

# 女川原子力発電所2号炉 防潮堤の設計方針等の変更について

---

平成30年2月13日  
東北電力株式会社

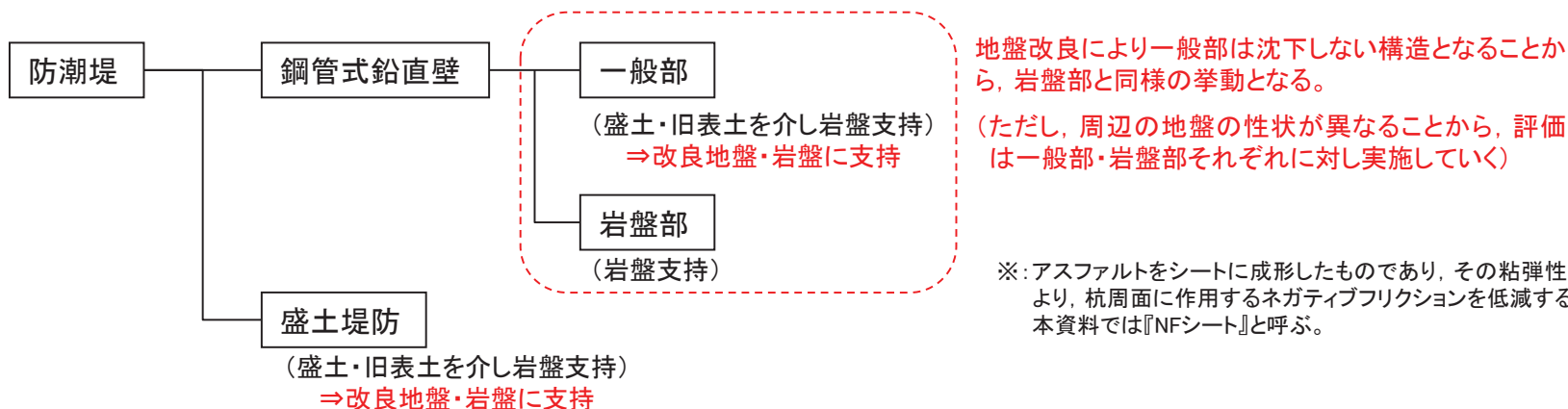
- 
1. 防潮堤の構造変更等について
  2. 各構造における構造変更の概要
  3. 設置許可基準規則への適合性について
  4. 評価対象部位と役割の主な変更点
  5. 損傷モードの主な変更点
  6. 液状化パラメータ設定の変更について
  7. 地下水位の設定の変更について

# 1. 防潮堤の構造変更等について

- 本資料では、防潮堤の設計方針について、沈下対策を実施することに変更するとともに、液状化評価の方針の一部を変更することを説明する。合わせて、設置許可基準規則第3条に定める地盤の支持性能への適合性について、考え方を整理した。
- 沈下対策の検討においては、盛土・旧表土の沈下に各部材が追従するこれまでの設計を変更し、地盤改良による沈下防止を基本とする。この改良地盤と岩盤を合わせて「地盤」と定義する。
- これにより、改良地盤・岩盤が一体となって施設を支持する構造となる。また、沈下に伴い考慮すべき損傷モードが減ることにより、安全性の向上が期待できる。

追加対策と設置許可基準規則への対応性

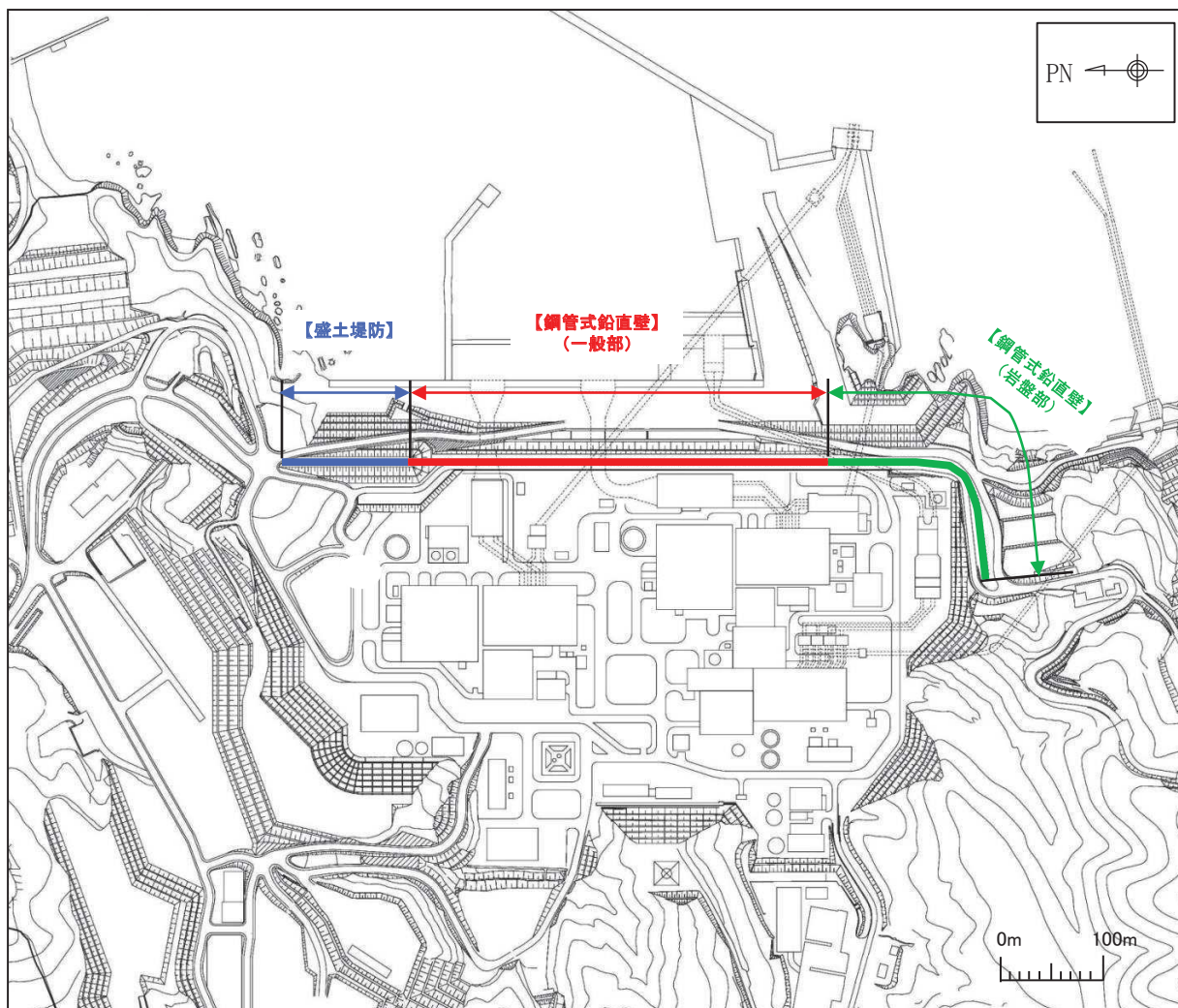
設置許可基準規則	追加対策(地盤改良)に伴う条文への適合方針	備考
第3条 (地盤の支持性能, 変形(液状化等)の考慮)	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設直下の地盤が支持性能を有すること及び所要のすべり安全率を有することを確認する。(1項)</li> <li>盛土・旧表土の地盤改良により、地震発生に伴う沈下・変形を防止する。(2項)</li> </ul>	改良範囲は条文に適合する範囲を解析的に決定する。
第4条 (地震による損傷の防止)	<ul style="list-style-type: none"> <li>沈下対策を踏まえ、想定される損傷モードに対して施設の安全性が確保されることを確認する。</li> <li>また、「再使用性」を重視して杭の応答を概ね弾性範囲に留める。</li> </ul>	NFシート※の追従性等、沈下に伴い検討が必要となっていた損傷モードが簡略化あるいは省略される。また、長杭の応答が軽減され、概ね弾性範囲となる見通し。
第5条 (津波による損傷の防止)	<ul style="list-style-type: none"> <li>沈下対策を踏まえ、想定される損傷モードに対して施設の止水性が確保されることを確認する。</li> </ul>	沈下に伴い発生するおそれのあった改良地盤上下の隙間等がなくなり、浸水経路の形成可能性のある部位が減少あるいは考慮不要となる。



