（仮称）道の駅「くまがや」
地盤調査・解析・対策検討業務委託

報　告　書

令和２年３月

日本工営株式会社
NIPPON KOEI

－ 目　次 －

1.　業務概要 1
2.　地質調査 6
2.1.　調査目的および調査位置 6
2.2.　調査方法 8
2.2.1.　地質調査 8
2.2.2.　室内土質試験 14
2.3.　地形・地質概要 15
2.3.1.　地形概要 15
2.3.2.　地質概要 16
2.4.　調査結果 18
2.4.1.　ボーリング調査結果 18
2.4.2.　標準貫入試験結果 29
2.4.3.　孔内水位観測結果 37
2.5.　室内土質試験結果 38
2.5.1.　土粒子の密度試験結果 39
2.5.2.　土の含水比試験結果 41
2.5.3.　土の粒度試験結果 43
2.5.4.　液性限界試験・塑性限界試験結果 51
2.5.5.　湿潤密度試験結果 54
2.5.6.　圧密試験結果 55
2.5.7.　三軸圧縮試験（UU条件）結果 58
2.6.　総合解析とりまとめ 61
2.6.1.　土質定数の設定 61
2.6.2.　支持地盤の設定 72
2.6.3.　調査結果に基づく設計・施工上の留意点 76
3.　軟弱地盤技術解析 80
3.1.　現地踏査 80
3.2.　解析計画 81
3.2.1.　解析条件 81
3.2.2.　解析手法 90
3.3.　現況地盤解析 107
3.3.1.　地盤圧密 107
3.3.2.　地盤液状化 111
3.3.3.　地盤破壊検討結果 115
3.3.4.　現況解析結果まとめ 120
3.4.　検討対策工法の選定 121
3.5.　対策後地盤解析 123
3.5.1.　地盤圧密 123
3.5.2.　地盤破壊 127
3.6.　最適工法の決定 138
4.　申し送り事項 140

＜巻末資料＞

① ボーリング柱状図
② 室内土質試験データシート
③ 現場調査記録写真
④ 室内土質試験記録写真
⑤ 現況地盤解析計算書
⑥ 対策後地盤解析計算書
⑦ 打ち合わせ記録簿
⑧ 照査報告書

＜別途提出物＞

・電子成果品　　2 部

1. 業務概要

(1)　業務名

（仮称）道の駅「くまがや」地盤調査・解析・対策検討業務委託

(2)　業務目的

本業務は、（仮称）道の駅「くまがや」事業化に向け、計画地の地盤状況を把握し、軟弱地盤解析および対策工の検討を行うことを目的とする。

(3)　履行期間

自）令和元年 6 月 24 日

至）令和 2 年 3 月 31 日

(4)　発注者

熊谷市 産業振興部　東部地域開発推進室

〒360-8601 埼玉県熊谷市宮町二丁目 47 番地 1

TEL：048-524-1470　FAX：048-525-9335

(5)　受注者

〈契約〉日本工営株式会社　北関東事務所

所長　馬場　貴志

〒330-0802 埼玉県さいたま市大宮区宮町 2-35　大宮 MT ビル

TEL：048-647-8411　FAX：048-647-9468

〈技術〉日本工営株式会社　基盤技術事業部　地盤技術部

〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6

TEL：03-3238-8355　FAX：03-3238-8230

(6)　業務内容および数量

業務内容および数量を表 1.1に示す。

表 1.1　業務内容および数量一覧

内容・項目	単位	当初数量	変更数量	備　考
機械ボーリング（5箇所）	式	1	1	
土質ボーリング（ノンコア） φ66mm　粘性土・シルト	m	50.00	37.10	50m以下、鉛直下方
土質ボーリング（ノンコア） φ66mm 砂・砂質土	m	20.00	28.25	〃
土質ボーリング（ノンコア） φ66mm 礫混じり土砂	m	30.00	68.65	〃
土質ボーリング（ノンコア） φ86mm　粘性土・シルト	m	25.00	12.30	50m以下、鉛直下方（別孔）
土質ボーリング（ノンコア） φ86mm 砂・砂質土	m	10.00	2.00	〃
土質ボーリング（ノンコア） φ86mm 礫混じり土砂	m	0.00	2.00	
サウンディング及び原位置試験	式	1	1	
標準貫入試験　粘性土・シルト	回	50	34	
標準貫入試験　砂・砂質土	回	20	28	
標準貫入試験　礫混じり土砂	回	30	72	
サンプリング	式	1	1	
シンウォールサンプリング	本	10	7	
室内土質試験	式	1		
土粒子の密度試験	試料	20	49	
含水比試験	試料	20	49	
粒度試験（粘性土）	試料	10	36	沈降+ふるい
粒度試験（砂質土）	試料	10	13	ふるい　0.5kg以下
液性限界試験	試料	10	24	
塑性限界試験	試料	10	24	
土の湿潤密度試験	試料	10	7	
土の圧密試験	試料	10	7	
土の三軸圧縮試験（UU条件）	試料	10	7	
解析等調査	式	1	1	
既存資料の収集・現地調査	業務	1	1	
資料整理とりまとめ	業務	1	1	
断面図等の作成	業務	1	1	
総合解析とりまとめ	業務	1	1	
地盤解析・対策費検討	式	1	1	
解析計画	式	1	1	
現地踏査	式	1	1	
現況地盤解析　地盤破壊（円弧すべり）	式	1	1	4断面
現況地盤解析　地盤圧密（一次元解析）	式	1	1	2断面
現況地盤解析　地盤液状化（簡便法）	式	1	1	5断面
検討対策工法の選定	式	1	1	
対策後地盤解析　地盤破壊（円弧すべり）	式	1	1	4断面
対策後地盤解析　地盤圧密（一次元解析）	式	1	1	2断面
最適工法の決定	式	1	1	
照査	式	1	1	
報告書作成	式	1	1	
打合せ	式	1	1	着手時1回+中間3回+納品時1回

（7）　調査位置

本業務の調査位置図およびボーリング位置平面図を図 1.1、図 1.2に示す。

本業務では、図 1.2に示すように土質ボーリングを 5 箇所実施した。



図 1.1　調査位置平面図

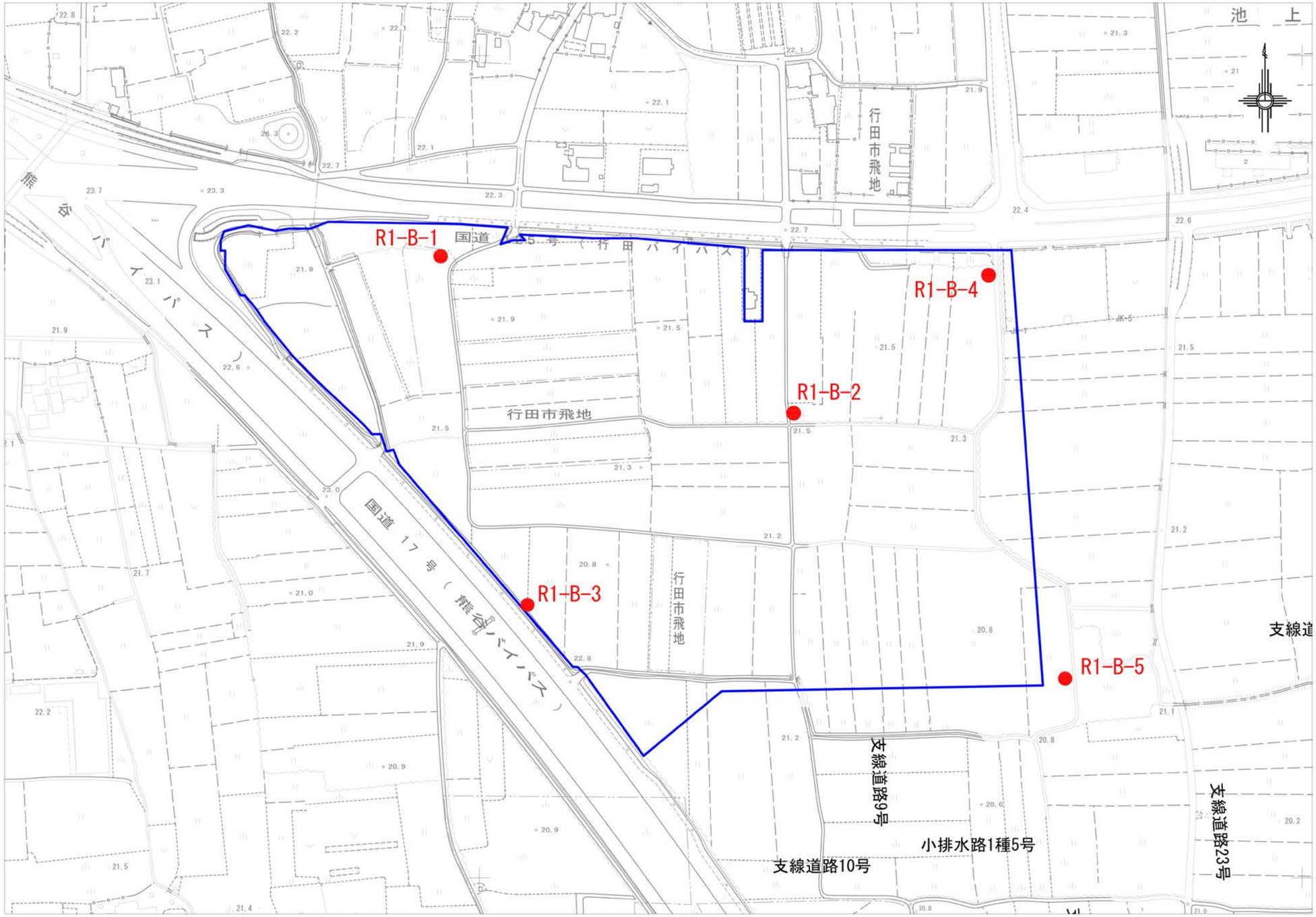


図 1.2　ボーリング位置平面図

(8)　業務実施体制

本業務の実施体制を表 1.2に示す。

表 1.2　業務組織計画

区分	氏名	役職・部署	担当する役割の内容	保有資格
管理技術者	佐藤（さとう）　友哉（ともや）	基盤技術事業部 地盤技術部※ 課長	・業務総括	技術士（建設-土質および基礎）
照査技術者	伊藤（いとう）　圭一（けいいち）	基盤技術事業部 地盤技術部※ 専門部長	・照査	技術士（建設-土質および基礎）
担当技術者	村上（むらかみ）　博紀（ひろき）	基盤技術事業部 地盤技術部※ 技師	・機械ボーリング ・サウンディングおよび原位置試験 ・土質試験 ・地盤解析・対策検討	JABEE認定修了者 （土木および土木関連分野）
担当技術者	大槻（おおつき）　康雄（やすお）	基盤技術事業部 地盤技術部※ 課長補佐		
担当技術者	土肥（どひ）　聖平（しょうへい）	基盤技術事業部 地盤技術部※ 技師補		

(9)　使用する主な図書および基準

業務の実施およびとりまとめに使用した主な基準、図書および貸与資料は表 1.3、表 1.4に示すとおりである。

表 1.3　使用する主な基準および図書の一覧

分類	基準･図書名称	発行年月
仕様書	本業務特記仕様書	R1.6 R2.2(第一回変更)
基準書等	道路橋示方書･同解説　Ⅳ下部構造編(社団法人日本道路協会)	H29.11
	建築基礎設計のための地盤調査計画指針(日本建築学会)	H21.11
	地質調査の方法と解説(公益社団法人地盤工学会)	H25.3
	地盤材料試験の方法と解説(公益社団法人地盤工学会)	H21.11
	道路土工　盛土工指針(社団法人日本道路協会)	H22.4
	道路土工　軟弱地盤対策工指針(社団法人日本道路協会)	H24.8
	道路土工要綱(社団法人日本道路協会)	H21.6

表 1.4　貸与資料一覧

分類	資料名称	発行年月
貸与資料	(仮称)道の駅「くまがや」基本計画策定業務委託報告書	R1.6

2. 地質調査

2.1. 調査目的および調査位置

本業務では（仮称）道の駅「くまがや」事業化に向け、計画地の地盤状況を把握し、軟弱地盤解析および対策工の検討を行うことを目的とし、表 2.1に示すように計 5 箇所で地質調査を実施した。調査位置図は図 2.1に示す。

表 2.1　ボーリング調査箇所一覧

地点	孔口標高	掘進長(m)
R1-B-1	T.P.+22.11m	19.35
R1-B-2	T.P.+21.60m	49.32
R1-B-3	T.P.+21.20m	19.32
R1-B-4	T.P.+21.34m	25.36
R1-B-5	T.P.+20.56m	22.40



図 2.1　ボーリング調査位置図

2.2. 調査方法

2.2.1. 地質調査

(1) 機械ボーリング

機械ボーリングは主として土質を調査し、地質構造や地下水位を確認するとともに、試料採取や原位置試験を行うことを目的として実施した。また、孔内水位は、毎日の掘進作業の開始前と作業終了前に測定し、測定日時と共に記録した。

ボーリング機械（ロータリー式ハイドロリックフィードマシン）の概念図を図 2.2 に示す。

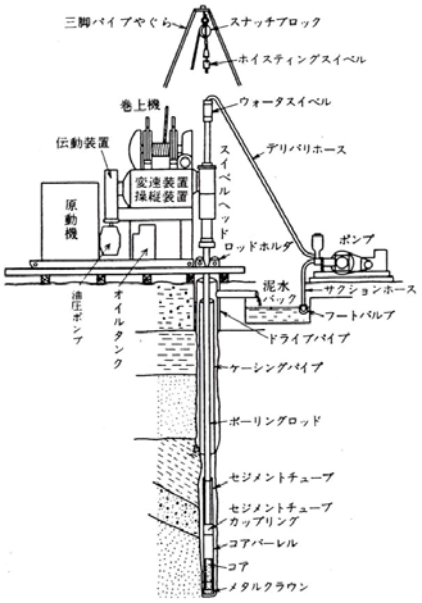


図 2.2　ボーリング機械概念図

なお、掘止めは以下の考え方を基本とした。

【掘止めの考え方】以下に示す方針とする。

将来的に建築物建設の可能性がある調査地点（R1-B-2、R1-B-4）

R1-B-2 地点および R1-B-4 地点付近は、将来的に農業振興に資する民間事業用地としての利用が計画されているため（図 2.3参照）、「建築基礎設計のための地盤調査計画指針、H21.11、日本建築学会」に則り、建築基準設計上の基盤面（砂層および砂礫層で N 値 50 以上、粘性土層で N 値 20 以上）連続 5m 確認を基本とする。

上記以外の調査地点（R1-B-1、R1-B-3、R1-B-5）

道路橋示方書に定められる支持層が砂層および砂礫層で N 値 30 以上、粘性土層で N 値 20 以上）連続 5m 確認を基本とする。

各調査地点の掘止め深度を表 2.2に示す。

表 2.2　各調査地点の掘止め深度

調査地点	支持層の条件		層厚
	砂質土 礫質土	粘性土	
R1-B-1	N値30以上	N値20以上	連続5m確認
R1-B-2	N値50以上	N値20以上	連続5m確認
R1-B-3	N値30以上	N値20以上	連続5m確認
R1-B-4	N値50以上	N値20以上	連続5m確認
R1-B-5	N値30以上	N値20以上	連続5m確認

【支持層の定義（道路橋示方書）】

一般的な支持層の目安について，以下に示す。

i) 粘性土層は砂質土層に比べて大きな支持力が期待できず，沈下量も大きい場合が多いため支持層とする際には十分な検討が必要であるが，N 値が 20 程度以上（一軸圧縮強度 q_u が 0.4N/mm^2 程度以上）あれば支持層と考えてよい。

ii) 砂層，砂れき層は N 値が 30 程度以上あれば支持層と考えてよい。ただし，砂れき層ではれきをたたいて N 値が過大に出る傾向があるので，支持層の決定には十分な注意が必要である。

