

本資料のうち、枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-1_改6
提出年月日	2021年2月15日

補足-600-1 【地盤の支持性能について】

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象施設周辺の地質等	2
3.1 評価対象施設周辺の地質	2
3.2 評価対象施設周辺の地質状況整理結果	20
3.3 敷地の地下水位分布及び耐震評価における地下水位設定方針	
3.3.1 敷地の地下水位分布	
3.3.2 耐震評価における設計用地下水位設定方針	
4. 地盤の解析用物性値	24
4.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値	24
4.2 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値	24
4.2.1 全応力解析に用いる解析用物性値	24
4.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値	24
4.2.3 その他の解析用物性値	77
4.2.4 地盤の物性のばらつきについて	77
5. 極限支持力	78
5.1 杭基礎の支持力算定式に関する補足	78
5.1.1 道路橋示方書による極限支持力算定式を適用する構造物	78
5.1.2 道路橋示方書による極限支持力算定式（中掘り杭工法）の適用性について	78
6. 地盤の速度構造	80
6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル	80
6.2 地震応答解析に用いる地盤の速度構造モデル	80

参考資料 1-1 既設の地下水位低下設備の概要

参考資料 1-2 構内排水路の概要

参考資料 2 建設時工事計画認可段階に実施した浸透流解析について

参考資料 3 地下水位の上昇により生じる施設等への影響評価結果

参考資料 4 浸透流解析に用いる透水係数の設定根拠

参考資料 5 浸透流解析におけるドレーンの有効範囲の設定結果

参考資料 6 地下水位低下設備の概要

参考資料 7 既設ドレーンの部分閉塞時の自由水面の保持について

参考資料 8 地下水位低下設備の施工について

参考資料 9 地下水位低下設備の保守管理について

参考資料 10 土木構造物における設計用地下水位の設定方法

参考資料 11 降雨に対する設計用地下水位の余裕について

参考資料 12 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響予測結果

参考資料 13 改良地盤における補足

参考資料 14 液状化強度試験の詳細について

参考資料 15 盛土の均一性について

参考資料 16 2011 年東北地方太平洋沖地震における沈下実績について

参考資料 17 地震応答解析にて考慮する地盤物性のばらつき

参考資料 18 盛土・旧表土の強度特性設定の考え方

参考資料 19 粘土分含有率について

参考資料 20 浸透流解析に用いた解析コード「GETFLOWS」の適用性について

参考資料 21 動的変形特性の設定について

参考資料 22 建物の地震応答解析に用いる地盤諸定数について

参考資料 23 MMR のせん断強度について

参考資料 24 盛土の物性値における岩砕の取扱いについて

参考資料 25 基準地震動 S_s に対する液状化強度試験の妥当性確認

 : 本日の説明範囲

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、設計基準対象施設並びに常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設（以下「常設重大事故等対処施設」という。）並びに波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震安全性評価を実施するに当たり、対象施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性等の地盤物性値の設定及び支持性能評価で用いる地盤諸元の基本的な考え方を示したものである。

2. 基本方針

設計基準対象施設、常設重大事故等対処施設及び波及的影響の設計対象とする下位クラス施設において、対象施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性等の解析用物性値については、各種試験に基づき設定する。全応力解析及び有効応力解析等に用いる解析用物性値は、設置変更許可申請書（添付書類六）を踏まえ、設計及び工事の計画の認可申請において設定する。

対象施設を設置する地盤の地震時における支持性能評価については、設計基準対象施設及び常設重大事故等対処施設の耐震重要度分類又は施設区分に応じた地震力により地盤に作用する接地圧が、地盤の極限支持力に基づく評価基準値に対して妥当な安全余裕を有することを確認することによって行う。

極限支持力は、対象施設の支持岩盤の支持力試験又は道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成14年3月）（以下「道路橋示方書」という。）の支持力算定式に基づいた、室内試験の結果により設定する。

杭基礎の押し込み力及び引抜き力に対する支持性能評価において、液状化検討対象層である地下水位以深の盛土及び旧表土の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、支持性能評価を行うことを基本とする。ただし、杭周面地盤に地下水位以浅の盛土及び旧表土、改良地盤、セメント改良土並びに岩盤がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

耐震評価における地下水位は、対象施設と地下水位低下設備との位置関係等を踏まえ、対象施設ごとに保守的な地下水位を設定する。

3. 評価対象施設周辺の地質等

3.1 評価対象施設周辺の地質

敷地の地質層序表を表3.1-1に、地質調査位置図を図3.1-1に、敷地の地質平面図を図3.1-2に、敷地の地質断面図を図3.1-3～図3.1-25に示す。敷地の地質は、中生界ジュラ系と、これを覆う第四系等によって構成されており、敷地のジュラ系は、牡鹿層群月の浦累層及び荻の浜累層に区分される砂岩、頁岩及び砂岩頁岩互層の堆積岩類であり、敷地に広く分布し、部分的にこれらを貫いてひん岩が分布する。また、第四系として、一部海岸付近及び低地周辺に、未固結～半固結の堆積物が分布する。

敷地の中生界ジュラ系の地質構造は、顕著な褶曲構造と断層で特徴づけられる。断層は、断層の走向と褶曲構造の方向性との関係に着目し、褶曲軸と同方向に延びる「走向断層」、褶曲軸とほぼ直交する方向の「横断断層」及び褶曲軸と斜交する「斜交断層」に分類される。

また、主に砂岩と頁岩の境界には、褶曲構造が形成される過程で生じた「フレキシユラル・スリップ」によるものと考えられる、層理面と平行なシームが認められる。

敷地の地盤は、岩盤、盛土及び旧表土に分類され、液状化の可能性を考慮すべき未固結の地盤は、盛土及び旧表土が該当する。なお、旧表土は、第四系の沖積層に該当し、粘性土～粘土質砂質土～砂質土を主体とし、海浜砂に比べ粒径が比較的幅広い特徴を有する。

敷地の地盤のうち、施設直下のC₁級岩盤、D級岩盤、盛土及び旧表土の一部については、十分な支持力を確保するためにマンメイドロック（以下、「MMR」という。）に置き換えている。また、施設周辺の盛土及び旧表土の一部については、構造物の支持又は変形抑制のために改良地盤等に置き換えている。

表 3.1-1 地質層序

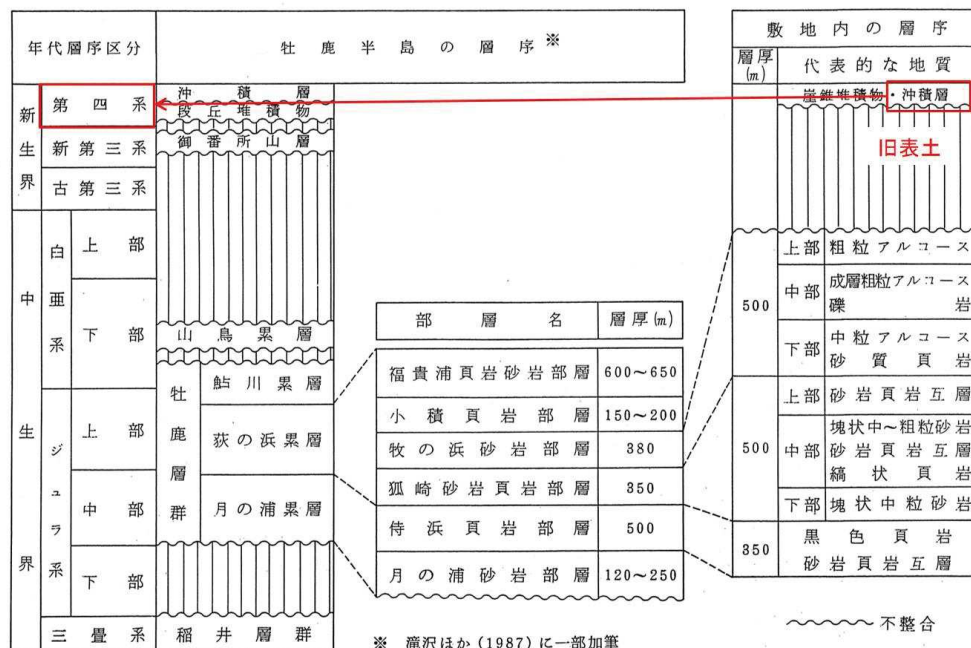




図 3.1-1 地質調査位置図

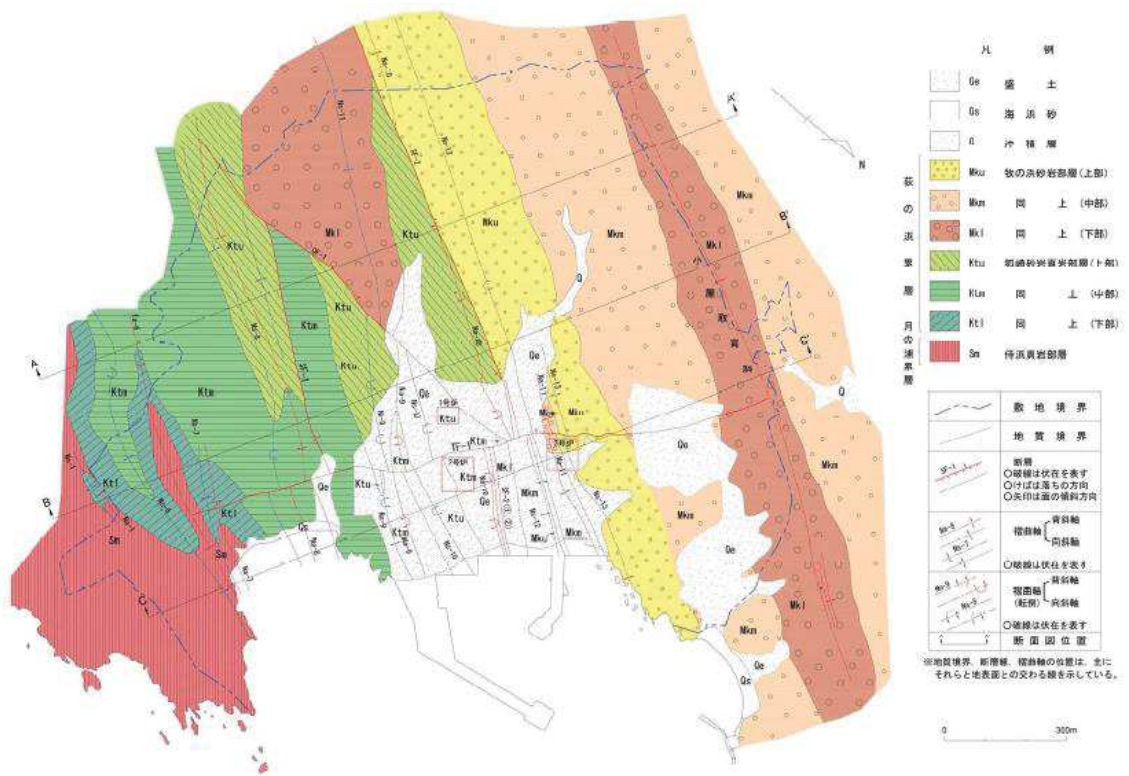


図 3.1-2 敷地の地質平面図

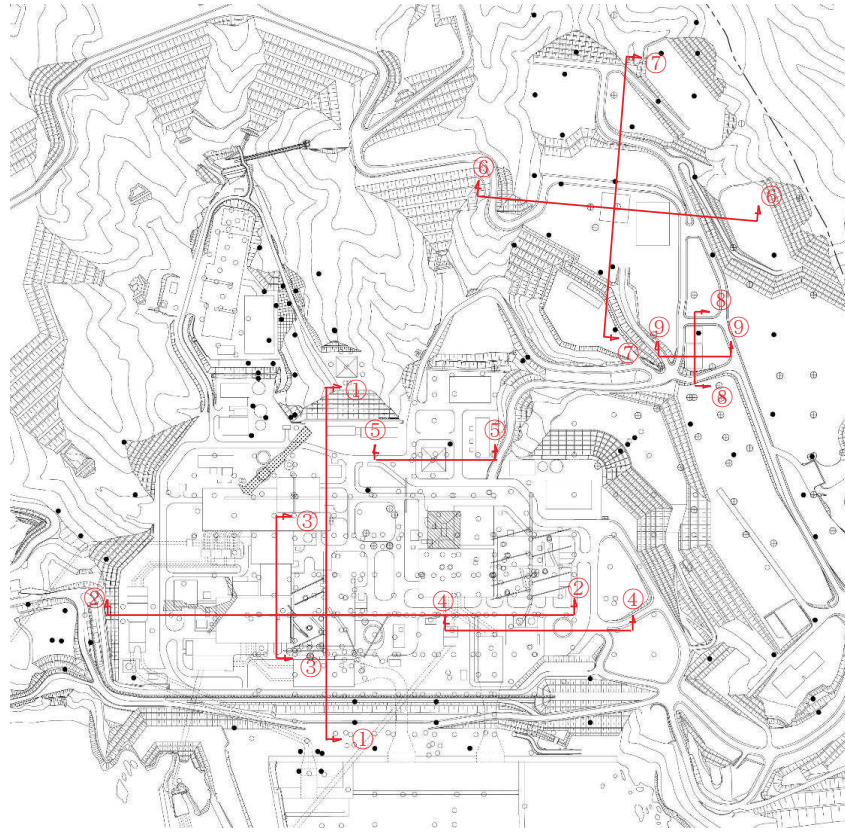


图 3.1-3(1) 地質断面图位置 (①-①断面~⑨-⑨断面)

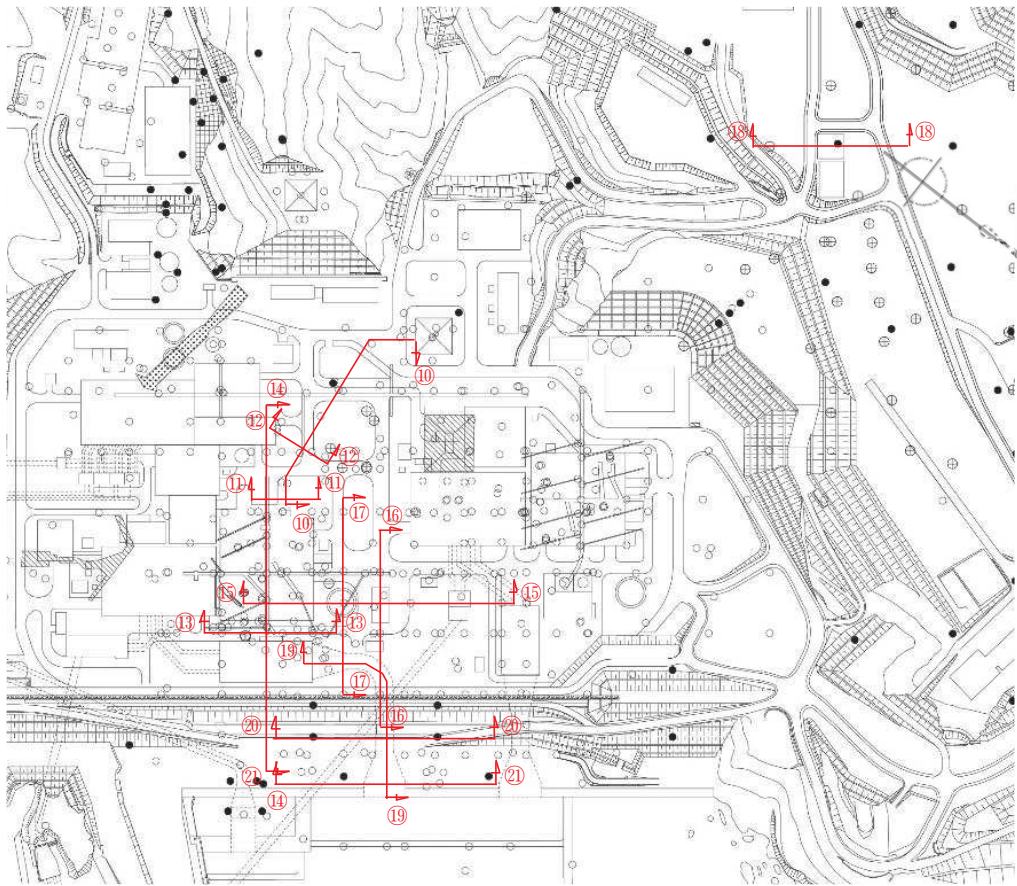


图 3.1-3(2) 地質断面图位置 (⑩-⑩断面~㉑-㉑断面)

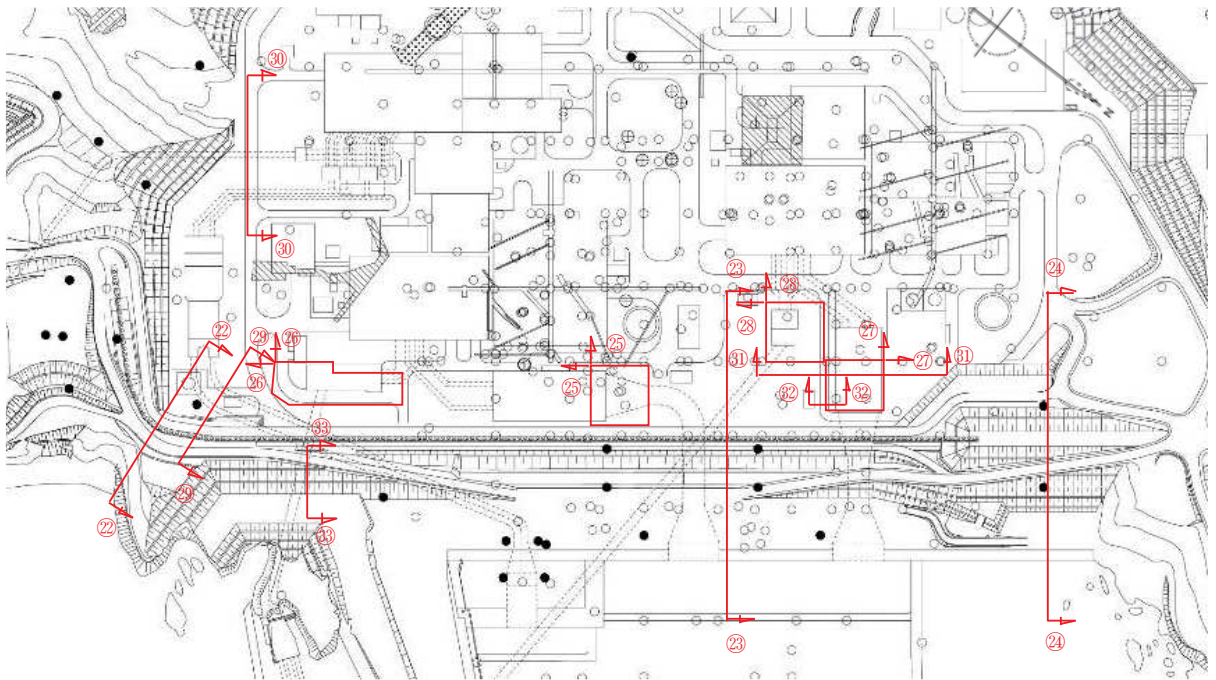


図 3.1-3(3) 地質断面図位置 (22-22断面~33-33断面)

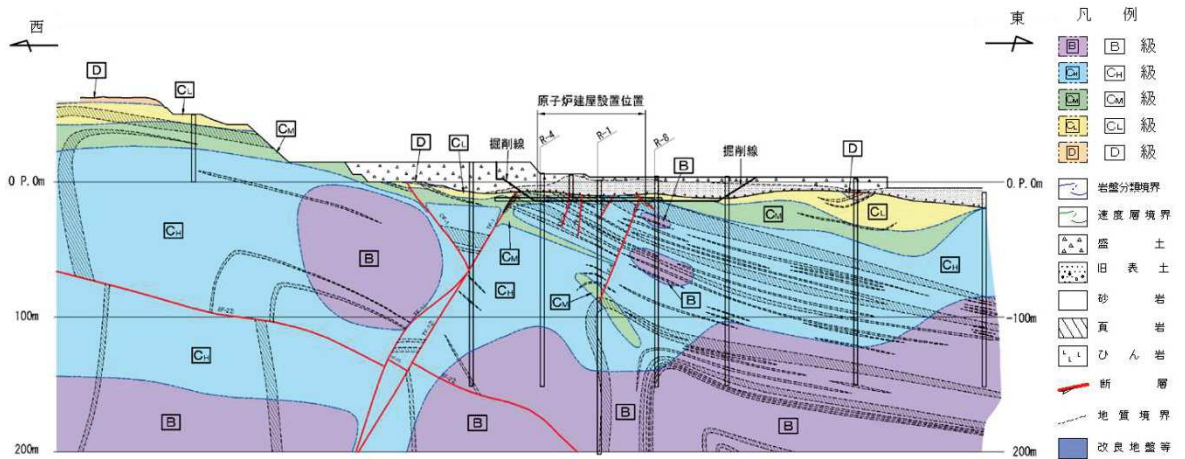


図 3.1-4(1) 原子炉建屋の地質断面図 (①-①断面)

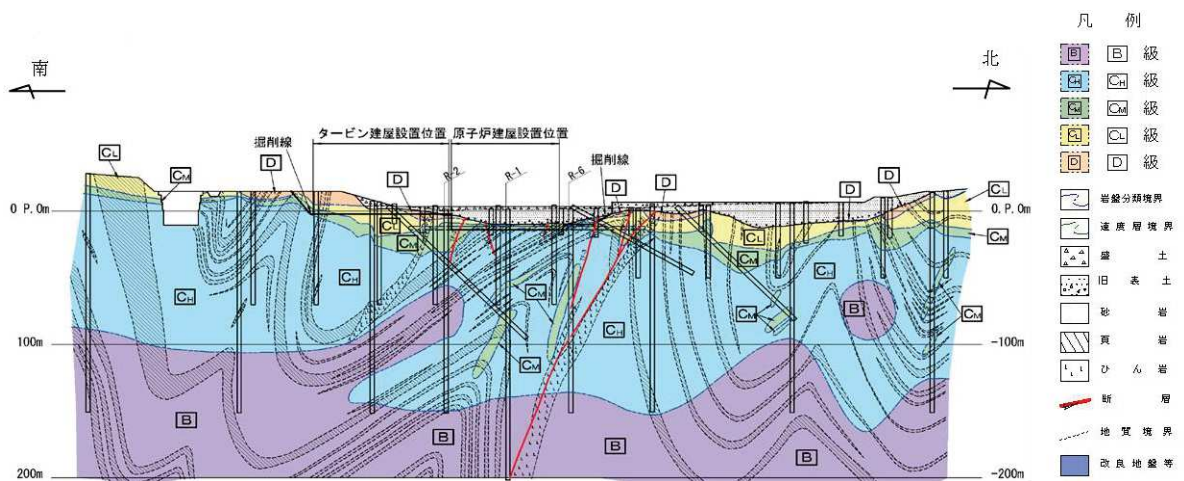


図 3.1-4(2) 原子炉建屋の地質断面図 (②-②断面)

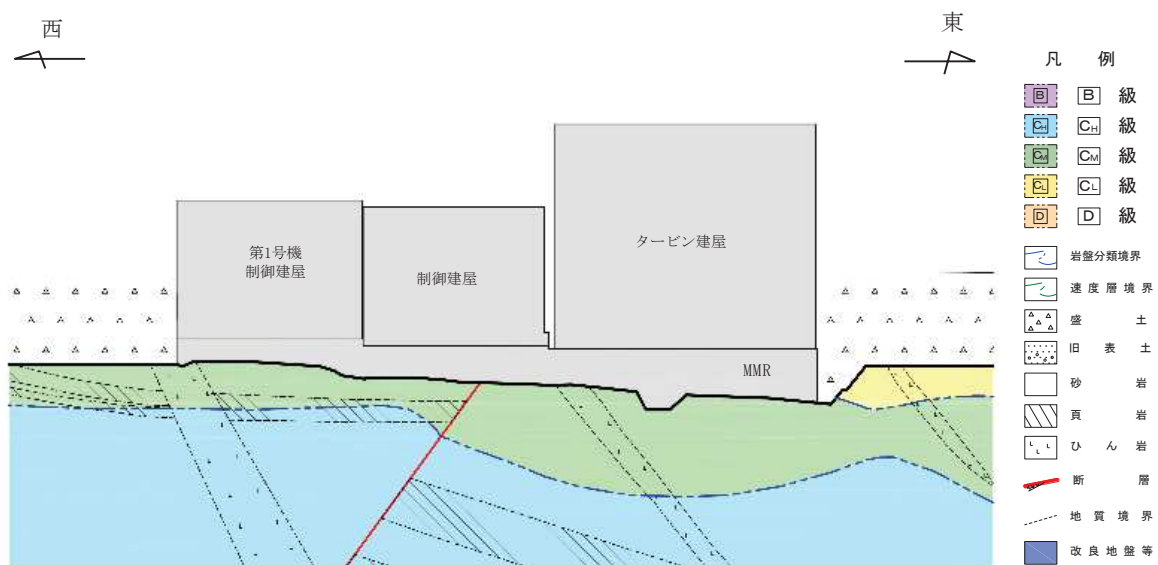


図 3.1-5 制御建屋の地質断面図 (③-③断面)

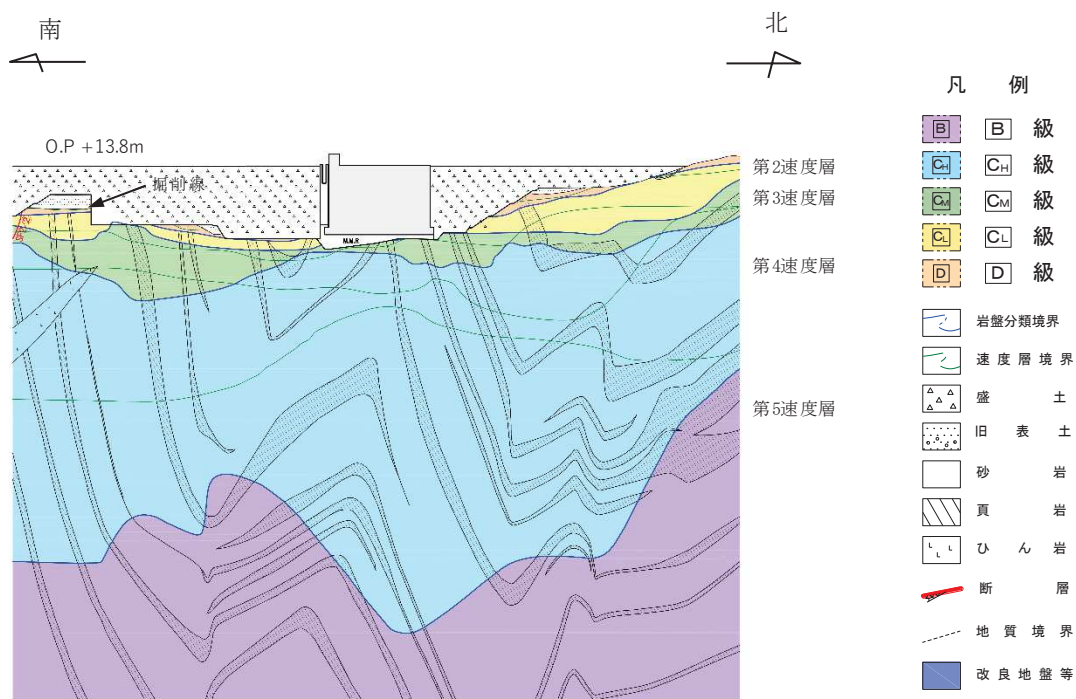


図 3.1-6 第3号機海水熱交換器建屋の地質断面図 (④-④断面)

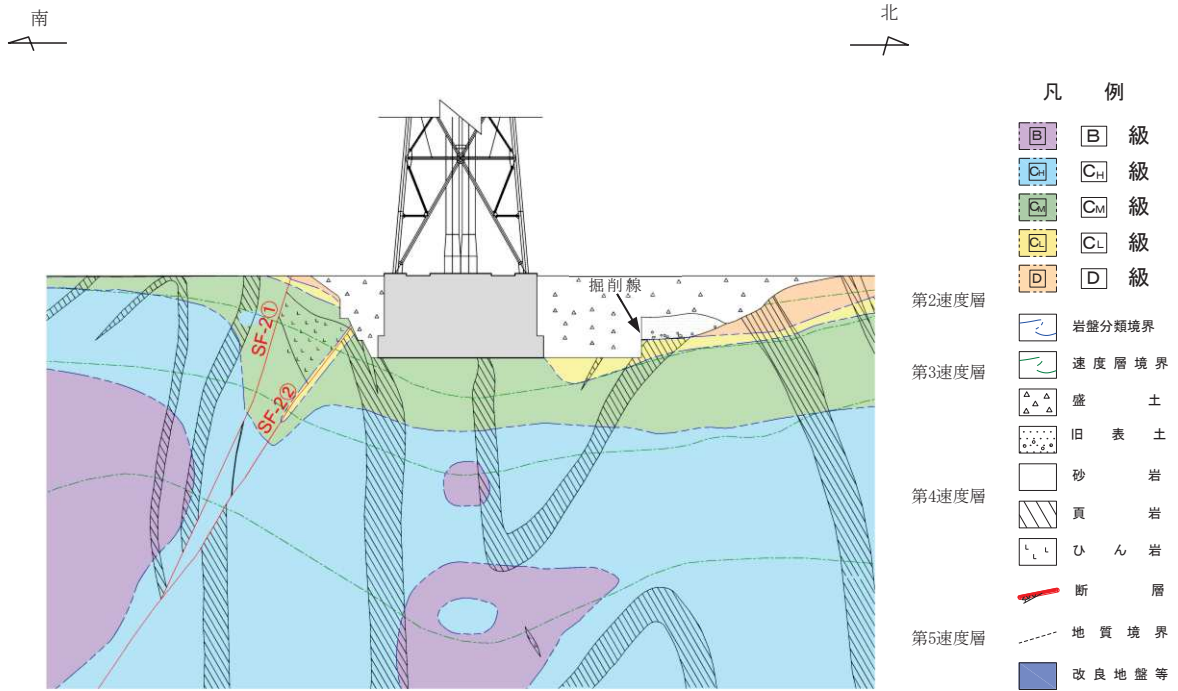


図 3.1-7 排気筒の地質断面図 (⑤-⑤断面)

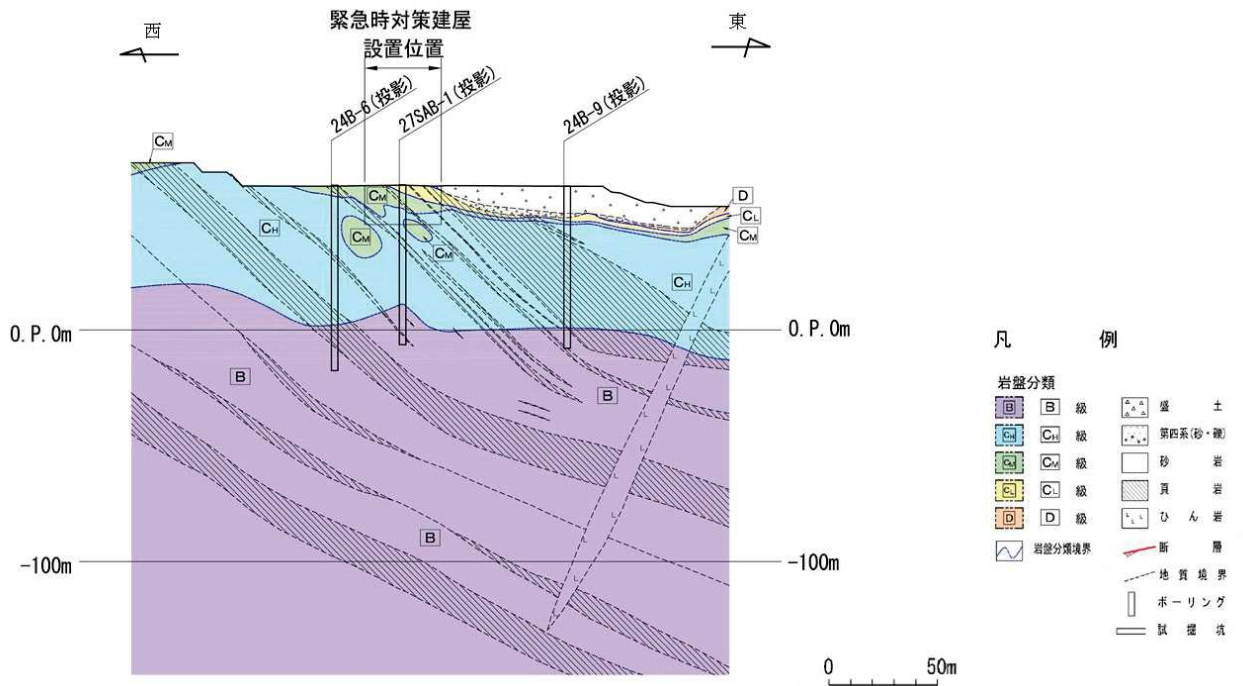


図 3.1-8(1) 緊急時対策建屋の地質断面図 (⑥-⑥断面)

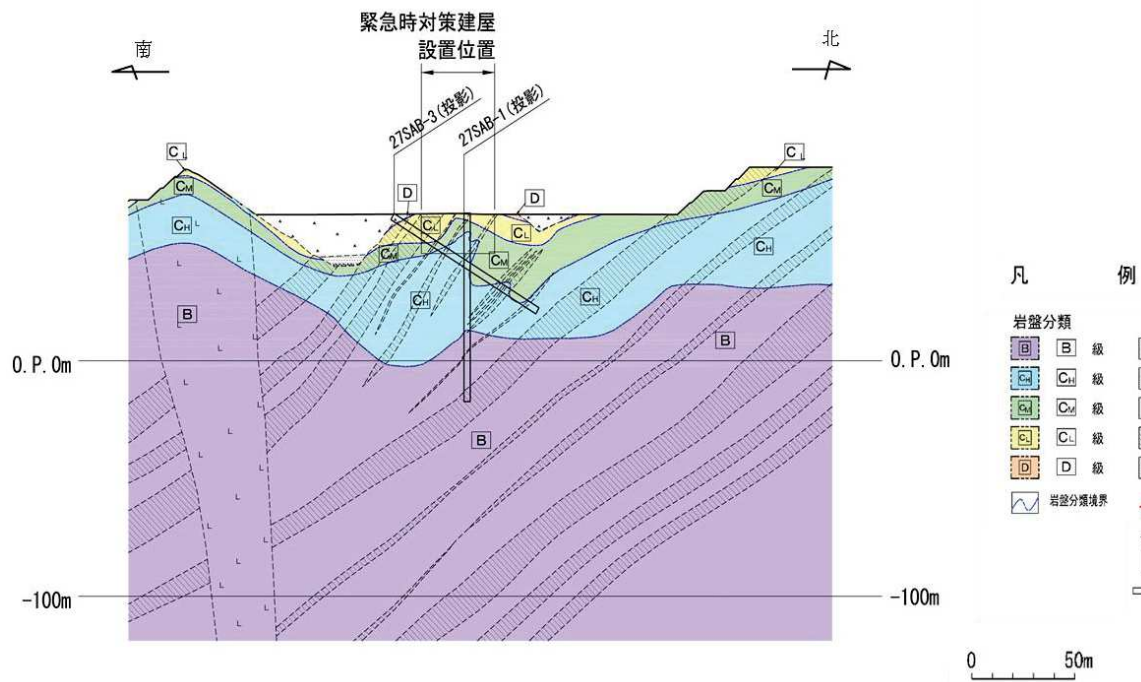


図 3.1-8(2) 緊急時対策建屋の地質断面図 (⑦-⑦断面)

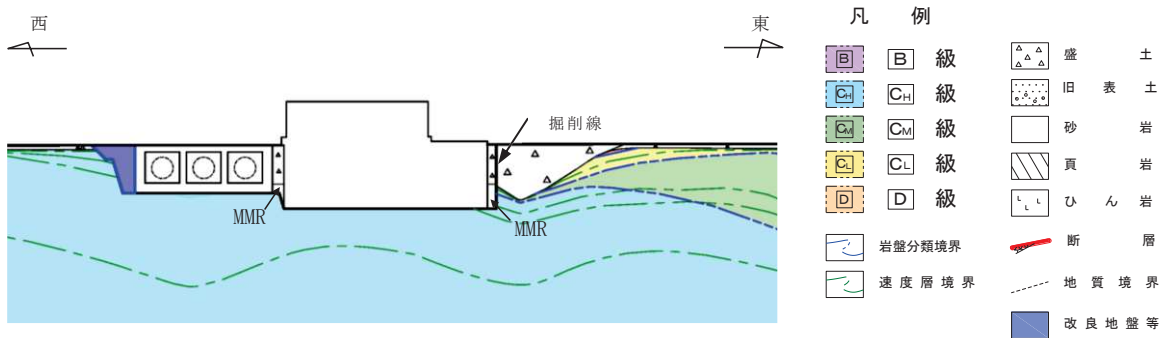


図 3.1-9(1) 緊急用電気品建屋の地質断面図 (⑧-⑧断面)

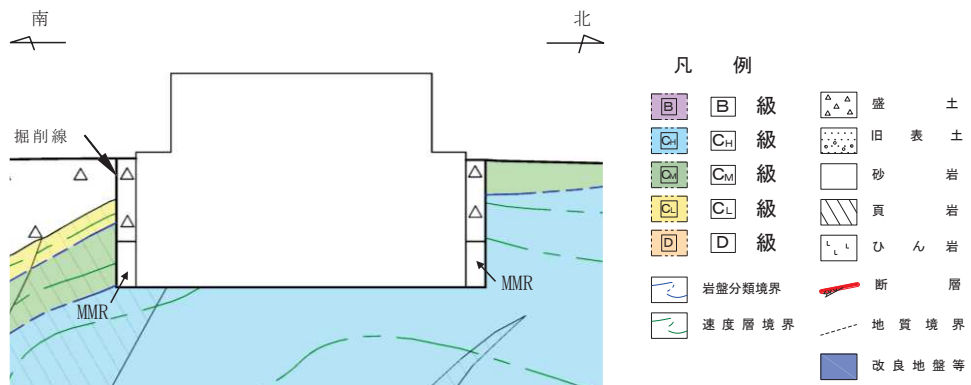


図 3.1-9(2) 緊急用電気品建屋の地質断面図 (⑨-⑨断面)

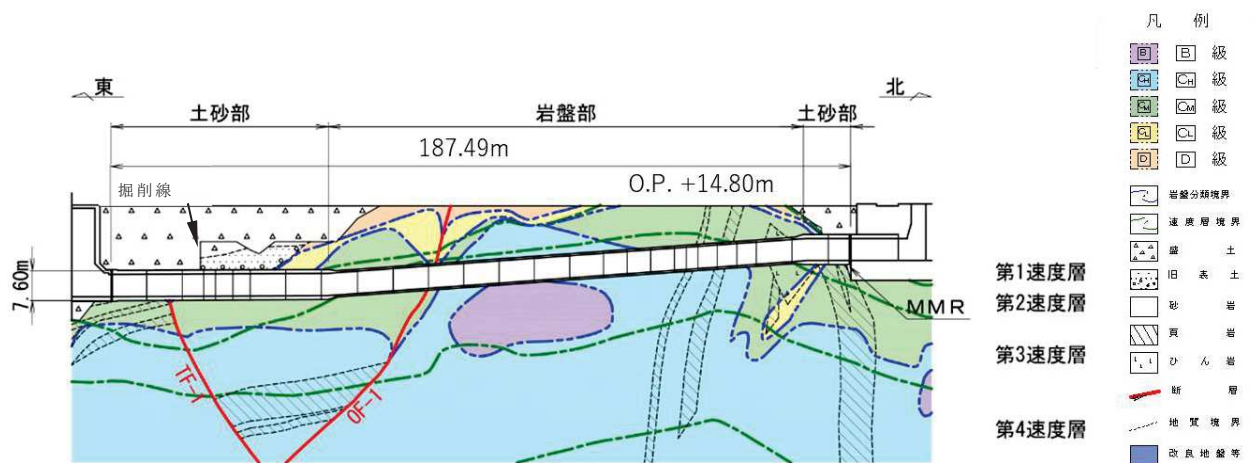


図 3.1-10(1) 排気筒連絡ダクトの地質断面図 (⑩-⑩断面)

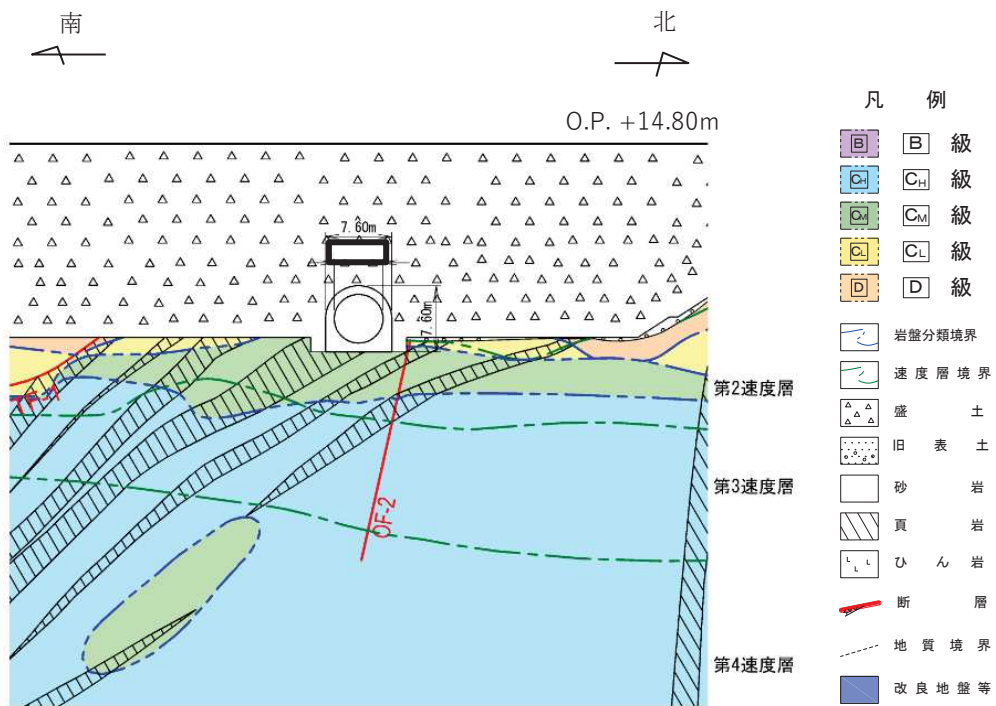


図 3.1-10(2) 排気筒連絡ダクトの地質断面図 (⑪-⑪断面)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

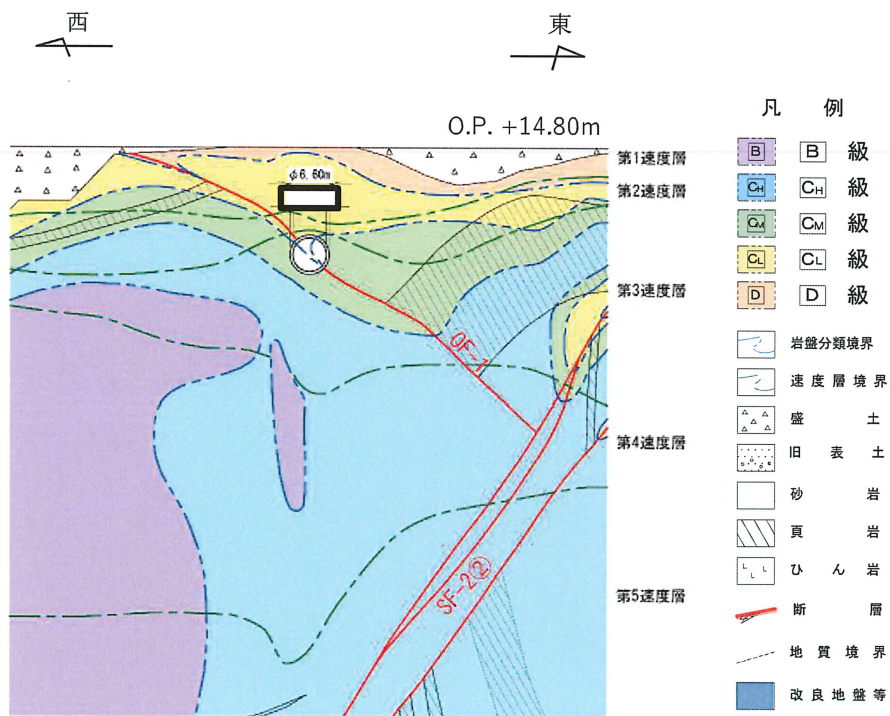


図 3.1-10(3) 排気筒連絡ダクトの地質断面図 (⑫-⑫断面)

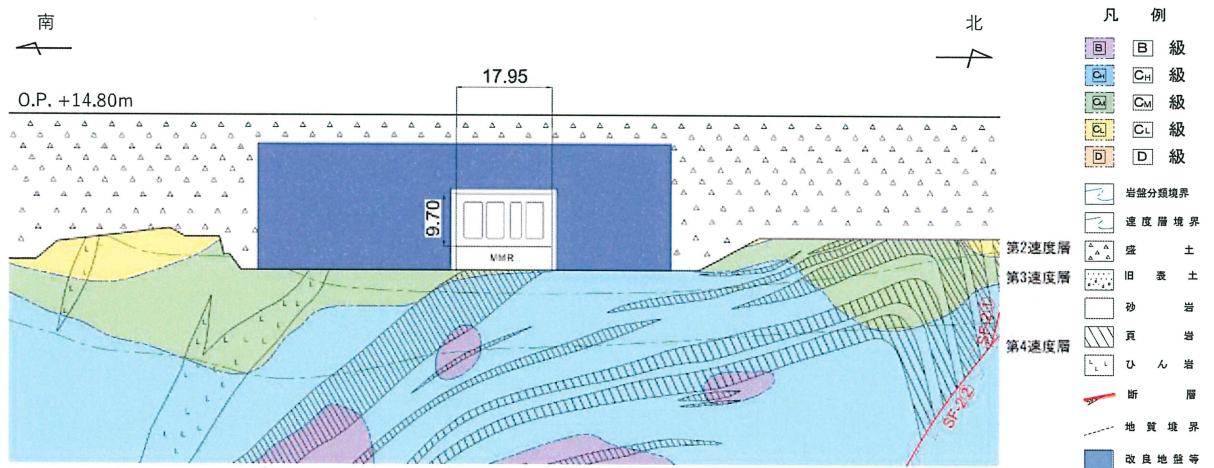


図 3.1-11 原子炉機器冷却海水配管ダクトの地質断面図 (⑬-⑬断面)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

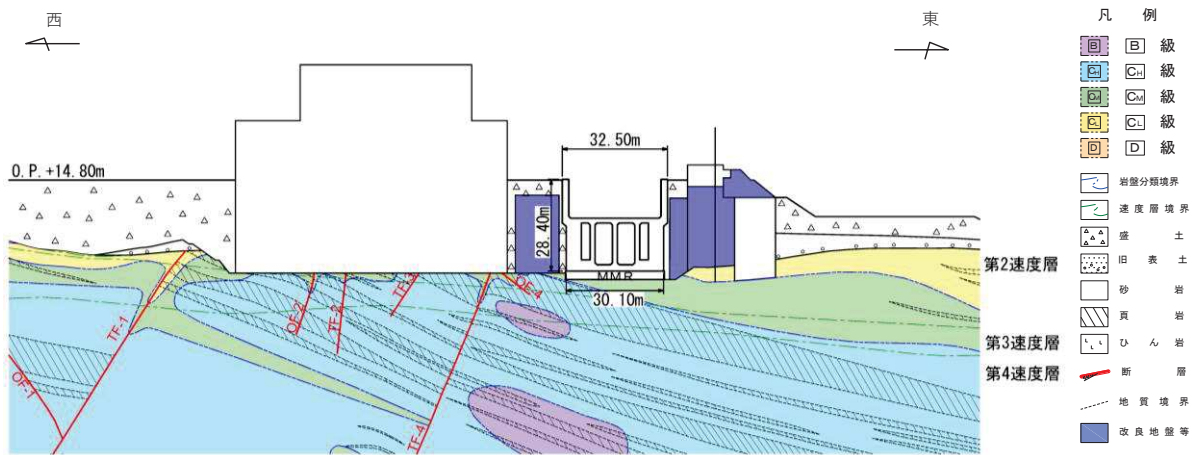


図 3.1-12 海水ポンプ室の地質断面図 (⑭-⑭断面)

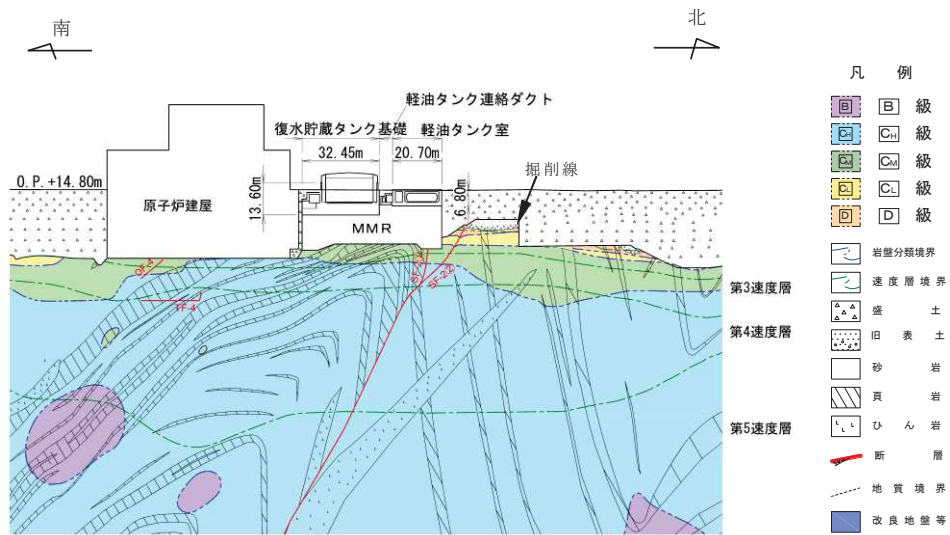


図 3.1-13 軽油タンク室，復水貯蔵タンク基礎の地質断面図 (⑮-⑮断面)

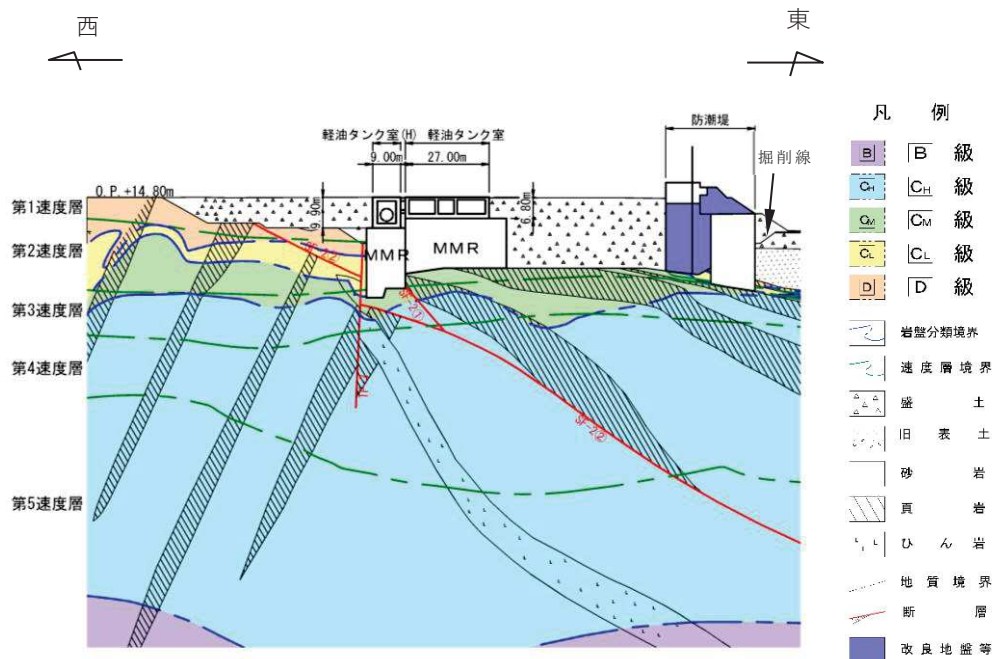


図 3.1-14 軽油タンク室，軽油タンク室 (H) の地質断面図 (⑩-⑩断面)

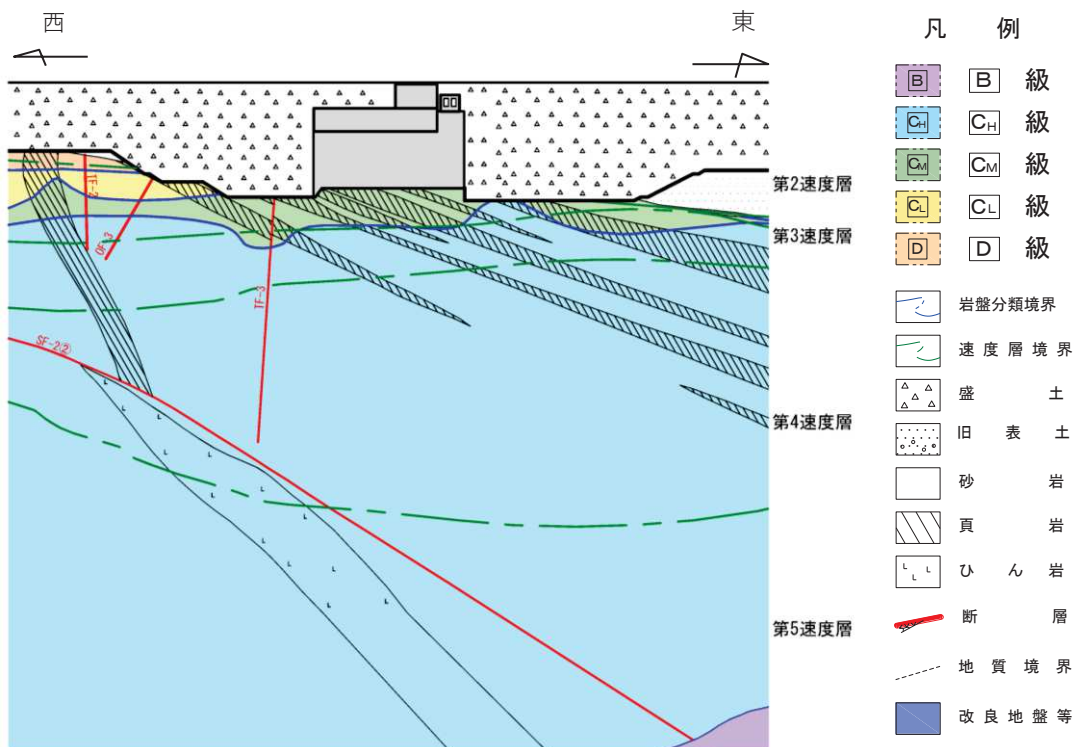


図 3.1-15 軽油タンク連絡ダクトの地質断面図 (⑪-⑪断面)

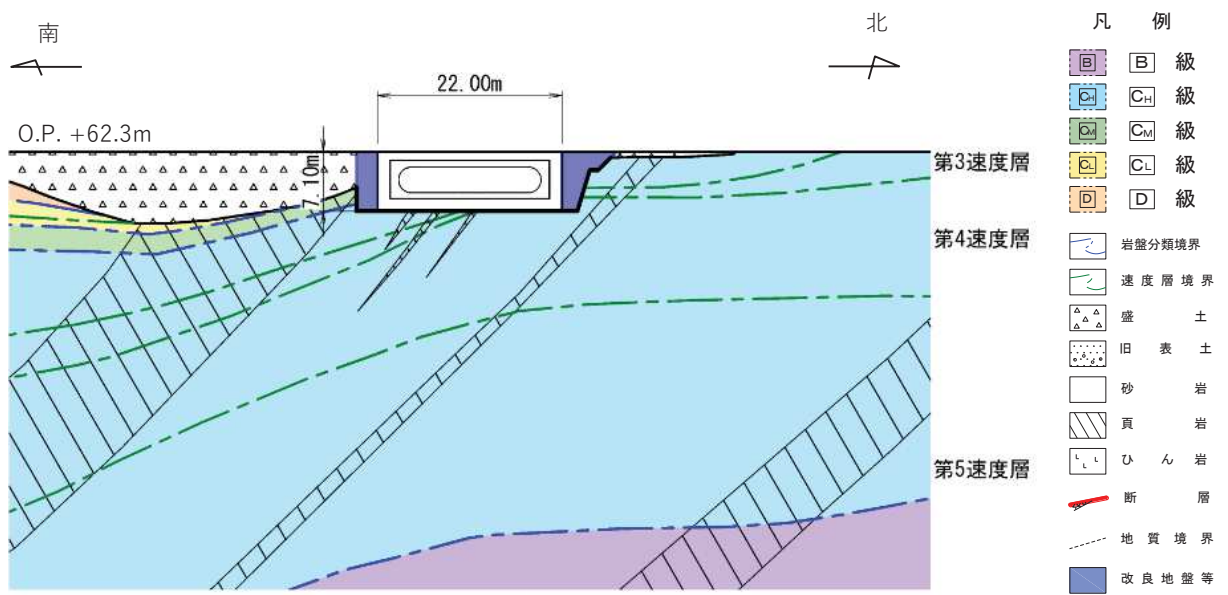


図 3.1-16 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地質断面図 (⑱-⑱断面)

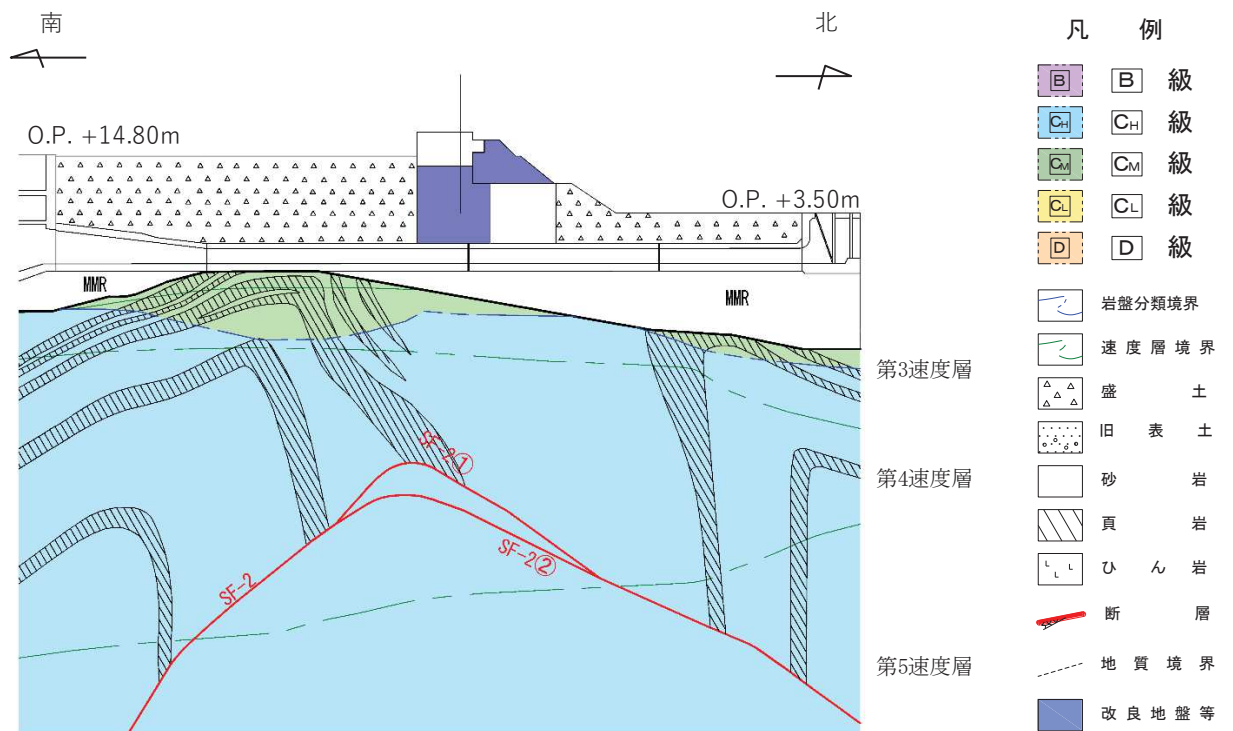


図 3.1-17(1) 取水路の地質断面図 (⑲-⑲断面)