防潮堤の構造形式

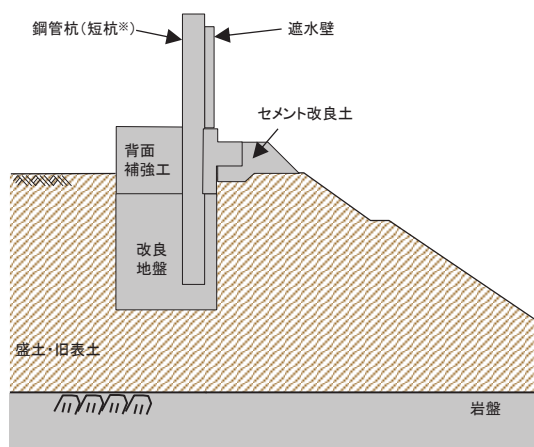
## 2. 各構造における構造変更の概要 防潮堤の構造形式

- 防潮堤の構造形式は、鋼管式鉛直壁と盛土堤防の2つに分類され、鋼管式鉛直壁は、さらに一般部と岩盤部に分類される。

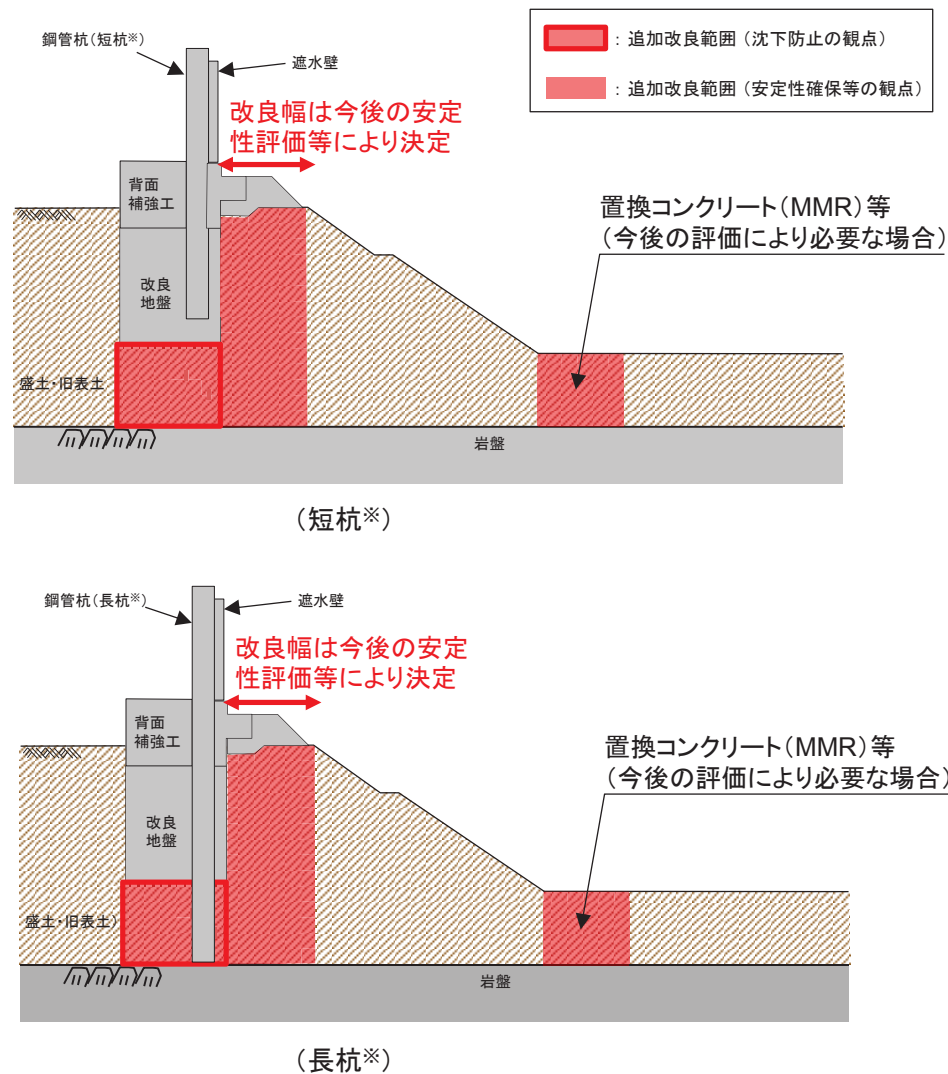
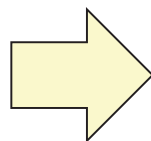


