

泊発電所3号炉

防潮堤の構造成立性評価方針について

(構造成立性評価の基本方針のうち解析条件の変更点他)

令和5年9月11日
北海道電力株式会社

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
1. 解析条件の変更	5
2. 構造成立性評価において影響があると考えられる項目及び対策	8
3. 止水目地構造の変更	9
4. 構造成立性評価断面の 集約	26
補足説明資料1 高強度部に用いるアンカーボルト	28

- 本日の説明主旨は、以下のとおりである。
 - 構造成立性評価の基本方針のうち解析条件の変更について、至近の基準津波の検討の中で水位が高くなっている状況を踏まえ、新たな防潮堤高さを設定することによる変更点を説明する。
 - 防潮堤高さの変更に伴う構造成立性評価への影響及び許容限界を満足できない場合の対策を説明する。
 - 上記対策のうち、止水目地構造については、アンカーボルトに作用するせん断力の低減を目的として止水目地構造を定着部材（鋼製）に変更することを説明する。
 - 構造成立性評価断面の集約について、評価条件を保守的に設定することにより、第1111回審査会合で選定した2断面（第1111回審査会合資料1-2-1-p106～109参照）を1断面に集約して構造成立性評価を実施することを説明する。

本日の説明内容及び今後の説明スケジュール

ともに輝く明日のために。
Light up your future.

4



○ 本日の説明内容及び今後の説明スケジュールは、下表のとおり予定している。

青字：第1111回審査会合資料1-2-1-p4の更新箇所

説明内容	詳細	説明スケジュール(審査会合時期)
1 要求機能と設計方針, 構造成立性評価	<ul style="list-style-type: none"> 要求機能と設計方針(構造成立性評価断面選定の結果) 構造成立性評価結果 	<p>本日説明※¹</p> <p>2024年1月下旬</p>
2 解析条件	<ul style="list-style-type: none"> モデル化方針, 液状化強度特性, 基準地震動の選定 セメント改良土を線形物性とする考え方 津波条件を踏まえた設計方針(防潮堤の高さ, 防潮堤の評価に用いる津波波力及び漂流物荷重※³の考え方) 	<p>2024年1月下旬※²</p> <p>本日一部説明※³</p>
3 止水目地に関する検討方針	<ul style="list-style-type: none"> 評価方針(止水目地の解析条件) 試験計画(アンカーボルトBの性能試験の妥当性) 構造成立性評価(評価及びアンカーボルトBの性能試験結果を踏まえた構造成立性の見直しを含む) 	<p>本日一部説明※⁴</p> <p>2023年12月上旬, 2024年1月下旬</p>
4 屈曲部に関する設計方針	<ul style="list-style-type: none"> 設置変更許可段階における屈曲部の二次元断面における評価方針 	<p>説明済み</p>
5 人工岩盤の施設区分の整理	<ul style="list-style-type: none"> 「人工岩盤」を施設とし, 「下部コンクリート※⁵」に名称を変更 	<p>説明済み</p>
6 漂流物対策工に関する設計方針	<ul style="list-style-type: none"> 設計方針, 照査項目, 照査方法 構造成立性評価 	<p>説明済み</p> <p>2024年1月下旬</p>
7 防潮堤(端部)に関する設計方針	<ul style="list-style-type: none"> 設計方針, 照査項目, 照査方法 構造成立性評価 	<p>説明済み</p> <p>2024年1月下旬</p>
8 防潮堤への波及的影響	<ul style="list-style-type: none"> 既設護岸が防潮堤前面にある場合の評価方針, 解析条件 既設護岸が防潮堤前面にある場合の防潮堤に与える影響評価結果 	<p>説明済み</p> <p>2024年1月下旬</p>
9 平面線形形状(入構トンネル他含む)	<ul style="list-style-type: none"> 新たな入構ルートの選定に係る考え方 	<p>説明済み</p>
10 他条文への影響	—	個別条文の基準適合に係る審査にて説明

※1: 本日, 防潮堤の構造成立性評価断面の集約について説明する。

※2: 防潮堤の構造成立性評価に用いる液状化強度特性及び基準地震動は, 構造成立性評価結果と併せて説明する。

※3: 本日, 防潮堤高さの変更に伴う津波波力及び漂流物荷重の作用位置の変更について説明する。

構造成立性評価に用いる津波波力及び漂流物荷重が, 入力津波解析結果を踏まえて算出する津波波力及び漂流物荷重より保守的であることを構造成立性評価結果と併せて説明する。

※4: 本日, 評価方針のうち止水目地構造の変更について説明する。

※5: 部位名称を「置換コンクリート」から「下部コンクリート」に変更する。なお, 役割や許容限界の変更はない。

1. 解析条件の変更

1.1 基準津波を踏まえた防潮堤高さの変更 (1/2)

- 基準津波の検討の中で、地震に伴う津波（日本海東縁部）と地震以外の要因に伴う津波（陸上地すべり（川白））の組合せ評価の結果、敷地前面^{※1}の最大水位変動量は従来説明の14.11mから15.68m^{※2}となることを把握した。
- 上記を踏まえ、耐津波設計として考慮すべき潮位等も含めて評価した入力津波高さに対して、高潮による潮位変動も考慮して検討した結果、泊発電所の防潮堤高さをT.P.16.5mからT.P.19.0m^{※3}に変更する。

	方針変更前（従来説明）	方針変更後（今回説明）
【参考】基準津波 最大水位上昇量 (A)	14.11m	15.68m
防潮堤高さ (B)	T.P.16.5m	T.P.19.0m ^{※3}
【参考】基準津波に対する裕度 (B)-(A)	約2.3m	約3.3m
防潮堤設計裕度のイメージ	<p>防潮堤高さ(B) : T.P. 16.5m ⑥地殻変動量^{※5} (沈降量) : 0.39m 設計裕度 ⑤参照する裕度 : 0.62m ④観測位置の潮位差 : 0.01m ③潮位のぼらつき : 0.14m ②朔望平均満潮位 : T.P. 0.26m ①地震による地形変化^{※4}を考慮した最大水位上昇量 : 1.03m 【参考】基準津波に対する裕度(B)-(A) 約2.3m 【参考】基準津波の最大水位上昇量(A) 14.11m</p>	<p>防潮堤高さ(B) : T.P. 19.0m^{※3} ⑥地殻変動量^{※5} (沈降量) : 0.39m 設計裕度 ⑤参照する裕度 : 0.62m ④観測位置の潮位差 : 0.01m ③潮位のぼらつき : 0.14m ②朔望平均満潮位 : T.P. 0.26m ①地震による地形変化^{※4}を考慮した最大水位上昇量 : 1.03m 【参考】基準津波に対する裕度(B)-(A) 約3.3m 【参考】基準津波の最大水位上昇量(A) 15.68m</p> <p>※: ①～⑥については、「第五条 耐津波設計方針」の審査の中で今後ご説明する。</p>
<p>・ 設計裕度の確定値は、入力津波高さ確定後にご説明させて頂く。また、裕度評価として、「設計裕度>⑤参照する裕度」となっていることを確認する。</p>		

※1：防潮堤(総延長)の前面

※2：基準津波確定前であることから、基準津波候補の中から最大のものを選定した。

※3：基準津波確定前であることから、暫定値である。

※4：地震による地形変化として、「液状化に伴う側方流動」による沈下量等を入力津波解析の地形モデルに反映する。

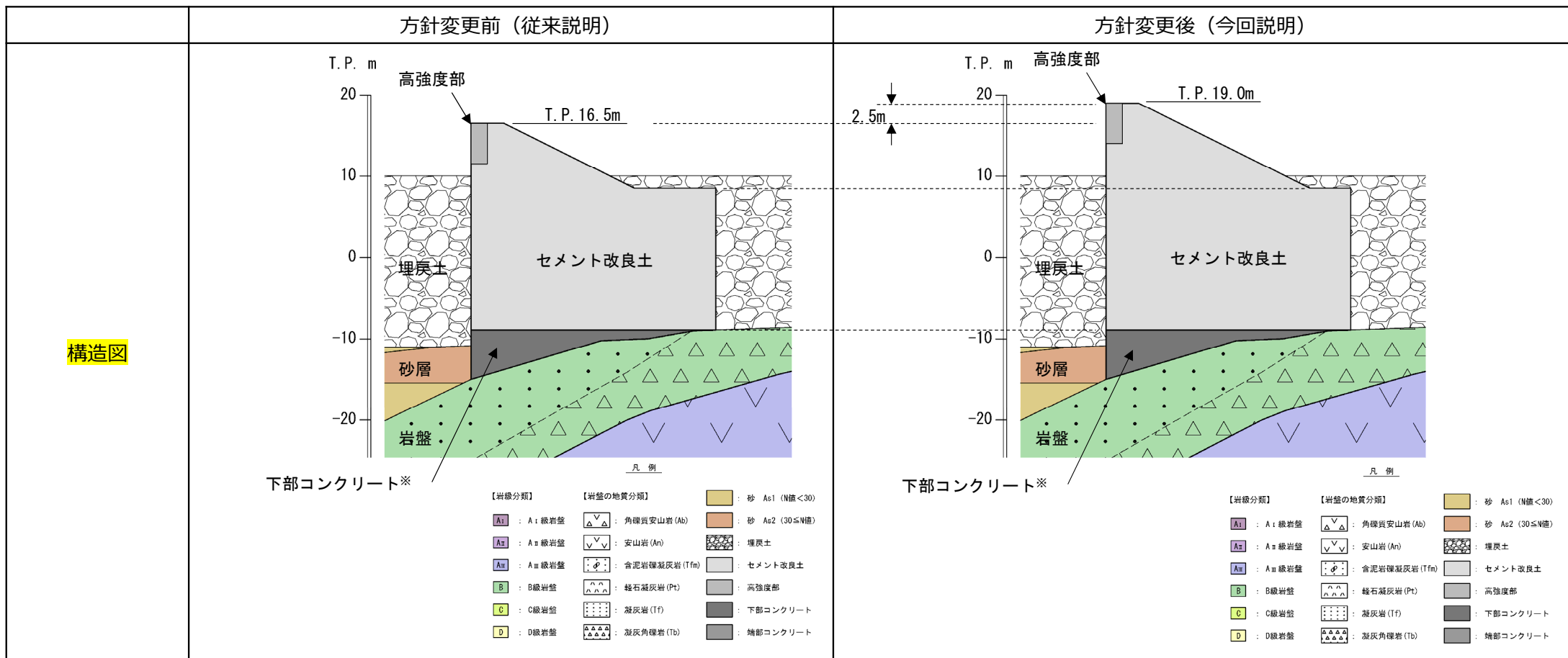
※5：地殻変動量として、「津波波源としている地震」及び「基準地震動の震源となる敷地周辺の活断層による地震」による沈降量を考慮する。

1. 解析条件の変更

1.1 基準津波を踏まえた防潮堤高さの変更 (2/2)