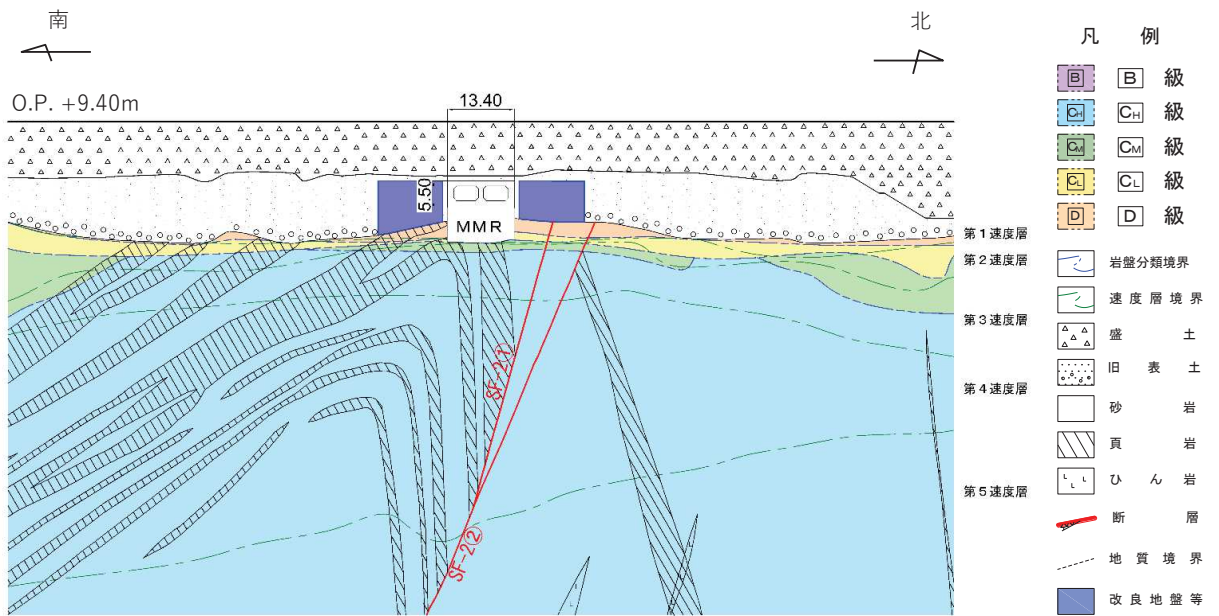


図 3.1-17(2) 取水路の地質断面図 (㉔-㉔断面)

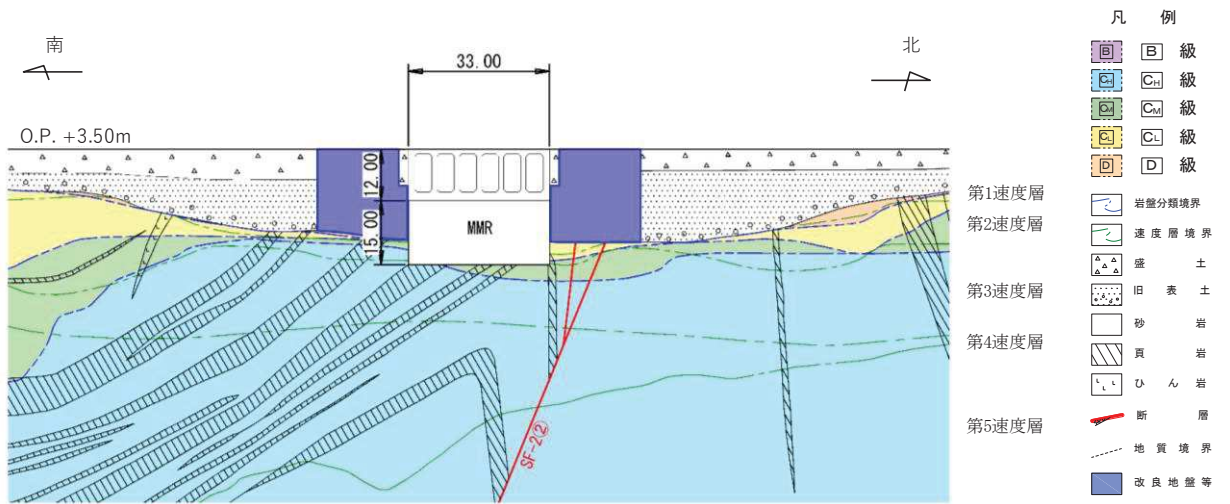
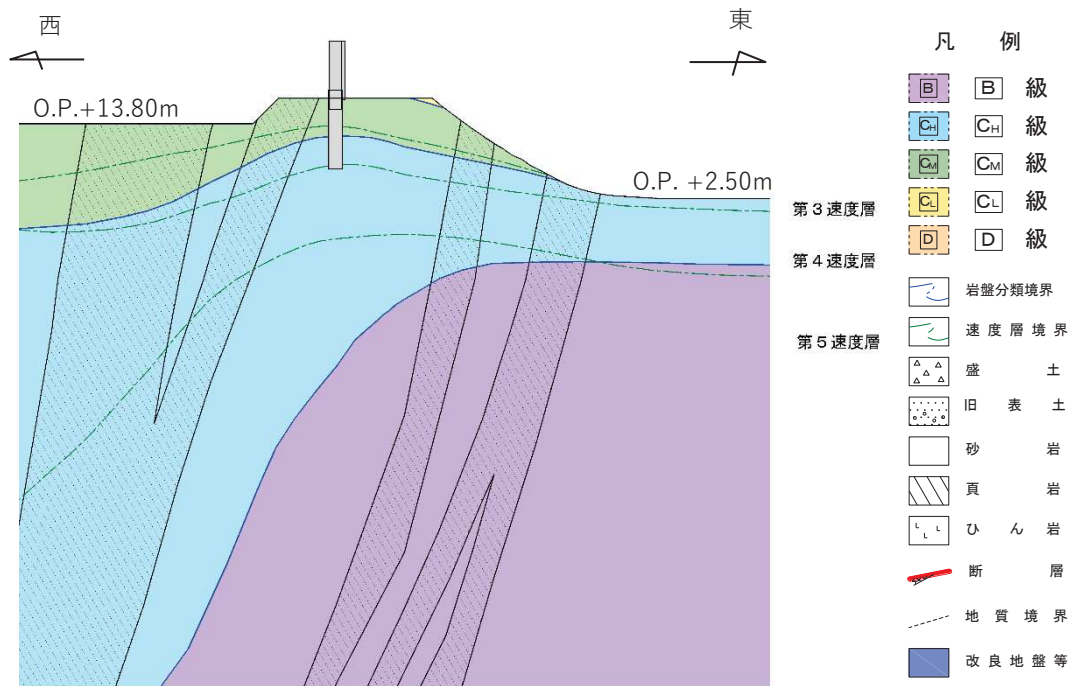
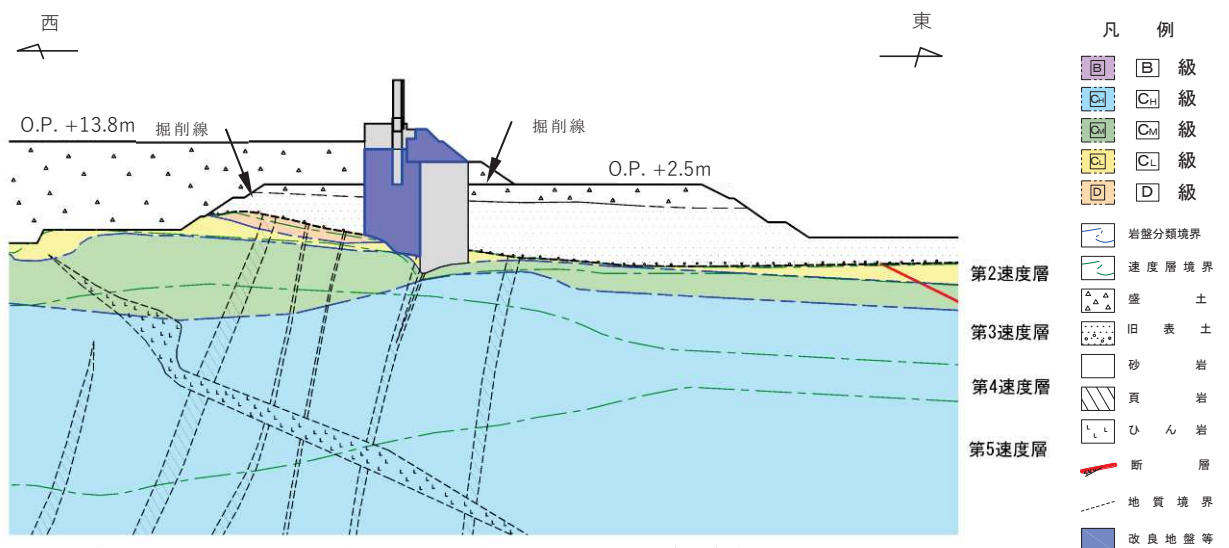


図 3.1-18 取水口の地質断面図 (㉕-㉕断面)



* : 防潮堤の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.1-19(1) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の地質断面図（㉒-㉒断面）



* : 防潮堤の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.1-19(2) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の地質断面図（㉓-㉓断面）

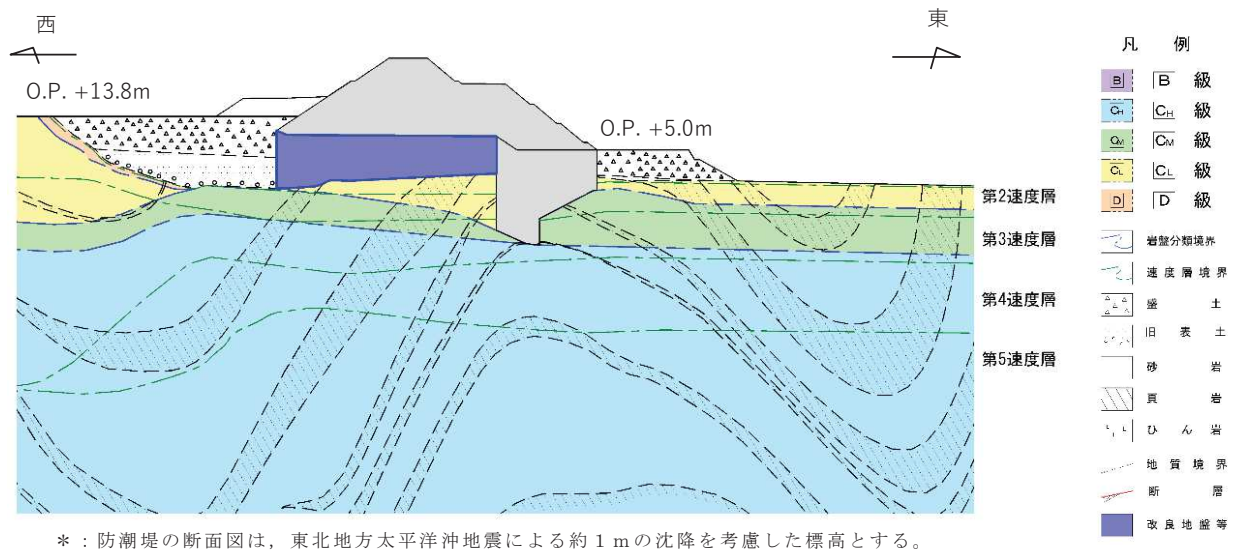


図 3.1-20 防潮堤（盛土堤防）の地質断面図（㉔-㉔断面）

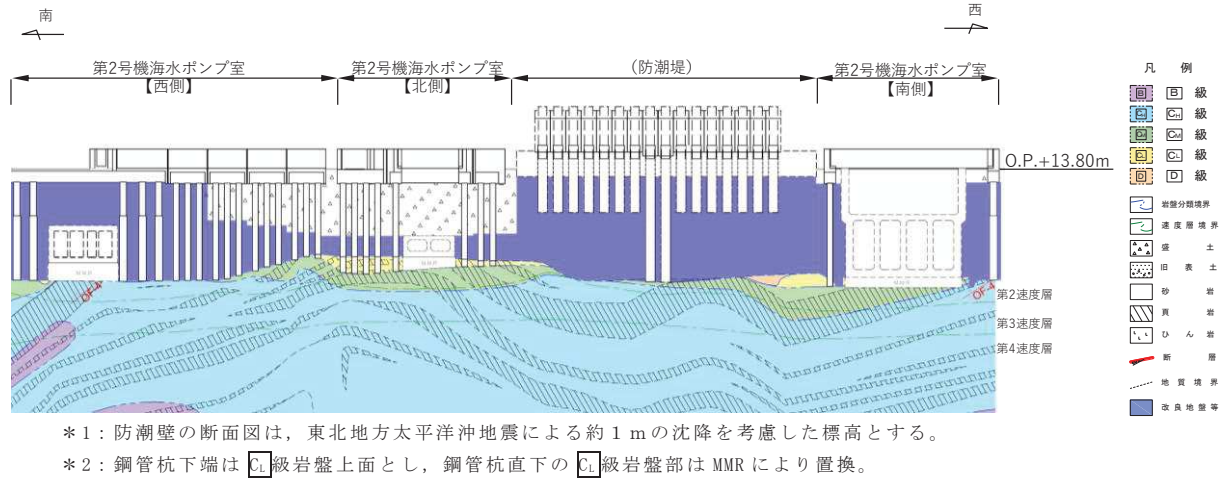


図 3.1-21(1) 防潮壁（第2号機海水ポンプ室）の地質断面図（㉕-㉕断面）

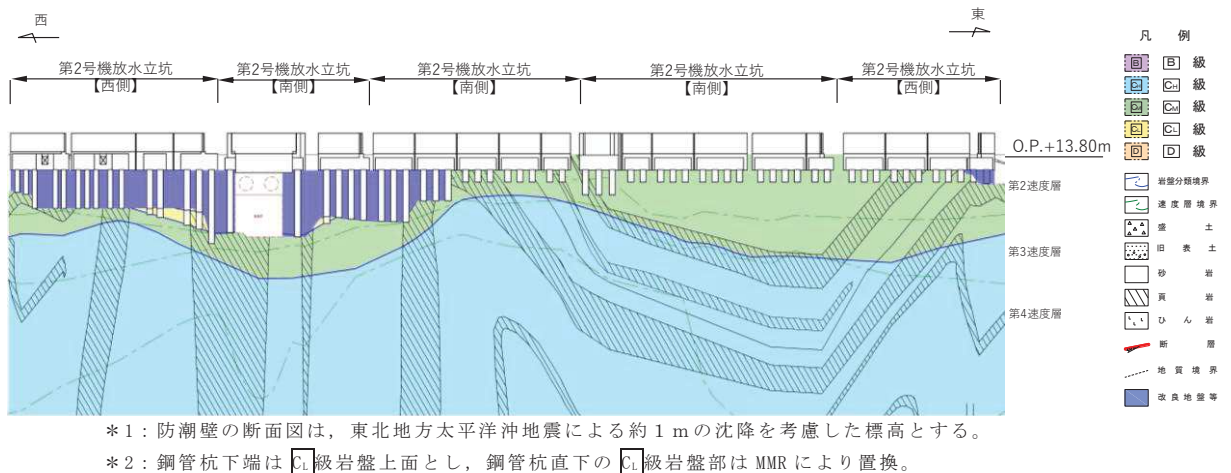
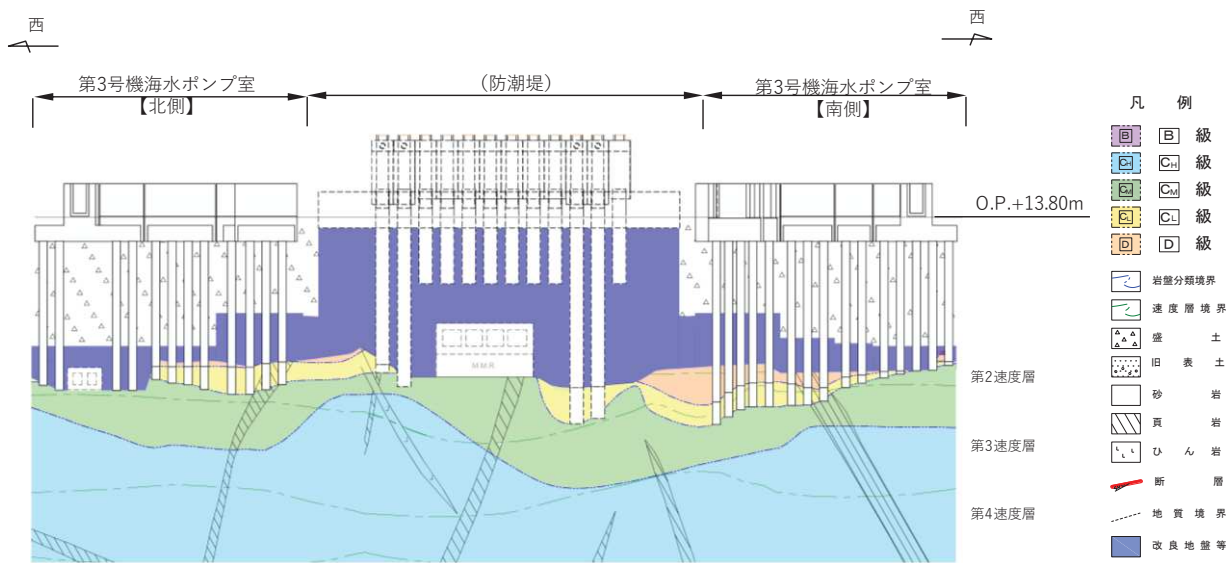
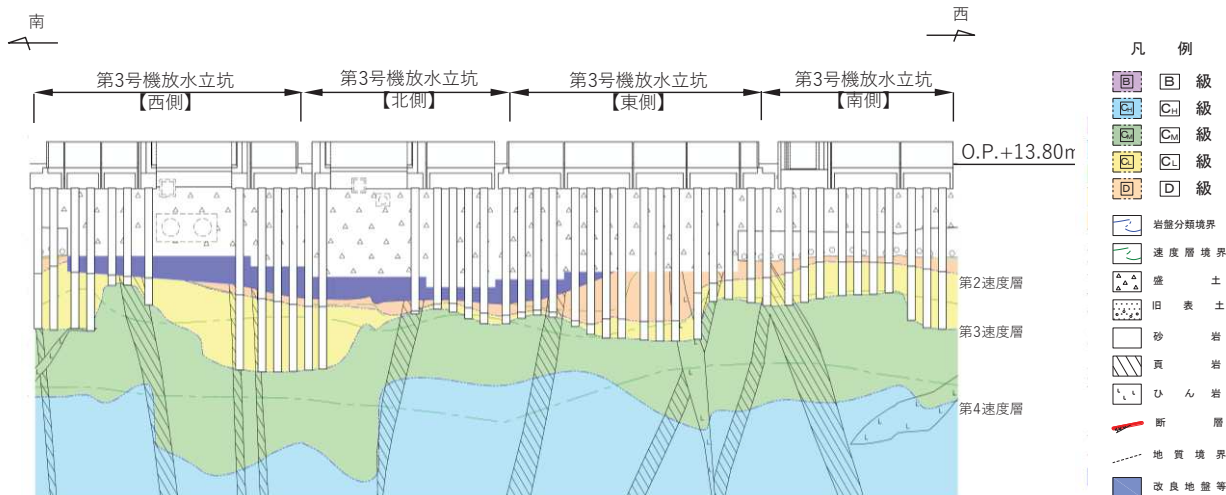


図 3.1-21(2) 防潮壁（第2号機放水立坑）の地質断面図（㉖-㉖断面）



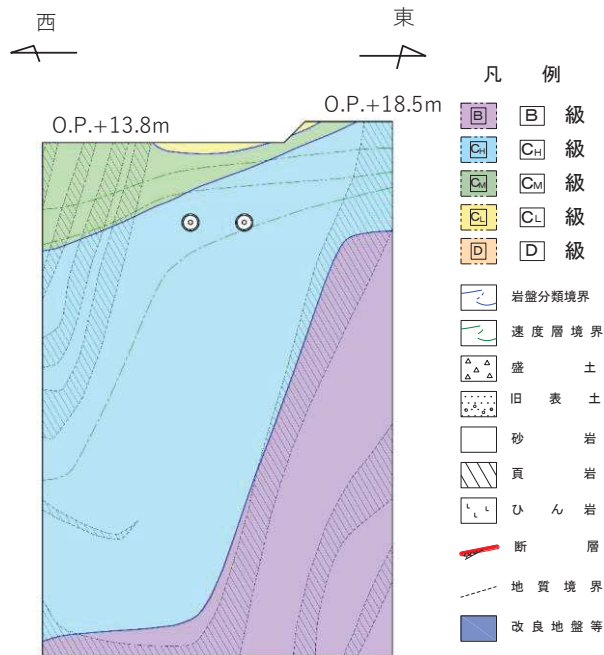
*1: 防潮壁の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
 *2: 鋼管杭下端はC_l級岩盤上面とし、鋼管杭直下のC_l級岩盤部はMMRにより置換。

図 3.1-21(3) 防潮壁（第3号機海水ポンプ室）の地質断面図（㉗-㉗断面）



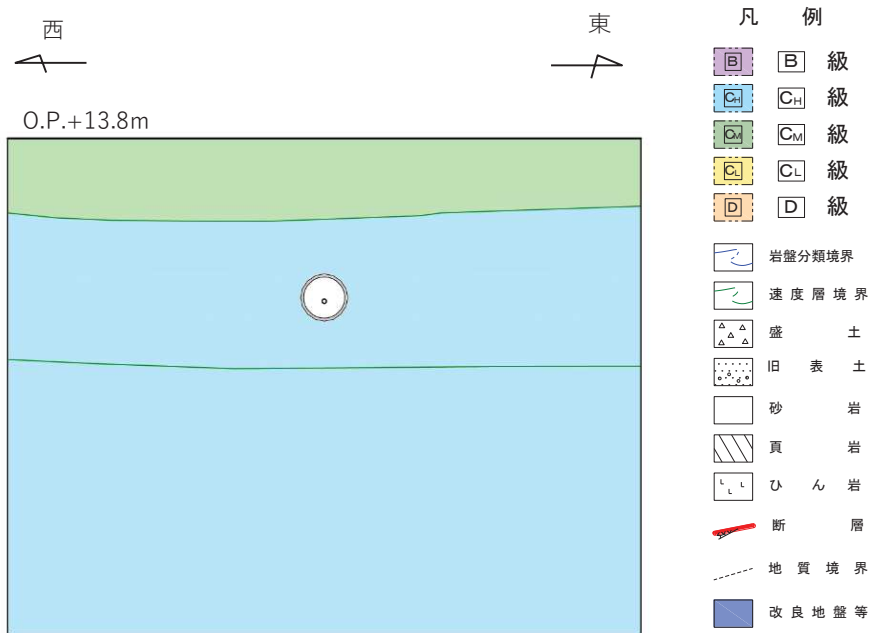
*1: 防潮壁の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
 *2: 鋼管杭下端はC_l級岩盤上面とし、鋼管杭直下のC_l級岩盤部はMMRにより置換。

図 3.1-21(4) 防潮壁（第3号機放水立坑）の地質断面図（㉘-㉘断面）



* : 取放水路流路縮小工の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.1-22(1) 取放水路流路縮小工の地質断面図 (29-29断面)



* : 取放水路流路縮小工の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.1-22(2) 取放水路流路縮小工の地質断面図 (30-30断面)

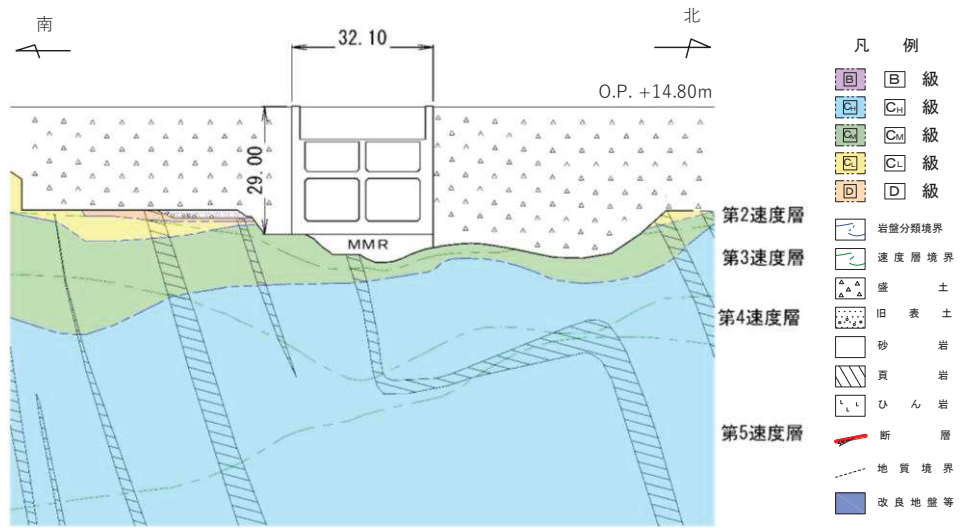


図 3.1-23 第 3 号機海水ポンプ室の地質断面図 (㉑-㉑断面)

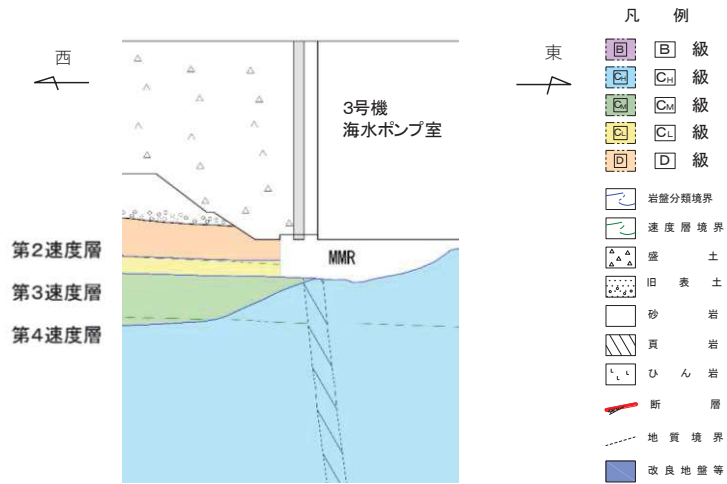
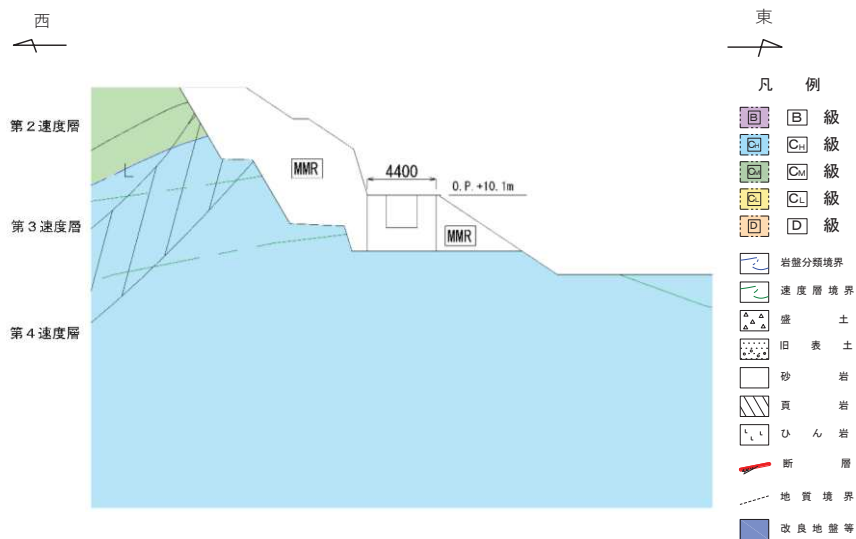


図 3.1-24 揚水井戸の地質断面図 (㉒-㉒断面)



* : 屋外排水路逆流防止設備の断面図は、東北地方太平洋沖地震による約 1 m の沈降を考慮した標高とする。

図 3.1-25 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) の地質断面図 (㉓-㉓断面)

3.2 評価対象施設周辺の地質状況整理結果

評価対象施設の全体配置図を図3.2-1に示す。「3.1 評価対象施設周辺の地質」において作成した地質断面図より、評価対象施設周辺の地質状況を整理した結果を表3.2-1に示す。これらの地質に対し、図3.1-1に示すような広範囲における調査結果等に基づき解析用物性値を設定した。

また、地質状況の整理における凡例の考え方を図3.2-2に示す。

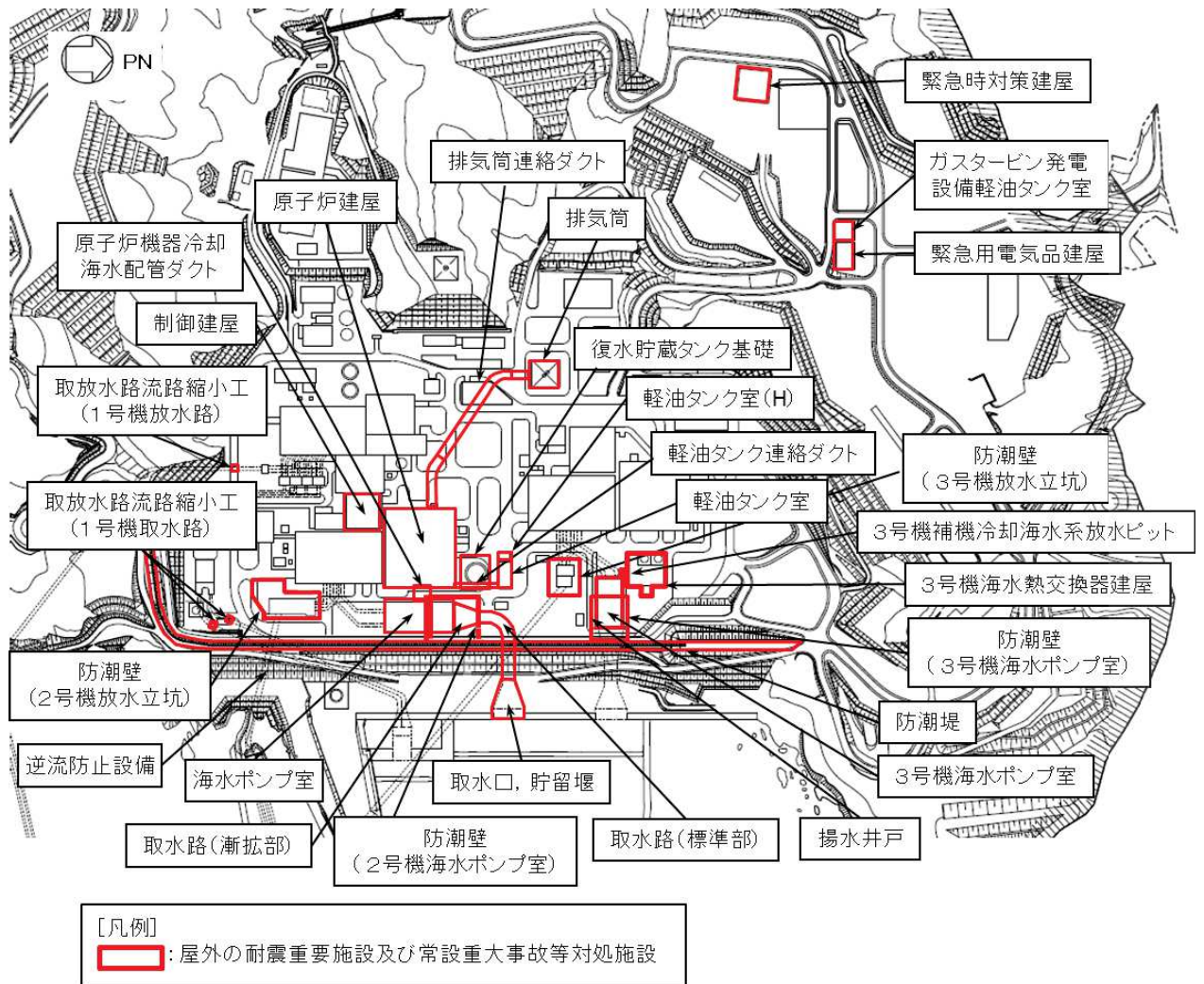


図 3.2-1 評価対象施設の全体配置図

表 3.2-1(1) 評価対象施設周辺の地質分布一覧

施設名	盛土	旧表土	狐崎部層 (岩盤)	牧の浜 部層 (岩盤)	セメント 改良土	改良 地盤	マン メイド ロック (MMR)	
建物・構築物	原子炉建屋	●	○	●	○	-	-	●
	制御建屋	●	-	●	-	-	-	●
	第3号機海水熱交換器 建屋	●	○	-	●	-	-	●
	排気筒	●	●	●	●	-	-	-
	緊急時対策建屋	●	●	-	●	-	-	●
	緊急用電気品建屋	●	-	-	●	-	●	●
土木構造物*	原子炉機器冷却海水配 管ダクト	●	-	●	○	-	●	●
	排気筒連絡ダクト (岩盤部)	○	-	●	○	-	-	-
	排気筒連絡ダクト (土砂部)	●	-	●	-	-	-	-
	取水路	●	●	●	○	-	●	●
	海水ポンプ室	●	○	●	-	●	●	●
	軽油タンク室	●	○	●	●	-	-	●
	軽油タンク室 (H)	●	○	●	○	-	-	●
	軽油タンク連絡ダクト	●	○	●	○	-	-	●
	取水口	●	●	●	●	-	●	●
復水貯蔵タンク基礎	●	○	●	●	-	-	●	
ガスタービン発電設備 軽油タンク室	●	-	-	●	●	-	-	

*：屋外重要土木構造物及び津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備（いずれも間接支持構造物を含む）を示す。

凡例 ●：施設直下あるいは直近に分布している地質
○：施設直下及び直近には分布していないが，地質断面図内に現れる地質
-：施設直下及び直近には分布しておらず，地質断面図内にも現れない地質

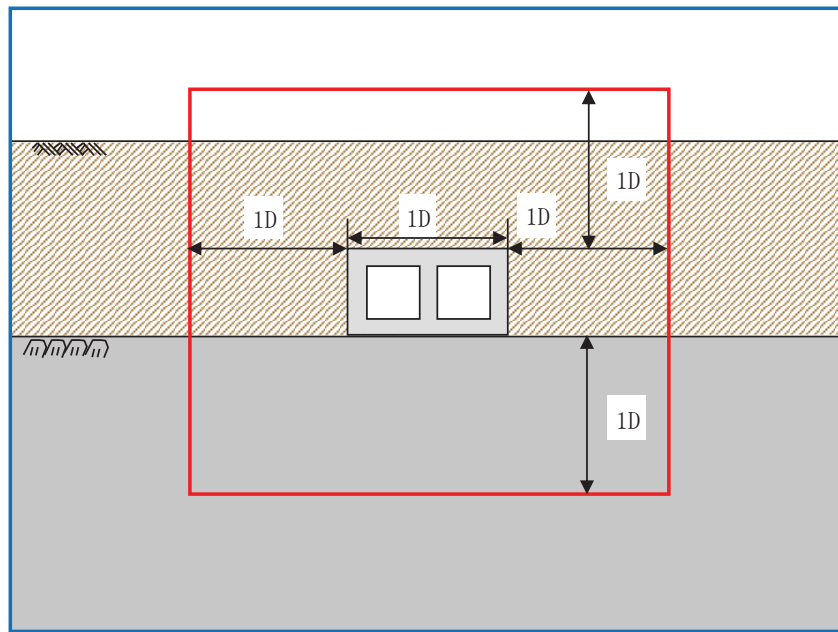
表 3.2-1(2) 評価対象施設周辺の地質分布一覧

施設名	盛土	旧表土	狐崎 部層 (岩盤)	牧の浜 部層 (岩盤)	セメント 改良土	改良 地盤	マン メイド ロック (MMR)
防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部	●	●	●	●	●	●	●
防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 岩盤部	-	-	●	-	-	-	-
防潮堤 (盛土堤防)	●	●	-	●	-	●	-
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)	●	●	-	●	-	●	-
取放水路流路縮小工 (第1号機取水路)	-	-	●	-	-	-	-
取放水路流路縮小工 (第1号機放水路)	-	-	●	-	-	-	-
第3号機海水ポンプ室	●	●	-	●	-	-	●
揚水井戸	●	○	-	●	-	-	●
第3号機補機冷却 海水系放水ピット	●	-	-	●	-	-	●
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側)	-	-	●	-	-	-	●

土木
構造
物*

*：屋外重要土木構造物及び津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備（いずれも間接支持構造物を含む）を示す。

凡例 ●：施設直下あるいは直近に分布している地質
○：施設直下及び直近には分布していないが，地質断面図内に現れる地質
-：施設直下及び直近には分布しておらず，地質断面図内にも現れない地質



- …直下あるいは直近に分布している地質
 (凡例における「●」に該当)

- …直下あるいは直近には分布していないが地質断面図内に
 現れる地質 (凡例における「○」に該当)

図 3.2-2 地質状況の整理における凡例の考え方

4. 地盤の解析用物性値

4.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値

設置変更許可申請書に記載された解析用物性値は「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

なお、断層及びシームは、狭在物として「粘土状」，「砂状」，「鱗片上」等の性状が確認されているが，そのうち最も強度の小さい粘土状物質にて試験を行い，同一の解析用物性値を設定している。

また，地盤改良に関する補足を参考資料 13 に示す。

4.2 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値は「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

4.2.1 全応力解析に用いる解析用物性値

設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値のうち全応力解析に用いる解析用物性値は「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

4.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値

建物・構築物及び土木構造物の評価においては，地下水位低下設備を考慮の上設定した地下水位及び液状化検討対象層の分布状況を踏まえて，液状化影響の検討の必要性を判断する。液状化影響の検討の結果，有効応力解析が保守的な結果となると判断された場合において，有効応力解析を実施する。

地盤の液状化強度特性は，代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し，敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的に下限値とする。

また，防潮堤における液状化強度特性については，設置変更許可段階での設定方針に従い，盛土は，敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的に下限値とし，旧表土は，施設近傍の試験結果から液状化強度特性を保守的に下限値とする。

設置変更許可申請書における解析物性値は全応力解析用に設定しているため，液状化検討対象層の物理的及び力学的特性から，各層の有効応力解析に必要な物性値を設定する。

また，有効応力解析に用いる狐崎部層及び牧の浜部層の解析用物性値は，設置変更許可申請書（添付書類六）に記載した値に基づき設定する。狐崎部層及び牧の浜部層の速度構造については，後述の（6. 地盤の速度構造）に示す。

なお，地盤の物理的及び力学的特性は，日本産業規格（JIS）又は地盤工学会（JGS）の基準に基づいた試験の結果から設定することとした。

(1) 液状化強度特性の設定

図4.2-1 に液状化強度特性設定のフローを示す。

- ・ 女川原子力発電所の液状化影響評価については、道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）（（社）日本道路協会，H14.3）（以下，「道路橋示方書V」という）の液状化評価方法を基本とするが，液状化評価の対象外とされる G.L. -20m 以深の土層等についても液状化強度試験を実施し，保守的に盛土及び旧表土を液状化検討対象層とする（(2)液状化検討対象層の抽出）。
- ・ 液状化検討対象層として抽出した盛土及び旧表土の液状化強度試験の試料採取位置について，敷地全体に分布する盛土及び旧表土の基本物性値と比較し，その代表性を確認する（(3)液状化強度試験試料採取位置の選定とその代表性）。
- ・ 液状化強度試験結果に基づいて，地震時の地盤の状態を「液状化」，「繰返し軟化」及び「非液状化」と分類し，液状化検討対象層が「液状化」とならないこと（支持力を喪失しない，又は急激な流動変位が発生しない地盤であること）を把握する（(4)液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定）。
- ・ 液状化強度特性は，液状化強度試験結果に対して，保守的に下限値となるように設定する（(4)液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定）。

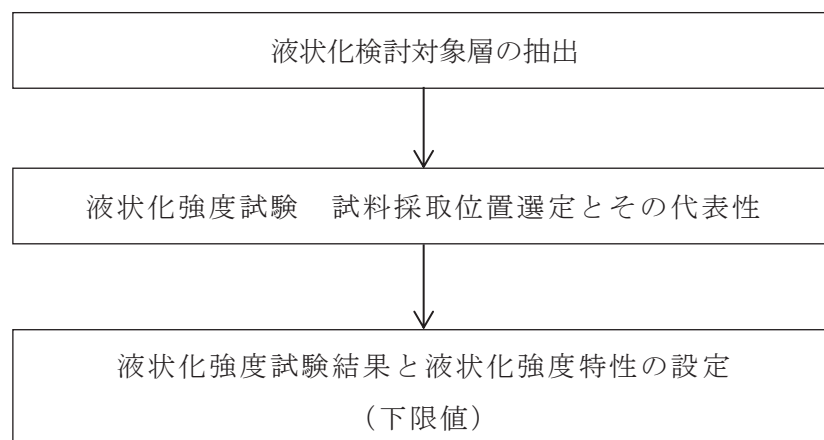


図 4.2-1 液状化強度特性設定のフロー

また，女川原子力発電所では，設置変更許可申請後に追加の液状化強度試験を実施している。設計及び工事の計画の認可申請では，追加実施した液状化強度試験結果を踏まえ，耐震評価における液状化強度特性を下限値にて設定することにより，保守性を考慮する。

(2) 液状化検討対象層の抽出

a. 敷地の地質概況

敷地の地質は、表 3.1-1 に示す敷地の地質層序表に示すとおり、中生界ジュラ系と、これを覆う第四系等によって構成されており、敷地のジュラ系は、牡鹿層群月の浦累層及び荻の浜累層に区分される砂岩、頁岩及び砂岩頁岩互層の堆積岩類であり、敷地に広く分布し、部分的にこれらを貫いてひん岩が分布する。また、第四系として、一部海岸付近及び低地周辺に、未固結～半固結の堆積物が分布する。

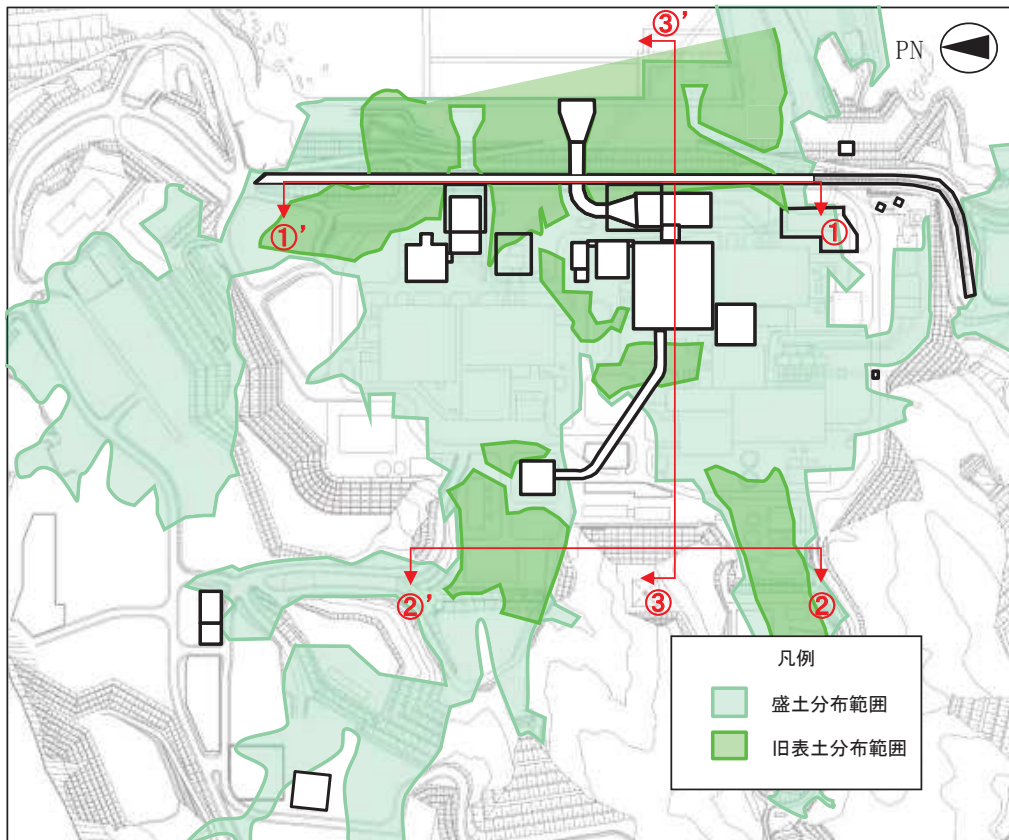
敷地の地盤は、岩盤、盛土及び旧表土に分類され、液状化の可能性を考慮するべき未固結の地盤は、盛土及び旧表土が該当する。なお、旧表土は、第四系の沖積層に該当し、粘性土～粘土質砂質土～砂質土を主体とし、海浜砂に比べ粒径が比較的幅広い特徴を有する。

旧表土は、地層の連続性からみて同時代に堆積したものと考えられ、かつては敷地のほぼ全域にわたり牡鹿層群を覆って分布していたが、発電所設置の際の掘削により、その多くが取り除かれており、現在は地表面に露出しておらず盛土下部の岩盤上面に分布しているのみである。

盛土は建設時に発生した岩砕を締固め管理*した人工地盤であり、敷地の整地地盤のほぼ全域に分布している。

盛土及び旧表土の分布状況について、平面図を図 4.2-2、地質断面図を図 4.2-3 に示す。また、盛土及び旧表土を確認したボーリング柱状図及びコア写真については参考資料 14 に示す。

*：撒き出し厚 30cm とし、振動ローラー等で締固めを実施。施工後、現場密度試験を行い、室内試験（突固め試験）結果と比較して十分締固められていることを確認した。



(旧表土は地表面に露出しておらず盛土下部の岩盤上面に分布している。)

図 4.2-2 盛土及び旧表土の分布平面図

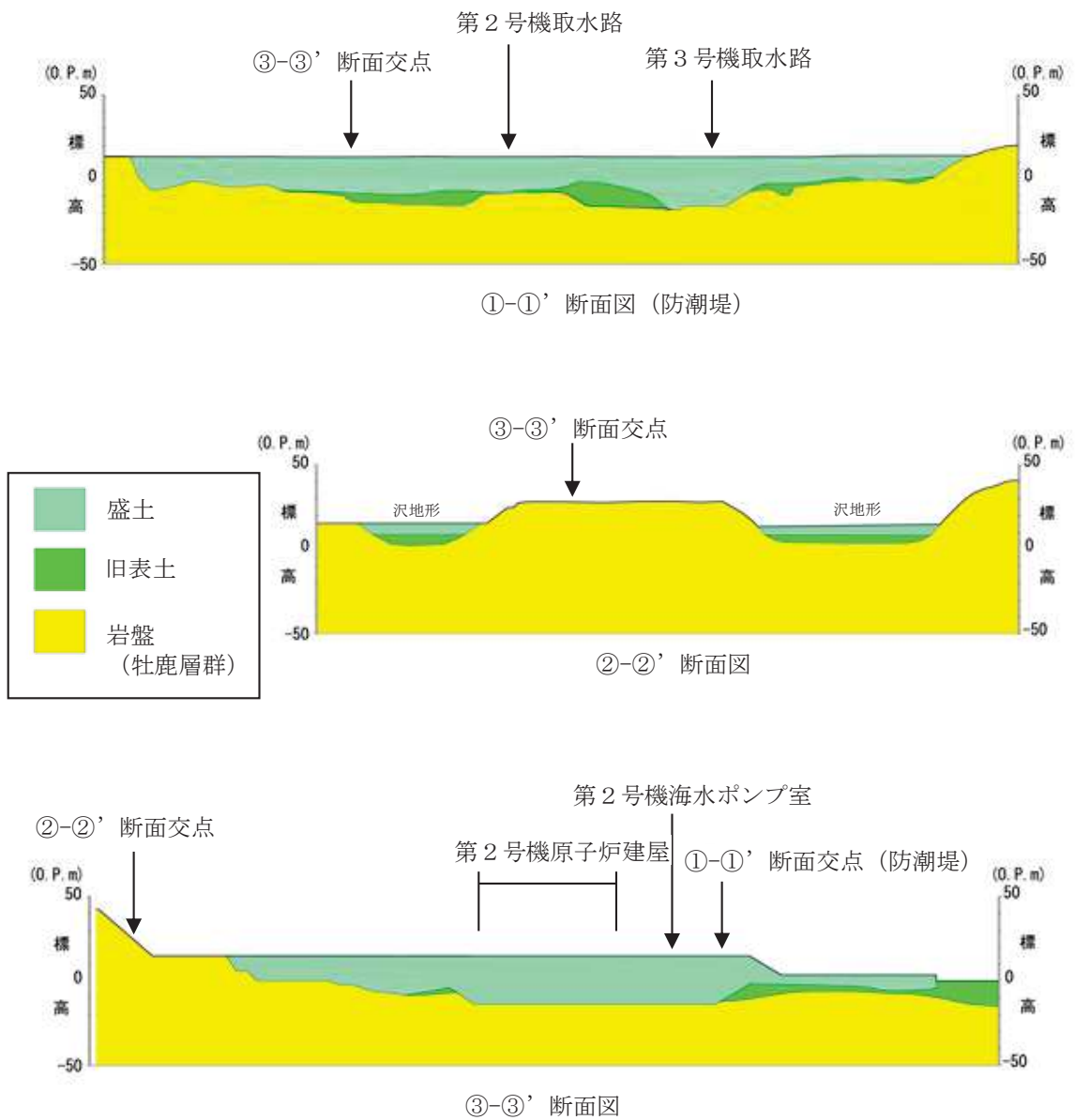


図 4.2-3 盛土及び旧表土の分布断面図

b. 旧表土の分布

各断面位置における旧表土の分布の特徴は以下のとおりである。

・①－①’ 断面

防潮堤付近に旧表土が広く分布している。第2号機取水路と第3号機取水路の間付近で旧表土が最も厚くなり、その層厚は最大14m程度である。

・②－②’ 断面

山側の沢地形部に旧表土が分布している。盛土の下層に旧表土が分布しており、その層厚は、最大7m程度である。

・③－③’ 断面

建屋周辺には発電所建設時に掘削範囲外であった旧表土がわずかに分布しており、その層厚は最大3m程度である。港湾部分にも旧表土が分布しており、その層厚は最大9m程度である。

c. 盛土の分布

盛土については、発電所建設時の敷地造成及び構造物建設時の埋戻しにより、敷地のほぼ全域にわたって分布している。盛土は人工地盤として締固め管理して施工されており、盛土材料は建設時に発生した岩砕（最大粒径300mm）が主体となっている（盛土の均一性については、参考資料15に示す。）。

d. 液状化検討対象層

基準地震動 S_s により液状化する可能性を否定できず、液状化評価を行う対象土質である液状化検討対象層として、道路橋示方書Vでは、以下の条件全てに該当する土層と定めている。

- ① 地下水位がG.L. -10m以内であり、かつG.L. -20m以内の飽和土層
- ② 細粒分含有率が35%以下、又は細粒分含有率が35%を超えても塑性指数が 15^{*1} 以下の土層
- ③ 平均粒径が10mm以下で、かつ10%粒径が1mm以下である土層

上記の条件は他指針類（鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編（平成24年9月）、港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年））においてもほぼ共通している。

液状化検討対象層の抽出は、道路橋示方書Vで対象としている地層を基本とし、比較的浅部の地盤等が液状化検討対象層となるが、以下の場合も含め液状化検討対象層として抽出する。

- ・ G.L. -20m以深の飽和土層
- ・ 細粒分含有率が35%以上の飽和土層^{*2}

- ・平均粒径が 10 mm以上の飽和土層

以上より、液状化検討対象層として盛土及び旧表土を抽出する。

注記 *1：「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編（平成 24 年 9 月）」では「粘土分含有率 P_c が 15%以下」，「建築基礎構造設計指針 日本建築学会（2001 年）」では「粘土分（0.005mm 以下の粒径を持つ土粒子）含有率が 10%以下」との記載がある。

*2：粘土分含有率が 10%以上の土層を含む（液状化強度試験位置における粘土分含有率を参考資料 19 に示す。）。

(3) 液状化強度試験試料採取位置の選定とその代表性

a. 液状化強度試験 試料採取位置の選定

敷地内に残存する液状化検討対象層（旧表土・盛土）について、採取可能な試料採取位置の選定を行った。

旧表土の液状化強度試験に用いる試料採取位置は、図4.2-4及び図4.2-5に示すとおり、敷地内に残存する旧表土から網羅的に採取する観点から、図4.2-4のとおり7点を選定した。

盛土の試料採取位置を図4.2-4及び図4.2-6に示す。採取位置について、評価対象施設が0. P. +14. 8m盤及び0. P. +62m盤の2エリアに設置されることを踏まえ、それぞれのエリアから図4.2-4のとおり計8点を選定した。

なお、B-3～B-8の6地点については、以下の方針に基づき、設計及び工事の計画の認可申請において追加実施した。B-3～B-8の6地点の選定理由を表4.2-1に示す。

- ① 設計基準対象施設、常設重大事故等対象施設、可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートが0. P. +14. 8m盤及び0. P. +62m盤の2エリアに設置されていることを踏まえ、設置変更許可申請時に実施済みの液状化強度試験試料採取位置（B-1, B-2）と合わせて、これらの施設・設備を網羅できるようにそれぞれのエリアから複数の位置を選定する。
- ② 上記の施設・設備が敷地全域に分散して設置されていることを踏まえ、試料採取位置についても代表性の観点から偏りが無いよう分散して選定する。

表 4.2-1 追加実施した盛土の試料採取位置（B-3～B-8）の選定理由

孔名	選定理由	
	方針①	方針②
B-3	0. P. +14. 8m 盤から採取することとした	実施済みであった B-1 孔を含め、B-4、B-5 及び B-6 から離れた位置とし、防潮壁（第 2 号機放水立坑）及び海水ポンプ室付近の位置から採取することとした。
B-4	0. P. +14. 8m 盤から採取することとした	実施済みであった B-1 孔を含め、B-3、B-5 及び B-6 から離れた位置とし、第 3 号機海水熱交換器建屋付近から採取することとした。
B-5	0. P. +14. 8m 盤から採取することとした	実施済みであった B-1 孔を含め、B-3 及び B-4 から離れた位置とし、排気筒及び排気筒連絡ダクト近傍から採取することとした。 ^{*1}
B-6	0. P. +14. 8m 盤から採取することとした	実施済みであった B-1 孔を含め、B-3 及び B-4 から離れた位置とし、排気筒及び排気筒連絡ダクト近傍から採取することとした。 ^{*1}
B-7	0. P. +62m 盤から採取することとした	実施済みであった B-2 孔から離れた位置とし、緊急用電気品建屋及びガスタービン発電設備軽油タンク室付近から採取することとした。 ^{*2}
B-8	0. P. +62m 盤から採取することとした	実施済みであった B-2 孔から離れた位置とし、緊急用電気品建屋及びガスタービン発電設備軽油タンク室付近から採取することとした。 ^{*2}

注記*1 0. P. +14. 8m 盤の施設配置及び盛土の分布範囲を踏まえて、採取可能な試料採取位置の選定を行った結果、近接する箇所からの採取となった。

*2 0. P. +62m 盤の施設配置及び盛土の分布範囲を踏まえて、採取可能な試料採取位置の選定を行った結果、近接する箇所からの採取となった。

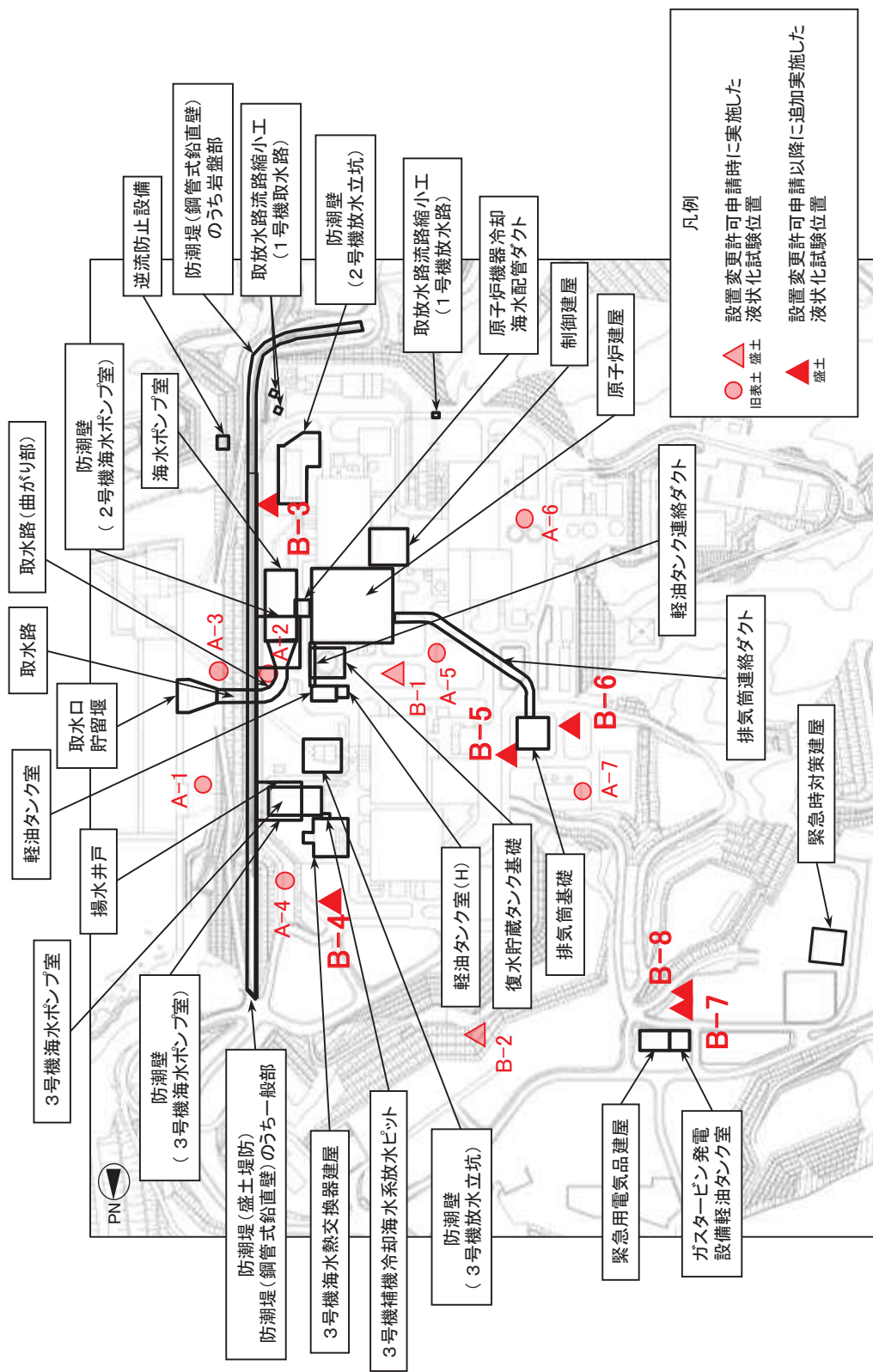


図 4.2-4 液状化強度試験位置

P33

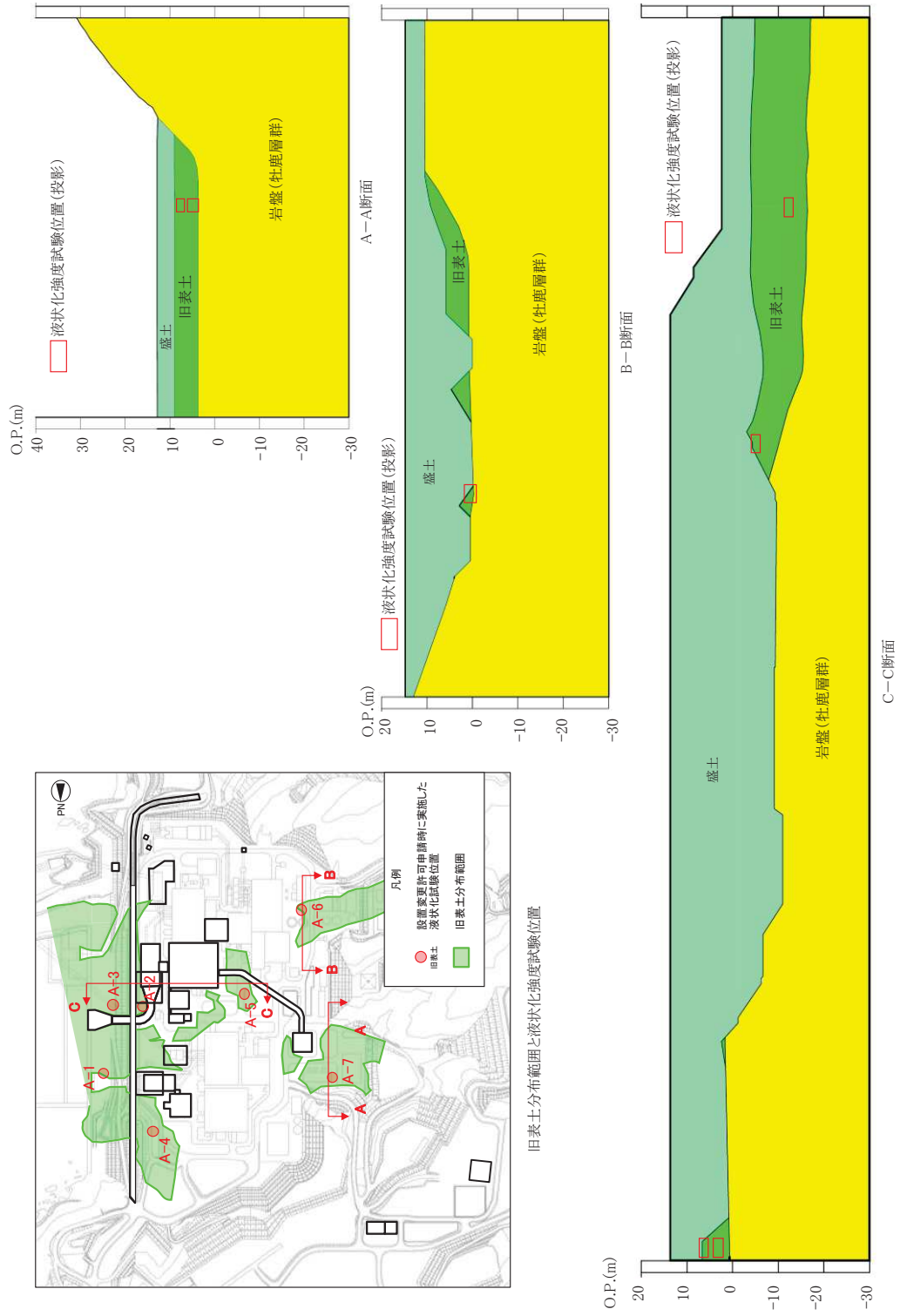


図 4.2-5(1) 旧表土の液状化強度試験に用いる試料採取位置断面図(1/2)