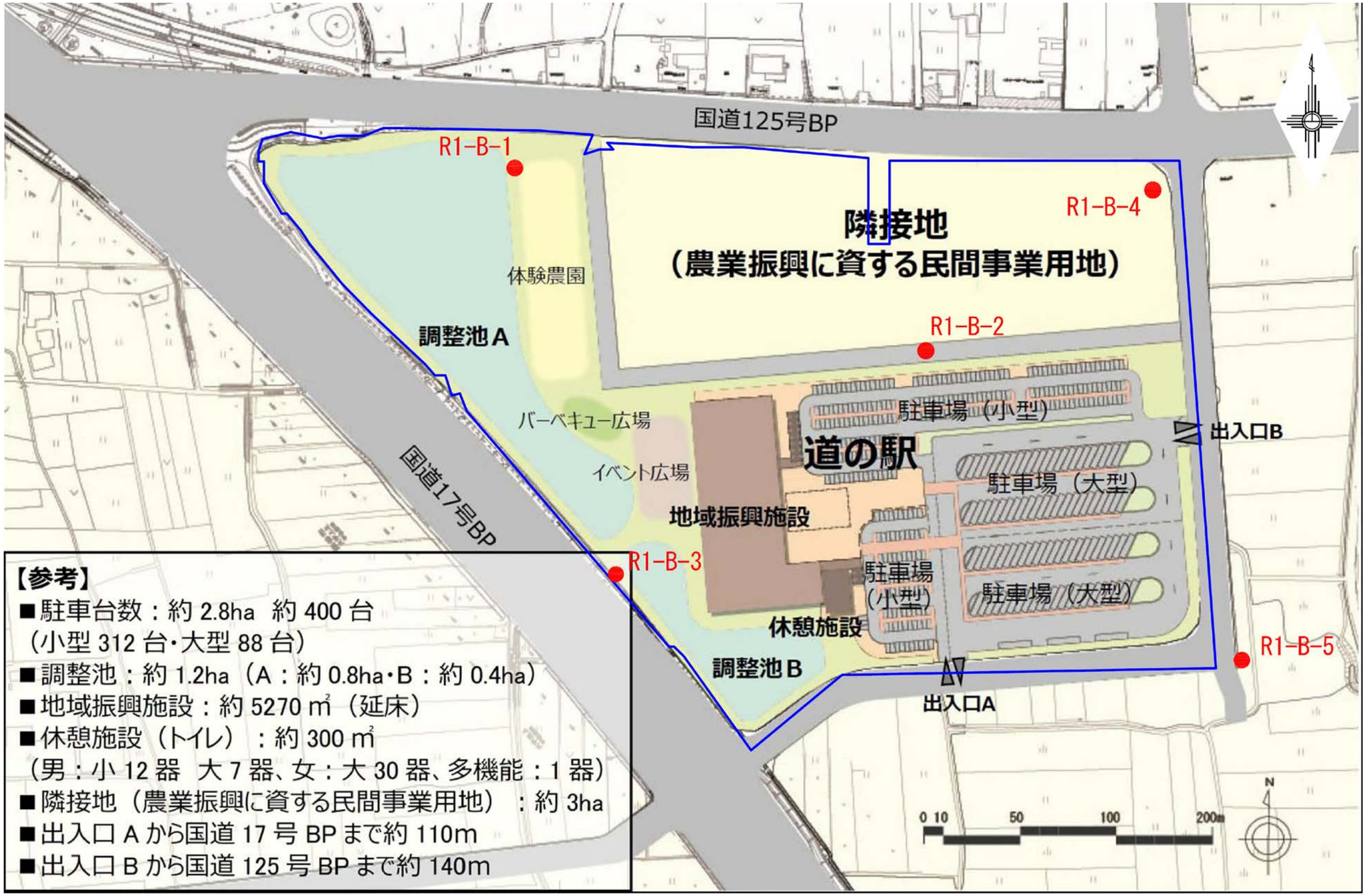
引用：「道路橋示方書（Ⅳ下部構造編）、H29.11、日本道路協会」p.177-178 より

【支持層の定義（建築）】

支持層の目安は砂質土，礫質土ではN値50（または60）以上，粘性土では20～30以上とすることが多いが，地盤条件や建物の要求性能，想定される複数の基礎形式を勘案して設計者が適切に判断する．なお，粘性土ではサンプリング試料を用いた室内土質試験により強度・変形特性（2.3.8項参照）を確認することが望ましい．

想定する基礎形式 ／ 解析条件	直接基礎	杭基礎
① 一般の場合	支持層として想定される地層が確認できる深さまで．ただし，以深に沈下の原因となる地層が現れることが想定される場合は，当該層の有無が確認できる深さまで． 事前に地層構成の想定ができない場合は，べた基礎スラブ短辺長さの2倍以上または建物幅の1.5～2倍程度，が目安となる．	沖積層全層かつ支持層として想定される地層が5～10m以上確認できる深さまで． 支持杭の場合は，杭先端深さより杭先端径の数倍の深さまで（一般に2～3倍とすることが多いが，採用予定の杭工法の先端支持力の評価方法や形状に留意して設定する必要がある．）．ただし，以深に軟質な層が現れることが想定される場合は，当該層の有無が確認できる深さまで．
② 地震応答解析を行う場合（PS検層用，2.3.11参照）	工学的基盤を5～10m以上確認できる深さまで．ただし，以深に軟質な層が現れることが想定される場合は，その下の工学的基盤同等の層が確認できる深さまで．	

引用：「建築基礎設計のための地盤調査計画指針、H21.11、日本建築学会」p.24-25より



引用：「（仮称）道の駅「くまがや」基本計画策定業務委託報告書、R1.6、日本工営株式会社」p4.41 より

図 2.3 施設配置計画図

(2) 標準貫入試験

標準貫入試験は、地盤の硬軟・締まり具合を把握するために実施する。試験深度は深度 1m 毎に行うことを基本とした。

標準貫入試験方法の概要は、以下のとおりである。

試験方法および器具は、JIS A 1219 標準貫入試験方法によるものとした。

打込完了後、ロッドは 1 回転以上してからサンプラーを静かに引上げた。

サンプラーの内容物は、スライムの有無を確認して採取長さを測定し、土質・色調・状態・混入物等を記録した後、保存した。

また、標準貫入試験時に採取した試料は、速やかに気密性を持った無色透明の容器に入れ、容器には、調査件名、ボーリング孔番号、標本番号、採取深度、土質名、N 値、採取日、調査会社名を記載したラベルを貼った。

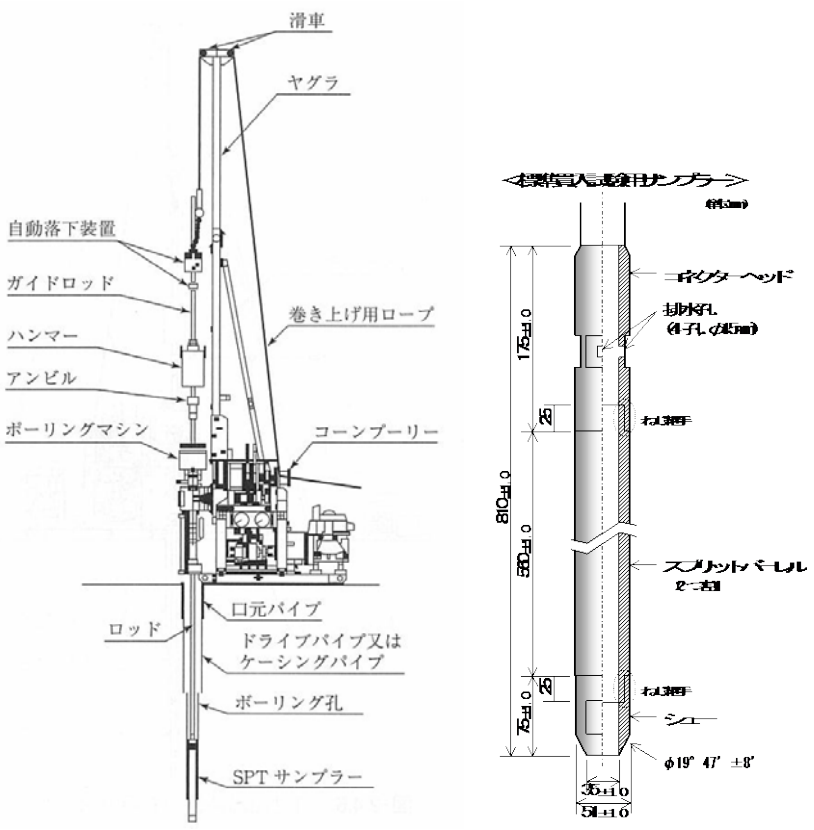


図 2.4　標準貫入試験概念図

(3) サンプリング

サンプリングはφ66mm のボーリングを実施し調査地点の土層分布状況を確認した後、調査対象土層・深度を決定し、別孔（φ86mm）で実施した。

N 値 0～4 の粘性土が対象であったため、表 2.3よりシンウォールサンプリングを実施した。

表 2.3　基準化されたサンプリング法におけるサンプラーの構造と適用地盤の関係

サンプリング法		サンプリングカテゴリー	構造	地盤の種類											
				粘性土			砂質土			砂礫		岩盤			
				軟質	中くらい	硬質	ゆるい	中くらい	密な	ゆるい	密な	軟岩	中硬岩	硬岩	
				N値の目安											
				0～4	4～8	8以上	10以下	10～30	30以上	30以下	30以上				
固定ピストン式シンウォールサンプラー（JGS 1221）	水圧式	A	単管	◎	◎	○, ◎[1]	○, ◎[1]	◎[1]	◎[1]						
	エキステンションロッド式	A	〃	◎	○		○								
ロータリー式二重管サンプラー（JGS 1222）		A	二重管		◎	○									
ロータリー式三重管サンプラー（JGS 1223）		A	三重管		◎	◎	○	◎	◎		○				
ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラー（JGS 1224）		A, B	二重管	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	
ブロックサンプリング（JGS 1231）		A	−	◎	◎	◎	○	○	◎		○	○			
ロータリー式チューブサンプリング（JGS 3211）		A	多重管			○						◎	○		

◎適している，○適用可能，1）小径倍圧型水圧式サンプラー

引用：「地質調査の方法と解説、平成 25 年 3 月、公益社団法人地盤工学会」p202 より

2.2.2. 室内土質試験

土質の工学的分類、土質特性の把握、液状化判定や透水性の評価を目的に、標準貫入試験により得られた乱れた試料を対象に表 2.4に示す物理試験を実施した。また、サンプリングした試料は、圧密特性や強度の把握を目的に圧密試験、三軸圧縮試験（UU 条件）などの力学試験を実施した。

試験については、表 2.4に示す JIS 規格および地盤工学会基準（JGS）に基づき実施した。

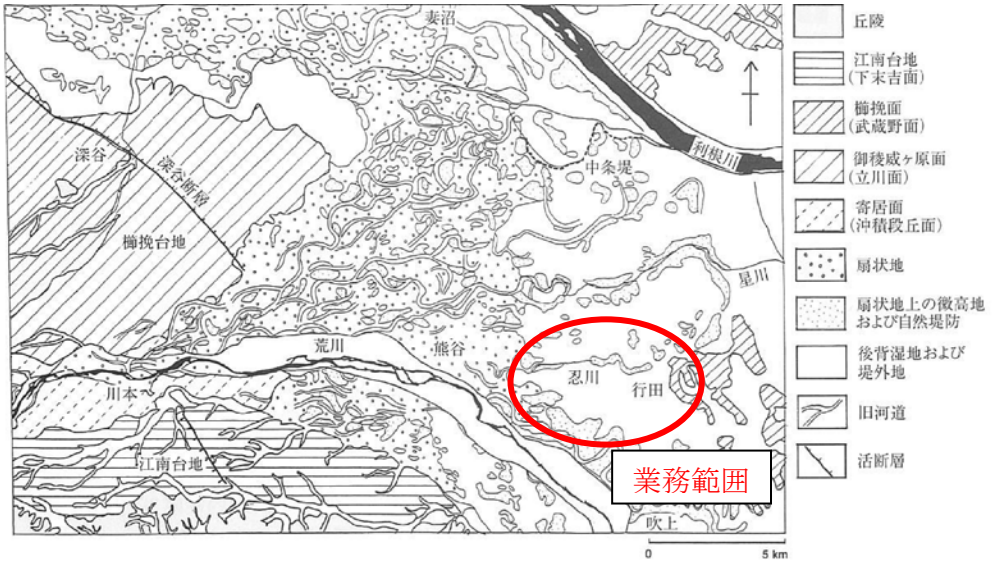
表 2.4　土質試験方法

試験項目		試験方法	試験目的	備　考
物理試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202	・土の基本性質の把握 ・飽和重量γsatの推定	
	土の含水比試験	JIS A 1203	・土の基本性質の把握	
	土の粒度試験	JIS A 1204	・土の基本性質の把握 ・液状化判定	ふるい分析で10%粒径D_{10}が得られない場合は沈降分析を実施する。
	土の液性限界試験	JIS A 1205		細粒分含有率FCが35%以上の場合にのみ実施する。
	土の塑性限界試験			
力学試験	土の湿潤密度試験	JIS A 1225	・湿潤重量γtの設定	
	土の圧密試験	JIS A 1217	・圧密沈下量の推定	
	三軸圧縮試験(UU条件)	JGS 0521	・粘性土の強度把握	

2.3. 地形・地質概要

2.3.1. 地形概要

本業務調査地点は、図 2.5に示すように櫛引台地と江南台地の間から流れる荒川の現成扇状地端部に位置している。この荒川扇状地は半径約 10km、平均勾配 2.5/1000 で、扇央部には旧河道が放射状に分岐している。扇端部には自然堤防による後背湿地が広がっており、水はけが悪く、表層堆積物が細粒であることから、古くから水田として利用されている。また、図 2.6に示す J-SHIS（http://www.j-shis.bosai.go.jp/）による微地形図においても、本業務調査地点は西側から広がる扇状地の端部に位置しており、後背湿地に区分されている。



引用：「日本の地形 4 関東・伊豆小笠原、貝塚ら、H12.11」p.198-200 より

図 2.5　調査地点周辺の地形概要図

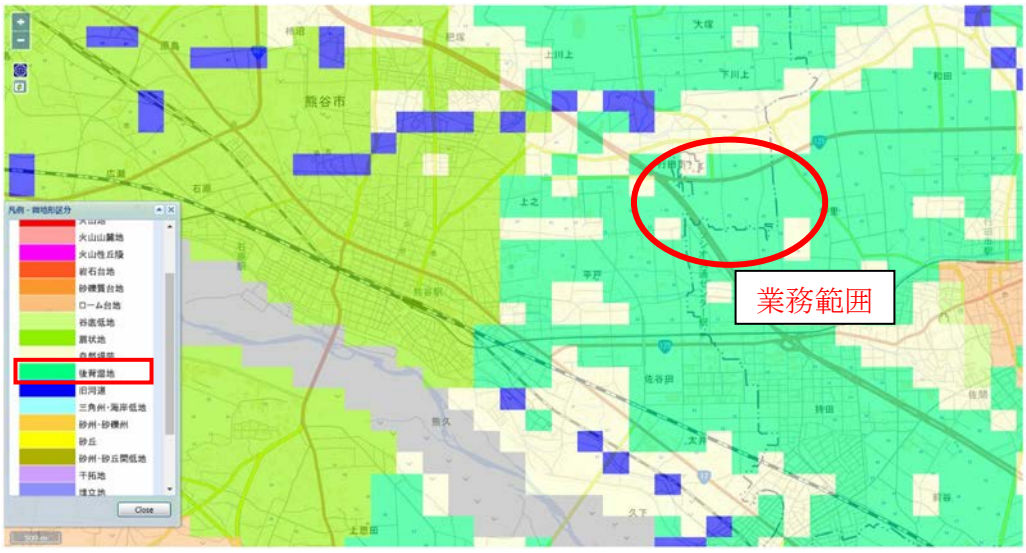


図 2.6　J-SHIS による調査地点周辺の微地形図

2.3.2. 地質概要

本業務調査地点周辺の表層地質図を図 2.7に示す。

今回調査地点おいては主に砂泥堆積物が分布し、調査地点北側の一部において砂質泥堆積物が分布している。

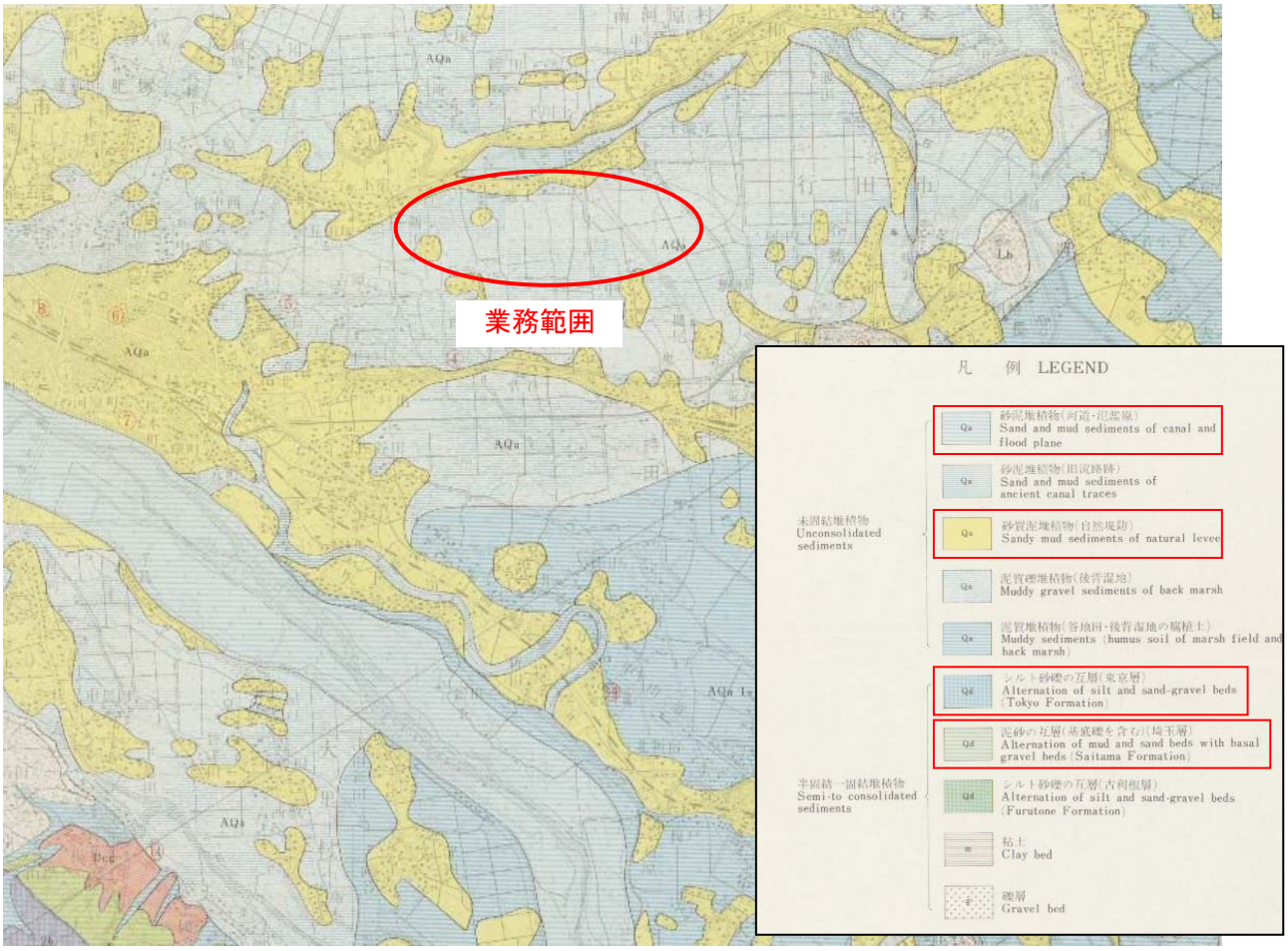
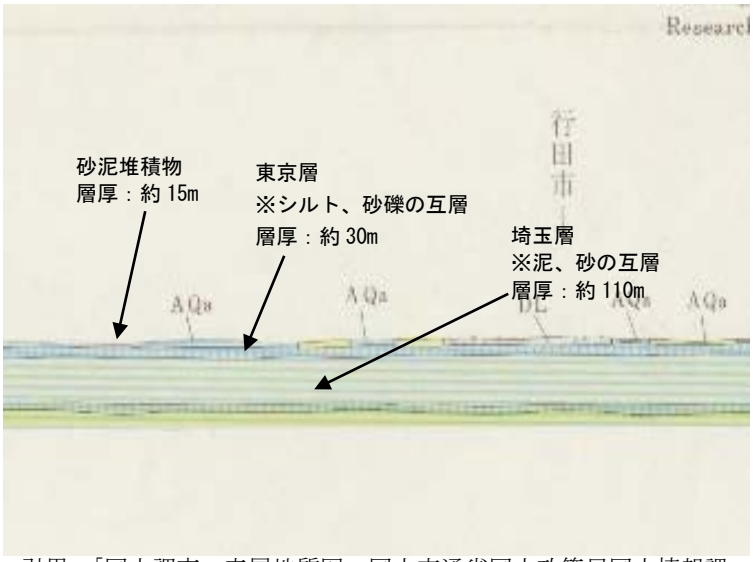