- 防潮堤高さをT.P.16.5mからT.P.19.0mに変更したことによる構造図の比較を以下に示す。
- 防潮堤の構造成立性評価は、基本構造(セメント改良土及びコンクリート又はコンクリートによる盛土構造)を変更せず、天端高さを2.5m上げて実施する。

構造図



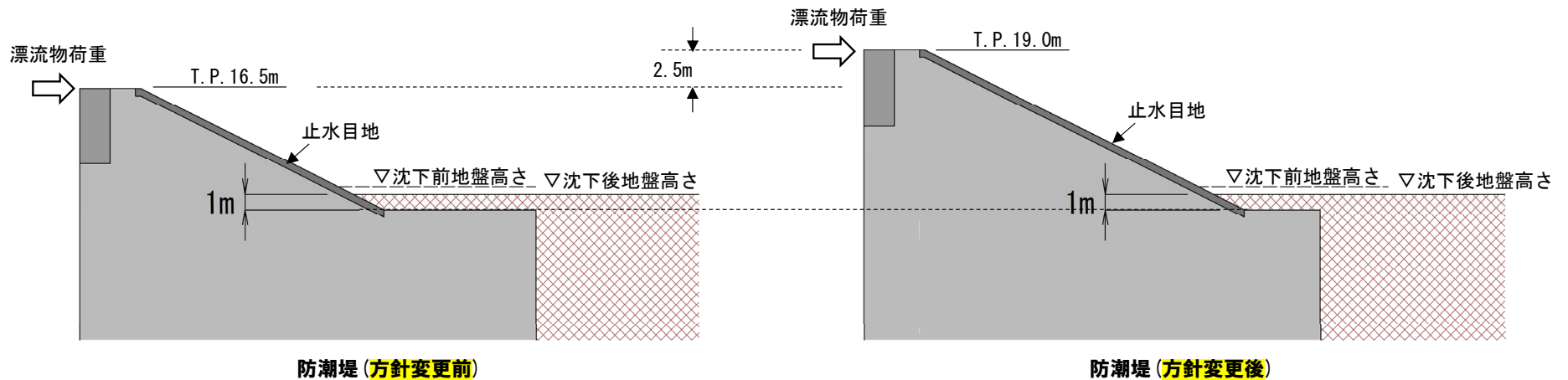
※: 部位名称を「置換コンクリート」から「下部コンクリート」に変更する。なお、役割や許容限界の変更はない。

1. 解析条件の変更

1.2 津波高さ及び漂流物荷重の作用位置並びに止水目地の設置高さの変更

○ 防潮堤高さの変更に伴い、防潮堤の構造成立性評価に用いる解析条件のうち、以下の内容を変更する。

- 津波荷重を算出する際の津波高さは、入力津波が確定前であることから、設置変更許可段階の条件として保守的に防潮堤天端高さとしており、防潮堤高さの変更に伴いT.P.19.0mとする。
- 漂流物荷重の作用位置は、入力津波が確定前であることから、設置変更許可段階の条件として保守的に防潮堤天端に作用させる方針としており、防潮堤高さの変更に伴いT.P.19.0mとする。
- 止水目地の設置高さは、上端をT.P.19.0mとする。



2. 構造成立性評価において影響があると考えられる項目及び対策

- 構造成立性評価において、防潮堤高さの変更により影響があると考えられる項目及び許容限界を満足できない場合の対策は、以下のとおりである。
 - 防潮堤の内的安定性
 - ⇒仕様（セメント改良土、下部コンクリート及び高強度部の強度）及び下部コンクリート高さの変更
 - アンカーボルトのせん断力
 - ⇒仕様（アンカーボルトA及びB）の変更、アンカーボルトBに発生するせん断力を低減するために止水目地構造を変更
 - 水路横断部の間接支持機能
 - ⇒仕様（セメント改良土及び下部コンクリートの強度）及び下部コンクリート範囲の変更（各水路の評価結果は、設計及び工事計画認可段階で説明する。）
 - 基礎地盤のすべり安定性（第三条の審査で説明）
 - ⇒堤体幅の拡幅及び下部コンクリート底面の形状変更
- 防潮堤高さの変更に伴い、止水目地のアンカーボルトに作用するせん断力が増大すると想定されることから、止水目地構造を変更する（詳細は「3. 止水目地構造の変更」参照）。

項目	内的安定性	アンカーボルトのせん断力	水路横断部の間接支持機能	【参考】基礎地盤のすべり安定性(第三条)
対策前				
対策後	<p>【仕様変更】セメント改良土、下部コンクリート、高強度部の強度の変更</p> <p>【形状変更】下部コンクリート高さの変更</p>	<p>【仕様変更】アンカーボルトの仕様の変更</p> <p>【形状変更】止水目地コンクリートを定着部材に変更（「3. 止水目地構造の変更」で詳細を説明）</p>	<p>【仕様変更】セメント改良土及び下部コンクリートの強度の変更</p> <p>【形状変更】下部コンクリート範囲の変更①</p> <p>【形状変更】下部コンクリート範囲の変更②</p>	<p>【形状変更】堤体幅の拡幅</p> <p>【形状変更】下部コンクリート底面の形状変更</p>
	説明時期	評価結果を踏まえた対策の要否は、設置変更許可段階で説明する。	今回、止水目地構造を変更することを説明し、構造成立性を設置変更許可段階で説明する。	評価結果を踏まえた対策の要否は、設計及び工事計画認可段階で説明する。

3. 止水目地構造の変更

3.1 止水目地構造を変更する理由

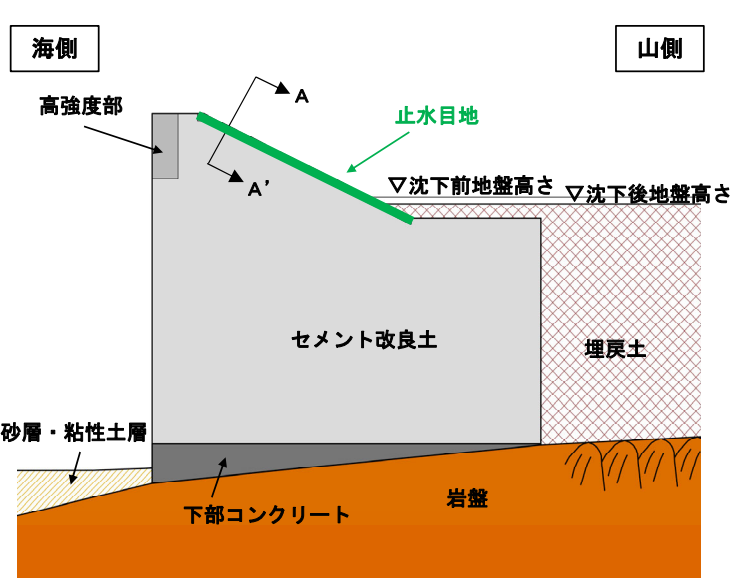
- 防潮堤高さの変更に伴い、防潮堤の慣性力が増加し、セメント改良土の挙動が大きくなり、**対策前の止水目地構造では止水目地コンクリートとセメント改良土の境界面におけるせん断力が增大すると想定されることから、止水目地の構造を変更する。**
- **止水目地コンクリートを定着部材に変更することにより、定着部材の軸剛性が止水目地コンクリートと比較して小さくなり、セメント改良土の挙動に追従しやすくなるため、境界面のせん断力を低減することが可能である。**
- 止水目地構造の構造変更後においても、セメント改良土にアンカーボルトを固定する構造であることに変わりはない。
- **止水目地構造の変更後における止水目地の構造概要及び設計方針を説明する。**

	止水目地構造	挙動イメージ
対策前	<p>鋼製プレート</p> <p>アンカーボルトA</p> <p>止水目地コンクリート</p> <p>ゴムジョイント</p> <p>押え板</p> <p>アンカーボルトB</p> <p>セメント改良土</p>	<p>止水目地コンクリートの挙動イメージ</p> <p>セメント改良土の挙動イメージ</p> <p>挙動の違いにより、境界面のせん断力が大きくなる</p>
対策後	<p>袋ナット</p> <p>定着部材</p> <p>ゴムジョイント</p> <p>押え板</p> <p>アンカーボルト(千鳥配置)</p> <p>セメント改良土</p>	<p>定着部材の挙動イメージ (軸剛性が止水目地コンクリートより小さいため、止水目地コンクリートと比較して、セメント改良土に追従して挙動しやすい)</p> <p>セメント改良土の挙動イメージ</p> <p>挙動が同様となり、境界面のせん断力が小さくなる</p>

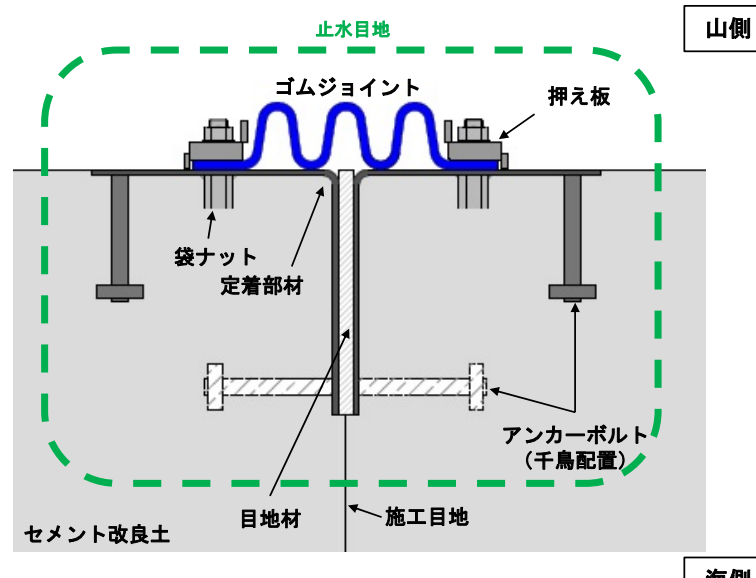
3. 止水目地構造の変更

3.2 止水目地の構造概要 (1/2)

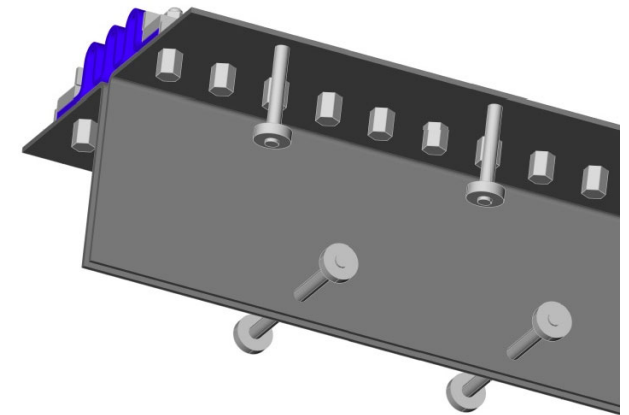
- 施工目地から津波が流入することを防止するため、施工目地には止水目地を設置する。
- 止水目地は、津波漂流物の衝突による損傷を防止するため、防潮堤の山側に設置する。
- 止水目地の上端は防潮堤の天端高さとし、下端は基準地震動による沈下後の敷地地盤高さから1m以上根入れした深さとする。
- 止水目地の構造は、セメント改良土に鋼製部材（定着部材、押え板及び袋ナット）を設置し、ゴムジョイントを固定する構造である。
- セメント改良土と定着部材は、直交且つ千鳥で配置するアンカーボルトにより固定する。
- アンカーボルトは、群体配置とならないように、アンカーボルト間でセメント改良土の応力状態が重複しない配置（単体配置）とする（P23及びP24参照）。



