

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-他-076改02
提出年月日	2022年5月26日

解析用物性値（改良地盤）の設定方針について

2022年5月

中国電力株式会社

1. 概要

島根原子力発電所の土木構造物は、構造物の支持や構造物の変形抑制等の役割に期待して、地盤改良やコンクリートの置換を実施している。

土木構造物の評価において、これらの改良地盤を含めて解析モデルを作成する必要があることから、原位置試験及び室内試験等に基づき、改良地盤に適切な解析用物性値を設定する。また、改良地盤に期待する役割や物性値設定の経緯に応じて品質確認方針を設定のうえ、改良地盤の品質が確保されていることを確認する。

防波壁（逆T擁壁）については、設置許可段階において地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜が基本設計段階の目安値である $1/2,000$ を上回ることを確認したことから、「防波壁（逆T擁壁）の改良地盤の基本設計方針としては、PS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）が確保されていることを三軸圧縮試験等の室内試験及び原位置試験で確認する」こととしている。上述を踏まえ、図1-1のフローに基づき、防波壁（逆T擁壁）の設計及び施工を実施する。防波壁（逆T擁壁）の改良地盤は、実施工に先立って実施する室内配合試験において、三軸圧縮試験及び超音波速度測定により解析用物性値を設定することとし、設置許可段階において設定したPS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）が確保されていることを確認する。また、実施工における三軸圧縮試験及びPS検層により、設置許可段階において設定したPS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）及び室内配合試験において設定した解析用物性値が確保されていることを、設工認審査において説明する。

本資料では、解析用物性値（改良地盤）の設定方針及び品質確認方針に加え、防波壁（逆T擁壁）の改良地盤の室内配合試験結果及び解析用物性値を説明する。今後、その他の改良地盤の原位置試験及び室内試験等の結果を含めて「補足 023-01 地盤の支持性能について」に反映の上、説明する。

設置許可段階

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤の基本設計方針
PS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）が確保されていることを三軸圧縮試験等の室内試験及び原位置試験で確認する

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤は、追加で地盤改良を行うため「新設改良地盤」と整理し、室内配合試験における三軸圧縮試験や超音波速度測定等により解析用物性を設定する

室内配合試験

設置許可において設定した管理目標値が確保されることを確認（強度特性・変形特性）

室内配合試験の室内試験結果を踏まえて、解析用物性値を設定

設置許可において設定した管理目標値及び室内配合試験から設定した解析用物性値が確保されていることを確認するため、実施工において品質確認試験を実施する

品質確認試験

管理目標値及び解析用物性値が確保されることを確認（三軸圧縮試験及びPS検層）

品質確認結果より得られた物性値を踏まえ、影響検討を実施

設工認審査にて説明

図 1-1 防波壁（逆T擁壁）の改良地盤の検討フロー

2. 改良地盤の概要

2.1 地盤改良工法の種類と適用地盤

地盤改良工法については、文献（陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版，（財）土木研究センター，平成 16 年 3 月）では，以下の項目により分類づけられる。

- ① 対策工法を必要とする理由，目的，期待する効果
- ② 地盤の性状
- ③ 構造物の性質
- ④ 現場条件，周辺環境

地盤改良工法の種類と適用地盤・効果を表 2-1 に示す。

表 2-1 地盤改良工法の種類と適用地盤・効果

工法	適用地盤				工法の効果					
	粘性土	砂質土	粘性土 砂質土 の互層	有機 質土	沈下対策		安定対策			
					圧密沈 下促進	沈下量 減少	せん断 変形の 抑制	強度増 加促進	すべり 抵抗の 付与	液状化 の防止
表層処理工法	表層排水工法									
	サンドマット工法	○						○	○	○
	敷設材工法									
	浅層混合処理工法									
置換工法	掘削置換工法	○		○	○		○	○	○	○
	強制置換工法									
押え盛土工法	押え盛土工法	○		○	○			○		○
	緩斜面工法									
緩速載荷工法	漸増載荷工法	○		○	○			○		
	段階載荷工法									
載荷重工法	盛土荷重載荷工法								○	
	大気圧載荷工法	○		○	○					
	地下水低下工法									
パーティカル ドレーン工法	サンドドレーン工法	○		○	○	○		○	○	
	ボード系ドレーン工法									
	サンドコンパ クション工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○
締固め工法	振動棒工法									
	動圧密工法		○					○		○
固結工法	深層混合処理工法	○	○	○	○		○	○	○	○
	生石灰パイル工法									
	薬液注入工法									
構造物による 工法	矢板工法									
	打設グレイ工法	○	○	○	○		○	○		○
	スラブ工法									
	カルバート工法									

（引用：陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル 改訂版，

（財）土木研究センター，平成 16 年 3 月）

表 2-1 に示す工法のうち、島根原子力発電所で適用している地盤改良工法としては、適用地盤や工法の効果とも幅広い「固結工法」を基本としている。固結工法のうち、採用した工法は深層混合処理工法（高圧噴射攪拌工法）及び薬液注入工法である。

この他、置換工法として、コンクリート置換工及び土質安定処理土を採用した。

2.2 地盤改良工法の概要

島根原子力発電所で適用している地盤改良工法の概要を表 2-2 に示す。

表 2-2 施工方法の概要 (1/2)

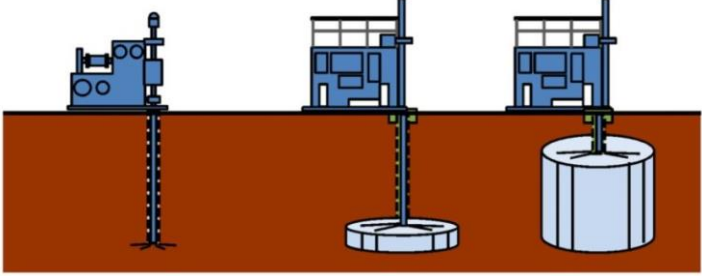
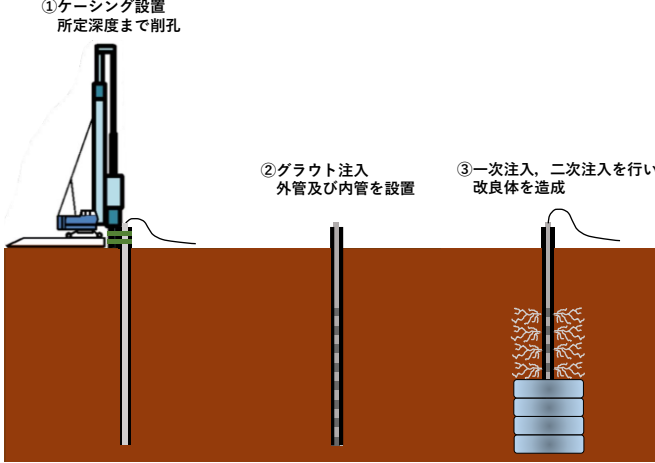
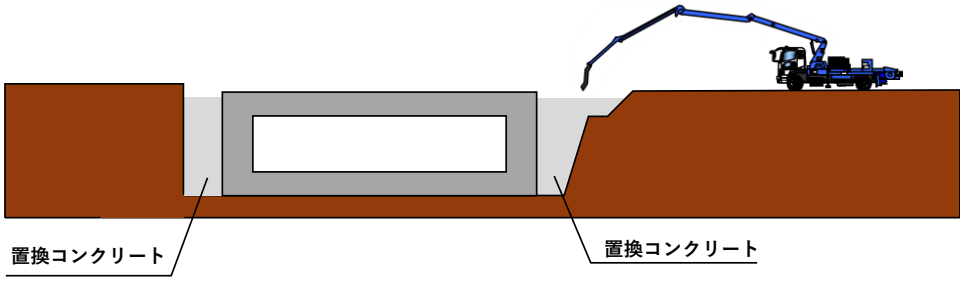
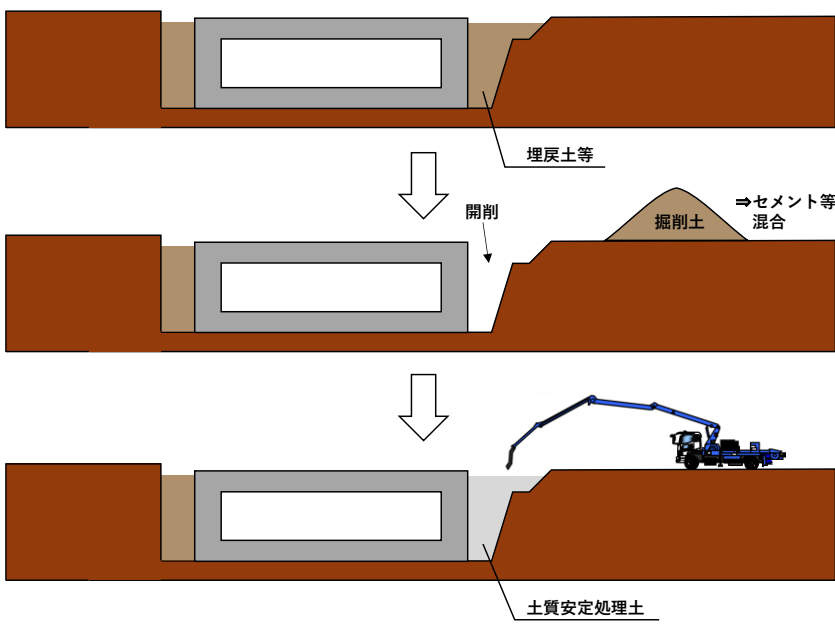
工法	概要
<p>高圧噴射 攪拌工法</p>	<p>高圧でセメントミルクを吐出し、原地盤を切削・攪拌することで改良体を造成する工法。構造物の支持や変形抑制を目的として、地上構造物及び埋設構造物があり開削が困難な防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（波返重力擁壁）及び取水槽にて採用。</p> <div style="text-align: center;"> <p>①ガイドホール設置 所定深度まで削孔</p> <p>②機器設置 ロッド建て込み、超高压 ジェットの噴射・モニター の回転</p> <p>③②の状態を保ちつつ モニターの引き上げ、 スライムの排出</p>  <p>高圧噴射攪拌工法の概要</p> </div>
<p>薬液注入 工法</p>	<p>ケーシングで削孔し、薬液を注入することで、改良体を造成する工法。地盤に注入された薬液は、地盤の土粒子構造を変えず、地盤内の間隙水と置き換わることにより粘着力を付加する。構造物の支持や変形抑制を目的として、地上構造物及び埋設構造物があり開削が困難な防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（多重鋼管杭式擁壁）にて採用。</p> <div style="text-align: center;"> <p>①ケーシング設置 所定深度まで削孔</p> <p>②グラウト注入 外管及び内管を設置</p> <p>③一次注入、二次注入を行い 改良体を造成</p>  <p>薬液注入工法の概要</p> </div>

表 2-2 施工方法の概要 (2/2)

工法	概要
<p>コンクリート置換工</p>	<p>原地盤開削後にコンクリートを打設することで、改良地盤（置換コンクリート）を設置する工法。構造物の変形抑制を目的として、原地盤開削が可能な第1ベントフィルタ格納槽等にて採用。</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a foundation. On the left, a concrete structure is shown. To its right, a rectangular area is labeled '置換コンクリート' (Replacement Concrete). Further right, a concrete pump truck is shown pouring concrete into a trench. The ground surface is brown, and the concrete is grey. Labels '置換コンクリート' are placed at the bottom of the concrete structure and the newly poured area.</p> <p>コンクリート置換工の概要</p>
<p>土質安定処理土</p>	<p>原地盤開削後に、掘削土に細骨材、セメント及び水を混合して製造した土質安定処理土により造成する工法。防波壁（逆T擁壁）基礎地盤の自主的な裕度向上対策として、防波壁背後の埋戻土部の液状化抑制を目的として採用。</p>  <p>The diagram illustrates a three-step process for soil stabilization. 1. Top: Shows a cross-section with a foundation on the left and a trench on the right. The trench is filled with '埋戻土等' (Backfill soil, etc.). 2. Middle: An arrow labeled '開削' (Excavation) points down. The trench is now deeper, and the soil is labeled '掘削土' (Excavated soil). An arrow points to the soil with the text '⇒セメント等と混合' (Mixed with cement, etc.). 3. Bottom: An arrow points down. A concrete pump truck is shown pouring '土質安定処理土' (Soil stabilization treatment soil) into the trench. Labels '埋戻土等', '掘削土', and '土質安定処理土' are placed at the bottom of their respective stages.</p> <p>土質安定処理土の概要</p>

3. 各施設における改良地盤の概要

各施設における改良地盤の施工範囲を図 3-1 に、改良地盤の配置図を図 3-2～図 3-11 に示す。改良地盤の地盤改良工法，目的及び解析用物性値の設定等を整理し，表 3-1 に示す。

表 3-1 に示すとおり，改良地盤の主な目的は，構造物の支持及び変形抑制に大別される。その他，防波壁の基礎地盤のすべり安定性向上のために自主対策として改良地盤を設置する。

各施設における改良地盤の施工範囲及び仕様については，各施設の要求機能を満たすように設定する。

なお，改良地盤については，2022年3月31日時点において施工済みのものを「既設改良地盤」，施工中若しくは計画中のものを「新設改良地盤」と称する。防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③は一部施工済であるが，追加実施する改良地盤も含めて解析用物性値を設定することから，新設改良地盤として扱う。

図中に記載されるMMRは，マンメイドロックの略称である。

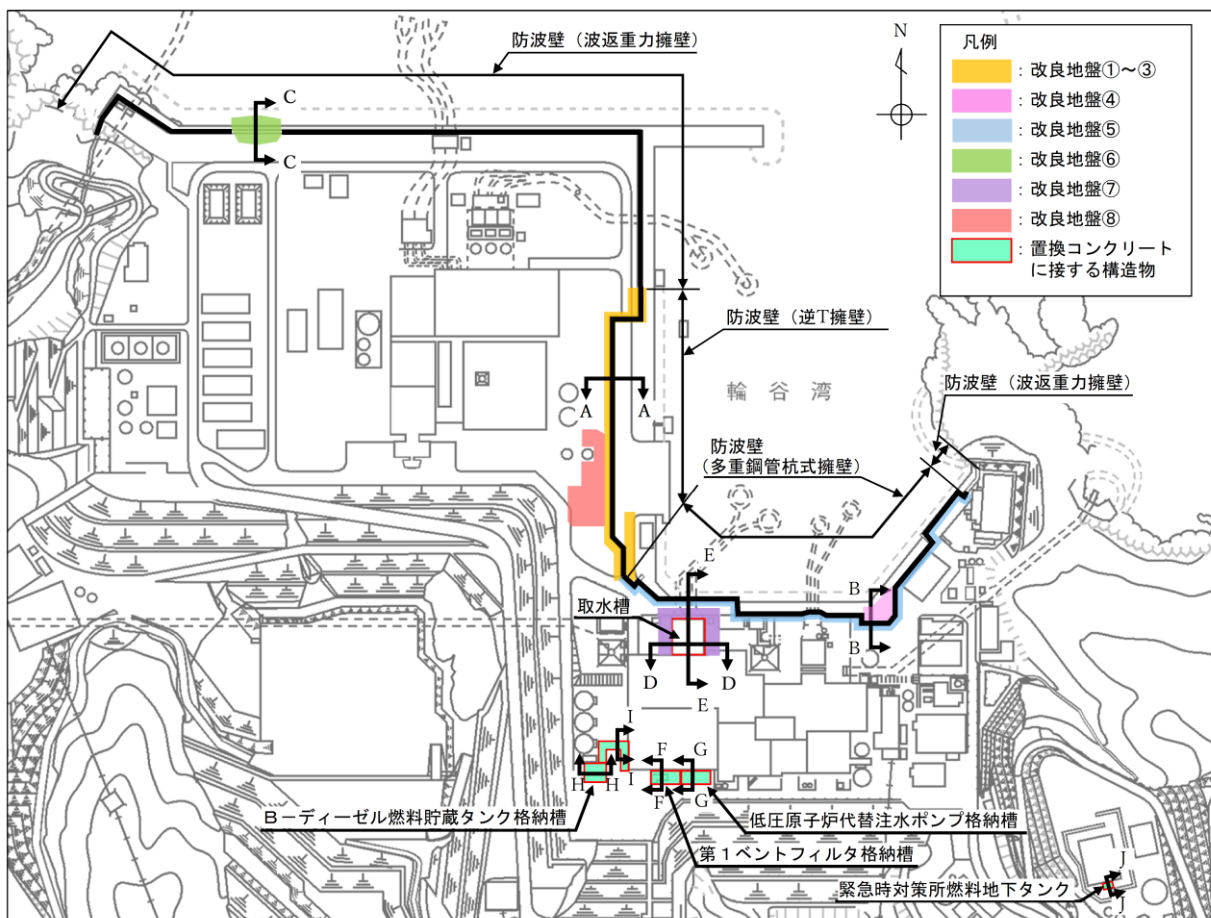


図 3-1 改良地盤を設置する施設の平面配置図

(単位 : m)