図 2.7　調査地点周辺の表層地質図

また、今回調査地点付近の概略地質断面図を図 2.8に示す。

図 2.8より、砂泥堆積物下位には、シルトと砂礫の互層である Qd 層（東京層）や、泥と砂の互層である Qd 層（埼玉層）などが堆積している。



引用：「国土調査　表層地質図、国土交通省国土政策局国土情報課」より（一部改変）

図 2.8　今回調査地点の概略地質断面図

2.4. 調査結果

2.4.1. ボーリング調査結果

今回調査範囲の地質層序表を表 2.5に示す。また、地質推定断面位置を示した平面図を図 2.9に、各ボーリングを結んだ測線における地質推定断面図を図 2.10～図 2.15に示す。

表 2.5　地質層序表

地質時代	土層		代表N値	土質分類	特記事項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	表土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。

表 2.6　N 値と砂の相対密度、粘土の相対稠度（コンシステンシー）の関係

N 値	砂の相対密度	N 値	粘土の相対稠度（ｺﾝｼｽﾃﾝｼｰ）
0～4	非常に緩い	0～2	非常に軟らかい
4～10	緩い	2～4	軟らかい
10～30	中位の	4～8	中位の
30～50	密な	8～15	硬い
50 以上	非常に密な	15～30	非常に硬い
		30 以上	固結した

(1) Ac1 層

地表面から層厚 2.0~3.0m 程度分布する。南東側に向かって層厚が薄くなる。N 値は 0~2、代表 N 値は 1 であり、「非常に軟らかい粘性土」に分類される。灰もしくは暗褐色のシルトを主体とし、含水および粘性は中位である。混入する砂分は微細~細砂である。R1-B-2 地点および R1-B-3 地点では植物片、R1-B-5 地点では腐植物が混入する。

(2) As1 層

層厚 0.0~3.0m 程度で、Ac1 層の下位に堆積する。N 値は 5~10、代表 N 値は 5 であり、「緩い砂質土」に分類される。灰色の微細~細砂を主体としており、含水は低~中位である。

(3) Ac2 層

層厚 0.7~3.0m 程度で、Ac1 層および As1 層の下位に堆積する。北東側に向かって層厚が薄くなる。N 値は 2~5、代表 N 値は 3 であり、「軟らかい粘性土」に分類される。灰もしくは暗褐色のシルトを主体とし、含水や粘性は中位である。混入する砂分は微細~細砂を主体とするが、R1-B-1 地点のみ中砂が混入している。R1-B-3 地点では植物片、R1-B-5 地点では腐植物が混ざっている。

(4) As2 層

層厚 0.0~2.5m 程度で、Ac2 層の下位に堆積する。南東側に向かって層厚が薄くなる。N 値は 8~15、代表 N 値は 11 であり、「中位の砂質土」に分類される。暗褐色の微細~細砂を主体としているが、R1-B-1 地点では中砂も主体となり、φ2~10mm の程度の亜円~亜角礫の礫が混入している。含水は低位~中位である。R1-B-3 地点ではわずかにシルト分およびφ10mm 程度の亜円礫が混入する。

(5) Ag 層

層厚 2.0~5.0m 程度で、Ac2 層および As2 層の下位に堆積する。南西側に向かって層厚が薄くなる。N 値は 8~30、代表 N 値は 14 であり、「中位の礫質土」に分類される。暗褐色でφ2~30mm 程度の亜円~亜角礫を主体としており、混入する砂分は細~中砂である。含水は中位である。R1-B-2 地点では所々でシルトが混入している。

(6) Dc1 層

層厚 0.7~3.0m 程度で、Ag 層の下位に堆積する。東側に向かって層厚が薄くなり、N 値は 4~7、代表 N 値は 4 であり、「中位の粘性土」に分類される。暗灰もしくは暗褐色のシルトを主体とし、含水および粘性は中位である。R1-B-1 地点では砂分を混入する箇所がある。

(7) Ds1 層

層厚 1.0~5.5m 程度で、Ag 層および Dc1 層の下位に堆積する。南西側に向かって層厚が薄くなり、R1-B-3 地点では確認されていない。N 値は 11~27、代表 N 値は 14 であり、「中位の砂質土」に分類される。暗灰もしくは暗褐色の均質な細砂を主体としており、含水は低位~中位である。R1-B-4 地点ではシルトが、R1-B-5 地点ではφ2~10mm 程度の亜円礫が混入している。

(8) Dg1 層

層厚 13.0m 程度で、Dc1 および Ds1 層の下位に堆積する。N 値は 18~150、代表 N 値は 35 であり、「密な礫質土」に分類される。φ2~40mm 程度の暗褐色の亜円~亜角礫を主体としており、混入する砂分は細~中砂である。含水は低位~中位である。所々でシルトが混入している。道路橋示方書の定義では支持層としてみなすことができる。

(9) Dc2 層

層厚 2.0m 程度で、Dg1 層の下位に堆積する。N 値は 14~16、代表 N 値は 14 であり、「硬い粘性土」に分類される。暗灰色のシルトを主体としており、含水は低位、粘性は弱位である。

(10) Ds2 層

層厚 3.0m 程度で、Dc2 層の下位に堆積する。N 値は 32~75、代表 N 値は 55 であり、「非常に密な砂質土」に分類される。均質な細砂を主体としており、含水は低位~中位である。塊状のシルトが混入している。φ2~20mm 程度の亜円~亜角礫を主体とした砂礫層をはさみ、混入する砂分は細~中砂である。

(11) Dc3 層

層厚 5.0m 程度で、Dc2 層の下位に堆積する。N 値は 8~26、代表 N 値は 15 であり、「硬い粘性土」に分類される。暗灰もしくは暗褐色のやや固結したシルトを主体としており、含水は低位、粘性は弱位である。微細~細砂を主体とした暗褐色の砂層をはさみ、含水は低位である。

(12) Ds3 層

層厚 2.0m 程度で、Dc3 層の下位に堆積する。N 値は 32~53.5、代表 N 値は 40 であり、「密な砂質土」に分類される。暗灰もしくは褐色の細~中砂を主体としており、含水は低位~中位である。

(13) Dc4 層

層厚 5.0m 程度で、Ds3 層の下位に堆積する。N 値は 7~14、代表 N 値は 10 であり、「硬い粘性土」に分類される。上層部では暗灰色のシルト、下層部では褐色の粘土を主体としており、いずれも含水は低位、粘性は弱位である。所々で砂分が混入している。

(14) Dg2 層

Dc4 層の下位に堆積する。N 値は 68.1~107.1、代表 N 値は 80 であり、「非常に密な砂質土」に分類される。φ2~30mm 程度の亜円~亜角礫を主体としており、混入する砂分は細~中砂を主体とする。含水は低位~中位である。粘土が混入する箇所がある。建築基準の定義での支持層とみなせ、工学的基盤面となる。

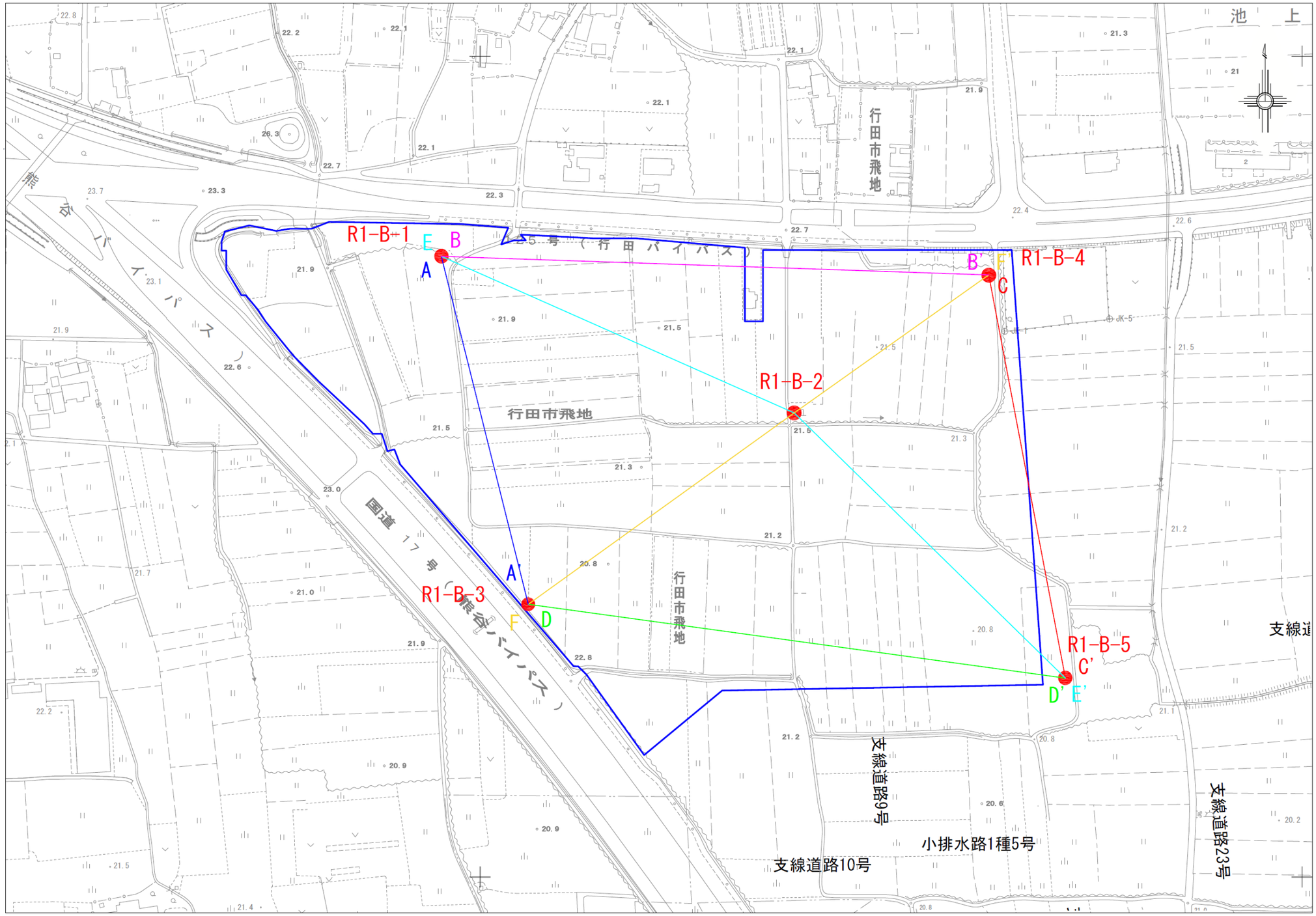
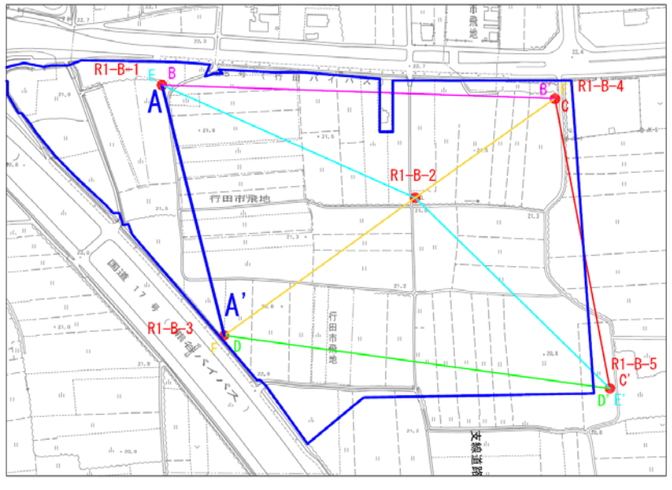

R1-B-1
R1-B-2
R1-B-3
R1-B-4
R1-B-5
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
F
行田市飛地
国道17号（熊谷バイパス）
支線道路9号
支線道路10号
小排水路1種5号
支線道路23号
池上

図 2.9　平面図



A－A’

地質時代		土層	代表N値	土質分類	特記事項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	表土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。

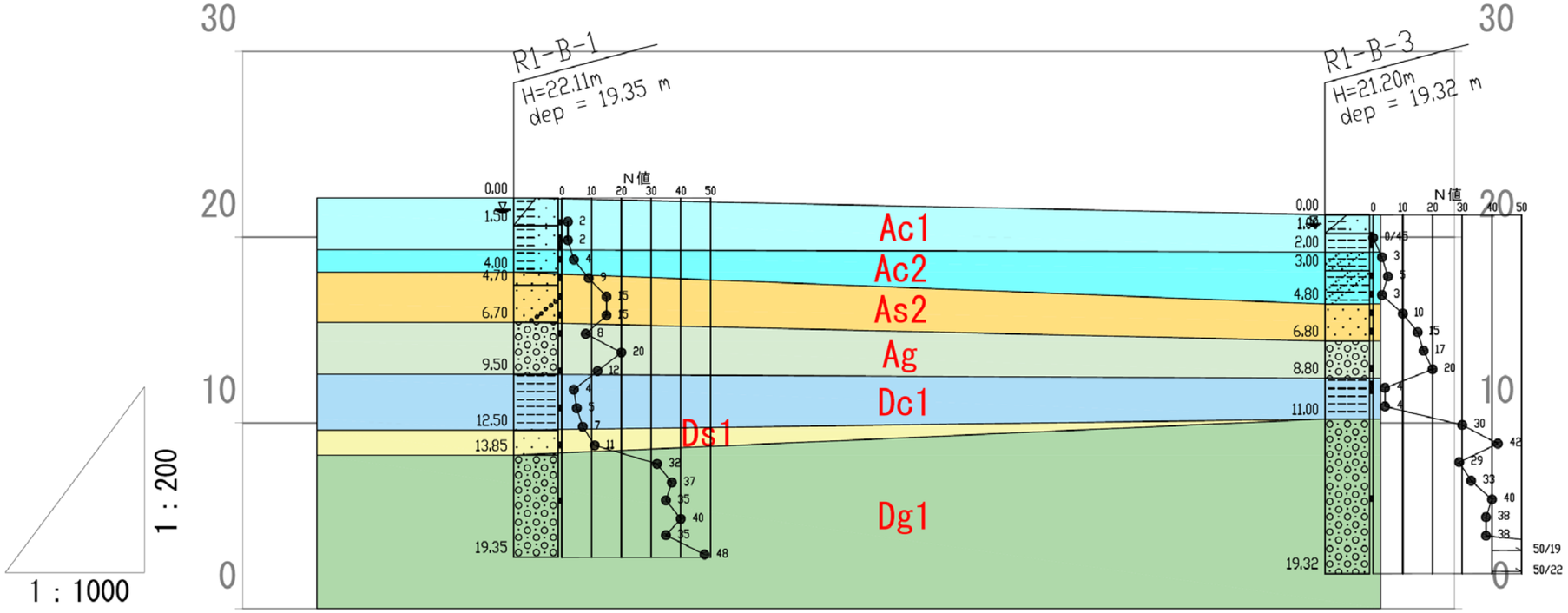
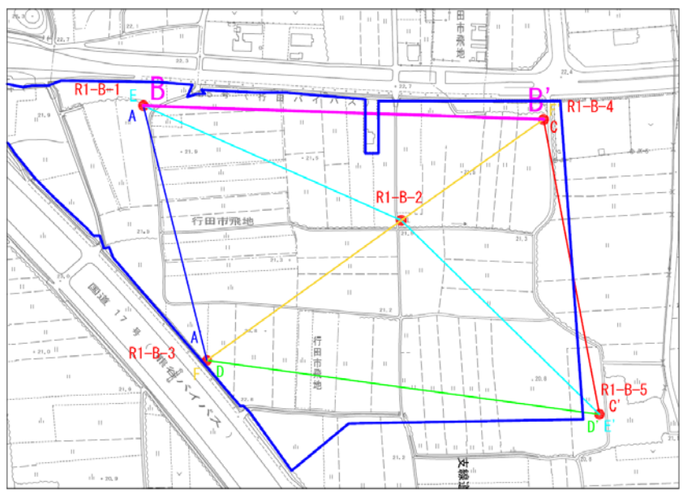