止水目地設置位置



止水目地設置概要 (A-A' 断面)



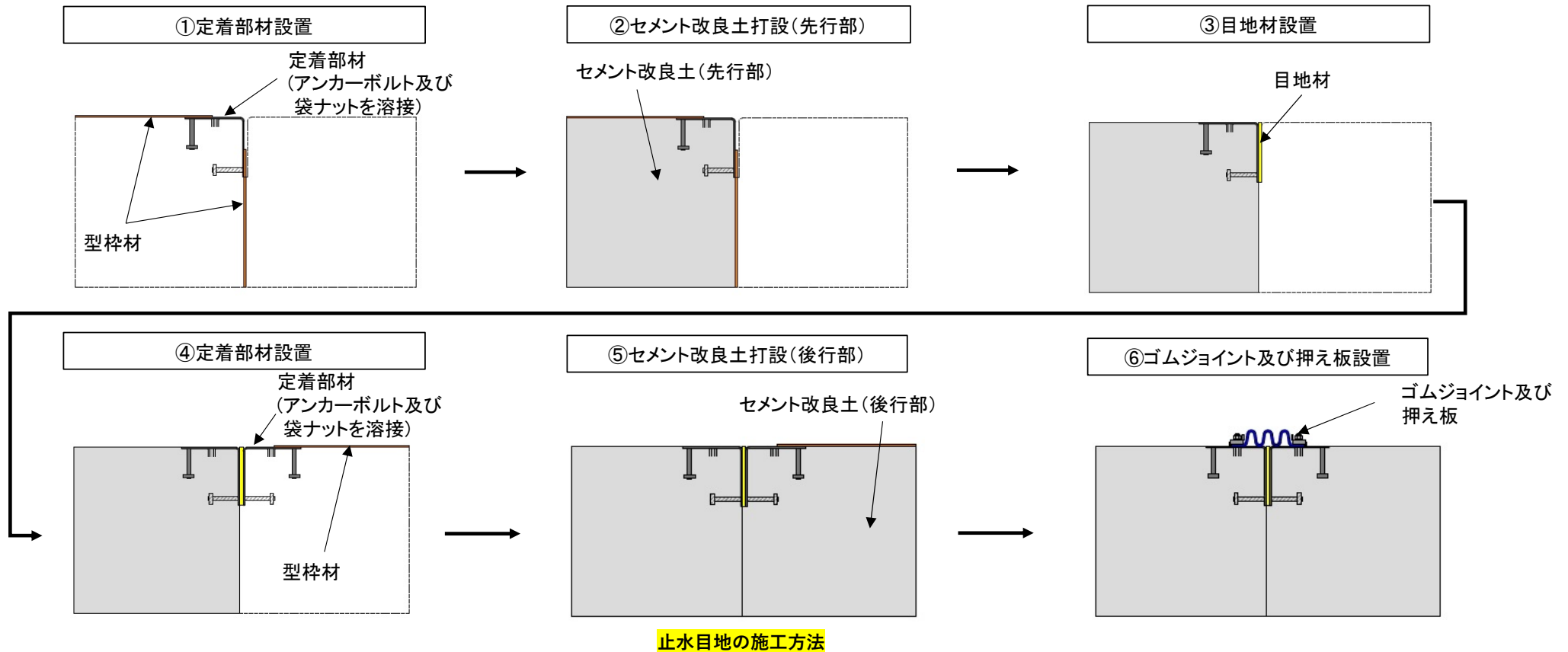
アンカーボルトの配置イメージ

3. 止水目地構造の変更

3.2 止水目地の構造概要 (2/2)

【止水目地の施工方法】

- セメント改良土と定着部材は、以下に示す施工方法によりアンカーボルトで固定する。
- アンカーボルト及び袋ナットを溶接した定着部材を所定の位置に設置した後で、セメント改良土を確実に充填する。



3. 止水目地構造の変更

3.3 止水目地に作用する荷重 (1/3)

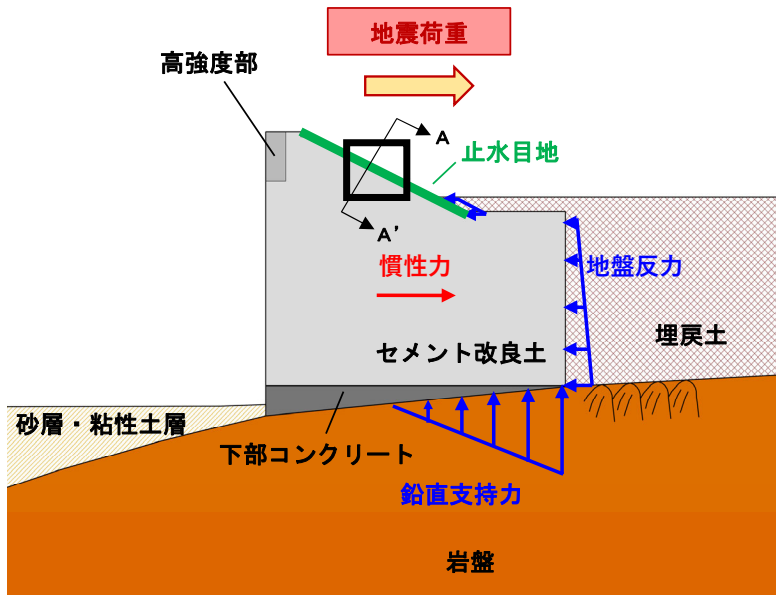
【地震時の外力】

○ 地震時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力は以下のとおりである。

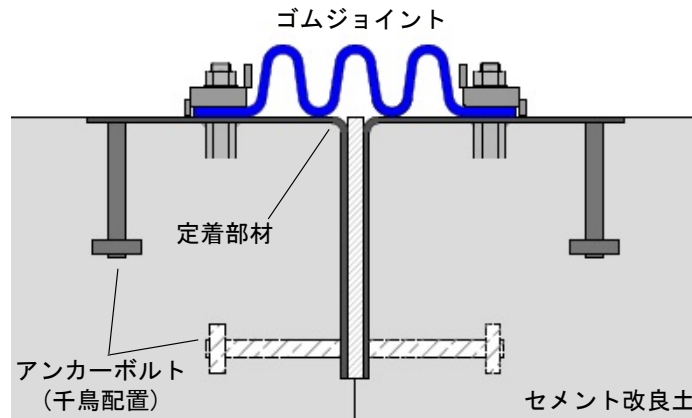
地震時

海側

山側



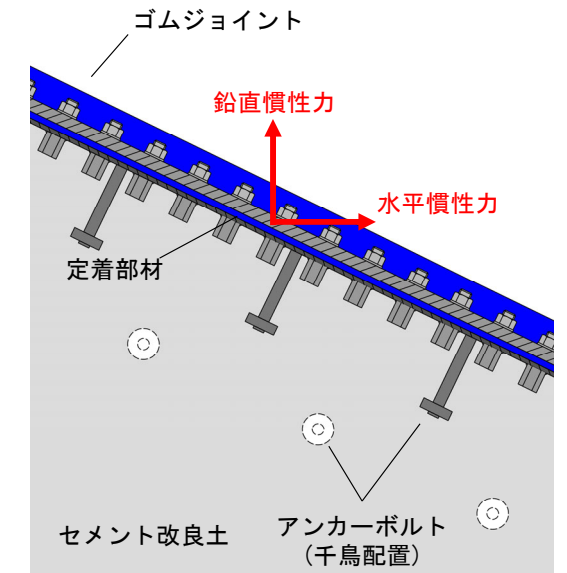
地震時に防潮堤に生じる外力



地震時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力 (A-A' 断面)

海側

山側



地震時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力 (海山断面)

3. 止水目地構造の変更

3.3 止水目地に作用する荷重 (2/3)

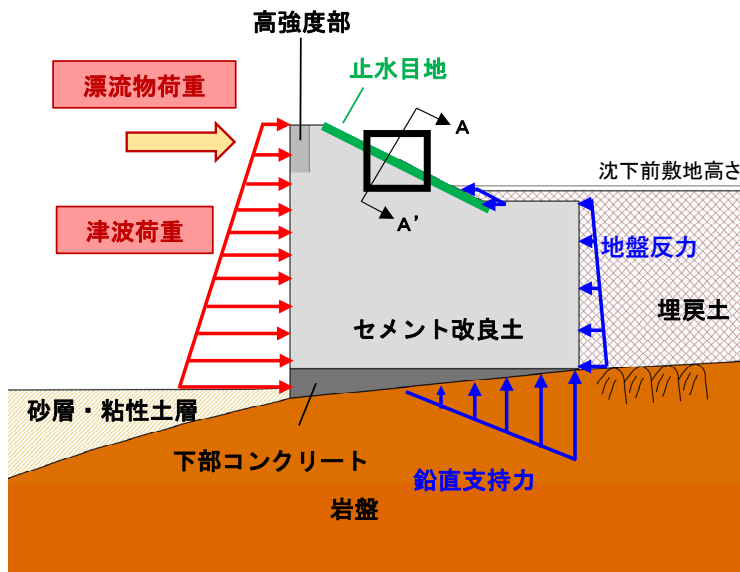
【津波時の外力】

○ 津波時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力は以下のとおりである。

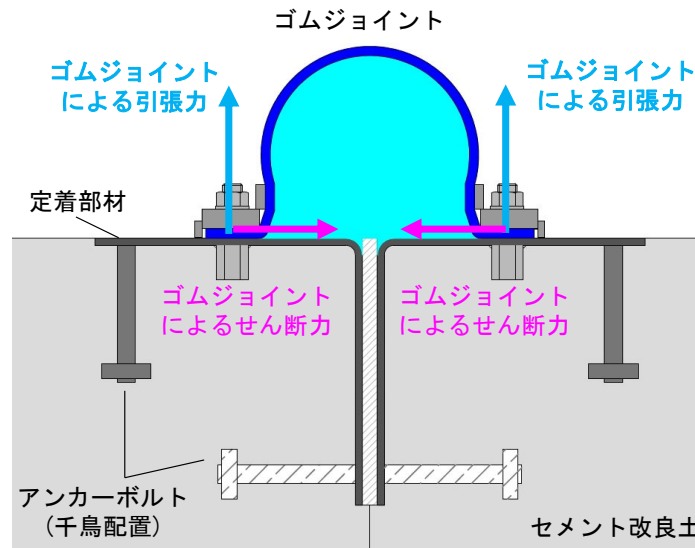
津波時

海側

山側



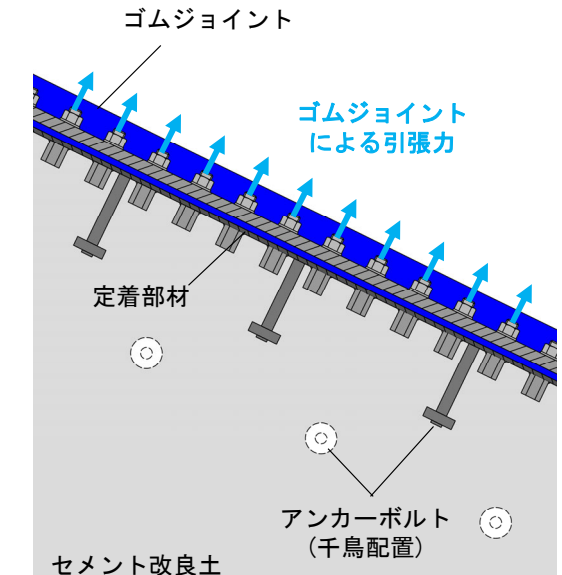
津波時に防潮堤に生じる外力



津波時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力 (A-A' 断面)