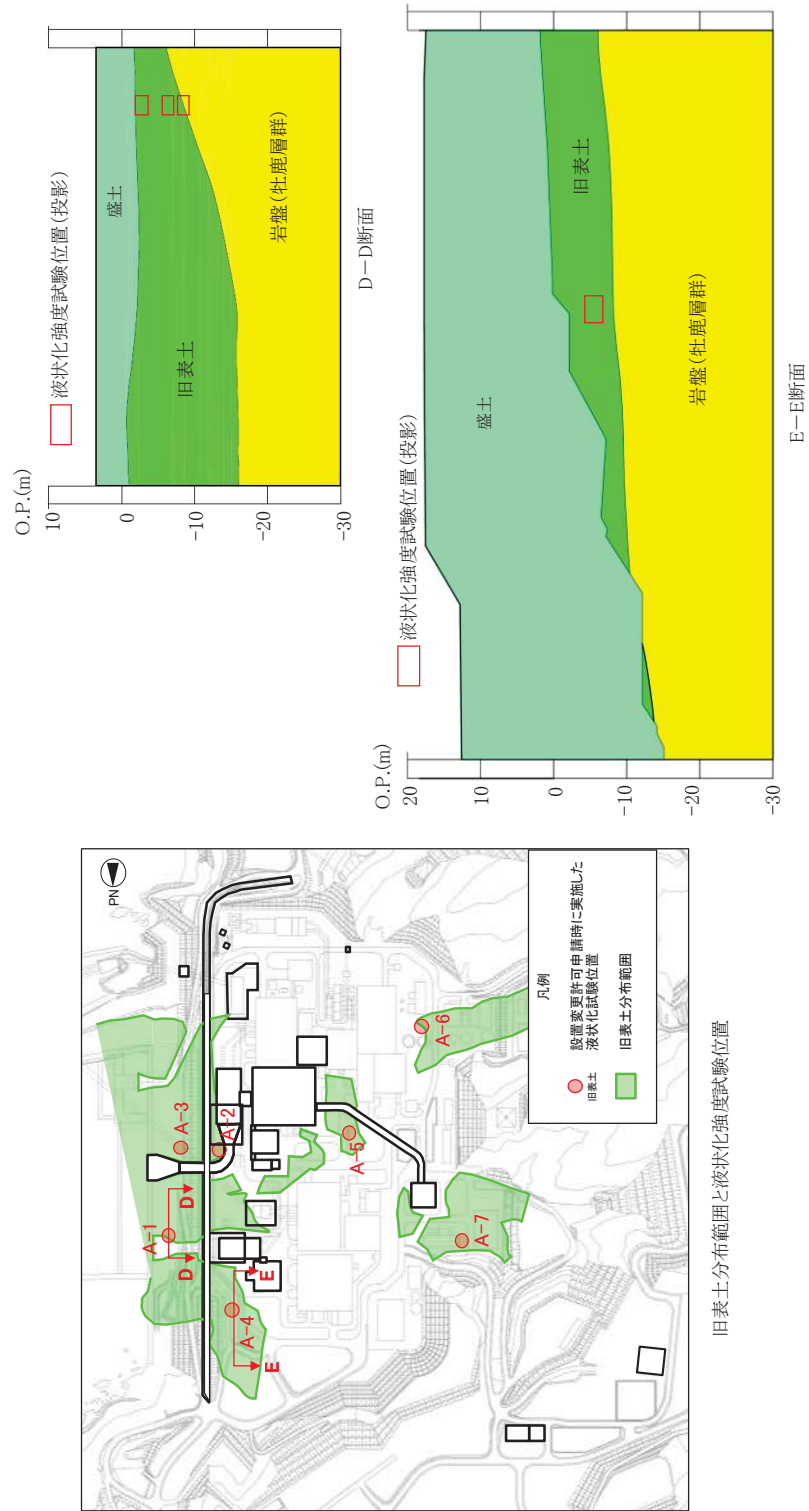
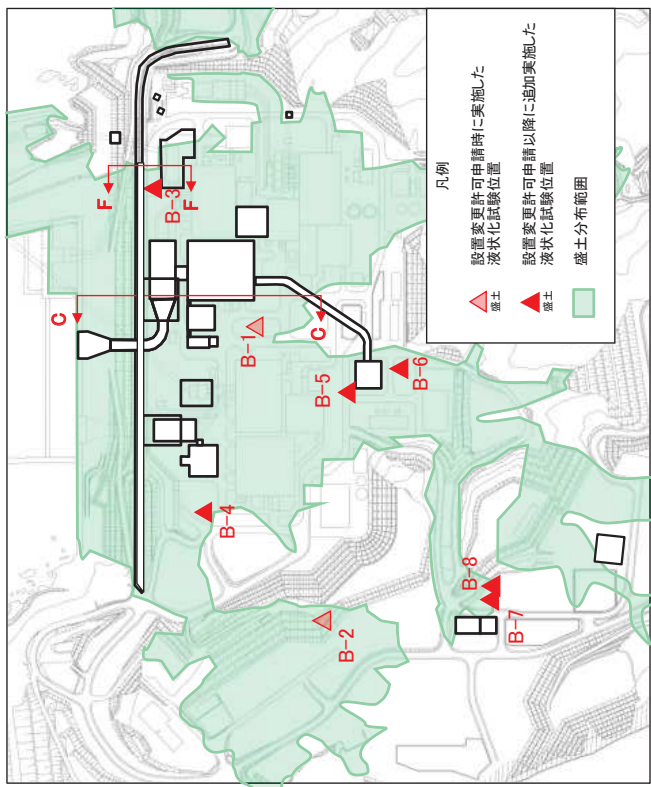


図 4.2-5(2) 旧表土の液状化強度試験に用いる試料採取位置断面図 (2/2)



盛土分布範囲と液状化強度試験位置

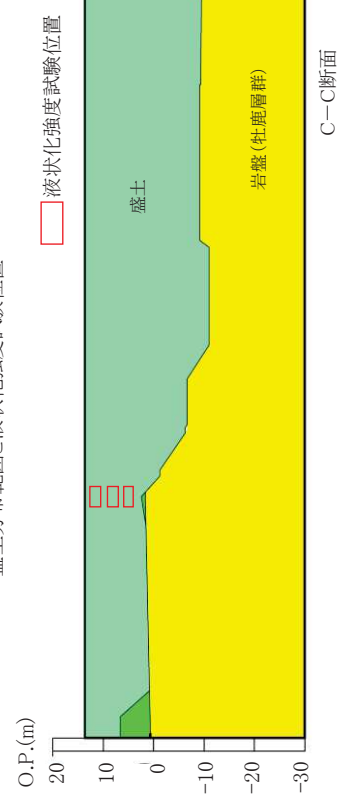
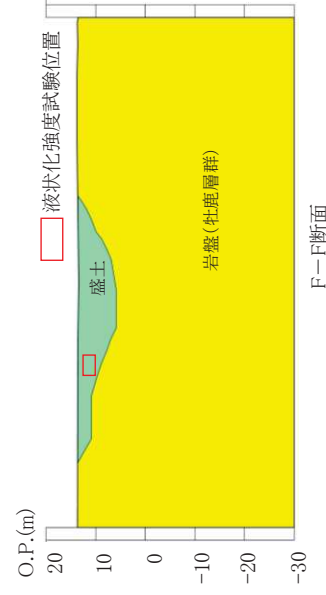


図 4.2-6(1) 盛土の液状化強度試験に用いる試料採取位置断面図 (1/3)

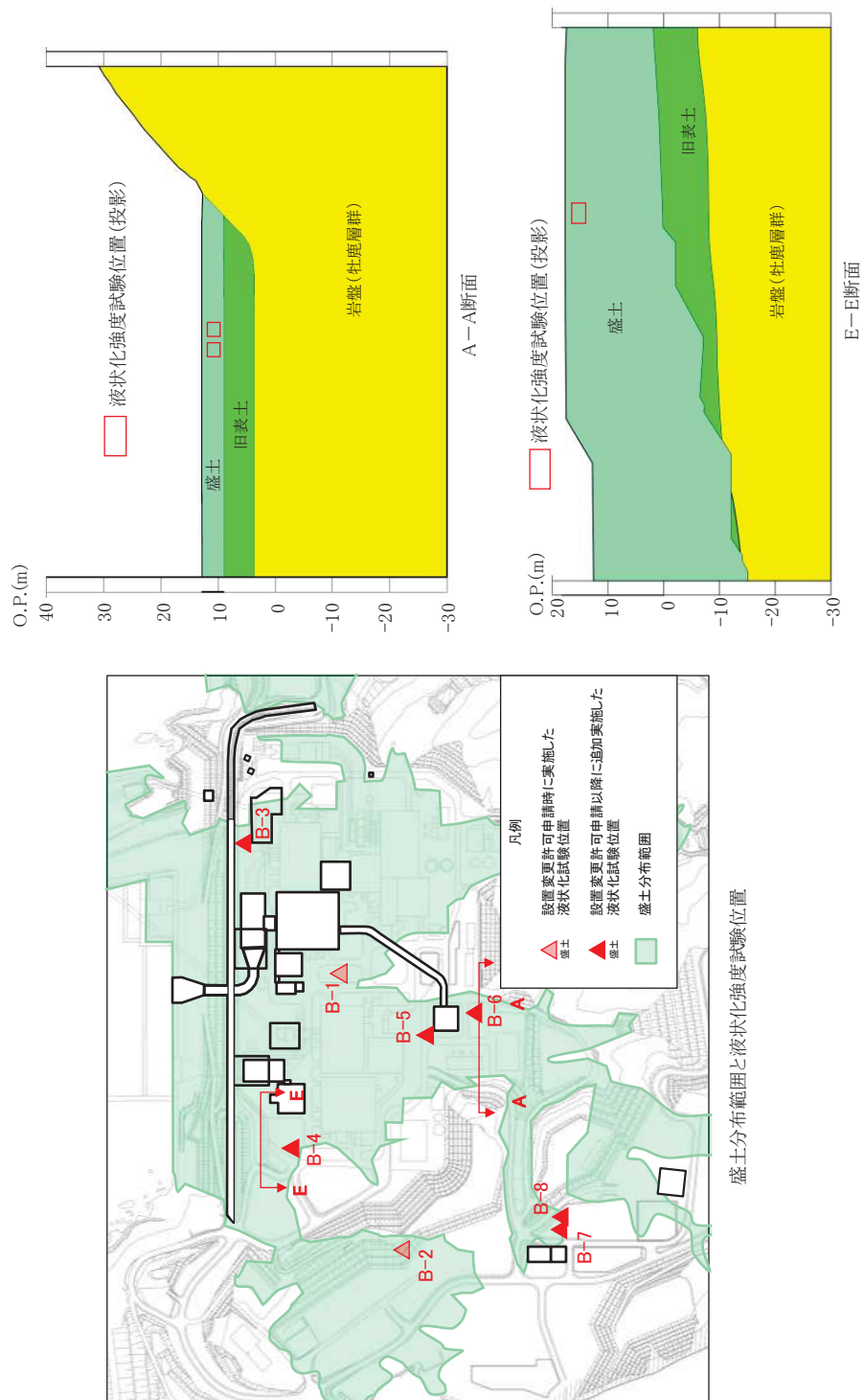


図 4.2-6(2) 盛土の液状化強度試験に用いる試料採取位置断面図(2/3)

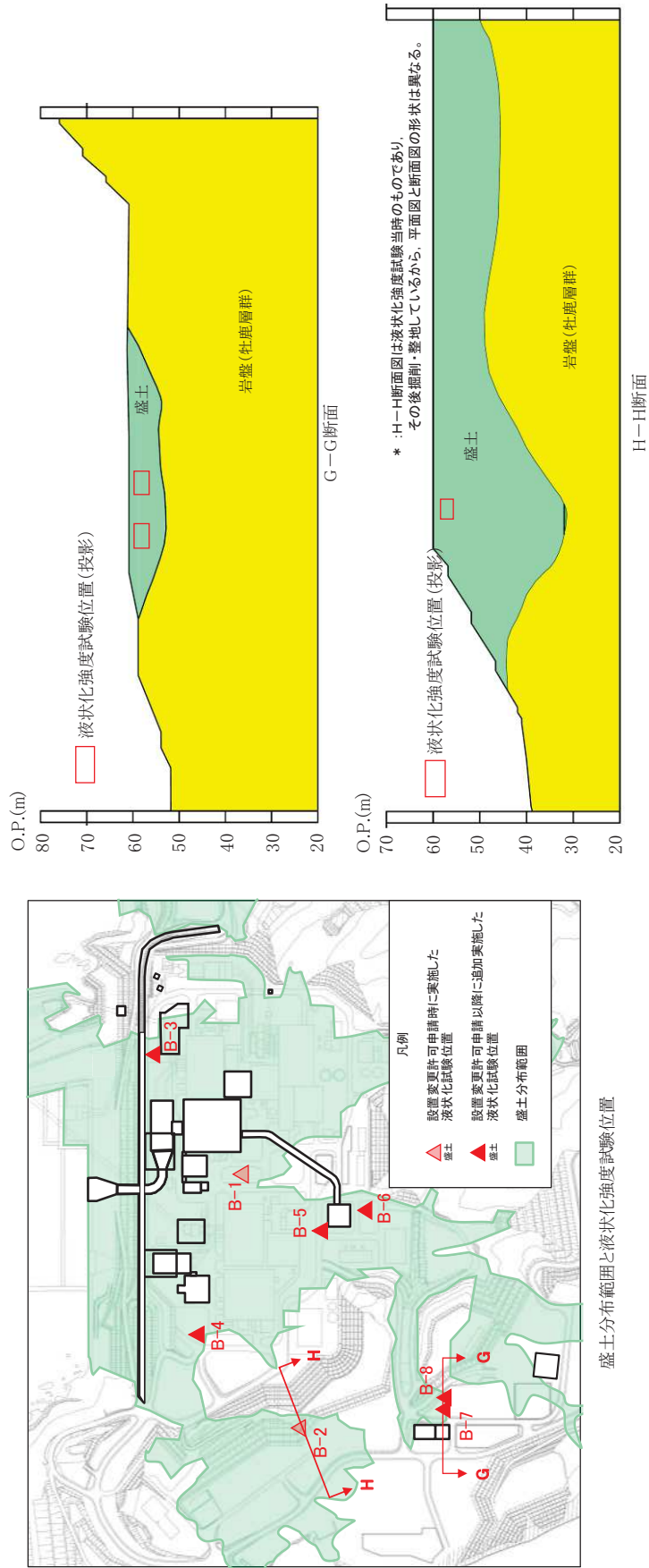


図 4.2-6(3) 盛土の液状化強度試験に用いる試料採取位置断面図 (3/3)

b. 液状化強度試験 試料採取位置の代表性確認

旧表土と盛土の液状化試験試料の採取位置が発電所敷地内を代表できることを示す。

旧表土については、液状化強度比 R_L と相関性のある指標（基本物性）を抽出の上、液状化強度試験位置と敷地全体における指標の比較を行うことにより、その妥当性を確認した。

盛土については、盛土材料及び施工管理の観点から均一であることを示した上で、旧表土と同様に液状化強度比 R_L と相関性のある指標を抽出の上、液状化強度試験位置と敷地全体における指標の比較を行うことにより、その妥当性を確認した。

(a) 旧表土の代表性確認

旧表土の液状化強度試験位置の代表性を確認することを目的として、液状化強度試験位置と敷地全体における指標を比較し検討を行った。

代表性確認において比較する指標として、①粒度分布、②細粒分含有率、③N値を選定した。なお、各種試験は、JISに基づき実施した。

各指標の選定理由を以下に示す。また、各基準類における液状化強度比 R_L と基本物性の相関性を表 4.2-2 に示す。

① 粒度分布

粒径加積曲線から求められる粒度分布は、基本的な土の物性値であり、各基準類における液状化判定において平均粒径、10%粒径が用いられており、液状化強度比 R_L の相関が高いことから選定した。

② 細粒分含有率

細粒分含有率は、各基準類の液状化判定における液状化強度比 R_L の算定式において、液状化強度比 R_L を補正するパラメータとして用いられており、液状化強度比 R_L との相関が高いことから選定した。

③ N値

N値は、各基準類の液状化判定における液状化強度比 R_L の算定式がいずれもN値をパラメータとした式であり、また、有効応力解析コード（FLIP）の簡易パラメータ設定法にN値が用いられており、液状化強度比との相関が高いことから選定した。

表 4.2-2 各基準類における液状化強度比 R_L と基本物性の相関性

基準類名	液状化強度比 R_L の算定に用いる主物性	液状化強度比 R_L の補正に用いる物性
道路橋示方書（Ⅴ 耐震設計編）・同解説，（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月	N 値 （有効上載圧を考慮した補正を行う）	細粒分含有率 F_c
港湾の施設の耐震設計に係る当面の措置（その 2），日本港湾協会，2007（部分改訂，2012）		
建築基礎構造設計指針，日本建築学会，2001		
鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計，（財）鉄道総合技術研究所，2012		

旧表土の液状化強度試験位置及び敷地内調査位置（標準貫入試験及び物理特性試験）を図 4.2-7 に示す。

図 4.2-8 に、旧表土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置での粒度分布を示す。また、図 4.2-9 に、旧表土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の細粒分含有率及び N 値の深度分布を示す。なお、多くの旧表土の液状化強度試験供試体は地下水位以深より採取したものである。

旧表土の液状化強度試験位置の粒度分布は、おおむね敷地全体の粒度分布の平均的な範囲にあり、細粒分含有率は、敷地全体の $\pm 1\sigma$ の範囲でおおむね敷地全体の平均的な範囲にある。また、N 値は、敷地全体よりもやや小さい値である。この結果は、旧表土の液状化強度試験位置が敷地全体と同程度あるいは旧表土の液状化強度試験位置の方がやや液状化しやすい傾向があることを示している。

さらに、粒度分布、細粒分含有率及び N 値について、図 4.2-7 に示す海側のエリア①と山側のエリア②の 2 つのエリアで比較を行った。粒度分布のエリア別の比較を図 4.2-10 に、細粒分含有率及び N 値のエリア別の比較を図 4.2-11 に示す。

粒度分布、細粒分含有率及び N 値で、エリア①とエリア②で大きな違いは見られなかったが、エリア①の液状化強度試験供試体の N 値は、敷地全体及びエリア②の液状化強度試験供試体よりも小さい値であり、液状化しやすいエリアからも液状化強度試験の供試体を採取していると言える。

以上のことから、旧表土の液状化強度試験位置は、敷地内の旧表土に対して代表性及び網羅性を有していることを確認した。

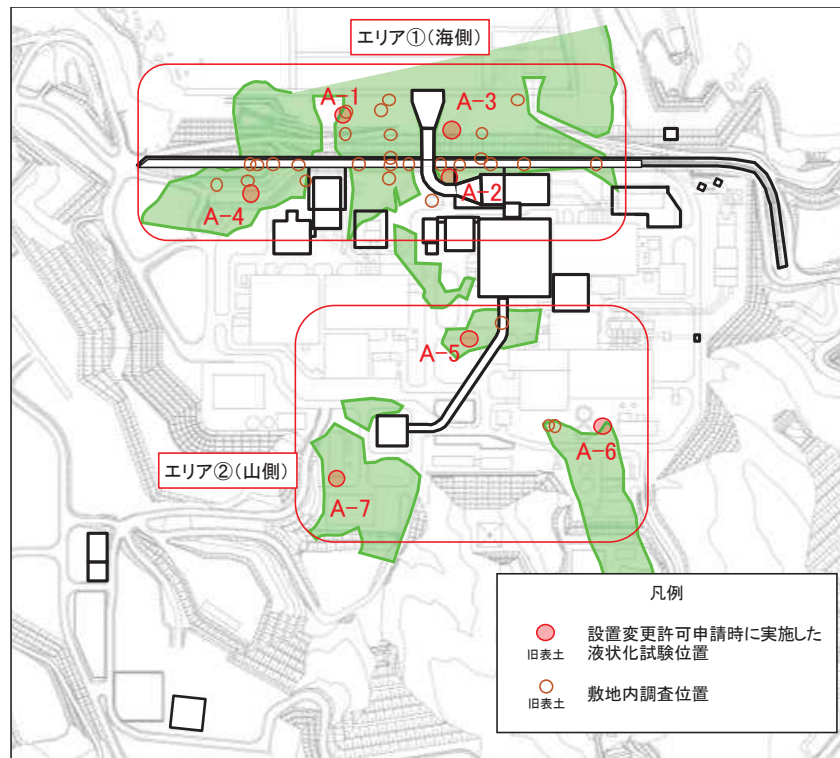


図 4.2-7 旧表土の液状化強度試験位置及び敷地内調査位置の平面図

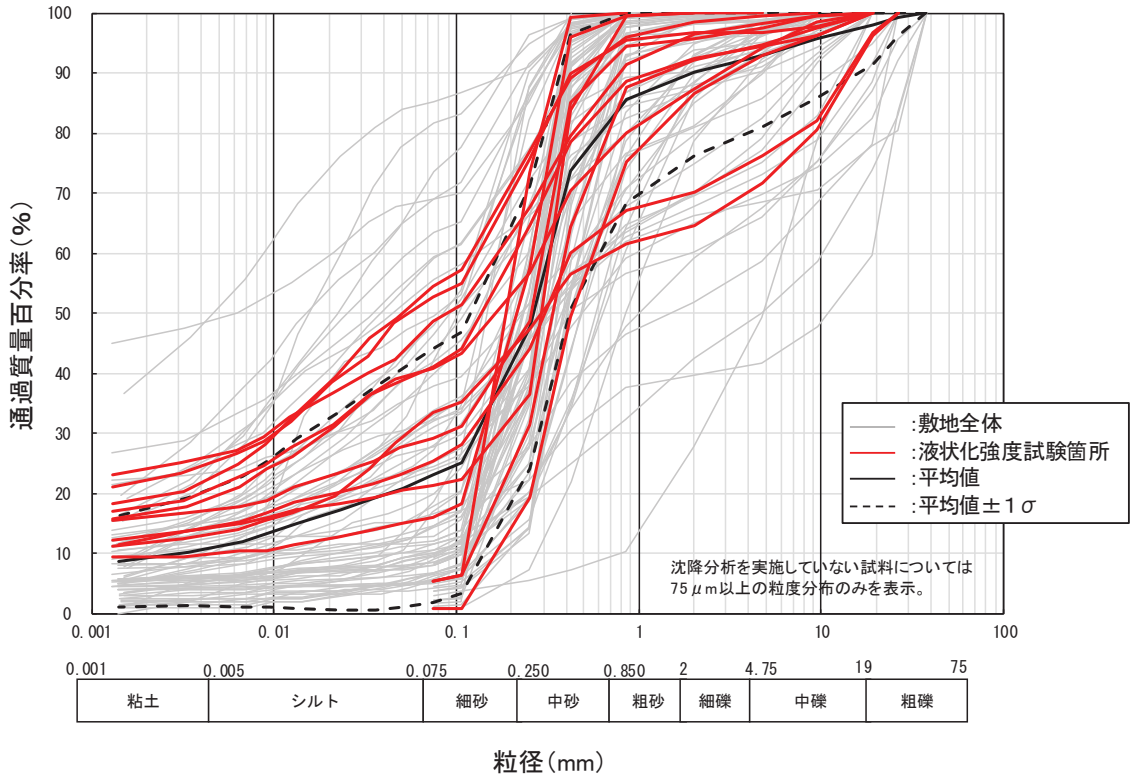


図 4.2-8 旧表土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の粒度分布

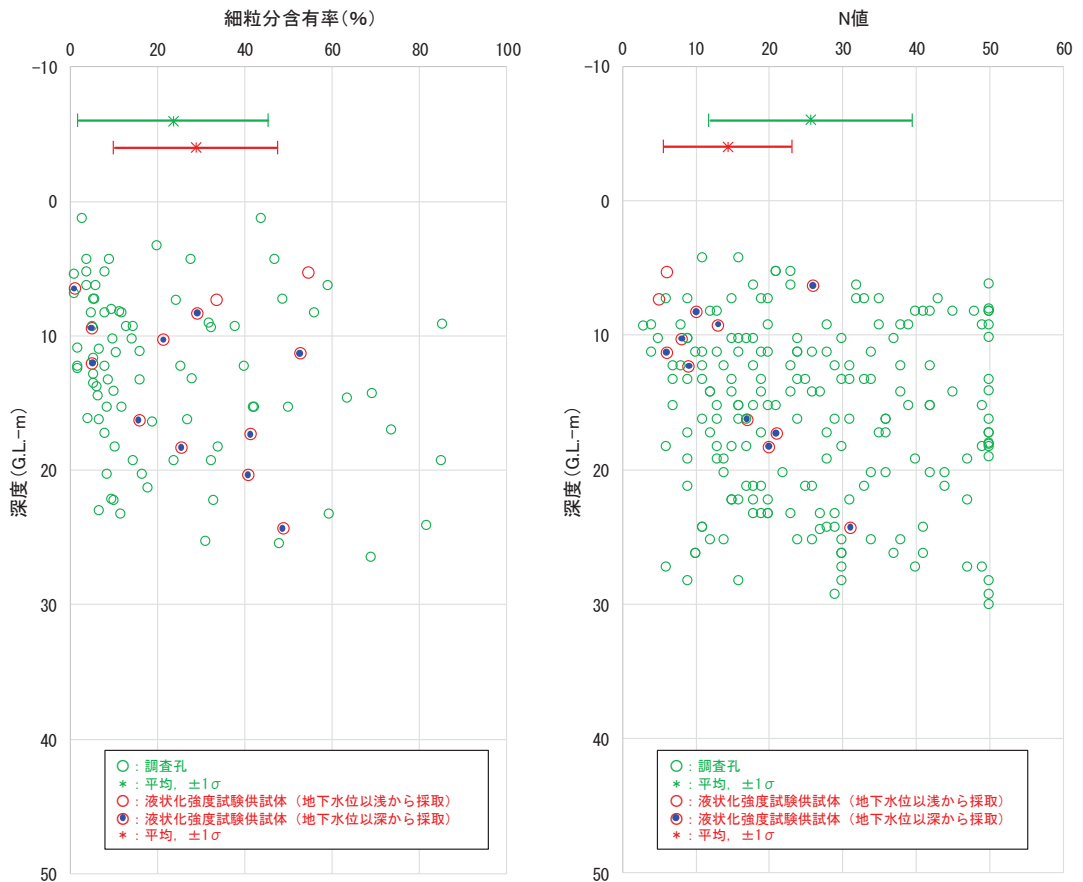
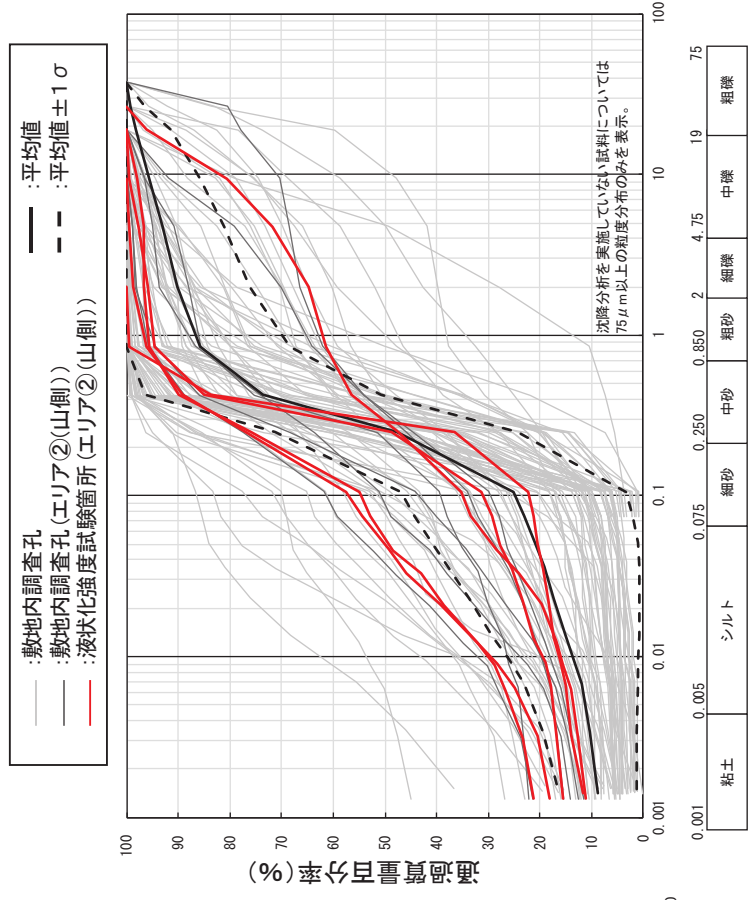
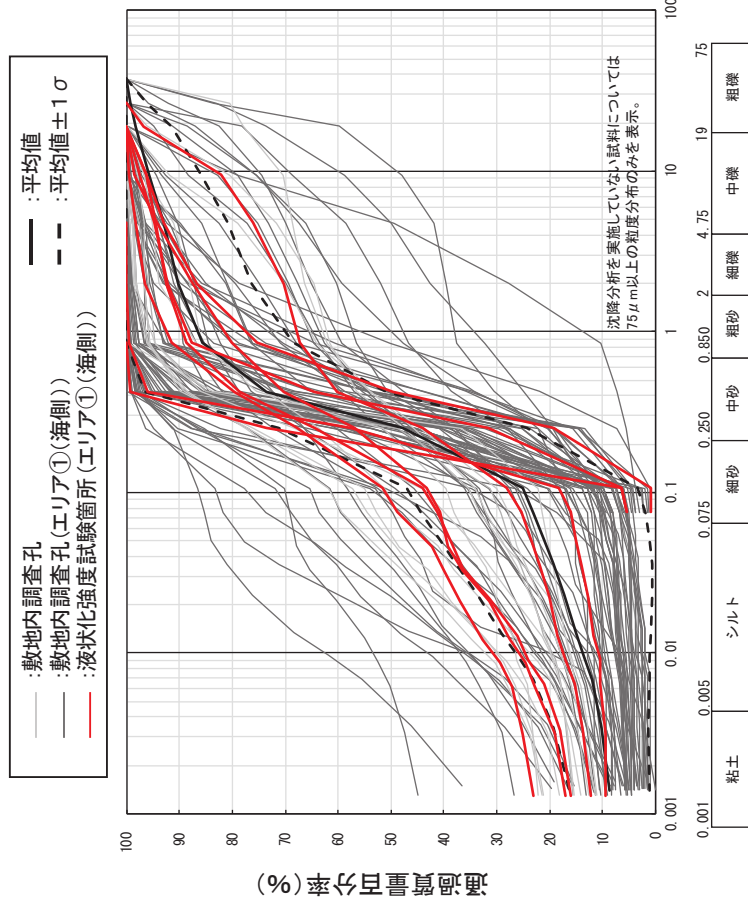


図 4.2-9 旧表土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の細粒分含有率及び N 値



(ii) エリア②(山側)で整理



(i) エリア①(海側)で整理

図 4.2-10 旧表土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の粒度分布 (エリア別比較)

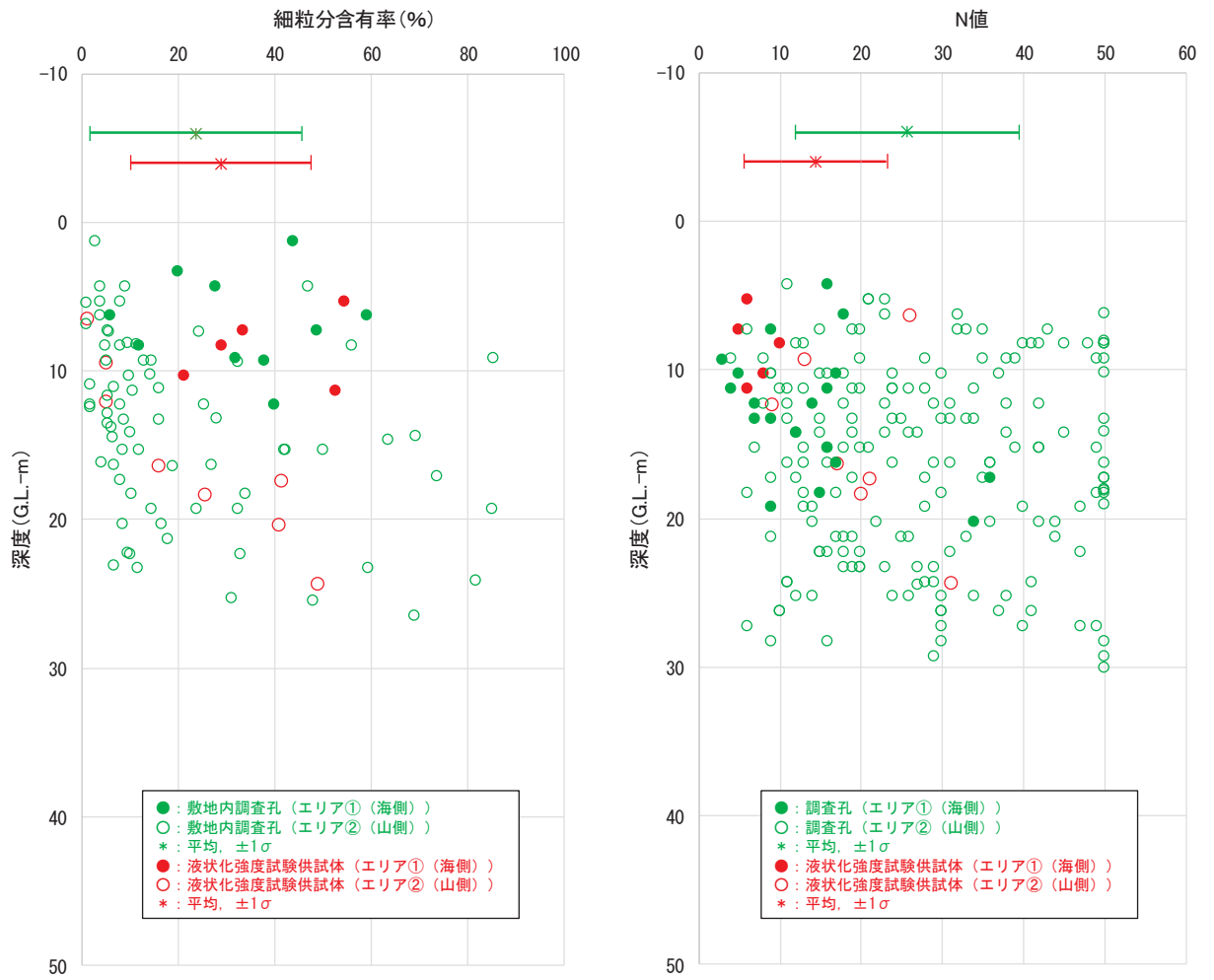


図 4.2-11 旧表土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の細粒分含有率及び N 値
(エリア別比較)

(b) 盛土の代表性確認

盛土については、建設時に発生した岩砕が主体であり、締固め管理して施工された人工地盤である。

盛土の液状化強度試験位置の代表性を確認することを目的として、液状化強度試験位置と敷地全体における指標を比較し検討を行った。

代表性確認において比較するため、液状化強度比 R_L と相関性のある指標として①粒度分布、②細粒分含有率、③相対密度を選定した。なお、各種試験は、JIS 及び JGS に基づき実施した。各指標の選定理由を以下に示す。

① 粒度分布

粒径加積曲線から求められる粒度分布は、基本的な土の物性値であり、各基準類における液状化判定において平均粒径、10%粒径が用いられており、液状化強度比 R_L の相関が高いことから選定した。

② 細粒分含有率

細粒分含有率は、各基準類の液状化判定における液状化強度比 R_L の算定式において、液状化強度比 R_L を補正するパラメータとして用いられており、液状化強度比 R_L との相関が高いことから選定した。

③ 相対密度

ダイレイタンシー特性（繰返しせん断に伴う体積変化）に直接関連する指標であり、液状化強度比 R_L との相関が高い。

なお、盛土を構成する岩砕の最大粒径は 300mm であり、岩砕が多く含まれることから標準貫入試験が適正に実施できないこと及び通常の小口径ボーリングコア試料では物理特性を把握することができないと考えるが、念のため、N 値についても確認を行った。

盛土の液状化強度試験位置及び敷地内調査位置（原位置試験及び物理特性試験）を図 4.2-12 に示す。

図 4.2-13 に、盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の粒度分布を示す。また、図 4.2-14 に、盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査位置の細粒分含有率及び N 値の深度分布並びに相対密度の比較を示す。なお、盛土の液状化強度試験供試体は地下水位以浅より採取したものである。

盛土の液状化強度試験位置の粒度分布は、液状化強度試験位置と敷地全体で類似しており、敷地全体のばらつきの範囲内にある。また、盛土の液状化強度試験位置の細粒分含有率は、敷地全体よりもやや低い範囲にあり、相対密度は、敷地全体の平均に近いか又はやや小さい範囲にある。盛土の液状化強度試験位置の N 値は、おおむね敷地全体の平均以下に分布している。これらの結果は、盛土の液状化強度試験位置が敷地全体と同程度あるいは盛土の液状

化強度試験位置の方がやや液状化しやすい傾向があることを示している。

盛土については、建設時に発生した岩砕を締固め管理して施工した人工地盤で、施工後の締固め度の検査により、所定の締固め度を有していることを確認していることから、敷地内全域で均一性を有していると考えているが、粒度分布、細粒分含有率、N値及び相対密度の指標についても確認を行った。具体的には、各号機の建設段階での盛土施工範囲を基本に図4.2-12に示す5つのエリアに区分して粒度分布、細粒分含有率、N値及び相対密度の指標で比較した。エリア別の比較を図4.2-15～図4.2-18に示す。

エリア別の比較の結果、粒度分布、細粒分含有率、N値及び相対密度のいずれの指標においても、敷地全体に対して各エリアは平均的な傾向を示しており、盛土は敷地全域で均一性を有していることを確認した。なお、N値について液状化試験位置のN値よりも低い箇所が確認されているが、これらは図4.2-17(3)に示すように、採取位置が浅部で地下水位以浅であること及び防潮堤設置に伴い地盤改良される又は置換コンクリートで取り除かれる箇所であることを確認した。また、エリア④及びエリア⑤の液状化強度試験位置は設計用地下水位よりも低く、エリア②及びエリア③の液状化強度試験位置は設計用地下水位よりも高くなっている。液状化強度試験は、後述する「(4)液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定」で示すとおり「土の繰返し非排水三軸試験方法(JGS 0541)」に基づき、飽和状態で試験を実施する。

以上のことから、盛土の液状化強度試験位置は、敷地内の盛土に対して代表性及び網羅性を有していると考えられるが、盛土の液状化強度特性の設定に当たっては下限値にて設定することにより、保守性を考慮する。

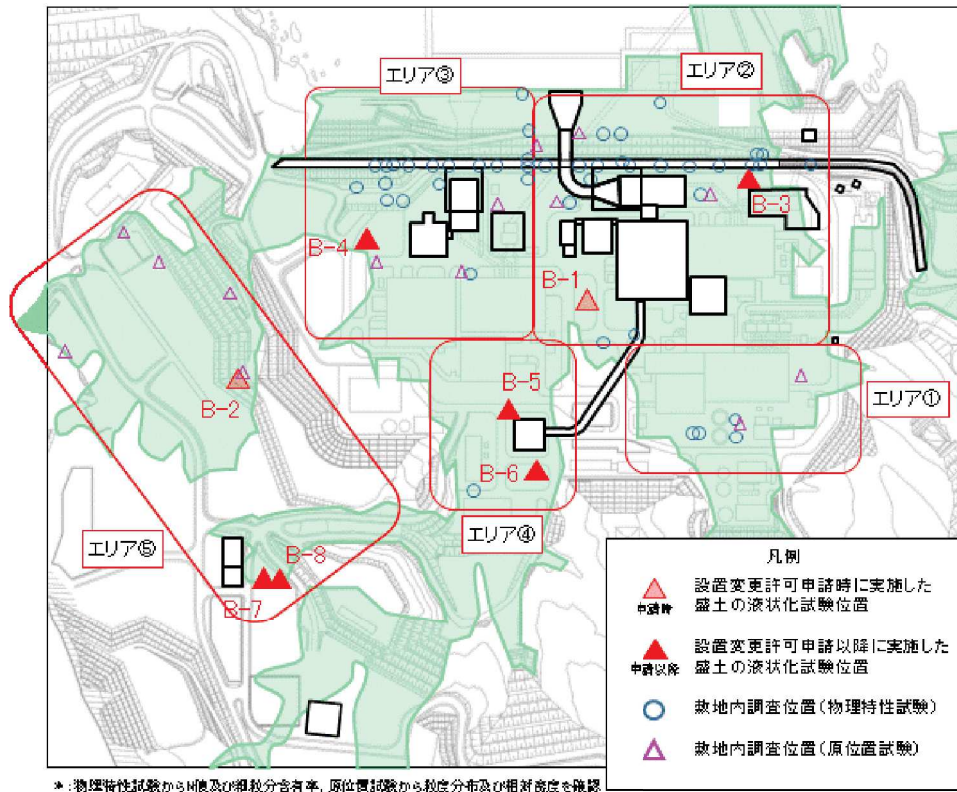


図 4.2-12 盛土の液状化強度試験位置及び敷地内調査位置の平面図

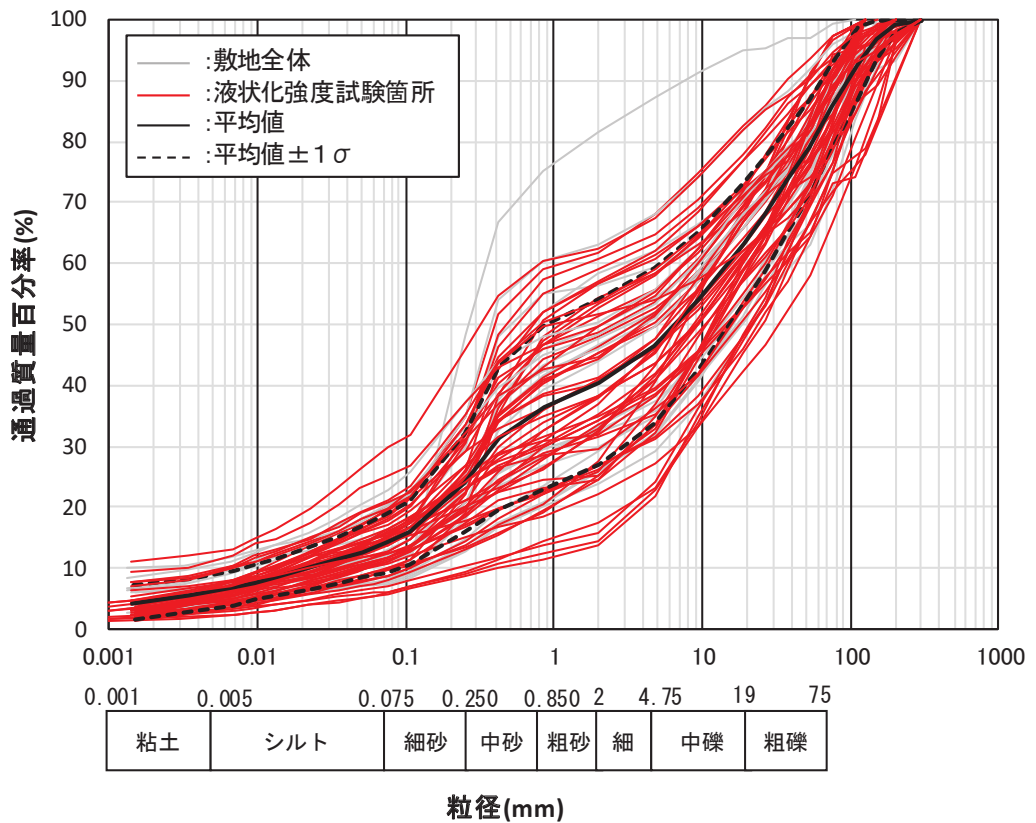


図 4.2-13 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所の粒度分布

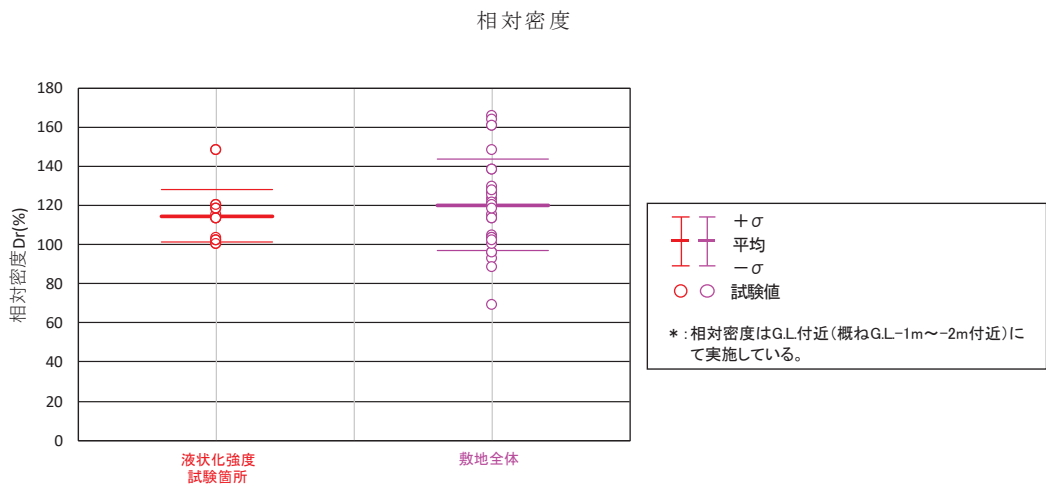
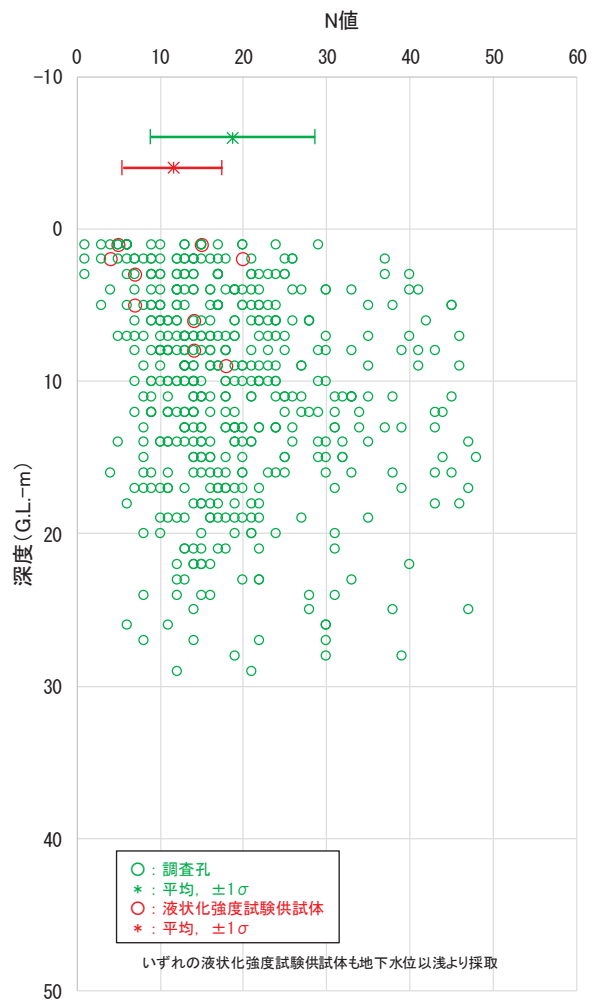
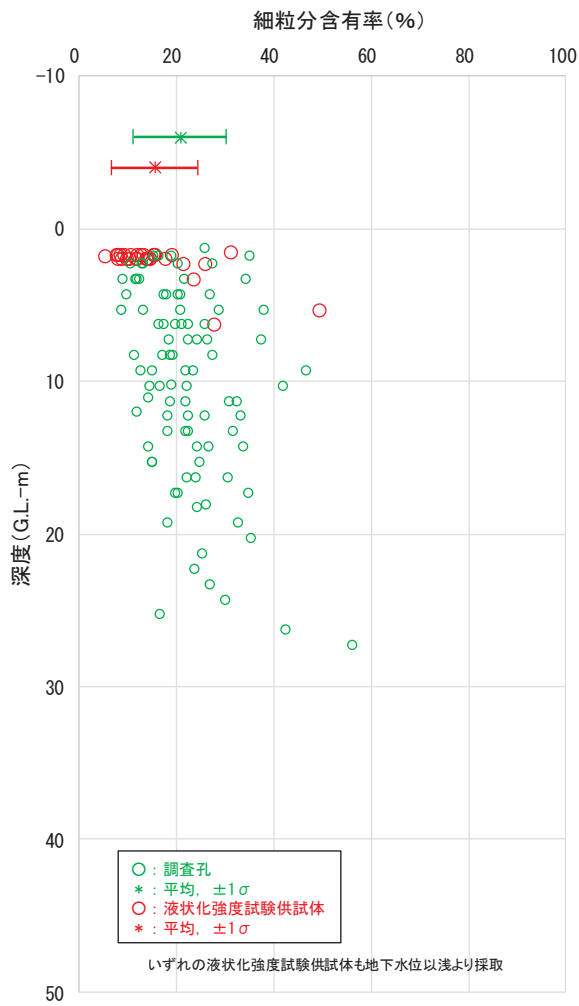
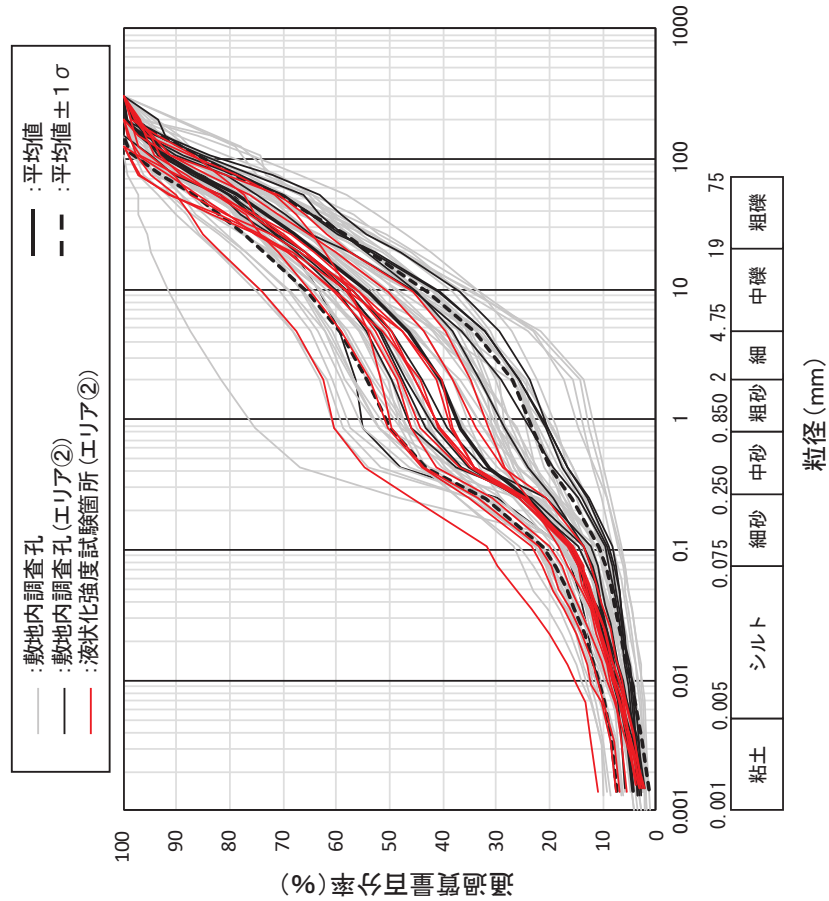
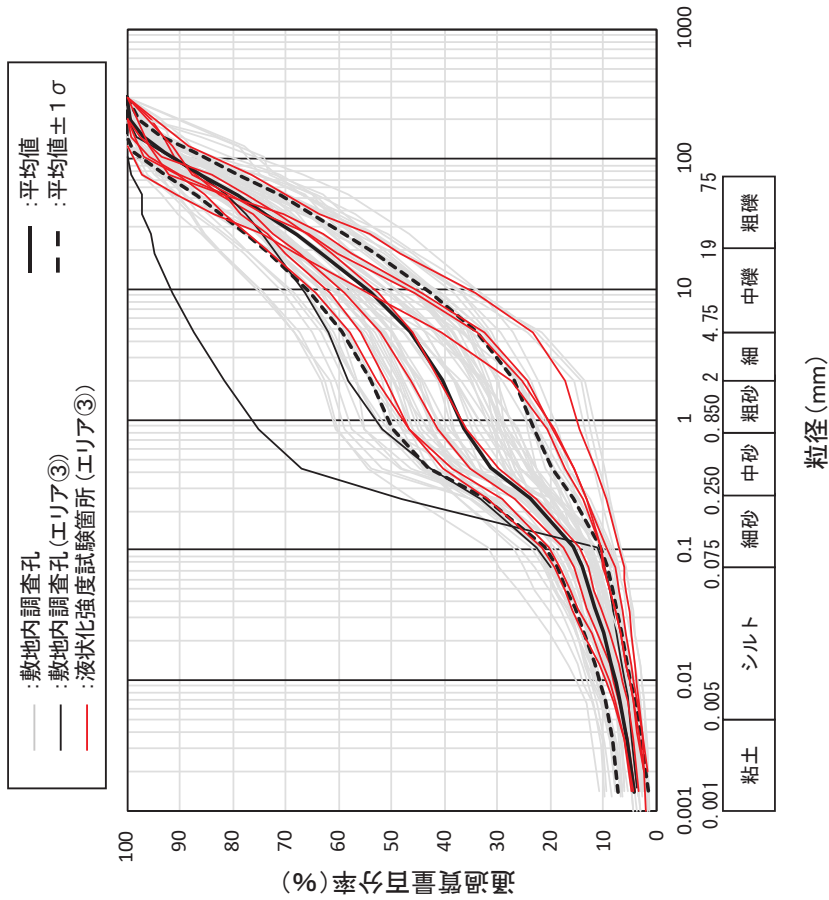


図 4.2-14 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所の
細粒分含有率, N 値及び相対密度



(i) エリア②で整理

(エリア①には液状化強度試験供試体がない)



(ii) エリア③で整理

図 4.2-15(1) 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所との粒度分布 (エリア別比較)

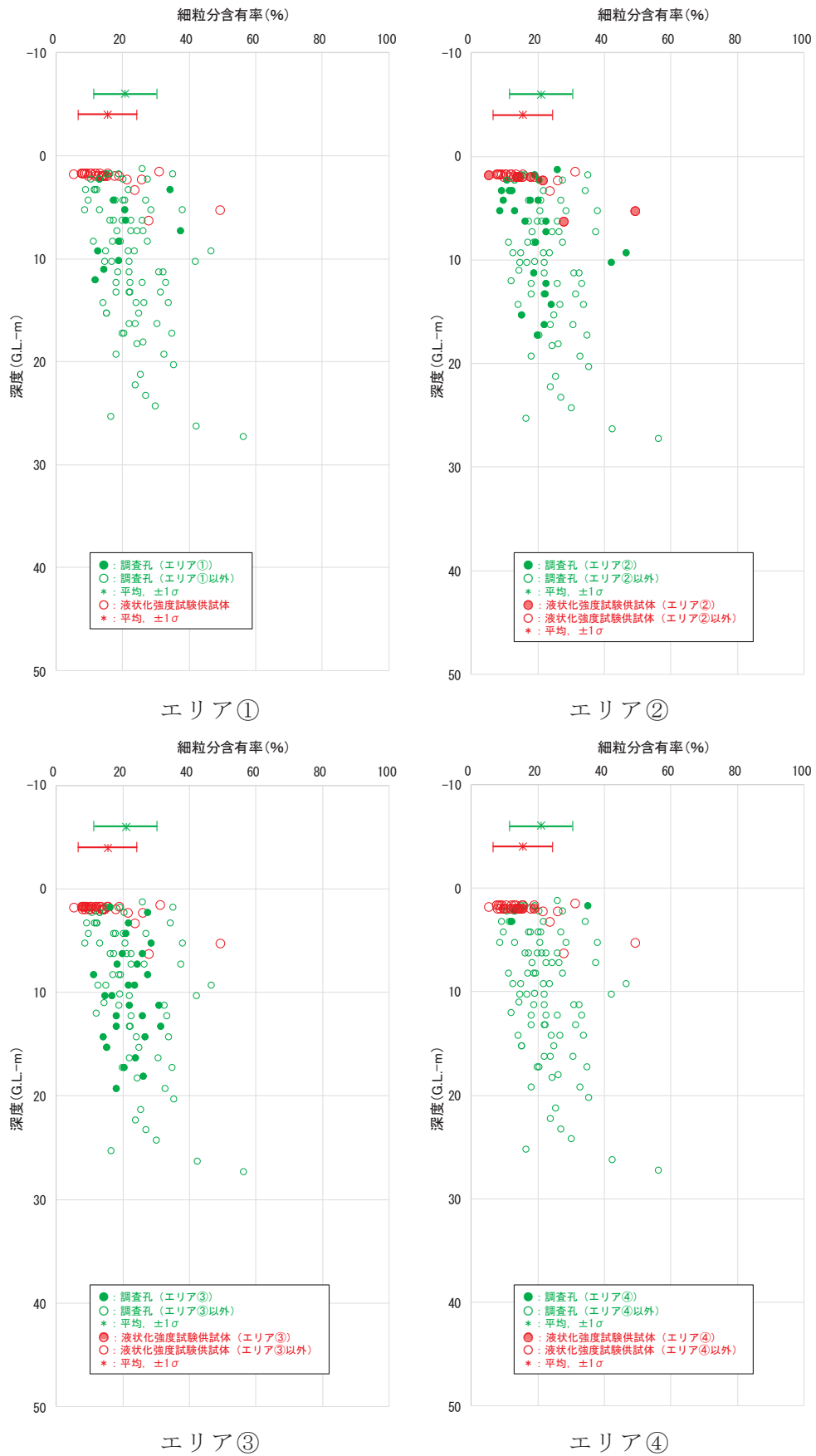


図 4.2-16(1) 盛土の液化強度試験供試体と敷地内調査箇所の子粒分含有率 (エリア別比較)