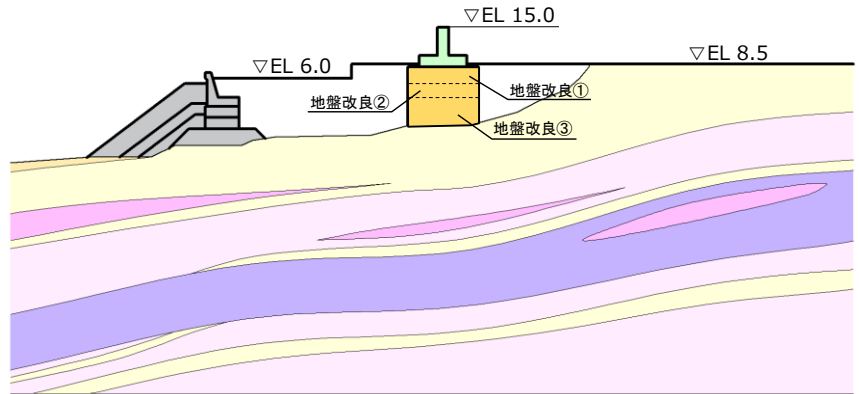
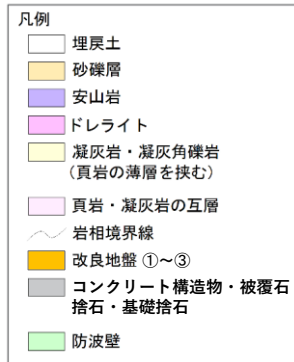


図 3-2 改良地盤の配置図
(防波壁 (逆 T 擁壁), A-A 断面)

(単位 : m)

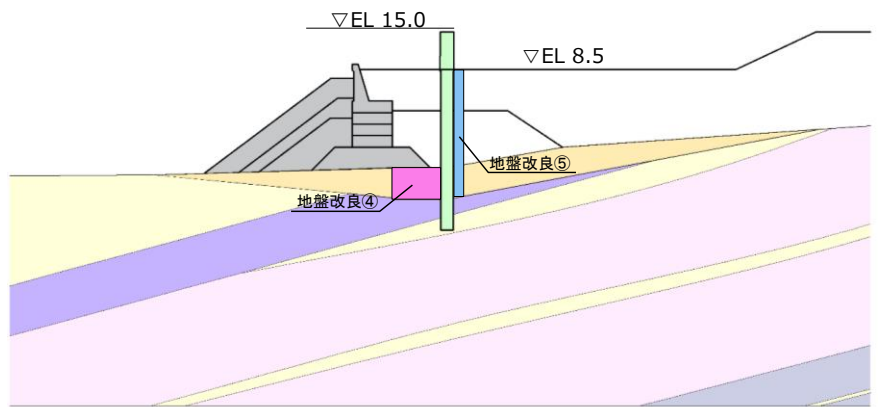
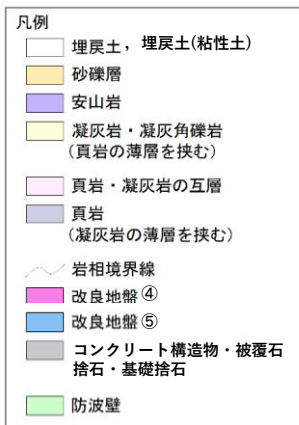


図 3-3 改良地盤の配置図
(防波壁 (多重鋼管杭式擁壁), B-B 断面)

(単位 : m)

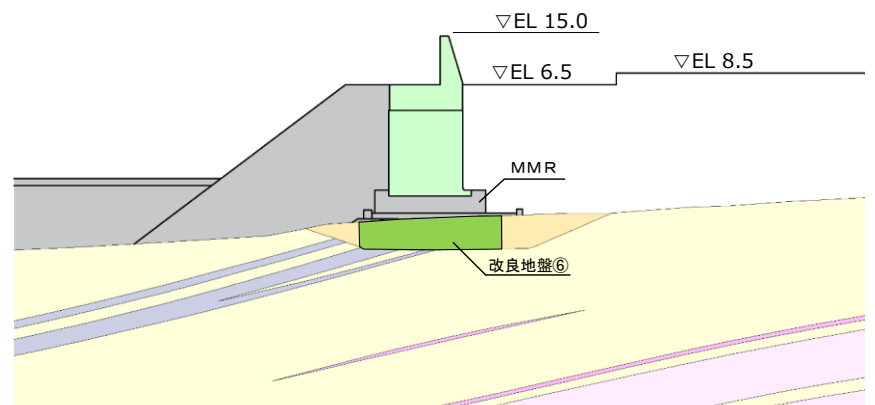


図 3-4 改良地盤の配置図
(防波壁 (波返重力擁壁), C-C 断面)

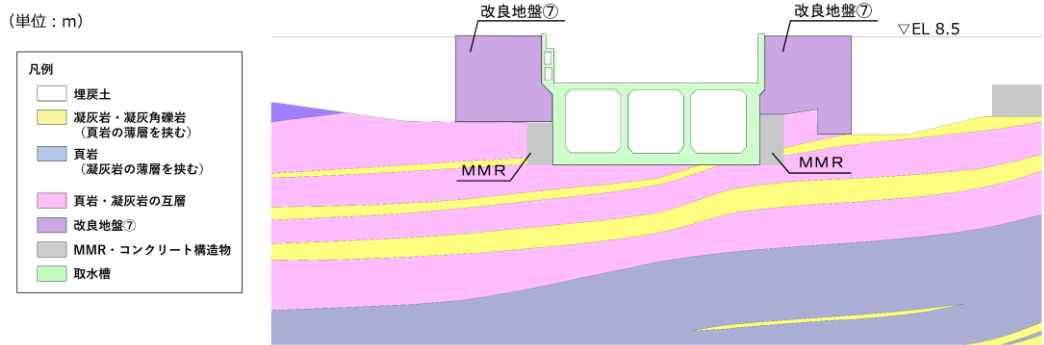


図 3-5 改良地盤の配置図
(取水槽，D-D断面)

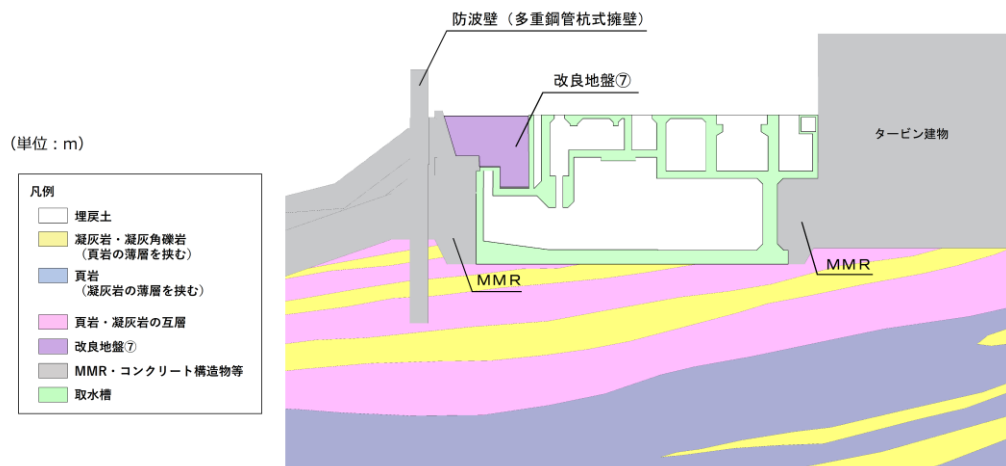
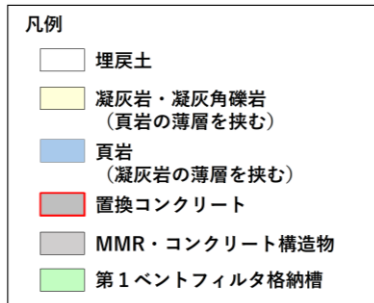


図 3-6 改良地盤の配置図
(取水槽，E-E断面)

(単位 : m)



注記* : 埋戻土としてモデル化

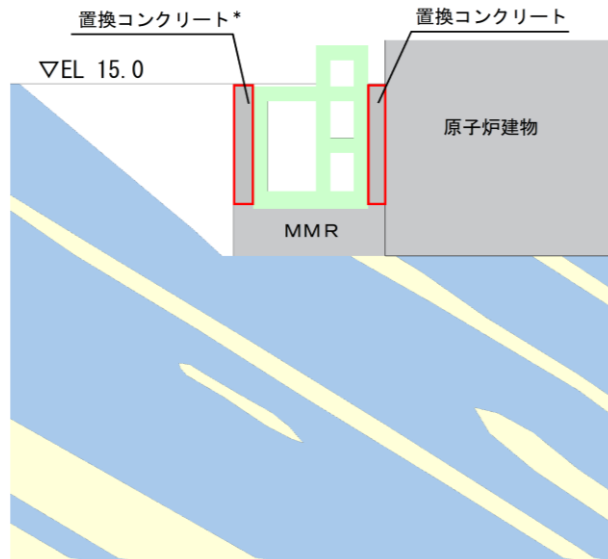


図 3-7 置換コンクリートの配置図
(第1ベントフィルタ格納槽, F-F断面)

(単位 : m)

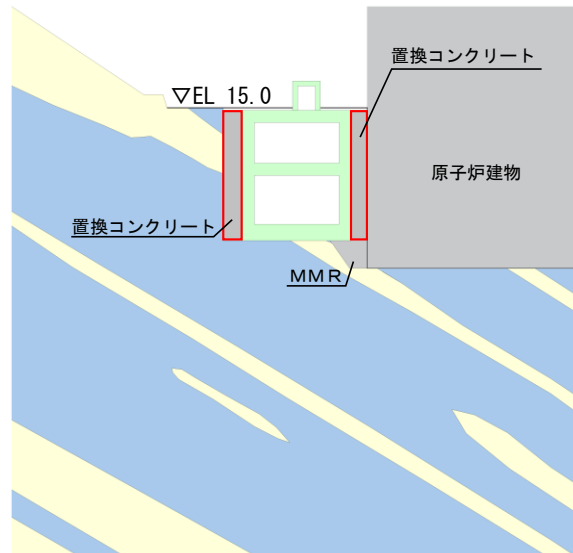
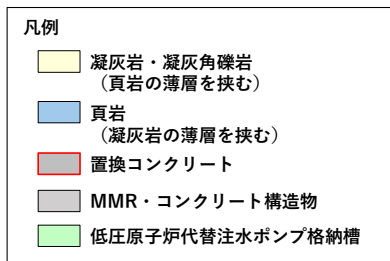


図 3-8 置換コンクリートの配置図
(低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽, G-G断面)

(単位 : m)

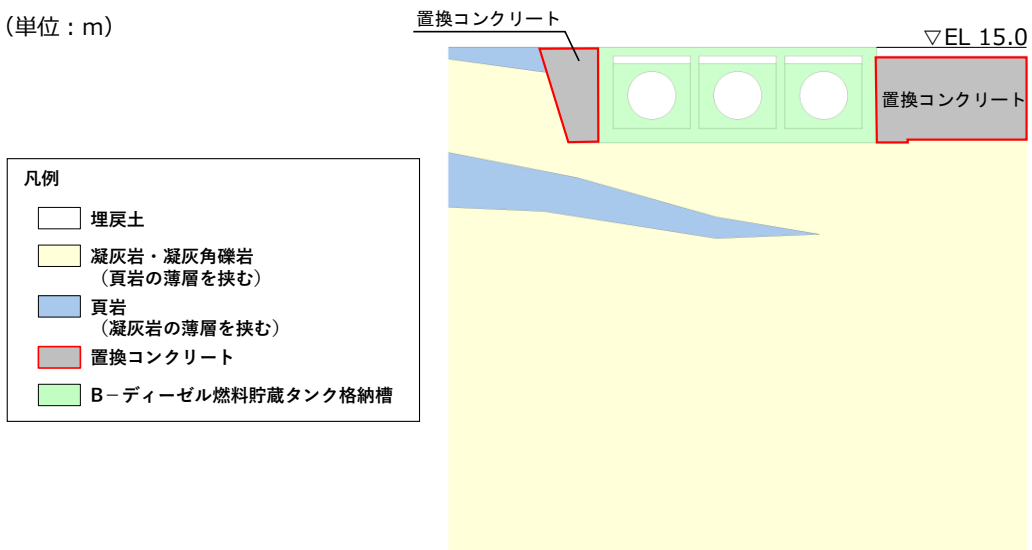


図 3-9 置換コンクリートの配置図
(B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽, H-H断面)

(単位 : m)