海側

山側



津波時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力 (海山断面)

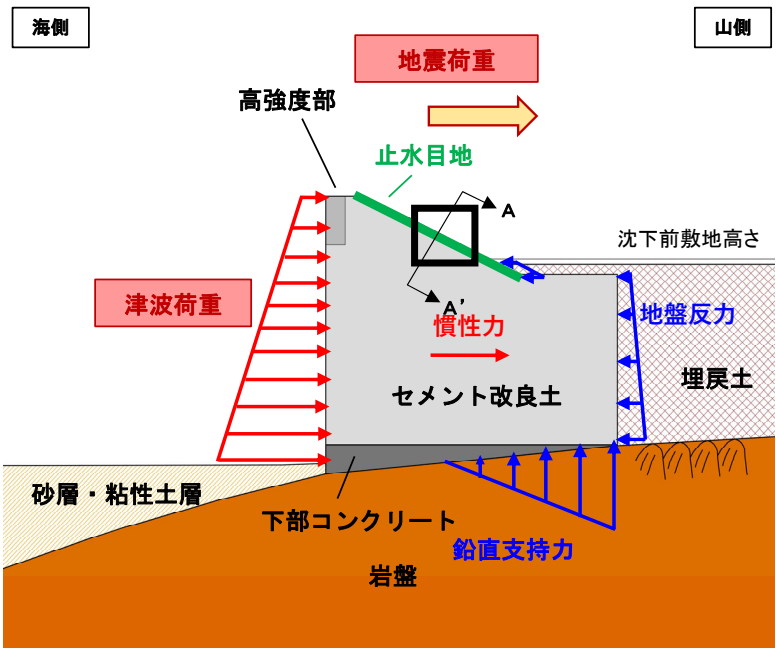
3. 止水目地構造の変更

3.3 止水目地に作用する荷重 (3/3)

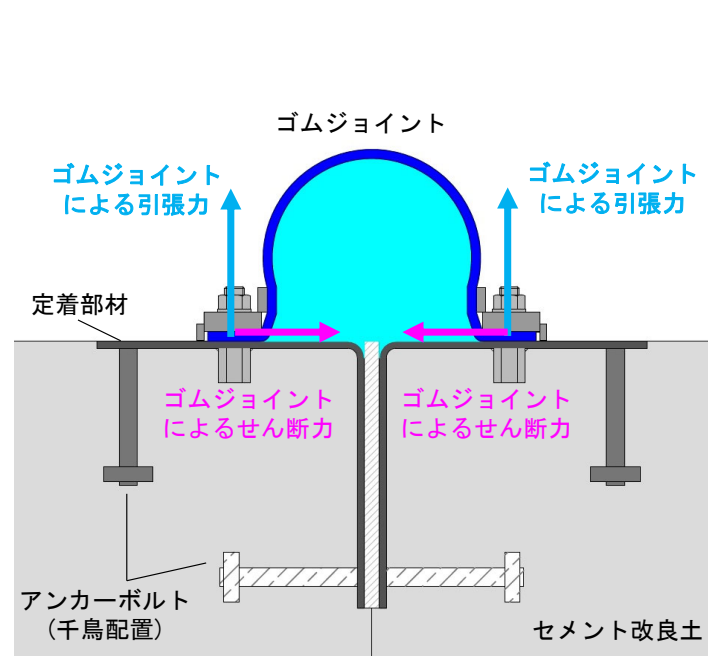
【重畳時の外力】

○ 重畳時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力は以下のとおりである。

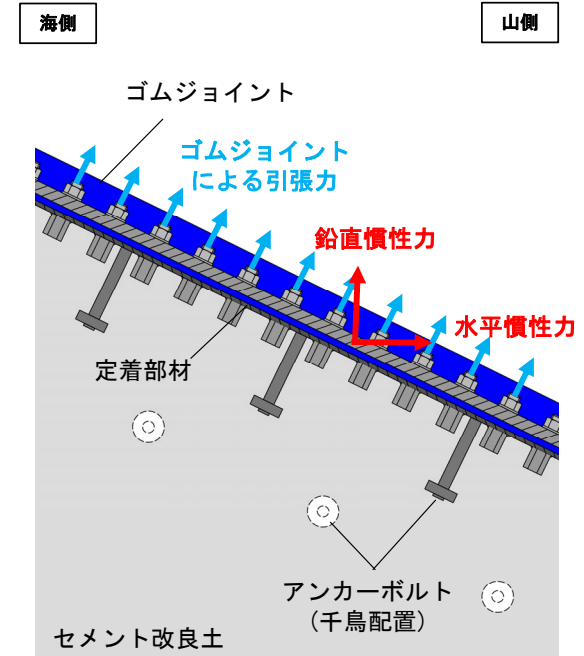
重畳時



重畳時に防潮堤に生じる外力



重畳時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力 (A-A' 断面)



重畳時に定着部材及びアンカーボルトに生じる外力 (海山断面)

3. 止水目地構造の変更

3.4 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階の説明項目

- 設置変更許可段階では、**定着部材及びアンカーボルトの成立性を評価する。**
- アンカーボルトの評価では、セメント改良土の設計基準強度が「**各種合成構造設計指針・同解説（社団法人日本建築学会，2010年）**」（以下、「**各種合成構造設計指針**」という。）の適用範囲外であることから、アンカーボルトの性能試験で「**各種合成構造設計指針**」の適用性を確認した上で、「**各種合成構造設計指針**」に基づき許容引張力及び許容せん断力を決定する。
- 定着部材の評価では、「**道路橋示方書・同解説[Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編]**（社団法人日本道路協会，平成24年）」に基づき用いる鋼材を選定し、許容応力度法による断面力照査を実施する。
- ゴムジョイントの評価は、設計及び工事計画認可段階で説明する。

設置変更許可段階並びに設計及び工事計画認可段階に説明する評価

説明時期	部位の名称	評価方法	照査項目		設計で用いる許容限界
			健全性	止水性	
設置変更許可段階	定着部材	二次元動的FEM解析及び三次元静的FEM解析から得られる定着部材(ビーム要素)の断面力と、ゴムジョイントの張力により定着部材に生じる断面力を足し合わせたもの、定着部材に生じる応力度が許容応力度以下であることを確認する。評価は、定着部材の長手方向(P16,P17)と短手方向(P16,P18)で行う。	曲げ せん断		「道路橋示方書・同解説[Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編]」に基づき決定した短期許容応力度
	アンカーボルト	二次元動的FEM解析及び三次元静的FEM解析から得られるアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力とゴムジョイントの張力によりアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力を足し合わせたもの(P16,P19)が、許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。	引張力 せん断力		「各種合成構造設計指針」に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力 ^{*1, 2}
設計及び工事計画認可段階	ゴムジョイント	防潮堤の相対変位及び津波による水圧が、ゴムジョイントの性能試験に基づき決定した許容変形量及び許容水圧以下であることを確認する。	変形	変形 水圧	ゴムジョイントの性能試験に基づき決定した許容変形量及び許容水圧

※1: アンカーボルトの設計における「各種合成構造設計指針」の適用性は、アンカーボルトの性能試験で確認する。また、許容引張力及び許容せん断力は、アンカーボルトの降伏、並びにセメント改良土のコーン状破壊及び支圧破壊を考慮して決定する。

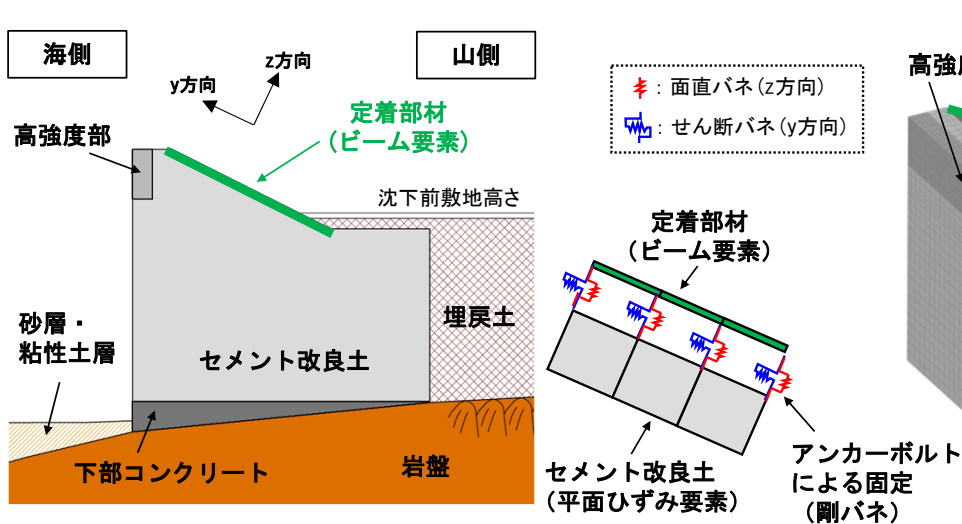
※2: アンカーボルトを定着させるセメント改良土は人工物であり、施工時にセメント改良土の強度やアンカーボルトの埋込み長さ等を確認することで、「各種合成構造設計指針」に基づき決定する許容引張力及び許容せん断力を確認できるため、施工時の品質確認試験は不要であると考えている。