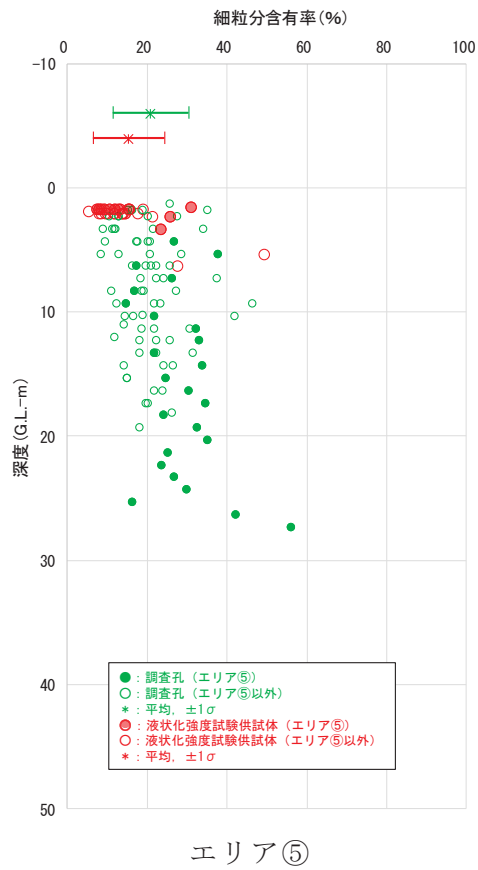
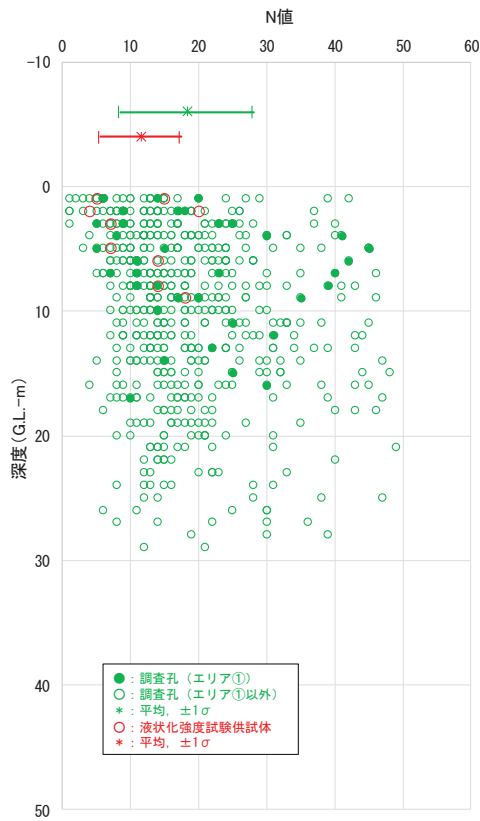
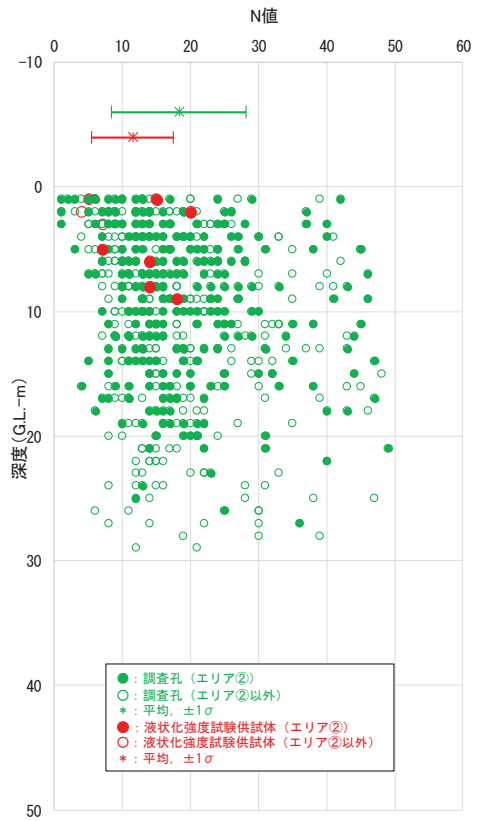


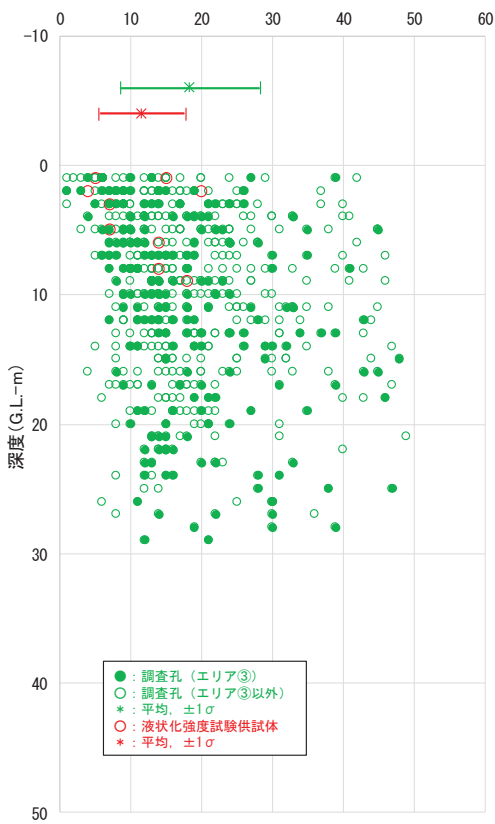
図 4.2-16(2) 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所細粒分含有率
(エリア別比較)



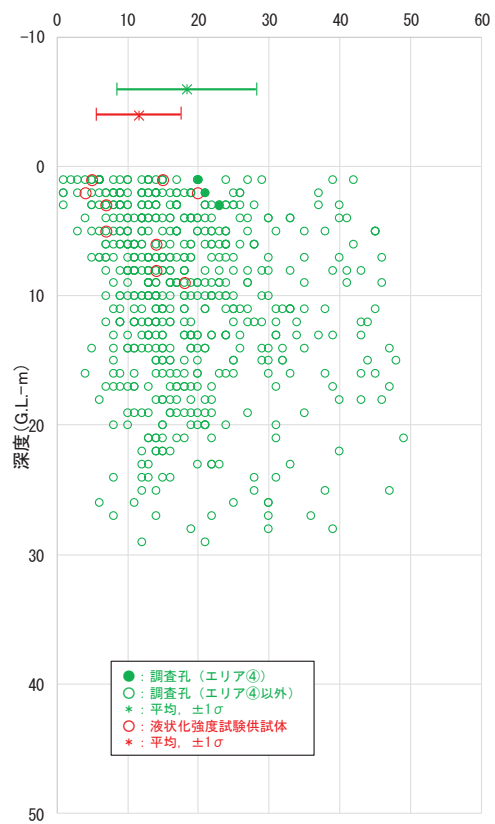
エリア①



エリア②

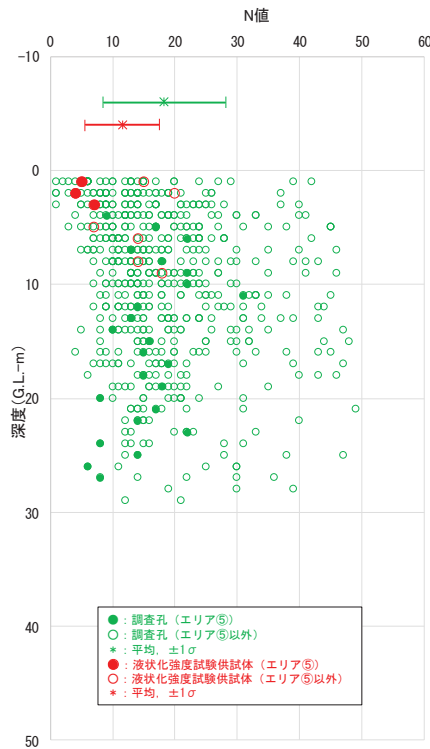


エリア③



エリア④

図 4.2-17(1) 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所 の N 値
(エリア別比較)



エリア⑤

図 4.2-17(2) 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所の N 値
(エリア別比較)

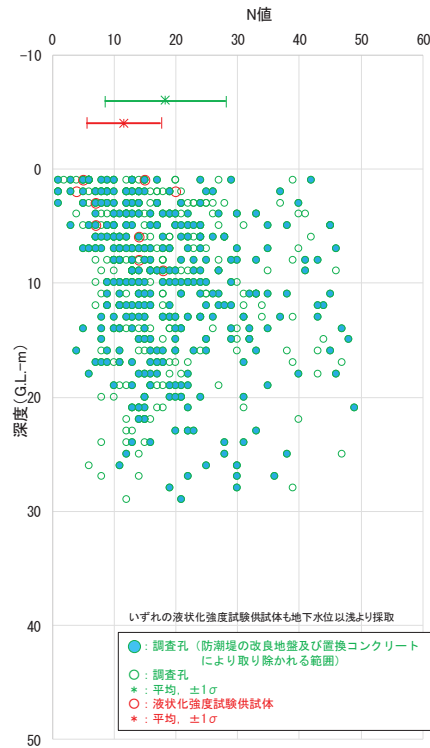


図 4.2-17(3) 盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査箇所の N 値
(防潮堤設置に伴い地盤改良される又は置換コンクリートで取り除かれるデータ)

(c) 液状化強度試験試料採取位置の代表性のまとめ

旧表土及び盛土の液状化強度試験試料採取位置の代表性について確認を行った結果、以下のとおり旧表土及び盛土の液状化試験位置は敷地に対して代表性を有していると評価した。

①旧表土

【粒度分布】

おおむね敷地全体の平均的な粒度分布を持つ試料で試験を実施

【細粒分含有率】

おおむね敷地全体における $\pm 1\sigma$ の範囲内の試料で試験を実施

【N値】

平均値、 -1σ 値共に敷地全体より小さい位置で試験を実施

②盛土

【粒度分布】

敷地内の盛土の粒度分布は類似しており、ばらつきの範囲内に分布

【細粒分含有率】

おおむね敷地全体の $\pm 1\sigma$ の範囲内の試料で試験を実施

【相対密度】

平均値において敷地全体より小さい位置で試験を実施

(4) 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

a. 液状化強度試験方法

旧表土及び盛土に対し、地盤の液状化強度特性を求めるための「土の繰返し非排水三軸試験方法（JGS 0541）」に基づき試験を実施する。試料採取は、原位置の地盤を乱さないよう、凍結サンプリングやゲルプッシュサンプリングにより実施した。

繰返し非排水三軸試験装置の概要を **図 4.2-19** に示す。

【試験条件】

- ・ 供試体寸法（旧表土）：外径 50mm・高さ 100mm, 外径 70mm・高さ 140mm
- ・ 供試体寸法（盛土・旧表土）：外径 100mm・高さ 200mm
- ・ 供試体寸法（盛土）：外径 300mm・高さ 600mm
- ・ 載荷波形：正弦波（0.1～0.2Hz）
- ・ 拘束圧：供試体平均深度の有効土被り圧を考慮して設定
- ・ 軸ひずみ 10%に達するまで試験を実施
- ・ 所定の軸ひずみ（1%, 2%, 5%, 10%）及び過剰間隙水圧比 0.95 の繰返し回数を評価

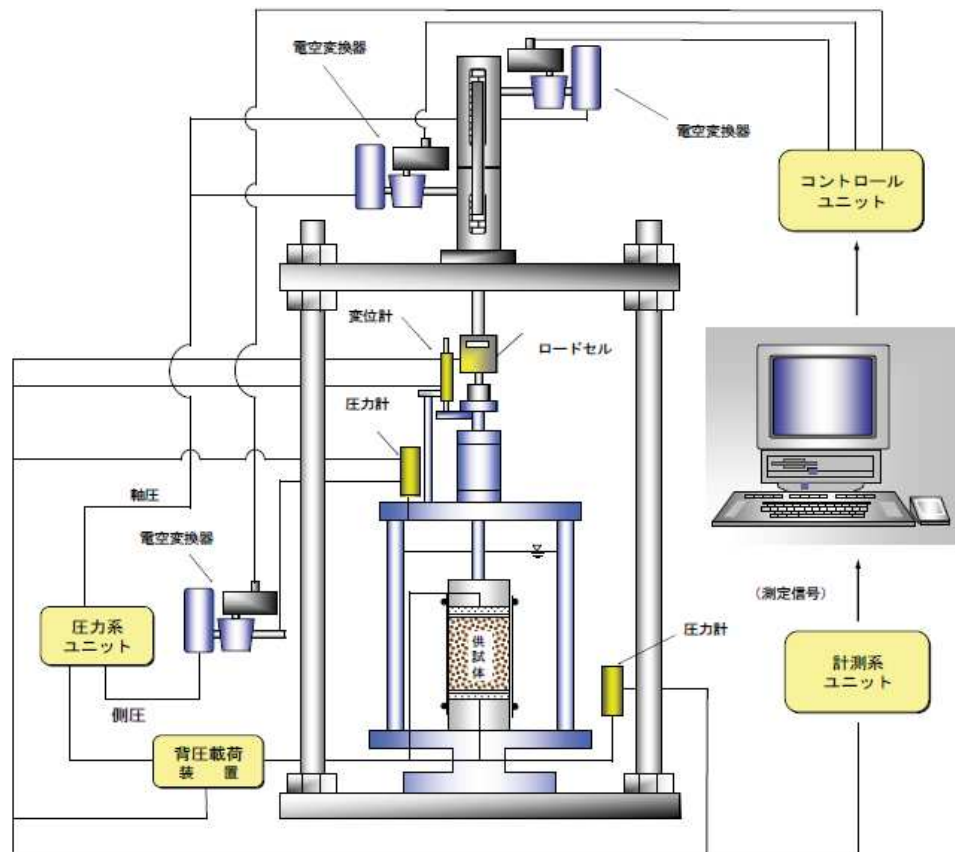
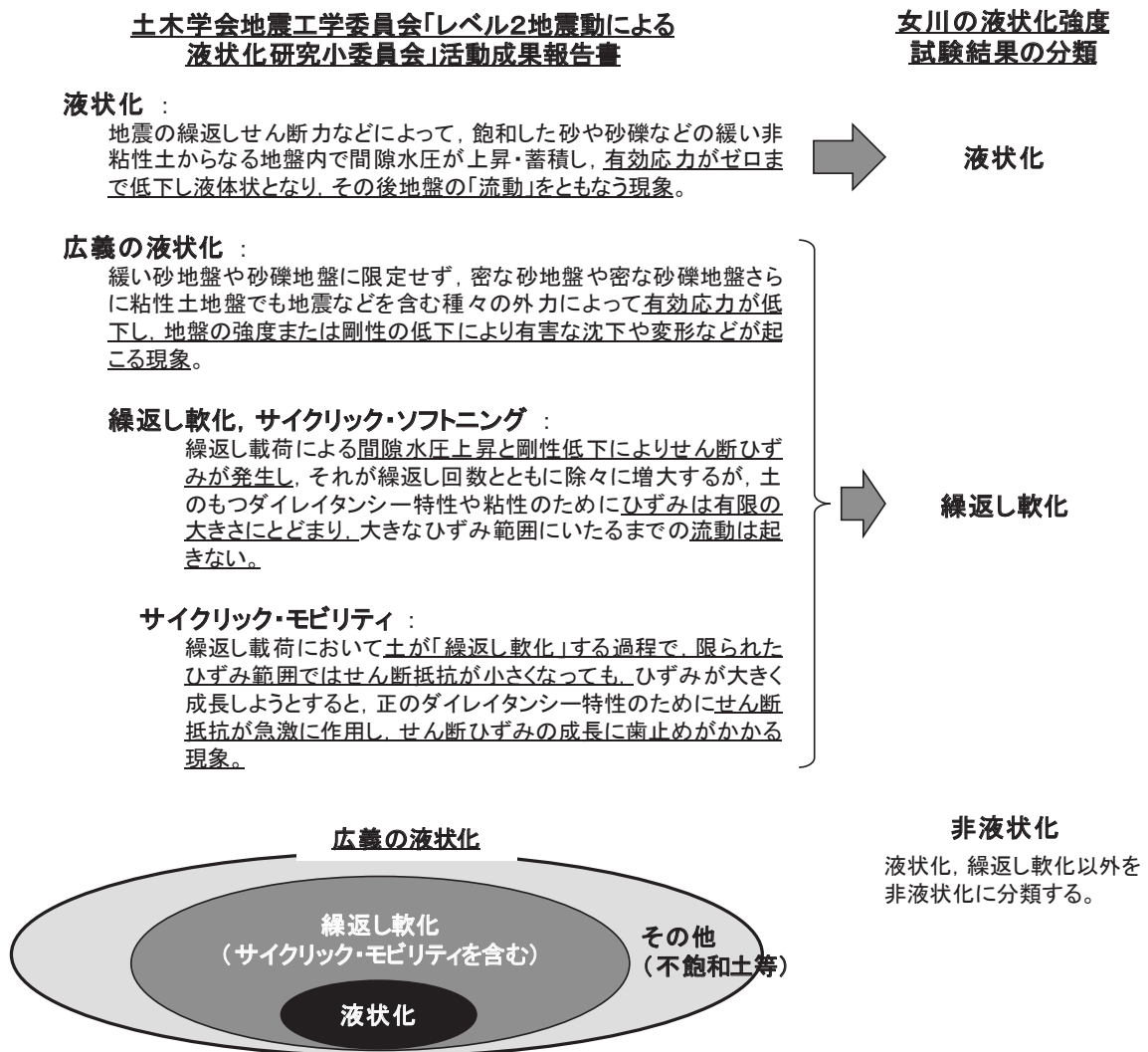


図 4.2-19 繰返し非排水三軸試験装置の概要

b. 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方

液状化強度試験の結果は、**図 4.2-20** に示すとおり、有効応力が低下する影響を広義に分類・定義している土木学会地震工学委員会の報告書に基づき分類する。



液状化しなくとも、間隙水圧の上昇による剛性の低下が生じる場合、構造物の設計で考慮する必要があることから、「繰返し軟化」についても分類する。ただし、「サイクリック・モビリティィ」は「繰返し軟化」のうち、有効応力がゼロ（せん断抵抗が小さくなる）まで低下するケースと考えられることから「繰返し軟化」に含めることとする。

以上を踏まえ、**表 4.2-3** に示すとおり、「液状化」、「繰返し軟化」及び「非液状化」に分類し、「繰返し軟化」と「サイクリック・モビリティィ」は、合わせて「繰返し軟化」に分類する。

表 4.2-3 液状化強度試験結果の判定項目と分類

○：該当する， ×：該当しない

判定項目* ¹	液状化	繰返し軟化		非液状化
			サイクリック モビリティ	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比 95%を超える。)	○	○	○	×
有効応力がゼロまで低下する。	○	×* ²	○	×
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	○	×	×	×
正のダイレイタンシー特性 によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	×	○	○	○ or ×* ³

* 1：土木学会地震工学委員会 の定義に基づき判定項目を策定したが、液状化強度試験の結果に対して判定できるよう、括弧内の判断項目を補足した。

* 2：旧表土の試験のうち A-1 シリーズは有効応力経路のデータを取得しておらず、「繰返し軟化」と「サイクリックモビリティ」の判定ができないため、「-」で表示し、「繰返し軟化」に整理する。

* 3：項目の判定はするものの、「非液状化」の分類に影響は及ぼさない。

また、既往文献による液状化に関する記載は以下のとおりである。

【土質工学用語辞典（1985）】

間隙水圧が上昇して有効応力が減少する結果、飽和砂質土がせん断強さを失うことを液状化という。

【社団法人地盤工学会（2006）】

砂などの繰返し載荷において、有効拘束圧がゼロに近づいてから、載荷時にせん断剛性の回復、除荷時に有効応力の減少を繰り返していくが、ひずみは有限の大きさにとどまる現象をサイクリックモビリティといい、液状化とは区別して用いられることがある。

【安田ほか（1991）】

密詰め の砂の場合には大ひずみは生じない。一時的に有効拘束圧が 0 になっても、その後にせん断力を加えると負の過剰間隙水圧が発生して有効拘束圧が増加（回復）し、有限の小さなひずみ振幅しか発生しない。この現象を“サイクリックモビリティ”と呼んで液状化と区別することもある。

【石原（2017）】

間隙水圧は徐々に上昇しているが、最終的にこれが初期の拘束圧力 σ'_0 に等しく

なっている時点が厳密な意味で液状化の発生ということになる。

砂質土は、その密度や細粒分の含有率によって同じ振幅の繰返し軸荷重を加えても、間隙水圧の上昇そして軸ひずみ発生の様相が多少変わってくる。細粒分が多い場合、軸ひずみは増大しても間隙水圧は 100%上昇しないことが多い。しかし、土は著しく軟化し、繰返し強度が低下しているため、実用上この場合も液状化とみなすことが多い。本来は“繰返し軟化”というべき。

【井合ほか（2008）】

密な砂地盤が繰返しせん断を受け、過剰間隙水圧の増加に伴って、せん断ひずみ振幅が徐々に増大する現象である。

地盤の液状化は、ゆるい砂地盤が繰返しせん断を受け、せん断振幅が急増し、地盤全体が泥水状態となり、噴砂や噴水を伴うことが多いので、現象的にサイクリックモビリティとは異なる。

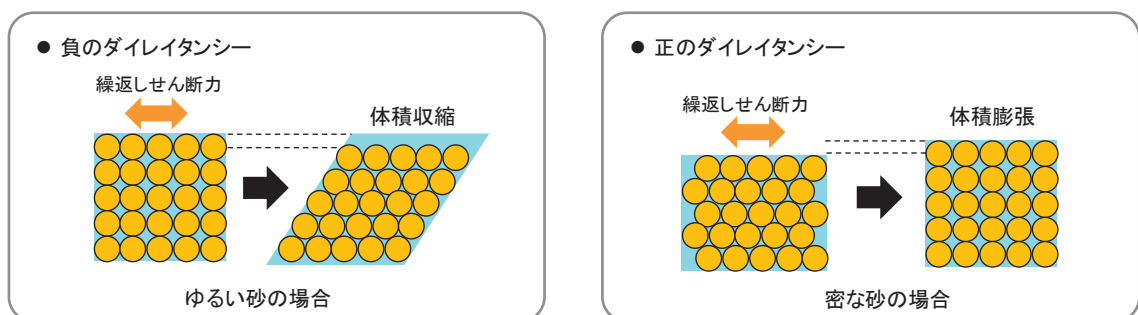
【吉見（1991）】

ゆるい砂の液状化と異なる点は、密な砂では、せん断ひずみがある限度を超えると、せん断によって体積が膨張しようとする傾向（正のダイレイタンス）が現れるので、非排水条件のもとでは、せん断ひずみが大きくなると間隙水圧が減少し、したがって有効応力が回復することである。

有効応力がゼロになるのは、せん断応力がゼロになる瞬間だけであり、せん断応力が作用している間は有効応力が存在するので、間隙水圧比が 100%に達した後でも、繰返しせん断に対して相当な剛性を保持する。

密な砂では、ゆるい砂でみられるような破局的なクイックサンドは起こらず、有限なひずみ振幅を持つせん断変形が繰り返されるにすぎない。

なお、地盤のダイレイタンス特性の概要を [図 4.2-21](#) に示す。



[図 4.2-21](#) 地盤のダイレイタンス特性の概要

液状化となる試験結果の例を [図 4.2-22](#) に、繰返し軟化となる試験結果の例を [図 4.2-23](#) に示す。

液状化強度試験の例（液状化の場合）

試験条件	
供試体	他事例
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)	160
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.229
試験結果	
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○
有効応力がゼロまで低下する	○
液体状となり流動する (ひずみ急増)	○
ダイレイタンスン特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	×
液状化の判断	
液状化	

液状化後、排水、再堆積させた試験料

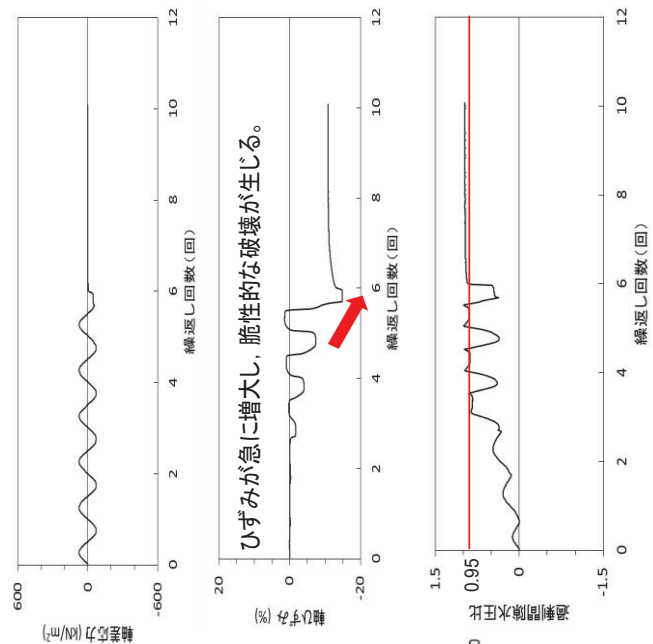


試験後の供試体

【液状化による被害例】

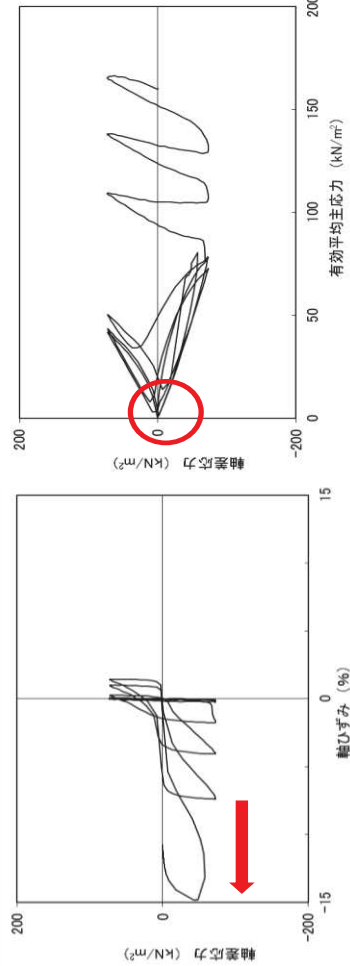


新潟地震で地盤の液状化現象により支持力を失って傾いた県営アパート*



過剰間隙水圧比は95%を超過し、100%になる。

ひずみが急に増大し、脆性的な破壊が生じる。



*新潟日報社：新潟地震の記録，p27，1964.

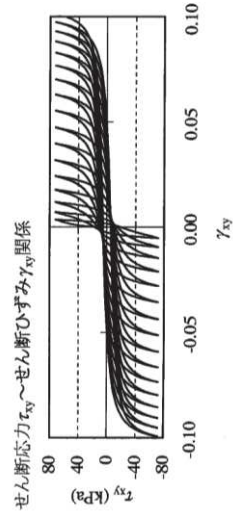
図 4. 2-22 液状化試験の例（液状化の場合）

液状化強度試験の例(繰返し軟化の場合)

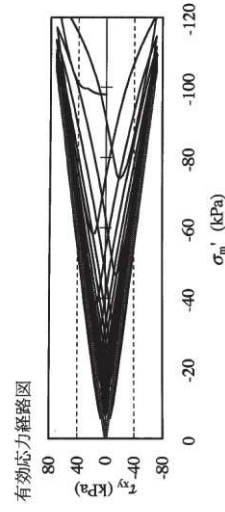
試験条件	
供試体	他事例*1
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	
試験結果	
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○
有効応力がゼロまで低下する	○
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○
液状化の判断	
繰返し軟化	

*1 井合ほか(2008)：砂の繰返し載荷時の挙動モデルとしてのひずみ空間多重モデルにおけるストレスダイレイタンスー関係，京都大学防災研究所年報 第51号

ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じない。

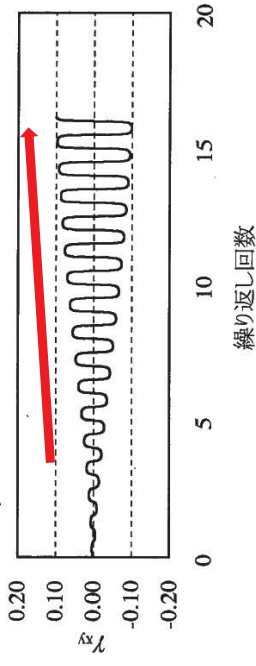


有効応力がゼロまで低下するもの、ダイレイタンスー特性により有効応力が回復する。



ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じない。

せん断ひずみ γ_{xy} 時刻歴図



過剰間隙水圧比(=1- σ_m'/σ_{m0})時刻歴

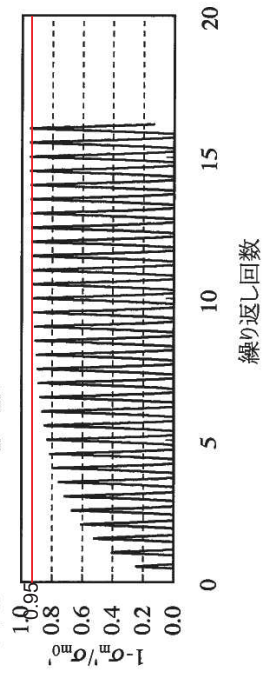


図 4.2-23 液状化試験の例 (繰返し軟化の場合)

c. 液状化強度試験結果

旧表土及び盛土の液状化強度試験位置並びに旧表土及び盛土の分布範囲を重ねた平面図を
図 4.2-24 に示す。

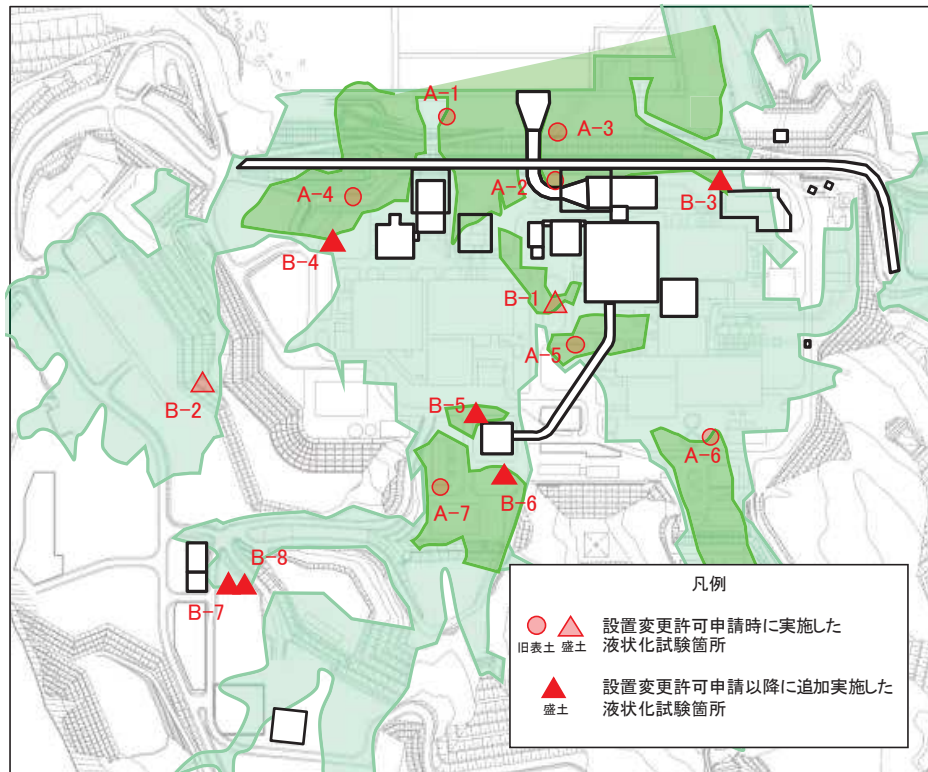


図 4.2-24 旧表土及び盛土の液状化強度試験位置並びに旧表土及び盛土の分布範囲の平面図

(a) 旧表土の液状化強度試験結果

旧表土に対する液状化強度試験の試験ケース及び結果を表 4.2-4 に示す。なお、液状化強度試験の詳細（せん断ひずみ時刻歴、過剰間隙水圧時刻歴等）を参考資料 14 に示す。

旧表土の液状化強度試験の結果は、全ての試験ケース（50 ケース）において、有効応力がゼロとなり液体状になるケースは無かった。また、繰返し载荷に伴い、ひずみは徐々に大きくなるが、急には増大せず、脆性的な破壊は生じなかった。繰返し载荷に伴い過剰間隙水圧が蓄積する傾向は見られたものの、せん断応力の作用によって有効応力は回復した。また、過剰間隙水圧比は、95%を超過しないケースと超過するケースが確認された。

旧表土に対する液状化強度試験の結果は、非液状化又は繰返し軟化を示すものであり、地震時の旧表土の挙動は、新潟地震の液状化被害例（図 4.2-22）のように支持力を失う液状化事象は発生せず、ひずみが漸増するねばり強い挙動を示すことを確認した。

上記を踏まえ、液状化影響を考慮する必要がある施設の耐震性評価に当たっては、有効応力解析により過剰間隙水圧の上昇に伴う旧表土の剛性低下を考慮した変形量等の評価を行う方針とする。

旧表土の液状化強度試験結果の代表例として、防潮堤近傍から採取した A-2 試料の供試体 No. 2 及び No. 4 の試験結果を [図 4.2-25](#)、[図 4.2-26](#) にそれぞれ示す。A-2 試料の No. 2 供試体は、有効応力がゼロになることはなく、地盤が支持力を失い液状化するような事象は発生しなかった。繰返し荷重により、ひずみは漸増するものの、急に増大することはない、脆性的な破壊は生じていないと考えられる。また、過剰間隙水圧比は 95%を超過せず、せん断応力作用時には正のダイレイタンスーの効果により、過剰間隙水圧は低下し、有効応力が回復していることから非液状化と判断される。

A-2 試料の No. 4 供試体は、有効応力はゼロになることはなく、地盤が支持力を失い液状化するような事象は発生しなかった。繰返し荷重により、ひずみは漸増するものの、急に増大することはない、脆性的な破壊は生じていないと考えられる。また、過剰間隙水圧比は 95%を超過するものの、頭打ちとなり 100%に達しない。せん断応力作用時には正のダイレイタンスーの効果により、過剰間隙水圧は低下し、有効応力が回復していることから繰返し軟化と判断される。

旧表土の液状化強度試験結果から、繰返し載荷回数20回に該当する液状化強度比 R_{L20} を算出すると、 $R_{L20}=0.374$ である ([図4.2-27](#))。

また、基準地震動 S_s に対する旧表土の液状化強度試験の妥当性確認を参考資料25に示す。

表4.2-4 液状化強度試験結果（旧表土）

試料番号		A-1-1				A-1-2				A-1-3				
深度GL-(m)		6.00~6.90				9.00~9.85				11.65~12.45				
土質材料		旧表土(沖積層)				旧表土(沖積層)				旧表土(沖積層)				
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.693				2.695				2.688				
圧密圧力 $\sigma'_c(\text{kN}/\text{m}^2)$		78.5				98.1				127.5				
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.347	0.391	0.491	0.641	0.333	0.363	0.425	0.313	0.304	0.342	0.423	0.485	
繰返し 載荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	18.2	14.1	3.5	0.9	13.1	4.0	1.0	38.7	46.0	28.0	3.0	0.8
		DA=2%	30.0	24.2	12.2	4.7	24.1	10.0	4.8	70.1	60.4	43.9	8.0	3.3
		DA=5%	53.6	43.0	29.5	20.1	36.1	18.0	11.7	95.7	81.0	64.0	19.1	12.0
		DA=10%	-	-	-	-	45.9	25.5	18.9	116.3	104.2	85.3	34.2	25.0
	過剰間隙水圧比95% N_{d95}		41	32	24	17	34	18	13	84	75	59	19	13
試料番号		A-2				A-3								
深度GL-(m)		18.00-20.95				16.00-17.95								
土質材料		旧表土(沖積層)				旧表土(沖積層)								
供試体No.		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.696				2.685								
圧密圧力 $\sigma'_c(\text{kN}/\text{m}^2)$		400.0				320.0								
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.599	0.403	0.302	0.329	0.282	0.301	0.400	0.500	0.279	0.247			
繰返し 載荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	0.2	0.7	12.0	5.5	10.6	3.0	0.2	0.1	4.5	16.7		
		DA=2%	0.4	2.0	19.7	9.5	15.6	7.5	0.4	0.3	9.5	-		
		DA=5%	1.0	4.0	38.2	18.8	21.7	20.8	0.9	0.7	16.9	-		
		DA=10%	2.0	7.0	89.0	35.0	28.9	40.9	2.5	1.5	23.3	-		
	過剰間隙水圧比95% N_{d95}		-	-	49	14	18	9	-	1	12	-		
試料番号		A-4				A-5-1								
深度GL-(m)		23.55-24.95				7.00-9.00								
土質材料		旧表土(沖積層)				旧表土(沖積層)								
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4	5				
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.701				2.681								
圧密圧力 $\sigma'_c(\text{kN}/\text{m}^2)$		450.0				160.0								
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.290	0.509	0.420	0.355	0.377	0.332	0.289	0.269	0.265				
繰返し 載荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	8.5	0.6	2.0	3.5	1.5	7.0	10.6	222.4	9.0			
		DA=2%	16.4	1.5	6.0	9.0	4.0	12.7	17.1	-	18.9			
		DA=5%	32.6	4.0	17.2	21.0	8.0	21.4	26.4	-	37.2			
		DA=10%	59.0	8.0	42.6	44.8	12.7	29.7	-	-	-			
	過剰間隙水圧比95% N_{d95}		22	6	11	23	6	11	14	-	16			
試料番号		A-5-2				A-6								
深度GL-(m)		10.00-12.00				12.30-13.80								
土質材料		旧表土(沖積層)				旧表土(沖積層)								
供試体No.		1	2	3	4	5	1	2	3	4				
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.681				2.698								
圧密圧力 $\sigma'_c(\text{kN}/\text{m}^2)$		210.0				270.0								
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.350	0.254	0.293	0.237	0.204	0.386	-	0.350	0.334				
繰返し 載荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	0.1	8.5	4.5	71.1	126.8	0.6	-	10.7	8.0			
		DA=2%	0.3	14.7	9.0	108.5	162.9	1.5	-	17.8	13.9			
		DA=5%	0.6	27.5	16.3	140.0	190.5	5.5	-	26.9	21.8			
		DA=10%	1.5	42.4	22.7	157.0	202.3	9.0	-	-	-			
	過剰間隙水圧比95% N_{d95}		1	24	18	124	177	8	-	19	-			
試料番号		A-7-1				A-7-2								
深度GL-(m)		5.20-5.80				7.55-8.85								
土質材料		旧表土(沖積層)				旧表土(沖積層)								
供試体No.		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.697				2.716								
圧密圧力 $\sigma'_c(\text{kN}/\text{m}^2)$		110.0				150.0								
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.402	0.454	0.555	0.505	0.322	0.489	0.697	0.601	0.654	0.266			
繰返し 載荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	2.0	2.0	0.6	0.6	1.0	5.0	0.3	16.1	0.8	147.1		
		DA=2%	9.5	12.1	2.0	2.5	8.5	11.0	0.7	28.9	2.5	169.8		
		DA=5%	31.7	50.9	12.5	11.8	71.8	23.8	2.0	34.7	5.5	194.6		
		DA=10%	73.8	147.2	34.8	23.8	219.9	28.9	3.0	-	8.5	-		
	過剰間隙水圧比95% N_{d95}		19	12	6	8	38	5	3	4	4	153		

* : A-6試料（供試体No. 2）は、繰返し回数300回でも軸ひずみが1%に達しなかったことから試験を終了した。

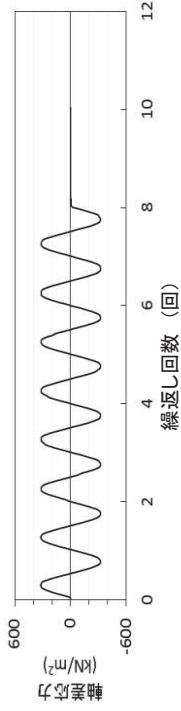
液状化強度試験結果(旧表土の非液状化の例)

試験条件	
供試体	A-2試料 (No. 2)
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)	400
繰返し応力振幅比 $\sigma_a/2\sigma'_c$	0.403
試験結果	
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	×
有効応力がゼロまで低下する	×
液状化となり流動する (ひずみ急増)	×
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○
液状化の判断	
非液状化	

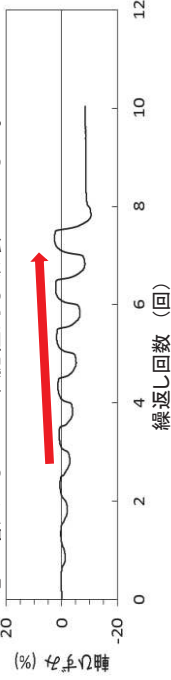
供試体が試験前後とも自立するほどの強度がある。



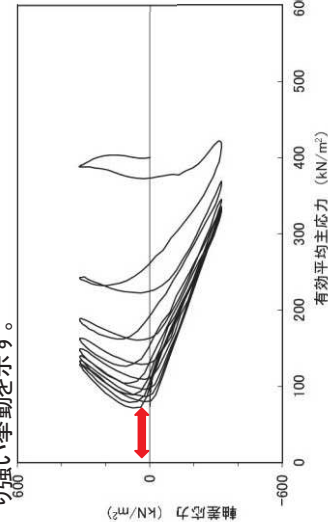
試験後の供試体



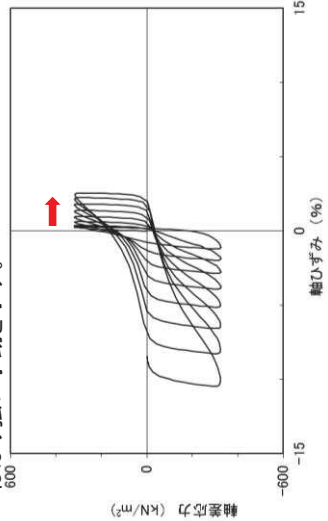
ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じない。



繰返し荷重を載荷しても、有効応力がゼロになることはなく、液状化になることはない。また、せん断応力(軸差応力)作用時に、有効応力は回復し、ねばり強い挙動を示す。



ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じず、ねばり強い挙動を示す。



液状化強度試験結果(軸ひずみ)

液状化強度試験結果(有効平均主応力)

液状化強度試験結果(繰返し回数)

過剰間隙水圧比は95%を超過しない。せん断応力作用時には、正のダイレイタンシー効果により、過剰間隙水圧は低下し(さらに負になる。), 有効応力が回復する。

図 4.2-25 旧表土の液状化強度試験結果 (A-2 試料, 供試体 No. 2)

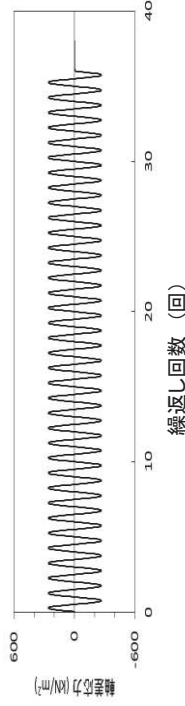
液状化強度試験結果(旧表土の繰返し軟化の例)

供試体が試験前後とも自立するほどの強度がある。

試験条件		液状化の判断
供試体	A-2試料 (No. 4)	
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.329	
試験結果		繰返し軟化
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

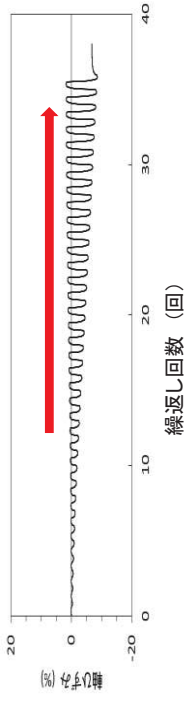


試験後の供試体

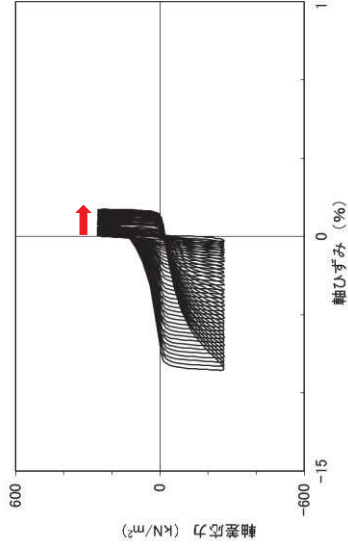


繰返し回数 (回)

ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じず、ねばり強い挙動を示す。

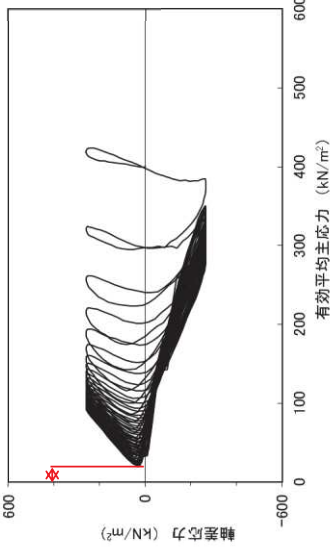


ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じず、ねばり強い挙動を示す。

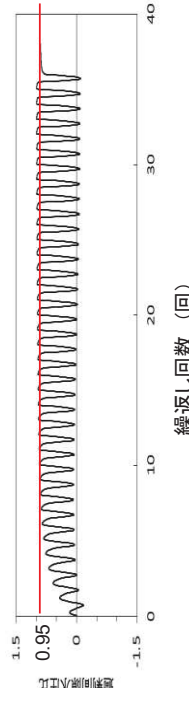


液状化強度試験結果(軸ひずみ)

繰返し荷重を載荷しても、有効応力がゼロになるとはなく、液体状になることはない。また、せん断応力(軸差応力)作用時に、有効応力は回復し、ねばり強い挙動を示す。



液状化強度試験結果(有効平均主応力)



繰返し回数 (回)

過剰間隙水圧比は95%を超過するものの、頭打ちとなり、100%にはならない。せん断応力作用時には、正のダイレイタンシー効果により、過剰間隙水圧は低下し(さらに負になる。)、有効応力が回復する。

液状化強度試験結果(繰返し回数)

図 4.2-26 旧表土の液状化強度試験結果 (A-2 試料, 供試体 No. 4)

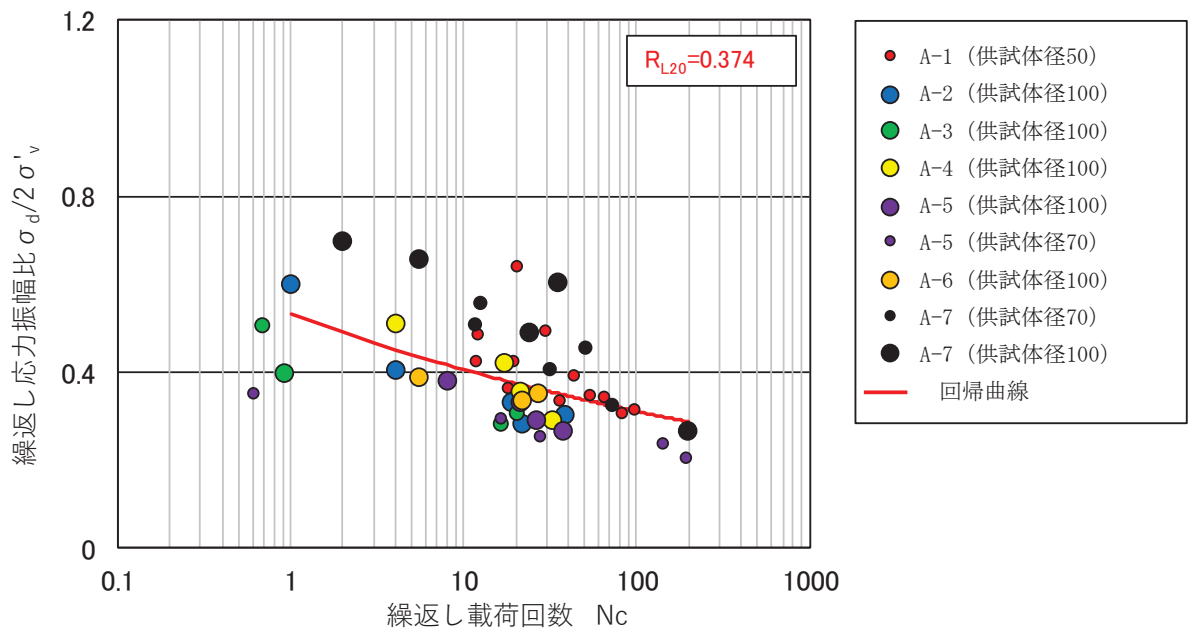


図 4.2-27 旧表土の液状化強度試験結果及び R_{L20}

(b) 盛土の液状化強度試験結果

盛土に対する液状化強度試験の試験ケース及び結果を表 4.2-5 に示す。液状化強度試験の詳細（せん断ひずみ時刻歴、過剰間隙水圧時刻歴等）を参考資料 14 に示す。

盛土の液状化強度試験の結果は、全ての試験ケース（48 ケース）において、有効応力がゼロとなり液体状になるケースは無かった。また、繰返し载荷に伴い、ひずみは徐々に大きくなるが、急には増大せず、脆性的な破壊は生じなかった。繰返し载荷に伴い過剰間隙水圧が蓄積する傾向は見られたものの、せん断応力の作用によって有効応力は回復した。また、過剰間隙水圧比は、95%を超過しないケースと超過するケースが確認された。

盛土に対する液状化強度試験の結果は、非液状化又は繰返し軟化を示すものであり、地震時の盛土の挙動は、新潟地震の液状化被害例（図 4.2-22）のように支持力を失う液状化事象は発生せず、ひずみが漸増するねばり強い挙動を示すことを確認した。

上記を踏まえ、液状化影響を考慮する必要がある施設の耐震性評価に当たっては、有効応力解析により過剰間隙水圧の上昇に伴う盛土の剛性低下を考慮した変形量等の評価を行う方針とする。

盛土の液状化強度試験結果の代表例として、O.P.+14.8m 盤で採取した B-1-2 試料の供試体 No.1 の試験結果を図 4.2-28 に示す。

B-1-2 試料の No.1 供試体は、有効応力がゼロになることはなく、地盤が支持力を失い液状化するような事象は発生しなかった。繰返し荷重により、ひずみは漸増するものの、急に増大することはないと考えられる。また、過剰間隙水圧比は 95%を超過するものの、頭打ちとなり 100%に達しない。せん断応力作用時には正のダイレイタンスの効果により、過剰間隙水圧は低下し、有効応力が回復していることから繰返し軟化と判断される。

盛土の液状化強度試験結果から、繰返し载荷回数 20 回に該当する液状化強度比 R_{L20} を算出すると、 $R_{L20}=0.479$ である（図 4.2-29）。

なお、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において、構内の盛土に沈下が生じており、その実績を整理した結果及び液状化の可能性も含めた要因について考察した結果を参考資料16に示す。

また、基準地震動 S_s に対する盛土の液状化強度試験の妥当性確認を参考資料25に示す。

表 4.2-5 液状化強度試験結果 (盛土)

試料番号		B-1-1				B-1-2				B-1-3				
深度 GL-(m)		1.70-2.95				5.00-6.95				8.00-9.95				
土質材料		盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.693				2.693				2.712				
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)		50.0				120.0				180.0				
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.591	0.706	0.926	1.239	0.309	0.501	0.603	0.424	1.16	1.402	1.257	1.489	
繰返し 载荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	31.5	14.7	3.0	0.7	33.8	4.0	0.7	16.7	3.0	1.0	0.7	0.3
		DA=2%	46.5	47.6	17.7	2.5	49.3	11.8	2.5	41.6	22.7	14.8	11.7	0.6
		DA=5%	69.4	—	51.0	7.0	75.7	25.8	12.6	405.9	191.9	26.8	113.6	3.0
		DA=10%	133.4	—	105.7	11.9	148.5	49.8	69.0	—	—	—	148.1	4.0
	過剰間隙水圧比95% N_{u95}	55	77	25	4	44	13	14	58	—	—	147	4	
試料番号		B-1-4				B-2-1				B-2-2				
深度 GL-(m)		1.50-2.50				1.50-3.45				1.50-2.50				
土質材料		盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.705				2.710				2.699				
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)		50.0				50.0				50.0				
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.483	0.397	0.437	0.528	1.199	0.406	0.608	0.897	0.407	0.390	0.367	0.485	
繰返し 载荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	2.0	18.7	8.5	2.5	0.2	97.6	25.3	2.0	0.8	5.0	11.6	23.2
		DA=2%	5.0	32.1	16.0	7.5	0.5	138.4	47.6	8.5	2.0	11.7	18.2	43.4
		DA=5%	10.9	71.7	34.4	18.3	1.5	221.0	149.1	28.8	5.0	25.3	30.6	85.2
		DA=10%	22.0	—	86.4	42.9	3.0	—	—	50.9	11.8	63.3	—	—
	過剰間隙水圧比95% N_{u95}	—	53	—	28	—	167	26	14	5	22	40	90	
試料番号		B-3				B-4				B-5				
深度 GL-(m)		1.50-2.50				1.50-2.50				1.50-2.50				
土質材料		盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.663				2.687				2.671				
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)		50.0				50.0				50.0				
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.459	0.529	0.496	0.390	0.481	0.389	0.325	0.519	0.386	0.453	0.517	0.482	
繰返し 载荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	5.0	2.5	7.0	35.8	6.0	4.0	31.0	5.0	46.0	10.2	3.0	11.0
		DA=2%	13.2	5.5	11.6	46.5	10.0	7.0	42.5	8.5	61.9	18.8	8.0	20.9
		DA=5%	31.1	10.0	18.3	64.7	16.0	10.0	61.0	13.0	83.2	31.9	16.8	37.8
		DA=10%	65.9	15.7	28.8	113.6	23.5	13.5	87.0	18.5	—	—	28.4	68.5
	過剰間隙水圧比95% N_{u95}	25	9	10	36	21	11	76	16	64	24	25	19	
試料番号		B-6				B-7				B-8				
深度 GL-(m)		1.20-2.20				1.20-2.20				1.20-2.20				
土質材料		盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				盛土(埋戻土)				
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.653				2.698				2.726				
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)		50.0				50.0				50.0				
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$		0.457	0.387	0.350	0.289	0.585	0.442	0.365	0.405	0.528	0.688	0.616	0.767	
繰返し 载荷回数	軸ひずみの 両振幅	DA=1%	1.5	6.5	11.9	25.3	0.9	5.0	85.0	68.5	69.0	5.0	10.5	0.3
		DA=2%	4.0	12.4	19.6	37.2	2.0	7.5	98.5	78.5	88.0	10.0	17.0	0.6
		DA=5%	9.0	20.3	31.5	56.5	3.0	12.0	130.0	98.5	116.5	18.5	28.0	3.0
		DA=10%	15.0	28.8	55.1	95.6	4.5	19.5	—	150.0	164.0	29.0	42.0	11.5
	過剰間隙水圧比95% N_{u95}	4	11	14	32	2	16	142	136	161	25	35	1	

液状化強度試験結果(盛土の繰返し軟化の例)

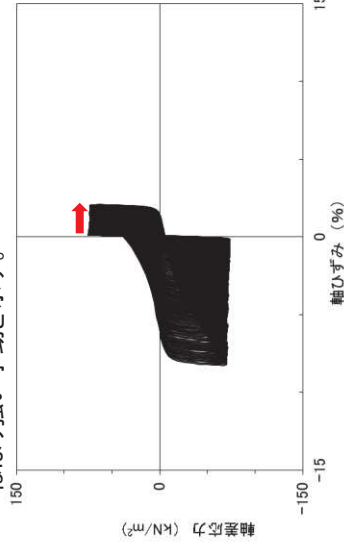
供試体が試験前後とも自立するほどの強度がある。

試験条件	
供試体	B-1-2試料 (No. 1)
圧密圧力 σ'_c (kN/m ²)	120
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.309
試験結果	
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○
有効応力がゼロまで低下する	×
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×
ダイレイタンション特性によりせん断抵抗力が作用する (有効応力回復)	○
液状化の判断	
繰返し軟化	



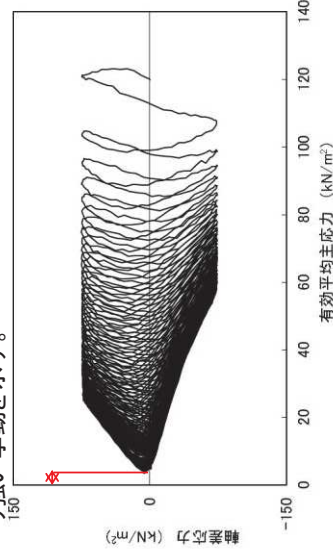
試験後の供試体

ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じず、ねばり強い挙動を示す。

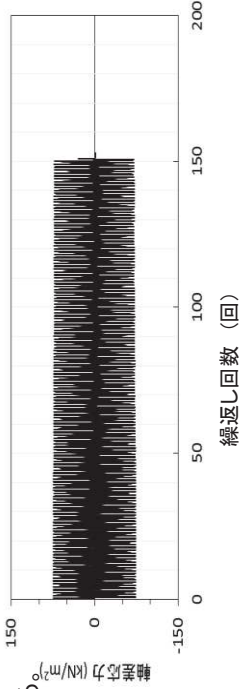


液状化強度試験結果(軸ひずみ)

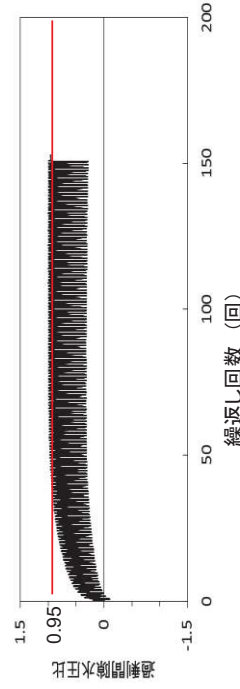
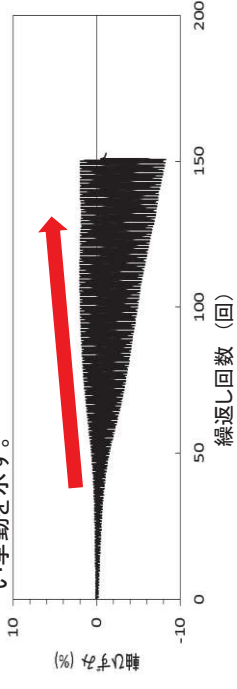
繰返し荷重を載荷しても、有効応力がゼロになるとはなく、液体状になることはない。また、せん断応力(軸差応力)作用時に、有効応力は回復し、ねばり強い挙動を示す。



液状化強度試験結果(有効平均主応力)



ひずみは徐々に大きくなるが、急に増大しないため、脆性的な破壊は生じず、ねばり強い挙動を示す。



過剰間隙水圧比は95%を超過するもの、頭打ちとなり、100%にはならない。せん断応力作用時には、正のダイレイタンション効果により、過剰間隙水圧は低下(さらに負になる。), 有効応力が回復する。

液状化強度試験結果(繰返し回数)

図 4.2-28 盛土の液状化強度試験結果 (B-1-2 試料, 供試体 No. 1)

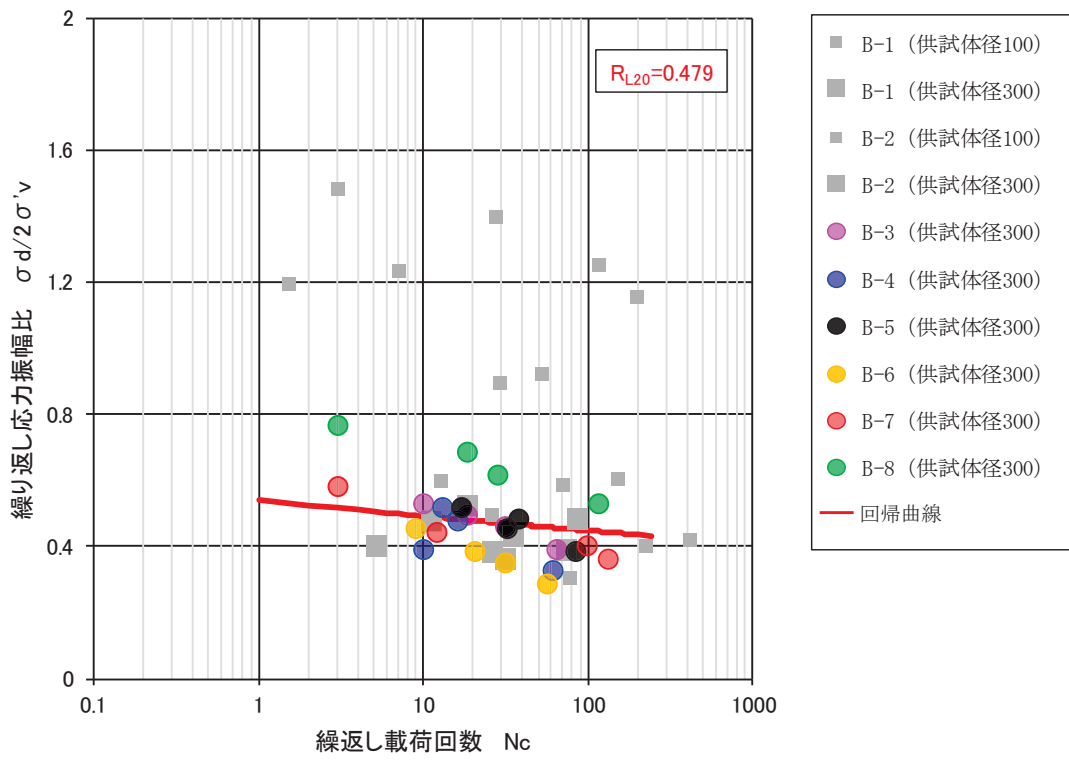


図 4.2-29 盛土の液状化強度試験結果及び R_{L20}

d. 有効応力解析の液状強度特性の設定方針

(a) 有効応力解析コード F L I P について

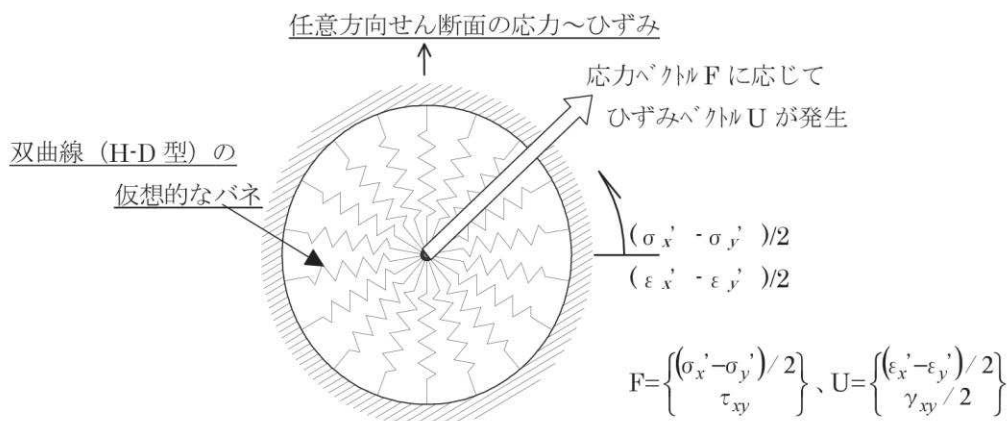
有効応力解析コード「F L I P (Finite element analysis of Liquefaction Program)」は、1988年に運輸省港湾技術研究所(現、(独)港湾空港技術研究所)において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく、2次元地震応答解析プログラムである。

