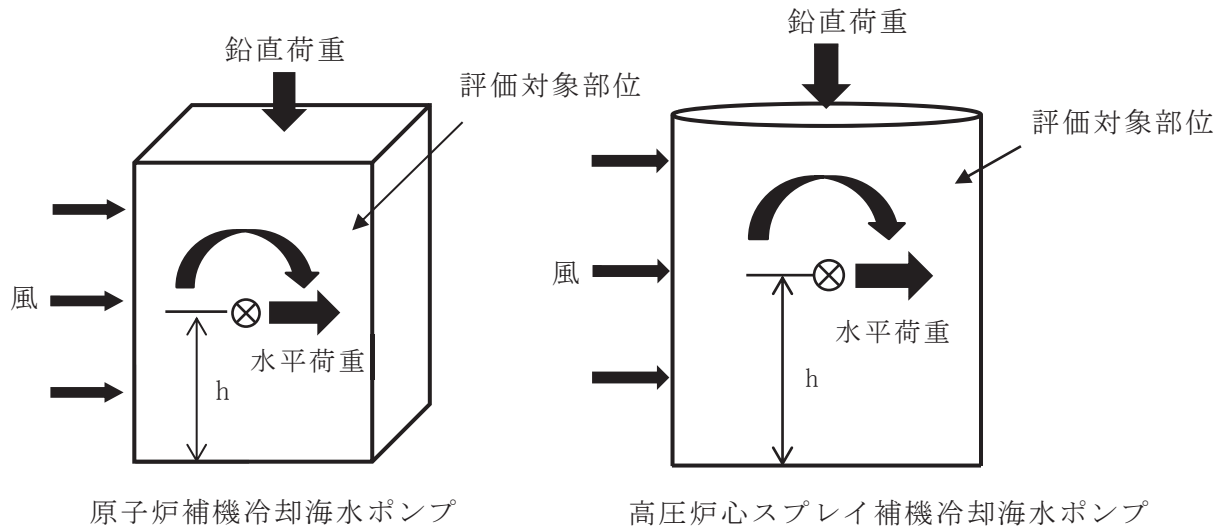


図 5-1 1 質点系モデル図 (電動機フレーム)

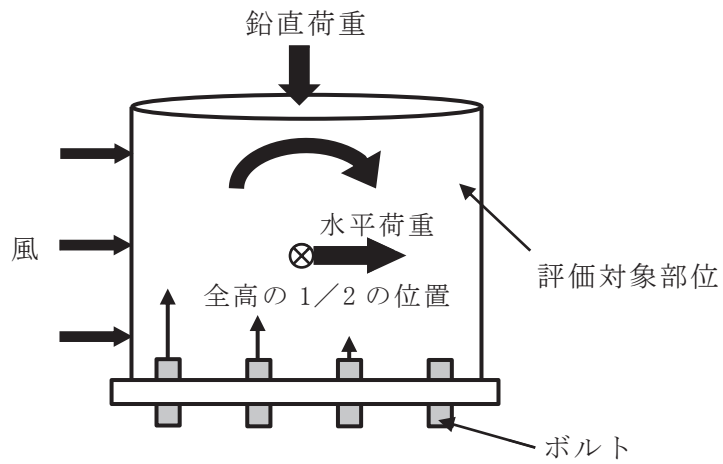


図 5-2 1 質点系モデル図 (電動機台及び基礎ボルト)

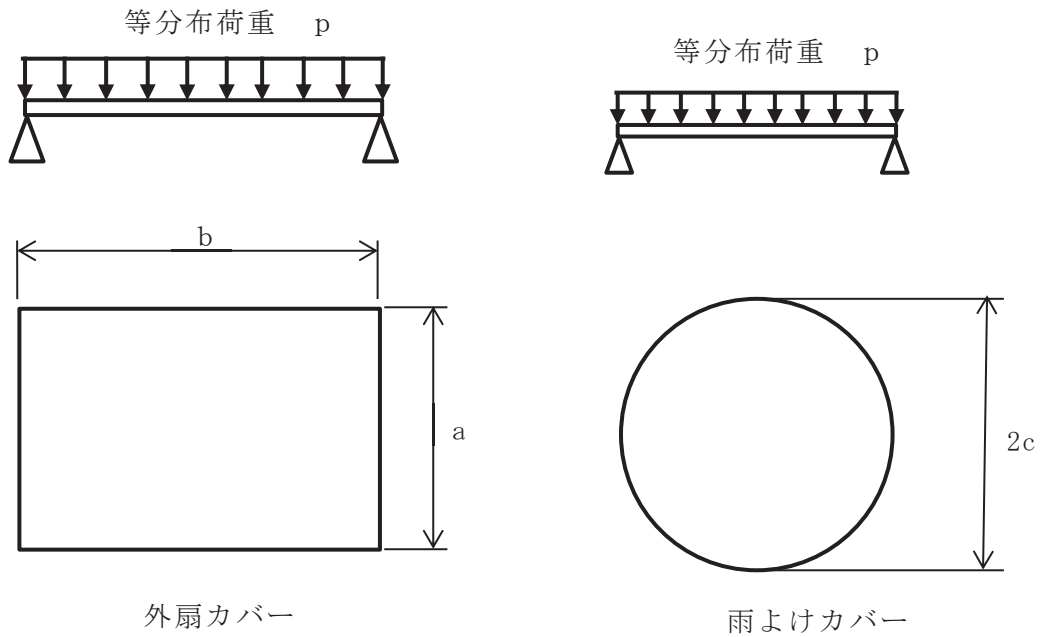


図 5-3 等分布荷重モデル図（外扇カバー及び雨よけカバー）

c. 応力計算

(a) 鉛直方向荷重

イ. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

ロ. 電動機台，電動機フレーム及び基礎ボルトに作用する軸方向荷重

(イ) 電動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

$$F_c = M_m \cdot g + M_s \cdot g$$

(ロ) 電動機台自重による軸方向荷重

$$F_b = M_b \cdot g$$

(b) 水平方向荷重

$$W_i = q_H \cdot C \cdot A_{1i}$$

ここで，

$i = 1$: 電動機台及び電動機フレーム

$i = 2$: 電動機フレーム

$$q_H = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H \leq Z_b$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H > Z_b$$

(c) 電動機台に生じる応力

イ. 曲げ応力

電動機台に生じる曲げ応力 σ_b は次式より算出される。

(イ) 風による水平荷重によって電動機台に作用するモーメント M_1

$$M_1 = W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2}$$

(ロ) 鉛直荷重により電動機台に作用するモーメント M_2

$$M_2 = (F_v + F_c + F_b) \cdot \frac{B_1}{2}$$

(ハ) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M_1 + M_2}{Z}$$

ここで、

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{B_1^4 - B_2^4}{B_1}$$

ロ. 圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{F_v + F_c + F_b}{S}$$

ここで、

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (B_1^2 - B_2^2)$$

電動機台の断面図を図 5-4 に示す。

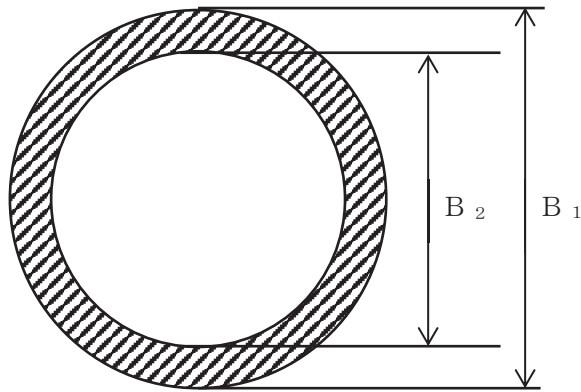


図 5-4 電動機台の断面図

(d) 電動機フレームに生じる応力

イ. 曲げ応力

電動機フレームに生じる曲げ応力 σ_b' は次式より算出される。

(イ) 風（台風）による水平荷重により電動機フレームに作用するモーメント M_1'

$$M_1' = W_2 \cdot h$$

(ロ) 鉛直荷重により電動機フレームに作用するモーメント M_2'

$$M_2' = (F_v + F_c) \cdot \frac{B_3}{2}$$

(ハ) 電動機フレームに作用する曲げモーメント M'

$$M' = M_1' + M_2'$$

(ニ) 曲げ応力

$$\sigma_b' = \frac{M'}{Z'}$$

ここで,

$$\text{原子炉補機冷却海水ポンプのとき } Z' = \frac{1}{6} \cdot \frac{B_3^4 - B_4^4}{B_3}$$

$$\text{高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプのとき } Z' = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{B_3^4 - B_4^4}{B_3}$$

ロ. 圧縮応力

電動機フレームに生じる圧縮応力 σ_c' は次式より算出される。

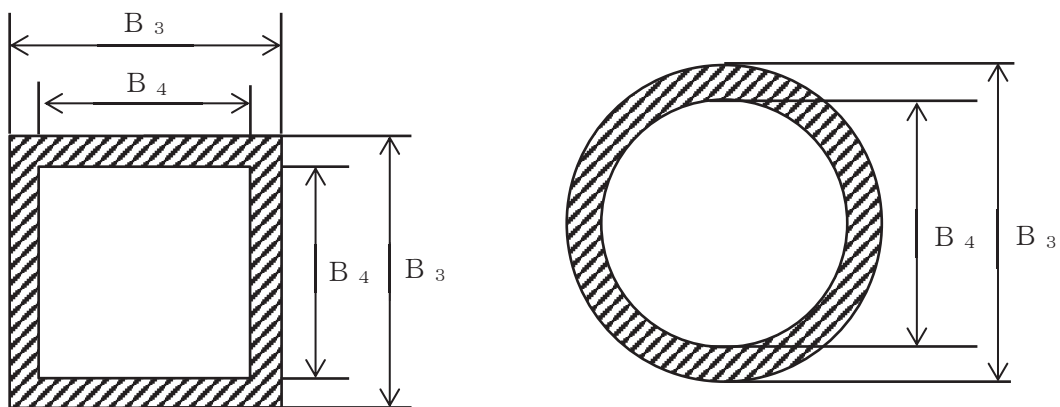
$$\sigma_c' = \frac{F_v + F_c}{S'}$$

ここで、

$$\text{原子炉補機冷却海水ポンプのとき } S' = B_3^2 - B_4^2$$

$$\text{高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプのとき } S' = \frac{\pi}{4} \cdot (B_3^2 - B_4^2)$$

電動機フレームの断面図を図 5-5 に示す。



原子炉補機冷却海水ポンプ

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

図 5-5 電動機フレームの断面図

(e) 基礎ボルトに生じる応力

イ. 引張応力

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_{bi} は次式より算出される。

(イ) ボルトに対する引張力

$$F_{bi} = \frac{W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2} - (m_i + M_s + M_v) \cdot (1 - C_p) \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_i \cdot D_i}$$

ただし、 $F_{bi} \leq 0$ ならば引張力は発生しない。

$F_{bi} > 0$ ならば引張力は作用しているので、以下の引張応力の計算を行う。

(ロ) 引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}}$$

$$= \frac{W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2} - (m_i + M_s + M_v) \cdot (1 - C_p) \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_i \cdot D_i} \cdot \frac{1}{A_{bi}}$$

ここで,

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$C_P = \frac{1}{2} \cdot h_p \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \right)^2 \cdot \frac{1}{g}$$

ロ. せん断応力

基礎ボルトに生じるせん断応力 $\tau_{b i}$ は次式より算出される。基礎ボルト全本数でせん断力を受けるものとして計算する。

(イ) ボルトに対するせん断力

$$Q_{b i} = W_1$$

(ロ) せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} = \frac{W_1}{n_i \cdot A_{b i}}$$

(f) 外扇カバー

イ. 曲げ応力

外扇カバーの天板に生じる応力は次式により算出される。

$$\sigma_{b'''} = \beta_1 \cdot \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

(g) 雨よけカバー

イ. 曲げ応力

雨よけカバーに生じる曲げ応力は次式により算出される。

$$\sigma_{b'''} = 1.24 \cdot \frac{p \cdot c^2}{t^2}$$

5.1.2 復水貯蔵タンク

(1) 評価条件

復水貯蔵タンクの強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 平底たて置円筒形容器の強度計算において、風荷重による影響が大きな胴板（下部）及び基礎ボルトは1質点系モデルとして強度評価式により評価し、降下火砕物等が堆積する屋根板及びその屋根板に接続する胴板（上部）はFEM解析により評価を行う。平底たて置円筒形容器モデル図を図5-6に示す。
- b. 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- c. 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重については、建築基準法施行令第86条に基づき、屋根の水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚により上載質量を算出し、屋根板表面積で除することにより入力荷重を算出し等分布荷重として保守的に設定する。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-3 に示す。

表 5-3 評価対象部位及び評価内容

施設名称	評価対象部位	評価内容
復水貯蔵タンク	屋根板	一次一般膜応力， 一次膜応力＋一次曲げ応力
	胴板（上部）	一次一般膜応力， 一次膜応力＋一次曲げ応力
	胴板（下部）	一次一般膜応力， 組合せ一次応力， 座屈
	基礎ボルト	引張，せん断，組合せ

(3) 強度評価方法（1質点系モデル）

a. 記号の定義

復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号を表 5-4 に示す。

表 5-4 復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
A_1	m^2	風の受圧面積 (風向に垂直な面に投影した面積)
A_b	mm^2	基礎ボルトの呼び径断面積
A_f	m^2	屋根板表面積
C	—	風力係数
C_c	—	基礎ボルト計算における係数
C_t	—	基礎ボルト計算における係数
D_c	mm	基礎ボルトのピッチ円直径
D_i	mm	胴の内径
D_{bi}	mm	ベースプレートの内径
D_{bo}	mm	ベースプレートの外径
E	MPa	胴の縦弾性係数
e	—	基礎ボルト計算における係数
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	—	建設省告示第 1454 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
f_b	MPa	曲げモーメントにより生じる座屈応力
F_c	N	基礎に作用する圧縮力
f_c	MPa	軸圧縮荷重により生じる座屈応力
F_d	N	常時作用する荷重
f_s	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での基礎ボルトの許容せん断応力
F_t	N	基礎ボルトに作用する引張力
f_t	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での基礎ボルトの許容引張応力
f_{ts}	MPa	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重

表 5-4 復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	m	全高
H _h	mm	液面高さ
k	—	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数
ℓ ₁ , ℓ ₂	mm	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離
ℓ _g	mm	容器重心までの高さ
M	N・mm	風荷重による曲げモーメント
m ₀	kg	容器の有効運転質量
m _e	kg	容器の空質量
m _s	kg	屋根板に加わる降下火砕物等の堆積による質量
n	—	基礎ボルトの本数
q	N/m ²	設計用速度圧
R _B	mm	胴平均半径
S	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される許容引張応力
s	—	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比
S ₀	MPa	屋根板又は胴板の一次一般膜応力の許容値
S ₁	MPa	屋根板又は胴板の一次膜応力＋一次曲げ応力の許容値
S _u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S _y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	胴板の厚さ
t ₁	mm	基礎ボルト面積相当板幅
t ₂	mm	圧縮側基礎相当幅
V _D	m/s	基準風速
W	N	風(台風)による水平荷重
z	—	基礎ボルト計算における係数
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α ₁	—	座屈応力に対する安全率
α ₂	rad	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度

表 5-4 復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
η	—	R_B / t
η_1	—	$1200 \times g / F$
η_2	—	$8000 \times g / F$
η_3	—	$9600 \times g / F$
ν	—	ポアソン比
π	—	円周率
ρ_w	kg/mm ³	保有水の比重 (= 比重 $\times 10^{-6}$)
σ_0	MPa	胴に生じる組合せ一次一般膜応力
σ_{0c}	MPa	胴に生じる組合せ一次一般膜応力 (圧縮)
σ_{0t}	MPa	胴に生じる組合せ一次一般膜応力 (引張)
σ_1	MPa	胴に生じる組合せ一次応力
σ_b	MPa	基礎ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	基礎に生じる圧縮応力
σ_{x1}	MPa	静水頭により胴に生じる軸方向応力
σ_{x2}	MPa	自重 (空質量) 及び降下火砕物等の堆積による荷重により胴に生じる軸方向応力
σ_{x4}	MPa	風荷重により胴に生じる軸方向応力
σ_{xbs}	MPa	曲げモーメントにより生じる圧縮応力
σ_{xc}	MPa	胴に生じる軸方向応力の和 (圧縮)
σ_{xcs}	MPa	軸圧縮荷重により生じる圧縮応力
σ_{xt}	MPa	胴に生じる軸方向応力の和 (引張)
σ_ϕ	MPa	胴に生じる周方向応力の和
$\sigma_{\phi 1}$	MPa	静水頭により胴に生じる周方向応力
τ	MPa	風荷重により胴に生じるせん断応力
τ_b	MPa	基礎ボルトに生じるせん断応力
$\phi_b(x)$	—	座屈応力 f_b を算出する際の関数
$\phi_c(x)$	—	座屈応力 f_c を算出する際の関数

b. 計算モデル

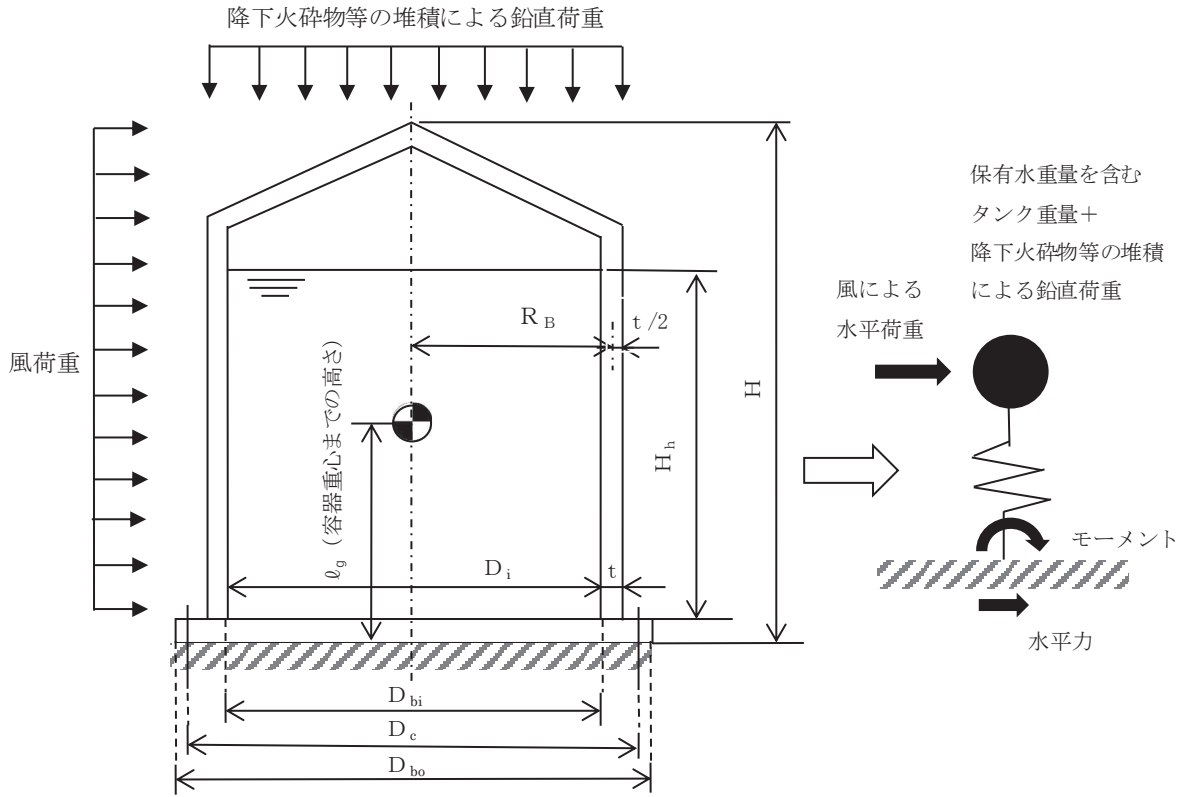


図 5-6 平底たて置円筒形容器モデル図

c. 応力計算

(a) 鉛直方向荷重

イ. 降下火砕物等堆積による屋根板に作用する鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_f$$

$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot (D_i + 2 \cdot t)^2$$

ロ. 屋根板に加わる降下火砕物等の堆積による質量

1 質点モデル系では、タンク質量に上記鉛直荷重分の質量を加えることとする。

よって、屋根板の堆積質量 m_s は以下となる。

$$m_s = \frac{F_v}{g}$$

(b) 水平方向荷重

イ. 受圧面積

$$A_1 = H \cdot (D_i + 2 \cdot t)$$

ロ. 風荷重

$$W = q \cdot C \cdot A_1$$

ここで

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

タンク全高Hが5 m以上であるため、Hが Z_b を超える場合の式を用いる。

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha$$

ハ. 風荷重による曲げモーメント

$$M = W \cdot \ell_g$$

このとき、タンク重心高さ ℓ_g はタンク全高Hの半分とする。

(c) 胴に生じる応力

イ. 静水頭により胴に生じる応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{10^{-6} \cdot \rho_w \cdot g \cdot H_h \cdot D_i}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

ロ. 自重（空質量）と降下火砕物等の堆積による荷重により胴に生じる軸方向応力

$$\sigma_{x 2} = \frac{(m_e + m_s) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

ハ. 風荷重により生じる応力

風荷重の曲げモーメントにより胴に生じる軸方向応力

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t}$$

風荷重により胴に生じるせん断応力

$$\tau = \frac{2 \cdot W}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

ニ. 胴に生じる組合せ一次一般膜応力及び組合せ一次応力

(イ) 組合せ引張応力

胴に生じる周方向応力の和（引張）

$$\sigma_\phi = \sigma_{\phi 1}$$

胴に生じる軸方向応力の和（引張）

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} - \sigma_{x2} + \sigma_{x4}$$

胴に生じる組合せ一次一般膜応力（引張）

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{\phi} + \sigma_{xt}) + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

(ロ) 組合せ圧縮応力

胴に生じる周方向応力の和（圧縮）

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1}$$

胴に生じる軸方向応力の和（圧縮）

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4}$$

σ_{xc} が正の値（圧縮側）のとき，胴に生じる組合せ一次一般膜応力（圧縮）

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{\phi} + \sigma_{xc}) + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

(ハ) 組合せ応力

胴に生じる組合せ一次一般膜応力

$$\sigma_0 = \text{Max} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \right\}$$

組合せ一次応力は組合せ一次一般膜応力と同じ値になる。

ホ. 軸圧縮荷重及び曲げモーメントにより生じる圧縮応力

軸圧縮荷重により生じる圧縮応力

$$\sigma_{xcs} = \sigma_{x2}$$

曲げモーメントにより生じる圧縮応力

$$\sigma_{xbs} = \sigma_{x4}$$

(d) 胴の座屈評価

イ. 軸圧縮荷重により生じる座屈応力 f_c

$$f_c = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \{F - \phi_c(\eta_2)\} \cdot (\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ \phi_c(\eta) & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで,

$$\phi_c(\eta) = 0.6 \cdot \frac{E}{\eta} \cdot \left[1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

ロ. 曲げモーメントにより生じる座屈応力 f_b

$$f_b = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \cdot \left[1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \{F - \phi_b(\eta_3)\} \cdot (\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \\ \phi_b(\eta) & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで,

$$\phi_b(\eta) = 0.6 \cdot \frac{E}{\eta} \cdot \left[1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

ハ. 安全率 α_1

安全率は、各荷重の組合せに対して

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13600 \cdot g} \cdot (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ 1.5 & (\eta_2 \leq \eta) \end{cases}$$

ここで,

$$\eta = \frac{R_B}{t}, \quad \eta_1 = \frac{1200 \cdot g}{F}, \quad \eta_2 = \frac{8000 \cdot g}{F}, \quad \eta_3 = \frac{9600 \cdot g}{F}$$

二. 座屈評価

以下の式により評価を行う。

$$\frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xcs}}{f_c} + \frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xbs}}{f_b} \leq 1$$

(e) 基礎ボルトの計算方法

イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_b = \frac{W}{n \cdot A_b}$$

ロ. 基礎ボルトに生じる引張応力

風荷重により作用する転倒モーメント M が作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。

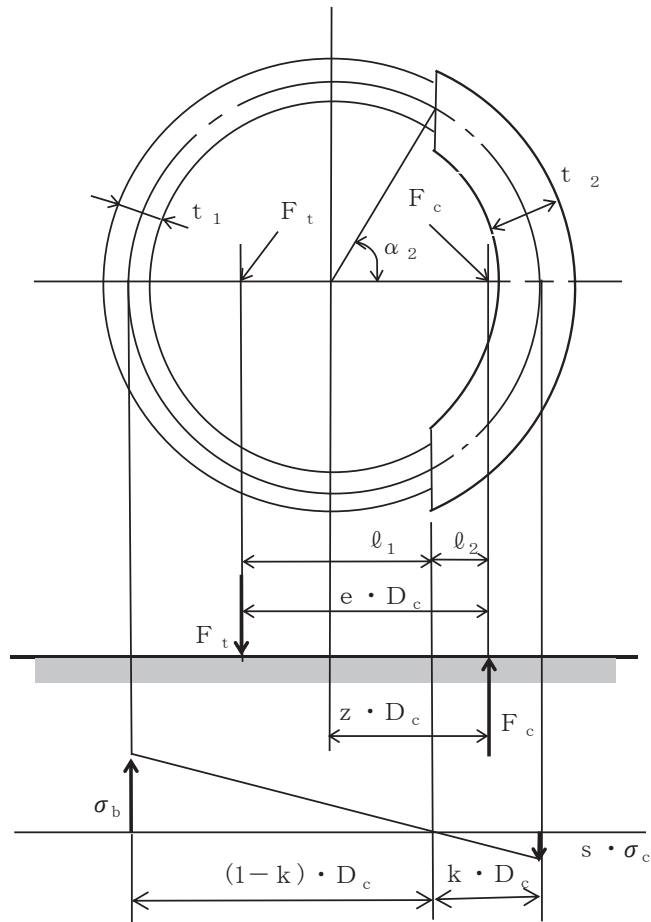


図 5-7 基礎の荷重説明図

(イ) σ_b 及び σ_c を仮定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数 k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}}$$

(ロ) 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 α_2 を求める。

$$\alpha_2 = \cos^{-1}(1 - 2 \cdot k)$$

(ハ) 各定数 e , z , C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha_2) \cdot \cos^2 \alpha_2 + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha_2) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2}{(\pi - \alpha_2) \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2} \right.$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left(\cos \alpha_2 + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha_2 - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \alpha_2 \cdot \cos^2 \alpha_2}{\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2} \right)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{(\pi - \alpha_2) \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2\}}{1 + \cos \alpha_2}$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2)}{1 - \cos \alpha_2}$$

(二) 各定数を用いて F_t 及び F_c を求める。

$$F_t = \frac{M - (m_0 + m_s) \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c}$$

$$F_c = F_t + (m_0 + m_s) \cdot g$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α_2 が π に等しくなったときであり、 α_2 を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 及び $z = 0.25$ を求める式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

(ホ) σ_b 及び σ_c を求める。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t}$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c}$$

ここで、

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c}$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{b_o} - D_{b_i}) - t_1$$

σ_b 及び σ_c が (イ) にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の σ_b 及び σ_c を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

5.2 建屋等

5.2.1 建屋

(1) 評価条件

建屋の強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重を短期荷重として評価する。
- b. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重として 3067 N/m²、風荷重については基準風速 30 m/s を考慮する。
- c. 風荷重の算出は、建屋の形状を考慮して算出した風力係数及び受圧面積に基づき実施し、受圧面積算定において、隣接する建屋の遮断効果による面積の低減は考慮しない。
- d. 水平方向の風荷重が作用した場合、屋根に対し鉛直上向きの荷重が働き下向き荷重は低減されるため、屋根面の評価においては、保守的に水平方向の風荷重は考慮しない。
- e. 質点系解析モデルの復元力特性の設定においては、鉛直荷重の増加による軸力を考慮するとせん断力や曲げモーメントの第 1 折点の増大が見込まれるため、耐震壁の評価においては、保守的に降下火砕物等堆積による鉛直荷重は考慮しない。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-5 に示す。

また、屋根スラブの評価位置を図 5-8~10 に、スラブの厚さ及び配筋の一覧を表 5-6~8 に示す。

表 5-5 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	評価内容
屋根スラブ	曲げ，せん断
耐震壁	変形

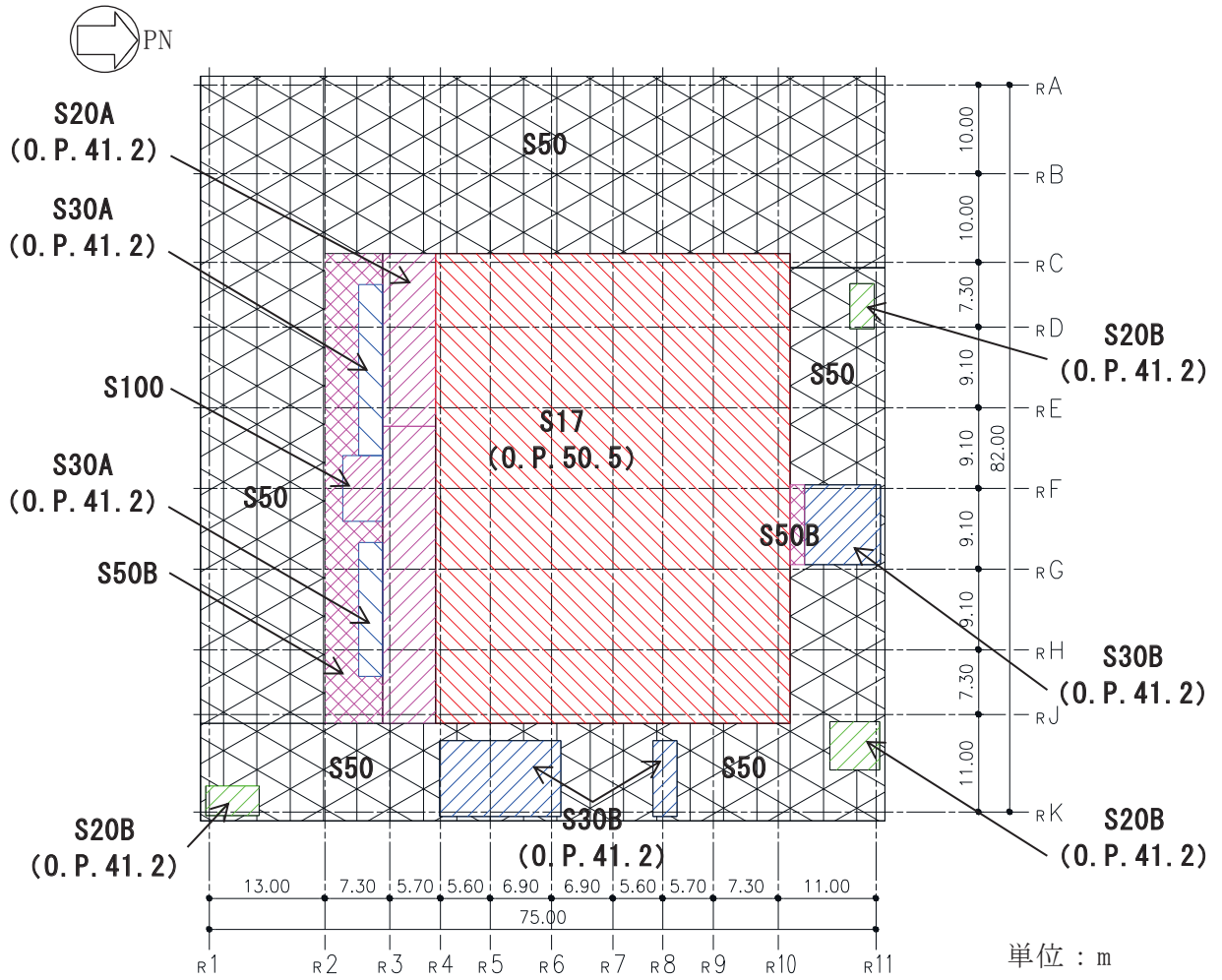


図 5-8 原子炉建屋 屋根スラブの位置図 (O.P. 33.2)

表 5-6 原子炉建屋 屋根スラブの厚さ及び配筋一覧

符号	O. P. (m)	スラブ厚 (mm)	配筋 (上下共)	
			NS 方向	EW 方向
S17	50.5	170	D16@200	D16@200
S20A	41.2	200	D16@200	D16@200
S20B*	41.2	200	D13@200	D13@200
S30A	41.2	300	D19@200	D19@200
S30B*	41.2	300	D16@200	D16@200
S50	33.2	500	D19@200	D19@200
S50B	33.2	500	D25@200	D25@200
S100	33.2	1000	D25@200	D25@200

注記*：ペントハウス上部屋根スラブ (S20B, S30B) はデッキ合成スラブ構造であり配筋は上端筋のみ。

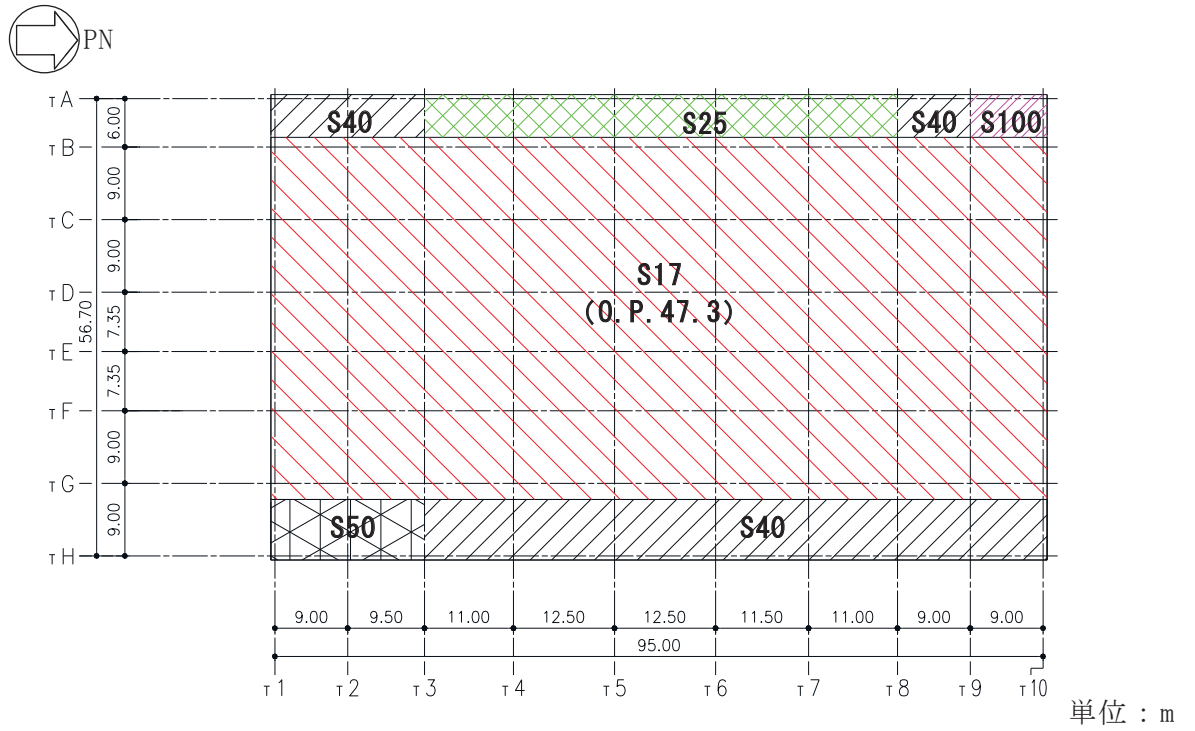


図 5-9 タービン建屋 屋根スラブの位置図 (O.P. 32.8)

表 5-7 タービン建屋 屋根スラブの厚さ及び配筋一覧

符号	O.P. (m)	スラブ厚 (mm)	配筋 (上下共)	
			NS 方向	EW 方向
S17	47.3	170	D16@200	D16@200
S25	32.8	250	D19@200	D19@200
S40	32.8	400	D25@200	D25@200
S50	32.8	500	D19@200	D19@200
S100	32.8	1000	D35@200	D35@200

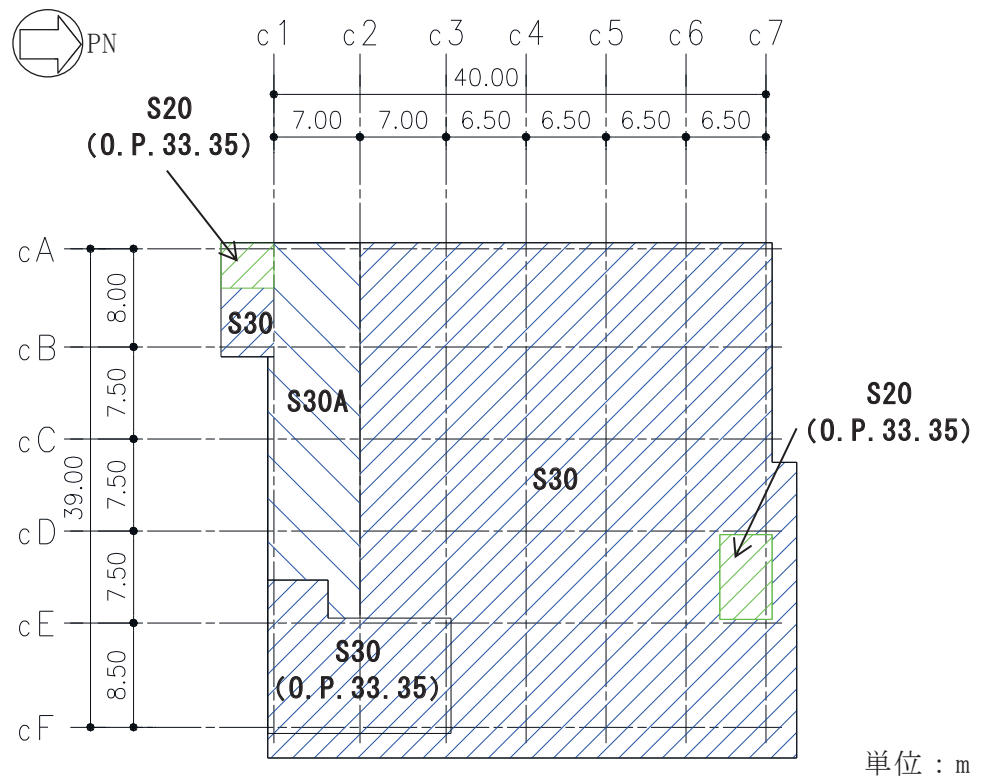


図 5-10 制御建屋 屋根スラブの位置図 (O.P. 29.15)

表 5-8 制御建屋 屋根スラブの厚さ及び配筋一覧

符号	O.P. (m)	スラブ厚 (mm)	配筋 (上下共)	
			NS 方向	EW 方向
S20	33.35	200	D13@200	D13@200
S30	29.15, 33.35	300	D16@200	D16@200
S30A	29.15	300	D19@200	D19@200

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

建屋の強度評価に用いる記号を表 5-9 に示す。

表 5-9 建屋の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_v'	N/m ²	単位面積あたりの降下火砕物堆積による鉛直荷重
F_d'	N/m ²	常時作用する荷重（コンクリートブロック撤去後）

b. 評価方法

「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえ、「4.2 許容限界」に示すとおり降下火砕物堆積等による鉛直荷重が、各建屋の屋根スラブの許容堆積荷重を超えないことを確認する。

比較においては、「4.2 許容限界」に示すとおり許容堆積荷重を算定する。

(4) 強度評価結果

屋根スラブの許容堆積荷重と降下火砕物堆積等による鉛直荷重の比較結果を表 5-10 に示す。

許容堆積荷重と降下火砕物堆積等による鉛直荷重との比（検定比）が全て 1.0 以下であり、降下火砕物堆積等による鉛直荷重が各建屋の各屋根スラブの許容堆積荷重を超えないことから、許容限界以下であることを確認した。

表 5-10 屋根スラブの許容堆積荷重と降下火砕物堆積等による鉛直荷重の比較結果

建屋	部位	設計時許容荷重 (N/m ²)		常時作用する荷重 F_d' (N/m ²)	許容堆積荷重 (N/m ²)	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重 F_v' (N/m ²)	検定比
		長期	短期				
原子炉建屋	屋根スラブ O.P. 50.5m	6275	9412	5295	4117	3067	0.75
	屋根スラブ O.P. 41.2m	6864	10296	5884	4412	3067	0.70
	屋根スラブ O.P. 33.2m	17945	26917	16965	9952	3067	0.31
タービン建屋	屋根スラブ O.P. 47.3m	6275	9412	5295	4117	3067	0.75
	屋根スラブ O.P. 32.8m	9119	13678	8139	5539	3067	0.56
制御建屋	屋根スラブ O.P. 33.35m	7158	10737	6178	4559	3067	0.68
	屋根スラブ O.P. 29.15m	10001	15001	9021	5980	3067	0.52

注記：各部位毎に最も検定比が厳しいスラブの結果を示す。

5.2.2 軽油タンク室，軽油タンク室（H）

軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の頂版については，耐震評価において，機器配管荷重に加え， 4900N/m^2 の荷重を積載荷重として考慮している。そのため，表 5-11 に示すとおり，想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重は，耐震評価で考慮する積載荷重を超えないことから，構造健全性は維持される。

表 5-11 頂版に対する降下火砕物及び積雪荷重と積載荷重

（単位： N/m^2 ）

降下火砕物及び積雪荷重	積載荷重（機器配管荷重以外）
3067	4900

(1) 評価条件

鋼製ハッチの強度評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 鉛直荷重によって一様な応力が発生する鋼製ハッチは，機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。4 辺支持等分布荷重モデル図を図 5-11 に示す。
- b. 計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- c. 降下火砕物等堆積による鉛直方向荷重については，鋼製ハッチの面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し入力荷重として設定する。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-12 に示す。

表 5-12 評価対象部位及び評価内容

施設名称	評価対象部位	評価内容
鋼製ハッチ	上蓋	曲げ

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

鋼製ハッチの強度評価に用いる記号を表 5-13 に示す。

表 5-13 鋼製ハッチの強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
a	mm	鋼製ハッチ上蓋の短辺の長さ
A_2	m ²	降下火砕物等の堆積面積
b	mm	鋼製ハッチ上蓋の長辺の長さ
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
f_b	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
F_d	N	鋼製ハッチ上蓋の自重による鉛直荷重
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m ²	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
g	m/s ²	重力加速度
m	kg	鋼製ハッチ上蓋質量
p	MPa	鋼製ハッチ上蓋評価時の等分布荷重
S_u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	鋼製ハッチ上蓋の厚さ
β_1	—	長方形板の最大応力係数
σ_b	MPa	鋼製ハッチ上蓋に発生する最大曲げ応力

b. 計算モデル

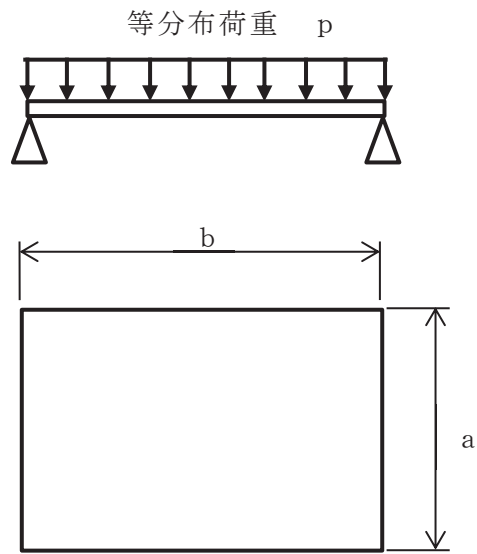


図 5-11 4 辺支持等分布荷重モデル図

c. 応力計算

(a) 鉛直方向荷重

イ. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

ここで,

$$A_2 = a \cdot b$$

ロ. 鋼製ハッチ上蓋質量による鉛直方向荷重

$$F_d = m \cdot g$$

(b) 応力評価

イ. 曲げ応力

$$\sigma_b = \beta_1 \cdot \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

ここで,

$$p = \frac{F_d + F_v}{A_2}$$

6. 適用規格

VI-1-1-2-4-1 においては、降下火砕物の影響を考慮する施設の設計に係る適用規格を示している。

これらのうち、各対象施設の強度評価に用いる規格、基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- (3) 宮城県建築基準法施行細則（昭和 46 年 3 月 30 日 宮城県規則第 21 号）
- (4) 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー
- (5) 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー
- (6) 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- (7) 日本建築学会 2004 年 建築物荷重指針・同解説
- (8) 日本建築学会 2010 年 鋼構造限界状態設計指針・同解説
- (9) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (10) 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 4 6 0 1・補-1984）
- (11) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
- (12) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
- (13) 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）
- (14) 日本機械学会 1987 年 新版機械工学便覧

（参考文献）

- ・鉄骨 X 型ブレース架構の復元力特性に関する研究，日本建築学会構造工学論文集，Vol. 37B, pp. 303-316. 1991
- ・原子力発電所鉄骨屋根トラスの終局限界に関する研究，日本建築学会構造系論文集 第 76 巻 第 661 号，pp571-580，2011
- ・建築構造設計基準の資料（平成 27 年度 国土交通省）

VI-3-別添 2-1-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格	6
3. 強度評価方法	7
3.1 記号の定義	7
3.2 評価対象部位	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.4 許容限界	13
3.5 評価方法	15
4. 評価条件	21
5. 強度評価結果	23

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、原子炉補機冷却海水ポンプが降下火砕物等堆積時においても、送水機能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

原子炉補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、原子炉補機冷却海水ポンプの「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

原子炉補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外の海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置する。海水ポンプ室補機ポンプエリアの位置図を図 2-1 に示す。

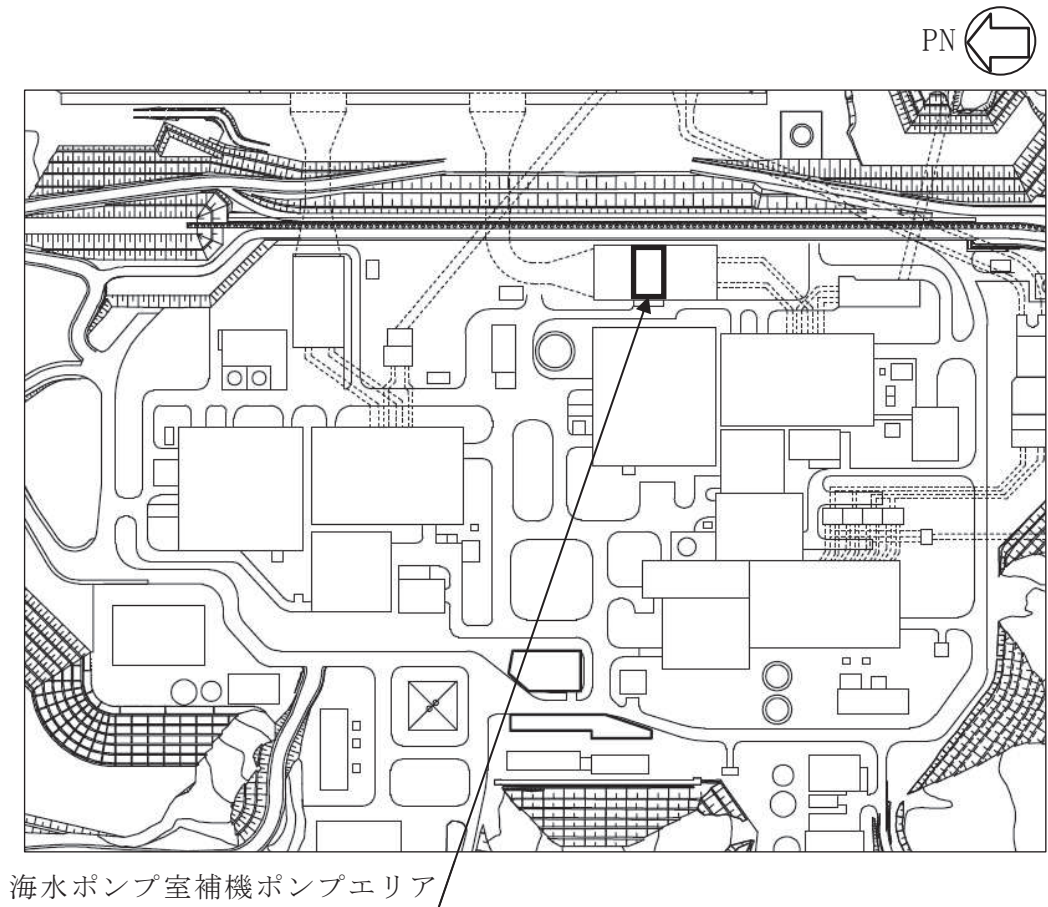


図 2-1 海水ポンプ室補機ポンプエリアの位置図

2.2 構造概要

原子炉補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

原子炉補機冷却海水ポンプは、ポンプ据付面から電動機台までのポンプ部と、電動機台より上部の電動機部からなる立形ポンプであり、同一設計の原子炉補機冷却海水ポンプ4台を設置している。降下火砕物等堆積による鉛直荷重及び風（台風）による水平荷重の影響を直接受ける据付位置より上部のポンプの概要図を図2-2に示す。

原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の形状は四角形を基本としたフレームに、主回路用端子箱が付加された形態であり、ポンプのスラスト荷重は全て電動機フレーム及び電動機台に作用する構造とする。原子炉補機冷却海水ポンプが風（台風）による水平荷重を受けることを想定する部位は、風の影響を受ける面積が大きい外扇カバー、空気冷却器、電動機フレーム及び電動機台とし、風圧力による水平荷重は外扇カバー、空気冷却器、電動機フレーム及び電動機台の投影面積を上回るような面積を設定し算出する。風（台風）による水平荷重を受けることを想定する面の概要図を図2-3、降下火砕物等が原子炉補機冷却海水ポンプに最も多く堆積することが想定される状態図を図2-4に示す。

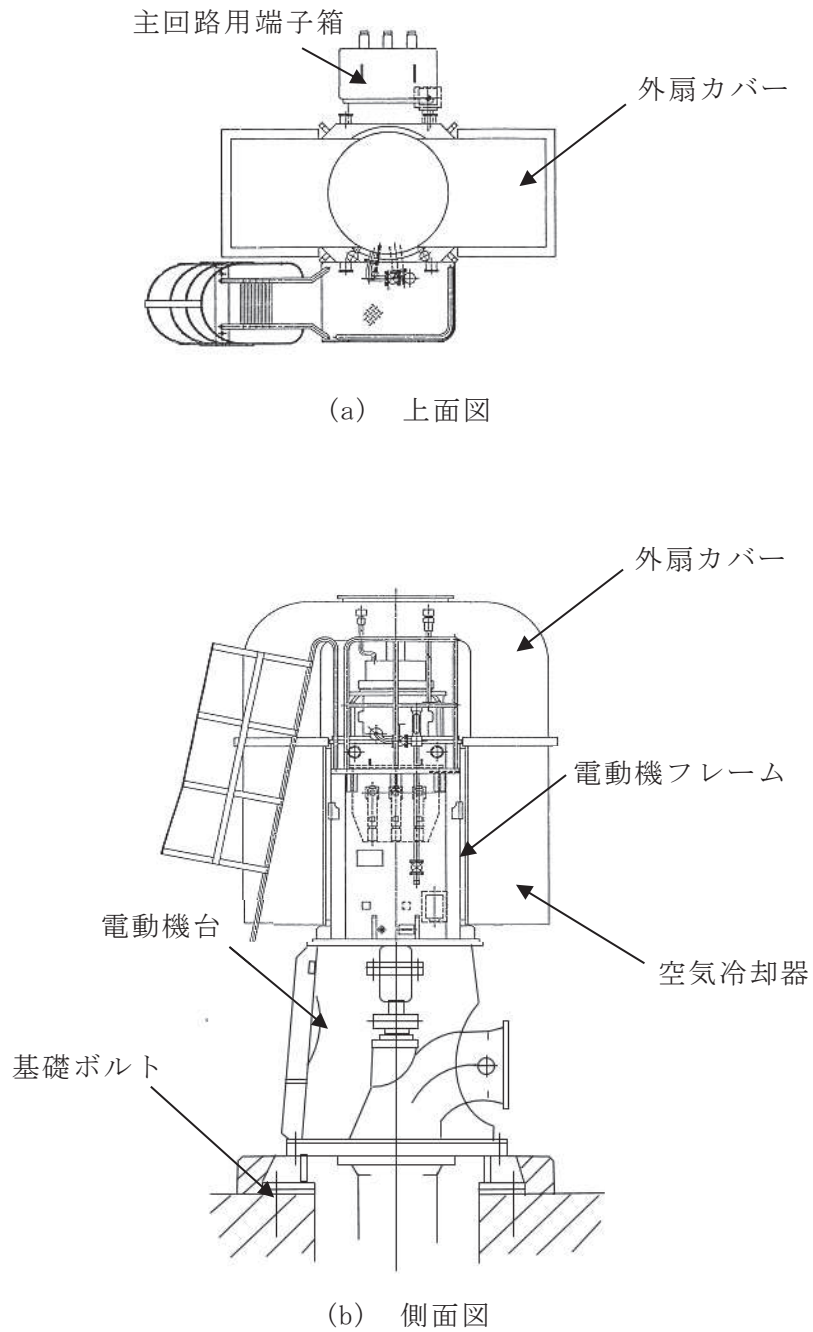

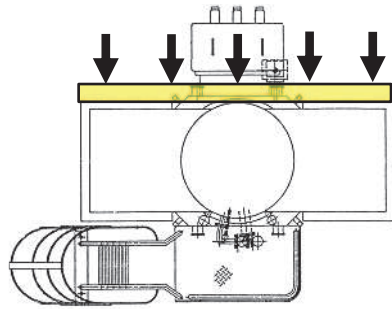


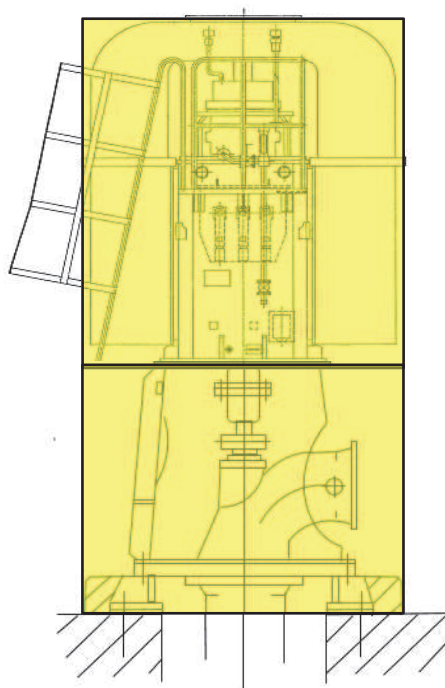
図 2-2 原子炉補機冷却海水ポンプの概要図

風（台風）による水平荷重の方向

 : 風（台風）による水平荷重を受けることを想定する面



(a) 上面図



(b) 側面図

図 2-3 風（台風）による水平荷重を受けることを想定する面の概要図

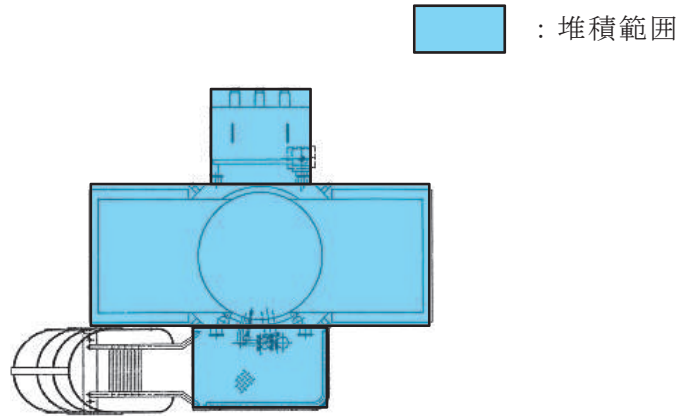


図 2-4 降下火砕物等の堆積状態図

2.3 評価方針

原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価フローを図2-5に示す。原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等堆積による鉛直荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重については、ポンプ上面の投影面積に対し降下火砕物等が堆積した場合を設定する。また、風（台風）による水平荷重は水平方向より作用する外荷重という観点で地震荷重と同様なものと考え、「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 4 6 0 1・補-1984）」、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）における1質点系モデルによる評価方法を準用し、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界であ

る， J E A G 4 6 0 1 の許容応力状態Ⅲ_ASとする。

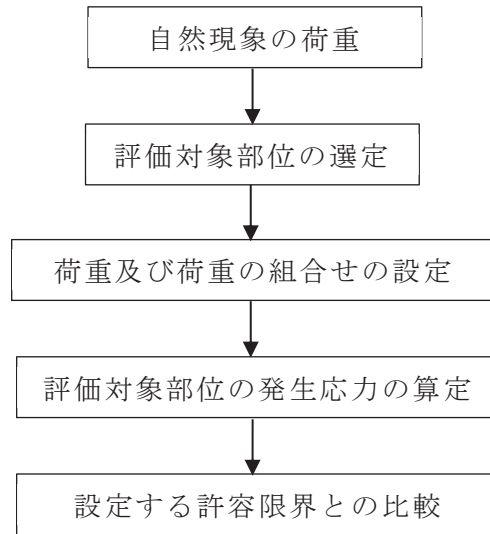


図2-5 原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）
- (3) 宮城県 建築基準法施行細則（昭和46年3月30日 宮城県規則第21号）
- (4) 日本建築学会 2004年 建築物荷重指針・同解説
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (6) 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 A E G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針（J A E G 4 6 0 1 -1991 追補版）
- (8) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）
- (9) 日本機械学会 1987年 新版機械工学便覧

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
A_{11}	m^2	電動機台及び電動機フレームの受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_{12}	m^2	電動機フレームの受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_2	m^2	降下火砕物等の堆積面積
A_{bi}	mm^2	ボルトの断面積
a	mm	外扇カバー評価時の短辺の長さ
B	mm	風の受圧面積算出時のポンプ幅
b	mm	外扇カバー評価時の長辺の長さ
B_1	mm	電動機台外径
B_2	mm	電動機台内径
B_3	mm	電動機フレーム外寸
B_4	mm	電動機フレーム内寸
C	—	風力係数
C_p	—	ポンプ振動による震度
d	mm	ボルト呼び径
D_i	mm	ボルトのピッチ円の直径
E'	—	建設基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	—	建設省告示第 1454 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
F_b	N	電動機台の自重による軸方向荷重
f_b	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
F_{bi}	N	ボルトに対する引張力
F_c	N	電動機の自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重
f_c	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容圧縮応力
F_d	N	電動機の自重による軸方向荷重
F_p	N	ポンプスラストによる軸方向荷重
f_s	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容せん断応力
f_t	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容引張応力
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重

表 3-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	m	全高
h	mm	降下火砕物等堆積を考慮した取付面からの電動機重心高さ
H _M	mm	風の受圧面積算出時の電動機高さ
H _P	mm	風の受圧面積算出時の電動機台高さ
h _p	μm	予想最大全振幅
M	N・mm	電動機台に作用する曲げモーメント
M'	N・mm	電動機フレームに作用する曲げモーメント
M ₁	N・mm	風荷重により電動機台に作用する曲げモーメント
M ₁ '	N・mm	風荷重により電動機フレームに作用する曲げモーメント
M ₂	N・mm	鉛直荷重により電動機台に作用する曲げモーメント
M ₂ '	N・mm	鉛直荷重により電動機フレームに作用する曲げモーメント
M _b	kg	電動機台の質量
m _i	kg	ボルトに加わる機器質量
M _m	kg	電動機の質量
M _s	kg	ポンプスラスト
M _v	kg	機器に加わる降下火砕物等堆積物の質量
N	rpm	回転数
n _i	—	ボルトの本数
p	N/m ²	外扇カバー評価時の等分布荷重
Q _{b i}	N	ボルトに対するせん断力
q _H	N/m ²	設計用速度圧
S	mm ²	電動機台の断面積
S'	mm ²	電動機フレームの断面積
S _u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S _y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	外扇カバー評価時の天板の厚さ
V _D	m/s	基準風速
W ₁	N	電動機台及び電動機フレームに対する風（台風）による水平荷重
W ₂	N	電動機フレームに対する風（台風）による水平荷重

表 3-1 原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
Z	mm^3	電動機台の断面係数
Z'	mm^3	電動機フレームの断面係数
Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
β_1	—	長方形板の最大応力係数
π	—	円周率
σ_b	MPa	電動機台に生じる曲げ応力
σ_b'	MPa	電動機フレームに生じる曲げ応力
σ_b''	MPa	外扇カバーに発生する最大曲げ応力
σ_{bi}	MPa	ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	電動機台に生じる圧縮応力
σ_c'	MPa	電動機フレームに生じる圧縮応力
τ_{bi}	MPa	ボルトに生じるせん断応力

3.2 評価対象部位

原子炉補機冷却海水ポンプの評価対象部位は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、電動機台、電動機フレーム、外扇カバー及び基礎ボルトとする。

評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて設定している構造に基づき、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定している。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積する電動機上部の外扇カバー及び主回路用端子箱等を介して支持している電動機フレーム及び電動機台に作用し、電動機台を介して基礎ボルトに伝達する。

また、風（台風）による水平荷重は、外扇カバー、空気冷却器、電動機フレーム及び電動機台に作用し、電動機台を介して基礎ボルトに伝達する。さらに、ポンプのラスト荷重は全て電動機フレーム及び電動機台に作用する。

このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては、電動機フレーム、電動機台、外扇カバー及び基礎ボルトを評価対象部位とする。また、風（台風）による水平荷重に対しては、電動機フレーム、電動機台及び基礎ボルトを評価対象部位とする。

原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価における評価対象部位を図 3-1 に示す。

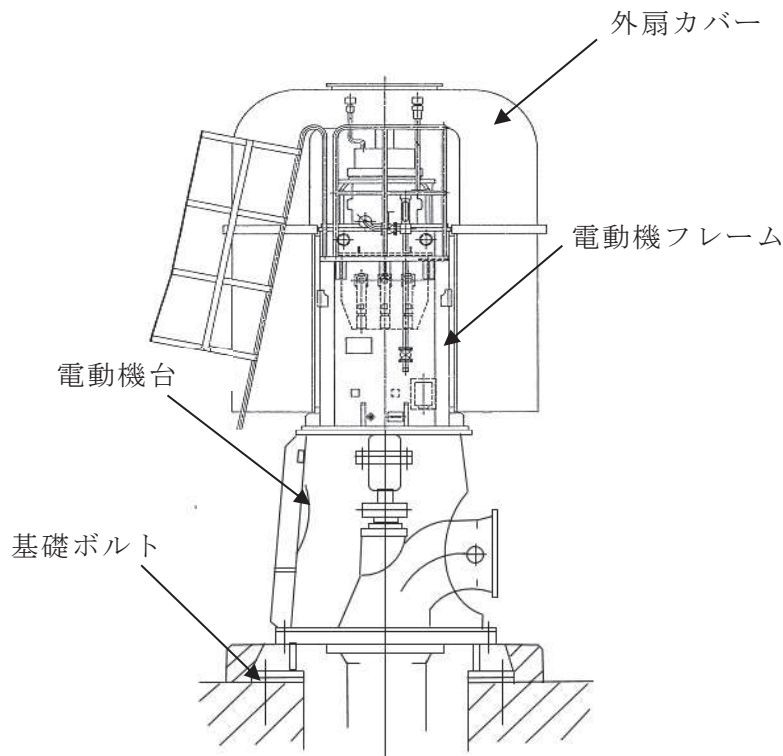


図 3-1 原子炉補機冷却海水ポンプの評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、電動機の自重を考慮する。

b. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重 (F_v')

単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、 3067 N/m^2 とする。

c. 風（台風）による水平荷重 (W_i)

風（台風）による水平荷重は、基準風速 30 m/s に基づき算定する。

風（台風）による水平荷重は添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(3)c. 水平荷重」に示す式に従い、算出する。

風（台風）による水平荷重は、風（台風）の影響を受ける面積が大きい外扇カバー、空気冷却器、電動機フレーム及び電動機台に発生する水平荷重を考慮する。なお、水平荷重は外扇カバー、空気冷却器、電動機フレーム及び電動機台に発生する水平荷重を包絡するような面積を設定し算出する。

風（台風）による水平荷重による W_i は以下のようにして求める。風（台風）による水平荷重の受圧面積を図 3-2 に示す。

$$W_i = q_H \cdot C \cdot A_{1i}$$

ここで、

$i = 1$: 電動機台及び電動機フレーム

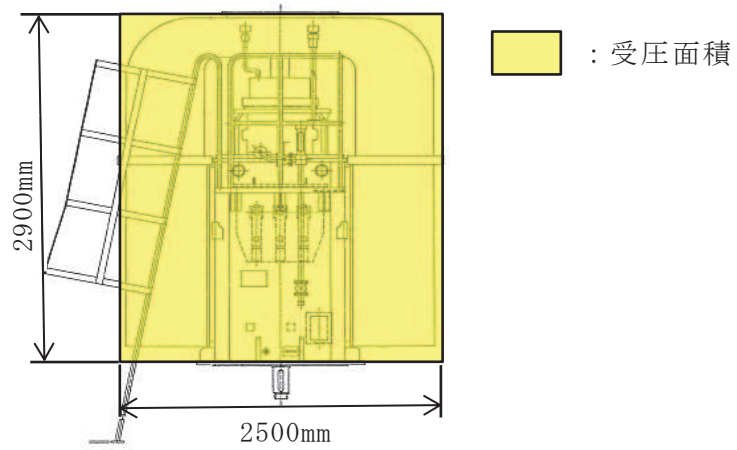
$i = 2$: 電動機フレーム

$$q_H = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

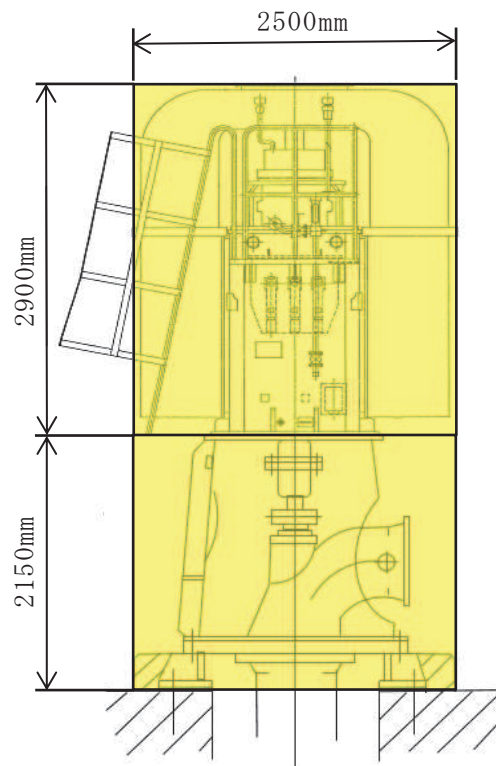
$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H \leq Z_b$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H > Z_b$$



(a) 電動機フレーム評価



(b) 電動機台及び基礎ボルト評価

図 3-2 風（台風）による水平荷重の受圧面積

d. 運転時の状態で作用する荷重 (F_p)

運転時の状態で作用する荷重は、鉛直下向きに働くポンプスラスト荷重を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、原子炉補機冷却海水ポンプの評価対象部位ごとに設定する。

原子炉補機冷却海水ポンプには、自重、降下火砕物堆積による鉛直荷重、風（台風）による水平荷重及びポンプスラスト荷重が作用する。

原子炉補機冷却海水ポンプの強度評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重
原子炉補機冷却海水ポンプ	電動機台	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ③風（台風）による水平荷重 ④ポンプスラスト荷重
	電動機フレーム	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ③風（台風）による水平荷重 ④ポンプスラスト荷重
	基礎ボルト	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ③風（台風）による水平荷重 ④ポンプスラスト荷重
	外扇カバー	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重

3.4 許容限界

原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえて、J E A G 4 6 0 1 に基づき許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を用いる。

原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2, 3 支持構造物」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表 Part5,6 の表にて許容応力を評価する際は、評価対象部位の周囲環境温度又は許容最高温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて評価する。ただし、設計・建設規格 付

録材料図表 Part5,6 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界を表 3-3、許容応力を表 3-4 に示す。

表 3-3 原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
電動機台	Ⅲ _A S	一次 応力	曲げ	1.5f _b
			圧縮	1.5f _c
電動機フレーム	Ⅲ _A S	一次 応力	曲げ	1.5f _b
			圧縮	1.5f _c
基礎ボルト	Ⅲ _A S	一次 応力	引張	1.5f _t
			せん断	1.5f _s
			組合せ	Min(1.5f _t , (2.1f _t -1.6τ _{bi}))
外扇カバー	Ⅲ _A S	一次 応力	曲げ	1.5f _b

表 3-4 原子炉補機冷却海水ポンプの許容応力

評価対象部位	材質	温度 条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	1.5f _c (MPa)	1.5f _b (MPa)	1.5f _t (MPa)	1.5f _s (MPa)
電動機台	SM400A	40* ¹	235	400	235	234	271	—	—
電動機 フレーム	SS400	155* ²	205	373	205	205	237	—	—
基礎ボルト	SCM435	40* ¹	785	930	651	—	—	488	375
外扇カバー	SS400	40* ¹	245	400	245	—	282	—	—

注記 *1: 周囲環境温度

*2: 電動機の耐熱クラス F 種における許容最高温度

3.5 評価方法

原子炉補機冷却海水ポンプの応力評価は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

(1) 評価モデル

降下火砕物等堆積による鉛直荷重，ポンプスラスト荷重（鉛直荷重）及び自重（鉛直荷重）並びに風（台風）による水平荷重に対する，電動機フレーム，電動機台及び基礎ボルトの構造健全性を 1 質点系モデルとして計算を行う。ここで，荷重の作用点は評価上高さの 1/2 とする。原子炉補機冷却海水ポンプの 1 質点系モデル図を図 3-3 及び図 3-4 に示す。

鉛直荷重によって一様な応力が発生する外扇カバーは，上面を 4 辺支持の平板として評価を行う。評価モデルを図 3-5 に示す。

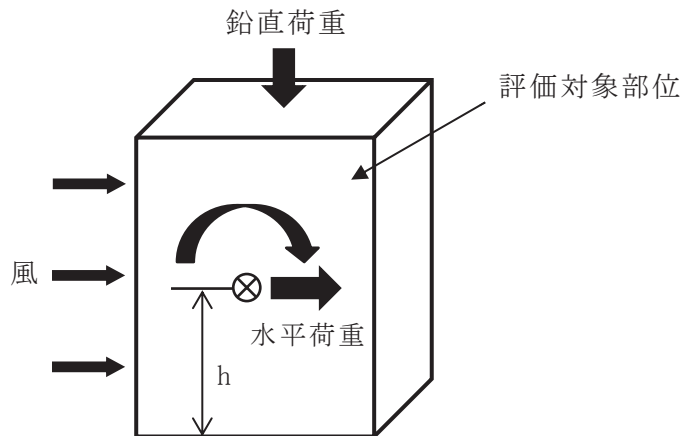


図 3-3 1 質点系モデル図（電動機フレーム）

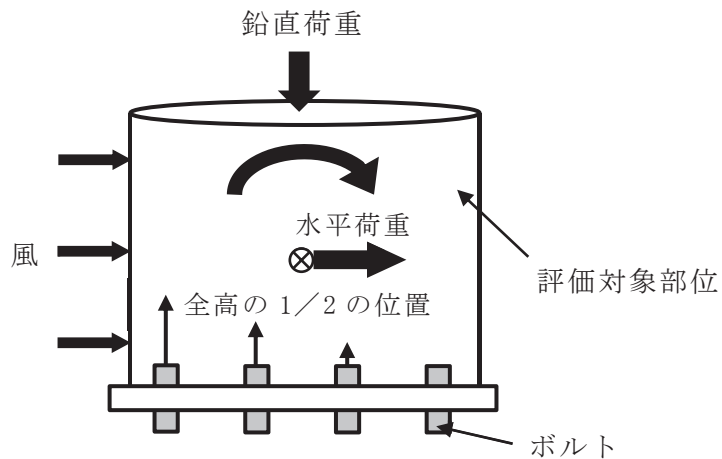


図 3-4 1 質点系モデル図（電動機台及び基礎ボルト）

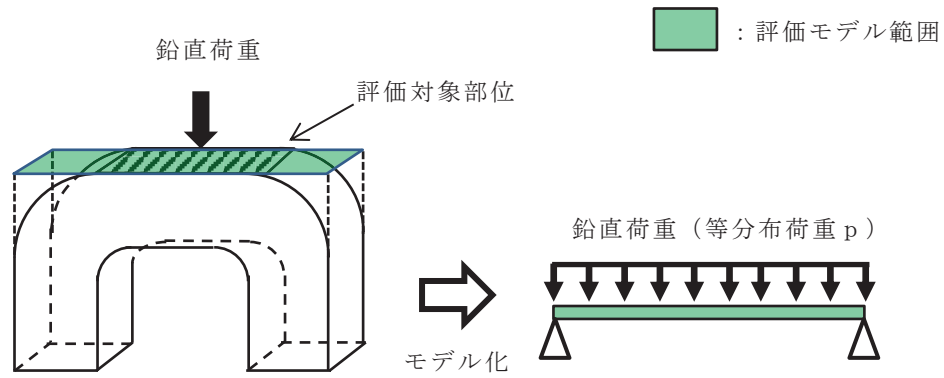


図 3-5 外扇カバーのモデル図

(2) 評価方法

a. 鉛直方向荷重

(a) 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

降下火砕物等堆積による鉛直荷重を算出するにあたり，考慮する降下火砕物等堆積範囲を図 3-6 に示す。堆積範囲の面積は，降下火砕物等が堆積する形状である外扇カバー，主回路用端子箱及び作業架台の面積を包絡するものとする。

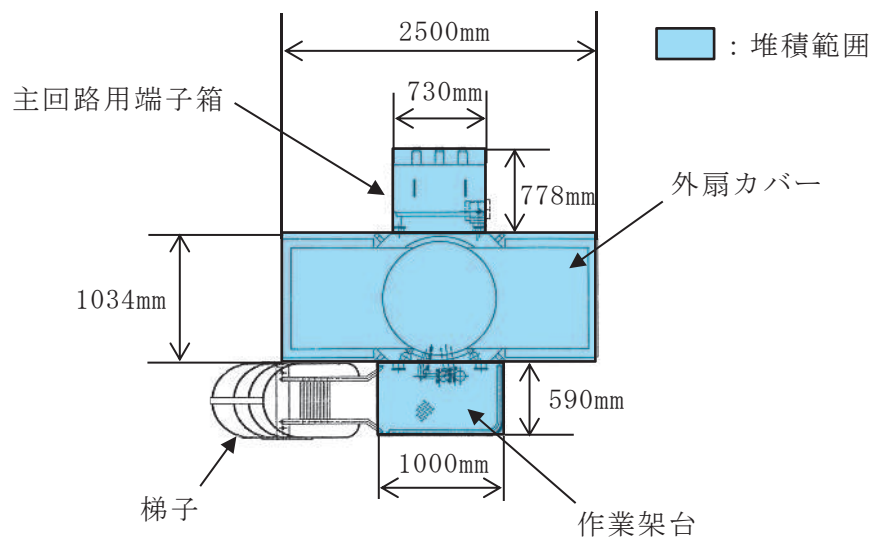


図 3-6 考慮する降下火砕物等堆積範囲

(b) 電動機台，電動機フレーム及び基礎ボルトに作用する鉛直荷重

イ. 電動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

$$F_c = M_m \cdot g + M_s \cdot g$$

ロ. 電動機台による鉛直荷重

$$F_b = M_b \cdot g$$

b. 応力評価

(a) 電動機台に生じる応力

イ. 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M_1 + M_2}{Z}$$

ここで，水平荷重及び鉛直荷重によるモーメント M_1 ， M_2 は以下の式より求める。

$$M_1 = W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2}$$

$$M_2 = (F_v + F_c + F_b) \cdot \frac{B_1}{2}$$

また，電動機台の断面係数 Z は

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{B_1^4 - B_2^4}{B_1}$$

ロ. 圧縮応力

電動機台に生じる圧縮応力 σ_c は次式より算出される。

$$\sigma_c = \frac{F_v + F_c + F_b}{S}$$

ここで，

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (B_1^2 - B_2^2)$$

電動機台の断面図を図 3-7 に示す。

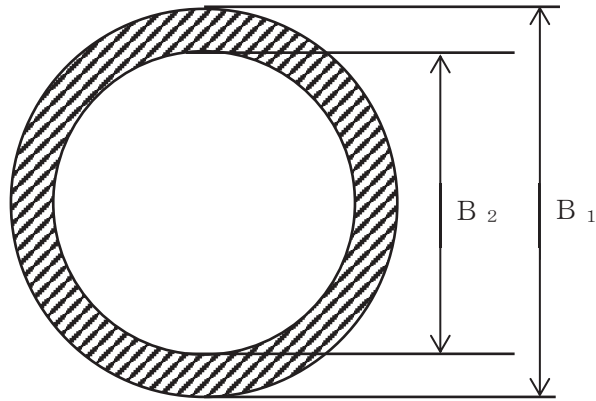


図 3-7 電動機台の断面図

(b) 電動機フレームに生じる応力

イ. 曲げ応力

電動機フレームに生じる曲げ応力 σ_b' は次式より算出される。

(イ) 風(台風)による水平荷重により電動機フレームに作用するモーメント M_1'

$$M_1' = W_2 \cdot h$$

(ロ) 鉛直荷重により電動機フレームに作用するモーメント M_2'

$$M_2' = (F_v + F_c) \cdot \frac{B_3}{2}$$

(ハ) 電動機フレームに作用する曲げモーメント M'

$$M' = M_1' + M_2'$$

(ニ) 曲げ応力

$$\sigma_b' = \frac{M'}{Z'}$$

ここで,

$$Z' = \frac{1}{6} \cdot \frac{B_3^4 - B_4^4}{B_3}$$

ロ. 圧縮応力

電動機フレームに生じる圧縮応力 σ_c' は次式より算出される。

$$\sigma_c' = \frac{F_v + F_c}{S'}$$

ここで,

$$S' = B_3^2 - B_4^2$$

電動機フレームの断面図を図 3-8 に示す。

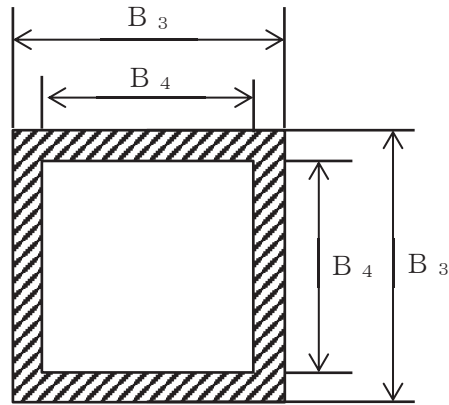


図 3-8 電動機フレームの断面図

(c) 基礎ボルトに生じる応力

イ. 引張応力

基礎ボルトに生じる引張応力 $\sigma_{b i}$ は次式より算出される。

(イ) 引張力

$$F_{b i} = \frac{W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2} - (m_i + M_s + M_v) \cdot (1 - C_p) \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_i \cdot D_i}$$

ただし、 $F_{b i} \leq 0$ ならば引張力は発生しない。

$F_{b i} > 0$ ならば引張力は作用しているので、以下の引張応力の計算を行う。

(ロ) 引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{b i} &= \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \\ &= \frac{W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2} - (m_i + M_s + M_v) \cdot (1 - C_p) \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_i \cdot D_i} \cdot \frac{1}{A_{b i}} \end{aligned}$$

ここで、

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$C_P = \frac{1}{2} \cdot h_p \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \right)^2 \cdot \frac{1}{g}$$

ロ. せん断応力

基礎ボルトに生じるせん断応力 $\tau_{b i}$ は次式より算出される。基礎ボルト全本数でせん断力を受けるものとして計算する。

(イ) せん断力

$$Q_{b i} = W_1$$

(ロ) せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} = \frac{W_1}{n_i \cdot A_{b i}}$$

基礎ボルトの配置図を図 3-9 に示す。

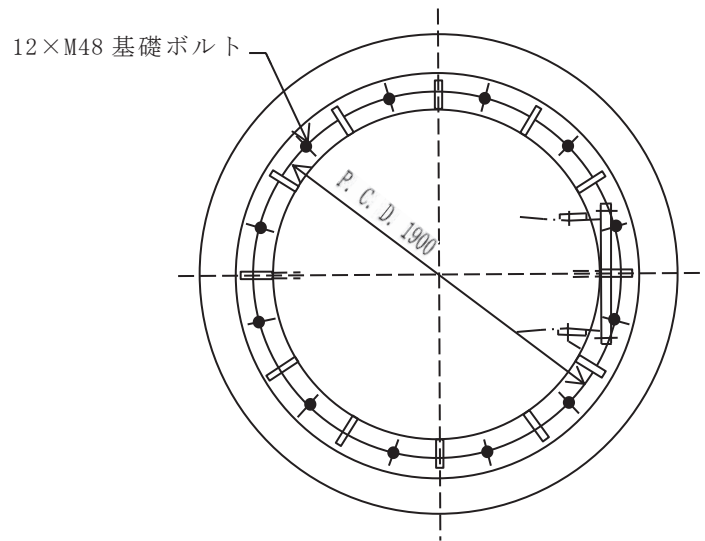


図 3-9 基礎ボルトの配置図

(e) 外扇カバー

イ. 曲げ応力

外扇カバーの天板に生じる応力は次式により算出される。

$$\sigma_{b'} = \beta_1 \cdot \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

外扇カバーの応力評価モデルを図 3-10 に示す。

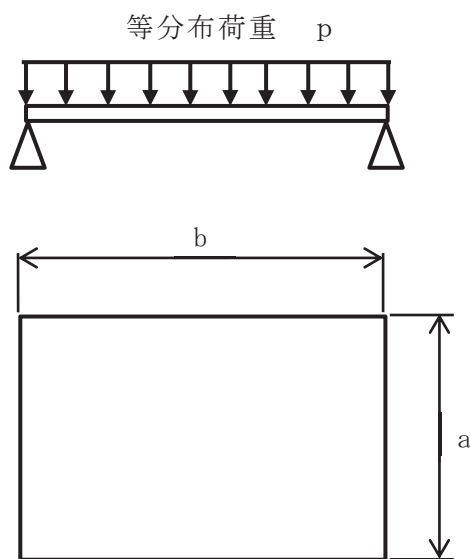


図 3-10 外扇カバーの曲げ応力評価モデル図

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1～表 4-4 に示す。

表 4-1 評価条件

G	C	V_D	q_H	Z_b	Z_G	α
(-)	(-)	(m/s)	(N/m ²)	(m)	(m)	(-)
2.2	2.4	30	963 (960*)	5	350	0.15

F_v' (N/m ²)	g (m/s ²)
3067	9.80665

注記 * : 電動機フレームの評価条件

表 4-2 評価条件 (電動機フレーム, 電動機台)

A_{11} (m^2)	A_{12} (m^2)	A_2 (m^2)	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)	B_4 (mm)
12.63	7.250	3.743	1308	1270	<input type="text"/>	<input type="text"/>

B (mm)	H_P (mm)	H_M (mm)	M_b (kg)	M_m (kg)	M_s (kg)	h (mm)
2500	2150	2900	2100	6900	4300	825

表 4-3 評価条件 (基礎ボルト)

A_{bi} (mm^2)	n_i (-)	D_i (mm)	ボルト サイズ	h_p (μm)	N (rpm)	m_i (kg)
1810	12	1900	M48	80	750	28300

M_s (kg)	M_v (kg)
4300	1170

表 4-4 評価条件 (外扇カバー)

b (mm)	a (mm)	t (mm)	β_1 (-)	p (N/m^2)
2370	780	<input type="text"/>	0.72	3313

5. 強度評価結果

降下火砕物等堆積時の強度評価結果を表 5-1 に示す。

電動機台，電動機フレーム，基礎ボルト及び外扇カバーに発生する応力は，許容応力以下である。

表 5-1 原子炉補機冷却海水ポンプの評価結果

評価対象部位	材質	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
電動機台	SM400A	曲げ	7	271
		圧縮	2	234
電動機フレーム	SS400	曲げ	7	237
		圧縮	4	205
基礎ボルト	SCM435	引張	—*	488
		せん断	2	375
		組合せ	—	488
外扇カバー	SS400	曲げ	142	282

注記 * : $F_{bi} \leq 0$ であるため引張応力は発生しない。

VI-3-別添 2-1-2 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの
強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格	6
3. 強度評価方法	7
3.1 記号の定義	7
3.2 評価対象部位	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.4 許容限界	13
3.5 評価方法	15
4. 評価条件	21
5. 強度評価結果	22

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプが降下火砕物等堆積時においても、送水機能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの「2.1 位置」, 「2.2 構造概要」, 「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外の海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置する。海水ポンプ室補機ポンプエリアの位置図を図 2-1 に示す。

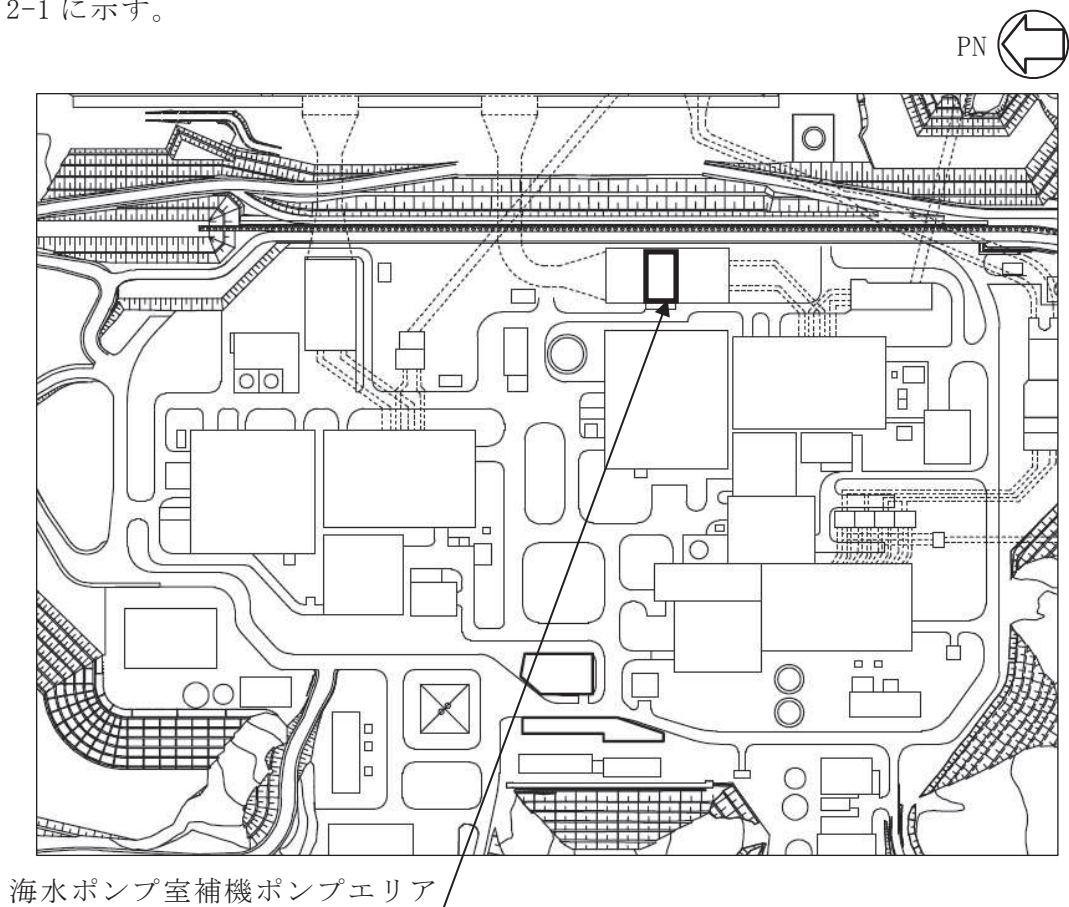


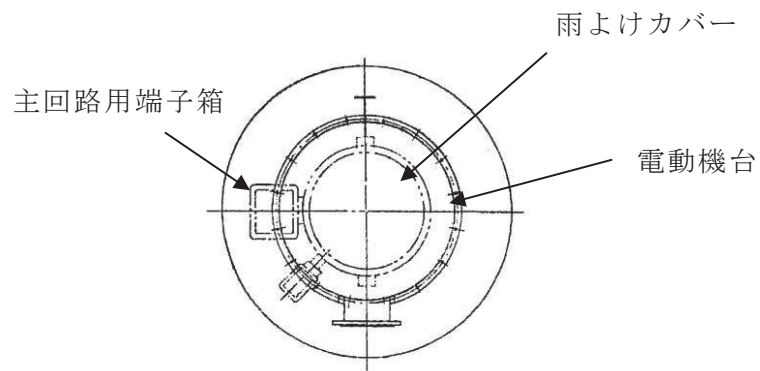
図 2-1 海水ポンプ室補機ポンプエリアの位置図

2.2 構造概要

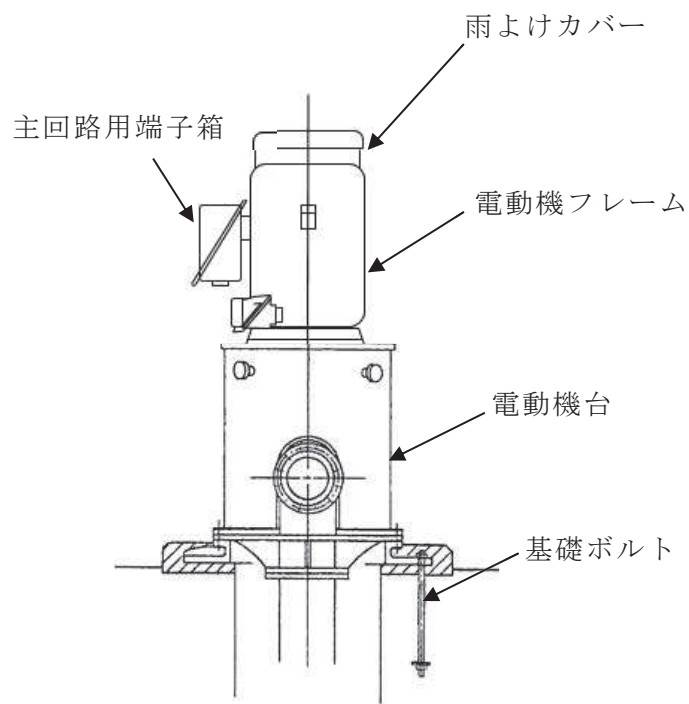
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、ポンプ据付面から電動機台までのポンプ部と、電動機台より上部の電動機部からなる立形ポンプであり、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ1台を設置している。降下火砕物等堆積による鉛直荷重及び風(台風)による水平荷重の影響を直接受ける据付位置より上部のポンプの概要図を図2-2に示す。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機の形状は円筒形を基本としたフレームに、主回路用端子箱等が付加された形態であり、ポンプのスラスト荷重は全て電動機フレーム及び電動機台に作用する構造とする。高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプが風(台風)による水平荷重を受けることを想定する部位は、風の影響を受ける面積が大きい主回路用端子箱、電動機フレーム及び電動機台とし、風圧力による水平荷重は主回路用端子箱、電動機フレーム及び電動機台の投影面積を上回るような面積を設定し算出する。風(台風)による水平荷重を受けることを想定する面の概要図を図2-3、降下火砕物等が高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプに最も多く堆積することが想定される状態図を図2-4に示す。




(a) 上面図

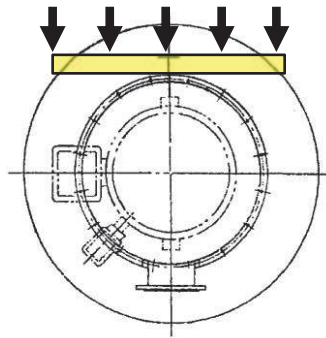


(b) 側面図

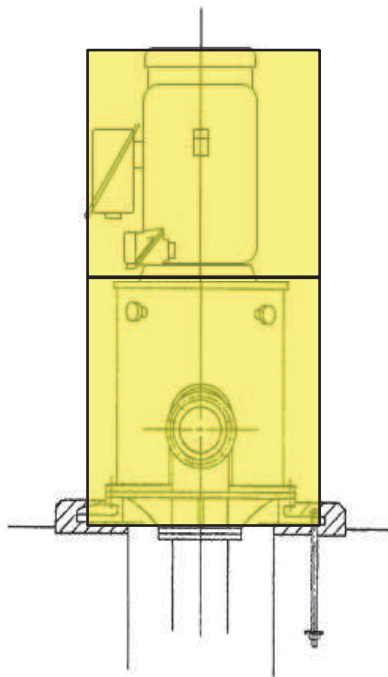
図 2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの概要図

風（台風）による水平荷重の方向

 : 風（台風）による水平荷重を受けることを想定する面



(a) 上面図



(b) 側面図

図 2-3 風（台風）による水平荷重を受けることを想定する面の概要図

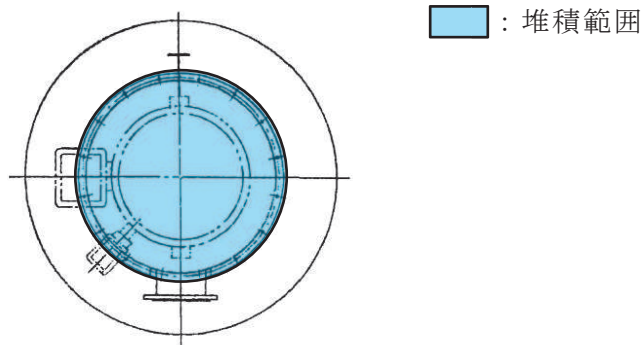


図 2-4 降下火砕物等の堆積状態図

2.3 評価方針

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価フローを図2-5に示す。高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等堆積による鉛直荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重については、ポンプ上面の投影面積に対し降下火砕物等が堆積した場合を設定する。また、風（台風）による水平荷重は水平方向より作用する外荷重という観点で地震荷重と同様なものと考え「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 4 6 0 1・補-1984）」、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）における1質点系モデルによる評価方法を準用し、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。原子炉補機冷却海水ポンプの許容限界は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、J E A G 4 6 0 1の許容応力状態Ⅲ_ASとする。

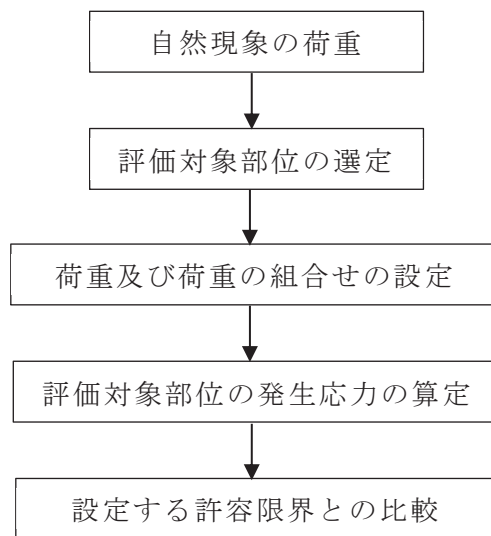


図2-5 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）
- (3) 宮城県 建築基準法施行細則（昭和46年3月30日 宮城県規則第21号）
- (4) 日本建築学会 2004年 建築物荷重指針・同解説
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (6) 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 A E G 4 6 0 1 ・
補-1984）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針（J A E G 4 6 0 1 -1991 追補版）
- (8) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（以下「設計・建設規格」という。）
- (9) 日本機械学会 1987年 新版機械工学便覧

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
A_{11}	m^2	電動機台及び電動機フレームの受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_{12}	m^2	電動機フレームの受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_2	m^2	降下火砕物等の堆積面積
A_{bi}	mm^2	ボルトの断面積
B	mm	風の受圧面積算出時のポンプ幅
B_1	mm	電動機台外径
B_2	mm	電動機台内径
B_3	mm	電動機フレーム外径
B_4	mm	電動機フレーム内径
C	—	風力係数
C_p	—	ポンプ振動による震度
c	mm	雨よけカバー評価時の天板の半径
d	mm	ボルト呼び径
D_i	mm	ボルトのピッチ円の直径
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	—	建設省告示第 1454 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
F_b	N	電動機台の自重による軸方向荷重
f_b	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
F_{bi}	N	ボルトに対する引張力
F_c	N	電動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重
f_c	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容圧縮応力
F_d	N	電動機の自重による軸方向荷重
F_p	N	ポンプスラストによる軸方向荷重
f_s	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容せん断応力
f_t	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容引張応力
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重

表 3-1 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	m	全高
h	mm	降下火砕物等堆積を考慮した取付面からの電動機重心高さ
H _M	mm	風の受圧面積算出時の電動機高さ
H _P	mm	風の受圧面積算出時の電動機台高さ
h _p	μm	予想最大全振幅
M	N・mm	電動機台に作用する曲げモーメント
M'	N・mm	電動機フレームに作用する曲げモーメント
M ₁	N・mm	風荷重により電動機台に作用する曲げモーメント
M ₁ '	N・mm	風荷重により電動機フレームに作用する曲げモーメント
M ₂	N・mm	鉛直荷重により電動機台に作用する曲げモーメント
M ₂ '	N・mm	鉛直荷重により電動機フレームに作用する曲げモーメント
M _b	kg	電動機台の質量
m _i	kg	ボルトに加わる機器質量
M _m	kg	電動機の質量
M _s	kg	ポンプスラスト
M _v	kg	機器に加わる降下火砕物等堆積物の質量
N	rpm	回転数
n _i	—	ボルトの本数
p	N/m ²	雨よけカバー評価時の等分布荷重
Q _{b i}	N	ボルトに対するせん断力
q _H	N/m ²	設計用速度圧
S	mm ²	電動機台の断面積
S'	mm ²	電動機フレームの断面積
S _u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S _y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	雨よけカバー評価時の天板の厚さ
V _D	m/s	基準風速
W ₁	N	電動機台及び電動機フレームに対する風(台風)による水平荷重
W ₂	N	電動機フレームに対する風(台風)による水平荷重

表 3-1 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる記号(3/3)

記号	単位	定義
Z	mm^3	電動機台の断面係数
Z'	mm^3	電動機フレームの断面係数
Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
π	—	円周率
σ_b	MPa	電動機台に生じる曲げ応力
σ_b'	MPa	電動機フレームに生じる曲げ応力
σ_b''	MPa	雨よけカバー天板に発生する最大曲げ応力
σ_{b_i}	MPa	ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	電動機台に生じる圧縮応力
σ_c'	MPa	電動機フレームに生じる圧縮応力
τ_{b_i}	MPa	ボルトに生じるせん断応力

3.2 評価対象部位

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの評価対象部位は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、電動機台、電動機フレーム、雨よけカバー及び基礎ボルトとする。

評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて設定している構造に基づき、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定している。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、最も多く降下火砕物が堆積する電動機上部の雨よけカバーを介して支持している電動機フレーム及び電動機台に作用し、電動機台を介して基礎ボルトに伝達する。

また、風（台風）による水平荷重は、電動機フレーム及び電動機台に作用し、電動機台を介して基礎ボルトに伝達する。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て電動機フレーム及び電動機台に作用する。

このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては、電動機フレーム、電動機台、雨よけカバー及び基礎ボルトを評価対象部位とする。また、風（台風）による水平荷重に対しては、電動機フレーム、電動機台及び基礎ボルトを評価対象部位とする。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価における評価対象部位を図 3-1 に示す。

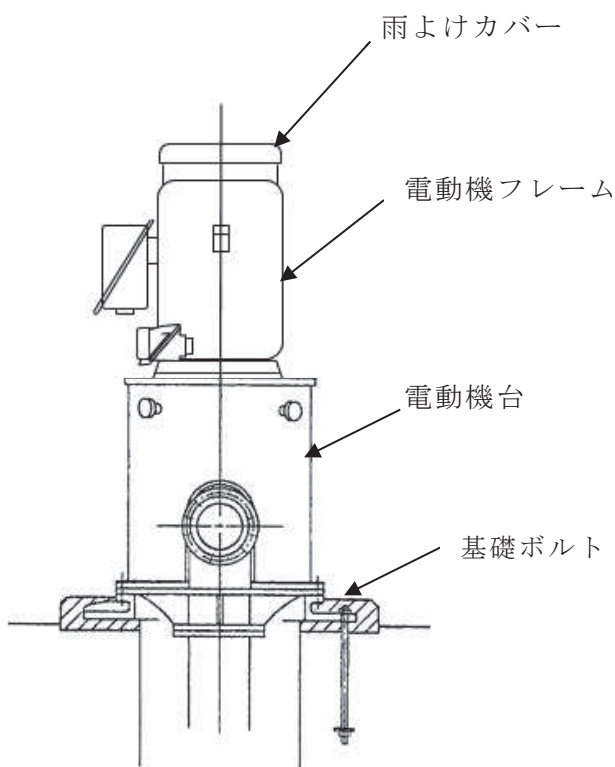


図 3-1 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、電動機の自重を考慮する。

b. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ($F_{v_v'}$)

単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、 3067N/m^2 とする。

c. 風（台風）による水平荷重 (W_i)

風（台風）による水平荷重は、基準風速 30 m/s に基づき算定する。

風（台風）による水平荷重は添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(3)c. 水平荷重」に示す式に従い、算出する。

風（台風）による水平荷重は、風（台風）の影響を受ける面積が大きい電動機フレーム、電動機台及び主回路用端子箱に発生する水平荷重を考慮する。なお、水平荷重は電動機フレーム、電動機台及び主回路用端子箱に発生する水平荷重を包絡するような面積を設定し算出する。

風（台風）による水平荷重による W_i は以下のようにして求める。風（台風）による水平荷重の受圧面積を図 3-2 に示す。

$$W_i = q_H \cdot C \cdot A_{1i}$$

ここで、

$i = 1$: 電動機台及び電動機フレーム

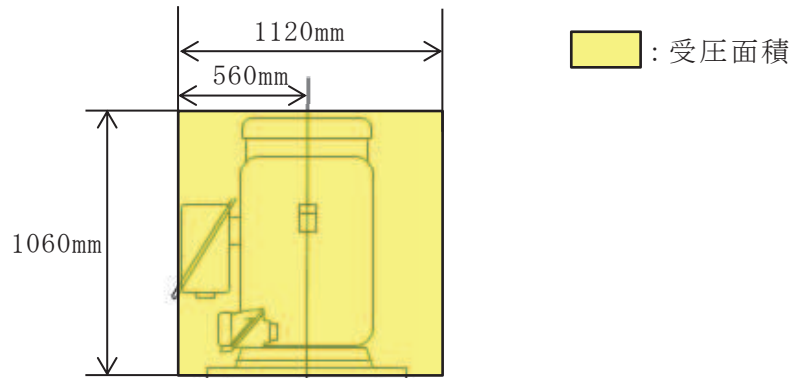
$i = 2$: 電動機フレーム

$$q_H = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

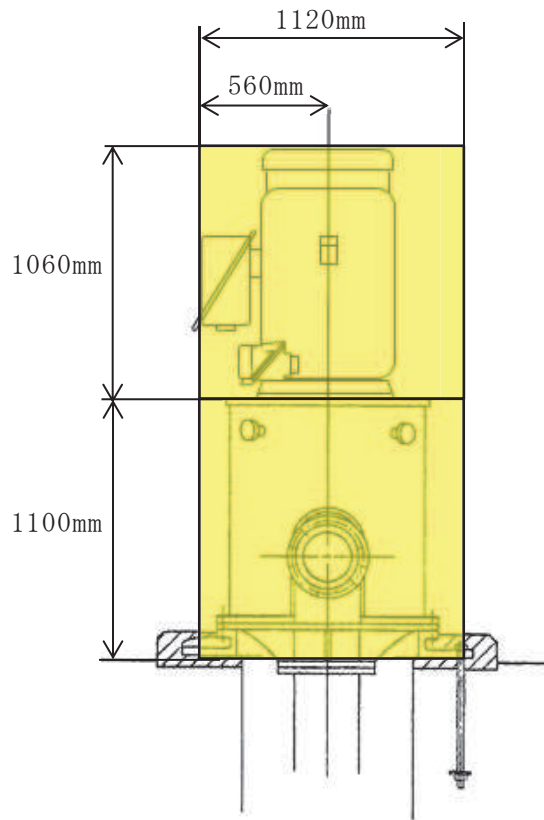
$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H \leq Z_b$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha, \quad H > Z_b$$



(a) 電動機フレーム評価



(b) 電動機台及び基礎ボルト評価

図 3-2 風（台風）による水平荷重の受圧面積

d. 運転時の状態で作用する荷重 (F_p)

運転時の状態で作用する荷重は、鉛直下向きに働くポンプスラスト荷重を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの評価対象部位ごとに設定する。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプには、自重、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風（台風）による水平荷重及びポンプスラスト荷重が作用する。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの強度評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重
高圧炉心スプレイ補機冷却 海水ポンプ	電動機台	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ③風（台風）による水平荷重 ④ポンプスラスト荷重
	電動機フレーム	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ③風（台風）による水平荷重 ④ポンプスラスト荷重
	基礎ボルト	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重 ③風（台風）による水平荷重 ④ポンプスラスト荷重
	雨よけカバー	①自重 ②降下火砕物等堆積による鉛直荷重

3.4 許容限界

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえて、J E A G 4 6 0 1 に基づき許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を用いる。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2, 3 支持構造物」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表 Part5, 6 の表にて許容応力を評価する際は、評価対象部位の周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の

中間の値の場合は、比例法を用いて評価する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表 Part5, 6 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。なお、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表に記載のない材料を用いている場合は、J I S G 3 1 3 1 (2018)「熱間圧延軟鋼板及び鋼帯」(以下「J I S G 3 1 3 1」という。)及び J I S G 5 5 0 1 (1995)「ねずみ鋳鉄品」(以下「J I S G 5 5 0 1」という。)の値を準用するものとする。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容限界を表 3-3、許容応力を表 3-4 に示す。

表 3-3 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容限界

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
電動機台	Ⅲ _A S	一次 応力	曲げ	1.5f _b
			圧縮	1.5f _c
電動機フレーム	Ⅲ _A S	一次 応力	曲げ	1.5f _b
			圧縮	1.5f _c
基礎ボルト	Ⅲ _A S	一次 応力	引張	1.5f _t
			せん断	1.5f _s
			組合せ	Min(1.5f _t , (2.1f _t -1.6τ _{bi}))
雨よけカバー	Ⅲ _A S	一次 応力	曲げ	1.5f _b

表 3-4 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容応力

評価対象部位	材質	温度 条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	1.5f _c (MPa)	1.5f _b (MPa)	1.5f _t (MPa)	1.5f _s (MPa)
電動機台	SS400	40* ¹	235	400	235	234	271	—	—
電動機 フレーム	FC150* ²	—	—	130	91	90	105	—	—
基礎ボルト	SUS304	40* ¹	205	520	205	—	—	153	118
雨よけカバー	SPHC* ³	—	—	270	189	—	218	—	—

注記 *1: 周囲環境温度

*2: 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表に記載のない材料であるため、J I S G 5 5 0 1 の値を準用するものとする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表に記載のない材料であるため、J I S G 3 1 3 1 の値を準用するものとする。

3.5 評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応力評価は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

(1) 評価モデル

降下火砕物等堆積による鉛直荷重，ポンプスラスト荷重（鉛直荷重）及び自重（鉛直荷重）並びに風（台風）による水平荷重に対する，電動機フレーム，電動機台及び基礎ボルトの構造健全性を1質点系モデルとして計算を行う。ここで，荷重の作用点は評価上高さの1/2とする。高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの1質点系モデル図を図3-3及び図3-4に示す。

鉛直荷重によって一様な応力が発生する雨よけカバーは，上面を円形の平板として評価を行う。評価モデルを図3-5に示す。

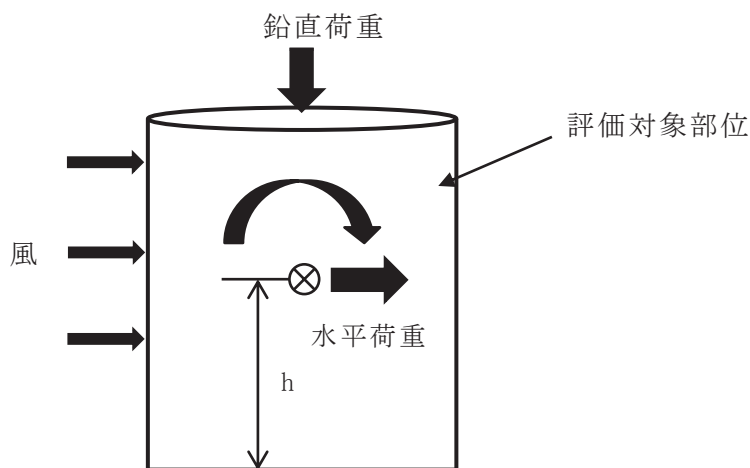


図 3-3 1 質点系モデル図（電動機フレーム）

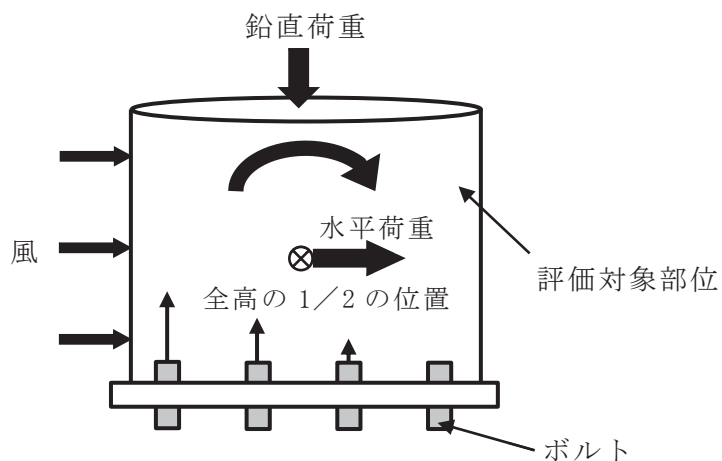


図 3-4 1 質点系モデル図（電動機台及び基礎ボルト）



図 3-5 雨よけカバーのモデル図

(2) 評価方法

a. 鉛直方向荷重

(a) 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

降下火砕物等堆積による鉛直荷重を算出するにあたり，考慮する降下火砕物等堆積範囲を図 3-6 に示す。堆積範囲の面積は，保守的に電動機台取付フランジ径の面積とする。