図 2.10　地質推定断面図（A-A’断面）



B–B’

地質時代		土層	代表N値	土質分類	特記事項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	表土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。

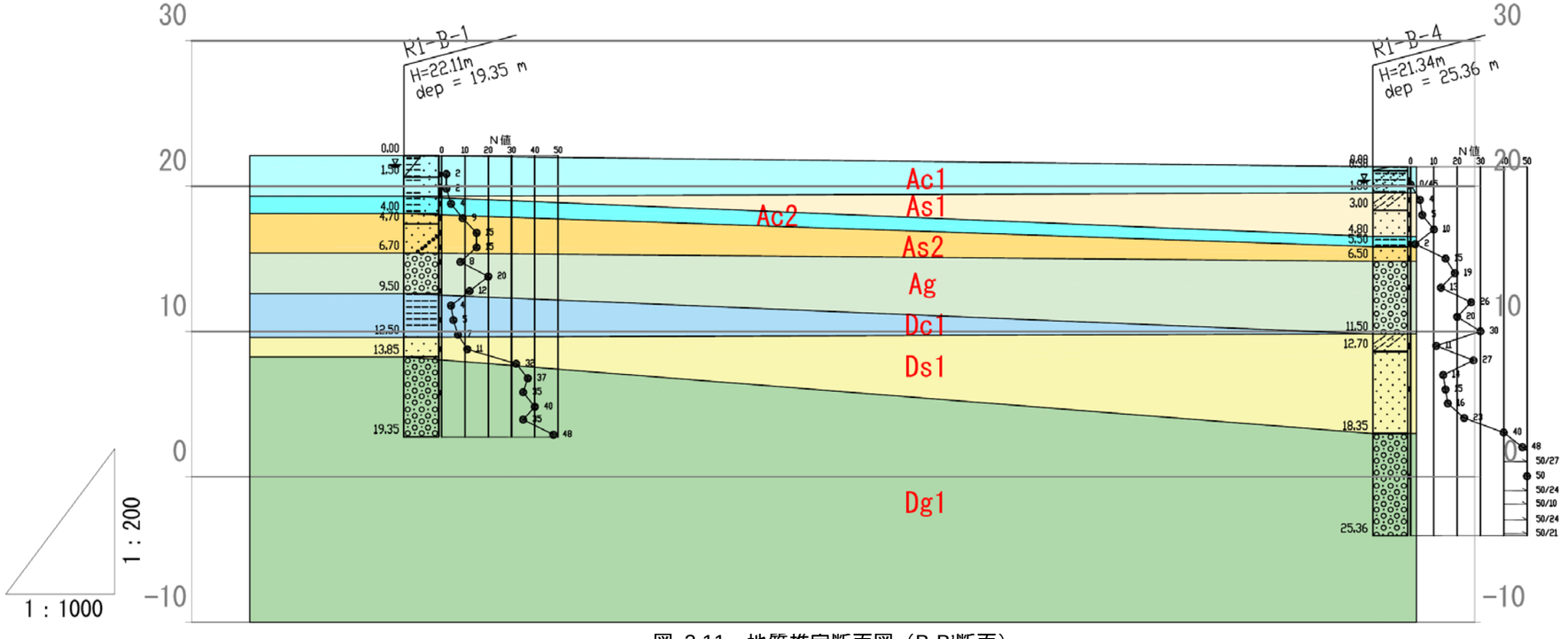
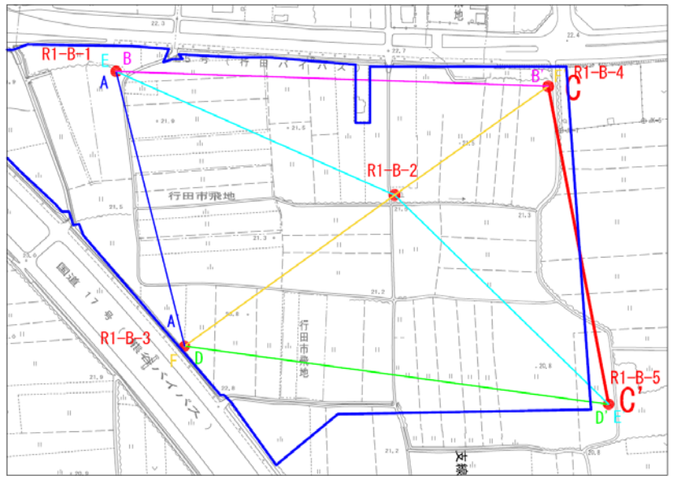


図 2.11　地質推定断面図（B-B’断面）



C-C’

地質時代		土 層	代表N値	土質分類	特 記 事 項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	粘土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。

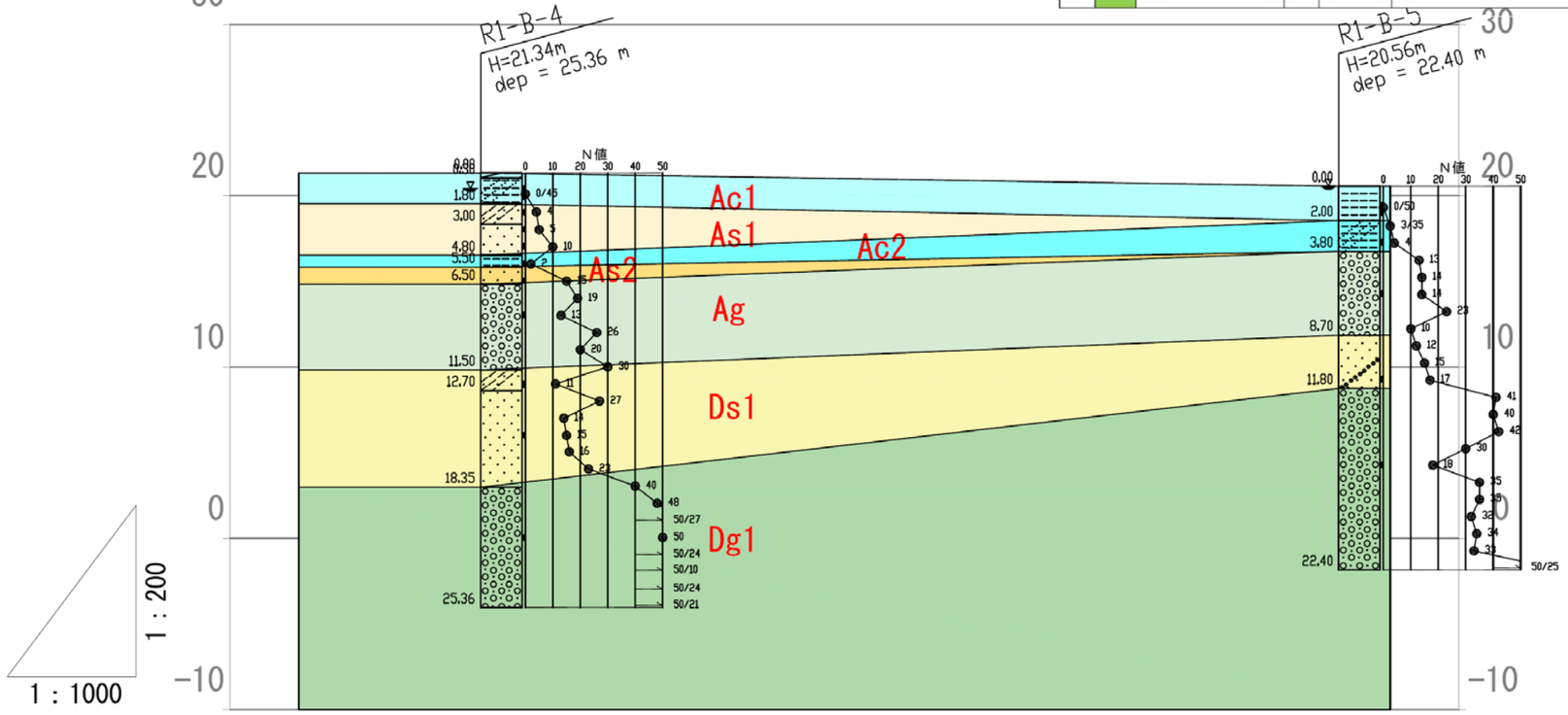
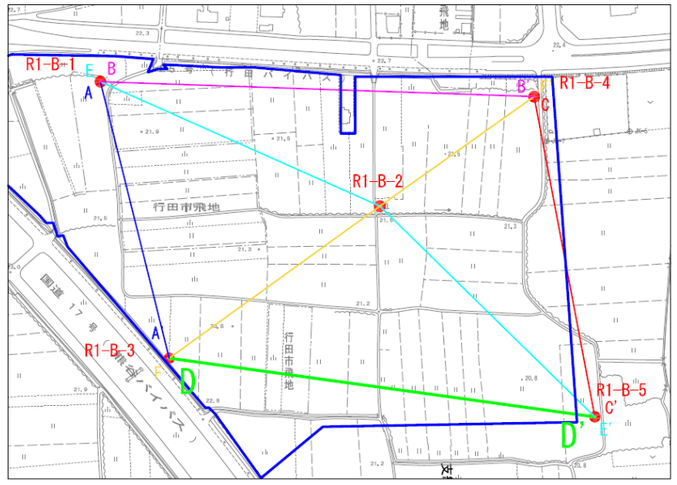


図 2.12　地質推定断面図（C-C’断面）



D-D’

地質時代		土層	代表N値	土質分類	特記事項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	表土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は特位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。

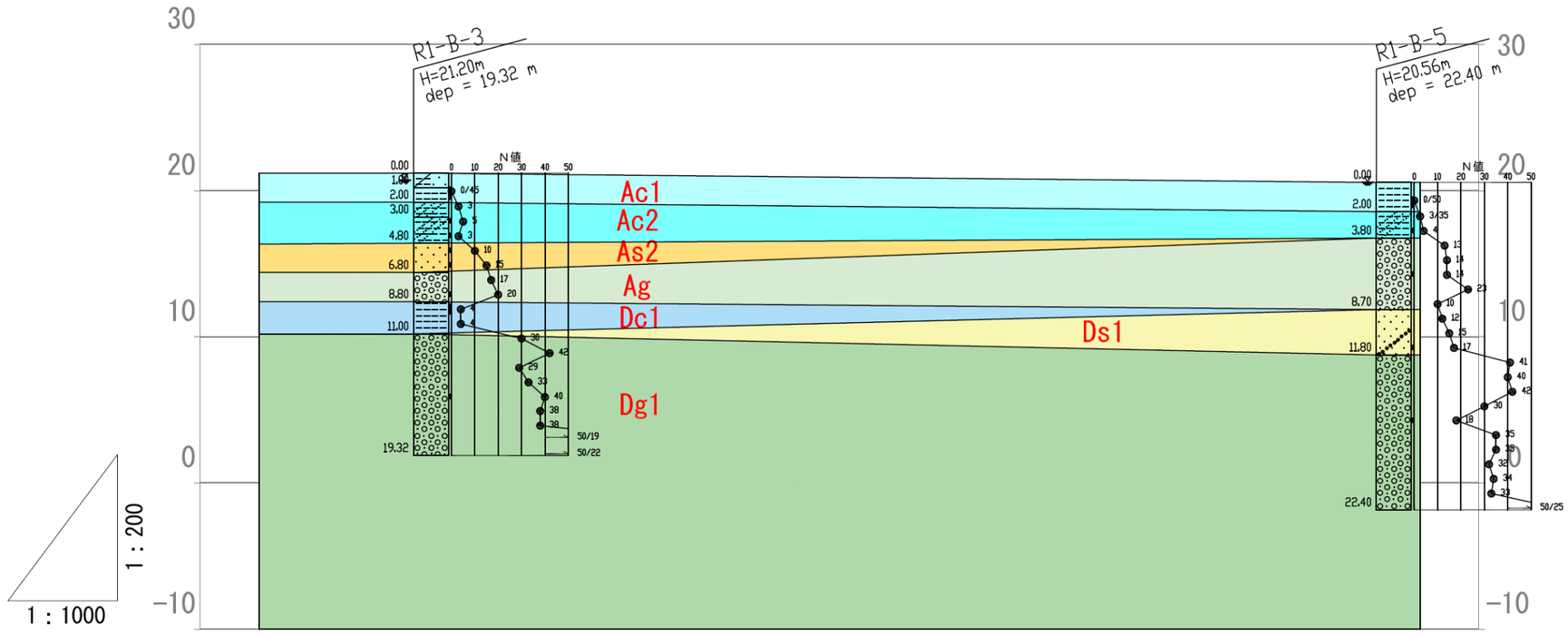
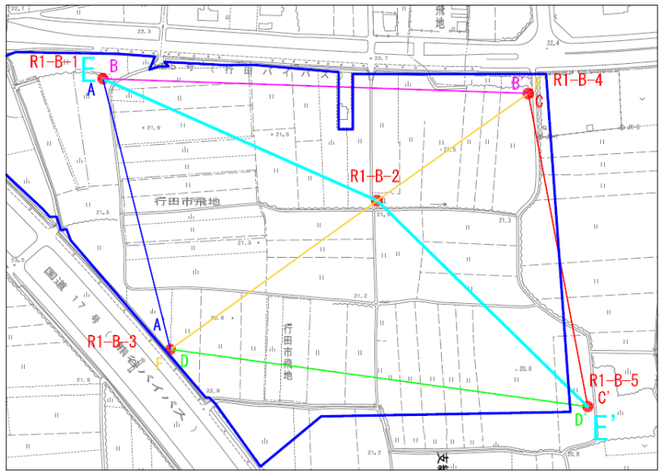


図 2.13　地質推定断面図（D-D’断面）



E-E’

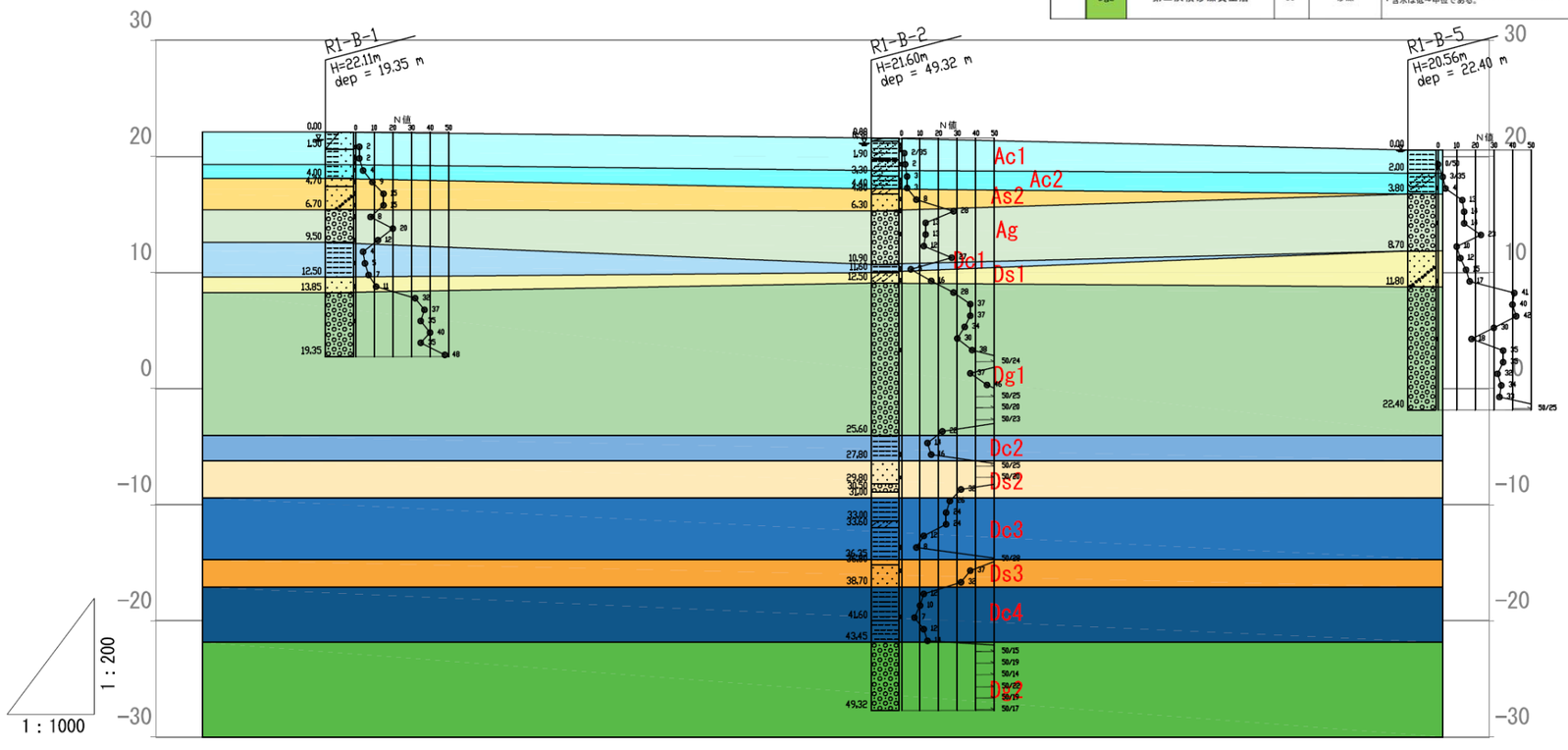
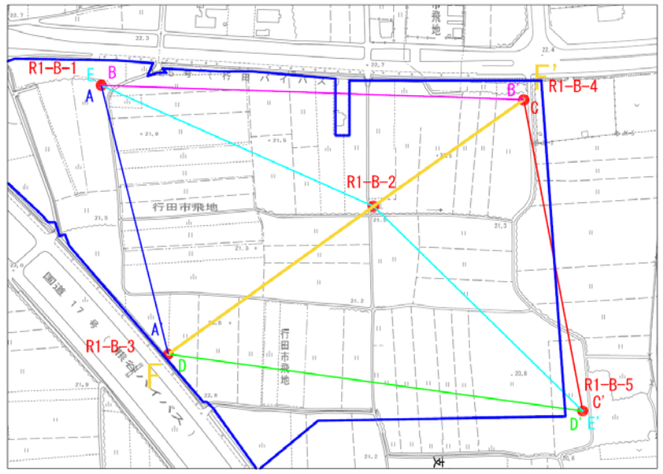