3. 止水目地構造の変更

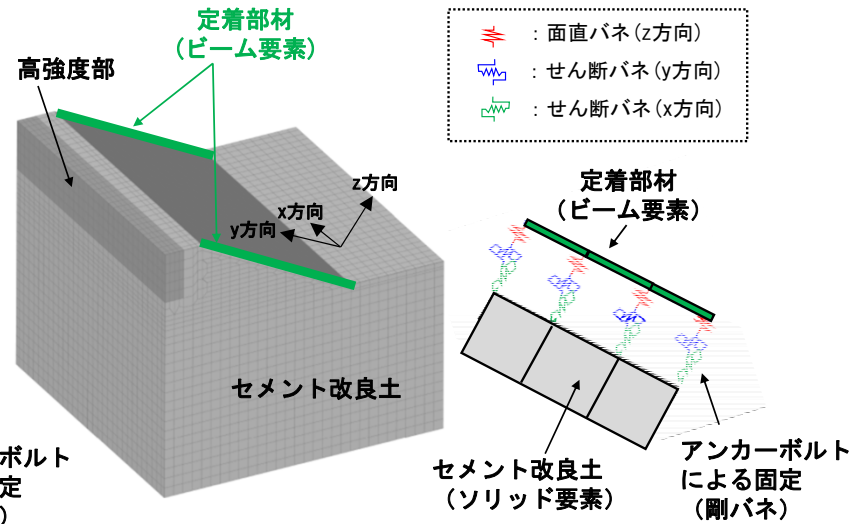
3.5 止水目地の設計方針 (1/4)

【定着部材及びアンカーボルトの評価に用いる解析モデル】

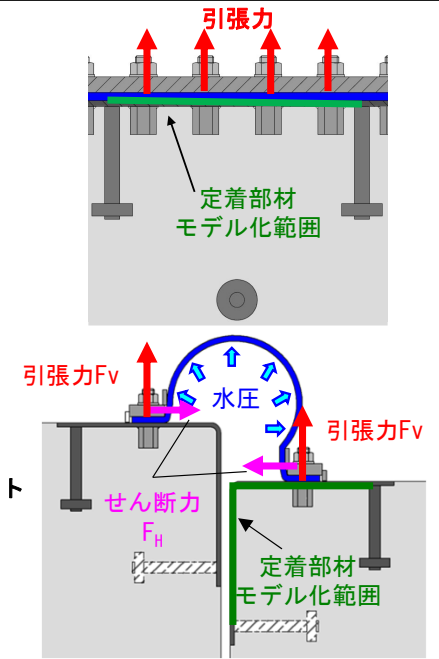
- 定着部材及びアンカーボルトの評価は、二次元動的FEM解析（地震時及び重畳時）及び三次元静的FEM解析（津波時）で行う（解析①）。
- 解析①のモデルは、定着部材をビーム要素、アンカーボルトによる固定を剛バネ（面直バネ及びせん断バネ）、セメント改良土を平面ひずみ要素若しくはソリッド要素とする。
- 津波時及び重畳時に生じるゴムジョイントの張力による荷重を考慮した解析は、張力の算出に当たり解析①で得られる防潮堤間の相対変位を用いる必要があるため別途行う（解析②）。
- 解析②のモデルは、アンカーボルトを固定端とし、定着部材を梁とした両端固定梁とする。
- 定着部材及びアンカーボルトの評価は、解析①及び解析②の結果を用いて評価することを次頁以降で説明する。



二次元動的FEM解析による解析モデルのイメージ図
(地震時及び重畳時の解析①)



三次元静的FEM解析による解析モデルのイメージ図
(津波時の解析①)



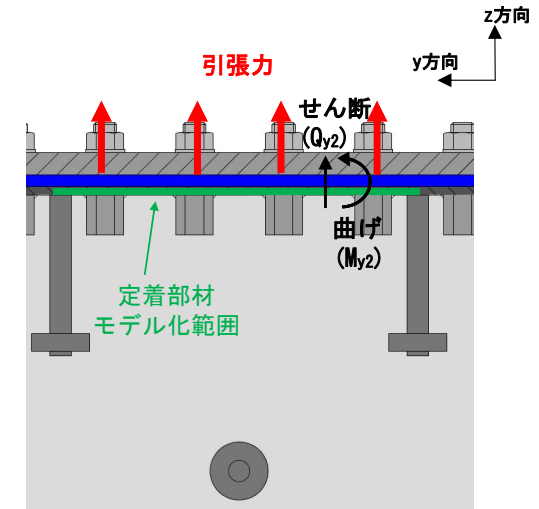
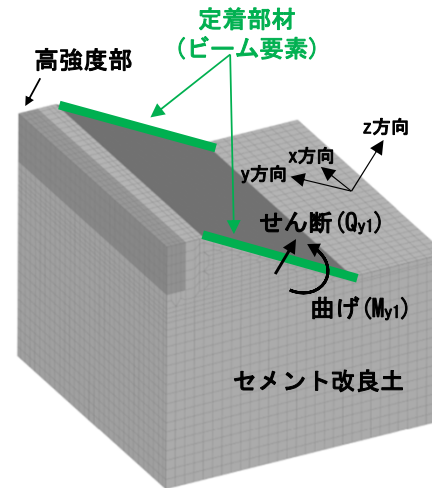
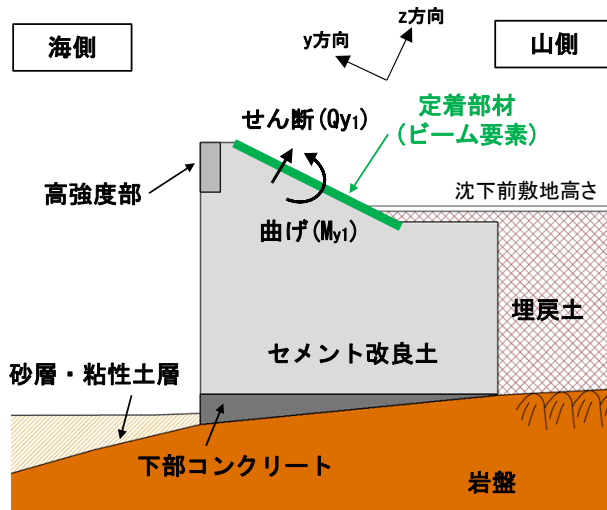
ゴムジョイントの張力による荷重とモデル化範囲のイメージ図 (解析②)

3. 止水目地構造の変更

3.5 止水目地の設計方針 (2/4)

【定着部材 (長手方向) の評価方法】

○ 定着部材 (長手方向) の評価は、解析①で得られる曲げ (M_{y1}) 及びせん断 (Q_{y1}) と、解析②で得られる曲げ (M_{y2}) 及びせん断 (Q_{y2}) を足し合わせて照査する。



解析①のモデルと曲げ及びせん断のイメージ図
(左:地震時及び重畳時, 右:津波時)

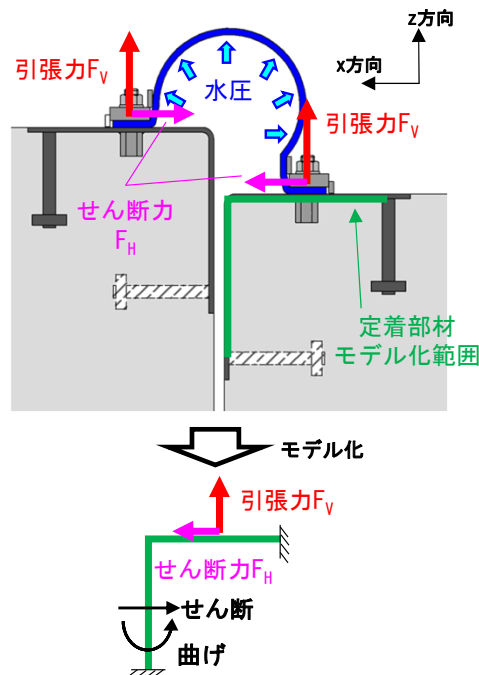
ゴムジョイントの張力により定着部材 (長手方向) に生じる
曲げ及びせん断の算出イメージ図 (解析②)

3. 止水目地構造の変更

3.5 止水目地の設計方針 (3/4)

【定着部材 (短手方向) の評価方法】

- 定着部材 (短手方向) の評価は、解析②で得られる曲げ及びせん断で照査する。
- ゴムジョイントの張力は津波時及び重畳時における防潮堤間に生じる相対変位量から求める耐圧半径に、重畳時における津波波圧を考慮して算出する。
- 防潮堤間に生じる相対変位の算定に当たっては、地震により隣接する防潮堤の位相が逆になることを想定し、保守的に最大変位量の2倍を考慮する。
- また、相対変位は防潮堤背面の法面傾斜角を考慮して算出する。



防潮堤間に生じる相対変位の算定方法

	防潮堤間に生じる相対変位の算定方法	変位イメージ図 (横断方向)	変位イメージ図 (鉛直方向)
津波時	基準地震動による防潮堤の残留変位量($\delta 1, \delta 1'$) $\times 2$ + 津波による防潮堤の最大変位量($\delta 2, \delta 2'$)		
重畳時	基準地震動による防潮堤の残留変位量($\delta 1, \delta 1'$) $\times 2$ + 津波+余震による防潮堤の最大変位量($\delta 3, \delta 3'$) $\times 2$		

凡例

-----元の位置 ————基準地震動後の位置 ————最大変位位置

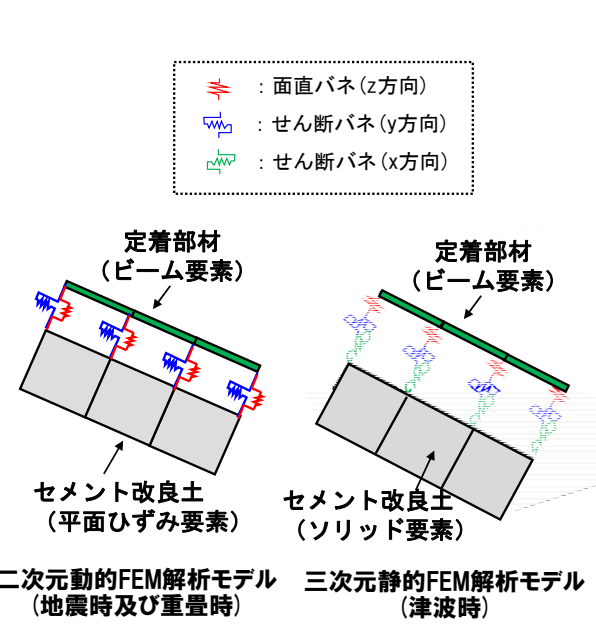
ゴムジョイントの張力により
定着部材 (短手方向) に生じる曲げ及びせん断の算出イメージ図
(解析②)

3. 止水目地構造の変更

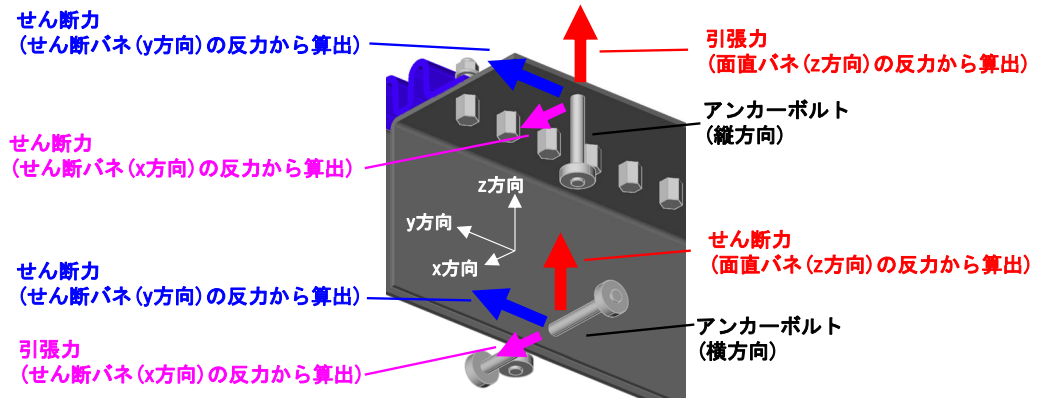
3.5 止水目地の設計方針 (4/4)