## 2. 各構造における構造変更の概要 鋼管式鉛直壁(一般部)

- ・ 沈下対策として、既設の改良地盤直下を改良する。
- ・ 対策範囲等については、各条文に適合できるよう、今後の設計において決定していく。



鋼管式鉛直壁(一般部) 変更前

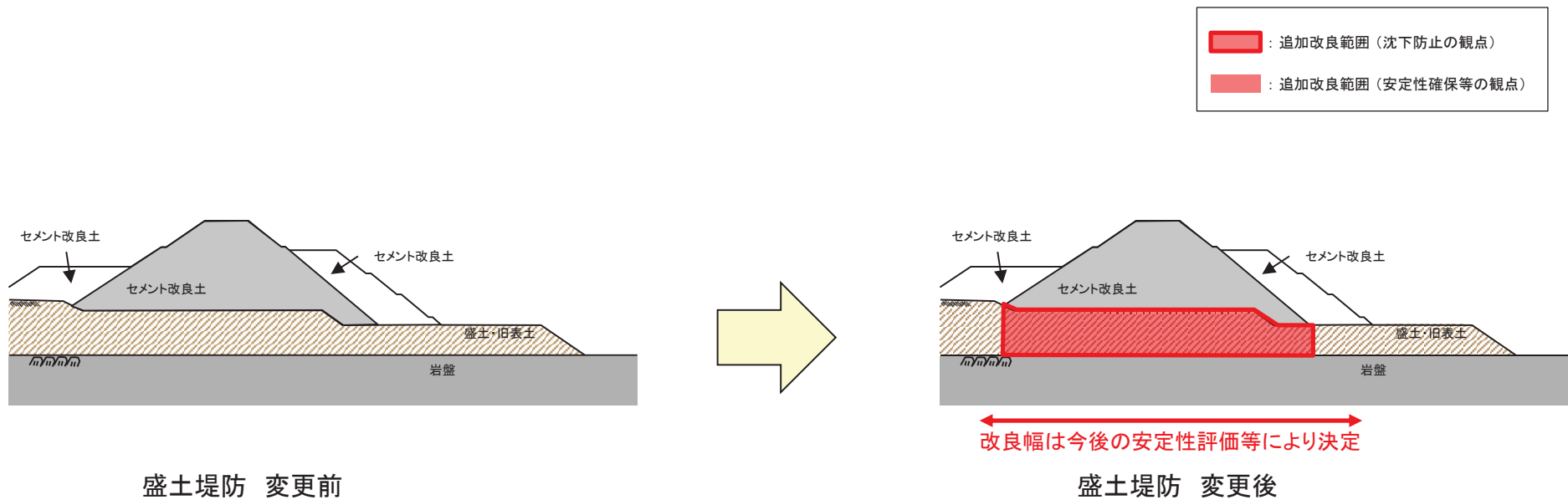


鋼管式鉛直壁(一般部) 変更後

※:「長杭」,「短杭」は、鋼管式鉛直壁(一般部)を構成する2種類の長さの鋼管杭に対して設計図書の中で付けた名称

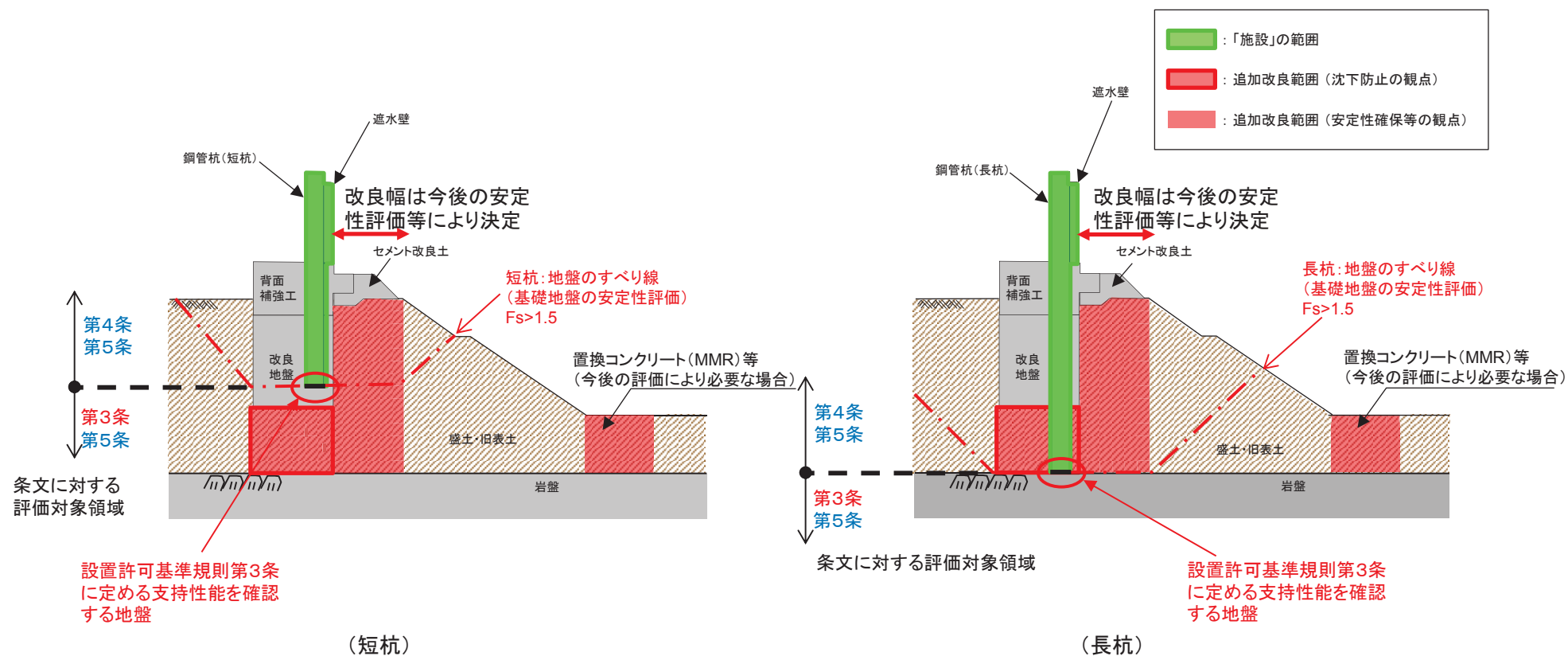
## 2. 各構造における構造変更の概要 盛土堤防

- ・ 沈下対策として、既設のセメント改良土直下を改良する。
- ・ 対策範囲等については、各条文に適合できるよう、今後の設計において決定していく。



### 3. 設置許可基準規則への適合性について 鋼管式鉛直壁(一般部)

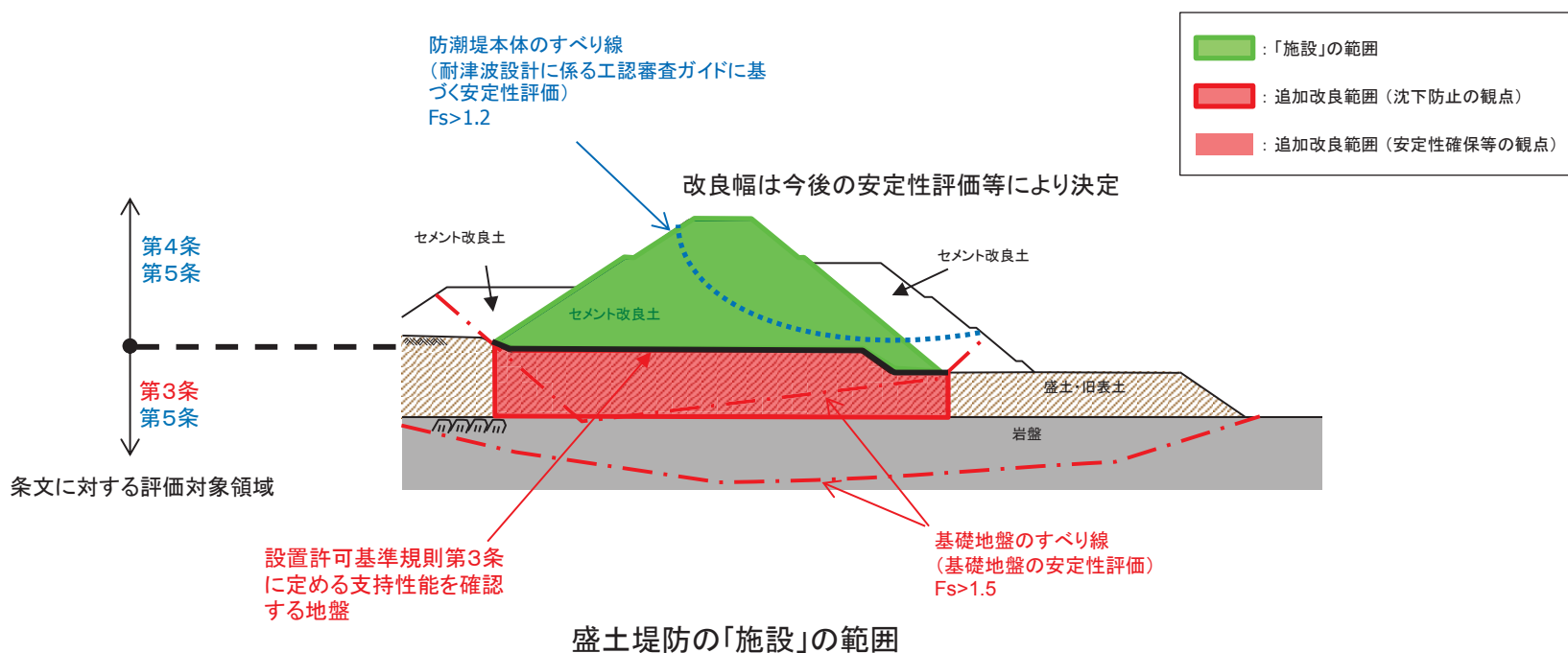
- 鋼管杭, 遮水壁及び止水目地を「施設」, 背面補強工, 改良地盤, セメント改良土, 盛土・旧表土及び岩盤等を「地盤」と定義し, 杭下を通るすべり線はすべり安全率 $F_s > 1.5$ を確保することで設置許可基準規則第3条に適合できるように, 改良範囲を決定する。