図 2.14　地質推定断面図（E-E’断面）

地質時代		土 層	代表N値	土質分類	特 記 事 項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	表土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。



地質時代		土層	代表N値	土質分類	特記事項
完新世	Ac1	第一沖積粘性土層	1	表土 シルト 砂質シルト 砂質粘土	・含水、粘性共に中位である。 ・砂分は微細～細砂である。 ・所々に植物片や腐植土が混じる。
	As1	第一沖積砂質土層	5	砂 シルト質砂	・砂分は微細～細砂である。 ・含水は低～中位である。
	Ac2	第二沖積粘性土層	3	シルト 砂質シルト 砂質粘土	・シルトを主体とし、所々に砂分を混じる。 ・含水、粘性共に中位である。
	As2	第二沖積砂質土層	11	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細～中砂である。 ・含水は低～中位である。 ・礫分はφ2～10mm程度の亜円礫である。
	Ag	第一沖積砂礫質層	14	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂である。 ・含水は中位である。
更新世	Dc1	第一洪積粘性土層	4	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水、粘性共に中位である。
	Ds1	第一洪積砂質土層	14	砂 シルト質砂 礫混り砂	・砂分は均質な細砂を主体とする。 ・含水は低～中位である。 ・所々でシルトやφ2～10mm程度の亜円礫が混じる。
	Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	砂礫	・礫分はφ2～40mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・含水は低～中位である。
	Dc2	第二洪積粘性土層	14	シルト	・シルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds2	第二洪積砂質土層	55	砂 砂礫	・砂分は細～中砂であり、所々にシルトが混入。 ・礫分はφ2～20mm程度の亜円～亜角礫である。 ・含水は低～中位である。
	Dc3	第三洪積粘性土層	15	シルト	・やや固結したシルトを主体とする。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Ds3	第三洪積砂質土層	40	砂	・砂分は細～中砂である。 ・含水は低～中位である。
	Dc4	第四洪積粘性土層	10	粘土 シルト	・粘土、シルトを主体とし、所々砂分が混じる。 ・含水は低位、粘性は弱位である。
	Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	砂礫	・礫分はφ2～30mm程度の亜円～亜角礫である。 ・砂分は細～中砂を主体とし、粘土が混じる箇所あり。 ・含水は低～中位である。

F-F’

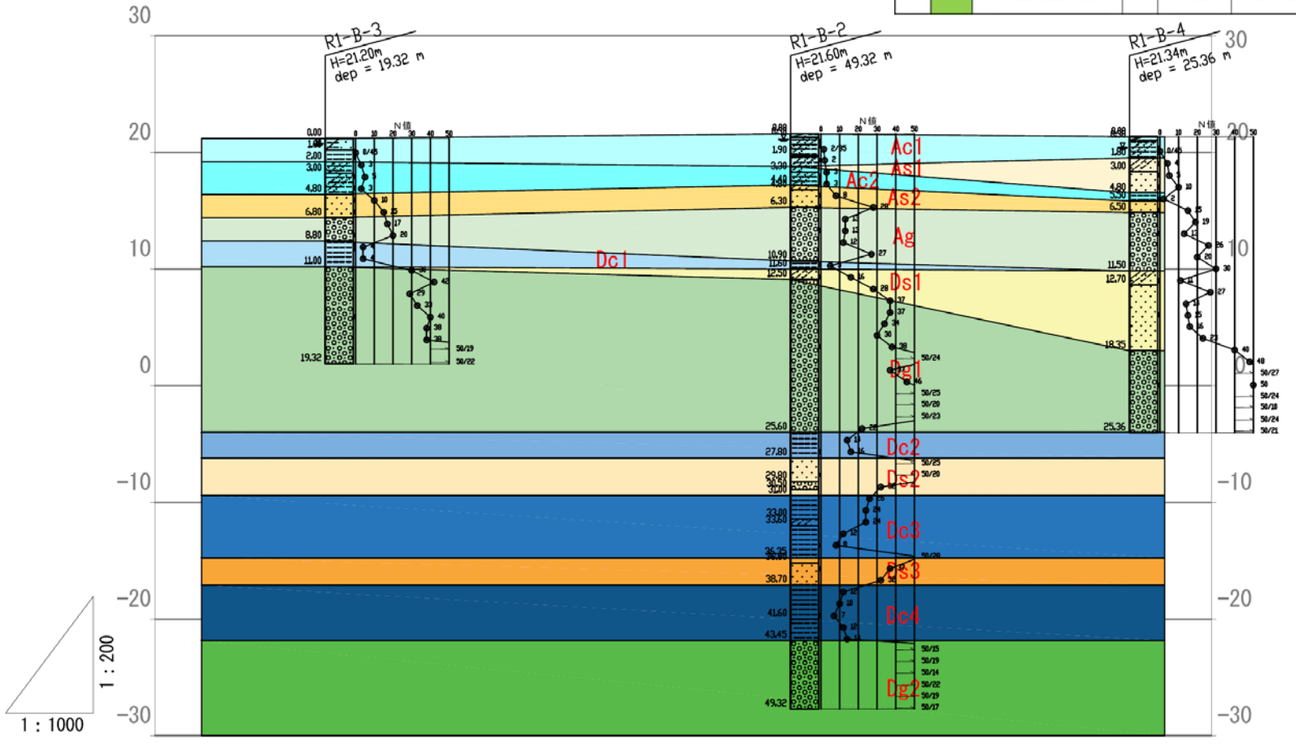


図 2.15　地質推定断面図（F-F’断面）

2.4.2. 標準貫入試験結果

標準貫入試験結果を表 2.7に示す。なお、代表 N 値は、以下に示す方針に基づき設定した。

- データが 4 つ以上ある地層は、「土質データのばらつきと設計、土質工学会、1988」を参考に、「(単純平均値) －(標準偏差) /2」で算出した値を代表 N 値とした。
- データが 3 つの地層については単純平均した値を代表 N 値とした。
- データが 2 つの場合は最小値を代表 N 値とした。

代表 N 値の整理結果を表 2.7に、地層の N 値の分布を図 2.16～図 2.29に示す。

表 2.7　代表 N 値の整理結果

土　層		データ数	N 値				標準偏差 σ	平均値-σ/2	代表 N値
			最小値	最大値	中央値	平均値			
Ac1	第一沖積粘性土層	7	0.0	2.0	1.7	1.1	1.0	0.6	1
As1	第一沖積砂質土層	2	5.0	10.0	7.5	7.5	2.5	6.3	5
Ac2	第二沖積粘性土層	9	2.0	5.0	3.0	3.3	0.9	2.9	3
As2	第二沖積砂質土層	7	8.0	15.0	15.0	12.4	3.0	10.9	11
Ag	第一沖積砂礫質層	20	8.0	30.0	18.0	17.6	6.3	14.5	14
Dc1	第一洪積粘性土層	6	4.0	7.0	5.0	4.8	1.1	4.3	4
Ds1	第一洪積砂質土層	10	11.0	27.0	16.0	16.6	4.6	14.3	14
Dg1	第一洪積砂礫質土層	47	18.0	150.0	37.0	45.4	20.9	35.0	35
Dc2	第二洪積粘性土層	2	14.0	16.0	15.0	15.0	1.0	14.5	14
Ds2	第二洪積砂質土層	3	32.0	75.0	60.0	55.7	17.8	46.8	55
Dc3	第三洪積粘性土層	5	8.0	26.0	24.0	18.8	7.3	15.1	15
Ds3	第三洪積砂質土層	3	32.0	53.5	37.0	40.8	9.2	36.2	40
Dc4	第四洪積粘性土層	5	7.0	14.0	11.0	11.0	2.4	9.8	10
Dg2	第二洪積砂礫質土層	6	68.1	107.1	83.6	86.9	13.3	80.2	80