【アンカーボルトの評価方法】

- アンカーボルトの評価では、解析①で得られる引張力及びせん断力と、解析②で得られる引張力及びせん断力を足し合わせて照査する。
- 解析①で得られるアンカーボルトの引張力及びせん断力は、解析モデルで設定した剛バネの反力から算出する。
- セメント改良土と定着部材の境界面に作用する荷重は剛性差によるせん断力及び慣性力であり、境界面に一様に作用するため、算出したバネ反力の分担比率は、縦方向及び横方向に配置したアンカーボルトで等分とする。
- アンカーボルトの引張力及びせん断力は、アンカーボルトの配置間隔と剛バネの配置間隔が異なるため、剛バネに発生する引張力及びせん断力を配置間隔に応じて換算した上で算出する。
- 解析②で得られるアンカーボルトの引張力及びせん断力は、定着部材 (短手方向) を考慮した両端固定梁の固定端反力 (水平及び鉛直) とする。

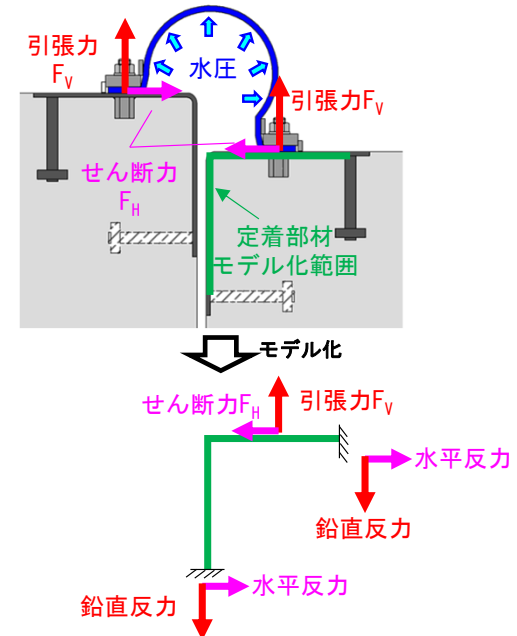


セメント改良土と定着部材の境界部のモデル化イメージ図 (解析①)



	アンカーボルト(縦方向)が分担する荷重	アンカーボルト(横方向)が分担する荷重
面直バネ(z方向) 【反力を100%とした時の分担率】	引張力 【50%】	せん断力 【50%】
せん断バネ(y方向) 【反力を100%とした時の分担率】	せん断力 【50%】	せん断力 【50%】
せん断バネ(x方向) 【反力を100%とした時の分担率】	せん断力 【50%】	引張力 【50%】

剛バネの反力とアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力の関係 (解析①)



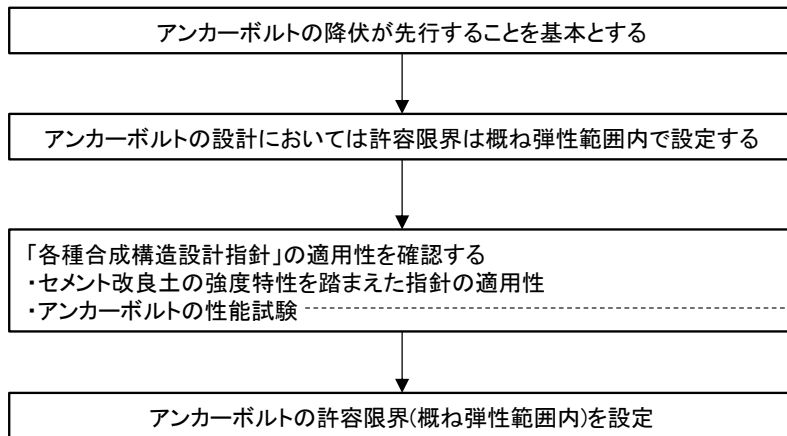
ゴムジョイントの張力によるアンカーボルト位置の反力算出イメージ図 (解析②)

3. 止水目地構造の変更

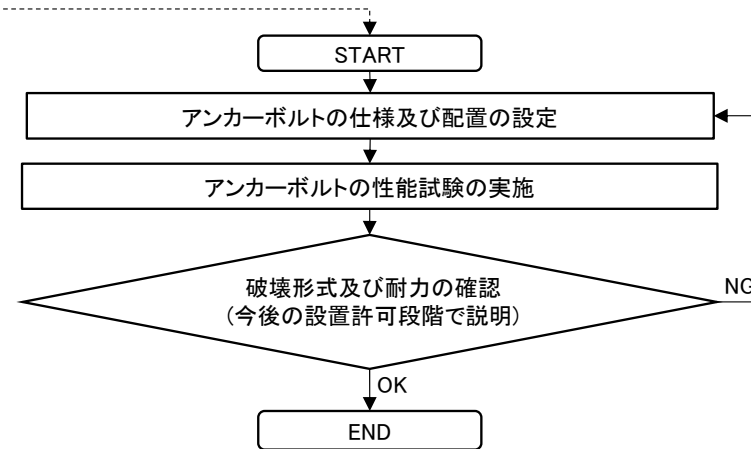
3.6 アンカーボルトの性能試験 (1/6)

【アンカーボルトの性能試験の方針】

- アンカーボルトの設計方針及び性能試験フローは、下図のとおりである。
- 止水目地構造の変更後においても、アンカーボルトでセメント改良土に固定する構造であり、高強度部と同様にアンカーボルトは単体配置として設計することから、アンカーボルトの設計方針及び性能試験フローは、第1111回審査会合で説明した内容から変更は不要である(高強度部のアンカー仕様及び配置計画は、補足説明資料1参照)。
- アンカーボルトの性能試験は、止水目地及び高強度部のアンカーボルトを対象として実施する。
- アンカーボルトの設計指針は、「各種合成構造設計指針」、「コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針(公益社団法人土木学会, 2014年)」及び「あと施工アンカー施工指針(案)(一般社団法人日本建築あと施工アンカー協会, 2016年)」がある。
- アンカーボルトの設計で参考にする指針は、アンカーボルトは先付け工法を計画していることから、先付け工法の設計に関する記載がある「各種合成構造設計指針」とする。
- アンカーボルトの設計においては、「各種合成構造設計指針」を参考に、アンカーボルトの降伏が先行することを基本とし、許容限界は概ね弾性範囲内で設定する。
- 「各種合成構造設計指針」の適用性の確認並びにアンカーボルトの仕様及び許容限界の設定については、アンカーボルトの性能試験で確認する破壊形式及び耐力を踏まえて行う。



アンカーボルトの設計方針



アンカーボルトの性能試験フロー

3. 止水目地構造の変更

3.6 アンカーボルトの性能試験 (2/6)

【アンカーボルトの性能試験で想定される破壊形式 (1/3)】
○ アンカーボルトで想定される破壊形式 (単体配置) を整理した上で、「各種合成構造設計指針」を参考に、アンカーボルトの性能試験で想定される破壊形式を選定した。

アンカーボルトで想定される破壊形式 (単体配置) ※

破壊形式	アンカーボルトの引張耐力を決める破壊形式						アンカーボルトのせん断耐力を決める破壊形式				
	アンカーボルト	セメント改良土					アンカーボルト	セメント改良土			
	鋼材降伏	コーン状破壊	支圧破壊	付着破壊	側方局所破壊	割裂破壊	鋼材降伏	コーン状破壊	支圧破壊	プライアウト破壊	
イメージ図											
説明	アンカーボルトの降伏による破壊	セメント改良土の斜め引張破壊	アンカーボルトの頭部周辺におけるセメント改良土の圧縮破壊	セメント改良土とアンカーボルトの付着部で生じる破壊	へりあきが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊	セメント改良土に生じる曲げ応力による破壊	アンカーボルトの降伏による破壊	セメント改良土の斜め引張破壊	セメント改良土の圧縮破壊	埋込み長さが不足する場合に発生するセメント改良土の剥離破壊	
性能試験で想定される破壊形式	○	○	○	×	×	×	○	○	○	×	
除外理由	—	—	—	頭付きアンカーボルトを使用する場合は、通常これがアンカーボルトの破壊形式を支配することはないとされている。	「各種合成構造設計指針」に示す仕様を満足することで生じない破壊であるとされている。	薄肉部材に生じる破壊形式であるとされており、防潮堤(セメント改良土)は薄肉部材ではない。	—	—	—	埋込み長さは、プライアウト破壊を防ぐことを前提としてアンカーボルト径の6倍以上とするのがよいとされている。	

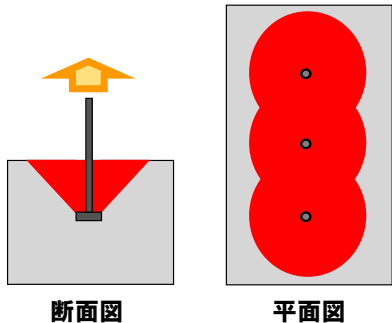
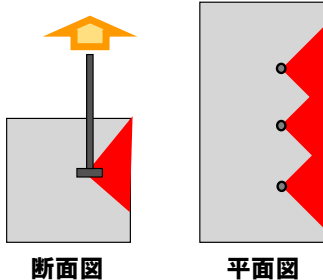
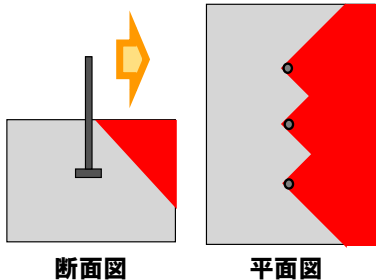
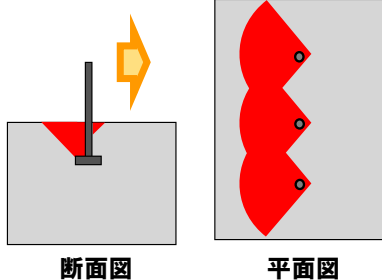
※: 破壊形式は、「各種合成構造設計指針」を参考に整理した。

3. 止水目地構造の変更

3.6 アンカーボルトの性能試験 (3/6)

【アンカーボルトの性能試験で想定される破壊形式 (2/3)】
○ アンカーボルトで想定される破壊形式 (群体配置) を整理したが、単体配置とすることから、アンカーボルトの性能試験における破壊形式として想定しない。

アンカーボルトで想定される破壊形式 (群体配置)