- 杭を概ね弾性範囲とすること等により, 設置許可基準規則第4条に適合する構造であることを確認する。
- 施設の止水性に加え, 改良地盤も含めた周辺地盤の止水性(ボイリング等)から, 設置許可基準規則5条に適合する構造であることを確認する。



鋼管式鉛直壁(一般部)の「施設」の範囲

### 3. 設置許可基準規則への適合性について 盛土堤防

- セメント改良土(防潮堤本体)を「施設」、改良地盤、盛土・旧表土、セメント改良土(防潮堤本体以外)及び岩盤を「地盤」と定義し、施設下を通るすべり線はすべり安全率 $F_s > 1.5$ を確保することで設置許可基準規則第3条に適合できるよう、改良範囲を決定する。
- 施設を通るすべり線は $F_s > 1.2$ を確保することで、設置許可基準規則第4条に適合する構造であることを確認する。
- 施設の止水性に加え、改良地盤も含めた地盤の止水性(ボイリング等)から、設置許可基準規則第5条に適合する構造であることを確認する。



**[参考] 耐津波設計に係る工認審査ガイドの記載**

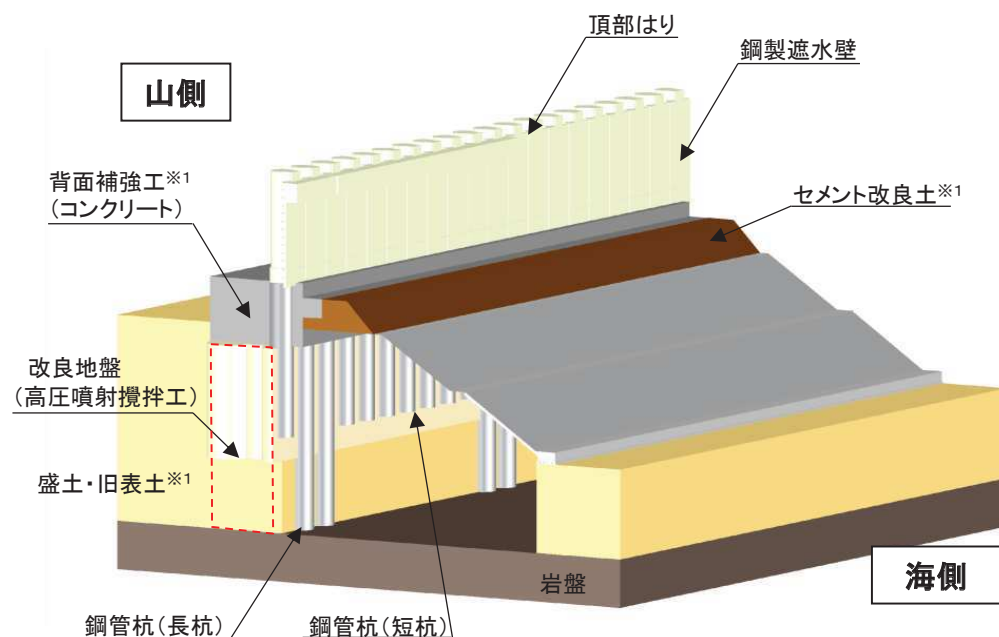
(盛土構造の防潮堤等の設計審査における留意事項)