F L I Pの主な特徴として、以下の①～⑤を挙げることが出来る。

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

砂の変形特性を規定するマルチスプリングモデルは、任意方向のせん断面において仮想的な単純せん断バネの作用があるものとし、これらのせん断バネの作用により、土全体のせん断抵抗が発揮されるものである。

土の応力-ひずみ関係は、このせん断バネの特性によって種々の表現が可能であるが、「F L I P」では双曲線(Hardin-Drnevich)型モデルを適用している。また、履歴ループについては、その大きさを任意に調整可能なように拡張した Masing 則を用いている。マルチスプリングモデルの概念図を [図 4.2-30](#) に、排水条件での土の応力-ひずみ関係の概念図を [図 4.2-31](#) に示す。



[図 4.2-30](#) マルチスプリングモデルの概念図

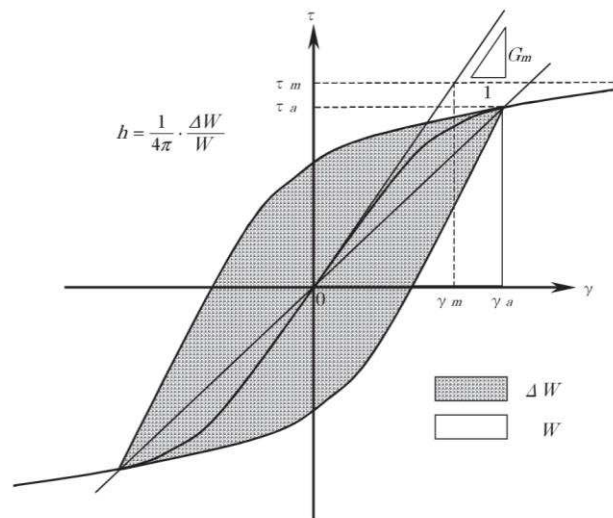


図 4.2-31 排水条件での土の応力-ひずみ関係の概念図

(b) 解析パラメータの設定方針

有効応力解析 F L I P では、動的変形特性を規定するパラメータと、過剰間隙水圧の発生を規定するパラメータを設定する必要がある（本資料では液状化特性を規定するパラメータを「液状化パラメータ」という。）。有効応力解析コード F L I P における解析パラメータを表 4.2-6 に示す。このうち、液状化パラメータは、液状化検討対象層にのみ設定する。

液状化パラメータは、要素シミュレーションを実施し、これより得られる解析上の液状化抵抗曲線が、c. の液状化強度試験結果に対して、下限値と同等になるように設定することを基本とし、防潮堤における旧表土の液状化強度特性については、施設近傍に試験結果があるため、その試験結果に対して下限値と同等になるように設定する。図 4.2-32 に、液状化パラメータの設定フローを示す。図 4.2-33～図 4.2-34 に、地層ごとに設定した要素シミュレーション上の液状化抵抗曲線を示す。以上のように設定した液状化パラメータを表 4.2-7 に示す。

表 4.2-6 FLIPにおいて必要となる解析パラメータ

分類	解析パラメータ	
動的変形特性	G_{ma}	動せん断弾性係数 ($\sigma_m' = \sigma_{ma}'$ における値)
	K_{ma}	体積弾性係数 ($\sigma_m' = \sigma_{ma}'$ における値)
	ϕ_f	内部摩擦角
	h_{max}	履歴減衰の上限値
液状化特性	ϕ_p	変相角
	w_1	液状化特性全体を規定するパラメータ
	p_1	液状化特性の前半を規定するパラメータ
	p_2	液状化特性の後半を規定するパラメータ
	c_1	液状化発生の下限值を規定するパラメータ
	S_1	液状化の終局状態を規定するパラメータ

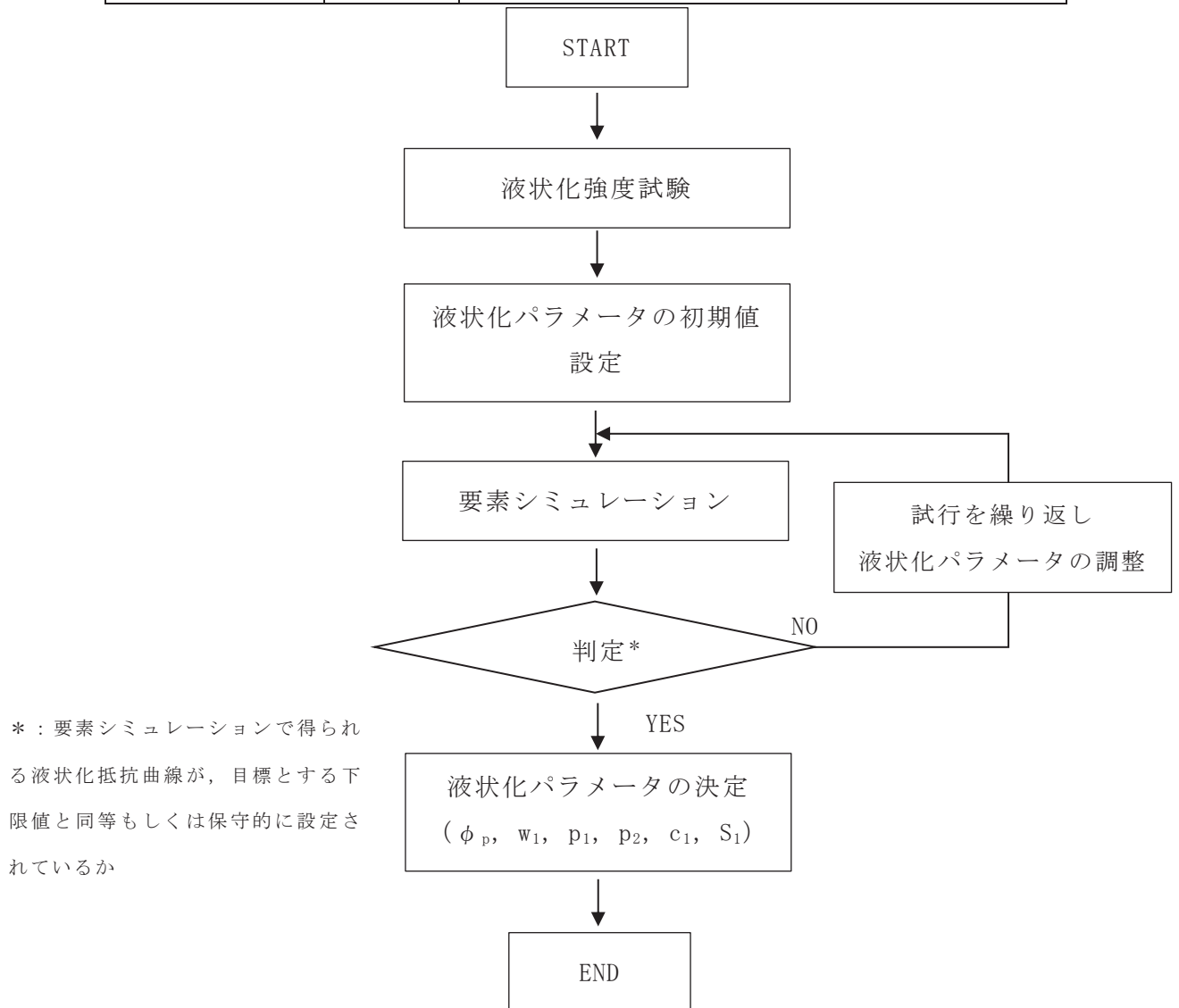
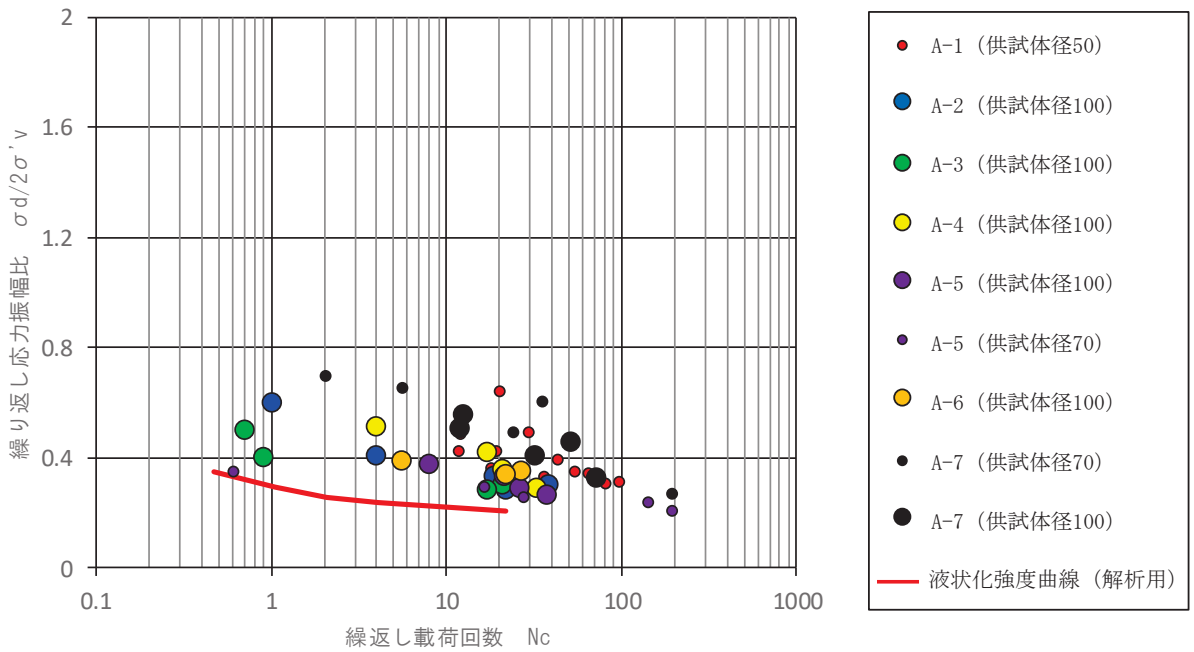
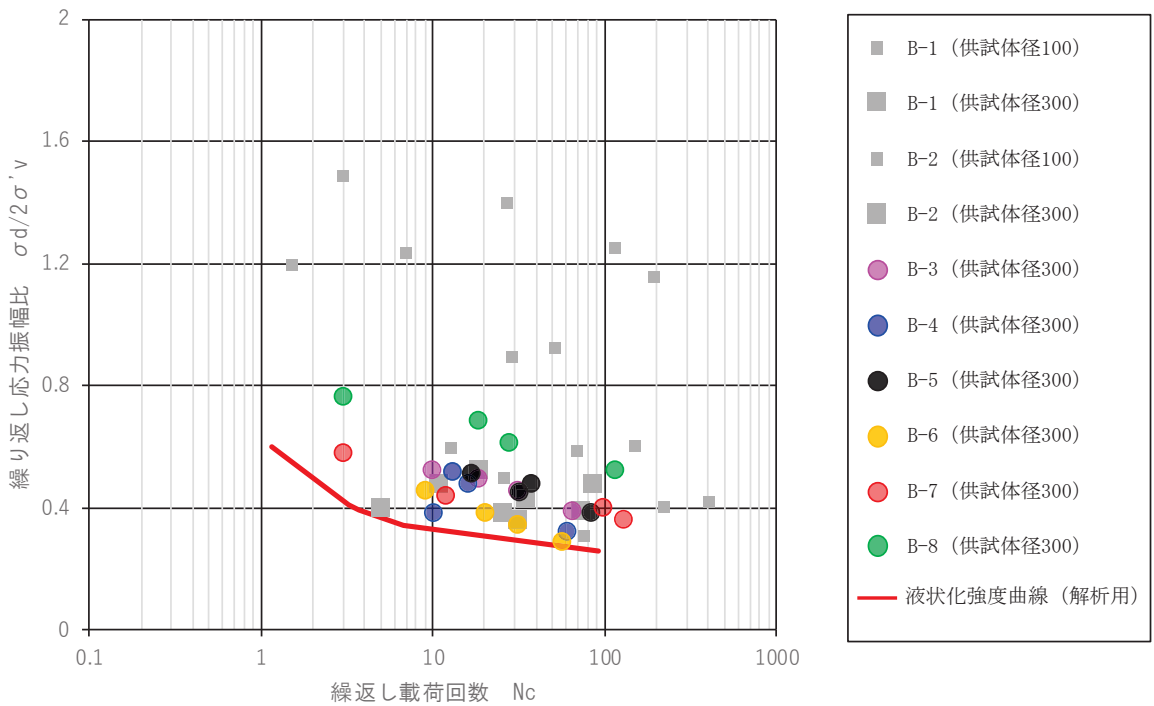


図 4.2-32 有効応力解析コードFLIPにおける液状化パラメータの設定フロー



(旧表土)



(盛土)

図 4.2-33 液状化強度試験結果に基づく旧表土及び盛土の液状化強度曲線
(下限値設定)

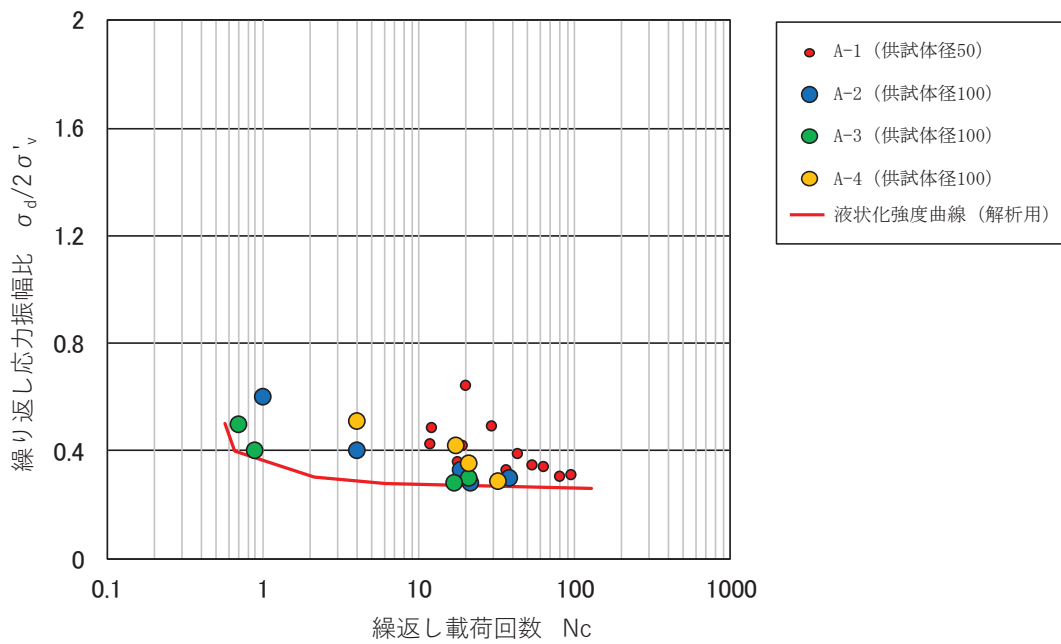


図 4.2-34 液状化強度試験結果に基づく防潮堤近傍の旧表土の液状化強度曲線
(下限値設定)

表 4.2-7 旧表土及び盛土の液状化パラメータ

	ϕ_p ($^{\circ}$)	W1	p1	p2	c1	s1
旧表土	28	1.0	1.4	1.5	2.0	0.005
旧表土 (防潮堤)	28	1.3	1.2	0.8	2.75	0.005
盛土	28	14	1.0	0.6	2.8	0.005

4.2.3 その他の解析用物性値

(1) MMR

MMRについては、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

4.2.4 地盤の物性のばらつきについて

(1) 土木構造物（津波防護施設等を含む）の地震応答解析に考慮する地盤の物性のばらつき

土木構造物の地震応答解析においては地盤の物性のばらつきを考慮している。詳細については、参考資料17に示す。

(2) 建物・構築物の地震応答解析に考慮する地盤の物性のばらつき

建物・構築物の地震応答解析においては地盤の物性のばらつきを考慮している。詳細については、参考資料17に示す。

5. 極限支持力

極限支持力は、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

5.1 杭基礎の支持力算定式に関する補足

杭基礎の支持力算定式については、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示すとおり、道路橋示方書による極限支持力算定式のうち中掘り杭工法を採用しているが、その考え方は以下のとおりである。

5.1.1 道路橋示方書による極限支持力算定式を適用する構造物

杭基礎の極限支持力は、基本的に「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す、狐崎部層、牧の浜部層及び改良地盤の極限支持力を用いる。

狐崎部層、牧の浜部層の極限支持力は、 C_M 級以上の岩盤を対象とした極限支持力であるが、防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち、RC壁部については C_L 級岩盤に設置される。 C_L 級の極限支持力は、設計及び工事計画認可申請において新たに設定するものであり、その極限支持力の設定において、道路橋示方書による極限支持力算定式（中掘り杭工法）を適用する。

5.1.2 道路橋示方書による極限支持力算定式（中掘り杭工法）の適用性について

防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうちRC壁部の工法はプレボーリング杭工法に当たる。

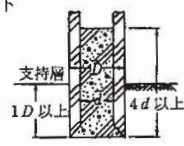
道路橋示方書に記載されている杭基礎の支持力算定式のうちプレボーリング杭工法による極限支持力は、図5.1-1に示すとおり、砂層で $150N$ （ $\leq 7,500$ ） kN/m^2 、砂れき層で $200N$ （ $\leq 10,000$ ） kN/m^2 と規定されている。

一方、中掘り杭工法のうちRC壁部と先端処理方式が類似しているコンクリート打設方式の極限支持力は、場所打ち杭工法を適用することとなっており、砂れき層及び砂層（ $N \geq 30$ ）： $3,000\text{kN/m}^2$ 、良質な砂れき層（ $N \geq 50$ ）： $5,000\text{kN/m}^2$ と規定されている。これは、同じ N 値の場合、コンクリート打設方式の方がプレボーリング杭工法よりも保守的な評価となることを示している。

RC壁部の工法はプレボーリング杭工法に該当するものの、プレボーリング杭工法と中掘り杭工法のコンクリート打設方式を比較した場合、硬質粘性土層： $3q_u$ （ q_u ：一軸圧縮強度）との記載があり C_L 級岩盤の一軸圧縮強度から算定できること、かつプレボーリング杭工法の極限支持力度よりも保守的な評価と考えられることから、RC壁部の極限支持力算定に当たっては、中掘り杭工法のコンクリート打設方式の極限支持力度を採用する。

表-解 12.4.2 中掘り杭工法による杭先端の極限支持力度 q_d

先端処理方法	杭先端の極限支持力度の算定法
最終打撃方式	打込み杭の算定法を適用する。
セメントミルク 噴出攪拌方式	極限支持力度 (kN/m^2) $q_d = \begin{cases} 150N (\leq 7,500) & \text{砂層} \\ 200N (\leq 10,000) & \text{砂れき層} \end{cases}$ ここに、 N : 杭先端地盤の N 値
コンクリート 打設方式	場所打ち杭の極限支持力度を適用する。



④ プレボーリング杭工法

プレボーリング杭工法による杭先端の極限支持力度は、載荷試験結果に基づき表-解 12.4.3 に示す値とする。

表-解 12.4.3 プレボーリング杭工法による杭先端の極限支持力度 q_d

地盤種類	杭先端の極限支持力度 (kN/m^2)
砂層	$150N (\leq 7,500)$
砂れき層	$200N (\leq 10,000)$

ただし、 N は杭先端地盤における標準貫入試験の N 値

図5.1-1(1) 道路橋示方書による杭基礎の支持力算定式抜粋 (1/2)

表-解 12.4.1 場所打ち杭工法による杭先端の極限支持力度 q_d

地盤種類	杭先端の極限支持力度 (kN/m^2)
砂れき層及び砂層 ($N \geq 30$)	3,000
良質な砂れき層 ($N \geq 50$)	5,000
硬質粘性土層	$3q_u$

ただし、 q_u は一軸圧縮強度 (kN/m^2)、 N は標準貫入試験の N 値

図5.1-1(2) 道路橋示方書による杭基礎の支持力算定式抜粋 (2/2)

6. 地盤の速度構造

6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル

入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

6.2 地震応答解析に用いる地盤の速度構造モデル

地震応答解析に用いる地盤の速度構造モデルは、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示している。

(参考資料 1 3) 地盤改良における補足

1. 地盤改良の概要

1.1 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 1-1 に示す。

表 1-1 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										
パーチカル 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										
サンドコンパ クション工法	○	○	○	○	○	○	○			○
振動棒工法										
締固め工法		○					○			○
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										
矢板工法										
打設グイ工法	○	○	○	○			○	○		
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 1-1 に示す工法のうち、女川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、主に採用した工法は深層混合処理工法（高圧噴射攪拌工法）である。

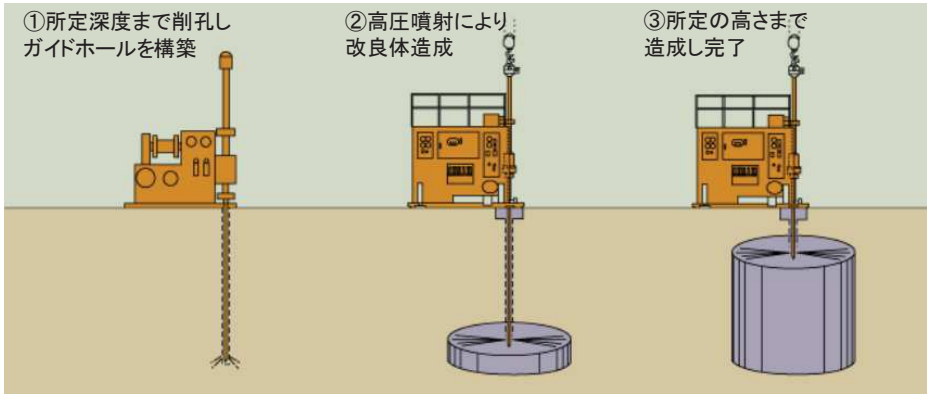
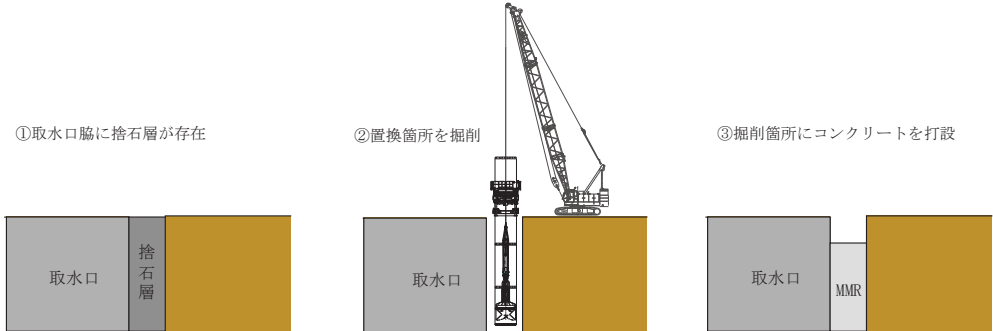
この他、置換工法として、取水口脇については、捨石層を置換するためにMMR*置換工法を採用した。

*：マンメイドロック

1.2 地盤改良の施工方法

女川原子力発電所で適用している地盤改良の施工方法の概要を表 1-2 に示す。

表 1-2 施工方法の概要

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。地上構造物及び埋設構造物がある，開削が困難な箇所にて採用。</p>  <p>①所定深度まで削孔しガイドホールを構築 ②高圧噴射により改良体造成 ③所定の高さまで造成し完了</p> <p>出典：SUPERJET研究会HP</p>
<p>MMR 置換工法*</p>	<p>原地盤を開削後に MMR を構築することで改良体を造成する工法。構造物周辺に捨石層が存在する等，高圧噴射攪拌工法では改良が困難な箇所にて採用。</p>  <p>①取水口脇に捨石層が存在 ②置換箇所を掘削 ③掘削箇所にコンクリートを打設</p>

*：取水口脇の捨石層を置換するために実施。

2. 各施設における地盤改良体の概要

地盤改良体を設置する施設の平面配置図を図 2-1 に、地盤改良の目的を表 2-1 に示す。表 2-1 に示すとおり、地盤改良の主な目的は、構造物の支持又は変形抑制に区別される。各施設の地盤改良体の平面配置図及び配置図を図 2-2～図 2-14 に示す。

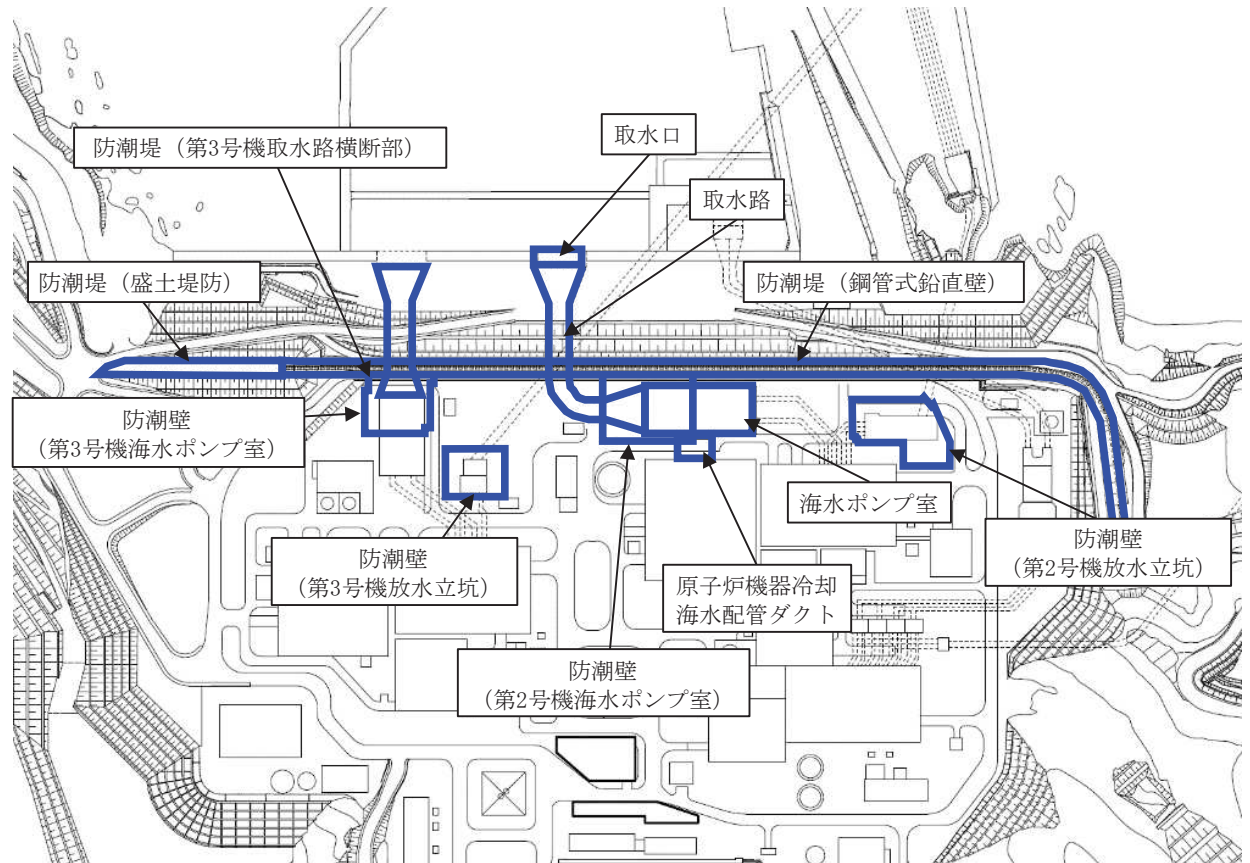


図 2-1 地盤改良体を設置する施設の平面配置図

表 2-1 地盤改良の概要

対象施設		地盤改良	
		工法	目的
土木構造物・津波防護施設	取水口	MMR 置換工法	変形抑制
	取水路	高圧噴射攪拌工法	変形抑制
	海水ポンプ室		変形抑制
	原子炉機器冷却海水配管ダクト		変形抑制
	防潮堤（鋼管式鉛直壁）		支持地盤・変形抑制
	防潮堤（盛土堤防）		支持地盤
	防潮堤（第 3 号機取水路横断部）		変形抑制（第 3 号機取水路）
	防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）		変形抑制
	防潮壁（第 2 号機放水立坑）		変形抑制
	防潮壁（第 3 号機海水ポンプ室）		変形抑制
	防潮壁（第 3 号機放水立坑）		変形抑制

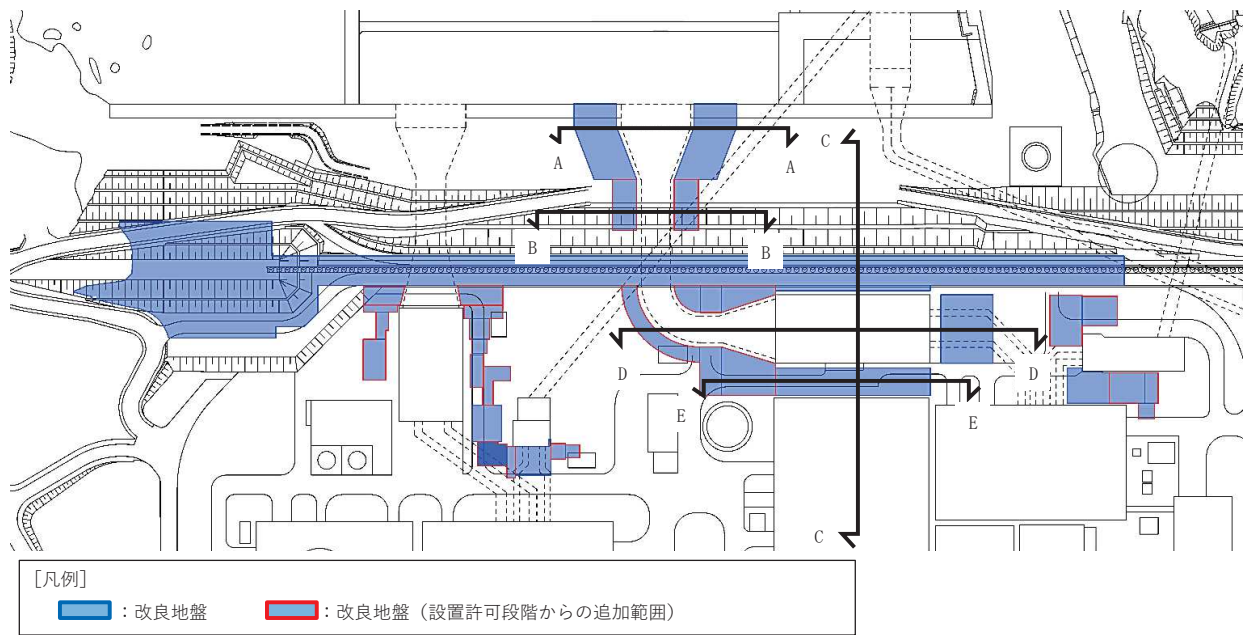


図 2-2 地盤改良体の配置図 (取水口, 取水路, 海水ポンプ室, 原子炉機器冷却海水配管ダクト)

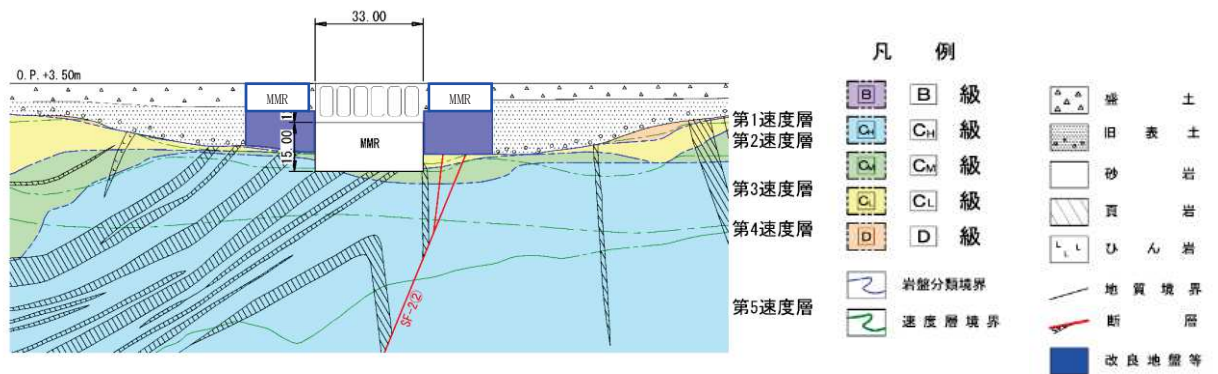


図 2-3 地盤改良体の配置図 (取水口, A-A 断面)

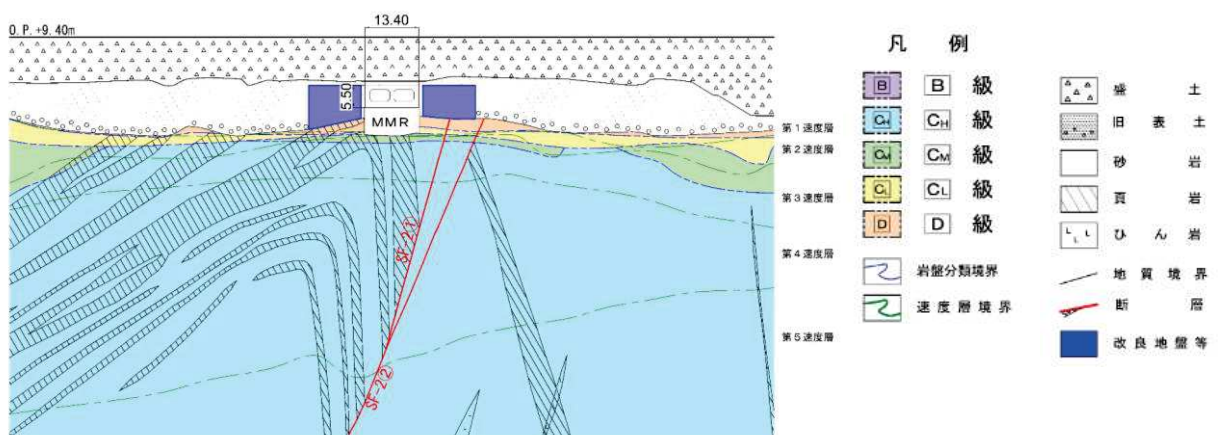


図 2-4 地盤改良体の配置図 (取水路, B-B 断面)

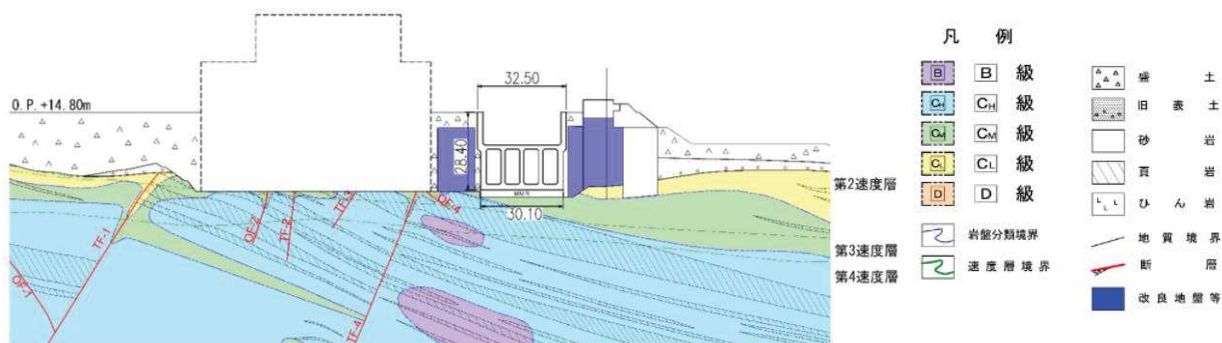


図 2-5 地盤改良体の配置図（海水ポンプ室横断，C-C 断面）

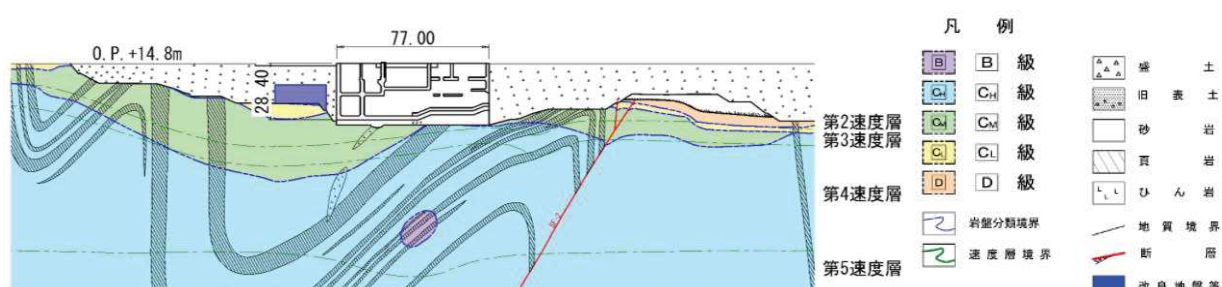


図 2-6 地盤改良体の配置図（海水ポンプ室縦断，D-D 断面）

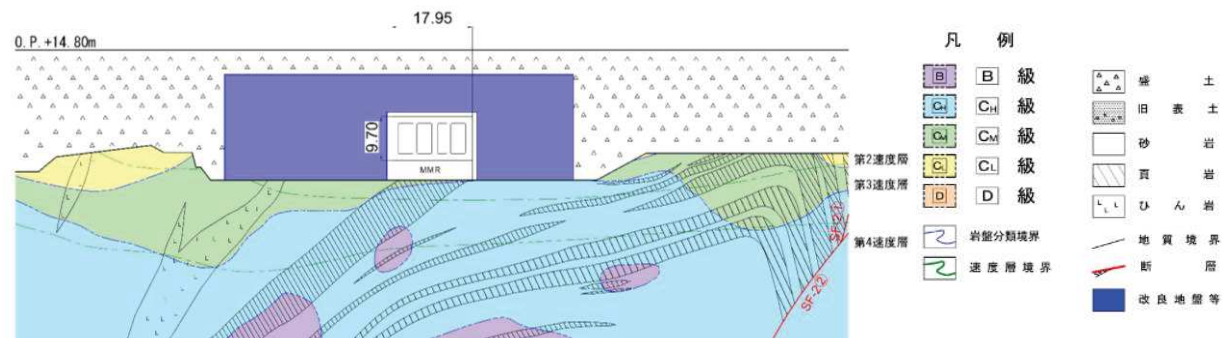


図 2-7 地盤改良体の配置図（原子炉機器冷却海水配管ダクト，E-E 断面）

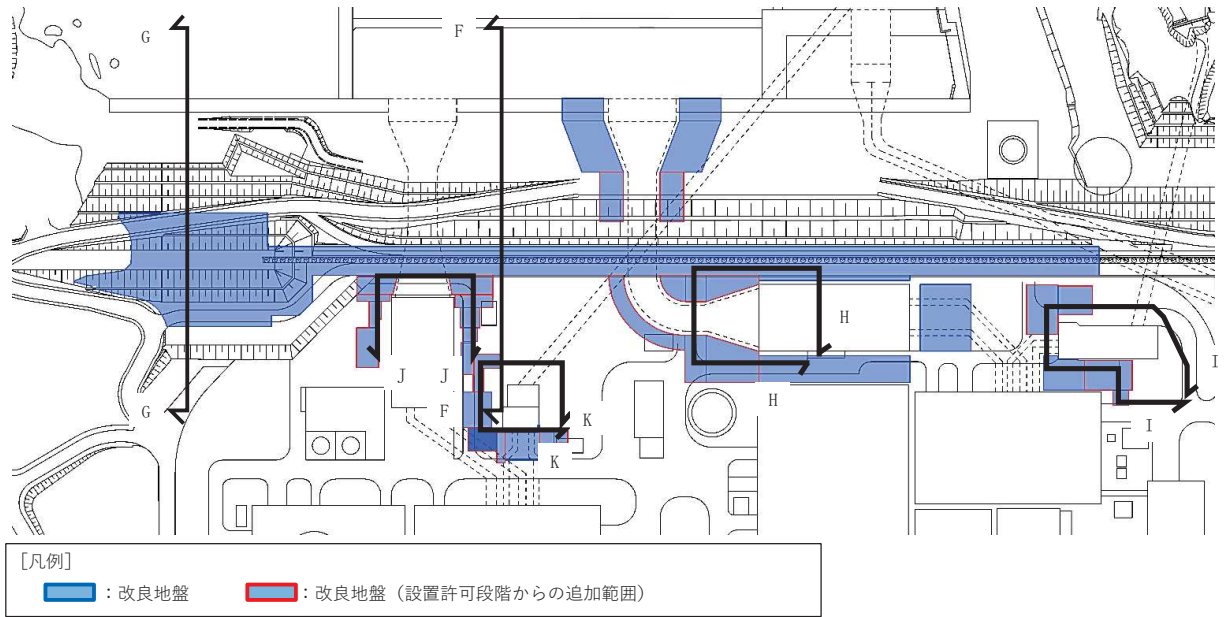


図 2-8 地盤改良体の平面配置図（防潮堤，防潮壁，防潮堤（第 3 号機取水路横断部））

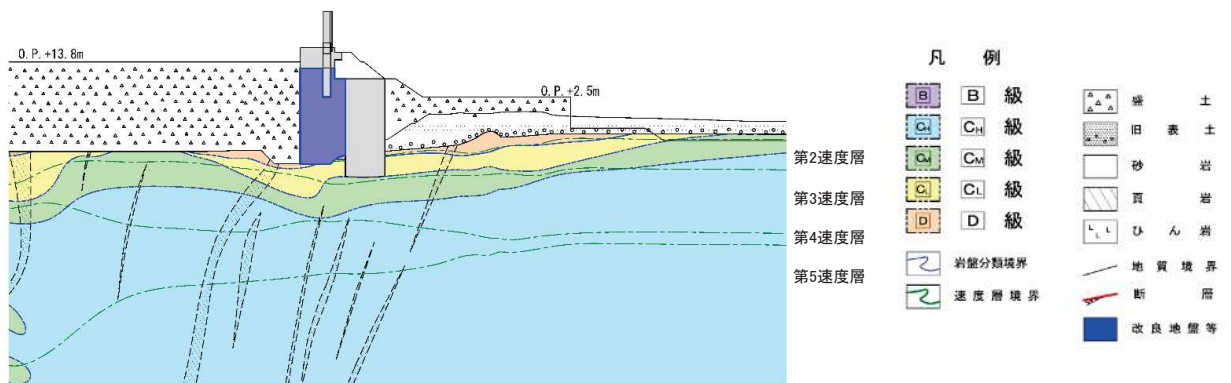


図 2-9 地盤改良体の配置図（防潮堤（鋼管式鉛直壁）一般部，F-F 断面）

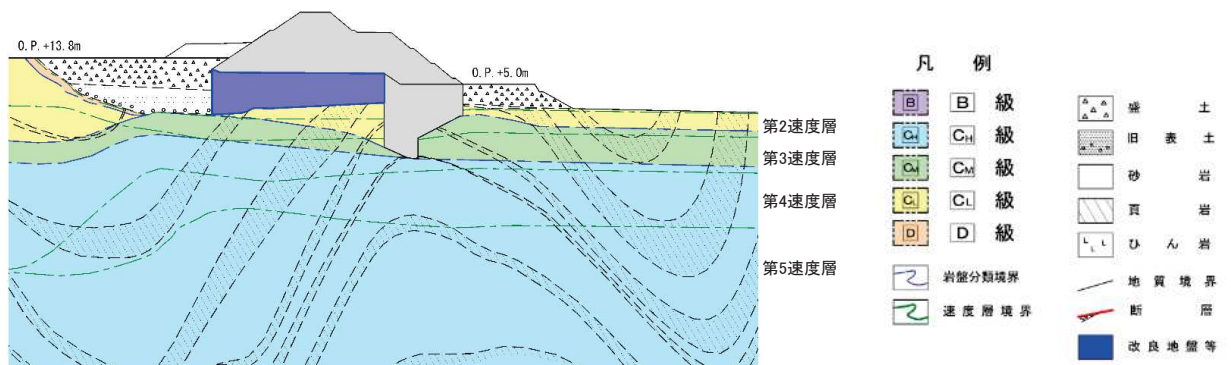


図 2-10 地盤改良体の配置図（防潮堤（盛土堤防），G-G 断面）

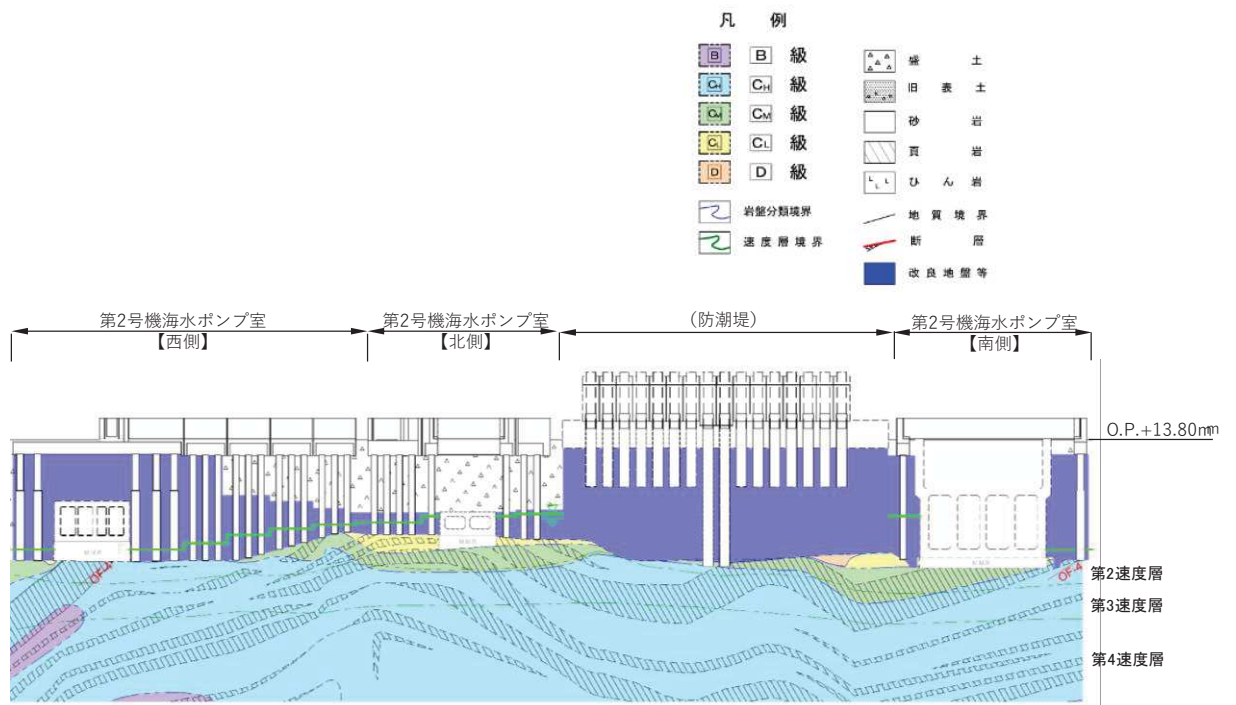


図 2-11 地盤改良体の配置図（防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室），H-H 断面）

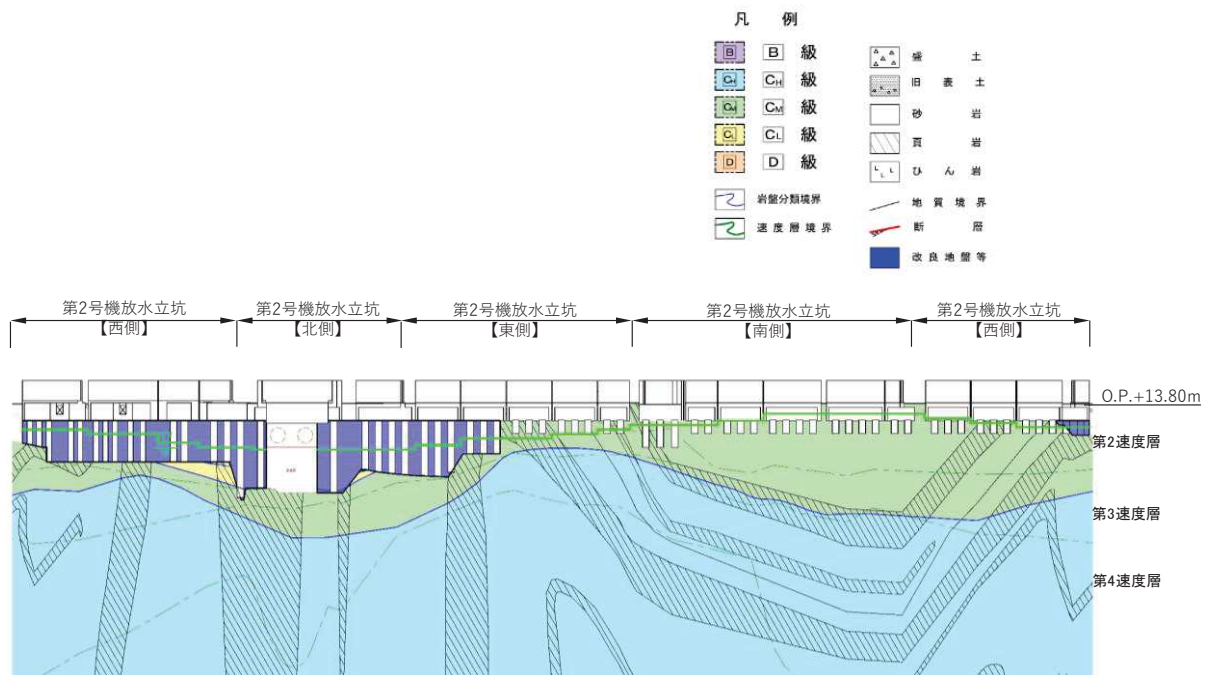


図 2-12 地盤改良体の配置図（防潮壁（第 2 号機放水立坑），I-I 断面）

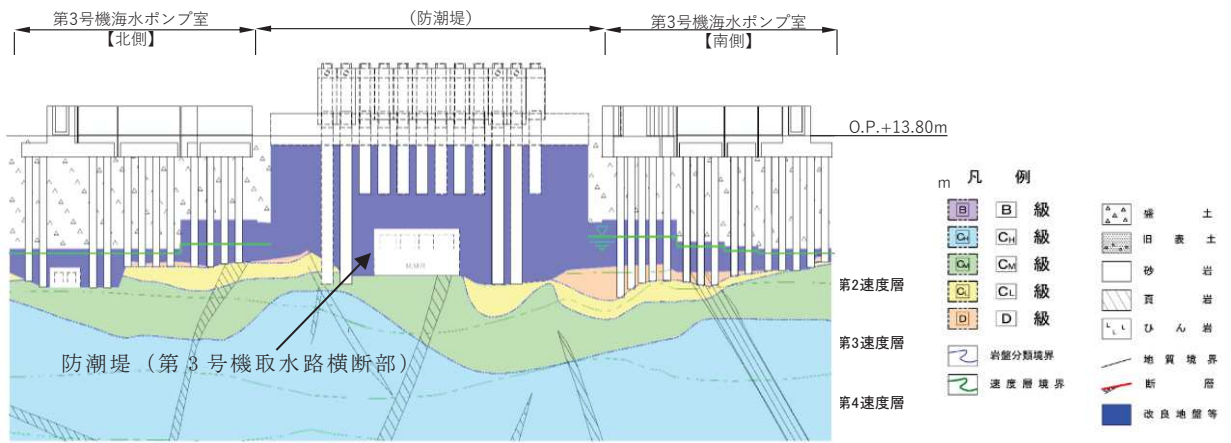


図 2-13 地盤改良体の配置図

(防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室) , 防潮堤 (第 3 号機取水路横断部) , J-J 断面)

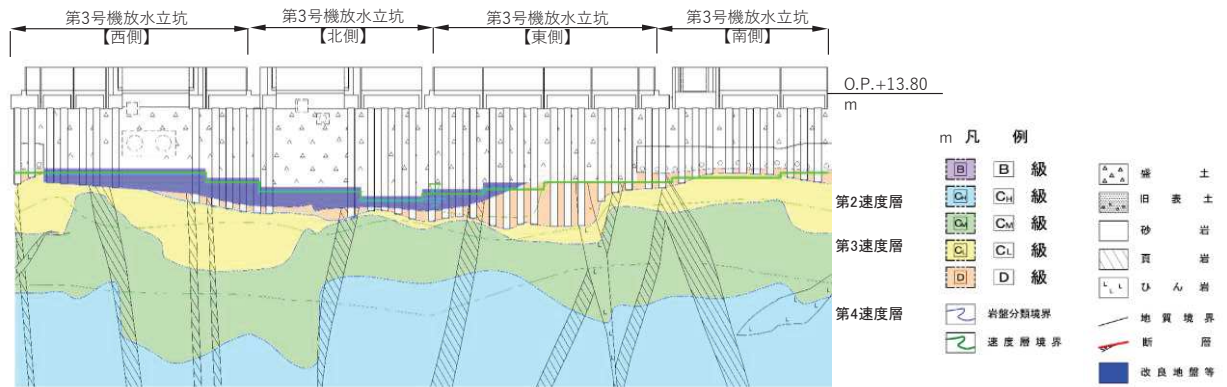


図 2-14 地盤改良体の配置図 (防潮壁 (第 3 号機放水立坑) , K-K 断面)

3. 地盤改良体の品質確認方針

3.1 品質確認項目

地盤改良体の品質確認項目を表 3-1 に示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）及び防潮堤（盛土堤防）に設置する改良地盤（高圧噴射攪拌工法）は、支持地盤としての役割を有することから強度及び剛性を品質確認項目とする。その他の箇所に設置する改良地盤（高圧噴射攪拌工法）は、変形抑制としての役割を有するため、剛性を品質確認項目とする。改良地盤（高圧噴射攪拌工法）の目的及び構造形式に係る分類を表 3-2 に示す。

なお、MMR 置換工法については、開削及びコンクリートによる置換であり、構造物同様、コンクリート標準示方書に基づいた品質管理を行うことで所定の品質を確保する。

表 3-1 地盤改良体の品質確認項目

対象施設		目的	品質確認項目
土木 構造物 ・ 津波 防護 施設	取水口	変形抑制	剛性
	取水路	変形抑制	剛性
	海水ポンプ室	変形抑制	剛性
	原子炉機器冷却海水配管ダクト	変形抑制	剛性
	防潮堤（鋼管式鉛直壁）	支持地盤・変形抑制	強度及び剛性
	防潮堤（盛土堤防）	支持地盤	強度及び剛性
	防潮堤（第 3 号機取水路横断部）	変形抑制（第 3 号機取水路）	剛性
	防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）	変形抑制	剛性
	防潮壁（第 2 号機放水立坑）	変形抑制	剛性
	防潮壁（第 3 号機海水ポンプ室）	変形抑制	剛性
	防潮壁（第 3 号機放水立坑）	変形抑制	剛性

表 3-2(1) 改良地盤（高圧噴射攪拌工法）の目的及び構造形式に係る分類（1/2）

目的	支持地盤	
構造形式	<p>構造物</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>地盤改良</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>岩盤</p>	<p>構造物</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>地盤改良</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>岩盤</p>
対象施設	防潮堤（鋼管式鉛直壁）	防潮堤（盛土堤防）

表 3-2(2) 改良地盤（高圧噴射攪拌工法）の目的及び構造形式に係る分類（2/2）

目的	変形抑制	
構造形式	<p>盛土・旧表土</p> <p>地盤改良</p> <p>構造物</p> <p>地盤改良</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>岩盤</p>	<p>構造物</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>地盤改良</p> <p>盛土・旧表土</p> <p>岩盤</p>
対象施設	取水口，取水路，海水ポンプ室，原子炉機器冷却海水配管ダクト，防潮堤（第3号機取水路横断部）	防潮堤（鋼管式鉛直壁），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，第3号機放水立坑）

3.2 品質確認準拠基準について

地盤改良工法，設置箇所及び構造物の支持機能の有無に応じて適切な基準・指針を適用する。

深層混合処理工法の基準・指針として一般的な文献を表 3-3 に示す。

女川原子力発電所における深層混合処理工法は，表 3-2 に示す支持地盤及び変形抑制を目的とした地盤改良のいずれも高圧噴射攪拌工法であり，本工法の品質管理に係る詳細な記載がされている建築センター指針を適用する。

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 3-3 地盤改良工法の基準・指針（深層混合処理工法）

基準・指針名	基準略称
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 —セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—，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	陸上工事マニュアル
港湾・空港における深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

3.3 品質確認試験

3.3.1 試験頻度

深層混合処理工法に対する諸基準・指針における必要調査箇所数を表 3-4 に示す。改良地盤（高圧噴射攪拌工法）における品質確認試験の頻度は、表 3-4 に示す建築センター指針の必要調査箇所数を満足するように、各構造物の改良地盤の施工数量に応じて設定する。

表 3-4 諸基準・指針における必要調査箇所数（深層混合処理工法）

基準略称	試験頻度の目安
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本の改良コラムに1箇所以上かつ1検査対象群に1箇所以上。
（以下参考）	
建築基礎指針	改良体100本ごとに1本以上。
J E A C 4 6 1 6	改良柱300本ごとに1本以上。
陸上工事マニュアル	設計強度ごとに改良体500本未満は3本×3深度、500本以上は250本ごとに1本追加。
港湾・空港マニュアル	改良土量10000m ³ ごとに1本程度。

3.3.2 試験方法

(1) 品質確認試験及び基準値

各構造物において実施する改良地盤（高圧噴射攪拌工法）の品質確認試験及び基準値を表 3-5 に示す。

剛性については、解析上主たる物性値である動せん断弾性係数 G_0 を、PS 検層により確認する ($G_0 = \rho V_s^2$) こととし、PS 検層から得られる G_0 の平均値を確認する。 G_0 の基準値については、耐震評価の中で実施する動的解析においてばらつきを考慮することを踏まえ、PS 検層から得られる G_0 の平均値が解析用物性値（平均） $-\sigma$ 以上であることを確認する。

なお、剛性の品質確認試験は、改良地盤を設置する全ての構造物において実施する。

防潮堤の改良地盤については、支持地盤としての役割を有し、設置変更許可段階において改良地盤の強度を使用した地盤の安定性評価を実施していることを踏まえ、強度の確認も行うこととし、試験結果から得られる強度が解析用物性値以上であることを確認する。

強度の確認においては、建築センター指針及び他基準・指針において一軸圧縮強度を指標としていることから、その考え方にに基づき一軸圧縮強度を確認することとする。

ただし、女川原子力発電所においては、改良地盤の強度特性としてせん断強度 τ_0 及び内部摩擦角 ϕ を設定していることから、せん断強度 τ_0 及び内部摩擦角 ϕ と一軸圧縮強度の相関関係を使用し、試験から求めた一軸圧縮強度 q_u より確認する。

せん断強度 (τ_0, ϕ) と一軸圧縮強度 q_u の相関関係については『(2)せん断強度と一軸圧縮強度の相関について』に示す。

また、防潮堤の改良地盤においては、設置変更許可申請時に物性ばらつき（平均 $-\sigma$ 強度）を考慮した地盤の安定性評価も実施していることから、平均 $-\sigma$ 強度についても確認する。

引張強度 σ_t については、岩石の引張強さ試験により確認することとし、岩石の引張強さ試験から得られる引張強度 σ_t が、解析用物性値以上であることを確認する。