※黄色ハッチング部は採用値

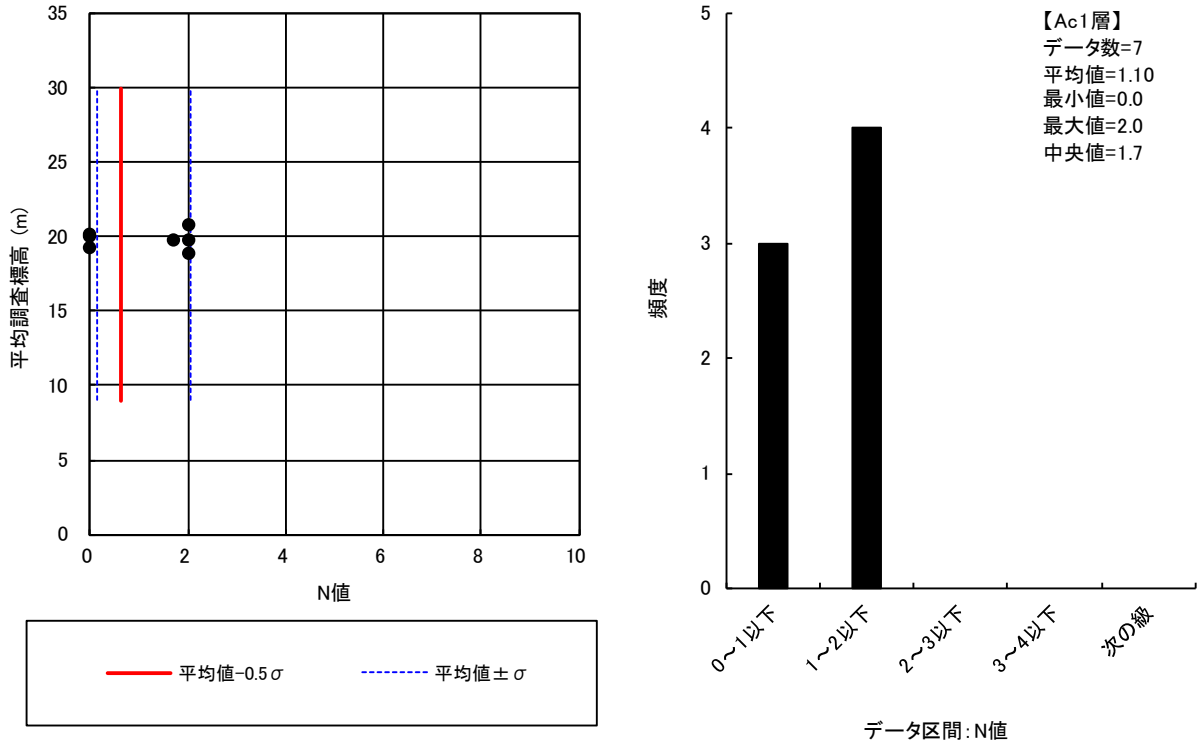


図 2.16　Ac1 層の N 値の分布図およびヒストグラム

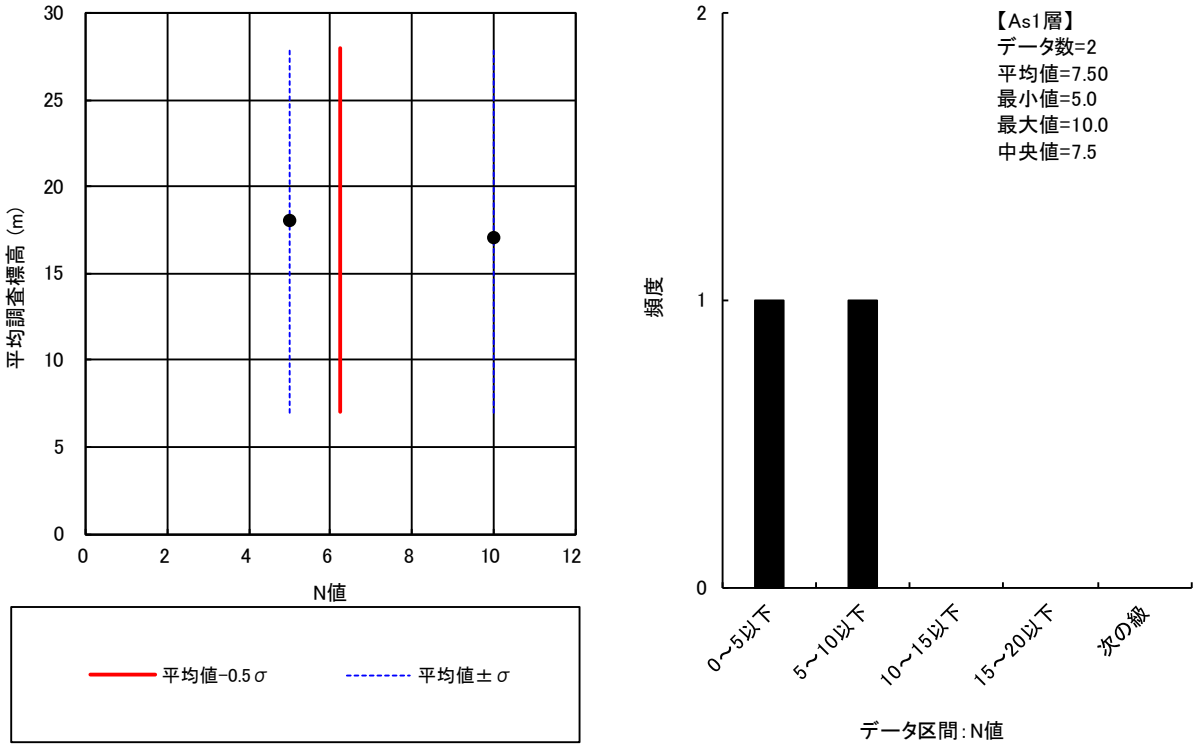


図 2.17　As1 層の N 値の分布図およびヒストグラム

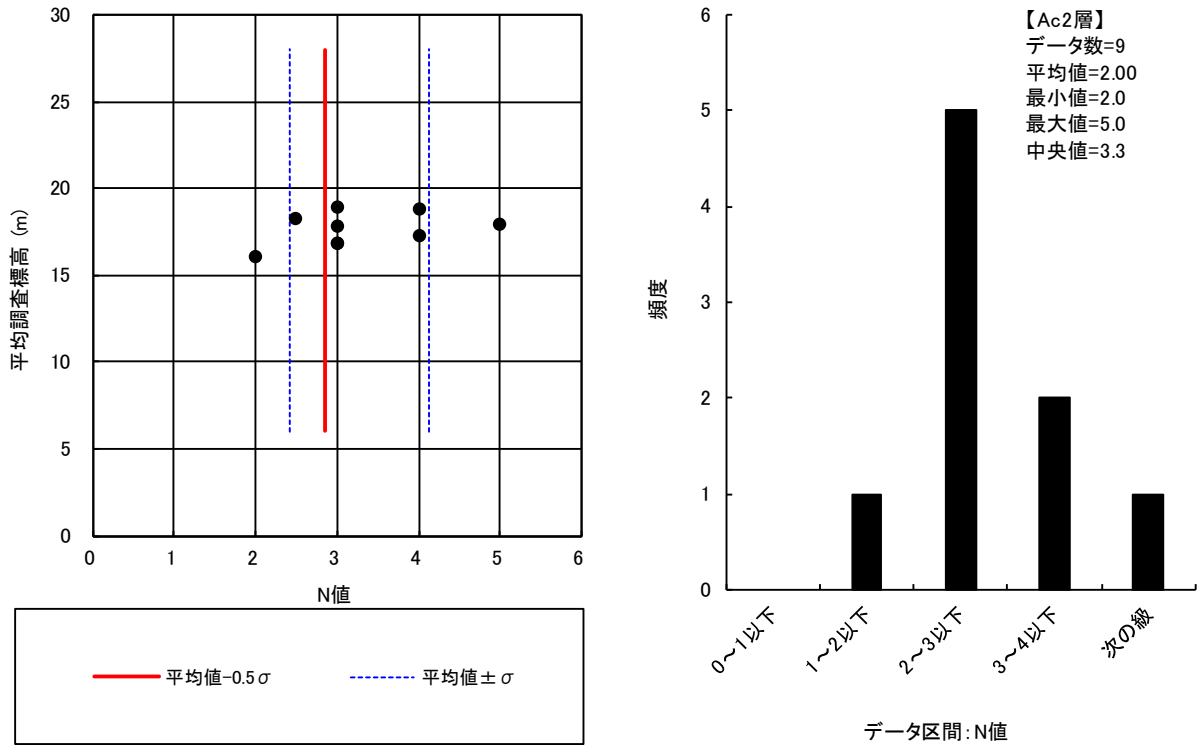


図 2.18　Ac2 層の N 値の分布図およびヒストグラム

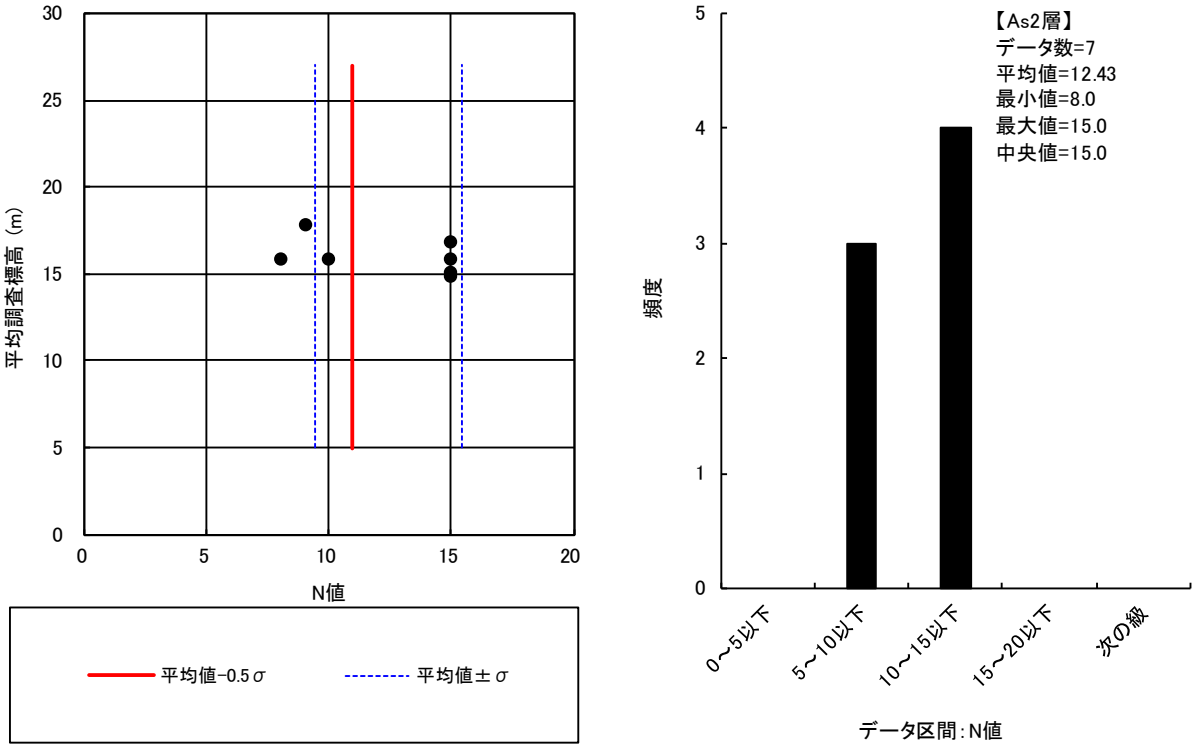


図 2.19　As2 層の N 値の分布図およびヒストグラム

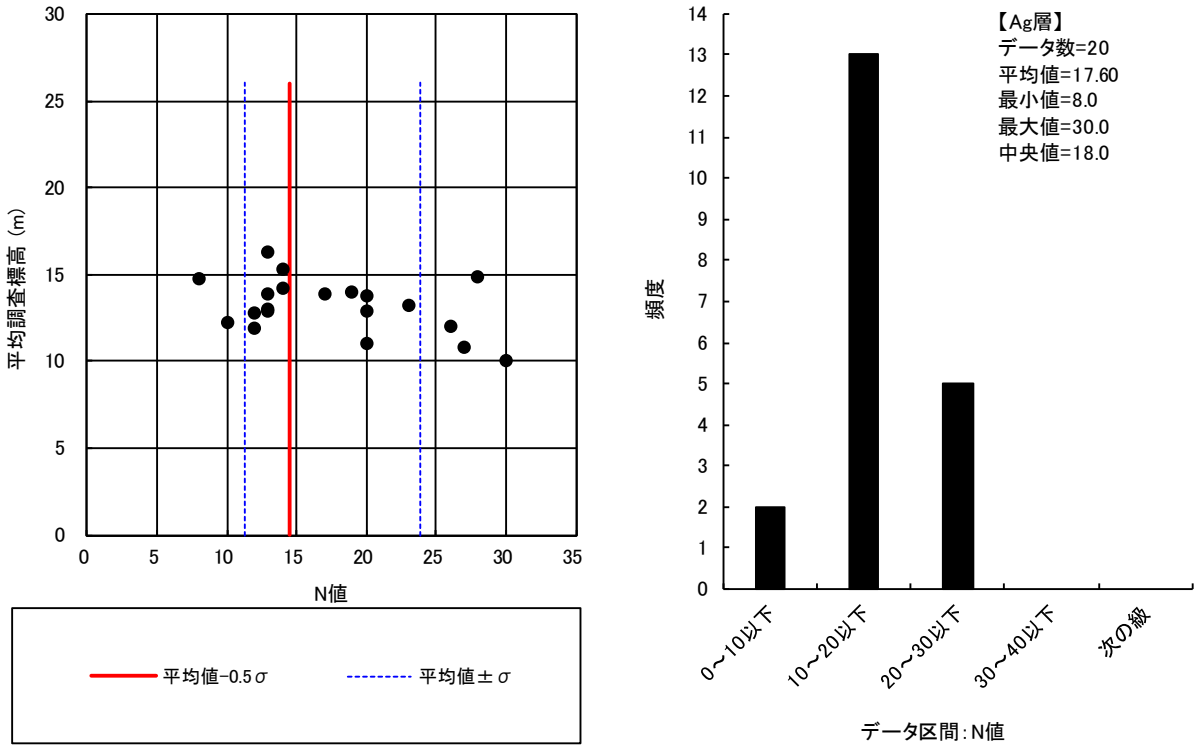


図 2.20　Ag 層の N 値の分布図およびヒストグラム

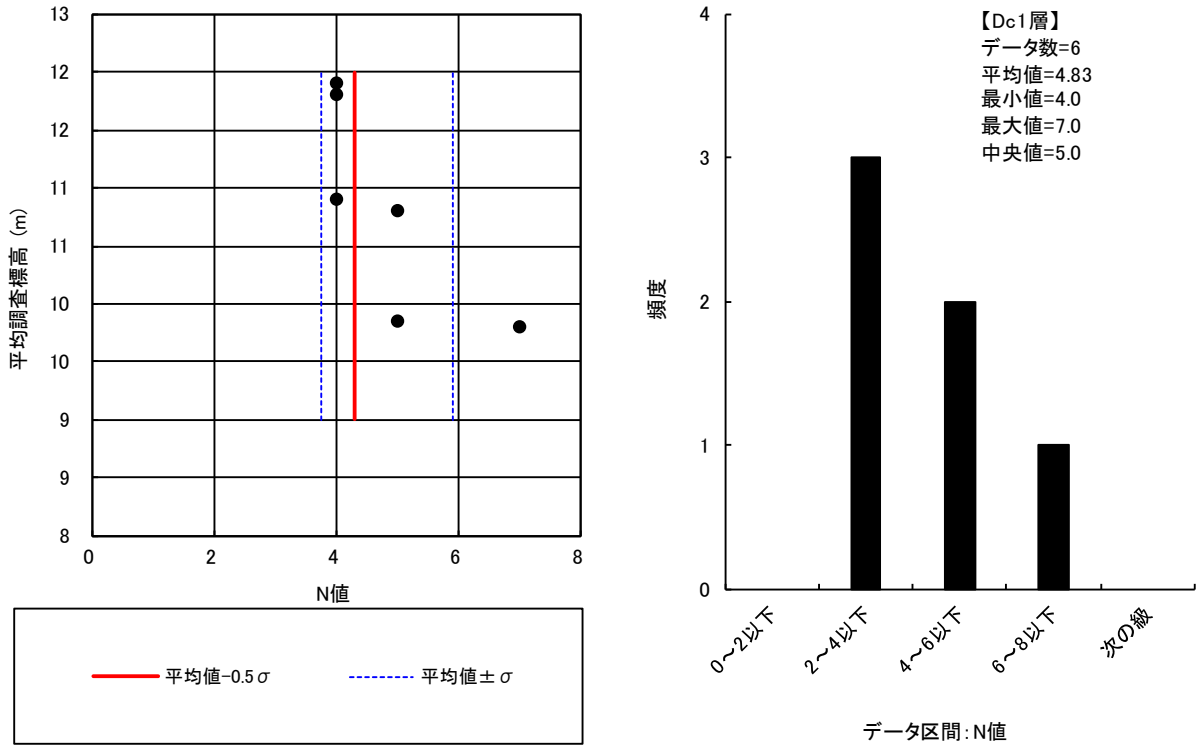


図 2.21　Dc1 層の N 値の分布図およびヒストグラム

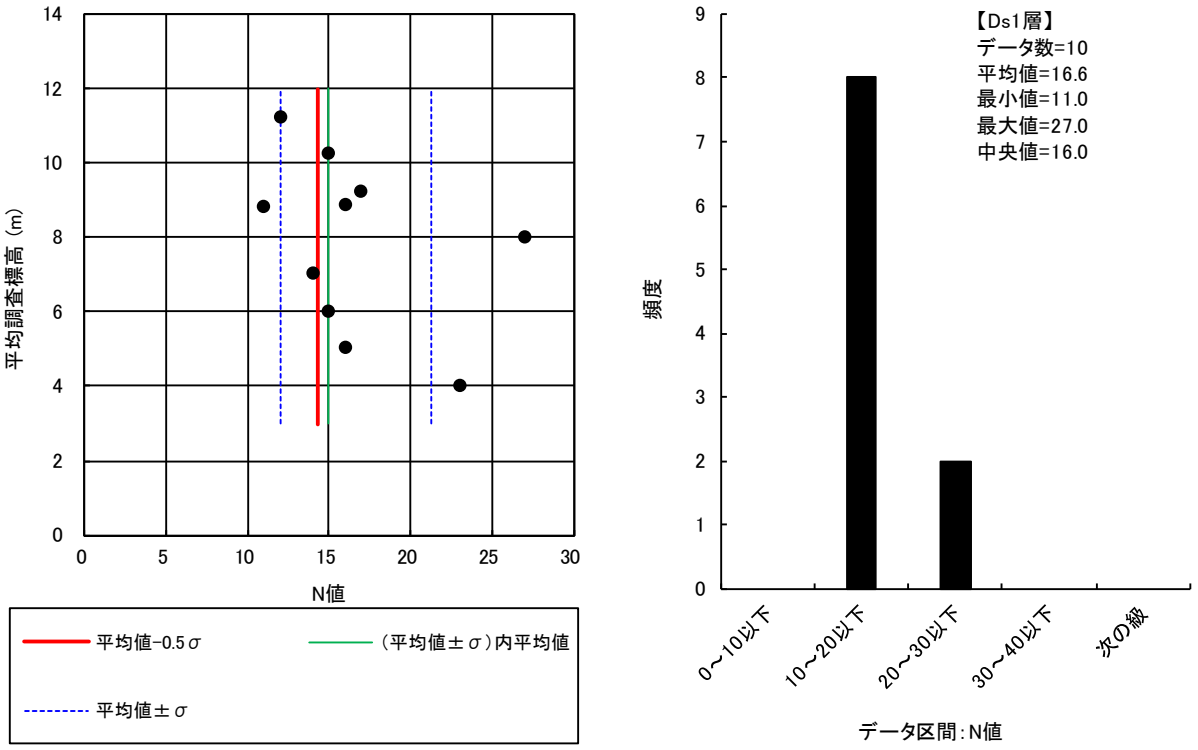


図 2.22　Ds1 層の N 値の分布図およびヒストグラム

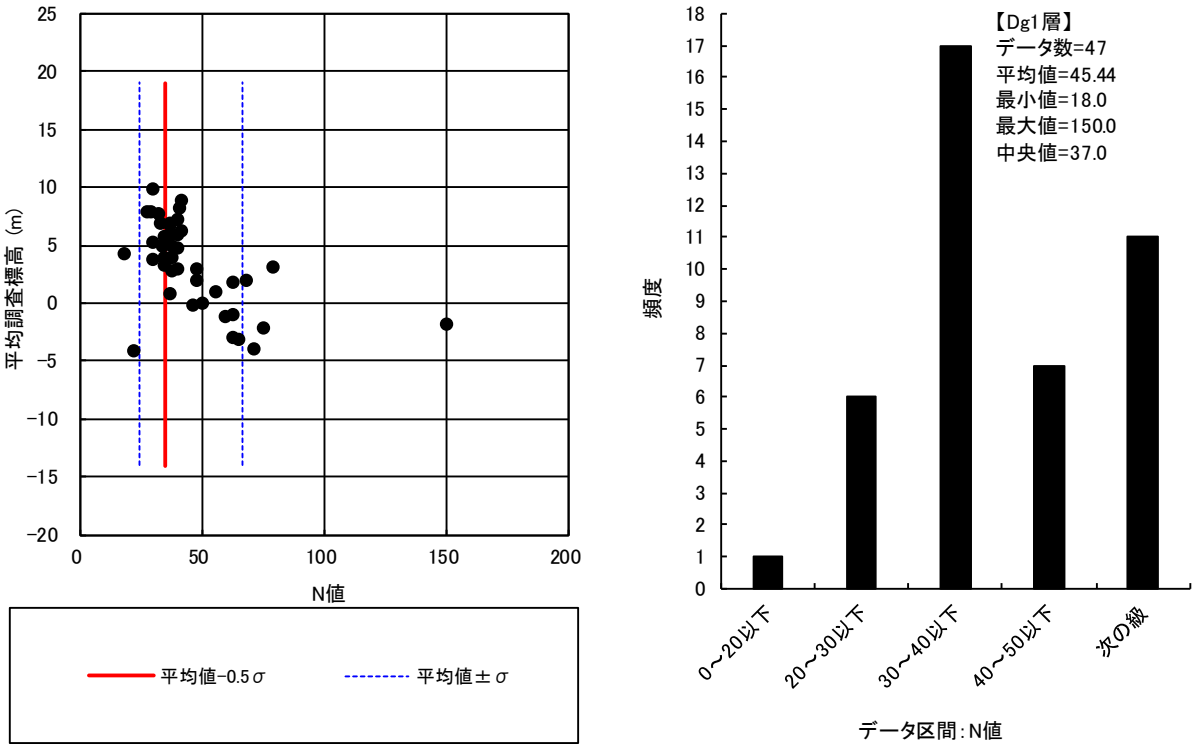


図 2.23　Dg1 層の N 値の分布図およびヒストグラム

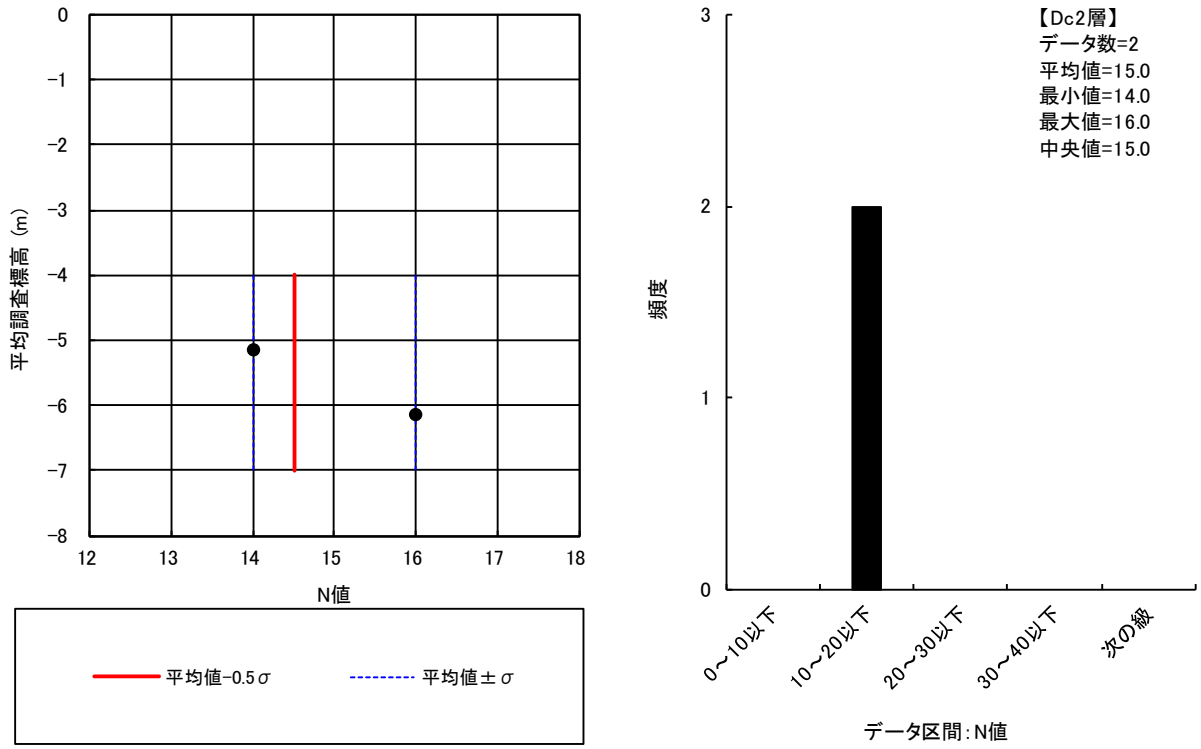


図 2.24　Dc2 層の N 値の分布図およびヒストグラム