- 盛土構造の防潮堤や河川堤防等の盛土・地山斜面に関する安定性の評価については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準ずるものとする。

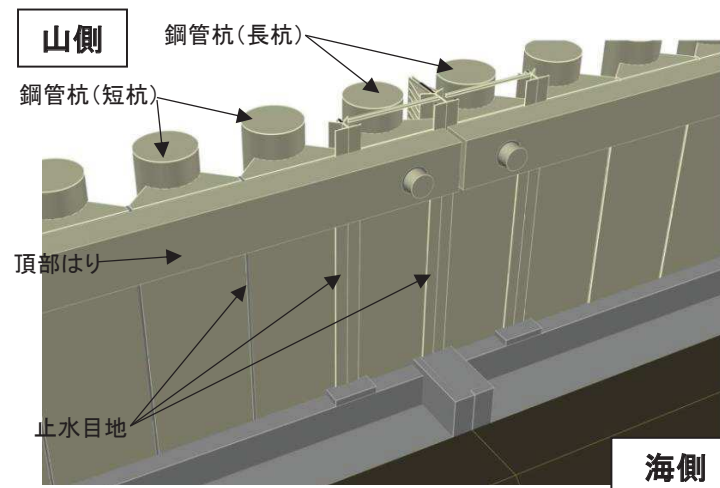


## 4. 評価対象部位と役割の主な変更点 鋼管式鉛直壁(一般部)

- 評価対象部位と役割及び施設の範囲は右下表のとおりとする。



※1: 周辺地盤として考慮



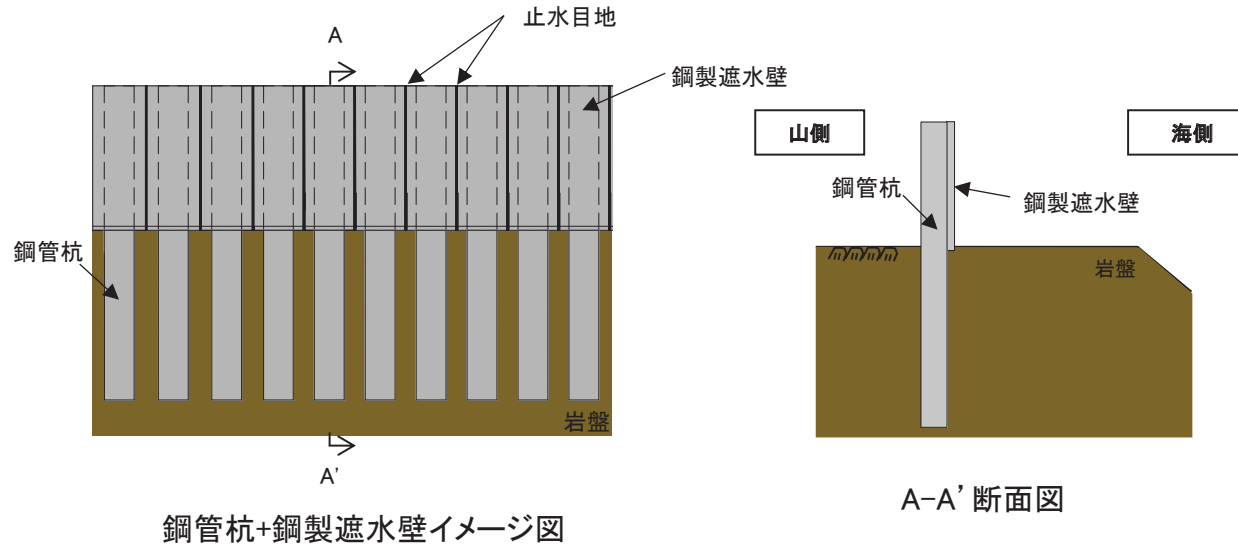
施設の範囲

評価対象部位		役割	備考
鋼管杭	長杭	鋼製遮水壁及び頂部はりを支持	
	短杭	鋼製遮水壁を支持	
鋼製遮水壁		止水機能の保持	
止水目地		鋼製遮水壁間の止水機能の保持	
頂部はり		—※2	
背面補強工		鋼管杭の変位を抑制	周辺地盤
改良地盤		鋼管杭を支持	基礎地盤(短杭)
セメント改良土		鋼管杭の変位を抑制	周辺地盤
盛土・旧表土			
岩盤		鋼管杭を支持	基礎地盤(長杭)