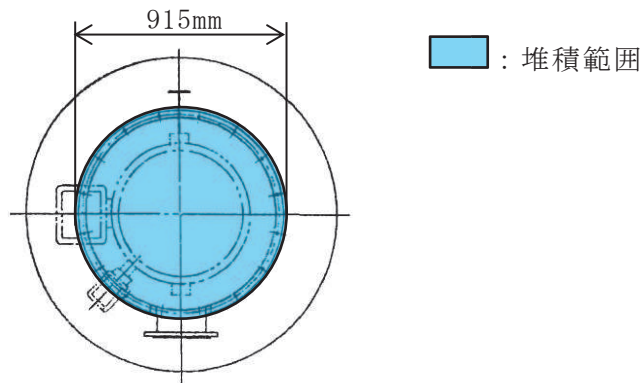


図 3-6 考慮する降下火砕物等堆積範囲

(b) 電動機台，電動機フレーム及び基礎ボルトに作用する鉛直荷重

イ. 電動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重

$$F_c = M_m \cdot g + M_s \cdot g$$

ロ. 電動機台による鉛直荷重

$$F_b = M_b \cdot g$$

b. 応力評価

(a) 電動機台に生じる応力

イ. 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M_1 + M_2}{Z}$$

ここで、水平荷重及び鉛直荷重によるモーメント M_1 、 M_2 は以下の式より求める。

$$M_1 = W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2}$$

$$M_2 = (F_v + F_c + F_b) \cdot \frac{B_1}{2}$$

また、電動機台の断面係数 Z は

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{B_1^4 - B_2^4}{B_1}$$

ロ. 圧縮応力

電動機台に生じる圧縮応力 σ_c は次式より算出される。

$$\sigma_c = \frac{F_v + F_c + F_b}{S}$$

ここで、

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (B_1^2 - B_2^2)$$

電動機台の断面図を図 3-7 に示す。

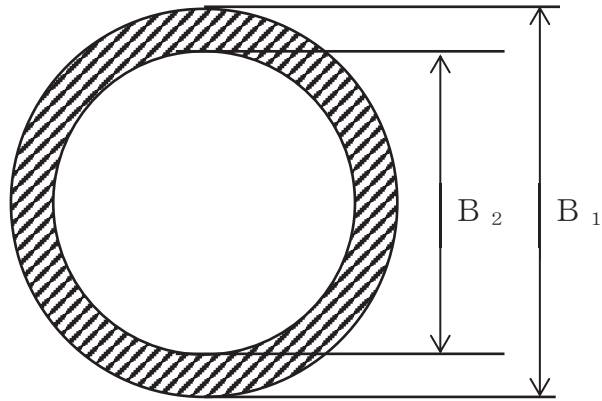


図 3-7 電動機台の断面図

(b) 電動機フレームに生じる応力

イ. 曲げ応力

電動機フレームに生じる曲げ応力 σ_b' は次式より算出される。

(イ) 風 (台風) による水平荷重により電動機フレームに作用するモーメント M_1'

$$M_1' = W_2 \cdot h$$

(ロ) 鉛直荷重により電動機フレームに作用するモーメント M_2'

$$M_2' = (F_v + F_c) \cdot \frac{B_3}{2}$$

(ハ) 電動機フレームに作用する曲げモーメント M'

$$M' = M_1' + M_2'$$

(ニ) 曲げ応力

$$\sigma_b' = \frac{M'}{Z'}$$

ここで,

$$Z' = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{B_3^4 - B_4^4}{B_3}$$

ロ. 圧縮応力

電動機フレームに生じる圧縮応力 σ_c' は次式より算出される。

$$\sigma_c' = \frac{F_v + F_c}{S'}$$

ここで,

$$S' = \frac{\pi}{4} \cdot (B_3^2 - B_4^2)$$

電動機フレームの断面図を図 3-8 に示す。

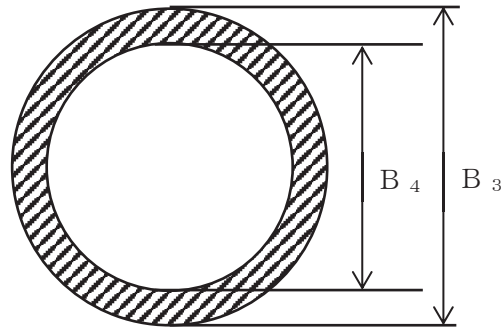


図 3-8 電動機フレームの断面図

(c) 基礎ボルトに生じる応力

イ. 引張応力

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_{bi} は次式より算出される。

(イ) 引張力

$$F_{bi} = \frac{W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2} - (m_i + M_s + M_v) \cdot (1 - C_p) \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_i \cdot D_i}$$

ただし、 $F_{bi} \leq 0$ ならば引張力は発生しない。

$F_{bi} > 0$ ならば引張力は作用しているので、以下の引張応力の計算を行う。

(ロ) 引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \\ &= \frac{W_1 \cdot \frac{H_M + H_P}{2} - (m_i + M_s + M_v) \cdot (1 - C_p) \cdot g \cdot \frac{D_i}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_i \cdot D_i} \cdot \frac{1}{A_{bi}} \end{aligned}$$

ここで、

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$C_p = \frac{1}{2} \cdot h_p \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \right)^2 \cdot \frac{1}{g}$$

ロ. せん断応力

基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_{bi} は次式より算出される。基礎ボルト全本数でせん断力を受けるものとして計算する。

- (イ) せん断力
 $Q_{b i} = W_1$
 (ロ) せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} = \frac{W_1}{n_i \cdot A_{b i}}$$

基礎ボルトの配置図を図 3-9 に示す。

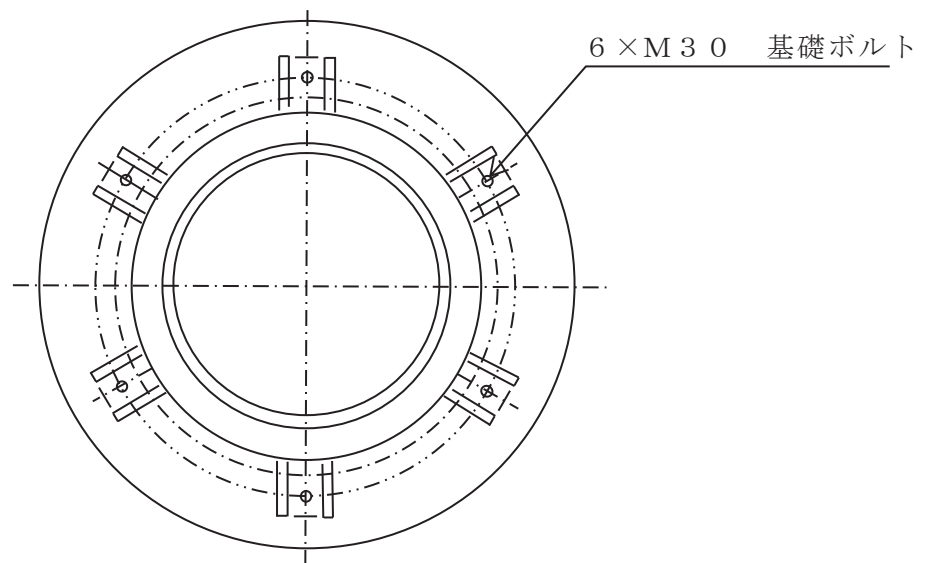


図 3-9 基礎ボルトの配置図

- (d) 雨よけカバー
 イ. 曲げ応力

雨よけカバーに生じる曲げ応力は次式により算出する。

$$\sigma_b = 1.24 \cdot \frac{p \cdot c^2}{t}$$

雨よけカバーの曲げ応力評価モデルを図 3-10 に示す。

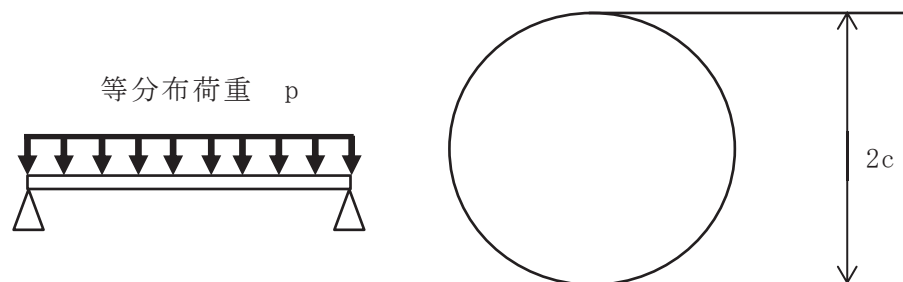


図 3-10 雨よけカバーの曲げ応力評価モデル図

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1～表 4-4 に示す。

表 4-1 評価条件

G	C	V_D	q_H	Z_b	Z_G	α
(-)	(-)	(m/s)	(N/m ²)	(m)	(m)	(-)
2.2	1.2	30	960	5	350	0.15

F_v'	g
(N/m ²)	(m/s ²)
3067	9.80665

表 4-2 (電動機フレーム, 電動機台)

A_{11}	A_{12}	A_2	B_1	B_2	B_3	B_4
(m ²)	(m ²)	(m ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2.419	1.187	0.6576	774	730		

B	H_P	H_M	M_b	M_m	M_s	h
(mm)	(mm)	(mm)	(kg)	(kg)	(kg)	(mm)
1120	1100	1060	630	800	2100	305.5

表 4-3 評価条件 (基礎ボルト)

A_{bi}	n_i	D_i	ボルト サイズ	h_p	N	m_i
(mm ²)	(-)	(mm)		(μ m)	(rpm)	(kg)
706.9	6	1100	M30	60	1500	5785

M_s	M_v
(kg)	(kg)
2100	205.6

表 4-4 評価条件（雨よけカバー）

c (mm)	t (mm)	p (N/m ²)
271.5		3244

5. 強度評価結果

降下火砕物等堆積時の強度評価結果を表 5-1 に示す。

電動機台，電動機フレーム，基礎ボルト及び雨よけカバーに発生する応力は，許容応力以下である。

表 5-1 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの評価結果

評価対象部位	材料	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
電動機台	SS400	曲げ	2	271
		圧縮	1	234
電動機フレーム	FC150	曲げ	4	105
		圧縮	2	90
基礎ボルト	SUS304	引張	—*	153
		せん断	1	118
		組合せ	—	153
雨よけカバー	SPHC	曲げ	56	218

注記 *： $F_{bi} \leq 0$ であるため引張応力は発生しない。

VI-3-別添 2-1-3 復水貯蔵タンクの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	2
2.4 適用規格	4
3. 強度評価方法	5
3.1 記号の定義	5
3.2 評価対象部位	8
3.3 荷重及び荷重の組合せ	8
3.4 許容限界	10
3.5 評価方法	12
4. 評価条件	20
5. 強度評価結果	21
5.1 1質点系モデルによる計算結果	21
5.2 FEM解析による計算結果	21

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、復水貯蔵タンクが降下火砕物等堆積時においても、炉心冷却のための水源を保有する機能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持することを確認するものである。

2. 基本方針

復水貯蔵タンクは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、復水貯蔵タンクの「2.1 位置」, 「2.2 構造概要」, 「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

復水貯蔵タンクは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外の復水貯蔵タンクエリアに設置する。復水貯蔵タンクエリアの位置図を図 2-1 に示す。

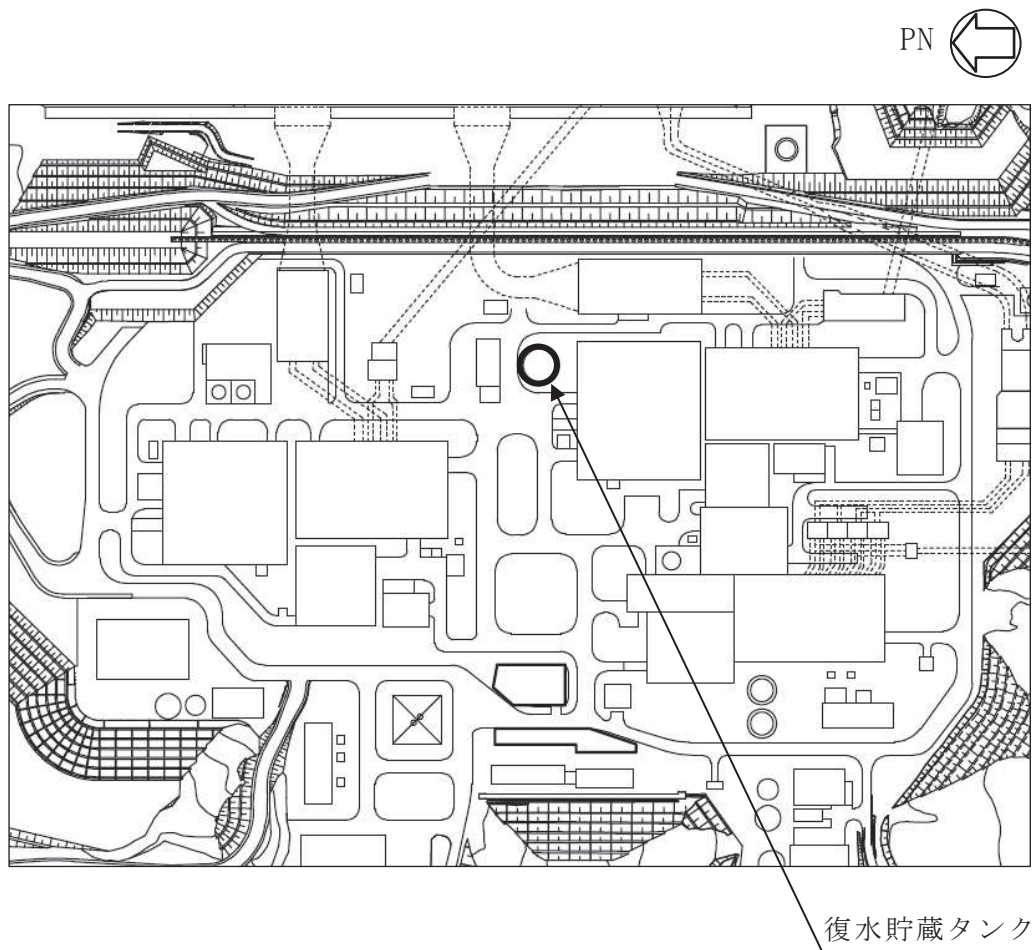


図 2-1 復水貯蔵タンクエリアの位置図

2.2 構造概要

復水貯蔵タンクは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

復水貯蔵タンクは、円筒形の胴板と屋根板より構成され、基礎ボルトにより基礎コンクリートに固定された大気開放型の平底たて置円筒形容器である。復水貯蔵タンクの概要図を図2-2に示す。

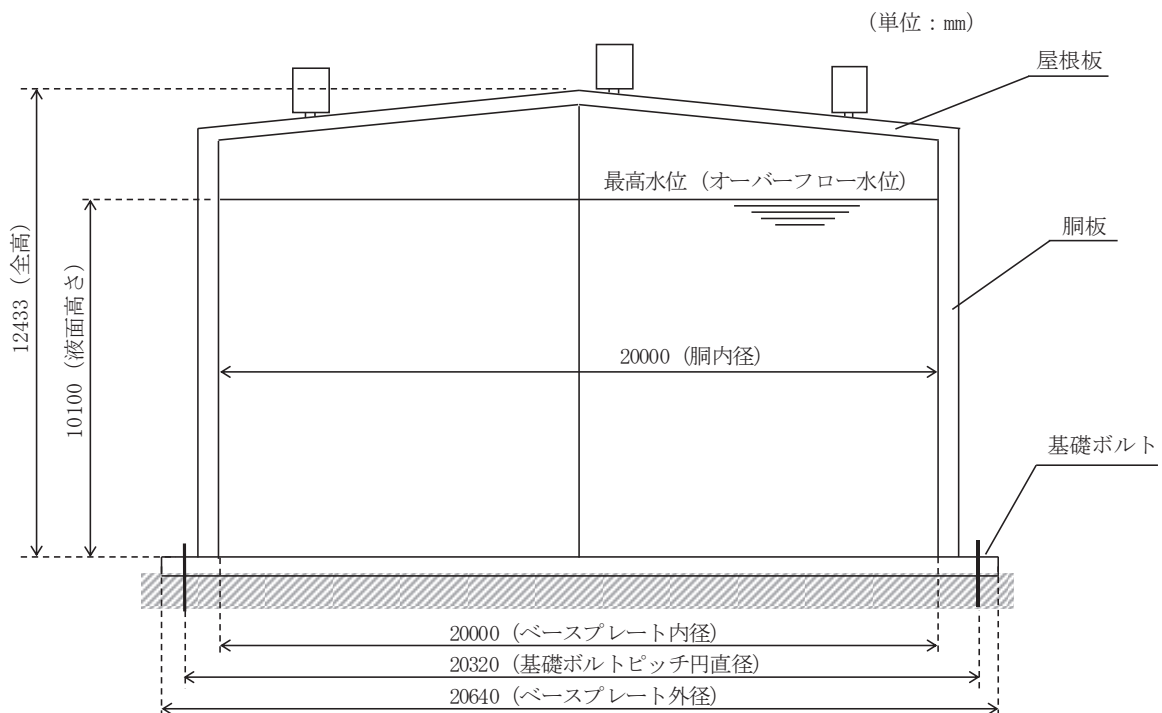


図2-2 復水貯蔵タンクの概要図

2.3 評価方針

復水貯蔵タンクの強度評価は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、復水貯蔵タンクの評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

復水貯蔵タンクの強度評価フローを図2-3に示す。復水貯蔵タンクの強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等堆積による鉛直荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重については、建築基準法施行令第86条に基づき、屋根の水平投影面積に対し降下火砕物の層厚より上載質量を算出し、屋根板表面積で除することにより入力荷重を算出し等分布荷重として保守的に設定する。強度評価においては、屋根板及び屋根板に接続する胴板（上部）に対して、FEMによる応力解析を用いる。また、胴板（下部）及び基礎ボルトに対して、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）」、「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 4 6 0 1・補-1984）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）の平底たて置円筒形容器の評価方法を準用し、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す平底たて置円筒形容器の評価式を用いる。復水貯蔵タンクの許容限界は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、J E A G 4 6 0 1の許容応力状態Ⅲ_ASとする。

「J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下「設計・建設規格」という。）付録材料図表Part5, 6の表にて許容応力を計算する際は、機器本体については最高使用温度、基礎ボルトについては周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。

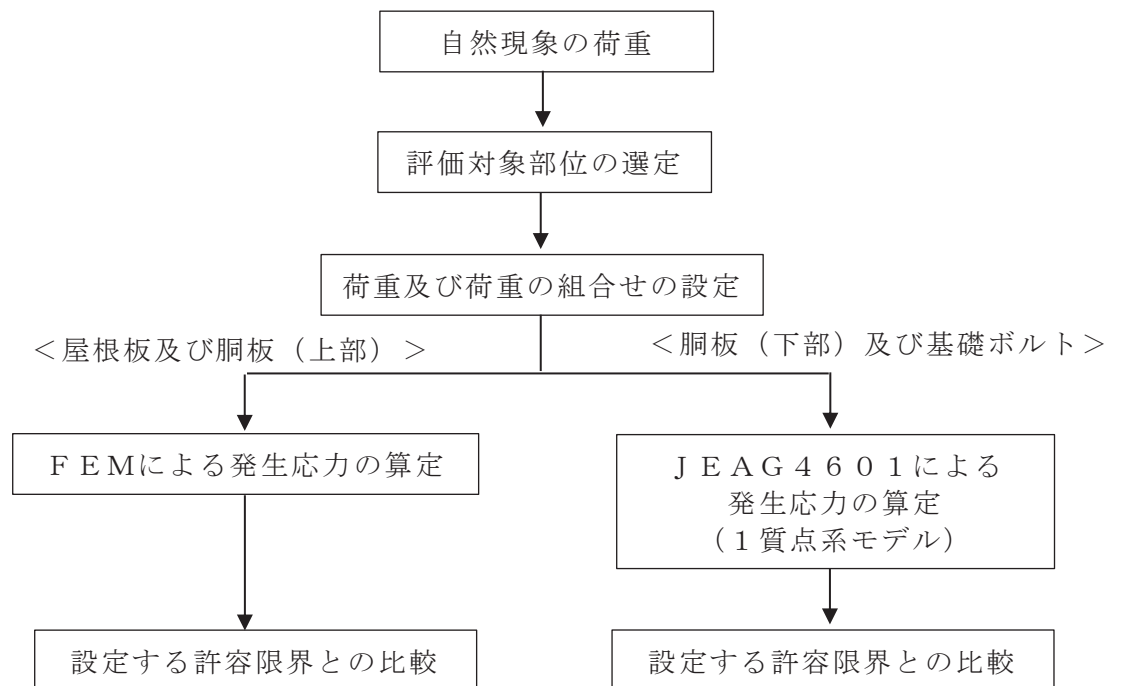


図2-3 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）
- (3) 宮城県 建築基準法施行細則（昭和46年3月30日 宮城県規則第21号）
- (4) 日本建築学会 2004年 建築物荷重指針・同解説
- (5) 日本建築学会 2005年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－
- (6) 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 A E G 4 6 0 1 ・ 補-1984）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (8) 原子力発電所耐震設計技術指針（J A E G 4 6 0 1 -1991 追補版）
- (9) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号を表3-1に示す。

表 3-1 復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
A_1	m^2	風の受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A_b	mm^2	基礎ボルトの呼び径断面積
A_f	m^2	屋根板表面積
C	—	風力係数
C_c	—	基礎ボルト計算における係数
C_t	—	基礎ボルト計算における係数
D_c	mm	基礎ボルトのピッチ円直径
D_i	mm	胴の内径
D_{bi}	mm	ベースプレートの内径
D_{bo}	mm	ベースプレートの外径
E	MPa	胴の縦弾性係数
e	—	基礎ボルト計算における係数
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	—	建設省告示第 1454 号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
f_b	MPa	曲げモーメントにより生じる座屈応力
F_c	N	基礎に作用する圧縮力
f_c	MPa	軸圧縮荷重により生じる座屈応力
F_d	N	常時作用する荷重
f_s	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での基礎ボルトの許容せん断応力
F_t	N	基礎ボルトに作用する引張力
f_t	MPa	設計・建設規格 SSB-3131.1 により規定される供用状態 A 及び B での基礎ボルトの許容引張応力
f_{ts}	MPa	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重

表 3-1 復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	m	全高
H _h	mm	液面高さ
k	—	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数
ℓ ₁ , ℓ ₂	mm	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離
ℓ _g	mm	容器重心までの高さ
M	N・mm	風荷重による曲げモーメント
m ₀	kg	容器の有効運転質量
m _e	kg	容器の空質量
m _s	kg	屋根板に加わる降下火砕物等の堆積による質量
n	—	基礎ボルトの本数
q	N/m ²	設計用速度圧
R _B	mm	胴平均半径
S	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される許容引張応力
s	—	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比
S ₀	MPa	屋根板又は胴板の一次一般膜応力の許容値
S ₁	MPa	屋根板又は胴板の一次膜応力＋一次曲げ応力の許容値
S _u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S _y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	胴板の厚さ
t ₁	mm	基礎ボルト面積相当板幅
t ₂	mm	圧縮側基礎相当幅
V _D	m/s	基準風速
W	N	風(台風)による水平荷重
z	—	基礎ボルト計算における係数
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示 1454 号に掲げる数値
α ₁	—	座屈応力に対する安全率
α ₂	rad	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度

表 3-1 復水貯蔵タンクの強度評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
η	—	R_B / t
η_1	—	$1200 \times g / F$
η_2	—	$8000 \times g / F$
η_3	—	$9600 \times g / F$
ν	—	ポアソン比
π	—	円周率
ρ_w	—	保有水の比重
σ_0	MPa	胴に生じる組合せ一次一般膜応力
σ_{0c}	MPa	胴に生じる組合せ一次一般膜応力 (圧縮)
σ_{0t}	MPa	胴に生じる組合せ一次一般膜応力 (引張)
σ_1	MPa	胴に生じる組合せ一次応力
σ_b	MPa	基礎ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	基礎に生じる圧縮応力
σ_{x1}	MPa	静水頭により胴に生じる軸方向応力
σ_{x2}	MPa	自重 (空質量) 及び降下火砕物等の堆積による荷重により胴に生じる軸方向応力
σ_{x4}	MPa	風荷重により胴に生じる軸方向応力
σ_{xbs}	MPa	曲げモーメントにより生じる圧縮応力
σ_{xc}	MPa	胴に生じる軸方向応力の和 (圧縮)
σ_{xcs}	MPa	軸圧縮荷重により生じる圧縮応力
σ_{xt}	MPa	胴に生じる軸方向応力の和 (引張)
σ_ϕ	MPa	胴に生じる周方向応力の和
$\sigma_{\phi 1}$	MPa	静水頭により胴に生じる周方向応力
τ	MPa	風荷重により胴に生じるせん断応力
τ_b	MPa	基礎ボルトに生じるせん断応力
ϕ_b (x)	—	座屈応力 f_b を算出する際の関数
ϕ_c (x)	—	座屈応力 f_c を算出する際の関数

3.2 評価対象部位

復水貯蔵タンクの評価対象部位は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、屋根板、胴板（上部）、胴板（下部）及び基礎ボルトとする。

ここで、胴板（上部）はオーバーフロー水位より上部の胴板を指し、胴板（下部）はオーバーフロー水位より下部の胴板を指す。

評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて設定している構造に基づき、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定している。

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重は、降下火砕物等が堆積する屋根板及び屋根板に接続する胴板（上部）に作用する。また、風荷重は、胴板を介して胴板（下部）及び基礎ボルトに作用する。

このことから、屋根板、胴板（上部）、胴板（下部）及び基礎ボルトを評価対象部位として設定している。

復水貯蔵タンクの強度評価における評価対象部位を図 3-1 に示す。

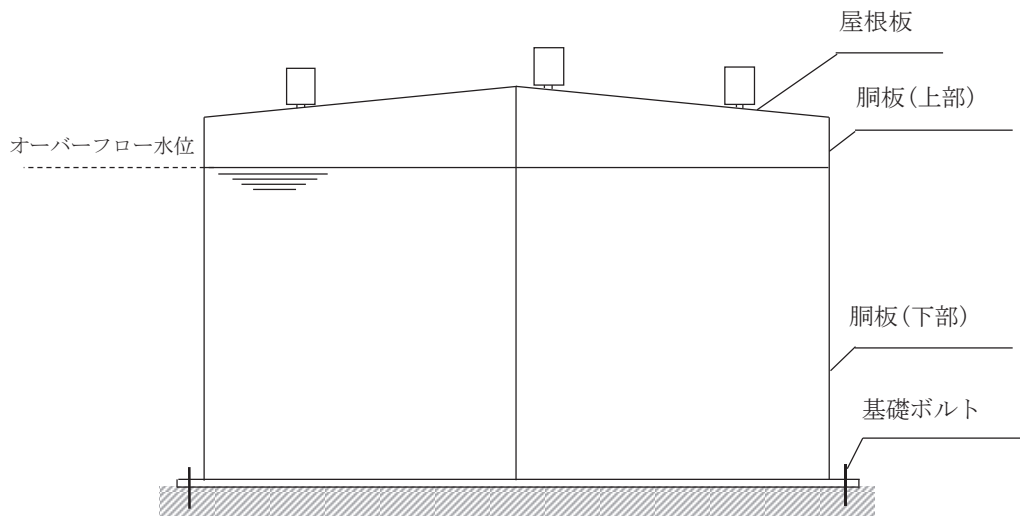


図 3-1 復水貯蔵タンクの評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

復水貯蔵タンクの強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、自重及び水頭圧を考慮する。

b. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重 (F_v')

降下火砕物等の堆積による単位面積当たりの鉛直荷重は、 3067N/m^2 とする。建築基準法施行令第86条では、屋根部の勾配が60度以下の場合においては、その勾配に応じた屋根形状係数を乗じた数値とし、その勾配が60度を超える場合においては、零とすることができるとの記載があるが、保守的に屋根形状係数を1とする。

c. 風（台風）による水平荷重 (W)

風（台風）による水平荷重は、基準風速 30m/s に基づき算定する。

風（台風）による水平荷重は添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(3)c. 水平荷重」に示す方法に従い、算出する。

風（台風）による水平荷重による W は以下のようにして求める。全高 H が 5m 以上であるため、 H が Z_b を超える場合の式を用いる。

$$W = q \cdot C \cdot A_1$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha$$

$$A_1 = H \cdot (D_i + 2 \cdot t)$$

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、復水貯蔵タンクの評価対象部位ごとに設定する。

復水貯蔵タンクの屋根板及び胴板（上部）については、水頭圧は作用しないため考慮しない。また、水平方向の風荷重が作用すると、屋根板及び胴板（上部）に対し、鉛直上向きの荷重が働き、鉛直下向き荷重が低減されるため、保守的に風荷重は考慮しない。そのため、復水貯蔵タンクの屋根板及び胴板（上部）には、自重及び降下火砕物等の堆積による鉛直荷重が作用する。

復水貯蔵タンクの胴板（下部）及び基礎ボルトには、自重、水頭圧、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重及び風荷重が作用する。

復水貯蔵タンクの評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

施設名称	評価対象部位	応力等の状態
復水貯蔵タンク	屋根板	①自重 ②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
	胴板（上部）	①自重 ②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
	胴板（下部）	①自重，水頭圧 ②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 ③風荷重
	基礎ボルト	①自重，水頭圧 ②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 ③風荷重

3.4 許容限界

復水貯蔵タンクの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえて、J E A G 4 6 0 1 に基づき許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を用いる。

復水貯蔵タンクの許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、屋根板及び胴板については「クラス 2, 3 容器」、基礎ボルトについては「クラス 2, 3 支持構造物」の許容限界を適用する。また、座屈については評価式を満足することを確認する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表 Part5, 6 の表にて許容応力を評価する際は、評価対象部位の最高使用温度及び周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて評価する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表 Part5, 6 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

復水貯蔵タンクの許容限界について、屋根板及び胴板（上部）の許容限界を表 3-3、胴板（下部）の許容限界を表 3-4、基礎ボルトの許容限界を表 3-5 に示す。

表 3-3 屋根板及び胴板（上部）の許容限界

許容応力 状態	温度条件 (°C)	許容限界	
		一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
Ⅲ _A S	66*	S _y と0.6S _u の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2Sとの大きい方。	左欄の1.5倍の値

注記 *：最高使用温度

表 3-4 胴板（下部）の許容限界

許容応力 状態	温度条件 (°C)	許容限界		
		一次一般膜応力	組合せ一次 応力	座屈
Ⅲ _A S	66*	S _y と0.6S _u の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2Sとの大きい方。	左欄に同じ	$\frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xcs}}{f_c} + \frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xbs}}{f_b} \leq 1$

注記 *：最高使用温度

表 3-5 基礎ボルトの許容限界

許容応力状態	温度条件 (°C)	許容限界	
		一次応力	
		引張	せん断
Ⅲ _A S	40*	1.5 f _t	1.5 f _s

注記 *：周囲環境温度

引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 f_{ts}は以下のとおり。

$$f_{ts} = \text{Min} \{ 1.5 f_t, 2.1 f_t - 1.6 \tau_b \}$$

3.5 評価方法

1 質点系モデルによる評価と F E M解析による評価を行う。

(1) 1 質点系モデルによる評価

1 質点系モデルによる強度評価は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している平底たて置円筒形容器の評価式を用いる。

a. 計算モデル

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重，自重及び水頭圧（鉛直荷重）並びに風荷重（水平荷重）により作用する水平力及びモーメントに対し，厳しい部位である胴板（下部）及び基礎ボルトの構造健全性を 1 質点系モデルとして評価を行う。復水貯蔵タンクの 1 質点系モデルによる計算に用いるモデル図を図 3-2 に示す。

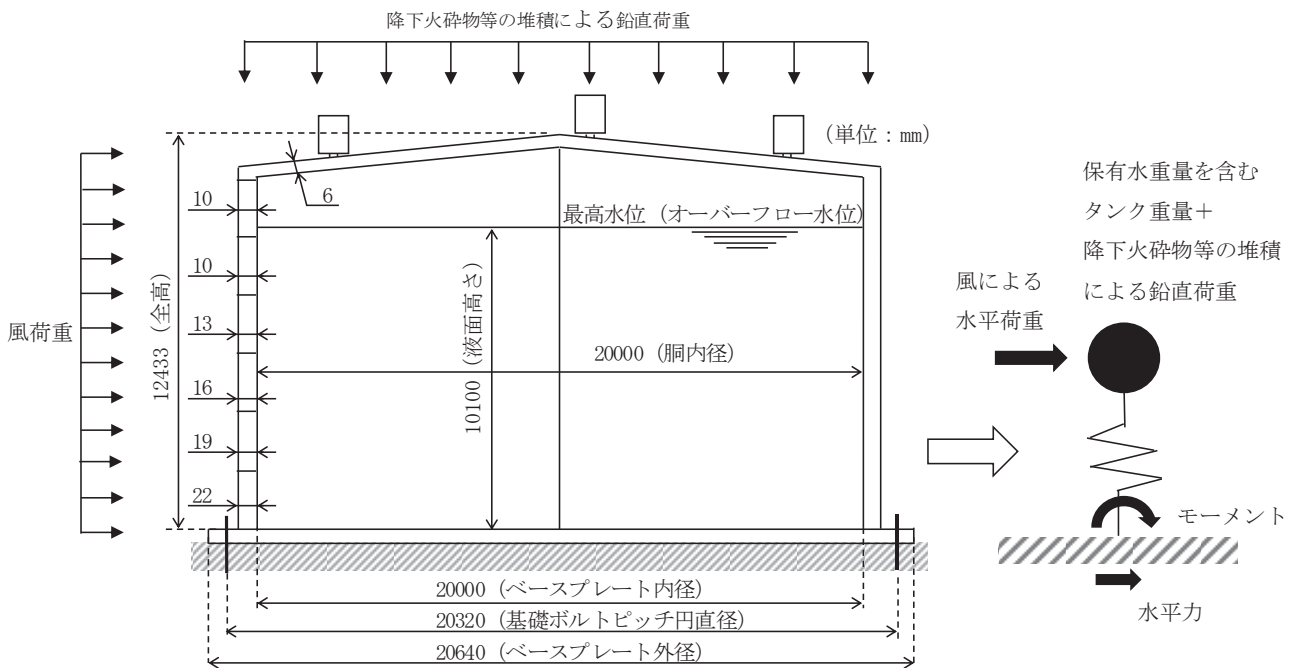


図 3-2 1 質点系モデルによる計算モデル図

b. 1 質点系モデルによる評価における計算方法

保有水量は胴板の応力が大きくなるようにオーバーフロー水位に設定する。

(a) 鉛直方向荷重

イ. 降下火砕物等堆積による屋根板に作用する鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_f$$

$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot (D_i + 2 \cdot t)^2$$

ロ. 屋根板に加わる降下火砕物等の堆積による質量

$$m_s = \frac{F_v}{g}$$

(b) 水平方向荷重

イ. 受圧面積

$$A_1 = H \cdot (D_i + 2 \cdot t)$$

ロ. 風荷重

$$W = q \cdot C \cdot A_1$$

ここで,

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha$$

ハ. 風荷重による曲げモーメント

$$M = W \cdot \ell_g$$

このとき, タンク重心高さ ℓ_g はタンク全高 H の半分とする。

(c) 胴に生じる応力

イ. 静水頭により胴に生じる応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{10^{-6} \cdot \rho_w \cdot g \cdot H_h \cdot D_i}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

ロ. 自重(空質量)及び降下火砕物等の堆積による荷重により胴に生じる軸方向応力

$$\sigma_{x 2} = \frac{(m_e + m_s) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

ハ. 風荷重により生じる応力

風荷重の曲げモーメントにより胴に生じる軸方向応力

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t}$$

風荷重により胴に生じるせん断応力

$$\tau = \frac{2 \cdot W}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

ニ. 胴に生じる組合せ一次一般膜応力及び組合せ一次応力

(イ) 組合せ引張応力

胴に生じる周方向応力の和 (引張)

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

胴に生じる軸方向応力の和 (引張)

$$\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4}$$

胴に生じる組合せ一次一般膜応力 (引張)

$$\sigma_{0 t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{\phi} + \sigma_{x t}) + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{x t})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

(ロ) 組合せ圧縮応力

胴に生じる周方向応力の和 (圧縮)

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1}$$

胴に生じる軸方向応力の和 (圧縮)

$$\sigma_{x c} = -\sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4}$$

$\sigma_{x c}$ が正の値 (圧縮側) のとき, 胴に生じる組合せ一次一般膜応力 (圧縮)

$$\sigma_{0 c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{\phi} + \sigma_{x c}) + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{x c})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

(ハ) 組合せ応力

胴に生じる組合せ一次一般膜応力

$$\sigma_0 = \text{M a x} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{0 t}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{0 c}) \right\}$$

組合せ一次応力は組合せ一次一般膜応力と同じ値になる。

ホ. 軸圧縮荷重及び曲げモーメントにより生じる圧縮応力

軸圧縮荷重により生じる圧縮応力

$$\sigma_{x c s} = \sigma_{x 2}$$

曲げモーメントにより生じる圧縮応力

$$\sigma_{x b s} = \sigma_{x 4}$$

(d) 胴の座屈評価

イ. 軸圧縮荷重により生じる座屈応力 f_c

$$f_c = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \{F - \phi_c(\eta_2)\} \cdot (\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ \phi_c(\eta) & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで,

$$\phi_c(\eta) = 0.6 \cdot \frac{E}{\eta} \cdot \left[1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

ロ. 曲げモーメントにより生じる座屈応力 f_b

$$f_b = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \cdot \left[1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \{F - \phi_b(\eta_3)\} \cdot (\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \\ \phi_b(\eta) & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで,

$$\phi_b(\eta) = 0.6 \cdot \frac{E}{\eta} \cdot \left[1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

ハ. 安全率 α_1

安全率は、各荷重の組合せに対して

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13600 \cdot g} \cdot (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ 1.5 & (\eta_2 \leq \eta) \end{cases}$$

ここで,

$$\eta = \frac{R_B}{t}, \quad \eta_1 = \frac{1200 \cdot g}{F}, \quad \eta_2 = \frac{8000 \cdot g}{F}, \quad \eta_3 = \frac{9600 \cdot g}{F}$$

ニ. 座屈評価

以下の式により評価を行う。

$$\frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xcs}}{f_c} + \frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xbs}}{f_b} \leq 1$$

(e) 基礎ボルトの計算方法

イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_b = \frac{W}{n \cdot A_b}$$

ロ. 基礎ボルトに生じる引張応力

風荷重により作用する転倒モーメントMが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。

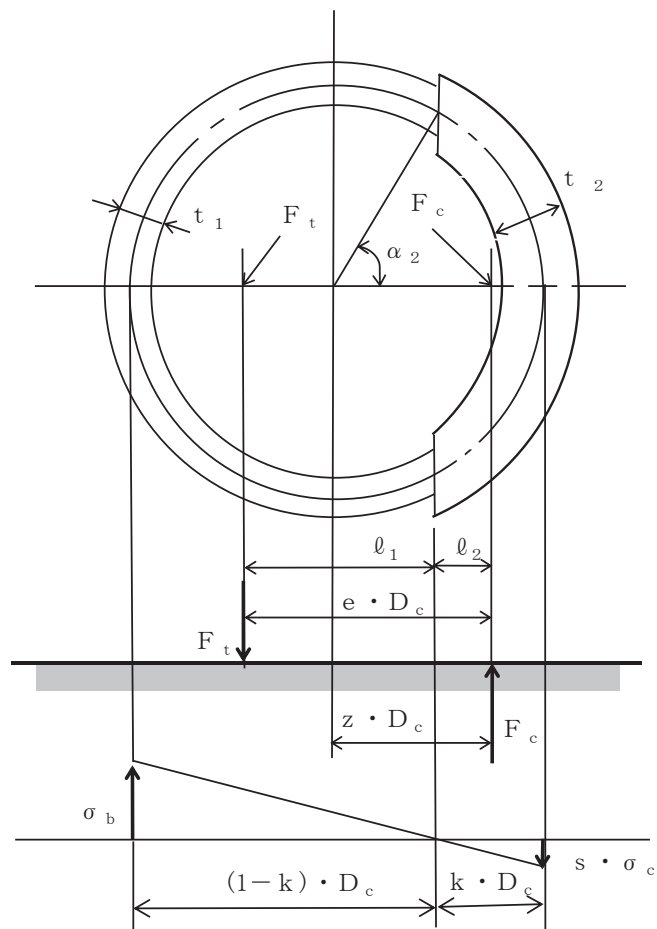


図 3-3 基礎の荷重説明図

(イ) σ_b 及び σ_c を仮定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数 k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}}$$

(ロ) 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 α_2 を求める。

$$\alpha_2 = \cos^{-1}(1 - 2 \cdot k)$$

(ハ) 各定数 e , z , C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha_2) \cdot \cos^2 \alpha_2 + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha_2) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2}{(\pi - \alpha_2) \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha_2 - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \alpha_2 \cdot \cos^2 \alpha_2}{\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2} \right\}$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left(\cos \alpha_2 + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha_2 - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \alpha_2 \cdot \cos^2 \alpha_2}{\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2} \right)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{(\pi - \alpha_2) \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2\}}{1 + \cos \alpha_2}$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2)}{1 - \cos \alpha_2}$$

(ニ) 各定数を用いて F_t 及び F_c を求める。

$$F_t = \frac{M - (m_0 + m_s) \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c}$$

$$F_c = F_t + (m_0 + m_s) \cdot g$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α_2 が π に等しくなったときであり、 α_2 を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 及び $z = 0.25$ を求める式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

(ホ) σ_b 及び σ_c を求め、(イ) にて仮定した値を十分に近似していることを確認する。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t}$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c}$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c}$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{bo} - D_{bi}) - t_1$$

(2) FEM解析による評価

屋根板及び胴板（上部）はFEM解析にて評価を行う。

FEM解析に使用する解析コードは「ABAQUS」である。

なお、評価に用いる解析コードABAQUSの検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 荷重条件

復水貯蔵タンクの荷重条件を表3-6に示す。

表3-6 復水貯蔵タンクの荷重条件

荷重条件	入力荷重 (N/m ²)
降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 F _v '	3067

b. 計算モデル及び諸元

屋根部に作用する鉛直荷重に対し厳しい部位である屋根板及び胴板（上部）に対して評価を行う。評価においては、屋根板及び胴板全体の板部材を板要素で、内部鉄骨及び支柱をはり要素でモデル化し、保有水はオーバーフロー水位より上部を評価対象とするため考慮しない。復水貯蔵タンクのFEM解析に用いているモデル図を図3-4に、諸元を表3-7に示す。

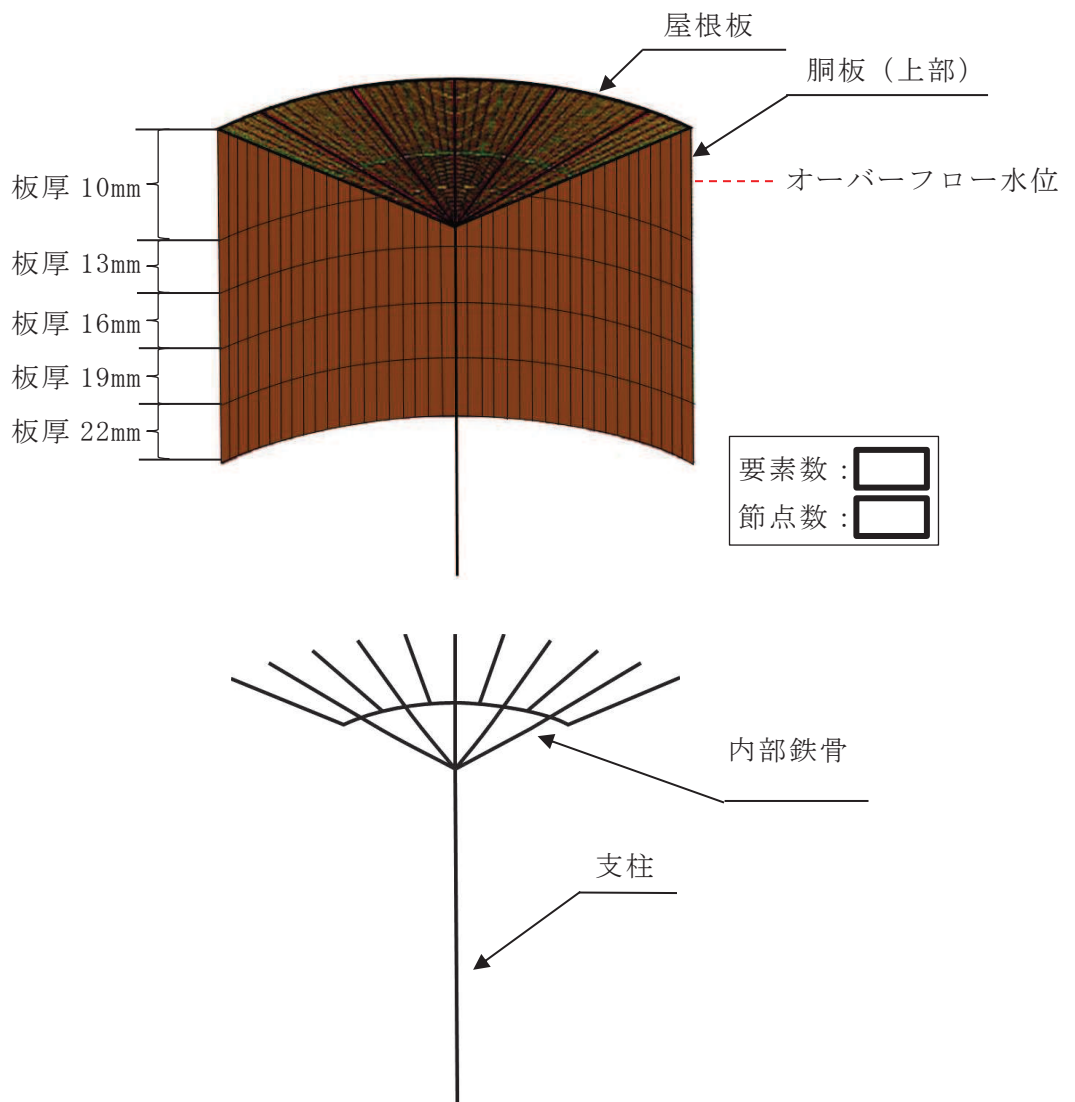


図 3-4 F E M解析に用いるモデル図

表 3-7 復水貯蔵タンクの諸元

部材	材料	最高使用温度 (°C)	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν (-)
屋根板, 胴板, 内部鉄骨, 支柱	SUS304	66	192000	0.3

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる許容応力評価に用いる条件を表 4-1 及び復水貯蔵タンクの入力条件を表 4-2 に示す。

表 4-1 許容応力評価に用いる条件

材料	温度 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	$1.5 f_t$ (MPa)	$1.5 f_s$ (MPa)
SUS304 (屋根板, 胴板)	66	188	479	205	—	—
SNB7 (基礎ボルト)	40	725	860	602	451	347

表 4-2 復水貯蔵タンクの入力条件

据付場所及び床面 高さ (m) *1	構造概要	最高使用圧力 (MPa)	温度 *2 (°C)	ρ_w (—)	g (m/s ²)
屋外 O.P. 9.50	平底たて置 円筒形	静水頭	①66	1.0	9.80665
			②40		

H (mm)	m_o (kg)	m_e (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)
12469	3447700	242500	98686	20000

t (mm)	l_g (mm)	H_h (mm)	R_B (mm)	E (MPa)	s (—)
22	6234.5	10100	10011	192000	15

n (—)	D_c (mm)	D_{b_o} (mm)	D_{b_i} (mm)	ボルト サイズ	A_b (mm ²)
90	20320	20640	20000	M60	2827.4

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: ①は屋根板及び胴板評価時, ②は基礎ボルト評価時の値

5. 強度評価結果

5.1 1 質点系モデルによる計算結果

降下火砕物等の堆積時の復水貯蔵タンクの 1 質点系モデルによる評価結果を表5-1に示す。

胴板(下部)及び基礎ボルトに発生する応力は許容応力以下であり,また,座屈の評価の条件式を満足している。

表 5-1 復水貯蔵タンクの 1 質点系モデルによる評価結果

評価部位	材料	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板 (下部)	SUS304	一次一般膜	$\sigma_0 = 45$	$S_0 = 188$
		組合せ一次	$\sigma_1 = 45$	
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xcs}}{f_c} + \frac{\alpha_1 \cdot \sigma_{xbs}}{f_b} \leq 1$	
基礎ボルト	SNB7	引張	$\sigma_b = -^*$	$1.5 f_t = 451$
		せん断	$\tau_b = 2$	$1.5 f_s = 347$
		組合せ	$\sigma_b = -$	$f_{ts} = 451$

注記 * : $F_t \leq 0$ であるため引張応力は発生しない

5.2 FEM解析による計算結果

降下火砕物等の堆積時の復水貯蔵タンクの FEM解析による評価結果を表5-2及び復水貯蔵タンクの応力分布図を図5-1~図5-3に示す。

屋根板及び胴板(上部)に発生する応力は許容応力以下である。

表 5-2 復水貯蔵タンクの FEM解析による評価結果

評価部位	材料	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
屋根板	SUS304	一次一般膜	$\sigma = 25$	$S_0 = 188$
		一次膜+一次曲げ	$\sigma = 73$	$S_1 = 282$
胴板 (上部)	SUS304	一次一般膜	$\sigma = 22$	$S_0 = 188$
		一次膜+一次曲げ	$\sigma = 69$	$S_1 = 282$

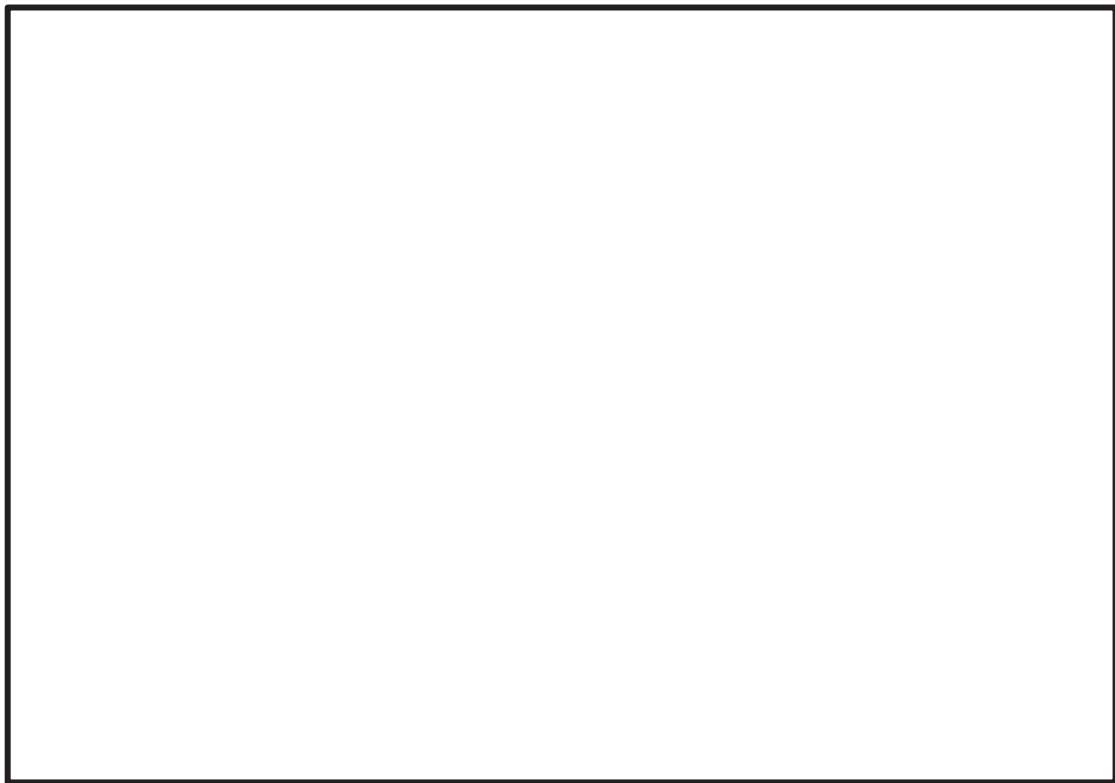


図 5-1 復水貯蔵タンクの応力分布図(屋根板及び胴板 (上部) : 一次一般膜)



図 5-2 復水貯蔵タンクの応力分布図 (胴板 (上部) : 一次膜+一次曲げ)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

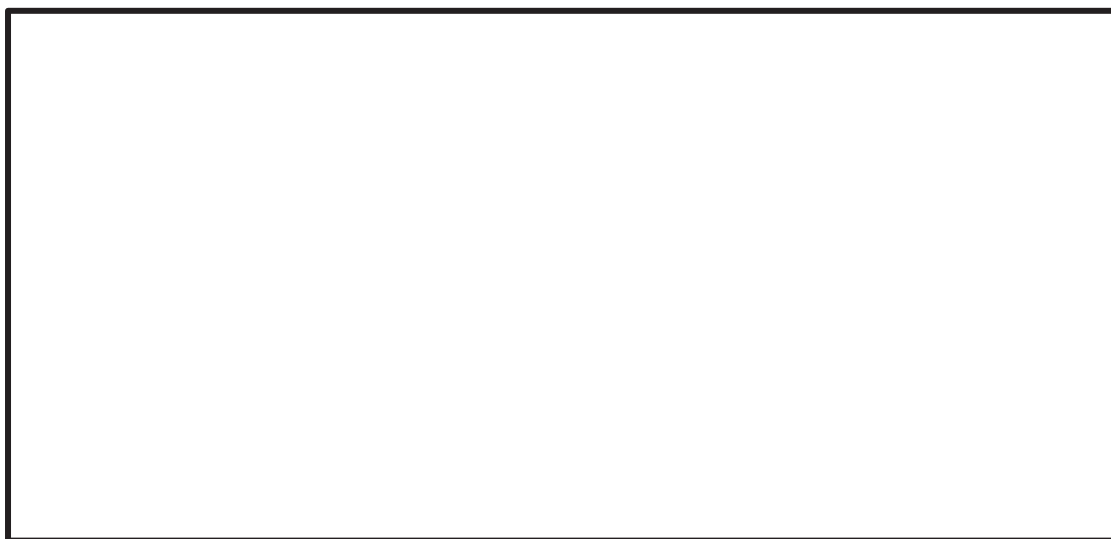


図 5-3 復水貯蔵タンクの応力分布図（屋根板：一次膜＋一次曲げ）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-別添 2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格	4
3. 強度評価方法	5
3.1 記号の定義	5
3.2 評価対象部位	5
3.3 荷重及び荷重の組合せ	6
3.4 許容限界	7
3.5 評価方法	7
4. 評価条件	9
5. 強度評価結果	9

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の鋼製ハッチが降下火砕物等堆積時においても、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

鋼製ハッチは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、鋼製ハッチの「2.1 位置」、
「2.2 構造概要」、
「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

鋼製ハッチは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外の軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の頂版に設置する。鋼製ハッチが設置される軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の位置図及び概要図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

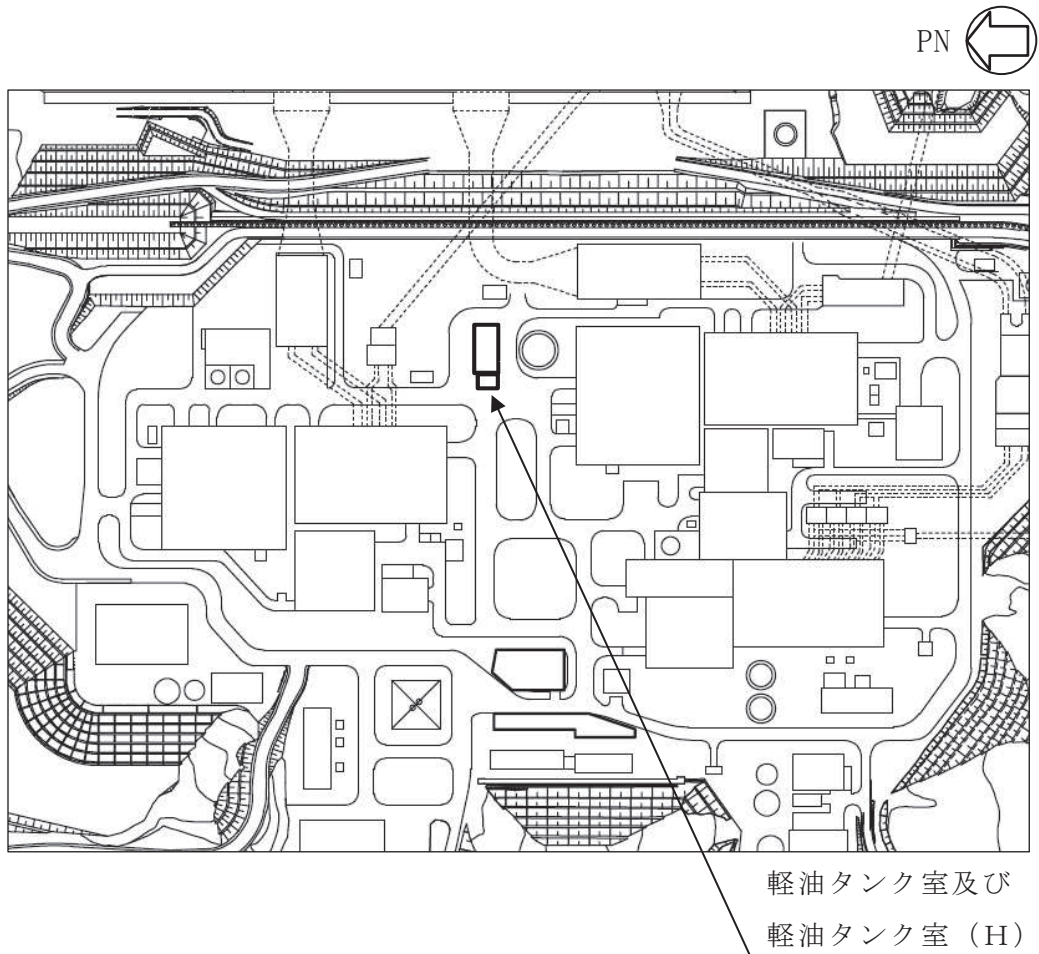
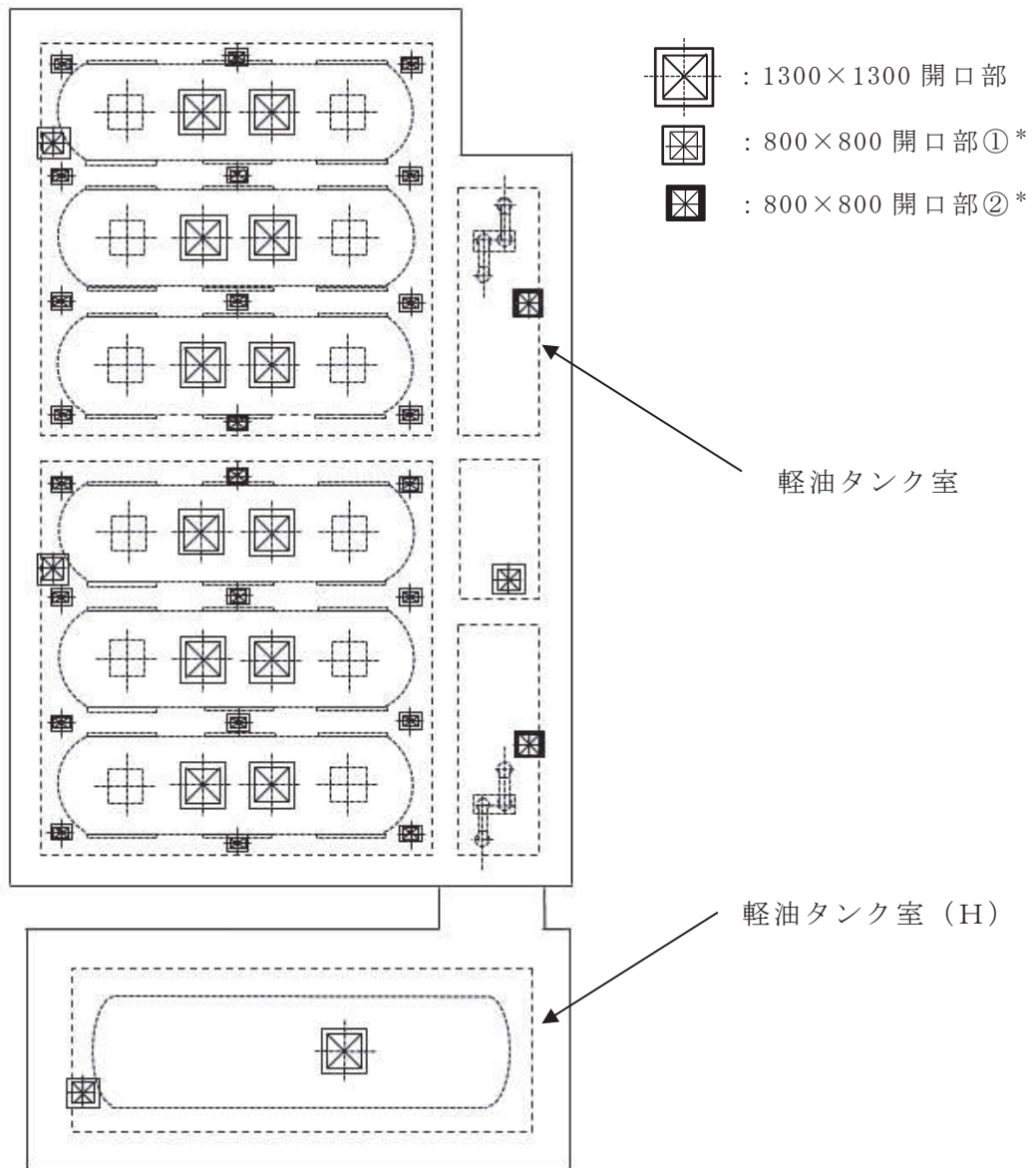


図 2-1 軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の位置図



注記 * : 800×800開口部には2種類の形状の上蓋の鋼製ハッチを適用

図2-2 軽油タンク室及び軽油タンク室 (H) の概要図

2.2 構造概要

鋼製ハッチは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

鋼製ハッチは、地下に埋設された軽油タンク室及び軽油タンク室 (H) のうち地上部に露出した頂版の開口部に設置されており、開口部の大きさに応じたハッチを適用する。鋼製ハッチは、降下火砕物等堆積による鉛直荷重の影響を直接受ける上蓋と、頂版に設置された上蓋を支持する取付枠で構成される。鋼製ハッチの概要図を図2-3に示す。また、開口部大きさ毎の上蓋の寸法及び重量について表2-1に示す。

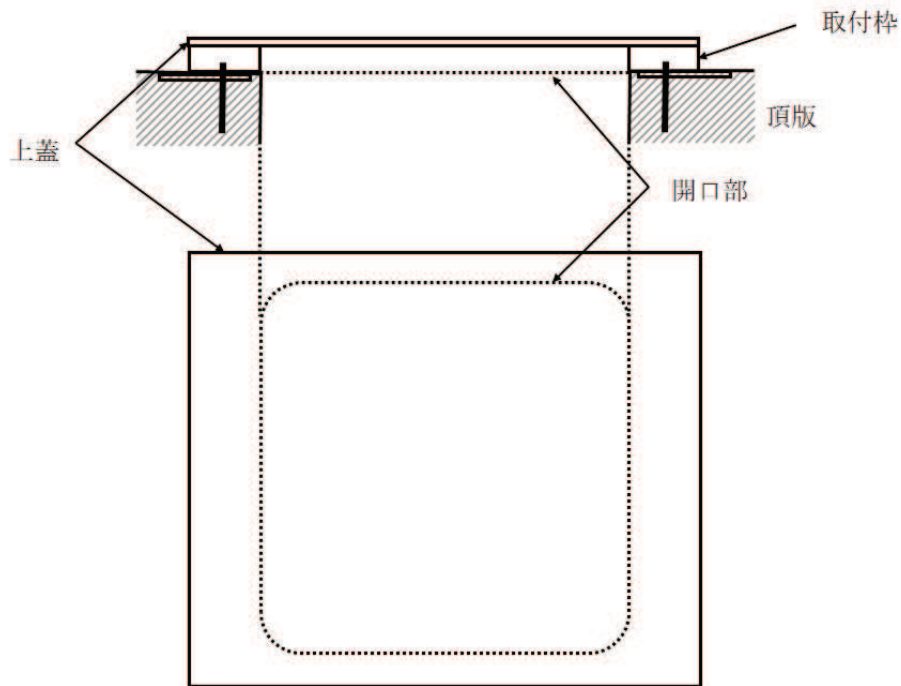


図2-3 鋼製ハッチの概要図

表2-1 開口部大きさごとの上蓋の寸法及び重量

開口部大きさ	材質	長辺 (mm)	短辺 (mm)	厚さ (mm)	重量 (kg)
1300×1300	SUS304	1806	1530	16	500
800×800	① SUS304	1336	1030	16	260
	② SUS304	1336	1070	16	310

2.3 評価方針

鋼製ハッチの強度評価は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

鋼製ハッチの強度評価フローを図2-4に示す。鋼製ハッチの強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等堆積による鉛直荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重については、鋼製ハッチの上蓋に対し降下火砕物等が堆積した場合を設定する。鉛直荷重によって一様な応力が発生する上蓋に対して、機械工学便覧の計算方法に基づき、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。鋼製ハッチ

の許容限界は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、「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 4 6 0 1・補-1984）」、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）の許容応力状態Ⅲ_ASとする。

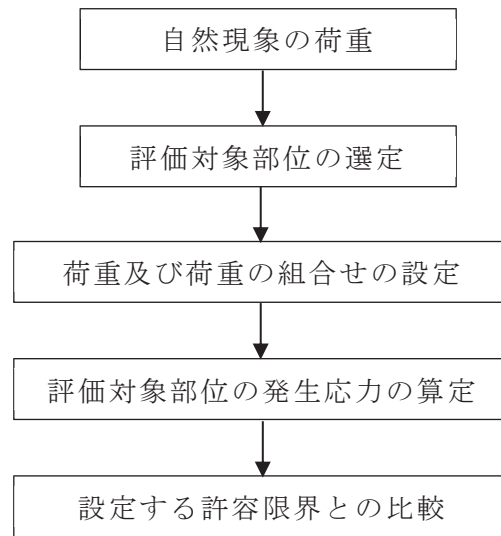


図2-4 鋼製ハッチの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）
- (3) 宮城県 建築基準法施行細則（昭和46年3月30日 宮城県規則第21号）
- (4) 日本建築学会 2005年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (6) 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 A E G 4 6 0 1・補-1984）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針（J A E G 4 6 0 1-1991 追補版）
- (8) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）
- (9) 日本機械学会 1987年 新版機械工学便覧

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

鋼製ハッチの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 鋼製ハッチの強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
a	mm	鋼製ハッチ上蓋の短辺の長さ
A_2	m^2	降下火砕物等の堆積面積
b	mm	鋼製ハッチ上蓋の長辺の長さ
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
f_b	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
F_d	N	鋼製ハッチ上蓋の自重による鉛直荷重
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
g	m/s^2	重力加速度
m	kg	鋼製ハッチ上蓋質量
p	MPa	鋼製ハッチ上蓋評価時の等分布荷重
S_u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	鋼製ハッチ上蓋の厚さ
β_1	—	長方形板の最大応力係数
σ_b	MPa	鋼製ハッチ上蓋に発生する最大曲げ応力

3.2 評価対象部位

鋼製ハッチの評価対象部位は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、降下火砕物等堆積による鉛直荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、地上に露出した鋼製ハッチの上蓋に作用し、鉄筋コンクリート造の頂版に伝達する構造とする。

このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては、鋼製ハッチの上蓋を評価対象部位として設定する。評価対象部位及び降下火砕物等が上蓋に最も多く堆積することが想定される状態について、図 3-1 に示す。

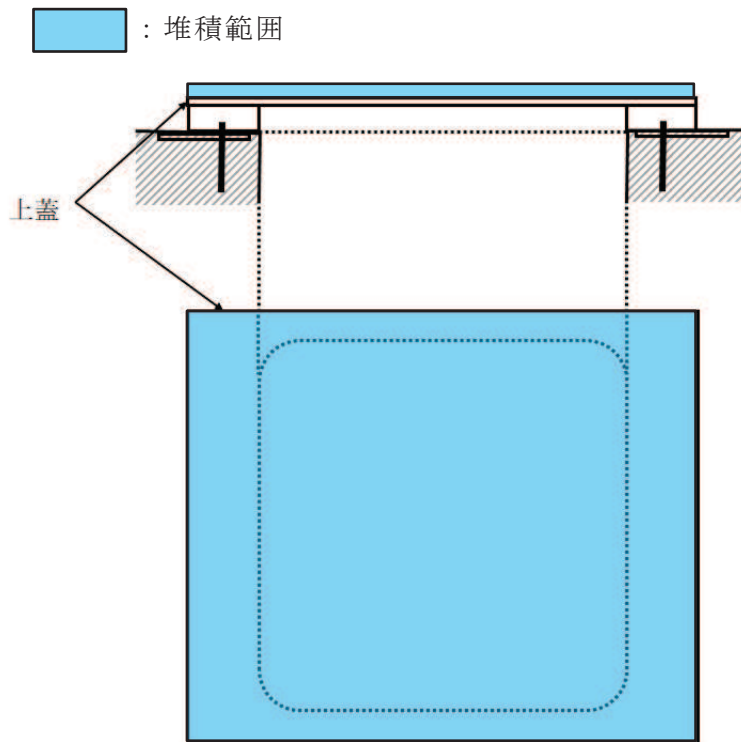


図 3-1 評価対象部位及び降下火砕物等の堆積状態図

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

鋼製ハッチの強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、鋼製ハッチ上蓋の自重を考慮する。

b. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重 (F_v')

降下火砕物等の堆積による単位面積当たりの鉛直荷重は、 3067N/m^2 とする。

(2) 荷重の組合せ

鋼製ハッチには、自重及び降下火砕物堆積による鉛直荷重が作用する。

鋼製ハッチの強度評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重
鋼製ハッチ	上蓋	①自重 ②降下火砕物による鉛直荷重

3.4 許容限界

鋼製ハッチの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位に対し、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえて、J E A G 4 6 0 1 に基づき許容応力状態Ⅲ_AS の許容応力を用いる。

鋼製ハッチの許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2,3 支持構造物」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_AS から算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表 Part5,6 の表にて許容応力を評価する際は、評価対象部位の周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて評価する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表 Part5,6 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

鋼製ハッチの許容限界を表 3-3、許容応力を表 3-4 に示す。

表 3-3 鋼製ハッチの許容限界

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
		一次応力	曲げ	
上蓋	Ⅲ _A S			1.5 f _b

表 3-4 鋼製ハッチの許容応力

評価対象部位	材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	1.5 f _b (MPa)
上蓋	SUS304	40*	205	520	205	236

注記 * : 周囲環境温度

3.5 評価方法

鋼製ハッチの応力評価は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

(1) 評価モデル

降下火砕物等堆積による鉛直荷重によって一様な応力が発生する鋼製ハッチ上蓋を四辺支持の平板として、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。評価モデル図を図 3-2 に示す。

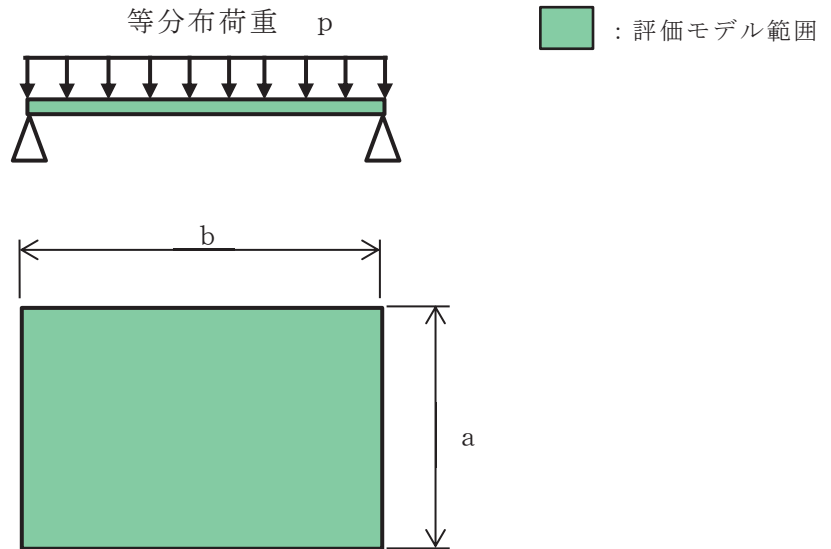


図 3-2 鋼製ハッチ上蓋の応力評価モデル図

(2) 評価方法

a. 鉛直方向荷重

(a) 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

ここで、

$$A_2 = a \cdot b$$

(b) 鋼製ハッチ上蓋質量による鉛直方向荷重

$$F_d = m \cdot g$$

b. 応力評価

(a) 曲げ応力

$$\sigma_b = \beta_1 \cdot \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

ここで、

$$p = \frac{F_d + F_v}{A_2}$$

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価条件

開口部大きさ		F_v' (N/m ²)	g (m/s ²)	m (kg)	b (mm)	a (mm)	t (mm)	β_1 (-)
1300×1300		3067	9.80665	500	1806	1530	16	0.38
800×800	①			260	1336	1030	16	0.42
	②			310	1336	1070	16	0.40

5. 強度評価結果

降下火砕物等堆積時の強度評価結果を表 5-1 に示す。

鋼製ハッチに発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-1 鋼製ハッチの評価結果

評価対象部位	開口部大きさ	材質	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
上蓋	1300×1300	SUS304	曲げ	17	236	
	800×800	①	SUS304	曲げ	9	236
		②	SUS304	曲げ	10	236

VI-3-別添 3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度に関する説明書

目 次

- VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針
- VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書
- VI-3-別添 3-3 溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針
- VI-3-別添 3-4 溢水への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針

目次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
2.2 評価方針	5
3. 構造強度設計	6
3.1 構造強度の設計方針	6
3.2 機能保持の方針	21
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	83
4.1 荷重及び荷重の組合せ	83
4.2 許容限界	107
5. 強度評価方法	156
5.1 土木構造物に関する評価式	156
5.2 機器・配管系に関する評価式	161
5.3 津波監視設備に関する評価式	167
6. 適用規格	168

1. 概要

本添付書類は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第6条及び第51条並びにそれらの「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の解釈」に適合する設計とするため、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」に基づき設計する津波防護に関する浸水防護施設である津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備が、津波に対して構造健全性を有することを確認するための強度計算方針について説明するものである。

強度計算は、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針」に示す適用規格を用いて実施する。

各施設の具体的な計算の方法及び結果は、添付書類「VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度計算は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す津波による荷重と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重又は応力などが許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す評価方法を使用し、「6. 適用規格」に示す適用規格を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

強度評価の対象施設とする浸水防護施設を表 2.1-1 に示す。また、強度評価の対象施設の配置を図 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 強度評価の対象施設 (1/3)

設備名称		施設分類
防潮堤	防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	津波防護施設
	防潮堤 (盛土堤防)	
防潮壁	防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)	
	防潮壁 (第 2 号機放水立坑)	
	防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)	
	防潮壁 (第 3 号機放水立坑)	
	防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋)	
取放水路流路縮小工	取放水路流路縮小工 (第 1 号機取水路) (No. 1), (No. 2)	
	取放水路流路縮小工 (第 1 号機放水路)	
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)		
逆流防止設備	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	
	補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)	
水密扉	水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1)	
	水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 2)	
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)	
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)	
	計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)	
	制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉	
	制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉	
	第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	
制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)		
制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)		

表 2.1-1 強度評価の対象施設 (2/3)

設備名称		施設分類
浸水防止蓋	浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)	浸水防止設備
	浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)	
	浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	
	浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1), (No. 2)	
	浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	
	浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	
	地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	
	地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	
浸水防止壁	第2号機海水ポンプ室浸水防止壁	
逆止弁付ファンネル	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	浸水防止設備
	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第2号機高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第3号機高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	

表 2.1-1 強度評価の対象施設 (3/3)

設備名称		施設分類
貫通部止水処置	貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	浸水防止設備
	貫通部止水処置 (第2号機放水立坑防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置 (第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置 (第3号機放水立坑防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置 (第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部)	
	貫通部止水処置 (第2号機原子炉建屋)	
	貫通部止水処置 (第2号機制御建屋)	
貫通部止水処置 (第2号機軽油タンクエリア)		
取水ピット水位計		津波監視設備

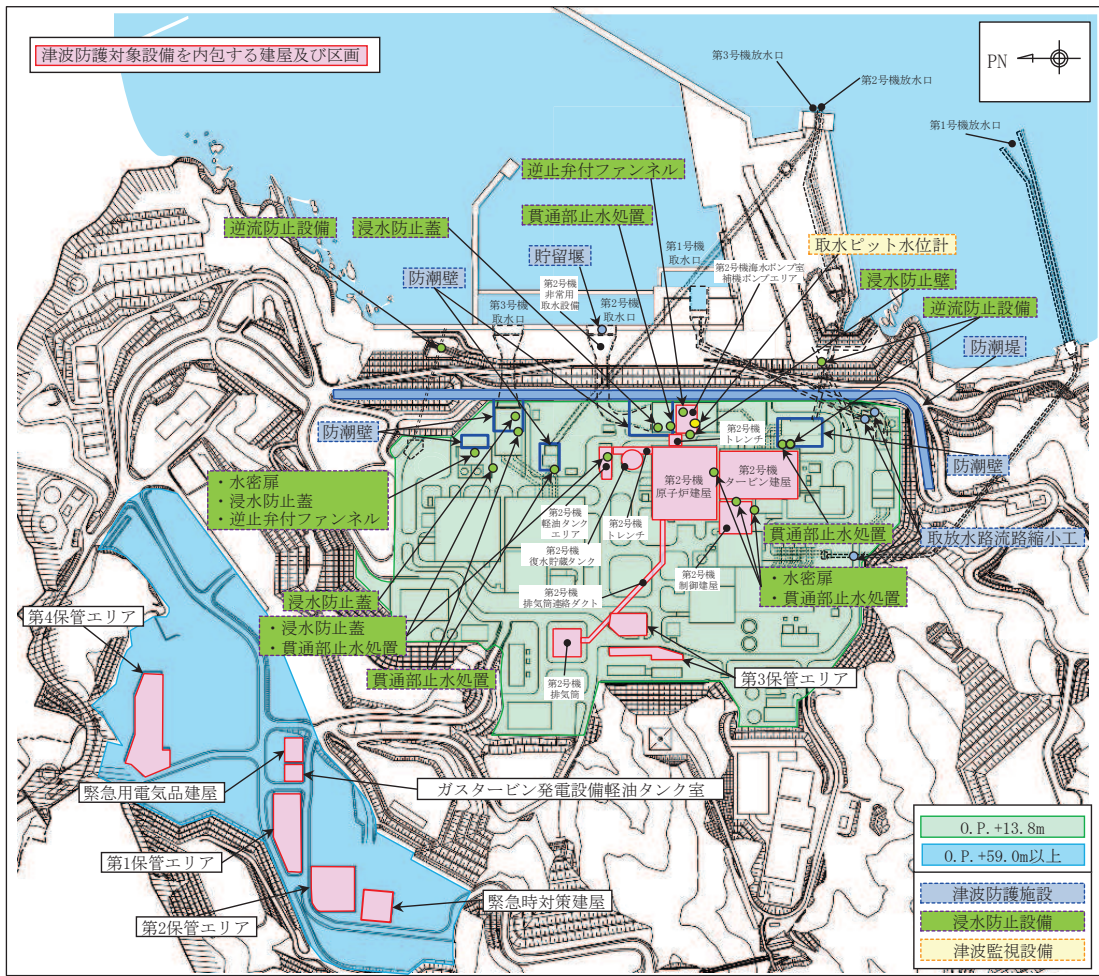


図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置

2.2 評価方針

浸水防護施設は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するため、「2.1 評価対象施設」で分類した施設ごとに、浸水防護に関する強度評価を実施する。

3. 構造強度設計

「2.1 評価対象施設」で設定している施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「4. 機能設計」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

各施設の構造強度の設計方針を設定し、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を保持するよう構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するための設計方針を、「2.1 評価対象施設」ごとに示す。

3.1.1 津波防護施設

(1) 防潮堤

防潮堤の構造形式としては、鋼管杭，鋼製遮水壁，鉄筋コンクリート（RC）遮水壁及び漂流物防護工の上部工を有する杭基礎構造の防潮堤（鋼管式鉛直壁），セメント改良土による盛土構造の防潮堤（盛土堤防）の2種類からなる。

防潮堤はそれぞれの構造形式ごとに、以下に示すとおり、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、地震後の繰返しの来襲を想定した敷地への遡上に伴う津波（以下「遡上波」という。）の浸水に伴う津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，地震後，津波後の再使用性を考慮し，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼管杭，鋼製遮水壁，鉄筋コンクリート（RC）遮水壁及び漂流物防護工で構成し，鋼管杭の周囲にコンクリート製の背面補強工を設置する。下部工の鋼管杭は岩盤又は改良地盤に支持され，すべり安定性を確保するために改良地盤の海側に置換コンクリートを設置する。上部工の鋼管杭と下部工の鋼管杭は一体の構造であるため，上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに，上部工の境界部及び地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し，有意な漏えいを生じない設計とする。

なお，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち鉄筋コンクリート（RC）遮水壁は，入力津波高さよりも高い O.P.+26.7m 以上の標高に設置されることから，強度計

算の対象から除外する。

b. 防潮堤（盛土堤防）

防潮堤（盛土堤防）は，地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，地震後，津波後の再使用性を考慮し，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。セメント改良土による盛土構造とし，岩盤又は改良地盤に支持され，すべり安定性を確保するために改良地盤の海側に置換コンクリートを設置する。また，十分に低い透水性の材料とすることにより，有意な漏えいを生じない設計とする。

(2) 防潮壁

防潮壁の構造形式としては、鋼製又はコンクリート製の上部工を有する杭基礎構造防潮壁（防潮壁（第2号機海水ポンプ室，第2号機放水立坑，第3号機海水ポンプ室及び第3号機放水立坑）），鋼製の上部工を構造物上に設置する防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の2種類（5箇所）からなる。

防潮壁はそれぞれの構造形式ごとに、以下に示すとおり、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 防潮壁（第2号機海水ポンプ室）

防潮壁（第2号機海水ポンプ室）は、地震後の繰返しの来襲を想定した取水路、放水路等の経路からの流入に伴う津波（以下「経路からの津波」という。）の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭（一部、場所打ちコンクリート杭）とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とする。

また、防潮堤との取り合い部については、防潮堤背面補強工から張り出した鉄筋コンクリート壁に鋼板を設置した構造、防潮堤背面補強工部については、防潮堤背面補強工の上部に背面補強工に一体の鉄筋コンクリート壁構造とする。

これらの構造に関し、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイント若しくは止水シールを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

b. 防潮壁（第2号機放水立坑）

防潮壁（第2号機放水立坑）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とする。

また、遮水鋼板については、鋼製遮水壁（鋼板）のフーチングに一体の構造とする。

これらの構造に関し、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

c. 防潮壁（第3号機海水ポンプ室）

防潮壁（第3号機海水ポンプ室）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とする。

また、防潮堤との取り合い部については、防潮堤背面補強工から張り出した鉄筋コンクリート壁に鋼板を設置した構造とし、防潮堤背面補強工部については、防潮堤背面補強工の上部に背面補強工に一体の鉄筋コンクリート壁構造とする。

これらの構造に関し、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイント、或いは止水シールを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

なお、防潮壁下部からの津波の回り込み（ボイリング）に対しては、フーチングや鋼矢板により埋め込み長を確保する等し、有意な漏えいが生じない設計とする。

d. 防潮壁（第3号機放水立坑）

防潮壁（第3号機放水立坑）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とする。

また、遮水鋼板については、鋼製遮水壁（鋼板）のフーチングに一体の構造とする。

これらの構造に関し、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

e. 防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋）

防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋）は，地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震，漂流物の衝突，風及び積雪による荷重に対し，地震後，津波後の再使用性を考慮し，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）で構成し，下部工となる第 3 号機海水熱交換器建屋取水立坑上に設置する。上部工と下部工を一体とした構造とし，上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに，上部工と下部工の構造体の境界部には止水ジョイントを設置し，有意な漏えいを生じない設計とする。

(3) 取放水路流路縮小工

a. 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）（No.1），（No.2）

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）（No.1），（No.2）は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、第1号機取水路内に設置するコンクリートに貫通部（貫通部径：m）を設けた構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、第1号機放水路内に設置するコンクリートに貫通部（貫通部径：m）を設けた構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(4) 貯留堰（No.1），（No.2），（No.3），（No.4），（No.5），（No.6）

貯留堰（No.1），（No.2），（No.3），（No.4），（No.5），（No.6）は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、取水口底盤に設置する鉄筋コンクリート製の堰で構成し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持するとともに、有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とする。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3.1.2 浸水防止設備

(1) 逆流防止設備

逆流防止設備は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の扉体で構成し、屋外排水路（防潮堤南側）の出口側集水ピットに固定する構造（地中構造物）とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の漂流物防護工及び扉体で構成し、屋外排水路（防潮堤北側）の出口側集水ピットに固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の扉体で構成し、防潮壁（第2号機放水立坑）に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(2) 水密扉

水密扉は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1)

水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、第3号機海水熱交換器建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2)

水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2) は、地震

後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、第3号機海水熱交換器建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、原子炉建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

d. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、原子炉建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

g. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

h. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)

計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

i. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

j. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

k. 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉

第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

l. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

m. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5) は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(3) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)

浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、原子炉機器冷却海水配管ダクトに固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 浸水防止蓋 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット)

浸水防止蓋 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第 3 号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)

浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第 3 号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

d. 浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 1)

浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第 3 号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

e. 浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 2)

浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 2) は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第 3 号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する

構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

f. 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内）に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

g. 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

h. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No.1）,（No.2）

地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No.1）,（No.2）は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、軽油タンクエリアに固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

i. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋

地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、軽油タンクエリアに固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(4) 浸水防止壁

a. 第2号機海水ポンプ室浸水防止壁

第2号機海水ポンプ室浸水防止壁は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止壁

で構成し、海水ポンプ室に基礎ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(5) 逆止弁付ファンネル

逆止弁付ファンネルは、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

- a. 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- b. 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- c. 第2号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)

第2号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- d. 第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)

第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- e. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No.1),
(No.2)

第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No.1),
(No.2)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波
荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、
鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地
震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設
計とする。

- f. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No.1),
(No.2)

第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No.1),
(No.2)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波
荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、
鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地
震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設
計とする。

- g. 第3号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No.1),
(No.2)

第3号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No.1),
(No.2)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波
荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、
鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地
震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設
計とする。

- h. 第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No.1), (No.2),
(No.3)

第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No.1), (No.2),
(No.3)は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波
荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、
鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地
震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設
計とする。

(6) 貫通部止水処置

貫通部止水処置は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方
針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備(3)性能目標」で設
定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

d. 貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

e. 貫通部止水処置（第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）

貫通部止水処置（第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

f. 貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）

貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な

構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

g. 貫通部止水処置（第2号機制御建屋）

貫通部止水処置（第2号機制御建屋）は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

h. 貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）

貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール、ブーツラバー又はモルタルにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.1.3 津波監視設備

(1) 取水ピット水位計

取水ピット水位計は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3 津波監視設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室に設置された取付座に取付ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.2 機能保持の方針

添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、添付書類「VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針」の「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 b. 荷重の組合せ」及び「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 c. 許容限界」で設定している荷重を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

3.2.1 防潮堤

(1) 構造設計

防潮堤は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針」の「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。防潮堤の構造計画を表 3.2-1～表 3.2-2 に示す。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、鋼管杭、鋼製遮水壁、鉄筋コンクリート（RC）遮水壁及び漂流物防護工による上部工を有する杭基礎構造とし、鋼管杭を十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に支持させる構造とする。鋼製遮水壁及び鉄筋コンクリート（RC）遮水壁は鋼管杭に、漂流物防護工は鋼製遮水壁に設置する。また、鋼管式鉛直壁において、鋼管杭の周囲にコンクリート製の背面補強工を設置する。改良地盤の海側に、すべり安定性を確保するために置換コンクリートを設置する。

隣接する構造体との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

b. 防潮堤（盛土堤防）

防潮堤（盛土堤防）は、セメント改良土による盛土構造とし、十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に支持させる構造とする。また、改良地盤の海側に、すべり安定性を確保するために置換コンクリートを設置する。

(2) 評価方針

防潮堤は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼管杭、鋼製遮水壁、漂流物防護工、背面補強工及び置換コンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については、防潮堤（鋼管式鉛直壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

b. 防潮堤（盛土堤防）

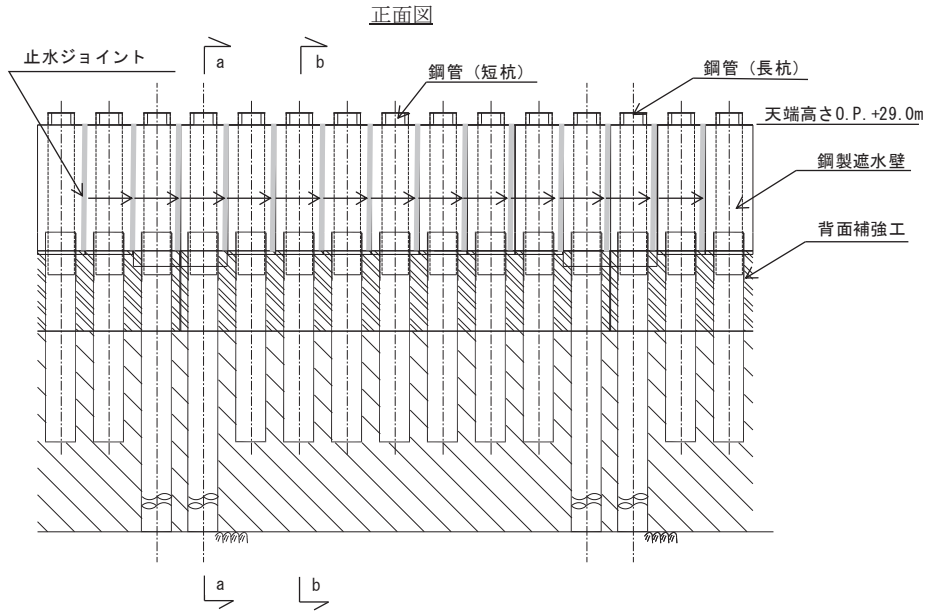
地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材であるセメント改良土及び置換コンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については、防潮堤（盛土堤防）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

表 3.2-1 構造計画（防潮堤（鋼管式鉛直壁））（1/2）

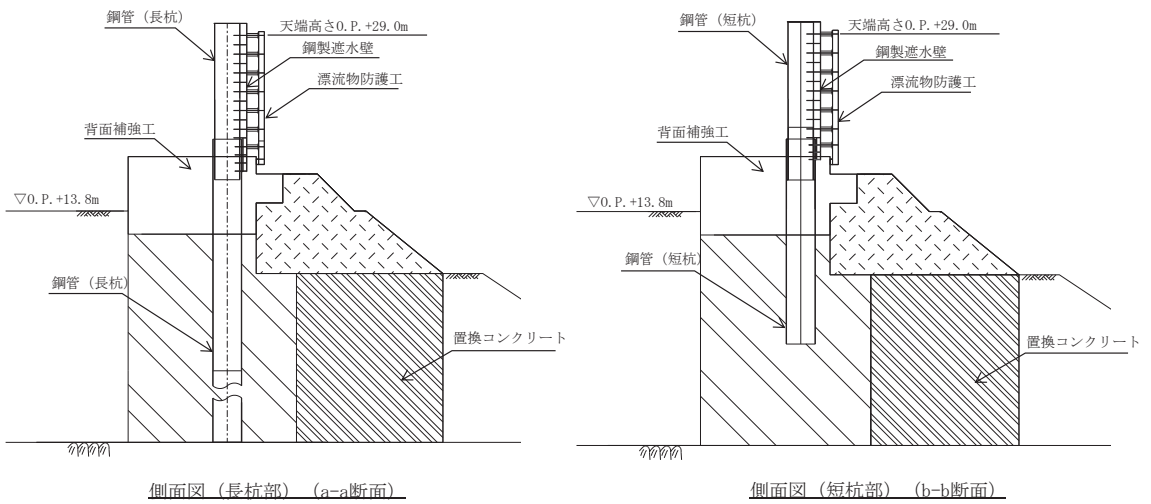
配置図		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に設置する。</p>	<p>鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工，背面補強工及び置換コンクリートから構成する。</p>	<p>次頁に記載</p>

表 3.2-1 構造計画（防潮堤（鋼管式鉛直壁））（2/2）

説明図

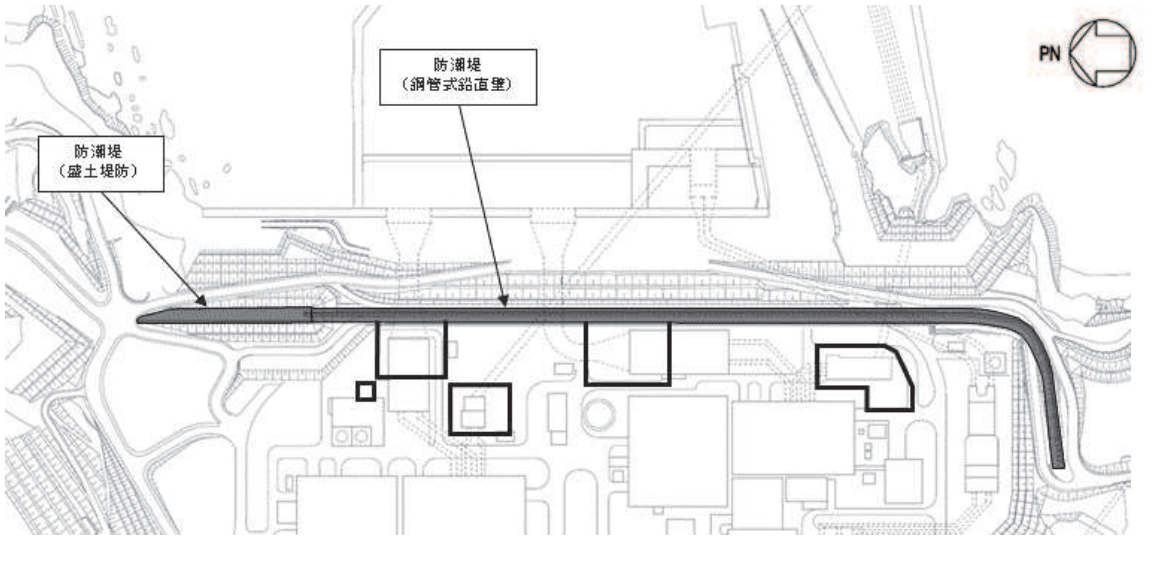
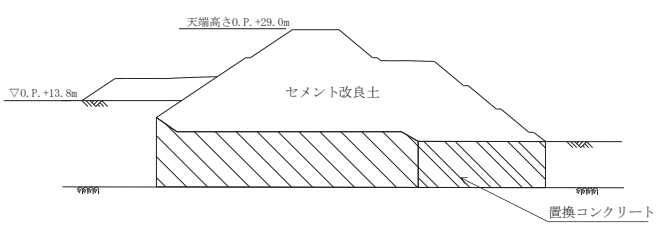


防潮堤（鋼管式鉛直壁）の構造図（正面図）



防潮堤（鋼管式鉛直壁）の構造図（断面図）

表 3.2-2 構造計画（防潮堤（盛土堤防））

配置図	
	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に設置する。</p>	<p>セメント改良土及び置換コンクリートから構成する。</p>
説明図	
 <p style="text-align: center;">断面図</p>	

3.2.2 防潮壁

(1) 構造設計

防潮壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

防潮壁は、第2号機海水ポンプ室スクリーンエリア、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室スクリーンエリア、第3号機放水立坑及び第3号機海水熱交換器建屋取水立坑の開口部を囲んで設置する構造物である。

第2号機海水ポンプ室、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室、第3号機放水立坑の防潮壁は、鋼管杭（一部、場所打ちコンクリート杭）とフーチングによる基礎構造とし、第3号機海水熱交換器建屋の防潮壁は、取水立坑上に設置する。上部構造は、設置箇所に応じて鋼製又はコンクリート製とする。

第2号機海水ポンプ室、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室、第3号機放水立坑の防潮壁の内側には車両が進入するため、人力で確実に開閉可能な鋼製扉を設置する。

第2号機海水ポンプ室、第3号機海水ポンプ室の防潮壁と防潮堤の取り合い部については、防潮堤背面補強工から張り出した鉄筋コンクリート壁に鋼板を、防潮堤背面補強工部については、防潮堤背面補強工の上部に鉄筋コンクリート壁を設置するとともに隣接する構造体との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材若しくは止水シールを設置する。

また、第2号機放水立坑、第3号機放水立坑の防潮壁については、防潮壁下部を横断するトレンチに遮水鋼板を設置する。

防潮壁の構造計画を表 3.2-3 に示す。

(2) 評価方針

防潮壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

a. 防潮壁（第2号機海水ポンプ室）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉及び防潮堤取り合い部、防潮堤背面補強工部の構成部材である鋼材及びコンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤

については、防潮壁を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

b. 防潮壁（第2号機放水立坑）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉及び遮水鋼板の構成部材である鋼材及びコンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤については、防潮壁を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

c. 防潮壁（第3号機海水ポンプ室）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）」と同じ。

d. 防潮壁（第3号機放水立坑）

「防潮壁（第2号機放水立坑）」と同じ。

e. 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）の構成部材である鋼材が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（1/5）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>第2号機海水ポンプ室スクリーンエリア、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室スクリーンエリア及び第3号機放水立坑の開口部を囲んで設置し、十分な支持性能を有する岩盤に設置する。</p>	<p>第2号機海水ポンプ室、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室、第3号機放水立坑の防潮壁の上部工は、設置箇所に応じて鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成する。下部工は、鋼管杭（一部、場所打ちコンクリート杭）及びフーチングにより構成する。また、防潮堤取り合い部は鉄筋コンクリート壁と鋼板により、防潮堤背面補強工部は鉄筋コンクリート壁により、遮水鋼板は鋼板により構成する。</p>
<p>説明図</p> <p>次頁以降に記載</p>	

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（2/5）

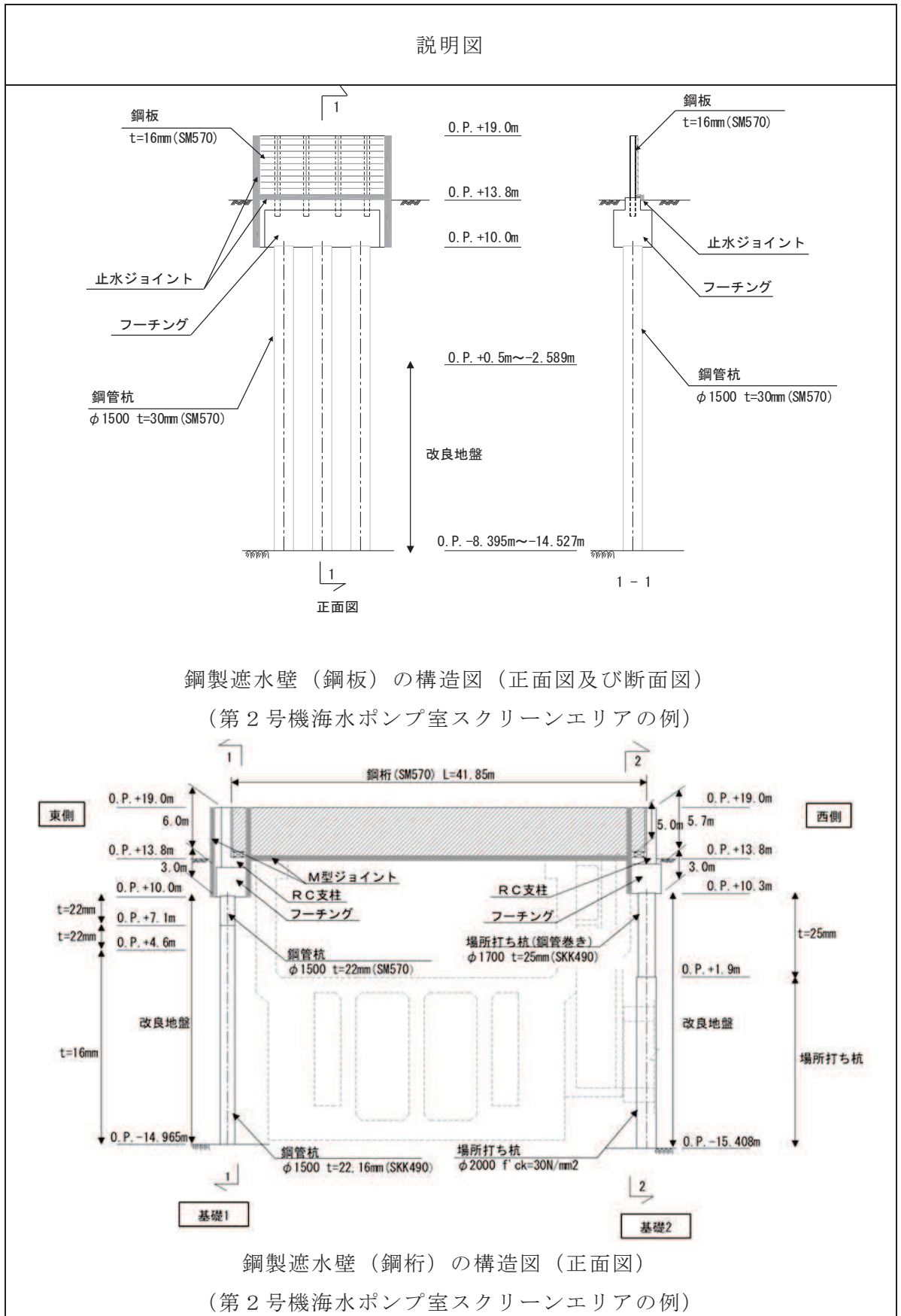
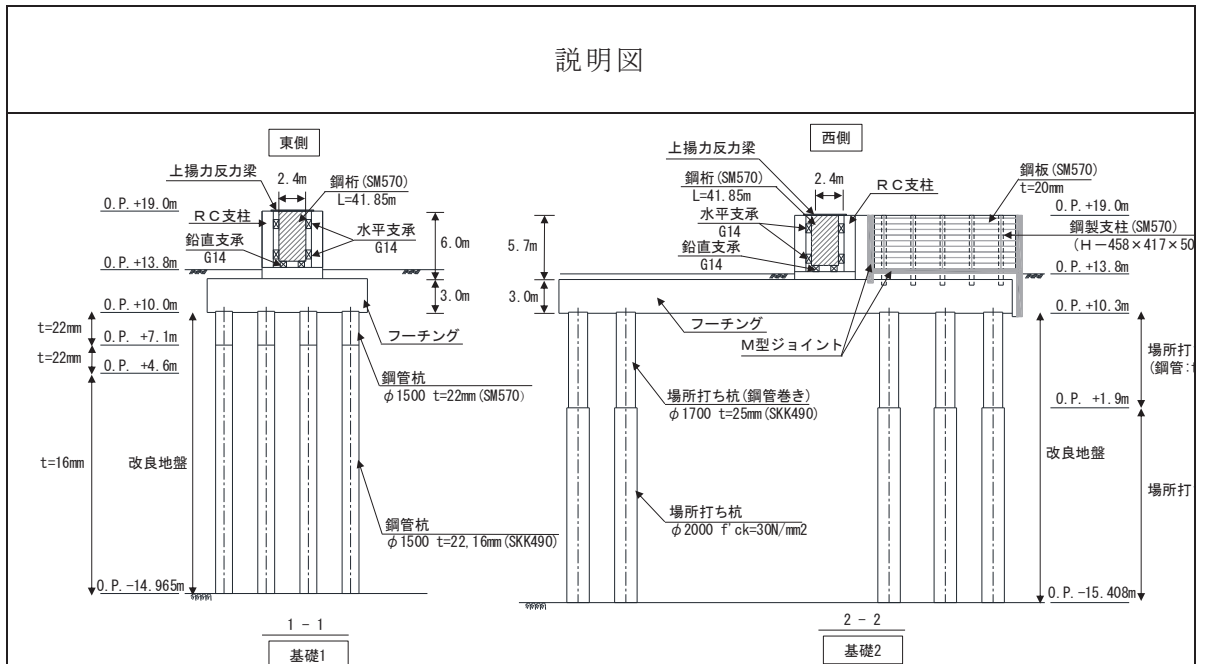


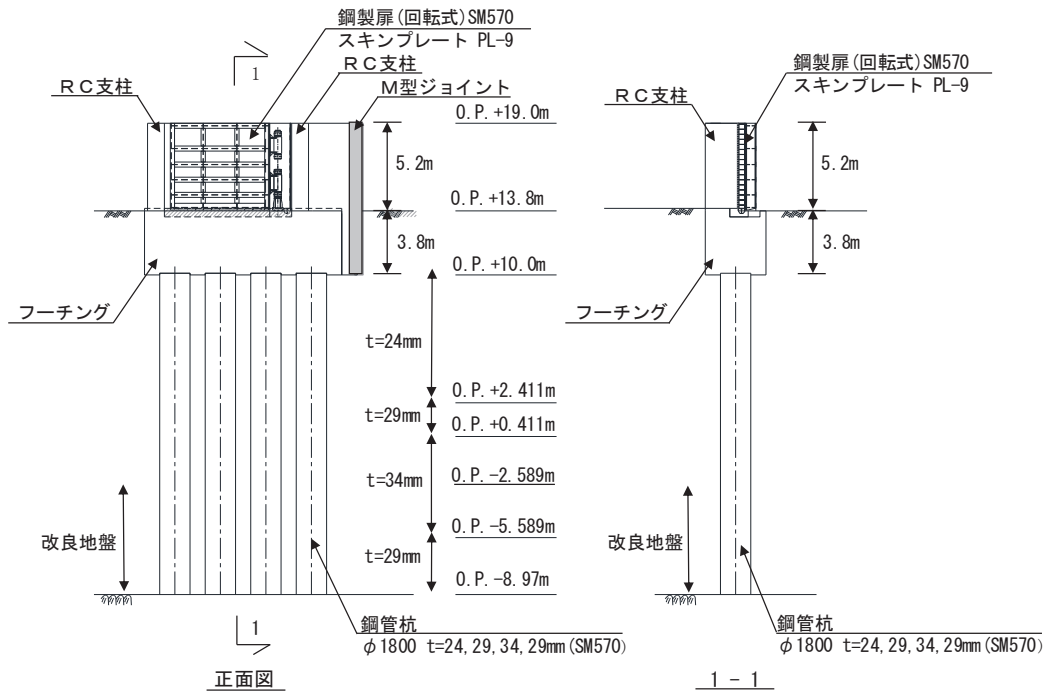
表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（3/5）

説明図



鋼製遮水壁（鋼桁）の構造図（断面図：鋼桁1の例）

（第2号機海水ポンプ室スクリーンエリアの例）

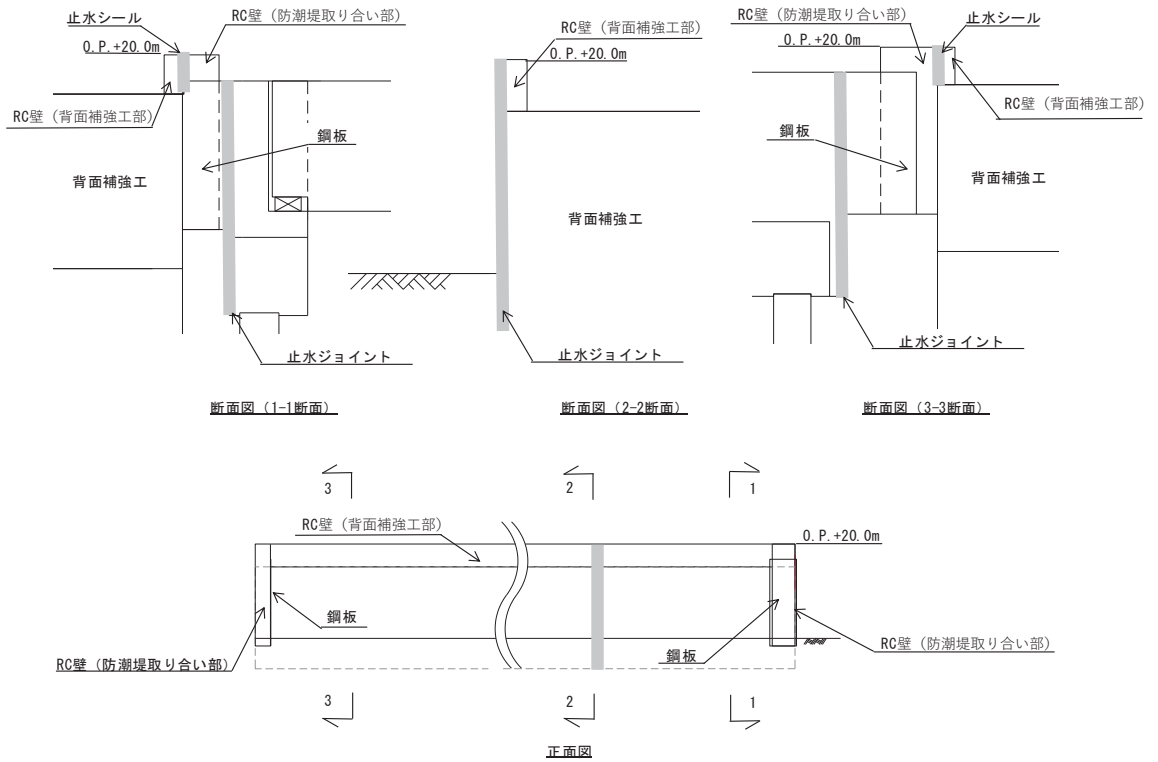


鋼製扉の構造図（正面図及び断面図）

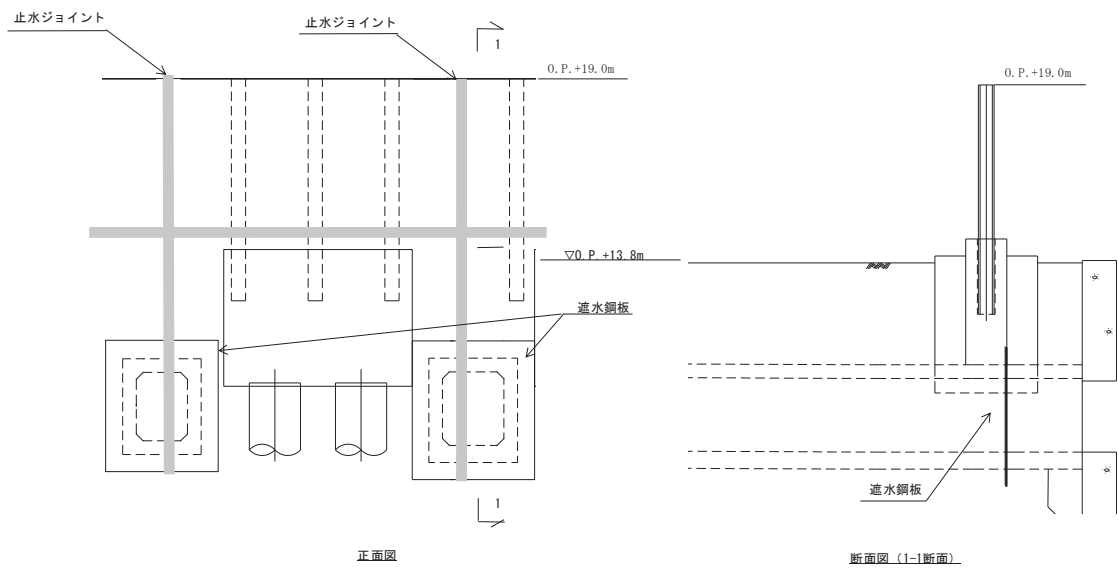
（第2号機海水ポンプ室スクリーンエリアの例）

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（4/5）

説明図



防潮堤取り合い部・背面補強工部（正面図及び断面図）
（第2号機海水ポンプ室スクリーンエリアの例）



遮水鋼板の構造図（正面図及び断面図）
（第2号機放水立坑の例）

O 2 ⑥ VI-3-別添 3-1 R 9

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（5/5）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>第3号機海水熱交換器建屋取水立坑上に上部工をアンカーボルトにより設置する。</p>	<p>上部工は、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製間柱、鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースで構成する。</p>	<p>平面図</p> <p>A-A 正面図</p> <p>防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）</p>

3.2.3 取放水路流路縮小工

(1) 構造設計

取放水路流路縮小工は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取放水路流路縮小工は、第1号機取水路及び第1号機放水路内に設置する構造物であり、それぞれの流路をコンクリートにより縮小するものである。

取放水路流路縮小工の構造計画を表 3.2-4 に示す。

(2) 評価方針

取放水路流路縮小工は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

a. 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1), (No.2)

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材であるコンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤については、取放水路流路縮小工を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

b. 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）

「取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1), (No.2)」と同じ。

表 3.2-4 構造計画（取放水路流路縮小工）

配置図	
<p style="text-align: right;">PN </p>	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>十分な支持性能を有する岩盤に設置する。</p>	<p>第 1 号機取水路及び第 1 号機放水路内に設置するコンクリートに貫通部を設けた構造とする。</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>横断面図 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路） 構造図</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>横断面図 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路） 構造図</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>縦断面図 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路） 構造図</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>縦断面図 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路） 構造図</p> </div> </div>	