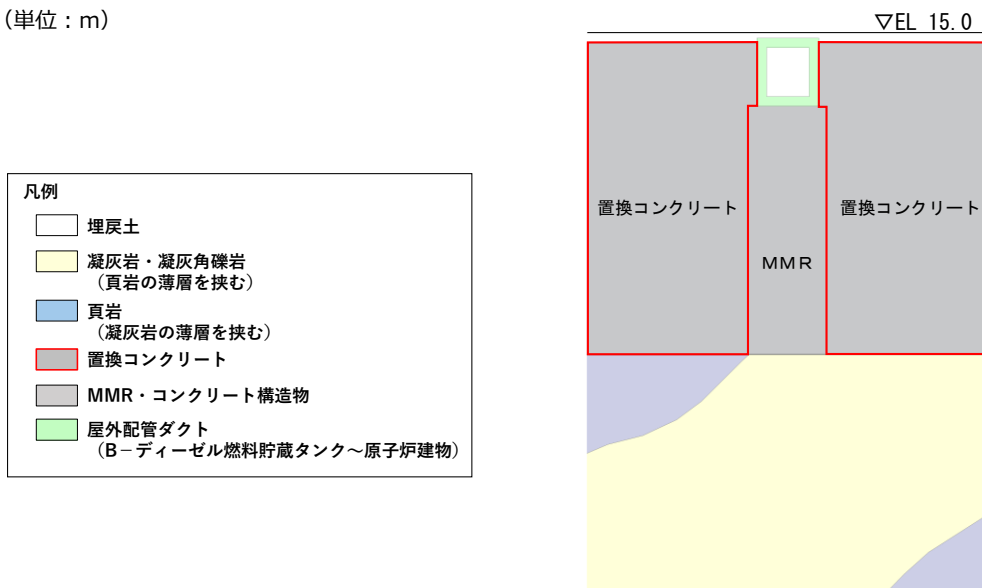


図 3-10 置換コンクリートの配置図
(屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物), I-I断面)

(単位：m)

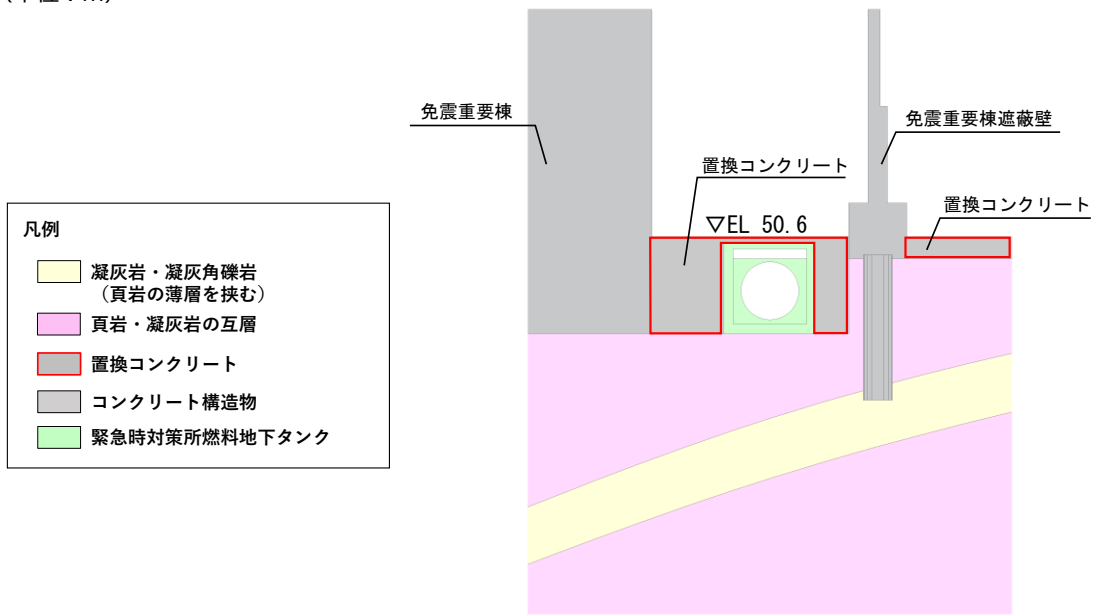


図 3-11 置換コンクリートの配置図
(緊急時対策所燃料地下タンク， J-J 断面)

4. 改良地盤の解析用物性値の設定方針

4.1 基本方針

既設改良地盤の解析用物性値については、既設改良地盤における原位置試験及び室内試験の試験結果を踏まえて設定する。

新設改良地盤の解析用物性値については、改良地盤は未施工のため、室内配合試験において作製した供試体の試験結果を踏まえて設定する。

置換コンクリートの解析用物性値については、コンクリートの設計基準強度を踏まえ、文献に基づき設定する。

4.2 既設改良地盤（薬液注入工法，高圧噴射攪拌工法）

4.2.1 原位置試験及び室内試験

（1）試験方法

既設改良地盤における原位置試験及び室内試験は，日本産業規格（J I S）又は地盤工学会（J G S）の試験基準に基づき実施する。

表 4-1 既設の改良地盤の試験項目及び数量

項目	規格・基準名称	試験規格	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)		防波壁 (波返重力擁壁)
			改良地盤④	改良地盤⑤	改良地盤⑥
湿潤密度	土の湿潤密度試験方法	JIS A 1225	3以上	3以上	3以上
間隙率	土粒子の密度試験方法	JIS A 1202	3以上	3以上	3以上
S波速度	地盤の弾性波速度検層方法	JGS 1122	3以上	3以上	3以上
G/G0～ γ 関係 h～ γ 関係	地盤材料の変形特性を求め るための繰返し三軸試 験方法	JGS 0542	1以上	1以上	1以上
一軸圧縮 強度	土の一軸圧縮試験方法 岩石の一軸圧縮試験方法	JIS A 1216 JGS 2521	—	3以上	3以上
粘着力 内部摩擦角	土の圧密非排水三軸圧縮 試験方法	JGS 0523	3以上	3以上	3以上

(2) 原位置試験及び試料採取位置

既設改良地盤における原位置試験及び試料採取位置について、図 4-1～図 4-3 に示す。既設改良地盤における原位置試験及び試料採取位置は、既設構造物の配置等を踏まえ、おおむね均等な配置となるよう調査を実施する。なお、原位置試験及び試料採取位置は、「補足 023-01 地盤の支持性能について」にて説明する。

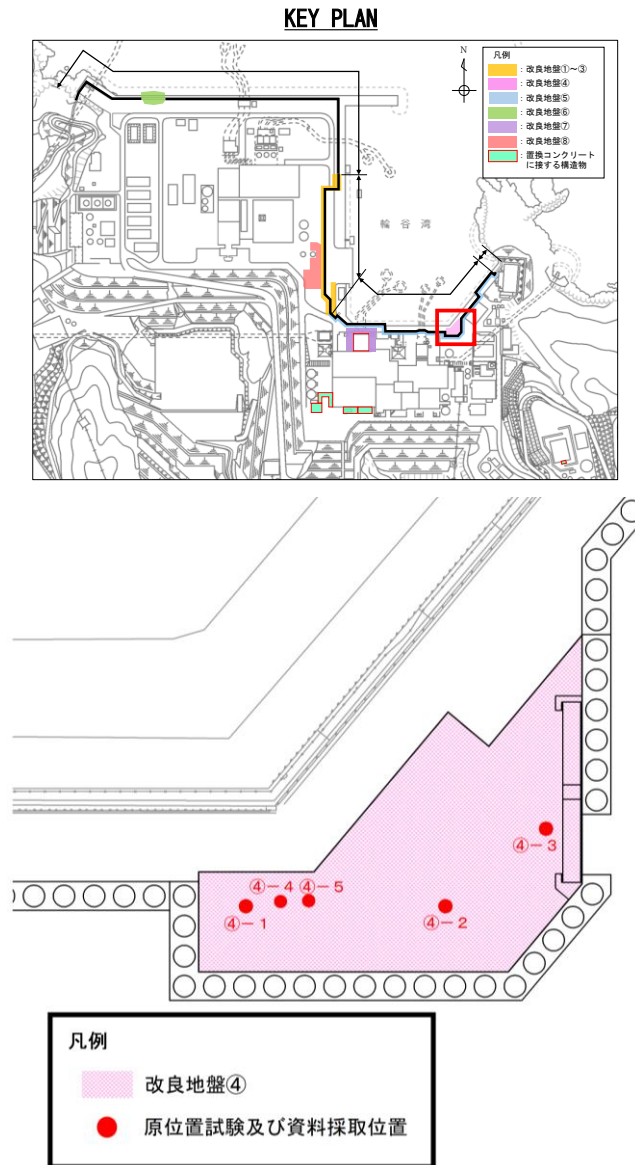


図 4-1 改良地盤④の原位置試験及び試料採取位置

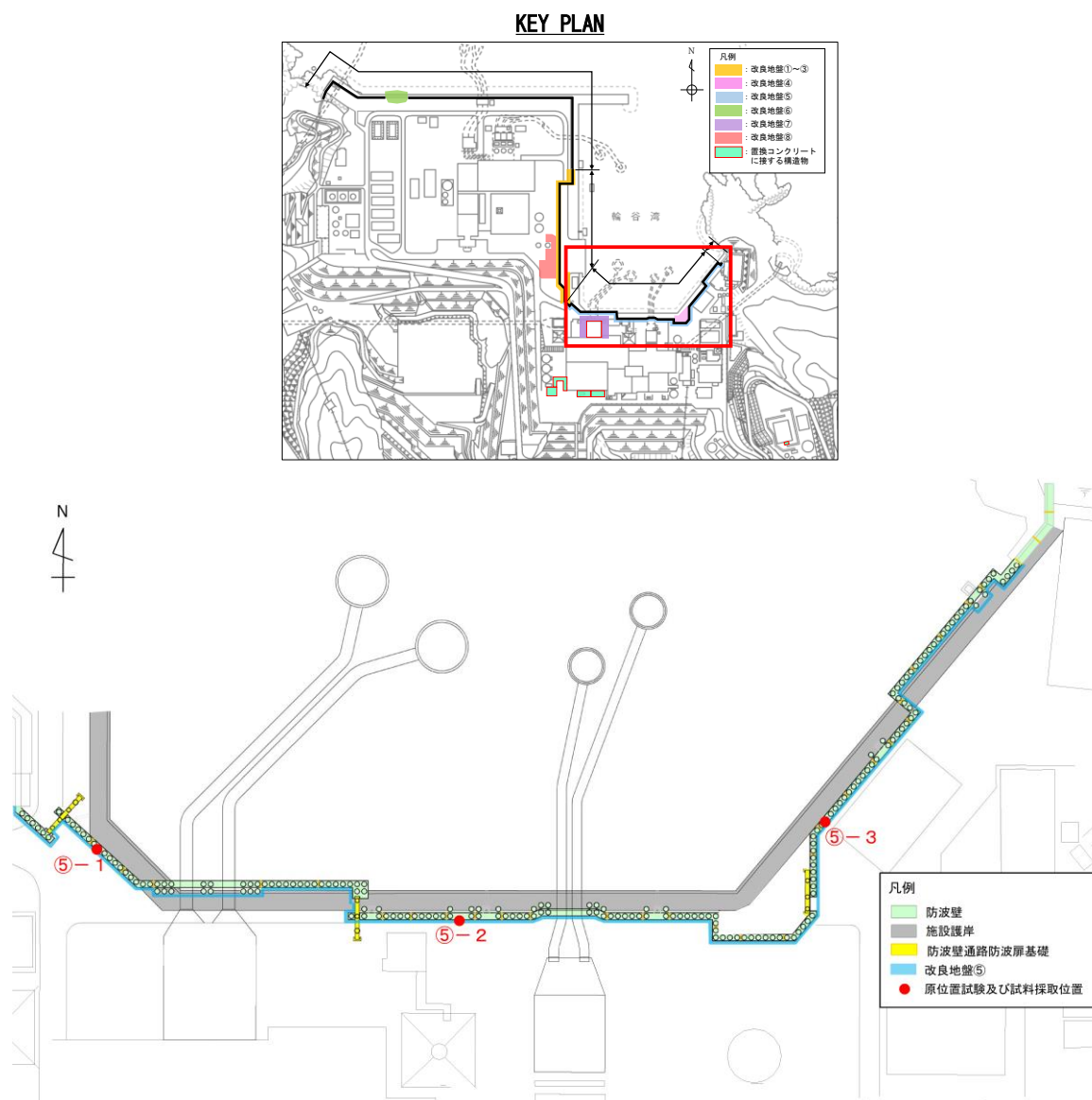


図 4-2 改良地盤⑤の原位置試験及び試料採取位置

KEY PLAN

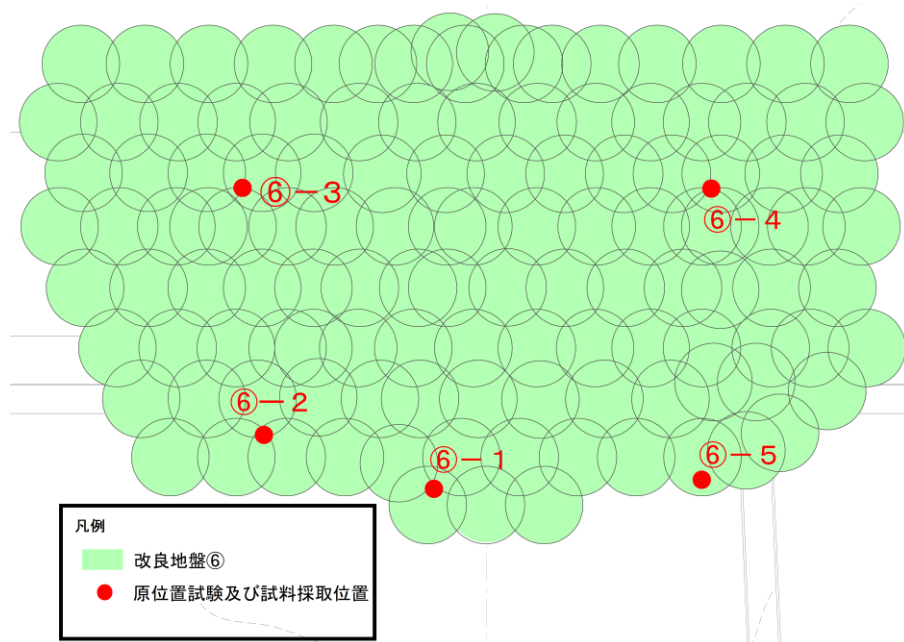
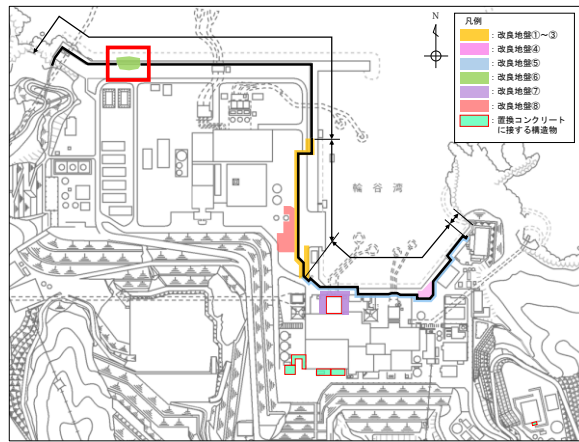


図 4-3 改良地盤⑥の原位置試験及び試料採取位置

(3) 試験結果

既設改良地盤の試験データを整理の上、「補足 023-01 地盤の支持性能について」にて説明する。

4.2.2 解析用物性値の設定方針

既設改良地盤の解析用物性値は、既設改良地盤における原位置試験及び室内試験の試験結果を踏まえて設定する。

(1) 密度 ρ 及び間隙率 n

既設改良地盤の密度 ρ 及び間隙率 n は、既設改良地盤における室内試験の試験結果を踏まえて設定する。

(2) 動せん断弾性係数 G_{ma}

既設改良地盤の動せん断弾性係数 G_{ma} は、密度 ρ 、S波速度 V_s より、(式1)に基づき初期せん断弾性係数 G_0 を設定する。

$$G_0 = \rho V_s^2 \quad (\text{式1})$$

(3) 動的変形特性

既設改良地盤の動的変形特性は、既設改良地盤における繰返し三軸試験の試験結果を踏まえて設定する。

(4) ポアソン比 ν

既設改良地盤のポアソン比 ν は、文献(液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法(港湾技研資料 No. 869))に基づき、原地盤と同様に慣用値であるポアソン比 $\nu = 0.33$ を設定する。