※2: 沈下時に機能を期待していたが、沈下しない設計に変更したため、設計基準対象施設に該当しない部位

## 4. 評価対象部位と役割の主な変更点 鋼管式鉛直壁(岩盤部)

- 評価対象部位と役割及び施設の範囲は下表のとおりとする(変更なし)。

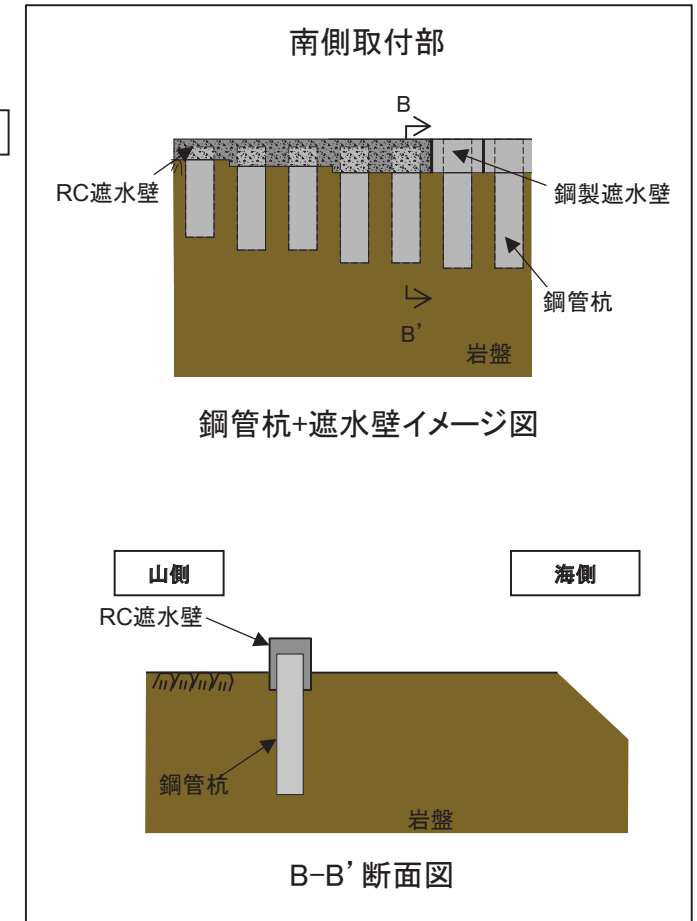


鋼管杭+鋼製遮水壁イメージ図

A-A' 断面図

■ 施設の範囲

評価対象部位	役割
鋼管杭	鋼製遮水壁を支持
鋼製遮水壁 (RC遮水壁)	止水機能の保持
止水目地	鋼製遮水壁間の止水機能の保持
岩盤	鋼管杭を支持

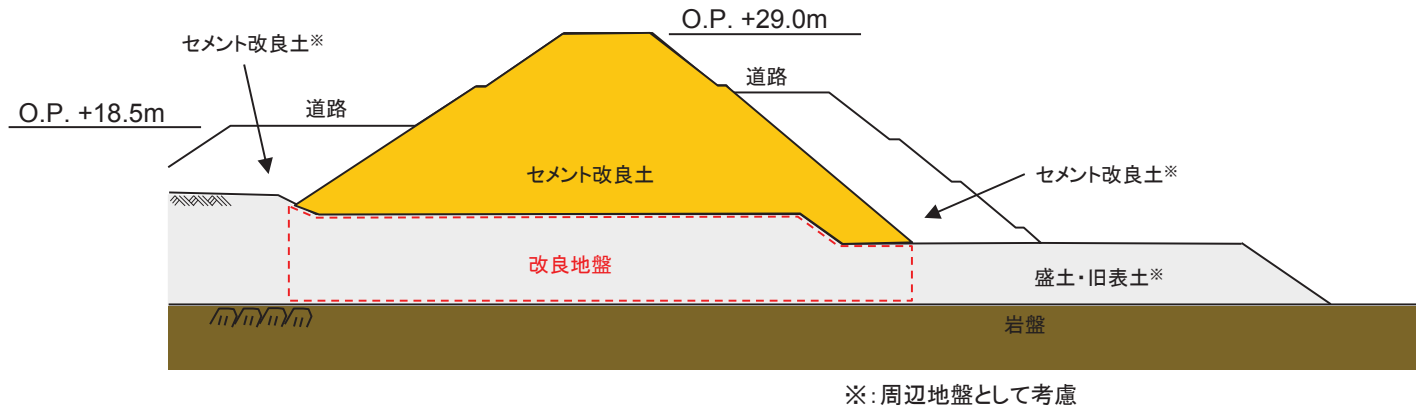


鋼管杭+遮水壁イメージ図

B-B' 断面図

## 4. 評価対象部位と役割の主な変更点 盛土堤防

- 評価対象部位と役割及び施設の範囲は下表のとおりとする。



盛土堤防断面図

■ 施設の範囲

評価対象部位	役割	備考
盛土堤防(セメント改良土)	止水機能の保持 基礎地盤に津波時等の荷重を伝達	
岩盤, 改良地盤	盛土堤防を支持	基礎地盤
セメント改良土, 盛土, 旧表土	盛土堤防の変位を抑制	周辺地盤

## 5. 損傷モードの主な変更点 鋼管式鉛直壁(一般部)

- 鋼管式鉛直壁(一般部)の損傷モードは以下のとおり簡略化される。

	変更前	変更後
防潮堤下の地盤(盛土・旧表土)の沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土の沈下を許容する。</li> <li>長杭へのネガティブフリクションへの配慮としてNFシートを施工する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土を地盤改良することにより、<b>沈下しない設計とする。</b></li> <li>沈下しないことでネガティブフリクションが発生しないことから、<b>NFシートの機能は期待しない設計とする。</b></li> </ul>
地震・津波荷重への抵抗性	<ul style="list-style-type: none"> <li>短杭は許容応力度以下を確認する。</li> <li>長杭は短杭と同じ深さまでは許容応力度以下を確認し、それより深い位置では杭の塑性率が許容塑性率以下であることを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>短杭・長杭ともに概ね弾性範囲であることを確認する。</b>(盛土・旧表土を地盤改良することにより、長杭の下部も概ね弾性範囲となる。)</li> </ul>
長杭と短杭の挙動の違い	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土の不等沈下や汀線方向(防潮堤縦断方向)の地震荷重等の影響により、鋼管の損傷や通水経路の形成が懸念される。</li> <li>実現象を詳細に考慮した3次元解析により安全性を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土を地盤改良することにより、<b>不等沈下等は発生しない設計とし</b>、通水経路の形成を防止する。</li> </ul>
鋼製遮水壁の止水性	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土の沈下量や、周辺地盤の側方流動の影響等を考慮して杭間に発生する相対変位を評価し、止水目地を設定する。</li> <li>止水目地の性能試験により、許容変形量及び許容水圧以下であることを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺地盤の側方流動の影響等を考慮して杭間に発生する相対変位を評価し、止水目地を設定する。 (<b>盛土・旧表土を地盤改良することにより、隣り合う長杭と短杭の間及び長杭と長杭の間の水平及び鉛直方向の相対変位は小さくなる。</b>)</li> <li>止水目地の性能試験により、許容変形量及び許容水圧以下であることを確認する。</li> </ul>