3.2.4 貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6)

(1) 構造設計

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) は、取水口底盤に設置する鉄筋コンクリート製の堰であり、取水口と一体構造とする。

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) の天端は、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）の取水に必要な水量を確保するための高さとする。

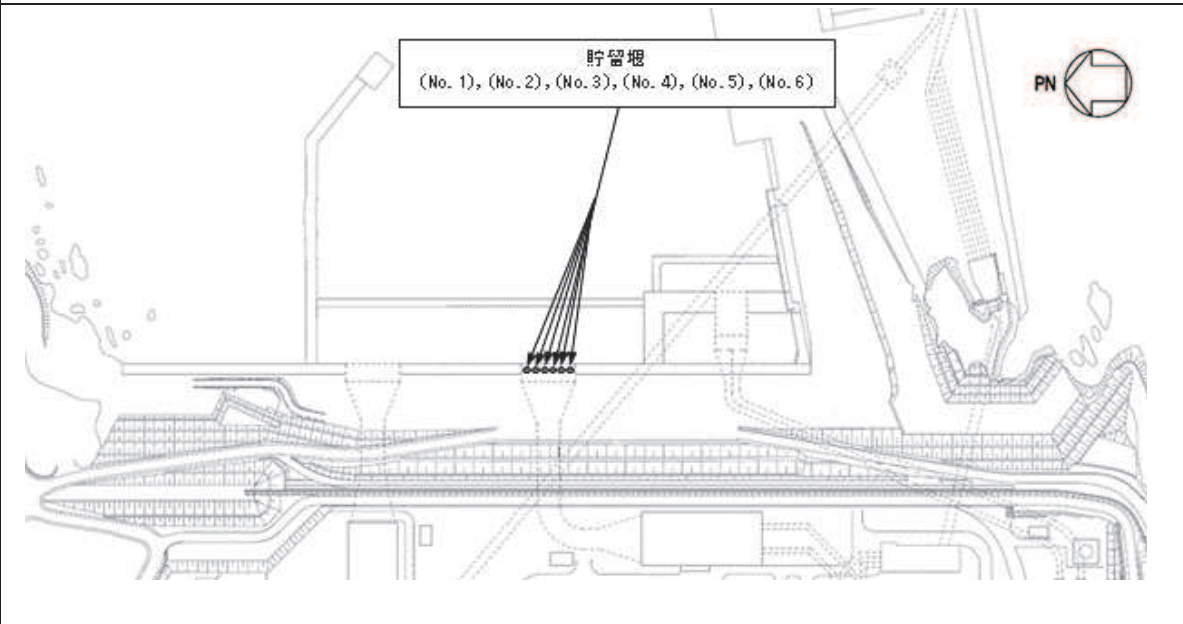
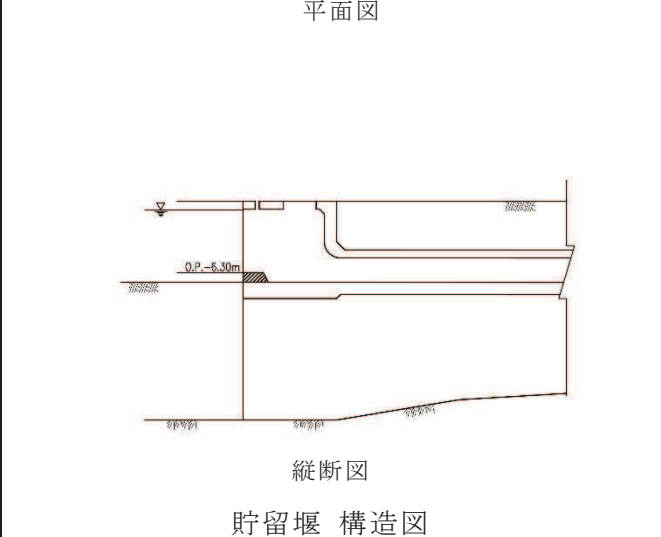
貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) の構造計画を表 3.2-5 に示す。

(2) 評価方針

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返し又来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鉄筋コンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-5 構造計画（貯留堰）

配置図		
		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>十分な支持性能を有する取水口底盤に設置する。</p>	<p>取水口底盤に設置する鉄筋コンクリート製の堰で構成し、取水口と一体構造とする。</p>	 <p style="text-align: center;">平面図</p> <p style="text-align: center;">縦断面図 貯留堰 構造図</p>

3.2.5 逆流防止設備

(1) 構造設計

逆流防止設備は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

逆流防止設備の構造計画を表 3.2-6 に示す。

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）及び固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）を主体構造とする。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、アンカーで屋外排水路（防潮堤南側）の出口側集水ピット（鉄筋コンクリート製）に固定し、支持する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）、固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）及び漂流物防護工を主体構造とする。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、アンカーで屋外排水路（防潮堤北側）の出口側集水ピット（鉄筋コンクリート製）に固定し、支持する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）及び固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）を主体構造とする。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)は、アンカーで防潮壁（第2号機放水立坑）に固定し、支持する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

(2) 評価方針

逆流防止設備は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉体としてスキンプレート、主桁及び補助桁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、漏えいが想定される隙間は、圧着構

造となるよう、扉体を構成するスキンプレート、主桁及び補助桁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉体としてスキンプレート、主桁及び補助桁並びに漂流物防護工がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、漏えいが想定される隙間は、圧着構造となるよう、扉体を構成するスキンプレート、主桁及び補助桁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)

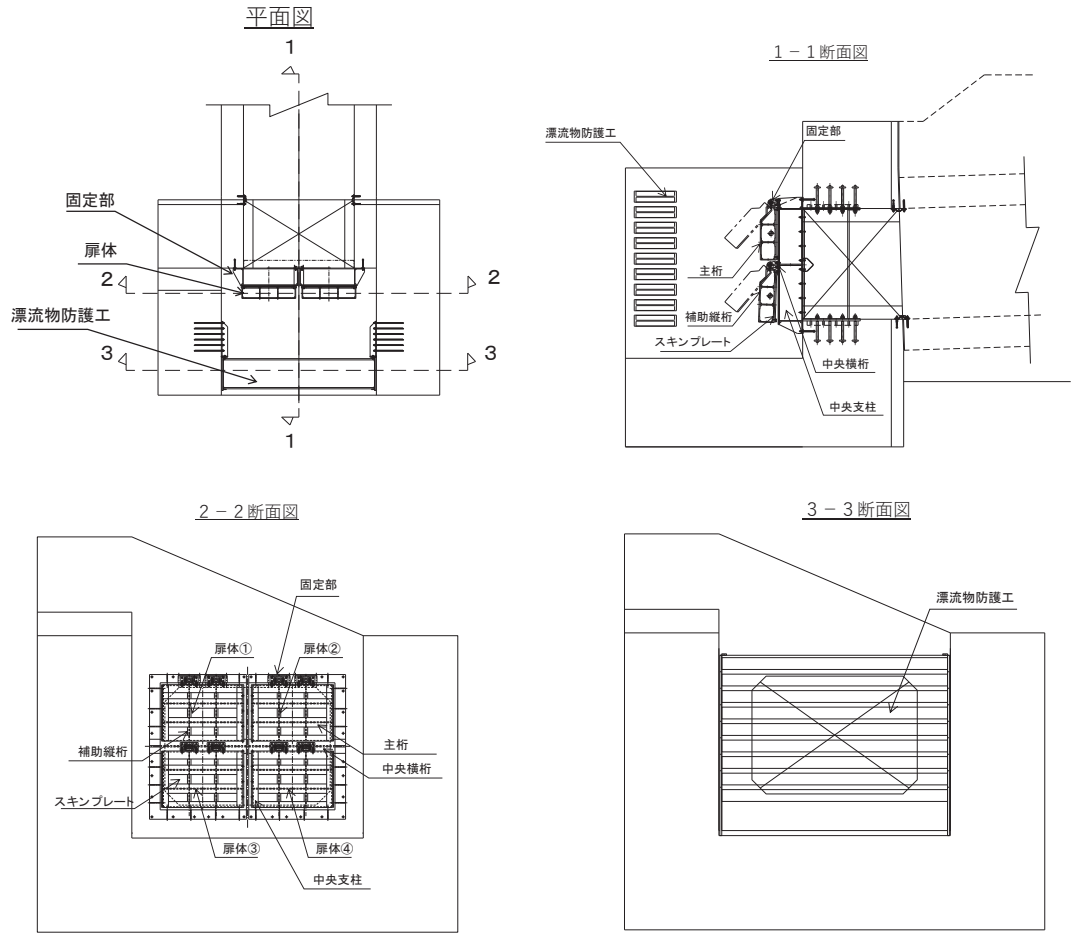
「屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

表 3.2-6 構造計画（逆流防止設備）（1/3）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>扉体を、固定部を介して十分な支持性能を有する構造物（出口側集水ピット，防潮壁）に固定する。</p>	<p>鋼製の扉体（スキムプレート，主桁及び補助縦桁），固定部（ヒンジ，吊りピン及びアンカーボルト）及び漂流物防護工（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のみ）を主体構造とする。</p>
説明図	
<p style="text-align: center;">正面図</p> <p style="text-align: center;">平面図</p> <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: center;">屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）</p>	

表 3.2-6 構造計画（逆流防止設備）（2/3）

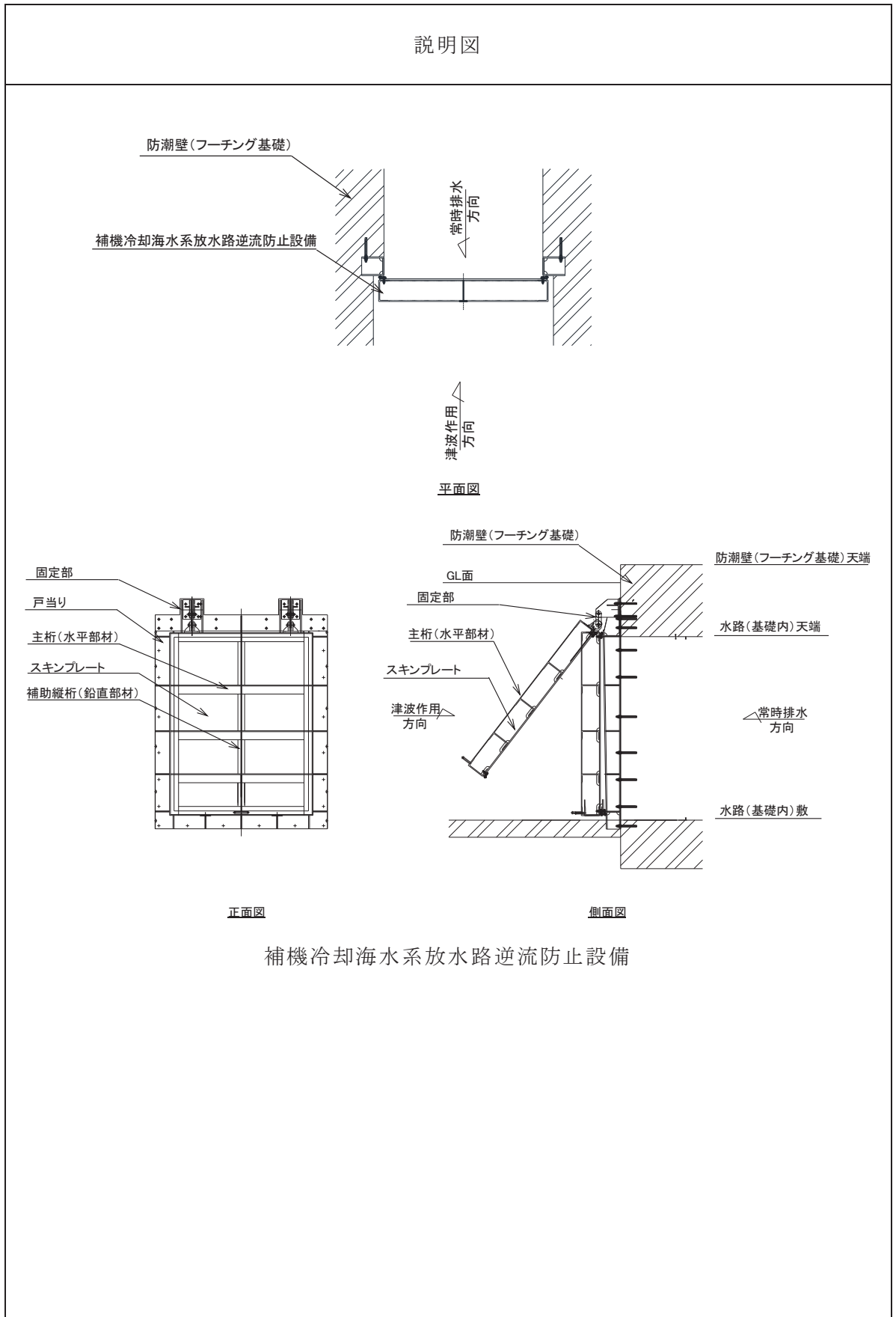
説明図



屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

表 3.2-6 構造計画（逆流防止設備）（3/3）

説明図



02 ⑥ VI-3-別添3-1 R9

3.2.6 水密扉

(1) 構造設計

水密扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

水密扉の構造計画を表 3.2-7 に示す。

- a. 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No.1），（No.2）
水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No.1），（No.2）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように第3号機海水熱交換器建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。
- b. 原子炉建屋浸水防止水密扉（No.1）
原子炉建屋浸水防止水密扉（No.1）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように原子炉建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。
- c. 原子炉建屋浸水防止水密扉（No.2）
原子炉建屋浸水防止水密扉（No.2）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように原子炉建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。
- d. 制御建屋浸水防止水密扉（No.1）
制御建屋浸水防止水密扉（No.1）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

g. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)

計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

h. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

i. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

j. 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉

第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉は、水密扉として扉板及び固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及び扉固定部を主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト、扉固定部及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

k. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

1. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

(2) 評価方針

水密扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 水密扉(第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)

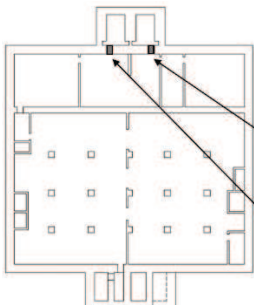
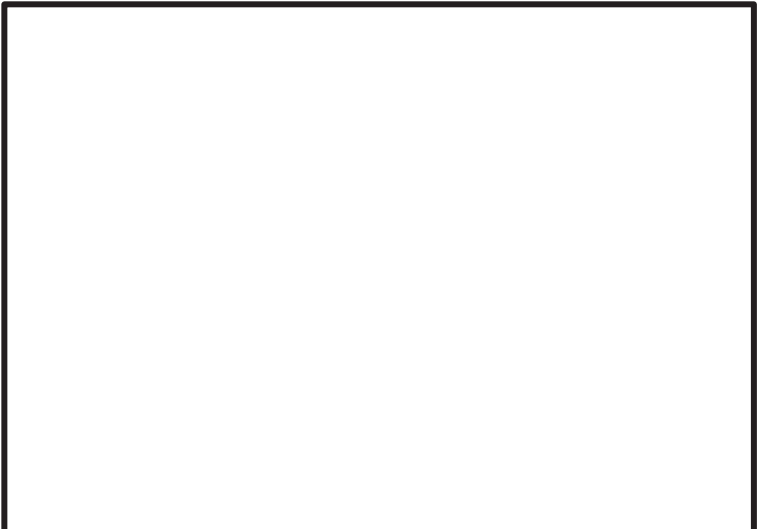
地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉板、芯材、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、扉板及び芯材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉板、芯材、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、扉板及び芯材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

- c. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- d. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- g. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- h. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- i. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- j. 第2号機 MCR 浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- k. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- l. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（1/12）

配置図		
 <p>水密扉(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア)(No. 2)</p> <p>水密扉(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア)(No. 1)</p> <p>第3号機海水熱交換器建屋</p>		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	 <p>水密扉(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア)(No. 1)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（2/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	 <p>水密扉(第3号機海水熱交換器建屋 海水ポンプ設置エリア)(No.2)</p>


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（3/12）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>
<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%; min-height: 200px;"></div> <p>原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)</p>	


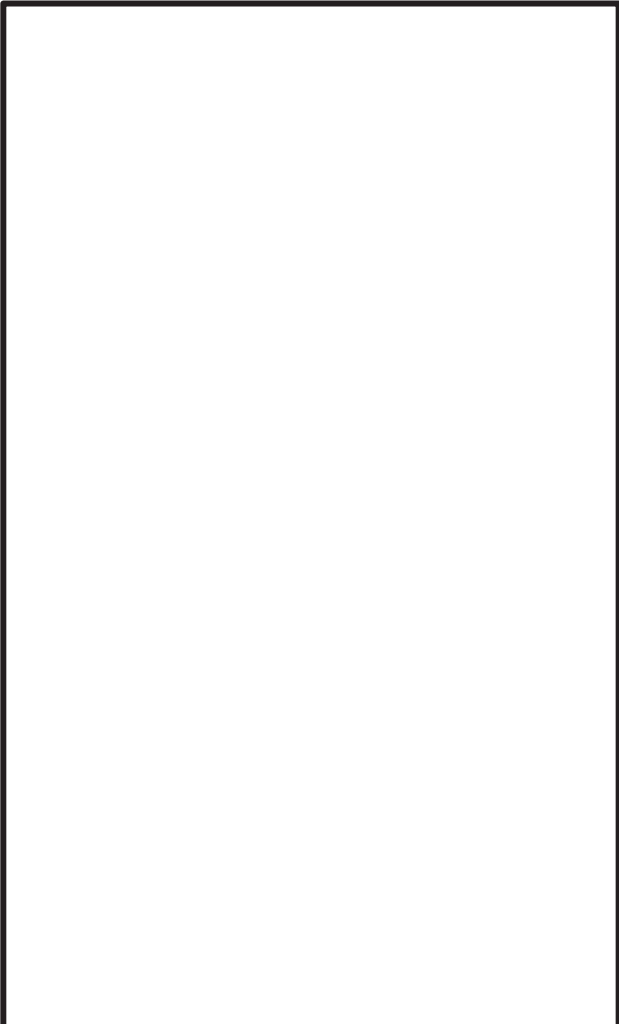
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（4/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	 <p>原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（5/12）

配置図		
		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>大扉は扉開放時においては、ヒンジにより大扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、扉固定部により、大扉と扉枠を一体化する構造とする。</p> <p>くぐり戸は扉開放時においては、ヒンジによりくぐり戸が大扉に固定され、扉閉止時においては、くぐり戸用カンヌキにより、大扉に一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>大扉は片開き型の鋼製扉とし、大扉に設置された扉固定部を扉枠と接合させ、大扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>くぐり戸は片開き型の鋼製扉とし、くぐり戸に設置されたくぐり戸用カンヌキを大扉に設置されたカンヌキ受けに差し込み、くぐり戸と大扉を一体化させる構造とする。</p> <p>また、大扉と建屋躯体の接続は大扉のヒンジを介する構造とする。</p>	 <p>第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉</p>

枠囲みの内容は商業機密及び防護上の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（6/12）

配置図	
計画の概要	
基礎・ 支持構造	主体構造
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; min-height: 200px;"></div> <p style="text-align: center;">制御建屋浸水防止水密扉（No. 1）</p>	



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（7/12）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; text-align: center; vertical-align: middle;"> <p>制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)</p> </div>	


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（8/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	 <p>制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)</p>
		 <p>制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（9/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	 <p style="text-align: center;">制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（10/12）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	<p>計測制御電源室(B) 浸水防止水密扉 (No. 3)</p>


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（11/12）

配置図		説明図
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	
		<p>制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（12/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	 <p>制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.7 浸水防止蓋

(1) 構造設計

浸水防止蓋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

浸水防止蓋の構造計画を表 3.2-8 に示す。

a. 浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）

浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように原子炉機器冷却海水配管ダクト上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

b. 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）

浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）は、浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように第3号機海水熱交換器建屋側面に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

c. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）

浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように第3号機海水熱交換器建屋の床面に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

d. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部） （No. 1），（No. 2）

浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）（No. 1），（No. 2）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように第3号機海水熱交換器建屋の床面に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

e. 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内）上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボ

ルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

f. 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鋼製の揚水井戸に伝達する構造とする。

g. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1）、（No. 2）

地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1）、（No. 2）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように軽油タンクエリア上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

h. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋

地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように軽油タンクエリア上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

(2) 評価方針

浸水防止蓋は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、浸水防止蓋及び固定ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、浸水防止蓋がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、浸水防止蓋がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

c. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）

「浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）」と同じ。

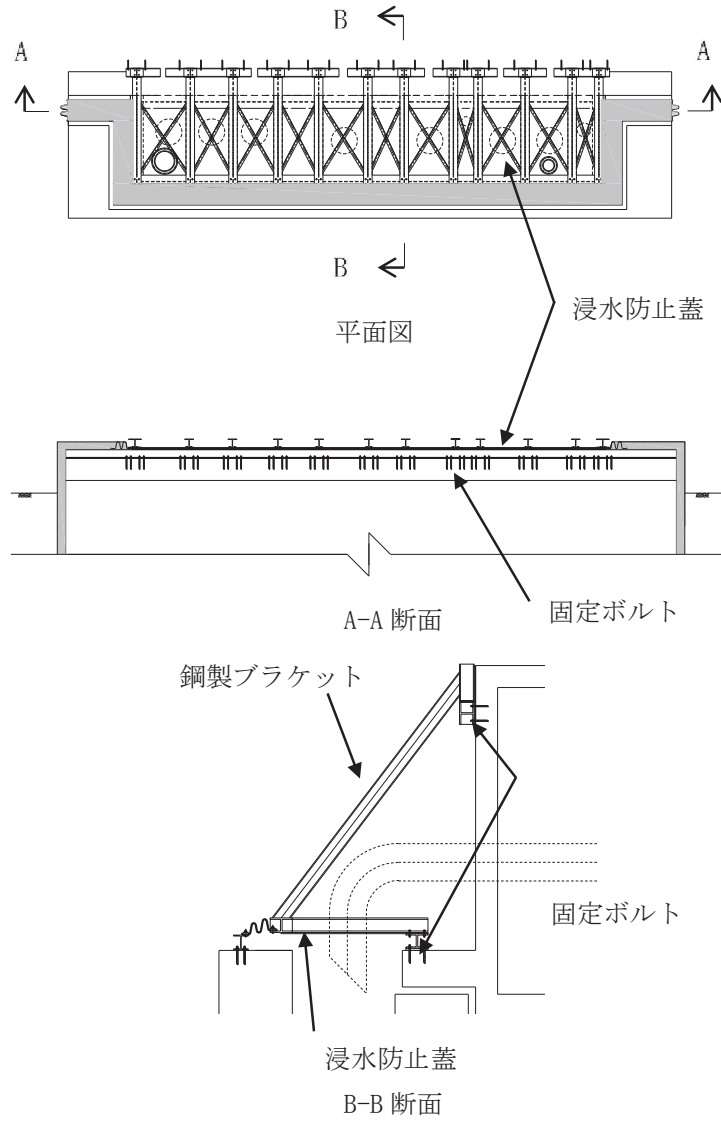
- d. 浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 1), (No. 2)
「浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)」と同じ。
- e. 浸水防止蓋(揚水井戸(第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))
「浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)」と同じ。
- f. 浸水防止蓋(揚水井戸(第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))
「浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)」と同じ。
- g. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)
地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, 浸水防止蓋及び固定ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また, 止水機能を損なわないよう, 浸水防止蓋がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。
- h. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋
「地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)」と同じ。

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（1/6）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>十分な支持性能を有する構造物に設置する。</p>	<p>スキンプレート、主桁及び固定ボルト等により構成する。</p>
<div style="text-align: center;"> <p>説明図</p> <p>浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)</p> </div>	

表 3.2-8 構造計画 (浸水防止蓋) (2/6)

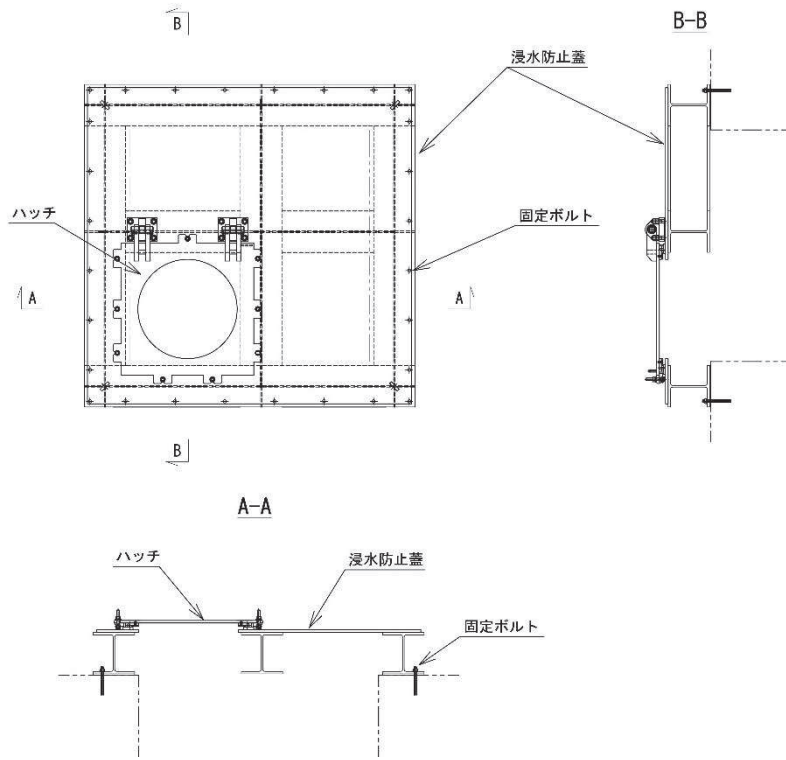
説明図



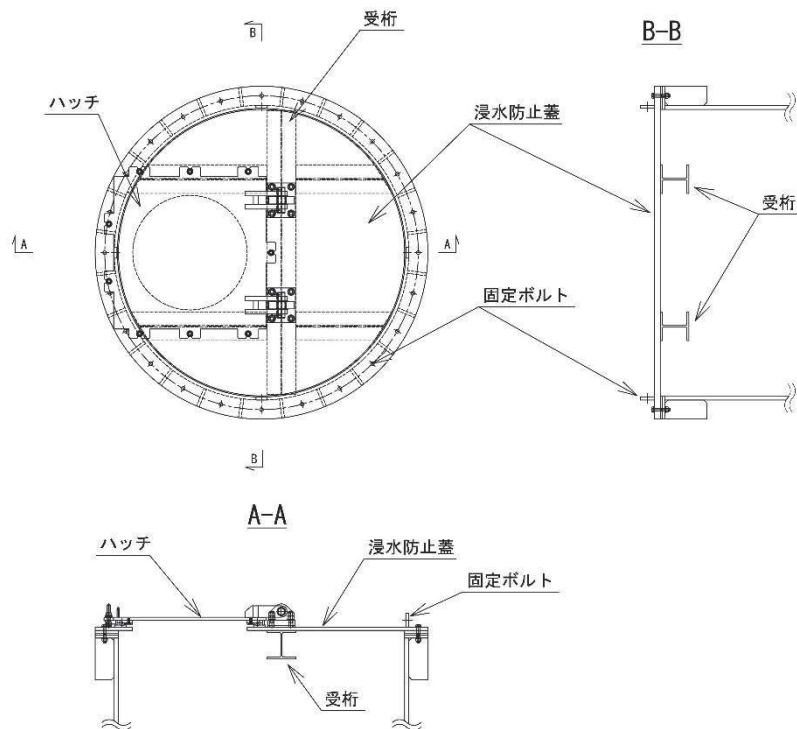
浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)

表 3.2-8 構造計画 (浸水防止蓋) (3/6)

説明図



浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))



浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（4/6）

配置図	
<p>浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)(No. 1)</p> <p>浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)(No. 2)</p> <p>浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)</p>	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア床面に設置する固定ボルトで固定する。</p>	<p>浸水防止蓋及び固定ボルトにより構成する。</p>
説明図	
<p>浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）</p>	
<p>浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）(No. 1), (No. 2)</p>	

O2 ⑥ VI-3-別添3-1 R9

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（5/6）

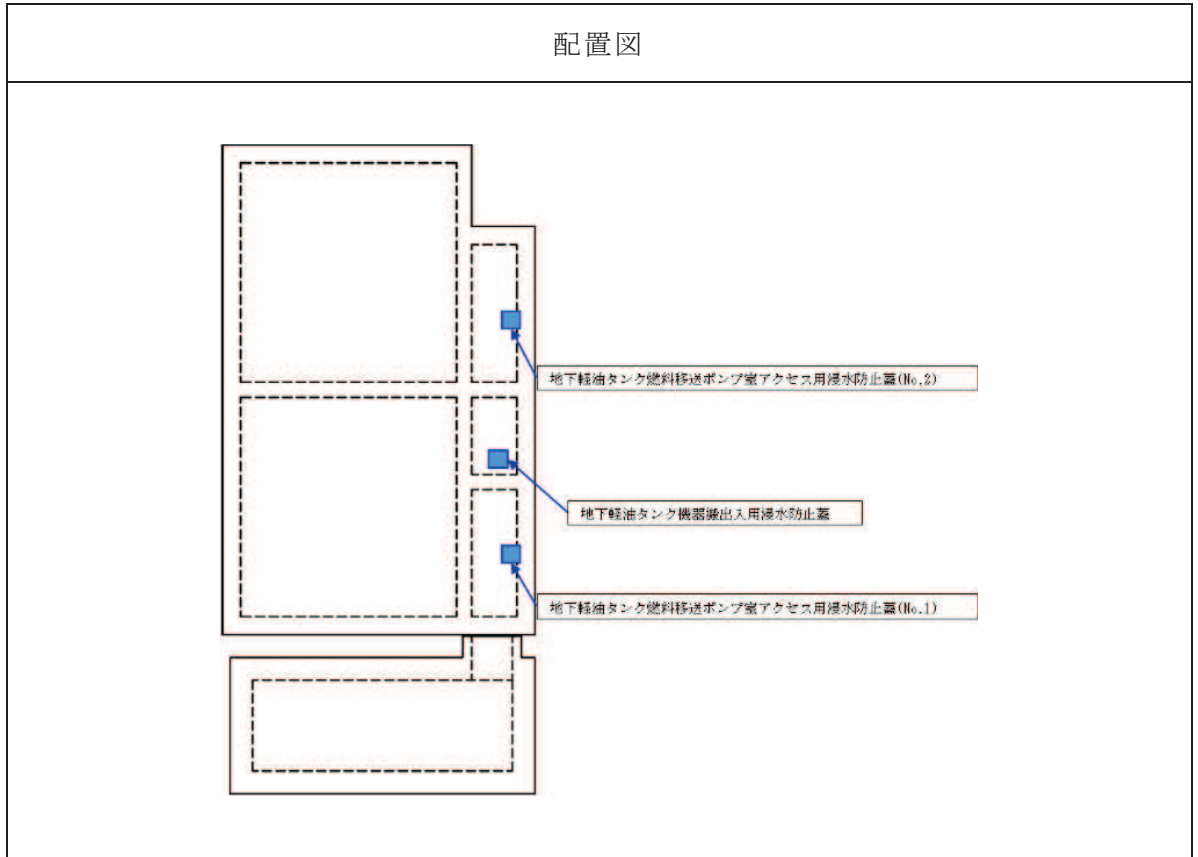
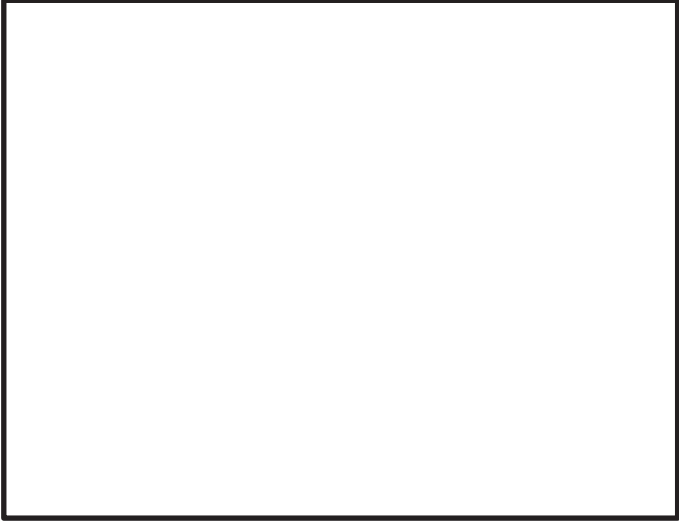



表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（6/6）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
軽油タンクエリア上部（開口部）に固定ボルトで固定する。	浸水防止蓋及び固定ボルトにより構成する。	 <p>地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1），（No. 2）</p>
		 <p>地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.8 浸水防止壁

(1) 構造設計

第2号機海水ポンプ室浸水防止壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

第2号機海水ポンプ室浸水防止壁は、浸水防止壁及び基礎ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止壁が動かないように海水ポンプ室の上部に基礎ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止壁に作用する荷重は、基礎ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

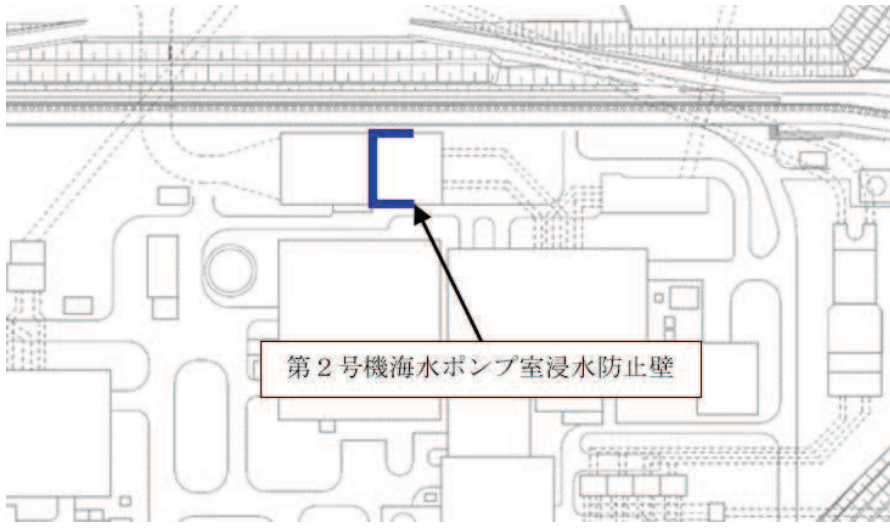
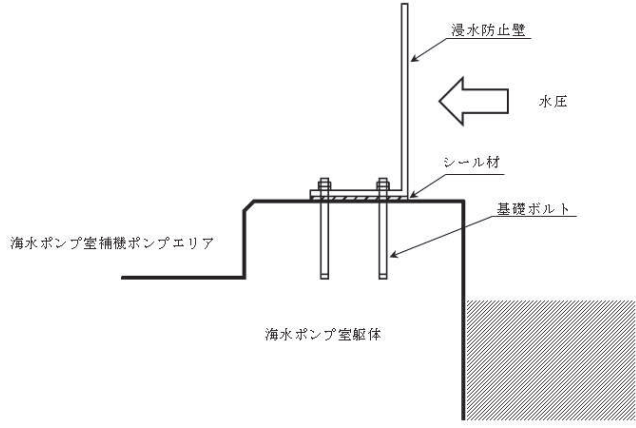
第2号機海水ポンプ室浸水防止壁の構造計画を表3.2-9に示す。

(2) 評価方針

浸水防止壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、浸水防止壁及び基礎ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、浸水防止壁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-9 構造計画（浸水防止壁）

配置図		
		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>海水ポンプ室上部に基礎ボルトで固定する。</p>	<p>浸水防止壁により構成する。</p>	

3.2.9 逆止弁付ファンネル

(1) 構造設計

逆止弁付ファンネルは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

逆止弁付ファンネルは、弁本体及び弁体を主体構造とし、荷重が作用した場合にも逆止弁付ファンネルが動かないように第2号機海水ポンプ室の床面及び第3号機海水熱交換器建屋にねじ込み継手で固定し、支持する構造とする。また、逆止弁付ファンネルに作用する荷重は、弁本体のねじ込み継手を介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

逆止弁付ファンネルの構造計画を表 3.2-10 に示す。

(2) 評価方針

逆止弁付ファンネルは、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、弁本体及び弁体がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、弁本体及び弁体がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-10 構造計画（逆止弁付ファンネル）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
第2号機海水ポンプ室及び第3号機海水熱交換器建屋にねじ込み継手で固定する。	弁座を含む弁本体及び弁体で構成する。	<p>配置図</p> <p>第2号機海水ポンプ室</p> <p>第3号機海水熱交換器建屋</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.10 貫通部止水処置

(1) 構造設計

貫通部止水処置は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

貫通部止水処置の構造計画を表 3.2-11 に示す。

a. 貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

b. 貫通部止水処置（第 2 号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 2 号機放水立坑防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

c. 貫通部止水処置（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

d. 貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

e. 貫通部止水処置（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）

貫通部止水処置（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）は、

シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

f. 貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）

貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

g. 貫通部止水処置（第2号機制御建屋）

貫通部止水処置（第2号機制御建屋）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

h. 貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）

貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）は、シリコンシール、ブーツラバー又はモルタルによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

(2) 評価方針

貫通部止水処置は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

シリコンシール及びブーツラバーによる止水処置については、地震後の繰返しへの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重に対し、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。

b. 貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

c. 貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

- d. 貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

- e. 貫通部止水処置（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

- f. 貫通部止水処置（第 2 号機原子炉建屋）

シリコンシール及びブーツラバーによる止水処置については、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重に対し、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。

- g. 貫通部止水処置（第 2 号機制御建屋）

「貫通部止水処置（第 2 号機原子炉建屋）」と同じ。

- h. 貫通部止水処置（第 2 号機軽油タンクエリア）

シリコンシール及びブーツラバーによる止水処置については、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重に対し、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。また、モルタルによる止水処置については、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重に対し、モルタルがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（1/10）

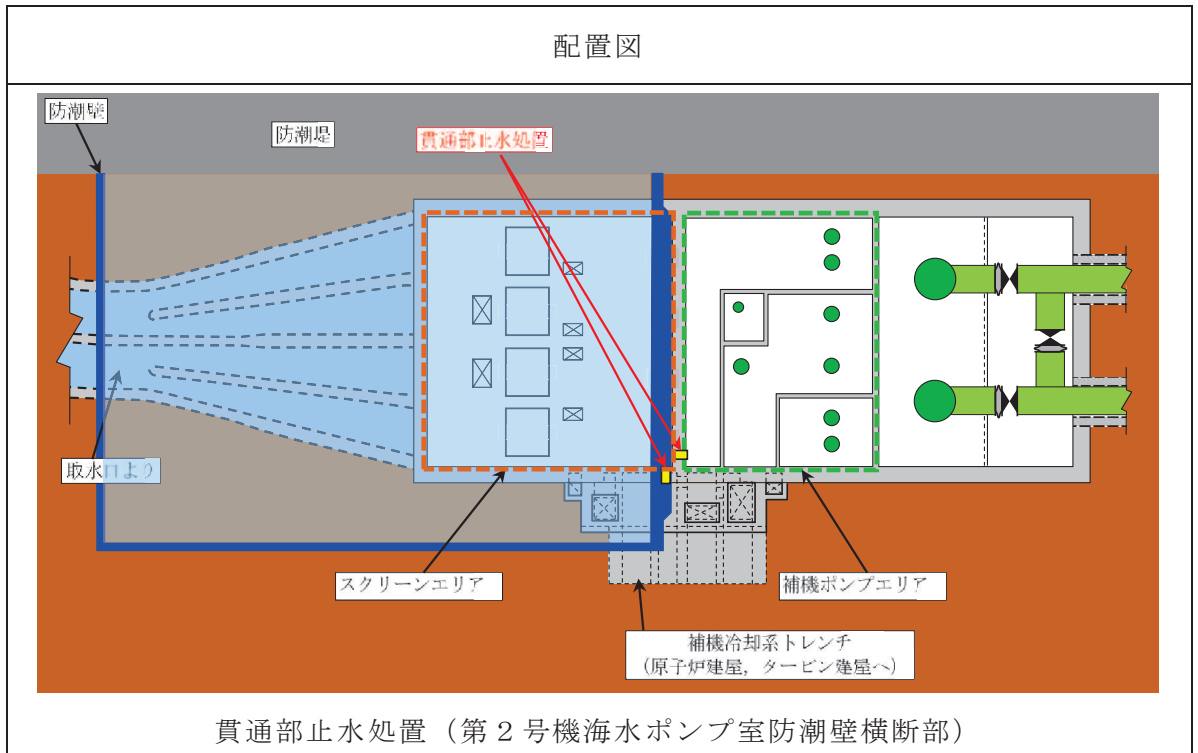


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（2/10）

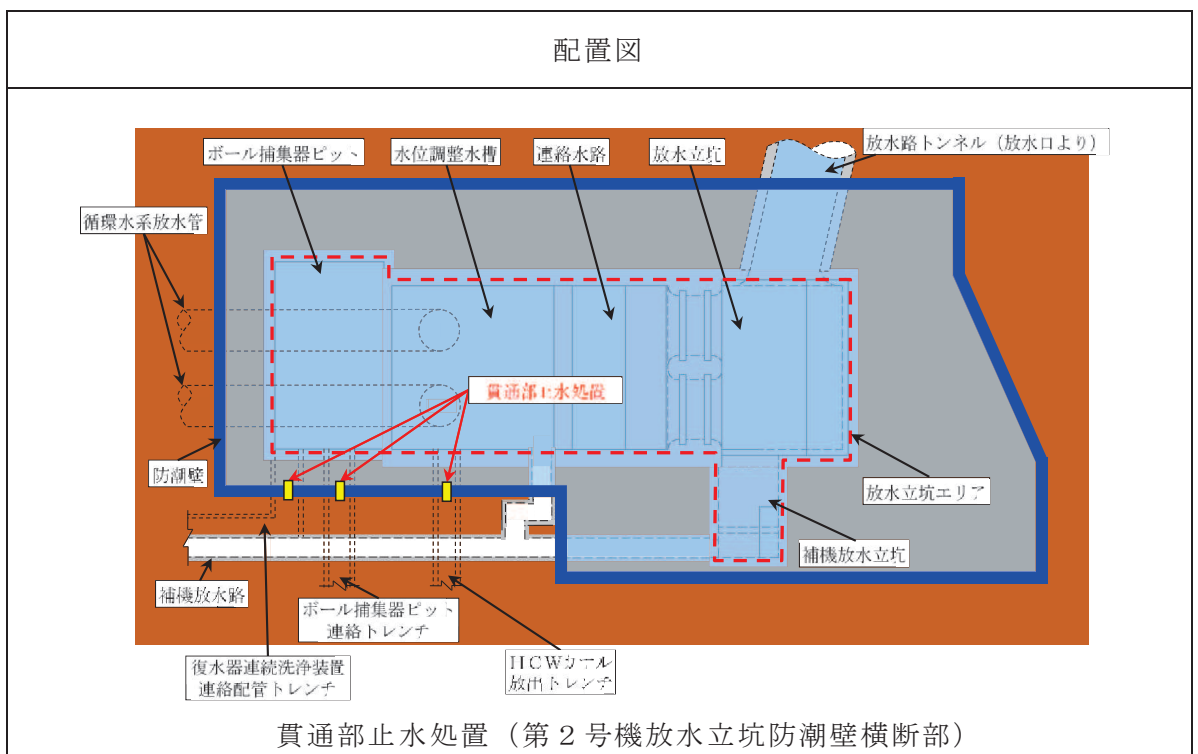


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（3/10）

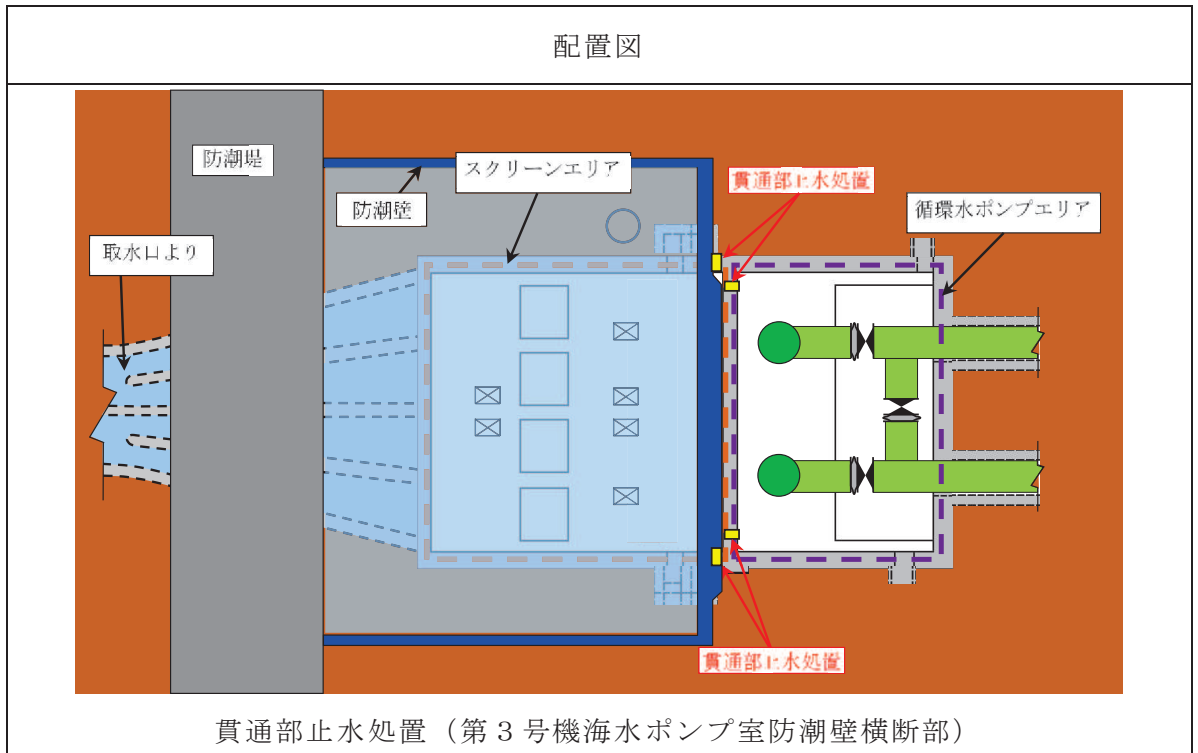


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（4/10）

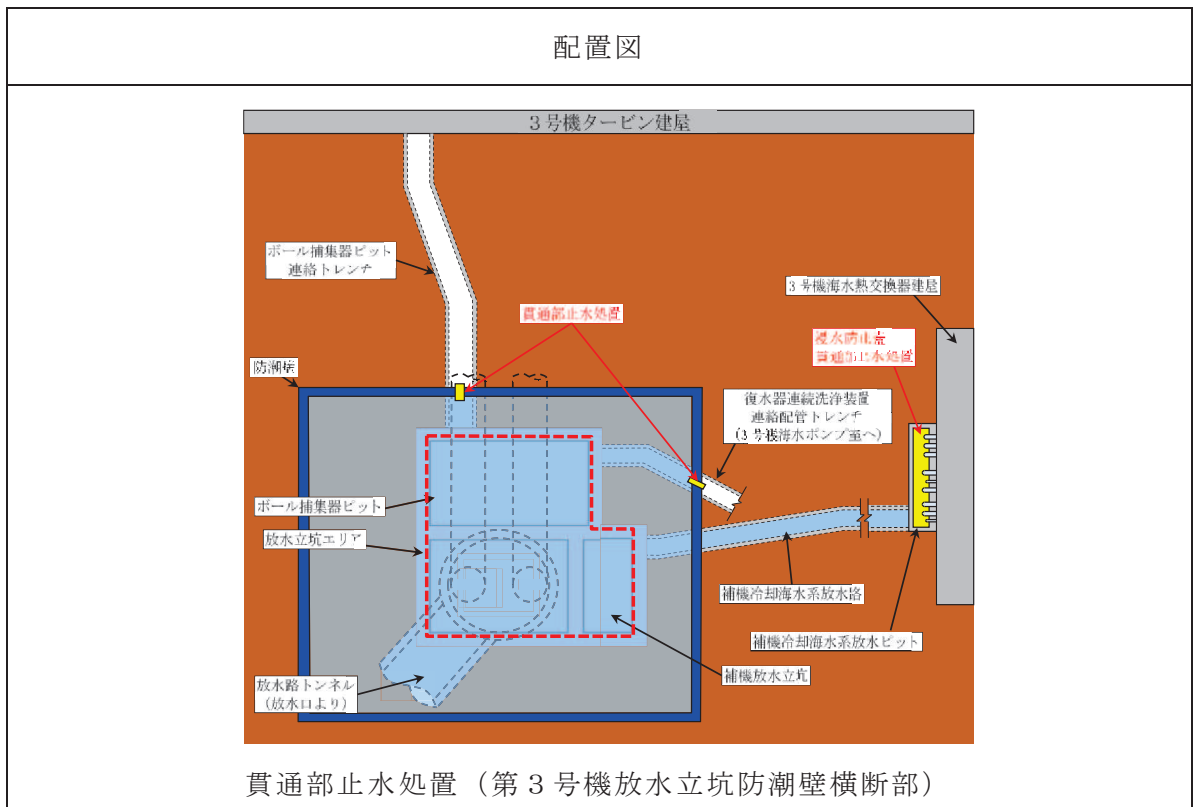


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（5/10）

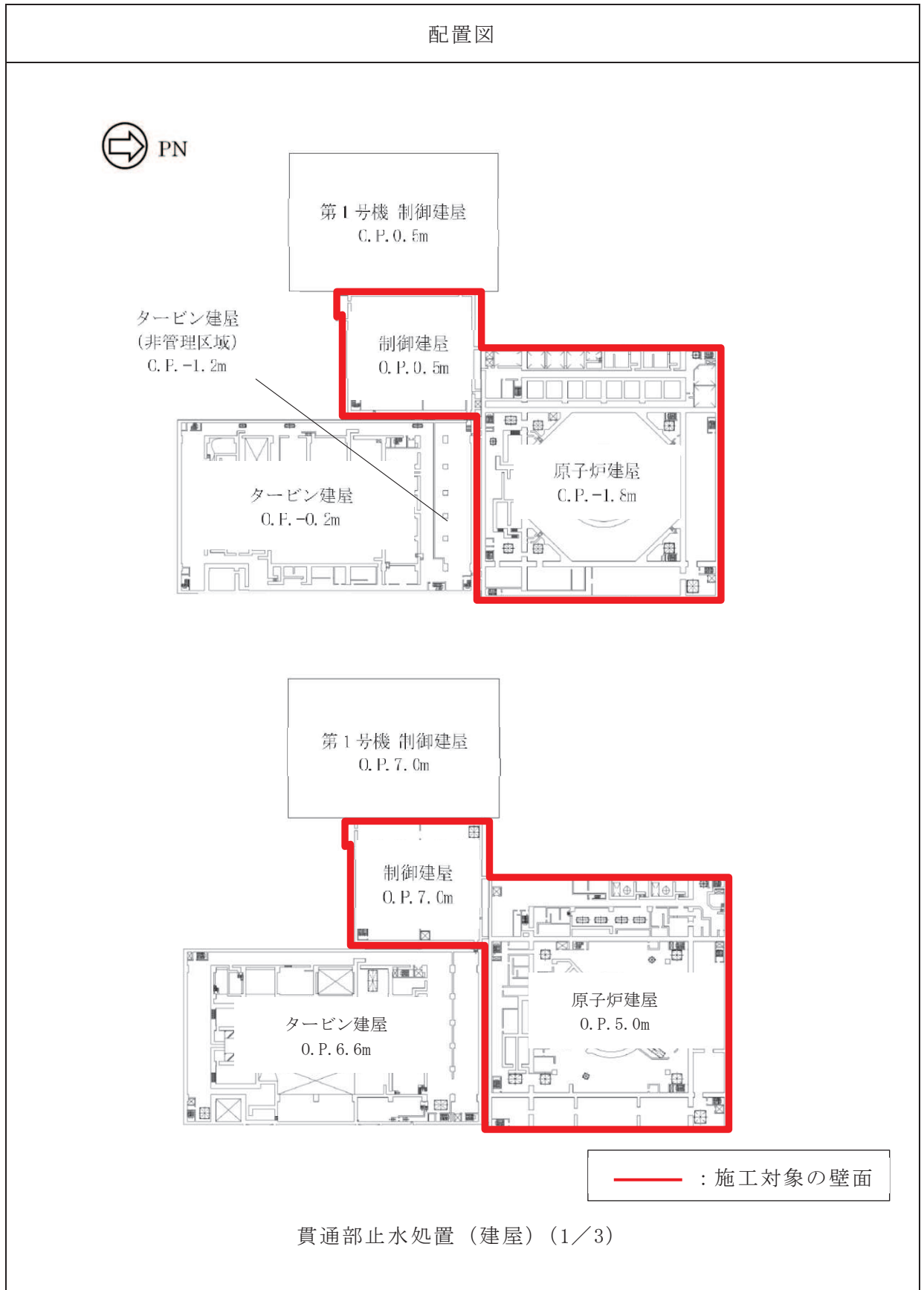
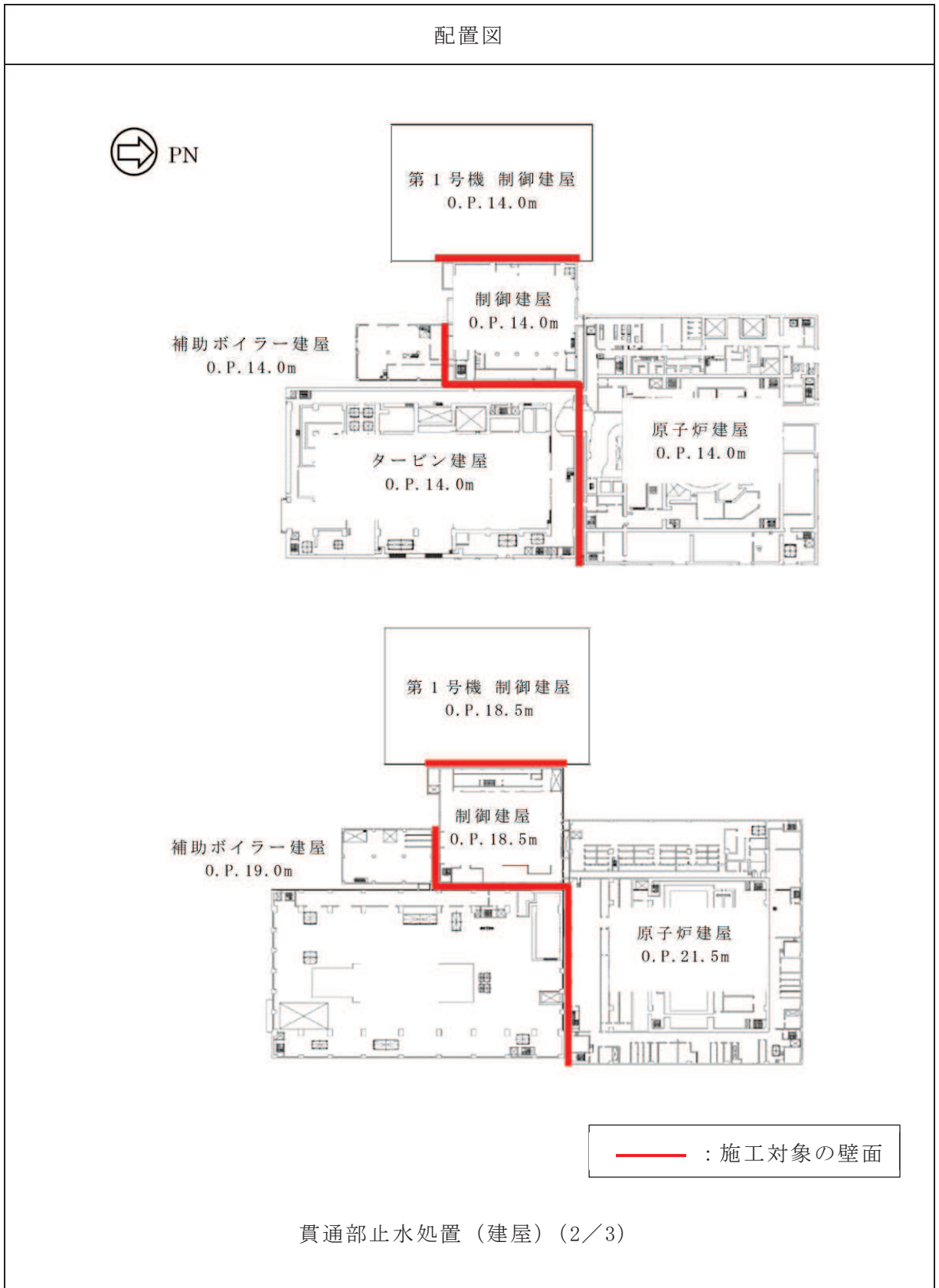


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（6/10）



O 2 ⑥ VI-3-別添 3-1 R 9

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（7/10）

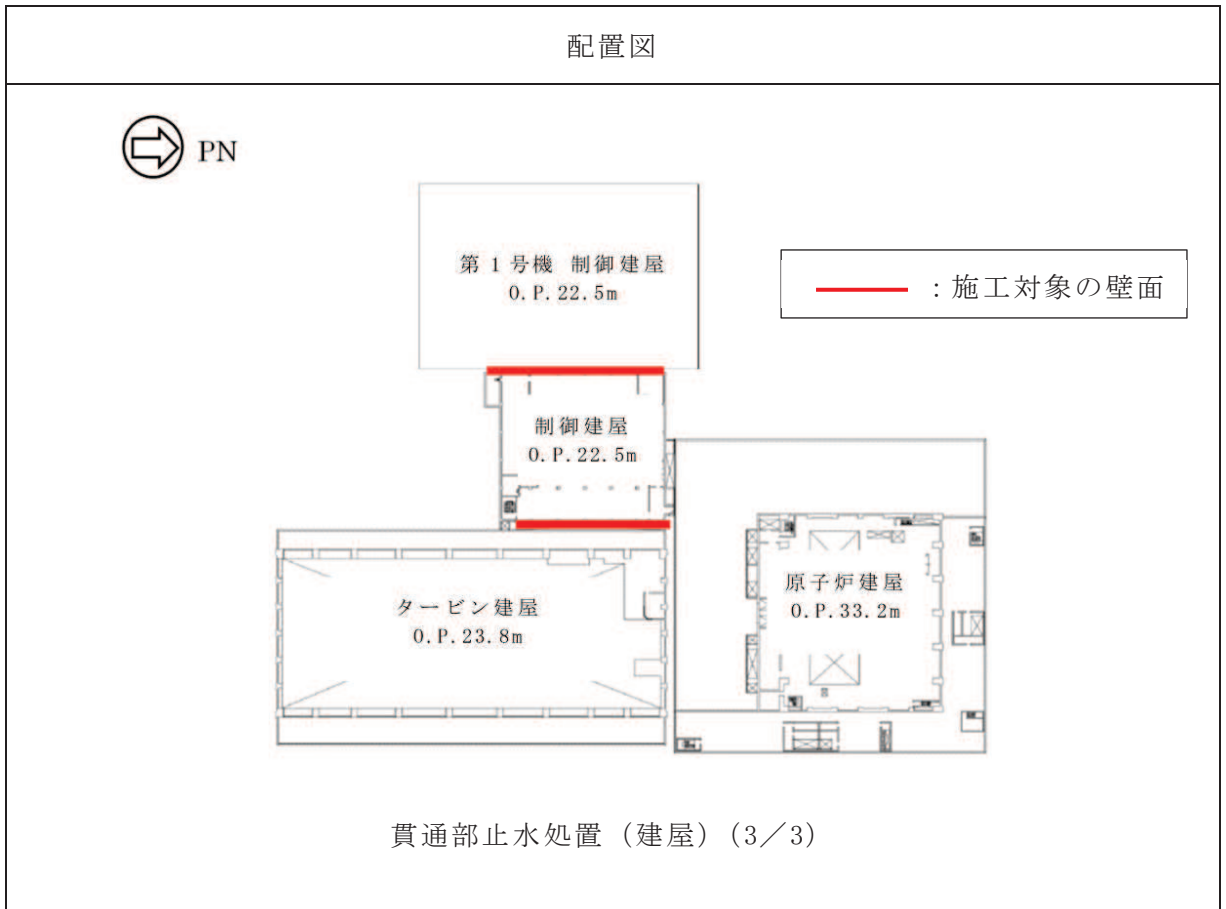


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（8/10）

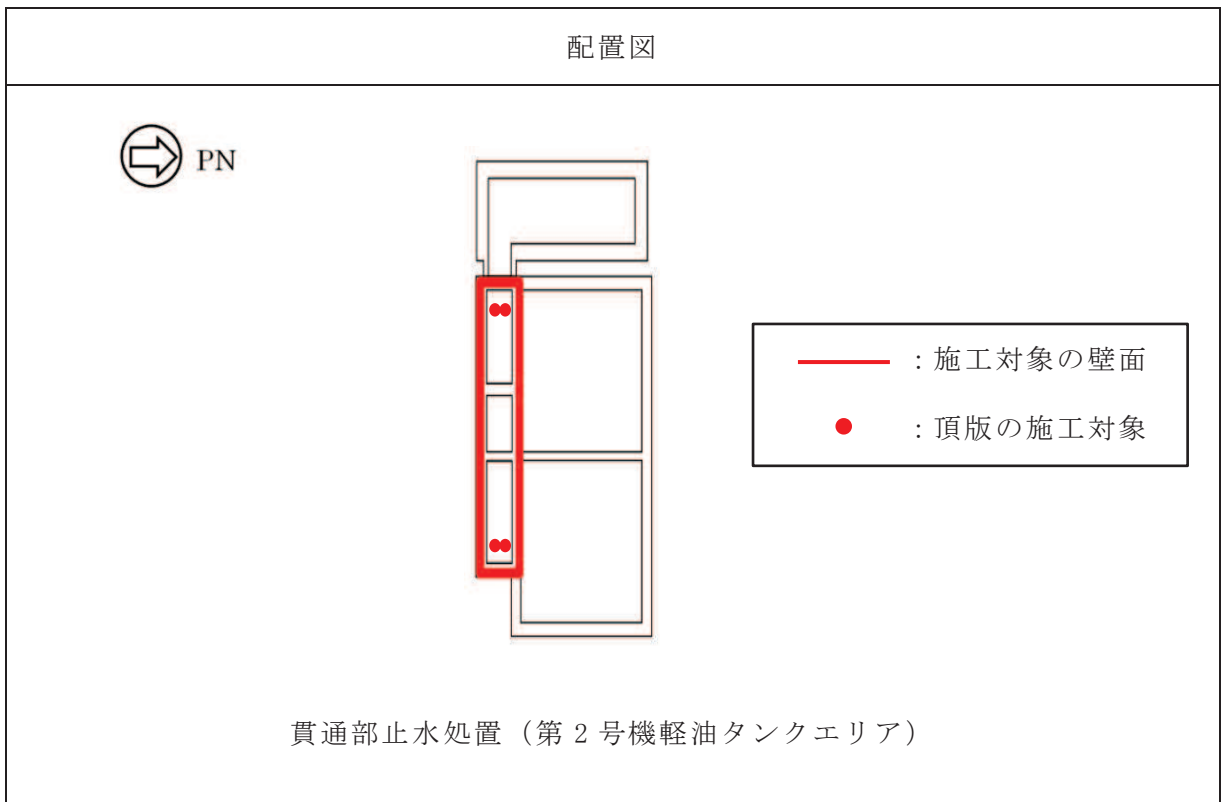


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（9/10）

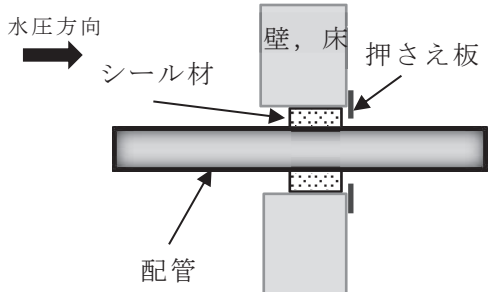
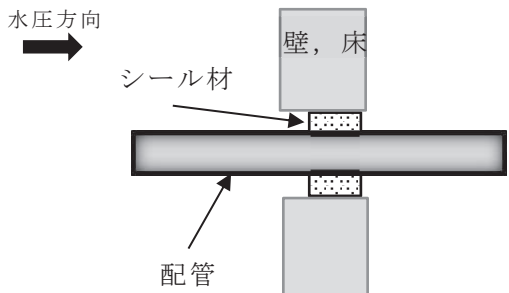
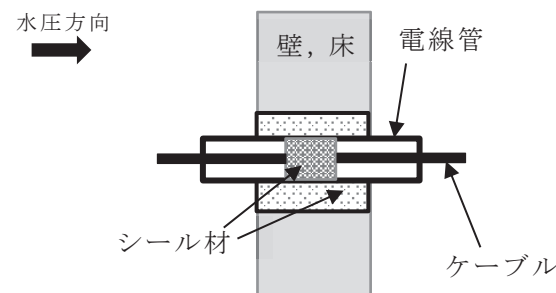
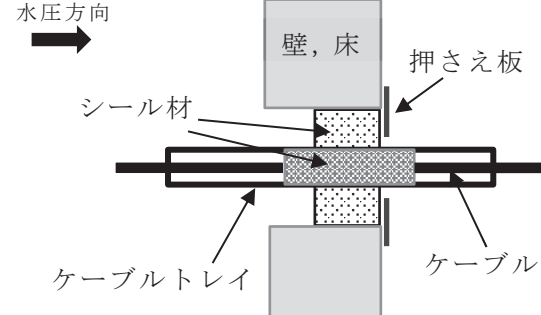
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
貫通部の開口部にシリコンシールを充填する。貫通部の開口部の口径等により必要に応じ、配管等の周りに押さえ板を設置し施工する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	充填タイプのシリコンシールにて構成する。	 <p>シリコンシールの構造例（押さえ板有り）</p>  <p>シリコンシールの構造例（押さえ板無し）</p>  <p>シリコンシールの構造例（電線管）</p>  <p>シリコンシールの構造例（ケーブルトレイ）</p>

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（10/10）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるように伸縮性ゴムを用い、壁面又は床面の貫通ロスリーブと配管を締付けバンドにて締結する。</p>	<p>ブーツラバーと締付けバンドにて構成する。</p>	<p>ブーツラバーの構造例</p>
<p>貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。</p>	<p>モルタルにて構成する。</p>	<p>モルタルの構造例</p>
<p>遮水鋼板のケーブルトレイの貫通部は、鋼板を遮水鋼板に溶接し、ケーブルトレイとの隙間にコーキングする。ケーブルトレイの内部はシール材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、鋼板及びケーブルトレイと一定の付着力によって接合する。</p>	<p>遮水鋼板のケーブルトレイの貫通部は、鋼板及びコーキングタイプのシリコンシール材にて構成する。また、ケーブルトレイの内部は充填タイプのシリコンシール材にて構成する。</p>	<p>シリコンシールの構造例 （遮水鋼板のケーブルトレイ貫通部）</p>

注記*：水圧方向は、主たる作用方向を示す。

3.2.11 取水ピット水位計

(1) 構造設計

取水ピット水位計は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取水ピット水位計は、バブラ管、検出器、ページセット及び監視設備で構成し、構成する設備のうち津波の影響を受けるバブラ管について評価を実施する。取水ピット水位計（バブラ管）は、バブラ管及び取付ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも取水ピット水位計（バブラ管）が動かないように海水ポンプ室に設置された取付座に取付ボルトで固定し、支持する構造とする。また、検出器に作用する荷重は、取付ボルト及び取付座を介して鉄筋コンクリートに伝達される構造とする。

取水ピット水位計の構造計画を表 3.2-12 に示す。

(2) 評価方針

取水ピット水位計は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、取付ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、取付ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-12 構造計画（取水ピット水位計）

配置図		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>取付座に取付ボルトで固定する。</p>	<p>取水ピット水位計(バブラ管)は、バブラ管及び取付ボルトにより構成する。</p>	

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

浸水防護施設の強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重 (D, G, P)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重又は固定荷重、積載荷重、土圧及び海中部に対する静水圧（浮力含む。）とする。

b. 津波荷重 (P_t , P_h , P_{hy})

津波荷重は、施設ごとに設置位置における津波の浸入形態に応じて、以下のとおり、遡上津波荷重、突き上げ津波荷重、浸水津波荷重又は津波荷重（静水圧）として算定する。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータを表 4.1-1 に示す。

なお、津波による荷重の設定に当たっては、各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重の算定過程に介在する不確かさを考慮し、余裕の程度を検討した上で安全側の設定を行う。

(a) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重は、遡上波により波圧として作用する荷重であり、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 27 年 12 月一部改訂）」等を参考に、各施設の設置位置等における遡上波の高さから、津波波圧算定式として朝倉式を適用する場合は、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波の水位と各施設の設置高さの差分の 1/2 倍を浸水深として、浸水深の 3 倍で作用する水圧として算定する。

ただし、貯留堰については、設置位置における設置高さを考慮し、越流直前の浸水深を用いて設定する。なお、防潮堤の設計における津波荷重については、防潮堤近傍の地盤の沈下を考慮した浸水深を用いて算出する。

(b) 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重は、床面に設置されている施設に対して、経路からの津波が鉛直上向き方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの津波高さ及び流速を用いて算定する。

(c) 浸水津波荷重 (P_h)

浸水津波荷重は、経路からの津波による浸水又は隣接建屋における機器破損や屋外タンク等の破損による溢水により浸水した場合に静水圧として作用する荷重であり、各施設の設置位置における施設の設置高さ及び浸水深さを考慮し

て、静水圧として算定する。また、閉塞部における浸水津波荷重については余震の鉛直方向成分の影響を考慮する。

取放水路流路縮小工の設計における津波荷重については、静水圧、流水圧及び貫通部の流速の摩擦により生じる推力を考慮する。また、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3) 及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、防潮堤の海側に面して設置することから、設計における津波荷重については、防潮堤と同様に遡上津波荷重（ P_t ）を用いて算定する。

なお、防潮壁の設計における津波荷重については、防潮壁近傍の地盤の沈下を考慮した浸水深を用いて算出する。

(d) 津波荷重（静水圧）（ P_{hy} ）

津波荷重（静水圧）は、津波により越流している状態で余震が発生することを想定し、津波荷重は平面 2 次元モデルによる津波シミュレーション解析により得られる最大内外水位差に応じた静水圧を算定し、越流時の津波波力（静水圧差）を適用する。

c. 余震荷重（ S_d , $K S_d$ ）

(a) S_d

余震荷重 S_d は、弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ に伴う地震力（動水圧含まない。）として算定する。

(b) $K S_d$

余震荷重 $K S_d$ は、弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ に伴う地震力（動水圧含む。）として算定する。

d. 衝突荷重（ P_c ）

添付資料「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価」の「3.5 水位変動に伴う取水性低下及び津波の二次的な影響による重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止に係る評価」において、衝突する可能性のある漂流物として選定した「直近陸域」の巡視点検用車両（2.15t）、「直近海域」の小型漁船（FRP 製、排水トン数 15t）、「前面海域」の漁船（FRP 製、排水トン数 57t）及び「直近陸域」で滑動する車両系重機（41.2t）を対象に衝突荷重を算定する。

これらの漂流物のうち、「直近陸域」の巡視点検用車両（2.15t）及び「直近海域」の小型漁船（FRP 製、排水トン数 15t）については、「FEMA (2012) *¹」を適用することとし、「前面海域」の漁船（FRP 製、排水トン数 57t）には「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」を適用して衝突荷重を算定する（図 4.1-1）。なお、「直近陸域」で滑動する車両系重機（41.2t）には「ASCE (2016) *²」を参考に衝突荷重を算定する。

「FEMA (2012)」の適用に当たっては、有効軸剛性を設定する必要があり、巡視

点検用車両には「甲斐田・木原（2017）」で示されている有効軸剛性を用いることとする。一方、小型漁船（FRP 製、排水トン数 15t）については、材質が FRP であることを踏まえ、「土木学会（1994）」の方法を用いて有効軸剛性を個別に設定することとし、その設定方法の妥当性（FRP 製船舶と鋼製船舶の類似性、用いる知見の適用性）を確認した上で、設計への適用性として有効軸剛性の算定における各パラメータのばらつきを考慮する。また、小型漁船（FRP 製、排水トン数 15t）による衝突荷重算定に当たっては、衝突形態の不確かさ影響を確認する。

防潮堤及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）で考慮する衝突荷重の算定に用いる流速については、津波シミュレーションから算出した基準津波の第一波の最大流速 12.79m/s に余裕を考慮して 13m/s を適用する。また、貯留堰で考慮する衝突荷重の算定に用いる流速については、貯留堰が露出する第二波以降において、貯留堰前面で最大流速となる 1.81m/s に余裕を考慮して 2m/s を適用するが、設計上の配慮として、第一波で発電所に到達する漂流物（「直近陸域」の巡視点検用車両（2.15t）、「直近海域」の小型漁船（FRP 製、排水トン数 15t）及び「直近陸域」で滑動する車両系重機（41.2t））に対しては第一波の最大流速 12.79m/s を踏まえて 13m/s を適用する。

以上から、衝突荷重は、表 4.1-2 に示すとおり巡視点検用車両（2.15t）の 1855kN が最大となるが、安全側の設定とする観点から設計用衝突荷重としては 2000kN とする。

なお、衝突荷重として考慮する巡視点検用車両（2.15t）、小型漁船（FRP 製、排水トン数 15t）、漁船（FRP 製、排水トン数 57t）及び車両系重機（41.2t）は衝突しないものの、がれき等の寸法の小さな漂流物による影響が否定できない施設に対しては寸法の小さな漂流物による影響の評価を行う。

*1: Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

*2: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2016

e. 風荷重（P_k）

風荷重は、平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号に定められた石巻市及び女川町の基準風速 30m/s を使用する。浸水防護施設が設置される状況に応じて、建築基準法及び建設省告示第 1454 号に基づき、ガスト影響係数等を適切に設定して算出する。

f. 積雪荷重（P_s）

積雪荷重は、女川原子力発電所敷地付近（石巻特別地域気象観測所）で観測さ

れた月最深積雪の最大値 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を基本として設定し、積雪量 1 cm ごとに 20 N/m² の積雪荷重が作用することを考慮し、各施設の積雪面積を乗じて設定する。

(2) 荷重の組合せ

各施設の強度計算に用いる荷重の組合せは、施設の配置、構造計画に基づく形状及び評価部位を踏まえて、「(1) 荷重の種類」で示した荷重 a. ~ f. を常時作用する荷重、津波の形態に応じた津波荷重等及びその他自然現象による荷重に分けて適切に組み合わせる。

荷重の組合せにおいては、まず、常時作用する荷重として、対象施設に応じて、以下の荷重の組合せを考慮する。構造物については、固定荷重 (G) を考慮する。さらに、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造である場合は、積載荷重 (P) を組み合わせる。

一方、機器類については、自重 (D) を考慮する。

次に、津波の形態に応じた津波荷重等の組合せを考慮する。

津波荷重として、遡上津波荷重 (P_t)、突き上げ津波荷重 (P_t)、浸水津波荷重 (P_h) 又は津波荷重 (静水圧) (P_{h_y}) を考慮する場合 (漂流物の影響を受ける位置に設置している施設については、衝突荷重 (P_c) の組合せを考慮する (以下「津波時」という。)) と、遡上津波荷重 (P_t)、突き上げ津波荷重 (P_t)、浸水津波荷重 (P_h) 又は津波荷重 (静水圧) (P_{h_y}) と余震荷重 (K_{S_d}) の組合せを考慮する場合 (以下「重畳時」という。)) に分けて強度計算を行う。

最後に、施設の構造等を踏まえ、風荷重 (P_k)、積雪荷重 (P_s) の組合せを考慮する。

風荷重 (P_k) については、屋外の直接風を受ける場所に設置している施設のうち、風荷重 (P_k) の影響が津波荷重 (P_t, P_h) と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設については組合せを考慮する。風荷重 (P_k) の影響を受ける可能性のある施設については、各強度計算書において風荷重 (P_k) の影響を確認する。

積雪荷重 (P_s) については、屋外の積雪が生じる場所に設置している施設について、組合せを考慮する。ただし、自重 (D) に対して積雪荷重 (P_s) の割合が無視できる施設については、各強度計算書において積雪荷重 (P_s) の影響が無視できることを確認したうえで、組合せ計算を実施しない。

以上を踏まえ、具体的に施設ごとの強度計算書において考慮すべき荷重の組合せを設定する。荷重の組合せの設定フローを図 4.1-2 に、フローに基づき設定した施設ごとの荷重の組合せ結果を表 4.1-3 に示す。

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(1/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
津波防護 施設	防潮堤（鋼管式鉛直壁）	遡上波	0. P. +24. 9m ^{*13} (0. P. +24. 4m ^{*1})	13. 0m/s ^{*8}
	防潮堤（盛土堤防）	遡上波	0. P. +24. 9m ^{*13} (0. P. +24. 4m ^{*1})	13. 0m/s ^{*8}
	防潮壁（第2号機海水ポンプ室）	経路からの津波	0. P. +18. 6m ^{*13} (0. P. +18. 1m ^{*2})	—
	防潮壁（第2号機放水立坑）	経路からの津波	0. P. +17. 9m ^{*13} (0. P. +17. 4m ^{*3})	—
	防潮壁（第3号機海水ポンプ室）	経路からの津波	0. P. +19. 5m ^{*13} (0. P. +19. 0m ^{*2})	—
	防潮壁（第3号機放水立坑）	経路からの津波	0. P. +18. 0m ^{*13} (0. P. +17. 5m ^{*3})	—
	防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）	経路からの津波	0. P. +19. 5m ^{*13} (0. P. +19. 0m ^{*2})	—
	取放水路流路縮小工 (第1号機取水路) (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	0. P. +24. 9m ^{*13} (0. P. +24. 4m ^{*4})	10. 0m/s ^{*9} 20. 0m/s ^{*10}
	取放水路流路縮小工（第1号機放水路）	経路からの津波	0. P. +24. 9m ^{*13} (0. P. +24. 4m ^{*4})	10. 0m/s ^{*9} 20. 0m/s ^{*10}
	貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)	遡上波	0. P. -6. 3m ^{*5} 0. P. -5. 3m ^{*12}	13. 0m/s ^{*8} 2. 0m/s ^{*15}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(2/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	O. P. +24. 9m ^{*13} (O. P. +24. 4m ^{*1})	
	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	経路からの津波	O. P. +24. 9m ^{*13} (O. P. +24. 4m ^{*1})	13. 0m/s ^{*8}
	補機冷却海水系放水路逆 流防止設備 (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +17. 9m ^{*13} (O. P. +17. 4m ^{*3})	—
	水密扉(第3号機海水熱交 換器建屋海水ポンプ設置 エリア) (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +19. 5m ^{*13} (O. P. +19. 0m ^{*2})	—
	原子炉建屋浸水防止水密 扉 (No. 1), (No. 2)	津波の流入なし	FL+0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), (No. 3)	津波の流入なし	FL+4. 0m ^{*6} (浸水深)	—
	計測制御電源室 (B) 浸水 防止水密扉 (No. 3)	津波の流入なし	FL+0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋空調機械 (A) 室 浸水防止水密扉	津波の流入なし	FL+17. 5m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋空調機械 (B) 室 浸水防止水密扉	津波の流入なし	FL+0. 5m ^{*6} (浸水深)	—
	第2号機 MCR 浸水防止水 密扉	津波の流入なし	FL+4. 0m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4), (No. 5)	津波の流入なし	FL+0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	浸水防止蓋(原子炉機器冷 却海水配管ダクト)	経路からの津波	O. P. +18. 6m ^{*13} (O. P. +18. 1m ^{*2})	—
	浸水防止蓋(第3号機補機 冷却海水系放水ピット)	経路からの津波	O. P. +18. 0m ^{*13} (O. P. +17. 5m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}

* : 注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ

(3/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波の パラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	浸水防止蓋（第3号機 海水熱交換器建屋海水 ポンプ設置エリア角落 し部）	経路からの津波	O. P. +19.5m ^{*13} (O. P. +19.0m ^{*7})	1.0m/s ^{*11}
	浸水防止蓋（第3号機 海水熱交換器建屋海水 ポンプ設置エリア点検 用開口部） (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +19.5m ^{*13} (O. P. +19.0m ^{*7})	1.0m/s ^{*11}
	浸水防止蓋（揚水井戸 （第2号機海水ポンプ 室防潮壁区画内））	経路からの津波	O. P. +18.6m ^{*13} (O. P. +18.1m ^{*2})	—
	浸水防止蓋（揚水井戸 （第3号機海水ポンプ 室防潮壁区画内））	経路からの津波	O. P. +19.5m ^{*13} (O. P. +19.0m ^{*2})	—
	地下軽油タンク燃料移 送ポンプ室アクセス用 浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	津波の流入なし	0.18m ^{*14} (浸水深)	—
	地下軽油タンク機器搬 出入用浸水防止蓋	津波の流入なし	0.18m ^{*14} (浸水深)	—
	第2号機海水ポンプ室 浸水防止壁	津波の流入なし	0.18m ^{*14} (浸水深)	—
	第2号機原子炉補機冷 却海水ポンプ(A)(C)室 逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	O. P. +18.6m ^{*13} (O. P. +18.1m ^{*7})	1.0m/s ^{*11}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(4/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波の パラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室 逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	O. P. +18. 6m ^{*13} (O. P. +18. 1m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	第2号機高圧炉心スプレ イ補機冷却海水ポン プ室逆止弁付ファンネ ル(No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +18. 6m ^{*13} (O. P. +18. 1m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	第2号機タービン補機 冷却海水ポンプ室逆止 弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	O. P. +18. 6m ^{*13} (O. P. +18. 1m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機原子炉補機冷 却海水ポンプ(A)(C)室 逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +19. 5m ^{*13} (O. P. +19. 0m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機原子炉補機冷 却海水ポンプ(B)(D)室 逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +19. 5m ^{*13} (O. P. +19. 0m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機高圧炉心スプレ イ補機冷却海水ポン プ室逆止弁付ファンネ ル(No. 1), (No. 2)	経路からの津波	O. P. +19. 5m ^{*13} (O. P. +19. 0m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機タービン補機 冷却海水ポンプ室逆止 弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	O. P. +19. 5m ^{*13} (O. P. +19. 0m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}

* : 注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(5/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波の パラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +18. 6m ^{*13} (0. P. +18. 1m ^{*2})	—
	貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +17. 9m ^{*13} (0. P. +17. 4m ^{*3})	—
	貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +19. 5m ^{*13} (0. P. +19. 0m ^{*2})	—
	貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +18. 0m ^{*13} (0. P. +17. 5m ^{*3})	—
	貫通部止水処置（第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）	経路からの津波	0. P. +18. 0m ^{*13} (0. P. +17. 5m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}
	貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）	津波の流入なし	内部溢水にて設定 ^{*6} (浸水深)	—
	貫通部止水処置（第2号機制御建屋）	津波の流入なし	内部溢水にて設定 ^{*6} (浸水深)	—
	貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）	津波の流入なし	0. 18m ^{*14} (浸水深)	—
津波監視 設備	取水ピット水位計	経路からの津波	0. P. +18. 6m ^{*13} (0. P. +18. 1m ^{*7})	1. 0m/s ^{*11}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ（1/5）～（5/5）の注記を以下に示す。

- *1：朝倉式を適用する場合に用いる水位であり，基準津波による防潮堤前面（敷地前面）の入力津波高さである。入力津波高さは，津波高さが最大となる「防波堤あり」，「1m 沈下（地盤沈下あり）」，「地形改変なし」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」（O.P. +1.43m）及び「潮位のばらつき」（0.16m），地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」（0.72m の沈降）を考慮している。
- *2：浸水津波荷重の算出に用いる水位であり，経路からの津波による管路解析による入力津波高さである。入力津波高さは，津波高さが最大となる「防波堤なし」，「1m 沈下（地盤沈下あり）」，「貝付着なし」，「スクリーン損失なし」，「防潮壁平面線形等変更なし」，「地形改変なし」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」（O.P. +1.43m）及び「潮位のばらつき」（0.16m），地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」（0.72m の沈降）を考慮している。
- *3：浸水津波荷重の算出に用いる水位であり，経路からの津波による管路解析による入力津波高さである。入力津波高さは，津波高さが最大となる「防波堤なし」，「1m 沈下（地盤沈下あり）」，「貝付着あり」，「スクリーン損失なし」，「防潮壁平面線形等変更なし」，「地形改変なし」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」（O.P. +1.43m）及び「潮位のばらつき」（0.16m），地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」（0.72m の沈降）を考慮している。
- *4：浸水津波荷重の算出に用いる水位であり，基準津波による防潮堤前面（敷地前面）の入力津波高さである。入力津波高さは，津波高さが最大となる「防波堤あり」，「1m 沈下（地盤沈下あり）」，「地形改変なし」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」（O.P. +1.43m）及び「潮位のばらつき」（0.16m），地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」（0.72m の沈降）を考慮している。
- *5：朝倉式を適用する場合に用いる水位であり，基準津波が貯留堰を越流する直前の津波高さである。津波高さは，「防波堤なし」，「現地形（地盤沈下なし）」の条件として設定している。また，設定に当たっては，潮位変動として「朔望平均干潮位」（O.P. -0.14m）及び「潮位のばらつき」（-0.10m）を考慮している。
- *6：内部溢水にて考慮する隣接建屋における機器破損等による溢水量から求めた水位であり，水位が高くなるように設定した浸水範囲，浸水量を用いて算出した床面からの浸水深を設定している。詳細は，添付資料「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価」の「3.4 津波の流入等による重要な安

全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止（内郭防護）に係る評価」に示す。

- *7: 突き上げ津波荷重の算出に用いる水位であり、基準津波による管路解析により算出した入力津波高さを考慮して設定している。
- *8: 第一波で衝突する可能性のある漂流物の衝突荷重の算出に用いる流速であり、津波シミュレーションから算出した防潮堤近傍における基準津波の最大流速 12.79m/s に余裕を考慮して設定している。
- *9: 浸水津波荷重の算出に用いる流速であり、第 1 号機取放水路内の管路解析による取放水路流路縮小工前面及び背面の最大流速（取水路流路縮小工前面：1.19m/s、取水路流路縮小工背面：2.69m/s、放水路流路縮小工前面：0.15m/s 及び放水路流路縮小工背面：6.46m/s）に対して、浸水津波荷重算定に介在する不確かさを考慮するため、それぞれの流速から余裕を考慮して 10.0m/s としている。
- *10: 浸水津波荷重の算出に用いる流速であり、第 1 号機取放水路内の管路解析による取放水路流路縮小工貫通部の最大流速（取水路流路縮小工貫通部：13.01m/s 及び放水路流路縮小工貫通部：11.49m/s）に対して、浸水津波荷重算定に介在する不確かさを考慮するため、余裕を考慮して 20.0m/s としている。
- *11: 突き上げ津波荷重の算出に用いる流速であり、取放水路内の管路解析による各設備位置の最大流速（第 2 号機海水ポンプ室：0.86m/s、第 3 号機海水ポンプ室：0.72m/s、第 3 号機海水熱交換器建屋：0.72m/s 及び第 3 号機補機冷却海水系放水ピット：0.64m/s）に対して、突き上げ津波荷重算定に介在する不確かさを考慮するため、それぞれの流速から余裕を考慮して 1.0m/s としている。
- *12: 静水圧差を適用する場合に用いる水位であり、基準津波による貯留堰の内外の水位差が最大となる津波高さである。津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤なし」、「地盤変状（沈下）なし」の条件として設定している。また、設定に当たっては、潮位変動として「朔望平均満潮位」（O.P. -0.14m）及び「潮位のばらつき」（-0.10m）を考慮している。
- *13: 外郭浸水防護設備について、高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 O.P. +1.95m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 O.P. +1.43m と潮位のばらつき 0.16m の合計との差である 0.36m（参照する裕度）を踏まえ、入力津波水位に 0.5m の余裕を考慮した津波水位に対して設計の裕度を確認する。
- *14: 地震時において女川原子力発電所にある耐震性が確保されない屋外タンク等がすべて破損し、全量流出することを想定するとともに、敷地内に広がった溢水は雨水排水路からの排水や地盤への浸透は考慮しないものとして、水位が高くなるように設定した地表面からの浸水深を用いている。詳細は、添付資料「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価」の「3.4 津波の流

入等による重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止（内郭防護）に係る評価」に示す。

*15：第二波以降で衝突する可能性のある漂流物の衝突荷重の算出に用いる流速であり，津波シミュレーションから算出した貯留堰前面位置における基準津波の最大流速 1.81m/s に余裕を考慮して設定している。

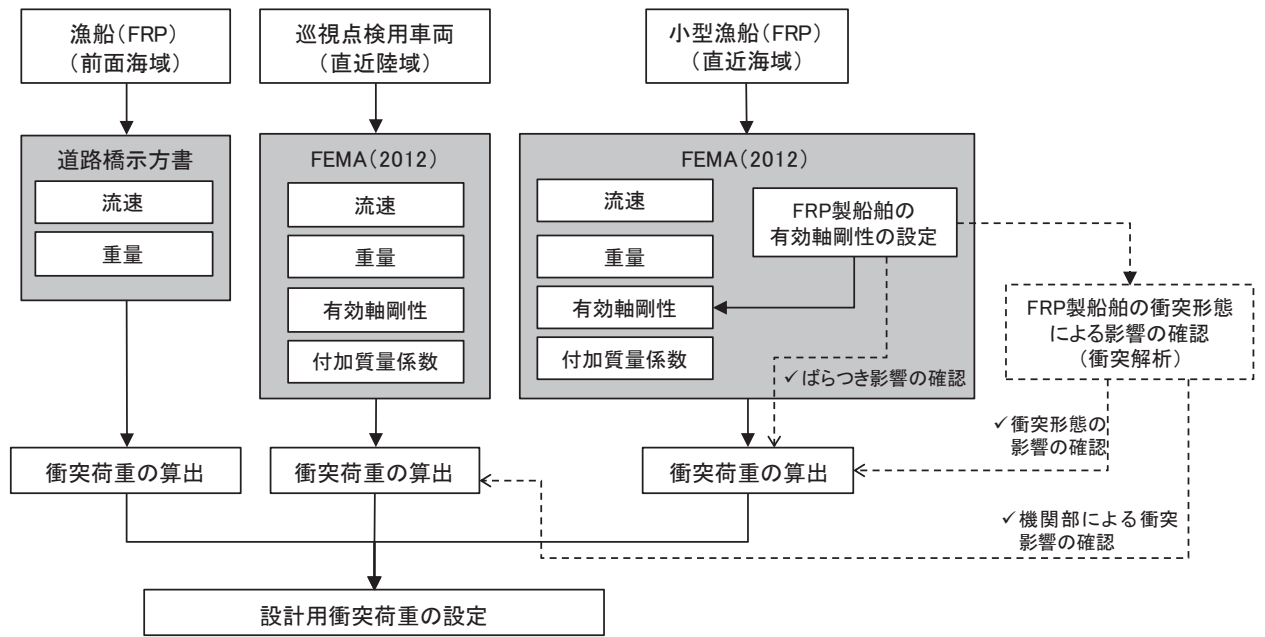


図 4.1-1 衝突荷重として考慮する漂流物による衝突荷重算定フロー

表 4.1-2 各漂流物による衝突荷重一覧

衝突する可能性のある漂流物	重量等	到達形態	流速 (衝突速度)	初期配置区分	適用式	有効軸剛性 (N/m)	衝突荷重 (kN) *1			
							防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	防潮堤 (盛土堤防)	屋外排水路 逆流防止設備 (防潮堤北側)	貯留堰
車両系重機	41.2t	滑動	13m/s	直近陸域	ASCE (2016)	—	—	624*2 【3.20】	624*2 【3.20】	624*2 【3.20】
巡視点検用車両	2.15t	浮遊	13m/s	直近陸域	FEMA (2012)	2.80×10^6	1855 【1.07】	1855 【1.07】	1855 【1.07】	1855 【1.07】
					【参考】*3 ASCE (2016) (FEMA (2019))	2.80×10^6	1261*3 【1.58】	1261*3 【1.58】	1261*3 【1.58】	1261*3 【1.58】
小型漁船 (FRP製)	総ト数：5t (排水ト数：15t)	浮遊	13m/s	直近海域	FEMA (2012)	1.81×10^5	1221 【1.63】	1221 【1.63】	1221 【1.63】	1221 【1.63】
漁船 (FRP製)	総ト数：約19t (排水ト数：57t)	浮遊	2m/s*4	前面海域	道路橋示方書	—	—	—	—	112*4 【17.8】
設計用衝突荷重							2000	2000	2000	2000

注記 *1：【】内は衝突荷重に対する設計用衝突荷重の割合を示す。

*2：滑動状態で衝突を考慮する車両系重機 (41.2t) は、「ASCE (2016)」を参考に、衝突荷重を算定した。

*3：参考として、FEMA (2012) よりも最新の文献であるFEMA (2019) を用いた場合の衝突荷重を算出した。

*4：最大流速13m/sを適用したとしても衝突荷重は727kNであり、他の衝突荷重よりも小さく、設計用衝突荷重に包絡される。

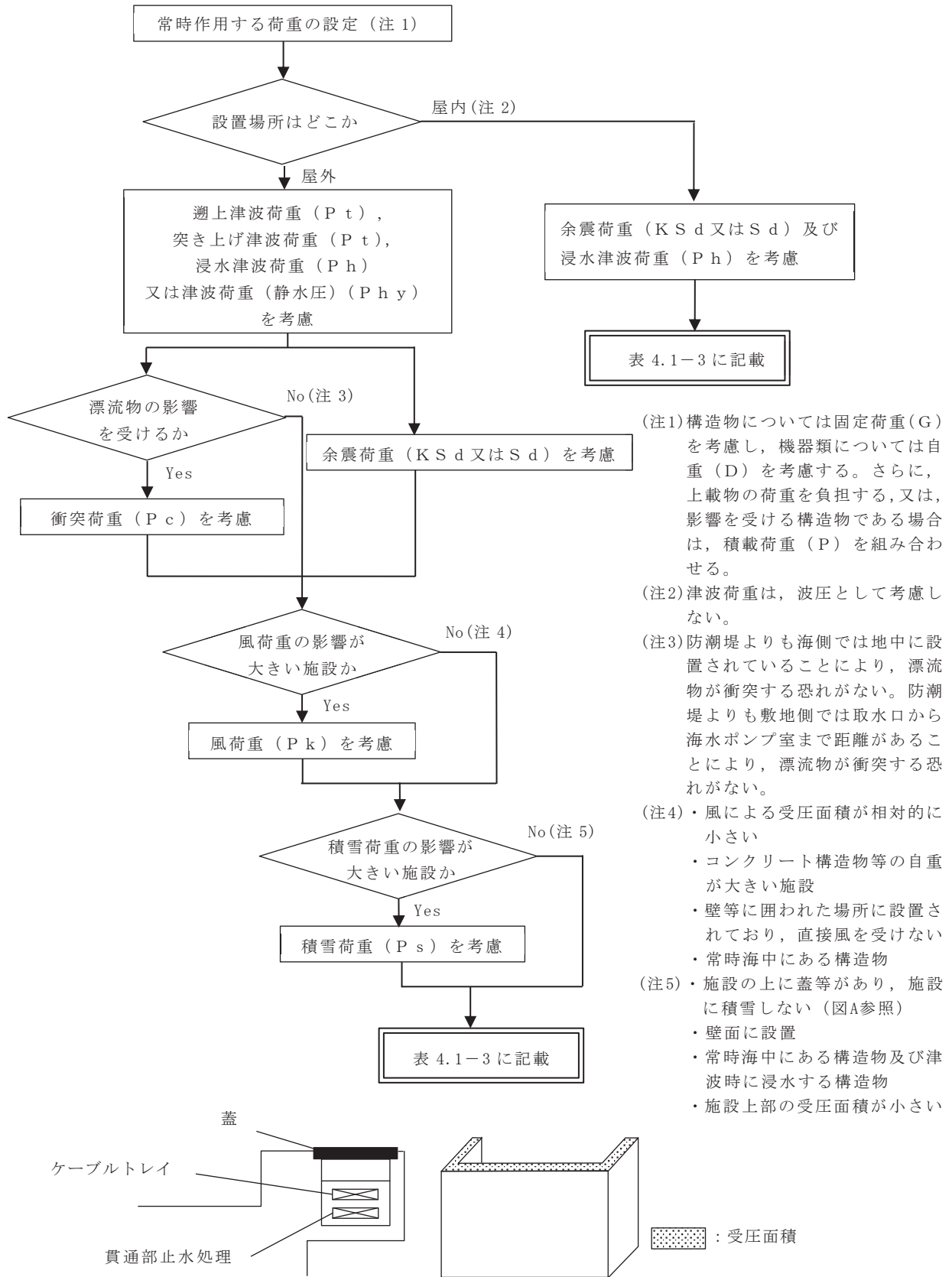


図 4.1-2 強度計算における荷重の組合せの設定フロー

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (1/9)

強度計算の対象施設		事象	荷重						
			自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧) (P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防潮堤	防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	津波時	○	○	—	○ 遡上津波(P t)	○*	○	○
		重畳時	○	○	○	○ 遡上津波(P t)	—	○	○
	防潮堤 (盛土堤防)	津波時	○	○	—	○ 遡上津波(P t)	○	○	○
		重畳時	○	○	○	○ 遡上津波(P t)	—	○	○

注記 * : 寸法の小さな漂流物による影響についても評価を行う。

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (2/9)

強度計算の対象施設		事象	荷重						
			自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧)(P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防潮壁	防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 2 号機放水立坑)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 3 号機放水立坑)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (3/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧)(P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
取放水路流路縮小工 (第 1 号機 取水路) (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	○	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
取放水路流路縮小工 (第 1 号機 放水路)	重畳時	○	○	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)	津波時	○	—	—	○ 遡上津波(P t)	○	—	—
	重畳時 1	○	—	○	○ 遡上津波(P t)	—	—	—
	重畳時 2	○	—	○	○ 津波荷重(静水圧)(P h y)	○	—	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (4/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧)(P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
屋外排水路逆流防止設備 (防潮 堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—*	—	—
屋外排水路逆流防止設備 (防潮 堤北側)	津波時	○	—	—	○ 浸水津波(P h)	○*	—	—
	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
補機冷却海水系放水路逆流防 止設備(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—

注記 * : 寸法の小さな漂流物による影響について評価を行う。

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (5/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧) (P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
水密扉 (第 3 号機海水熱交換器 建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	—
制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	—
計測制御電源室(B) 浸水防止水 密扉(No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	—
制御建屋空調機械(A) 室浸水防 止水密扉	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	—
制御建屋空調機械(B) 室浸水防 止水密扉	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	—
第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	—

注記 * : 津波の流入はなく、隣接建屋における機器破損により求めた浸水深さにて算定

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (6/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧) (P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○
浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	○
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	○
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No.1), (No.2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	○
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (7/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧) (P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	○
地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	—	○
第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)*	—	○	—
第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 2 号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 2 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—

注記 * : 津波の流入はなく、屋外タンク等の破損により求めた浸水深さにて算定

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (8/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧)(P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
第 3 号機原子炉補機冷却海水 ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファン ネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 3 号機原子炉補機冷却海水 ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファン ネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 3 号機高圧炉心スプレイ補 機冷却海水ポンプ室逆止弁付 ファンネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 3 号機タービン補機冷却海 水ポンプ室逆止弁付ファン ネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—

(○：考慮する荷重を示す。)

表 4.1-3 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (9/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t), 浸水津波荷重(P h) 又は津波荷重 (静水圧) (P h y)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機放水立坑防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第3号機放水立坑防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機原子炉建屋)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)* ¹	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機制御建屋)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)* ¹	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機軽油タンクエリア)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)* ²	—	—	—
取水ピット水位計	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—

注記 * 1 : 津波の流入はなく、隣接建屋の機器破損により求めた浸水深さにて算定

(○ : 考慮する荷重を示す。)

* 2 : 津波の流入はなく、屋外タンク等の破損により求めた浸水深さにて算定

4.2 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している。津波荷重を考慮した施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び機能保持の評価方針を踏まえて、評価部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めて施設ごとの許容限界を表 4.2-1 に示す。

各施設の許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の応力や変形の状態を考慮し、評価部位ごとに許容限界を設定する。

4.2.1 施設ごとの許容限界

(1) 防潮堤

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

(a) 鋼管杭（長杭，短杭）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭（長杭，短杭）が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(b) 鋼製遮水壁

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼製遮水壁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(c) 漂流物防護工

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，漂流物防護工が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(d) 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

(e) 背面補強工

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、背面補強工の健全性及び止水性（遮水性）を保持する設計とするために、背面補強工が、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(f) 置換コンクリート

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、置換コンクリートが、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(g) 改良地盤，セメント改良土

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、改良地盤及びセメント改良土の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤及びセメント改良土が、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(h) 基礎地盤（岩盤，改良地盤）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、堅固な支持地盤に設置する設計とするために、防潮堤（鋼管式鉛直壁）を支持する基礎岩盤及び改良地盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

b. 防潮堤（盛土堤防）

(a) セメント改良土

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、セメント改良土の健全性、堤体高さ及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、セメント改良土が、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(b) 置換コンクリート

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、置換コンクリートが、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(c) 改良地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤が、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(d) 基礎地盤（岩盤，改良地盤）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、堅固な支持地盤に設置する設計とするために、防潮堤（盛土堤防）を支持する基礎岩盤及び改良地盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(2) 防潮壁

a. 防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

イ. 鋼板

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さ

応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼板が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. 鋼製支柱

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼製支柱が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ハ. 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

ニ. フーチング

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，フーチングが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 22 年 3 月 道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）」，「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」及び「土木学会 2005 年 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」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度及びせん断耐力とする。

ホ. 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭が，おおむね弾性状態にと

どまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、降伏強度及びせん断強度として設定する。

へ. 基礎地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、風及び積雪を考慮した荷重に対し、堅固な支持地盤に設置する設計とするために、鋼管杭を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

イ. 鋼桁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼桁が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

ロ. RC 支柱

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、RC 支柱が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」、「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」及び「土木学会 2005 年 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」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度及びせん断耐力とする。

ハ. 鉛直支承及び水平支承

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鉛直支承及び水平支承が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本道路協会 平成 16 年 4 月 道路橋 道路橋支承便覧」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、許容圧縮

応力度及び許容せん断ひずみとして設定する。

ニ. 上揚力反力梁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，上揚力反力梁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ホ. 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

ヘ. フーチング

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，フーチングが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 22 年 3 月道路土工—カルバート工指針（平成 21 年度版）」，「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」，「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編」及び「土木学会 2005 年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」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。

チ. 鋼矢板

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，ボーリング対策としての機能を保持するため，鋼矢板にせん断破壊が生じないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

リ. 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ヌ. 場所打ちコンクリート杭

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，場所打ち杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ル. 基礎地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，堅固な支持地盤に設置する設計とするために，鋼管杭及び場所打ち杭を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき，「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(c) 鋼製扉

イ. 扉体

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，扉体を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. RC 支柱

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，RC 支柱が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対

する許容限界は、「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」、「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」及び「土木学会 2005 年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」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度とする。

ハ. 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

ニ. フーチング

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，フーチングが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は、「日本道路協会 平成 22 年 3 月 道路土工—カルバート工指針（平成 21 年度版）」、「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」及び「土木学会 2005 年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」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度及びせん断耐力とする。

ホ. 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は、「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ヘ. 基礎地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，堅固な支持地盤に設置する設計とするために，鋼管杭を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき，「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定して

いる値とする。

(d) 防潮堤取り合い部

イ. 鋼板

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼板が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. RC 壁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，RC 壁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。

ハ. 鋼矢板

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，ボーリング対策としての機能を保持するため，鋼矢板にせん断破壊が生じないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，短期許容応力度とする。

(e) 防潮堤背面補強工部

イ. RC 壁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，RC 壁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 構造性能照査編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

b. 防潮壁（第 2 号機放水立坑）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(a)鋼製遮水壁（鋼板）」と同じ。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(b)鋼製遮水壁（鋼桁）」と同じ。

(c) 鋼製扉

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(c)鋼製扉」と同じ。

(d) 遮水鋼板

イ. 鋼板

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼板が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

c. 防潮壁（第 3 号機海水ポンプ室）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(a)鋼製遮水壁（鋼板）」と同じ。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(b)鋼製遮水壁（鋼桁）」と同じ。

(c) 鋼製扉

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(c)鋼製扉」と同じ。

(d) 防潮堤取り合い部

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(d)防潮堤取り合い部」と同じ。

(e) 防潮堤背面補強工部

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(e)背面補強工部」と同じ。

d. 防潮壁（第 3 号機放水立坑）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(a)鋼製遮水壁（鋼板）」と同じ。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(b)鋼製遮水壁（鋼桁）」と同じ。

(c) 鋼製扉

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(c)鋼製扉」と同じ。

(d) 遮水鋼板

「防潮壁（第 2 号機放水立坑）(d)遮水鋼板」と同じ。

e. 防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

イ. 鋼板

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

ロ. 鋼製柱，梁，ブレース

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼製柱，梁並びにブレースが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(3) 取放水路流路縮小工

a. 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1)，(No. 2)

(a) コンクリート

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重，積載荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、コンクリートが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「農業農村工学会 平成 15 年 土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔コンクリートダム編〕」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、せん断破壊，滑動及び曲げに対する必要閉塞長とする。

(b) 基礎地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重，積載荷重及び余震を考慮した荷重に対し、堅固な支持地盤に設置する設計とするために、取放水路流路縮小工を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

b. 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）

「取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1), (No. 2)」と同じ。

(4) 貯留堰(No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)

a. 鉄筋コンクリート

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(5) 逆流防止設備

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)

(a) 扉体

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」及び「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

(a) 扉体

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」及び「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(b) 漂流物防護工

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、漂流物防護工が、おおむね弾性状態

にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

- c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)

「屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

(6) 水密扉

- a. 水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)

(a) 扉板及び芯材

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(b) カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、カンヌキ部を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

- b. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

(a) 扉板及び芯材

隣接建屋における機器破損による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(b) カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルト

隣接建屋における機器破損による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、カンヌキ部を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

- c. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- d. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- g. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- h. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- i. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- j. 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- k. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- l. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。

(7) 浸水防止蓋

- a. 浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)

(a) 浸水防止蓋

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋 (鋼製部材) が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(b) 固定ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、固定ボルト (鋼製部材) が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設

計法一」に基づき，短期許容応力度として設定する。

b. 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）

(a) 浸水防止蓋

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，浸水防止蓋（鋼製部材）が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法一」に基づき，短期許容応力度として設定する。

(b) 鋼製ブラケット

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼製ブラケットが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法一」に基づき，短期許容応力度として設定する。

(c) 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

c. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）

(a) 浸水防止蓋

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(b) 固定ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、固定ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

d. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）
(No. 1), (No. 2)

「浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）」と同じ。

e. 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

「浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）」と同じ。

f. 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

「浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）」と同じ。

g. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)

(a) 浸水防止蓋

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じた供用状態 C の許容応力（許容応力状態 III_AS）

を許容限界として設定する。

(b) 固定ボルト

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、固定ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じた供用状態 C の許容応力（許容応力状態Ⅲ_AS）を許容限界として設定する。

h. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋

「地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)」と同じ。

(8) 第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁

a. 浸水防止壁

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止壁（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

b. 基礎ボルト

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、基礎ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(9) 逆止弁付ファンネル

a. 第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

(a) 弁本体

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、弁本体（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じた供用状態 C の許容応力（許容応力状態Ⅲ_AS）を許容限界として設定する。

(b) 弁体

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、弁体（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ_AS）を許容限界として設定する。

- b. 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- c. 第2号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- d. 第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- e. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- f. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- g. 第3号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- h. 第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

(10) 貫通部止水処置

a. 貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

(a) シリコンシール

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，貫通口と貫通物の隙間に施工するシリコンシールが，有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(b) ブーツラバー

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツラバーが，有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

b. 貫通部止水処置（第 2 号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

c. 貫通部止水処置（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

d. 貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

e. 貫通部止水処置（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）

「貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

f. 貫通部止水処置（第 2 号機原子炉建屋）

(a) シリコンシール

隣接建屋の機器破損による溢水を考慮した荷重及び余震を考慮した荷重に対し，貫通口と貫通物の隙間に施工するシリコンシールが，有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(b) ブーツラバー

隣接建屋の機器破損による溢水を考慮した荷重及び余震を考慮した荷重に対し，貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツラバーが，有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

g. 貫通部止水処置（第 2 号機制御建屋）

「貫通部止水処置（第 2 号機原子炉建屋）」と同じ。

h. 貫通部止水処置（第 2 号機軽油タンクエリア）

(a) シリコンシール

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重及び余震を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシリコンシールが、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(b) ブーツラバー

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重及び余震を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツラバーが、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(c) モルタル

屋外タンク等の破損による溢水を考慮した荷重及び余震を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するモルタルが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価法としていることを踏まえ、「土木学会 2002 年コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき算定し、許容限界として設定する。

(11) 取水ピット水位計

a. 取付ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水時の浸水津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、取付ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じた供用状態 C の許容応力（許容応力状態 III_AS）を許容限界として設定する。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (1/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮堤（鋼管式鉛直壁）	$G+P+P_t+P_c+P_k+P_s$ $G+P+P_t+K S d+P_k+P_s$	鋼管杭	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		鋼製遮水壁	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		漂流物防護工	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (2/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	$G+P+P_t+P_c+P_k+P_s$ $G+P+P_t+K S d+P_k+P_s$	背面補強工	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		置換コンクリート	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		セメント改良土, 改良地盤	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		基礎地盤 (岩盤, 改良地盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (3/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮堤 (盛土 堤防)	G+P+P _t +P _c + P _k +P _s G+P+P _t +K S d+ P _k +P _s	セメント改良土	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		置換コンクリート	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		改良地盤	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		基礎地盤 (岩盤, 改良地盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (4/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼板)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		鋼製支柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。
		フーチング	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 22 年 3 月 道路土工学カルバート工指針 (平成 21 年度版)」, 「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」及び「土木学会 2005 年 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」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度及びせん断耐力とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (5/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼板)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (6/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼桁)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	鋼桁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		RC 支柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」, 「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」及び「土木学会 2005 年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」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度及びせん断耐力とする。
		鉛直支承・水平 支承	圧縮, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 16 年 4 月 道路橋 道路橋 支承便覧」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 許容圧縮応力度及び許容せん断ひずみとする。
		上揚力反力梁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, 短期許容応力度とする。
		止水ジョイント 部材	変形	有意な漏えいに 至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (7/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼桁)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	フーチング	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 22 年 3 月道路土工—カルバート工指針 (平成 21 年度版)」, 「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」, 「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」及び「土木学会 2005 年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」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		鋼矢板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, 短期許容応力度とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		場所打ちコンクリート杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断耐力とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (8/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製扉	G+Ph+KSd+Pk +Ps	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, 短期許容応力度とする。
		RC 支柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」, 「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」及び「土木学会 2005 年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」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (9/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製扉	G+Ph+KSd+Pk +Ps	フーチング	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 22 年 3 月道路土工—カルバート工指針 (平成 21 年度版)」, 「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」及び「土木学会 2005 年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」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度及びせん断耐力とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (10/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 防潮堤 取り合い部	G+Ph+KS d+Pk +Ps	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, おむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		RC 壁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」に基づき, おむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		鋼矢板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (11/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 防潮堤 背面補強工部	G+Ph+KSd+Pk +Ps	RC 壁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」に基づき, おむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (12/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防潮壁 遮水鋼板	G + P h + K S d	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, おむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (13/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋) 鋼製遮水壁 (鋼板)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		鋼製柱, 梁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		鋼製ブレース	引張, 圧縮	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (14/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取放水路流路縮小工 (第 1 号機取水路) (No. 1), (No. 2)	G+P+Ph+KSd	コンクリート	せん断, 滑動, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「農業農村工学会 平成 15 年 土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔コンクリートダム編〕」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, せん断破壊, 滑動及び曲げに対する必要閉塞長とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。
取放水路流路縮小工 (第 1 号機放水路)	G+P+Ph+KSd	コンクリート	せん断, 滑動, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「農業農村工学会 平成 15 年 土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔コンクリートダム編〕」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, せん断破壊, 滑動及び曲げに対する必要閉塞長とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)	G+Pt+Pc G+Pt+KSd G+Phy+KSd+Pc	鉄筋コンクリート	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (15/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	D+Ph+KSd	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」及び「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	D+Ph+Pc D+Ph+KSd	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」及び「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		漂流物防護工	曲げ, せん断	支持機能を喪失する状態	「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」, 「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」, 「日本道路協会 平成 29 年 11 月 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編」及び「名古屋高速道路公社 平成 15 年 10 月 鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (16/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)	D+Ph+KSd	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」及び「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (17/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)	D+Ph+KSd	扉板	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		芯材, カンヌキ受けピン	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ	組合せ*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ受けボルト	引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