破壊形式	アンカーボルトの引張耐力を決める破壊形式		アンカーボルトのせん断耐力を決める破壊形式	
	セメント改良土		セメント改良土	
	コーン状破壊	側方局所破壊	コーン状破壊	プライアウト破壊
イメージ図	 <p>断面図 平面図</p>	 <p>断面図 平面図</p>	 <p>断面図 平面図</p>	 <p>断面図 平面図</p>
説明	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の斜め引張破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置において、へりあきが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の斜め引張破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置において、埋込み長さが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊
性能試験で想定される破壊形式	×	×	×	×
除外理由	単体配置とすることから、想定しない。			

3. 止水目地構造の変更

3.6 アンカーボルトの性能試験 (4/6)

【アンカーボルトの性能試験で想定される破壊形式 (3/3)】

○ 単体配置及び群配置の破壊形式 (P21, 22) を踏まえ、アンカーボルトを直交配置とした場合に想定される破壊形式 (群配置) を整理したが、アンカーボルトを千鳥で配置しアンカーボルト間に十分な離隔をとった単体配置とすることから、アンカーボルトの性能試験における破壊形式として想定しない。

アンカーボルトを直交するように配置した場合に想定される破壊形式 (群配置)

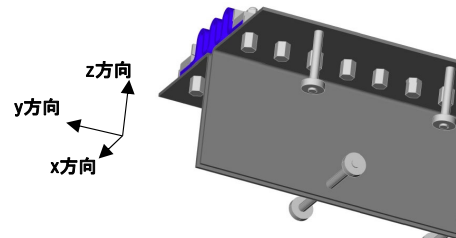
	破壊形式①	破壊形式②	破壊形式③	破壊形式④	破壊形式⑤	破壊形式⑥
破壊形式の組み合わせ	コーン状破壊(引張) + コーン状破壊(せん断)	コーン状破壊(せん断) + コーン状破壊(引張)	コーン状破壊(せん断) + コーン状破壊(せん断)	側方局所破壊(引張) + コーン状破壊(せん断)	コーン状破壊(せん断) + 側方局所破壊(引張)	コーン状破壊(せん断) + プリアウト破壊(せん断)
イメージ図						
説明	<ul style="list-style-type: none"> 直交するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の破壊 	<ul style="list-style-type: none"> 直交するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の破壊 	<ul style="list-style-type: none"> 直交するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の破壊 	<ul style="list-style-type: none"> 直交するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の破壊 側方局所破壊は、へりあきが不足(アンカーボルト径dの3倍以下)する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊 	<ul style="list-style-type: none"> 直交するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の破壊 	<ul style="list-style-type: none"> 直交するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の破壊 プリアウト破壊は、埋込み長さが不足(アンカーボルト径dの6倍以下)する場合に発生するセメント改良土の剥離破壊
性能試験で想定される破壊形式	×	×	×	×	×	×
除外理由	単体配置とすることから、想定しない。					

3. 止水目地構造の変更

3.6 アンカーボルトの性能試験 (5/6)

【破壊形式 (群体配置) ①～⑥を避ける配置】

○ アンカーボルトは、破壊形式(群体配置) ①～⑥が生じないように、千鳥で配置しアンカーボルト間に十分な離隔をとることでセメント改良土に想定される破壊領域が重複しない配置 (単体配置) とすることから、アンカーボルトの性能試験で「各種合成構造設計指針」の適用性を確認した上で、「各種合成構造設計指針」に基づき設計する。



アンカーボルトの配置イメージ

	破壊形式①	破壊形式②	破壊形式③	破壊形式④	破壊形式⑤	破壊形式⑥
破壊形式の組み合わせ	コーン状破壊(引張) + コーン状破壊(せん断)	コーン状破壊(せん断) + コーン状破壊(引張)	コーン状破壊(せん断) + コーン状破壊(せん断)	側方局所破壊(引張) + コーン状破壊(せん断)	コーン状破壊(せん断) + 側方局所破壊(引張)	コーン状破壊(せん断) + プライアウト破壊(せん断)
イメージ図	z方向に作用する荷重	x方向に作用する荷重	y方向に作用する荷重	z方向に作用する荷重 3φ以上	x方向に作用する荷重 3φ以上	y方向に作用する荷重 6φ以上

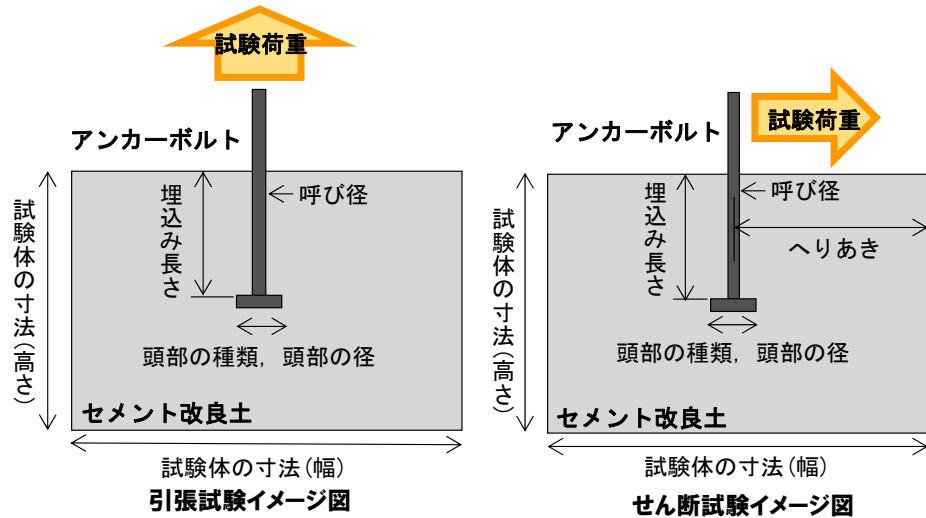
セメント改良土に想定される破壊領域が重複しない配置 (単体配置) のイメージ図

3. 止水目地構造の変更

3.6 アンカーボルトの性能試験 (6/6)

第1111回審査会合
資料1-2-1 p.159 加筆・修正

- アンカーボルトの性能試験の方針は、第1111回審査会合の説明内容から変更はない。
- アンカーボルトの性能試験の結果は、今後、設置変更許可段階で説明する。



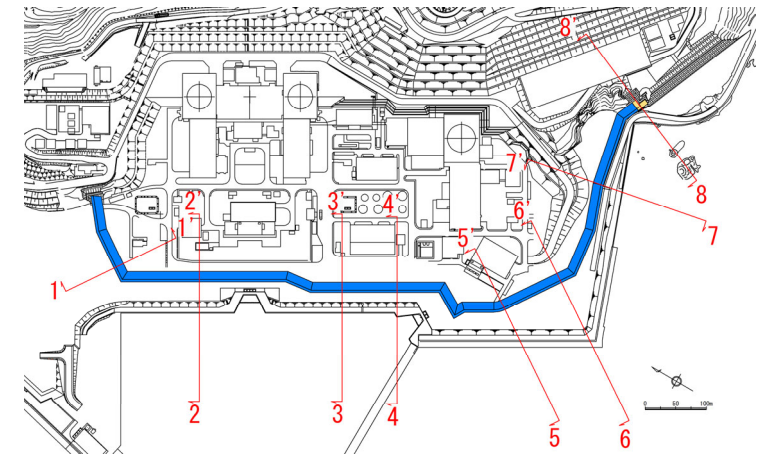
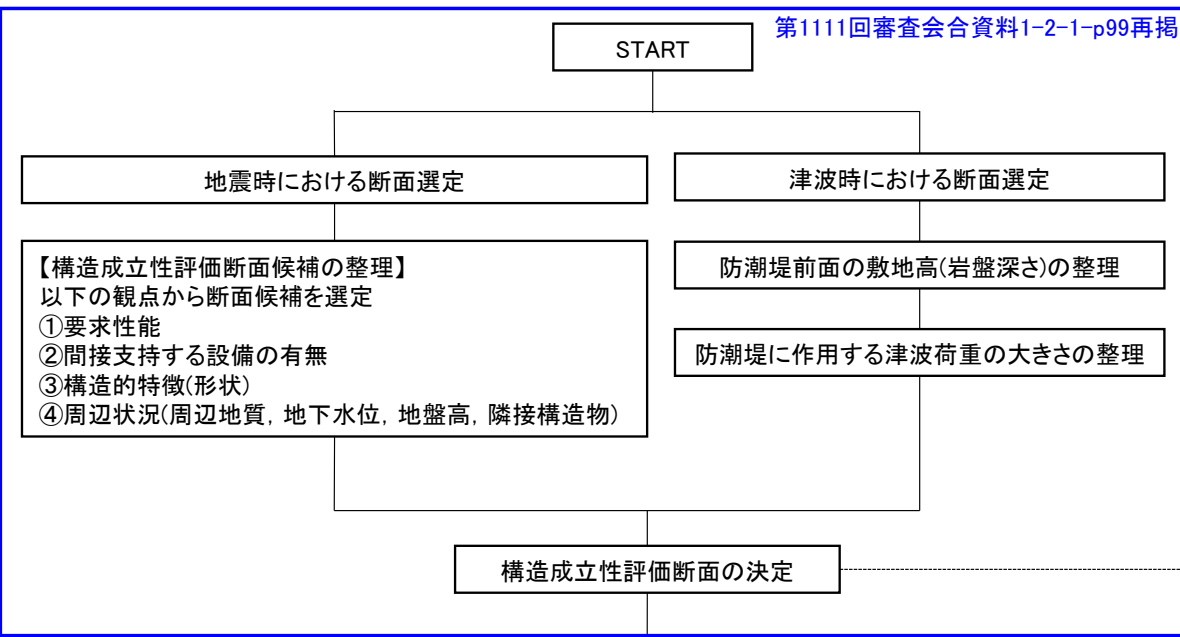
試験体の作製に関する確認項目※

確認項目	仕様	仕様を設定する上での考え方
呼び径	24mm	第1111回審査会合の仕様と同じ。
頭部の種類	頭付きアンカーボルト (先付け工法)	第1111回審査会合の仕様と同じ。
頭部の径	65mm	第1111回審査会合の仕様と同じ。
埋込み長さ	200mm	第1111回審査会合の仕様と同じ。
へりあき (せん断試験)	232mm以下	第1111回審査会合の仕様と同じ。
試験体の寸法	【引張試験】 幅:1,000mm, 高さ:650mm, 奥行き:1,500mm 【せん断試験】 幅:600mm, 高さ:450mm, 奥行き:1,400mm	第1111回審査会合の仕様と同じ。

※: アンカーボルトの性能試験は単体配置を想定した引張試験及びせん断試験であることから、配置間隔は確認項目から除く。

4. 構造成立性評価断面の集約 (1/2)

○ 第1111回審査会合の説明内容を踏まえた防潮堤 (天端高さT.P.19.0m) の構造成立性評価断面の選定フローを以下に示す。
 ○ 防潮堤 (天端高さT.P.19.0m) の構造成立性評価断面は、評価条件を保守的に設定することにより、第1111回審査会合において選定した2断面を1断面に集約する。