また、引張強度 σ_t についても、せん断強度同様、平均 $-\sigma$ 強度について確認する。

表 3-5 改良地盤（高圧噴射攪拌工法）の品質確認項目及び品質確認試験

品質確認項目		解析用物性値		品質確認試験	基準値
剛性 (共通)	動せん断 弾性係数 G_0	1840N/mm ² (地下水位以浅)		PS 検層 (JGS 1122)	G_0 の平均値 $\geq 1150\text{N/mm}^2$ (解析用物性値 (平均) - σ)
		1940N/mm ² (地下水位以深)			G_0 の平均値 $\geq 1210\text{N/mm}^2$ (解析用物性値 (平均) - σ)
強度 (防潮堤)	せん断強度 (τ_0, ϕ)	τ_0	1.39N/mm ²	一軸圧縮試験 (JIS A 1216)	q_u の平均値 $\geq 4.1\text{N/mm}^2$ (解析用物性値 $\tau_0 = 1.39\text{N/mm}^2$ に 相当する一軸圧縮強度) * : q_u (平均 - σ) $\geq 4.1\text{N/mm}^2$ (解析 用物性値 (平均) - $\sigma = 1.38\text{N/mm}^2$ に相当する一軸圧縮強度) も確認
		ϕ	22.1°		
	引張強度 σ_t	0.65N/mm ²		岩石の引張強さ 試験方法 (JIS M 0303)	σ_t の平均値 $\geq 0.65\text{N/mm}^2$ (解析用物性値) * : σ_t (平均 - σ) $\geq 0.45\text{N/mm}^2$ (解 析用物性値 (平均) - σ) も確認

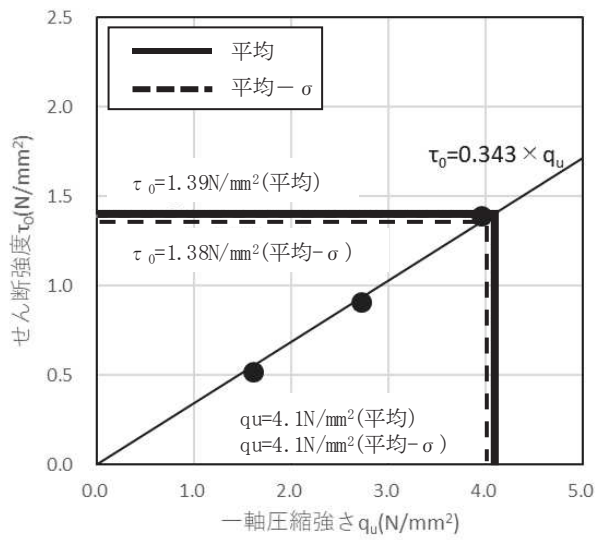
(2)せん断強度と一軸圧縮強度の相関について

試験施工により得られた地盤改良体の三軸圧縮試験から算出したせん断強度 (τ_0, ϕ) と、一軸圧縮強度 q_u の関係を図 3-1 に示す。図 3-1(a)より、せん断強度 τ_0 と一軸圧縮強度 q_u は下式の関係となる。

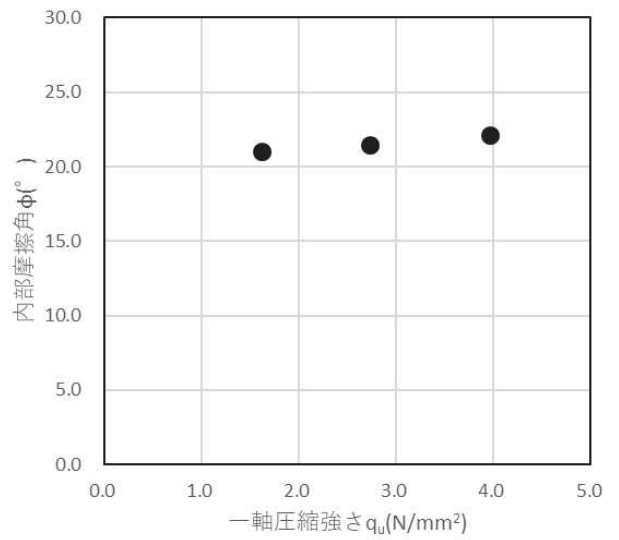
$$\tau_0 = 0.343 \times q_u$$

また、図 3-1(b)より内部摩擦角 ϕ は一軸圧縮強度 q_u に依存しないことを確認している。

以上より、改良地盤のせん断強度は、せん断強度 τ_0 に相当する一軸圧縮強度 q_u が、基準値を満足することを確認する。



(a) τ_0 と q_u の関係



(b) ϕ と q_u の関係

図 3-1 せん断強度 (τ_0 , ϕ) と一軸圧縮強度 q_u の相関

(3) 基準値を下回った場合の対応

品質確認試験の中で、設定した基準値を下回った場合の対応として、基準値を下回った原因の考察（局所的な地盤条件等）を行った上で、必要に応じて補修を行う。

(参考資料 1 4) 液状化強度試験の詳細について

1. 盛土・旧表土のボーリング柱状図・コア写真

表 1-1 盛土・旧表土のボーリング一覧

Br孔名	盛土	旧表土	液状化強度試験との対応
PB-1	○	-	-
PB-2	○	-	-
PB-3	○	-	-
PB-4	○	-	-
25BW-1	○	-	-
25BW-4	○	-	-
25BW-5	○	-	-
25BW-6	○	○	-
25BW-7	○	-	-
25BW-8	○	○	-
25BW-9	○	○	-
25BW-10	○	○	-
25BW-11	○	○	-
25BW-12	○	○	-
25BW-13	○	○	-
25BW-14	○	○	-
25BW-15	○	-	-
25BW-16	○	-	-
25BW-17	○	-	-
25BW-18	○	○	-
25BW-19	○	○	-
25BW-20	○	○	-
25BW-21	○	○	-
25BW-22	○	-	-
25BW-23	○	-	-
25BW-24	○	-	-
28QB-1	○	○	A-2 (旧表土)
28QB-2	○	○	A-3 (旧表土)
28QB-3	○	○	-
28QB-4-1	○	○	A-4 (旧表土)
28QB-4	○	○	-
28QB-5	○	○	B-1 (盛土)
28QB-5-1	○	○	A-5 (旧表土)
28QB-6	○	○	A-6 (旧表土)
28QB-7	○	○	A-7 (旧表土)
28QB-8	○	○	B-2 (盛土)
P-3	○	○	-
P-6	○	○	-
SP-2	○	○	-
Fs-1	-	○	-
Fs-2	-	○	A-1 (旧表土)
Fs-3	-	○	-
D-1	○	○	-
No.1	○	○	-
No.2	○	○	-
23B-1	○	○	-
23B-4	○	○	-
23B-5	○	○	-
23B-6	○	○	-
23B-7	○	○	-
23B-9	○	○	-

※ 設置変更許可申請以降に実施した盛土の液状化強度試験箇所B-3～B-8については、G.L.付近から試料を採取したため、試験位置に対応するボーリングはない。

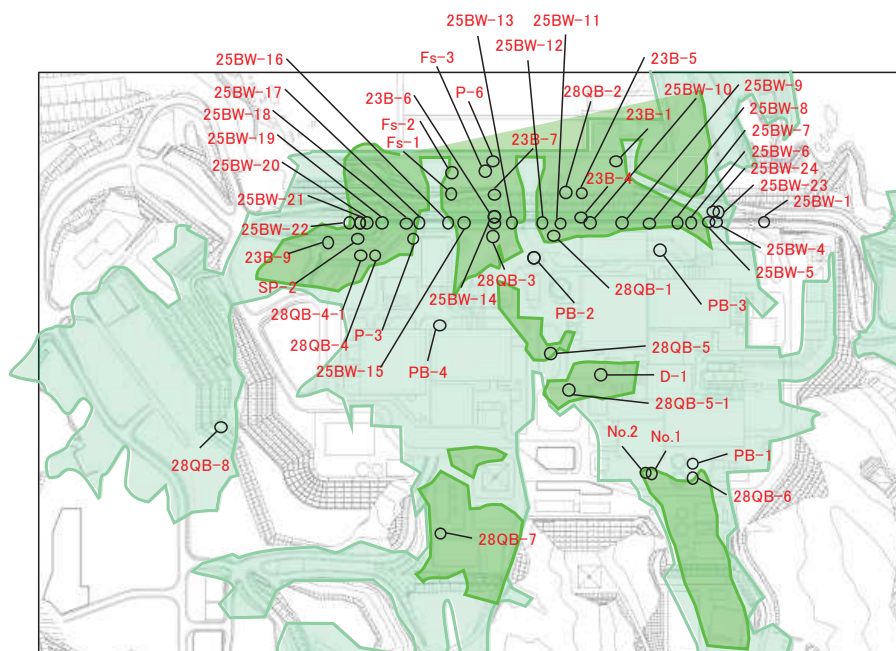


図 1-1 盛土・旧表土のボーリング位置図

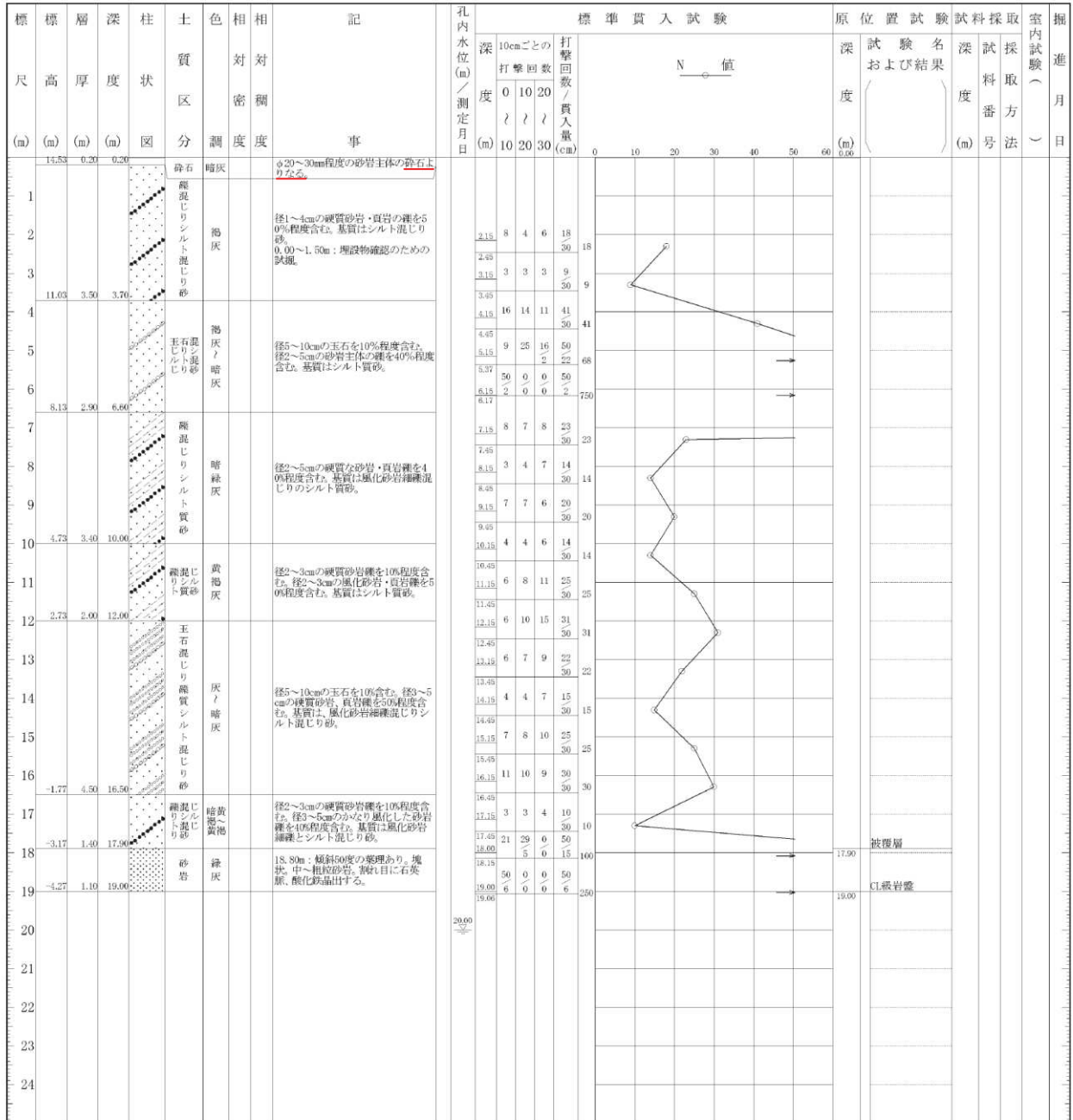


図 1-2(1) ボーリング柱状図 (PB-1) (盛土: 深度 0~17.90m)

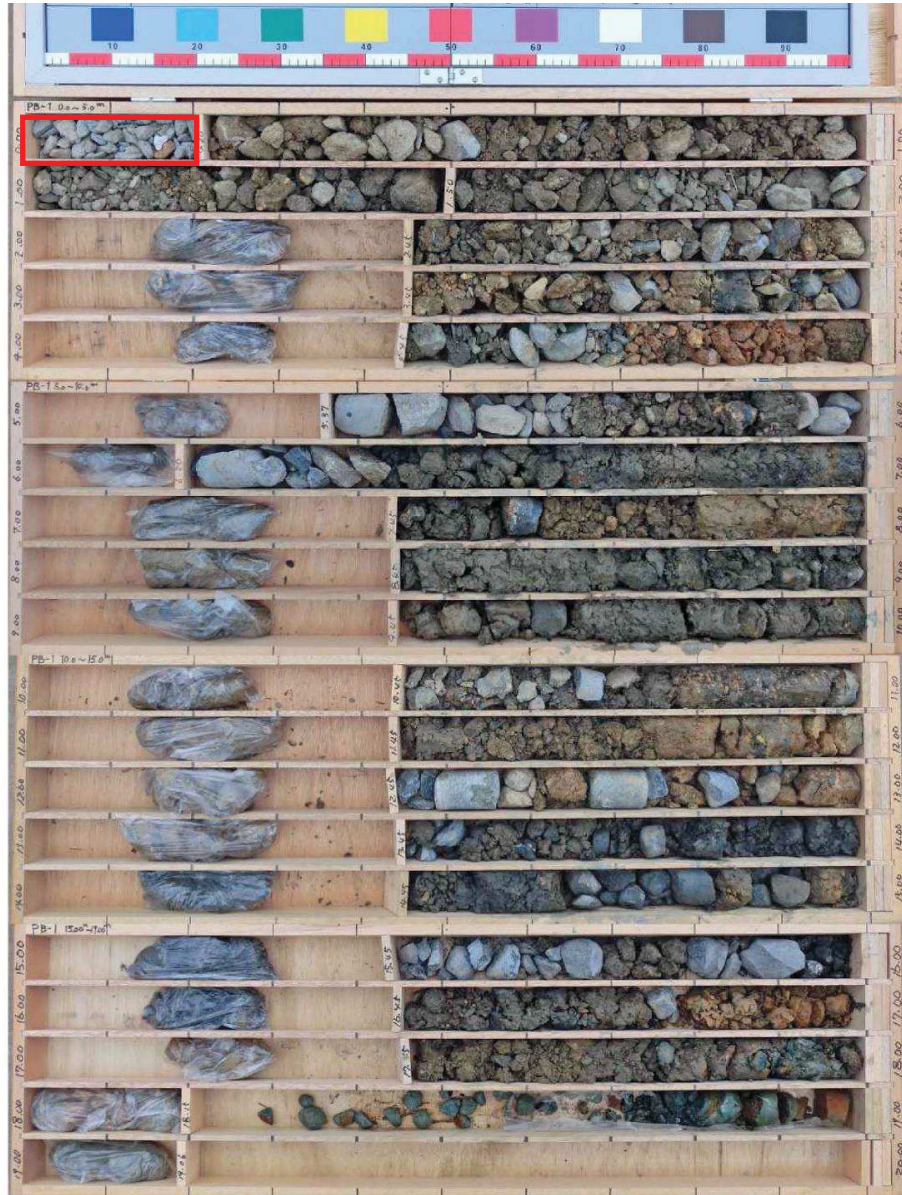


図 1-2(2) ボーリングコア写真 (PB-1) (盛土：深度 0~17.90m)

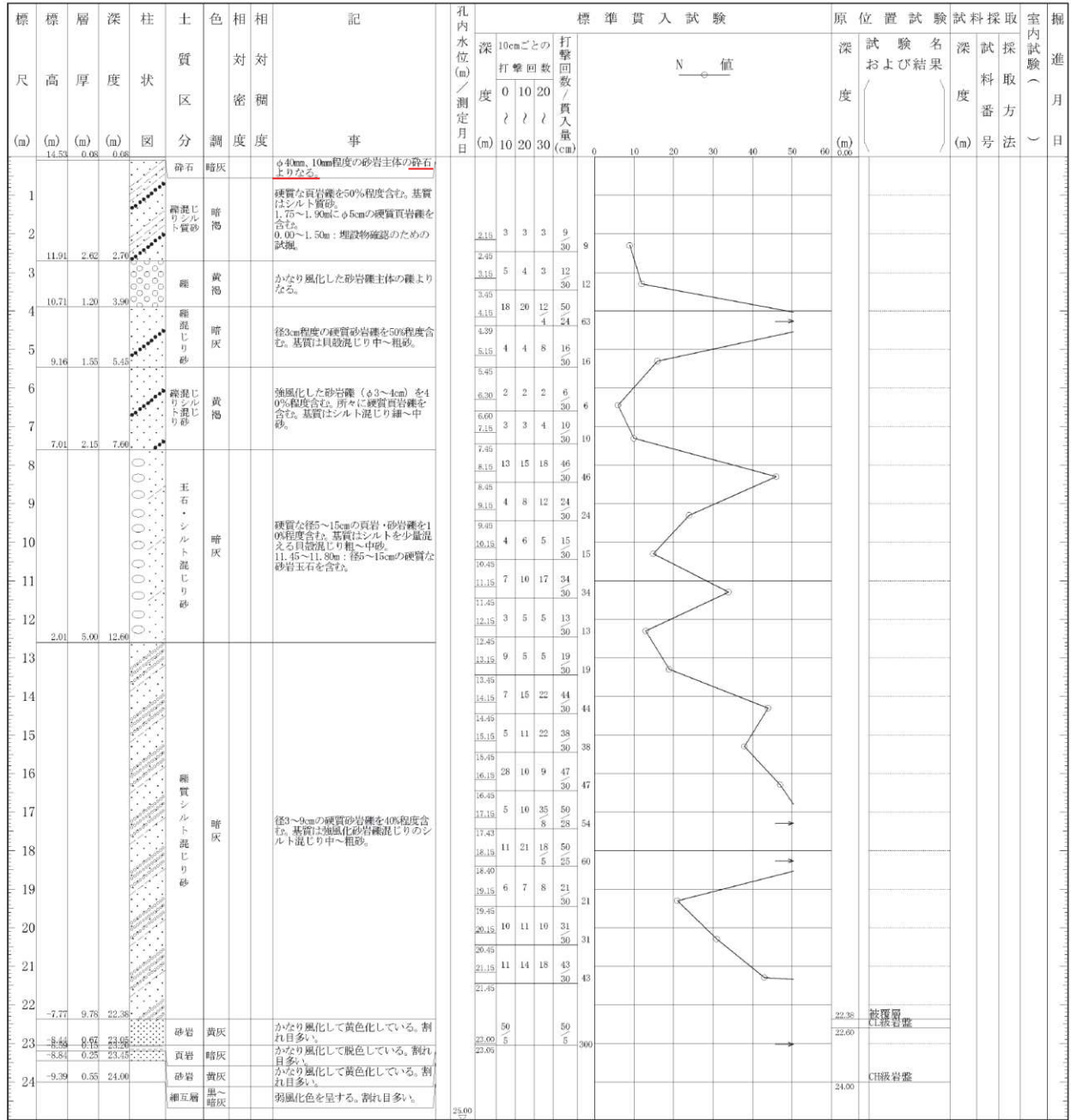


図 1-3(1) ボーリング柱状図 (PB-2) (盛土：深度 0~22.38m)

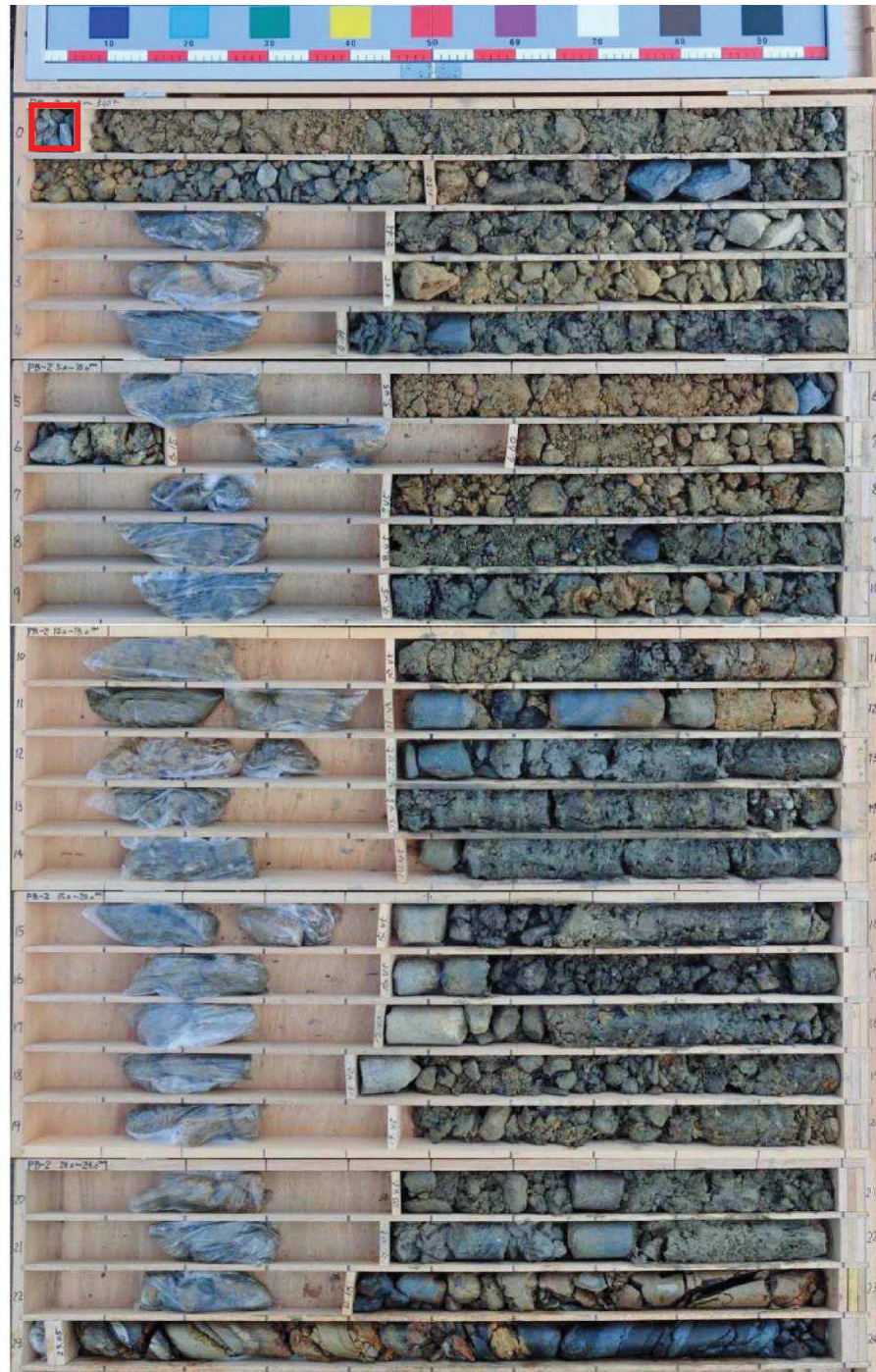


図 1-3(2) ボーリングコア写真 (PB-2) (盛土：深度 0～22.38m)

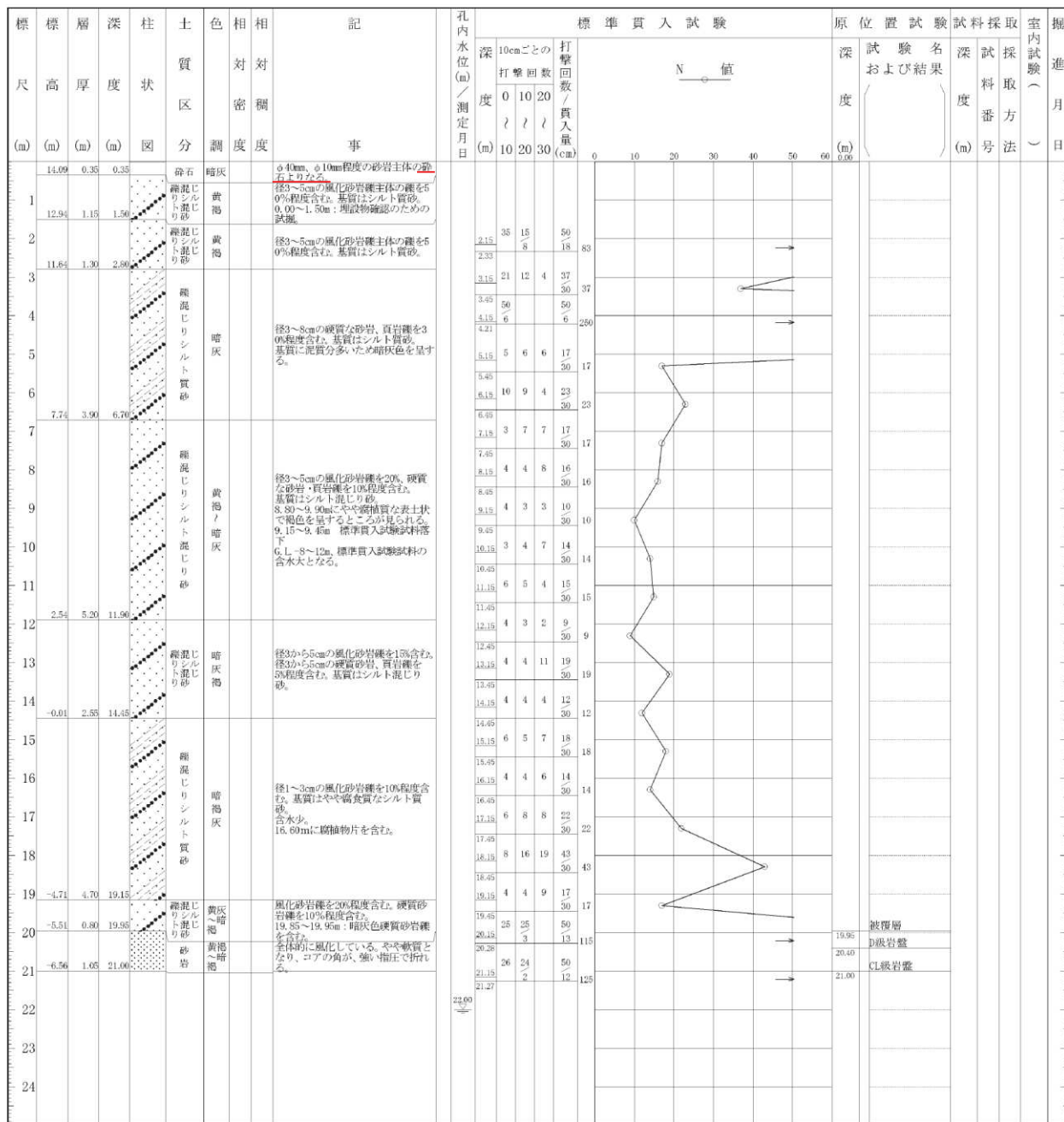


図 1-4(1) ボーリング柱状図 (PB-3) (盛土: 深度 0~19.95m)



図 1-4(2) ボーリングコア写真 (PB-3) (盛土：深度 0～19.95m)

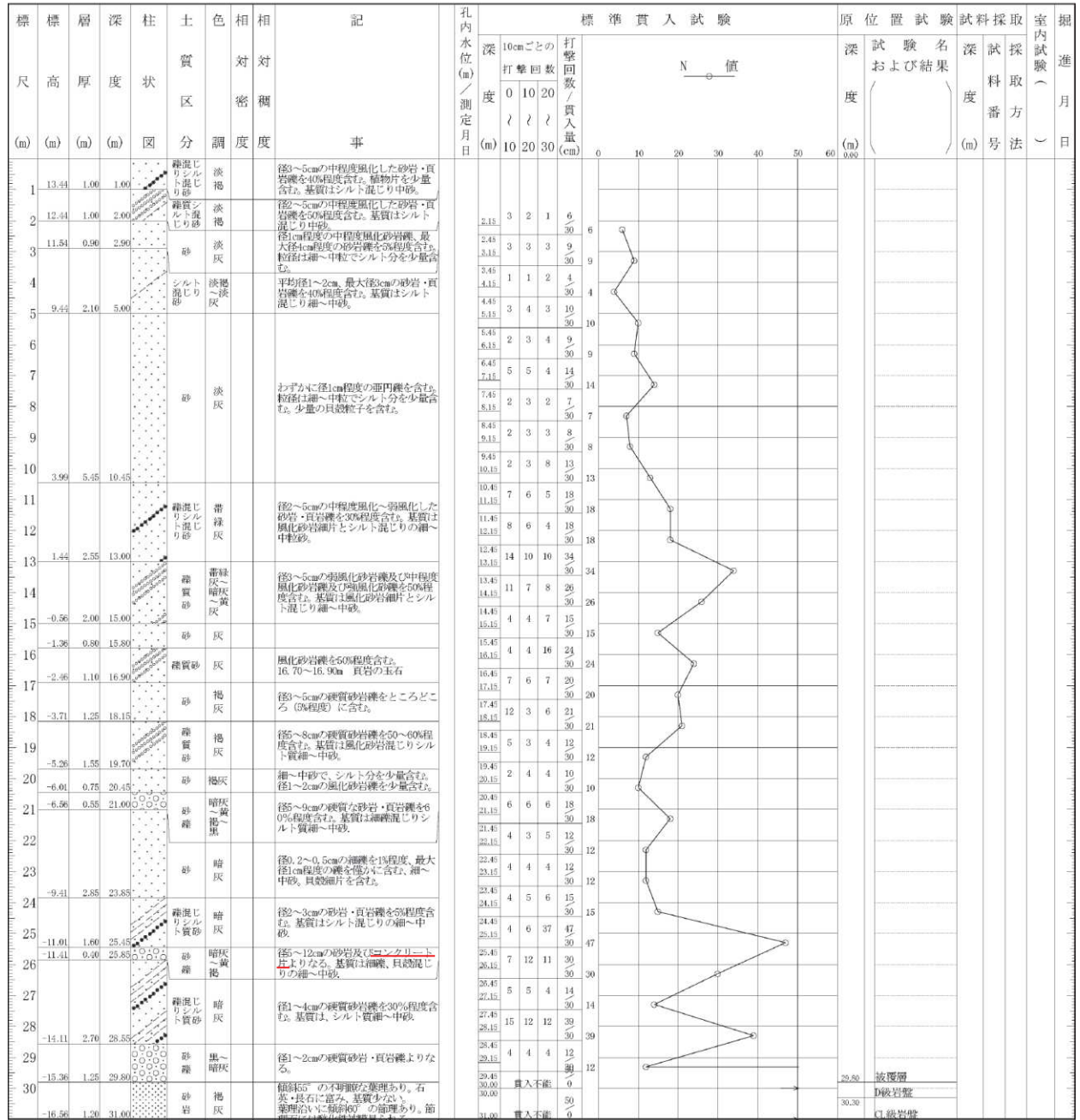


図 1-5(1) ボーリング柱状図 (PB-4) (盛土: 深度 0~29.80m)



図 1-5(2) ボーリングコア写真 (PB-4) (盛土: 深度 0~29.80m)

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O. P. m)	柱状図	岩盤分類	岩質名	砂害の程度区分	色調	地層の傾斜	観察事項		割の風化 割れ目沿い	風化度	コア形状	R Q D N値 コア採取率	最大コア長 (cm)	送水量 / 排水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位			
									地質について	割れ目について												
0	0.30	13.42		砕石	緑灰 s 暗褐色				0.00~0.30m: 砕石φ1~4mm 0.30~2.00m: 砕石+砂質土。塊1~3cmで、角礫状の砂岩と頁岩、クラッシャーランカ。 2.00~3.55m: 具散在しり粗砂+礫。礫は0.5~3cmの巨角~角礫。風化砂岩礫、新鮮頁岩。礫の混入率は10~20%。 3.55~3.82m: コンクリート。 3.82m以下: 砂質じり礫。径0.5~4cmの角礫、頁岩主体。混入率40~50%。													
2.00	11.72			砂質じり砂質土	暗褐色																	
3.55	10.17			砂	暗褐色																	
3.82	9.90			コンクリート	黒灰																	
4.90	8.83			砂質じり礫 (埋戻し土)	黒灰																	
5	5.17	8.55		砂岩	黒灰				4.90~5.17m: 厚さ0.1~2cmのレンズ状頁岩片を水平方向に置ける。 5.17~5.79m: 砂岩の薄層を挟む。 5.79~6.80m: 頁岩と頁岩の接触部は分離し、角度は不明。 6.80~8.20m: 砂岩と頁岩の接触部は分離し、角度は不明。 8.20~9.00m: 凝結である。	5.17~5.79m: ∠85°以上の割れ目で、厚さ1.5cm程度以上の板状に分離。割れ目面は褐色化。 5.79~6.80m: ∠20°と∠80°以上の割れ目で52~3mm大に亀裂が入る。 6.80~8.20m: ∠50°~60°の割れ目が目立つ。 8.20~9.00m: ∠60°~70°の割れ目が目立つ。 頁岩の割れ目面は褐色化し、一部割れ目に沿って軟質化している。	II~I III II I	5.39 6.17	5.30 6.00 6.50	11 19 37 32	90/12 90/11 90/10 90/8	10 16 23 12						
5.79	7.93			頁岩	黒灰																	
6.80	7.07			砂岩	黒灰																	
8.20	5.67			砂岩	黒灰																	
9.00	4.72			砂岩	黒灰																	

図 1-6(1) ボーリング柱状図 (25BW-1) (盛土: 深度 0~4.90m)



図 1-6(2) ボーリングコア写真 (25BW-1) (盛土：深度 0～4.90m)



図 1-7(1) ボーリングコア写真 (25BW-4) (盛土：深度 0～19.57m)



図 1-8(2) ボーリングコア写真 (25BW-5) (盛土: 深度 0~18.20m)

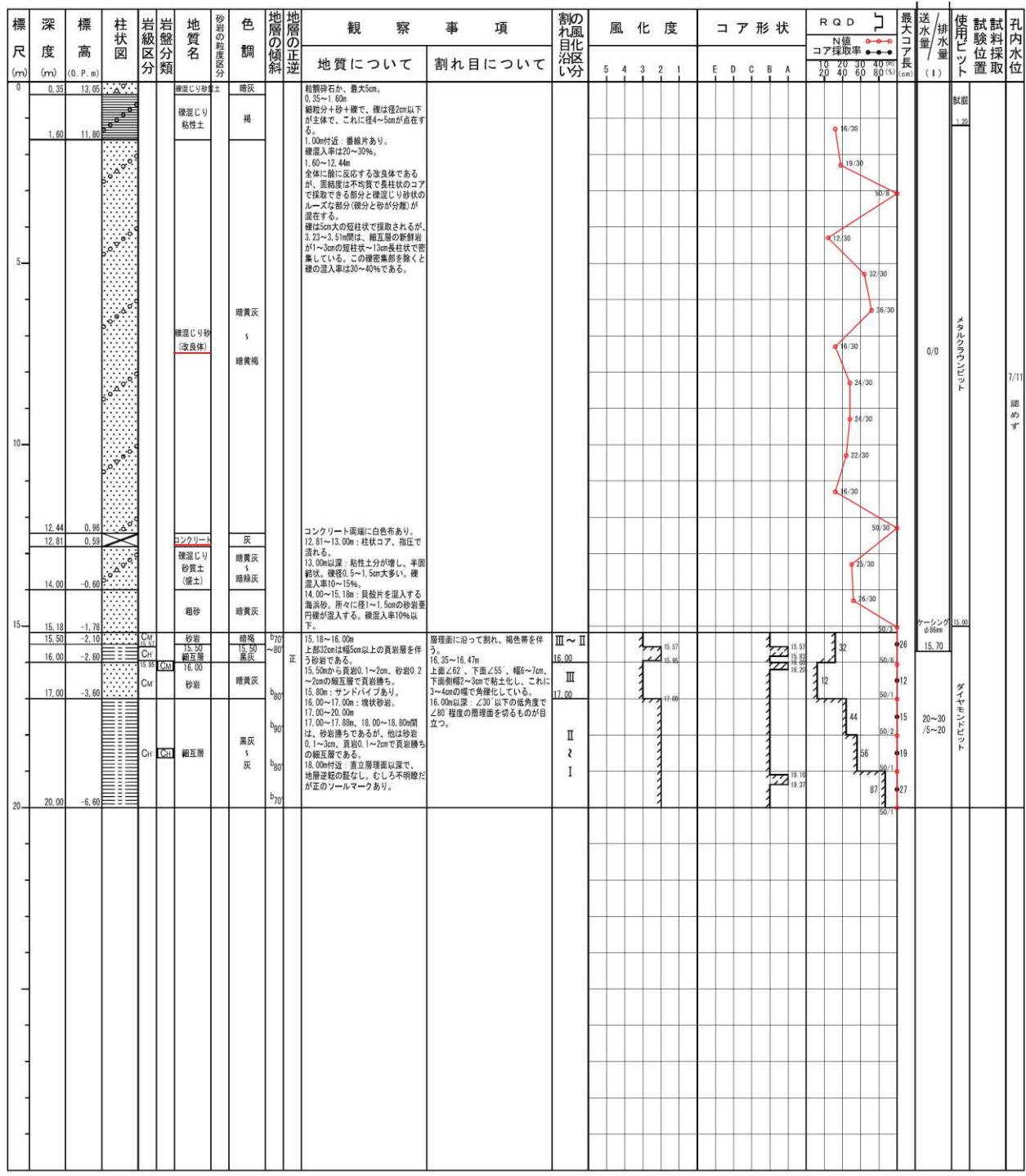


図 1-9(1) ボーリング柱状図 (25BW-6) (盛土：深度 0~14.00m, 旧表土：深度 14.00~15.18m)

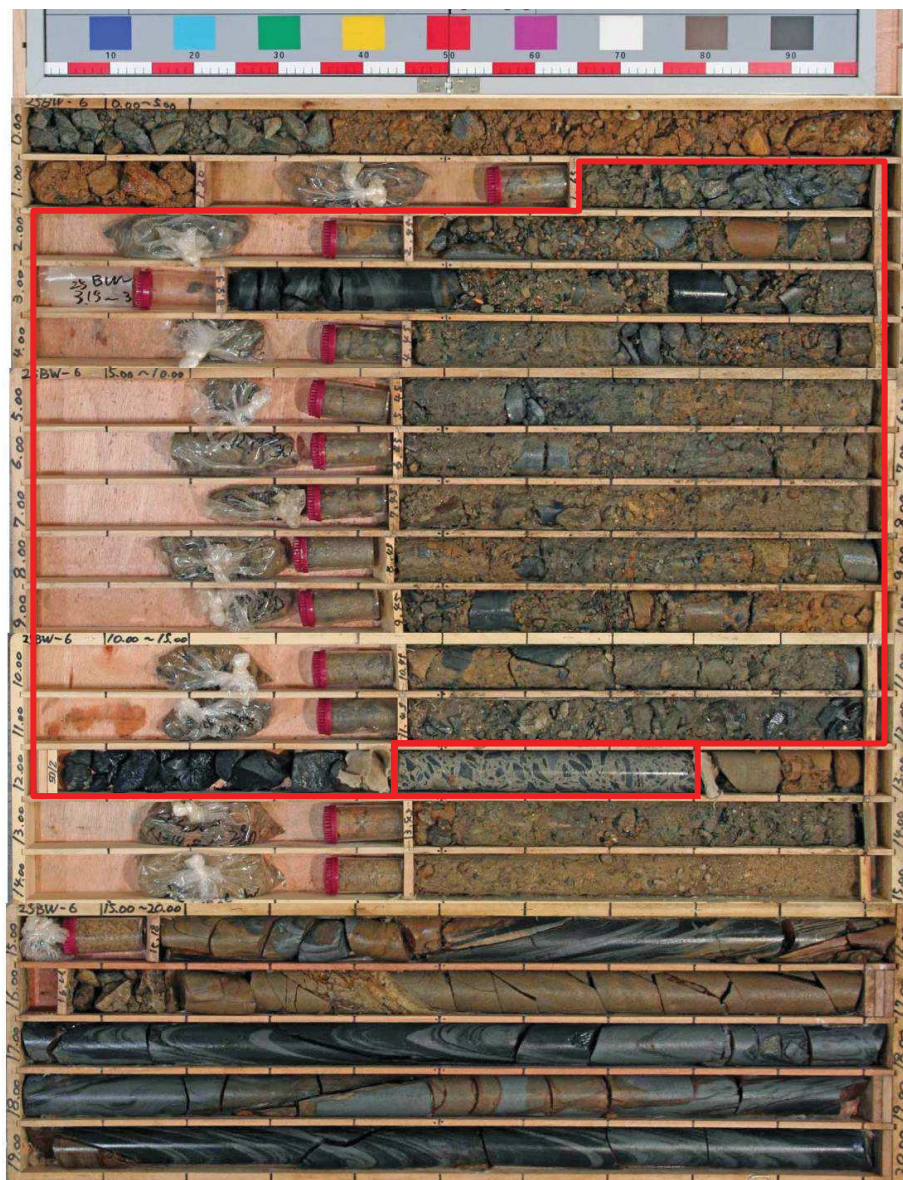


図 1-9(2) ボーリングコア写真 (25BW-6)
(盛土：深度 0～14.00m, 旧表土：深度 14.00～15.18m)

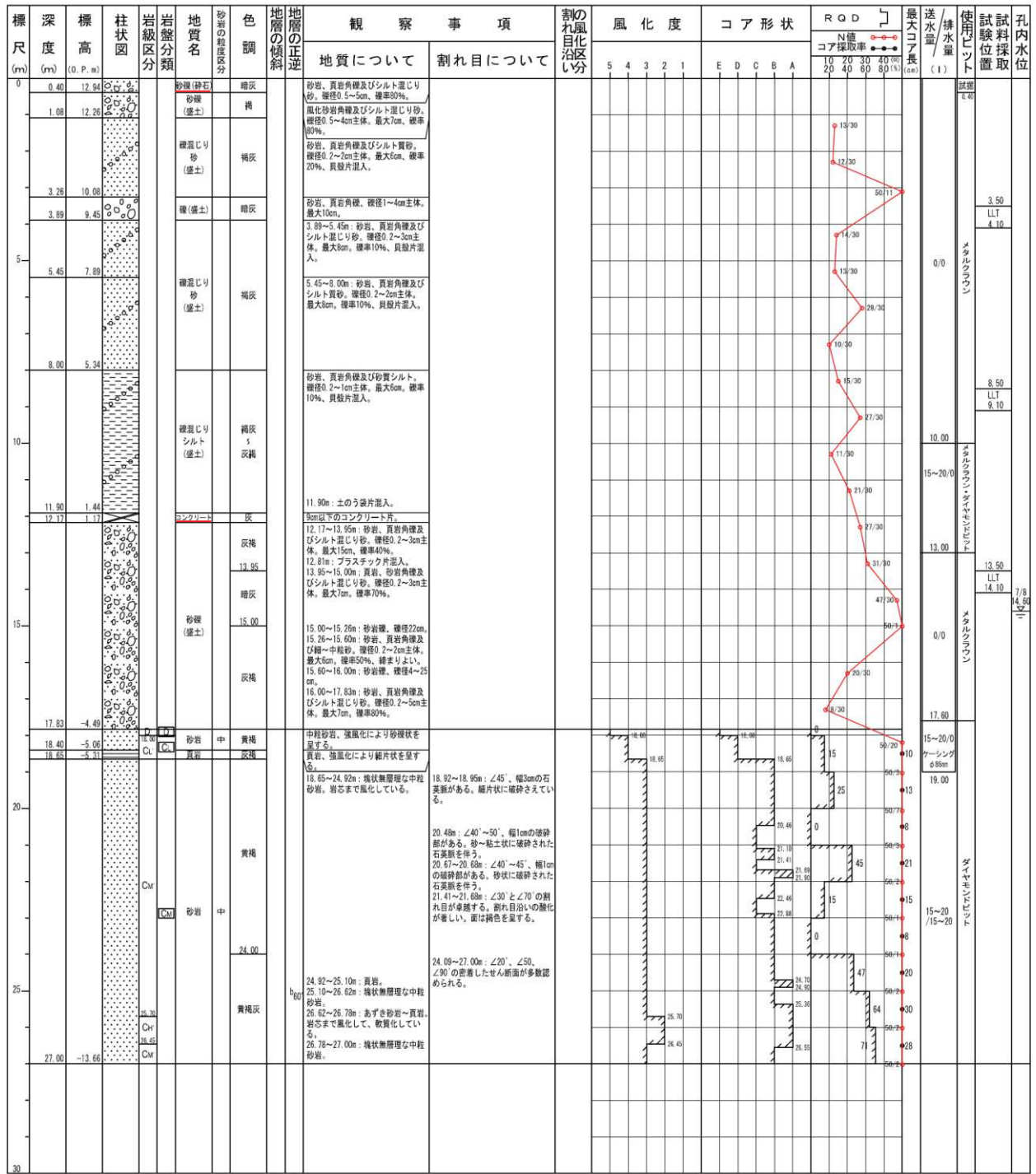


図 1-10(1) ボーリング柱状図 (25BW-7) (盛土: 深度 0~17.83m)



図 1-10(2) ボーリングコア写真 (25BW-7) (盛土：深度 0～17.83m)

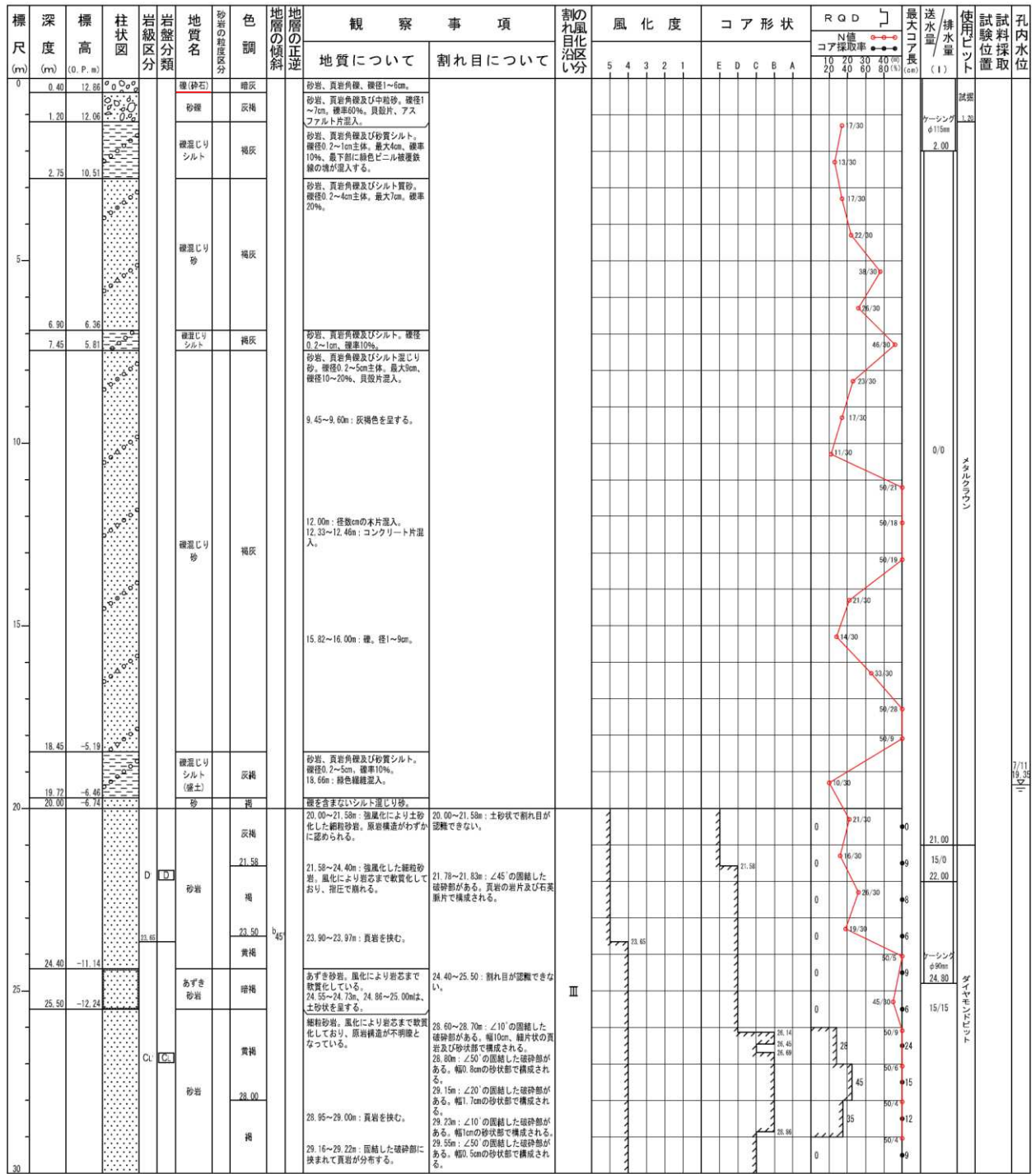


図 1-11(1) ボーリング柱状図 (25BW-8) (盛土: 深度 0~19.72m, 旧表土: 深度 19.72~20.00m)



図 1-11(2) ボーリングコア写真 (25BW-8)
 (盛土：深度 0～19.72m, 旧表土：深度 19.72～20.00m)

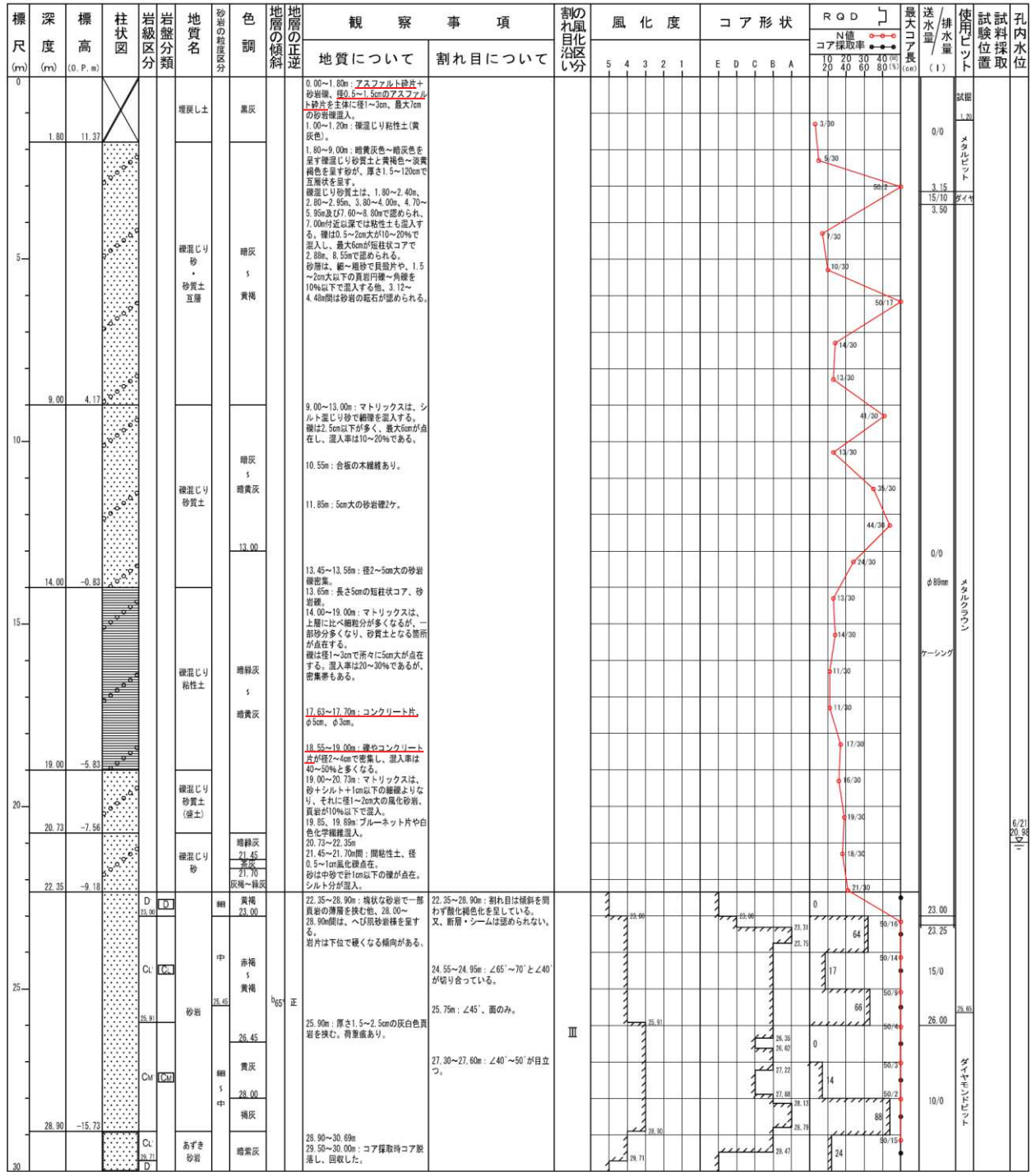


図 1-12(1) ボーリング柱状図 (25BW-9) (盛土: 深度 0~20.73m, 旧表土: 深度 20.73~22.35m)

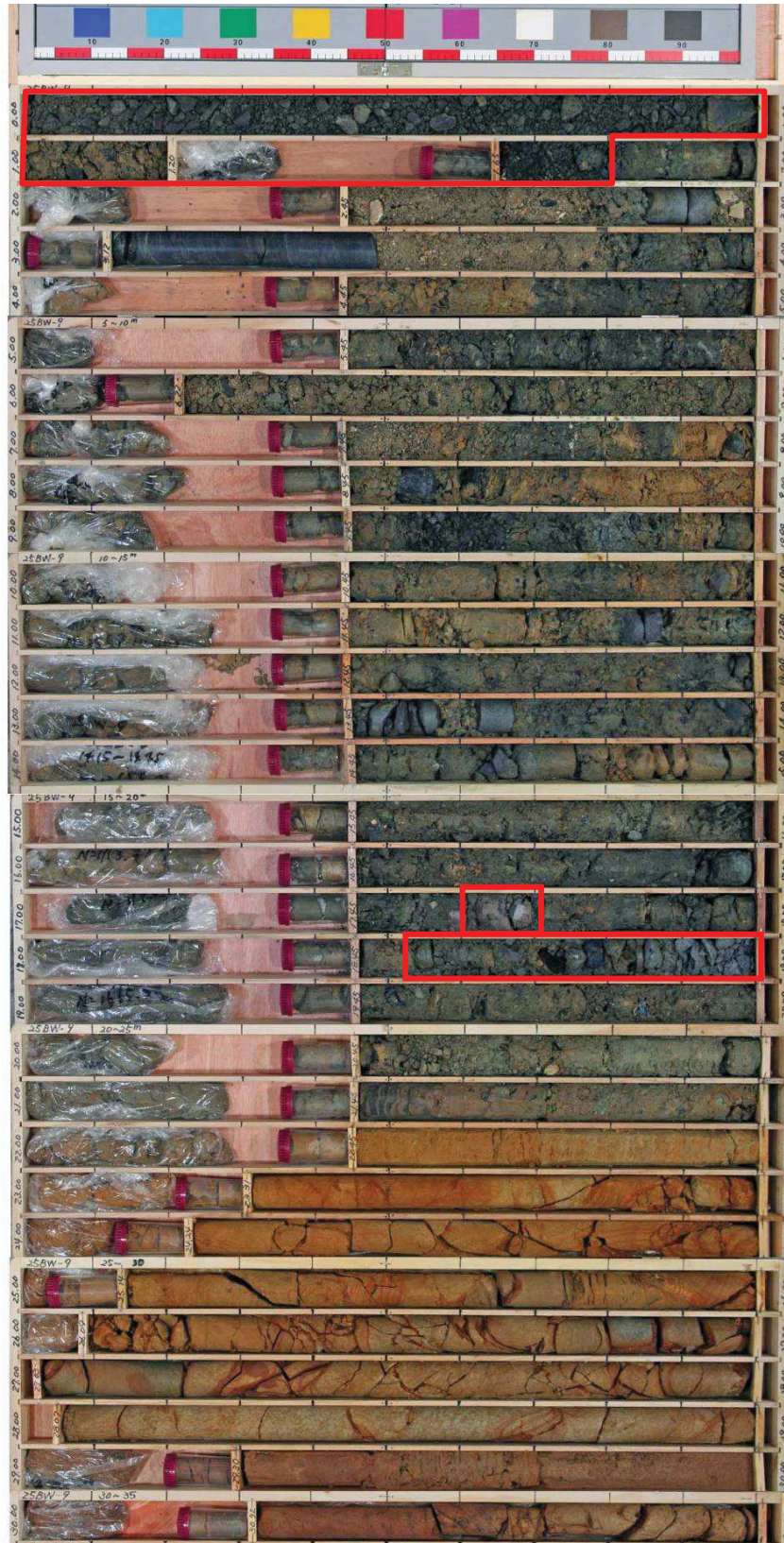


図 1-12(2) ボーリングコア写真 (25BW-9)
 (盛土：深度 0～20.73m, 旧表土：深度 20.73～22.35m)

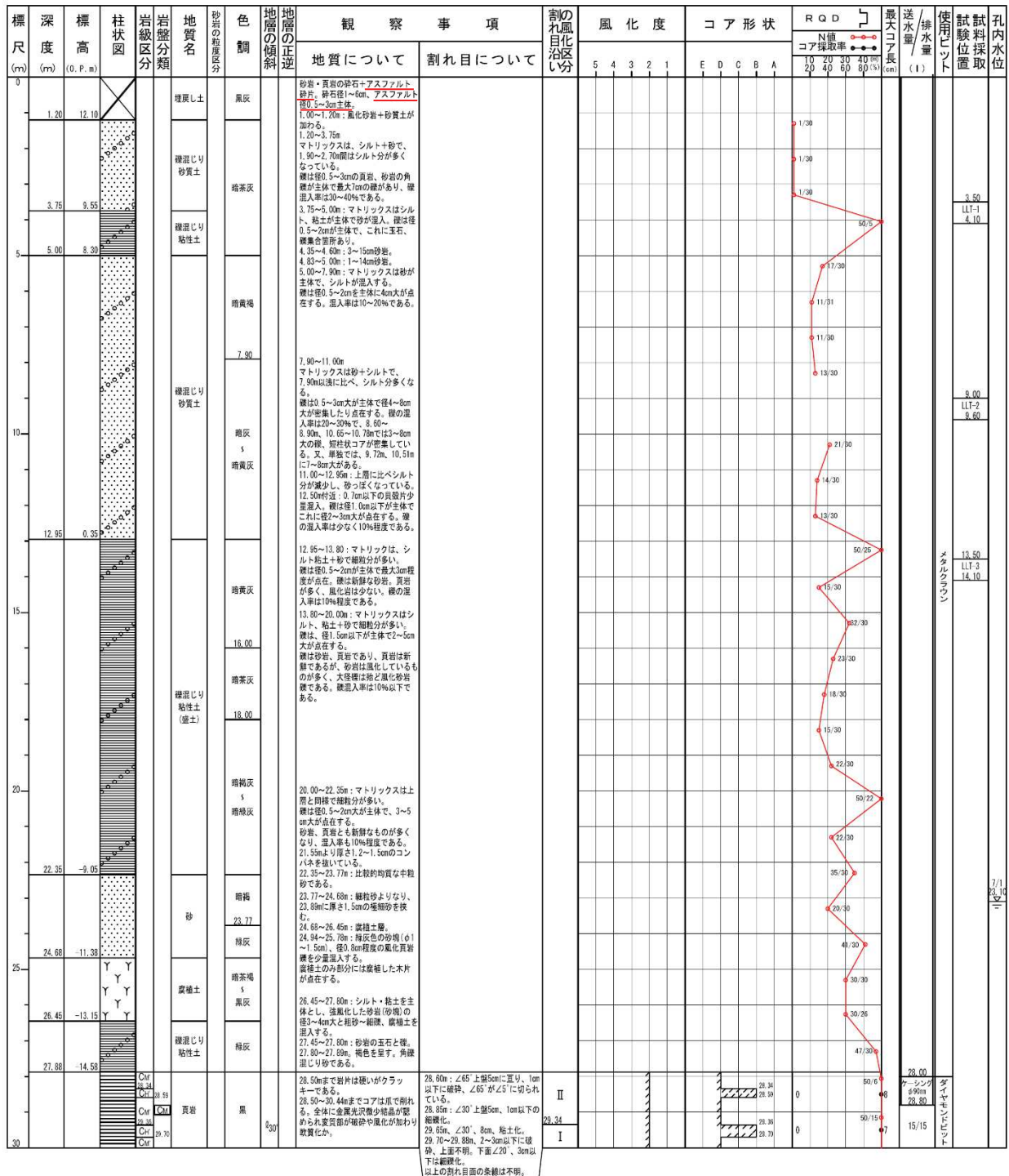


図 1-13(1) ボーリング柱状図 (25BW-10)
(盛土: 深度 0~22.35m, 旧表土: 深度 22.35~27.88m)