* : 曲げ応力度とせん断応力度の組合せ

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (18/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3), 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉, 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉, 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	D+Ph+Sd	扉板	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		芯材, カンヌキ受けピン	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ	組合せ*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ受けボルト	引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

* : 曲げ応力度とせん断応力度の組合せ

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (19/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (原子炉機器 冷却海水配管 ダクト)	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (20/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (第3号機補 機冷却海水系 放水ピット)	D+P t+S d+P s	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		鋼製ブラケット	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (21/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	D+P _t +S _d +P _s	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1), (No. 2)	D+P _t +S _d +P _s	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (22/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防 潮壁区画内))	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防 潮壁区画内))	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (23/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
地下軽油タンク 燃料移送ポンプ 室アクセス用浸 水防止蓋 (No. 1), (No. 2), 地下軽油タンク 機器搬出入用浸 水防止蓋	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じて供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ _A S）以下とする。
		固定ボルト	引張*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

* : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (24/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
第 2 号機海水 ポンプ室浸水 防止壁	D+Ph+Sd+Pk	浸水防止壁	曲げ*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		基礎ボルト	引張*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

15 * : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (25/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
逆止弁付ファンネル*1	D+P t+S d	弁本体, 弁体	曲げ*2, せん断*2	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じて供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ _A S)以下とする。

- * 1 : 第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)
- 第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)
- 第 2 号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)
- 第 2 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)
- 第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)
- 第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)
- 第 3 号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)
- 第 3 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)

* 2 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (26/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処 置 (第 2 号機 海水ポンプ室 防潮壁横断 部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第 2 号機 放水立坑防潮 壁横断部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (27/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処 置 (第3号機 海水ポンプ室 防潮壁横断 部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第3号機 放水立坑防潮 壁横断部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第3号機 補機冷却海水 系放水ピット 浸水防止蓋貫 通部)	D+Pt+Sd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (28/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処 置 (第 2 号機 原子炉建屋)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第 2 号機 制御建屋)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第 2 号機 軽油タンクエ リア)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		モルタル	せん断, 圧縮	部材が弾性域に とどまらず塑性 域に入る状態	「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」に基づいて算出される許容 付着荷重以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (29/29)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水ピット水位計	D+P t+S d	取付ボルト	引張*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準じて供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ _A S）以下とする。

* : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

余震荷重を基に設定した入力地震動に対する評価手法は、以下に示す解析法により、J E A G 4 6 0 1に基づき実施することを基本とする。

- ・ 時刻歴応答解析
- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

5.1 土木構造物に関する評価式

5.1.1 防潮堤

(1) 評価方針

防潮堤の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴の違いから、防潮堤（鋼管式鉛直壁）及び防潮堤（盛土堤防）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、津波時及び重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-1～表 5.1-2 に示す。

表 5.1-1 評価部位及び評価内容（防潮堤（鋼管式鉛直壁））

評価部位	評価内容
鋼管杭（長杭，短杭）	曲げ，せん断
鋼製遮水壁	曲げ，せん断
漂流物防護工	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
背面補強工	すべり安全率
置換コンクリート	すべり安全率
改良地盤，セメント改良土	すべり安全率
基礎地盤（岩盤，改良地盤）	支持力

表 5.1-2 評価部位及び評価内容（防潮堤（盛土堤防））

評価部位	評価内容
セメント改良土	すべり安全率
置換コンクリート	すべり安全率
改良地盤	すべり安全率
基礎地盤（岩盤，改良地盤）	支持力

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-1 防潮堤の強度計算書」に示す。

5.1.2 防潮壁

(1) 評価方針

防潮壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴の違いから、杭基礎構造防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉）及び防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-3～表 5.1-9 に示す。

表 5.1-3 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板））

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ，せん断
鋼製支柱	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
フーチング	曲げ，せん断
鋼管杭	曲げ，せん断
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-4 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁））

評価部位	評価内容
鋼桁	曲げ，せん断
RC 支柱	曲げ，せん断
鉛直支承・水平支承	圧縮，せん断
上揚力反力梁	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
フーチング	曲げ，せん断
鋼矢板	曲げ，せん断
鋼管杭	曲げ，せん断
場所打ち杭	曲げ，せん断
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-5 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 鋼製扉）

評価部位	評価内容
扉体	曲げ，せん断
RC 支柱	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
フーチング	曲げ，せん断
鋼管杭	曲げ，せん断
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-6 評価部位及び評価内容
（杭基礎構造防潮壁 防潮堤取り合い部）

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ，せん断
RC 壁	曲げ，せん断
鋼矢板	曲げ，せん断

表 5.1-7 評価部位及び評価内容
（杭基礎構造防潮壁 防潮堤背面補強工部）

評価部位	評価内容
RC 壁	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形

表 5.1-8 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 遮水鋼板）

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ，せん断

表 5.1-9 評価部位及び評価内容（防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋））

評価部位	評価内容
鋼製遮水壁（鋼板）	曲げ，せん断
鋼製柱，梁	曲げ，せん断
鋼製ブレース	引張，圧縮

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，添付書類「VI-3-別添 3-2-2 防潮壁の強度計算書」に示す。

5.1.3 取放水路流路縮小工

(1) 評価方針

取放水路流路縮小工の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから，取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1)，(No. 2) 及び取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは，重畳時を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-10～表 5.1-11 に示す。

表 5.1-10 評価部位及び評価内容（取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1)，(No. 2)）

評価部位	評価内容
コンクリート	せん断，滑動，曲げ
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-11 評価部位及び評価内容（取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路））

評価部位	評価内容
コンクリート	せん断，滑動，曲げ
基礎地盤（岩盤）	支持力

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-3 取放水路流路縮小工の強度計算書」に示す。

5.1.4 貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)

(1) 評価方針

貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6) の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、津波時及び重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-12 に示す。

表 5.1-12 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
鉄筋コンクリート	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-4 貯留堰の強度計算書」に示す。

5.2 機器・配管系に関する評価式

以下に機器・配管系に関する各強度計算書で用いる強度評価の計算方法を示す。

5.2.1 逆流防止設備

(1) 評価方針

逆流防止設備の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1)，(No. 2)，(No. 3)，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び補機冷却海水系放水路逆流防止設備(No. 1)，(No. 2)に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは，津波時及び重畳時を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-1～表 5.2-3 に示す。

表 5.2-1 評価部位及び評価内容（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）
(No. 1)，(No. 2)，(No. 3)）

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ
扉体（補強材）	曲げ，せん断

表 5.2-2 評価部位及び評価内容（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側））

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ
扉体（補強材）	曲げ，せん断
漂流物防護工	曲げ，せん断

表 5.2-3 評価部位及び評価内容（補機冷却海水系放水路逆流防止設備(No. 1)，(No. 2)）

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ
扉体（補強材）	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-5 逆流防止設備の強度計算書」に示す。

5.2.2 水密扉

(1) 評価方針

水密扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、水密扉(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア)(No.1), (No.2), 原子炉建屋浸水防止水密扉(No.1), (No.2), 制御建屋浸水防止水密扉(No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), 計測制御電源室(B)浸水防止水密扉(No.3), 制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉, 制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉, 第2号機 MCR 浸水防止水密扉に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴, 津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し, 評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは, 重畳時を考慮し, 評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については, 公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-4 に示す。

表 5.2-4 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉板	曲げ
芯材, カンヌキ受けピン	曲げ, せん断
カンヌキ	組合せ*
カンヌキ受けボルト	引張

* : 曲げ応力度とせん断応力度の組合せ

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-6 水密扉の強度計算書」に示す。

5.2.3 浸水防止蓋

(1) 評価方針

浸水防止蓋の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配

管ダクト), 浸水防止蓋 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット), 浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部), 浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1), (No. 2), 浸水防止蓋 (揚水井戸 (第 2 号機海水ポンプ室防潮壁区画内)), 浸水防止蓋 (揚水井戸 (第 3 号機海水ポンプ室防潮壁区画内)), 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2), 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋に分けて評価を行う。

- b. 構造上の特徴, 津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し, 評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは, 重畳時を考慮し, 評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については, 公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-5~表 5.2-12 に示す。

表 5.2-5 評価部位及び評価内容 (浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト))

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-6 評価部位及び評価内容 (浸水防止蓋 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット))

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
鋼製ブラケット	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断
止水ジョイント部材	変形

表 5.2-7 評価部位及び評価内容 (浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部))

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-8 評価部位及び評価内容（浸水防止蓋（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）（No. 1）,（No. 2））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-9 評価部位及び評価内容
（浸水防止蓋（揚水井戸（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁区画内）））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-10 評価部位及び評価内容
（浸水防止蓋（揚水井戸（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁区画内）））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-11 評価部位及び評価内容（地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1）,（No. 2））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-12 評価部位及び評価内容（地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋）

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-7 浸水防止蓋の強度計算書」に示す。

5.2.4 浸水防止壁

(1) 評価方針

第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-13 に示す。

表 5.2-13 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
浸水防止壁	曲げ，せん断
基礎ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-8 浸水防止壁の強度計算書」に示す。

5.2.5 逆止弁付ファンネル

(1) 評価方針

逆止弁付ファンネルの評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置個所の違いから、第 2 号機海水ポンプ室に設置する逆止弁付ファンネルと第 3 号機海水熱交換器建屋に設置する逆止弁付ファンネルに分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-14 に示す。

表 5.2-14 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
弁本体, 弁体	曲げ, せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-9 逆止弁付ファンネルの強度計算書」に示す。

5.2.6 貫通部止水処置

(1) 評価方針

貫通部止水処置の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部）、貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）、貫通部止水処置（第2号機制御建屋）、貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-15 に示す。

表 5.2-15 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
シリコンシール	せん断, 圧縮
ブーツラバー	引張
モルタル	せん断, 圧縮

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-10 貫通部止水処置の強度計算書」に示す。

5.3 津波監視設備に関する評価式

以下に津波監視設備に関する各強度計算書で用いる強度評価の計算方法を示す。

5.3.1 取水ピット水位計

(1) 評価方針

取水ピット水位計の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
取付ボルト	引張、せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-11 津波監視設備の強度計算書」に示す。

6. 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- (2) 日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編
- (3) 日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編
- (4) 日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編
- (5) 日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編
- (6) 日本道路協会 平成 29 年 11 月 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編
- (7) 土木学会 2005 年 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
- (8) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (9) 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 (J E A C 4 6 1 6 -2009)
- (10) 日本建築学会 2001 年 建築基礎構造設計指針
- (11) 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- (12) 建築基準法 (昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- (13) 建築基準法施行令 (昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- (14) 耐津波設計に係る工認審査ガイド
- (15) 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－
- (16) 土木学会 2016 年 トンネル標準示方書 [開削工法編]・同解説
- (17) 日本港湾協会 2007 年 港湾の施設の技術上の基準・同解説
- (18) 名古屋高速道路公社 平成 15 年 10 月 鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編
- (19) 日本道路協会 平成 22 年 3 月 道路土工－カルバート工指針 (平成 21 年度版)
- (20) 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 4 6 0 1 ・補－1984)
- (21) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (22) 日本産業規格 (J I S)
- (23) ダム堰施設技術協会 平成 28 年 ダム堰施設技術基準 (案) (基準解説編設備計画マニュアル編)
- (24) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
- (25) 日本道路協会 平成 16 年 4 月 道路橋 道路橋支承便覧
- (26) 首都高速道路 2003 年 橋梁構造物設計施工要領 II 鋼橋・鋼部材編
- (27) 日本建築学会 2010 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- (28) 日本下水道協会 2002 年 下水道施設耐震計算例-処理場・ポンプ場編
- (29) 日本水道協会 1997 年 水道施設耐震工法指針・解説
- (30) 日本水道協会 2009 年 水道施設耐震工法指針・解説

- (31) 日本建築学会 2012年 鋼構造接合部設計指針
- (32) 機械工学便覧（日本機械学会）
- (33) 農業農村工学会 平成15年 土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔コンクリートダム編〕
- (34) 水門鉄管協会 平成31年 水門鉄管技術基準 水門扉編

VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書

目 次

- VI-3-別添 3-2-1 防潮堤の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-2 防潮壁の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-3 取放水路流路縮小工の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-4 貯留堰の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-5 逆流防止設備の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-6 水密扉の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-7 浸水防止蓋の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-8 浸水防止壁の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-9 逆止弁付ファンネルの強度計算書
- VI-3-別添 3-2-10 貫通部止水処置の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-11 津波監視設備の強度計算書

VI-3-別添 3-2-1 防潮堤の強度計算書

目 次

VI-3-別添 3-2-1-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度計算書

VI-3-別添 3-2-1-2 防潮堤（盛土堤防）の強度計算書

VI-3-別添 3-2-1-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	10
2.4	適用基準	16
3.	強度評価方法	17
3.1	記号の定義	17
3.2	評価対象断面及び部位	20
3.2.1	評価対象断面	20
3.2.2	評価対象部位	26
3.3	荷重及び荷重の組合せ	27
3.3.1	荷重	27
3.3.2	荷重の組合せ	28
3.4	許容限界	31
3.4.1	鋼管杭	31
3.4.2	鋼製遮水壁及び漂流物防護工	36
3.4.3	背面補強工	37
3.4.4	置換コンクリート	37
3.4.5	改良地盤	37
3.4.6	セメント改良土	37
3.4.7	止水ジョイント部材	38
3.4.8	基礎地盤	39
3.5	評価方法	40
3.5.1	津波時	40
3.5.2	重畳時	66
4.	評価条件	100
4.1	津波時	100
4.2	重畳時	111
5.	評価結果	120
5.1	津波時	120
5.1.1	鋼管杭の評価結果	120
5.1.2	鋼製遮水壁及び漂流物防護工の評価結果	136
5.1.3	背面補強工の評価結果	137
5.1.4	置換コンクリートの評価結果	140
5.1.5	改良地盤の評価結果	143
5.1.6	セメント改良土の評価結果	146

5.1.7	止水ジョイント部材の評価結果	149
5.2	重畳時	153
5.2.1	鋼管杭の評価結果	153
5.2.2	鋼製遮水壁及び漂流物防護工の評価結果	169
5.2.3	背面補強工の評価結果	171
5.2.4	置換コンクリートの評価結果	175
5.2.5	改良地盤の評価結果	178
5.2.6	セメント改良土の評価結果	181
5.2.7	止水ジョイント部材の評価結果	184
5.2.8	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	188

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、防潮堤（鋼管式鉛直壁）が地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、施設・地盤の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する地盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形にとどまることを確認するものである。

なお、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の範囲を図 2-1 に示す。なお、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は一般部と岩盤部に分類される。

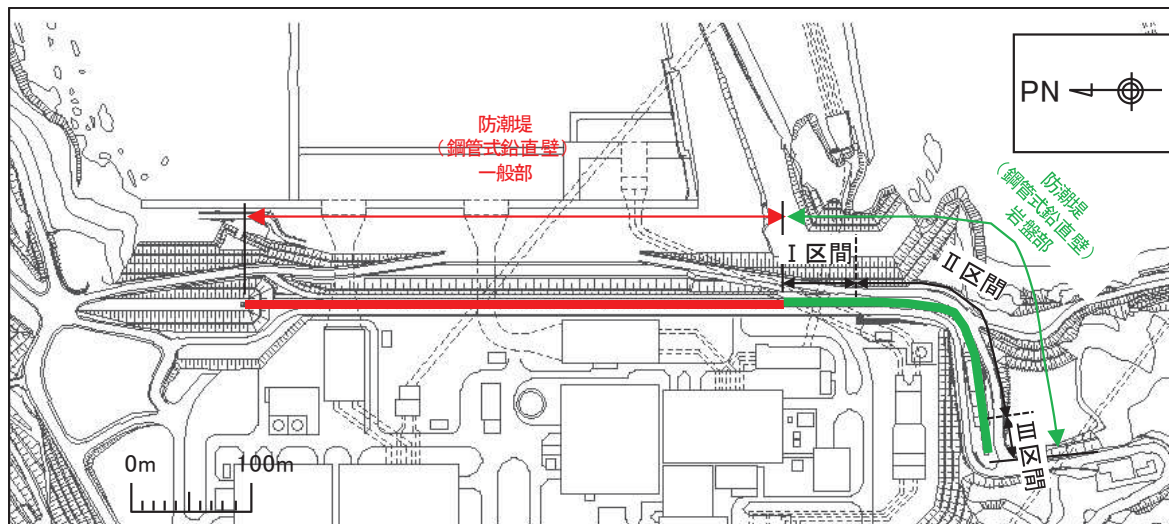


図 2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の範囲

2.2 構造概要

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）一般部（以下、「一般部」という。）と防潮堤（鋼管式鉛直壁）岩盤部（以下、「岩盤部」という。また、RC 壁部を含む）に分類される。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、入力津波による浸水高さ（防潮堤前面：O.P.+24.4m）に対して余裕を考慮した天端高さ（O.P.+29.0m）とする。

一般部は、鋼管杭、鋼製遮水壁、漂流物防護工及び背面補強工による上部構造と、鋼管杭及び置換コンクリートによる下部構造から構成され、背面補強工の下方に改良地盤を、置換コンクリートの上方にセメント改良土をそれぞれ設置する。

岩盤部は、鋼管杭、鋼製遮水壁、RC 遮水壁、漂流物防護工及び背面補強工による上部構造と、鋼管杭による下部構造から構成される。

鋼管杭は、施工性を考慮し、上部工の鋼管杭と下部工の鋼管杭に分けて施工しており、接続部周辺をコンクリートで充填している。また、一般部は基礎地盤のすべり安定性を確保する観点から、改良地盤の海側に置換コンクリートを設置する構造とした。

上部工の境界部及び地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置する。また、漂流物防護工の下部の止水ジョイント前面には、鋼製の保護部材を設置する。

一般部の構造概要図及び構造図を図 2-2 及び図 2-3 に、防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の構造図を図 2-4 に、止水ジョイント部材の概念図を図 2-5 に示す。

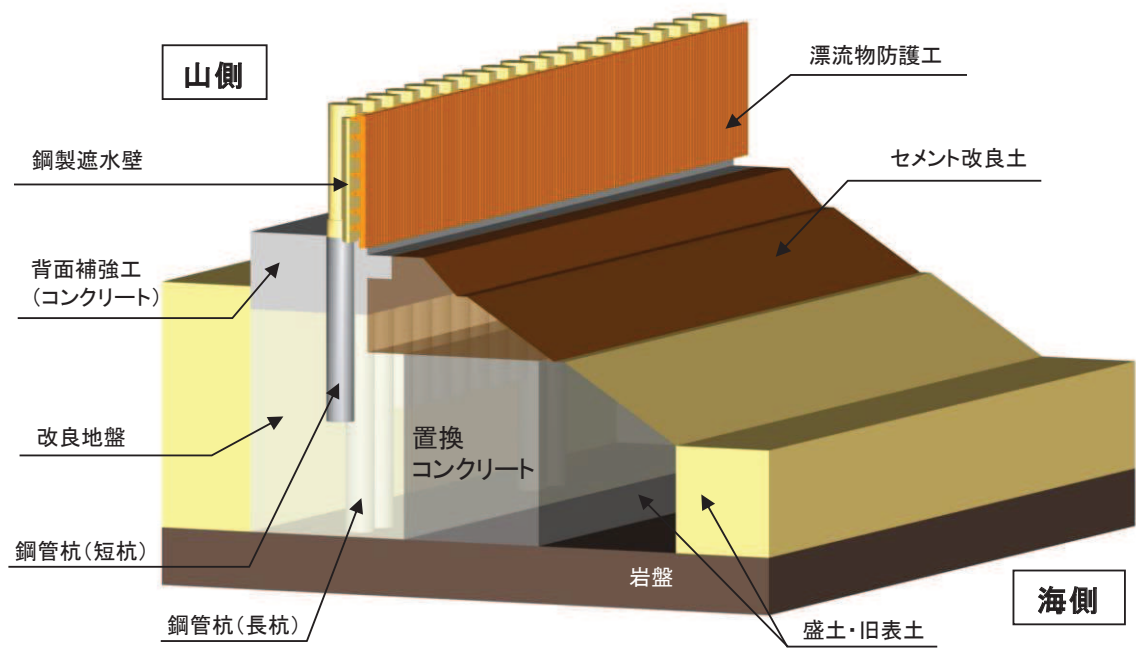


図 2-2 一般部の構造概要図

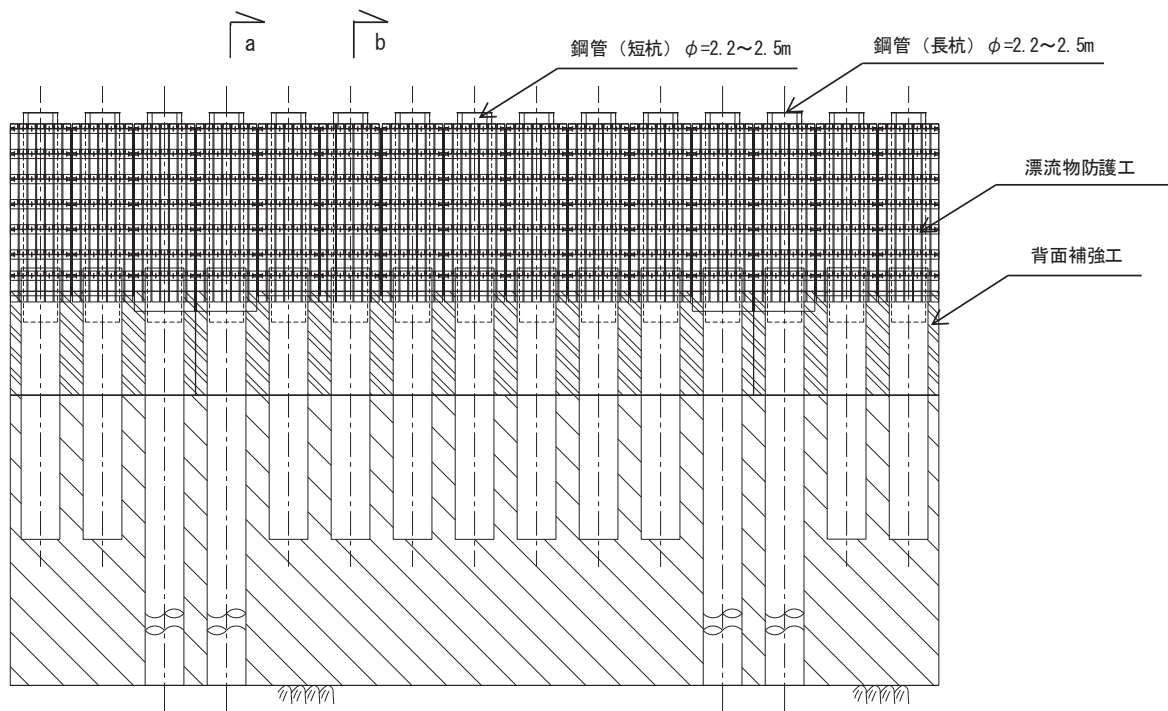


図 2-3(1) 一般部の構造図（正面図，漂流物防護工）

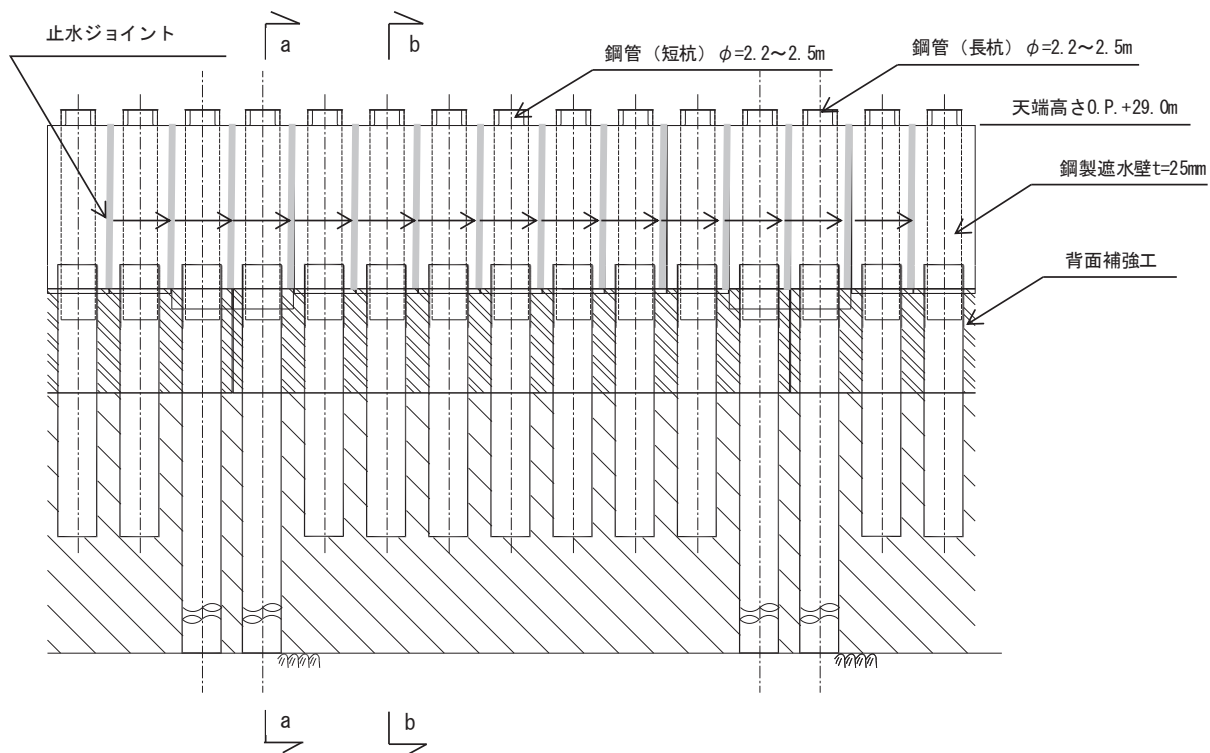


図 2-3(2) 一般部の構造図（正面図，鋼製遮水壁）

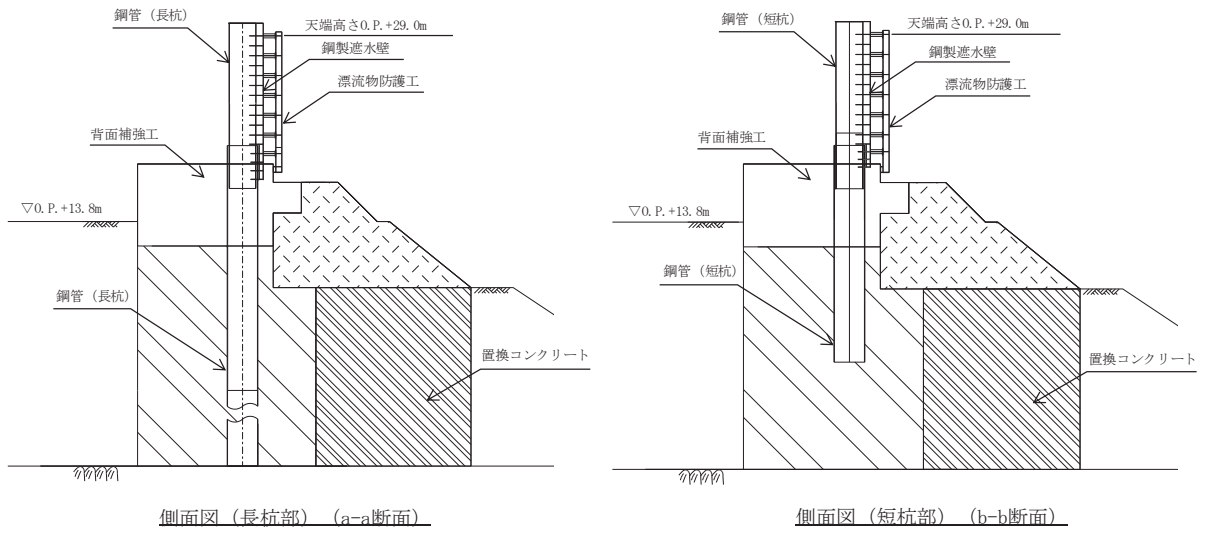
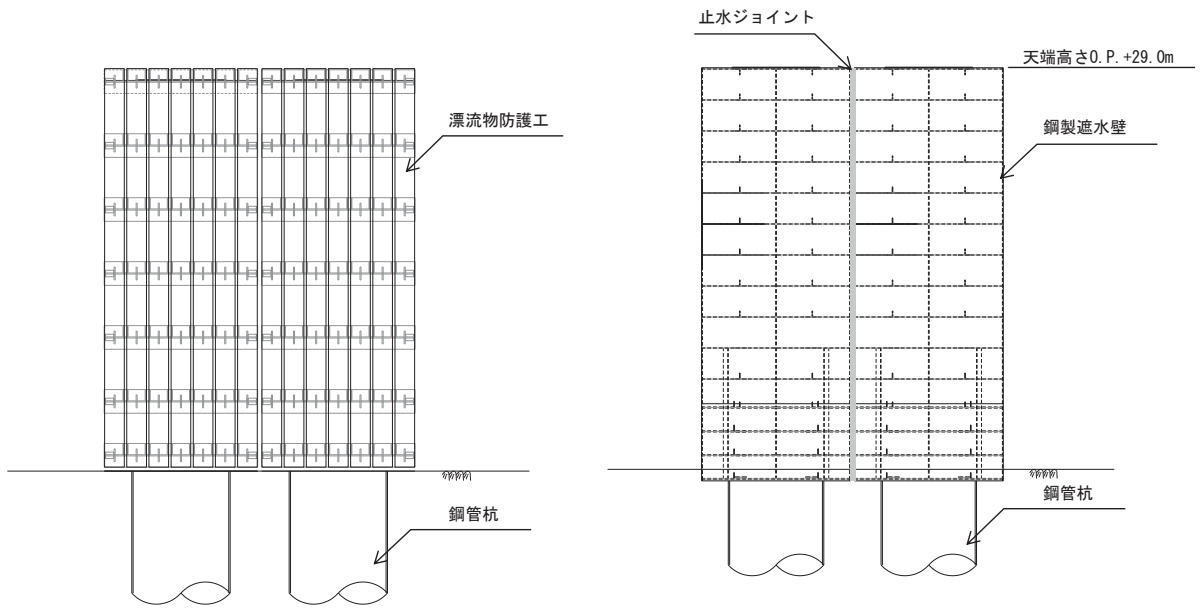


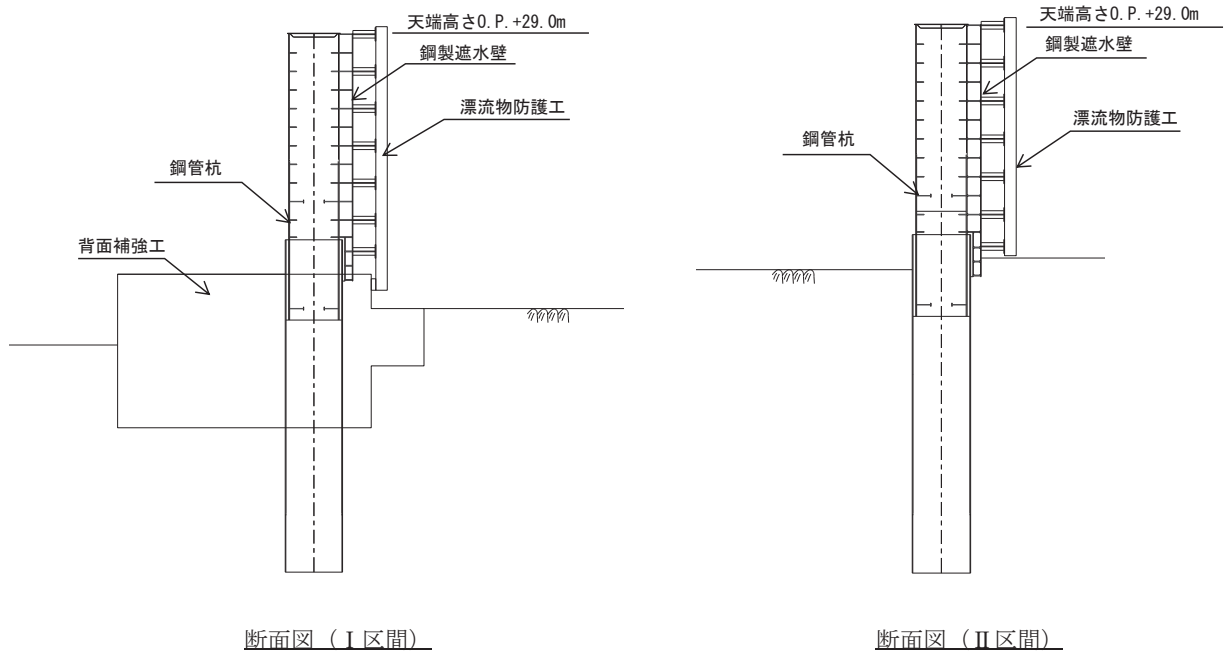
図 2-3(3) 一般部の構造図 (断面図)



(漂流物防護工)

(鋼製遮水壁)

図 2-4(1) 岩盤部の構造図 (正面図, I・II 区間)



断面図 (I 区間)

断面図 (II 区間)

図 2-4(2) 岩盤部の構造図 (断面図, I・II 区間)

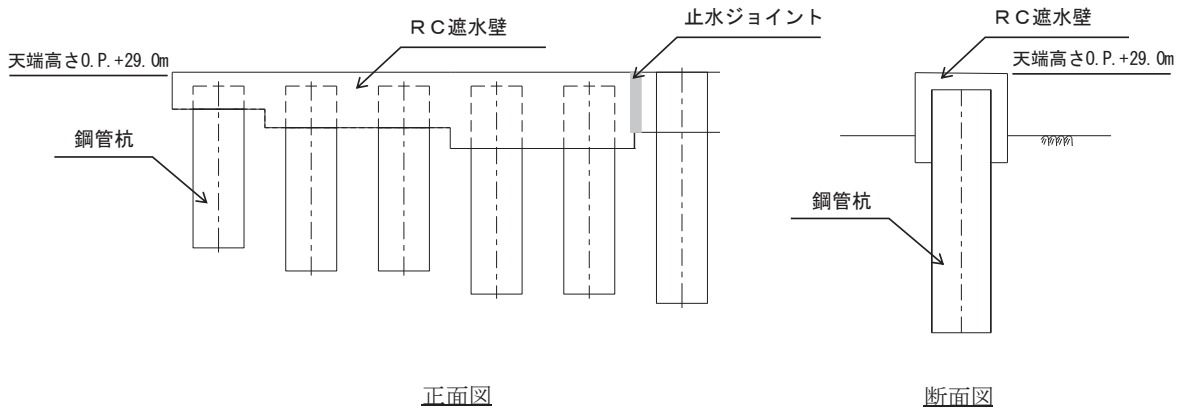
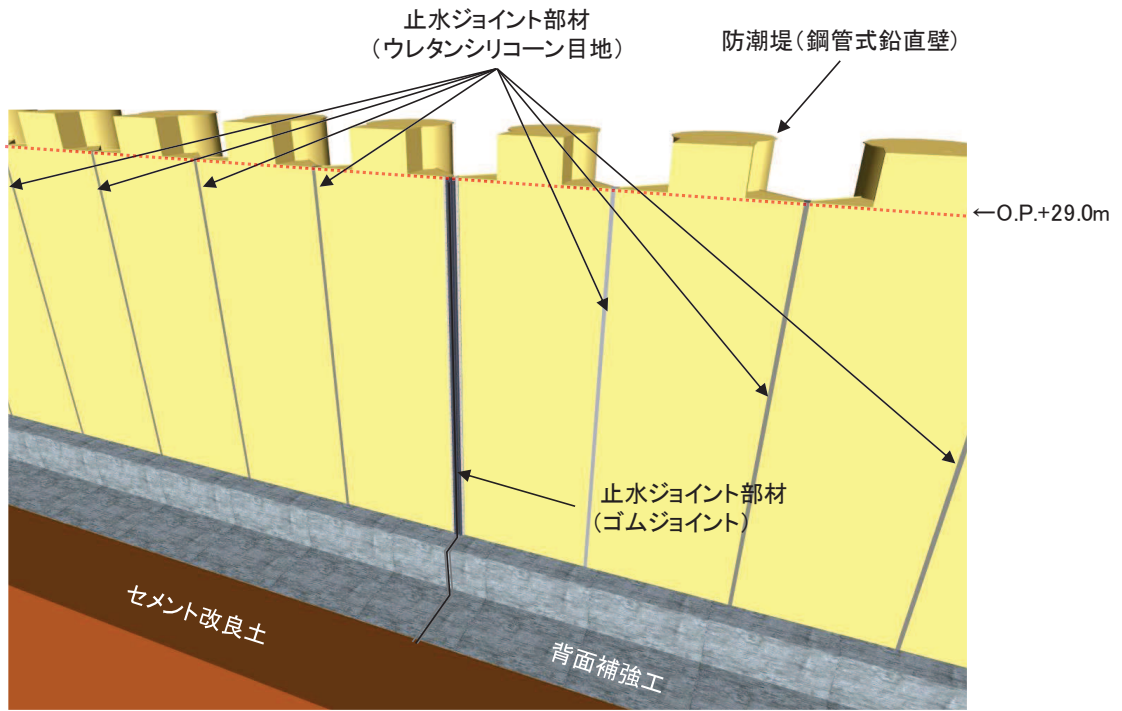
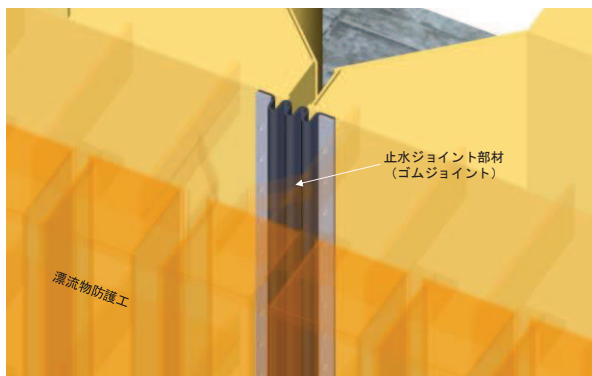


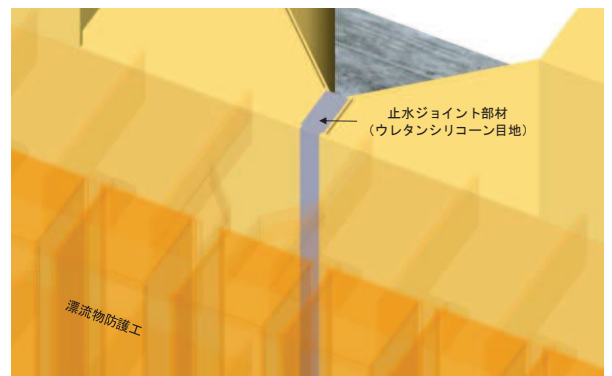
図 2-4(3) 岩盤部の構造図 (Ⅲ区間：RC 壁部)



(全体)

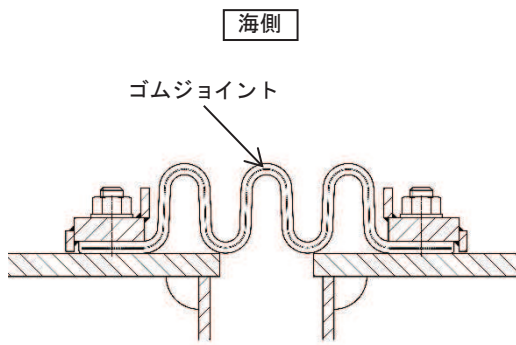


(ゴムジョイント部材の設置イメージ)



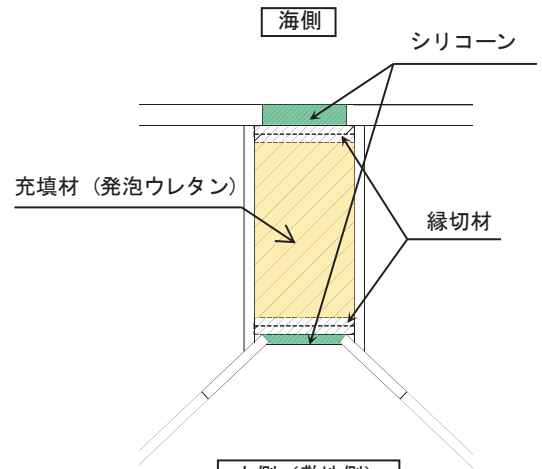
(ウレタンシリコーン目地の設置イメージ)

図 2-5 (1) 止水ジョイント部材設置イメージ図



山側 (敷地側)

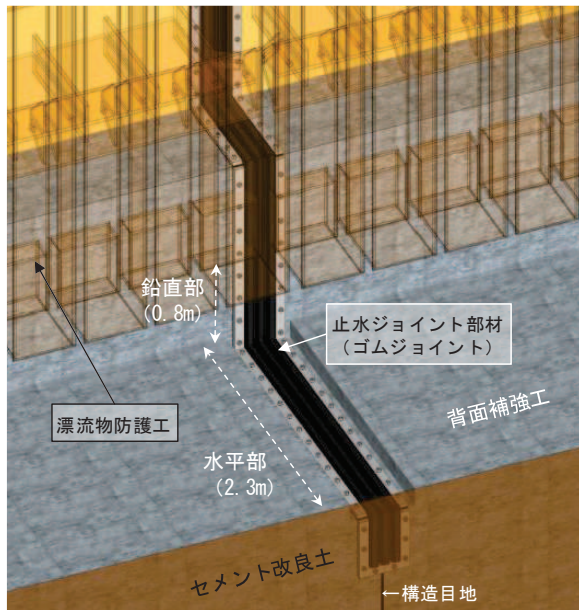
(ゴムジョイント)



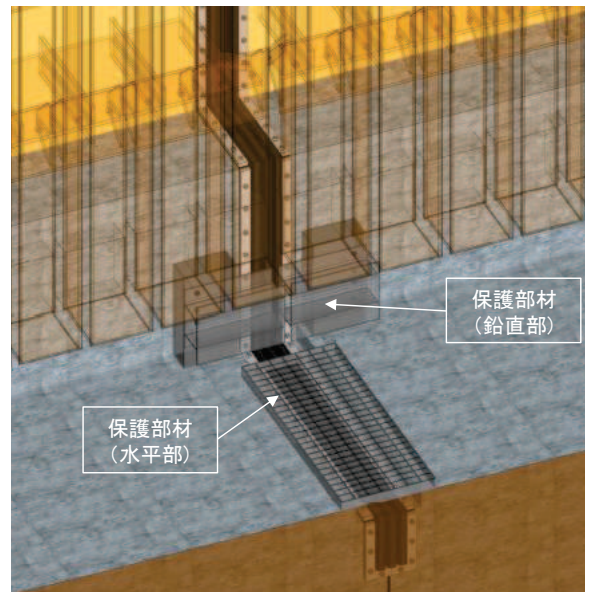
山側 (敷地側)

(ウレタンシリコーン目地)

図 2-5 (2) 防潮堤 (鋼管式鉛直壁) の止水ジョイント概念図



(保護部材設置前の状態)



(保護部材の設置イメージ)

図 2-5 (3) ゴムジョイントの下端部の概念図

2.3 評価方針

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

また、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」より、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価対象部位の発生応力、すべり安全率及び発生変形量が許容限界を満足することを確認する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-3 の防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価項目に示すとおり、施設・地盤の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を行う。なお、「3.2.1 評価対象断面」に示すとおり、岩盤部（RC 壁部）は入力津波高さ O.P. +24.4m よりも高い O.P. +26.7m 以上の標高に設置されていることから、評価対象断面から除外している。

施設・地盤の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価の検討フローを図 2-6 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S d - D 2 を 1 次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

表 2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割* ¹	津波時の役割* ¹
施設	鋼管杭（長杭）	• 鋼製遮水壁を支持する。	• 鋼製遮水壁を支持する。
	鋼管杭（短杭）	• 鋼製遮水壁を支持する。	• 鋼製遮水壁を支持する。
	鋼製遮水壁	• 漂流物防護工及び止水ジョイントを支持する。	• 漂流物防護工及び止水ジョイントを支持するとともに、遮水性を保持する。
	漂流物防護工	—	• 鋼製遮水壁及び止水ジョイントに漂流物を直接衝突させない。 • 漂流物衝突荷重を鋼製遮水壁及び鋼管杭に伝達する。
	止水ジョイント	• 鋼製遮水壁間の変位に追従する。	• 鋼製遮水壁間の変位に追従し、遮水性を保持する。
	背面補強工	• 長杭・短杭の変形を抑制する。	• 遮水性を保持する。 • 長杭・短杭の変形を抑制する。
	置換コンクリート	• コンクリート強度を考慮して基礎地盤のすべり安定性を確保する。 • 長杭・短杭の変形を抑制する。	• 長杭・短杭の変形を抑制する。 • 地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。
地盤	セメント改良土	• 長杭・短杭の変形を抑制する。	• 長杭・短杭の変形を抑制する。 • 地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。 • 津波荷重を置換コンクリート等を介して岩盤に伝達する。
	改良地盤	• 短杭及び背面補強工を鉛直支持する（下方の岩盤に荷重を伝達する）。 • 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 • 長杭・短杭の変形を抑制する。	• 短杭及び背面補強工を鉛直支持する（下方の岩盤に荷重を伝達する）。 • 長杭・短杭の変形を抑制する。 • 地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。
	岩盤	• 長杭・短杭、背面補強工及び置換コンクリートを（改良地盤を介して）鉛直支持する。 • 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	• 長杭・短杭、背面補強工及び置換コンクリートを（改良地盤を介して）鉛直支持する。

注記 * 1：津波＋余震時は地震時及び津波時の両方の役割を参照する。

表 2-2 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の各部位の役割に対する性能目標

		性能目標				
		鉛直支持	すべり安定性	健全性 (鋼管杭の変形抑制)	止水性 (滲水性, 難透水性)	
施設	鋼管杭	-	-	構造部材の健全性を保持するために、鋼管杭がおおむね弾性状態に留まること。	構造部材の健全性を保持するために、鋼管杭がおおむね弾性状態に留まること。	
	鋼製遮水壁			構造部材の健全性を保持するために、鋼製遮水壁がおおむね弾性状態に留まること。	止水ジョイントの支持機能を喪失して鋼製遮水壁間から有意な漏えいを生じないために、鋼製遮水壁がおおむね弾性状態に留まること。	
	漂流物防護工			-	-	鋼製遮水壁及び止水ジョイントに漂流物を直接衝突させないために、漂流物防護工がおおむね弾性状態に留まること。
	止水ジョイント			-	鋼製遮水壁間から有意な漏えいを生じないために、止水ジョイントの変形性能を保持すること。	鋼製遮水壁間から有意な漏えいを生じないために、止水ジョイントの変形・遮水性能を保持すること。
	背面補強工			-	鋼管杭の変形を抑制するため、背面補強工がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	背面補強工内に鋼管杭を横断する水みちが形成されて有意な漏洩を生じないために、背面補強工がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
	置換コンクリート			-	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、コンクリートの強度を維持し、すべり抵抗を保持すること。	鋼管杭の変形を抑制するため、置換コンクリートがすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
地盤	セメント改良土	-	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、置換コンクリートのすべり抵抗も考慮した上で、十分なすべり安定性を保持すること。	鋼管杭の変形を抑制するため、セメント改良土がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を保持)するため、セメント改良土がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	
	改良地盤	鋼管杭及び背面補強工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。		鋼管杭の変形を抑制するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を保持)するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	
	岩盤	鋼管杭、背面補強工及び置換コンクリートを鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。		-	-	

表 2-3(1) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価項目（一般部）

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	施設・地盤の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	施設の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認。 保護部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量 短期許容応力度

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-3(2) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価項目（岩盤部）

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	施設の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	施設の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認。 保護部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量 短期許容応力度

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。

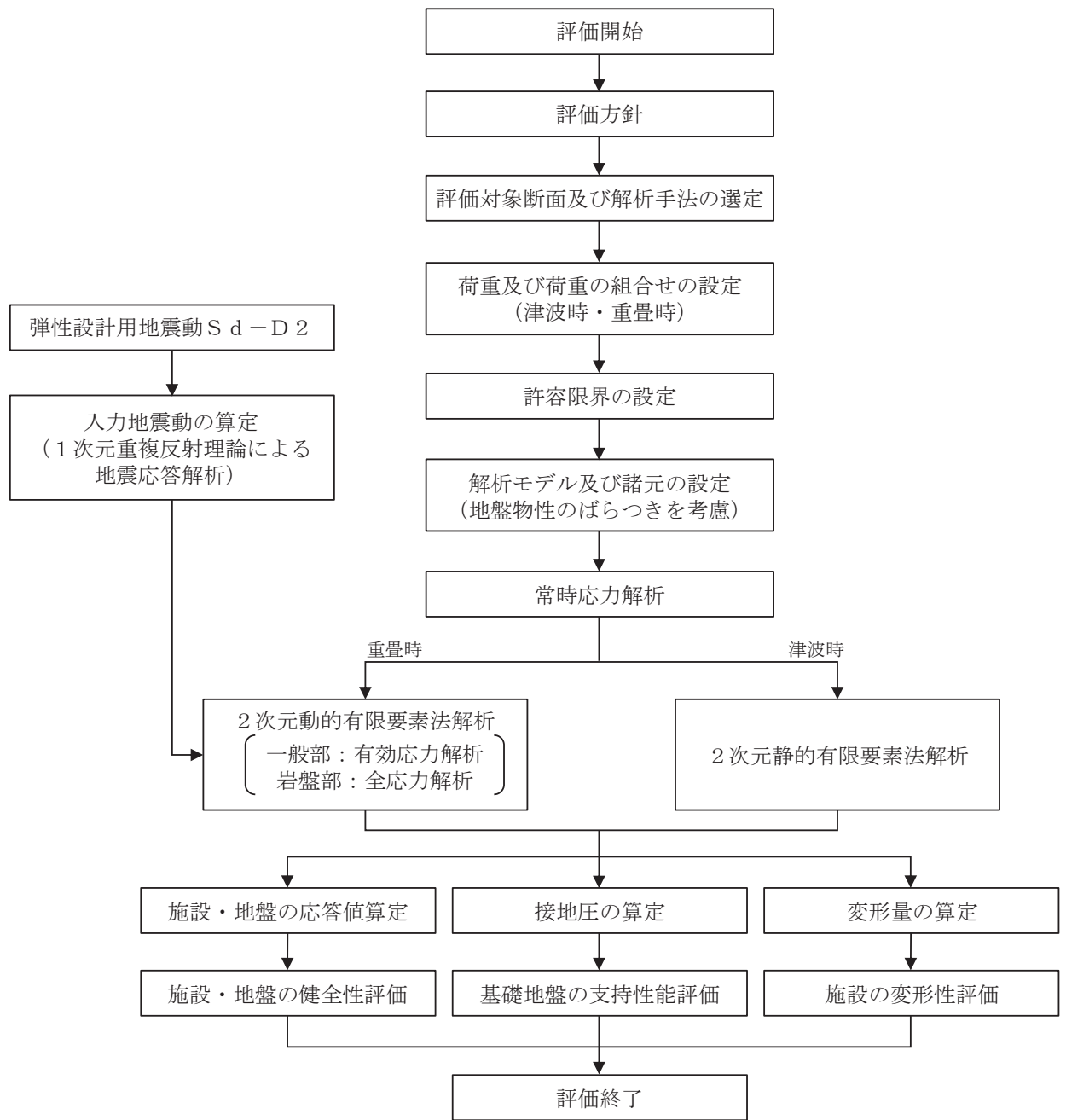


図 2-6 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価の検討フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- ・ 耐津波設計に係る工認審査ガイド (平成25年6月19日原管地発第1306196号) (以下「耐津波設計に係る工認審査ガイド」という。)
- ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編
- ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編
- ・ 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
- ・ 土木学会 2013年 コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編
- ・ 土木学会 2005年 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
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- ・ Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 (1) 強度評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN/m ²	積載荷重
P _s	kN/m ²	積雪荷重
P _k	kN/m ²	風荷重
P _t	kN/m ²	遡上津波荷重
P _c	kN	衝突荷重
K _{Sd}	—	余震荷重
P _d	kN/m ²	動水圧
γ _w	kN/m ³	海水の単位体積重量
ρ	kg/m ³	海水の密度
σ _{sa}	N/mm ²	鋼材の短期許容曲げ圧縮応力度
τ _{sa}	N/mm ²	鋼材の短期許容せん断応力度
σ _{ca}	N/mm ²	鋼材の短期許容圧縮応力度
σ ₁	N/mm ²	鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力度
M ₁	kN・m	鋼管杭に発生する曲げモーメント
Z ₁	mm ³	鋼管杭の断面係数
N ₁	kN	鋼管杭の軸力
τ ₁	N/mm ²	鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力度
S ₁	kN	鋼管杭に発生するせん断力
A ₁	mm ²	鋼管杭の断面積
κ ₁	—	せん断応力の分布係数 (2.0)
σ ₂	N/mm ²	曲げモーメントによるスキンプレーットの発生応力度
M ₂	kN・m	スキンプレーットに発生する曲げモーメント
Z ₂	mm ³	スキンプレーットの断面係数
P ₂	kN/m	スキンプレーットに作用する単位幅あたりの津波波圧
P ₂ '	kN/m	スキンプレーットに作用する単位幅あたりの地震慣性力
P ₂ ''	kN/m	スキンプレーットに作用する単位幅あたりの動水圧
L	mm	水平リブ間隔

表 3-1 (2) 強度評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
σ_3	N/mm ²	垂直リブに発生する圧縮応力度
P_3	kN/m ²	垂直リブに作用する津波波圧
$P_{3'}$	kN/m ²	垂直リブに作用する地震慣性力
$P_{3''}$	kN/m ²	垂直リブに作用する動水圧
P_{H3}	kN	受圧面積に発生する水平荷重
t	mm	垂直リブの板厚
B	m	鋼製遮水壁の総幅
σ_4	N/mm ²	曲げモーメントによる水平リブの発生応力度
σ_5	N/mm ²	曲げモーメントによる架台の発生応力度
M_4	kN・m	水平リブに発生する曲げモーメント
M_5	kN・m	架台に発生する曲げモーメント
Z_4	mm ³	水平リブの断面係数
Z_5	mm ³	架台の断面係数
P_4	kN/m ²	水平リブ及び架台に作用する津波波圧
$P_{4'}$	kN/m ²	水平リブ及び架台に作用する地震慣性力
$P_{4''}$	kN/m ²	水平リブ及び架台に作用する動水圧
ℓ	mm	架台間隔
b	m	モーメントアーム長
b'	m	衝突荷重のモーメントアーム長
τ_4	N/mm ²	せん断力による水平リブの発生応力度
τ_5	N/mm ²	せん断力による架台の発生応力度
S_4	kN	水平リブに発生するせん断力
S_5	kN	架台に発生するせん断力
A_w	mm ²	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積
σ_6	N/mm ²	曲げモーメントによる防護工の発生応力度
M_6	kN・m	防護工に発生する曲げモーメント
Z_6	mm ³	防護工の断面係数
P_6	kN/m ²	防護工に作用する津波波圧
$P_{6'}$	kN/m ²	防護工に作用する地震慣性力
$P_{6''}$	kN/m ²	防護工に作用する動水圧
b''	m	防護工の幅
τ_6	N/mm ²	せん断力による防護工の発生応力度
S_6	kN	防護工に発生するせん断力
A_{wc}	mm ²	防護工のせん断抵抗断面積

表 3-1 (3) 強度評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
A_7	mm^2	防護工取付けボルト断面積 (M24)
n_7	本	防護工 1 本当たりのボルトの本数
L_8	mm	梁部材の張出長
p_8	kN/m	梁部材の用する津波波圧
Z_8	mm^3	梁部材工の断面係数
P_c'	kN	寸法の小さな漂流物の衝突荷重
A_8	mm^2	梁部材のせん断抵抗断面積
e_8	mm	偏心量
D_8	mm	台座の長さ (曲げ方向)
x_8	mm	接地幅
d_8	mm	台座端部～アンカーの距離
n_8	本	アンカーボルトの本数

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

(1) 一般部

評価対象断面は、一般部の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて、図 3-1 に示す断面位置とする。一般部の縦断面図を図 3-2 に、評価対象断面図を図 3-3～図 3-6 に示す。

断面①：置換コンクリートが縦長になる断面で、 C_{II} 級岩盤を含む岩盤上面が深く、盛土及び旧表土が厚く堆積する断面（設置変更許可段階において、基礎地盤の安定性評価で示した断面）。

断面②：比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤が分布せず、旧表土が厚く堆積する断面（設置変更許可段階において、構造成立性評価で示した断面）。

断面③：比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤が厚く堆積する断面。

断面④：防潮堤（盛土堤防）との境界部となる断面。

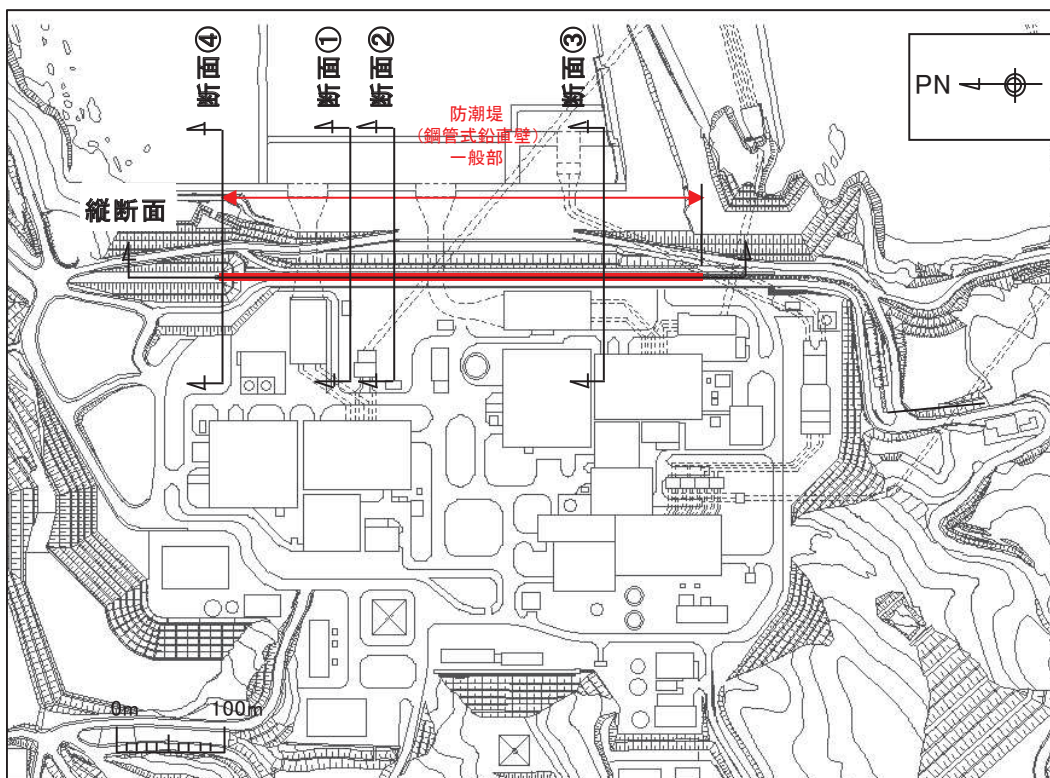


図 3-1 一般部の評価対象断面位置図

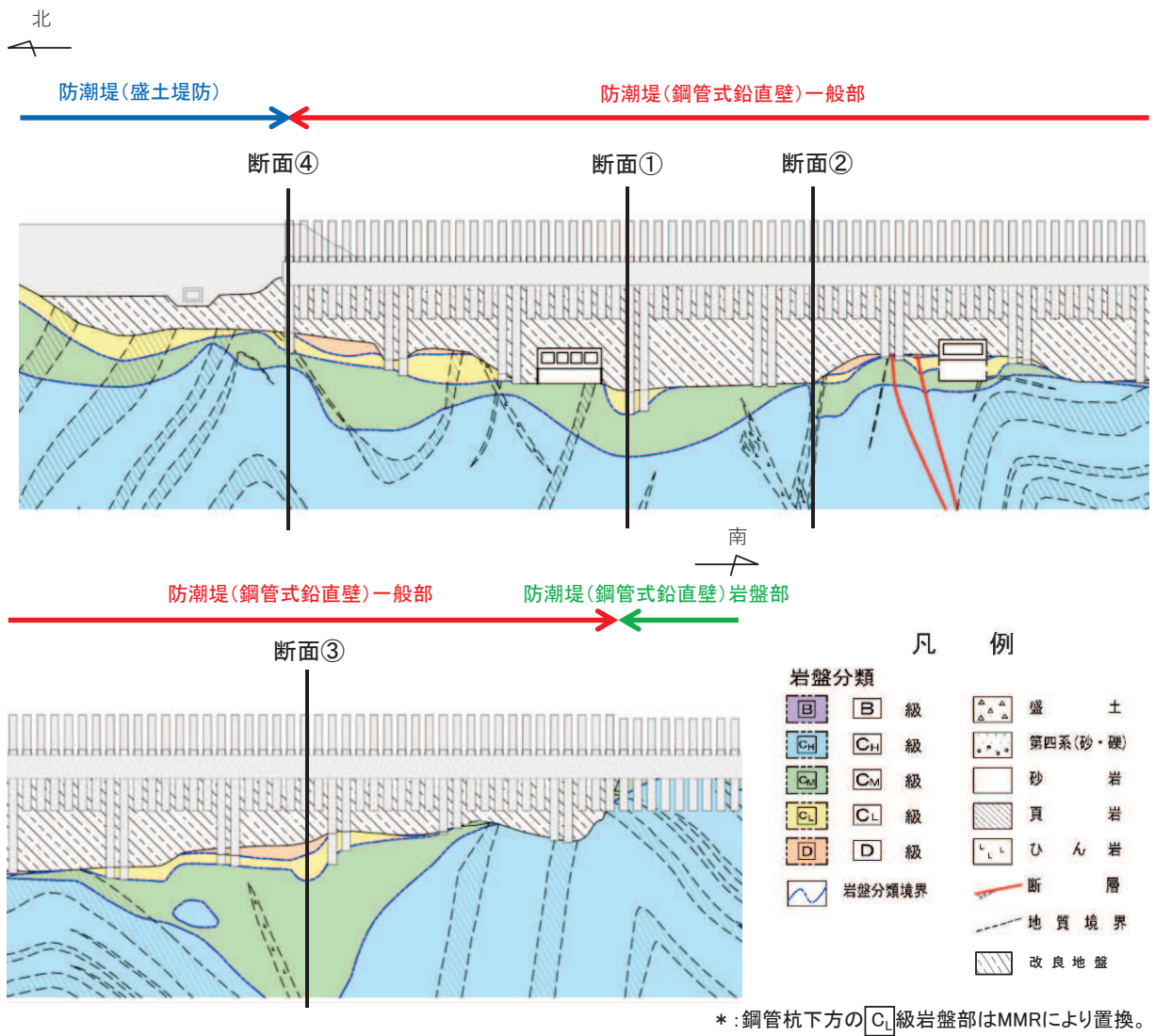


図 3-2 一般部の縦断面図

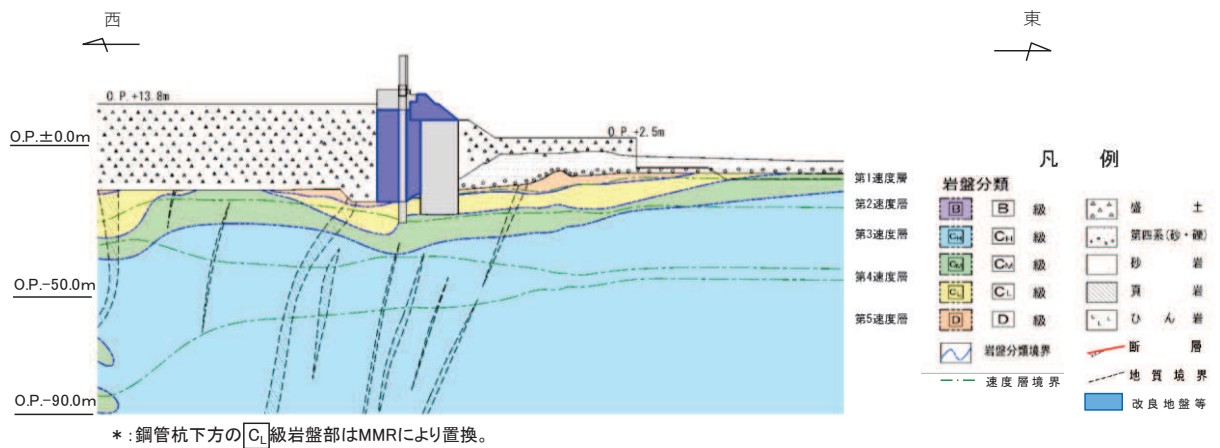


図 3-3 評価対象断面 (断面①)

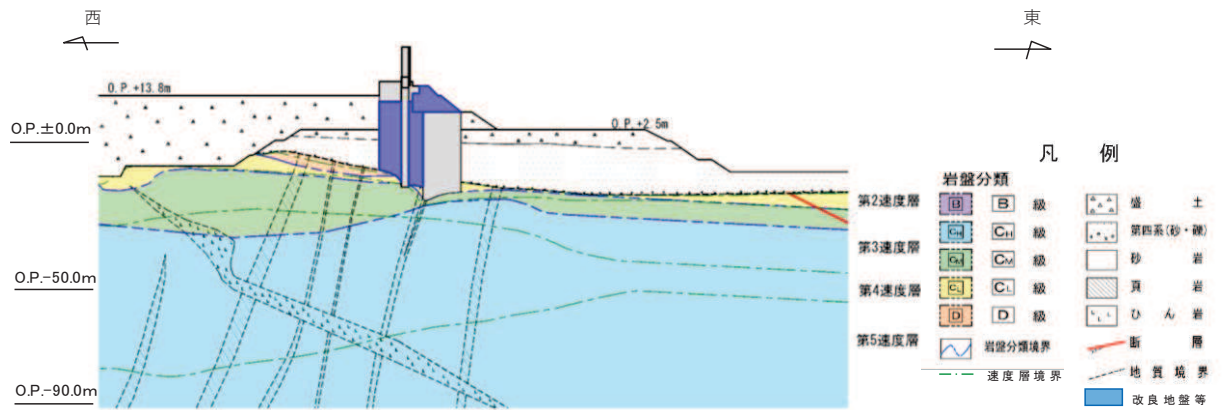


図 3-4 評価対象断面 (断面②)

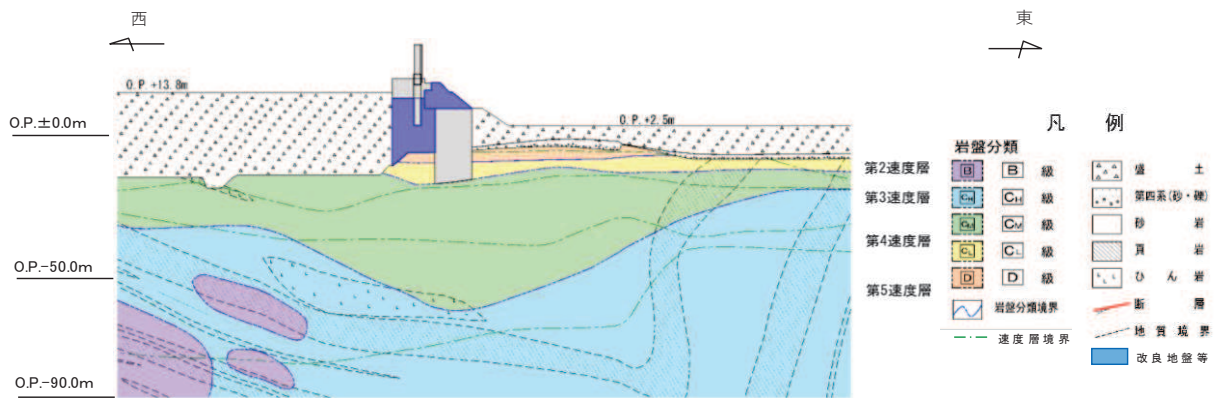


図 3-5 評価対象断面 (断面③)

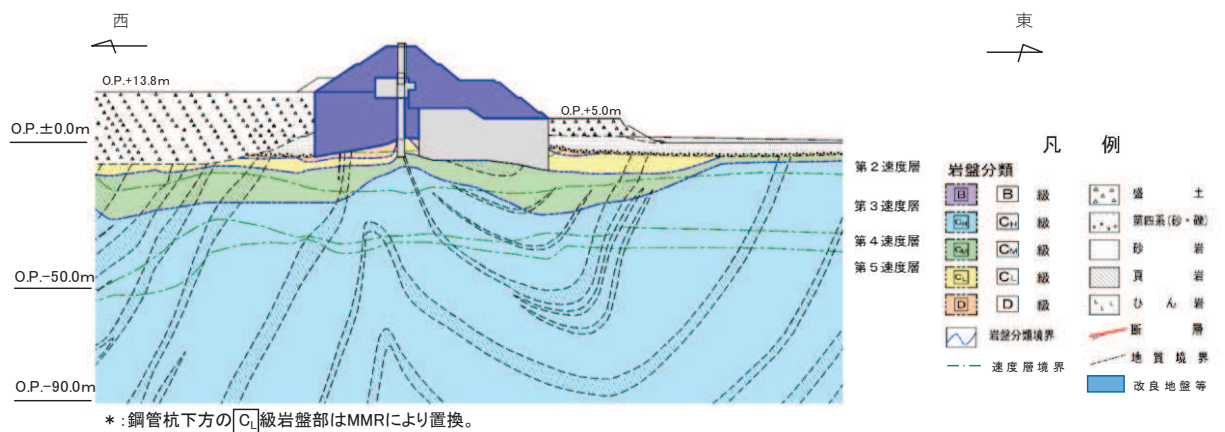


図 3-6 評価対象断面 (断面④)

(2) 岩盤部

評価対象断面は、岩盤部の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて、図 3-7 に示す断面⑤及び断面⑥とする。岩盤部の縦断面図を図 3-8 に、評価対象断面図を図 3-9～図 3-10 に示す。なお、図 3-11 に示す断面⑦（5本の鋼管杭と RC 遮水壁が一体構造となっている箇所）については、入力津波高さ O.P. +24.4m よりも高い O.P. +26.7m 以上に設置されており、津波が到達しないことから、評価対象断面には選定しない。

断面⑤：同一断面の構造，おおむね一定の地質状況の区間の中で，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）が設置される断面。

断面⑥：比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤が分布せず，鋼管杭の突出長が最も長くなる断面。

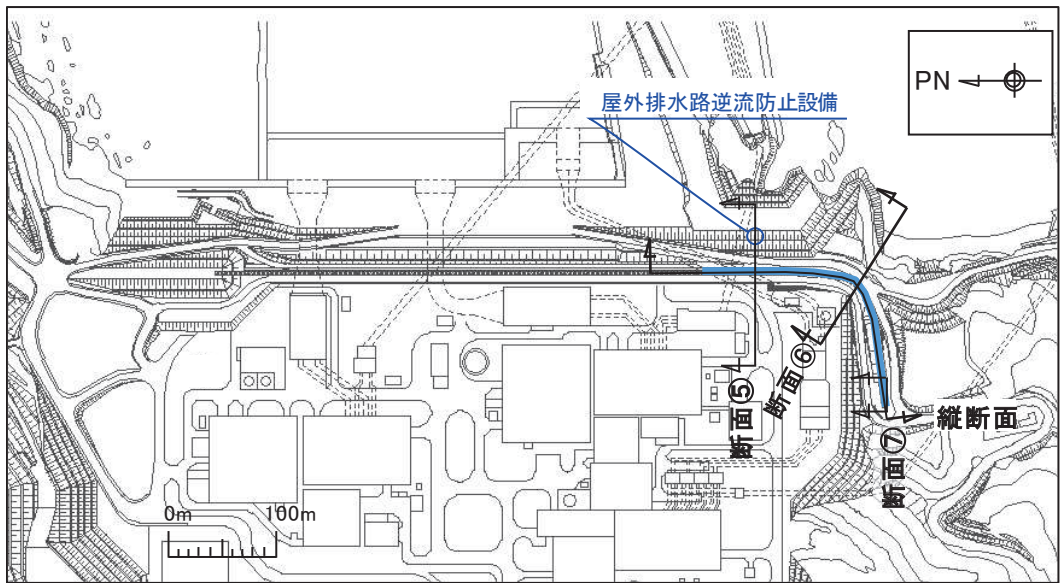


図 3-7 岩盤部の評価対象断面位置図

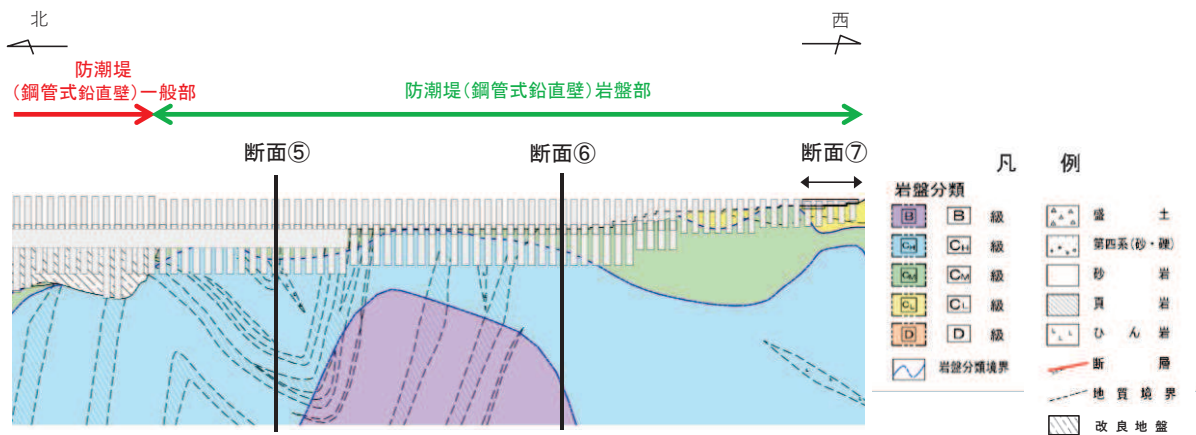


図 3-8 岩盤部の縦断面図

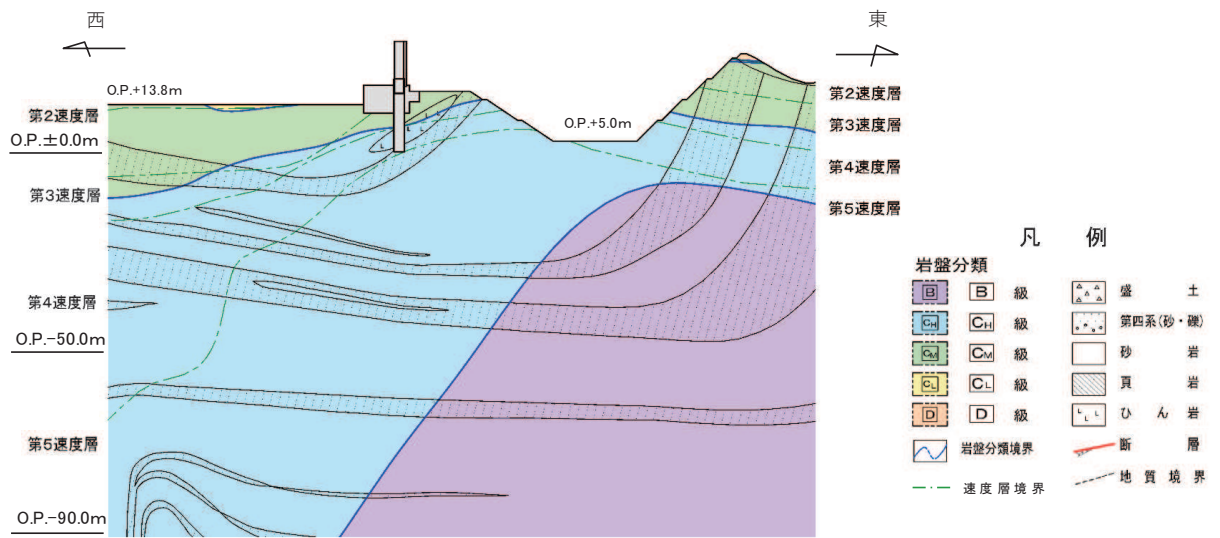


図 3-9 評価対象断面 (断面⑤)

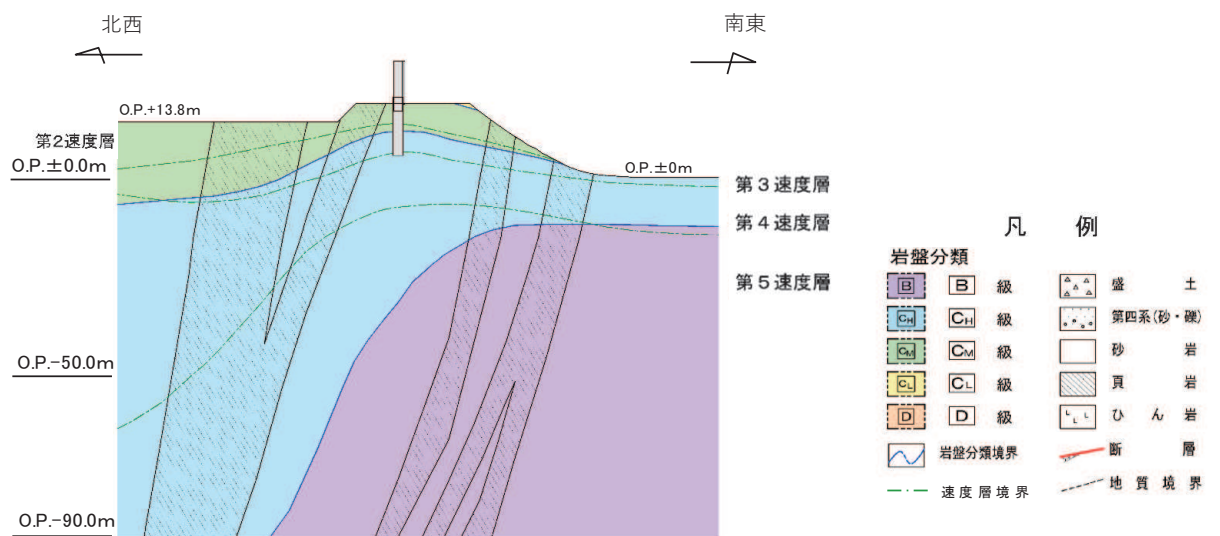


図 3-10 評価対象断面 (断面⑥)

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(1) 施設・地盤の健全性評価

a. 一般部

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は、鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工，背面補強工，置換コンクリート，改良地盤及びセメント改良土とする。

b. 岩盤部

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は，鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工及び背面補強工とする。

(2) 施設の変形性評価

施設の変形性評価に係る評価対象部位は，構造物間に設置する止水ジョイント部材のゴムジョイント及びウレタンシリコン目地とする。

(3) 基礎地盤の支持性能評価

a. 一般部

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，鋼管杭，背面補強工及び置換コンクリートを支持する基礎地盤とする。

b. 岩盤部

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，鋼管杭及び背面補強工を支持する基礎地盤とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重（防護設備を含む）を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、積雪荷重を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重については、敷地側から海側に作用する場合は遡上津波荷重を打ち消す側に荷重が作用するため、海側から敷地側の方向で津波水位から防潮堤天端までに作用することを考慮する。

(5) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、風荷重を含めた荷重とするため、防潮堤前面における入力津波水位 O.P. +24.4m に余裕を考慮した津波水位 O.P. +25.0m を用いることとし、その標高と防潮堤前面の地盤標高の差分の $1/2$ 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。

(6) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重については、2.15 t の車両を対象に「FEMA (2012) *」式による漂流物荷重に余裕を考慮して設定する。

なお、止水ジョイントの保護部材に対しては、水平部は、FRP 製船舶の自重 (15t) を考慮することとし、鉛直部は、寸法の小さい漂流物 (木材 (直径 5cm, 長さ 2m) を対象) による漂流物荷重に余裕を考慮した 200kN を考慮する。

衝突荷重を表 3-2 に示す。

注記 * : FEMA (2012) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-2 衝突荷重

流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
13	2000

(7) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重として、弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による地震力及び動水圧を考慮する。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を図 3-12 及び図 3-13 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_t + P_c$
重畳時	$G + P + P_t + K_{sd}$

G : 固定荷重 (核物質防護設備の荷重を含む)

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2)

P_t : 遡上津波荷重 (風荷重 P_k を含む)

P_c : 衝突荷重

K_{sd} : 余震荷重

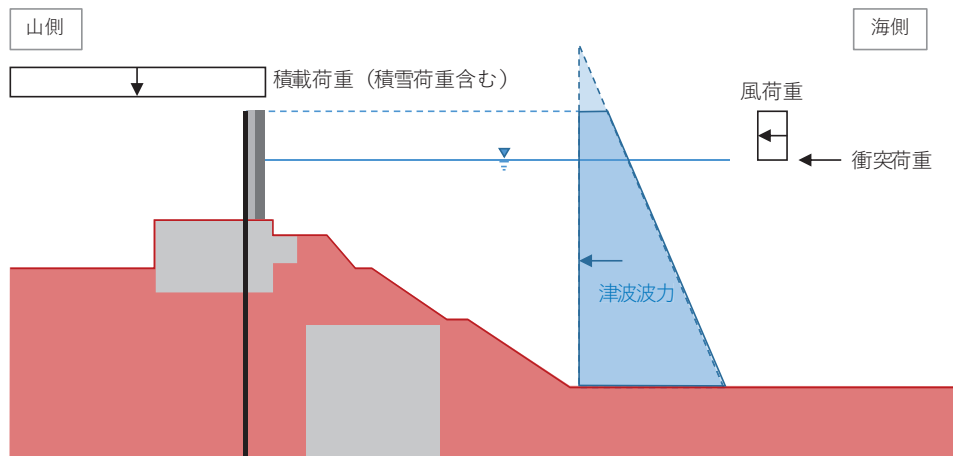


図 3-12(1) 一般部の荷重作用図 (津波時)

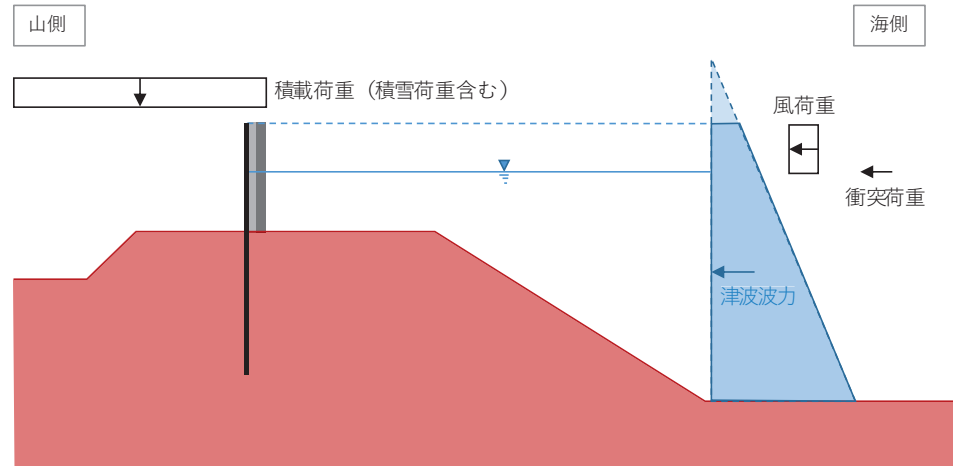


図 3-12(2) 岩盤部の荷重作用図 (津波時)

O 2 ⑥ VI-3-別添 3-2-1-1 R 3

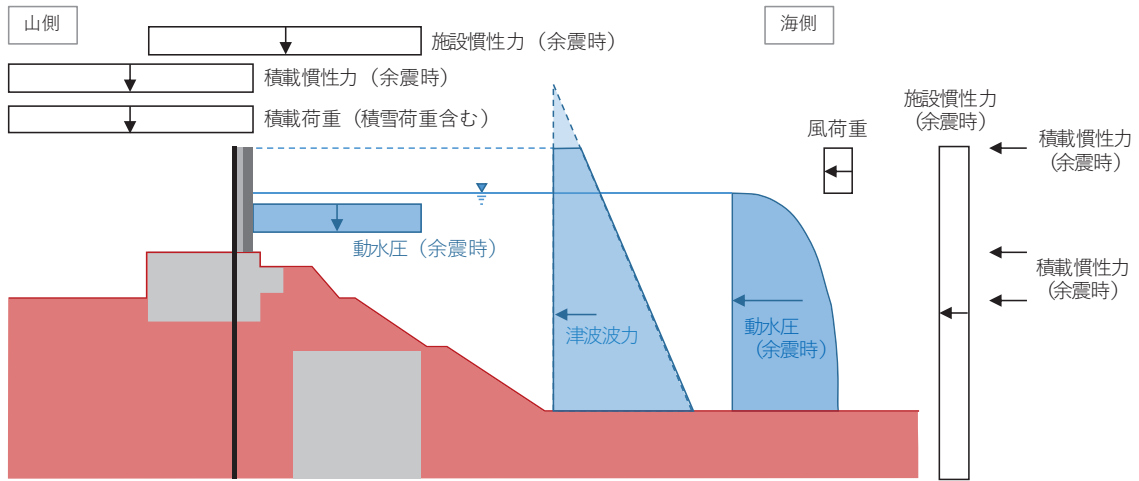


図 3-13(1) 一般部の荷重作用図 (重畳時)

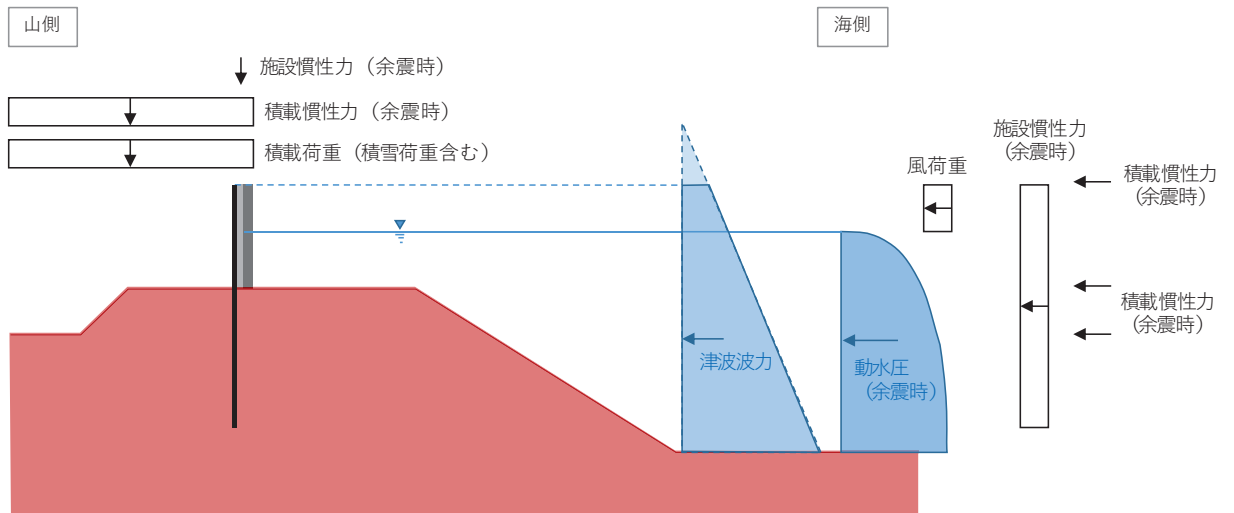


図 3-13(2) 岩盤部の荷重作用図 (重畳時)

3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象部位の応力や変形の状態を考慮し、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.4.1 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編及び日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編に基づき、短期許容応力度とする。

鋼管杭の許容応力度の考え方を図 3-14 に、許容限界を表 3-4 に示す。

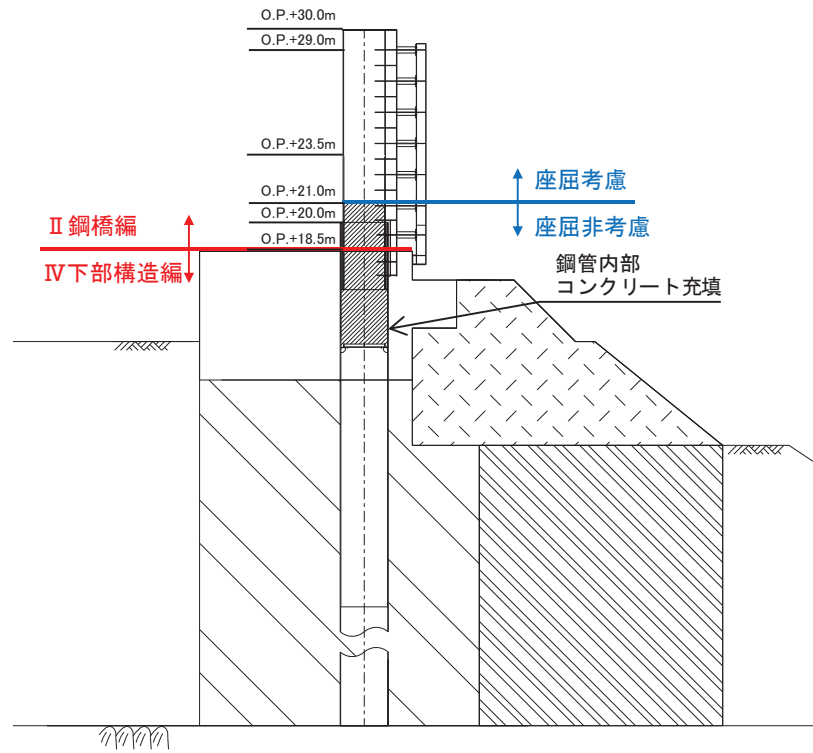


図 3-14(1) 鋼管杭の許容応力度の考え方 (一般部)

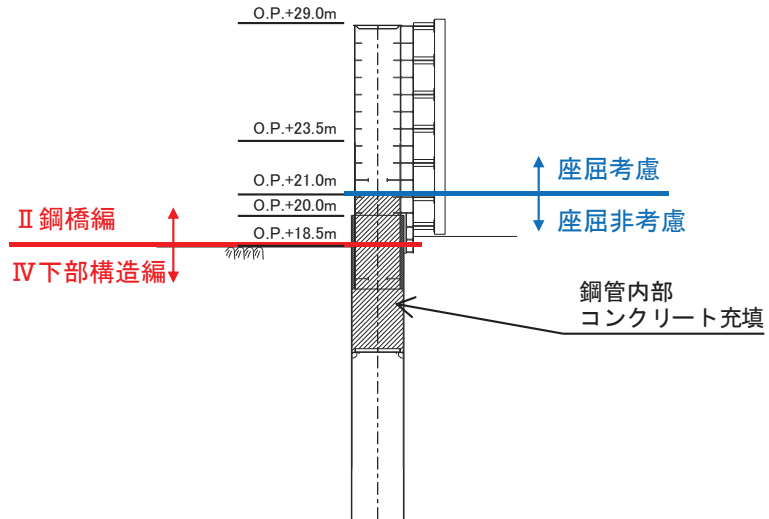


図 3-14(2) 鋼管杭の許容応力度の考え方 (岩盤部)

表 3-4(1) 鋼管杭の許容限界（一般部，断面①～断面③）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²) * 2	
					許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度	許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度
鋼管杭 (上杭) φ 2200	SKK490 (t=25mm)	O. P. +30. 0m～ O. P. +23. 5m		座屈 考慮	161* 1	96* 1	241* 1	145* 1
	SM570 (t=40mm)	O. P. +23. 5m～ O. P. +21. 0m			224* 1	137* 1	336* 1	206* 1
		O. P. +21. 0m～ O. P. +20. 0m		255	145	382	217	
鋼管杭 (下杭) φ 2500	SM570 (t=35mm)	長杭	O. P. +20. 0m～ O. P. ±0. 0m	座屈 非 考慮	255	145	382	217
		短杭	O. P. +20. 0m～ O. P. +5. 0m					
	SKK490 (t=25mm)	長杭	O. P. ±0. 0m～ 杭下端		185	105	277	157
		短杭	O. P. +5. 0m～ O. P. +2. 5m					

注記 * 1 : 座屈を考慮する場合，鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが，ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

* 2 : 短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 3-4(2) 鋼管杭の許容限界（一般部，断面④）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²) * 2	
					許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度	許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度
鋼管杭 (上杭) φ 2200	SKK490 (t=25mm)	O. P. +30. 0m～ O. P. +29. 0m		座屈 考慮	178* 1	96* 1	268* 1	145* 1
		O. P. +29. 0m～ O. P. +23. 5m			185	105	277	157
	SM570 (t=40mm)	O. P. +23. 5m～ O. P. +20. 0m			255	145	382	217
鋼管杭 (下杭) φ 2500	SM570 (t=35mm)	長杭	O. P. +20. 0m～ O. P. +1. 024m	座屈 非 考慮	255	145	382	217
		短杭	O. P. +20. 0m～ O. P. +5. 0m					
	SKK490 (t=25mm)	長杭	O. P. +1. 024m～杭 下端		185	105	277	157
		短杭	O. P. +5. 0m～ O. P. +2. 5m					

注記 * 1 : 座屈を考慮する場合，鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが，ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

* 2 : 短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 3-4(3) 鋼管杭の許容限界（岩盤部，断面⑤～⑥）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²) * 2	
					許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度	許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度
鋼管杭 (上杭) φ 2200	SKK490 (t=25mm)	O. P. +29. 0m～ O. P. +23. 5m		座屈	164* ¹	96* ¹	246* ¹	145* ¹
	SM570 (t=40mm)	O. P. +23. 5m～ O. P. +21. 0m			考慮	229* ¹	137* ¹	344* ¹
		O. P. +21. 0m～ O. P. +20. 0m		255		145	382	217
鋼管杭 (下杭) φ 2500	SM570 (t=35mm)	⑤断面	O. P. +20. 0m ～O. P. +5. 0m	座屈 非 考慮	255	145	382	217
		⑥断面	O. P. +20. 0m ～O. P. +8. 0m					
	SKK490 (t=25mm)	⑤断面	O. P. +5. 0m～ O. P. +2. 5m		185	105	277	157
		⑥断面	O. P. +8. 0m～ O. P. +5. 5m					

注記 * 1 : 座屈を考慮する場合，鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが，ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

* 2 : 短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

3.4.2 鋼製遮水壁及び漂流物防護工

鋼製遮水壁及び漂流物防護工の許容限界は、日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編に基づき、表3-5に示す短期許容応力度とする。

表3-5 (1) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の許容限界

部材		材質	座屈	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* ² (N/mm ²)
鋼製 遮水壁	スキン プレート	SM490Y	非考慮	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	210	315
	垂直リブ	SM490Y	考慮	許容圧縮応力度 σ_{ca} * ¹	127	190
	水平リブ	SM490Y	非考慮	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	210	315
非考慮			許容せん断応力度 τ_{sa}	120	180	
漂流物 防護工	架台	SM490Y	非考慮	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	210	315
			非考慮	許容せん断応力度 τ_{sa}	120	180
	防護工	SM570	非考慮	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	255	382
			非考慮	許容せん断応力度 τ_{sa}	145	217

注記 *1：日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編に基づき、 $\sigma_{ca} = \sigma_{sa} \cdot (t \cdot f / L)^2$ より算出する。tは鋼製遮水壁の垂直リブの板厚(mm)、fは応力勾配による係数、Lは鋼製遮水壁の水平リブ間隔(mm)を示す。なお、t=20(mm)、L=811(mm)であり、fは保守的に最小値となるf=1とし、以下のとおり算出される。

$$\sigma_{ca} = 210 \cdot (20 \cdot 1 / 811)^2 = 127.7 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

*2：短期許容応力度は、道路橋示方書により許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

表3-5 (2) 漂流物防護工（防護工取付けボルト）の許容限界

鋼材	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
強度区分 8.8	許容引張応力度 σ_{sa}	360	540
	許容応力度 τ_{sa}	200	300

注記 *：短期許容応力度は、道路橋示方書により許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

3.4.3 背面補強工

背面補強工の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-6 に示すすべり安全率とする。

表 3-6 背面補強工の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.4 置換コンクリート

置換コンクリートの許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-7 に示すすべり安全率とする。

表 3-7 置換コンクリートの許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.5 改良地盤

改良地盤の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-8 に示すすべり安全率とする。

表 3-8 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.6 セメント改良土

セメント改良土の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-9 に示すすべり安全率とする。

表 3-9 セメント改良土の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.7 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、防潮堤軸直交方向（以下、「軸直交方向」という）及び防潮堤軸方向（以下、「軸方向」という）ともに、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。漂流物防護工の下部にある止水ジョイント前面の保護部材の許容限界は、日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編及び日本建築学会 2010年 各種合成構造設計指針・同解説に基づき短期許容応力度とする。表3-10に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表3-10 (1) 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界(mm)		
	変形量	ゴムジョイント	汀線直角方向
汀線方向			150
ウレタンシリコーン目地		汀線直角方向	30
		汀線方向	6

表3-10 (2) 止水ジョイント部材の許容限界

鋼材	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	梁部材 SS400	許容曲げ圧縮応力度	140
許容せん断応力度		80	120
グレーチ ング固定 ボルト	許容引張応力度	140	210
	許容せん断応力度	90	135
アンカー ボルト	許容引張応力度	—	96.3
	許容せん断応力度	—	80.3

注記 *：短期許容応力度は、道路橋示方書により許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。アンカーボルトの短期許容応力度は、各種合成構造設計指針・同解説により導出する。

3.4.8 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、支持力試験により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-11 に示す。

表 3-11 基礎地盤の支持力に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層*	13.7
	牧の浜部層*	11.4
	改良地盤	4.4

注記 * : C_M級岩盤以上の岩盤が対象

3.5 評価方法

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

3.5.1 津波時

(1) 解析方法

津波時に発生する応答値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて 2次元静的有限要素法解析により算定する。なお、衝突荷重は入力津波水位 O.P. +24.4m に余裕を考慮した津波水位 O.P. +25.0m を作用させる。

2次元静的有限要素法解析に用いる解析コードは、一般部には「FLIP Ver7.3.0_2」を使用し、岩盤部には「TDAPⅢ Ver3.08」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 施設

鋼管杭は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。背面補強工及び置換コンクリート（一般部のみ）は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

b. 材料物性及び地盤物性のばらつき

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の津波時の挙動は、周辺地盤の影響を受けることから、地盤物性のばらつきの影響を評価する。地盤物性のばらつきについては、防潮堤（鋼管式鉛直壁）周辺の地盤状況に応じて一般部と岩盤部の 2 種類に分類し、表 3-12 及び表 3-13 に示す解析ケースにて行う。

(a) 一般部

図 3-2～図 3-6 に示すとおり、一般部の周辺には、主として旧表土、盛土、 D 級岩盤、セメント改良土及び改良地盤が分布しており、これらの地盤の剛性が津波時に防潮堤（鋼管式鉛直壁）の挙動に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

(b) 岩盤部

図 3-8～図 3-10 に示すとおり、岩盤部の周辺には、主として、 C_L 級岩盤、 C_M 級岩盤、 C_H 級岩盤及び B 級岩盤が分布しており、これらの地盤の剛性が津波時に防潮堤（鋼管式鉛直壁）の挙動に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

表 3-12 解析ケース（一般部）

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値

表 3-13 解析ケース（岩盤部）

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値	平均値 + 1 σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値 - 1 σ

c. 解析ケースの選定

津波時においては, 表 3-12 及び表 3-13 に示すケース①～③を実施する。

(2) 解析モデル及び諸元

a. 解析モデル

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の解析モデルを図 3-15 及び図 3-16 に示す。

(a) 解析領域

解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

(b) 境界条件

一般部は、解析領域の側方及び底面において半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

岩盤部は、解析領域の側方を鉛直ローラー境界、底面を固定境界とする。

(c) 構造物のモデル化

鋼管杭は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。背面補強工及び置換コンクリート（一般部のみ）は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

(d) 地盤のモデル化

D₁級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。一般部に分布する D₂級岩盤、改良地盤、セメント改良土及び盛土・旧表土は地盤の非線形性を考慮するため、マルチスプリング要素でモデル化する。なお、鋼管杭下方の MMR は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

また、断面①～断面④については、基準地震動 S_s による防潮堤前背面の盛土（断面①～断面③は前面の盛土斜面、断面④は背面の盛土斜面を含む）の地盤沈下を考慮したモデル化とする。

(e) 海水のモデル化

海水は液体要素でモデル化する。なお、遡上津波荷重は別途考慮する。

(f) ジョイント要素の設定

「背面補強工と盛土」、「改良地盤と盛土・旧表土」、「改良地盤と岩盤」、「置換コンクリートと岩盤」、「置換コンクリートと盛土・旧表土」、「改良地盤とセメント改良土」、「背面補強工とセメント改良土」及び「改良地盤と置換コンクリート」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。ただし、表面を露出させて打継処理が可能である箇所については、ジョイント要素を設定しない。

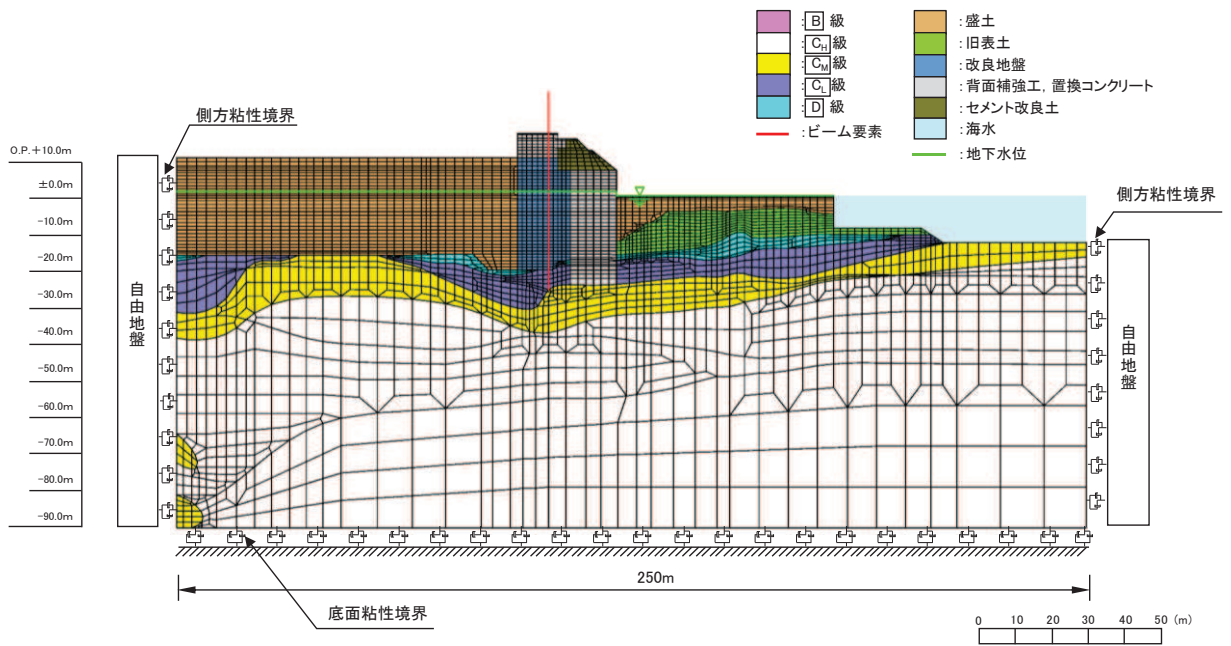


図 3-15(1) 一般部の解析モデル (断面①)

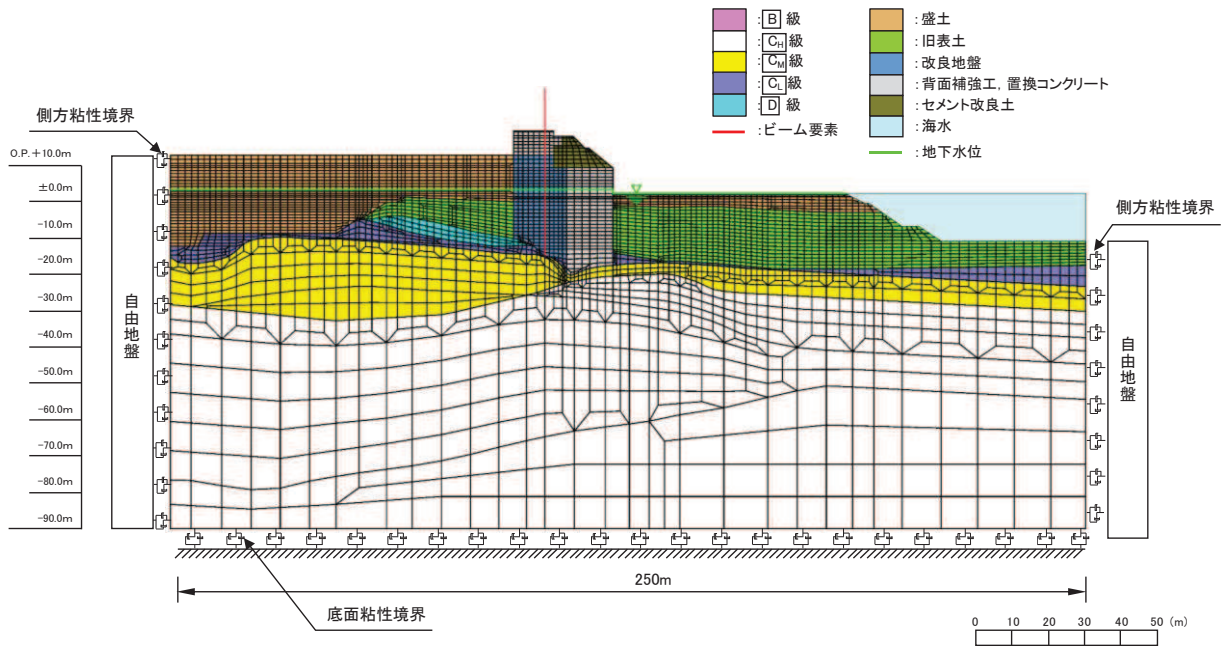


図 3-15(2) 一般部の解析モデル (断面②)

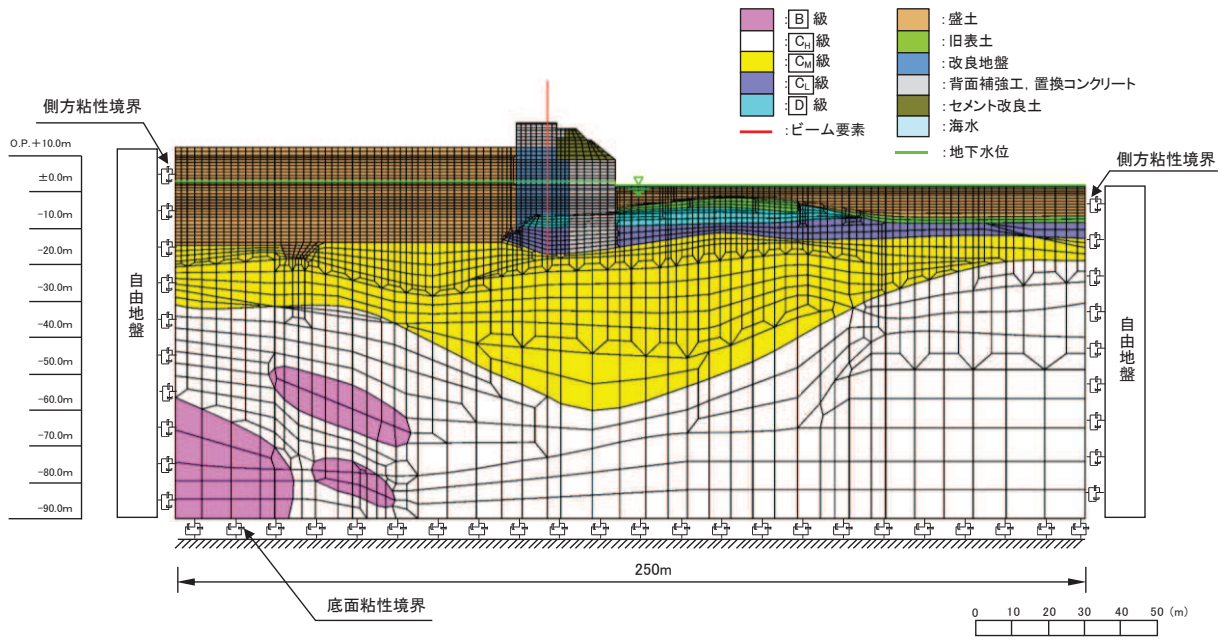


図 3-15(3) 一般部の解析モデル (断面③)