(5) 粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ

既設改良地盤の強度特性である粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ については、既設改良地盤における三軸圧縮試験の試験結果を踏まえて設定する。

4.3 新設改良地盤（薬液注入工法，高圧噴射攪拌工法）

新設改良地盤のうち，防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③及び取水槽の改良地盤⑦については，室内配合試験における三軸圧縮試験や繰返し三軸試験等により解析用物性値を設定する。

また，改良地盤①～③は，室内配合試験における三軸圧縮試験及び超音波速度測定により，表 4-2 に示す設置変更許可申請書に記載された解析用物性値を確保していることを確認する。

表 4-2 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値
（防波壁（逆T擁壁）の改良地盤を抜粋）

		物理特性		強度特性		静的変形特性		動の変形特性		減衰特性
		密度 ρ_s (g/cm ³)	せん断 強度 τ_0 (N/mm ²)	内部 摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E (N/mm ²)	静ポアソン 比 ν_s	動せん断 弾性係数 G _d (N/mm ²)	動ポアソン 比 ν_d	減衰定数 h
改良地盤Ⅱ (薬液注入工法)	改良地盤①	2.11	0.63	38	0.63+ $\sigma \tan 38^\circ$	1,087	0.33	Go=409 G/Go=1/(1+ γ /0.00027)	0.33	h= 0.0958 γ /(γ +0.00020)
	改良地盤②	2.11	0.49	41	0.49+ $\sigma \tan 41^\circ$	898	0.33	Go=338 G/Go=1/(1+ γ /0.00027)	0.33	
	改良地盤③	2.11	1.14	41	1.14+ $\sigma \tan 41^\circ$	2,088	0.33	Go=785 G/Go=1/(1+ γ /0.00027)	0.33	

4.3.1 室内配合試験

室内配合試験にあたっては、浸透固化処理工法技術マニュアル（改訂版）（（財）沿岸技術研究センター）に準拠し、図4-4のフローに沿って実施する。本資料では、防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③の室内配合試験について説明し、取水槽の改良地盤⑦については、「補足023-01 地盤の支持性能について」にて説明する。

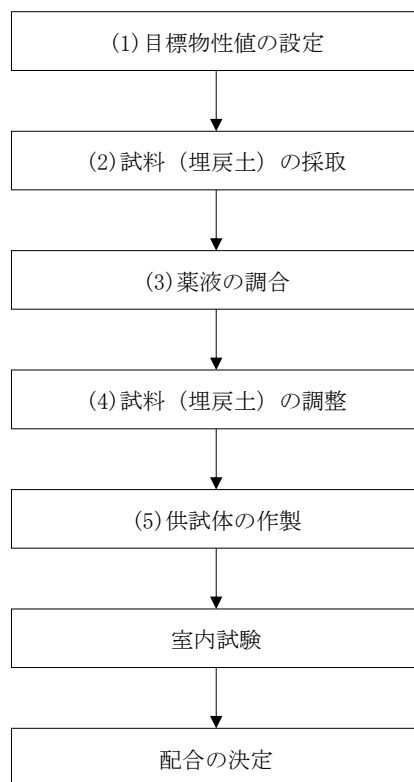


図4-4 室内配合試験におけるフロー

(1) 目標物性値の設定

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③について、PS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）を目標物性値とする。

(2) 試料（埋戻土）の採取

島根原子力発電所の埋戻土は敷地造成において発生した岩砕を主体とする材料により埋戻した人工地盤であり、敷地全体においておおむね同一な性状となることから、防波壁（逆T擁壁）及び取水槽の近傍の埋戻土を採取し、新設改良地盤における室内配合試験を実施する。埋戻土採取位置は、図4-5及び図4-6に示すとおり防波壁（逆T擁壁）及び取水槽の近傍とし、図4-7に示す既往ボーリング試料における埋戻土の粒径加積曲線と同等であることを確認し、埋戻土採取位置の代表性を確認する。

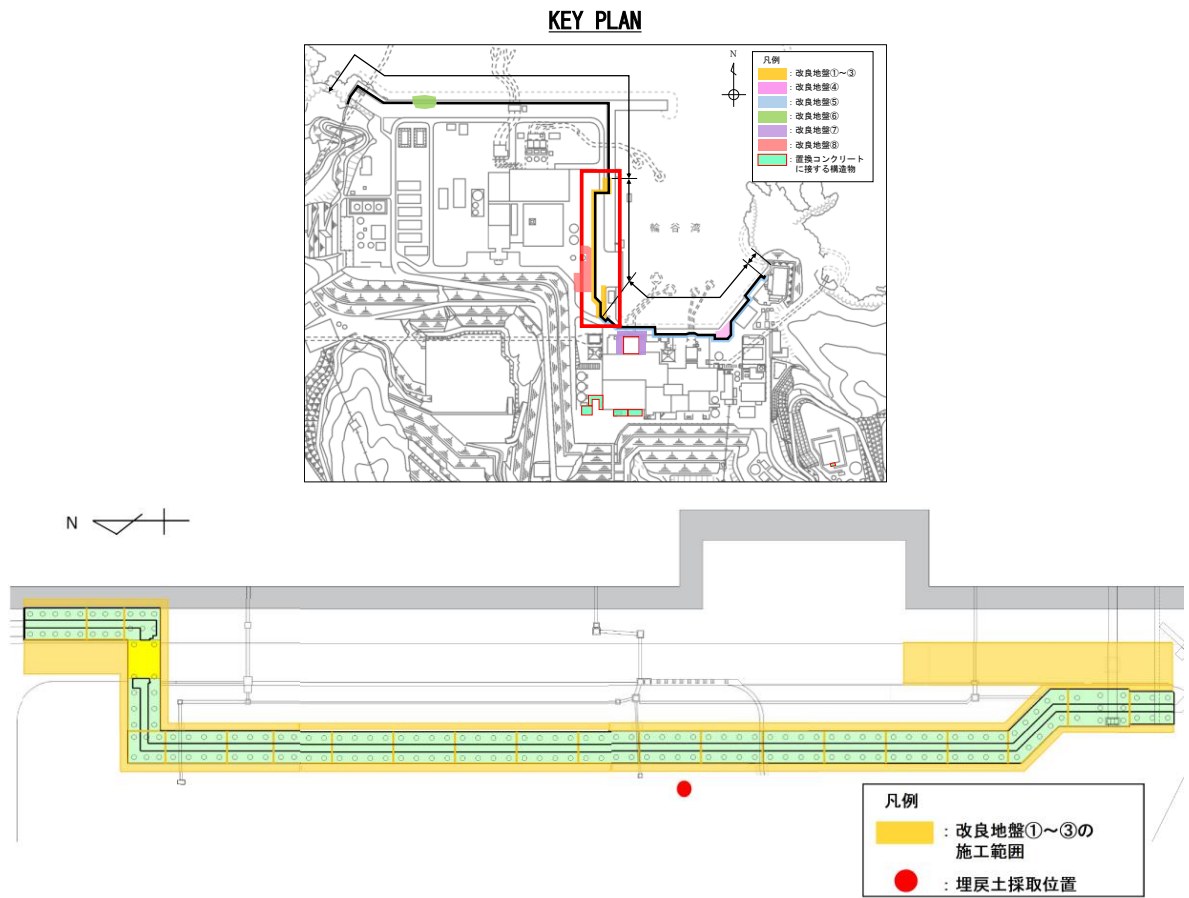


図 4-5 防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③における埋戻土採取位置

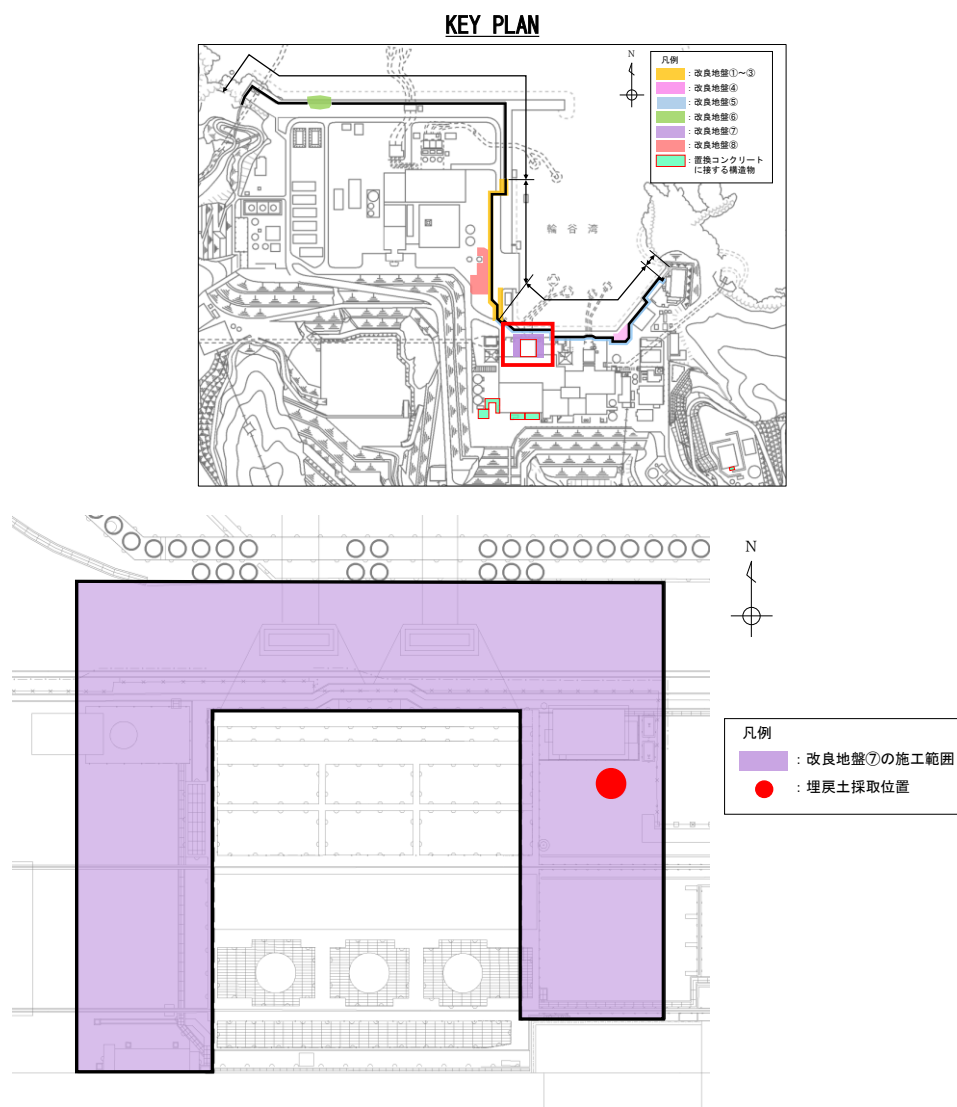
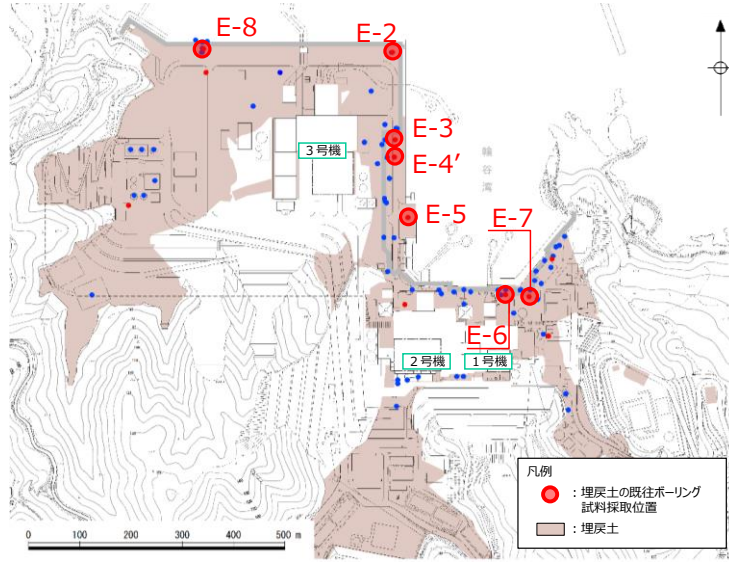


図 4-6 取水槽の改良地盤⑦における埋戻土採取位置



埋戻土の既往ボーリング試料採取位置

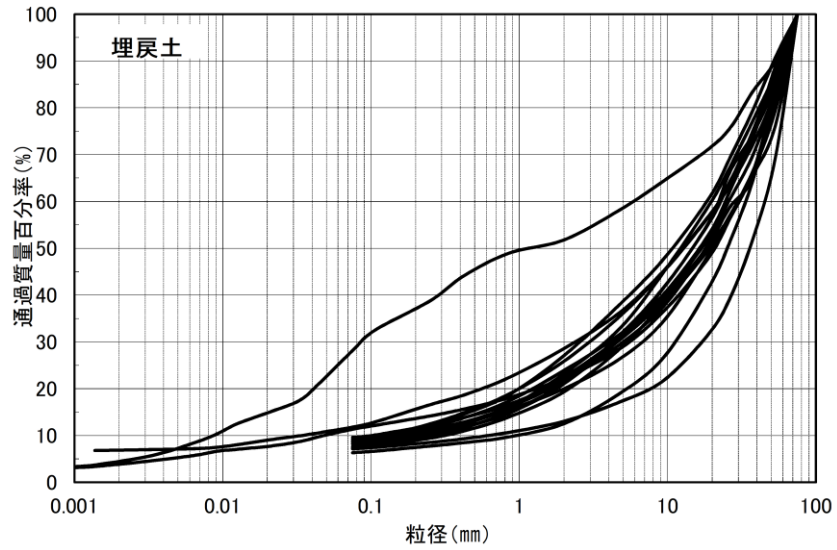


図 4-7 既往ボーリング試料における埋戻土の粒径加積曲線

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③の室内配合試験における供試体作製のため、図4-5に示す防波壁（逆T擁壁）近傍において採取した埋戻土の粒径加積曲線を図4-8に示す。図4-7に示す既往ボーリング試料における埋戻土の粒径加積曲線と同等であることから、防波壁（逆T擁壁）近傍において採取した埋戻土は代表性があると判断した。