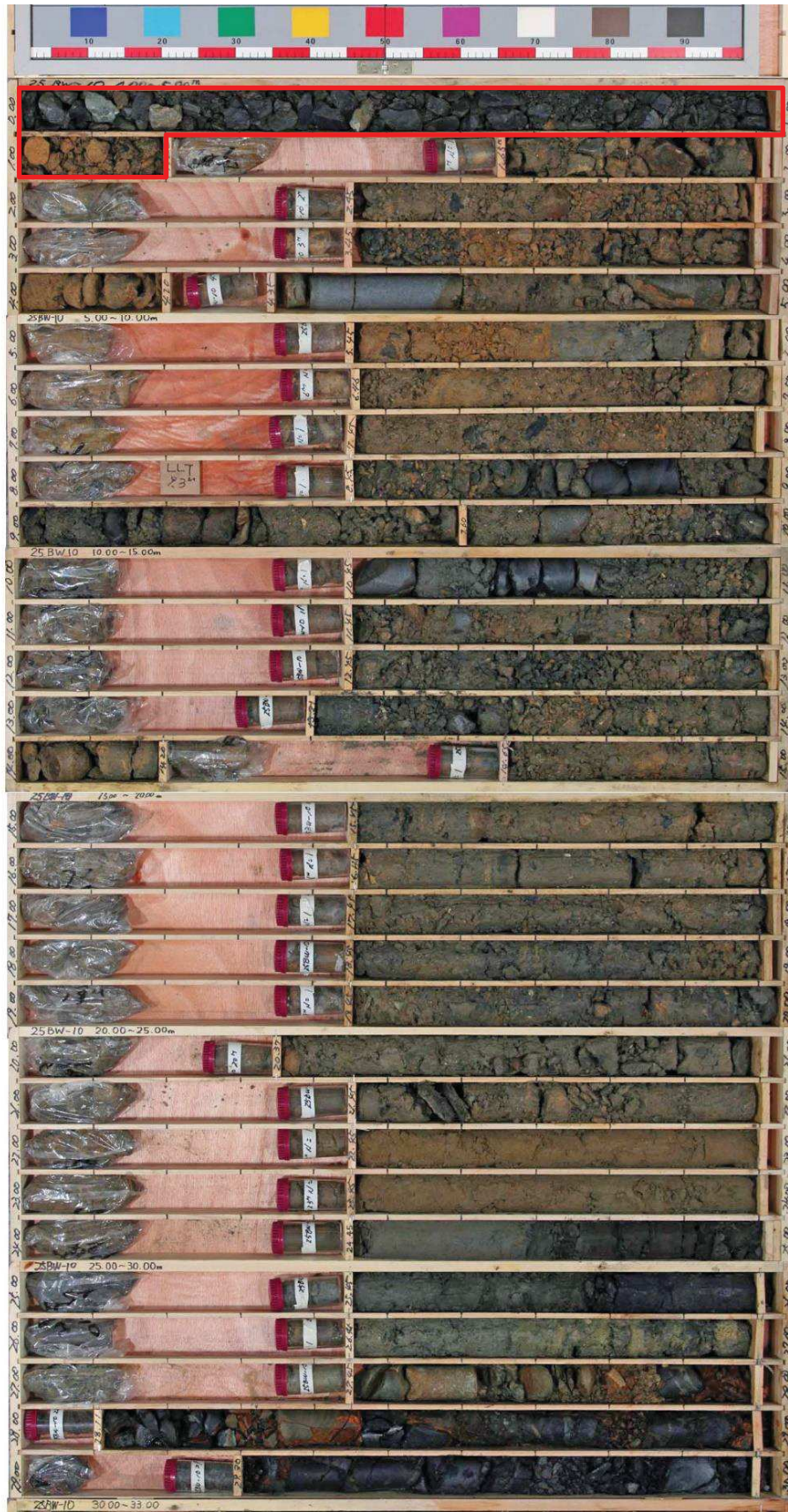


図 1-13(2) ボーリングコア写真 (25BW-10)
 (盛土 : 深度 0~22.35m, 旧表土 : 深度 22.35~27.88m)

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O.P.m)	柱状図	岩盤分類	地質名	砂岩の程度区分	色調	地層の傾斜	観察事項		割れ目 風化区分	風化度	コア形状	R Q D	最大コア長 (cm)	排水量 / 送水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位		
									地質について	割れ目について											
0					埋戻し土		黒灰		0.00~1.35m: φ0.5~3.5mのアスファルト舗装。砂岩、頁岩類、最大7cm。												
	1.35	11.92					暗黄灰		1.35~4.00m: マトリックスはシルト+砂。礫は径1~2cmの新鮮頁岩の角礫が多く、5.45mには、6cm大の風化砂岩、粘土層がある。硬入率は10%程度と少ない。												
							4.00		4.00~10.61m: マトリックスは、砂+シルト+粘土で礫は径0.5~2.5cmの風化砂岩が多く、SPTでは礫を挟んで貫入している。7.65m: 径6cm大の新鮮な砂岩礫がある。又、礫の少ない部分では、粘土分が多く、10cm大で所々に認められる。礫の硬入率は10%程度と少ない。												
					硬混じり砂質土		暗黄緑 s 暗黄灰		10.61~10.80m: 暗緑色、明灰色を呈す粘性土を挟む。												
	11.29	1.96					10.80		11.29~14.54m: マトリックスは、暗砂+細礫で頁岩片を多量に混入する。礫は径0.5~2cm大の砂岩、頁岩を主体とし、これに径1~7cm大が点在したり層状したりする他、砂岩の玉石、粘土「コンクリート塊」を混入する。11.29~11.53m: 硬密集。11.53~11.64m: 砂岩礫石。12.00~12.13m: <u>コンクリート片</u> 。13.29~13.50m: <u>砂岩礫石</u> 。13.50~13.63m: <u>コンクリート塊</u> 。全体での硬入率は40~50%である。												
	14.54	-1.27			砂礫		s 暗黄灰		14.54~19.96m: マトリックスは、砂を混入するシルト質土である。礫は径0.5~2cmが主体で最大3cmを所々混入。礫は風化砂岩、新鮮な頁岩・砂岩である。礫の硬入率は、14.54~18.00m、18.50~19.96m間で20~30%と多いが、それ以外では10~20%と少なく、マトリックス部が10~15cmで礫を含まない部分と互層状に入っている所もある。												
	19.96	-6.65			硬混じり粘性土		s 暗黄灰		19.96~22.00m: 中砂主体で上部に粗砂を混入する。												
					砂 (沖積層)		暗緑灰		22.00~24.20m: 細砂+中砂で、上部にシルト分を他と比べ多く含む。												
	24.20						24.20		24.20m~ 細砂主体で中砂を混入する。ルーズで24.45~25.00m間、コア採取時落下、回収。 25.25~26.74m: 所々に緑灰色粘土層を挟む。 26.74~27.40m: 径1~2cm、最大7cmの砂岩礫混入。 27.40m: 0.5~0.8cm大の礫の配列が水平である。 27.40~27.40m: 径0.5~3cm、最大5cmの砂岩礫を40~50%で混入する。 27.40m深: シルト、粘土分を混入し砂分少ない。礫の径、量とも上部と差はない。												
	25.25	-11.98			腐植土		暗茶灰		28.63m以下: やや泥質な塊状砂岩で新鮮で硬い。												
	26.74	-13.47			砂礫		暗灰		28.63m以下: やや泥質な塊状砂岩で新鮮で硬い。												
	27.40	-14.13			硬混じり粘性土		暗緑灰		29.04~29.63m: 低角度割れ目でコアは5~7cmの短柱状を呈す。												
	28.63	-15.36																			
30				Ch 28.6 B	砂岩	中	暗灰			I											

図 1-14(1) ボーリング柱状図 (25BW-11)

(盛土: 深度 0~19.96m, 旧表土: 深度 19.96~28.63m)

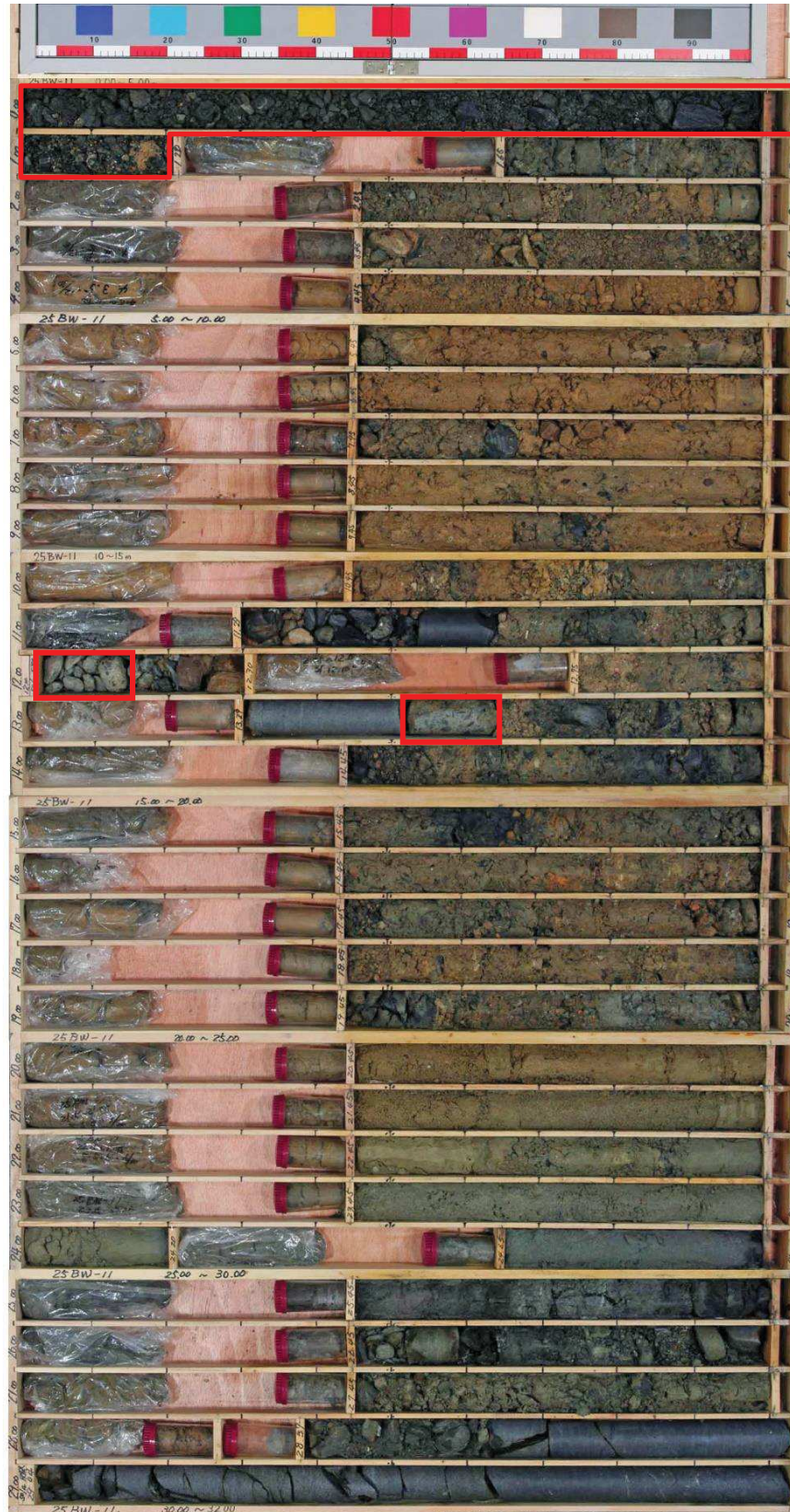


図 1-14(2) ボーリングコア写真 (25BW-11)
 (盛土 : 深度 0 ~ 19.96m, 旧表土 : 深度 19.96 ~ 28.63m)

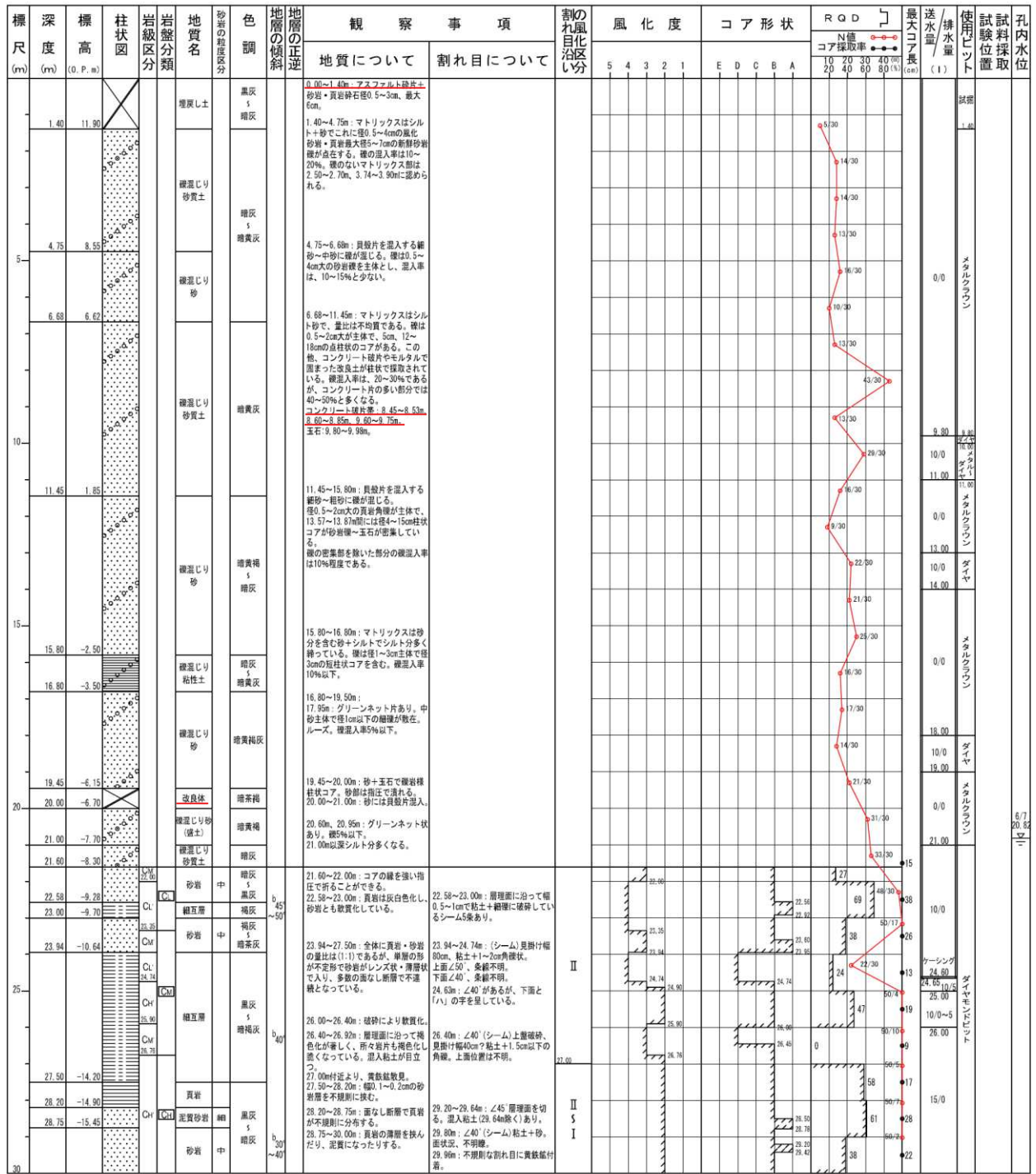


図 1-15(1) ボーリング柱状図 (25BW-12)

(盛土: 深度 0~21.00m, 旧表土: 深度 21.00~21.60m)



図 1-15(2) ボーリングコア写真 (25BW-12)
 (盛土：深度 0～21.00m, 旧表土：深度 21.00～21.60m)

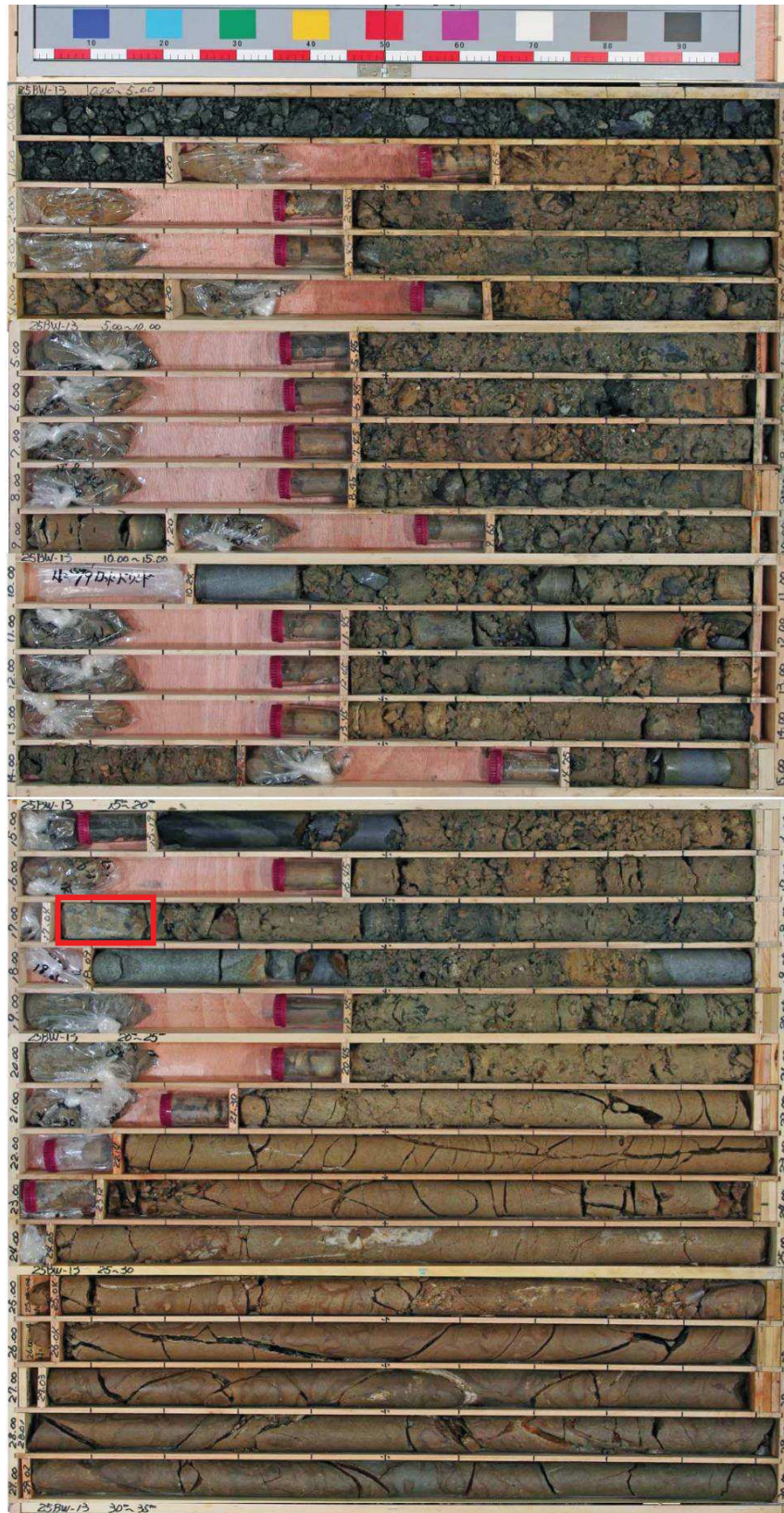


図 1-16(2) ボーリングコア写真 (25BW-13)
(盛土 : 深度 0~19.00m, 旧表土 : 深度 19.00~20.87m)

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O.P.m)	柱状図	岩盤分類	地質名	砂岩の粗度区分	色調	地層の傾斜	観察事項		割の風化度	コア形状	RQD	最大コア長 (cm)	送水量 / 排水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位				
									地質について	割れ目について												
0					アスファルト舗装		黒灰		アスファルト舗装による埋戻し土。0.0~0.6m: φ4~6cm, 100%。0.6~1.0m: 0.1~3cm大で1m以下が60%程度。1.00~1.65m: 0.2cm大が主体で微湿じり砂状。径1.5cm以下。1.65~7.45m: 微湿じり砂質土(盛土)。マトリックスは、シルト+砂。隙は径2~1.5cmを主体とし、最大4cm程度のものが点在する。隙の透入率は20%程度である。全体では隙の透入は、径・量とも不均質であり、隙の多い部分は1.65~1.75m, 1.90~2.00m, 2.80~2.95m, 5.45~5.50m, 6.45m付近と厚さは5~15cmである。これらを除く部分では主体が、1.5cm以下の隙とマトリックスよりなる。													
1.65		11.72					増黄褐		7.45													
5					微湿じり砂質土		黄灰		7.83~8.18m: 粗粒砂岩。水平方向で分割され2~4cm大(3mx50m)の短柱状で採取されている。8.18~10.80m: 微湿じり粘性土(盛土)。マトリックスは砂を混じえるシルトの粘性土。隙は径0.2~4mm厚3cmの隙状~短柱状で上部に比大、径も量も多く透入率は30~40%である。隙は砂岩、頁岩で風化し軟質になっているもの、硬いもの様々である。10.00~10.45mの標準貫入試験試料は頁岩である。10.90~11.30m: 頁岩。11.30~14.90m: 微湿じり砂~砂質土。マトリックスは細砂~粗砂と、シルトが混入する部分がある。隙は0.2~3cm大で透入率は20~30%である。隙は散在する。14.90~14.90m: 頁岩。14.90~14.90m: 頁岩。14.90mから粘性土。14.90m: 粗砂。粗砂を主体とし、細砂中砂も混入する。φ5mm程度以下の石英粒、黒色頁岩、頁岩片を多く混入。													
8.18		5.19					増黄灰		11.30													
10					微湿じり粘性土		増黄灰		11.30													
10.90		2.47					増黄灰		12.70													
14.90		-1.53			微湿じり砂		増黄灰		14.50													
14.90					微湿じり砂質土(盛土)		増黄灰		14.90													
15							増黄灰		14.90													
19.00		-5.63			細粒微湿じり砂		黄褐		18.00													
19.48		-6.11					黄灰		22.83													
20					砂礫		黄灰		22.83													
20					微湿じり砂		増黄灰		22.83													
23.30		-9.93					増黄灰		23.88													
23.48		-10.31			シルト質粘土		黄灰		23.88													
23.98		-10.81			微湿じり砂		増黄灰		23.88													
24.47		-11.10					増黄灰		23.88													
25					微湿じりシルト質砂		増黄灰		23.88													
25.72		-12.35					増黄灰		23.88													
26.45		-13.08			粘性土		黒		23.88													
27.50		-14.13			微湿じり粘性土		増黄灰		23.88													
27.87		-14.50			粘性土混じり砂		増黄灰		23.88													
28.60		-15.23			粘性土混じり砂		増黄灰		23.88													
30					砂岩		増黄褐		29.70													
					砂岩		増黄灰		29.70													

図 1-17(1) ボーリング柱状図 (25BW-14)

(盛土: 深度 0~14.90m, 旧表土: 深度 14.90~28.60m)



図 1-17(2) ボーリングコア写真 (25BW-14)
 (盛土：深度 0～14.90m, 旧表土：深度 14.90～28.60m)

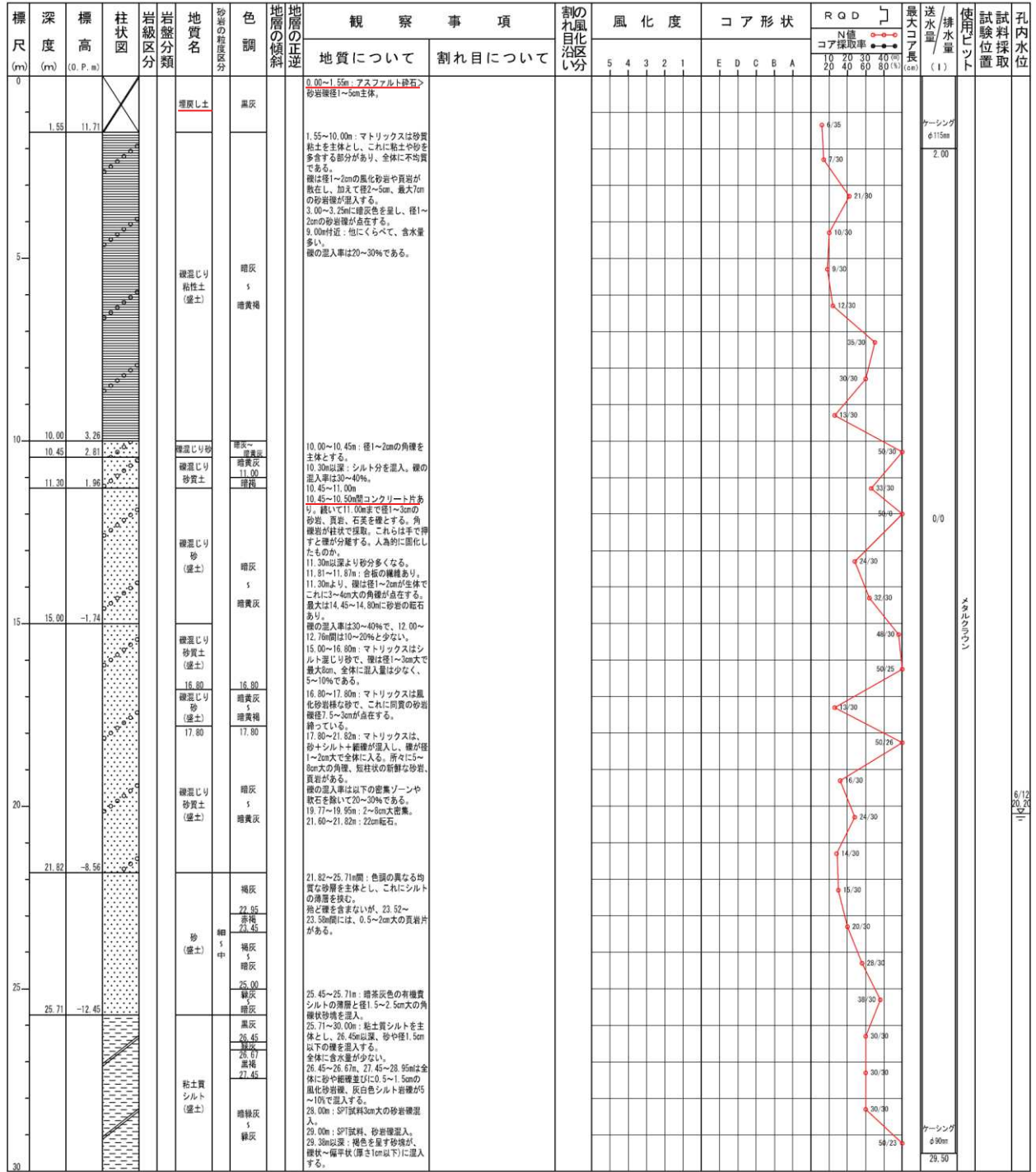


図 1-18(1) ボーリング柱状図 (25BW-15) (盛土: 深度 0~30.00m)



図 1-18(2) ボーリングコア写真 (25BW-15) (盛土：深度 0～30.00m)

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O. P. m)	柱状図	岩盤分類	地質名	砂岩の粒度区分	色調	地層の正逆	観察事項		割のれ目自注区分	風化度	コア形状	R Q D	最大コア長 (cm)	送水量 / 排水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位
									地質について	割れ目について									
					埋戻し土				0.00~1.65m: アスファルトラック及び砂岩角礫主体、径0.5~4cm主体、最大5cm、細粒分は中~粗粒砂、礫率90%。										
	1.65	11.60							1.65~4.95m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.5~5cm主体、最大3cm、礫率10%、粘性あり。										
					礫混じり中粒砂				4.95~6.50m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.5~5cm、礫率15%、粘性あり。										
									6.50~7.00m: 頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.5~2.5cm、礫率5%、粘性あり。										
									7.00~7.43m: 頁岩角礫を含むシルト混じり中粒砂。礫径0.2~3cm、礫率15%、粘性低い。										
									7.43~9.30m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.5~2cm主体、最大7cm、礫率10%、粘性あり。										
	9.30	3.95							9.30~10.47m: 砂岩・頁岩角礫及びシルト混じり中粒砂。礫径0.5~5cm主体、最大5cm、礫率30%、粘性低い。										
	10.47	2.78							10.47~13.45m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト混じり中粒砂。礫径0.5~5cm、礫率10%、頁岩を多く含む、粘性低い。										
									13.45~18.45m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.5~4cm主体、最大7cm、礫率15~20%、頁岩を含む、粘性あり。										
	13.45	-0.200							18.45~20.74m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト混じり中粒砂。礫径0.5~5cm主体、最大7cm、礫率15~20%、頁岩を少量含む、粘性低い。										
	18.45	-5.20							20.74~23.00m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.5~6cm、礫率10%、粘性あり。										
	20.74	-7.49							23.00~24.70m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト混じり中粒砂。礫径0.5~4cm、礫率20%、粘性低い。										
	23.00	-9.75							24.70~27.88m: 砂岩・頁岩角礫を含むシルト質中粒砂。礫径0.2~3cm主体、最大10cm、礫率10~15%、粘性あり。										
	24.70	-11.45							27.88~30.00m: 砂岩・頁岩角礫及びシルト混じり中粒砂。礫径0.2~6cm、礫率40~50%、粘性低い。										
	27.88	-14.63																	
	30.00	-16.75																	

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O. P. m)	柱状図	岩盤分類	地質名	砂岩の粒度区分	色調	地層の正逆	観察事項		割のれ目自注区分	風化度	コア形状	R Q D	最大コア長 (cm)	送水量 / 排水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位
									地質について	割れ目について									
	31.05	-17.80			砂礫 (盛土)				30.00~30.88m: 砂岩・頁岩角礫及びシルト混じり中粒砂。礫径0.5~5cm主体、最大3cm、礫率50%、粘性低い。	31.52~32.61m: $\angle 30^\circ \sim 40^\circ$ の割れ目主体。面は赤褐色に酸化している。									
									30.88~31.05m: 細粒分は黄褐色砂シルト。	32.91~34.49m: $\angle 30^\circ \sim 40^\circ$ の割れ目主体。面は黒色を呈する。									

(深度 33m 以深には岩盤が連続しており、ここではこの区間の柱状図とコア写真を割愛)

図 1-19(1) ボーリング柱状図 (25BW-16) (盛土: 深度 0~31.05m)



図 1-19(2) ボーリングコア写真 (25BW-16) (盛土: 深度 0~31.05m)

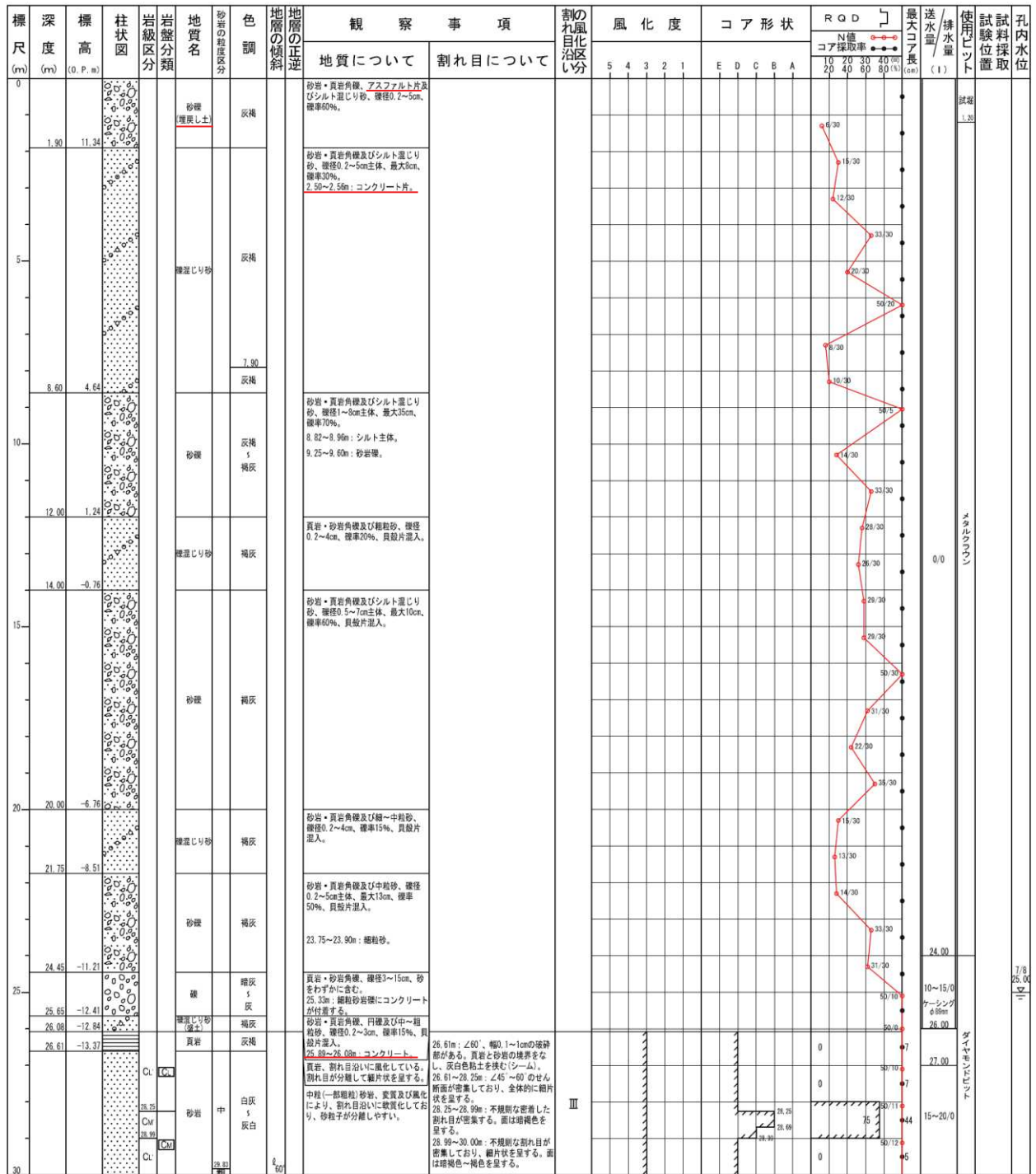


図 1-20(1) ボーリング柱状図 (25BW-17) (盛土: 深度 0~26.08m)



図 1-20(2) ボーリングコア写真 (25BW-17) (盛土：深度 0～26.08m)

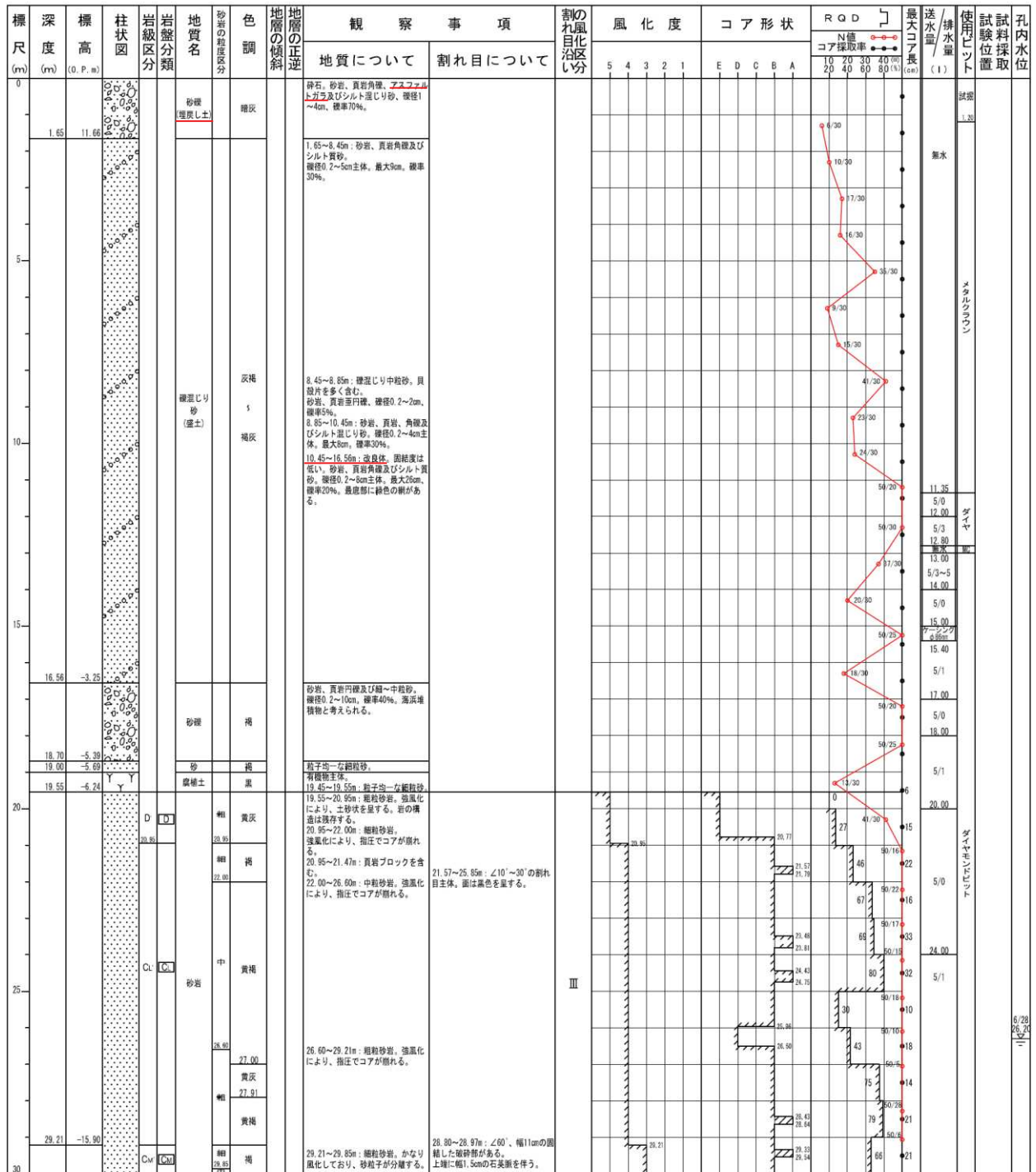


図 1-21(1) ボーリング柱状図 (25BW-18)

(盛土: 深度 0~16.56m, 旧表土: 深度 16.56~19.55m)



図 1-21(2) ボーリングコア写真 (25BW-18)
 (盛土：深度 0～16.56m, 旧表土：深度 16.56～19.55m)

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O.P.m)	柱状図	岩盤分類	地質名	色調	地層の傾斜	観察事項		割れ目風化区分	風化度	コア形状	R Q D	最大コア長 (cm)	送水量 / 排水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位						
								地質について	割れ目について															
0	0.35	12.87			埋戻し	黒灰		0.0~0.15m: 砕石、径1~3cm 0.15~0.35m: アスファルト砕片 0.35~1.50m: 0.35~3.60m: マトリックスは砂+シルトで全体に砂が多いが、シルト分の多い箇所もある。礫は、径0.5~3cmが主体で、径3~9cmが点在する。2.60~3.25mに長さ5~8cmの砂岩短~長柱状コアあり。礫の混入率は20~30%である。 3.62~6.25m: マトリックスはシルトを主体として砂・粘土が混入する。礫は、砂岩・頁岩の風化岩が多い。径0.5~2.5cmが主体で、5~5cmの砂岩短~長柱状コアあり。礫の混入率は10~20%である。 6.25~7.80m: 径0.2~2.5cm、最大3cmの短柱状コアで断続的な頁岩・砂岩と、風化砂岩よりなる砂にシルト分が混入。6.66~6.73m、6.80~6.93m、7.45~7.52m間には頁岩主体で密集している。礫の混入率は20~30%である。 7.80~8.54m: 径0.5~1.5cmの頁岩・砂岩礫が主体で混入率は10%程度である。 8.54~8.74m: 砂礫径0.2~1.5cmの頁岩・砂岩礫に最大4cmの砂岩礫3cmの頁岩片あり。マトリックスは砂+シルト+粘土であるが、8.74m以降はシルトが多い。 9.00~9.10m: 埋土のうずまり。 9.10~9.20m: コンクリート片あり。 9.54m以降、礫の混入率は10~20%である。 9.80~15.20m: マトリックスは断続分を混入する中砂~細砂で、これに径0.2~2.5cm次の砂岩・頁岩礫を主体とし、径3~7cm次の風化砂岩・頁岩・新鮮な砂岩が混入する。他、10~18cm次の石も認められる。又、12.75~13.52m間には所々粘土塊が1~3cmで認められる。礫の混入率は30~40%である。玉石は10.85mにφ13cm、13.85mにφ10cm、14.00mにφ18cmがある。 14.50~15.00m: 間断的に埋戻しコンクリート塊、埋戻し砂質土状。 15.20~16.45m: 砂。 16.45~16.90m: 埋戻し砂質土状。径5cmの砂岩・頁岩角礫2ヶあり。 16.90~18.00m: 埋戻し砂質土状。径5cmの砂岩・頁岩角礫2ヶあり。 18.00~20.00m: 淡黄灰・淡黄土。埋戻し砂質土状。径5cmの砂岩・頁岩角礫2ヶあり。 20.00~21.40m: 実質と風化が混在して、粘土化が進み砂質粘土状を呈しているが認められる。18.00mから石英粒が混入する。石英は1cm程度の角ばったものが多く、かつ密集している部分もあり、石英脈と思われる。 コアは20.82mから長柱状で採取されるが割れ目へへむ。 21.40~25.00m: 塊状中粒砂岩で、所々に石英脈を挟む。コアは角礫~短柱状で採取されるが、割れ目に沿った塊が丸味を帯びたり、コアが細くなっている部分がある。コア表面をこすると粒子がはがれ、コアの縁は指圧で折れ、専らに潰すことができる。ハンマーの打診で濁った音を発す。 25.00~25.70m: へび肌砂岩に見える部分がある。 25.70~27.13m: へび肌砂岩。コアは上層より硬くなるが、表面をこするとわずかに粒子が分離し、コアの縁が容易に折れ、指圧で潰れる。 27.13~28.45m: ラミナもしくは潜在的クラックに沿って幅0.1~0.4cmの黄褐色帯が長さ5~10cmで塊状をなしている。一部ハンマーの打診で金属音を発し、硬くなっている。 27.13m、27.60m、厚さ数mmの頁岩の層を挟む。 28.45~30.35m: 明確な斑状構造の部分と、斑が塊状に配列する部分とが混在する。																
5	6.25	9.97			埋戻し砂質土	黒灰																		
10	9.80	3.42			埋戻し砂質土	黒灰																		
15	15.20	-1.98			埋戻し砂質土	黒灰																		
20	16.45	-3.23			埋戻し砂質土	黒灰																		
25	25.70	-12.48			へび肌砂岩	黄灰																		
30	28.45	-15.23			へび肌砂岩	黄灰																		

図 1-22(1) ボーリング柱状図 (25BW-19)

(盛土: 深度 0~15.20m, 旧表土: 深度 15.20~16.90m)

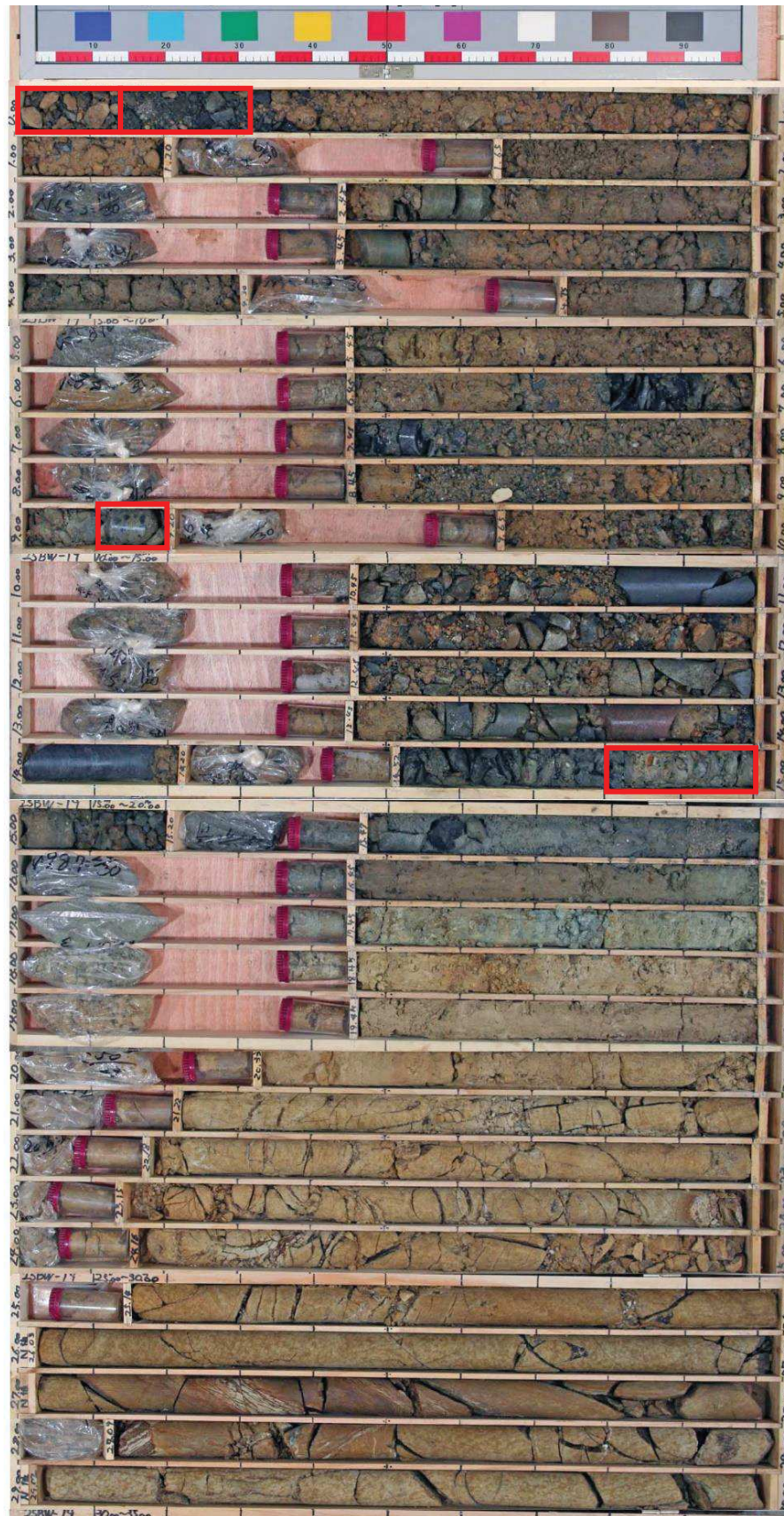


図 1-22(2) ボーリングコア写真 (25BW-19)
 (盛土：深度 0～15.20m, 旧表土：深度 15.20～16.90m)

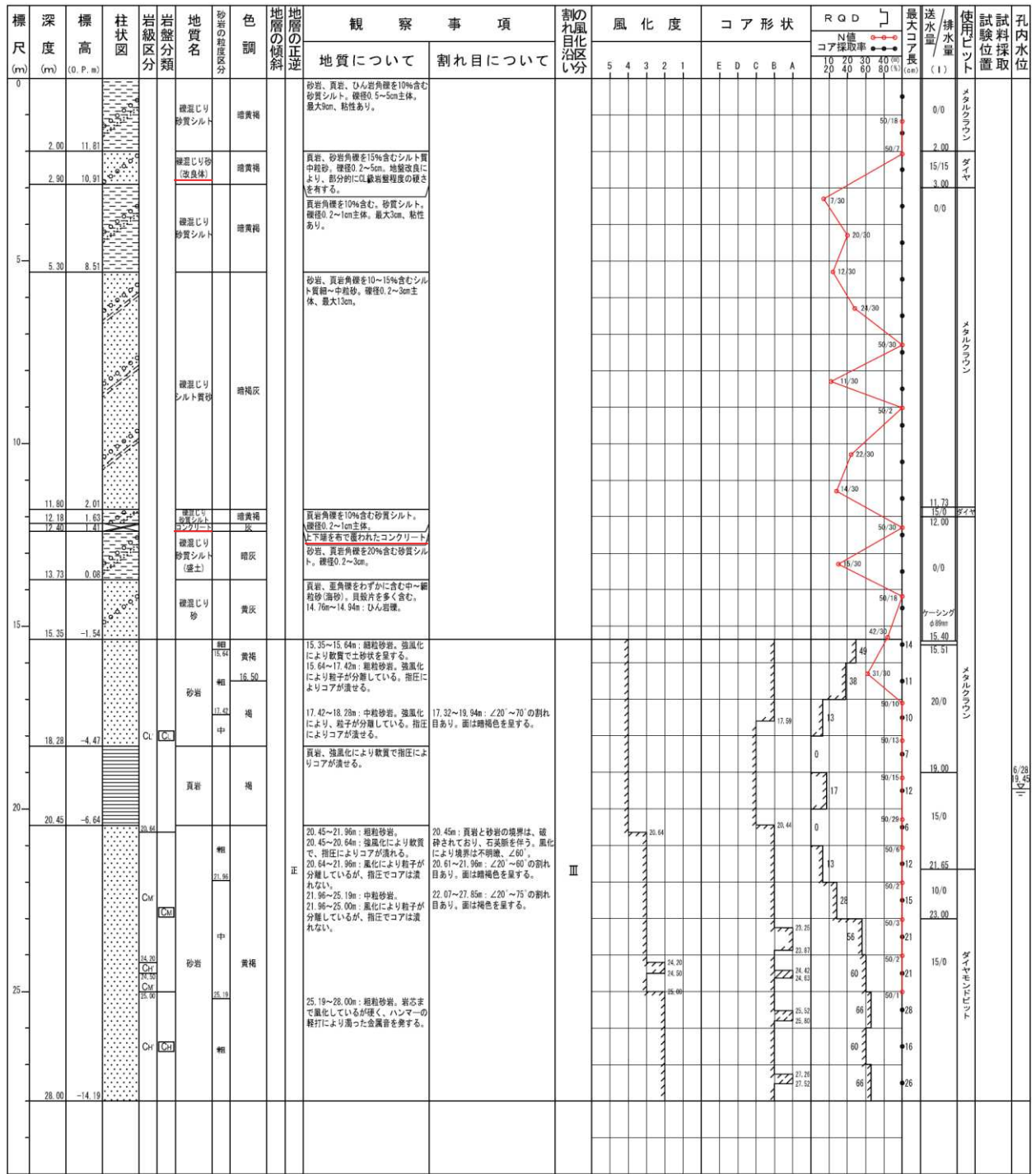


図 1-23(1) ボーリング柱状図 (25BW-20)

(盛土: 深度 0~13.73m, 旧表土: 深度 13.73~15.35m)



図 1-23(2) ボーリングコア写真 (25BW-20)
 (盛土 : 深度 0~13.73m, 旧表土 : 深度 13.73~15.35m)

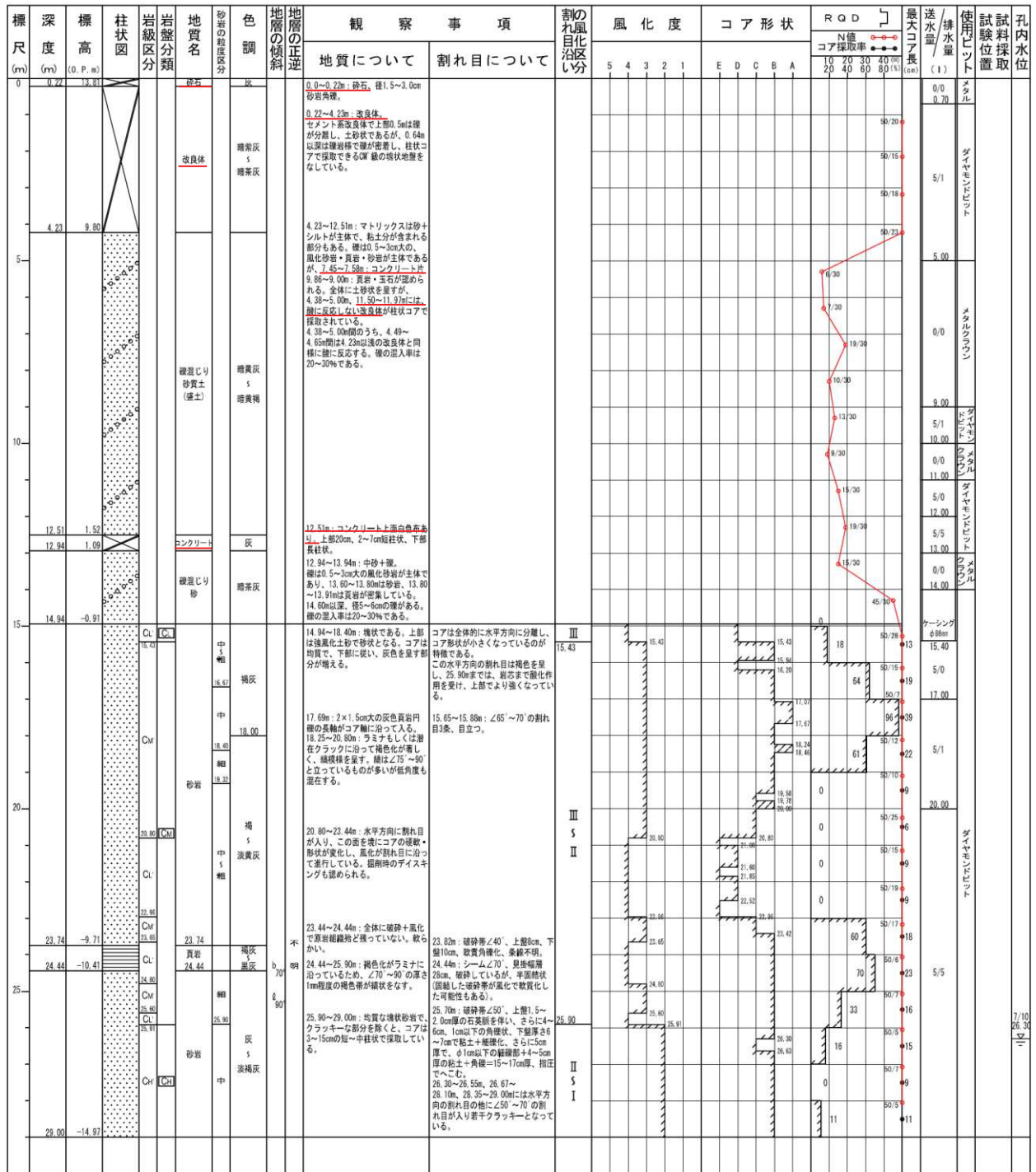


図 1-24(1) ボーリング柱状図 (25BW-21)

(盛土: 深度 0~12.94m, 旧表土: 深度 12.94~14.94m)

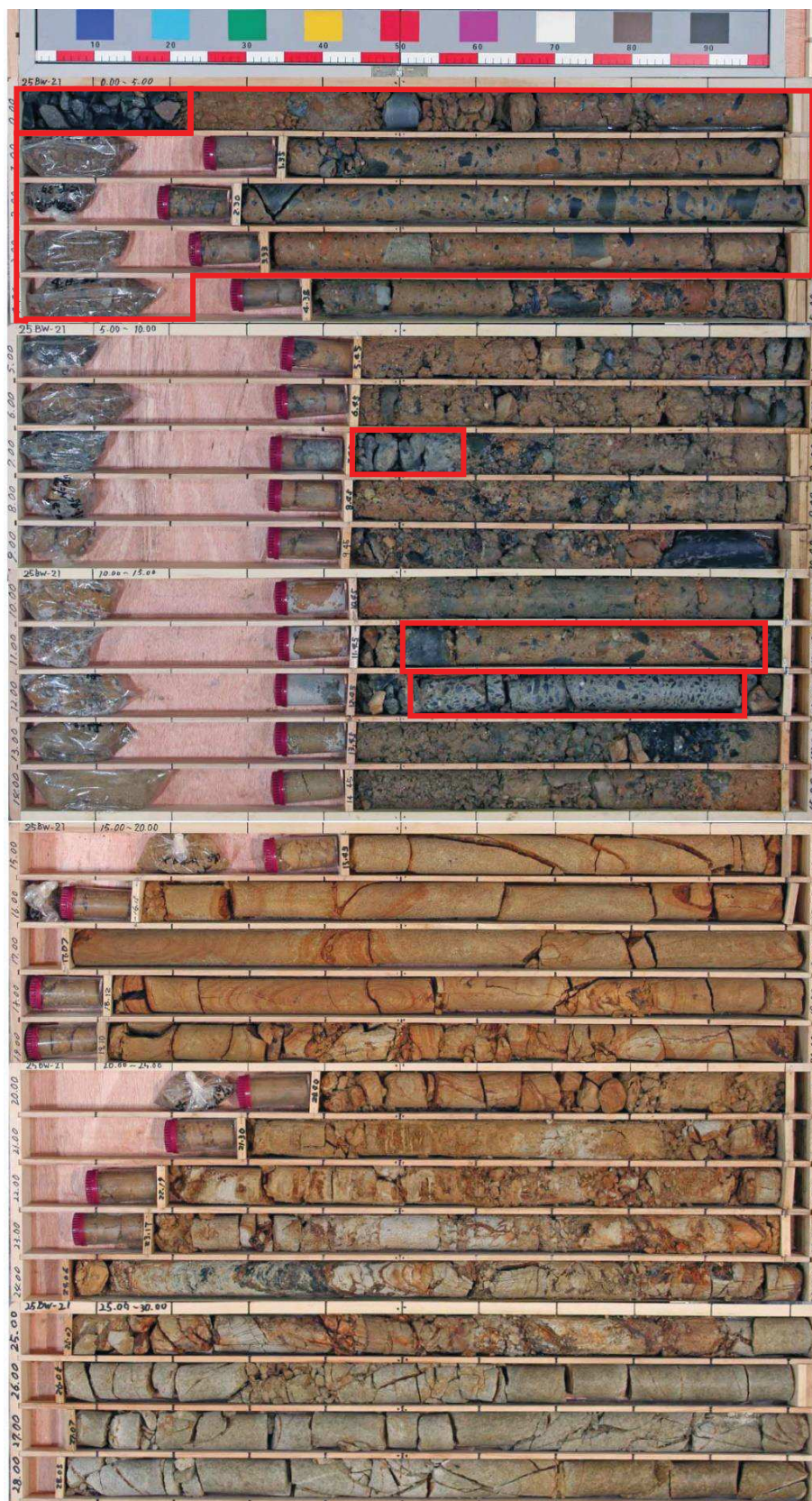


図 1-24(2) ボーリングコア写真 (25BW-21)
 (盛土：深度 0～12.94m, 旧表土：深度 12.94～14.94m)

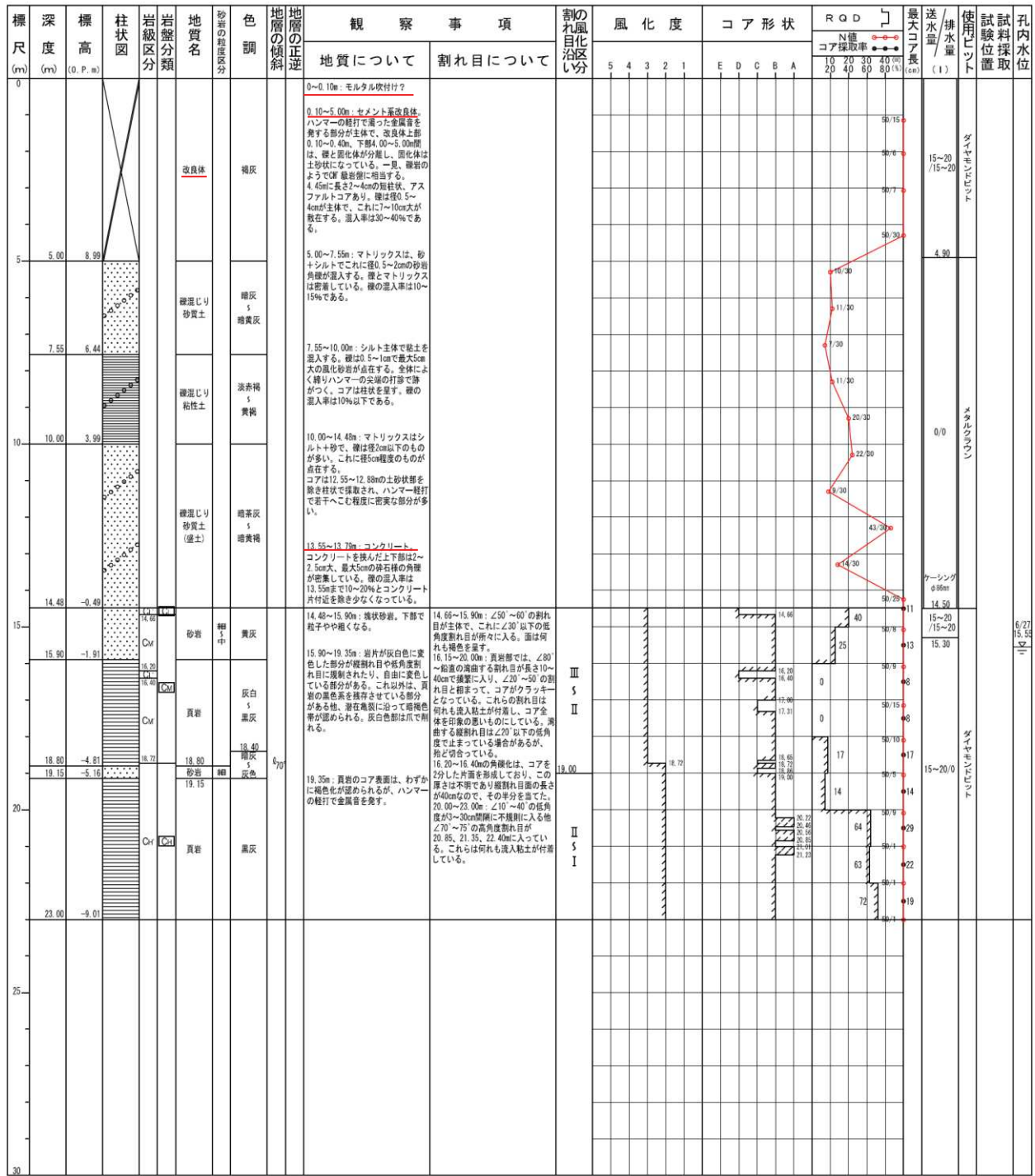


図 1-25(1) ボーリング柱状図 (25BW-22) (盛土: 深度 0~14.48m)