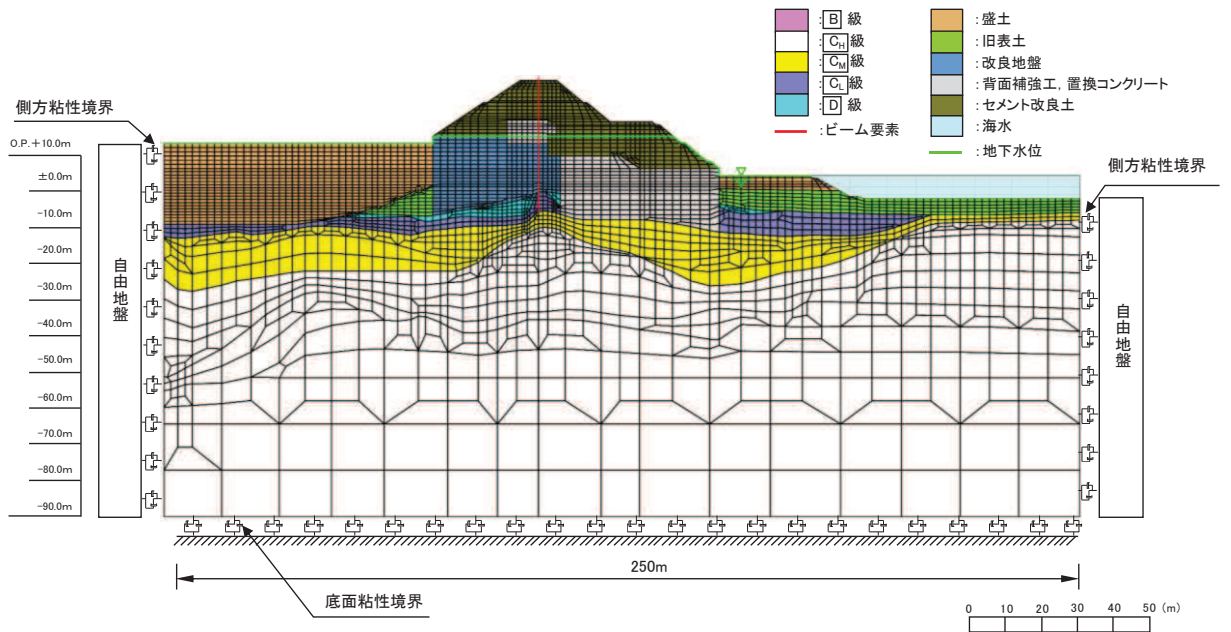
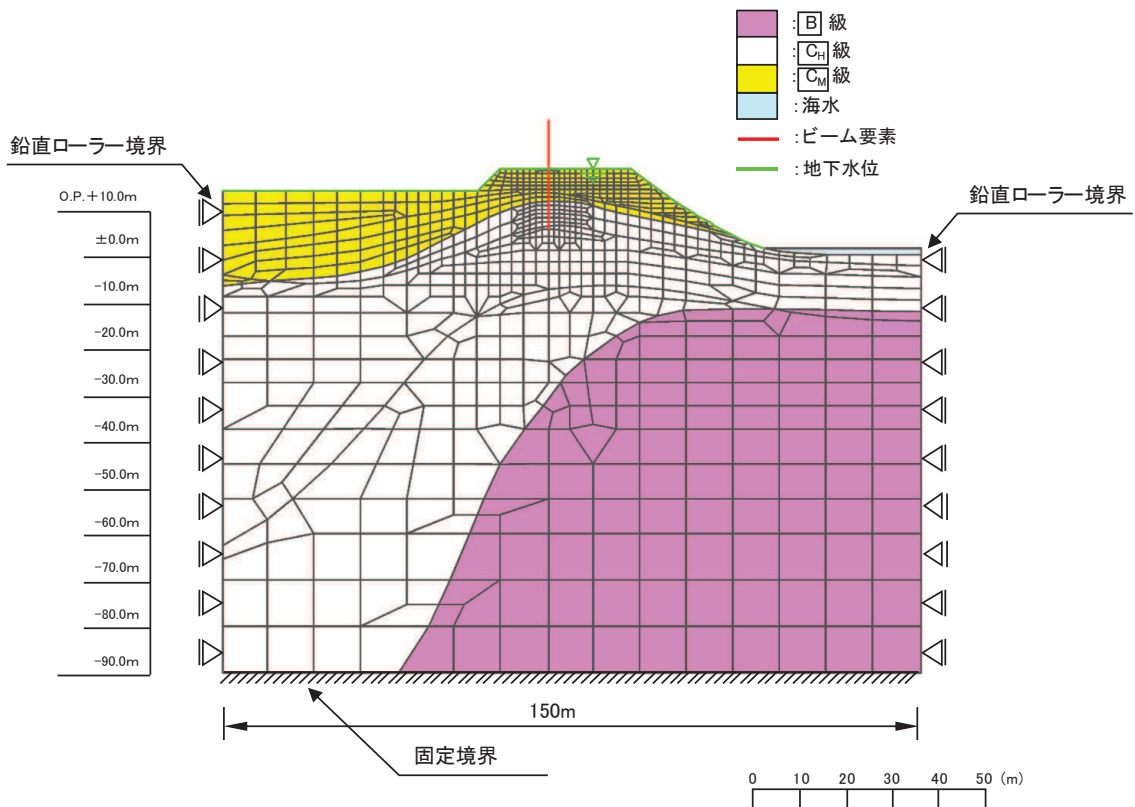
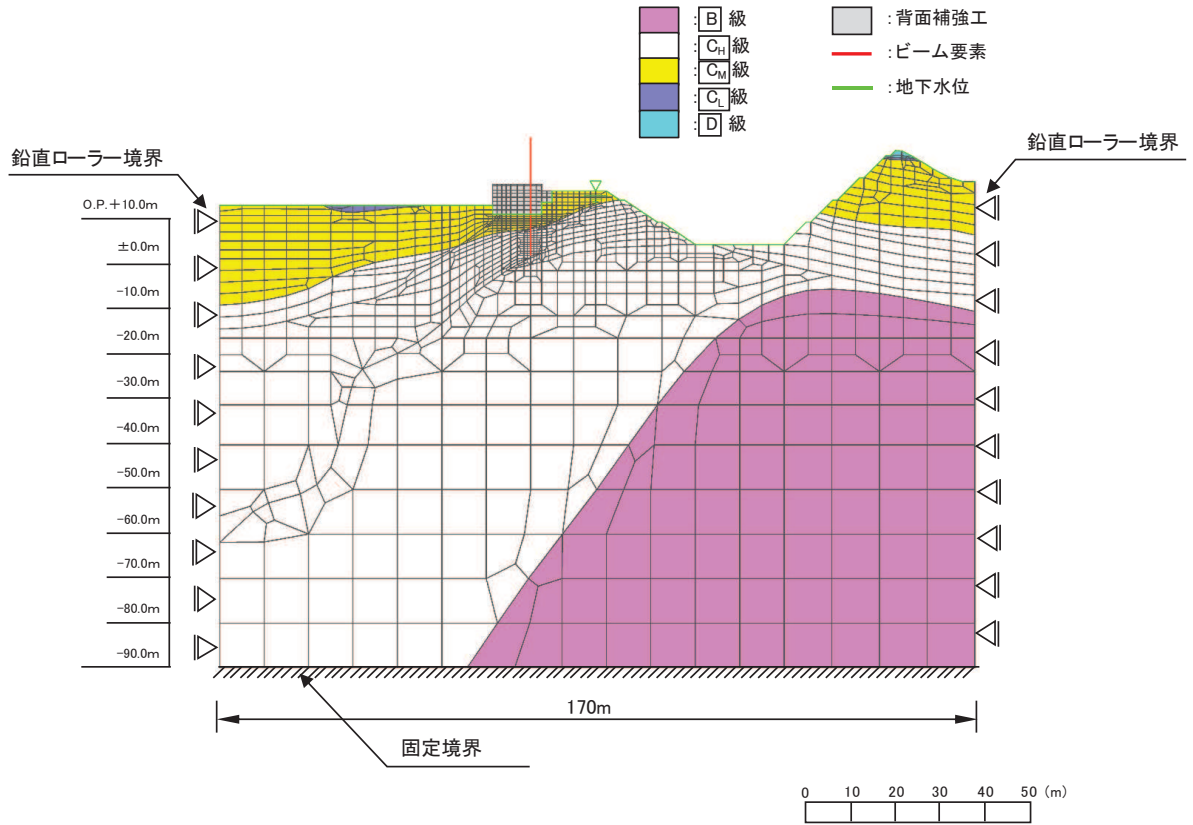


図 3-15(4) 一般部の解析モデル (断面④)



b. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-14 に、材料の物性値を表 3-15 に示す。なお、セメント改良土及び改良地盤の物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

表 3-14 使用材料

材料		諸元	
コンクリート	背面補強工	設計基準強度 : 30 N/mm ²	
	置換コンクリート	設計基準強度 : 30 N/mm ²	
鋼材	鋼管杭*	φ 2200mm	t=25mm (SKK490), t=40mm (SM570)
		φ 2500mm	t=25mm (SKK490), t=35mm (SM570)
	鋼製遮水壁*		SM570, SM490Y
	漂流物防護工*		SM570, SM490Y

注記 * : 気中部分に露出する部分は、塗装による防食処理を行うことから、鋼管杭の腐食代を考慮する必要は無いものの、設計の保守性の観点から断面照査時に念のため日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編に基づき腐食代 1 mm を考慮する。杭体、鋼製遮水壁（スキンプレート）及び漂流物防護工の断面照査において、腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 3-15(1) 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	
コンクリート	背面補強工	24.0 ^{*1}	2.80×10 ⁴ ^{*1}	0.2 ^{*1}
	置換コンクリート	22.5 ^{*1}	2.80×10 ⁴ ^{*1}	0.2 ^{*1}
鋼管杭	SM570, SKK490	77.0 ^{*2}	2.00×10 ⁵ ^{*2}	0.3 ^{*2}
鋼材	SM570, SM490Y	77.0 ^{*2}	2.00×10 ⁵ ^{*2}	0.3 ^{*2}

注記 *1 : 土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]

*2 : 日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編

表 3-15(2) 材料の物性値 (コンクリートの強度特性)

材料		せん断 強度 (N/mm ²)	内部 摩擦角 (°)	引張 強度 (N/mm ²)	残留 強度 (N/mm ²)
コンクリート	背面補強工	6.00* ¹	-* ²	2.22* ³	-* ²
	置換コンクリート				

注記 *1 : 土木学会 2013 年 コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編

*2 : 内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

*3 : 土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]

c. 地盤の物性値

地盤の物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

d. 地下水位

地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 3-15 及び図 3-16 に示す。また、設計用地下水位の一覧を表 3-16 に示す。

表 3-16 設計用地下水位の一覧

施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	断面①	防潮堤より山側で O.P. +1.43m (朔望平均満潮位), 海側で地表面
	断面②	
	断面③	
	断面④	防潮堤より山側及び海側で地表面 (盛土堤防との境界部であることも踏まえ, 盛土堤防と同様の設定)
	断面⑤	岩盤表面
	断面⑥	

(3) 評価方法

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

a. 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 曲げ軸力照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} \pm \frac{M_1}{Z_1} \dots \dots \dots (3.1)$$

ここで、

σ_1 : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼管杭に発生する曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼管杭の断面係数 (mm³) *

N_1 : 鋼管杭に発生する軸力 (kN)

A_1 : 鋼管杭の断面積 (mm²) *

注記 * : 鋼管杭の外側 1mm を腐食代として考慮する。

(b) せん断力照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_1 = \kappa_1 \frac{S_1}{A_1} \dots \dots \dots (3.2)$$

ここで、

τ_1 : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力度 (N/mm²)

S_1 : 鋼管杭に発生するせん断力 (kN)

A_1 : 鋼管杭の断面積 (mm²) *

κ_1 : せん断応力の分布係数 (2.0)

注記 * : 鋼管杭の外側 1mm を腐食代として考慮する。

(c) 漂流物防護工による偏心荷重

漂流物防護工は、図 3-17 に示すとおり、鋼管杭（鋼製遮水壁）からの張り出し構造となり、漂流物衝突荷重が、漂流物防護工端部に作用することにより、鋼管杭に偏心荷重（ねじり応力）が作用することから、鋼管杭へ作用するねじりについて評価を実施する。評価を実施する断面及びケースは、せん断破壊に対する照査が最も厳しくなる断面及びケースとする。

なお、鋼管杭に生じる常時の偏心モーメントは、津波作用荷重により鋼管杭に生じる曲げモーメントを打ち消す方向となるため、津波時に生じる常時の偏心モーメントは保守的に考慮しない。

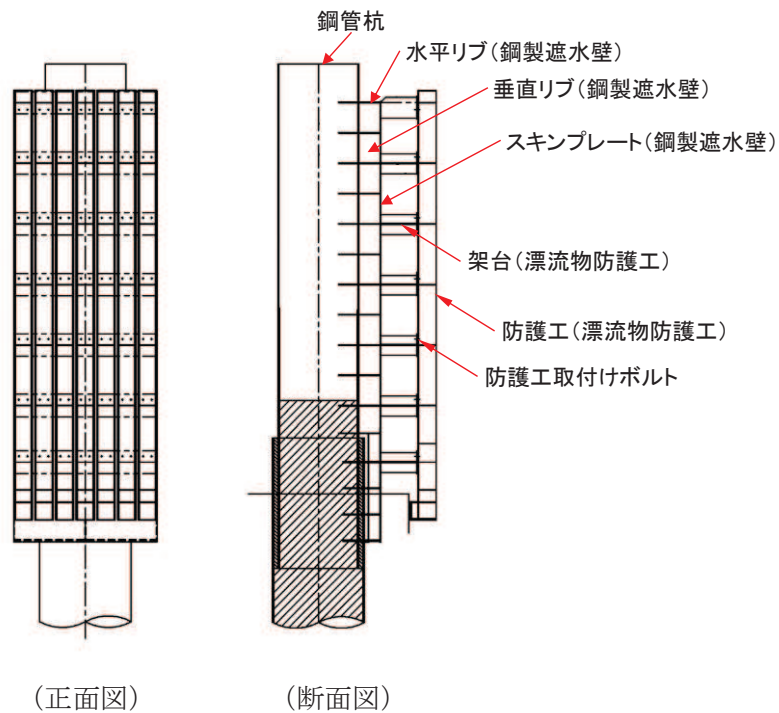


図 3-17 (1) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図（正面図，断面図）

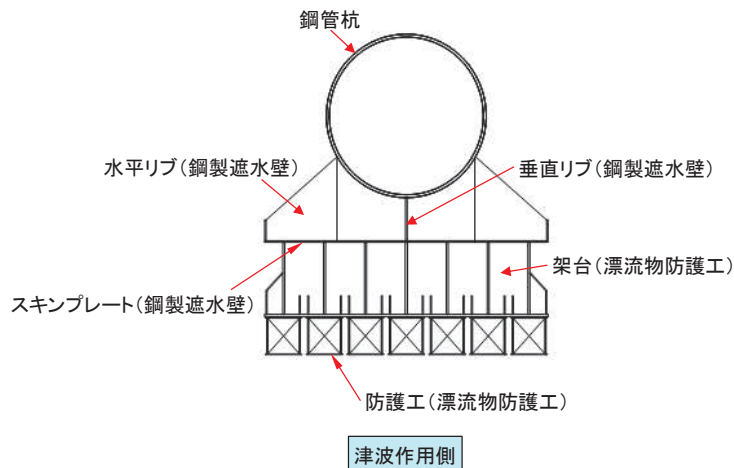


図 3-17 (2) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図（平面図）

イ. ねじり応力

漂流物衝突荷重が図 3-18 のように、漂流物防護工端部に作用した場合の鋼管杭のねじりモーメントを以下式により算出する。また、計算の概念図を図 3-18 に、計算に必要な諸元を表 3-17 に示す。

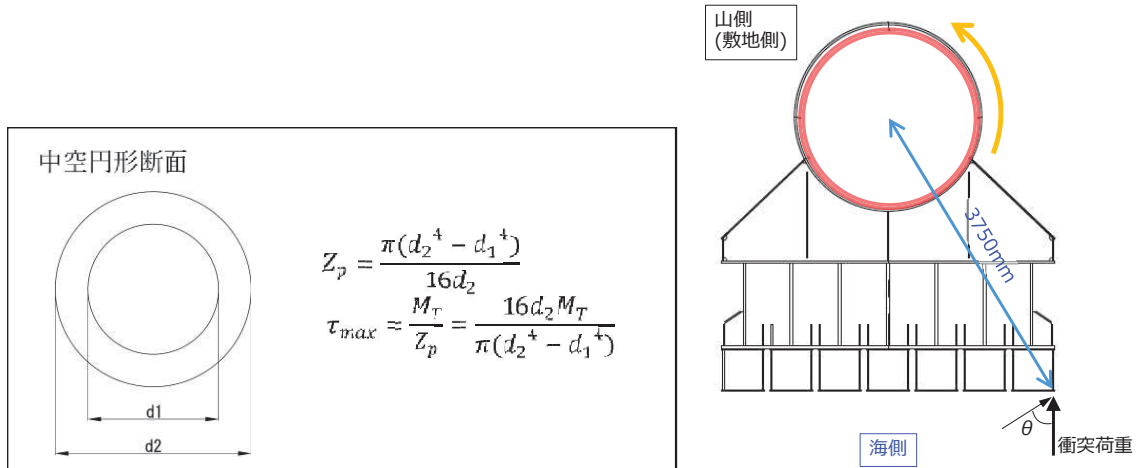


図 3-18 ねじり応力算定概念図

表 3-17 計算に必要な諸元

記号	定義	数値	単位
L	ねじりアーム長	3750	mm
P _c	漂流物衝突荷重	2000	kN
θ	傾き	58	°
d ₁	内径	2430	mm
d ₂	外径 ^{1*}	2498	mm
t	板厚 ^{1*}	34	mm
M _T	ねじりモーメント	3974394482	N・mm
Z _p	ねじりの断面係数 ^{2*}	3.199×10 ⁸	mm ³

注記*1：腐食代 1mm を考慮する。

*2：保守的に鋼管杭の剛性のみを考慮する。

b. 鋼製遮水壁及び漂流物防護工

鋼製遮水壁は、スキンプレート、垂直リブ及び水平リブで構成され、漂流物防護工は架台及び防護工で構成されている。防護工は架台に取り付けられており、架台はスキンプレートを挟んで水平リブと同じ高さに設置されている。鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図を図 3-19 に示す。

これらの各部材について、単純ばり又は片持ちばりでモデル化し、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

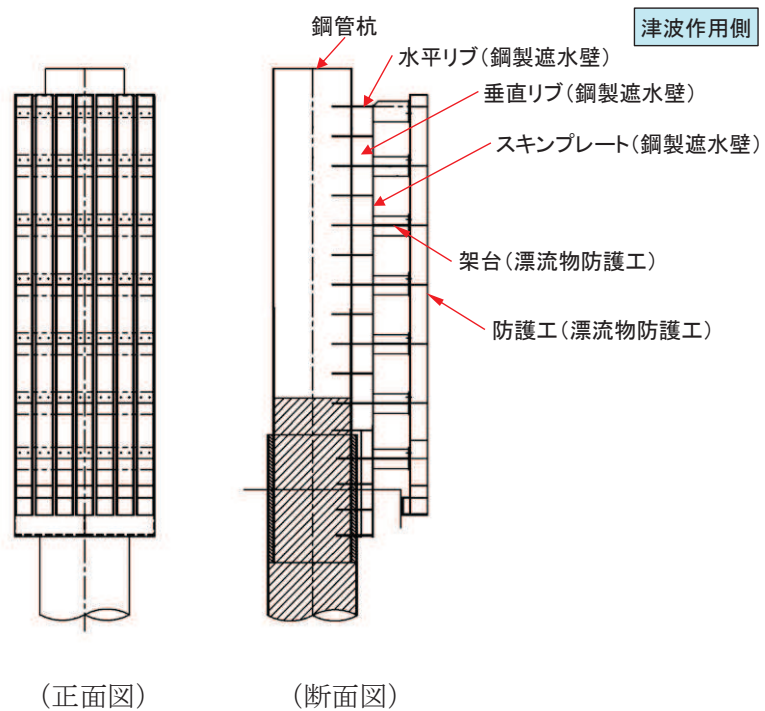


図 3-19(1) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図 (正面図, 断面図)

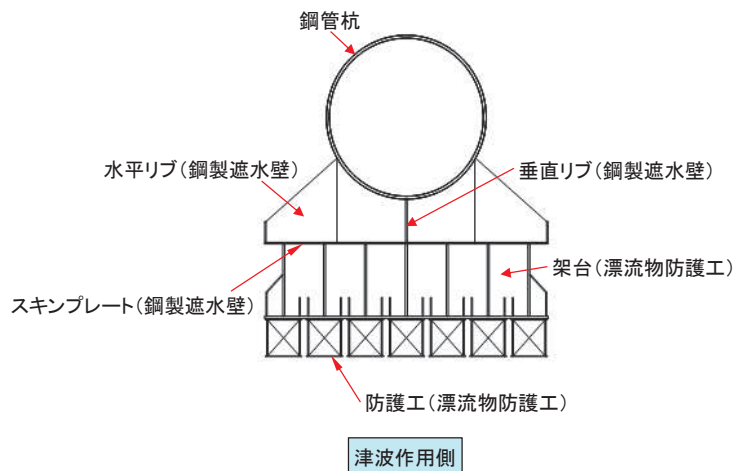


図 3-19(2) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図 (平面図)

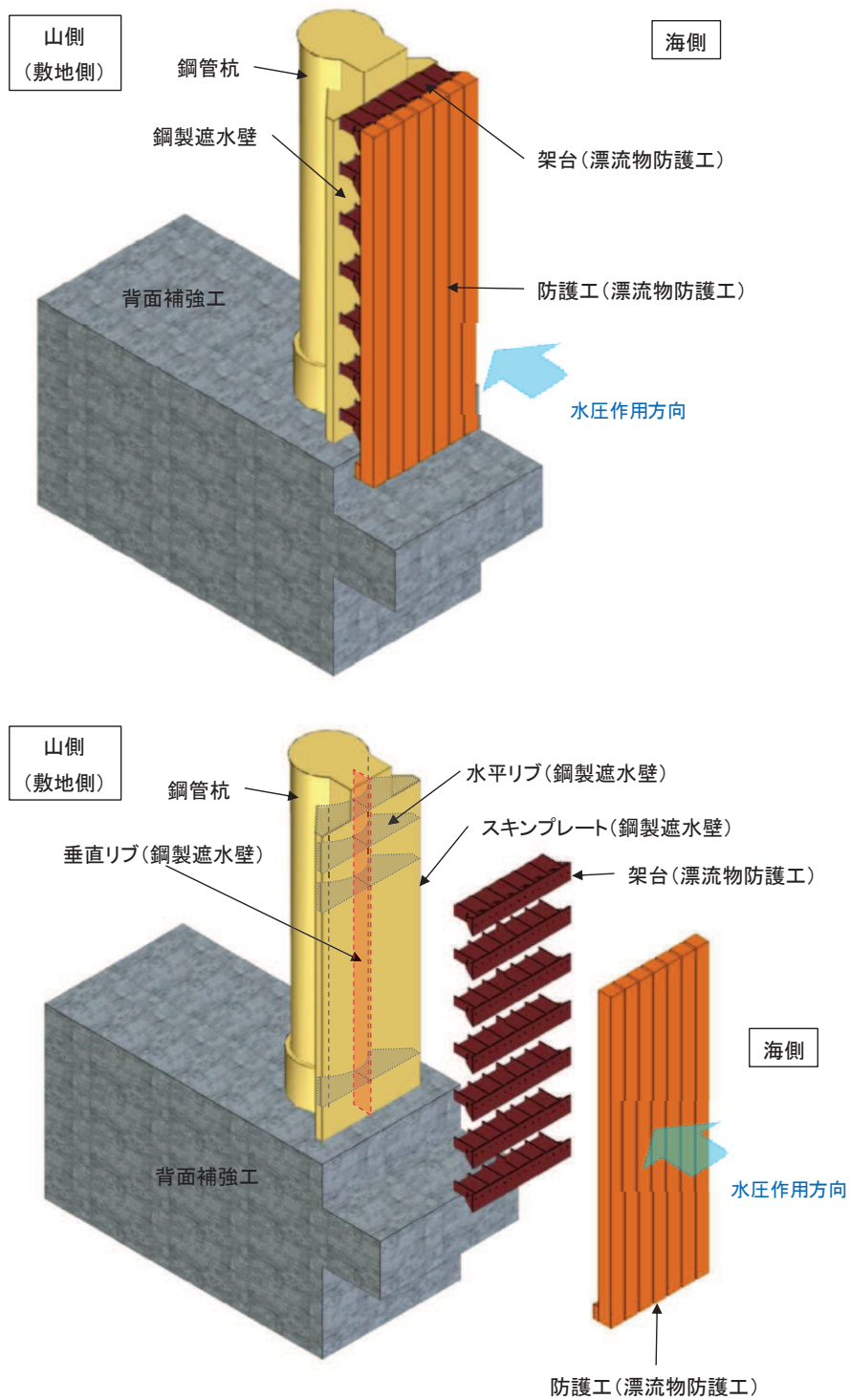


図 3-19 (3) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造概要図

(a) スキンプレート

スキンプレートの照査方法を図 3-20 に示す。水平リブを支点とする単純ばりでモデル化し、曲げモーメントを用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z_2} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$M_2 = P_2 \frac{L^2}{8} \dots \dots \dots (3.4)$$

ここで、

σ_2 : 曲げモーメントによるスキンプレートの発生応力度 (N/mm²)

M_2 : スキンプレートに発生する曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : スキンプレートの断面係数 (mm³) *

P_2 : スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧 (kN/m)

L : 水平リブ間隔 (mm)

注記 * : スキンプレートの外側 1mm を腐食代として考慮する。

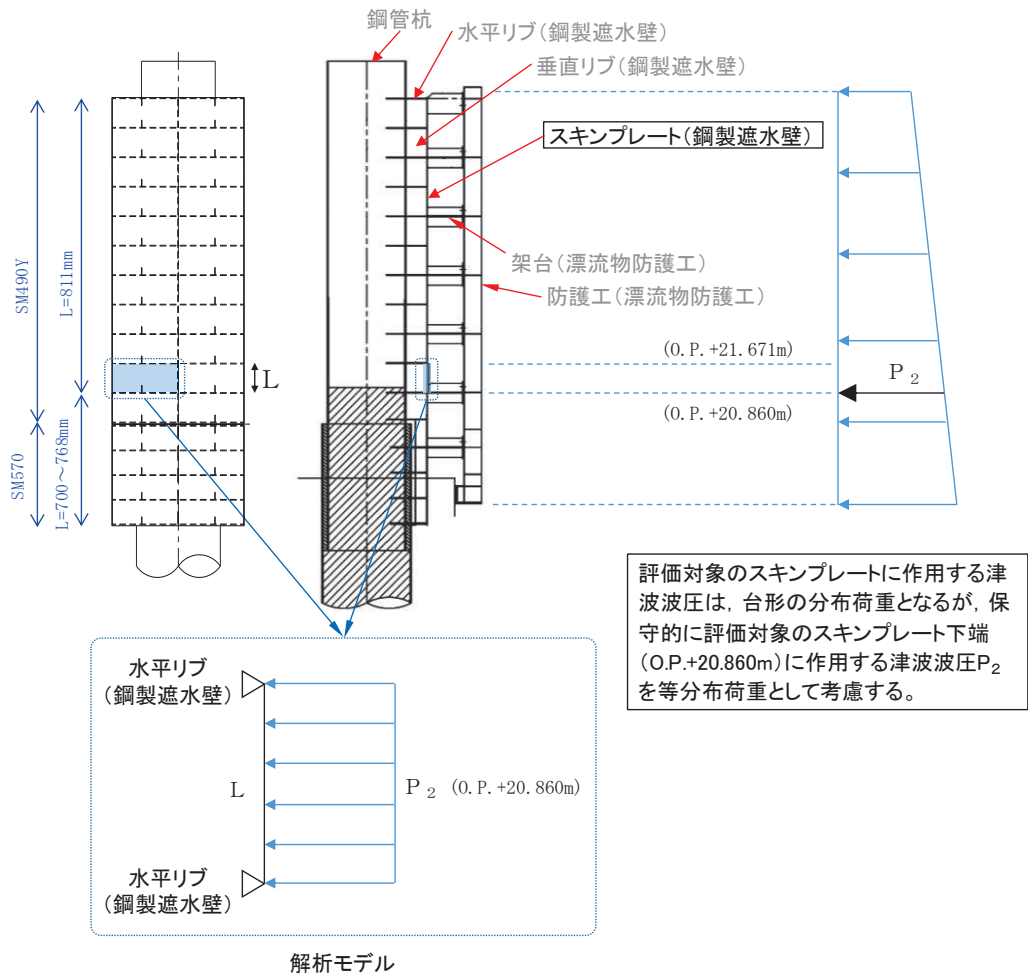


図 3-20 スキンプレートの照査概念図 (津波時)

(b) 垂直リブ

垂直リブの照査方法を図 3-21 に示す。垂直リブに作用する軸力から算定される応力が許容限界以下であることを確認する。なお、照査箇所については、水平リブ間隔 L を考慮し、図 3-21 に示す箇所とした。

$$\sigma_3 = \frac{P}{t \cdot L} \quad \dots \dots \dots (3.5)$$

$$P_{H3} = P_3 \cdot L \cdot B \quad \dots \dots \dots (3.6)$$

ここで、

- σ_3 : 垂直リブに発生する圧縮応力度 (N/mm²)
- P_{H3} : 受圧面積に発生する水平荷重 (kN)
- t : 垂直リブの板厚 (mm)
- L : 水平リブ間隔 (mm)
- P_3 : 垂直リブに作用する津波波圧 (kN/m²)
- B : 鋼製遮水壁の総幅 (m)

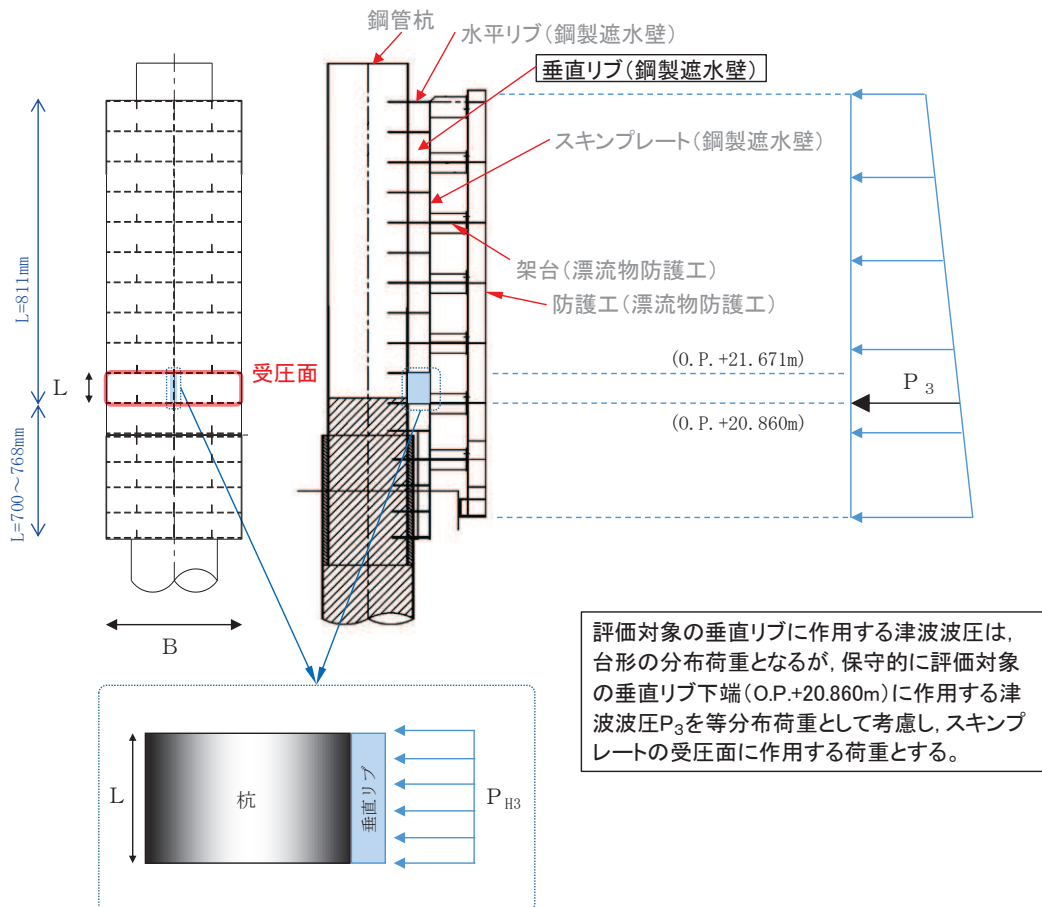


図 3-21 垂直リブの照査概念図 (津波時)

(c) 水平リブ及び架台

水平リブ，スキンプレート及び架台を一つの充腹形断面とみなして，鋼管杭中心線上を固定支点とする片持ちばりでモデル化し，曲げモーメント及びせん断力よりそれぞれ算定される応力が許容限界以下であることを確認する。また，合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

なお，衝突荷重の作用位置については，O.P.+25.0mを基本とするが，水平リブ及び架台で負担する割合が最大となるよう水平リブ及び架台の高さであるO.P.+24.104mに作用させる。

水平リブ及び架台の照査方法を図 3-22 に示す。

曲げ応力照査（水平リブ）

$$\sigma_4 = \frac{M_4}{Z_4} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$M_4 = \frac{1}{2} P_4 \cdot \ell \cdot b^2 + P_c \cdot b' \dots \dots \dots (3.8)$$

せん断力照査（水平リブ）

$$\tau_4 = \frac{S_4}{A_w} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$S_4 = P_4 \cdot \ell \cdot b + P_c \dots \dots \dots (3.10)$$

合成応力照査（水平リブ）

$$\left(\frac{\sigma_4}{\sigma_{sa}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_4}{\tau_{sa}} \right)^2 \leq 1.2 \dots \dots \dots (3.11)$$

曲げ応力照査（架台）

$$\sigma_5 = \frac{M_5}{Z_5} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$M_5 = \frac{1}{2} P_4 \cdot \ell \cdot b^2 + P_c \cdot b' \dots \dots \dots (3.13)$$

せん断力照査 (架台)

$$\tau_5 = \frac{S_5}{A_w} \dots \dots \dots (3.14)$$

$$S_5 = P_4 \cdot \ell \cdot b + P_c \dots \dots \dots (3.15)$$

合成応力照査 (架台)

$$\left(\frac{\sigma_5}{\sigma_{sa}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_5}{\tau_{sa}} \right)^2 \leq 1.2 \dots \dots \dots (3.16)$$

ここで,

- σ_4 : 曲げモーメントによる水平リブの発生応力度 (N/mm²)
 - M_4 : 水平リブに発生する曲げモーメント (kN・m)
 - Z_4 : 水平リブの断面係数 (mm³)
 - P_4 : 水平リブ及び架台に作用する津波波圧 (kN/m²)
 - τ_4 : せん断力による水平リブの発生応力度 (N/mm²)
 - S_4 : 水平リブに発生するせん断力 (kN)
 - σ_5 : 曲げモーメントによる架台の発生応力度 (N/mm²)
 - M_5 : 架台に発生する曲げモーメント (kN・m)
 - Z_5 : 架台の断面係数 (mm³) *
 - τ_5 : せん断力による架台の発生応力度 (N/mm²)
 - S_5 : 架台に発生するせん断力 (kN)
 - ℓ : 架台間隔 (mm)
 - P_c : 衝突荷重 (kN)
 - b : モーメントアーム長 (m)
 - b' : 衝突荷重のモーメントアーム長 (m)
 - A_w : 水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積 (mm²) *
 - σ_{sa} : 短期許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)
 - τ_{sa} : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)
- 注記 * : 架台は腐食代 2mm を考慮する。

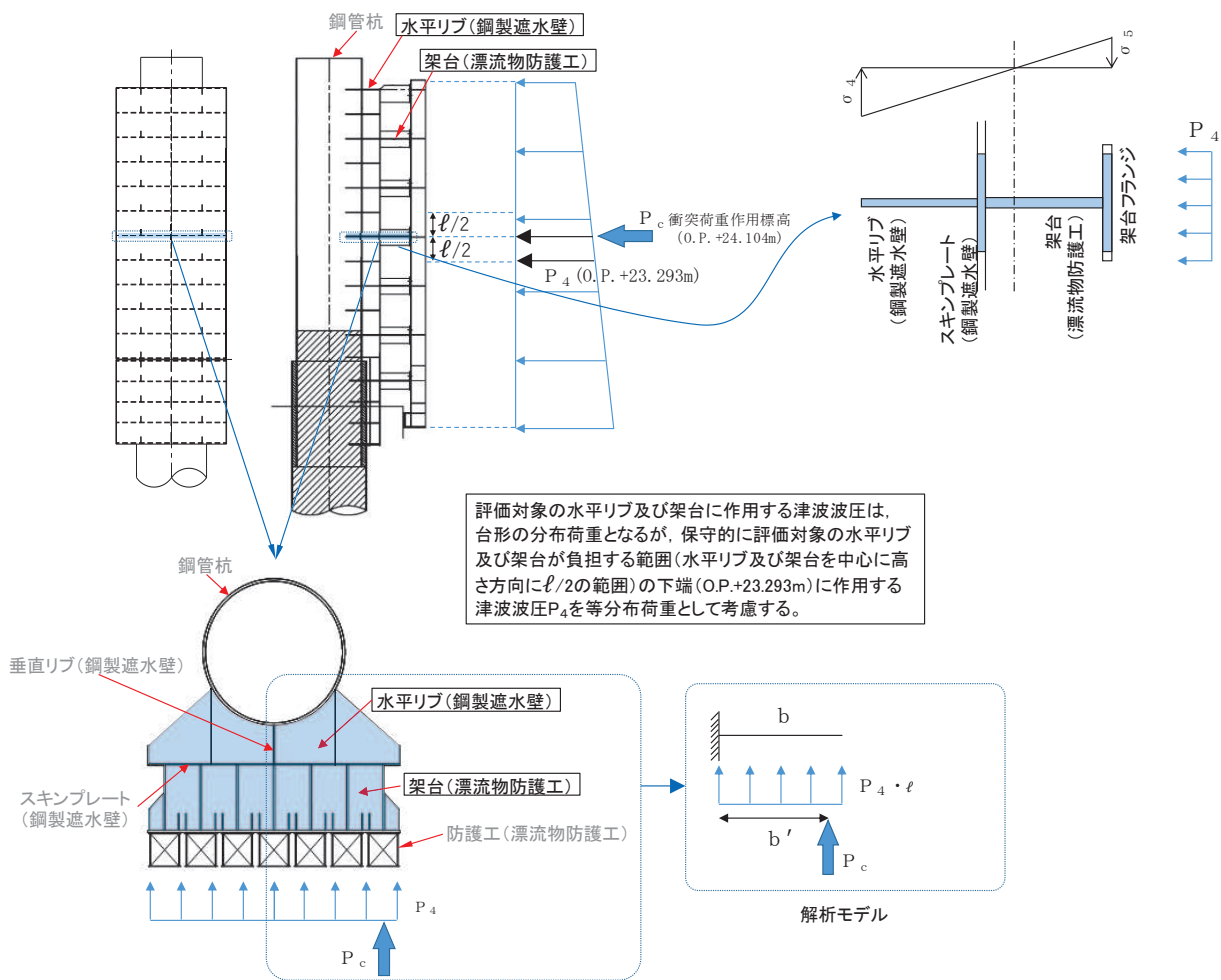


図 3-22 水平リブ及び架台の照査概念図 (津波時)

(d) 防護工

防護工の照査方法を図 3-23 に示す。防護工は架台を支点とする単純ばりでモデル化し、曲げモーメント及びせん断力よりそれぞれ算定される応力が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

曲げ応力照査（衝突荷重が防護工中心に作用する場合）

$$\sigma_6 = \frac{M_6}{Z_6} \dots \dots \dots (3.17)$$

$$M_6 = P_6 \cdot b'' \cdot \frac{\ell^2}{8} + P_c \cdot \frac{\ell}{4} \dots \dots \dots (3.18)$$

せん断力照査（衝突荷重が防護工端部に作用する場合）

$$\tau_6 = \frac{S_6}{A_{wc}} \dots \dots \dots (3.19)$$

$$S_6 = P_6 \cdot b'' \cdot \frac{\ell}{2} + \frac{P_c}{2} \dots \dots \dots (3.20)$$

合成応力照査

$$\left(\frac{\sigma_6}{\sigma_{sa}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_6}{\tau_{sa}} \right)^2 \leq 1.2 \dots \dots \dots (3.21)$$

ここで、

σ_6 : 曲げモーメントによる防護工の発生応力度 (N/mm²)

M_6 : 防護工に発生する曲げモーメント (kN・m)

Z_6 : 防護工の断面係数 (mm³) *

P_6 : 防護工に作用する津波波圧 (kN/m²)

τ_6 : せん断力による防護工の発生応力度 (N/mm²)

S_6 : 防護工に発生するせん断力 (kN)

b'' : 防護工の幅 (m)

P_c : 衝突荷重 (kN)

A_{wc} : 防護工のせん断抵抗断面積 (mm²) *

σ_{sa} : 短期許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

τ_{sa} : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

注記 * : 防護工は外側 1mm を腐食代として考慮する。

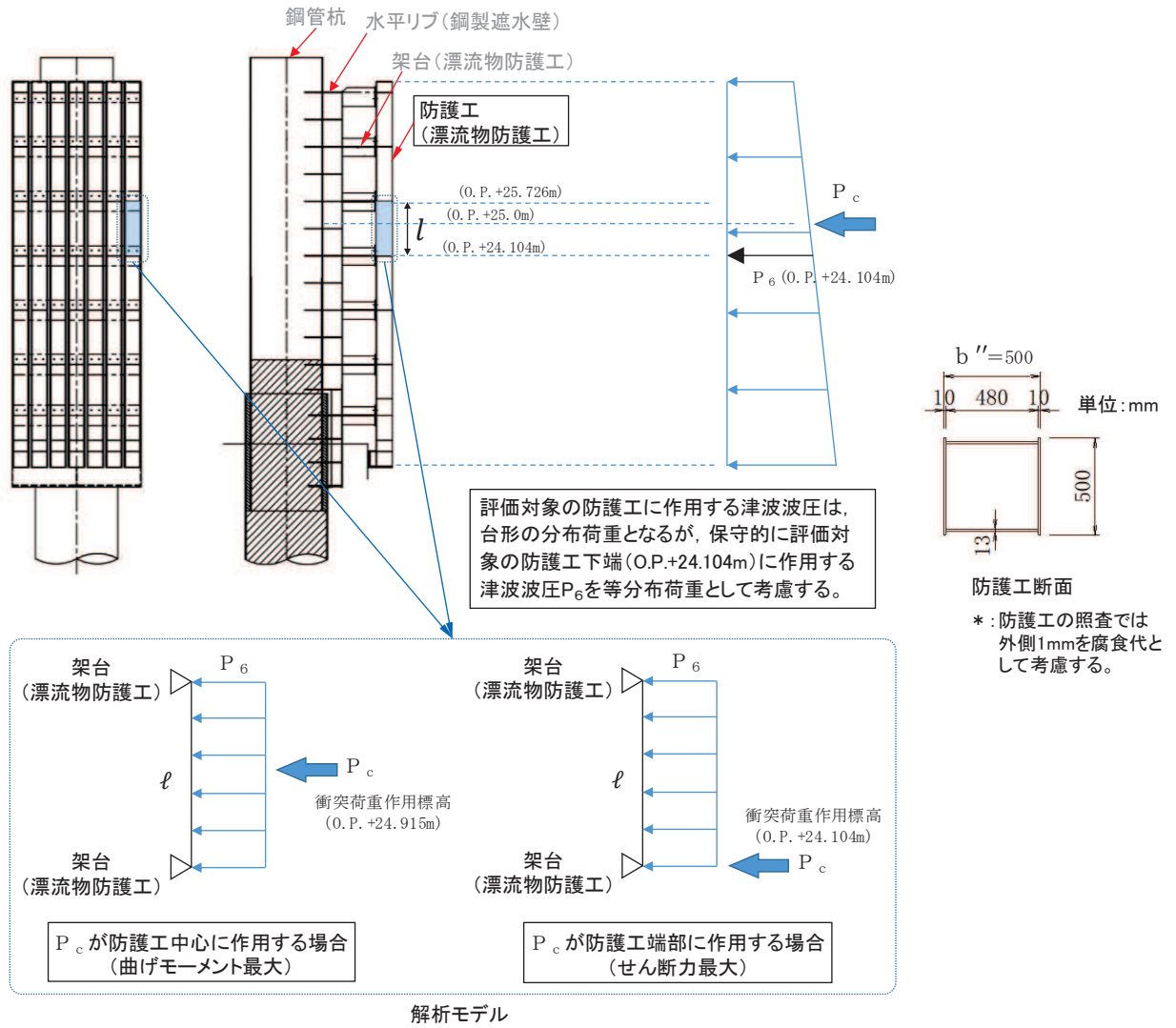


図 3-23 防護工の照査概念図 (津波時)

(e) 防護工取付けボルト

防護工取付けボルトの照査概念図を図 3-24 に示す。防護工取付けボルトは、せん断力より算定される応力が許容応力限界以下であることを確認する。

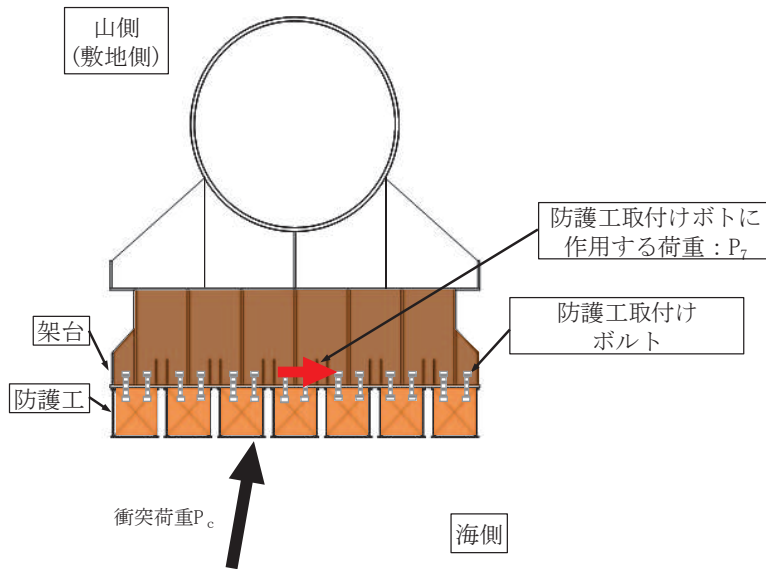


図 3-24 防護工取付けボルトの照査概念図

せん断力照査

$$\tau_7 = P_7 / A_7 / n \quad \dots \dots \dots (3.22)$$

ここで、

- τ_7 : せん断力による防護工取付けボルト 1 本当たりの発生応力度 (kN/mm²)
- P_7 : 防護工取付けボルトに作用する荷重 (kN)
- A_7 : 防護工取付けボルト断面積 (M24) (mm²)
- n_7 : 防護工 1 本当たりのボルトの本数 (本)

c. 背面補強工

背面補強工の評価は、背面補強工を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率となるすべり線を選定する。

d. 置換コンクリート

置換コンクリートの評価は、置換コンクリートを通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率となるすべり線を選定する。

e. 改良地盤

改良地盤の評価は、改良地盤を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率となるすべり線を選定する。

また、改良地盤の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

f. セメント改良土

セメント改良土の評価は、セメント改良土を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率となるすべり線を選定する。

また、セメント改良土の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

g. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の津波時の評価について、軸直交方向は、津波時に生じる相対変位に、地震時における最終変位（以下「残留変位」という。）を加えた相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

軸方向については、主たる荷重が軸直交方向に作用する遡上津波荷重及び衝突荷重であることから、軸方向の相対変位は生じないため、残留変位が許容限界以下であることを確認する。

漂流物防護工の下部にある止水ジョイント前面の保護部材の津波時の評価について、発生応力が許容限界以下であることを確認する。

なお、鋼管杭の評価においては、漂流物が漂流物防護工端部に衝突した場合のねじり評価を実施するものの、漂流物が鋼管杭中心の漂流物防護工位置に衝突する場合の方が、鋼管杭（止水ジョイント部材）に生じる軸直交方向の変位は大きいことから、鋼管杭中心の漂流物防護工位置に衝突する場合を考慮する。

(1) 津波時（水平部）における保護部材の照査

FRP 製船舶（排水トン数 15t）の自重による評価を行うこととする。ただし、水平部に用いるグレーチングはメーカーによる試験で 15t 以上の上載荷重に耐えられることが確認された仕様のものを採用する。

なお、メーカーによるグレーチングの応力計算では、25 t の車両をグレーチングの中央部に載荷することによる生じる応力を 15.03kN/cm^2 と算出し、許容応力 18kN/cm^2 よりも小さいことを確認している。

(2) 津波時（鉛直部）における保護部材の照査

梁部材の照査概念図を図 3-25 に示す。

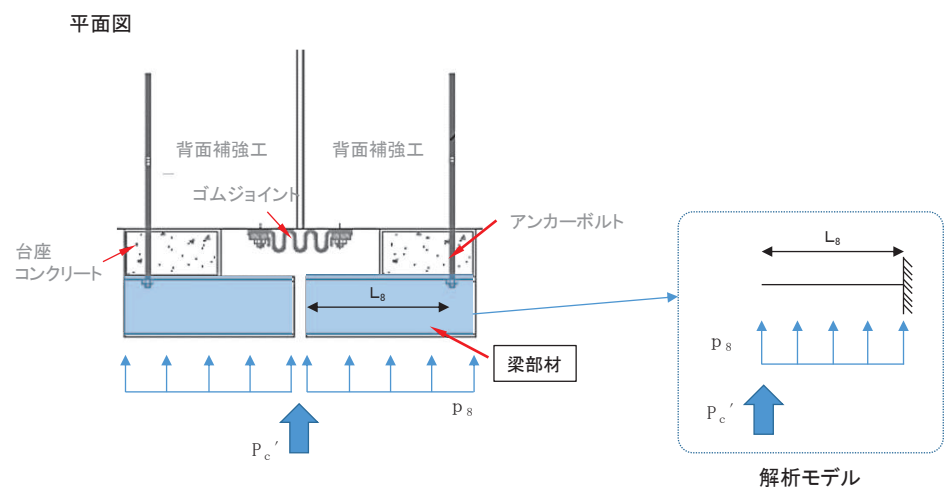


図 3-25 梁部材の照査概念図

a. 梁部材

$$M_8 = \frac{L_8^2}{2} \cdot p_8 + P_c' \cdot L_8 \quad \dots \dots \dots (3.23)$$

$$S_8 = L_8 \cdot p_8 + P_c' \quad \dots \dots \dots (3.24)$$

曲げ応力度の照査

$$\sigma_8 = M_8 / Z_8 \quad \dots \dots \dots (3.25)$$

せん断応力度の照査

$$\tau_8 = S_8 / A_8 \quad \dots \dots \dots (3.26)$$

ここで,

- M_8 : 梁部材に作用する水平方向の曲げモーメント (kN・m)
- S_8 : 梁部材に作用する水平方向のせん断力 (kN)
- σ_8 : 水平方向の曲げモーメントによる梁部材の発生応力度 (N/mm²)
- τ_8 : 水平方向のせん断力による梁部材の発生応力度 (N/mm²)
- L_8 : 梁部材の張出長 (mm)
- p_8 : 梁部材の用する津波波圧 (kN/m)
- Z_8 : 梁部材工の断面係数 (mm³)
- P_c' : 寸法の小さな漂流物の衝突荷重 (kN)
- A_8 : 梁部材のせん断抵抗断面積 (mm²)

b. アンカーボルト

鋼構造設計規準に基づき、以下により計算を行う。

$$Z_8 = \frac{P_c' \left(e_8 - \frac{D_8 + x_8}{2} \right)}{D_8 - d_8 - \frac{x_8}{3}} / n_8 \quad \dots \dots \dots (3.27)$$

ここで、

- Z_s : アンカーボルトの引張力(kN/本)
- P_c' : 漂流物荷重(kN)
- e_s : 偏心量(mm)
- D_s : 台座の長さ(曲げ方向)(mm)
- x_s : 接地幅(mm)
- d_s : 台座端部～アンカーの距離(mm)
- n_s : アンカーボルトの本数(本)

h. 基礎地盤

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、基礎地盤に生じる接地圧が重畳時に包絡されると考えられることから実施しない。

3.5.2 重畳時

(1) 解析方法

重畳時に発生する応答値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて2次元動的有限要素法解析により算定する。

一般部については、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析とする。岩盤部については岩盤内に設置され、液状化検討対象外の施設であることから、全応力解析とする。

2次元動的有限要素法解析に用いる解析コードは、一般部には「FLIP Ver7.3.0_2」を使用し、岩盤部には「TDAPⅢ Ver3.08」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 施設

鋼管杭は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。背面補強工及び置換コンクリート（一般部のみ）は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

b. 材料物性及び地盤物性のばらつき

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の重畳時の応答は、周辺地盤との相互作用によることから、地盤物性のばらつきの影響を評価する。地盤物性のばらつきについては、防潮堤（鋼管式鉛直壁）周辺の地盤状況に応じて一般部と岩盤部の2種類に分類し、表3-18及び表3-19に示す解析ケースにて行う。

(a) 一般部

図3-2～図3-6に示すとおり、一般部の周辺には、主として旧表土、盛土、 D 級岩盤、セメント改良土及び改良地盤といった、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が重畳時に防潮堤（鋼管式鉛直壁）の応答に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

(b) 岩盤部

図3-8～図3-10に示すとおり、岩盤部の周辺には、主として、 C_L 級岩盤、 C_M 級岩盤、 C_H 級岩盤及び B 級岩盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が重畳時に防潮堤（鋼管式鉛直壁）の応答に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

表 3-18 解析ケース（一般部）

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値

表 3-19 解析ケース（岩盤部）

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値	平均値 + 1 σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値 - 1 σ

c. 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、一般部（有効応力解析）では剛性比例型減衰、岩盤部（全応力解析）では質量比例型減衰と剛性比例型減衰の組み合わせによる減衰を設定する。

d. 解析ケース

重畳時においては、弾性設計用地震動 S d - D 2 に対して、ケース①（基本ケース）を実施する。ケース①において、各照査値が最も厳しい地震動を用い、表 3-18 及び表 3-19 に示すケース②及び③を実施する。重畳時における解析ケースを表 3-20 に示す。

表 3-20 重畳時における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値 + 1σ	平均値 - 1σ
地震動 (位相)	S d - D 2	++* ¹	○	弾性設計用地震動 S d - D 2 (1波) 及び位相反転を考慮した地震動 (3波) を加えた全4波により照査を行ったケース① (基本ケース) の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査において照査値が 0.5 以上となる又はすべり安全率が 2.4 以下* ² となる全ての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いてケース②～③を実施する。 照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。
		-+* ¹	○	
		+-* ¹	○	
		---* ¹	○	

注記 *1：地震動の位相について (++) の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：許容限界であるすべり安全率 1.2 に対して 2 倍の裕度

(2) 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ を 1次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-26 に入力地震動算定の概念図を、図 3-27～図 3-32 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver. 1.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

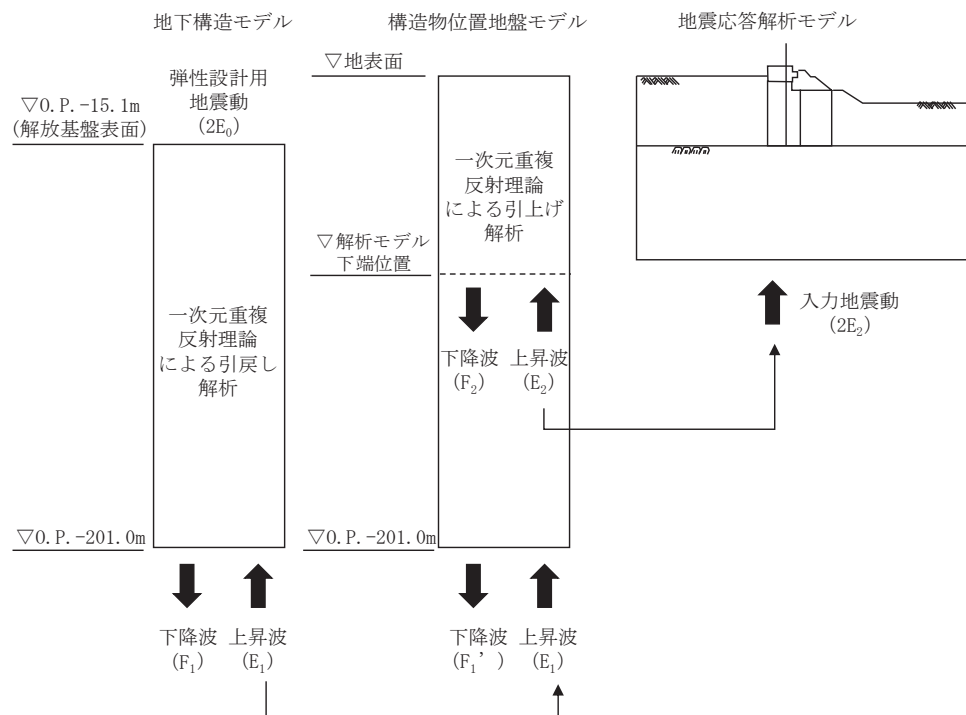
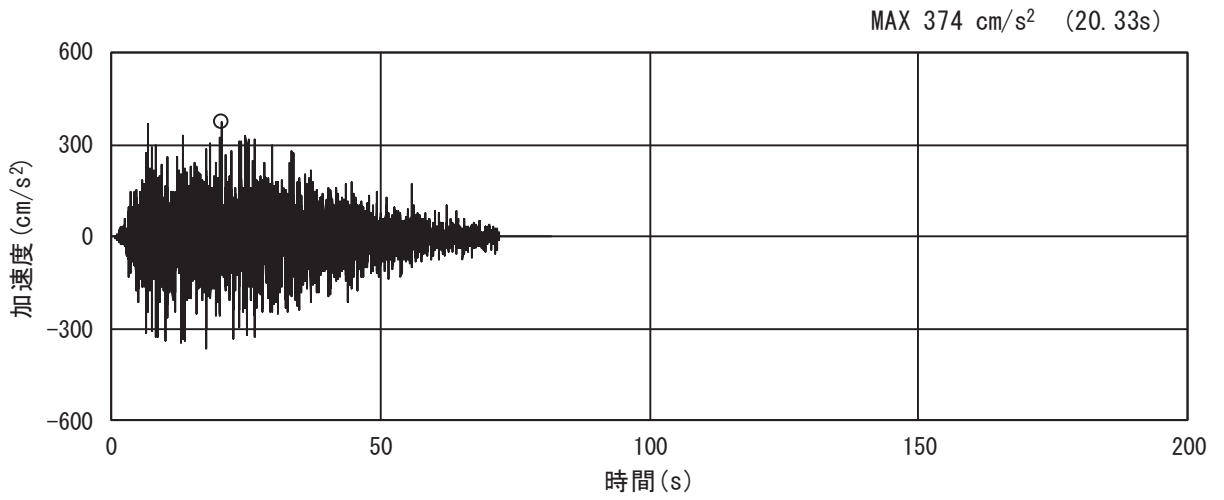
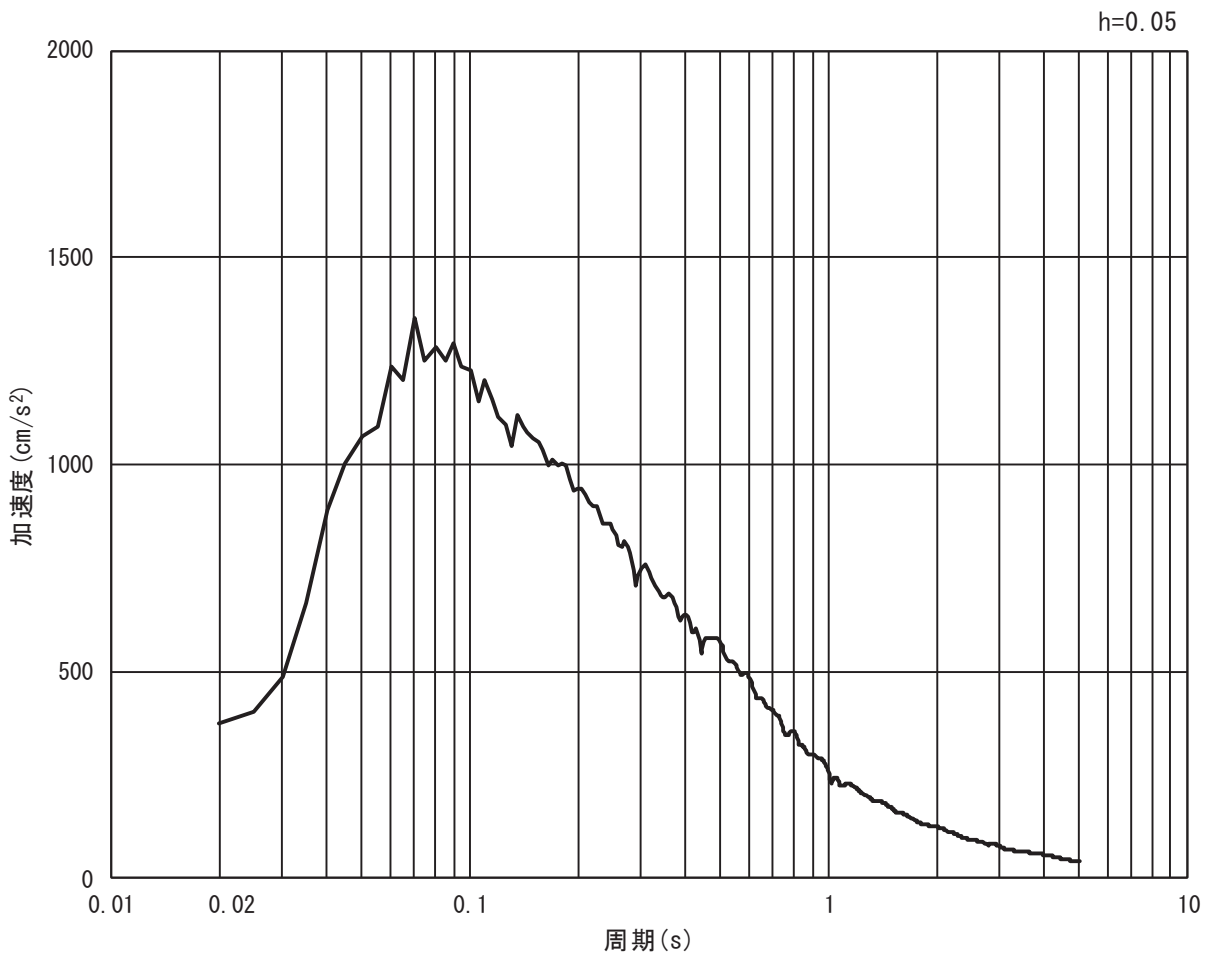


図 3-26 入力地震動算定の概念図

a. 一般部
 (a) 断面①

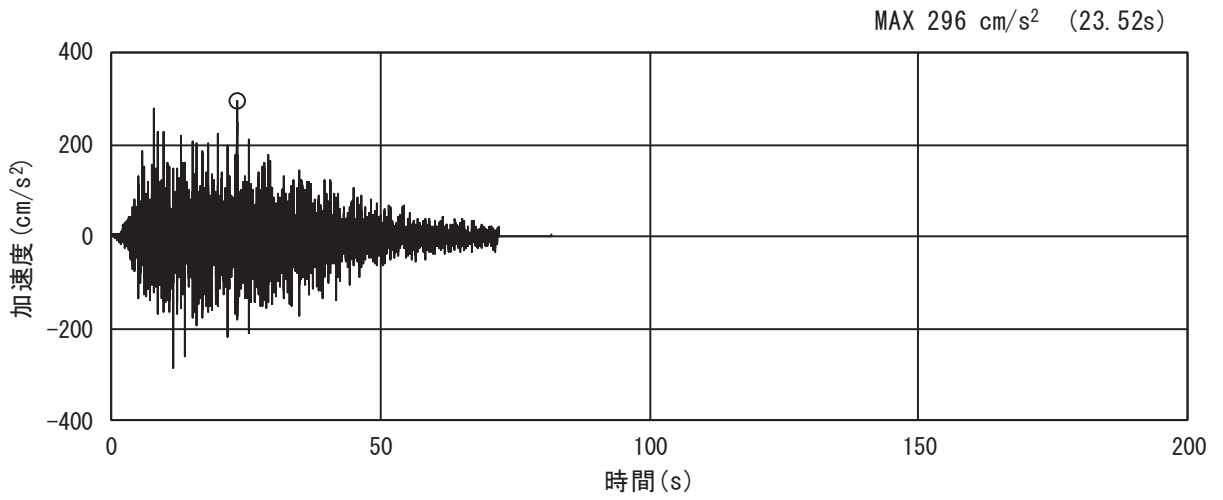


(a) 加速度時刻歴波形

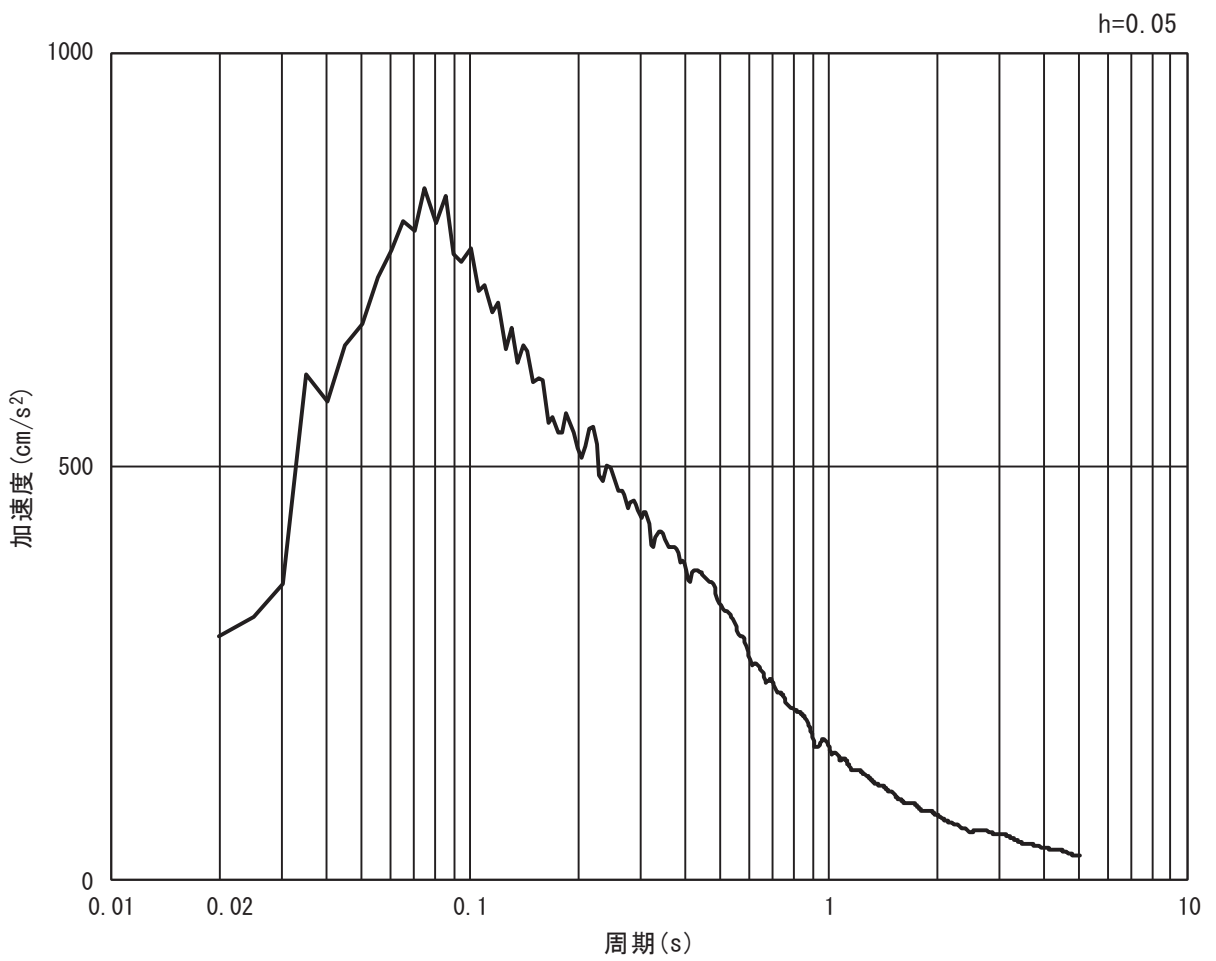


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-27(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平方向 : S d - D 2)



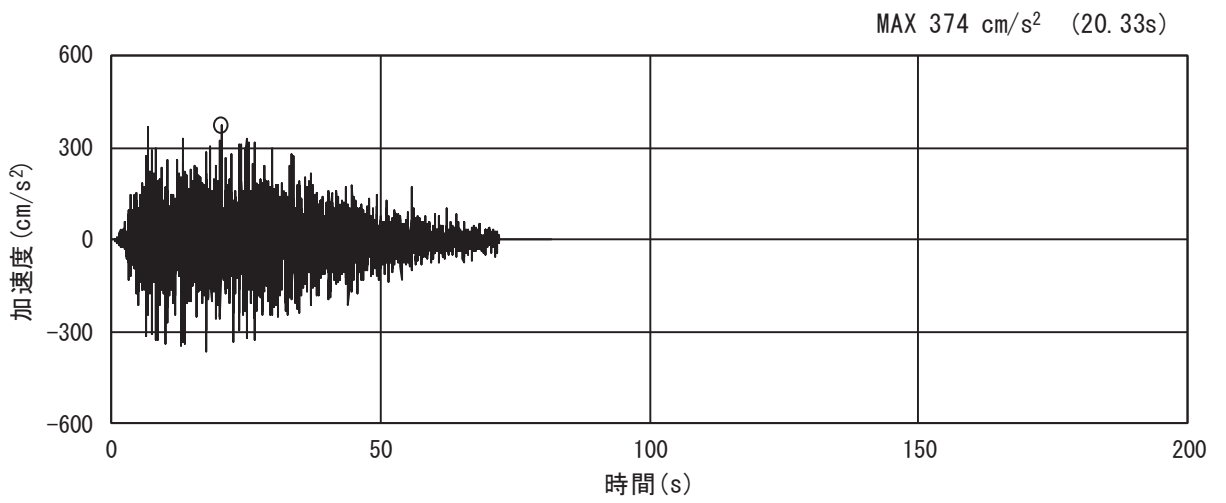
(a) 加速度時刻歴波形



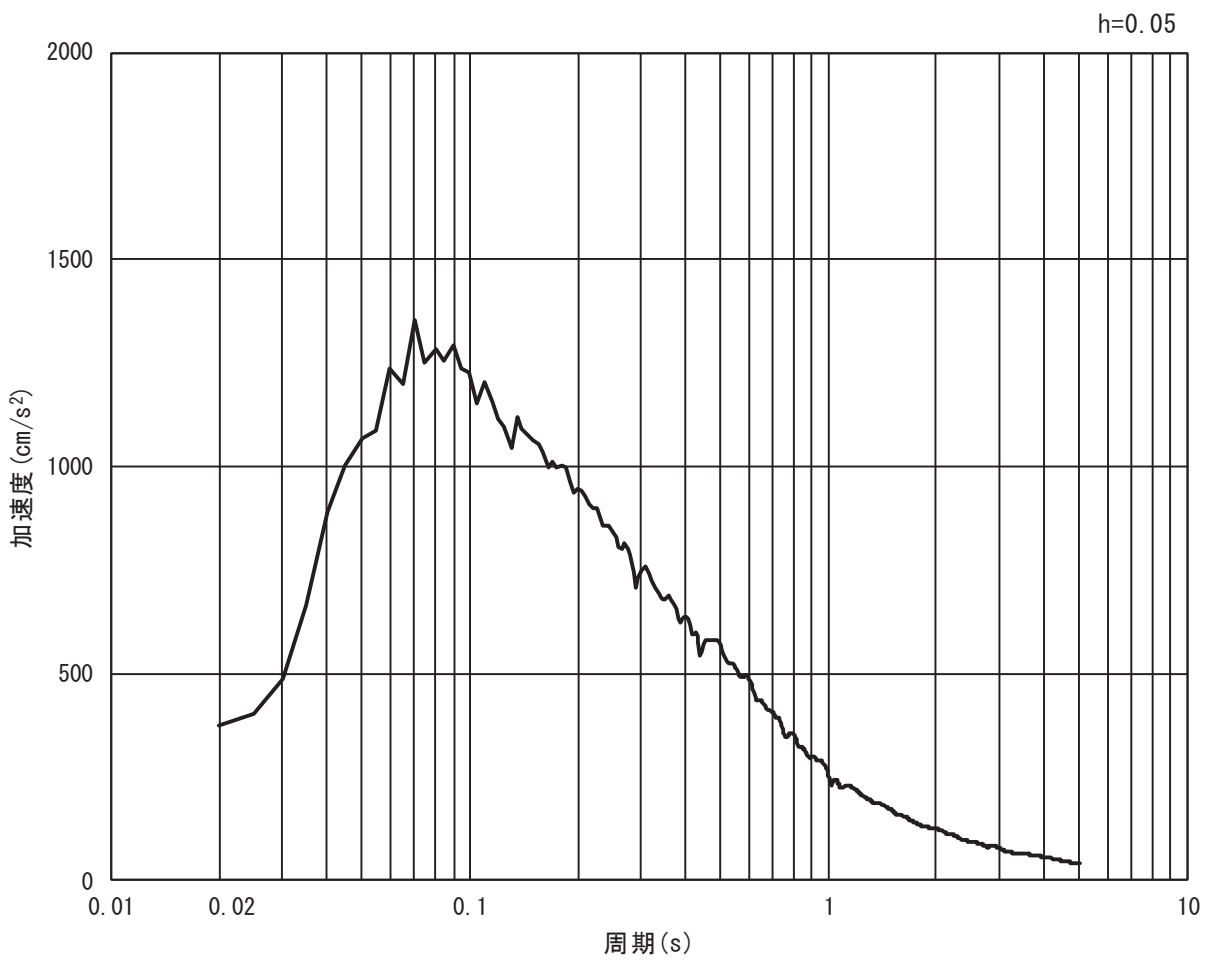
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-27 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : S d - D 2)

(b) 断面②

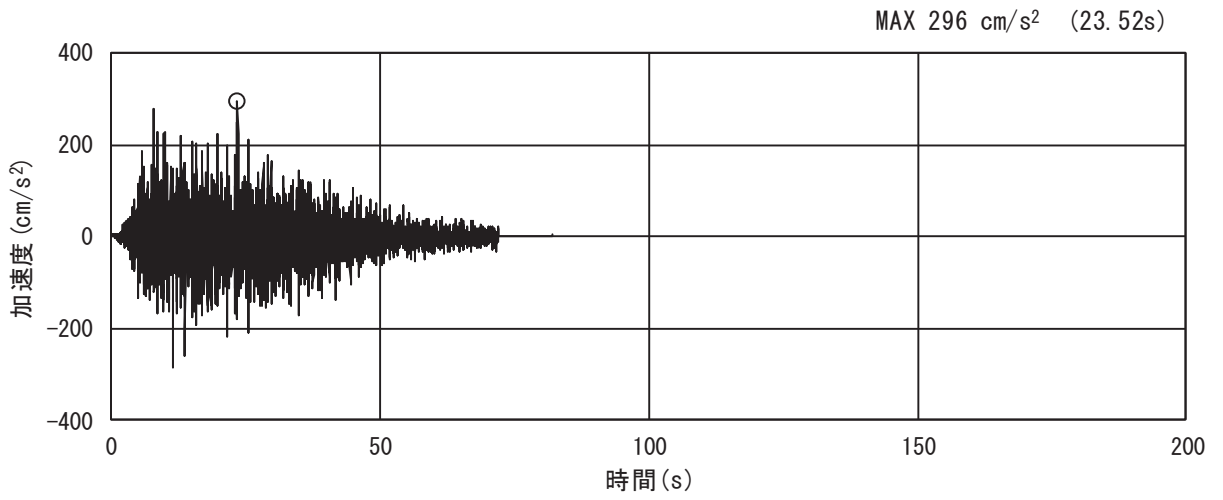


(a) 加速度時刻歴波形

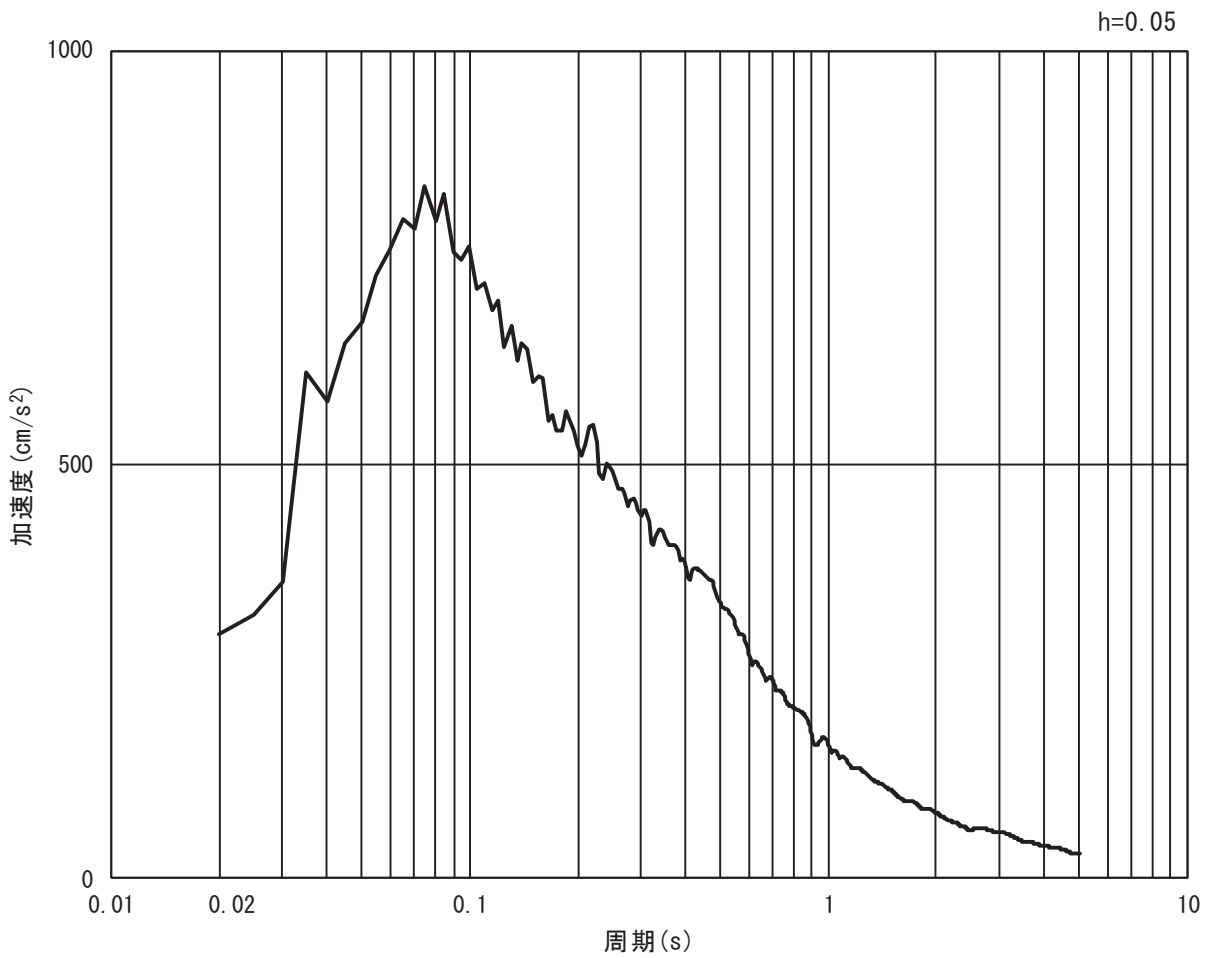


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-28 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S d - D 2)



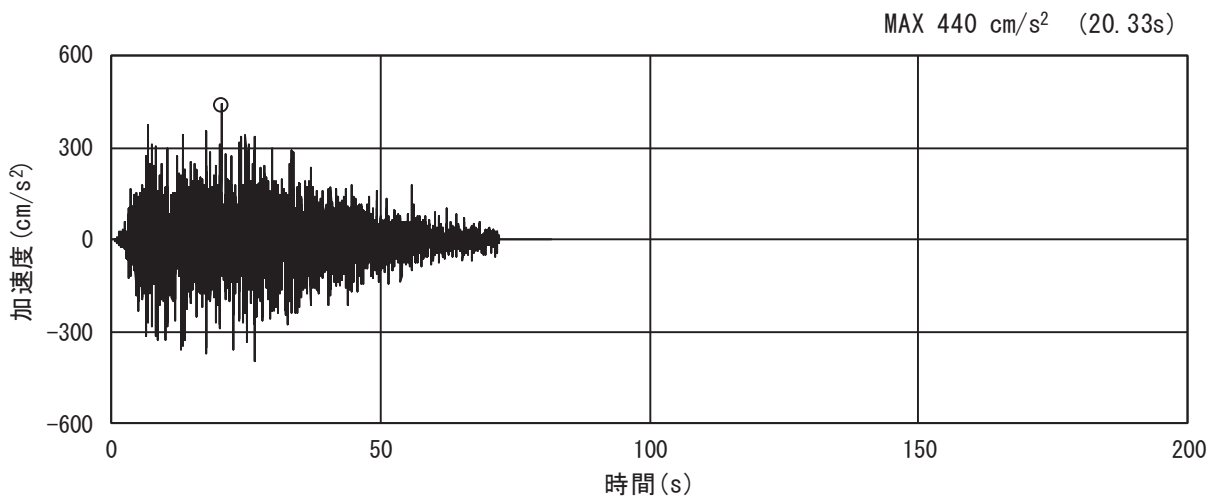
(a) 加速度時刻歴波形



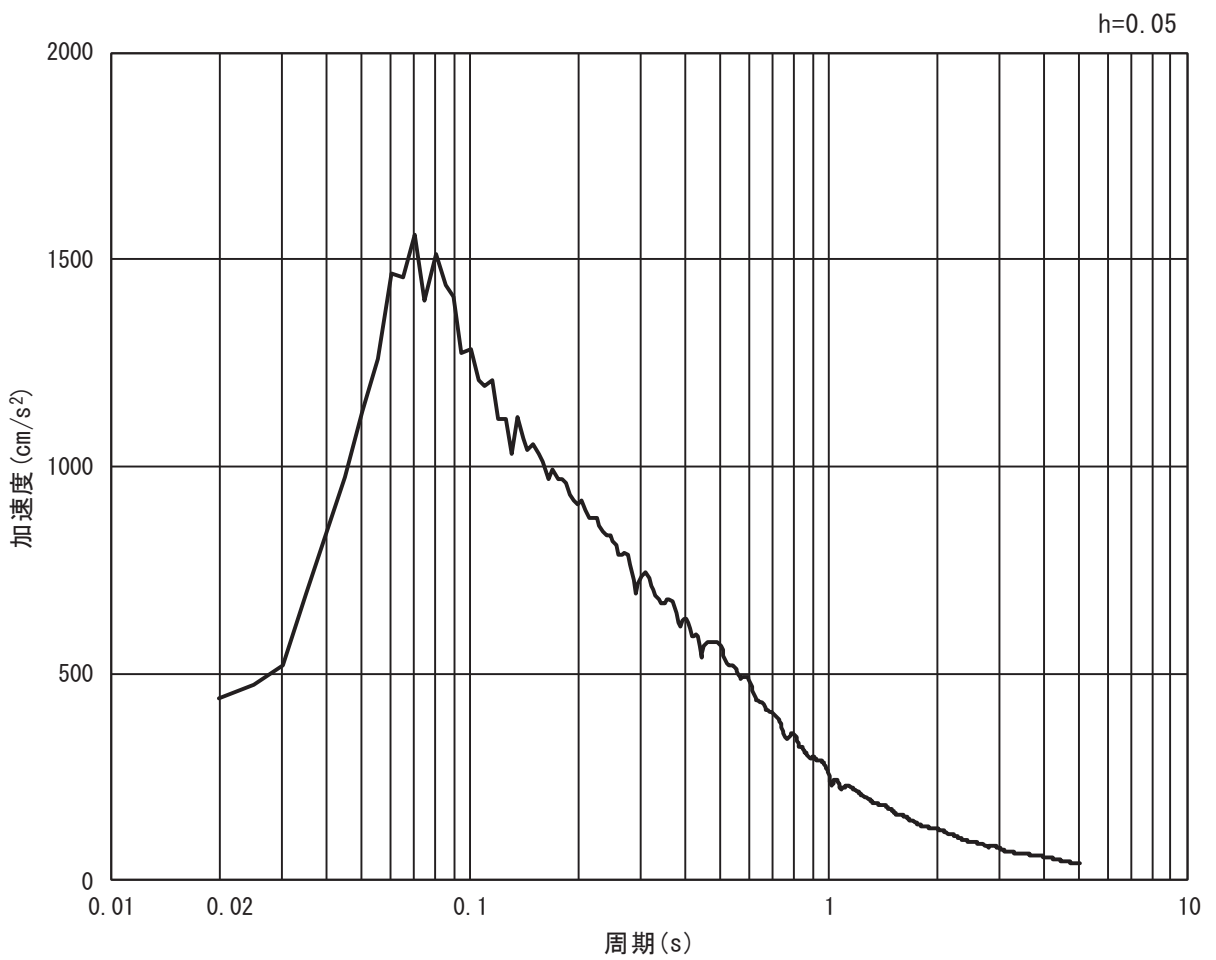
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-28 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : S d - D 2)

(c) 断面③

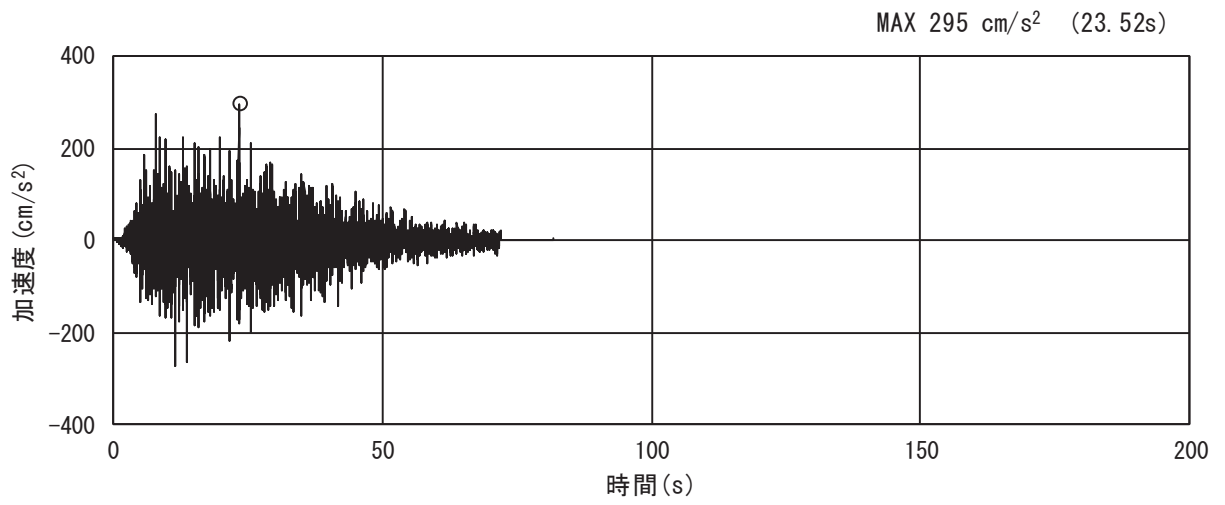


(a) 加速度時刻歴波形

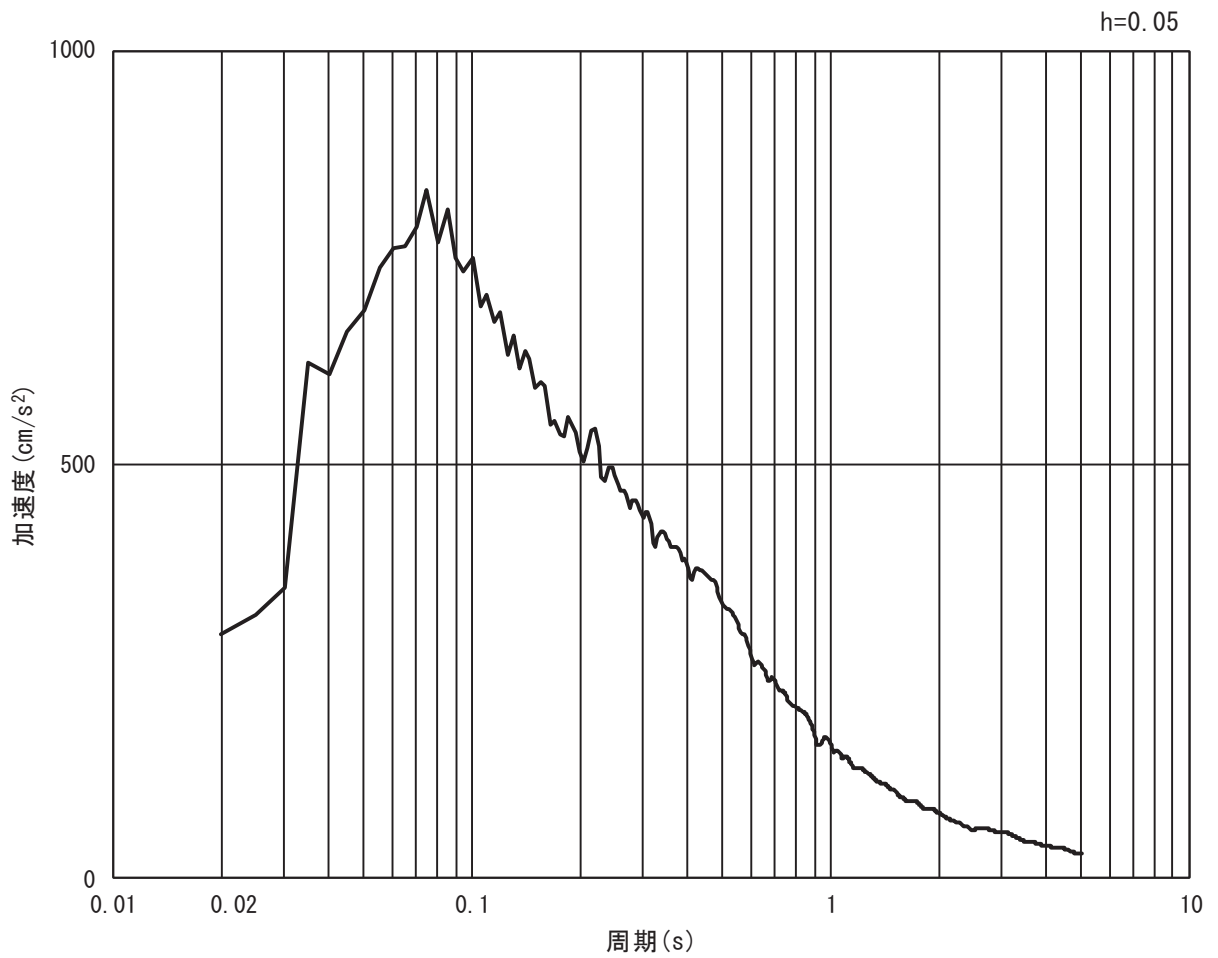


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-29 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S d - D 2)



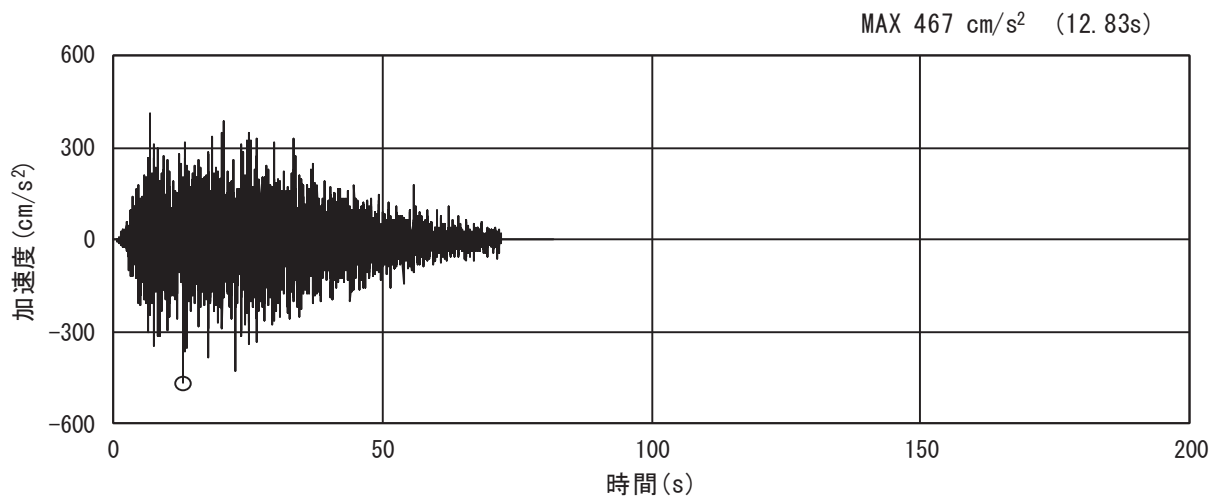
(a) 加速度時刻歴波形



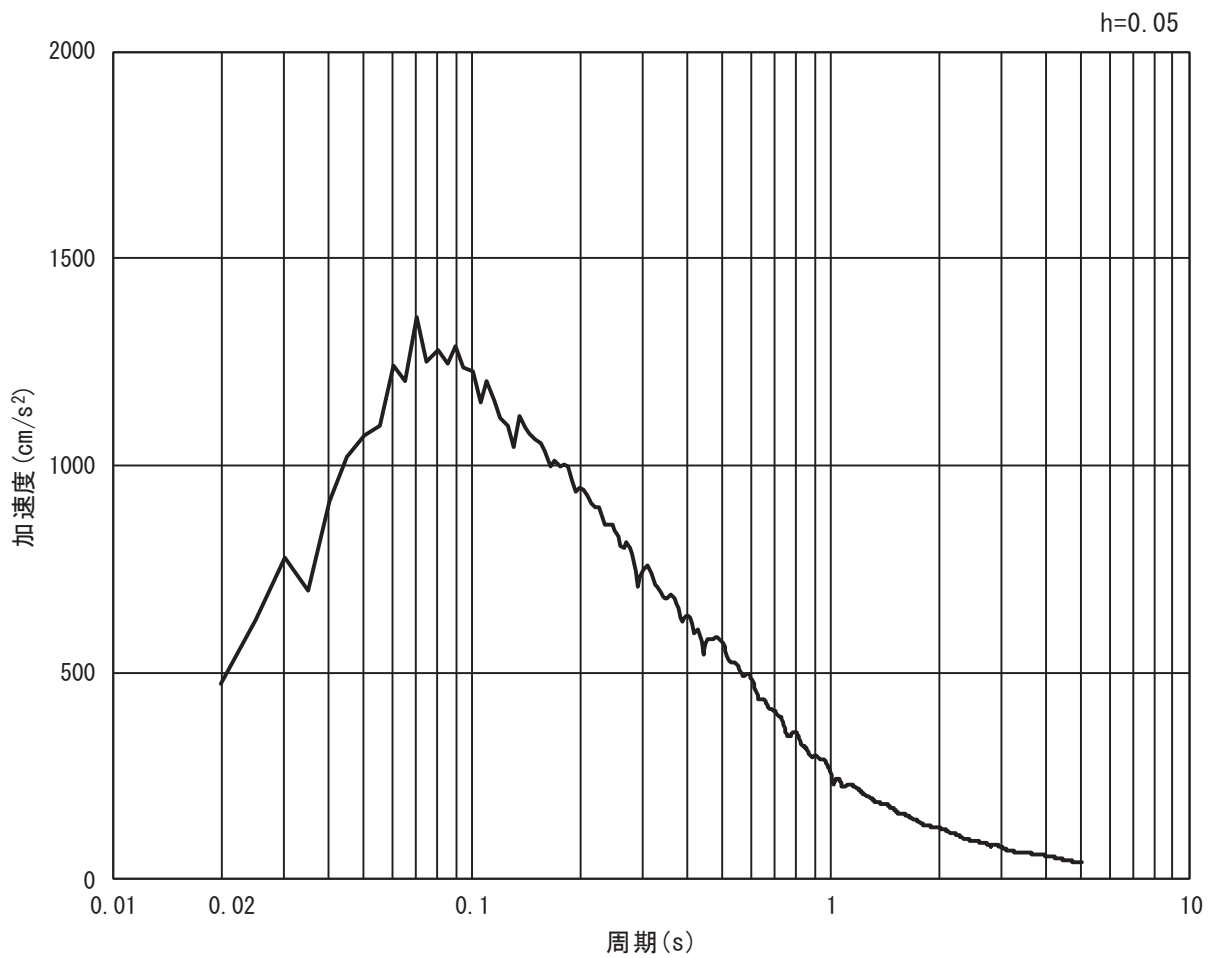
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-29 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向: S d - D 2)

(d) 断面④

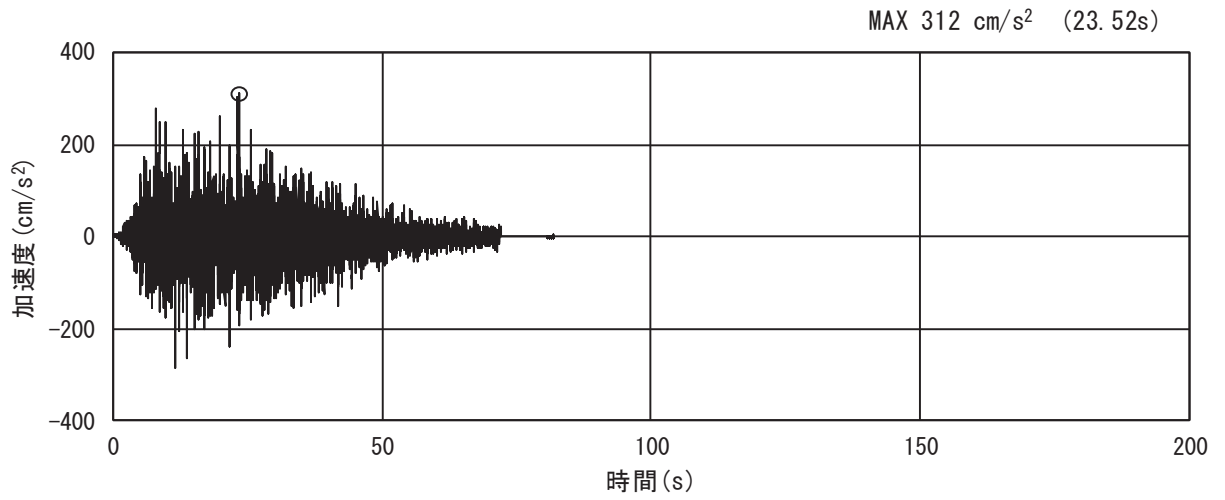


(a) 加速度時刻歴波形

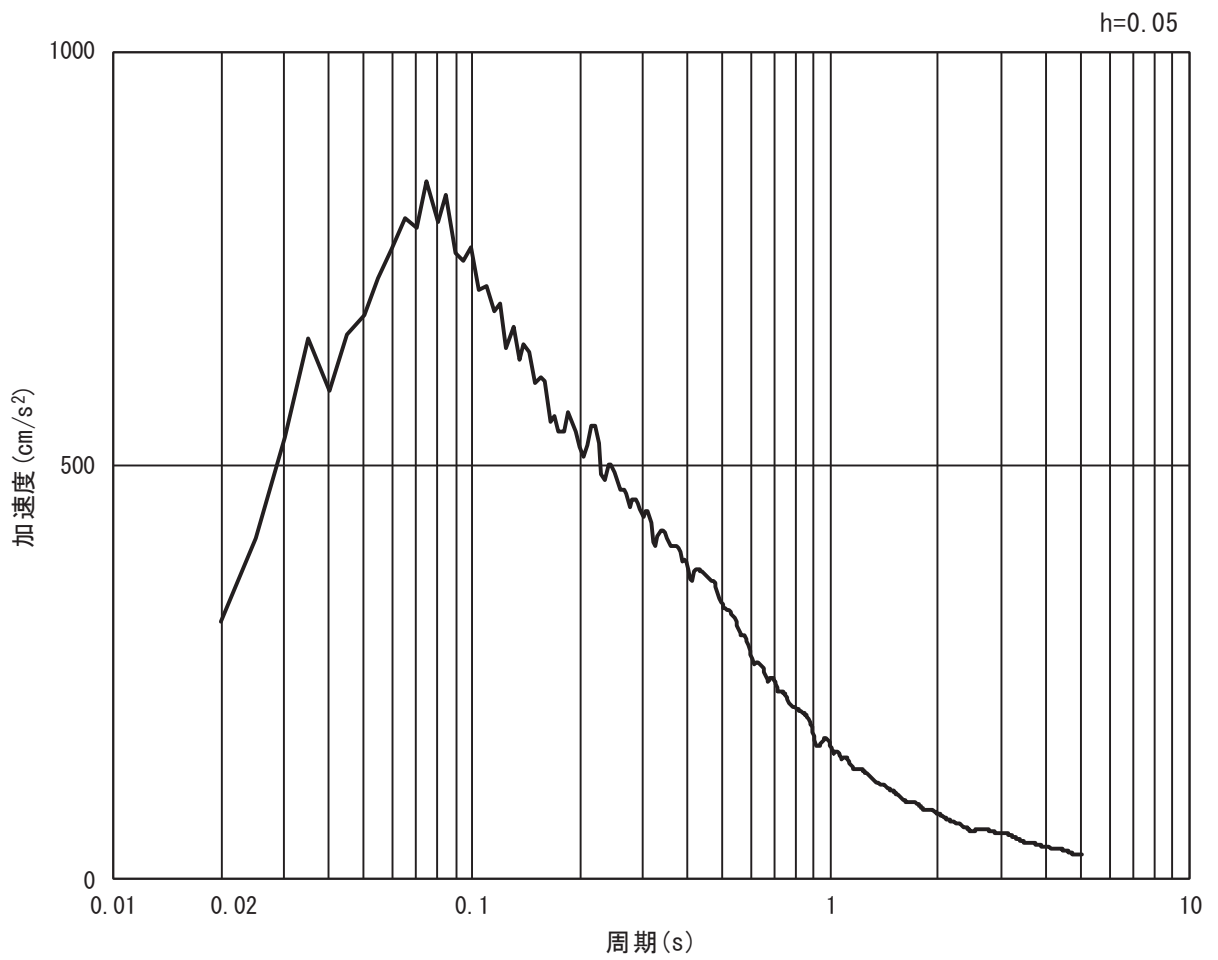


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-30 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S d - D 2)



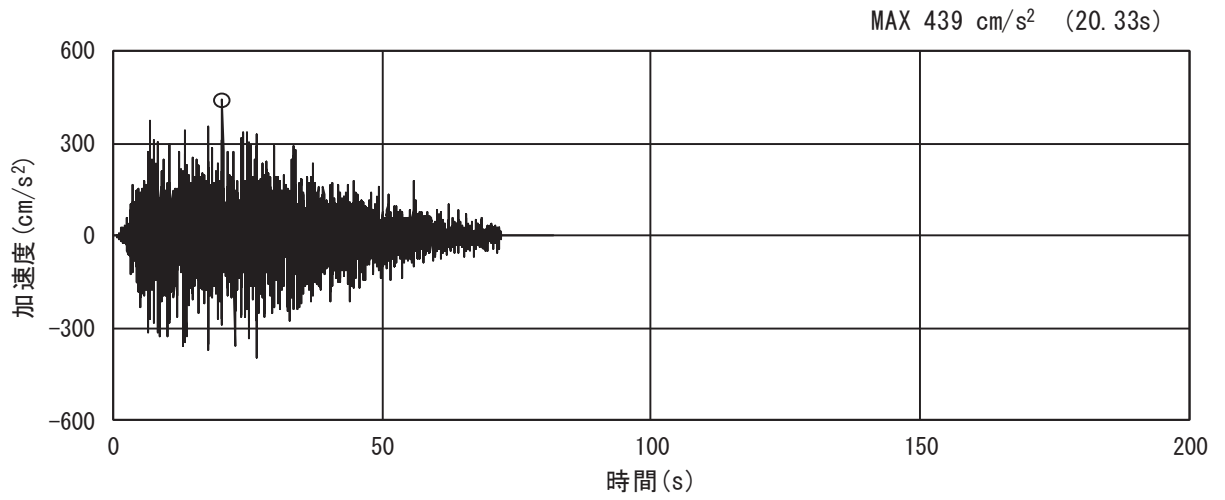
(a) 加速度時刻歴波形



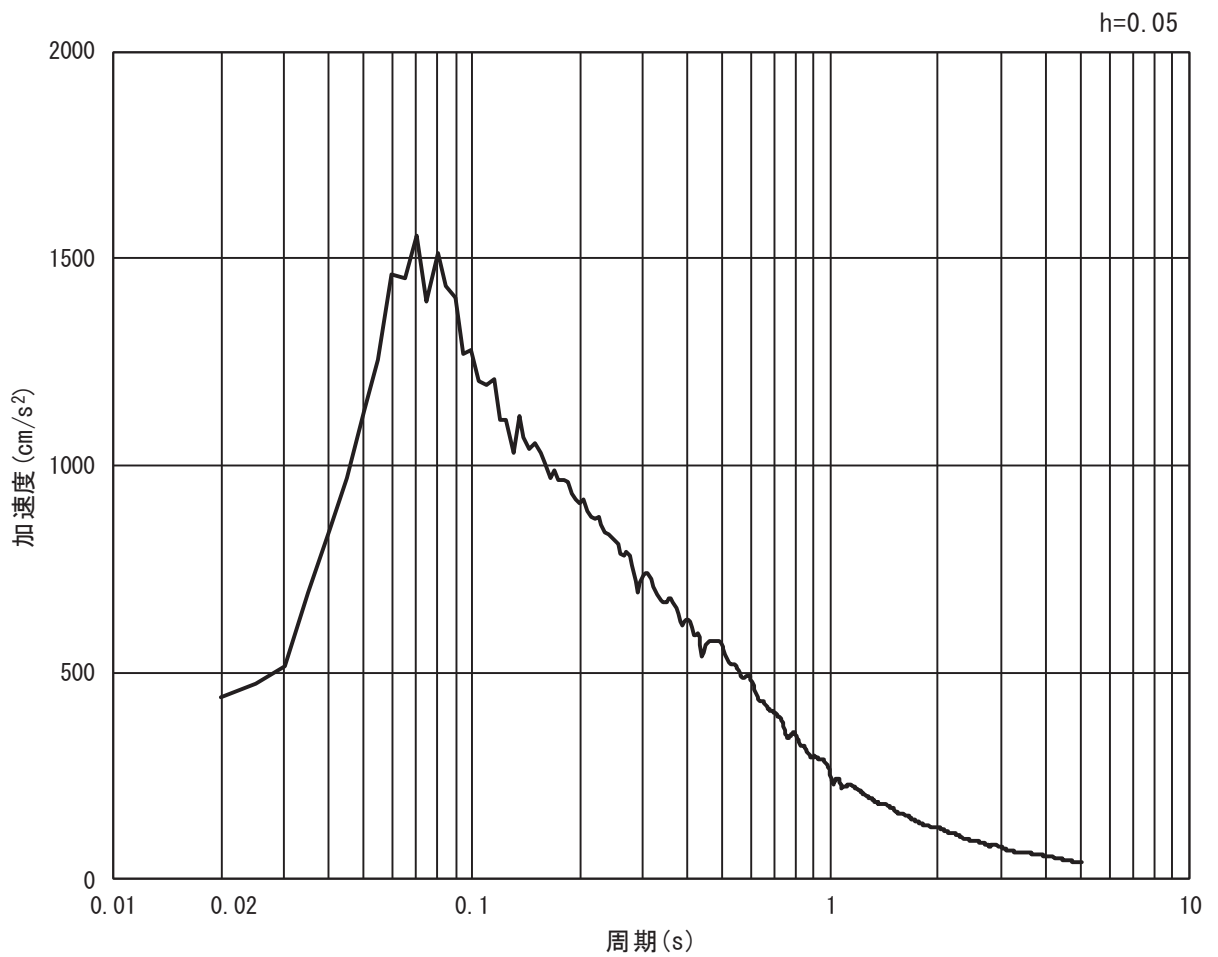
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-30 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向: S d - D 2)

b. 岩盤部
 (a) 断面⑤

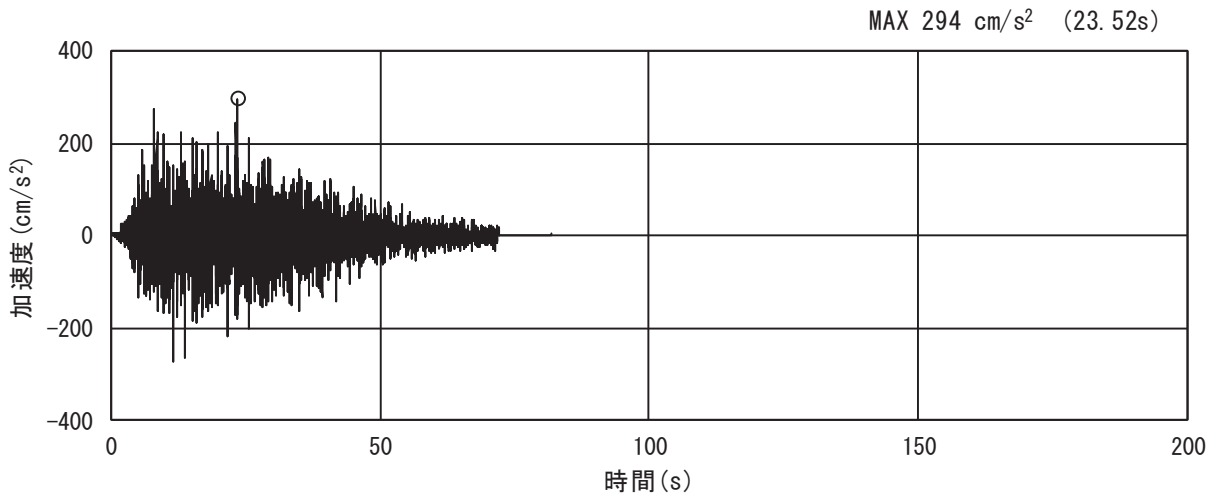


(a) 加速度時刻歴波形

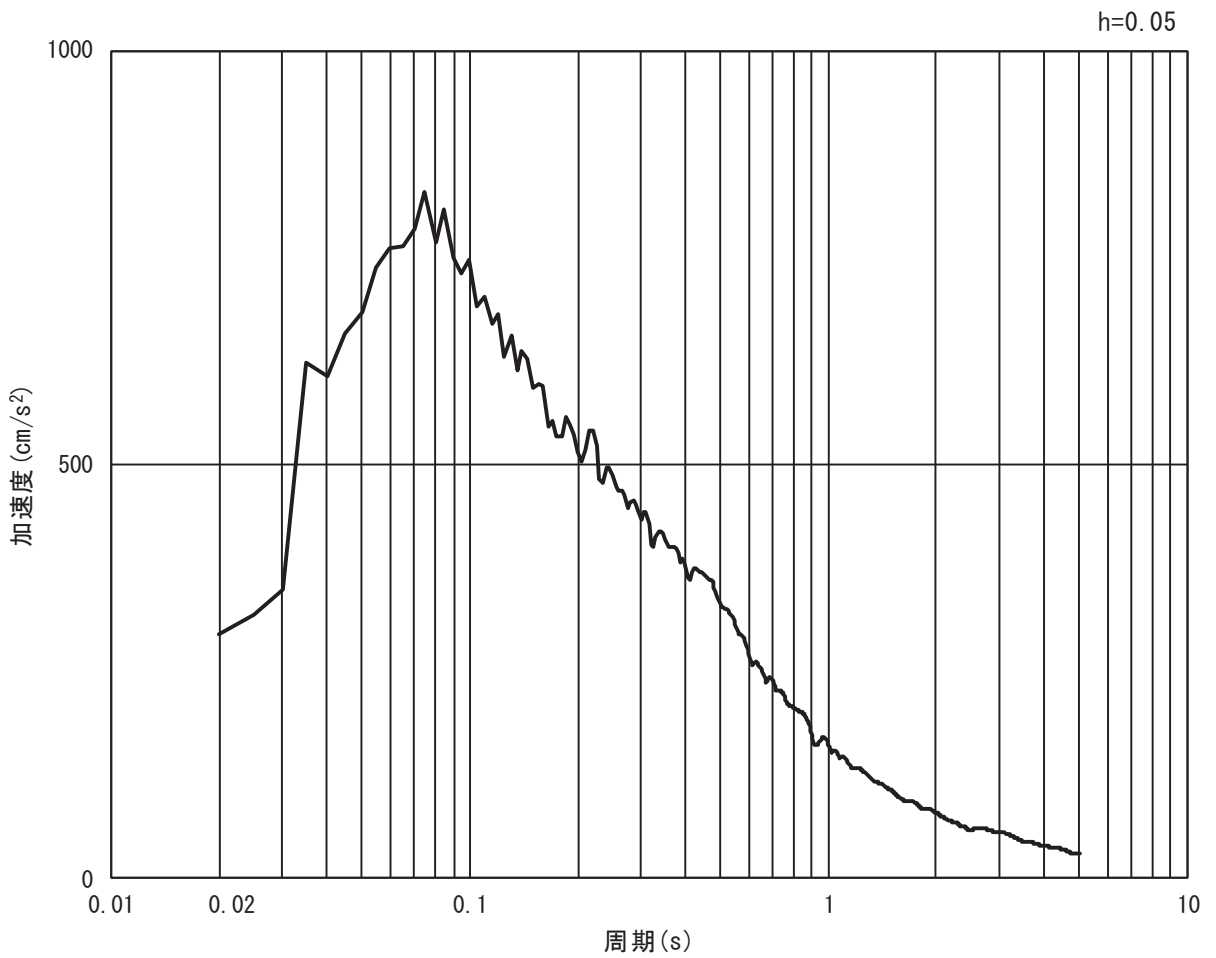


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-31 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平方向: S d - D 2)