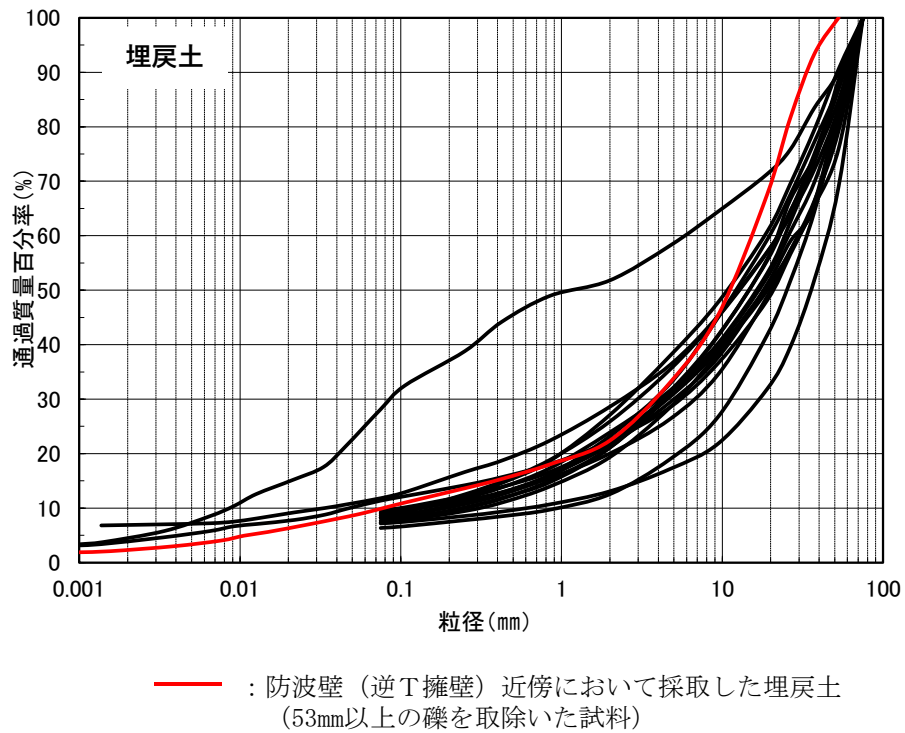


図4-8 防波壁（逆T擁壁）近傍の埋戻土採取位置における粒径加積曲線

(3) 薬液の調合

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③は、設置許可段階において3層に区分して解析用物性値を設定していることから、室内配合試験において各区分の改良地盤における解析用物性値を確保する目的で、複数の配合において室内配合試験を実施する。改良地盤①と改良地盤②の物性値の差はわずかと判断し、改良地盤①と改良地盤②の物性値を確保するための配合と改良地盤③の物性値を確保するための配合の2種類を検討した。

薬液作製準備として、薬液の材料となる主材（セメント系）、硬化材、反応剤、水を用意し、各材料を薬液作製器具により、表4-3に示す2種類の水セメント比で混合し、薬液を作製する。

表4-3 改良地盤①～③における薬液の水セメント比

	供試体1	供試体2
薬液の水セメント比 W/C	200%	300%
(参考) 対象とした 改良地盤の区分	改良地盤③	改良地盤①, ②

(4) 試料（埋戻土）の調整

改良地盤の施工にあたっては、礫を含めて改良地盤を形成することで改良地盤全体として強度を有するが、浸透固化処理工法技術マニュアル（改訂版）（（財）沿岸技術研究センター）に準拠し、埋戻土の採取にあたり、巨礫を除いて採取する。なお、礫を取除いた試料を用いた試験結果の妥当性について、実施工後に採取した現地の供試体による室内試験結果と比較して、礫を取除いたことによる影響を確認する。

(5) 供試体の作製

改良地盤①～③における室内配合試験の新設改良地盤の供試体の作製にあたっては、表 4-4 に示す地盤工学会（JGS）の試験基準に基づく。

表 4-4 新設改良地盤における室内配合試験の供試体作製方法

名称	地盤改良工法	試験基準	基準名称
改良地盤①～③	薬液注入工法	JGS 0831	薬液注入による安定処理土の供試体作製方法

供試体の作製にあたっては、必要量の試料（埋戻土）を下式により算出する。

$$m = V(1 + w/100)(1 - n/100)\rho_s \times 10^{-3}$$

ここで、 m ：必要な試料の湿潤質量（g）

V ：締め固めた試料の体積（ mm^3 ）

n ：締め固めた試料の目標間隙率（%）

w ：試料の含水比（%）

ρ_s ：土粒子の密度（ Mg/m^3 ）

モールド（直径 5cm、高さ 10cm の供試体の作製可能なもの）内に薬液を貯めた後、試料（埋戻土）を落下投入して供試体を作製する。供試体の作製状況を図 4-9 に示す。



図 4-9 供試体の作製状況

(6) 試験方法

新設改良地盤の室内配合試験における試験は、日本産業規格（J I S）又は地盤工学会（J G S）の試験基準に基づき実施する。

表 4-5 新設の改良地盤の試験項目

項目	規格・基準名称	試験規格	防波壁 (逆T擁壁)	取水槽
			改良地盤①～③	改良地盤⑦
湿潤密度	土の湿潤密度試験方法	JIS A 1225	3以上	3以上
	岩石の密度試験方法	JGS 2132		
間隙率	土粒子の密度試験方法	JIS A 1202	3以上	3以上
	岩石の密度試験方法	JGS 2132		
S波速度	岩石の弾性波速度計測方法	JGS 2564	3以上	3以上
G/G0～ γ 関係 h～ γ 関係	地盤材料の変形特性を 求めるための繰返し三 軸試験方法	JGS 0542	1以上	1以上
一軸圧縮 強度	土の一軸圧縮試験方法	JIS A 1216	-	3以上
	岩石の一軸圧縮試験方 法	JGS 2521		
粘着力, 内部摩擦角	土の圧密非排水三軸圧 縮試験方法	JGS 0523	3以上	3以上

4.3.2 解析用物性値の設定方針

(1) 密度 ρ 及び間隙率 n

新設改良地盤の密度 ρ 及び間隙率 n は、室内配合試験の室内試験結果を踏まえて設定する。

(2) 動せん断弾性係数 G_{ma}

新設改良地盤の動せん断弾性係数 G_{ma} は、密度 ρ 、設計 S 波速度 V_{sd} より、(式 2) に基づき初期せん断弾性係数 G_0 を設定する。

改良地盤①～③及び改良地盤⑦の設計 S 波速度 V_{sd} については、室内配合試験において作製した供試体の超音波速度測定による試験結果を踏まえて設定する。なお、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -2015 ((社) 日本電気協会) において、「硬岩や軟岩の動弾性係数は、弾性波速度測定 (P S 検層) 又は超音波速度計測等により求める」と記載されており、改良地盤の剛性は軟岩に相当すると考えられるため、超音波速度計測 (岩石の弾性波速度計測方法 (J G S 2 5 6 4)) により計測した S 波速度を用いた動せん断弾性係数 G_{ma} の算定は妥当と判断する。

$$G_0 = \rho V_{sd}^2 \quad (\text{式 2})$$

(3) 動的変形特性

新設改良地盤の動的変形特性は、室内配合試験における繰返し三軸試験の試験結果を踏まえて設定する。

(4) ポアソン比 ν

新設改良地盤のポアソン比 ν は、文献 (液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法 (港湾技研資料 No. 869)) に基づき、原地盤と同様に慣用値であるポアソン比 $\nu = 0.33$ を設定する。

(5) 粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ

a. 薬液注入工法 (改良地盤①～③)

薬液注入工法による改良地盤の強度特性である粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ については、室内配合試験における三軸圧縮試験の試験結果を踏まえて設定する。

b. 高圧噴射攪拌工法 (改良地盤⑦)

高圧噴射攪拌工法による改良地盤の強度特性である粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ については、室内配合試験における三軸圧縮試験の試験結果を踏まえて設定する。

4.3.3 解析用物性値の設定

(1) 試験結果

新設改良地盤のうち、防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③の室内配合試験の結果を説明する。新設改良地盤のうち、取水槽の改良地盤⑦における室内配合試験の試験データを整理の上、「補足 023-01 地盤の支持性能について」にて説明する。

a. 防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③

改良地盤①～③の室内配合試験における試験結果を表 4-6 に示す。また、改良地盤①～③のS波速度を表 4-7 に、繰返し三軸試験結果における G/G_0 のひずみ依存特性を図 4-10 に、減衰定数のひずみ依存特性を図 4-11 に、繰返し三軸試験後の供試体写真を図 4-12 に示す。改良地盤①～③の三軸圧縮試験結果を図 4-13 に示す。

表 4-6 改良地盤①～③の室内配合試験における試験結果

	湿潤密度 (g/cm^3)		間隙率		S波速度 (m/s)		G/G ₀ ～ γ 関係 h～ γ 関係		粘着力, 内部摩擦角	
	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値
供試体 1 (W/C=200%)	3	2.00	3	0.343	3	表 4-8 参照	1	図 4-8 図 4-9 参照	3	図 4-10 参照
供試体 2 (W/C=300%)	3	1.97	3	0.366	3		1		3	

表 4-7 改良地盤①～③におけるS波速度

	S波速度 (m/s)	平均S波速度 (m/s)
供試体 1	1680	1677
	1690	
	1660	
供試体 2	1450	1477
	1510	
	1470	

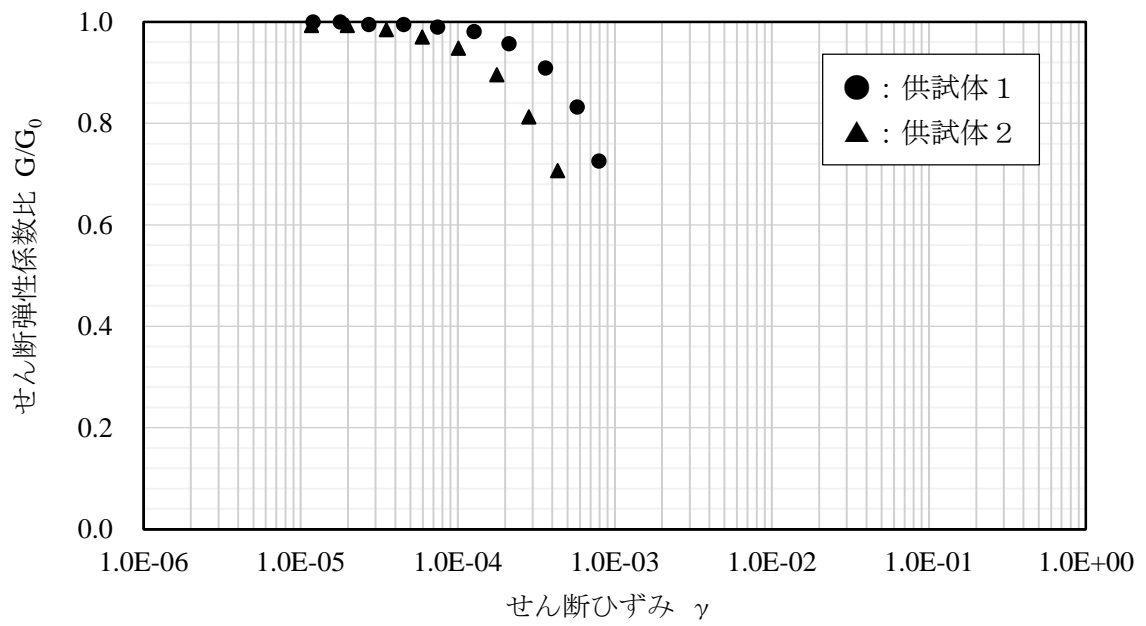


図 4-10 改良地盤①～③における G/G_0 のひずみ依存特性

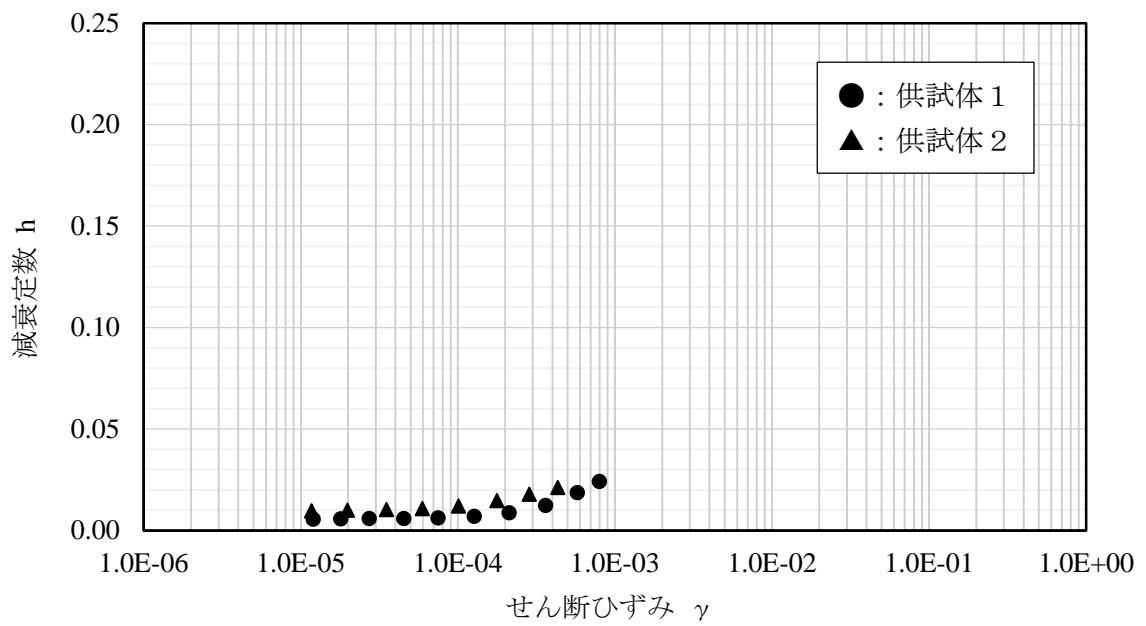


図 4-11 改良地盤①～③における減衰定数のひずみ依存特性

改良地盤①～③の室内配合試験における繰返し三軸試験結果について、供試体の強度及び剛性が高く、せん断ひずみが 1.0×10^{-3} 程度までの結果となった。図 4-12 に示す繰返し三軸試験後の供試体写真より、供試体は破壊していないことから試験結果は妥当であると判断した。なお、防波壁（逆 T 擁壁）の耐震評価における改良地盤のひずみ状況を確認し、試験結果範囲を逸脱しないことを確認する。