## 5. 損傷モードの主な変更点 盛土堤防

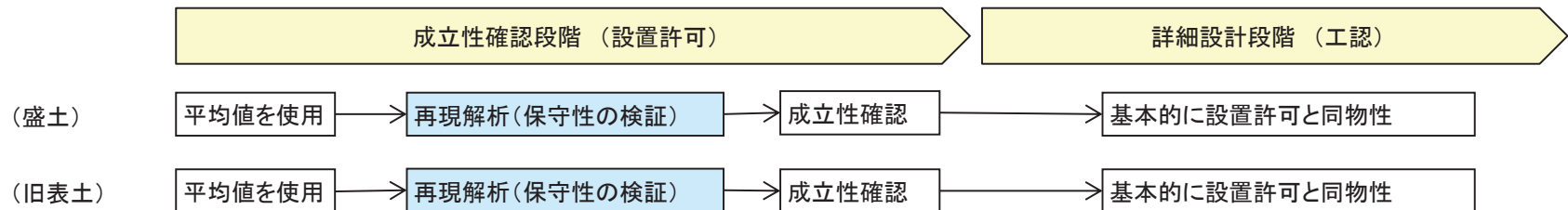
- 盛土堤防の損傷モードは以下のとおり簡略化される。

	変更前	変更後
防潮堤下の地盤 (盛土・旧表土)の 沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土の沈下を許容する。</li> <li>想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さを維持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土を地盤改良することにより、<b>沈下しない設計とする。</b></li> <li>想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さを維持する。</li> </ul>
地震・津波荷重への 抵抗性	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤体内部に想定したすべり線に対して、すべり安全率が許容値以上であることを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎地盤及び堤体内部に想定したすべり線に対して、すべり安全率が許容値以上であることを確認する。</li> </ul>
津波時の止水性・ 耐洗掘性	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント改良土は、津波時の洗掘・侵食に対して十分な耐性をもつことを確認する。</li> <li>盛土・旧表土が津波時の通水経路とならないことを浸透流解析により確認する。</li> <li>盛土・旧表土の洗掘対策として、法尻補強(セメント改良土で置換)を実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>セメント改良土及び改良地盤は、津波時の洗掘・侵食に対して十分な耐性をもつことを確認する。</b></li> <li><b>不等沈下に伴うセメント改良土のひび割れなどの通水経路の形成を防止する。</b></li> </ul>
鋼管式鉛直壁との 境界部の安定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤の下部及び端部の岩盤形状の傾斜、盛土・旧表土の層厚の不均一性等により盛土・旧表土の沈下を含めた3次元的な損傷が懸念される。</li> <li>境界部において鋼管式鉛直壁(一般部)に盛土堤防からの荷重が伝達し、鋼管杭の損傷が懸念される。</li> <li>実現現象を詳細に考慮した3次元解析により安全性を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土・旧表土を地盤改良することにより、<b>沈下に伴う複雑な挙動は解消され、3次元的な損傷の影響は小さくなる。</b></li> <li>境界部において鋼管式鉛直壁(一般部)に盛土堤防からの荷重が伝達するが、盛土堤防及び鋼管式鉛直壁(一般部)の下部の盛土・旧表土をいずれも<b>地盤改良</b>することで、<b>境界部における荷重伝達の影響は小さくなる。</b></li> <li>境界部の安定性が損なわれる可能性は小さいが、<b>念のため</b>実現現象を詳細に考慮した3次元解析により安全性を確認する。</li> </ul>

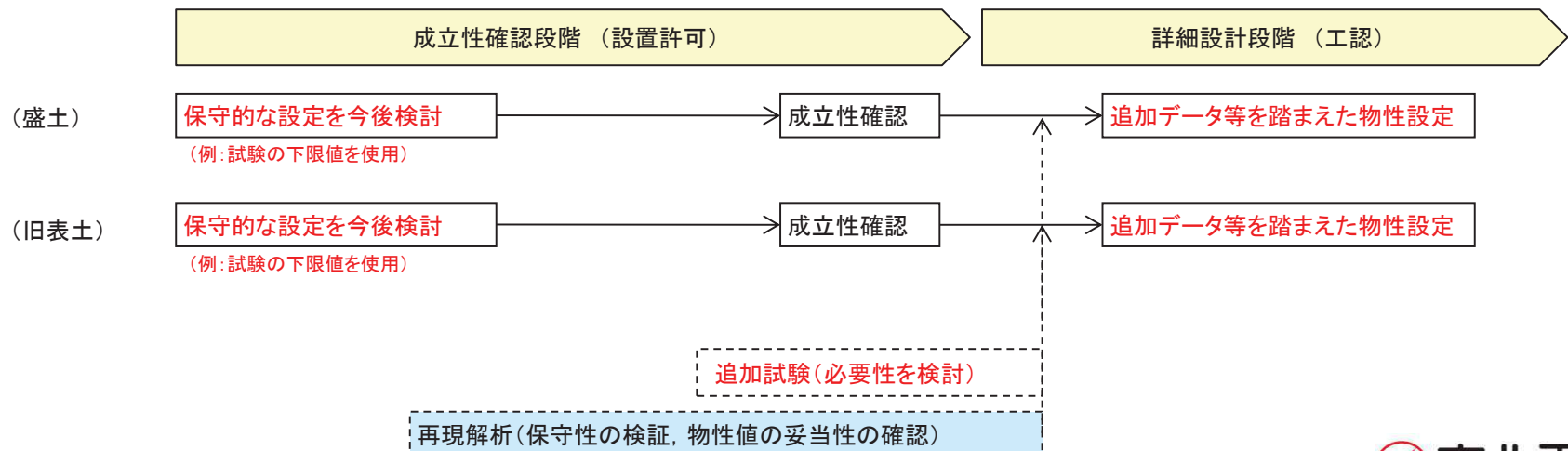
## 6. 液状化パラメータ設定の変更について

- 物性値のばらつきを考慮し、液状化パラメータの設定方法を変更する。
- 成立性確認段階(設置許可)では、盛土・旧表土の液状化強度特性について、保守的な設定(例:試験の下限値)により成立性を示す。
- 詳細設計段階(工認)においては、液状化試験の追加実施の必要性を含め、液状化強度特性の再設定について検討していく。

液状化パラメータの設定方法(変更前)