断面位置図
(第1111回審査会合資料1-2-1-p103再掲)

「2-2' 断面」及び「6-6' 断面」に選定

「2-2' 断面」に集約
【集約する際の観点】
 ・防潮堤前面に作用する津波波力
 ・防潮堤背面に作用する土圧(背面盛土含む)
 ・防潮堤の高さ
 ・岩盤掘削の有無

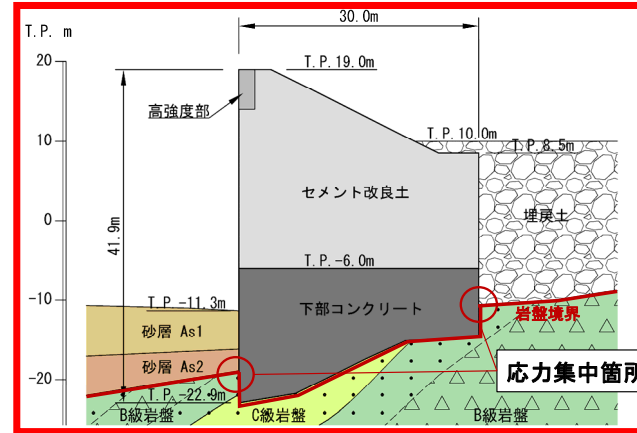
構造成立性評価断面を集約
 (評価条件を保守的に設定することにより2断面を1断面に集約) 今回追加

END
 構造成立性評価断面の選定フロー

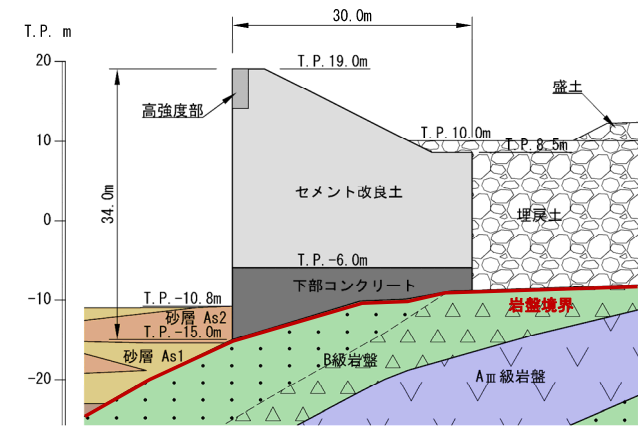
4. 構造成立性評価断面の集約 (2/2)

- 第1111回審査会合では、「③構造的特徴(形状)」及び「④周辺状況」から断面候補を整理した結果、「2-2'断面」及び「6-6'断面」を選定した(第1111回審査会合資料1-2-1-p99~109参照)
 - 2-2'断面:岩盤掘削がある断面において、防潮堤天端から岩盤までの高さが高い、地表面からの岩盤深さが深い、前面地盤高が深い断面
 - 6-6'断面:岩盤掘削がない断面において、防潮堤天端から岩盤までの高さが高い、地表面からの岩盤深さが深い、前面地盤高が深い断面
- 2断面(「2-2'断面」及び「6-6'断面」)を1断面に集約する際、以下の観点に着目する。
 - 防潮堤前面に作用する津波波力:「2-2'断面」の方が大きい。
 - 防潮堤背面に作用する土圧(背面盛土含む):「6-6'断面」の方が大きい。
 - 防潮堤の高さ:「2-2'断面」の方が高い。
 - 岩盤掘削の有無:「2-2'断面」は岩盤掘削を行う計画であるが、「6-6'断面」は岩盤掘削を行わない計画である。
⇒「③構造的特徴(形状)」の観点のうち岩盤掘削の有無の観点について、防潮堤の基礎地盤のすべり安全率を確保するために岩盤掘削を行う方が、岩盤と砂層又は埋戻土層の境界部において下部コンクリートに応力集中が生じ、下部コンクリートにとって厳しい評価となることが考えられる。
- 構造成立性評価断面は、下記のとおり評価条件を保守的に設定することで「2-2'断面」に集約して実施する。
 - 地震時は、防潮堤背面の土圧が防潮堤を海側に押す方向に作用することから、「6-6'断面」の土圧を「2-2'断面」に保守的に作用させる。
 - 津波時及び重畳時(津波+余震時)は、防潮堤背面の土圧が津波波力を打ち消す方向に作用することから、「2-2'断面」の土圧を作用させる。

	2-2'断面	6-6'断面	備考
津波波力(kN)	9,293	8,990	
土圧(kN)	6,880	7,361*	第1111回審査会合資料1-2-1-p109の表中から抜粋。 ※地震時は「6-6'断面」の土圧を「2-2'断面」に保守的に作用させる。
防潮堤高さ(m)	41.9	34.0	セメント改良土天端から下部コンクリート下端までの高さ。
岩盤掘削	有	無	



2-2'断面

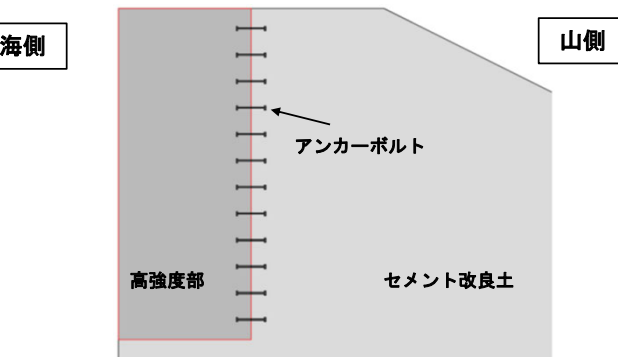
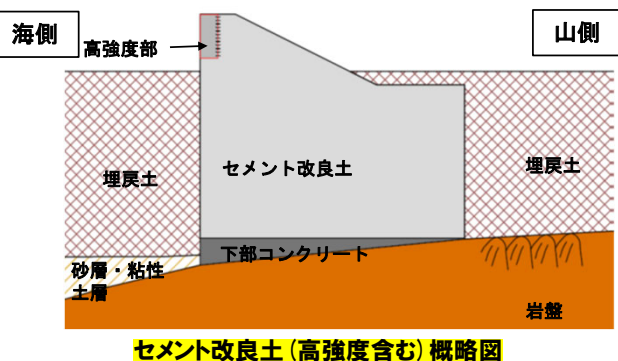


6-6'断面

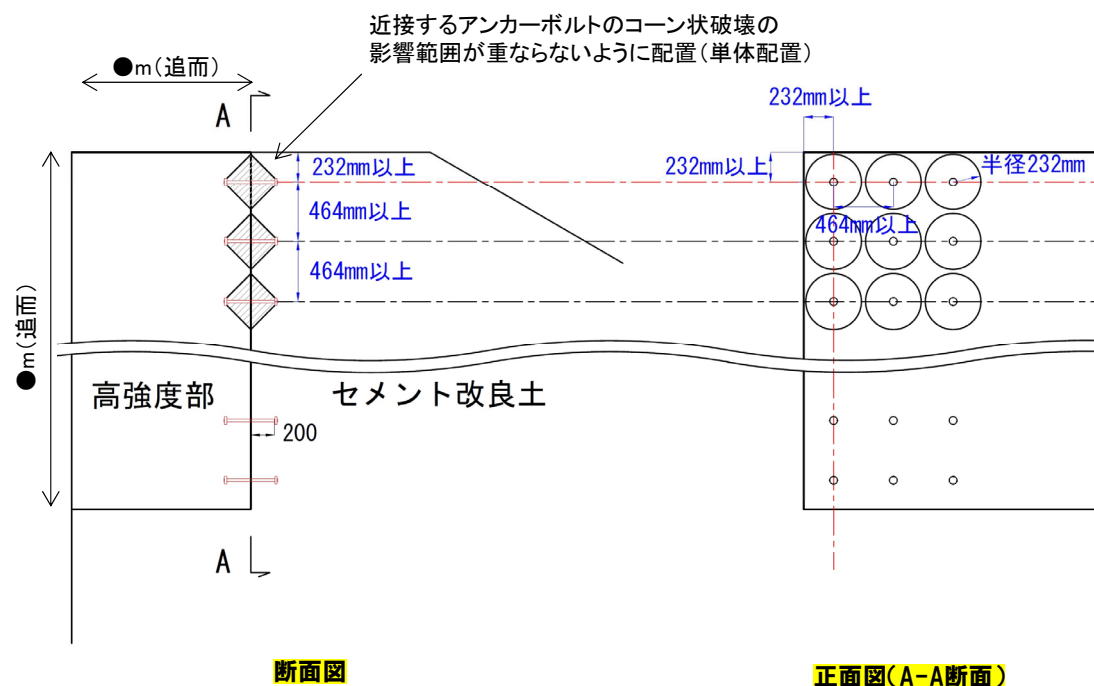
補足説明資料1 高強度部に用いるアンカーボルト

補足説明資料1.1 アンカーボルトの仕様及び配置計画

- 漂流物対策工としての高強度部は、アンカーボルトを用いてセメント改良土と一体化させる構造である。
- 高強度部に用いるアンカーボルトは、第1111回審査会合で説明したアンカーボルト性能試験で用いるアンカーボルトと同じ仕様を計画している。
- アンカーボルト性能試験ではアンカーボルトの引張耐力及びせん断耐力を確認し、セメント改良土に固定するアンカーボルトは「各種合成構造設計指針」に基づき設計できることを確認する。
- 高強度部のアンカーボルトは、止水目地に用いるアンカーボルトと同じ仕様で単体配置かつ先付け工法による施工を計画していることから、「各種合成構造設計指針」に基づいた評価を行い、構造成立性があることを説明する。



(第1111回審査会合資料1-2-1-p115再掲)



アンカーボルト配置計画図※

アンカーボルトの仕様及び配置計画

項目	仕様	
仕様	呼び径	24mm
	頭部の種類	頭付きアンカーボルト
	頭部の径	65mm
	埋込み長さ	200mm
配置	配置間隔	464mm以上
	へりあき	232mm以上

※アンカーボルトの仕様及び高強度部の詳細は現在検討中であり、設置変更許可段階において構造成立性評価結果を説明する。

補足説明資料1 高強度部に用いるアンカーボルト

補足説明資料1.2 アンカーボルトの作用荷重と挙動

- 高強度部のアンカーボルトは、慣性力によってアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力が許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。
- 高強度部とセメント改良土のアンカーボルトに作用する荷重及びアンカーボルトの設計方針を以下に示す。
 - 地震時や重畳時には、地震による慣性力でセメント改良土と高強度部の境界面に引張力やせん断力が生じる。これらの発生力に対し、アンカーボルトによって一体性が確保される設計を行う。
 - 津波時には、津波波力及び漂流物荷重によって高強度部がセメント改良土を押し付ける挙動となるため、アンカーボルトに役割を期待しない設計を行う。