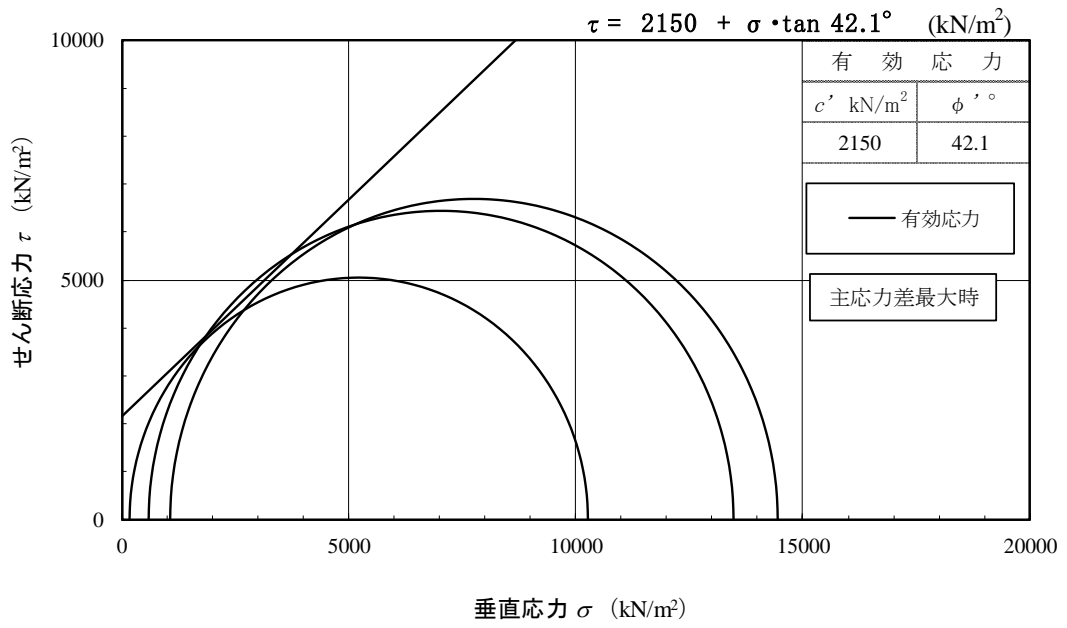


(供試体 1)

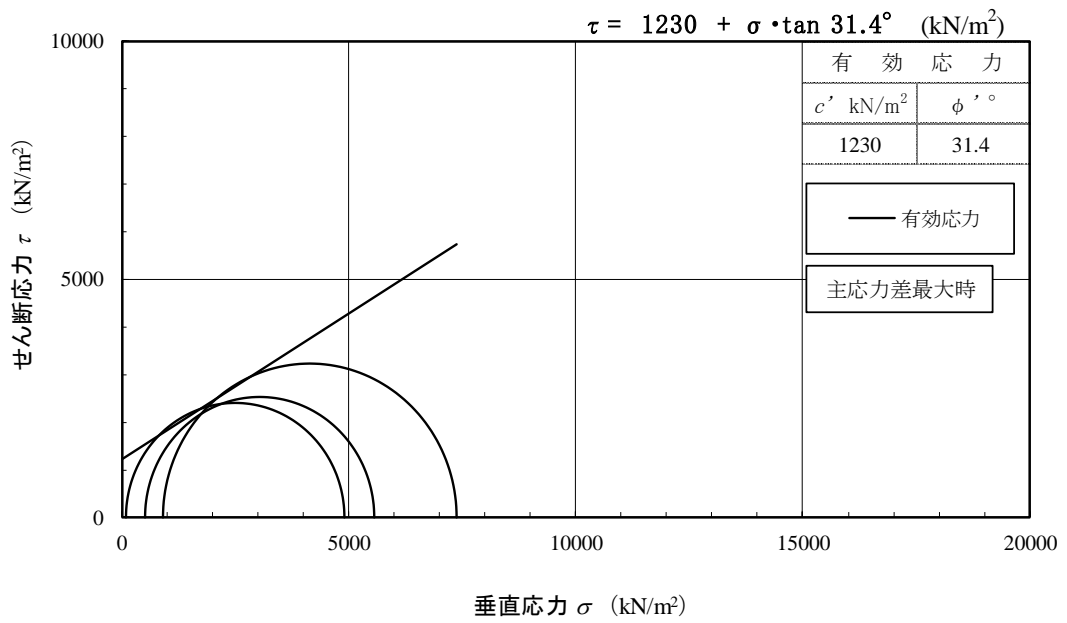


(供試体 2)

図 4-12 改良地盤①～③における繰返し三軸試験後の供試体写真



(1) 供試体 1 の三軸圧縮試験結果



(2) 供試体 2 の三軸圧縮試験結果

図 4-13 改良地盤①～③における三軸圧縮試験結果

(2) 解析用物性値の設定及び設置許可段階における管理目標値に対する確認

新設改良地盤のうち防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③について、室内配合試験における試験結果を踏まえ、解析用物性値を設定する。また、設置許可段階において設定したPS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）として、室内配合試験における試験結果より、変形特性及び強度特性が確保されていることを確認する。

(a) 密度 ρ 及び間隙率 n

改良地盤①～③の密度 ρ について、室内配合試験で確認された密度 $\rho = 1.97 \sim 2.00 \text{g/cm}^3$ は、改良前の埋戻土の密度 2.11g/cm^3 より小さい値となっている。室内配合試験の供試体作製において、基準に従い巨礫を取除いたことによる密度の減少と判断し、原地盤の埋戻土である密度 2.11g/cm^3 を採用する。

また、改良地盤①～③の間隙率 n について、室内配合試験における供試体 1 及び 2 の間隙率 $0.343 \sim 0.366$ よりも大きな原地盤の埋戻土の間隙率 0.45 を採用する。

(b) 動せん断弾性係数 G_{ma}

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③における変形特性について、せん断弾性係数 G_{ma} の算出に用いるS波速度を指標とし、室内配合試験におけるS波速度 V_{SR} が、設置変更許可申請書に記載された解析用物性値の根拠となるS波速度（表4-8）を上回ることを確認する。

表 4-8 改良地盤①～③における管理目標値（S波速度）

対象施設	防波壁（逆T擁壁）		
	改良地盤①	改良地盤②	改良地盤③
設置許可段階で示したS波速度	440	400	610

ここで、室内配合試験で確認されたS波速度 V_{SR} と原位置のS波速度 V_{Sf} の関係を既往文献から確認する。

原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -2015 ((社) 日本電気協会) において、「硬岩や軟岩の動弾性係数は、弾性波速度測定 (P S 検層) 又は超音波速度計測等により求める」と記載されていることから、原位置における S 波速度 V_{SF} は、供試体の S 波速度 V_{SR} と同等として考えられていると判断できる。

「速度検層によるセメント系地盤改良工法の評価について (1993)」 (以下「阿部ら (1993)」という。) によれば、北海道苫小牧市の高規格幹線道路日高自動車道における地盤改良工事を対象として、図 4-12 のとおり供試体の S 波速度と原位置における S 波速度 (P S 検層) の比較を行っている。阿部ら (1993) によれば、原位置における S 波速度 V_{SF} は、供試体の S 波速度 $V_{SR} \times 0.4 \sim 1.0$ の関係が成立しているとしている。

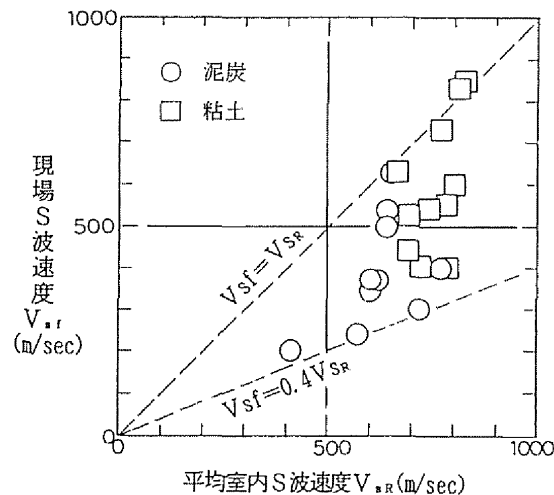


図 4-14 供試体の S 波速度と原位置における S 波速度の関係
(阿部ら (1993) より引用)

「 P S 検層による深層混合処理地盤の品質評価 (1994)」 (以下「馬場ら (1994)」という。) では、セメント系改良地盤の改良体 (直径 1m, 改良長 28m) を対象として、図 4-15 のとおり供試体の S 波速度と原位置における S 波速度 (P S 検層) の比較を行っている。馬場ら (1994) によれば、地層の別によらず、供試体の S 波速度 V_{SL} は、原位置の S 波速度 $V_{SF} \times 1.077$ の関係が見られたとしている。したがって、原位置の S 波速度 V_{SF} は、供試体の S 波速度 $V_{SL} \times 0.929$ の関係となる。

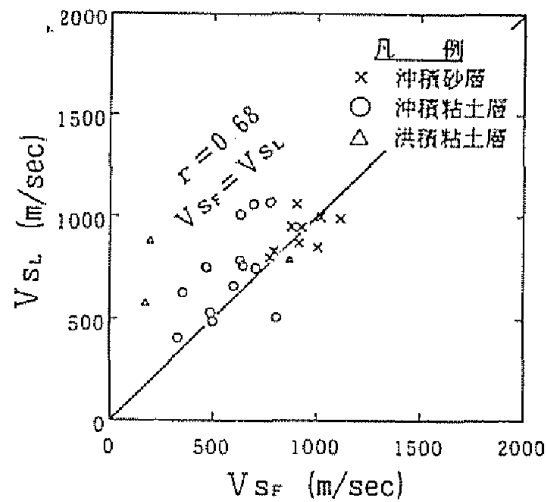


図 4-15 供試体の S 波速度と原位置における S 波速度の関係
(馬場ら(1994)より引用)

「高圧噴射攪拌によるセメント改良地盤の原位置弾性波速度に基づく品質評価(2014)」(以下「手塚ら(2014)」という。)では、表 4-9 に示す各サイトにおける改良地盤を対象として、図 4-16 のとおり供試体の S 波速度と原位置における S 波速度 (P S 検層) の比較を行っている。手塚ら(2014)によれば、阿部ら(1993)に示される「原位置における S 波速度 V_{SF} は、供試体の S 波速度 $V_{SR} \times 0.4 \sim 1.0$ の関係」と同様に、原位置における S 波速度は供試体の S 波速度よりも総じて小さな値となったとしている。

表 4-9 各サイトの改良対象土と改良条件
(手塚ら(1994)より引用)

項目	改良対象土	削孔深度	改良長	吐出量*	改良直径
東京都 品川区	シルト, 細砂, 砂礫 (沖積) 砂礫土, 細砂 (洪積)	GL-31.5m	19.1m	190L/min × 2 方向	φ 3.5m
埼玉県 比企郡	関東ローム 粘土混り砂礫 (洪積)	GL-2.8m ~7.1m	1.0m ~5.1m	154~380L/min × 1 方向	φ 3.4 ~8.6m
愛知県 東海市	細砂 (埋土) 粘性土, 砂質土 (沖積)	GL-11.4m ~17.5m	9.4m ~15.5m	200L/min × 2 方向	φ 4.0m
	細砂 (埋土) 粘性土, 砂質土 (沖積)	GL-12.0m	10.0m	200L/min × 2 方向	φ 4.0m
	細砂 (埋土) 粘性土, 砂質土 (沖積)	GL-13.0m	11.0m	200L/min × 2 方向	φ 4.0m
福島県 双葉郡	シルト質細砂 (埋土)	GL-7.0m ~7.5m	5.0m ~7.0m	314~380L/min × 1 方向	φ 3.5m

* 吐出圧はすべて 40.0MPa

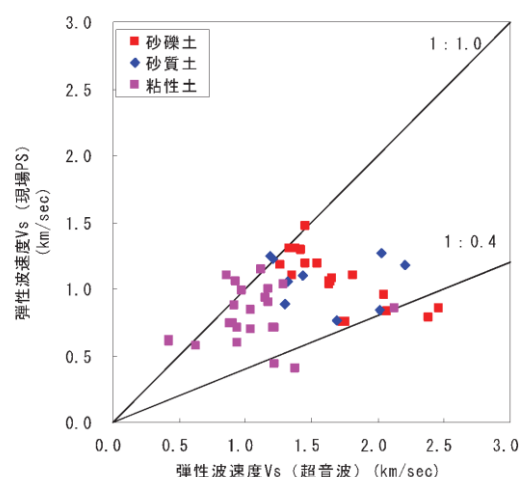


図 4-16 供試体の S 波速度と原位置における S 波速度の関係
(手塚ら(1994)より引用)

これらの既往文献を踏まえると、原地盤の土質によらず、原位置における S 波速度 V_{sf} は、供試体の S 波速度 $V_{SR} \times 0.4 \sim 1.0$ の関係が成立すると判断できる。

設置許可段階における管理目標値に対する確認においては、既往文献を踏まえ、保守的に $V_{sf} = V_{SR} \times 0.4$ の関係を用いて、室内配合試験における S 波速度 V_{SR} を原位置における S 波速度 V_{sf} に換算した上で、設置変更許可申請書に記載された解析用物性値の根拠となる S 波速度を上回ることを確認する。室内配合試験結果から換算された原位置における S 波速度 V_{sf} と設置変更許可申請書に記載された解析用物性値の根拠となる S 波速度の比較結果を表 4-10 に示す。供試体 1 においては、改良地盤③における管理目標値である S 波速度を上回ることを確認した。また、供試体 2 においては、改良地盤①、②における管理目標値である S 波速度を上回ることを確認した。

以上より、島根原子力発電所の埋戻土を対象とした薬液注入工法による改良地盤は、設置変更許可申請書に記載された改良地盤①～③の物性値（管理目標値）の根拠となる S 波速度を確保できることを確認した。

表 4-10 室内配合試験による S 波速度及び

設置変更許可申請書に記載された改良地盤①～③の S 波速度との比較

	改良地盤①	改良地盤②	改良地盤③
管理目標値となる S 波速度	440	400	610
供試体 1 S 波速度 V_{Sf}^*	590		670
供試体 2 S 波速度 V_{Sf}^*			

注記*：供試体 1 及び 2 の原位置における S 波速度 V_{Sf} は、超音波速度測定によって得られた S 波速度 V_{SR} に 0.4 を乗じて算定した。

構造物評価の観点では、改良地盤のせん断弾性係数が低いほど地盤剛性が低くなることから、慣性力が大きくなり保守的な評価となることが想定される。また、基礎地盤の傾斜の観点においても、せん断弾性係数が低いほど改良地盤が変形することから、傾斜が大きくなることが想定される。

よって、既往文献及び上述の観点を踏まえ、保守的に $V_{Sf} = V_{SR} \times 0.4$ の関係を用いて、改良地盤①～③の解析用物性値として設計 S 波速度 V_{sd} を表 4-11 のとおり設定し、動せん断弾性係数 G_{ma} を設定する。なお、実施工の改良地盤は設計値を上回るように施工されるため、改良地盤のばらつきを踏まえても表 4-11 における設計 S 波速度は保守的な設定となっていると判断する。

表 4-11 改良地盤①～③における設計 S 波速度

対象施設	防波壁（逆 T 擁壁）		
	改良地盤①	改良地盤②	改良地盤③
設計 S 波速度 V_{sd} (m/s)	590* ¹		670* ²

注記* 1：供試体 2 の平均 S 波速度 1477m/s × 0.4 より算定

* 2：供試体 1 の平均 S 波速度 1677m/s × 0.4 より算定

(c) 動的変形特性

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③において、室内配合試験における繰返し三軸試験結果を踏まえ、 G/G_0 のひずみ依存特性（図4-17）及び減衰定数のひずみ依存特性（図4-18）を設定する。

有効応力解析では、ひずみ依存特性として、H-D (Hardin-Drnevich) モデルを設定するため、以下の式を用いる。

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_r}$$

$$h = h_{max} \left(1 - \frac{G}{G_0} \right) = \frac{h_{max}\gamma}{1 + \gamma/\gamma_r}$$