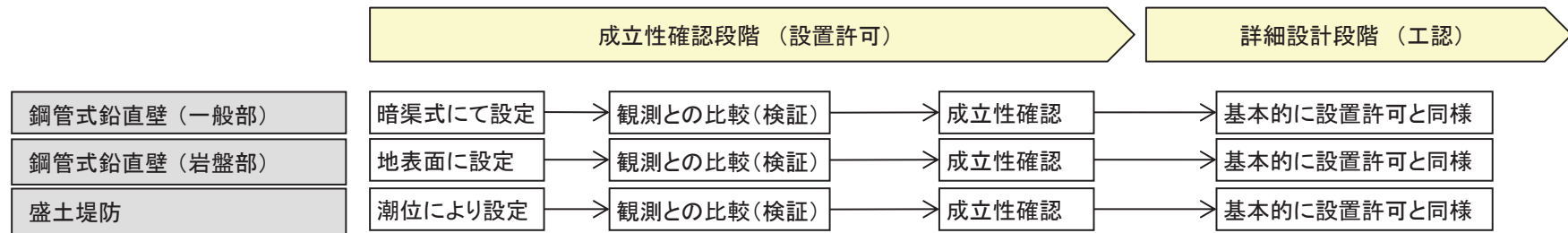
液状化パラメータの設定方法(変更後)



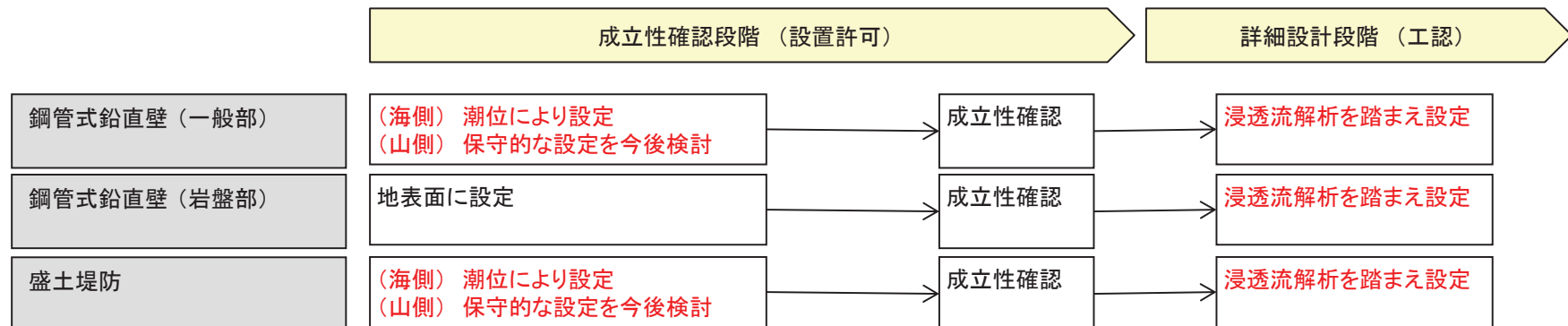
## 7. 地下水位の設定の変更について

- 地盤改良を実施することにより、地下水位が変動する可能性があることから、設定方法を変更する。
- 地下水位の設定について、成立性確認段階では改良後構造を踏まえた保守的な設定を行う。詳細設計段階では浸透流解析を踏まえ設定する。

地下水位の設定方法(変更前)



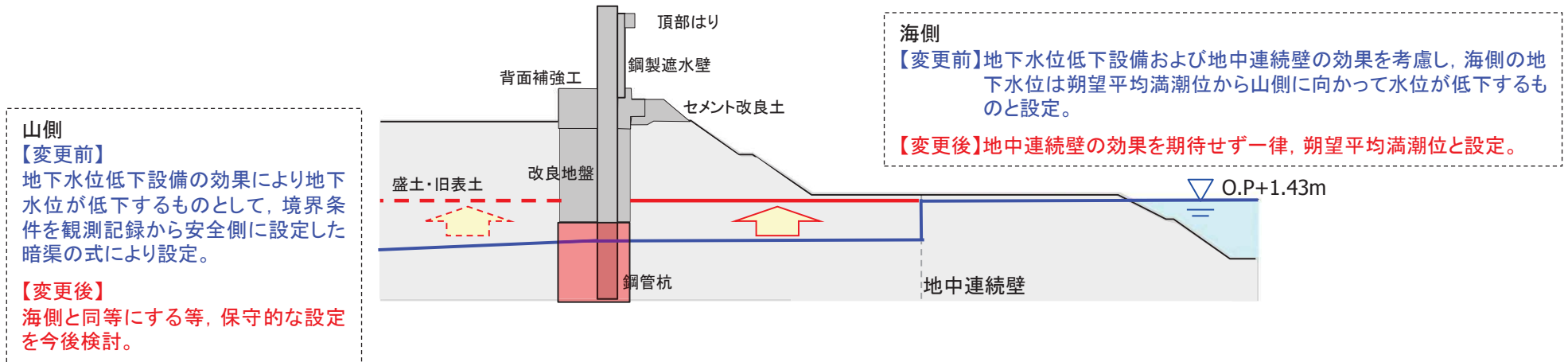
地下水位の設定方法(変更後)



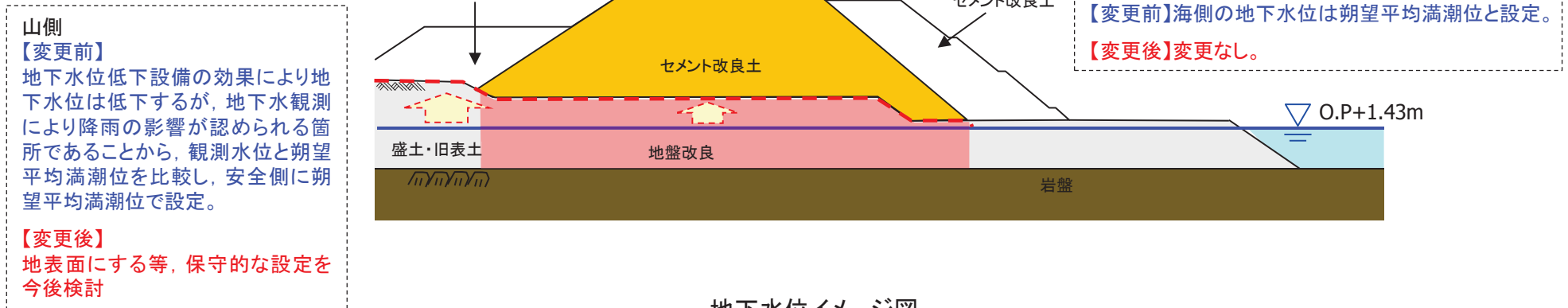
## 7. 地下水位の設定の変更について (成立性確認段階の保守的設定例)

- 鋼管式鉛直壁(一般部)および盛土堤防における地下水位設定の変更イメージを示す。

### 【鋼管式鉛直壁(一般部)の例】



### 【盛土堤防の例】



地下水位イメージ図