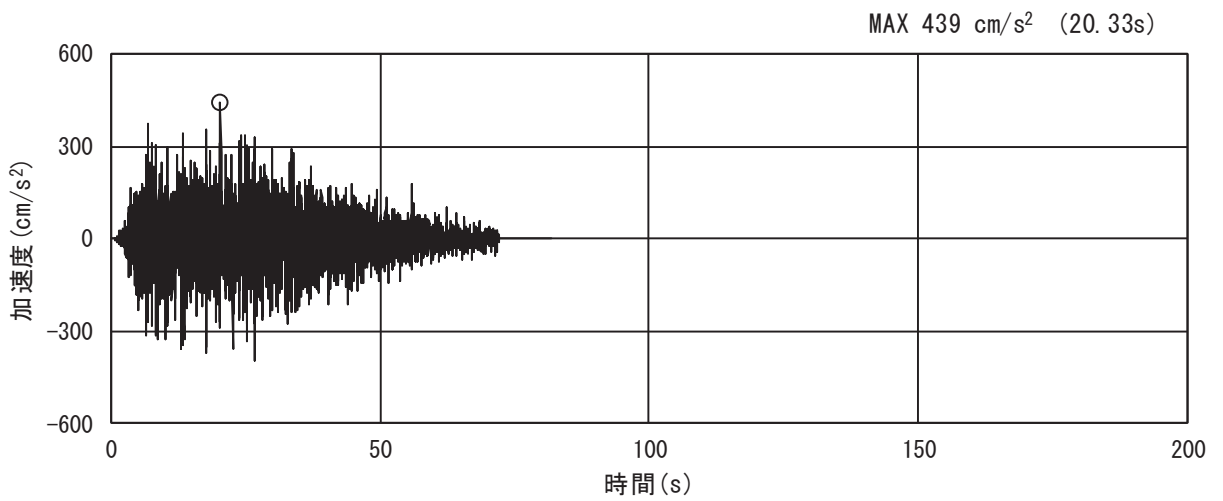
(a) 加速度時刻歴波形



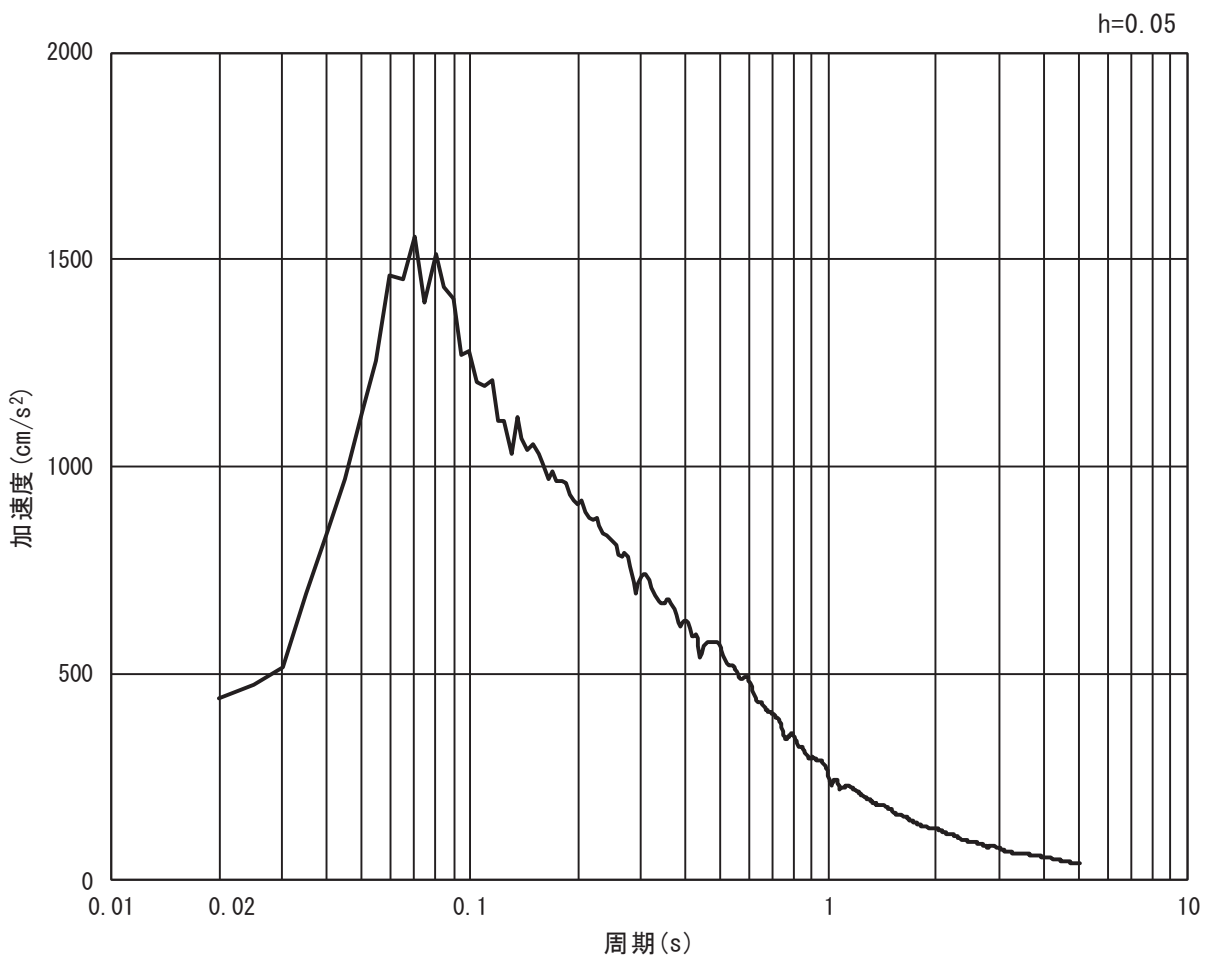
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-31 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向: S d - D 2)

(b) 断面⑥

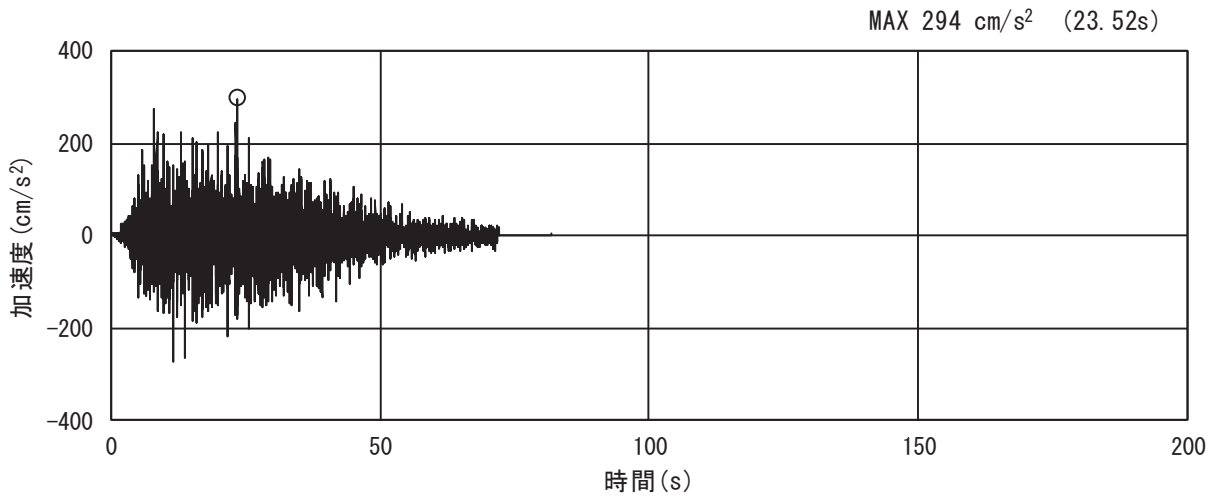


(a) 加速度時刻歴波形

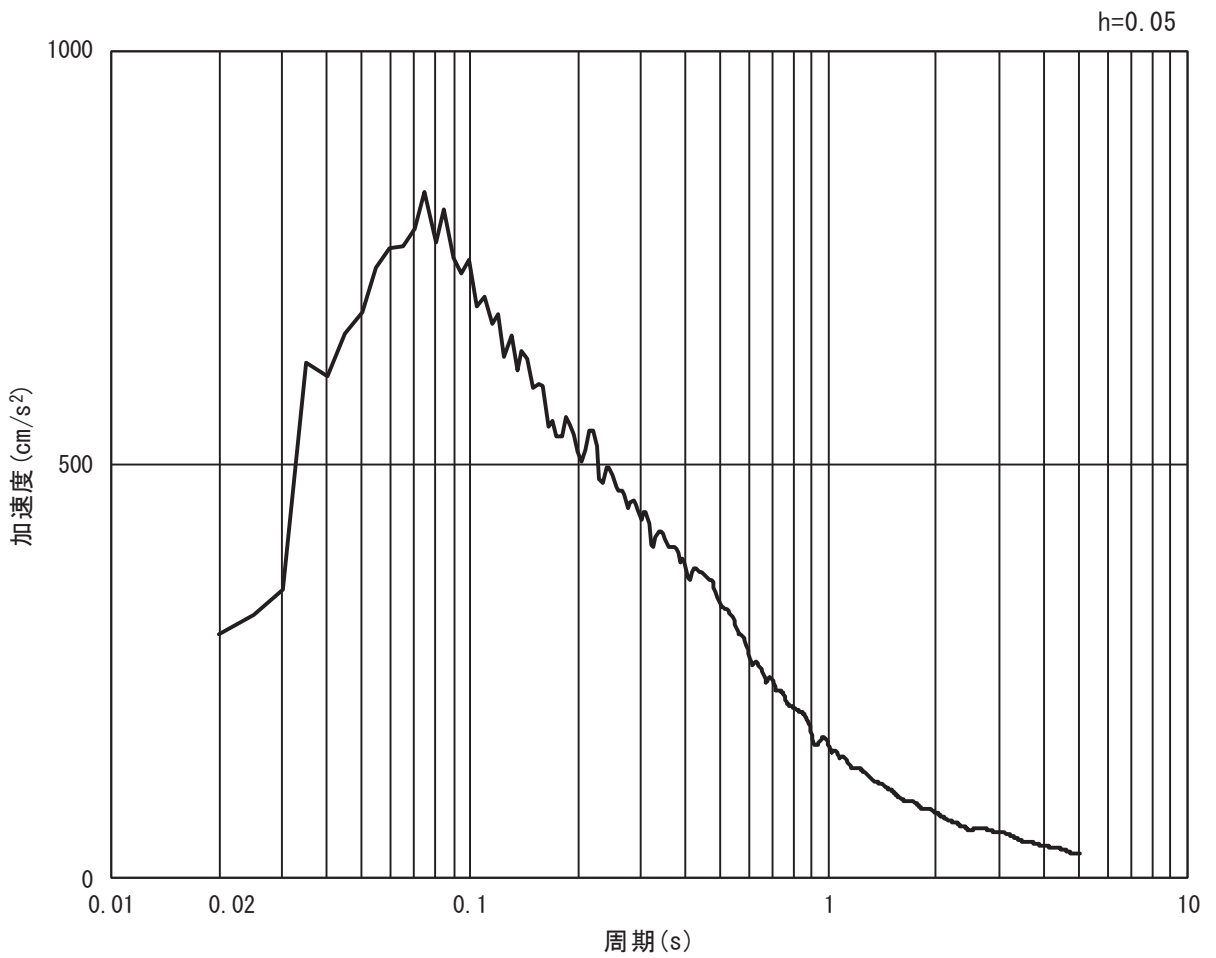


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-32 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向: S d - D 2)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-32 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S d - D 2)

(3) 解析モデル及び諸元

a. 解析モデル

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の解析モデルを図 3-33 及び図 3-34 に示す。

(a) 解析領域

解析領域は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(b) 境界条件

2次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(c) 構造物のモデル化

構造物のモデル化は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(d) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。D級岩盤、改良地盤、セメント改良土及び盛土・旧表土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）でモデル化する。地下水位以深の盛土・旧表土は、液状化パラメータを設定することで、有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。なお、鋼管杭下方のMMRは線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

また、断面①～断面④については、基準地震動 S_s による防潮堤前背面の盛土（断面①～断面③は前面の盛土斜面、断面④は背面の盛土を含む）の地盤沈下を考慮したモデル化とする。

(e) 海水のモデル化

海水のモデル化は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(f) ジョイント要素の設定

ジョイント要素の設定は、「3.5.1 津波時」と同様である。

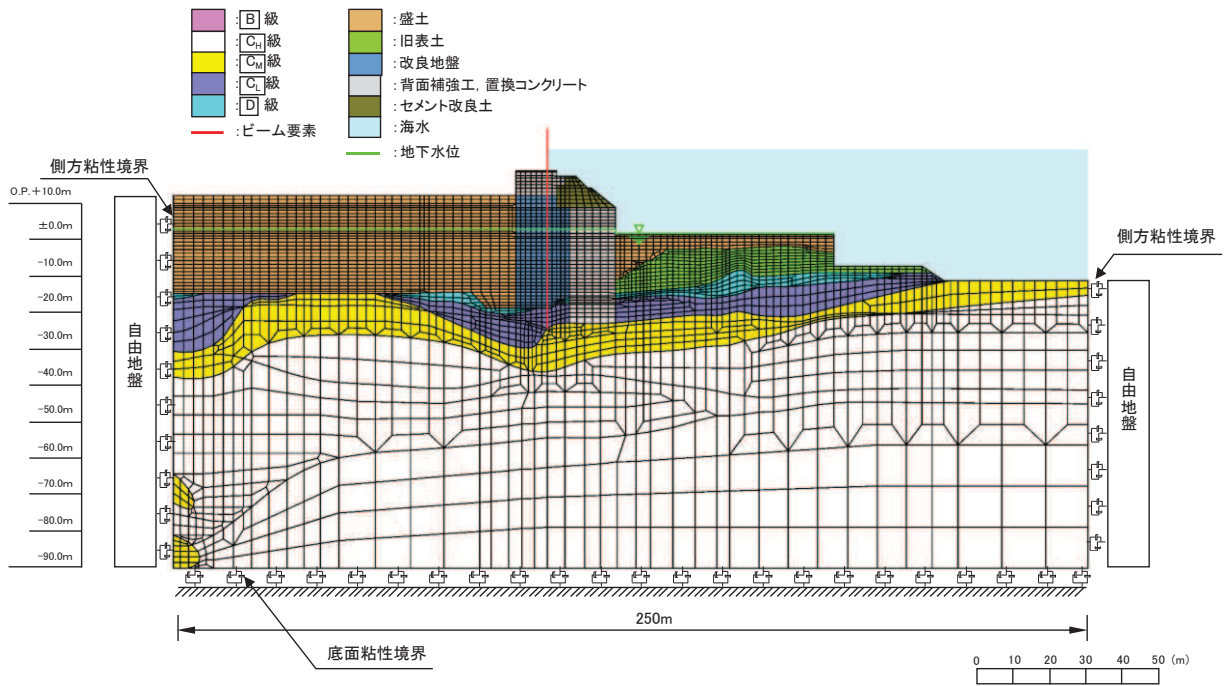


図 3-33(1) 一般部の解析モデル (断面①)

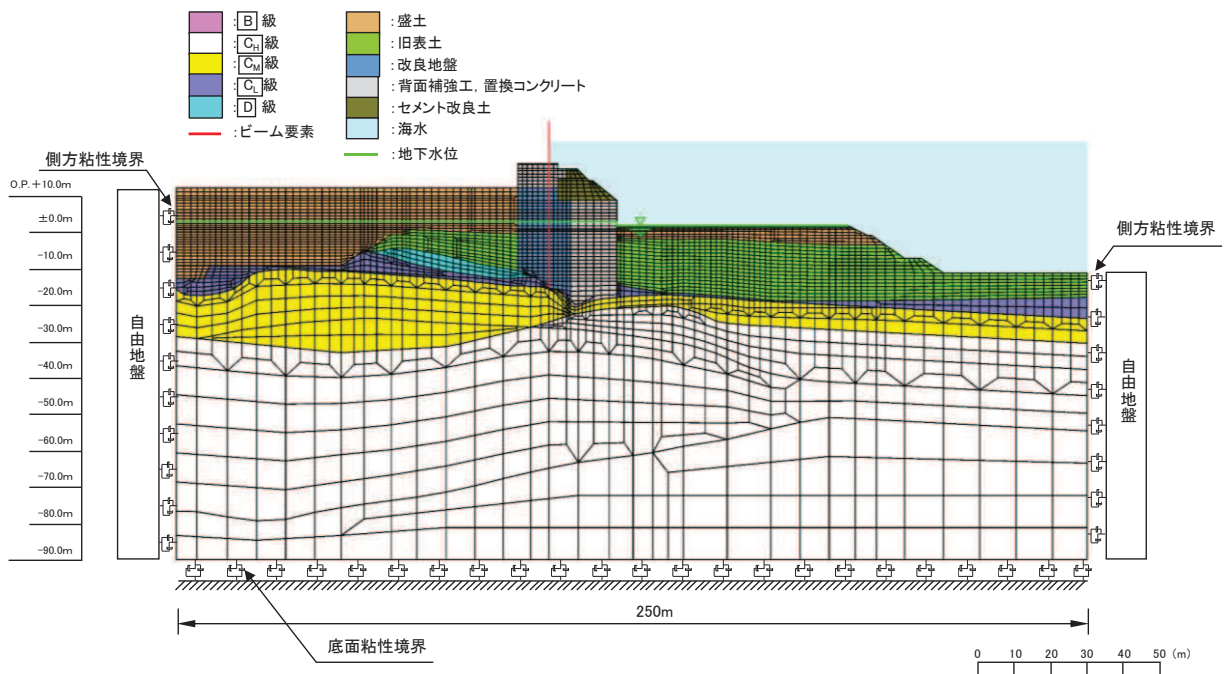


図 3-34(2) 一般部の解析モデル (断面②)

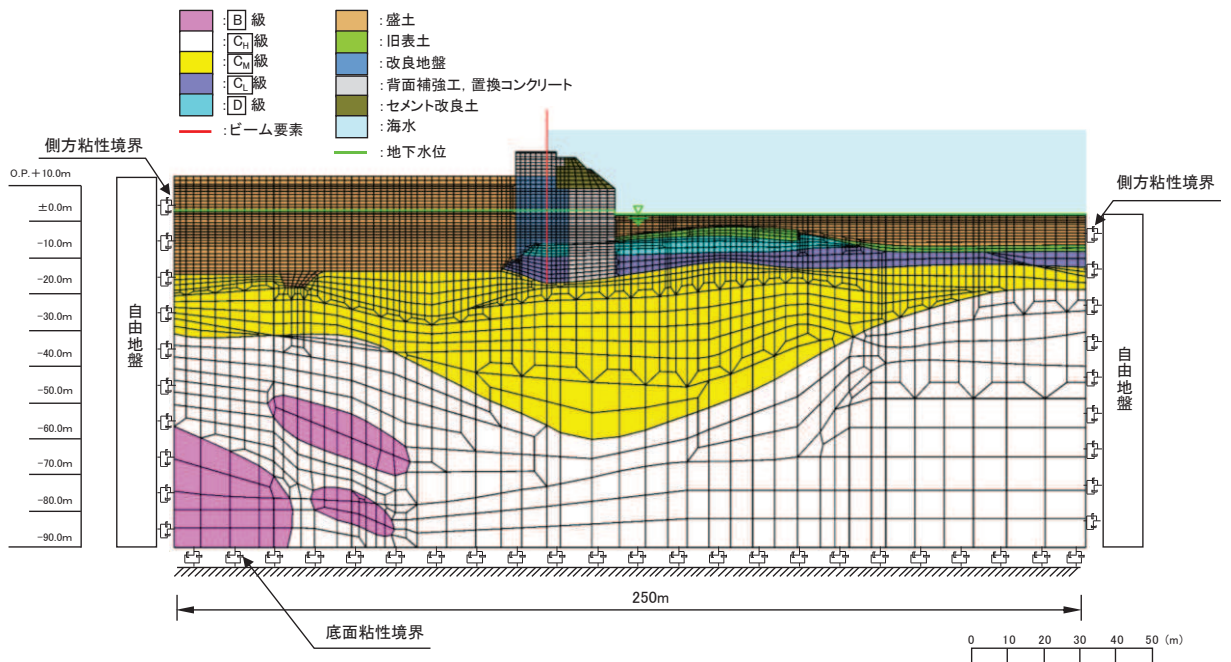


図 3-33 (3) 一般部の解析モデル (断面③)

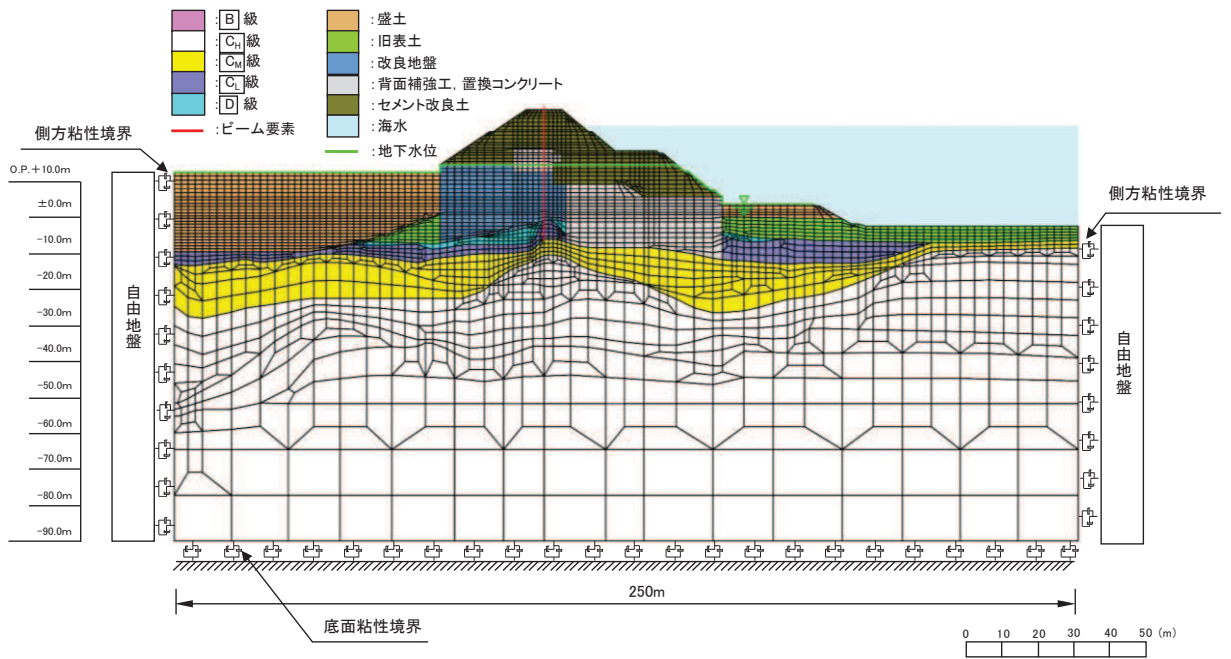


図 3-33 (4) 一般部の解析モデル (断面④)

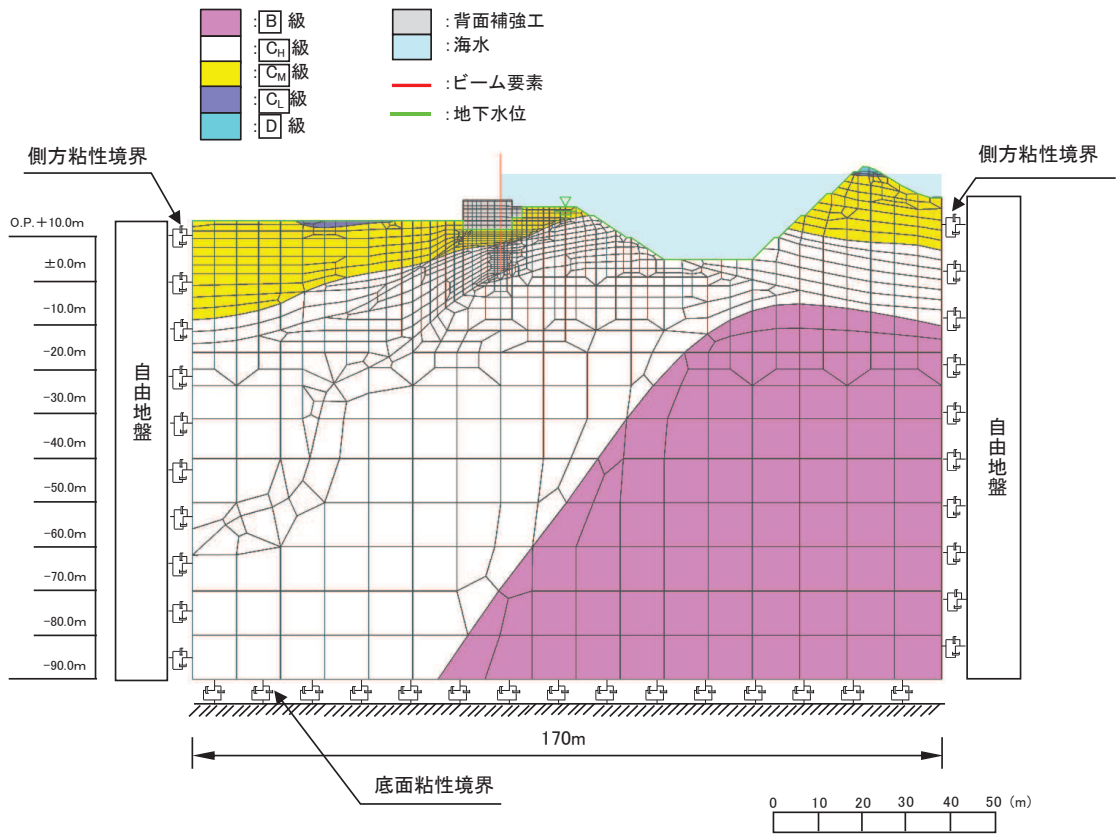


図 3-34(1) 岩盤部の解析モデル (断面⑤)

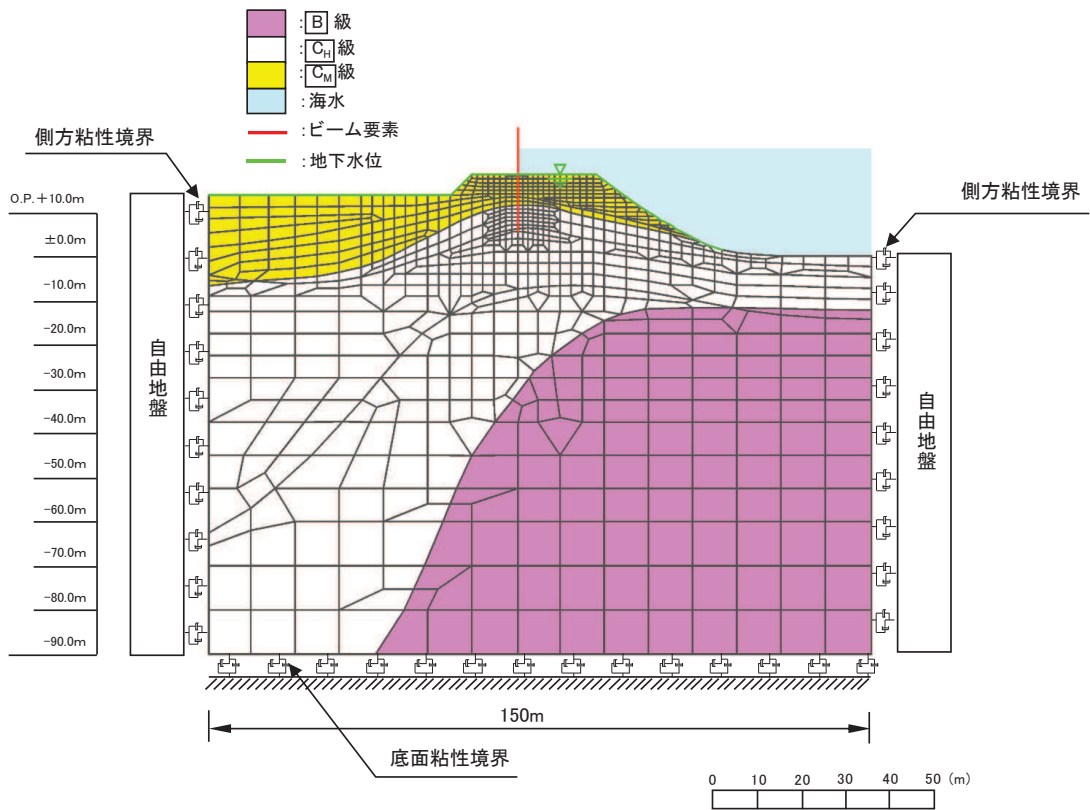


図 3-34(2) 岩盤部の解析モデル (断面⑥)

b. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様である。

c. 地盤の物性値

地盤の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様である。

d. 地下水位

地下水位は、「3.5.1 津波時」と同様であり、図 3-31 及び図 3-32 のとおりである。

(4) 評価方法

a. 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 曲げ軸力照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} \pm \frac{M_1}{Z_1} \dots \dots \dots (3.28)$$

ここで、

σ_1 : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼管杭に発生する曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼管杭の断面係数 (mm³) *

N_1 : 鋼管杭に発生する軸力 (kN)

A_1 : 鋼管杭の断面積 (mm²) *

注記 * : 鋼管杭の外側 1mm を腐食代として考慮する。

(b) せん断力照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_1 = \kappa_1 \frac{S_1}{A_1} \dots \dots \dots (3.29)$$

ここで、

τ_1 : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力度 (N/mm²)

S_1 : 鋼管杭に発生するせん断力 (kN)

A_1 : 鋼管杭の断面積 (mm²) *

κ_1 : せん断応力の分布係数 (2.0)

注記 * : 鋼管杭の外側 1mm を腐食代として考慮する。

(c) 漂流物防護工による偏心荷重

漂流物防護工は、図 3-17 に示すとおり、鋼管杭（鋼製遮水壁）からの張り出し構造となり、余震荷重により鋼管杭に偏心荷重（偏心モーメント、ねじり応力）が作用することが考えられる。

重畳時に鋼管杭に生じる最大鉛直震度は $K_v=0.7$ であり、常時に鋼管杭に生じる偏心モーメントの方が大きい。一方、鋼管杭に生じる常時の偏心モーメントは、重畳時により鋼管杭に生じる曲げモーメントを打ち消す方向となるため、重畳時に生じる常時の偏心モーメントは保守的に考慮しない。

また、鋼管杭に生じるねじり応力については、水平震度が大きい地震時の評価で代表させる。

b. 鋼製遮水壁及び漂流物防護工

鋼製遮水壁は、スキンプレート、垂直リブ及び水平リブで構成され、漂流物防護工は架台及び防護工で構成されている。防護工は架台に取り付けられており、架台はスキンプレートを挟んで水平リブと同じ高さに設置されている。鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図を図 3-35 に示す。

これらの各部材について、単純ばり又は片持ちばりでモデル化し、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

余震荷重については、鋼製遮水壁及び漂流物防護工の評価部材ごとにその自重を算定して設計用水平震度との積として設定する。設計水平震度については、重畳時の地震応答解析の結果に基づき、鋼製遮水壁及び漂流物防護工が設置される断面①～③、⑤及び⑥の鋼管杭に発生する最大水平加速度から以下の式により各断面の最大水平震度 k_h を算定した上で、保守的に設計水平震度を設定し、高さ方向に一律作用させることとする。

(水平震度算定式)

$$k_h = \frac{\alpha_{max}}{g} \dots \dots \dots (3.30)$$

α_{max} : 最大水平加速度 (m/s²)

g : 重力加速度 (m/s²)

また、動水圧については、重畳時の地震応答解析の結果に基づき、鋼製遮水壁及び漂流物防護工が設置される断面①～③、⑤及び⑥の鋼管杭に作用する動水圧から保守的に設定し、高さ方向に一律作用させることとする。

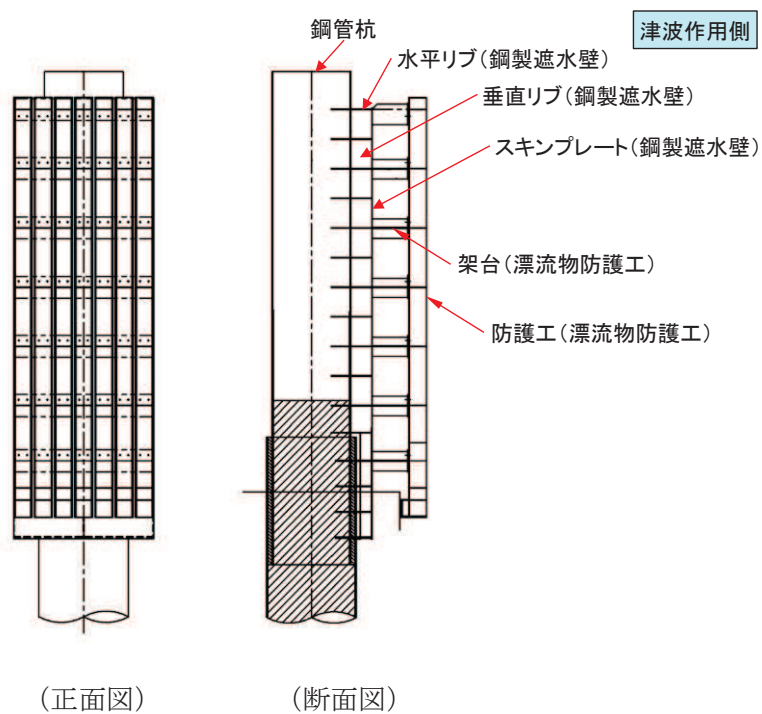


図 3-35 (1) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図 (正面図, 断面図)

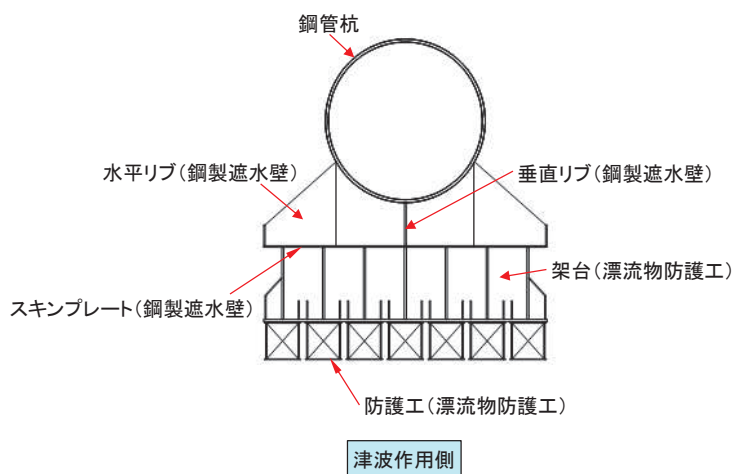


図 3-35 (2) 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図 (平面図)

(a) スキンプレート

スキンプレートの照査方法を図 3-36 に示す。水平リブを支点とする単純ばりでモデル化し、曲げモーメントを用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z_2} \dots \dots \dots (3.31)$$

$$M_2 = (P_2 + P_2' + P_2'') \frac{L^2}{8} \dots \dots \dots (3.32)$$

ここで、

- σ_2 : 曲げモーメントによるスキンプレートの発生応力度 (N/mm²)
- M_2 : スキンプレートに発生する曲げモーメント (kN・m)
- Z_2 : スキンプレートの断面係数 (mm³) *
- P_2 : スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧 (kN/m)
- P_2' : スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力 (kN/m)
- P_2'' : スキンプレートに作用する単位幅あたりの動水圧 (kN/m)
- L : 水平リブ間隔 (mm)

注記 * : スキンプレートの外側 1mm を腐食代として考慮する。

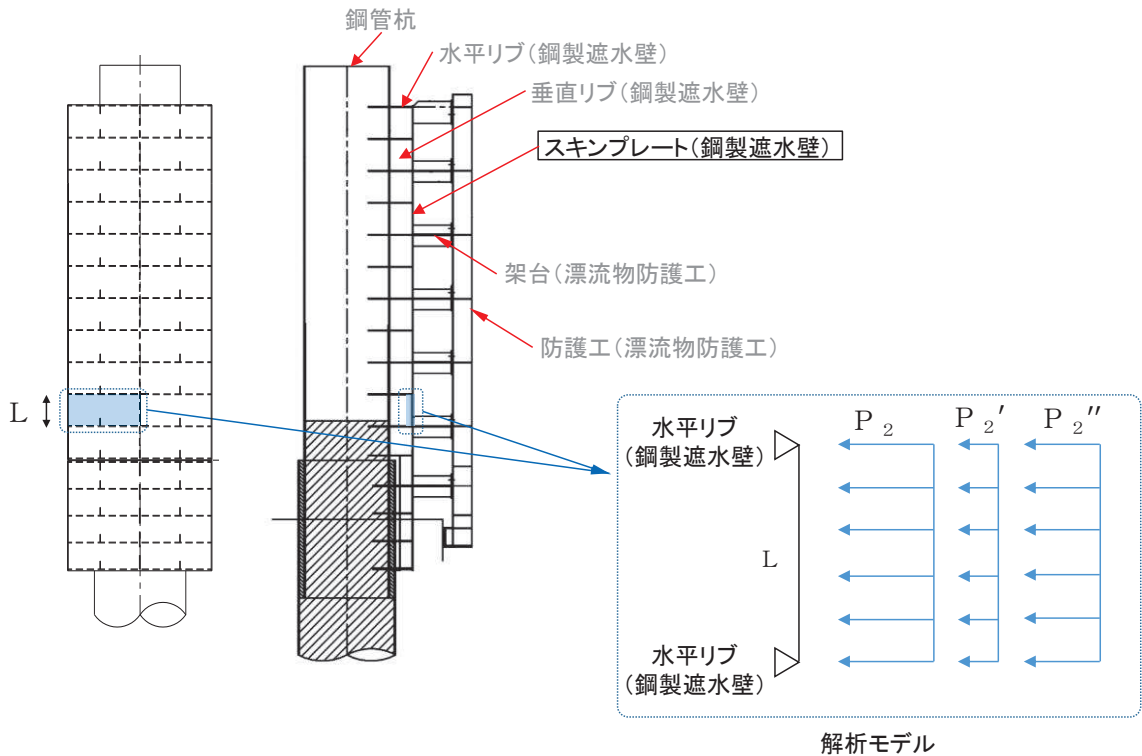


図 3-36 スキンプレートの照査概念図 (重畳時)

(b) 垂直リブ

垂直リブの照査方法を図 3-37 に示す。垂直リブに作用する軸力から算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_3 = \frac{P}{t \cdot L} \dots \dots \dots (3.33)$$

$$P_{H3} = (P_3 + P_3' + P_3'') \cdot L \cdot B \dots \dots \dots (3.34)$$

ここで、

- σ_3 : 垂直リブに発生する圧縮応力度 (N/mm²)
- P_{H3} : 受圧面積に発生する水平荷重 (kN)
- t : 垂直リブの板厚 (mm)
- L : 水平リブ間隔 (mm)
- P_3 : 垂直リブに作用する津波波圧 (kN/m²)
- P_3' : 垂直リブに作用する地震慣性力 (kN/m²)
- P_3'' : 垂直リブに作用する動水圧 (kN/m²)
- B : 鋼製遮水壁の総幅 (m)

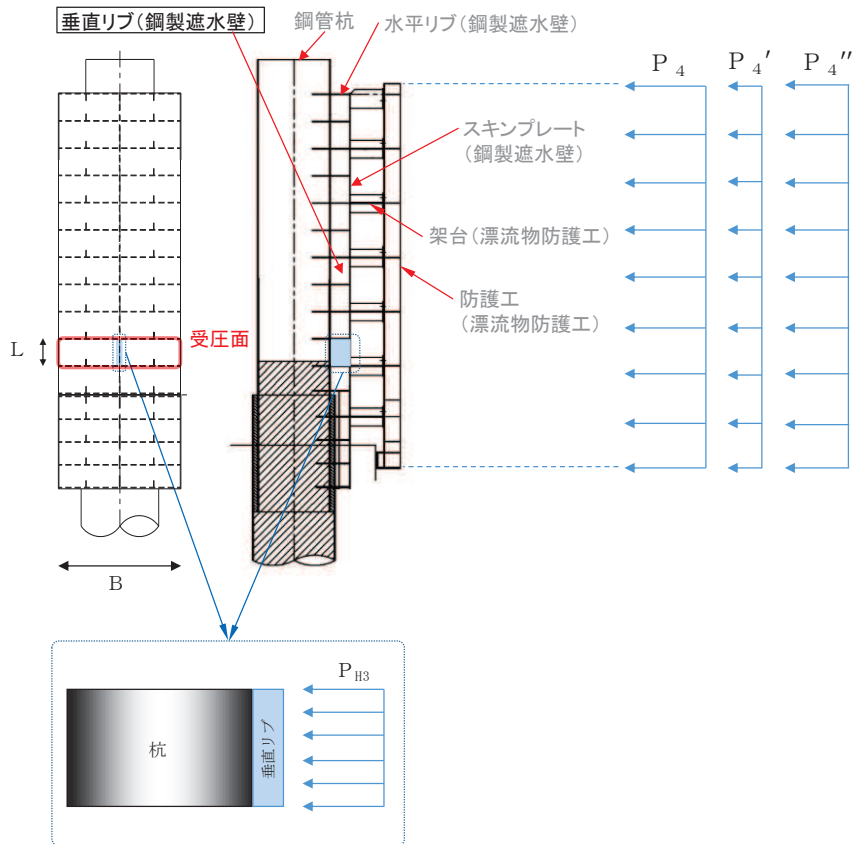


図 3-37 垂直リブの照査概念図 (重畳時)

(c) 水平リブ及び架台

水平リブ，スキンプレート及び架台を一つの充腹形断面とみなして，鋼管杭中心線上を固定支点とする片持ちばりでモデル化し，曲げモーメント及びせん断力よりそれぞれ算定される応力が許容限界以下であることを確認する。また，合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

水平リブ及び架台の照査方法を図 3-38 に示す。

曲げ応力照査（水平リブ）

$$\sigma_4 = \frac{M_4}{Z_4} \dots \dots \dots (3.35)$$

$$M_4 = \frac{1}{2} (P_4 + P_4' + P_4'') \cdot \ell \cdot b^2 \dots \dots \dots (3.36)$$

せん断力照査（水平リブ）

$$\tau_4 = \frac{S_4}{A_w} \dots \dots \dots (3.37)$$

$$S_4 = (P_4 + P_4' + P_4'') \cdot \ell \cdot b \dots \dots \dots (3.38)$$

合成応力照査（水平リブ）

$$\left(\frac{\sigma_4}{\sigma_{sa}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_4}{\tau_{sa}} \right)^2 \leq 1.2 \dots \dots \dots (3.39)$$

曲げ応力照査（架台）

$$\sigma_5 = \frac{M_5}{Z_5} \dots \dots \dots (3.40)$$

$$M_5 = \frac{1}{2} (P_4 + P_4' + P_4'') \cdot \ell \cdot b^2 \dots \dots \dots (3.41)$$

せん断力照査 (架台)

$$\tau_5 = \frac{S_5}{A_w} \dots \dots \dots (3.42)$$

$$S_5 = (P_4 + P_4' + P_4'') \cdot \ell \cdot b \dots \dots \dots (3.43)$$

合成応力照査 (架台)

$$\left(\frac{\sigma_5}{\sigma_{sa}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_5}{\tau_{sa}} \right)^2 \leq 1.2 \dots \dots \dots (3.44)$$

ここで,

- σ_4 : 曲げモーメントによる水平リブの発生応力度 (N/mm²)
- M_4 : 水平リブに発生する曲げモーメント (kN・m)
- Z_4 : 水平リブの断面係数 (mm³)
- P_4 : 水平リブ及び架台に作用する津波波圧 (kN/m²)
- P_4' : 水平リブ及び架台に作用する地震慣性力 (kN/m²)
- P_4'' : 水平リブ及び架台に作用する動水圧 (kN/m²)
- τ_4 : せん断力による水平リブの発生応力度 (N/mm²)
- S_4 : 水平リブに発生するせん断力 (kN)
- σ_5 : 曲げモーメントによる架台の発生応力度 (N/mm²)
- M_5 : 架台に発生する曲げモーメント (kN・m)
- Z_5 : 架台の断面係数 (mm³) *
- τ_5 : せん断力による架台の発生応力度 (N/mm²)
- S_5 : 架台に発生するせん断力 (kN)
- ℓ : 架台間隔 (mm)
- b : モーメントアーム長 (m)
- A_w : 水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積 (mm²) *
- σ_{sa} : 短期許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)
- τ_{sa} : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

注記 * : 架台は腐食代 2mm を考慮する。

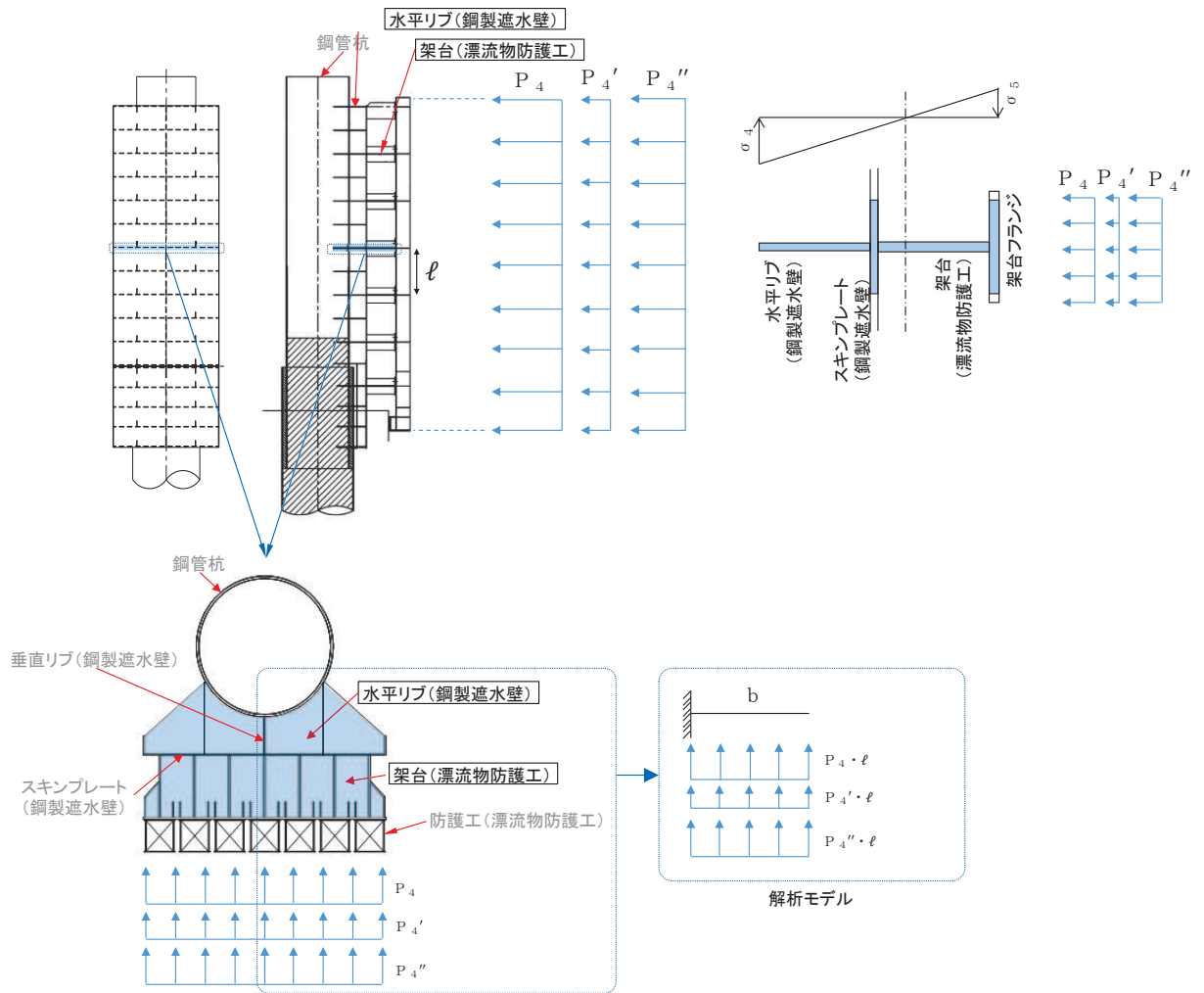


図 3-38 水平リブ及び架台の照査概念図 (重畳時)

(d) 防護工

防護工の照査方法を図 3-39 に示す。防護工は架台を支点とする単純ばりでモデル化し、曲げモーメント及びせん断力よりそれぞれ算定される応力が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

曲げ応力照査

$$\sigma_6 = \frac{M_6}{Z_6} \dots \dots \dots (3.45)$$

$$M_6 = (P_6 + P_6' + P_6'') \cdot b'' \cdot \frac{\ell^2}{8} \dots \dots \dots (3.46)$$

せん断力照査

$$\tau_6 = \frac{S_6}{A_{wc}} \dots \dots \dots (3.47)$$

$$S_6 = (P_6 + P_6' + P_6'') \cdot b'' \cdot \frac{\ell}{2} \dots \dots \dots (3.48)$$

合成応力照査

$$\left(\frac{\sigma_6}{\sigma_{sa}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_6}{\tau_{sa}} \right)^2 \leq 1.2 \dots \dots \dots (3.49)$$

ここで、

σ_6 : 曲げモーメントによる防護工の発生応力度 (N/mm²)

M_6 : 防護工に発生する曲げモーメント (kN・m)

Z_6 : 防護工の断面係数 (mm³) *

P_6 : 防護工に作用する津波波圧 (kN/m²)

P_6' : 防護工に作用する地震慣性力 (kN/m²)

P_6'' : 防護工に作用する動水圧 (kN/m²)

τ_6 : せん断力による防護工の発生応力度 (N/mm²)

S_6 : 防護工に発生するせん断力 (kN)

b'' : 防護工の幅 (m)

A_{wc} : 防護工のせん断抵抗断面積 (mm²) *

注記 * : 防護工は外側 1mm を腐食代として考慮する。

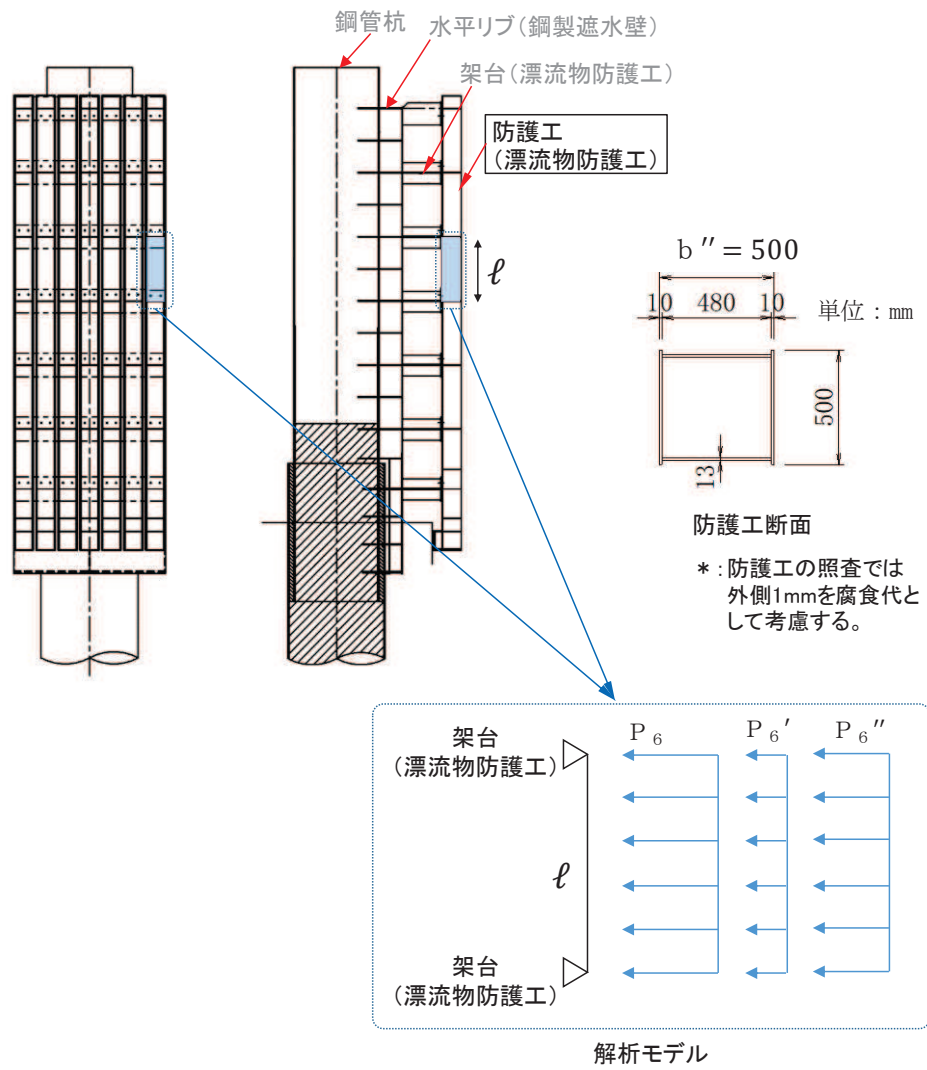


図 3-39 防護工の照査概念図 (重畳時)

c. 背面補強工

背面補強工の評価は、背面補強工を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

d. 置換コンクリート

置換コンクリートの評価は、置換コンクリートを通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

e. 改良地盤

改良地盤の評価は、改良地盤を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

また、改良地盤の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

f. セメント改良土

セメント改良土の評価は、セメント改良土を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

また、セメント改良土の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

g. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の重畳時の評価について、軸直交方向は、重畳時に生じる相対変位に、地震時における最終変位（以下「残留変位」という。）を加えた相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

なお、軸方向に生じる相対変位は、余震荷重のみによって生じるが、余震荷重は地震荷重に包絡されることから、保守的に地震時で算出される相対変位を考慮し、残留変位を加えた相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

h. 基礎地盤

重畳時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ を入力地震動とした地震応答解析から求められる基礎地盤の接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1～表 4-12 に示す。

4.1 津波時

表 4-1 (1) 強度評価に用いる条件 (断面①) (1/2)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	934	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	8993	kN
	固定荷重 (改良地盤)	8674	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	1846	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z ₂	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P ₂	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	168.1	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P ₃	垂直リブに作用する津波波圧	168.1	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z ₄	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z ₅	架台の断面係数	23390000	mm ³
P ₄	水平リブに作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
P ₅	架台に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
b'	衝突荷重のモーメントアーム長	1.75	m
A _w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z ₆	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P ₆	防護工に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A _{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-1 (2) 強度評価に用いる条件 (断面①) (2/2)

A_7	防護工取付けボルト断面積 (M24)	353	mm^2
n_7	防護工 1 本当たりのボルトの本数	14	本
L_8	梁部材の張出長	300	mm
p_8	梁部材に作用する津波波圧	103.6	kN/m
Z_8	梁部材工の断面係数	1448998	mm^3
P_c'	寸法の小さな漂流物の衝突荷重	200	kN
A_8	梁部材のせん断抵抗断面積	3136	mm^2
e_8	偏心量	500	mm
D_8	台座の長さ (曲げ方向)	400	mm
x_8	接地幅	148.5	mm
d_8	台座端部～アンカーの距離	100	mm
n_8	アンカーボルトの本数	4	本

表 4-2 (1) 強度評価に用いる条件 (断面②)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	883	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	7890	kN
	固定荷重 (改良地盤)	7355	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	1846	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z ₂	スキンプレーットの断面係数	96000	mm ³
P ₂	スキンプレーットに作用する単位幅あたりの津波波圧	168.1	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P ₃	垂直リブに作用する津波波圧	168.1	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z ₄	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z ₅	架台の断面係数	23390000	mm ³
P ₄	水平リブに作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
P ₅	架台に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
b'	衝突荷重のモーメントアーム長	1.75	m
A _w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z ₆	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P ₆	防護工に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A _{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-2 (2) 強度評価に用いる条件 (断面②)

A_7	防護工取付けボルト断面積 (M24)	353	mm^2
n_7	防護工 1 本当たりのボルトの本数	14	本
L_8	梁部材の張出長	300	mm
p_8	梁部材に作用する津波波圧	103.6	kN/m
Z_8	梁部材工の断面係数	1448998	mm^3
P_c'	寸法の小さな漂流物の衝突荷重	200	kN
A_8	梁部材のせん断抵抗断面積	3136	mm^2
e_8	偏心量	500	mm
D_8	台座の長さ (曲げ方向)	400	mm
x_8	接地幅	148.5	mm
d_8	台座端部～アンカーの距離	100	mm
n_8	アンカーボルトの本数	4	本

表 4-3 (1) 強度評価に用いる条件 (断面③) (1/2)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	748	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	7108	kN
	固定荷重 (改良地盤)	5386	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	1846	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z ₂	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P ₂	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	168.1	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P ₃	垂直リブに作用する津波波圧	168.1	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z ₄	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z ₅	架台の断面係数	23390000	mm ³
P ₄	水平リブに作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
P ₅	架台に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
b'	衝突荷重のモーメントアーム長	1.75	m
A _w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z ₆	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P ₆	防護工に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A _{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-3 (2) 強度評価に用いる条件 (断面③) (2/2)

A_7	防護工取付けボルト断面積 (M24)	353	mm^2
n_7	防護工 1 本当たりのボルトの本数	14	本
L_8	梁部材の張出長	300	mm
p_8	梁部材に作用する津波波圧	103.6	kN/m
Z_8	梁部材工の断面係数	1448998	mm^3
P_c'	寸法の小さな漂流物の衝突荷重	200	kN
A_8	梁部材のせん断抵抗断面積	3136	mm^2
e_8	偏心量	500	mm
D_8	台座の長さ (曲げ方向)	400	mm
x_8	接地幅	148.5	mm
d_8	台座端部～アンカーの距離	100	mm
n_8	アンカーボルトの本数	4	本

表 4-4 強度評価に用いる条件 (断面④)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	665	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	15724	kN
	固定荷重 (改良地盤)	12344	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	16262	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _t	遡上津波荷重 (O. P. +18.5m)	189.4	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
A ₇	防護工取付けボルト断面積 (M24)	353	mm ²
n ₇	防護工 1 本当たりのボルトの本数	14	本
L ₈	梁部材の張出長	300	mm
p ₈	梁部材の用する津波波圧	103.6	kN/m
Z ₈	梁部材工の断面係数	1448998	mm ³
P _c '	寸法の小さな漂流物の衝突荷重	200	kN
A ₈	梁部材のせん断抵抗断面積	3136	mm ²
e ₈	偏心量	500	mm
D ₈	台座の長さ (曲げ方向)	400	mm
x ₈	接地幅	148.5	mm
d ₈	台座端部～アンカーの距離	100	mm
n ₈	アンカーボルトの本数	4	本

表 4-5 (1) 強度評価に用いる条件 (断面⑤) (1/2)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	569	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	292	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z ₂	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P ₂	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	168.1	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P ₃	垂直リブに作用する津波波圧	168.1	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z ₄	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z ₅	架台の断面係数	23390000	mm ³
P ₄	水平リブに作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
P ₅	架台に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
b'	衝突荷重のモーメントアーム長	1.75	m
A _w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z ₆	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P ₆	防護工に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A _{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-5 (2) 強度評価に用いる条件 (断面⑤) (2/2)

A_7	防護工取付けボルト断面積 (M24)	353	mm^2
n_7	防護工 1 本当たりのボルトの本数	14	本
L_8	梁部材の張出長	300	mm
p_8	梁部材の用する津波波圧	103.6	kN/m
Z_8	梁部材工の断面係数	1448998	mm^3
P_c'	寸法の小さな漂流物の衝突荷重	200	kN
A_8	梁部材のせん断抵抗断面積	3136	mm^2
e_8	偏心量	500	mm
D_8	台座の長さ (曲げ方向)	400	mm
x_8	接地幅	148.5	mm
d_8	台座端部～アンカーの距離	100	mm
n_8	アンカーボルトの本数	4	本

表 4-6 (1) 強度評価に用いる条件 (断面⑥) (1/2)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	507	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	292	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z ₂	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P ₂	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	168.1	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P ₃	垂直リブに作用する津波波圧	168.1	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z ₄	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z ₅	架台の断面係数	23390000	mm ³
P ₄	水平リブに作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
P ₅	架台に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
b'	衝突荷重のモーメントアーム長	1.75	m
A _w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z ₆	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P ₆	防護工に作用する津波波圧	135.3	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A _{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-6 (2) 強度評価に用いる条件 (断面⑥) (2/2)

A_7	防護工取付けボルト断面積 (M24)	353	mm^2
n_7	防護工 1 本当たりのボルトの本数	14	本
L_8	梁部材の張出長	300	mm
p_8	梁部材に作用する津波波圧	103.6	kN/m
Z_8	梁部材工の断面係数	1448998	mm^3
P_c'	寸法の小さな漂流物の衝突荷重	200	kN
A_8	梁部材のせん断抵抗断面積	3136	mm^2
e_8	偏心量	500	mm
D_8	台座の長さ (曲げ方向)	400	mm
x_8	接地幅	148.5	mm
d_8	台座端部～アンカーの距離	100	mm
n_8	アンカーボルトの本数	4	本

4.2 重畳時

表 4-7(1) 強度評価に用いる条件 (断面①)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	934	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	8993	kN
	固定荷重 (改良地盤)	8674	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	1846	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z_2	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P_2	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	210	kN/m
P_2'	スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力	21	kN/m
P_2''	スキンプレートに作用する単位幅あたりの動水圧	100	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P_3	垂直リブに作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_3'	垂直リブに作用する地震慣性力	21	kN/m ²
P_3''	垂直リブに作用する動水圧	100	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z_4	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z_5	架台の断面係数	23390000	mm ³
P_4	水平リブ及び架台に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_4'	水平リブ及び架台に作用する地震慣性力	112	kN/m ²
P_4''	水平リブ及び架台に作用する動水圧	100	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
A_w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z_6	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P_6	防護工に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_6'	防護工に作用する地震慣性力	35	kN/m ²
P_6''	防護工に作用する動水圧	100	kN/m ²

表 4-7(2) 強度評価に用いる条件 (断面①)

記号	定義	数値	単位
b''	防護工の幅	0.5	m
A_{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-8(1) 強度評価に用いる条件 (断面②)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	883	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	7890	kN
	固定荷重 (改良地盤)	7355	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	1846	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z_2	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P_2	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	210	kN/m
P_2'	スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力	21	kN/m
P_2''	スキンプレートに作用する単位幅あたりの動水圧	100	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P_3	垂直リブに作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_3'	垂直リブに作用する地震慣性力	21	kN/m ²
P_3''	垂直リブに作用する動水圧	100	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z_4	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z_5	架台の断面係数	23390000	mm ³
P_4	水平リブ及び架台に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_4'	水平リブ及び架台に作用する地震慣性力	112	kN/m ²
P_4''	水平リブ及び架台に作用する動水圧	100	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
A_w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z_6	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P_6	防護工に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_6'	防護工に作用する地震慣性力	35	kN/m ²
P_6''	防護工に作用する動水圧	100	kN/m ²

表 4-8(2) 強度評価に用いる条件 (断面②)

記号	定義	数値	単位
b''	防護工の幅	0.5	m
A_{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-9(1) 強度評価に用いる条件 (断面③)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	748	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	319	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	7108	kN
	固定荷重 (改良地盤)	5386	kN
	固定荷重 (セメント改良土)	1846	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z_2	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P_2	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	210	kN/m
P_2'	スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力	21	kN/m
P_2''	スキンプレートに作用する単位幅あたりの動水圧	100	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P_3	垂直リブに作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_3'	垂直リブに作用する地震慣性力	21	kN/m ²
P_3''	垂直リブに作用する動水圧	100	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z_4	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z_5	架台の断面係数	23390000	mm ³
P_4	水平リブ及び架台に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_4'	水平リブ及び架台に作用する地震慣性力	112	kN/m ²
P_4''	水平リブ及び架台に作用する動水圧	100	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
A_w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z_6	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P_6	防護工に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_6'	防護工に作用する地震慣性力	35	kN/m ²
P_6''	防護工に作用する動水圧	100	kN/m ²

表 4-9(2) 強度評価に用いる条件 (断面③)

記号	定義	数値	単位
b''	防護工の幅	0.5	m
A_{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-10 強度評価に用いる条件（断面④）

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重（鋼管杭）	665	kN
	固定荷重（鋼製遮水壁）	319	kN
	固定荷重（背面補強工）	1916	kN
	固定荷重（置換コンクリート）	15724	kN
	固定荷重（改良地盤）	12344	kN
	固定荷重（セメント改良土）	16262	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _t	遡上津波荷重（O.P.+18.5m）	189.4	kN/m ²
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数（2.0）	2.0	—

表 4-11 強度評価に用いる条件 (断面⑤)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	569	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	292	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
	固定荷重 (背面補強工)	1916	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z_2	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P_2	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	210	kN/m
P_2'	スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力	21	kN/m
P_2''	スキンプレートに作用する単位幅あたりの動水圧	100	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P_3	垂直リブに作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_3'	垂直リブに作用する地震慣性力	21	kN/m ²
P_3''	垂直リブに作用する動水圧	100	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z_4	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z_5	架台の断面係数	23390000	mm ³
P_4	水平リブ及び架台に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_4'	水平リブ及び架台に作用する地震慣性力	112	kN/m ²
P_4''	水平リブ及び架台に作用する動水圧	100	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
A_w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z_6	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P_6	防護工に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_6'	防護工に作用する地震慣性力	35	kN/m ²
P_6''	防護工に作用する動水圧	100	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A_{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

表 4-12 強度評価に用いる条件 (断面⑥)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	507	kN
	固定荷重 (鋼製遮水壁)	292	kN
	固定荷重 (漂流物防護工)	392	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³
κ_1	せん断応力の分布係数 (2.0)	2.0	—
Z_2	スキンプレートの断面係数	96000	mm ³
P_2	スキンプレートに作用する単位幅あたりの津波波圧	210	kN/m
P_2'	スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力	21	kN/m
P_2''	スキンプレートに作用する単位幅あたりの動水圧	100	kN/m
L	水平リブ間隔	811	mm
P_3	垂直リブに作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_3'	垂直リブに作用する地震慣性力	21	kN/m ²
P_3''	垂直リブに作用する動水圧	100	kN/m ²
t	垂直リブの板厚	20	mm
B	鋼製遮水壁の総幅	4.0	m
Z_4	水平リブの断面係数	17870000	mm ³
Z_5	架台の断面係数	23390000	mm ³
P_4	水平リブ及び架台に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_4'	水平リブ及び架台に作用する地震慣性力	112	kN/m ²
P_4''	水平リブ及び架台に作用する動水圧	100	kN/m ²
ℓ	架台間隔	1622	mm
b	モーメントアーム長	2.0	m
A_w	水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積	36200	mm ²
Z_6	防護工の断面係数	3041000	mm ³
P_6	防護工に作用する津波波圧	210	kN/m ²
P_6'	防護工に作用する地震慣性力	35	kN/m ²
P_6''	防護工に作用する動水圧	100	kN/m ²
b''	防護工の幅	0.5	m
A_{wc}	防護工のせん断抵抗断面積	11520	mm ²

5. 評価結果

5.1 津波時

5.1.1 鋼管杭の評価結果

(1) 曲げ軸力照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5-1 に、鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における評価時刻での断面力図を図 5-1～図 5-6 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-2～表 5-7 に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、鋼管杭に発生する曲げ応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 鋼管杭断面諸元 (断面①～断面⑥)

杭種		設置標高	板厚* ² (mm)	断面積 (mm ²)	断面係数 (mm ³)	
A	鋼管杭 (上杭) φ 2200	SKK490 (t=25mm) O. P. +30.0m* ¹ ～ O. P. +23.5m	24	1.639×10 ⁵	8.813×10 ⁷	
B		SM570 (t=40mm) O. P. +23.5m～ O. P. +21.0m O. P. +21.0m～ O. P. +20.0m	39	2.645×10 ⁵	1.403×10 ⁸	
C	鋼管杭 (下杭) φ 2500	SM570 (t=35mm)	長杭 O. P. +20.0m～ O. P. ±0.0m	34	2.632×10 ⁵	1.599×10 ⁸
D			短杭 断面⑤ O. P. +20.0m～ O. P. +5.0m			
			断面⑥ O. P. +20.0m ～ +8.0m			
D	SKK490 (t=25mm)	長杭 O. P. ±0.0m～ 杭下端	24	1.865×10 ⁵	1.143×10 ⁸	
		短杭 断面⑤ O. P. +5.0m～ O. P. +2.5m				
		断面⑥ O. P. +8.0m ～ +5.5m				

注記 *1: 岩盤部 (断面⑤及び断面⑥) は O. P. +29.0m。

*2: 日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編に基づき腐食代 1 mm を考慮する。杭体の断面照査において、腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

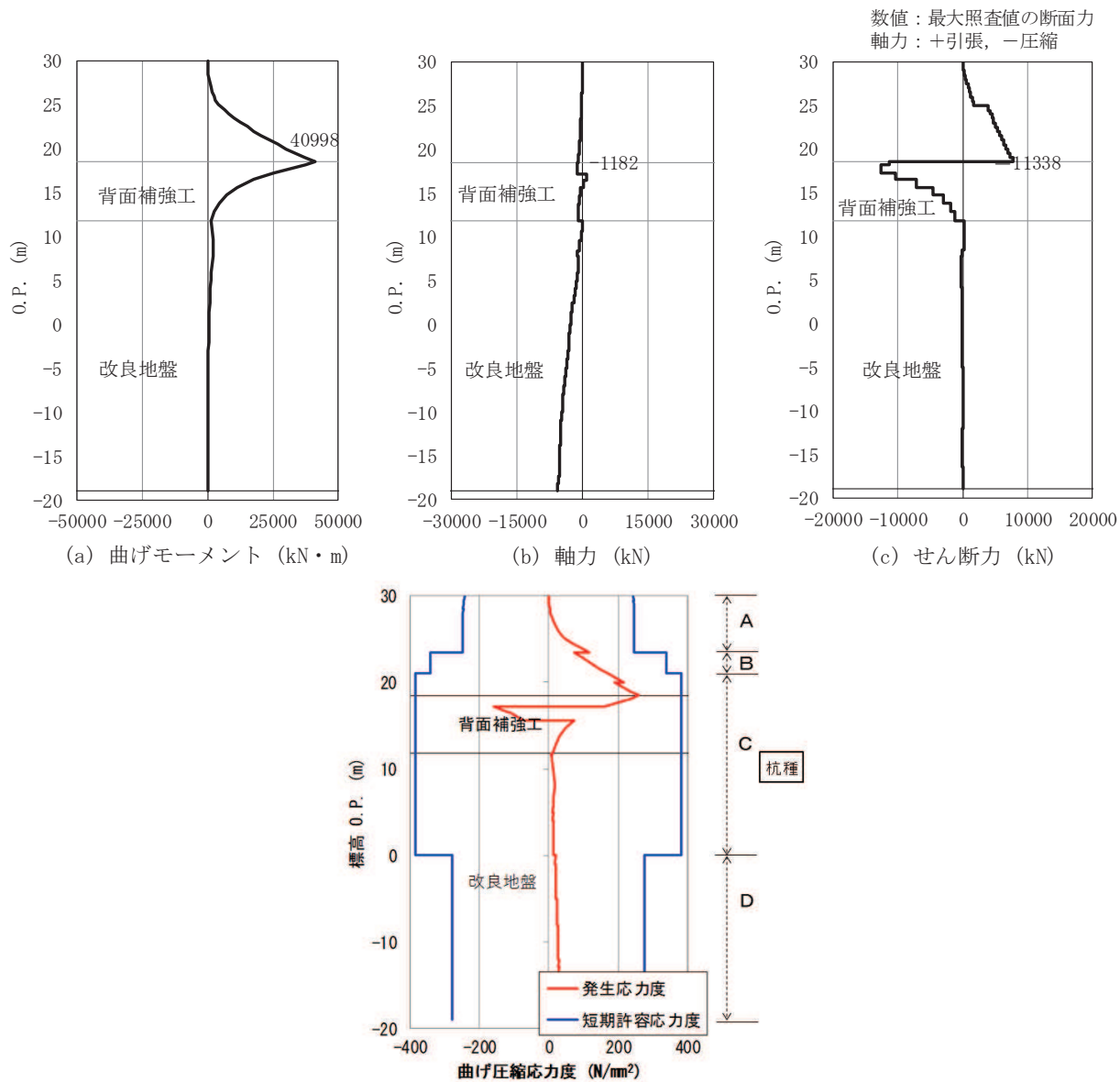


図 5-1 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
及び曲げ圧縮応力度 (断面①)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

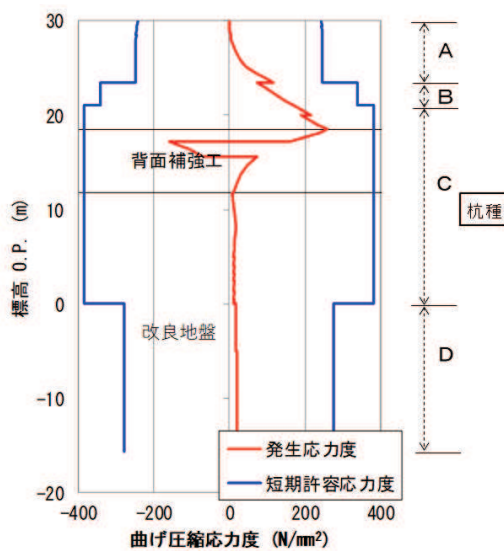
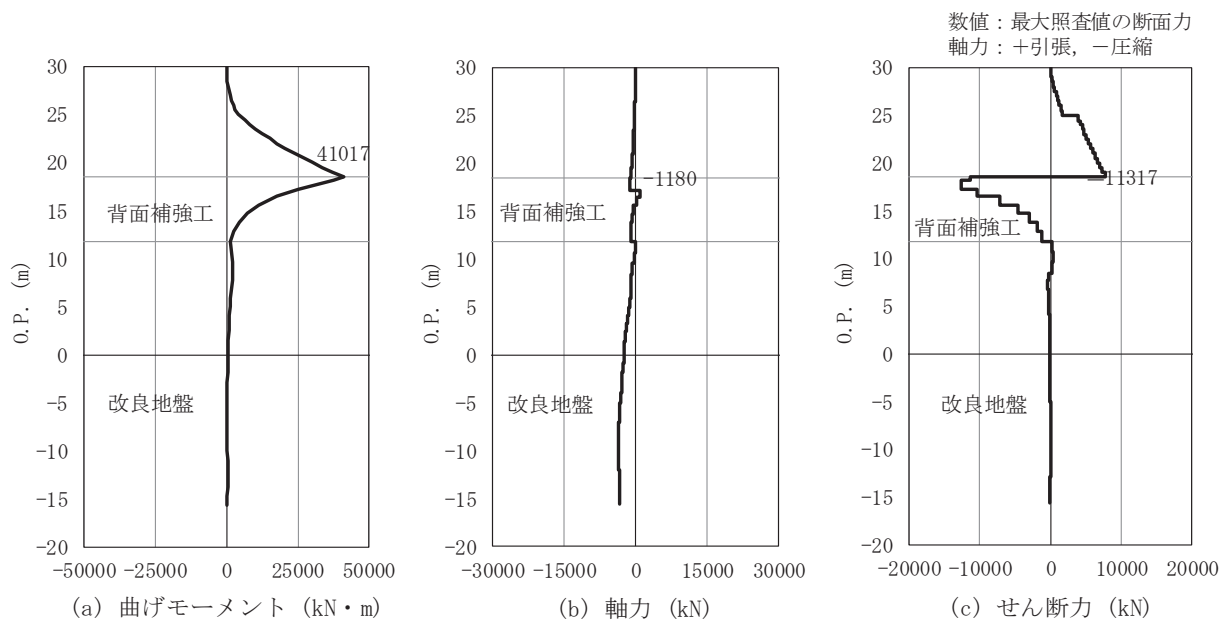


図 5-2 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
及び曲げ圧縮応力度 (断面②)
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

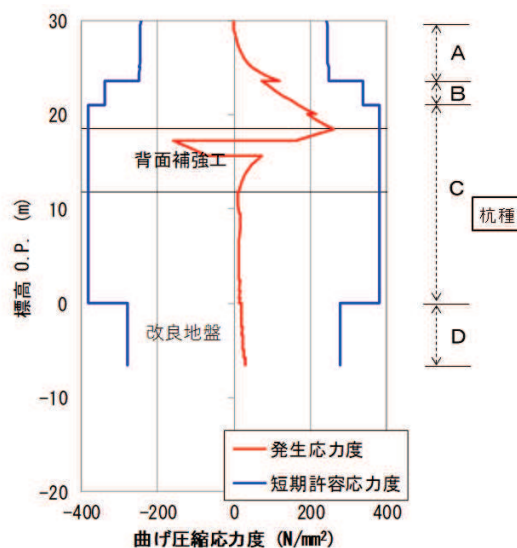
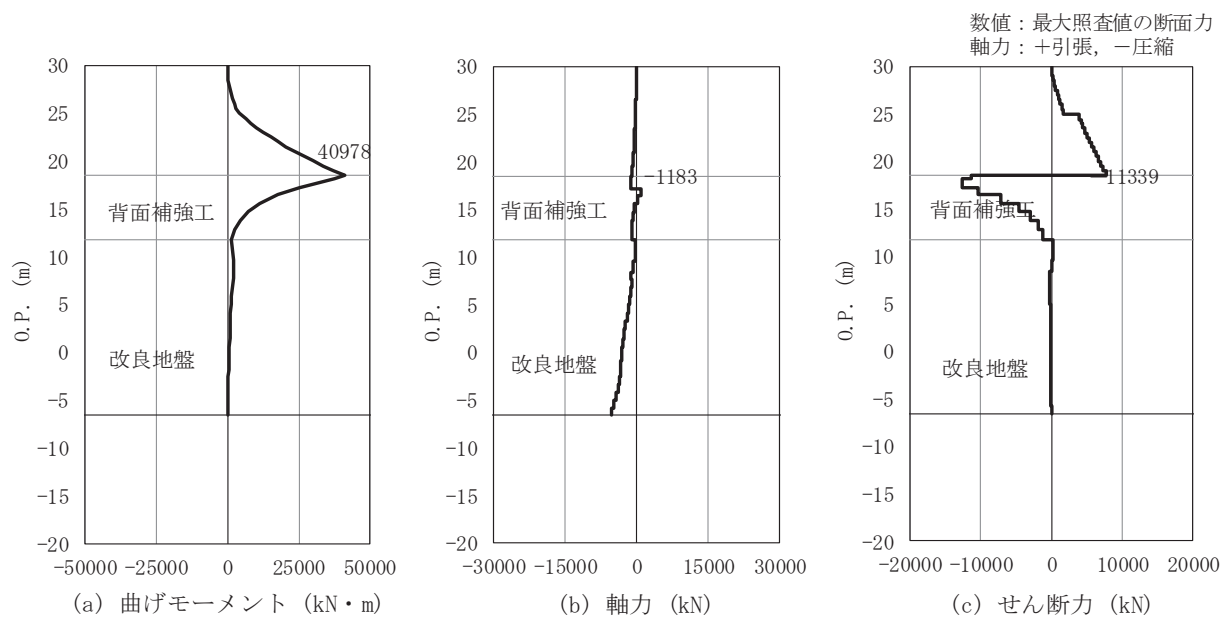


図 5-3 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
及び曲げ圧縮応力度（断面③）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値+1σ）

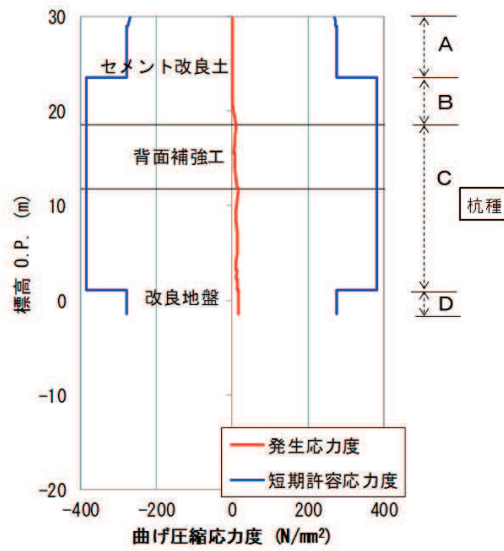
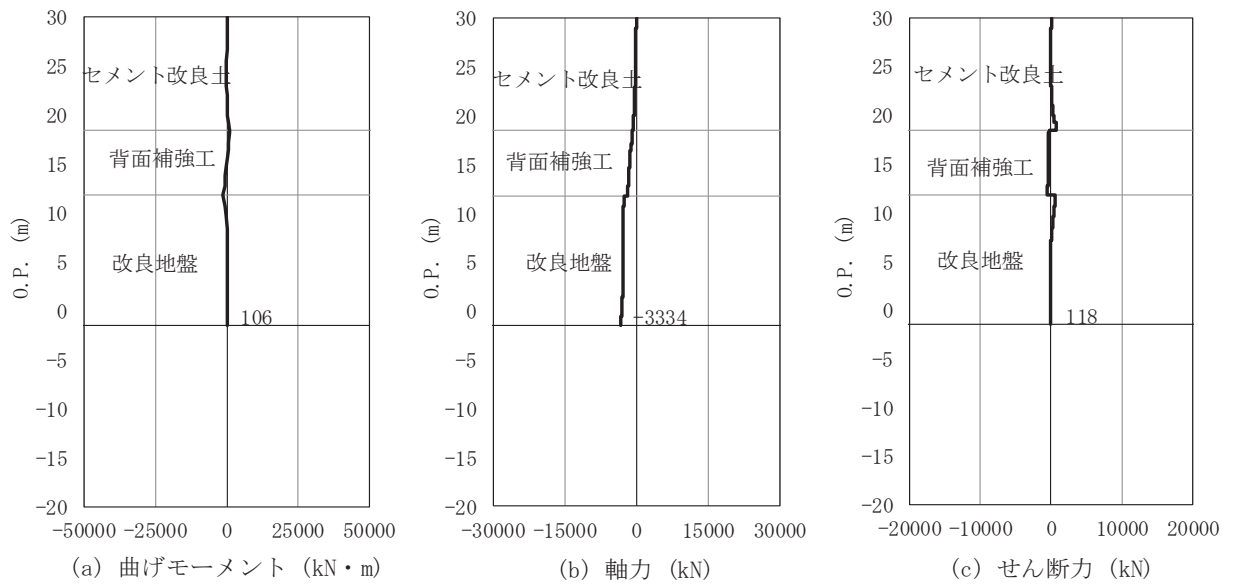


図 5-4 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
及び曲げ圧縮応力度 (断面④)
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

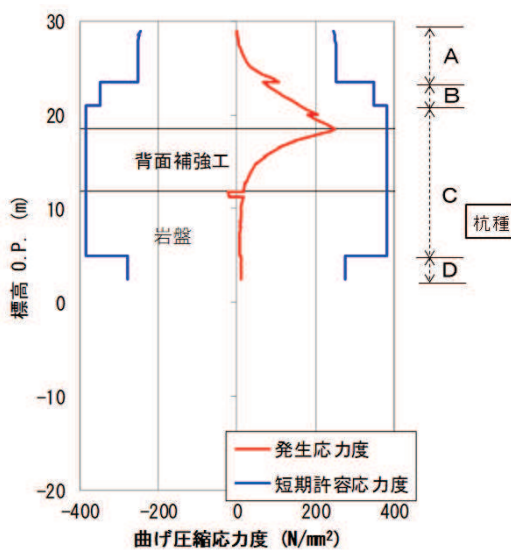
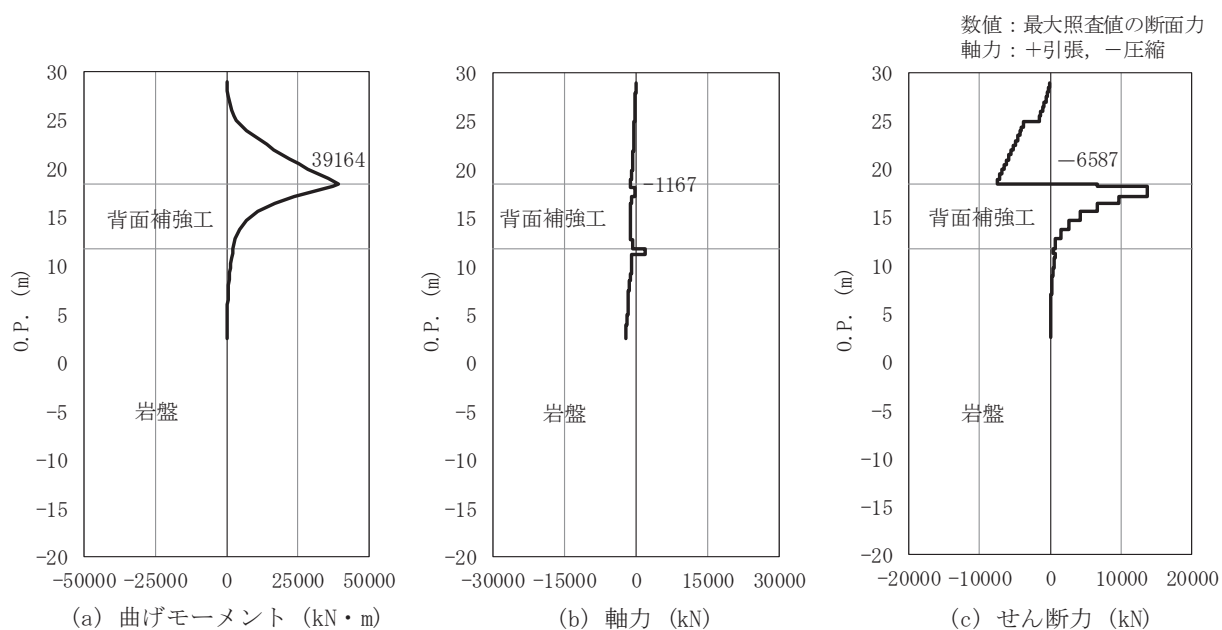


図 5-5 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
及び曲げ圧縮応力度 (断面⑤)

(解析ケース①～③において、発生断面力は同値であり、
本図では解析ケース①における図を示す)

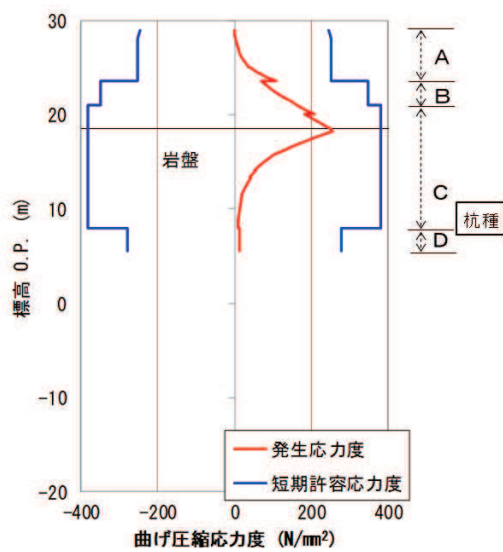
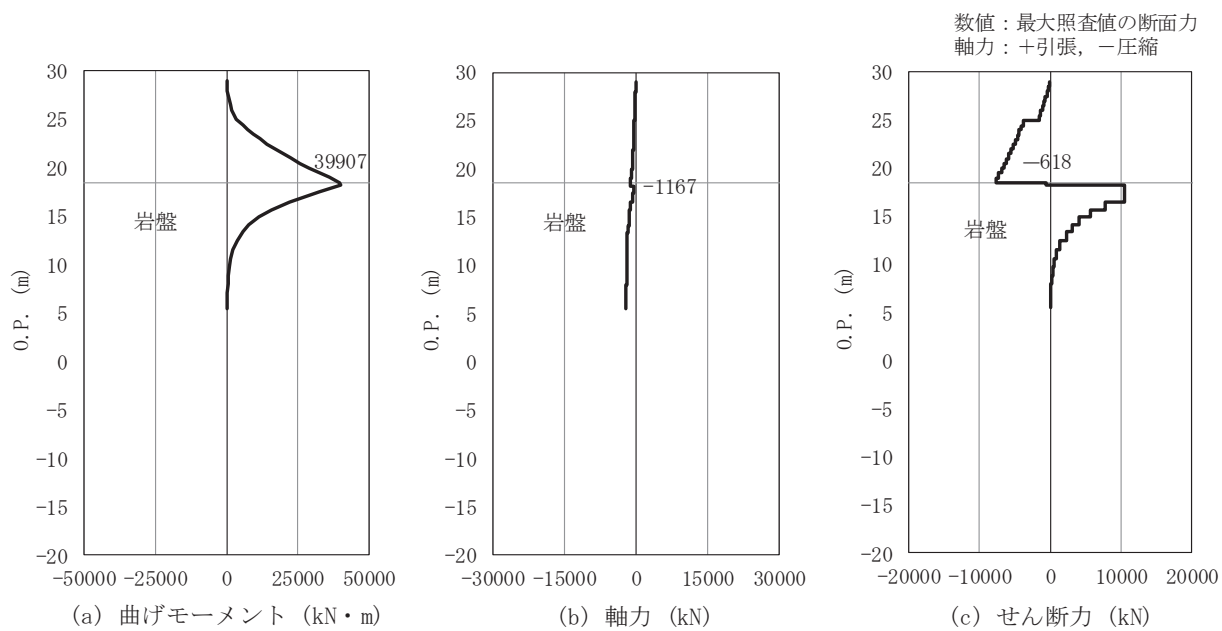


図 5-6 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
及び曲げ圧縮応力度 (断面⑥)
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

表 5-2 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (断面①)

杭種	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	②	40998	-1182	261	382	0.69

表 5-3 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (断面②)

杭種	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	②	41017	-1180	261	382	0.69

表 5-4 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (断面③)

杭種	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	②	40978	-1183	261	382	0.69

表 5-5 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (断面④)

杭種	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
D	③	106	-3334	19	277	0.07

表 5-6 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (断面⑤)

杭種	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	①②③*	39164	-1167	250	382	0.66

注記 * : 解析ケース①～③において, 発生断面力は同値である。

表 5-7 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (断面⑥)

杭種	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	③	39907	-1167	255	382	0.67

(2) せん断力照査

断面計算に用いた断面諸元は表 5-1 に、鋼管杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力図を図 5-7～図 5-12 に、せん断破壊に対する照査値を表 5-8～表 5-13 に示す。

鋼管杭に発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

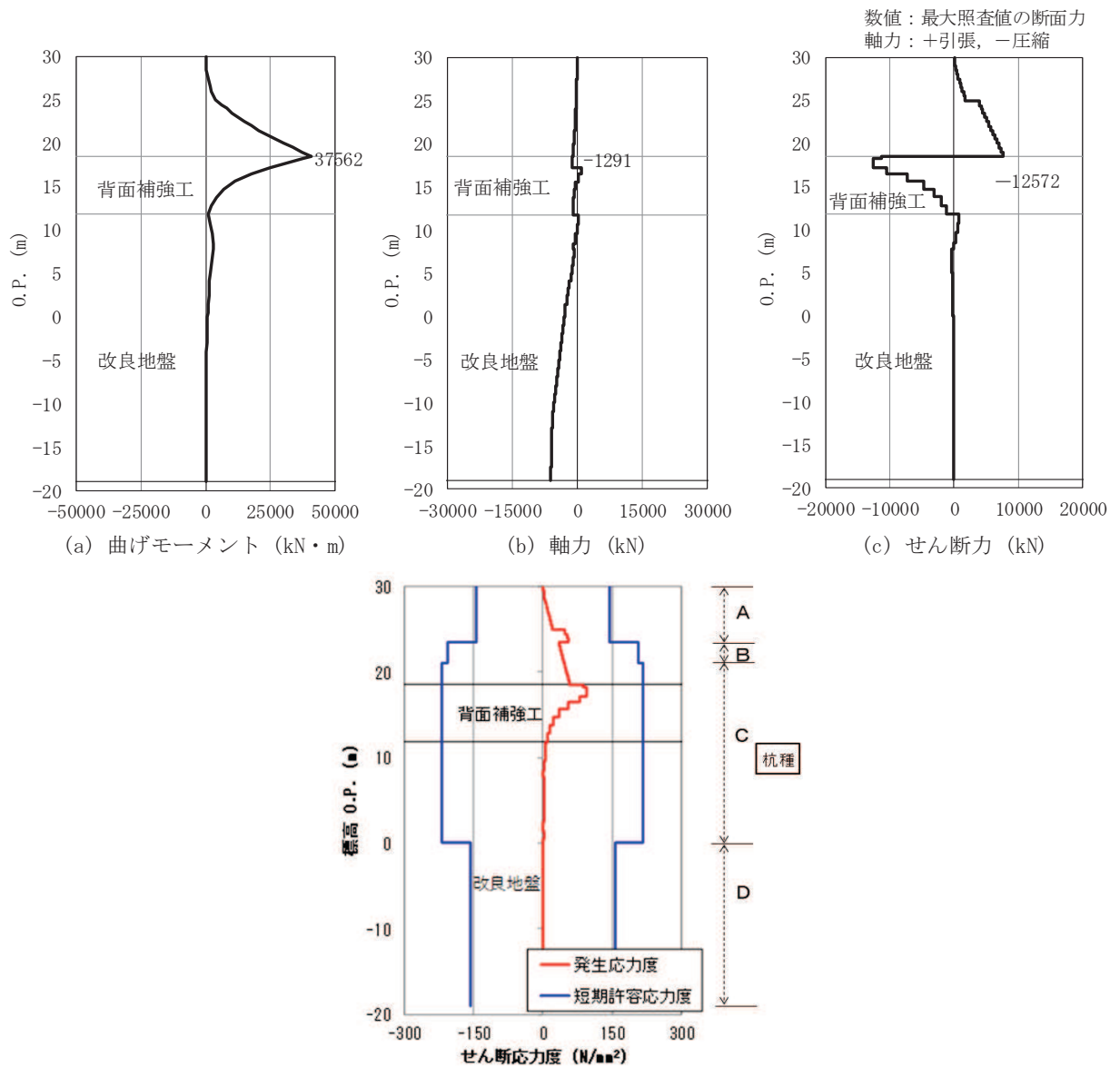


図 5-7 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力及び曲げ圧縮応力度 (断面①)

解析ケース①：基本ケース

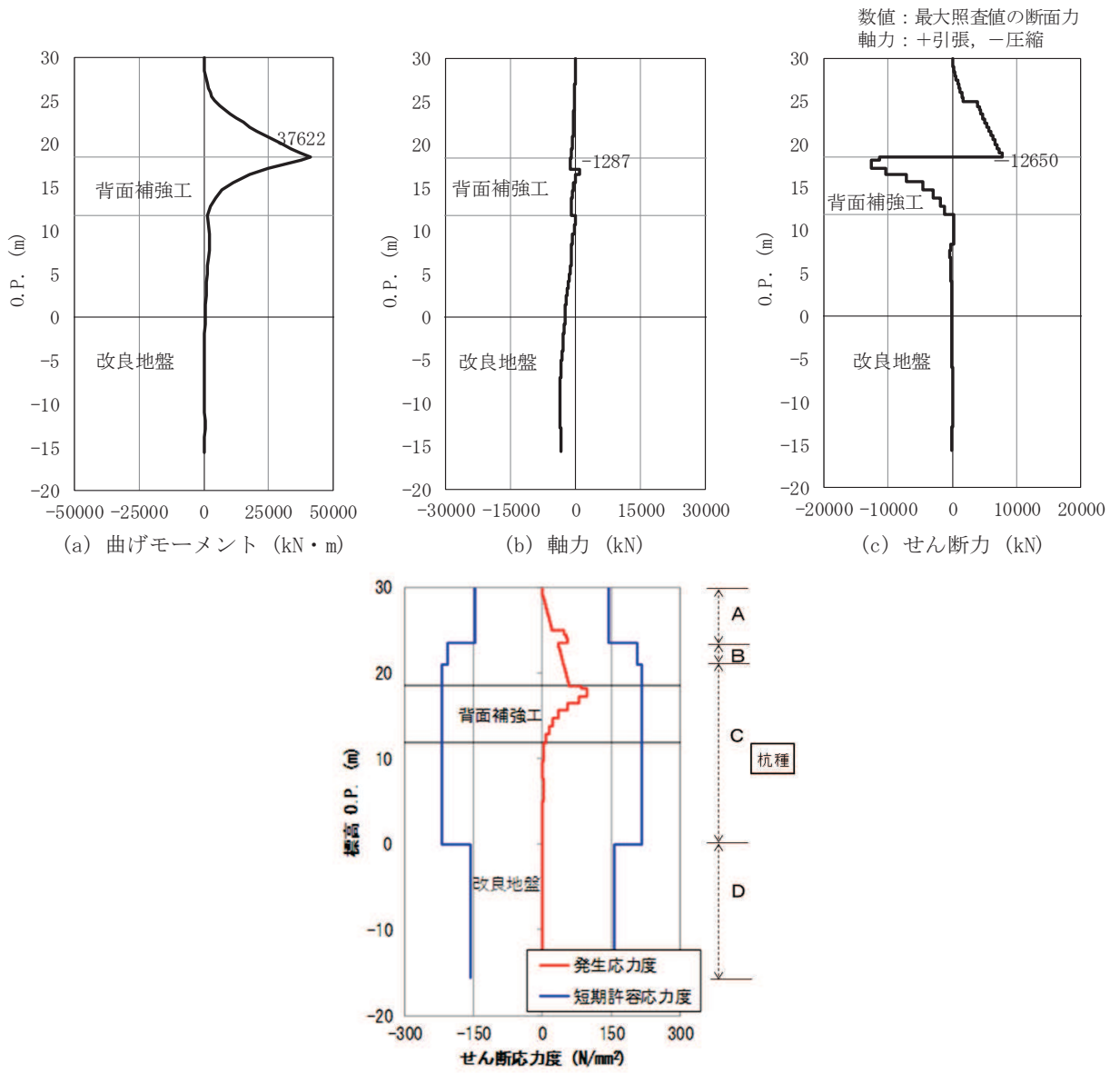


図 5-8 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力及び曲げ圧縮応力度 (断面②)
 解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値+1σ)

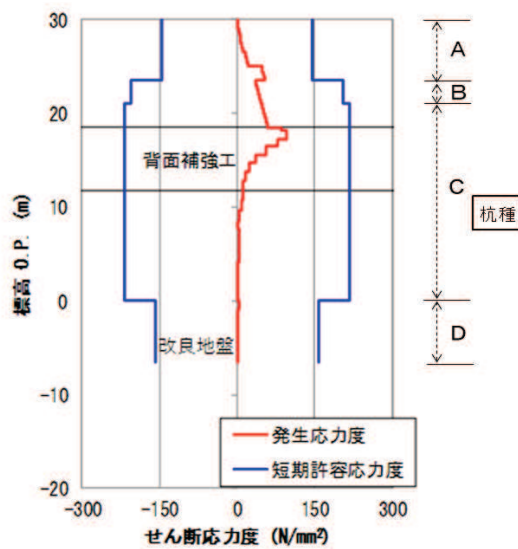
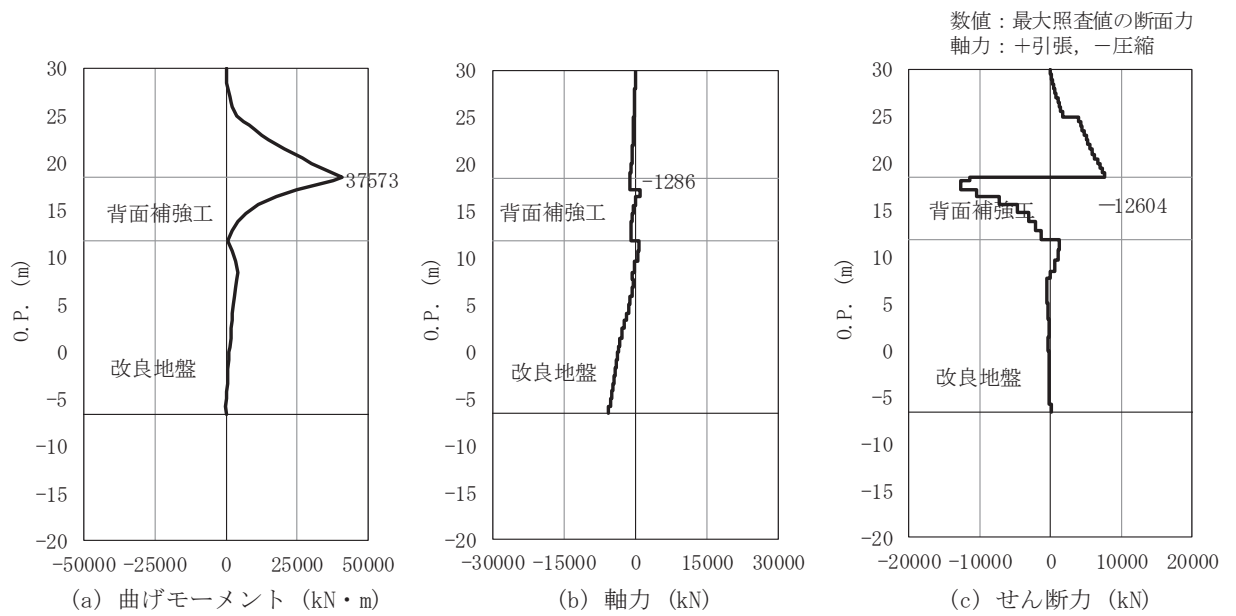


図 5-9 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力及び曲げ圧縮応力度 (断面③)
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

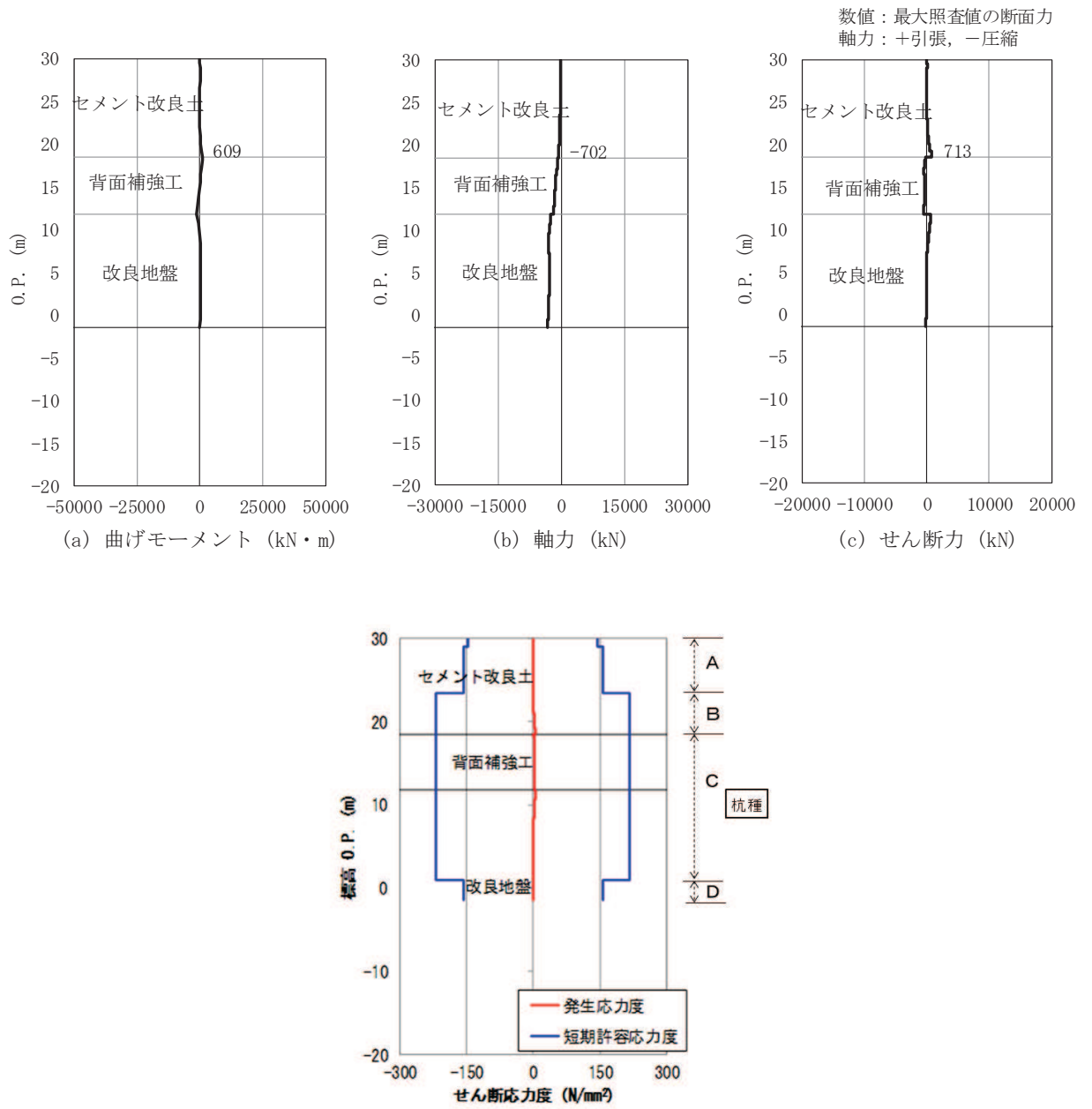


図 5-10 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力及び曲げ圧縮応力度 (断面④)
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

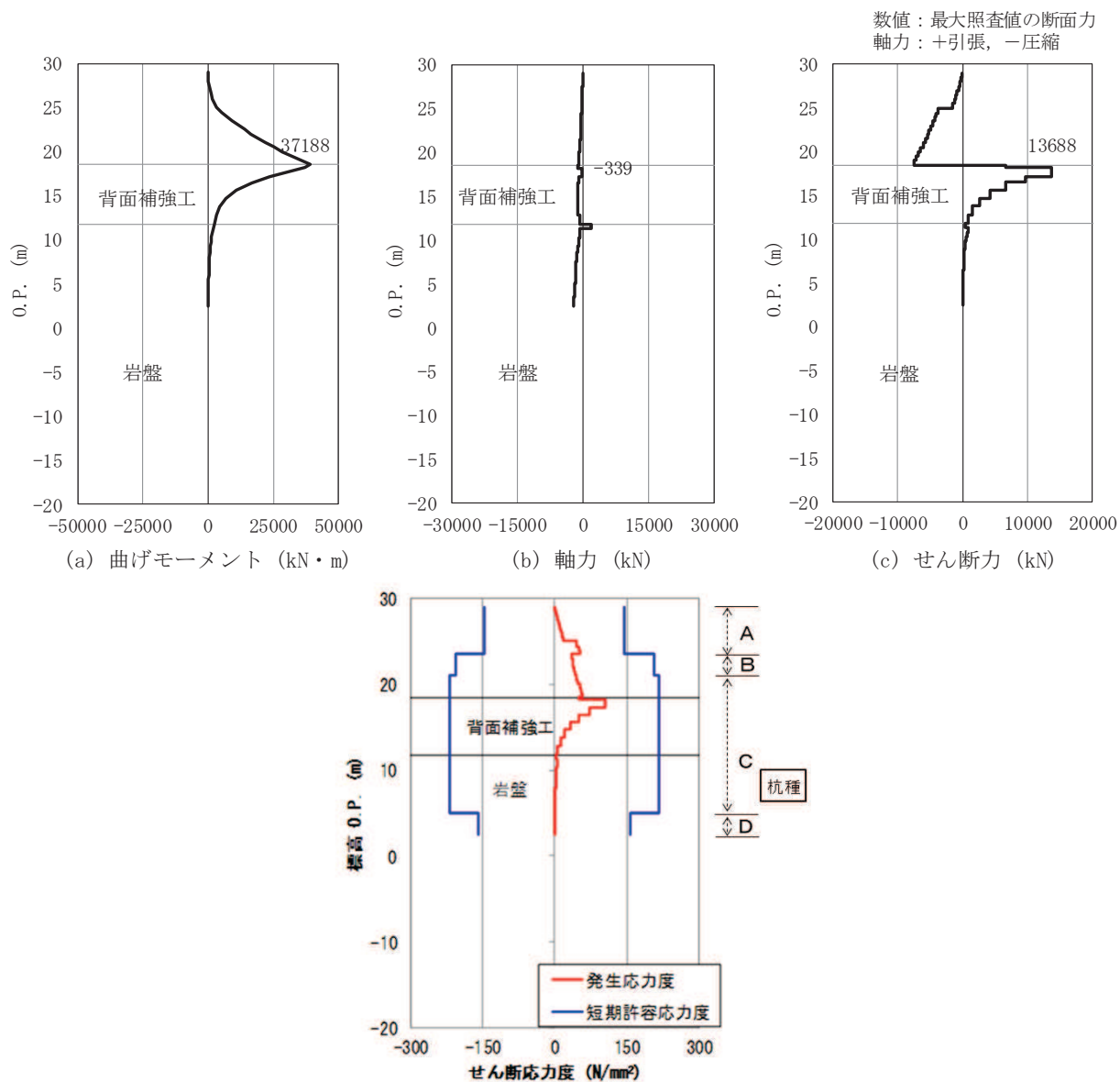


図 5-11 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力及び曲げ圧縮応力度 (断面⑤)
(解析ケース①～③において、発生断面力は同値である。)