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

ここで、 γ_r ：基準有効拘束圧時の基準ひずみ

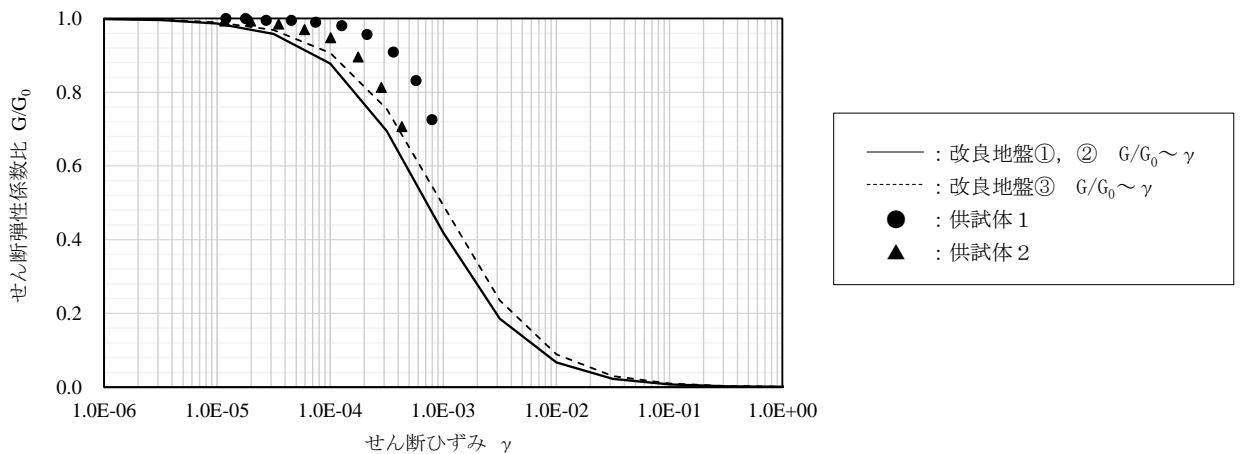


図4-17 改良地盤①～③における G/G_0 のひずみ依存特性

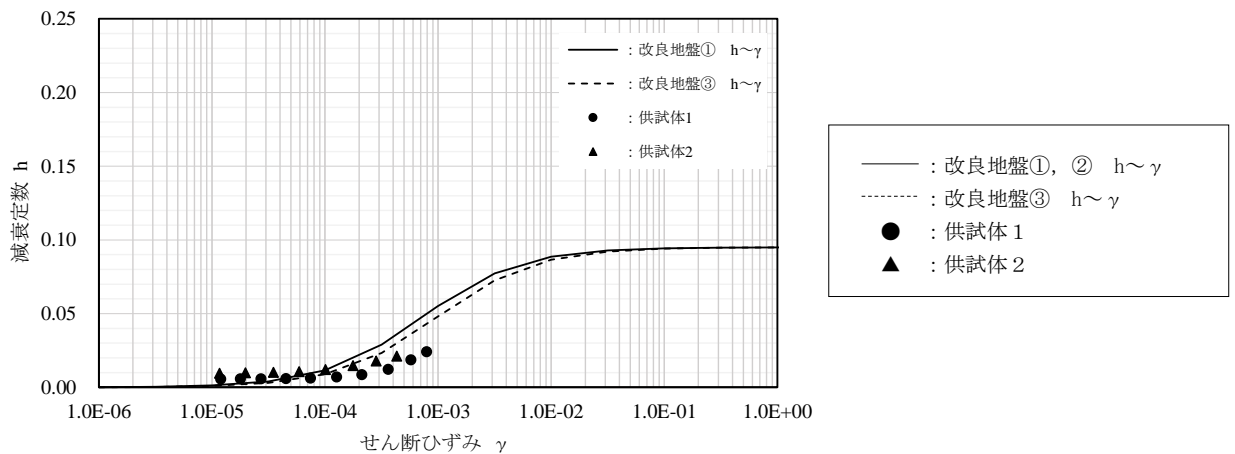


図4-18 改良地盤①～③における G/G_0 のひずみ依存特性

(d) 粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③における強度特性は、粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ を考慮するため、（式3）により算定されるせん断強度 τ を指標とし、室内配合試験におけるせん断強度 τ_R が、設置変更許可申請書に記載された解析用物性値（表4-12）から算定される改良地盤①～③のせん断強度 τ_d を上回ることを確認する。

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan\phi \quad (\text{式3})$$

表4-12 改良地盤①～③における管理目標値（強度特性）

対象施設	防波壁（逆T擁壁）		
	改良地盤①	改良地盤②	改良地盤③
名称			
粘着力 c (kN/m ²)	628	490	1140
内部摩擦角 ϕ (°)	38.00	40.54	40.54

室内配合試験による供試体のせん断強度 τ_R 及び設置変更許可申請書に記載された改良地盤①～③のせん断強度 τ_d の比較を図4-19に示す。室内配合試験における供試体1では、地盤の垂直応力 σ に限らず改良地盤③のせん断強度 τ_d を十分上回るせん断強度 τ_R が確保されていることを確認した。また、室内配合試験における供試体2では、設置許可段階における基礎地盤の安定性評価で確認される地盤の応力レベル範囲（参考1より、改良地盤①及び②において約80～450kN/m²）において改良地盤①及び②のせん断強度 τ_d を十分上回るせん断強度 τ_R が確保されていることを確認した。

以上より、島根原子力発電所の埋戻土を対象とした薬液注入工法による改良地盤は、設置変更許可申請書に記載されたPS検層等に基づく改良地盤①～③の物性値（管理目標値）である強度特性を確保できることを確認した。

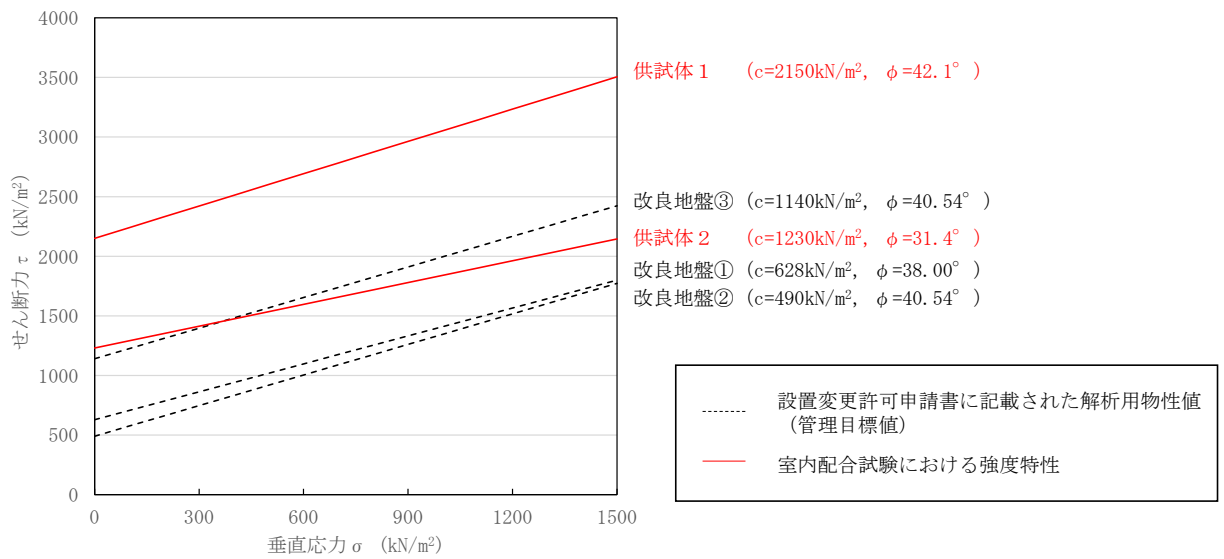


図 4-19 室内配合試験による供試体のせん断強度 τ_R 及び
設置変更許可申請書に記載された改良地盤①～③のせん断強度 τ_d との比較

改良地盤①～③の強度特性が低いほど、改良地盤の破壊や基礎地盤の傾斜の評価において厳しい評価となることから、改良地盤①～③の解析用物性値として、設置変更許可申請書に記載された強度特性(表 4-2)より、表 4-13 のとおり設定する。なお、実施工の改良地盤は設計値を上回るように施工されるため、改良地盤のばらつきを踏まえても表 4-13 における強度特性は保守的な設定となっていると判断する。

表 4-13 改良地盤①～③における粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ

対象施設	防波壁 (逆 T 擁壁)		
名称	改良地盤①	改良地盤②	改良地盤③
粘着力 c (kN/m ²)	628		1140
内部摩擦角 ϕ (°)	38.00		40.54

(e) 改良地盤①～③の解析用物性値

以上を踏まえ、防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③における解析用物性値を表4-14に、その設定根拠を表4-15に示す。なお、実施工の改良地盤は設計値を上回るように施工されることから、構造物評価や改良地盤の破壊等の影響を確認する目的で、後述する品質確認結果より得られた改良地盤①～③の物性値を踏まえた影響検討を実施する。

表 4-14 改良地盤①～③における解析用物性値

対象施設		防波壁	
		逆T擁壁	
種別（工法，地盤種別）		改良地盤①，② （薬液注入）	改良地盤③ （薬液注入）
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.11	2.11
	間隙率 n	0.45	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	771,300	956,500
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)	98	98
	ポアソン比 ν	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.095	0.095
強度特性	粘着力 c (kN/m ²)	628	1140
	内部摩擦角 ϕ'	38.00	40.54

注：動せん断弾性係数は代表的な数値を示す。

表 4-15 改良地盤①～③における解析用物性値の設定根拠

対象施設		防波壁	
		逆T擁壁	
種別（地盤種別）		改良地盤①～③ （薬液注入）	
物理特性	密度 ρ	室内配合試験の物理試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の密度を設定	
	間隙率 n	室内配合試験の物理試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の間隙率を設定	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms}	設計S波速度、密度に基づき設定 設計S波速度は、室内配合試験及び既往文献を踏まえて設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}'	慣用値*1	
	ポアソン比 ν	慣用値*1	
	減衰定数の上限値 h_{max}	室内配合試験の繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の h_{max} を設定	
強度特性	粘着力 c	室内配合試験の三軸圧縮試験を踏まえ、設置変更許可申請に記載された粘着力を設定	
	内部摩擦角 ϕ	室内配合試験の三軸圧縮試験を踏まえ、設置変更許可申請に記載された内部摩擦角を設定	

注記*1：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869，平成9年6月）

4.4 置換コンクリート

置換コンクリートは、剛性や一軸圧縮強度に関しては設計値に基づき設定し、その他の解析用物性値は文献に基づき設定する。

置換コンクリートのモデル化及び評価方針について、置換コンクリートの形状や周囲状況等に応じて決定する。置換コンクリートの幅が置換コンクリートの高さと同程度以上、又は隣接構造物や岩盤に囲まれている場合、置換コンクリートとしてモデル化する。ただし、置換コンクリートの幅が薄く、置換コンクリートの周囲に埋戻土が広く存在する場合、土木構造物の耐震評価において保守的に埋戻土としてモデル化する。

置換コンクリートの強度特性及び評価方法については、「補足-026-01 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」において説明する。

a. ヤング係数 E

置換コンクリートのヤング係数 E は、コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき、表 4-16 に示すようにコンクリートの設計基準強度 f'_{ck} とヤング係数 E の関係から設定する。

表 4-16 コンクリートのヤング係数

f'_{ck} (N/mm ²)		18	24	30	40	50	60	70	80
E_c (kN/mm ²)	普通コンクリート	22	25	28	31	33	35	37	38
	軽量骨材コンクリート*	13	15	16	19	-	-	-	-

* 骨材を全部軽量骨材とした場合

(引用：コンクリート標準示方書 構造性能照査編，土木学会，2002)

b. 密度 ρ 及び間隙率 n

置換コンクリートの密度 ρ については、コンクリート標準示方書に基づき、表 4-17 に示すようにコンクリート標準示方書に示される無筋コンクリートの密度を用いて設定する。なお、置換コンクリートは、線形弾性体としてモデル化することから、間隙率 n は設定しない。

表 4-17 コンクリートの単位体積重量

材 料	単位重量 (kN/m ³)	材 料	単位重量 (kN/m ³)
鋼・鋳鋼・鍛鋼	77	コンクリート	22.5~23.0
鋳 鉄	71	セメントモルタル	21.0
アルミニウム	27.5	木 材	8
鉄筋コンクリート	24.0~24.5	瀝 青 材	11
プレストレストコンクリート	24.5	アスファルトコンクリート舗装	22.5
鉄筋軽量骨材コンクリート	18.0	軽量骨材コンクリート(骨材全部が軽量骨材)	16.5

(引用：コンクリート標準示方書 構造性能照査編，土木学会，2002)

c. 減衰定数の上限値 h_{max}

置換コンクリートは，線形弾性体としてモデル化することから，動的変形特性としての減衰定数 h_{max} は設定しない。

d. ポアソン比 ν

置換コンクリートのポアソン比 ν については，コンクリート標準示方書に基づき 0.2 として設定する。

5. 品質確認方針

新設改良地盤の品質確認においては、期待する役割や物性値設定の経緯に応じて品質確認方針を設定のうえ、改良地盤の解析用物性値が確保されていることを確認する。

なお、置換コンクリートについては、コンクリート標準示方書に基づき品質確認を実施する。

5.1 品質確認準拠基準について

地盤改良工法の基準・指針として一般的な文献を表 5-1 に示す。

高圧噴射攪拌工法による改良地盤は、高圧噴射攪拌工法の品質確認に係る詳細な記載がされている建築センター指針を踏まえて品質確認を行う。また、薬液注入工法による改良地盤は、薬液注入工法の品質確認に係る詳細な記載がされている浸透処理固化マニュアルを踏まえて品質確認を行う。

なお、他基準・指針における考え方も参考にして品質確認を行う。

表 5-1 地盤改良工法の基準・指針

地盤改良 工法	基準・指針名	基準略称
高圧噴射 攪拌工法	2018 年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー，日本建築センター	建築センター指針
	建築基礎のための地盤改良設計指針案，日本建築学会，2006	建築基礎指針
	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，日本電気協会，平成 21 年	J E A C 4 6 1 6
	陸上工事における新層混合処理工法設計・施工マニュアル 改訂版，(財) 土木研究センター，平成 16 年 3 月	陸上工事マニュアル
	港湾・空港における新層混合処理工法技術マニュアル，(財) 沿岸技術研究センター，平成 26 年 10 月	港湾・空港マニュアル
薬液注入 工法	浸透固化処理工法技術マニュアル (改訂版)，(財) 沿岸技術研究センター，2010	浸透固化マニュアル
	薬液注入工法 設計・施工指針，日本薬液注入協会，平成元年 6 月	薬液注入指針

5.2 品質確認試験の頻度

地盤改良工法に対する諸基準・指針における必要調査箇所数を表 5-2 に示す。

高圧噴射攪拌工法による改良地盤は、建築センターに記載される試験頻度の目安を踏まえて、改良地盤の施工数量に応じて品質確認試験を実施する。また、薬液注入工法による改良地盤は、浸透固化マニュアルに記載される試験頻度の目安を踏まえ、改良地盤の施工数量に応じて品質確認試験を実施する。