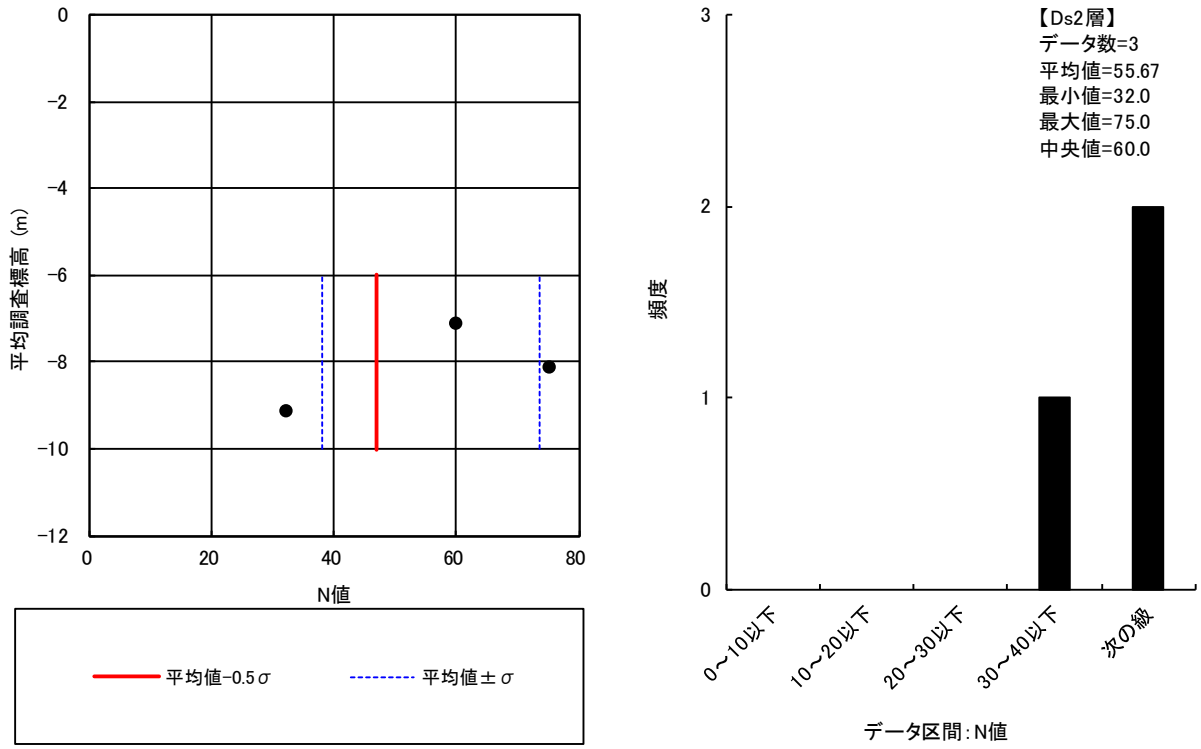


図 2.25　Ds2 層の N 値の分布図およびヒストグラム

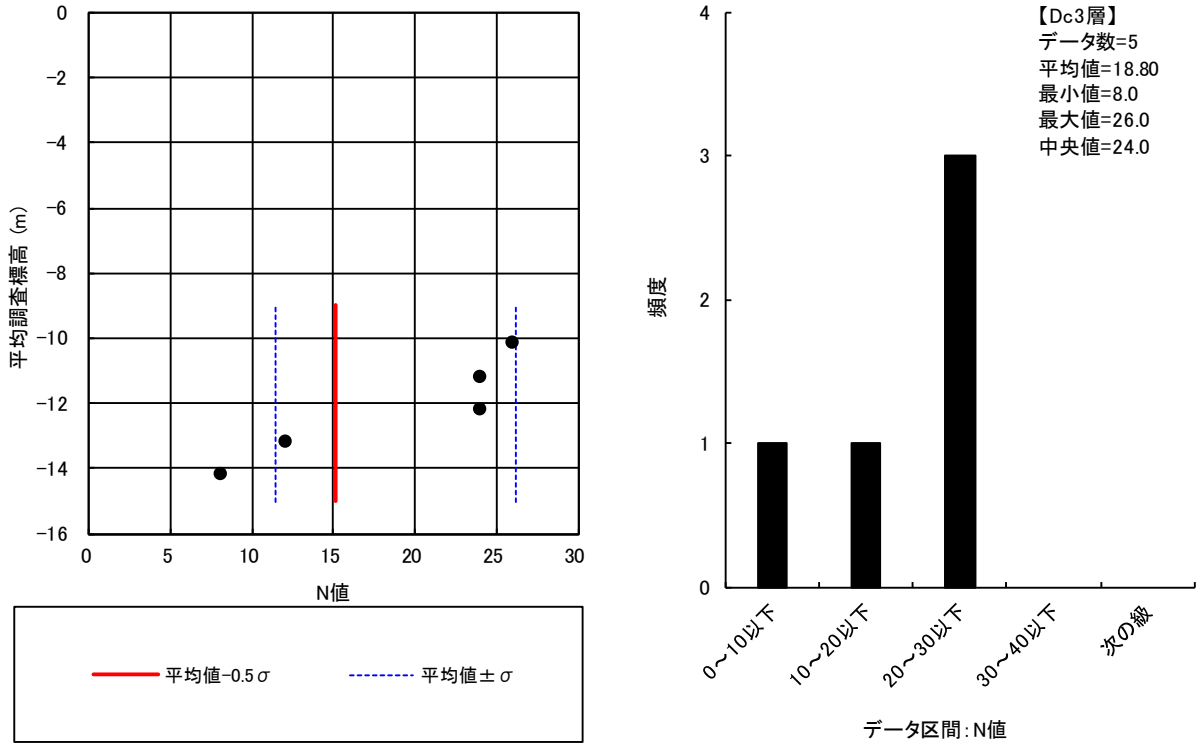


図 2.26　Dc3 層の N 値の分布図およびヒストグラム

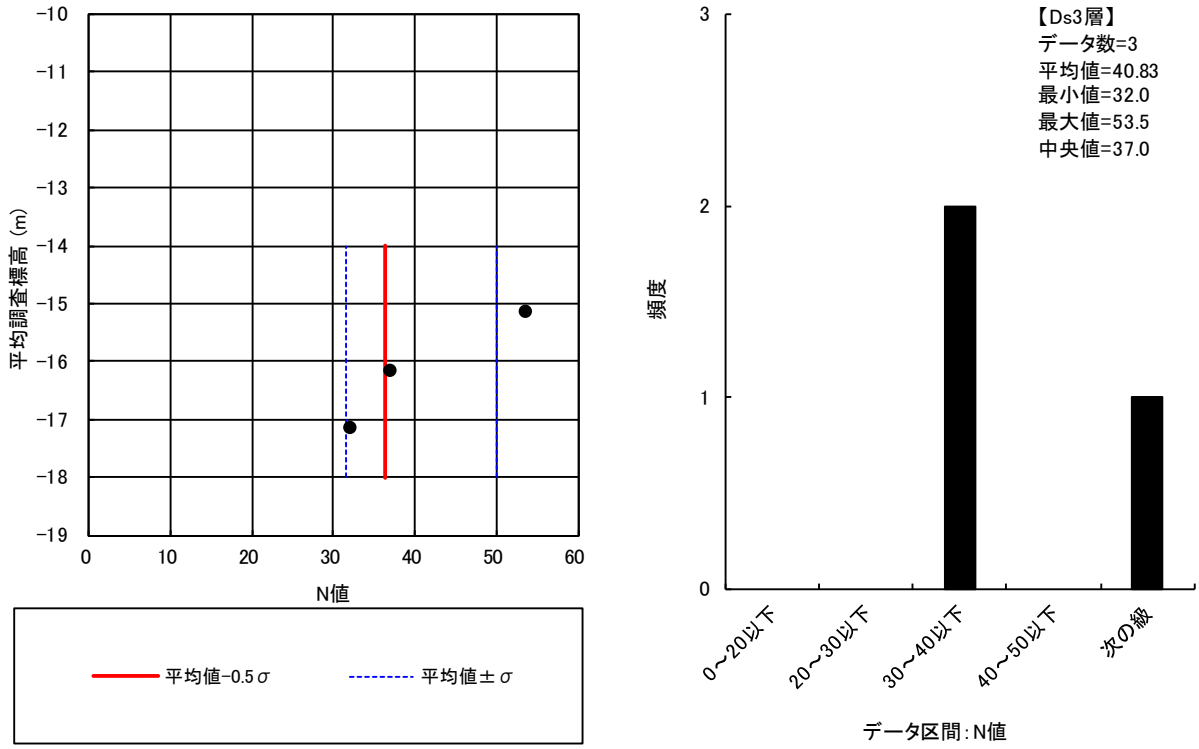


図 2.27　Ds3 層の N 値の分布図およびヒストグラム

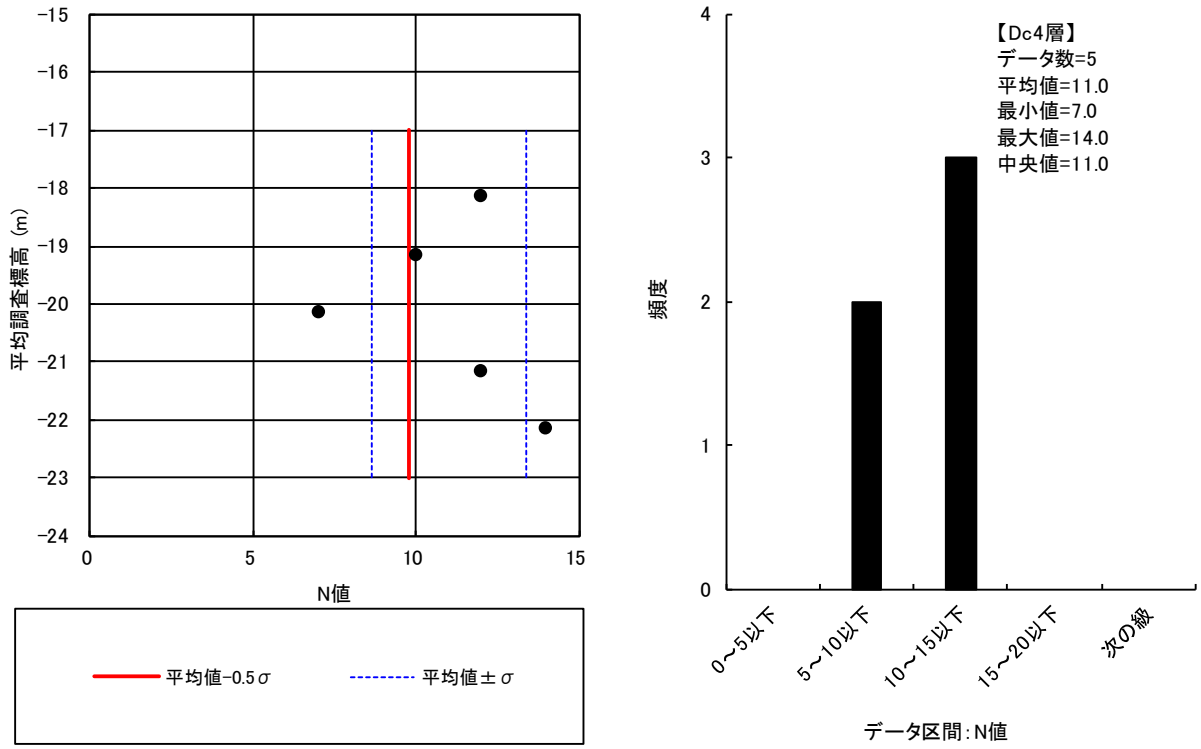


図 2.28　Dc4 層の N 値の分布図およびヒストグラム

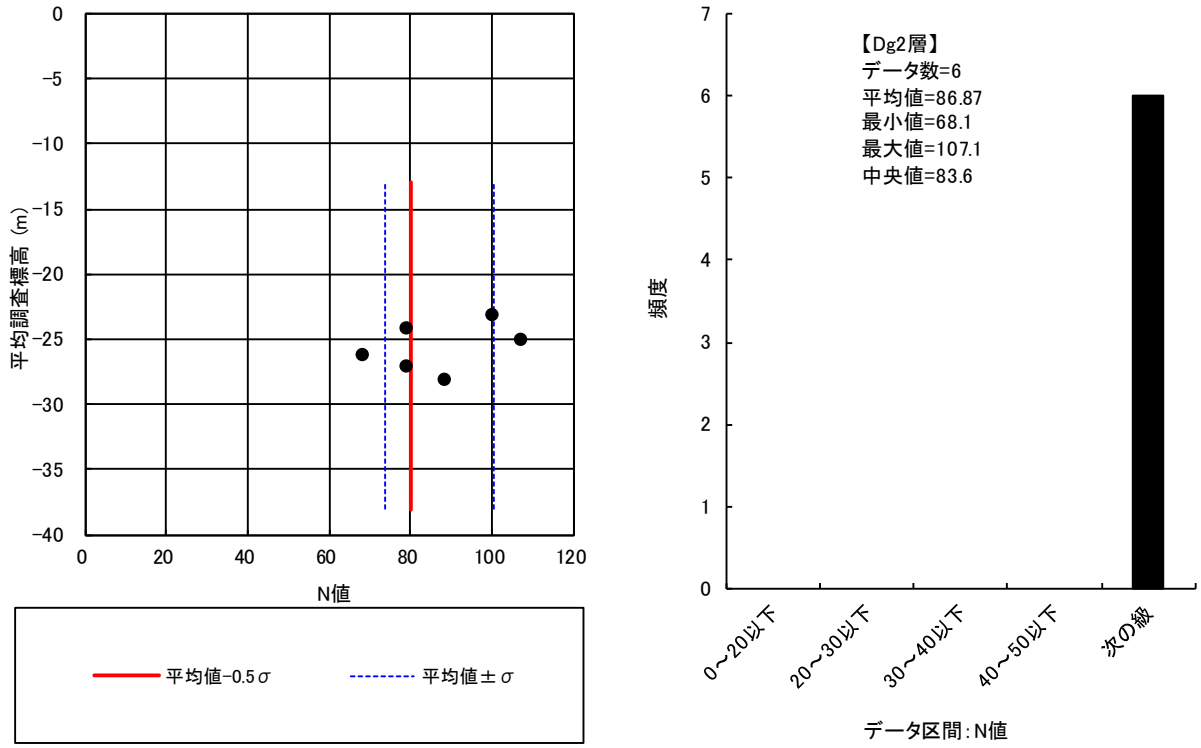


図 2.29　Dg2 層の N 値の分布図およびヒストグラム

2.4.3. 孔内水位観測結果

各調査孔の地下水位一覧を表 2.8に示す。各調査地点の水位は無水掘り時に確認された水位である。

表 2.8　地下水位整理結果

孔名	孔口標高 (m)	測定方法	地下水位		帯水層	地下水の種類
			G.L.-m	標高(m)		
R1-B-1	22.11	水位計	0.65	21.46	Ac1	不圧地下水
R1-B-2	21.60	水位計	0.50	21.10	Ac1	不圧地下水
R1-B-3	21.20	水位計	0.50	20.70	Ac1	不圧地下水
R1-B-4	21.34	水位計	0.93	20.41	Ac1	不圧地下水
R1-B-5	20.56	水位計	0.00	20.56	Ac1	不圧地下水