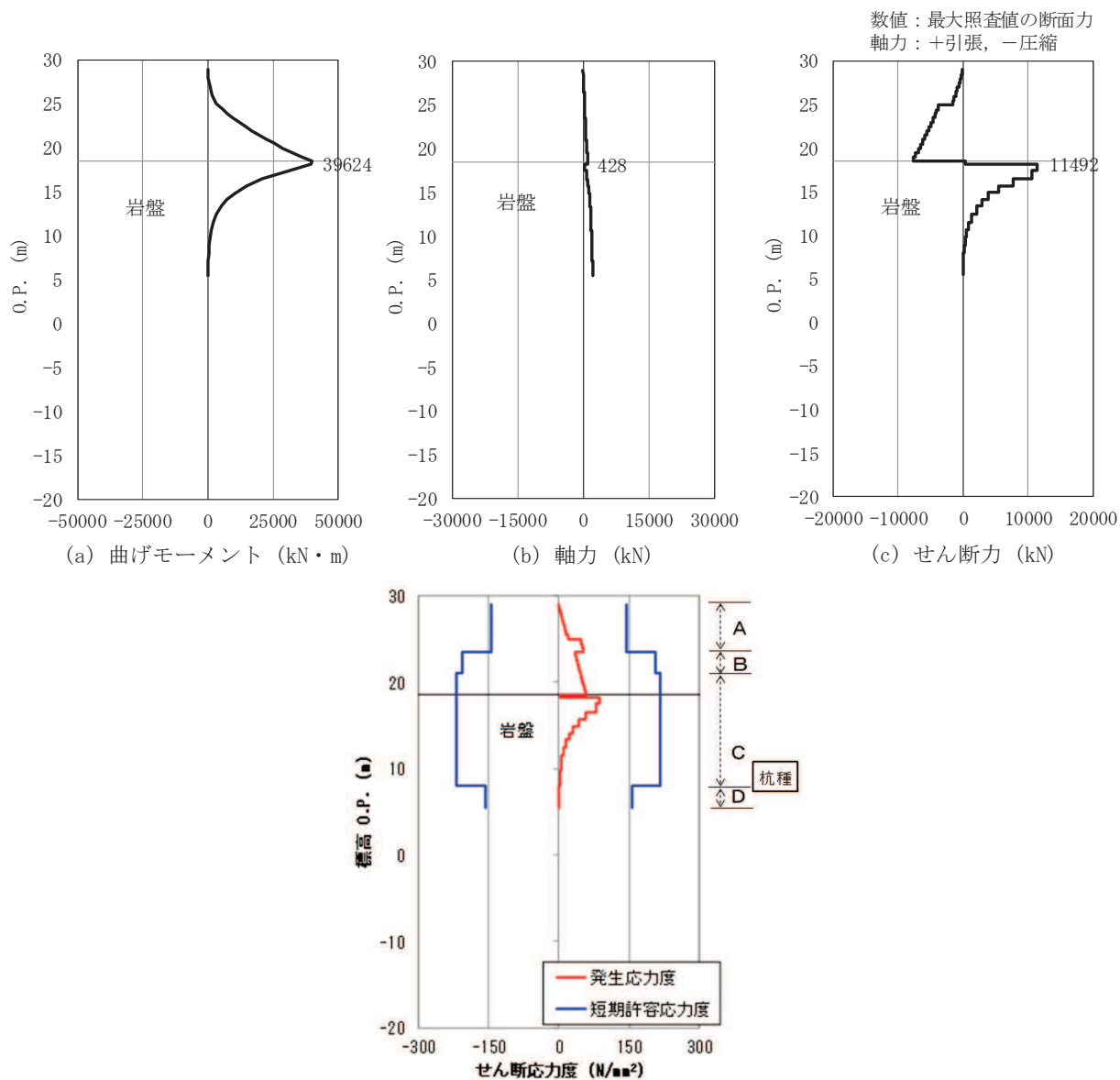


図 5-12 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力及び曲げ圧縮応力度（断面⑥）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値+1σ）

表 5-8 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面①）

杭種	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
C	①	-12572	96	217	0.45

表 5-9 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面②）

杭種	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
C	②	-12650	97	217	0.45

表 5-10 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面③）

杭種	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
C	③	-12604	96	217	0.45

表 5-11 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面④）

杭種	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
C	③	713	6	217	0.03

表 5-12 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面⑤）

杭種	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
C	①②③*	13688	105	217	0.49

注記 *：解析ケース①～③において，発生断面力は同値である。

表 5-13 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面⑥）

杭種	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
C	②	11492	88	217	0.41

(3) 漂流物防護工によるねじり応力

漂流物衝突荷重を漂流物防護工の端部に作用させた場合の鋼管杭に発生するねじれを考慮した評価結果を表 5-14 に示す。検討ケースはせん断破壊に対する照査値が最も厳しい「断面⑤，解析ケース③」とした。漂流物防護工のねじれ応力を考慮することで，せん断応力度が 1 割程度上昇するものの，許容限界以下であることを確認した。

表 5-14 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面⑤）

解析 ケース	杭種	せん断応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
③*	C	105	217	0.49
③（ねじれ考慮）	C	117	217	0.54

注記*：表 5-12 に示す値を再掲。

5.1.2 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の評価結果

鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主部材の照査結果を表 5-15 に示す。この結果から、鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-15 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主要部材の照査結果

部材		材質	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
鋼製 遮水壁	スキンプレート	SM490Y	曲げ応力度 (N/mm ²)	144	315	0.46
	垂直リブ	SM490Y	圧縮応力度 (N/mm ²)	34	190	0.18
	水平リブ	SM490Y	曲げ応力度 (N/mm ²)	221	315	0.71
			せん断応力度 (N/mm ²)	68	180	0.38
			合成応力度*	0.63	1.20	0.53
漂流物 防護工	架台	SM490Y	曲げ応力度 (N/mm ²)	169	315	0.54
			せん断応力度 (N/mm ²)	68	180	0.38
			合成応力度*	0.43	1.20	0.36
	防護工	SM570	曲げ応力度 (N/mm ²)	275	382	0.72
			せん断応力度 (N/mm ²)	179	217	0.83
			合成応力度*	0.68	1.20	0.57
	防護工取付け ボルト	強度区分 8.8	せん断応力度 (N/mm ²)	182	300	0.62

注記 * : 同じ荷重条件の曲げ応力度及びせん断応力度から算出する。

5.1.3 背面補強工の評価結果

背面補強工のすべり安全率による評価結果を表 5-16～表 5-20 に、局所安全係数分布を図 5-13～図 5-17 に示す。これらの結果から、背面補強工のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-16 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面①）

解析ケース	最小すべり安全率
②	12.2

表 5-17 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面②）

解析ケース	最小すべり安全率
②	12.1

表 5-18 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面③）

解析ケース	最小すべり安全率
③	12.2

表 5-19 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面④）

解析ケース	最小すべり安全率
③	23.4

表 5-20 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面⑤）

解析ケース	最小すべり安全率
①②③	11.8

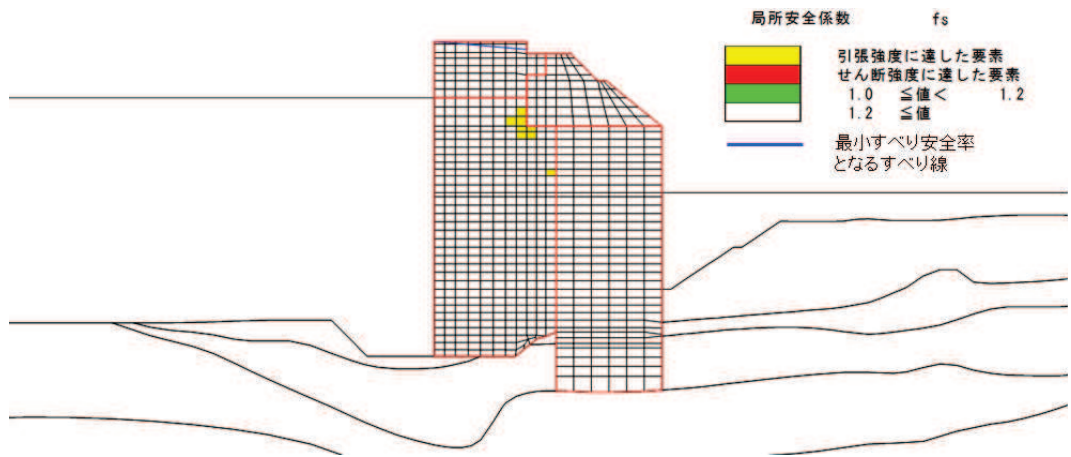


図 5-13 背面補強工の局所安全係数分布 (断面①)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

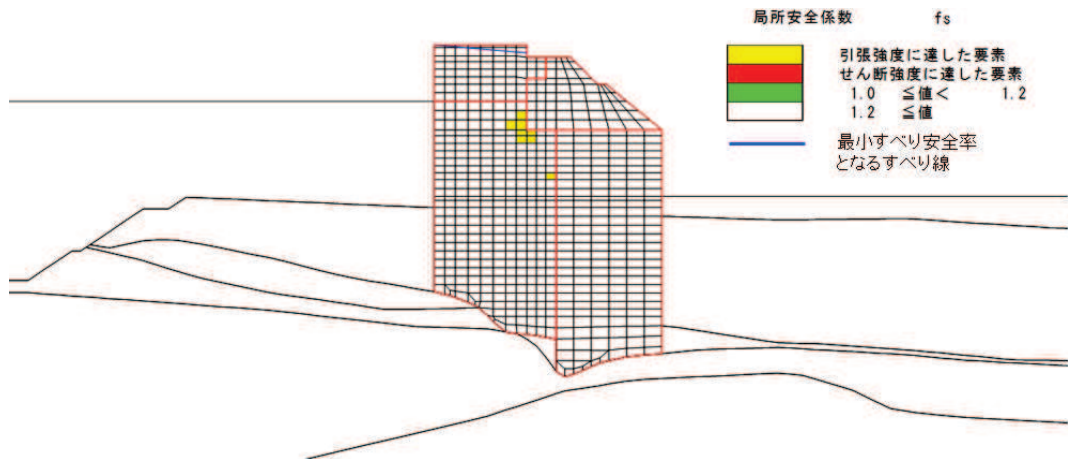


図 5-14 背面補強工の局所安全係数分布 (断面②)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

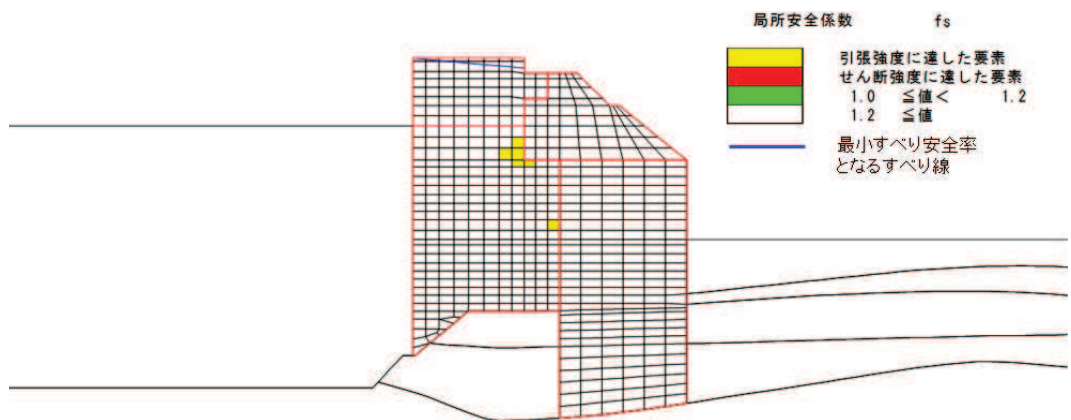


図 5-15 背面補強工の局所安全係数分布 (断面③)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

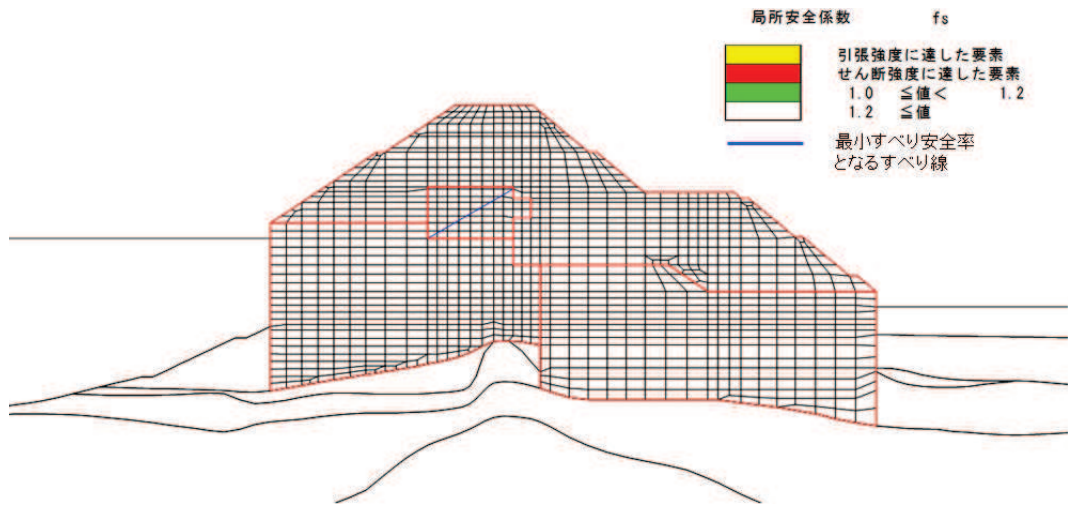


図 5-16 背面補強工の局所安全係数分布 (断面④)
 解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

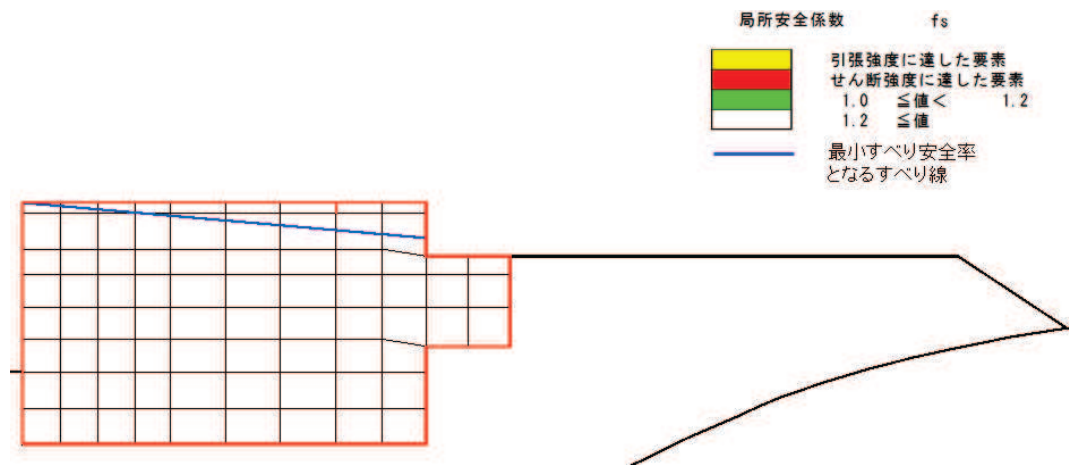


図 5-17 背面補強工の局所安全係数分布 (断面⑤)
 解析ケース①～③

5.1.4 置換コンクリートの評価結果

置換コンクリートのすべり安全率による評価結果を表 5-21～表 5-24 に、局所安全係数分布を図 5-18～図 5-21 に示す。これらの結果から、置換コンクリートのすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-21 置換コンクリートのすべり安全率評価結果 (断面①)

解析ケース	最小すべり安全率
③	24.6

表 5-22 置換コンクリートのすべり安全率評価結果 (断面②)

解析ケース	最小すべり安全率
③	24.7

表 5-23 置換コンクリートのすべり安全率評価結果 (断面③)

解析ケース	最小すべり安全率
③	19.3

表 5-24 置換コンクリートのすべり安全率評価結果 (断面④)

解析ケース	最小すべり安全率
③	36.5

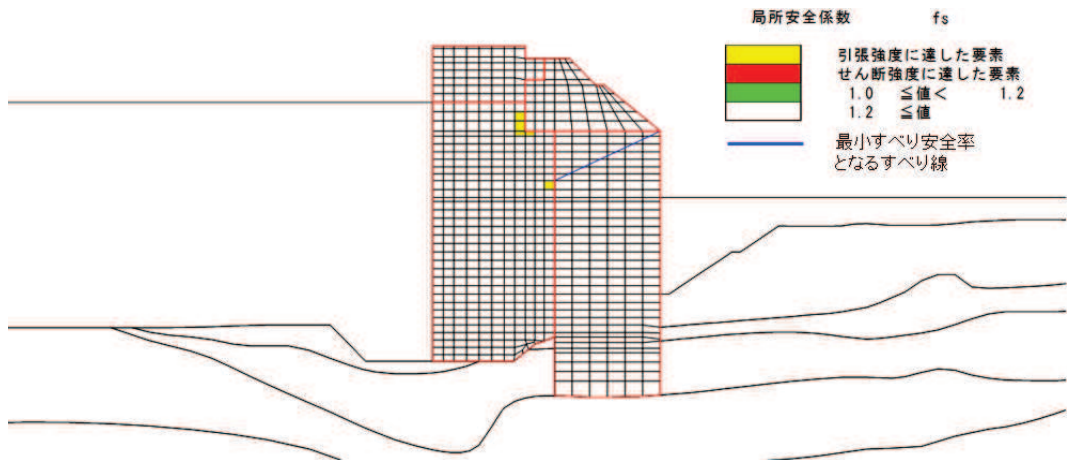


図 5-18 置換コンクリートの局所安全係数分布 (断面①)
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

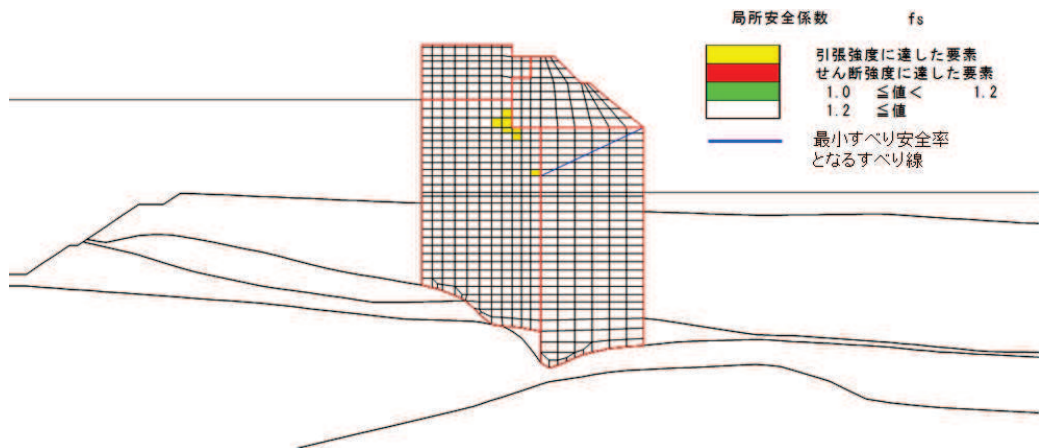


図 5-19 置換コンクリートの局所安全係数分布 (断面②)
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

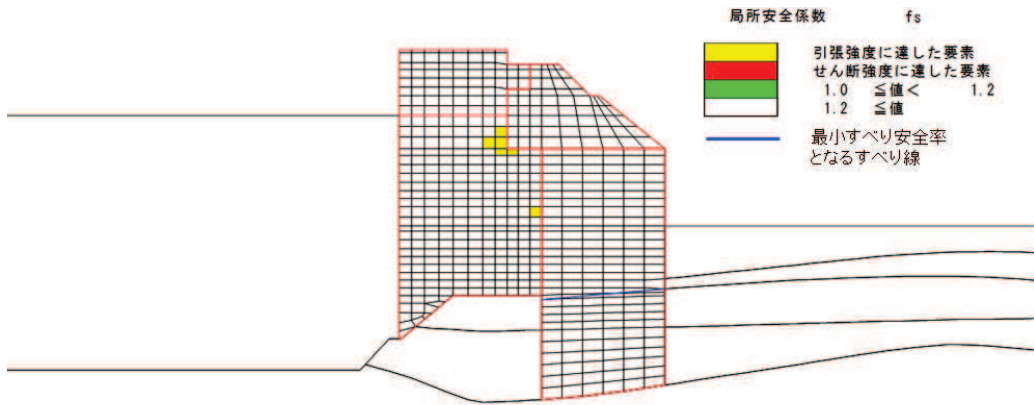


図 5-20 置換コンクリートの局所安全係数分布（断面③）
 解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値 - 1σ）

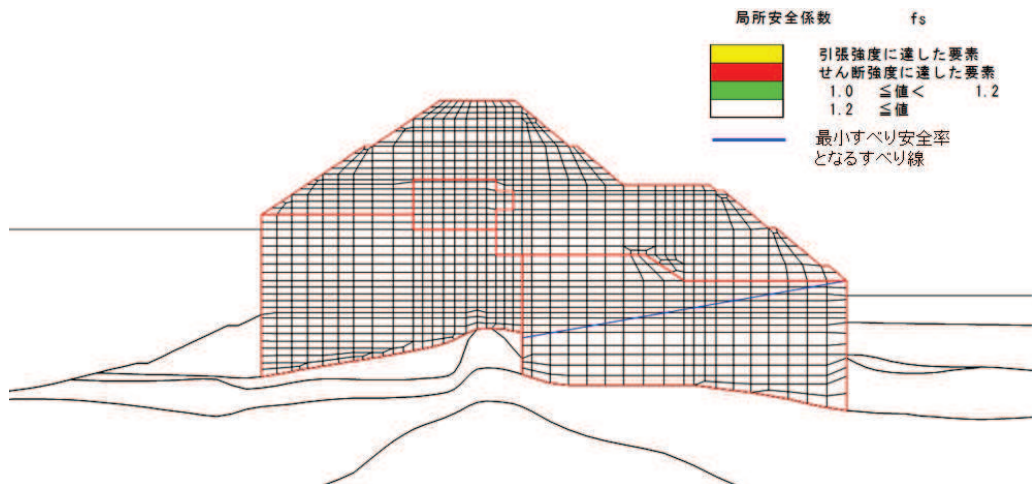


図 5-21 置換コンクリートの局所安全係数分布（断面④）
 解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値 - 1σ）

5.1.5 改良地盤の評価結果

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 5-25～表 5-28 に、平均強度における局所安全係数分布を図 5-22～図 5-25 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－1 σ 強度のすべり安全率を表 5-25～表 5-28 に併せて示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-25 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面①）

解析ケース	最小すべり安全率
②	3.9
①（平均値－1 σ 強度）	4.2

表 5-26 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面②）

解析ケース	最小すべり安全率
②	4.9
①（平均値－1 σ 強度）	4.9

表 5-27 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面③）

解析ケース	最小すべり安全率
②	4.4
①（平均値－1 σ 強度）	4.7

表 5-28 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面④）

解析ケース	最小すべり安全率
②	7.7
①（平均値－1 σ 強度）	7.8

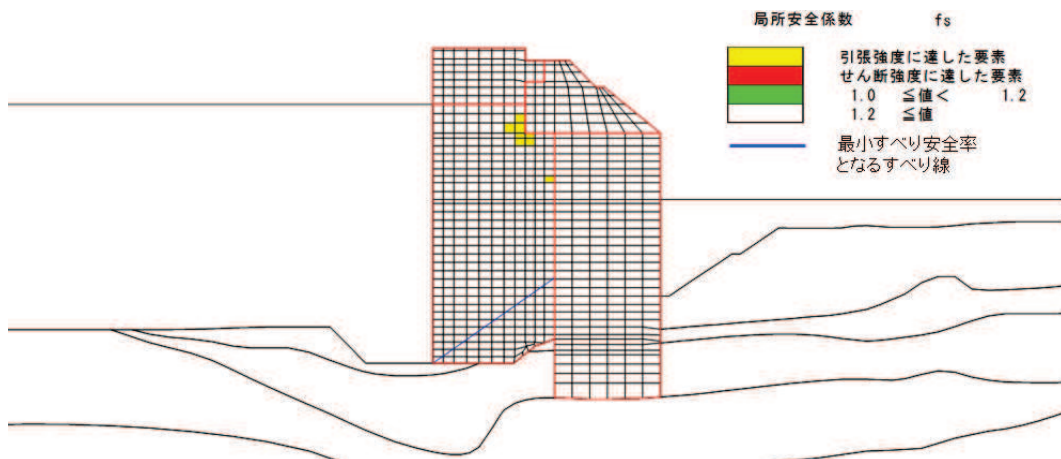


図 5-22 改良地盤の局所安全係数分布 (断面①)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

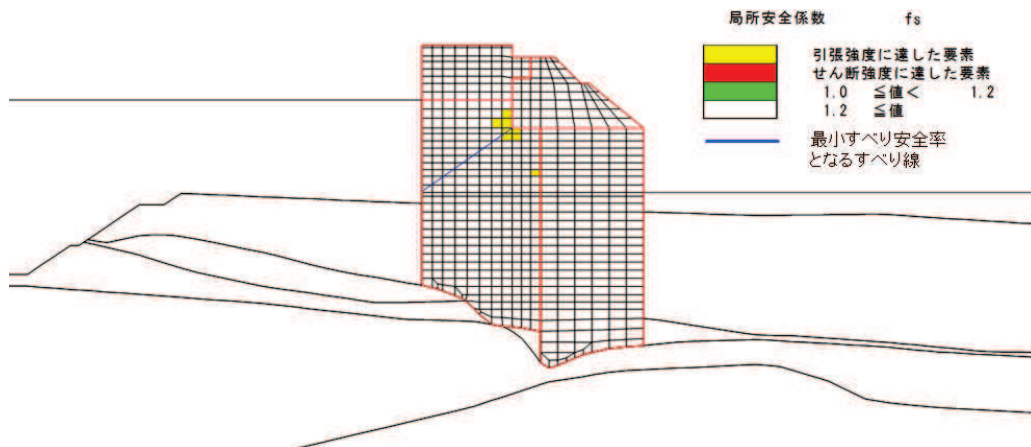


図 5-23 改良地盤の局所安全係数分布 (断面②)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

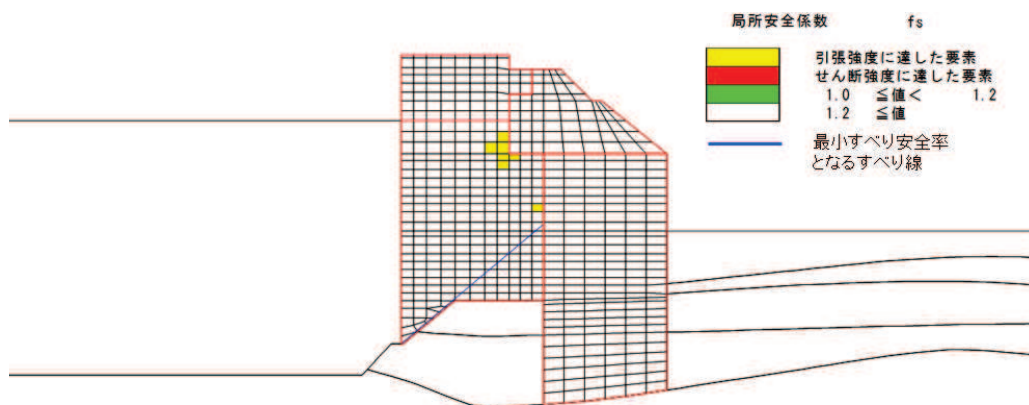


図 5-24 改良地盤の局所安全係数分布 (断面③)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

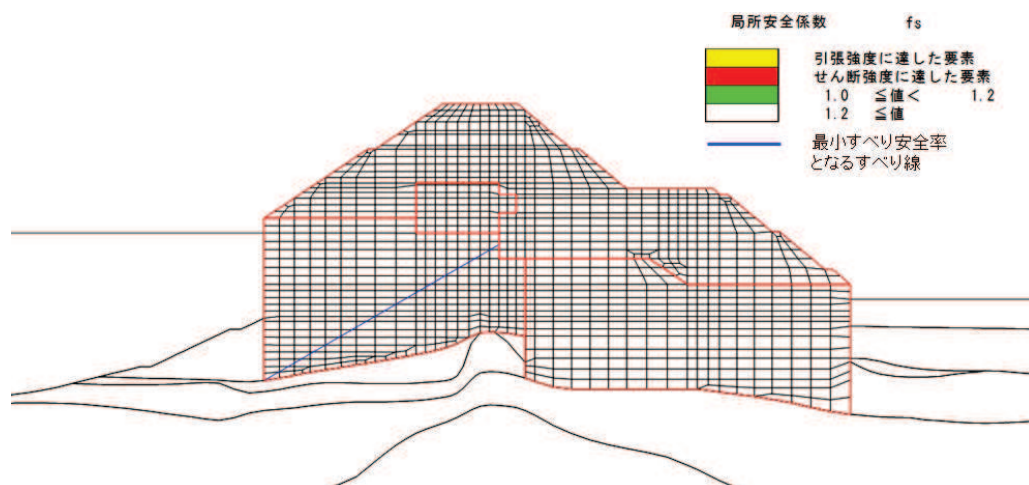


図 5-25 改良地盤の局所安全係数分布 (断面④)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

5.1.6 セメント改良土の評価結果

セメント改良土のすべり安全率による評価結果を表 5-29～表 5-32 に、平均強度における局所安全係数分布を図 5-26～図 5-29 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－1 σ 強度のすべり安全率を表 5-29～表 5-32 に併せて示す。

これらの結果から、セメント改良土のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-29 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面①）

解析ケース	最小すべり安全率
②	40.7
①（平均値－1 σ 強度）	40.3

表 5-30 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面②）

解析ケース	最小すべり安全率
②	41.3
①（平均値－1 σ 強度）	40.9

表 5-31 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面③）

解析ケース	最小すべり安全率
②	38.6
①（平均値－1 σ 強度）	38.3

表 5-32 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面④）

解析ケース	最小すべり安全率
②	10.0
①（平均値－1 σ 強度）	9.8

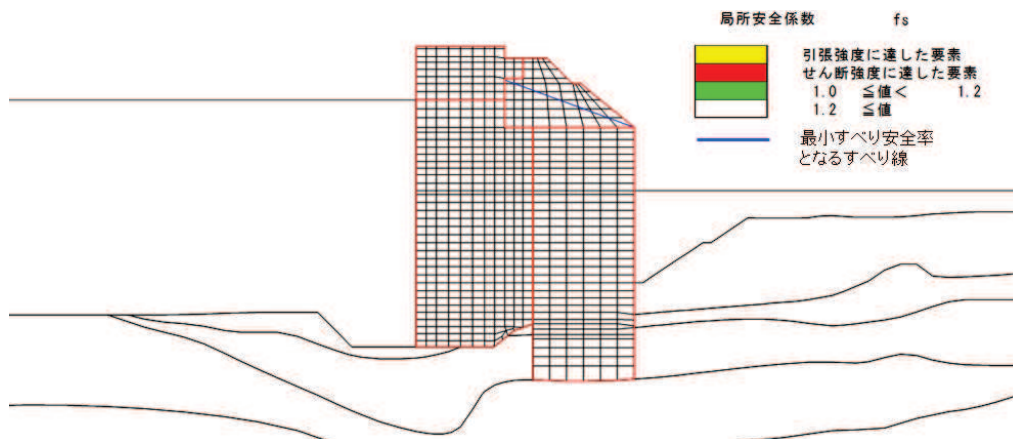


図 5-26 セメント改良土の局所安全係数分布 (断面①)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

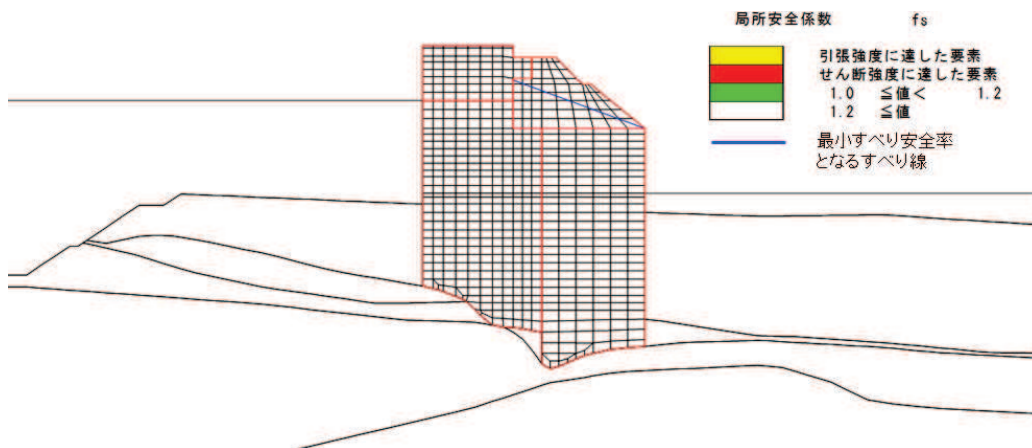


図 5-27 セメント改良土の局所安全係数分布 (断面②)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

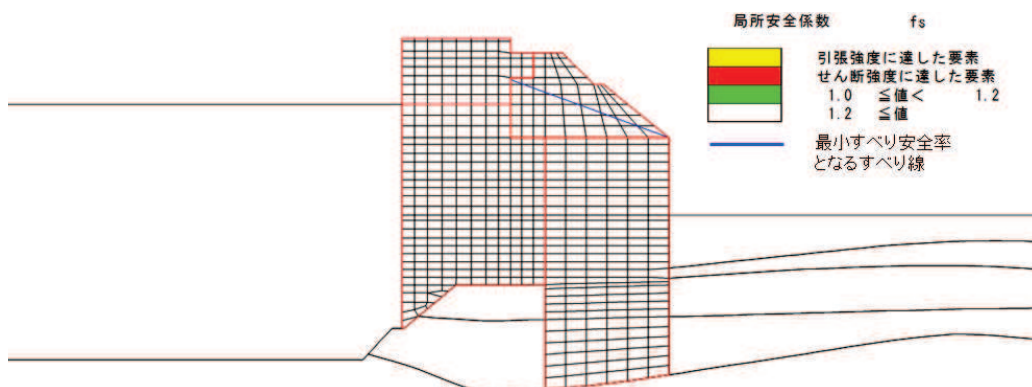


図 5-28 セメント改良土の局所安全係数分布 (断面③)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

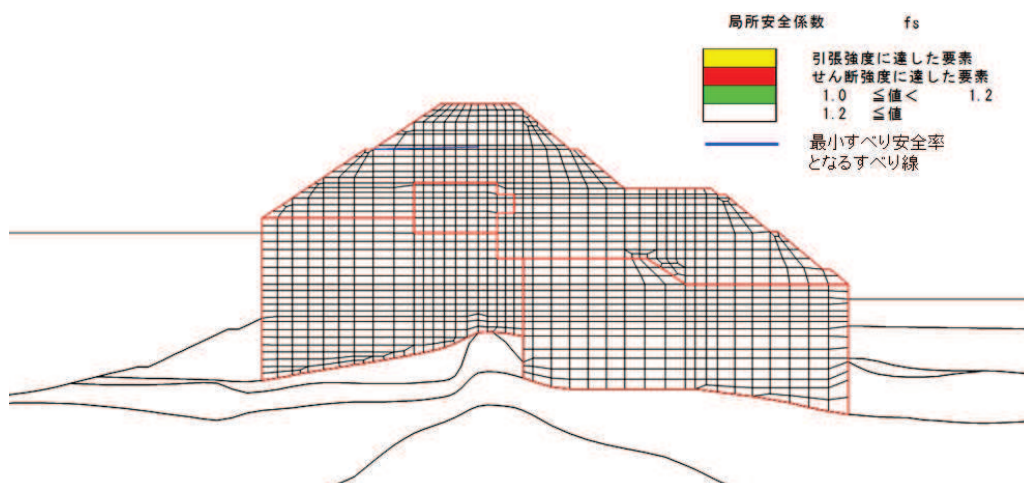


図 5-29 セメント改良土の局所安全係数分布 (断面④)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

5.1.7 止水ジョイント部材の評価結果

津波時の止水ジョイント部材の相対変位量に対する照査結果を表 5-33 及び表 5-34 に、保護部材の発生応力に対する照査結果を表 5-35 に示す。また、止水ジョイント部材の相対変位量評価区間を図 5-30 に示す。

津波時の止水ジョイント部材の相対変位量に対する照査及び保護部材の発生応力に対する照査を行った結果、相対変位量及び発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-33 (1) ゴムジョイント部材設置箇所の津波時相対変位量

(A 区間：構造境界部（一般部のうち突出長変化部），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	5.7	71.4	77.1	350
軸方向	12.3*	0	12.3	150

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-33 (2) ゴムジョイント部材設置箇所の津波時相対変位量

(B 区間：構造境界部（一般部のうち背面補強工間），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	31.5	93.5	125.0	350
軸方向	22.2*	0	22.2	150

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-33 (3) ゴムジョイント部材設置箇所の津波時相対変位量

(C 区間：構造境界部（一般部と岩盤部の境界），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	31.5	93.5	125.0	350
軸方向	14.1*	0	14.1	150

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-33 (4) ゴムジョイント部材設置箇所の津波時相対変位量

(D 区間：構造境界部（岩盤部のうち背面補強工間），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	0.3	59.5	59.8	350
軸方向	2.0*	0	2.0	150

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-33 (5) ゴムジョイント部材設置箇所の津波時相対変位量

(E 区間：構造境界部（岩盤部のうち背面補強工端部），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29. 0m)

方向	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	0. 1	66. 6	66. 7	350
軸方向	6. 7*	0	6. 7	150

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-33 (6) ゴムジョイント部材設置箇所の津波時相対変位量

(F 区間：構造境界部（岩盤部のうち突出長変化部），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29. 0m)

方向	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	0. 1	66. 6	66. 7	350
軸方向	52. 6*	0	52. 6	150

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-34 (1) ウレタンシリコーン目地設置箇所の津波時相対変位量

(H 区間：構造同一部（一般部のうち背面補強工内），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29. 0m)

方向	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	③	1. 2	21. 4	22. 6	30
軸方向	—*	1. 6*	0	1. 6	6

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-34 (2) ウレタンシリコーン目地設置箇所の津波時相対変位量

(I 区間：構造同一部（岩盤部のうち突出杭長同一部），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29. 0m)

方向	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	③	0. 1	21. 7	21. 8	30
軸方向	—*	1. 2*	0	1. 2	6

注記 *：軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

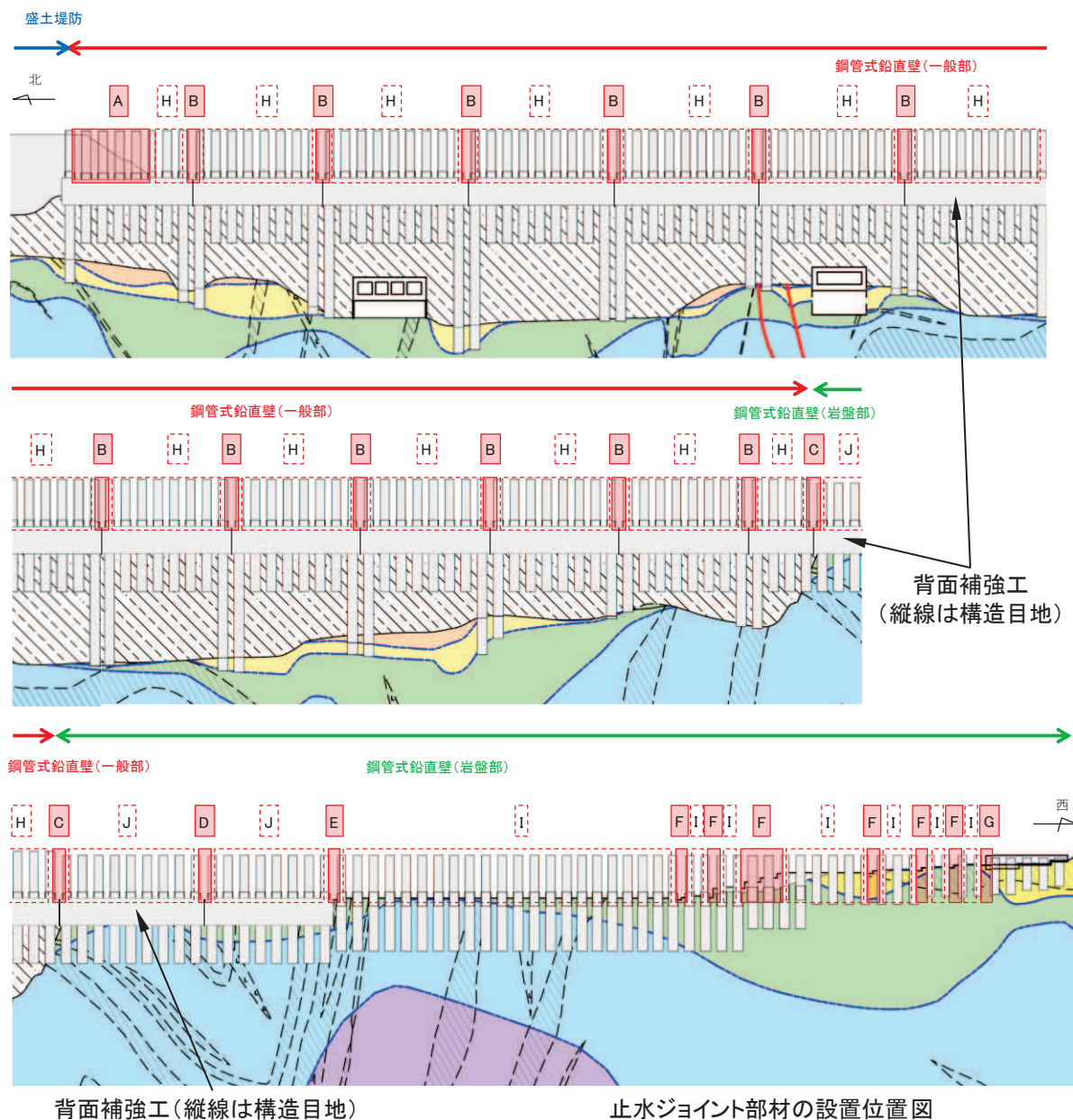
表 5-34 (3) ウレタンシリコーン目地設置箇所の津波時相対変位量
 (J 区間：構造同一部 (岩盤部のうち背面補強工内), 鋼製遮水壁天端部 : O. P. +29. 0m)

方向	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	津波時変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	③	0. 1	19. 4	19. 5	30
軸方向	—*	1. 0*	0	1. 0	6

注記 * : 軸方向の残留変位は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-35 保護部材の発生応力

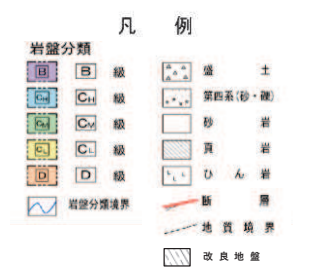
鋼材	発生応力 (N/mm ²)		許容限界 (N/mm ²)
	梁部材 SS400	曲げ圧縮応力度	
せん断応力度		74	120
アンカー ボルト	引張力	69. 8	96. 3



背面補強工(縦線は構造目地)

止水ジョイント部材の設置位置図

	記号(区間)	評価対象断面	止水ジョイント部材
構造境界部	A (一般部のうち突出長変化部)	断面①, 断面②, 断面③	ゴムジョイント
	B (一般部のうち背面補強工間)	断面①, 断面②, 断面③	ゴムジョイント
	C (一般部と岩盤部の境界)	断面①, 断面②, 断面③, 断面⑤	ゴムジョイント
	D (岩盤部のうち背面補強工間)	断面⑤	ゴムジョイント
	E (岩盤部のうち背面補強工端部)	断面⑤, 断面⑥	ゴムジョイント
	F (岩盤部のうち突出長変化部)	断面⑥	ゴムジョイント
	G (岩盤部のうちRC壁との境界)	断面⑥, 断面⑦	ゴムジョイント
構造同一部	H (一般部のうち背面補強工内)	断面①, 断面②, 断面③	ウレタンシリコーン目地
	I (岩盤部のうち突出長同一部)	断面⑥	ウレタンシリコーン目地
	J (岩盤部のうち背面補強工内)	断面⑤	ウレタンシリコーン目地



* : 鋼管杭下方の[C₁]級岩盤部はMMRにより置換。

図 5-30 止水ジョイント部材の相対変位量評価区間

5.2 重畳時

5.2.1 鋼管杭の評価結果

(1) 曲げ軸力照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5-36 に、鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における評価時刻での断面力図を図 5-31～図 5-36 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-37～表 5-42 に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、鋼管杭に発生する曲げ応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-36 鋼管杭断面諸元

杭種		設置標高	板厚*2 (mm)	断面積 (mm ²)	断面係数 (mm ³)		
A	鋼管杭 (上杭) φ 2200	SKK490 (t=25mm)	0. P. +30. 0m*1～ 0. P. +23. 5m	24	1. 639×10 ⁵	8. 813×10 ⁷	
B		SM570 (t=40mm)	0. P. +23. 5m～ 0. P. +21. 0m	39	2. 645×10 ⁵	1. 403×10 ⁸	
	0. P. +21. 0m～ 0. P. +20. 0m						
C	鋼管杭 (下杭) φ 2500	SM570 (t=35mm)	長杭	34	2. 632×10 ⁵	1. 599×10 ⁸	
			短杭				0. P. +20. 0m～ 0. P. +5. 0m
			断面⑤				0. P. +20. 0m ～ +8. 0m
D		SKK490 (t=25mm)	長杭	24	1. 865×10 ⁵	1. 143×10 ⁸	
			短杭				0. P. ±0. 0m～ 杭下端
			断面⑤				0. P. +5. 0m～ 0. P. +2. 5m
		断面⑥	0. P. +8. 0m ～ +5. 5m				

注記 *1：岩盤部（断面⑤及び断面⑥）は 0. P. +29. 0m。

*2：日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編に基づき腐食代 1 mm を考慮する。杭体の断面照査及び杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

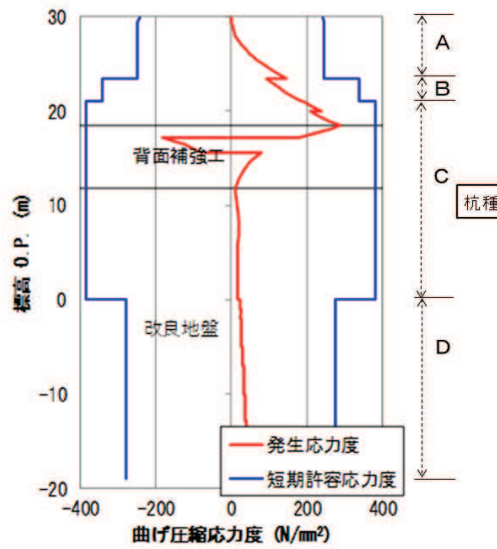
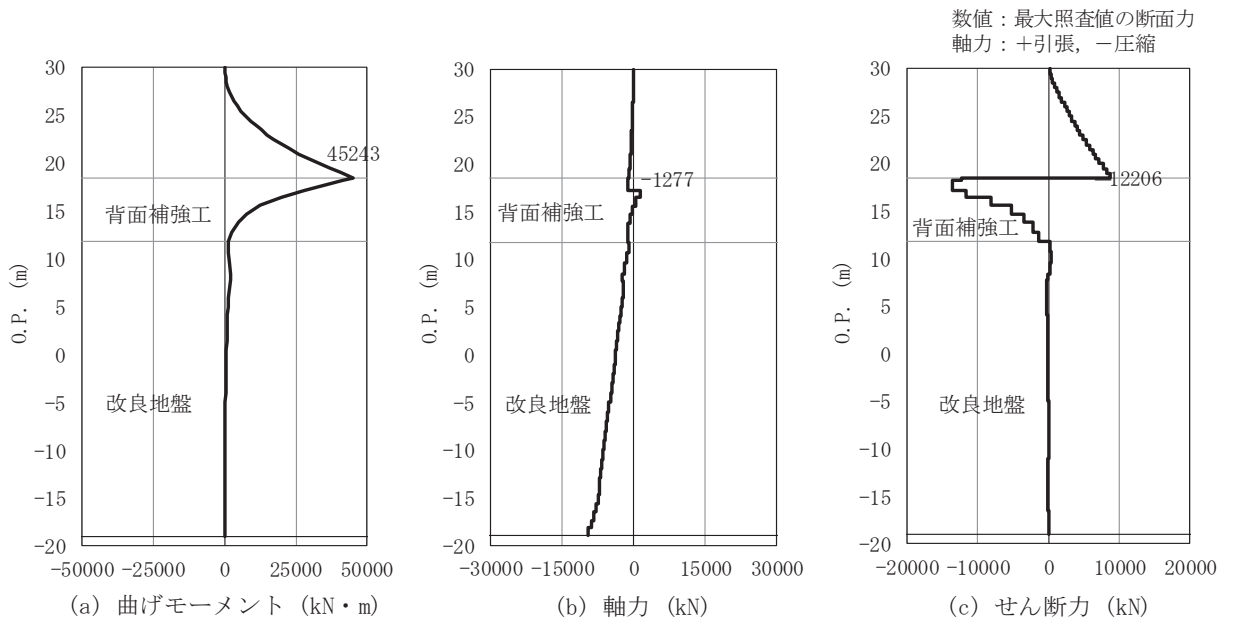


図 5-31 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
(断面①, S d - D 2 (-+), t=17.47s)
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

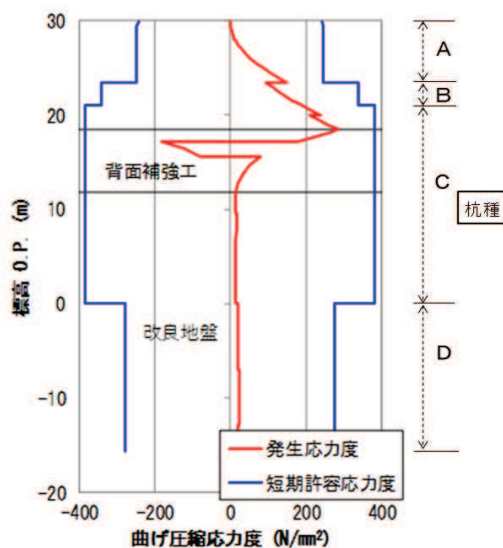
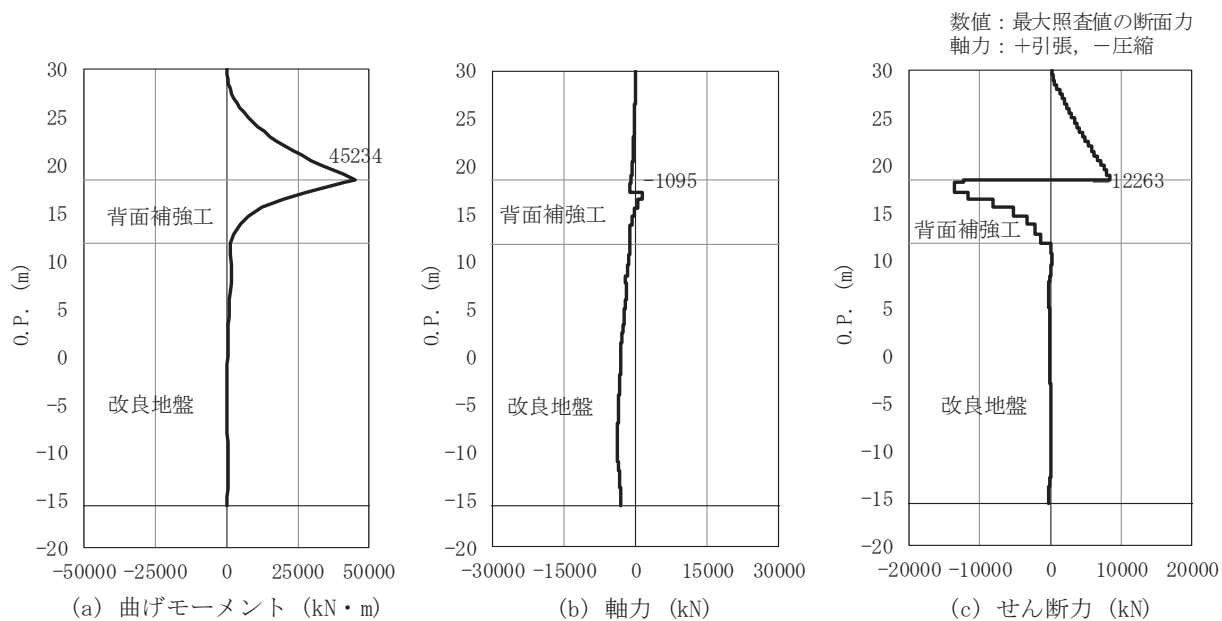


図 5-32 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
 (断面②, S d - D 2 (++) , t=6.93s)
 解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

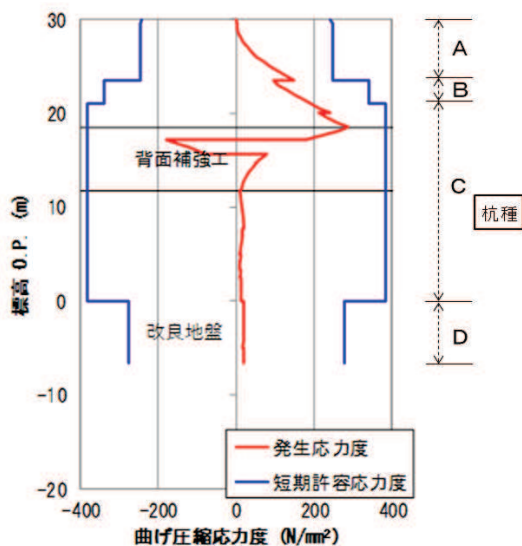
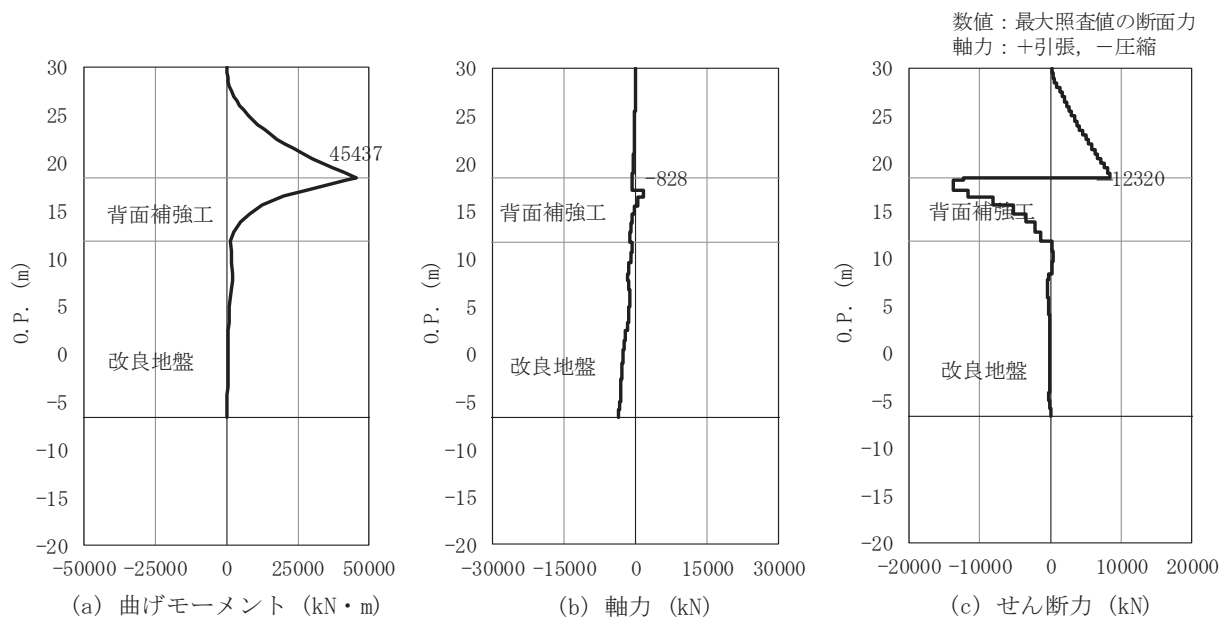


図 5-33 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
(断面③, S d-D 2 (-+), t=16.37s)
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値+1σ)

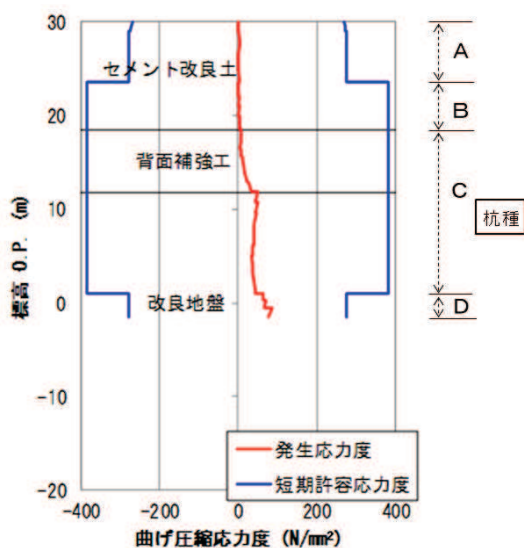
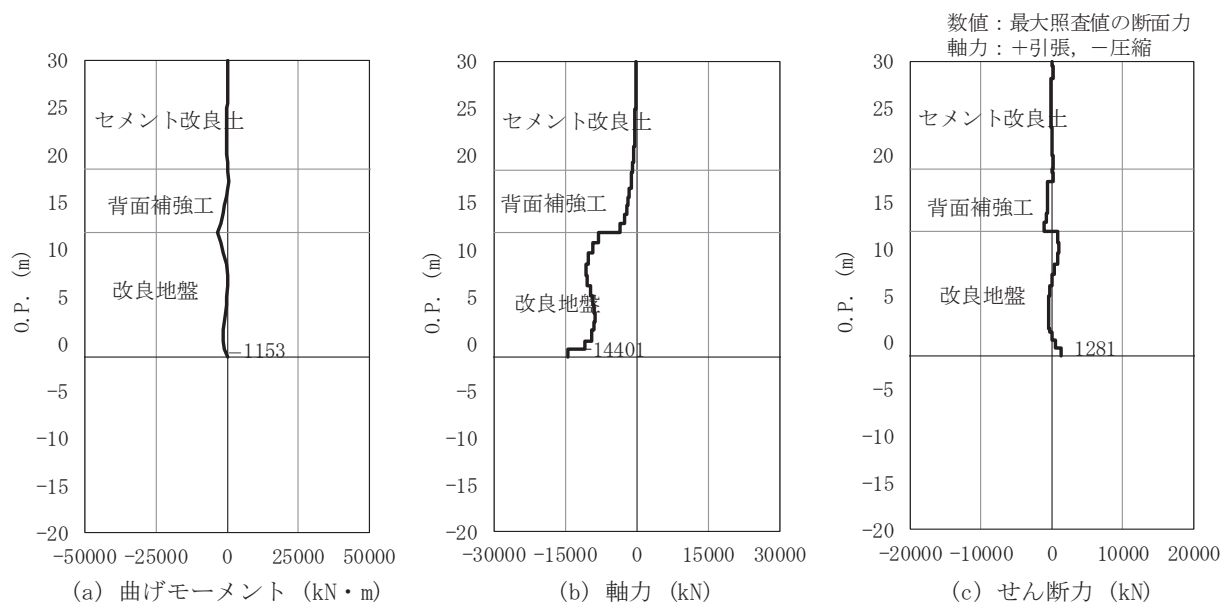


図 5-34 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
 (断面④, S d-D 2 (---), t=13.58s)
 解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値-1σ)

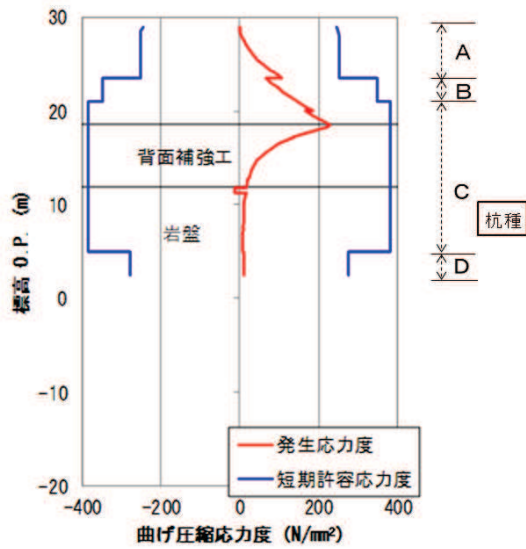
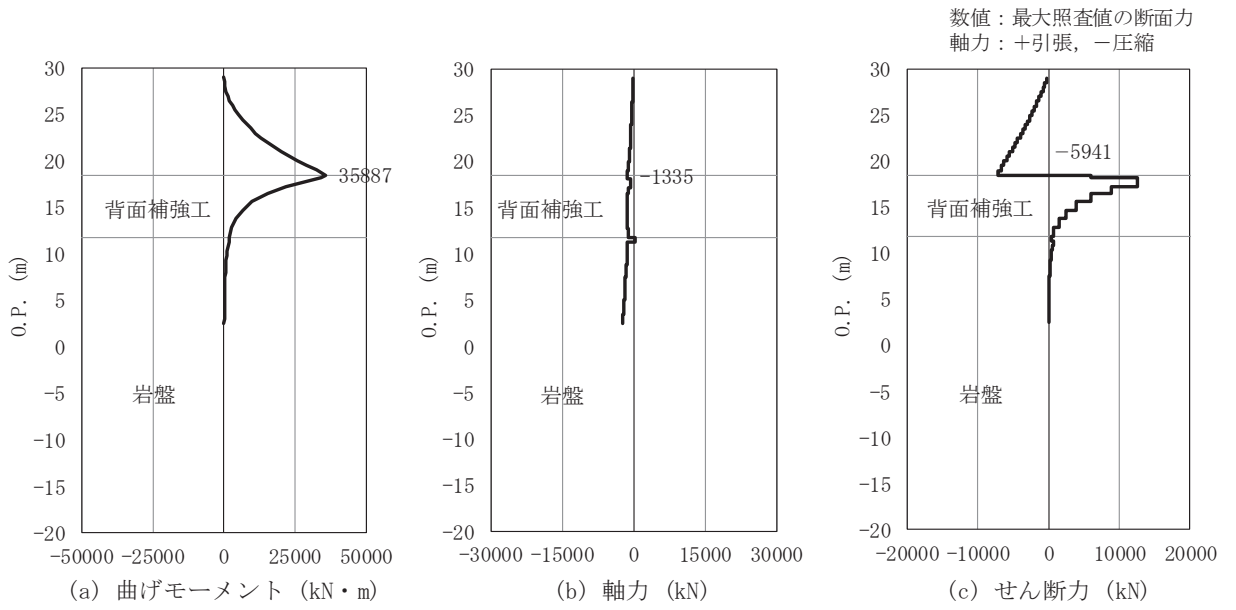


図 5-35 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
 (断面⑤, S d - D 2 (++) , t=6.85s)
 解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値+1σ)

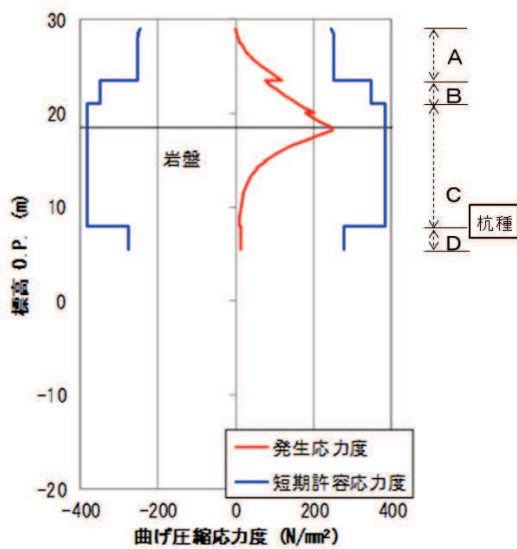
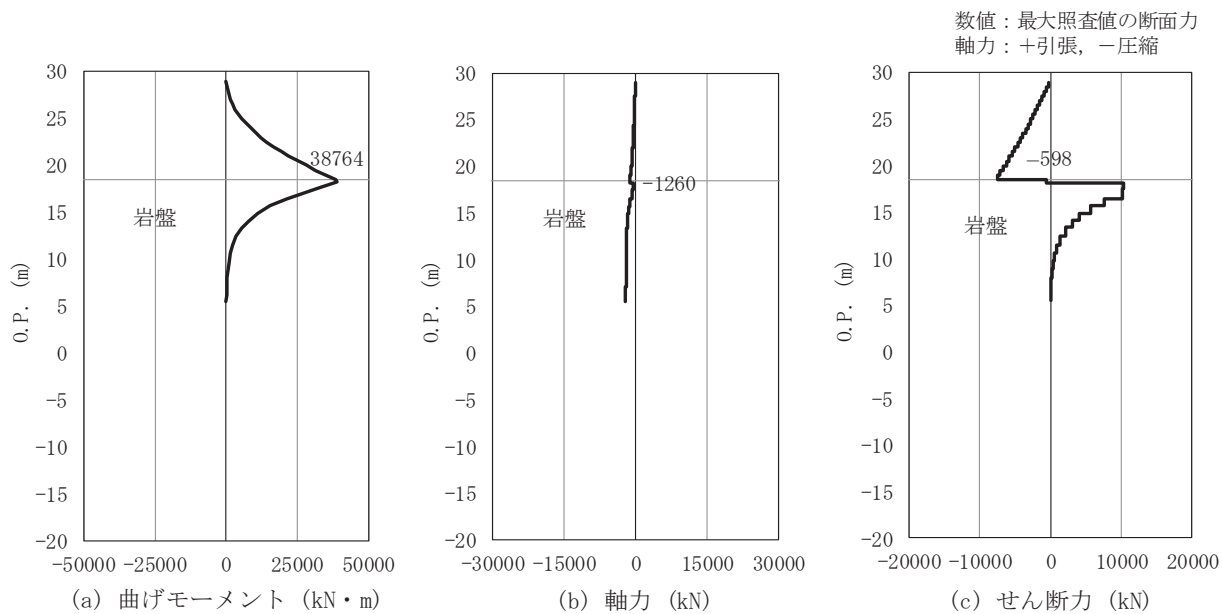


図 5-36 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力
 (断面⑥, S d - D 2 (++) , t=6.86s)
 解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

表 5-37 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（断面①）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	S d - D 2 (-+)	②	45243	-1277	288	382	0.76

表 5-38 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（断面②）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	S d - D 2 (++)	②	45234	-1095	288	382	0.76

表 5-39 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（断面③）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	S d - D 2 (-+)	②	45437	-828	288	382	0.76

表 5-40 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（断面④）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
D	S d - D 2 (--)	③	-1153	-14401	88	277	0.32

表 5-41 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（断面⑤）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	S d - D 2 (++)	②	35887	-1335	230	382	0.61

表 5-42 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（断面⑥）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
C	S d - D 2 (++)	③	38764	-1260	248	382	0.65

(2) せん断力照査

断面計算に用いた断面諸元は表 5-34 に、鋼管杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力図を図 5-37～図 5-42 に、せん断破壊に対する照査値を表 5-43～表 5-48 に示す。

鋼管杭に発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

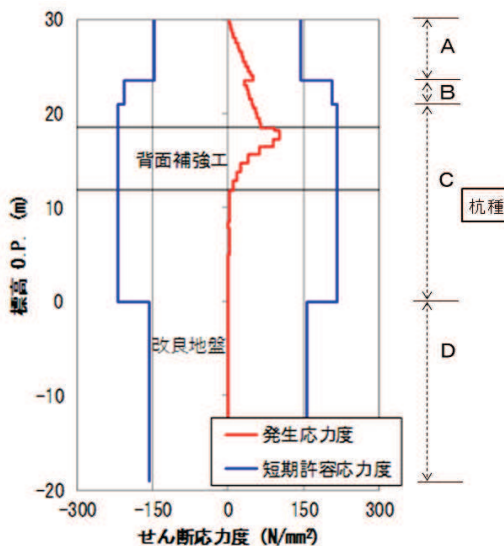
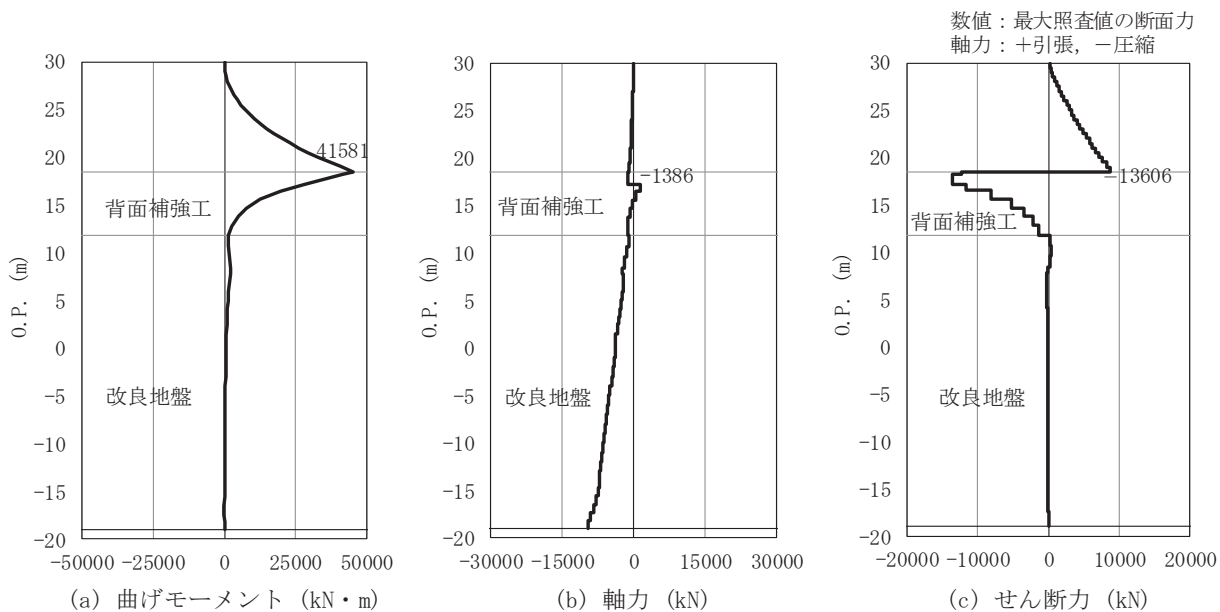


図 5-37 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力
(断面①, S d-D 2 (-+), t=17.47s)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

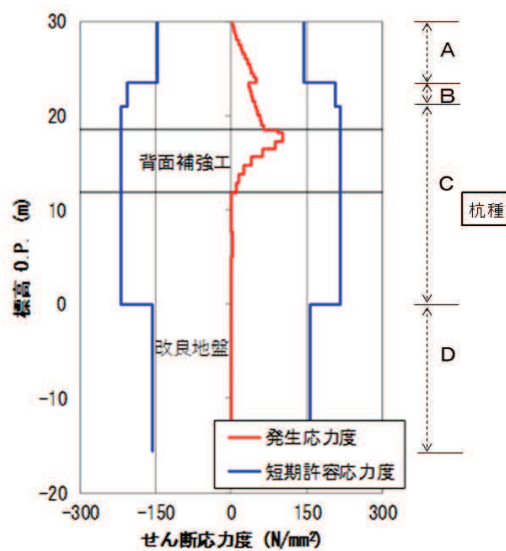
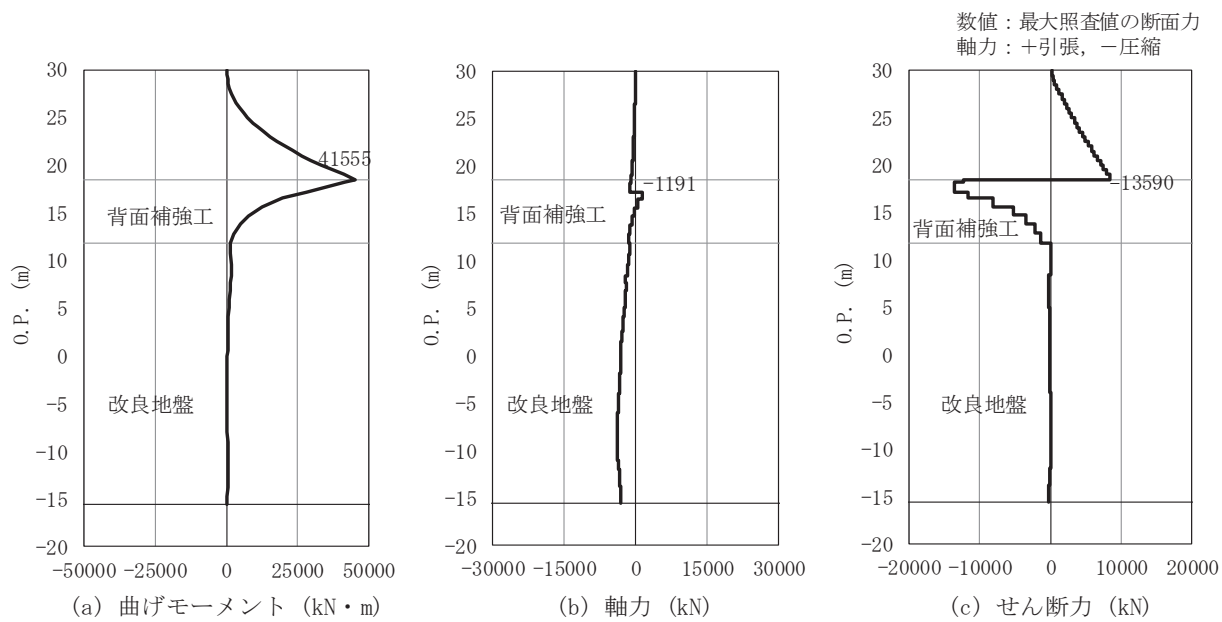


図 5-38 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力
(断面②, S d - D 2 (++) , t=6.93s)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

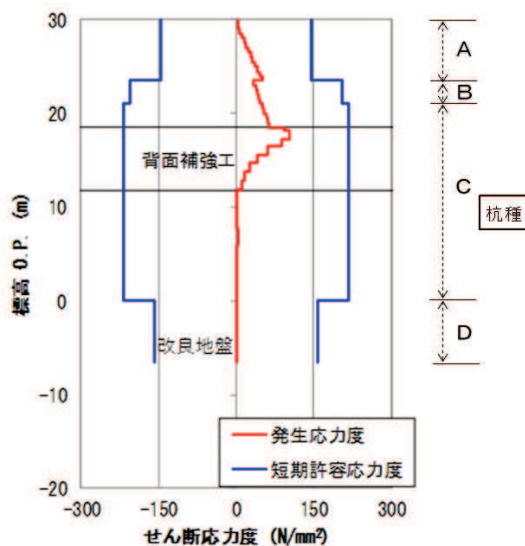
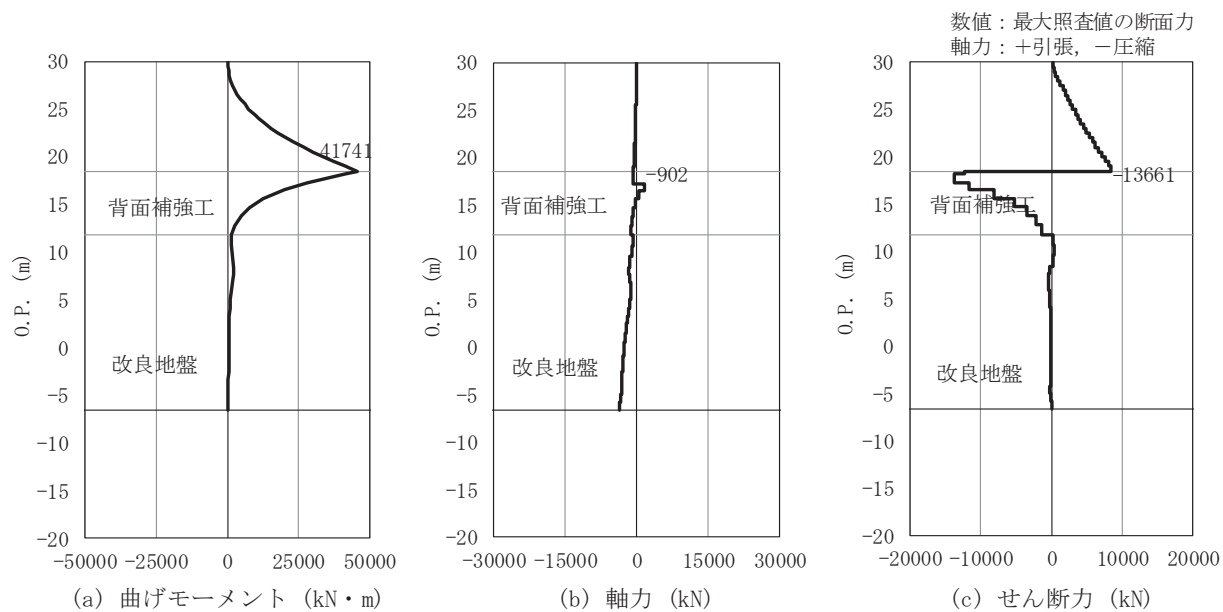


図 5-39 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力
(断面③, S d - D 2 (-+), t=16.37s)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

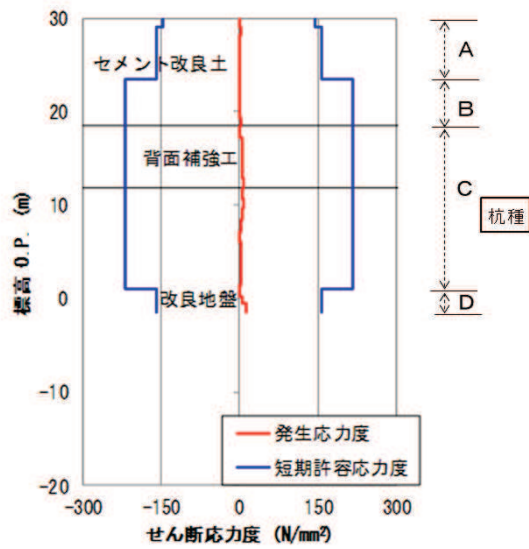
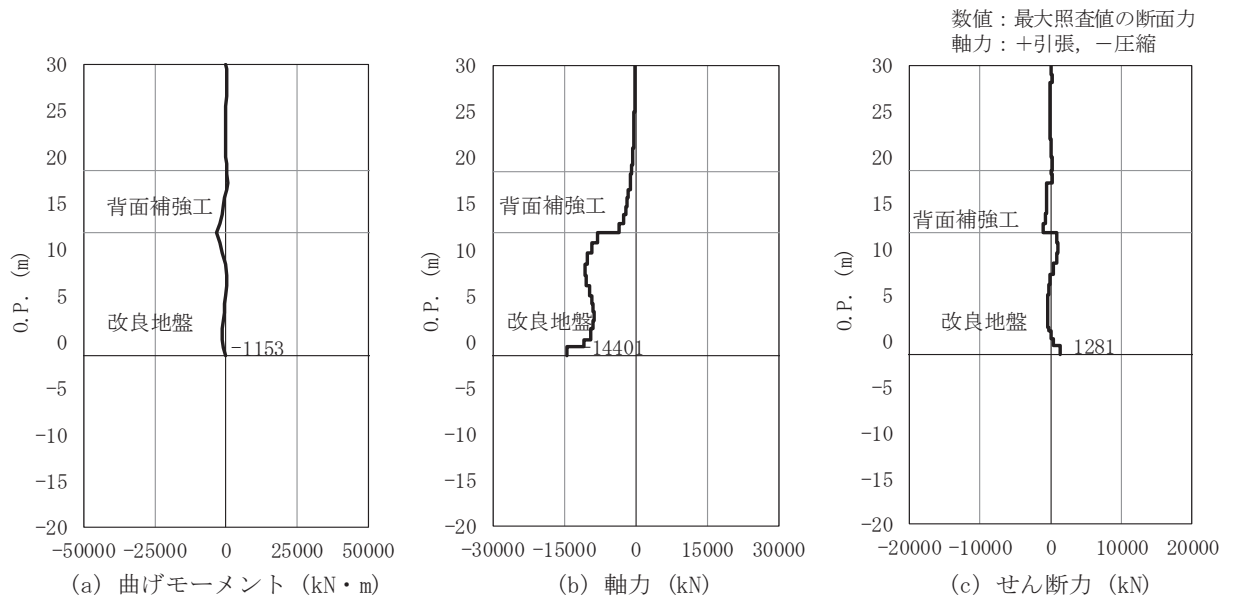


図 5-40 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力
(断面④, S d - D 2 (---), t=13.58s)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

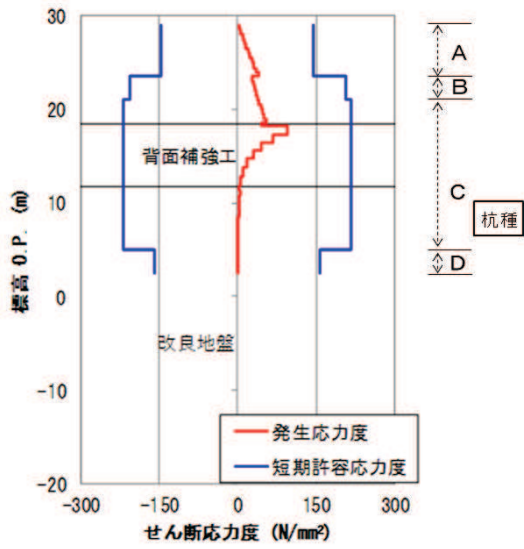
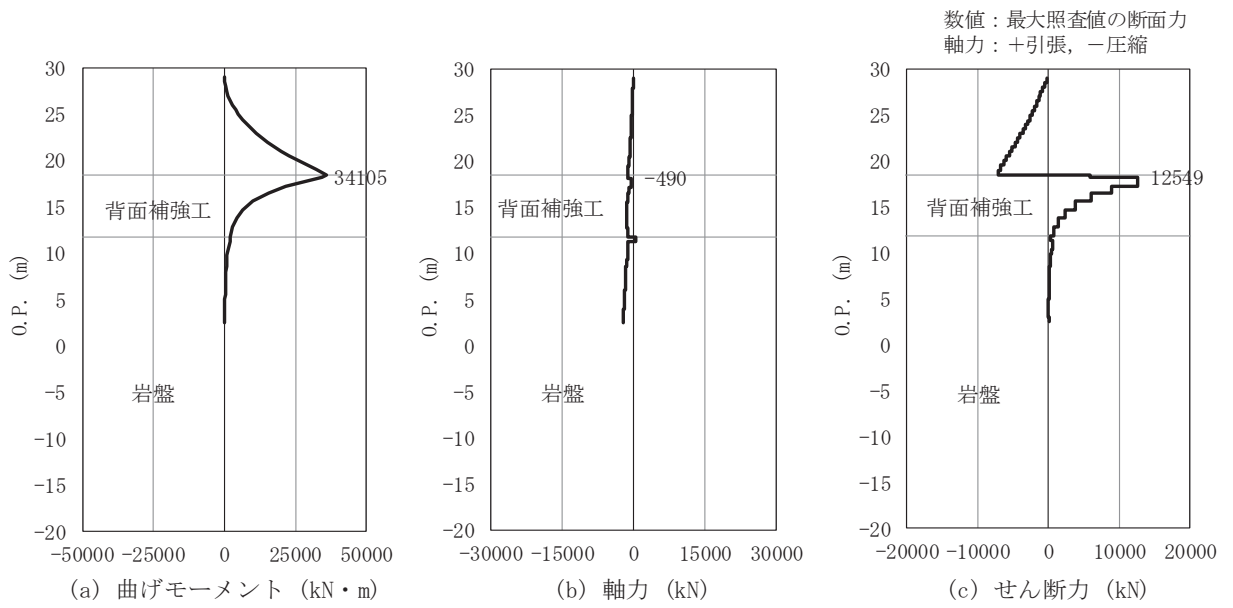


図 5-41 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力
 (断面⑤, S d - D 2 (++) , t=6.85s)
 解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

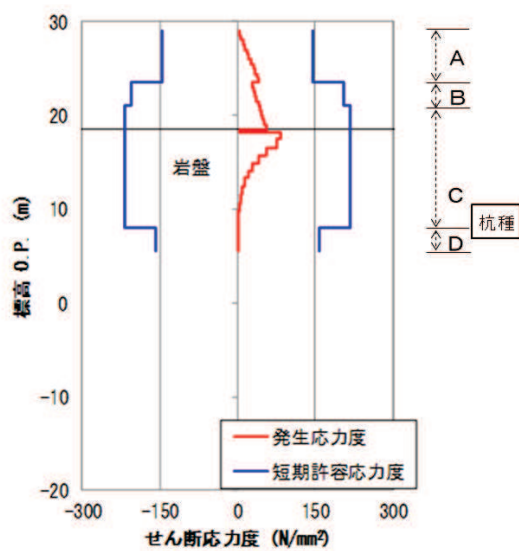
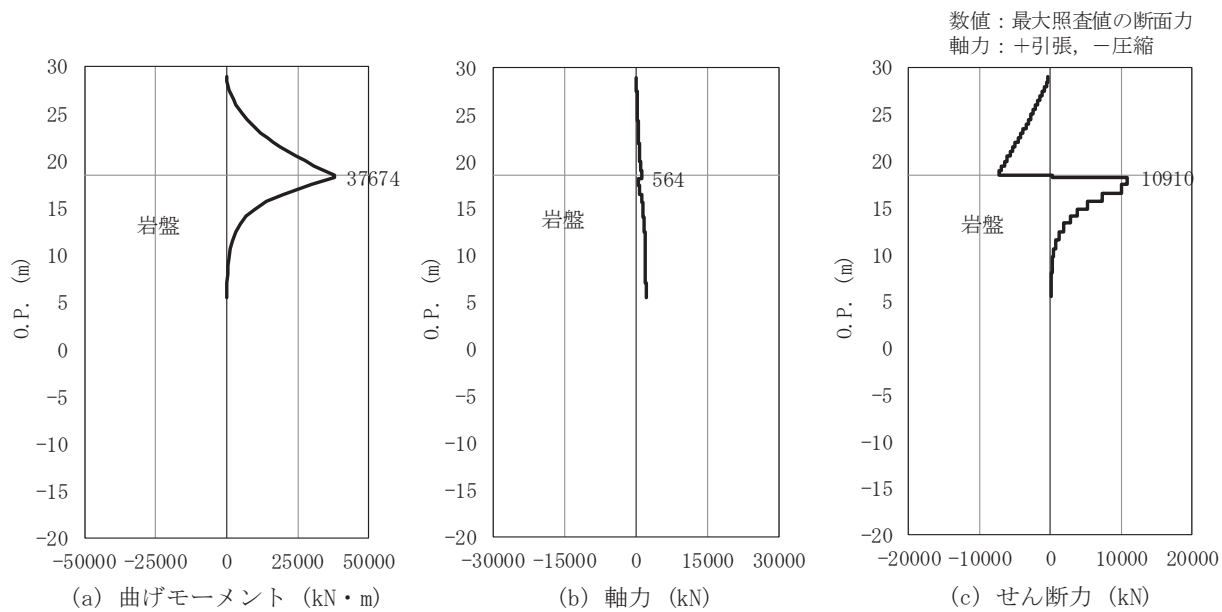


図 5-42 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力
 (断面⑥, S d - D 2 (++) , t=6.85s)
 解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

表 5-43 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (断面①)

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
C	S d - D 2 (-+)	②	-13606	104	217	0.48

表 5-44 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (断面②)

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
C	S d - D 2 (++)	②	-13590	104	217	0.48

表 5-45 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (断面③)

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
C	S d - D 2 (-+)	②	-13661	104	217	0.48

表 5-46 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (断面④)

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
D	S d - D 2 (--)	③	1281	14	157	0.09

表 5-47 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (断面⑤)

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
C	S d - D 2 (++)	②	12549	96	217	0.45

表 5-48 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（断面⑥）

杭種	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
C	S d - D 2 (++)	②	10910	83	217	0.39

5.2.2 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の評価結果

鋼管杭に発生する最大水平加速度から算出される最大水平震度 k_h は表 5-49 のとおりである。そのため、保守的に評価に用いる設計水平震度は 7 とし、鋼製遮水壁及び漂流物防護工の高さ方向に一様に作用するものとして評価を行った。

また、各断面の鋼管杭に作用する最大動水圧については表 5-50 のとおりである。そのため、保守的に評価に用いる設計動水圧は 100 (kN/m²) とし、鋼製遮水壁及び漂流物防護工の高さ方向に一様に作用するものとして評価を行った。

鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主部材の照査結果を表 5-51 に示す。この結果から、鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-49 各評価断面における最大水平震度及び設計水平震度

断面	最大加速度となる標高	最大水平震度 k_h	設計用水平震度
断面①	O. P. +29.0m	5.5	7
断面②	O. P. +29.0m	6.1	
断面③	O. P. +29.0m	5.2	
断面⑤	O. P. +29.0m	3.0	
断面⑥	O. P. +29.0m	4.6	

表 5-50 各評価断面における最大動水圧及び設計動水圧

断面	最大動水圧 (kN/m ²)	設計動水圧 (kN/m ²)
断面①	69.0	100
断面②	70.9	
断面③	91.2	
断面⑤	41.5	
断面⑥	58.2	

表 5-51 鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主要部材の照査結果

部材		応力成分	材質	応力度	許容限界	照査値
鋼製遮水壁	スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm ²)	SM490Y	284	315	0.91
	垂直リブ	圧縮応力度 (N/mm ²)	SM490Y	67	190	0.36
	水平リブ	曲げ応力度 (N/mm ²)	SM490Y	77	315	0.25
		せん断応力度 (N/mm ²)	SM490Y	38	180	0.22
		合成応力度*	SM490Y	0.12	1.20	0.10
漂流物防護工	架台	曲げ応力度 (N/mm ²)	SM490Y	59	315	0.19
		せん断応力度 (N/mm ²)	SM490Y	38	180	0.22
		合成応力度*	SM490Y	0.09	1.20	0.08
	防護工	引張応力度 (N/mm ²)	SM570	19	382	0.05
		せん断応力度 (N/mm ²)	SM570	13	217	0.06
		合成応力度*	SM570	0.01	1.20	0.01

注記 * : 同じ荷重条件の曲げ応力度及びせん断力度から算出する。

5.2.3 背面補強工の評価結果

背面補強工のすべり安全率による評価結果を表 5-52～表 5-56 に、最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-43～図 5-47 に示す。これらの結果から、背面補強工のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-52 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (- +)	②	17.47	11.0

表 5-53 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (- +)	①	25.26	10.9

表 5-54 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (- +)	①	13.58	10.8

表 5-55 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (- +)	①	13.54	13.8

表 5-56 背面補強工のすべり安全率評価結果（断面⑤）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (+ +)	②	6.85	12.8

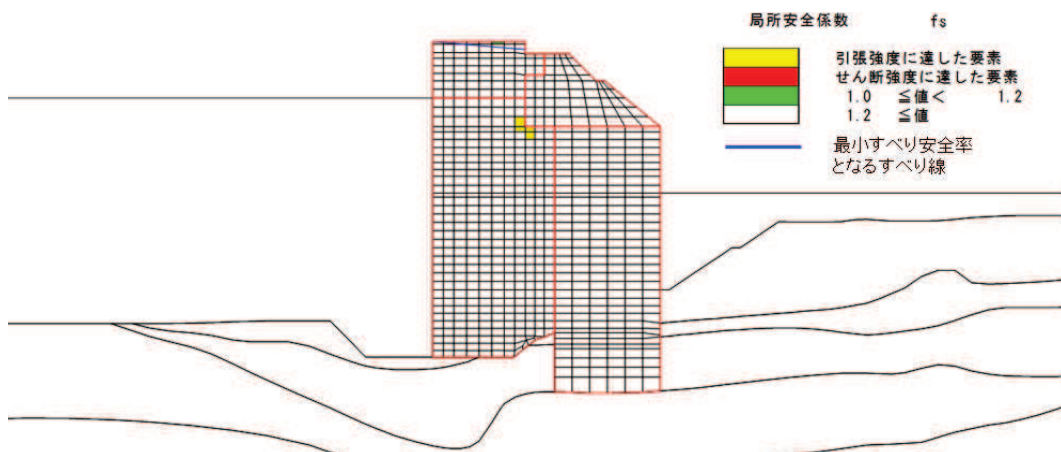


図 5-43 背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面①, S d - D 2 (-+), t=17.47s)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

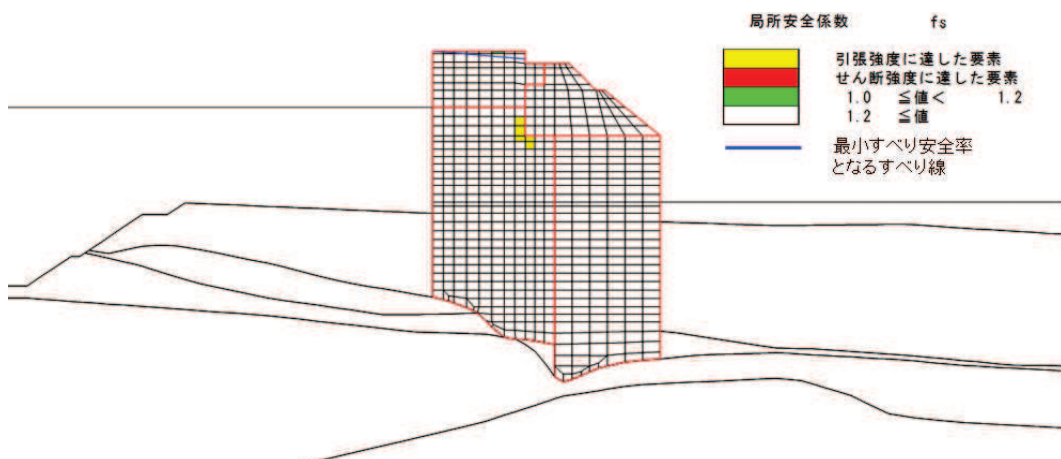


図 5-44 背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面②, S d - D 2 (-+), t=25.26s)

解析ケース①：基本ケース

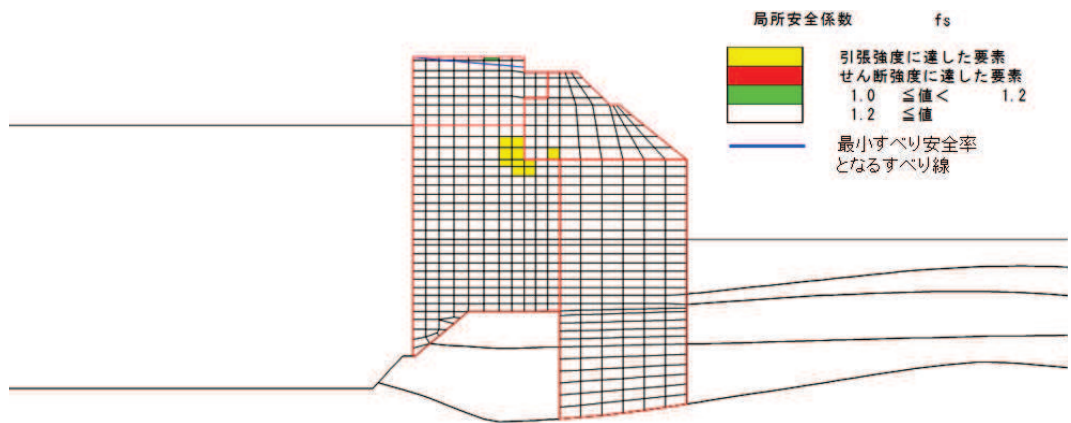


図 5-45 背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面③, S d - D 2 (- +), t=13.58s)

解析ケース①：基本ケース

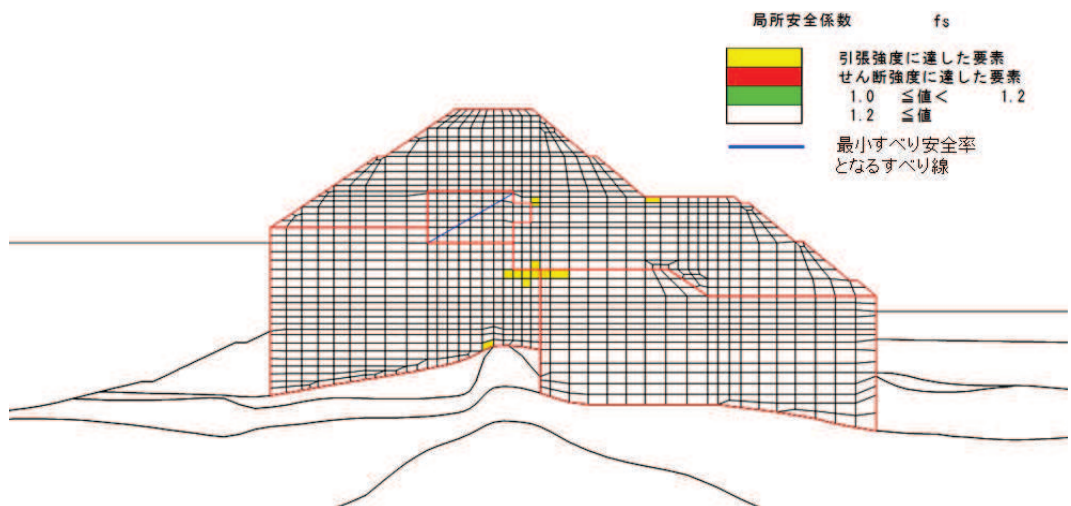


図 5-46 背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面④, S d - D 2 (- +), t=13.54s)

解析ケース①：基本ケース

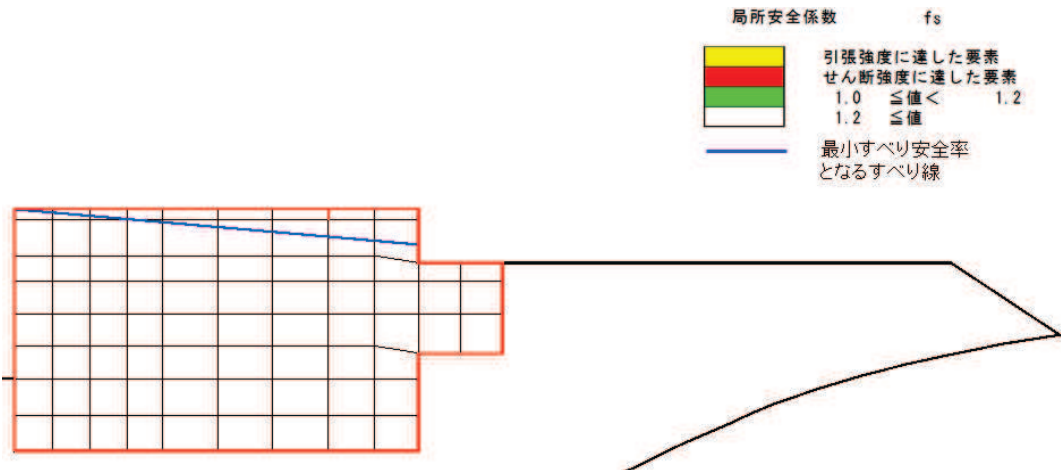


図 5-47 背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
 (断面⑤, S d - D 2 (++) , t=6.85s)
 解析ケース② : 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

5.2.4 置換コンクリートの評価結果

置換コンクリートのすべり安全率による評価結果を表 5-57～表 5-60 に、最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-48～図 5-51 に示す。これらの結果から、置換コンクリートのすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-57 置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (++)	①	12.92	13.4

表 5-58 置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (++)	③	12.92	12.6

表 5-59 置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (+-)	①	25.48	12.0

表 5-60 置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (--)	③	13.55	12.4

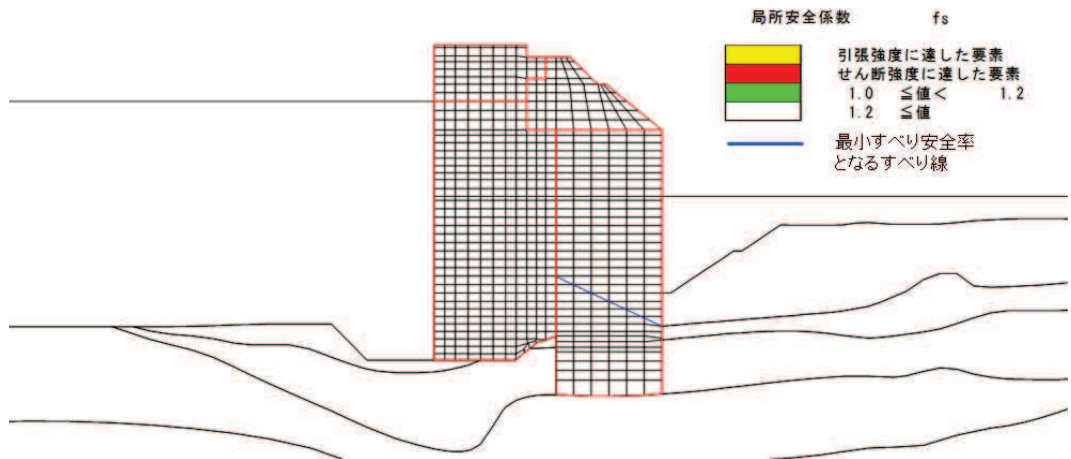


図 5-48 置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面①, S d - D 2 (++) , t=12.92s)

解析ケース①：基本ケース

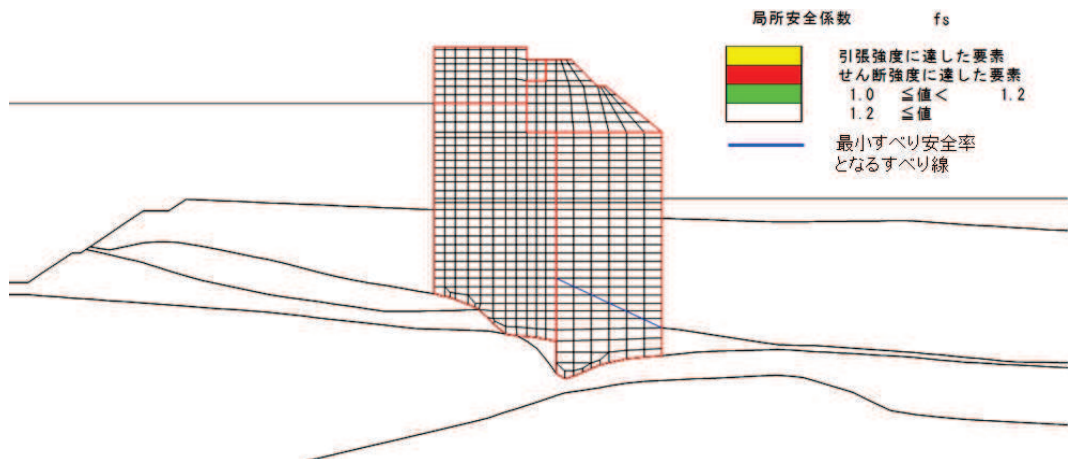


図 5-49 置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面②, S d - D 2 (++) , t=12.92s)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

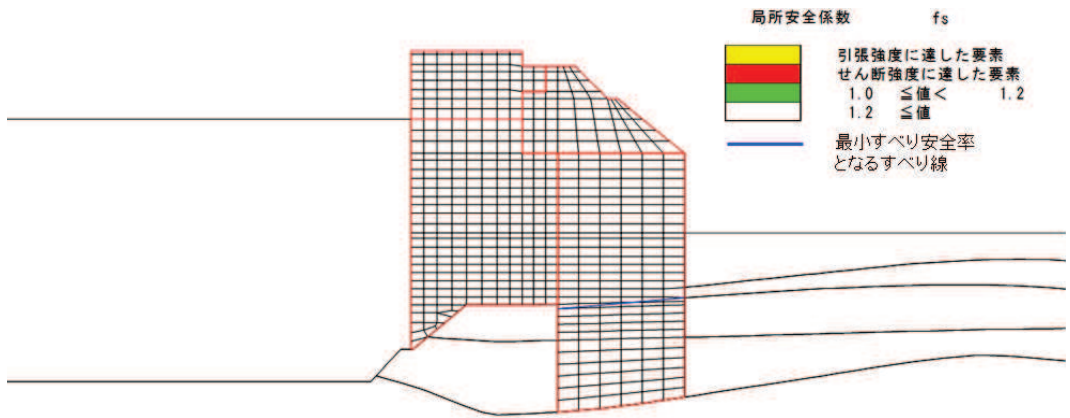


図 5-50 置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
 (断面③, S d - D 2 (+-), t=25.48s)
 解析ケース①: 基本ケース

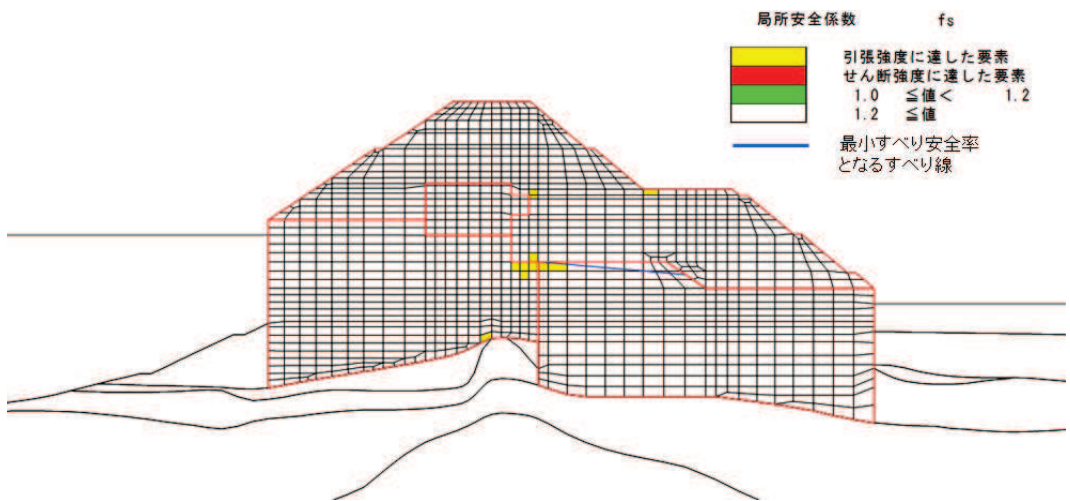


図 5-51 置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布 (断面④)
 (解析ケース③, S d - D 2 (--) , t=13.55s)
 解析ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

5.2.5 改良地盤の評価結果

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 5-61～表 5-64 に、平均強度において最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-52～図 5-55 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－1 σ 強度のすべり安全率を表 5-61～表 5-64 に併せて示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-61 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (+-)	①	25.50	2.4
S d - D 2 (+-)	① (平均値 - 1 σ 強度)	25.50	2.4

表 5-62 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (+-)	①	25.49	2.8
S d - D 2 (+-)	① (平均値 - 1 σ 強度)	25.49	2.8

表 5-63 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (-+)	②	12.92	2.7
S d - D 2 (-+)	① (平均値 - 1 σ 強度)	12.93	2.8

表 5-64 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (-+)	①	13.55	4.1
S d - D 2 (-+)	① (平均値 - 1 σ 強度)	13.55	4.0

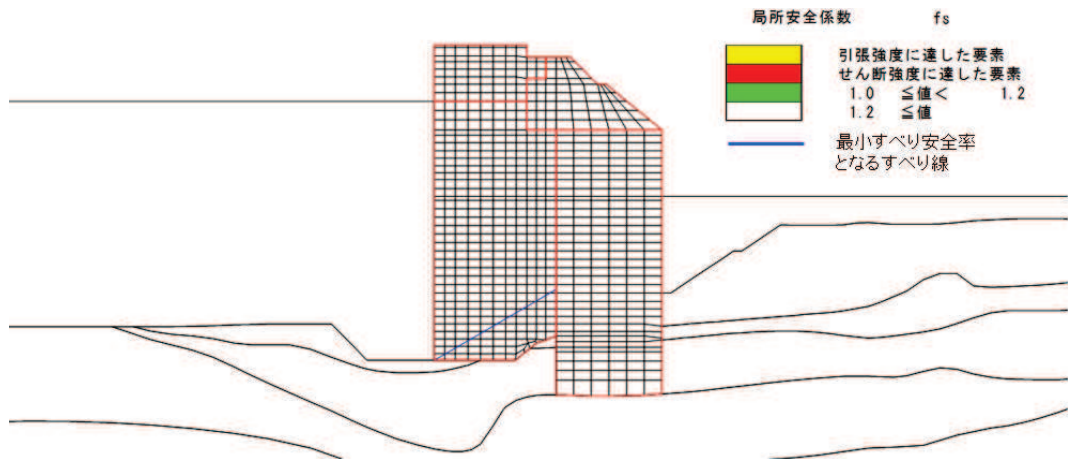


図 5-52 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面①, S d - D 2 (+), t=25.50s)

解析ケース①：基本ケース

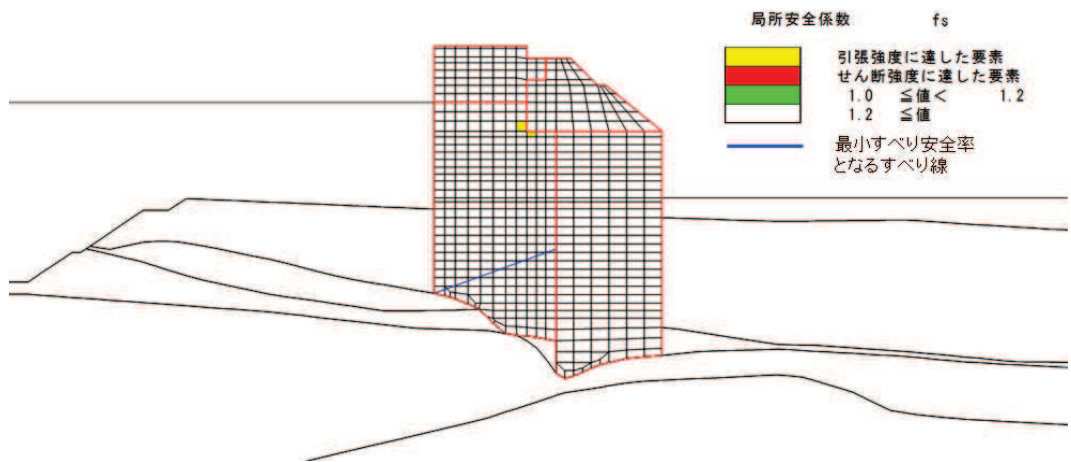


図 5-53 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面②, S d - D 2 (+), t=25.49s)

解析ケース①：基本ケース

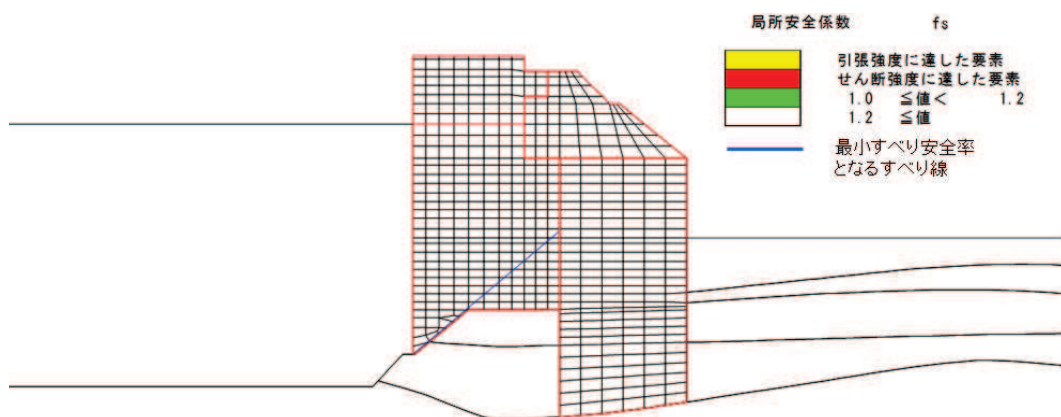


図 5-54 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
 (断面③, S d - D 2 (-+), t=12.92s)
 解析ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

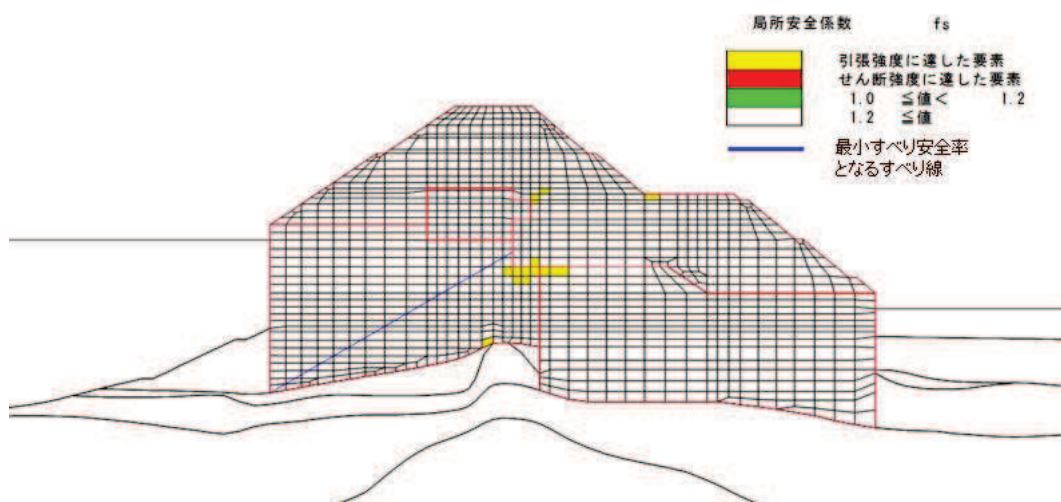


図 5-55 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
 (断面④, S d - D 2 (-+), t=13.55s)
 解析ケース①: 基本ケース