表 5-2 諸基準・指針における必要調査箇所数

地盤改良 工法	基準略称	試験頻度の目安
高圧噴射 攪拌工法	建築センター指針	検査対象層（改良範囲内の各土質）に対して、100本の改良コラム 1 箇所以上かつ 1 検査対象群に 1 箇所以上。
薬液注入 工法	浸透固化マニュアル	改良土量 5000m ³ 未満は 3 箇所程度、5000m ³ 以上は 2500m ³ 増えるごとに 1 箇所追加する程度。

5.3 品質確認項目

防波壁（逆T擁壁）について、設置許可段階において地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜が基本設計段階の目安値である 1/2,000 を上回ることを確認したことから、防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③は、設置許可段階において設定したPS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）が確保されていることを確認する目的で、実施工における強度特性及び変形特性を確認する。また、改良地盤の実施工において4.3.2で設定した解析用物性値が確保されていることを確認する目的で変形特性及び強度特性を確認する。

取水槽の改良地盤⑦に期待する役割として構造物の変形抑制があること、取水槽に設置される機器・配管系の床応答への影響の観点から、変形特性を確認する。また、改良地盤の実施工において4.3.2で設定した解析用物性値が確保されていることを確認する目的で強度特性を確認する。

新設改良地盤における役割及び品質確認項目を表5-3に示す。

表5-3 新設改良地盤における役割及び品質確認項目

対象施設	名称	役割	品質確認項目
防波壁 (逆T擁壁)	改良地盤①	擁壁の支持 難透水性の保持	強度特性 変形特性
	改良地盤②		
	改良地盤③		
取水槽	改良地盤⑦	構造物の変形抑制 (機器配管系への影響)	変形特性 強度特性*

注記*：実施工において解析用物性値が確保されていることを確認する目的で実施

改良地盤①～③における解析用物性値は、設置許可段階において設定したPS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）を包絡又は同等となるよう設定していることから、実施工において解析用物性値が確保されていることを確認することで、設置許可段階において設定した管理目標値が確保されることが確認できる。

以上より、強度特性については、改良地盤の実施工におけるせん断強度が、解析用物性値として設定したせん断強度を上回ることを確認する。変形特性については、動的変形特性のうち支配的なパラメタである初期せん断弾性係数が大きいほうが変形抑制に寄与することから、初期せん断弾性係数の算出に用いるS波速度に着目し、原位置のS波速度 V_s が設計S波速度 V_{sd} を上回ることを確認する。

5.4 品質確認方法

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③及び取水槽の改良地盤⑦の品質確認方法として、強度特性は三軸圧縮試験により算定されるせん断強度が解析用物性値を上回ることを確認する。また、変形特性は、PS検層により原位置のS波速度 V_s が設計S波速度 V_{sd} を上回ることを確認する。

新設改良地盤における品質確認方法を、表5-4に示す。

表5-4 新設改良地盤における品質確認方法

対象施設	名称	品質確認項目	試験規格
防波壁 (逆T擁壁)	改良地盤①	強度特性 変形特性	土の圧密非排水三軸圧縮試験方法 (JGS 0523)
	改良地盤②		地盤の弾性波速度検層方法 (JGS 1122)
	改良地盤③		
取水槽	改良地盤⑦	強度特性 変形特性	土の圧密非排水三軸圧縮試験方法 (JGS 0523)
			地盤の弾性波速度検層方法 (JGS 1122)

新設改良地盤における施工数量（計画）と必要調査箇所数との比較を表 5-5 及び表 5-6 に示す。新設改良地盤の品質確認においては、既設構造物の配置等を踏まえ、おおむね均等な配置となるよう品質確認位置を設定する。また、表 5-5 及び表 5-6 に示すとおり、新設改良地盤の品質確認における調査箇所数は、建築センター指針又は浸透固化マニュアルによる必要調査箇所数の目安を満足するように選定する。

なお、原地盤には巨礫が多く含まれるため、改良地盤の試料採取が困難であることが想定されるが、浸透固化マニュアルにおいて、改良土量に関わらず、3 箇所程度以上の品質確認を実施する記載を踏まえ、改良地盤の物性値のばらつきを考慮し、3 試料以上の三軸圧縮試験を実施する。

改良地盤①～③の品質確認結果について、施工の進捗に合わせ、「補足 023-01 地盤の支持性能について」にて説明する。

表 5-5 防波壁（逆 T 擁壁）の改良地盤①～③の
施工数量と必要調査箇所数との比較

対象施設	防波壁（逆 T 擁壁）
工法	薬液注入工法
施工数量	約 47,000m ³
必要調査箇所数	20 本

表 5-6 取水槽の改良地盤⑦の
施工数量と必要調査箇所数との比較

対象施設	取水槽
工法	高圧噴射攪拌工法
施工数量	コラム約 300 本
必要調査箇所数	3 本

(参考 1)

設置許可段階における防波壁（逆T擁壁）の改良地盤について

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③において、設置変更許可申請書に記載された解析用物性値のうち変形特性及び強度特性の設定方法について説明する。

また、改良地盤①～③における室内配合試験の三軸圧縮試験結果において、設置変更許可申請書に記載されたPS検層等に基づく物性値（管理目標値）である強度特性が確保されることを確認するため、せん断強度を指標としている。管理目標値として確認するせん断強度の算定に当たっては、改良地盤の応力レベルを確認することとし、基礎地盤の安定性評価における改良地盤の主応力分布を確認する。

1. 変形特性及び強度特性の設定方法

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤①～③について、薬液注入工法で改良を行っており、変形特性は、図1に示すPS検層結果に基づき、3層に区分して設定している。

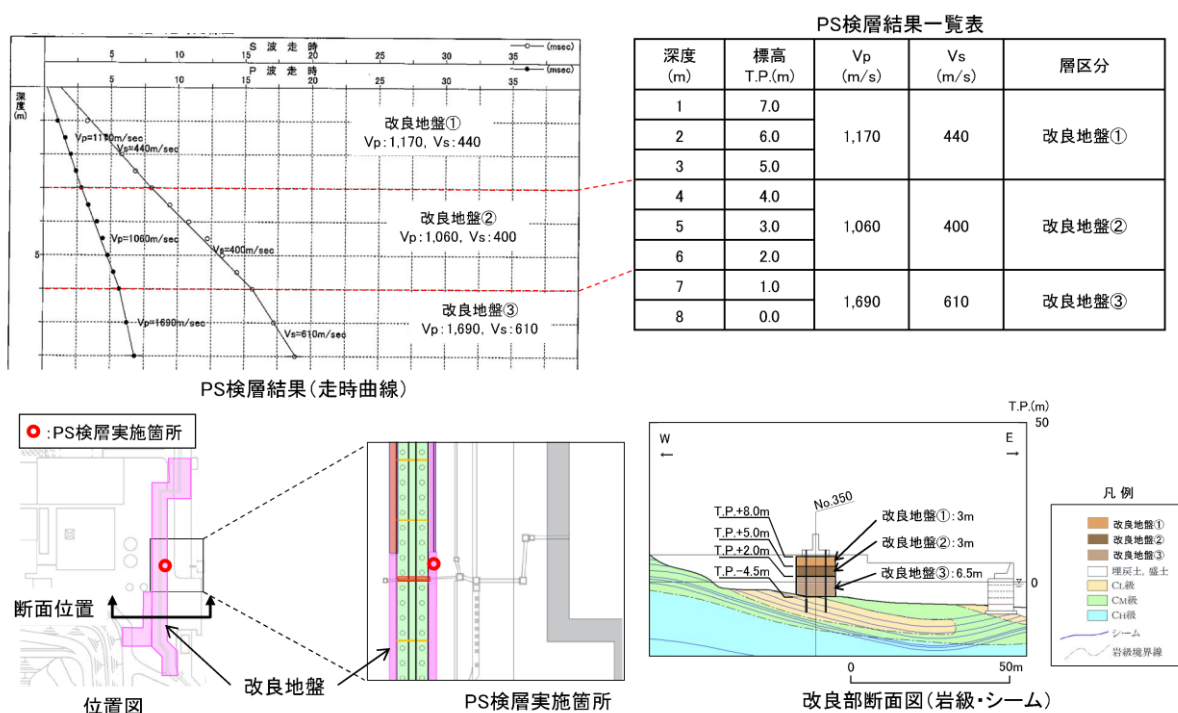


図1 防波壁（逆T擁壁）の変形特性

(資料 6-1 島根原子力発電所 2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価より抜粋)

また、改良地盤①～③の強度特性は、改良地盤①～③は薬液注入工法を採用していることから、文献（浸透固化処理工法技術マニュアル（改訂版）、沿岸技術研究センター）に基づき、改良地盤①～③の粘着力 c は、(式1)により設定している。粘着力 c の算定に用いる設計一軸圧縮強度 q_{ud} については、設置許可段階で示した S 波速度 V_s を踏まえ、表1に示す(式2)～(式5)により設定した。

薬液注入工法による改良地盤の内部摩擦角 ϕ は、地盤に注入された薬液が、地盤の土粒子構造を変えることなく、地盤内の間隙水と置き換わることを踏まえ、原地盤の内部摩擦角 ϕ を設定した。

$$c = \frac{q_{ud}}{2 \cdot \tan(45 + \phi/2)} \quad (\text{式1})$$

表1 (式2)～(式5)及び根拠とした文献

式	根拠とした文献
$q_{ud} = E_{50}/100$ (式2)	溶液型薬液注入工法の液状化対策への適用（港湾空港技術研究所報告 vol. 41, No. 2）
$E_{50} = E/\alpha = E/4$ (式3)	道路橋示方書・同解説IV下部構造編
$E = 2(1 + \nu)G$ (式4)	港湾の施設の技術上の基準・同解説
$G = \rho V_{sd}^2$ (式5)	港湾の施設の技術上の基準・同解説

2. 基礎地盤の安定性評価における改良地盤の主応力分布

基礎地盤の安定性評価においては、基準地震動 S_s に対する 2 次元地震応答解析を用いており、防波壁（逆 T 擁壁）における基礎地盤の安定性評価の評価結果を図 2 に示す。防波壁（逆 T 擁壁）基礎地盤における最小すべり安全率は 1.88 となり、評価基準値である 1.5 を上回ることを確認した。

図 2 に示す評価ケースのうち、すべり面が改良地盤を通過するケース 3 について、改良地盤内の最大主応力を図 3 に示す。防波壁（逆 T 擁壁）の改良地盤における地盤内の最大主応力は、改良地盤①では 283.1kN/m^2 、改良地盤②では 444.7kN/m^2 、改良地盤③では 1081.2kN/m^2 が確認されたことを踏まえ、改良地盤の応力レベル範囲内において、改良地盤①～③における室内配合試験より、設置変更許可申請書に記載された P S 検層等に基づく物性値（管理目標値）である強度特性が確保されることを確認する。

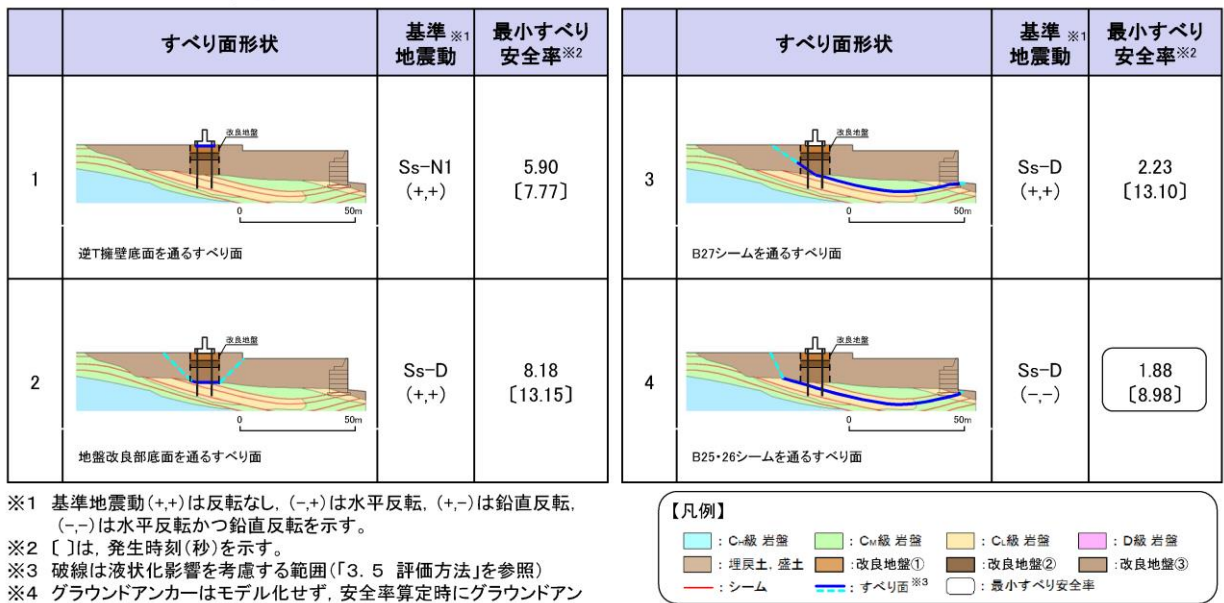


図 2 防波壁（逆 T 擁壁）における基礎地盤の評価結果

（資料 6-1 島根原子力発電所 2 号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価より抜粋）

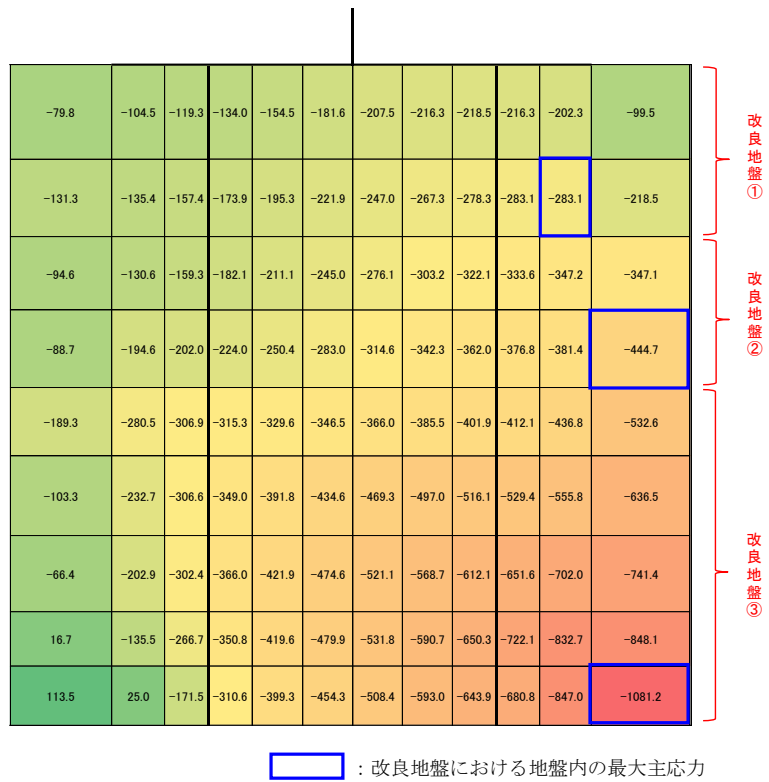


図3 防波壁（逆T擁壁）の改良地盤における最大主応力
（図2におけるケース3）