図 1-25(2) ボーリングコア写真 (25BW-22) (盛土：深度 0~14.48m)

標尺 (m)	深度 (m)	標高 (O.P.m)	柱状図	岩盤分類	地質名	砂礫の粒径区分	色調	地層の正逆	観察事項		割の風化度	風化度	コア形状	R Q D	最大コア長 (cm)	送水量 / 排水量 (l)	使用ビット	試験位置	孔内水位	
									地質について	割れ目について										
0	0.20	13.00			黄灰				0.20mまで厚層混入。マトリックスは砂質シルトで、礫はφ0.5~20mを主とし、最大4m程度を混入する。礫は頁岩・砂岩で風化により軟質化したもの、新鮮なものがある。礫の混入率は10~20%である。											
	2.00	11.70			黄灰				φ0.5~20m、最大30m程度の砂岩。頁岩角礫が60~70%で主体をなす。砂岩は、強い圧力で折れる。砂岩は真入試験で碎かれ、礫はもろくなっている。マトリックスは砂質土。											
	3.70	9.50			黄灰				3.70~6.82m: マトリックスは砂く細粒分の粘性土でこれに1cm以下の礫が存在する硬質粘性土である。											
					黄灰				礫は砂岩・頁岩で、径1~3cm大。最大短柱状の4cm大で不規則に密集する部分がある密着部分。											
					黄灰				4.50~4.60m: 短柱状2~4cm。											
					黄灰				5.55~5.90m: 1~5cm。											
					黄灰				6.62~6.82m: 1~3cm。											
					黄灰				以上の密集ゾーンを除くと混入率は20~30%である。											
					黄灰				6.82~11.00m: 上層に比べ礫径量が少なくなるも、マトリックスに変化はない。礫径は1~2cm大が主体で、9.98mに径5cm大がある。礫の混入率は、10~20%である。											
					黄灰				7.15~7.46m: 含水比高い。											
					黄灰				10.62m: 長さ2cm、幅0.3~0.9cmのビニール片あり、赤紫色。											
					黄灰				11.00~11.40m: 細~粗砂よりなり、頁岩片混入。											
					黄灰				11.40m: マトリックスはシルト・粘土の細粒分に砂が混入する。礫は径0.5~2cm大が主体で頁岩礫が多く、混入率は20%である。これに砂岩礫が、											
					黄灰				11.72m: 7cm大。											
					黄灰				12.68m: 4cm大。											
					黄灰				12.78~12.88m: 6cm、5cm大に点在する。											
					黄灰				又、礫の少ない部分も5~7cm厚で存在する。											
					黄灰				15.00~17.47m: マトリックスはシルトを混入するシルト砂質で、所々に下層で粘土も混入する。全体に含水量多くルーズである。礫は径0.5~2cm大が主で、最大6cm、混入率は20~30%である。											
					黄灰				17.35~17.45m: 含水量多く、非常にルーズである。											
					黄灰				14.47~19.76m: 上層くらべ砂分が減少する。礫は径1~3cm大が主体で6cm大も混入し、18.85mに径31cmの砂岩礫がある。礫の混入率は70~80%である。											
					黄灰				19.52m: 4.4cmのコンクリート片あり、これ以降、硬密着する。											
20	20.50	-7.30		CH	砂質頁岩				幅0.5~1.5cmの砂岩と互層し、細粒を呈す。コアは割断である。											
					砂質頁岩				全体に、 $\angle 10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の低角度でコア分層する。											
					砂質頁岩				20.12m: $\angle 40^{\circ}$ 、面のみ。											

図 1-26(1) ボーリング柱状図 (25BW-23) (盛土: 深度 0~19.76m)



図 1-26(2) ボーリングコア写真 (25BW-23) (盛土：深度 0～19.76m)

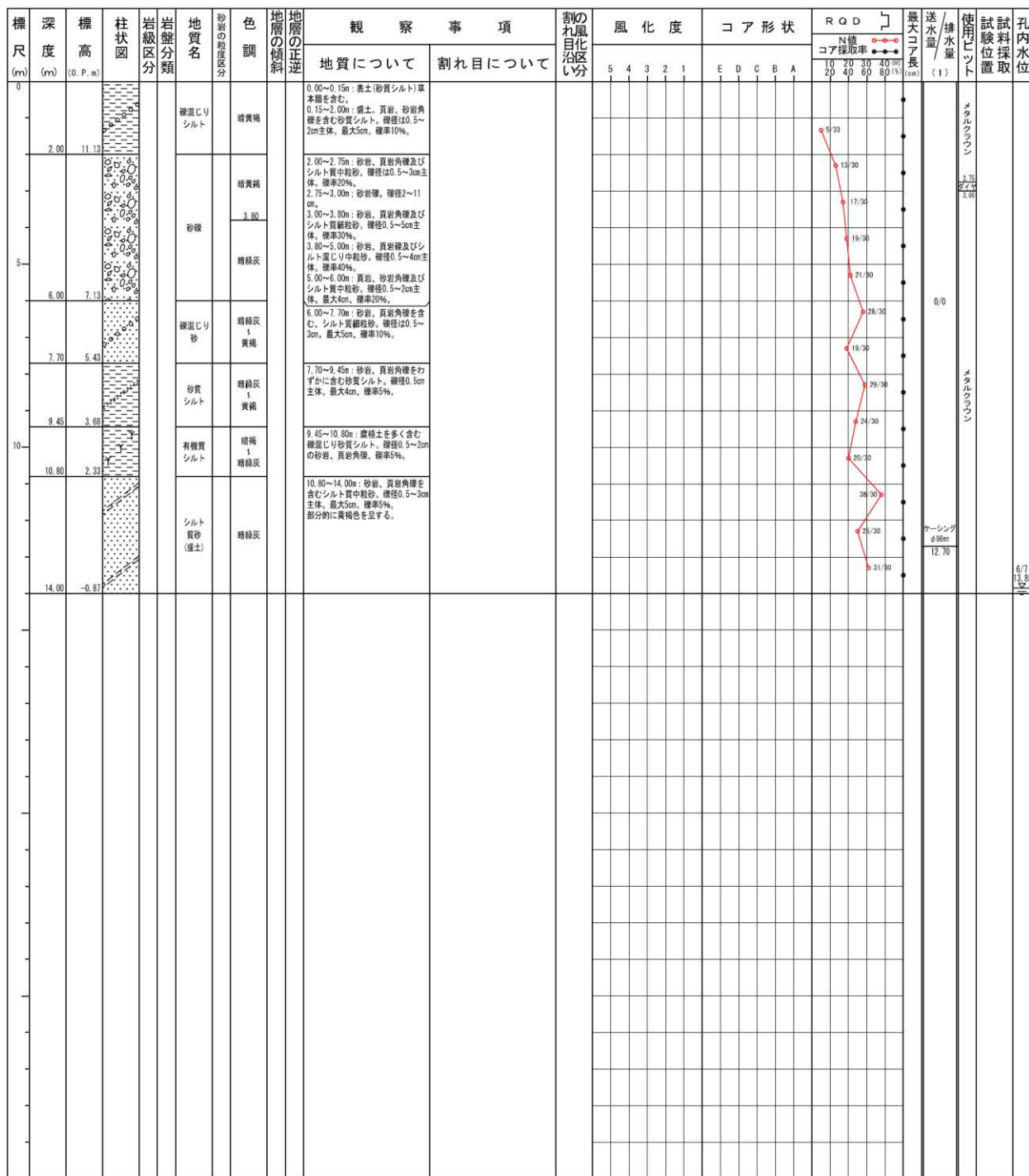


図 1-27(1) ボーリング柱状図 (25BW-24) (盛土: 深度 0~14.00m)

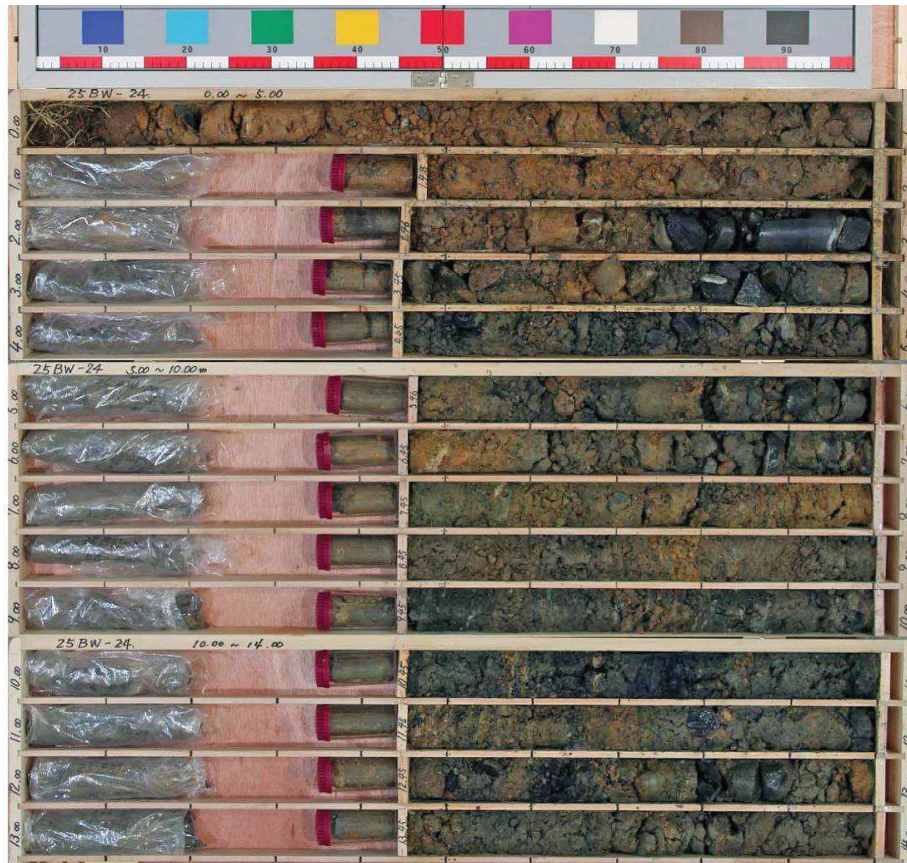


図 1-27(2) ボーリングコア写真 (25BW-24) (盛土: 深度 0~14.00m)

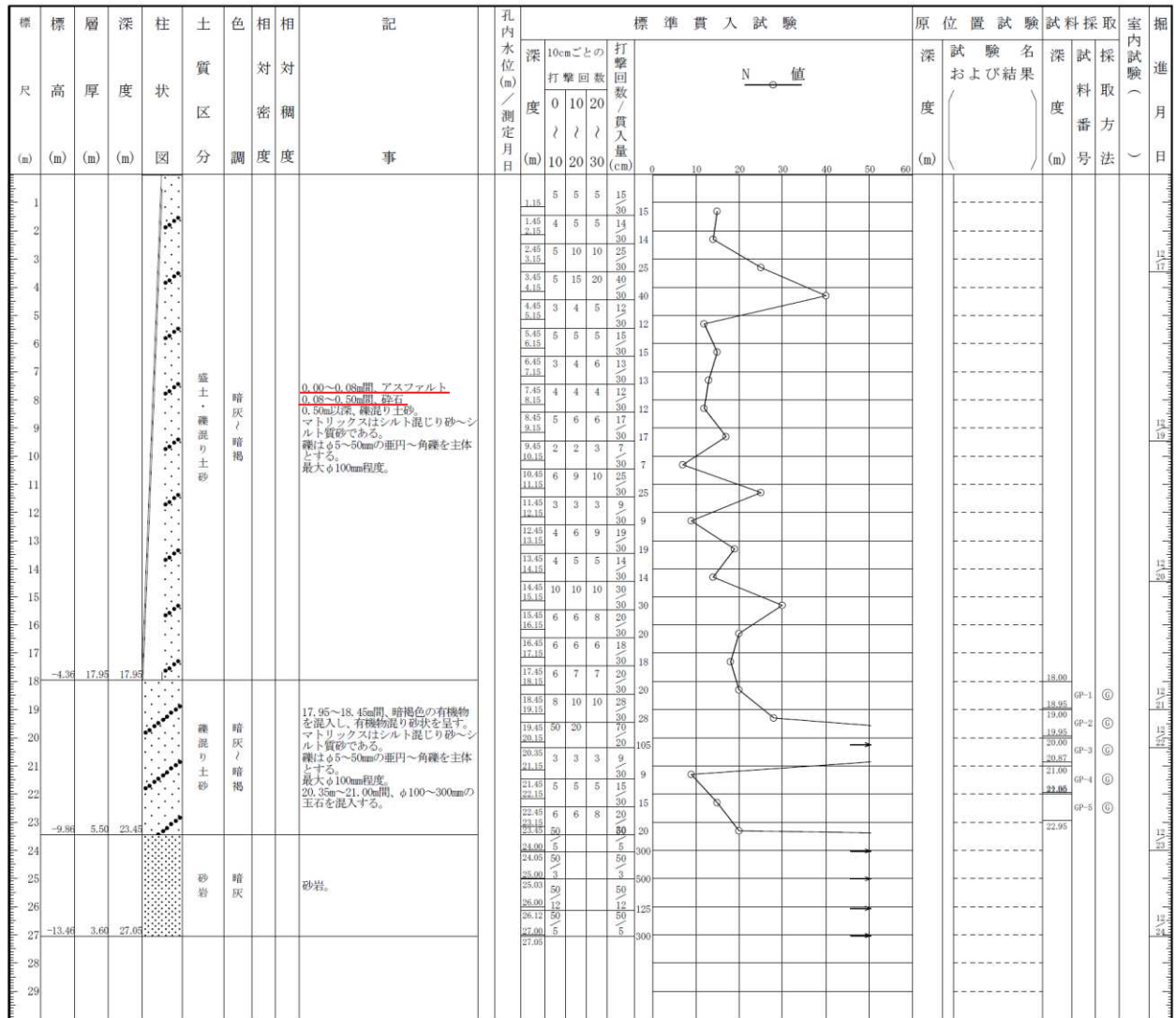


図 1-28(1) ボーリング柱状図 (28QB-1)
(盛土 : 深度 0~17.95m, 旧表土 : 深度 17.95~23.45m)

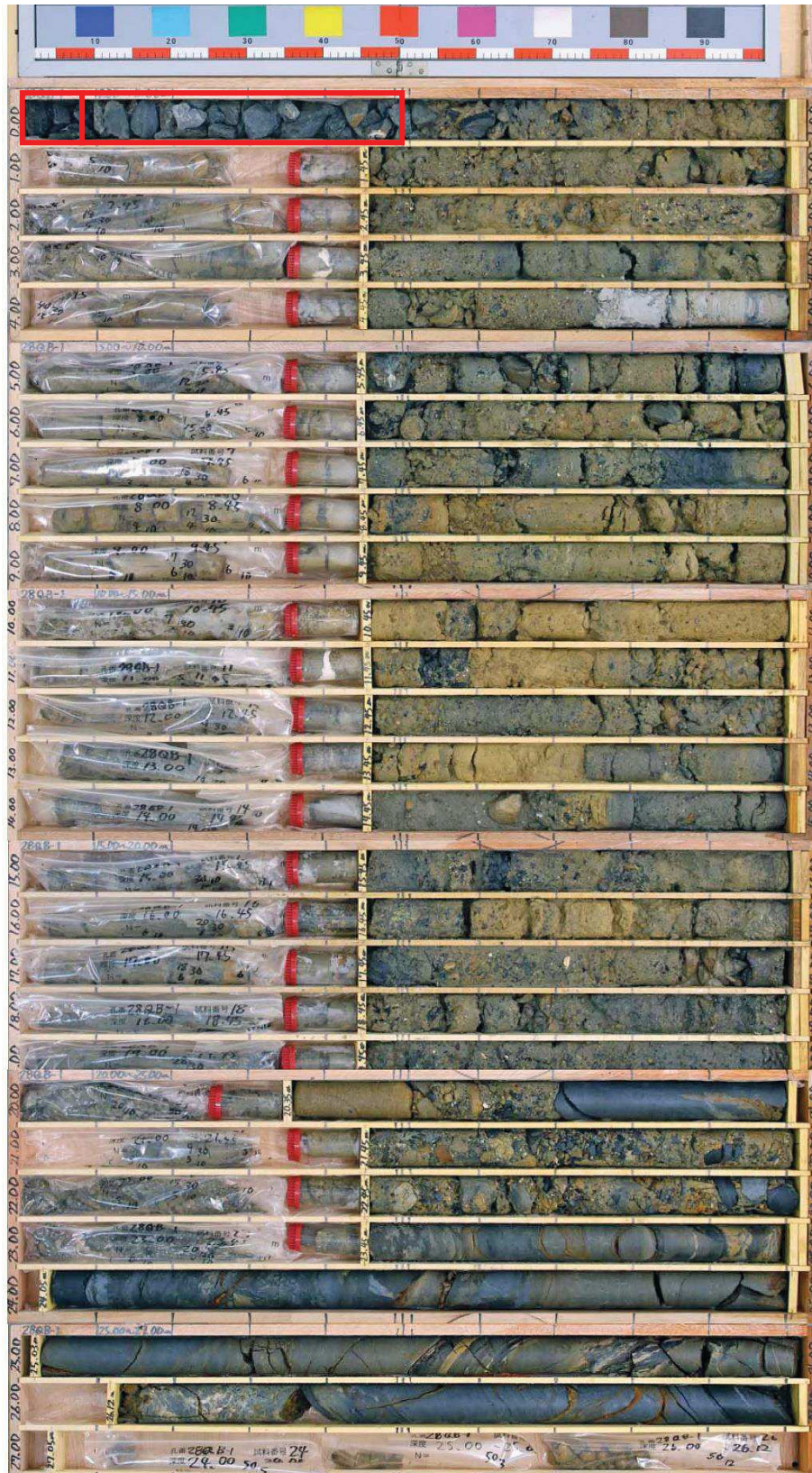


図 1-28 (2) ボーリングコア写真 (28QB-1)
 (盛土 : 深度 0~17.95m, 旧表土 : 深度 17.95~23.45m)

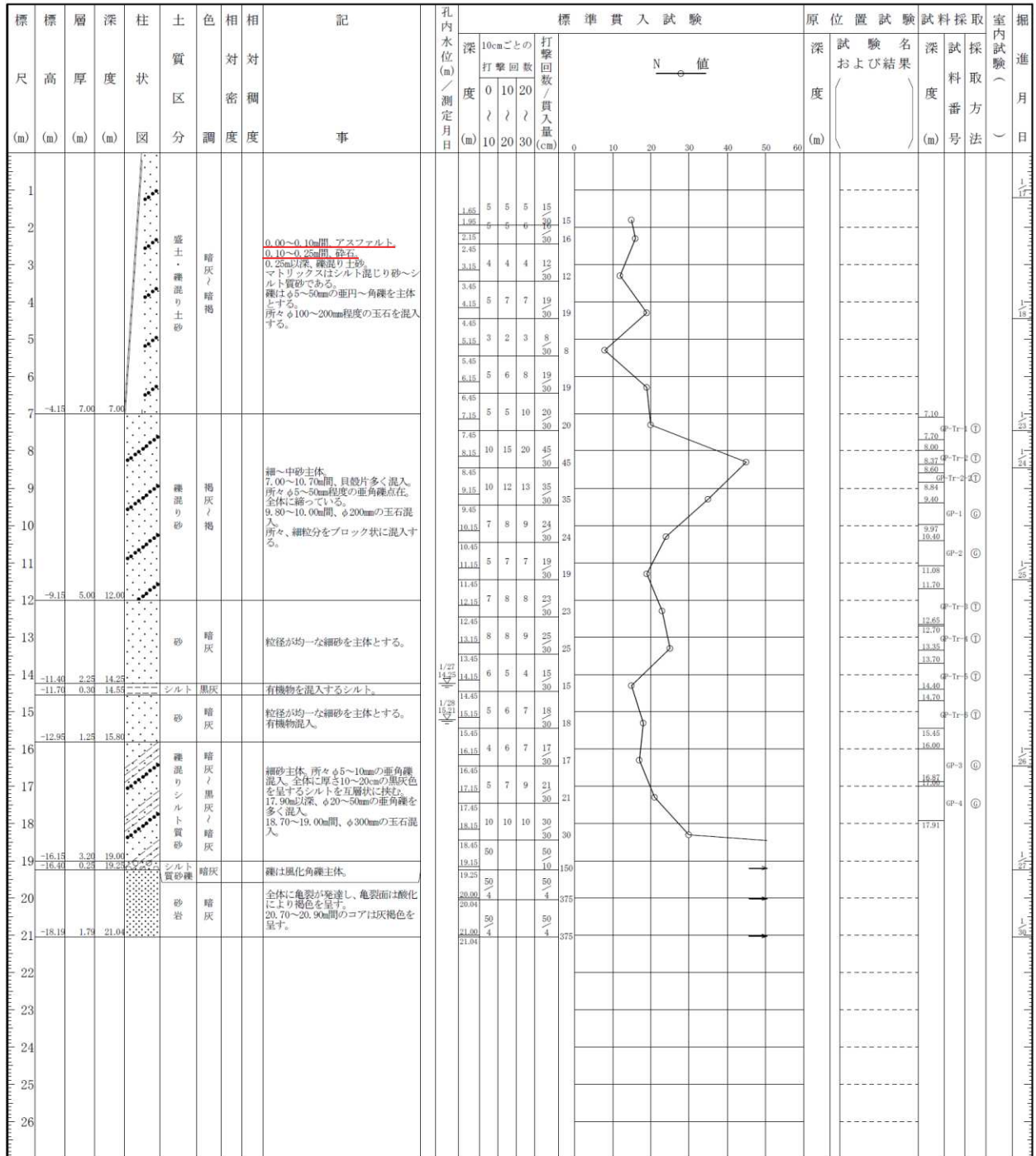


図 1-29(1) ボーリング柱状図 (28QB-2)
 (盛土：深度 0~7.00m, 旧表土：深度 7.00~19.25m)

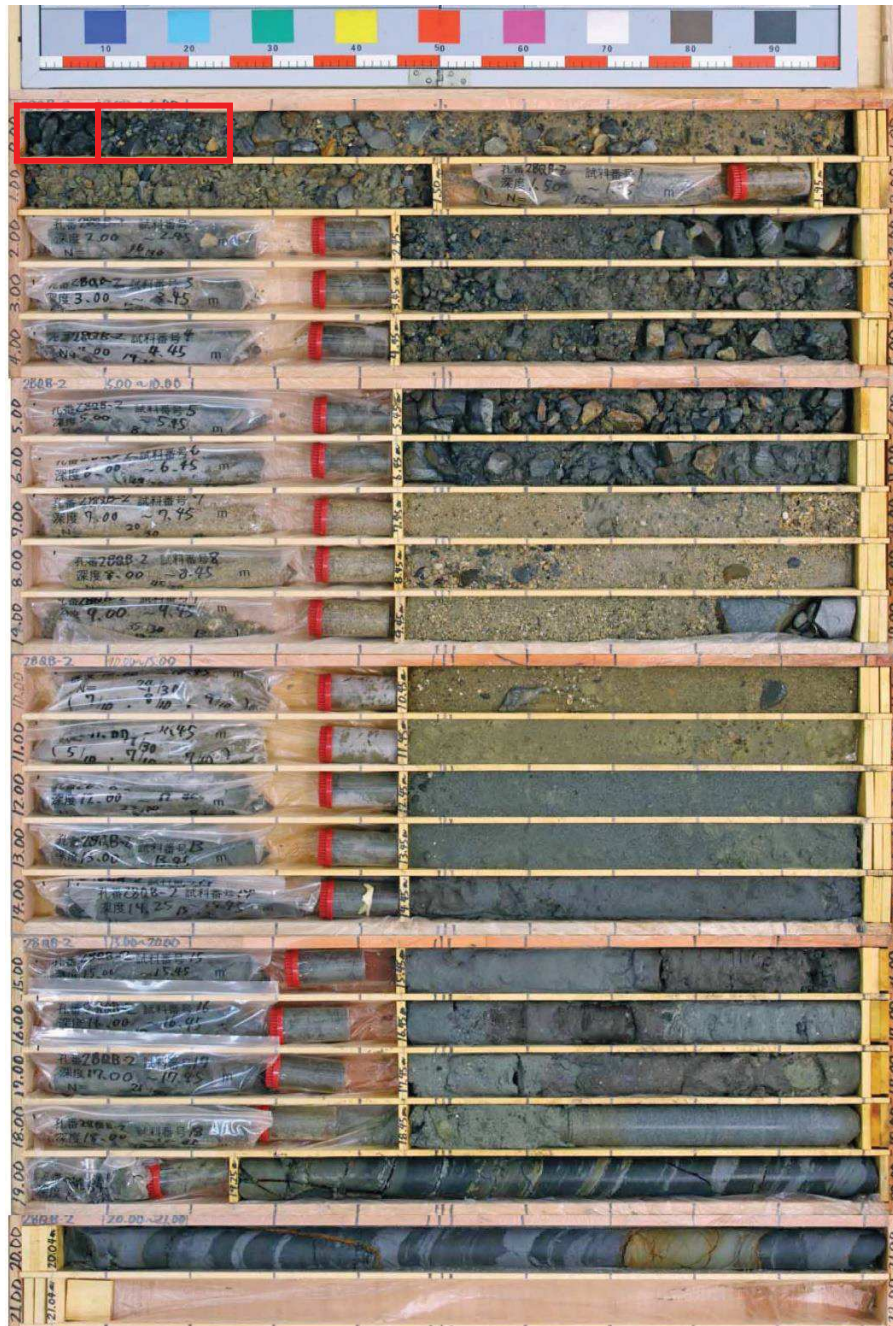


図 1-29(2) ボーリングコア写真 (28QB-2)
 (盛土：深度 0～7.00m, 旧表土：深度 7.00～19.25m)

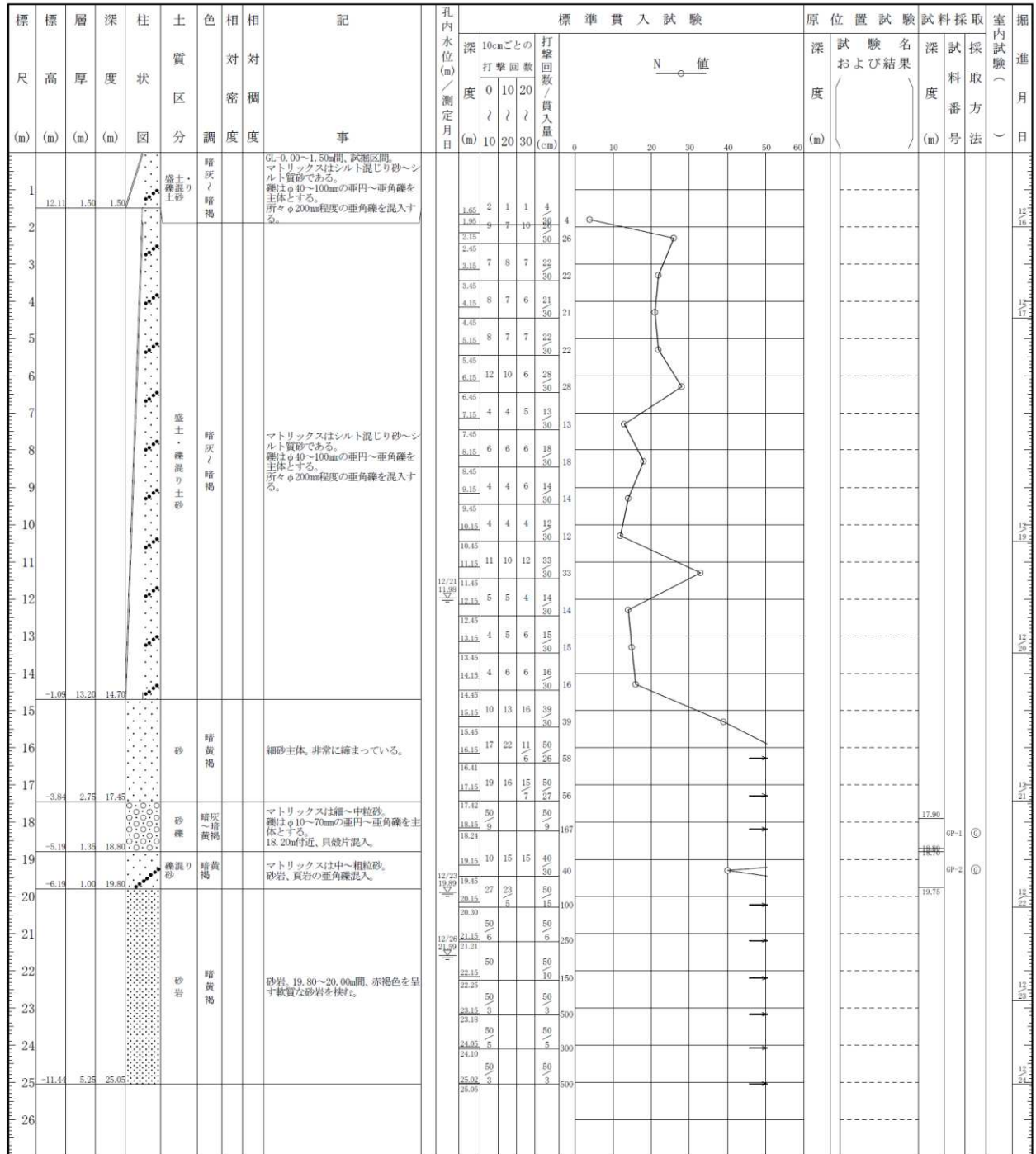


図 1-30(1) ボーリング柱状図 (28QB-3)
(盛土：深度 0~14.70m, 旧表土：深度 14.70~19.80m)



図 1-30(2) ボーリングコア写真 (28QB-3)
 (盛土：深度 0～14.70m, 旧表土：深度 14.70～19.80m)

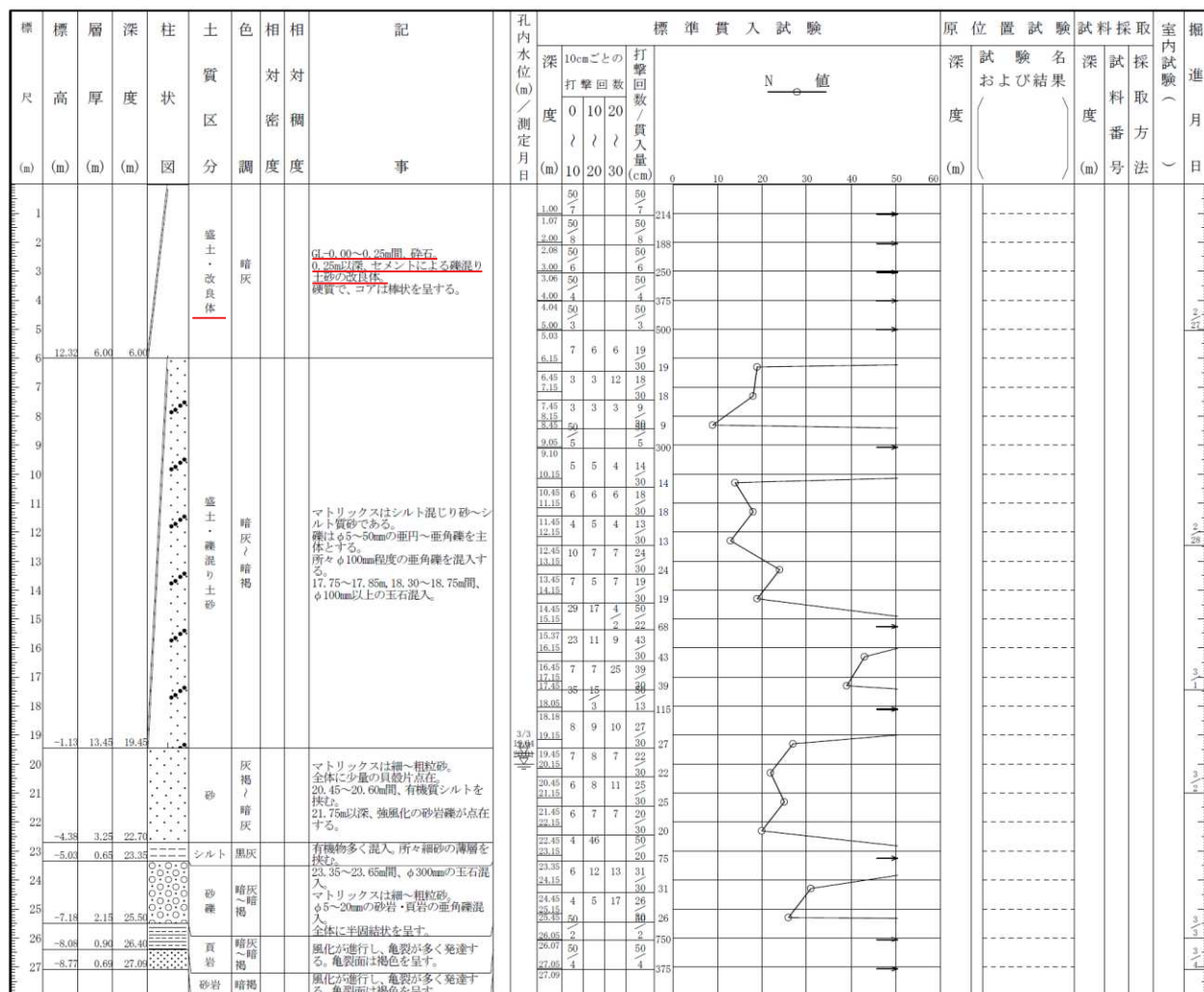


図 1-31(1) ボーリング柱状図 (28QB-4-1)
 (盛土：深度 0～19.45m, 旧表土：深度 19.45～25.50m)



図 1-31 (2) ボーリングコア写真 (28QB-4-1)
 (盛土 : 深度 0~19.45m, 旧表土 : 深度 19.45~25.50m)

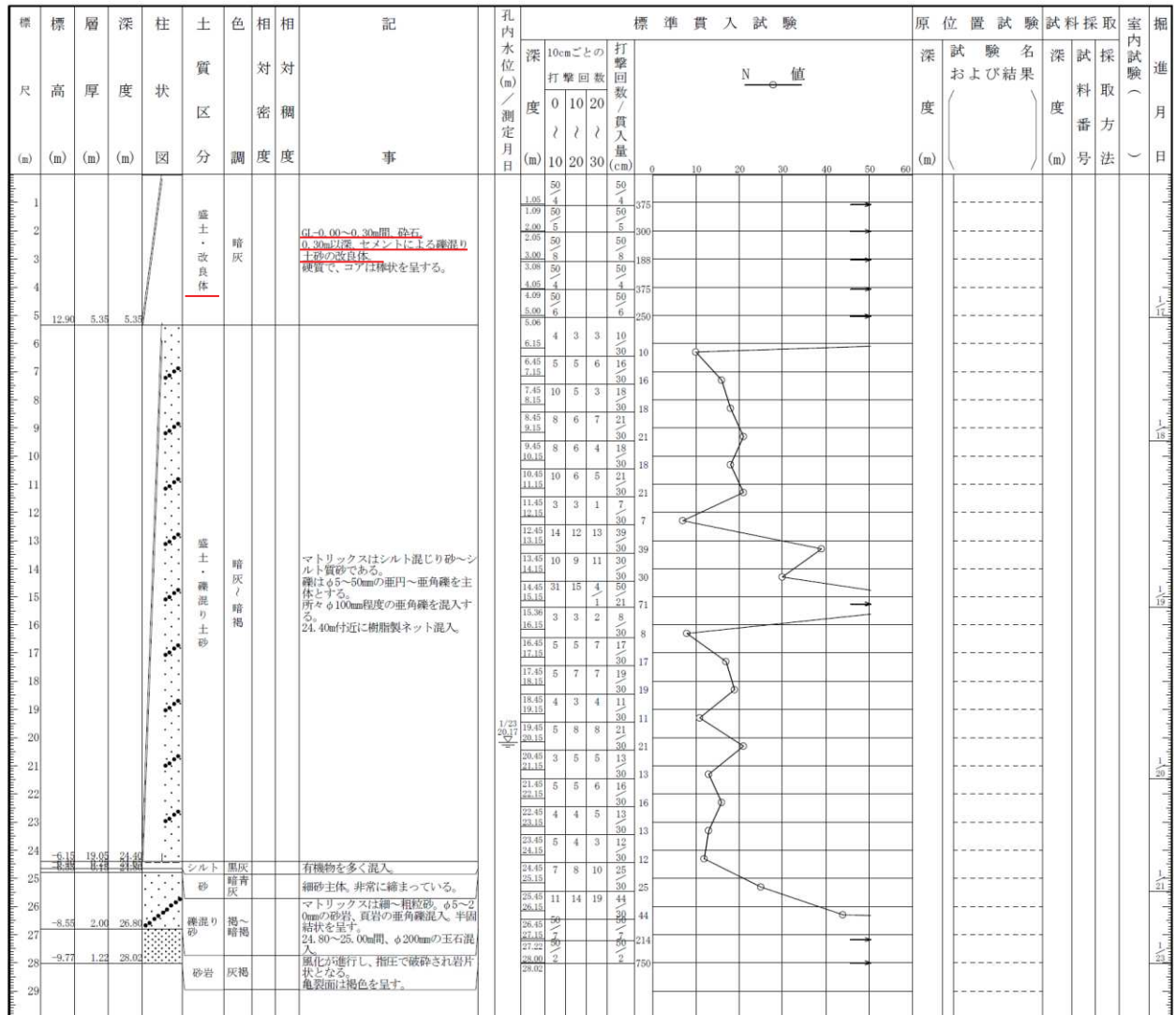


図 1-32(1) ボーリング柱状図 (28QB-4)
(盛土：深度 0~24.40m, 旧表土：深度 24.40~26.80m)



図 1-32(2) ボーリングコア写真 (28QB-4)
 (盛土 : 深度 0~24.40m, 旧表土 : 深度 24.40~26.80m)

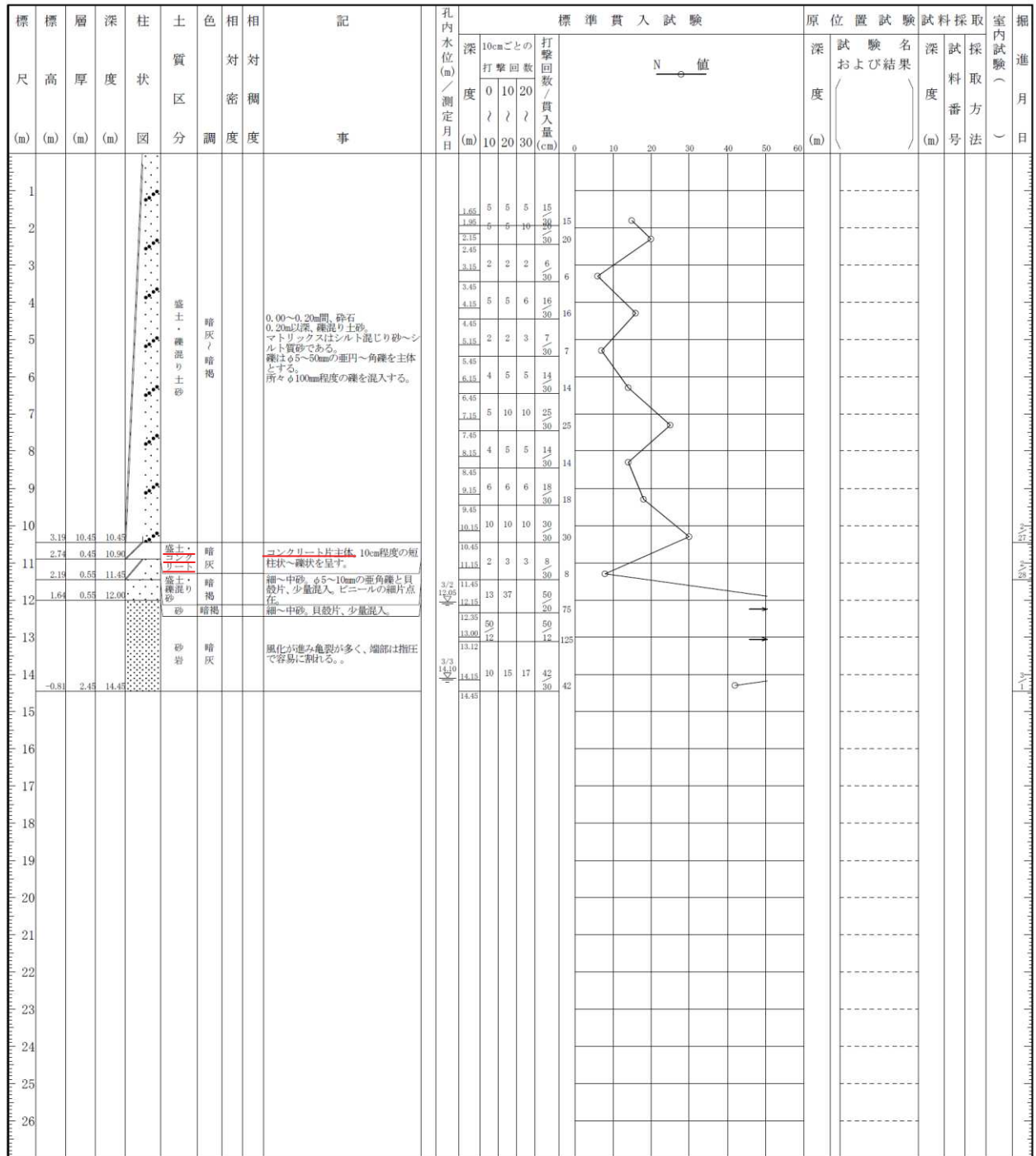


図 1-33(1) ボーリング柱状図 (28QB-5)
(盛土：深度 0~11.45m, 旧表土：深度 11.45~12.00m)



図 1-33(2) ボーリングコア写真 (28QB-5)
(盛土 : 深度 0~11.45m, 旧表土 : 深度 11.45~12.00m)

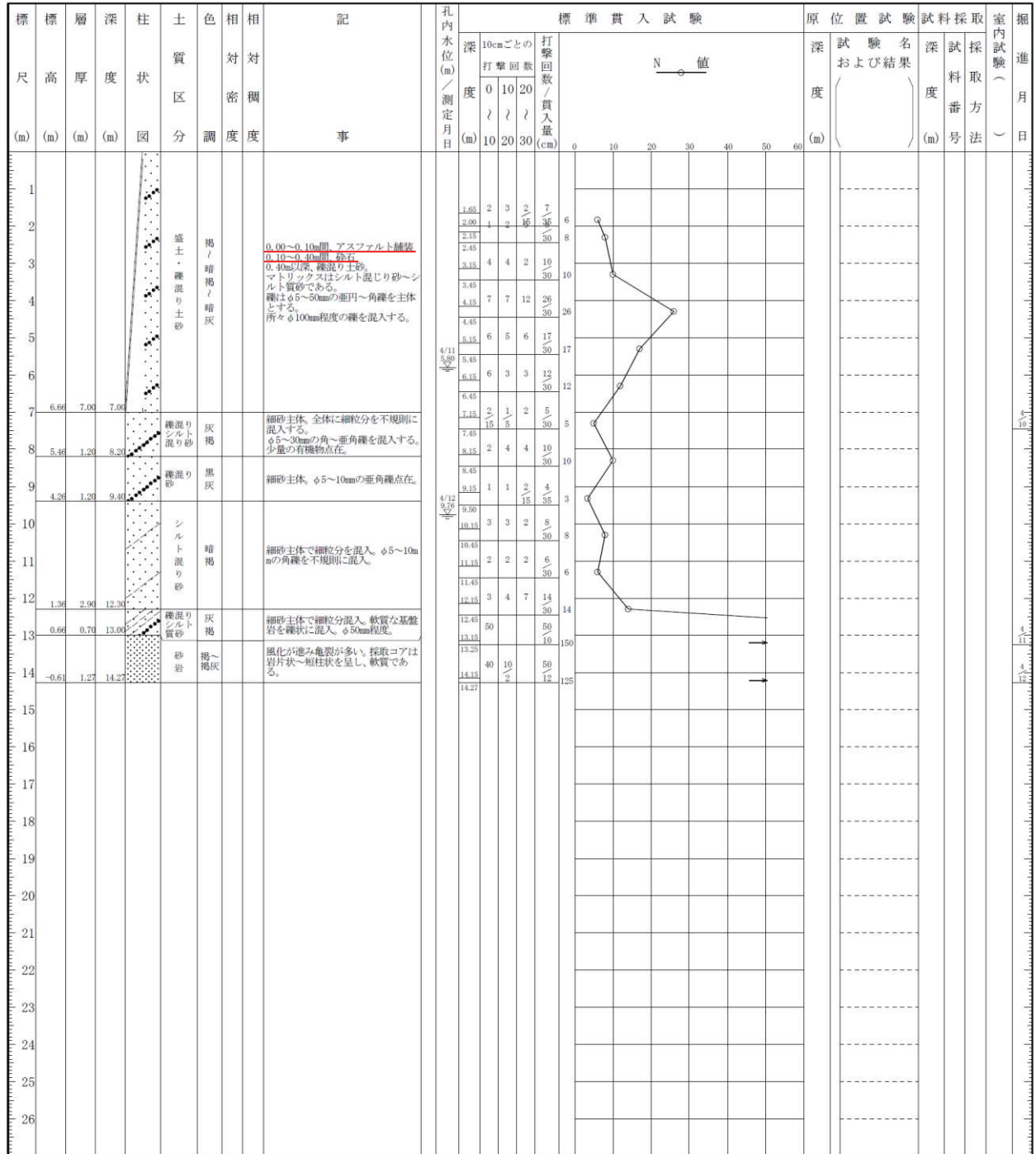


図 1-34(1) ボーリング柱状図 (28QB-5-1)
 (盛土：深度 0~7.00m, 旧表土：深度 7.00~13.00m)

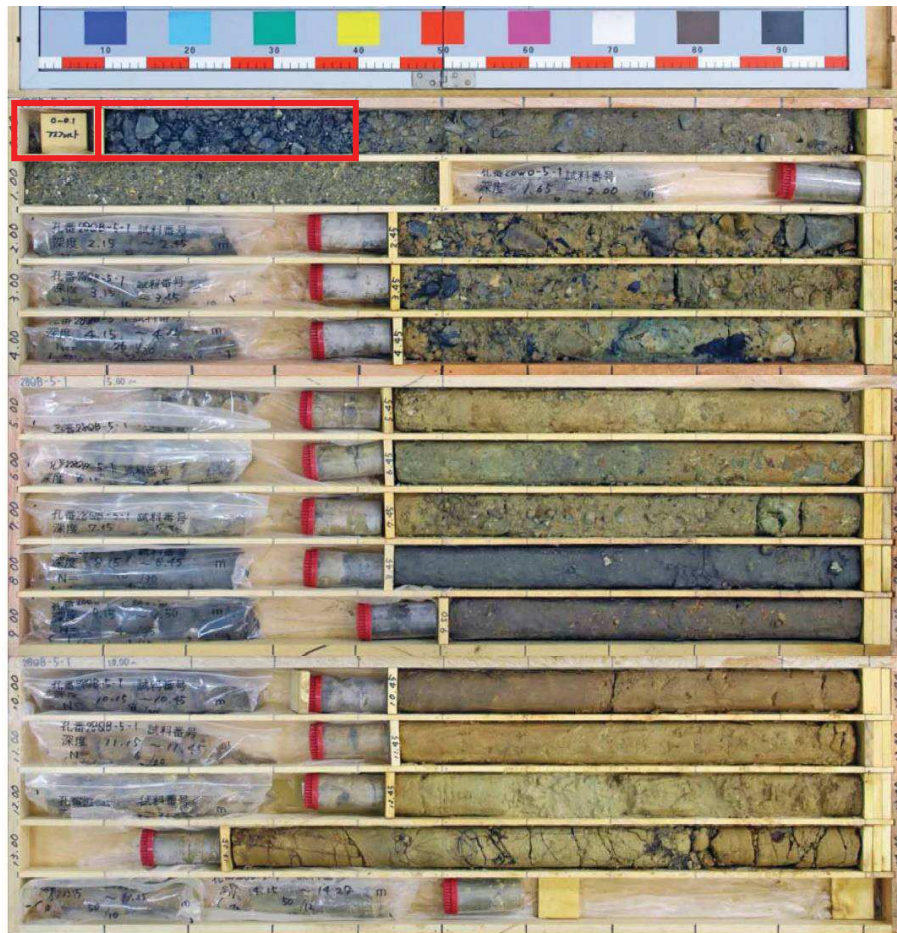


図 1-34(2) ボーリングコア写真 (28QB-5-1)
 (盛土 : 深度 0~7.00m, 旧表土 : 深度 7.00~13.00m)

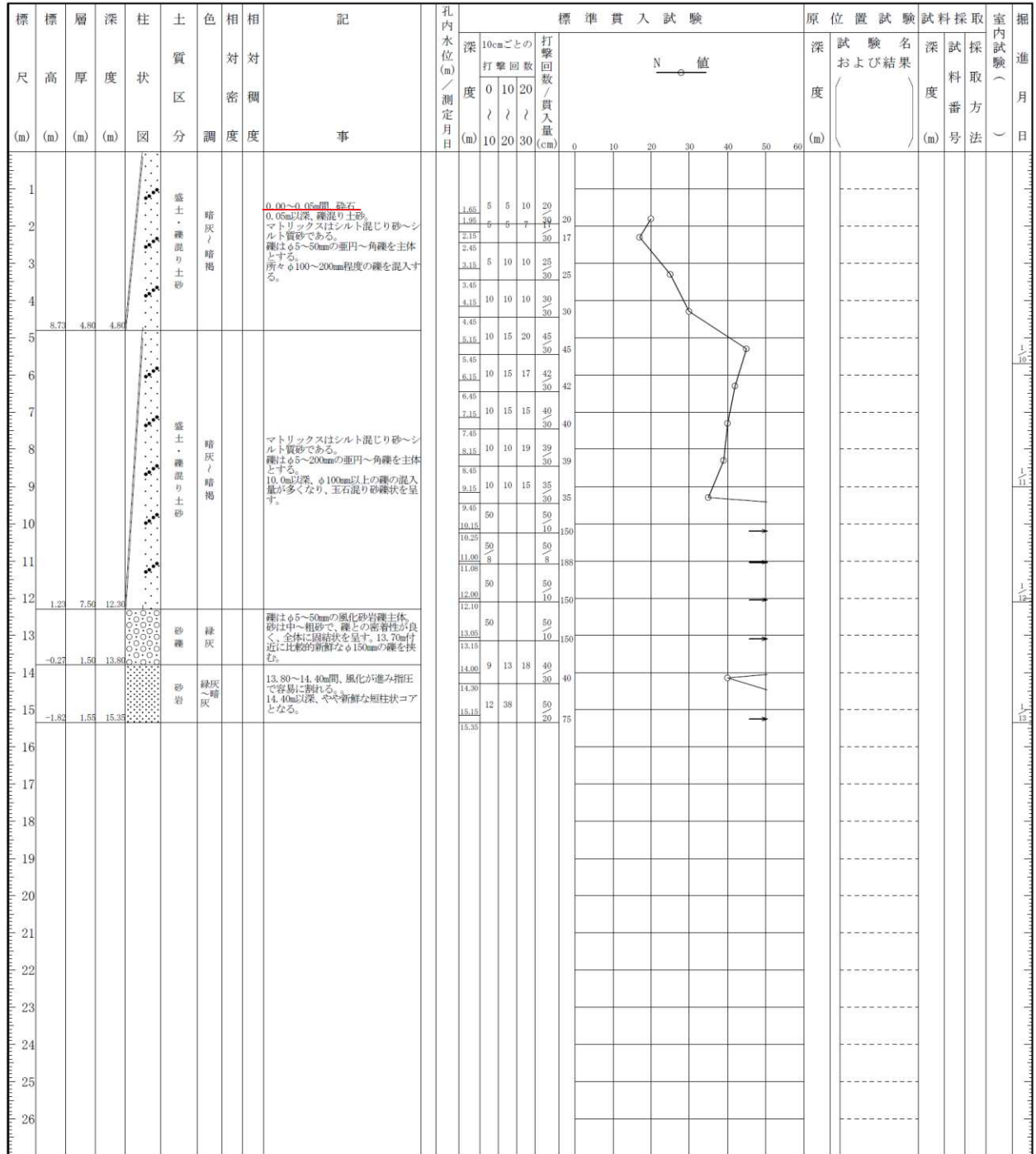


図 1-35(1) ボーリング柱状図 (28QB-6)
(盛土：深度 0~12.30m, 旧表土：深度 12.30~13.80m)

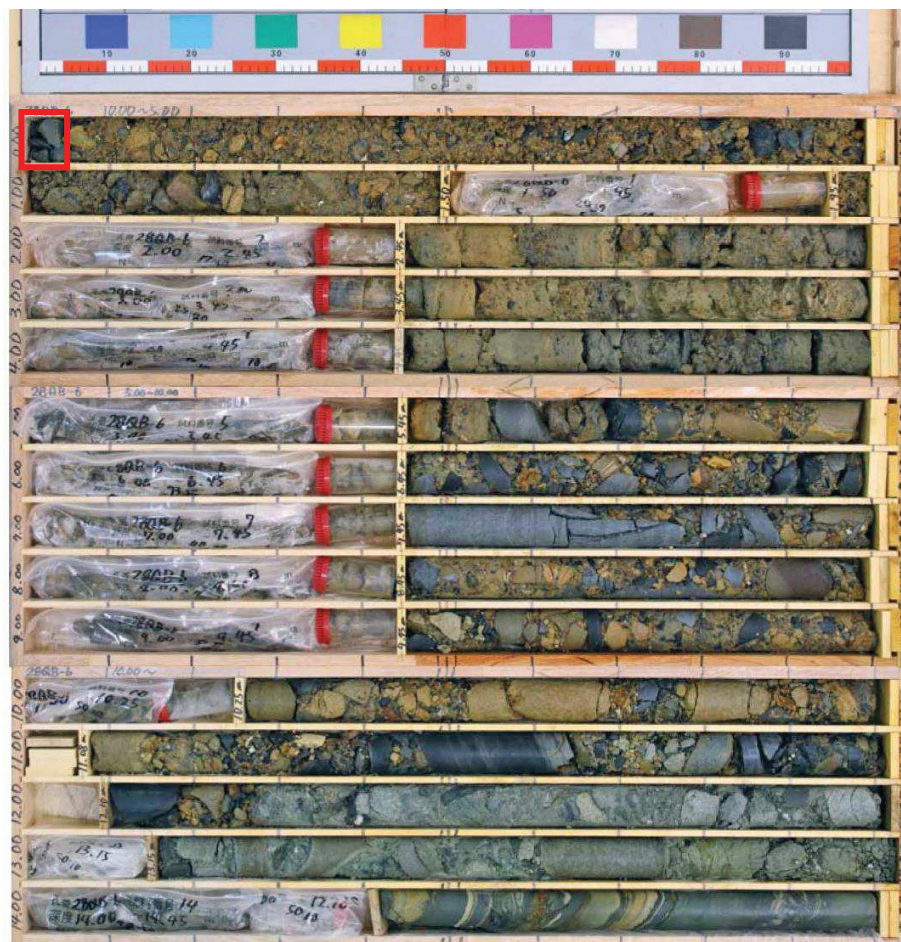


図 1-35 (2) ボーリングコア写真 (28QB-6)
(盛土 : 深度 0~12.30m, 旧表土 : 深度 12.30~13.80m)

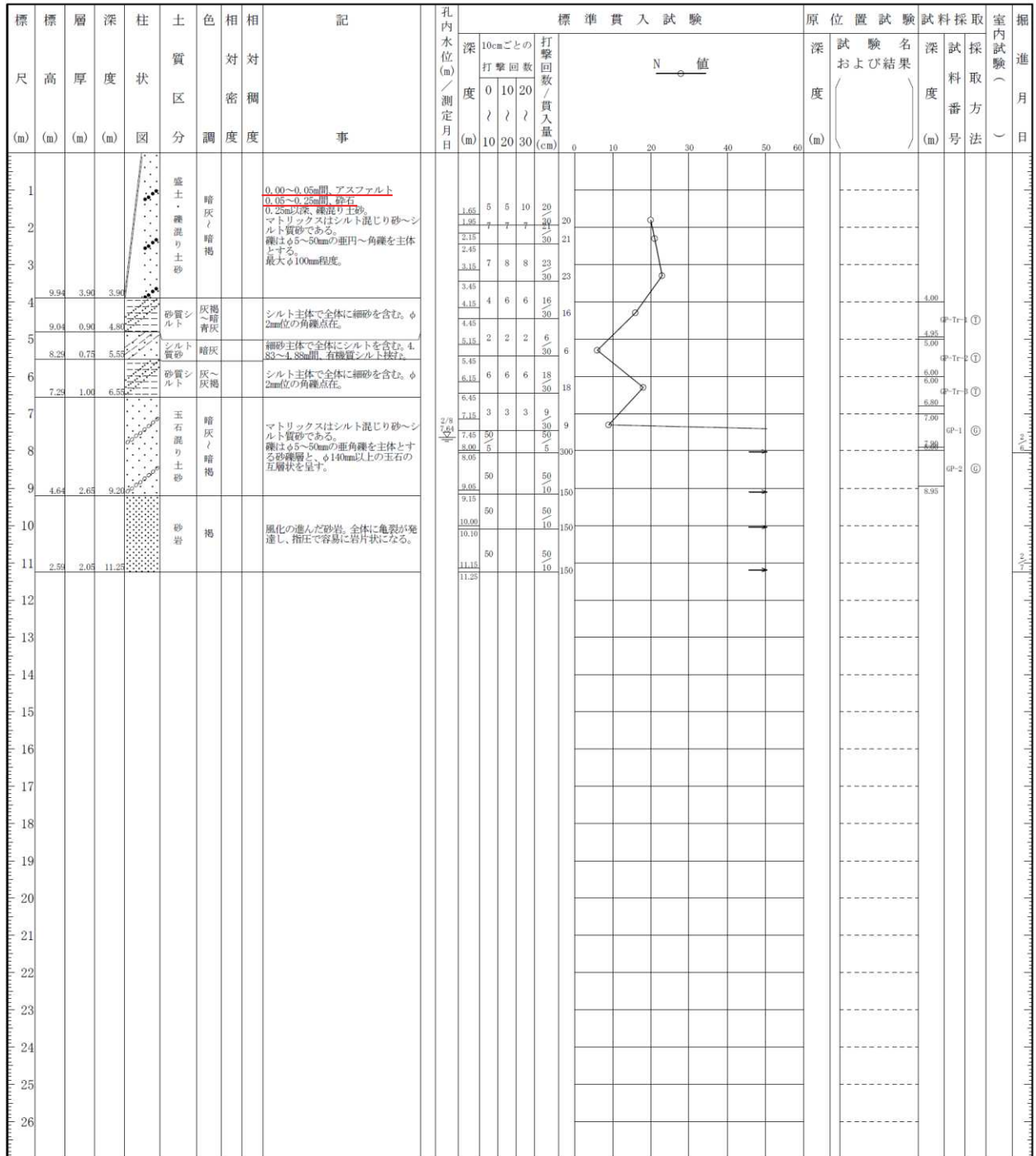


図 1-36 (1) ボーリング柱状図 (28QB-7)
(盛土：深度 0~3.90m, 旧表土：深度 3.90~9.20m)