5.2.6 セメント改良土の評価結果

セメント改良土のすべり安全率による評価結果を表 5-65～表 5-68 に、平均強度において最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-56～図 5-59 に示す。なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－1 σ 強度のすべり安全率を表 5-64～表 5-67 に併せて示す。

これらの結果から、セメント改良土のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-65 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (++)	①	25.27	42.4
S d - D 2 (++)	① (平均値－1 σ 強度)	25.27	41.0

表 5-66 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (++)	③	25.27	15.1
S d - D 2 (++)	① (平均値－1 σ 強度)	25.25	28.6

表 5-67 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (-+)	③	13.46	22.0
S d - D 2 (-+)	① (平均値－1 σ 強度)	25.53	31.1

表 5-68 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (--)	③	25.50	6.9
S d - D 2 (--)	① (平均値－1 σ 強度)	25.49	6.8

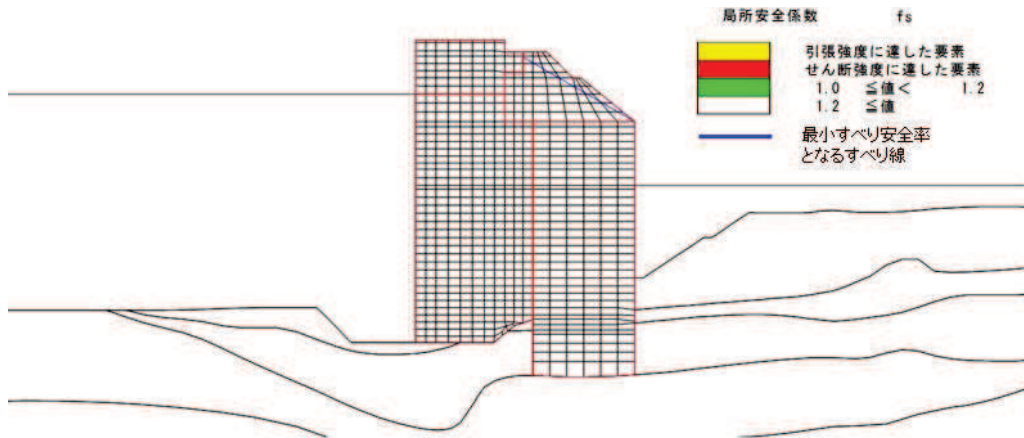


図 5-56 セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
 (断面①, S d - D 2 (++) , t=25. 27s)
 解析ケース① : 基本ケース

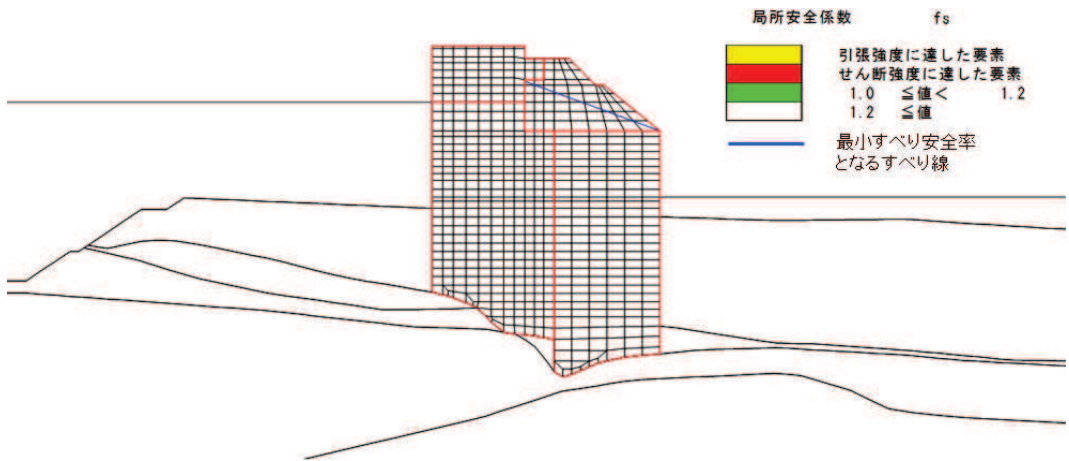


図 5-57 セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
 (断面②, S d - D 2 (++) , t=25. 27s)
 解析ケース③ : 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

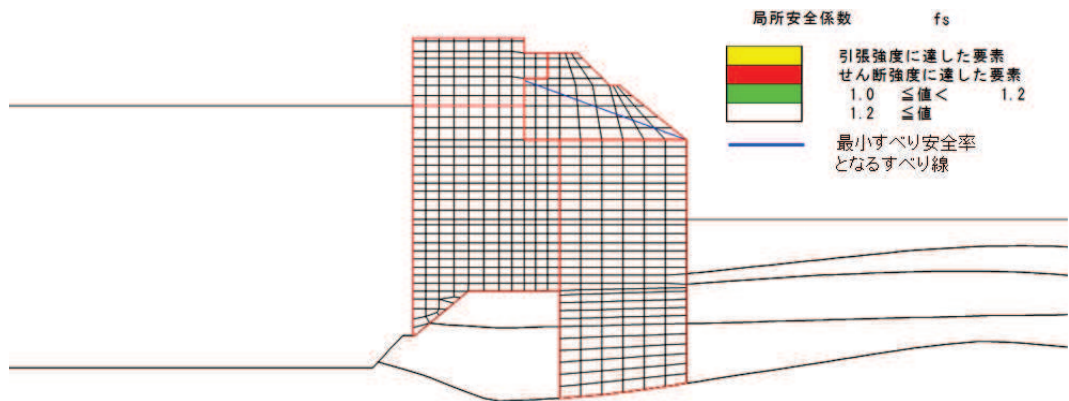


図 5-58 セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面③, S d - D 2 (- +), $t=13.46s$)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

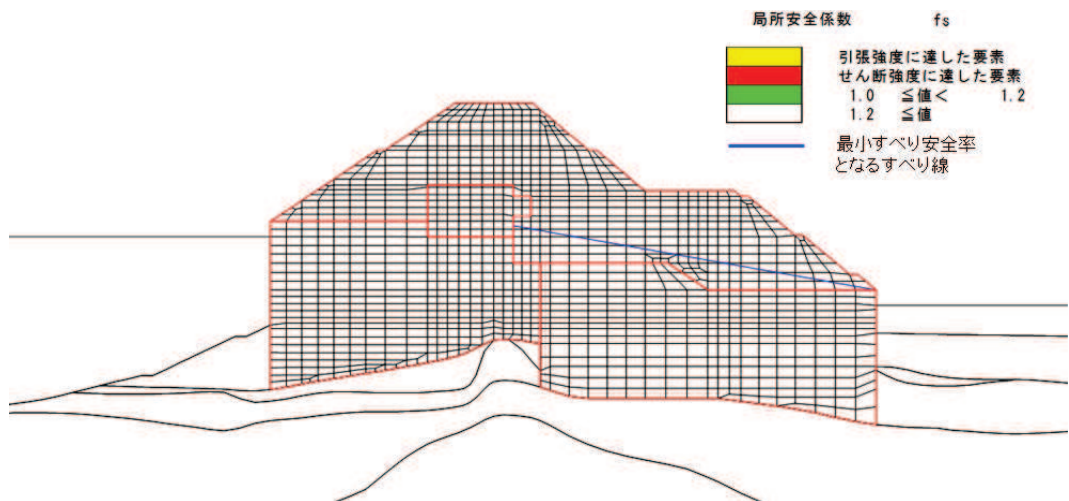


図 5-59 セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面④, S d - D 2 (- -), $t=25.50s$)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

5.2.7 止水ジョイント部材の評価結果

重畳時の止水ジョイント部材の相対変位量に対する照査結果を表 5-69 及び表 5-70 に示す。また、止水ジョイント部材の相対変位量評価区間を図 5-60 に示す。

重畳時の止水ジョイント部材の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-69 (1) ゴムジョイント部材設置箇所の重畳時相対変位量

(A 区間：構造境界部（一般部のうち突出長変化部），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (--)	③	5.7	83.0	88.7	350
軸方向	— *	— *	12.3*	12.3*	24.6	150

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-69 (2) ゴムジョイント部材設置箇所の重畳時相対変位量

(B 区間：構造境界部（一般部のうち背面補強工間），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (- +)	③	31.5	137.0	168.5	350
軸方向	— *	— *	22.2*	22.2*	44.4	150

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-69 (3) ゴムジョイント部材設置箇所の重畳時相対変位量

(C 区間：構造境界部（一般部と岩盤部の境界），鋼製遮水壁天端部：O. P. +29.0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (- +)	③	31.5	137.0	168.5	350
軸方向	— *	— *	14.1*	14.1*	28.2	150

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-69 (4) ゴムジョイント部材設置箇所の重畳時相対変位量
(D 区間：構造境界部 (岩盤部のうち背面補強工間), 杭天端部：O. P. +29. 0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (++)	①	0. 3	55. 4	55. 7	350
軸方向	- *	- *	2. 0*	2. 0*	4. 0	150

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-69 (5) ゴムジョイント部材設置箇所の重畳時相対変位量
(E 区間：構造境界部 (岩盤部のうち背面補強工端部), 杭天端部：O. P. +29. 0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (++)	③	0. 1	66. 0	66. 1	350
軸方向	- *	- *	6. 7*	6. 7*	13. 4	150

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-69 (6) ゴムジョイント部材設置箇所の重畳時相対変位量
(F 区間：構造境界部 (岩盤部のうち突出長変化部), 杭天端部：O. P. +29. 0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (++)	③	0. 1	66. 0	66. 1	350
軸方向	- *	- *	52. 6*	52. 6*	105. 2	150

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-70 (1) ウレタンシリコーン目地設置箇所の重畳時相対変位量
(H 区間：構造同一部（一般部のうち背面補強工内），杭天端部：0. P. +29. 0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (- +)	③	1. 2	17. 7	18. 9	30
軸方向	- *	- *	1. 6*	1. 6*	3. 2	6

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-70 (2) ウレタンシリコーン目地設置箇所の重畳時相対変位量
(I 区間：構造同一部（岩盤部のうち突出杭長同一部），杭天端部：0. P. +29. 0m)

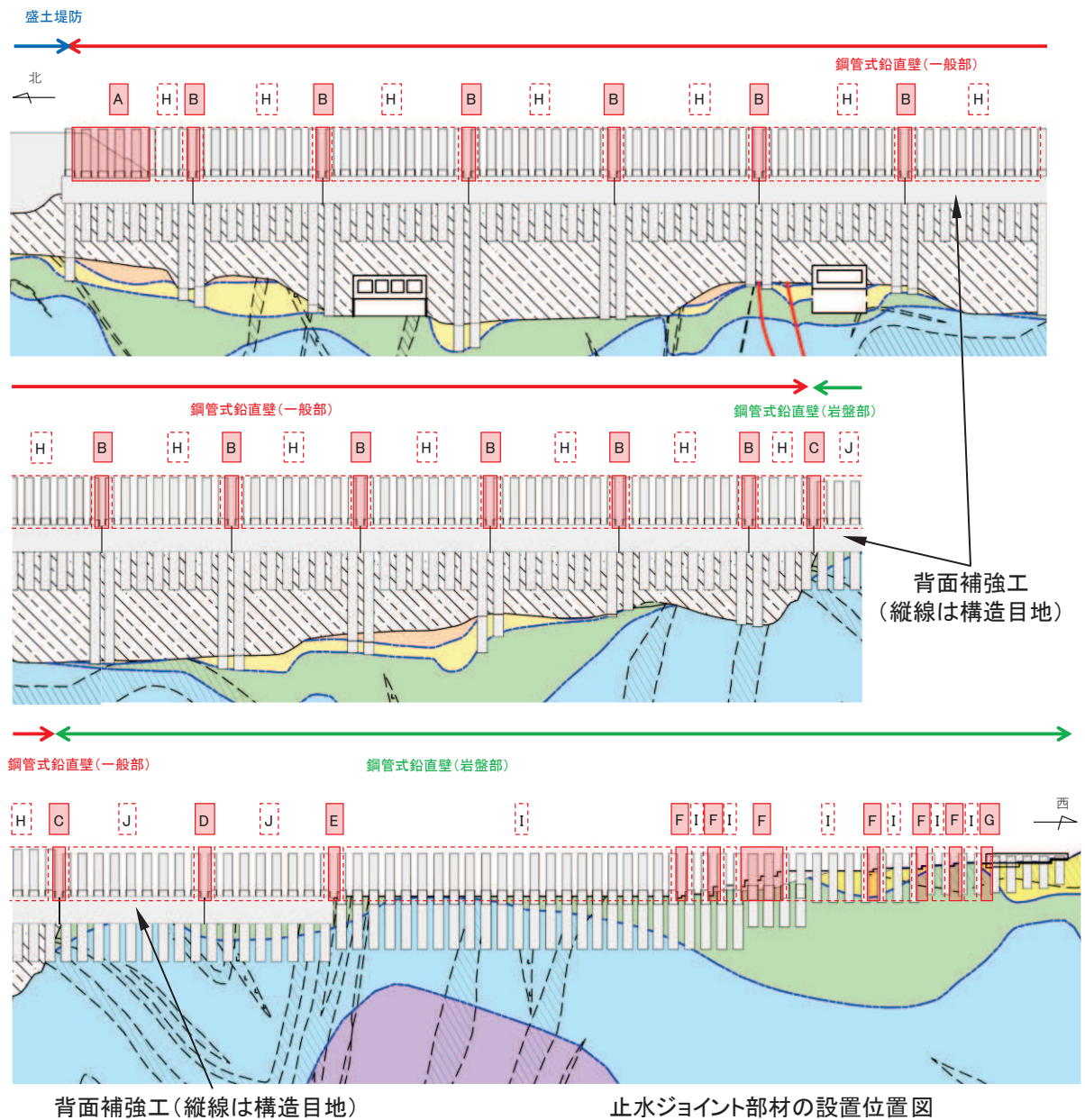
方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (+ +)	③	0. 1	5. 2	5. 3	30
軸方向	- *	- *	1. 2*	1. 2*	2. 4	6

注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。

表 5-70 (3) ウレタンシリコーン目地設置箇所の重畳時相対変位量
(J 区間：構造同一部（岩盤部のうち背面補強工内），杭天端部：0. P. +29. 0m)

方向	地震動	解析 ケース	残留変位 (a) (mm)	重畳時 変位増分 (b) (mm)	合計 (a+b) (mm)	許容限界 (mm)
軸直交方向	S d - D 2 (+ +)	③	0. 1	2. 3	2. 4	30
軸方向	- *	- *	1. 0*	1. 0*	2. 0	6

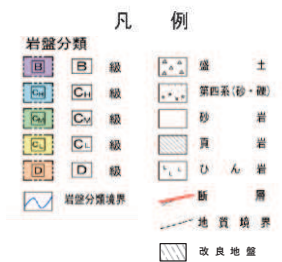
注記 *：軸方向の残留変位及び重畳時変位増分は保守的に地震時の最大相対変位量を考慮する。



背面補強工 (縦線は構造目地)

止水ジョイント部材の設置位置図

	記号 (区間)	評価対象断面	止水ジョイント部材
構造境界部	A (一般部のうち突出長変化部)	断面①, 断面②, 断面③	ゴムジョイント
	B (一般部のうち背面補強工間)	断面①, 断面②, 断面③	ゴムジョイント
	C (一般部と岩盤部の境界)	断面①, 断面②, 断面③, 断面⑤	ゴムジョイント
	D (岩盤部のうち背面補強工間)	断面⑤	ゴムジョイント
	E (岩盤部のうち背面補強工端部)	断面⑤, 断面⑥	ゴムジョイント
	F (岩盤部のうち突出長変化部)	断面⑥	ゴムジョイント
	G (岩盤部のうちRC壁との境界)	断面⑥, 断面⑦	ゴムジョイント
構造同一部	H (一般部のうち背面補強工内)	断面①, 断面②, 断面③	ウレタンシリコーン目地
	I (岩盤部のうち突出長同一部)	断面⑥	ウレタンシリコーン目地
	J (岩盤部のうち背面補強工内)	断面⑤	ウレタンシリコーン目地



* : 鋼管杭下方の C_{II} 級岩盤部は MMR により置換。

図 5-60 止水ジョイント部材の相対変位量評価区間

5.2.8 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能照査結果を表5-71～表5-76に、背面補強工及び置換コンクリートの最大接地圧分布図を図5-61～図5-65に示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

以上のことから、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の基礎地盤は、津波時及び重畳時の荷重に対して、支持性能を有する。

表 5-71(1) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面①，鋼管杭，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (- +)	③	3.0	11.4	0.27

表 5-71(2) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面①，背面補強工，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (- -)	①	1.1	4.4	0.25

表 5-71(3) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面①，置換コンクリート，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (- -)	①	2.0	11.4	0.18

表 5-72(1) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面②，鋼管杭，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+ +)	③	1.1	11.4	0.10

表 5-72(2) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面②，背面補強工，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (- +)	①	1.2	4.4	0.28

表 5-72(3) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面②，置換コンクリート，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+ +)	③	1.6	11.4	0.15

表 5-73(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (断面③, 鋼管杭, 重畳時)

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (-+)	③	2.4	13.7	0.18

表 5-73(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (断面③, 背面補強工, 重畳時)

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (--)	①	1.2	4.4	0.28

表 5-73(3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (断面③, 置換コンクリート, 重畳時)

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+-)	①	2.0	13.7	0.15

表 5-74(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (断面④, 鋼管杭, 重畳時)

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (--)	③	3.0	11.4	0.27

表 5-74(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (断面④, 背面補強工, 重畳時)

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (--)	②	1.3	4.4	0.30

表 5-74(3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (断面④, 置換コンクリート, 重畳時)

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+-)	①	2.2	11.4	0.20

表 5-75(1) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面⑤，鋼管杭，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+ -)	①	0.5	13.7	0.04

表 5-75(2) 基礎地盤の支持性能照査結果（断面⑤，背面補強工，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+ -)	①	0.8	13.7	0.06

表 5-76 基礎地盤の支持性能照査結果（断面⑥，鋼管杭，重畳時）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (+ +)	③	0.5	13.7	0.04

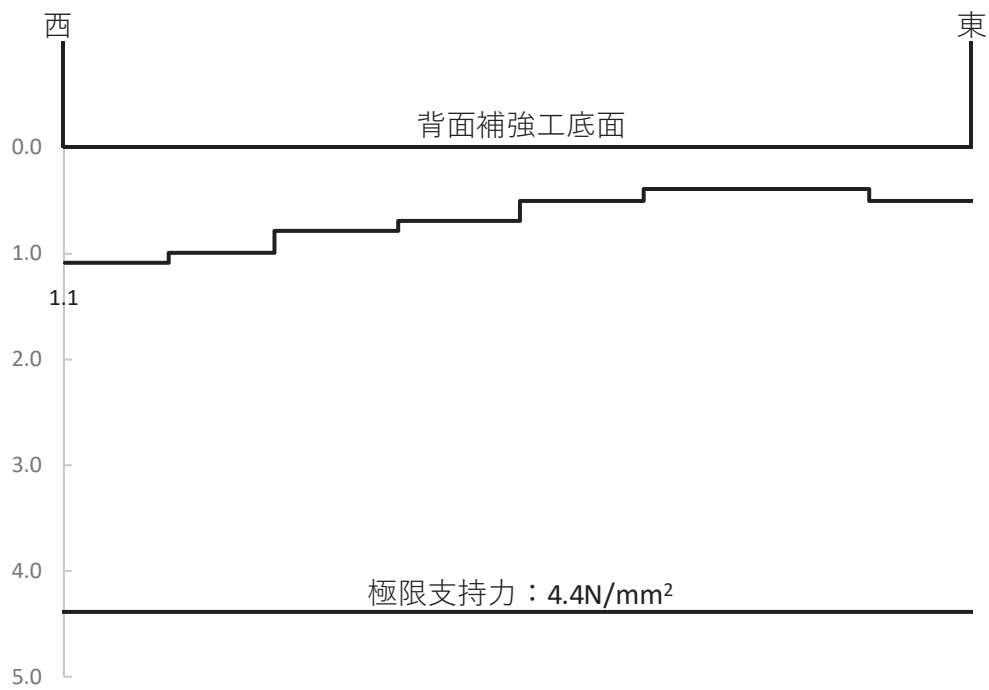


図 5-61 (1) 支持地盤の接地圧分布図 (断面①, 背面補強工)
 (S d - D 2 (---))
 解析ケース①：基本ケース

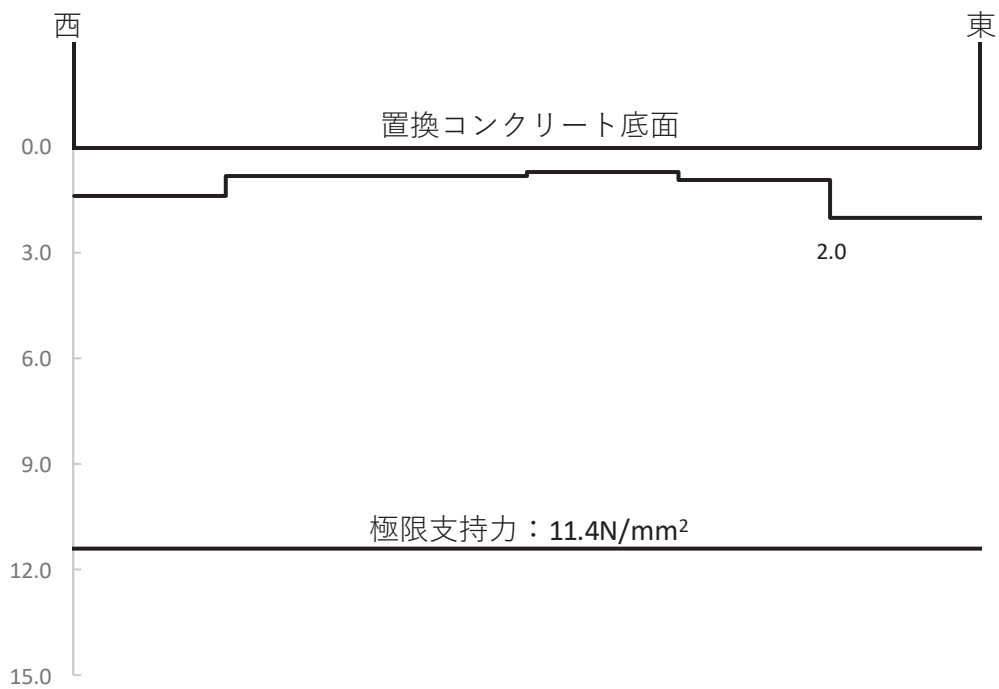


図 5-61 (2) 支持地盤の接地圧分布図 (断面①, 置換コンクリート)
 (S d - D 2 (---))
 解析ケース①：基本ケース

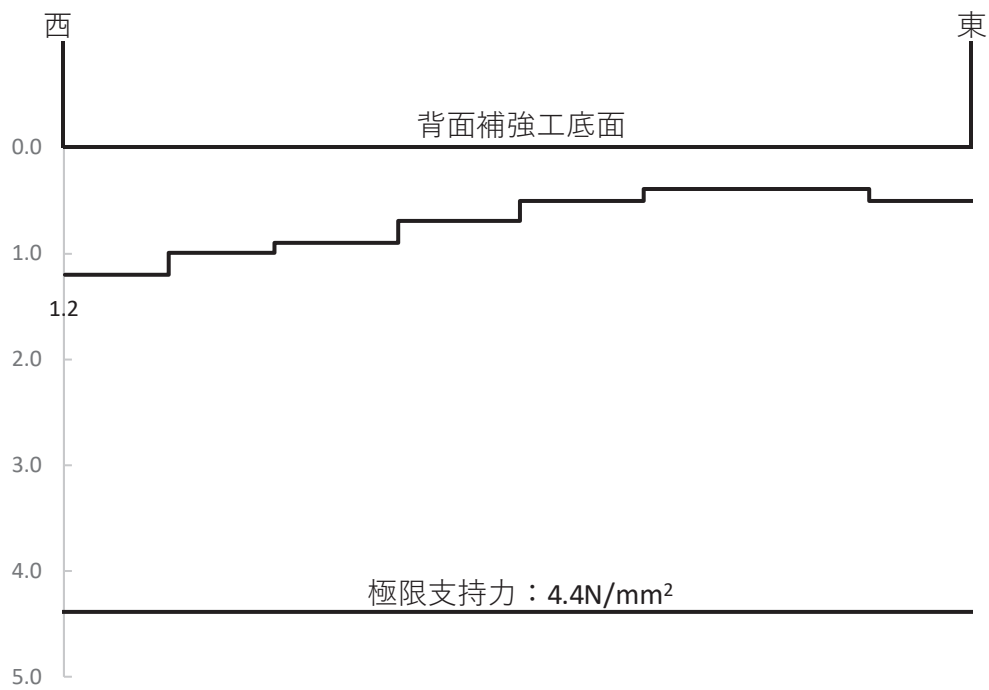


図 5-62 (1) 支持地盤の接地圧分布図 (断面②, 背面補強工)
 (S d - D 2 (-+))
 解析ケース①：基本ケース

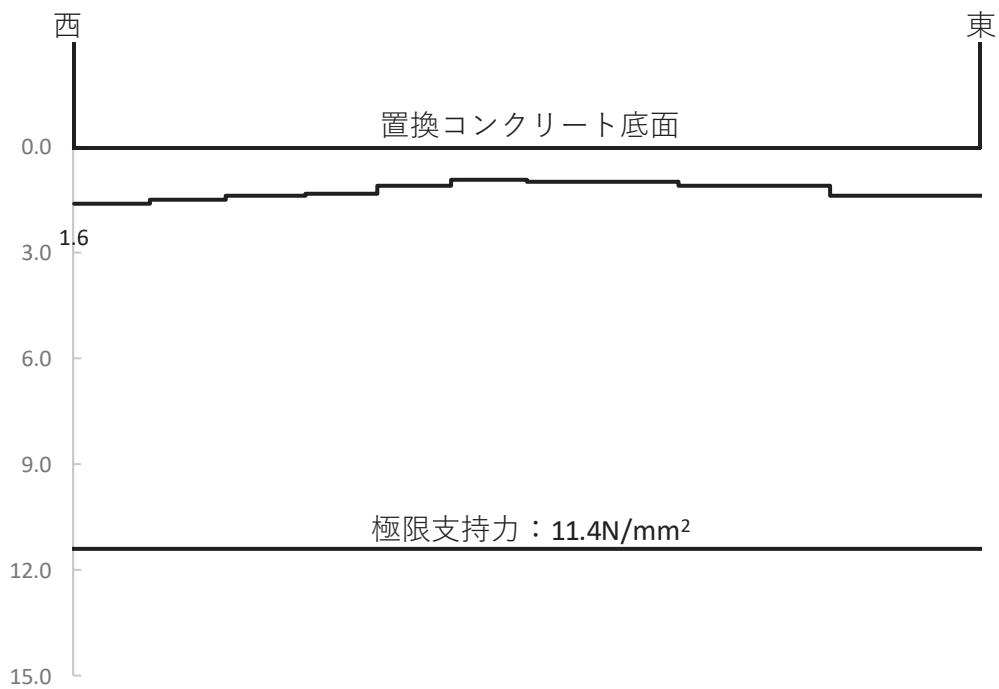


図 5-62 (2) 支持地盤の接地圧分布図 (断面②, 置換コンクリート)
 (S d - D 2 (++))
 解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1 σ)

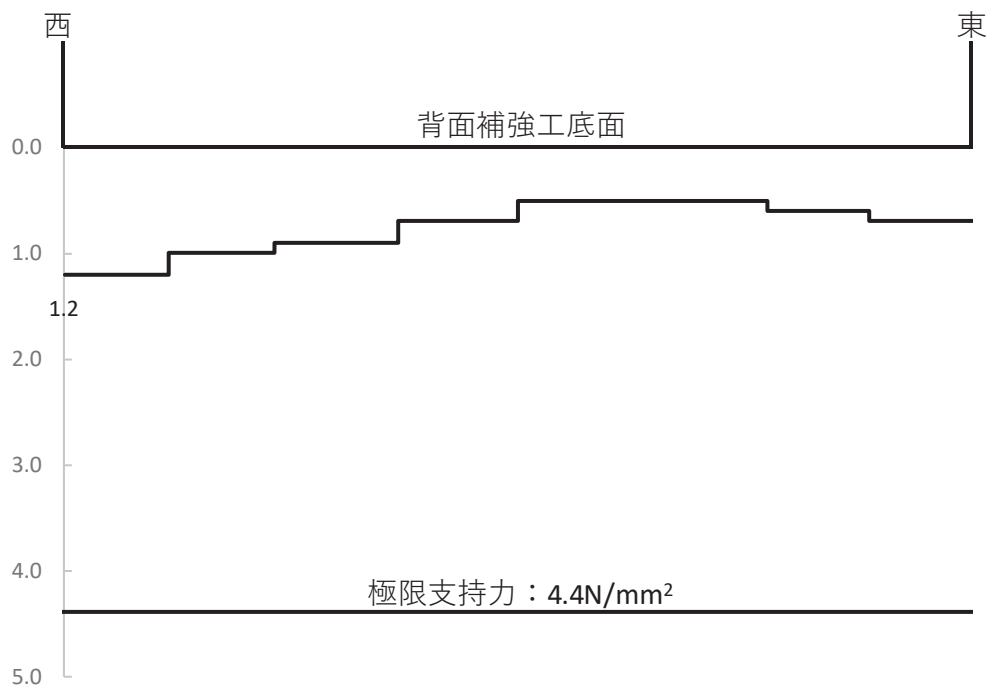


図 5-63 (1) 支持地盤の接地圧分布図 (断面③, 背面補強工)
 (S d - D 2 (--))
 解析ケース① : 基本ケース

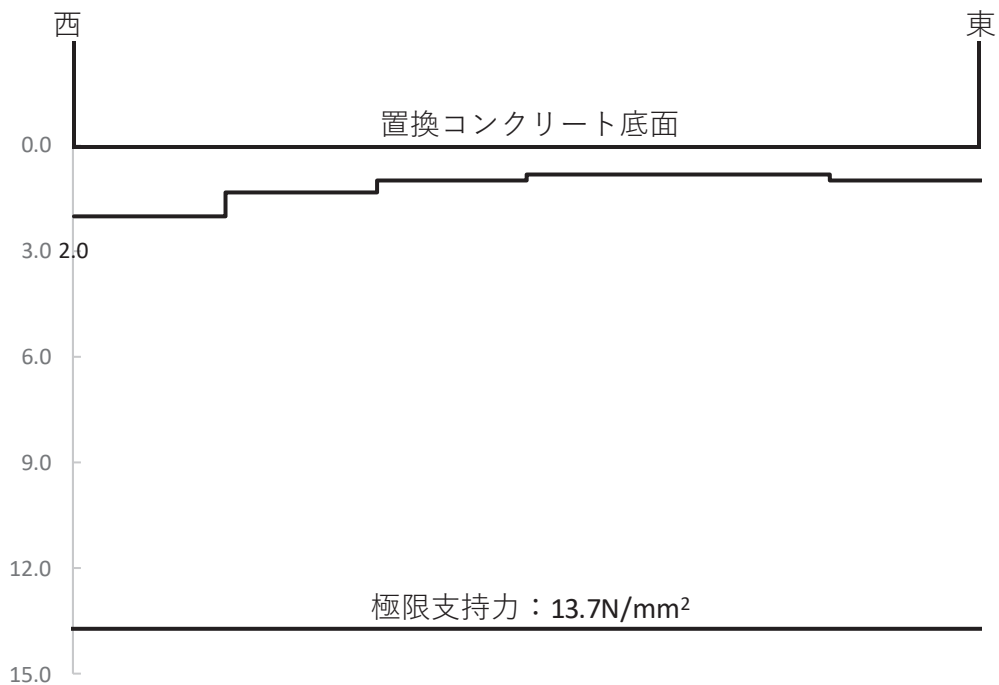


図 5-63 (2) 支持地盤の接地圧分布図 (断面③, 置換コンクリート)
 (S d - D 2 (+ -))
 解析ケース① : 基本ケース

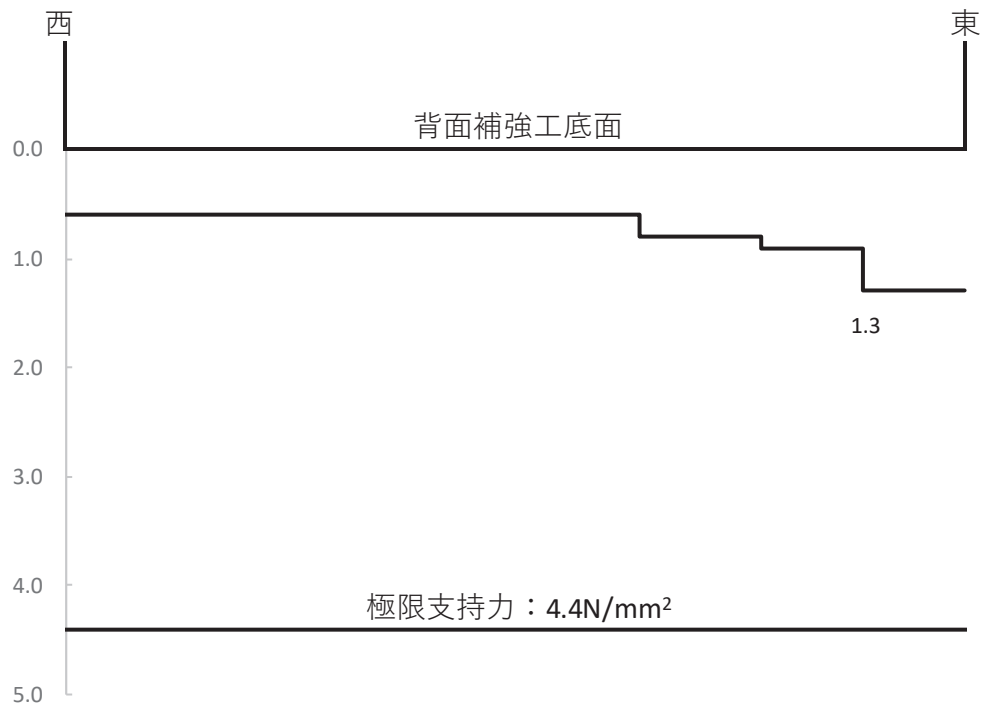


図 5-64(1) 支持地盤の接地圧分布図 (断面④, 背面補強工)

(S d - D 2 (--))

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1 σ)

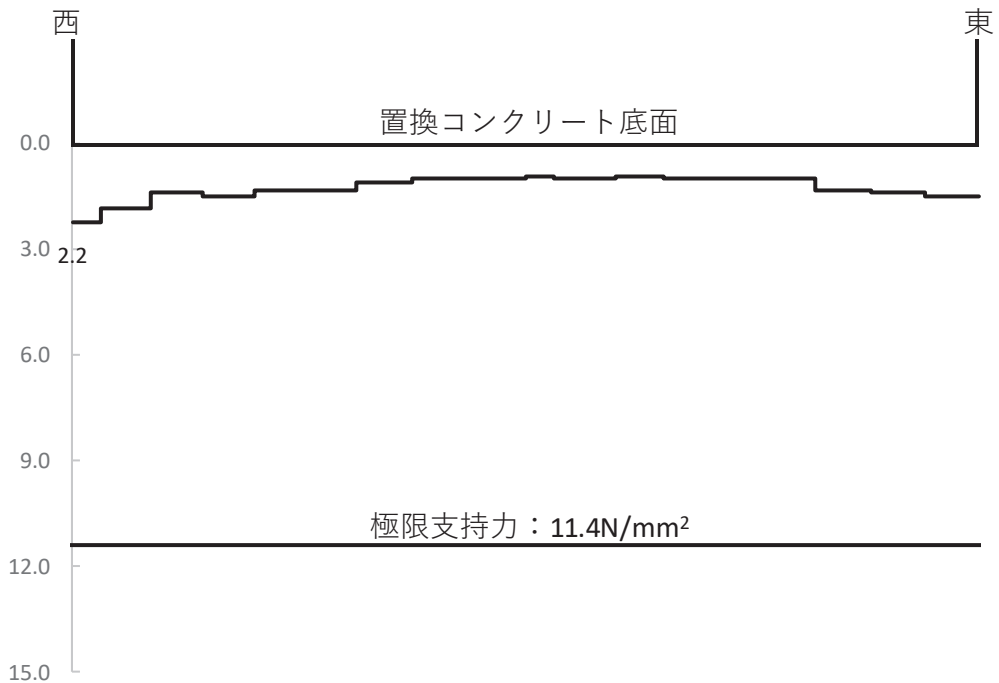


図 5-64(2) 支持地盤の接地圧分布図 (断面④, 置換コンクリート)

(S d - D 2 (+ -))

解析ケース①：基本ケース

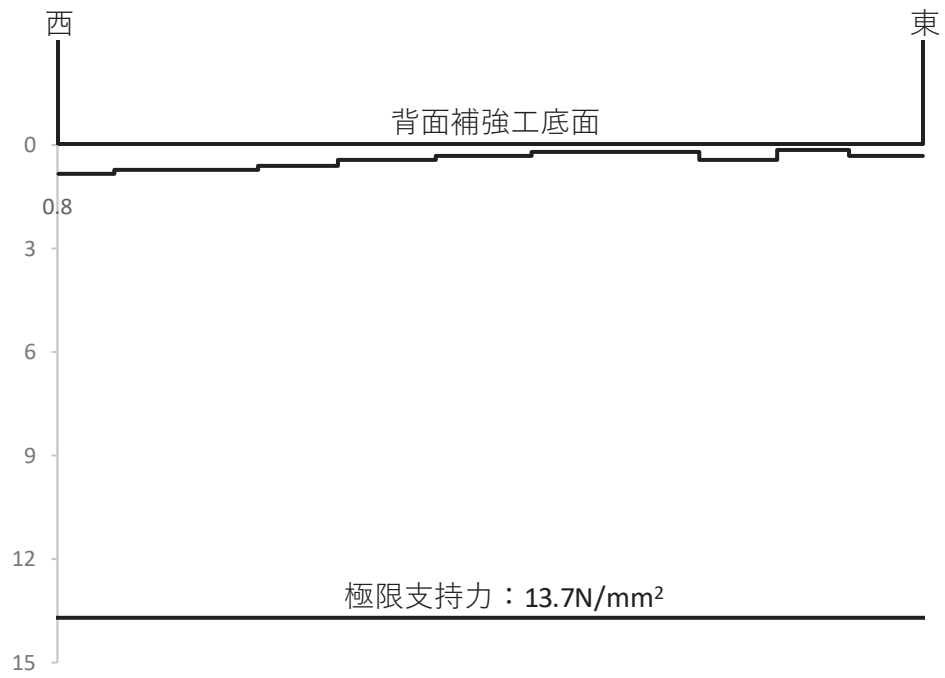


図 5-65 支持地盤の接地圧分布図 (断面⑤, 背面補強工)

(S d - D 2 (+ -))

解析ケース①：基本ケース

VI-3-別添 3-2-1-2 防潮堤（盛土堤防）の強度計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	4
2.4	適用基準	8
3.	強度評価方法	9
3.1	記号の定義	9
3.2	評価対象断面及び部位	10
3.2.1	評価対象断面	10
3.2.2	評価対象部位	12
3.3	荷重及び荷重の組合せ	13
3.3.1	荷重	13
3.3.2	荷重の組合せ	15
3.4	許容限界	16
3.4.1	セメント改良土	16
3.4.2	置換コンクリート	16
3.4.3	改良地盤	16
3.4.4	基礎地盤	17
3.5	評価方法	18
3.5.1	津波時	18
3.5.2	重畳時	24
4.	評価条件	32
4.1	津波時	32
4.2	重畳時	33
5.	評価結果	34
5.1	津波時	34
5.1.1	セメント改良土の評価結果	34
5.1.2	置換コンクリートの評価結果	35
5.1.3	改良地盤の評価結果	36
5.2	重畳時	37
5.2.1	セメント改良土の評価結果	37
5.2.2	置換コンクリートの評価結果	38
5.2.3	改良地盤の評価結果	39
5.2.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	40

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、防潮堤（盛土堤防）が地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、施設・地盤の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する地盤に設置していること及び有意な漏えいを生じさせないことを確認するものである。

なお、防潮堤（盛土堤防）の強度評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1 m の地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

防潮堤（盛土堤防）の範囲を図 2-1 に示す。

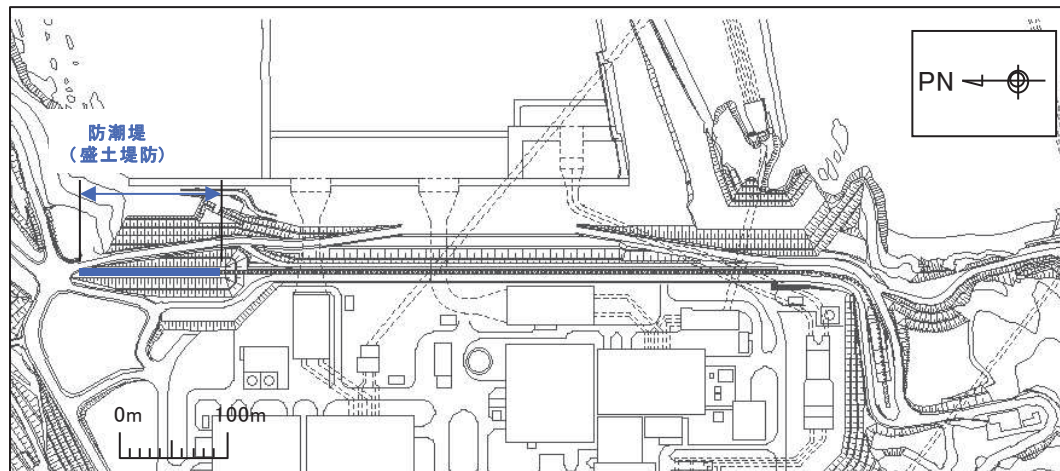


図 2-1 防潮堤（盛土堤防）の範囲

2.2 構造概要

防潮堤（盛土堤防）は，入力津波による浸水高さ（防潮堤前面：O.P.+24.4m）に対して余裕を考慮した天端高さ（O.P.+29.0m）とする。

防潮堤（盛土堤防）は，改良地盤に設置されたセメント改良土による堤体と，基礎地盤のすべり安定性を確保する観点から設置する置換コンクリートで構成される。

防潮堤（盛土堤防）の構造図を図 2-2 に示す。

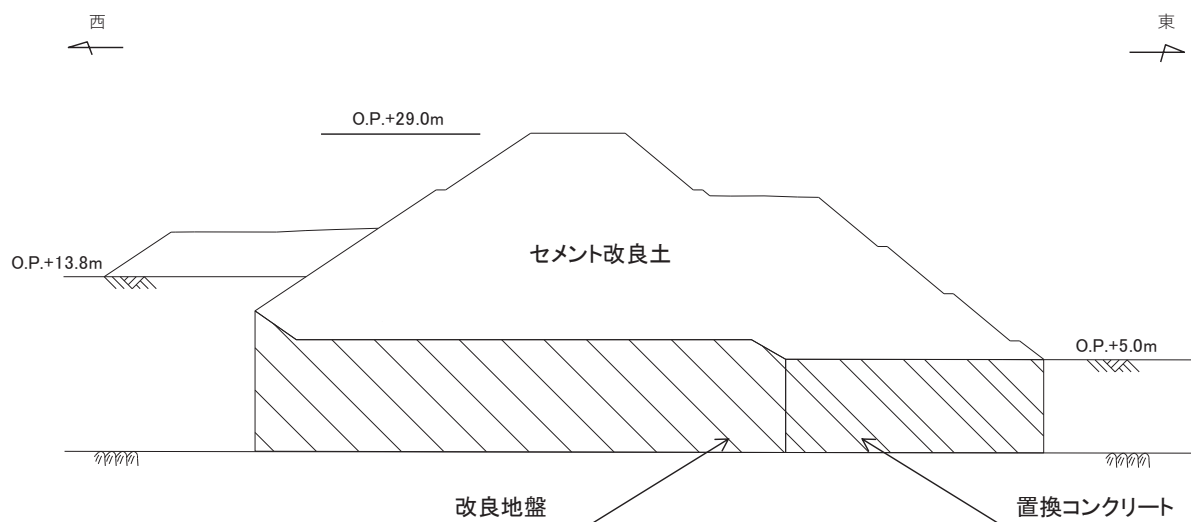


図 2-2 防潮堤（盛土堤防）の構造図

2.3 評価方針

防潮堤（盛土堤防）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

防潮堤（盛土堤防）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

また、防潮堤（盛土堤防）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」より、防潮堤（盛土堤防）の評価対象部位のすべり安全率が許容限界を満足することを確認する。

防潮堤（盛土堤防）の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。

防潮堤（盛土堤防）の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-3 の防潮堤（盛土堤防）の評価項目に示すとおり、施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

防潮堤（盛土堤防）の強度評価の検討フローを図 2-3 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ を 1 次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

表 2-1 防潮堤（盛土堤防）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割*	津波時の役割*
施設	セメント改良土	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 難透水性を有し、堤体により止水性を維持する。
	置換コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート強度を考慮して基礎地盤のすべり安定性を確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中からの回り込みによる浸水を防止する(難透水性を保持する)。
地盤	改良地盤	<ul style="list-style-type: none"> セメント改良土を鉛直支持する(下方の岩盤に荷重を伝達する)。 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> セメント改良土を鉛直支持する(下方の岩盤に荷重を伝達する)。 地盤中からの回り込みによる浸水を防止する(難透水性を保持する)。
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持する。 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持する。

注記 * : 津波+余震時は地震時及び津波時の両方の役割を参照する。

表 2-2 防潮堤（盛土堤防）の各部位の役割に対する性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持 (第3条)	すべり安定性 (第3条)	健全性 (第4条)	止水性 (難透水性) (第5条)
施設	セメント改良土	—	—	セメント改良土の健全性を保持して、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持するために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。	セメント改良土を横断する水みちが形成されて有意な漏洩を生じないために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。
	置換コンクリート	—	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、コンクリートの強度を維持し、すべり抵抗を保持すること。	コンクリートの強度を維持すること及び堤体であるセメント改良土の堤体高さ及び難透水性を維持するため、置換コンクリートがすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を保持)するため、置換コンクリートがすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
地盤	改良地盤	セメント改良土を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、置換コンクリートのすべり抵抗も考慮した上で、十分なすべり安定性を保持すること。	堤体であるセメント改良土の堤体高さ及び難透水性を維持するため、改良地盤にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を保持)するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
	岩盤	セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。		—	

表 2-3 防潮堤（盛土堤防）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	施設・地盤の健全性	セメント改良土	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2 以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2 以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力(接地圧)が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	セメント改良土	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2 以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2 以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力(接地圧)が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 * : 妥当な安全余裕を考慮する。

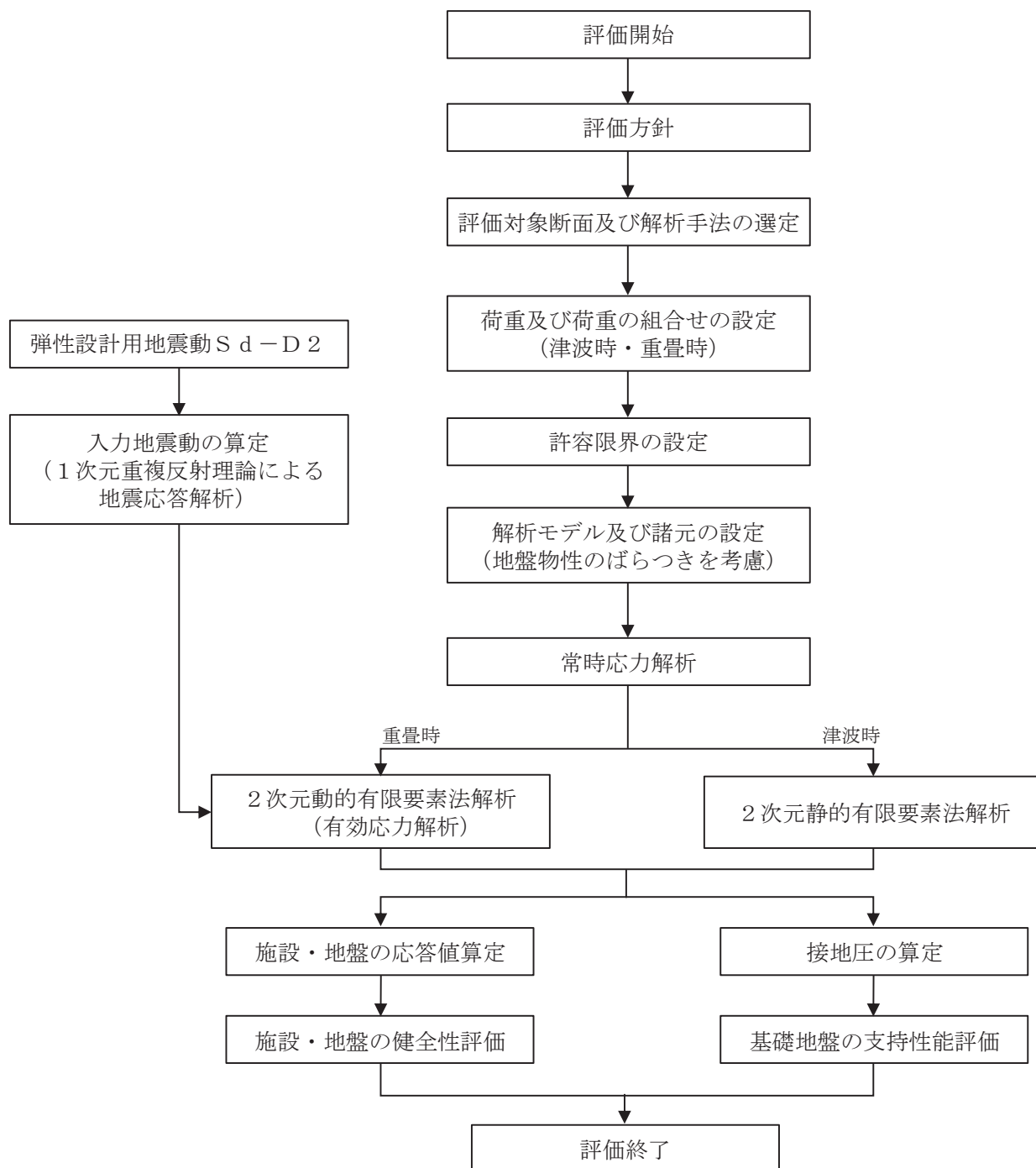


図 2-3 防潮堤（盛土堤防）の強度評価の検討フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- ・ 耐津波設計に係る工認審査ガイド (平成 25 年 6 月 19 日原管地発第 1306196 号) (以下「耐津波設計に係る工認審査ガイド」という。)
- ・ 日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編
- ・ 土木学会 2013 年 コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- ・ Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN/m ²	積載荷重
P _s	kN/m ²	積雪荷重
P _k	kN/m ²	風荷重
P _t	kN/m ²	遡上津波荷重
P _c	kN	衝突荷重
K _{Sd}	—	余震荷重
P _d	kN/m ²	動水圧
γ _w	kN/m ³	海水の単位体積重量
ρ	kg/m ³	海水の密度

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

評価対象断面は、防潮堤（盛土堤防）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて、図 3-1 に示す断面位置とする。防潮堤（盛土堤防）の縦断面図を図 3-2 に、評価対象断面図を図 3-3 に示す。

断面①：セメント改良土が最も厚くなる箇所、 C_{40} 級岩盤上面が最も深く、盛土及び旧表土が厚く堆積する箇所（設置変更許可段階において、基礎地盤の安定性評価及び構造成立性評価で示した断面）。

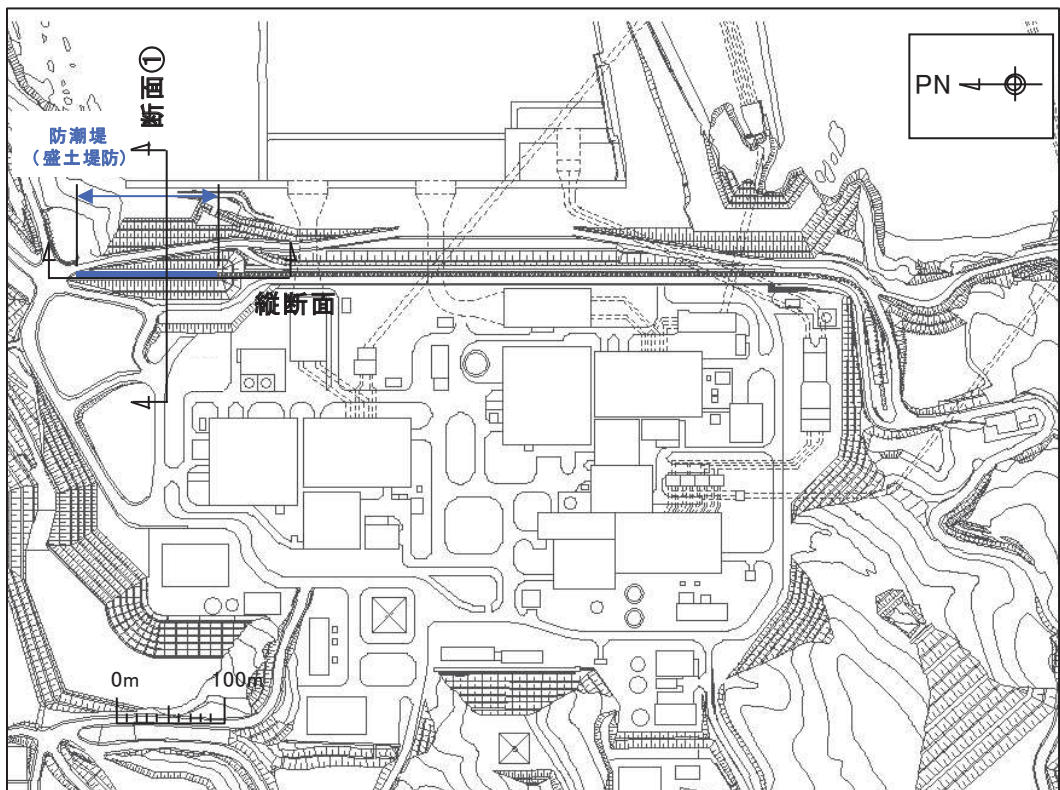


図 3-1 防潮堤（盛土堤防）の評価対象断面位置図

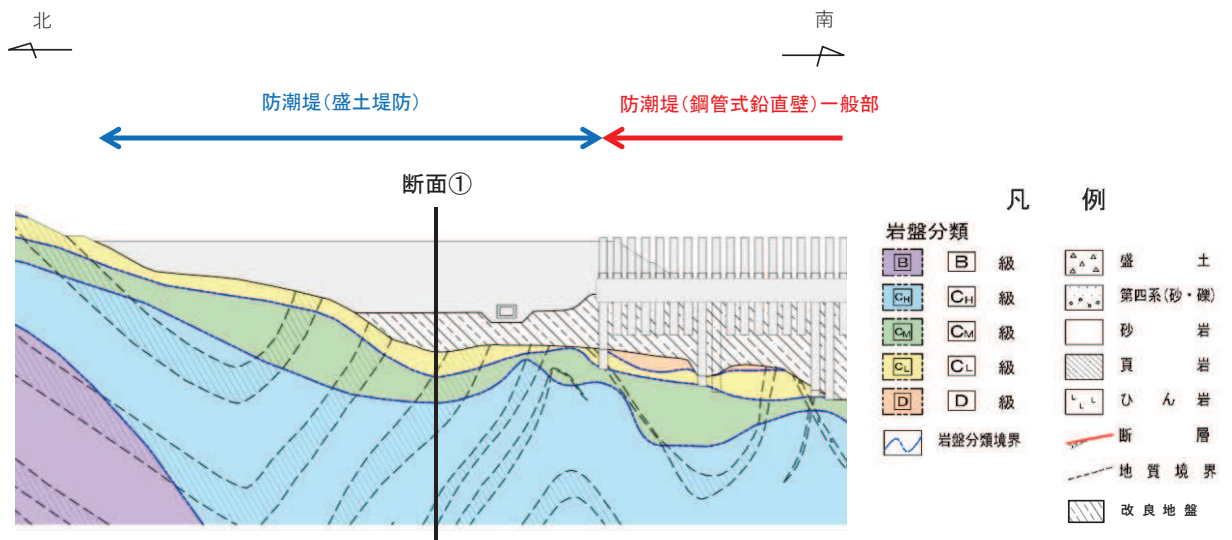


図 3-2 防潮堤（盛土堤防）の縦断面図

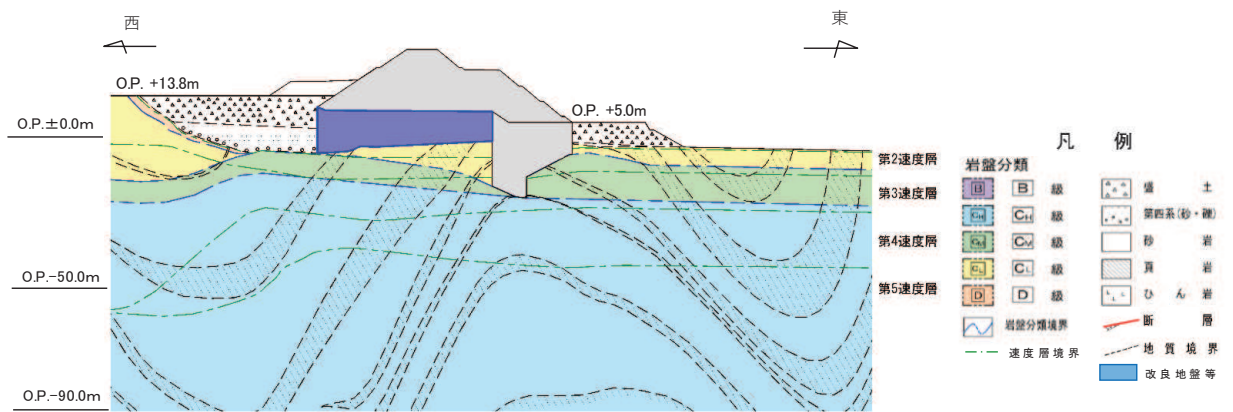


図 3-3 評価対象断面図（断面①）

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、防潮堤（盛土堤防）の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(1) 施設・地盤の健全性評価

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は、セメント改良土、置換コンクリート及び改良地盤とする。

(2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は、セメント改良土及び置換コンクリートを支持する基礎地盤とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重については、積雪荷重を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重については、敷地側から海側に作用する場合は遡上津波荷重を打ち消す側に荷重が作用するため、海側から敷地側の方向で津波水位から防潮堤天端までに作用することを考慮する。

(5) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、風荷重を含めた荷重とするため、防潮堤前面における入力津波水位 $0.P.+24.4\text{m}$ に余裕を考慮した津波水位 $0.P.+25.0\text{m}$ を用いることとし、その標高と防潮堤前面の地盤標高の差分の $1/2$ 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。

(6) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重については、2.15 t の車両を対象に「FEMA (2012) *」式による漂流物荷重に余裕を考慮して設定する。

衝突荷重を表 3-2 に示す。

注記 * : FEMA (2012) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-2 衝突荷重

流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
13	2000

(7) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重として、弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による地震力及び動水圧を考慮する。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を図 3-4～図 3-5 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_t + P_c$
重畳時	$G + P + P_t + K_{sd}$

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2)

P_t : 遡上津波荷重 (風荷重 P_k を含む)

P_c : 衝突荷重

K_{sd} : 余震荷重

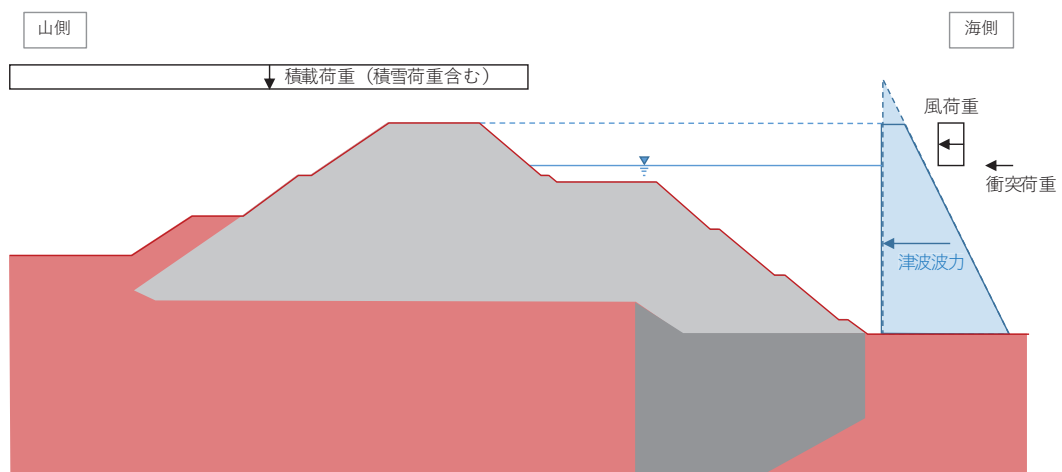


図 3-4 荷重作用図 (津波時)

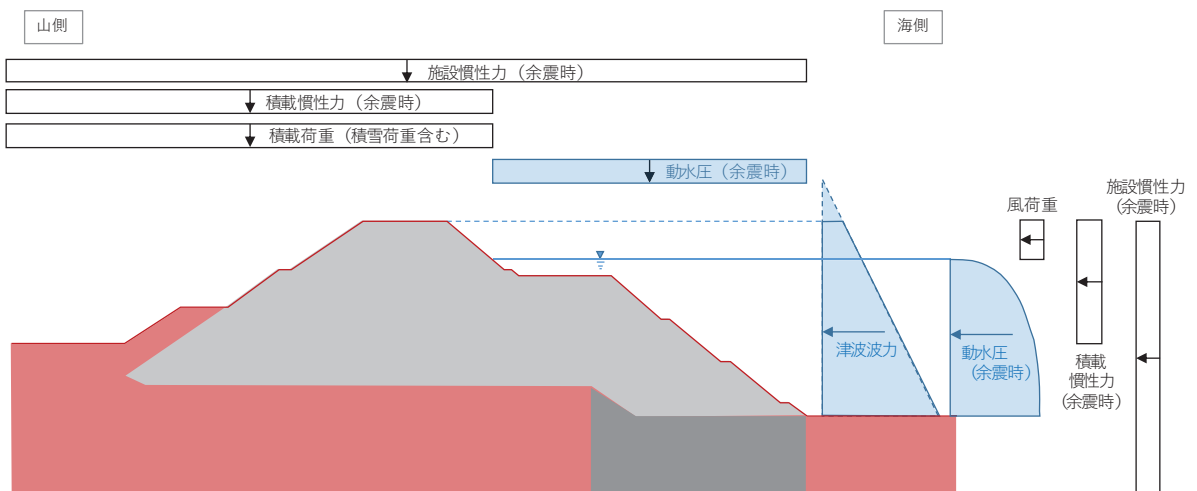


図 3-5 荷重作用図 (重畳時)

3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象部位の応力や変形の状態を考慮し、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.4.1 セメント改良土

セメント改良土の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、表 3-4 に示すすべり安全率とする。

表 3-4 セメント改良土の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.2 置換コンクリート

置換コンクリートの許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-5 に示すすべり安全率とする。

表 3-5 置換コンクリートの許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.3 改良地盤

改良地盤の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-6 に示すすべり安全率とする。

表 3-6 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.4 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する極限支持力は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、支持力試験により設定する。基礎地盤の極限支持力を表 3-7 に示す。

表 3-7 基礎地盤の支持力に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	牧の浜部層*	11.4
	改良地盤	4.4

注記 * : C_M級岩盤以上の岩盤が対象

3.5 評価方法

防潮堤（盛土堤防）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

3.5.1 津波時

(1) 解析方法

津波時に発生する応答値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて2次元静的有限要素法解析により算定する。なお、衝突荷重は入力津波水位 O.P. +24.4m に余裕を考慮した津波水位 O.P. +25.0m に作用させる。

解析コードは、2次元静的有限要素法解析に「FLIP Ver7.3.0_2」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 施設

セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）、置換コンクリートは線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

b. 材料物性及び地盤物性のばらつき

図 3-3 に示すとおり、防潮堤（盛土堤防）の周辺には、主として旧表土、盛土、D級岩盤及び改良地盤が分布しており、これらの地盤の剛性が津波時に防潮堤（盛土堤防）の挙動に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

また、施設として位置付けているセメント改良土についても、他の地盤と同様にばらつきの影響を考慮する。

解析ケースを表 3-8 に示す。

表 3-8 解析ケース（防潮堤（盛土堤防））

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D 級岩盤, セメント改良土*, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値

注記 * : 防潮堤（盛土堤防）においては施設として定義

c. 解析ケース

津波時においては，表 3-8 に示すケース①～③を実施する。

(2) 解析モデル及び諸元

a. 解析モデル

防潮堤（盛土堤防）の解析モデルを図 3-6 に示す。

(a) 解析領域

解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

(b) 境界条件

境界条件については、解析領域の側方及び底面において半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(c) 構造物のモデル化

セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）、置換コンクリートは線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

(d) 地盤のモデル化

D₁級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。D₂級岩盤、改良地盤及び盛土・旧表土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）でモデル化する。

また、基準地震動 S_s による防潮堤前背面の盛土（背面の盛土斜面含む）の地盤沈下を考慮したモデル化とする。

(e) 海水のモデル化

海水は液体要素でモデル化する。なお、遡上津波荷重は別途考慮する。

(f) ジョイント要素の設定

「改良地盤と盛土・旧表土」、「改良地盤と岩盤」、「置換コンクリートと岩盤」、「置換コンクリートと盛土・旧表土」、「改良地盤とセメント改良土」及び「改良地盤と置換コンクリート」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

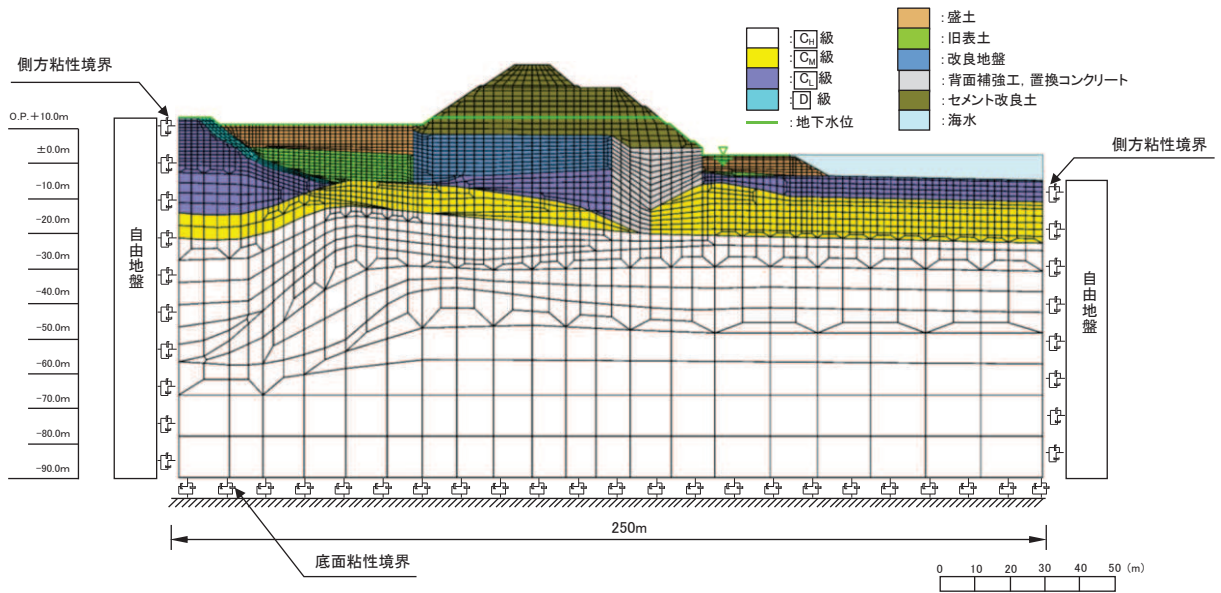


図 3-6 防潮堤（盛土堤防）の解析モデル（断面①）

b. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-9 に、材料の物性値を表 3-10 に示す。なお、セメント改良土の物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

表 3-9 使用材料

材料	諸元
コンクリート (置換コンクリート)	設計基準強度 : 30 N/mm ²

表 3-10 材料の物性値

材料	単位 体積重量 (kN/m ³)	せん断 強度 (N/mm ²)	内部 摩擦角 (°)	引張 強度 (N/mm ²)	残留 強度 (N/mm ²)	ヤング 係数 (N/mm ²)	ポアソン 比
コンクリート (置換コンクリート)	22.5* ¹	6.00* ²	-* ³	2.22* ¹	-* ³	2.80×10 ⁴ * ¹	0.2* ¹

注記 *1 : 土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]

*2 : 土木学会 2013 年 コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編

*3 : 内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

c. 地盤の物性値

地盤の物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

d. 地下水位

地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 3-6 及び表 3-11 に示す。

表 3-11 設計用地下水位

施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
防潮堤（盛土堤防）	断面①	防潮堤（盛土堤防）より山側及び海側で地表面に設定する。

(3) 評価方法

防潮堤（盛土堤防）の強度評価は、津波時に発生する応力が「3.4 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

a. セメント改良土

セメント改良土の評価は、セメント改良土を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

また、セメント改良土の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

b. 置換コンクリート

置換コンクリートの評価は、置換コンクリートを通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

c. 改良地盤

改良地盤の評価は、改良地盤を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

また、改良地盤の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

d. 基礎地盤

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、基礎地盤に生じる接地圧が重畳時に包絡されると考えられることから実施しない。

3.5.2 重畳時

(1) 解析方法

重畳時に発生する応答値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて2次元動的有限要素法解析により算定する。

2次元動的有限要素法解析については、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析とする。

解析コードは、2次元動的有限要素法解析に「FLIP Ver7.3.0_2」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 施設

セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）、置換コンクリートは線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

b. 材料物性及び地盤物性のばらつき

図 3-3 に示すとおり、防潮堤（盛土堤防）の周辺には、主として旧表土、盛土、D級岩盤及び改良地盤といった、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が重畳時に防潮堤（盛土堤防）の応答に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。また、施設として位置付けているセメント改良土についても、他の地盤と同様にばらつきの影響を考慮する。

解析ケースを表 3-12 に示す。

表 3-12 解析ケース（防潮堤（盛土堤防））

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土*, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値

注記 * : 防潮堤（盛土堤防）においては施設として定義

c. 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰とする。

d. 解析ケース

重畳時においては、弾性設計用地震動 S d - D 2 に対して、ケース①（基本ケース）を実施する。ケース①において、各照査値が最も厳しい地震動を用い、表 3-12 に示すケース②及び③を実施する。重畳時における解析ケースを表 3-13 に示す。

表 3-13 重畳時における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値 + 1σ	平均値 - 1σ
地震動 (位相)	S d - D 2	++* ¹	○	弾性設計用地震動 S d - D 2 (1波) 及び位相反転を考慮した地震動 (3波) を加えた全4波により照査を行ったケース①(基本ケース)の結果から、すべり安全率が 2.4 以下となる* ² 又は基礎地盤の支持力照査において照査値が 0.5 以上となる全ての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いてケース②~③を実施する。照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②~③を実施する。
		-+* ¹	○	
		+-* ¹	○	
		--* ¹	○	

注記 *1：地震動の位相について (++) の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：許容限界であるすべり安全率 1.2 に対して 2 倍の裕度

(2) 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D2$ を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-7 に入力地震動算定の概念図を、図 3-8 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver. 1.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

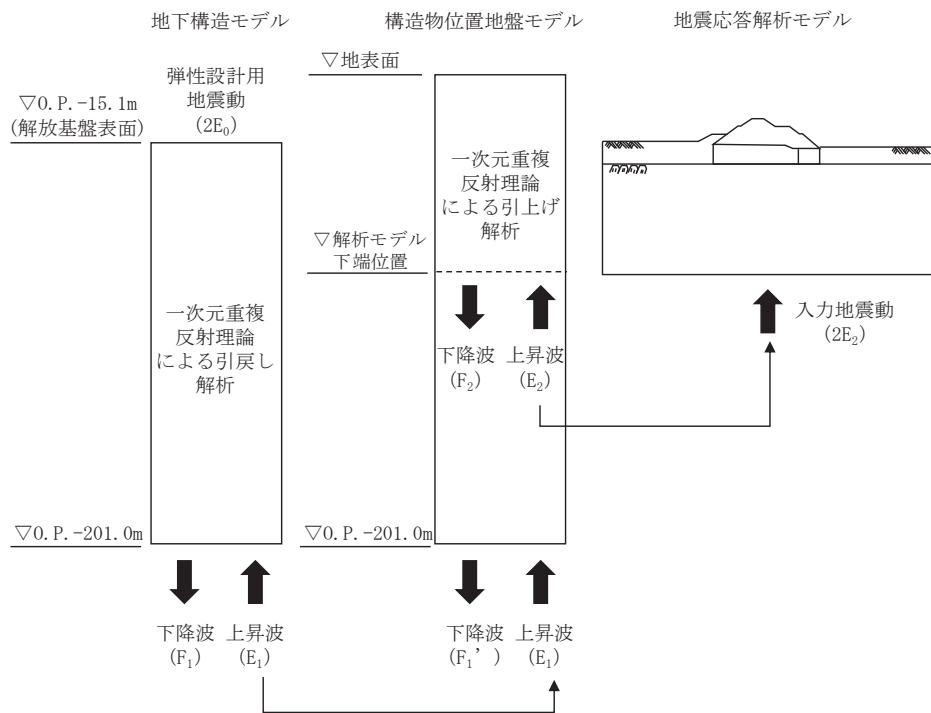
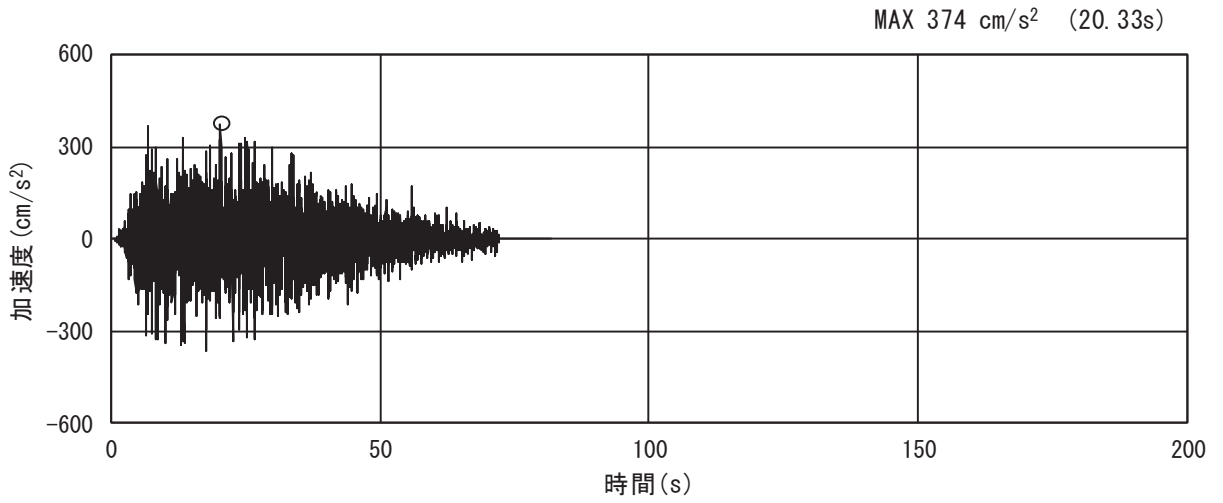
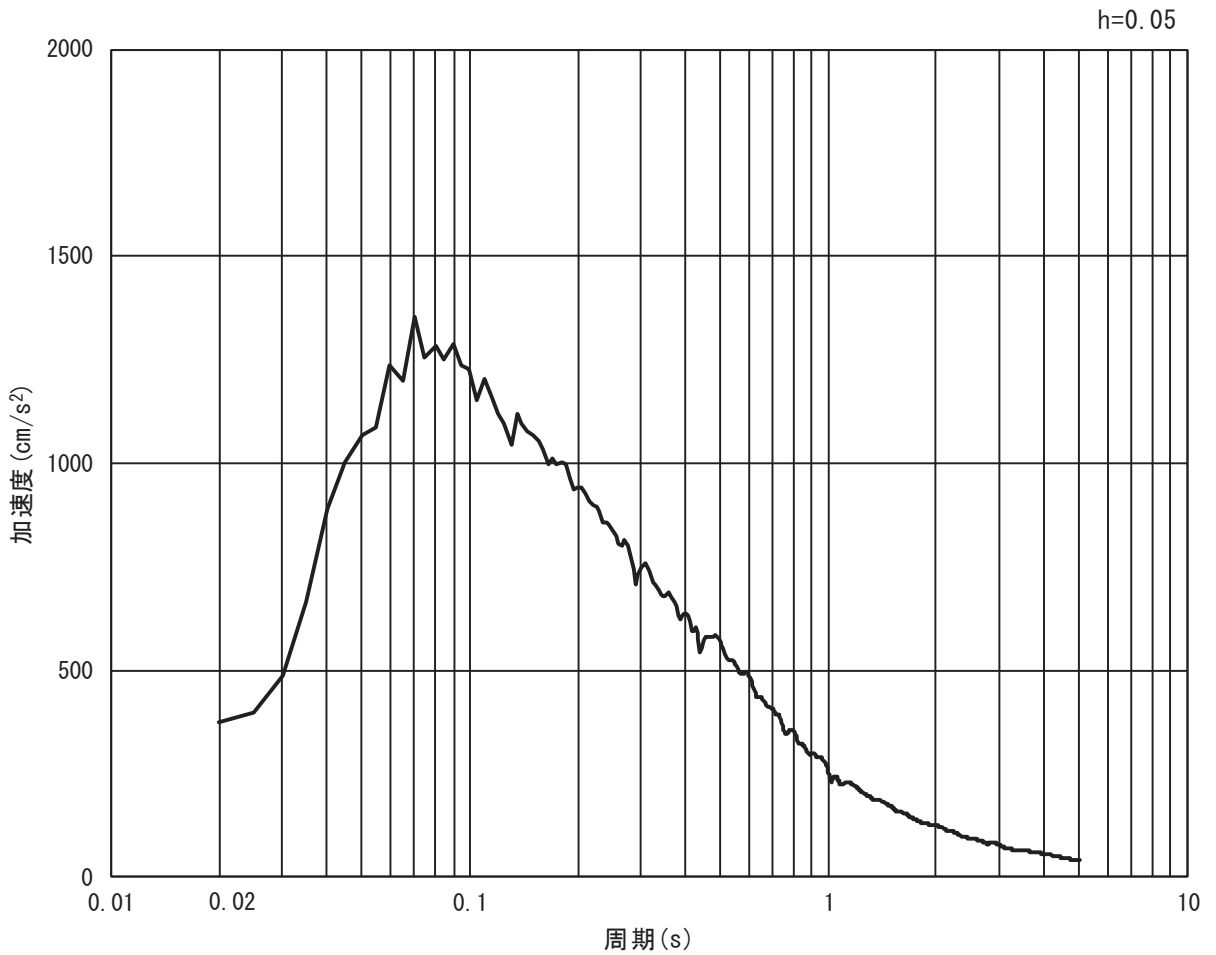


図 3-7 入力地震動算定の概念図

a. 断面①

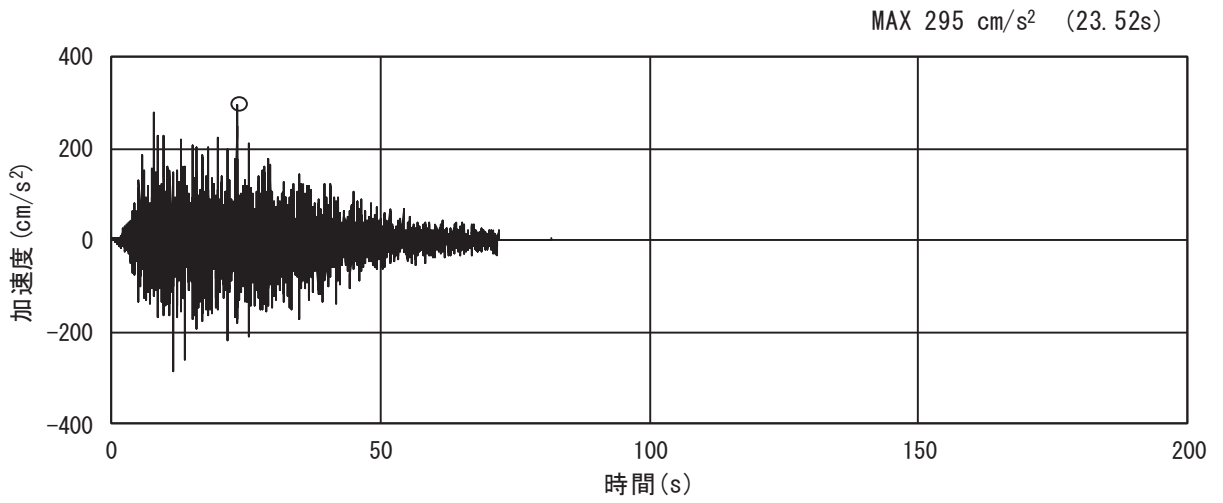


(a) 加速度時刻歴波形

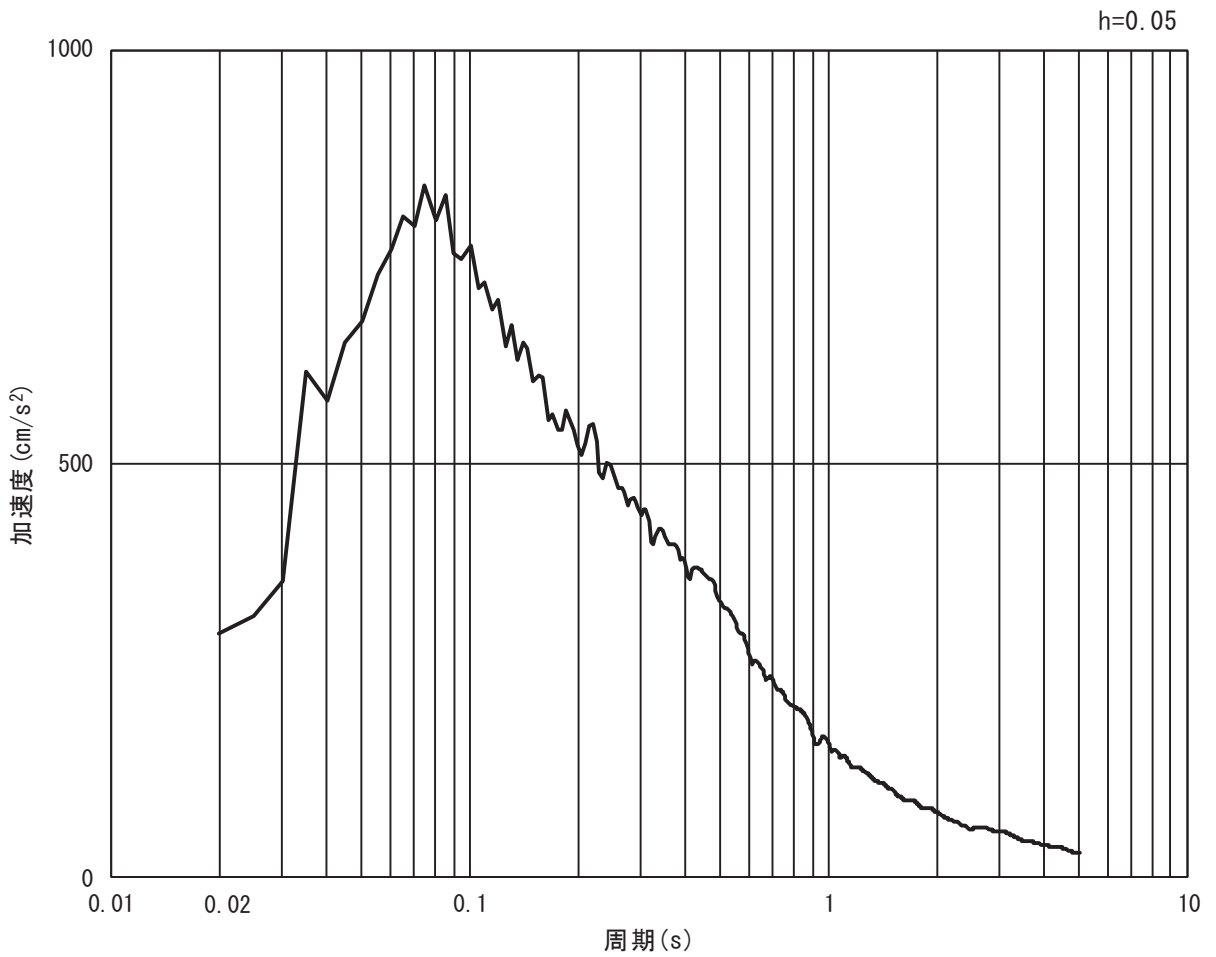


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S d - D 2)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8(2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向: S d - D 2)

(3) 解析モデル及び諸元

a. 解析モデル

防潮堤（盛土堤防）の解析モデルを図 3-9 に示す。

(a) 解析領域

解析領域は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(b) 境界条件

境界条件は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(c) 構造物のモデル化

構造物のモデル化は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(d) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。D級岩盤、改良地盤及び盛土・旧表土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）でモデル化する。また、地下水位以深の盛土・旧表土は、液状化パラメータを設定することで、有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。加えて、基準地震動 S_s による防潮堤前背面の盛土（背面の盛土斜面含む）の地盤沈下を考慮したモデル化とする。

(e) 海水のモデル化

海水のモデル化は、「3.5.1 津波時」と同様である。

(f) ジョイント要素の設定

ジョイント要素の設定は、「3.5.1 津波時」と同様である。

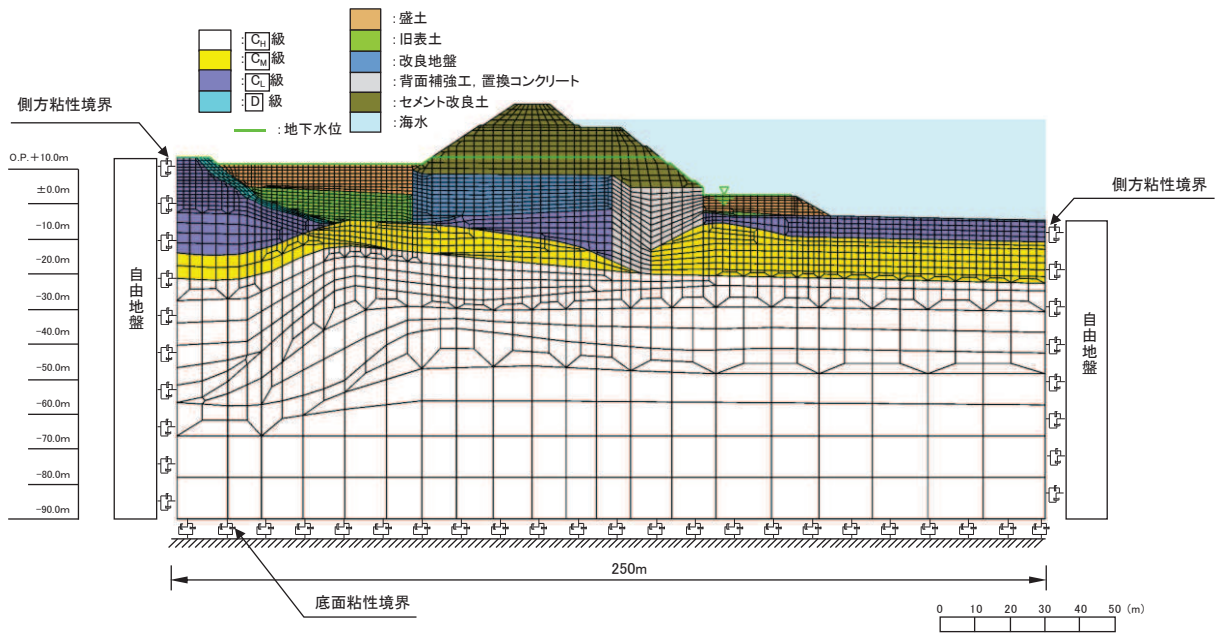


図 3-9 防潮堤（盛土堤防）の解析モデル（断面①）

b. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様である。

c. 地盤の物性値

地盤の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様である。

d. 地下水位

地下水位は、「3.5.1 津波時」と同様であり、図 3-9 のとおりである。

(4) 評価方法

防潮堤（盛土堤防）の強度評価は、重畳時に発生する応力が「3.4 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

a. セメント改良土

セメント改良土の評価は、セメント改良土を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

また、セメント改良土の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値 - 1σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

b. 置換コンクリート

置換コンクリートの評価は、置換コンクリートを通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

c. 改良地盤

改良地盤の評価は、改良地盤を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値として時々刻々求め、最小すべり安全率のすべり線を選定する。

また、改良地盤の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値 - 1 σ 強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

d. 基礎地盤

重畳時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、弾性設計用地震動 S d - D 2 を入力地震動とした地震応答解析から求められる基礎地盤の接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1～表 4-2 に示す。

4.1 津波時

表 4-1 強度評価に用いる条件（断面①）

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重（セメント改良土）	22174	kN
	固定荷重（置換コンクリート）	10831	kN
	固定荷重（改良地盤）	13676	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _t	遡上津波荷重（防潮堤前面の地盤高：O.P. +3.0m）*	346.0	kN/m ²
P _c	衝突荷重	2000	kN
γ _w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³

注記 *：防潮堤（盛土堤防）の設計用浸水深は 11.0（m）であるが，保守的に防潮堤（鋼管式鉛直壁）の設計用浸水深 12.25（m）（防潮堤前面の地盤高：O.P. +0.5m）を採用し，遡上津波荷重を設定。

4.2 重畳時

表 4-2 強度評価に用いる条件 (断面①)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (セメント改良土)	22174	kN
	固定荷重 (置換コンクリート)	10831	kN
	固定荷重 (改良地盤)	13676	kN
P	積載荷重	4.9	kN/m ²
P _t	遡上津波荷重 (防潮堤前面の地盤高 : 0. P. +3. 0m) *	346. 0	kN/m ²
P _c	衝突荷重	-	kN
γ _w	海水の単位体積重量	10. 1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1030	kg/m ³

注記 * : 防潮堤 (盛土堤防) の設計用浸水深は 11. 0 (m) であるが, 保守的に防潮堤 (鋼管式鉛直壁) の設計用浸水深 12. 25 (m) (防潮堤前面の地盤高 : 0. P. +0. 5m) を採用し, 遡上津波荷重を設定。

5. 評価結果

5.1 津波時

5.1.1 セメント改良土の評価結果

セメント改良土のすべり安全率による評価結果を表 5-1 に、平均強度における局所安全係数分布を図 5-1 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値 - 1 σ 強度のすべり安全率を表 5-1 に併せて示す。

これらの結果から、セメント改良土のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-1 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面①）

解析ケース	最小すべり安全率
②	5.9
①（平均値 - 1 σ 強度）	5.7

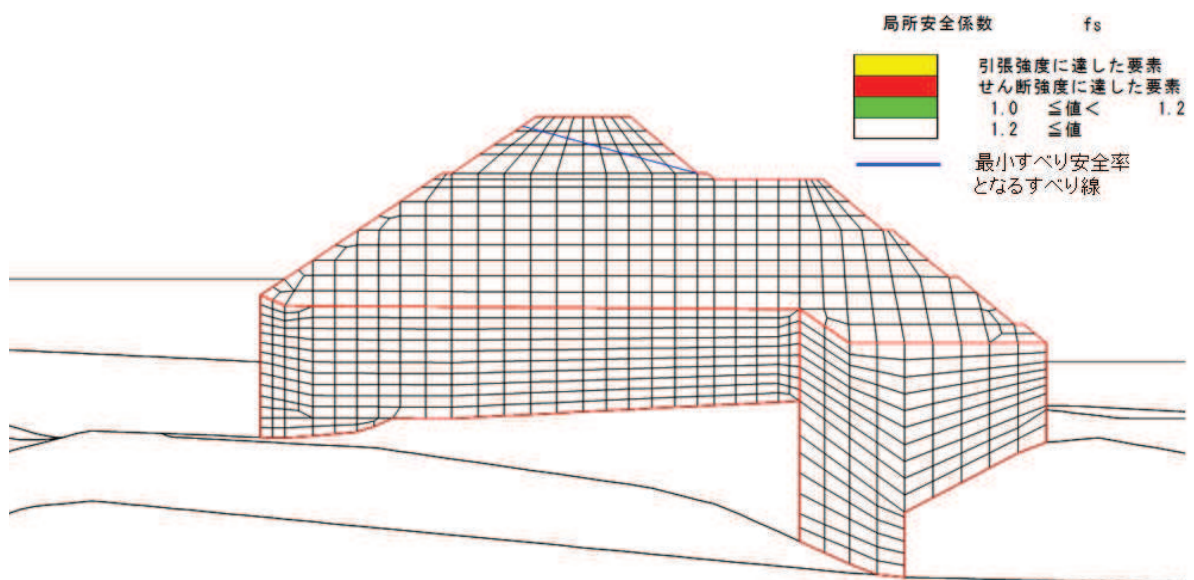


図 5-1 セメント改良土の局所安全係数分布（断面①）

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値 + 1 σ ）

5.1.2 置換コンクリートの評価結果

置換コンクリートのすべり安全率による評価結果を表 5-2 に、局所安全係数分布を図 5-2 に示す。この結果から、置換コンクリートのすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-2 置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面①）

解析ケース	最小すべり安全率
②	35.7

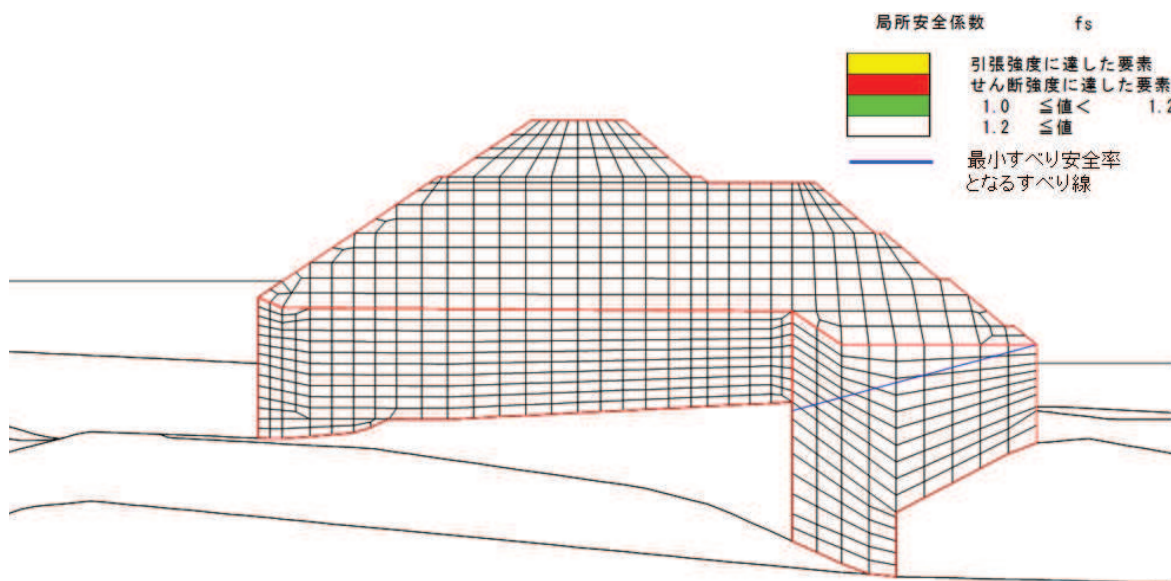


図 5-2 置換コンクリートの局所安全係数分布（断面①）

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値 + 1σ）

5.1.3 改良地盤の評価結果

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 5-3 に、平均強度における局所安全係数分布を図 5-3 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値 - 1 σ 強度のすべり安全率を表 5-3 に併せて示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-3 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面①）

解析ケース	最小すべり安全率
②	13.0
①（平均値 - 1 σ 強度）	13.1

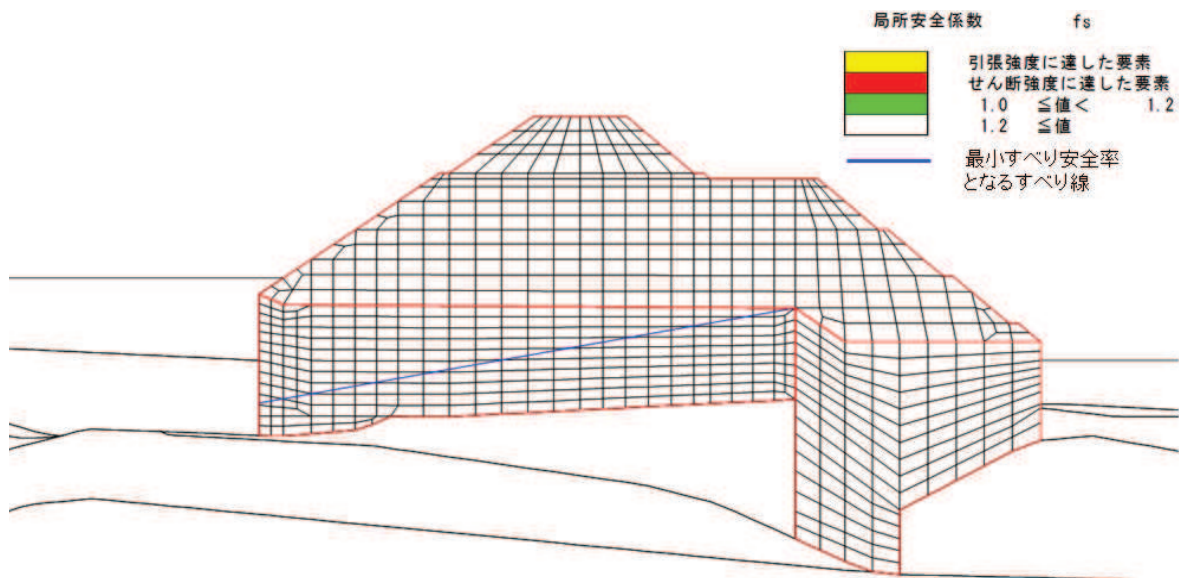


図 5-3 改良地盤の局所安全係数分布（断面①）

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値 + 1 σ ）

5.2 重畳時

5.2.1 セメント改良土の評価結果

セメント改良土のすべり安全率による評価結果を表 5-4 に、平均強度における最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-4 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値 - 1 σ 強度のすべり安全率を表 5-4 に併せて示す。

これらの結果から、セメント改良土のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-4 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (--)	③	13.53	5.6
S d - D 2 (--)	① (平均値 - 1 σ 強度)	13.53	5.5

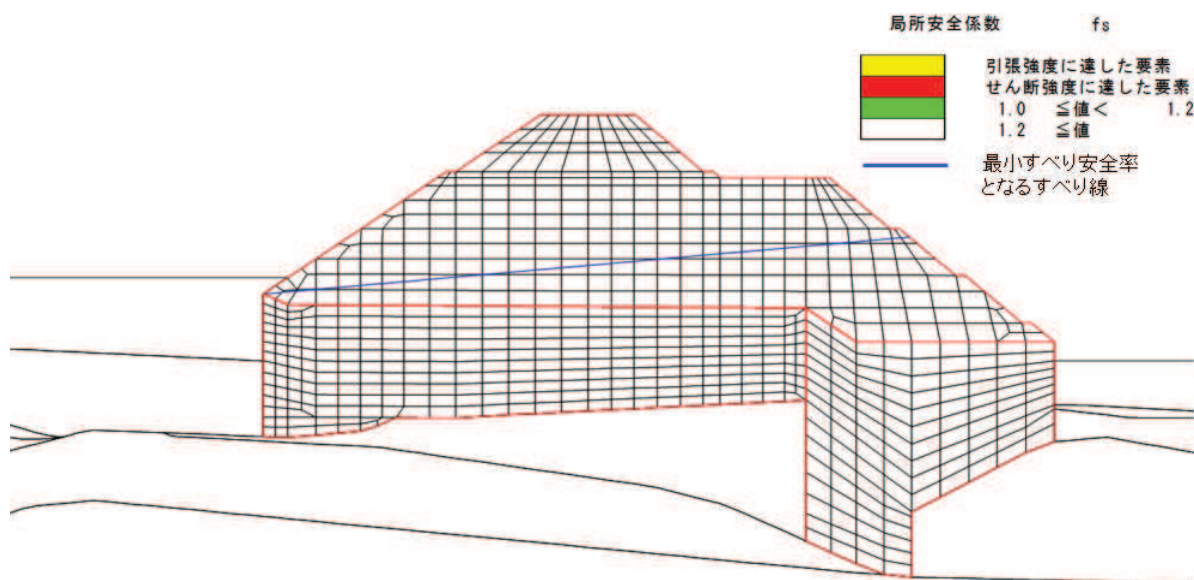


図 5-4 セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面①, S d - D 2 (--), $t=13.53s$)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値 - 1 σ ）

5.2.2 置換コンクリートの評価結果

置換コンクリートのすべり安全率による評価結果を表 5-5 に、最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-5 に示す。この結果から、置換コンクリートのすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-5 置換コンクリートのすべり安全率評価結果 (断面①)

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (++)	①	25.23	12.8

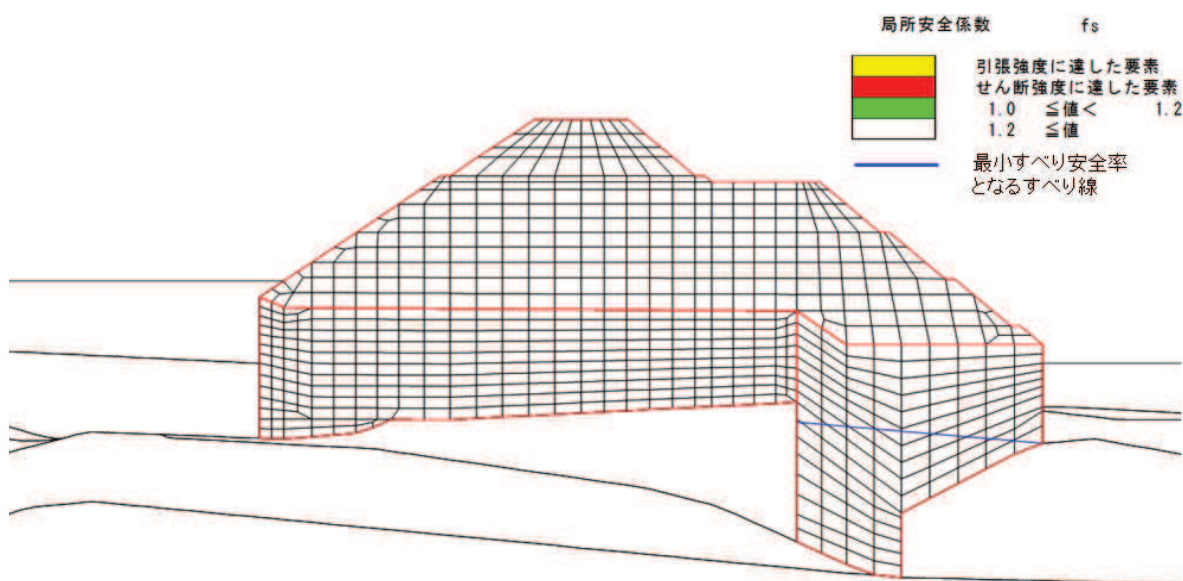


図 5-5 置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
(断面①, S d - D 2 (++) , t=25.23s)

解析ケース①：基本ケース

5.2.3 改良地盤の評価結果

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 5-6 に、平均強度における最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 5-6 に示す。

なお、強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値 - 1 σ 強度のすべり安全率を表 5-6 に併せて示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-6 改良地盤のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D 2 (-+)	①	13.52	5.3
S d - D 2 (-+)	① (平均値 - 1 σ 強度)	13.52	5.2

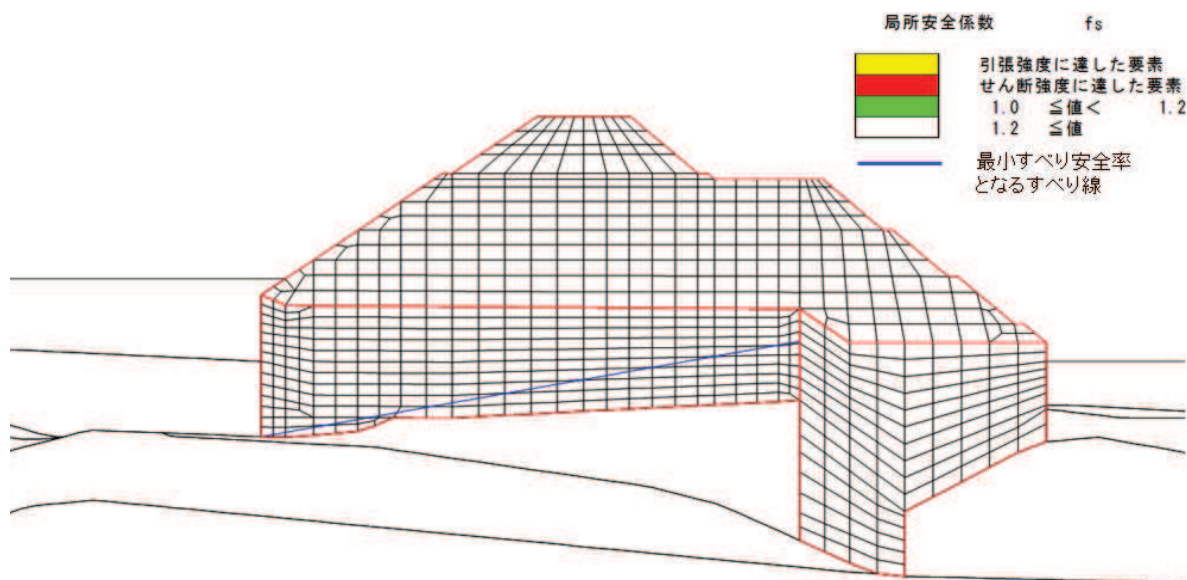


図 5-6 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布

(断面①, S d - D 2 (-+), t=13.52s)

解析ケース①: 基本ケース

5.2.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-7 に、背面補強工及び置換コンクリートの最大接地圧分布図を図 5-7 に示す。

防潮堤（盛土堤防）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

以上のことから、防潮堤（盛土堤防）の基礎地盤は、津波時及び重畳時の荷重に対して、支持性能を有する。

表 5-7(1) 基礎地盤の支持性能照査結果（重畳時，断面①，セメント改良土）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (-+)	①	0.8	4.4	0.19

表 5-7(2) 基礎地盤の支持性能照査結果（重畳時，断面①，置換コンクリート）

地震動	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a/R_{ua}
S d - D 2 (-+)	①	2.1	11.4	0.19

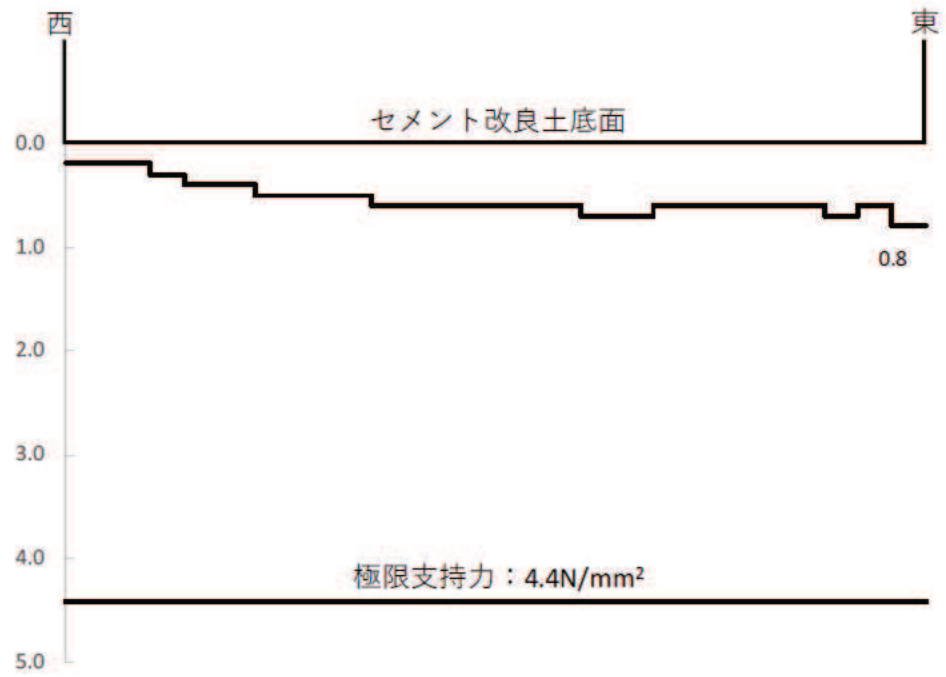


図 5-7 (1) 支持地盤の接地圧分布図 (断面①, セメント改良土)
 (S d - D 2 (-+))
 解析ケース①：基本ケース

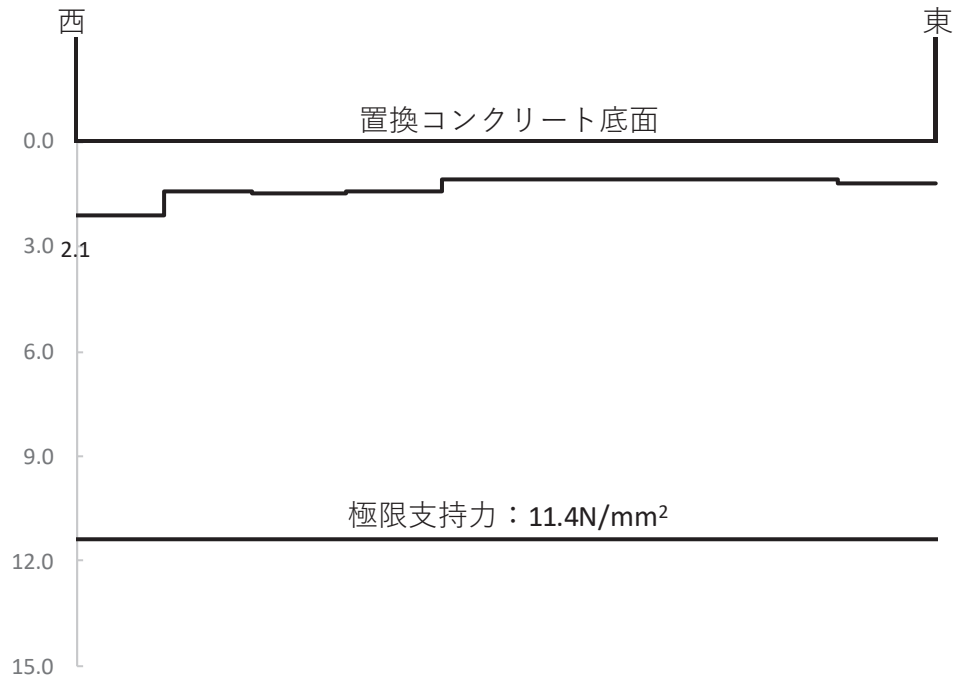


図 5-7 (2) 支持地盤の接地圧分布図 (断面①, 置換コンクリート)
 (S d - D 2 (-+))
 解析ケース①：基本ケース

VI-3-別添 3-2-2 防潮壁の強度計算書

目 次

- VI-3-別添 3-2-2-1 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板）の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-2-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-2-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の強度計算書
- VI-3-別添 3-2-2-4 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の強度計算書