2.5. 室内土質試験結果

室内土質試験結果一覧表を表 2.9に示す。各試験結果の詳細は以降に示す。

表 2.9　室内土質試験結果一覧

調査地点	試料名	孔口標高 (m)	深度GL-(m)	深度平均 (m)	標高EL(m)	標高平均 (m)	記号	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	土粒子の密度 ρ_S (g/cm^3)	含水比 w_n(%)	間隙比 e	飽和度 Sr (%)	粒度特性												コンシステンシー特性			地盤材料の工学的分類	
														含有率(%)				細粒分含有率 Fc (%)	最大粒径 D_{max} (mm)	均等係数 Uc	曲率係数 Uc'	粒径(mm)					液性限界 w_L(%)	塑性限界 w_P(%)	塑性指数 Ip	分類名	分類記号
														礫分	砂分	シルト分	粘土分					D_{10}	D_{20}	D_{30}	D_{50}	D_{60}					
R1-B-1	1P-1(1.15～1.45m)	22.11	1.15 ～ 1.45	1.30	20.96 ～ 20.66	20.81	Ac1			2.689	25.9			0.0	30.3	37.2	32.5	69.7	2	–	–	–	–	0.004	0.021	0.046	34.7	17.5	17.2	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	1P-3(3.15～3.45m)	22.11	3.15 ～ 3.45	3.30	18.96 ～ 18.66	18.81	Ac2			2.696	22.9			0.0	23.4	52.5	24.1	76.6	2	–	–	–	0.003	0.007	0.027	0.042	32.0	18.6	13.4	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	1P-4(4.15～4.45m)	22.11	4.15 ～ 4.45	4.30	17.96 ～ 17.66	17.81	As2			2.698	18.8			2.7	77.3	10.1	9.9	20.0	9.5	66.00	10.72	0.005	0.075	0.133	0.239	0.330				細粒分質砂	(SF)
	1P-5 (5.15～5.45m)	22.11	5.15 ～ 5.45	5.30	16.96 ～ 16.66	16.81	As2			2.696	11.3			27.9	63.9	8.2		8.2	26.5	7.52	1.73	0.124	0.317	0.447	0.710	0.932				細粒分まじり礫質砂	(SG-F)
	1P-6 (6.15～6.45m)	22.11	6.15 ～ 6.45	6.30	15.96 ～ 15.66	15.81	As2			2.734	14.2			7.2	73.9	9.4	9.5	18.9	19	52.00	15.08	0.006	0.088	0.168	0.267	0.312				礫まじり細粒分質砂	(SF-G)
	1P-7(7.15～7.45m)	22.11	7.15 ～ 7.45	7.30	14.96 ～ 14.66	14.81	Ag			2.721	10.2			32.6	56.2	5.4	5.8	11.2	26.5	22.65	1.52	0.043	0.178	0.252	0.468	0.974				細粒分まじり礫質砂	(SG-F)
	1P-9(9.15～9.45m)	22.11	9.15 ～ 9.45	9.30	12.96 ～ 12.66	12.81	Ag			2.693	13.8			47.2	41.1	5.1	6.6	11.7	26.5	92.39	0.73	0.038	0.179	0.312	1.552	3.511				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	1P-11 (11.15～11.45m)	22.11	11.15 ～ 11.45	11.30	10.96 ～ 10.66	10.81	Dc1			2.685	38.8			0.4	0.8	40.8	58.0	98.8	4.75	–	–	–	–	0.001	0.004	0.005	51.8	25.9	25.9	粘土(高液性限界)	(CH)
	1P-13 (13.15～13.45m)	22.11	13.15 ～ 13.45	13.30	8.96 ～ 8.66	8.81	Ds1			2.692	17.8			17.9	58.6	13.8	9.7	23.5	19	29.67	8.81	0.006	0.061	0.097	0.149	0.178				細粒分質礫質砂	(SFG)
	1P-16(16.15～16.45m)	22.11	16.15 ～ 16.45	16.30	5.96 ～ 5.66	5.81	Dg1			2.705	4.8			65.6	26.8	7.6		7.6	37.5	50.36	1.57	0.147	0.454	1.307	5.065	7.403				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	1T-1(2.00～2.80m)	22.11	2.00 ～ 2.80	2.40	20.11 ～ 19.31	19.71	Ac1	1.887	1.431	2.714	32.5	0.901	96.4	0.0	4.4	59.1	36.5	95.6	2	–	–	–	–	0.003	0.010	0.016	38.6	19.9	18.7	粘土(低液性限界)	(CL)
R1-B-2	2P-2(2.15～2.45m)	21.60	2.15 ～ 2.45	2.30	19.45 ～ 19.15	19.30	Ac1			2.693	25.1			0.0	30.3	51.3	18.4	69.7	0.85	–	–	–	0.007	0.020	0.053	0.064	28.5	20.5	8.0	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	2P-3(3.15～3.45m)	21.60	3.15 ～ 3.45	3.30	18.45 18.15	18.30	Ac2			2.708	28.1			0.0	4.8	65.3	29.9	95.2	0.85	–	–	–	0.002	0.005	0.017	0.025	35.3	21.4	13.9	粘土(低液性限界)	(CL)
	2P-5(5.15～5.45m)	21.60	5.15 ～ 5.45	5.30	16.45 ～ 16.15	16.30	As2			2.689	17.3			5.1	80.3	9.6	5.0	14.6	19	12.55	2.35	0.033	0.119	0.179	0.321	0.414				細粒分礫まじり砂	(S-FG)
	2P-6(6.15～6.45m)	21.60	6.15 ～ 6.45	6.30	15.45 ～ 15.15	15.30	Ag			2.686	9.4			41.4	48.4	6.1	4.1	10.2	26.5	32.25	0.69	0.071	0.236	0.335	0.810	2.290				細粒分まじり礫質砂	(SG-F)
	2P-8(8.15～8.45m)	21.60	8.15 ～ 8.45	8.30	13.45 ～ 13.15	13.30	Ag			2.680	10.6			58.4	35.6	6.0		6.0	26.5	14.07	1.44	0.271	0.705	1.219	2.722	3.813				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	2P-11(11.15～11.45m)	21.60	11.15 ～ 11.45	11.30	10.45 ～ 10.15	10.30	Dc1			2.675	25.7			0.7	14.8	39.8	44.7	84.5	9.5	–	–	–	–	0.002	0.007	0.010	39.3	19.6	19.7	砂まじり粘土(低液性限界)	(CL-S)
	2P-12(12.15～12.45m)	21.60	12.15 ～ 12.45	12.30	9.45 ～ 9.15	9.30	Ds1			2.704	16.5			5.6	56.2	26.3	11.9	38.2	19	60.33	4.42	0.003	0.016	0.049	0.132	0.181	NP	NP	NP	礫まじり細粒分質砂	(SF-G)
	2P-18(18.15～18.45m)	21.60	18.15 ～ 18.45	18.30	3.45 ～ 3.15	3.30	Dg1			2.713	7.6			58.8	32.1	9.1		9.1	37.5	83.70	0.78	0.097	0.368	0.783	3.888	8.119				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	2P-27(27.15～27.45m)	21.60	27.15 ～ 27.45	27.30	−5.55 ～ −5.85	−5.70	Dc2			2.699	26.2			0.0	2.3	65.7	32.0	97.7	2	–	–	–	0.001	0.004	0.012	0.017	36.8	21.2	15.6	粘土(低液性限界)	(CL)
	2P-29(29.15～29.35m)	21.60	29.15 ～ 29.35	29.25	−7.55 ～ −7.75	−7.65	Ds2			2.742	17.6			0.2	76.1	15.8	7.9	23.7	4.75	26.89	6.83	0.009	0.049	0.122	0.203	0.242				細粒分質砂	(SF)
	2P-35(35.15～35.45m)	21.60	35.15 ～ 35.45	35.30	−13.55 ～ −13.85	−13.70	Dc3			2.670	54.8			0.0	2.7	64.1	33.2	97.3	2	–	–	–	0.002	0.004	0.010	0.013	71.3	31.1	40.2	粘土(高液性限界)	(CH)
	2P-37(37.15～37.45m)	21.60	37.15 ～ 37.45	37.30	−15.55 ～ −15.85	−15.70	Ds3			2.743	18.4			7.3	81.0	7.0	4.7	11.7	9.5	9.57	1.93	0.054	0.152	0.232	0.397	0.517				細粒分礫まじり砂	(S-FG)
	2P-41(41.15～41.45m)	21.60	41.15 ～ 41.45	41.30	−19.55 ～ −19.85	−19.70	Dc4			2.688	49.2			0.1	5.2	52.0	42.7	94.7	4.75	–	–	–	–	–	0.007	0.010	72.4	37.8	34.6	砂混じりシルト(高液性限界)	(MH-S)
	2T-1(0.50～1.25m)	21.60	0.50 ～ 1.25	0.88	21.10 ～ 20.35	20.73	Ac1	1.902	1.443	2.712	30.9	0.879	98.1	0.0	12.0	49.8	38.2	88.0	2	–	–	–	–	0.003	0.011	0.020	41.8	20.4	21.4	砂まじり粘土(低液性限界)	(CL-S)
	2T-2(3.50～4.40m)	21.60	3.50 ～ 4.40	3.95	18.10 ～ 17.20	17.65	Ac2	1.977	1.570	2.706	25.6	0.724	97.0	0.0	23.7	56.3	20.0	76.3	0.85	–	–	–	0.005	0.011	0.033	0.048	30.4	19.9	10.5	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
R1-B-3	3P-3(3.15～3.45m)	21.20	3.15 ～ 3.45	3.30	18.05 ～ 17.75	17.90	Ac2			2.685	25.6			0.0	33.4	46.8	19.8	66.6	2	–	–	–	0.005	0.011	0.044	0.062	28.8	19.5	9.3	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	3P-4(4.15～4.45m)	21.20	4.15 ～ 4.45	4.30	17.05 ～ 16.75	16.90	Ac2			2.697	26.5			0.0	42.9	42.8	14.3	57.1	2	40.50	7.14	0.002	0.012	0.034	0.064	0.081	25.7	20.2	5.5	砂質シルト(低液性限界)	(MLS)
	3P-5(5.15～5.45m)	21.20	5.15 ～ 5.45	5.30	16.05 ～ 15.75	15.90	As2			2.713	26.2			1.7	87.7	6.5	4.1	10.6	19	4.29	1.54	0.065	0.131	0.167	0.238	0.279				細粒分まじり砂	(S-F)
	3P-6(6.15～6.45m)	21.20	6.15 ～ 6.45	6.30	15.05 ～ 14.75	14.90	As2			2.694	13.5			19.6	74.0	6.4		6.4	19	5.43	1.22	0.147	0.309	0.379	0.588	0.798				細粒分まじり礫質砂	(SG-F)
	3P-8(8.15～8.45m)	21.20	8.15 ～ 8.45	8.30	13.05 ～ 12.75	12.90	Ag			2.687	5.5			64.3	31.9	3.8		3.8	26.5	24.49	0.54	0.295	0.530	1.074	5.156	7.226				砂質礫	(GS)
	3P-15(15.15～15.45m)	21.20	15.15 ～ 15.45	15.30	6.05 ～ 5.75	5.90	Dg1			2.689	6.0			57.8	32.7	9.5		9.5	19	54.84	1.45	0.086	0.363	0.767	3.100	4.716				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	3T-1(1.00～1.80m)	21.20	1 ～ 1.80	1.40	20.20 ～ 19.40	19.80	Ac1	1.775	1.258	2.716	40.4	1.164	96.3	0.0	0.6	47.8	51.6	99.4	2								52.3	25.0	27.3	粘土(高液性限界)	(CH)
	3T-2(9.00～9.65m)	21.20	9.00 ～ 9.65	9.33	12.20 ～ 11.55	11.88	Dc1	1.822	1.310	2.718	38.5	1.076	98.9	0.6	0.6	44.5	54.3	98.8	9.5								51.8	27.2	24.6	粘土(高液性限界)	(CH)
R1-B-4	4P-2(2.15～2.45m)	21.34	2.15 ～ 2.45	2.30	19.19 ～ 18.89	19.04	As1			2.705	21.9			0.0	32.2	50.2	17.6	67.8	0.85	–	–	–	0.006	0.018	0.054	0.065	29.3	21.3	8.0	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	4P-3(3.15～3.45m)	21.34	3.15 ～ 3.45	3.30	18.19 ～ 17.89	18.04	As1			2.690	24.2			0.0	52.7	37.2	10.1	47.3	2	21.80	3.88	0.005	0.019	0.046	0.081	0.109	NP	NP	NP	細粒分質砂	(SF)
	4P-4(4.15～4.45m)	21.34	4.15 ～ 4.45	4.30	17.19 ～ 16.89	17.04	As1			2.705	22.1			0.0	75.9	13.7	10.4	24.1	2	50.25	13.98	0.004	0.048	0.106	0.169	0.201				細粒分質砂	(SF)
	4P-5(5.15～5.45m)	21.34	5.15 ～ 5.45	5.30	16.19 ～ 15.89	16.04	Ac2			2.666	43.4			0.0	7.6	55.9	36.5	92.4	2	–	–	–	0.001	0.003	0.010	0.014	52.6	27.6	25.0	砂まじり粘土(高液性限界)	(CH-S)
	4P-6(6.15～6.45m)	21.34	6.15 ～ 6.45	6.30	15.19 ～ 14.89	15.04	As2			2.690	17.9			8.3	82.0	9.7		9.7	9.5	7.47	2.90	0.083	0.306	0.386	0.533	0.620				細粒分礫まじり砂	(S-FG)
	4P-8(8.15～8.45m)	21.34	8.15 ～ 8.45	8.30	13.19 ～ 12.89	13.04	Ag			2.684	3.4			74.1	21.5	4.4		4.4	37.5	25.38	1.17	0.491	1.331	2.674	7.796	12.463				砂質礫	(GS)
	4P-12(12.15～12.45m)	21.34	12.15 ～ 12.45	12.30	9.19 ～ 8.89	9.04	Ds1			2.721	26.4			0.1	15.4	43.9	40.6	84.5	4.75	–	–	–	–	0.002	0.008	0.015	46.5	22.0	24.5	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	4P-15(15.15～15.45m)	21.34	15.15 ～ 15.45	15.30	6.19 ～ 5.89	6.04	Ds1			2.758	24.1			0.3	91.1	8.6		8.6	9.5	3.41	1.72	0.100	0.201	0.242	0.307	0.341				細粒分まじり砂	(S-F)
	4P-21(21.15～21.45m)	21.34	21.15 ～ 21.45	21.30	0.19 ～ −0.11	0.04	Dg1			2.694	5.8			62.1	27.8	6.0	4.1	10.1	26.5	90.81	2.44	0.073	0.399	1.087	4.085	6.629				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	4T-1(0.80～1.50m)	21.34	0.8 ～ 1.50	1.15	20.54 ～ 19.84	20.19	Ac1	1.931	1.499	2.703	28.2	0.809	97.0	0.0	10.0	59.7	30.3	90.0	2	–	–	0.005	0.002	0.005	0.021	0.032	36.5	20.6	15.9	砂まじり粘土(低液性限界)	(CL-S)
R1-B-5	5P-3(3.15～3.45m)	20.56	3.15 ～ 3.45	3.30	17.41 ～ 17.11	17.26	Ac2			2.679	27.4			0.0	23.7	55.4	20.9	76.3	0.85	–	–	–	0.005	0.014	0.042	0.053	32.6	22.4	10.2	砂質粘土(低液性限界)	(CLS)
	5P-6(6.15～6.45m)	20.56	6.15 ～ 6.45	6.30	14.41 ～ 14.11	14.26	Ag			2.682	8.5			60.2	35.6	4.2		4.2	26.5	22.37	0.41	0.301	0.531	0.911	4.439	6.732				砂質礫	(GS)
	5P-11(11.15～11.45m)	20.56	11.15 ～ 11.45	11.30	9.41 ～ 9.11	9.26	Ds1			2.719	9.6			55.1	37.6	7.3		7.3	37.5	40.00	0.32	0.143	0.295	0.515	3.194	5.720				細粒分まじり砂質礫	(GS-F)
	5P-16(16.15～16.45m)	20.56	16.15 ～ 16.45	16.30	4.41 ～ 4.11	4.26	Dg1			2.684	7.4			81.5	13.5	5.0		5.0	37.5	34.33	3.04	0.505	2.408	5.159	12.819	17.339				細粒分砂まじり礫	(G-FS)
	5T-1(1.00～1.70m)	20.56	1.00 ～ 1.70	1.35	19.56 ～ 18.86	19.21	Ac1	1.864	1.381	2.705	34.5	0.960	98.6	0.0	1.0	62.6	36.4	99.0	0.85	–	–	–	0.001	0.004	0.012	0.017	42.1	22.2	19.9	粘土(低液性限界)	(CL)

2.5.1. 土粒子の密度試験結果

土粒子の密度 ρ_s は、土の固体部分の単位体積当りの質量であり、土の特性を直接示すものではなく、間隙比、飽和度などの土の基本的性質の算定に利用される。土粒子の密度は、構成する鉱物の種類・含有量・有機物の含有量などで決定され、密度の大きい鉱物を含む土ほど大きくなり、有機物を含んだ土では小さくなる。主な鉱物と土粒子の密度の関係は表 2.10に示すとおりである。

土粒子密度の試験結果を表 2.11に示す。試験結果より、いずれの土層も概ね一般値の範囲内であった。

表 2.10　主な鉱物と土粒子の密度

鉱物名	密度ρ_s(g/cm^3)	土質名	密度ρ_s(g/cm^3)
石英	2.6～2.7	豊浦砂	2.64
長石	2.5～2.8	沖積砂質土	2.6～2.8
雲母	2.7～3.2	沖積粘性土	2.50～2.75
角閃石	2.9～3.5	洪積砂質土	2.6～2.8
輝石	2.8～3.7	洪積粘性土	2.50～2.75
磁鉄鉱	5.1～5.2	泥炭（ピート）	1.4～2.3
クロライト	2.6～3.0	関東ローム	2.7～3.0
イライト	2.6～2.7	まさ土	2.6～2.8
カオリナイト	2.5～2.7	しらす	1.8～2.4
モンモリロナイト	2.0～2.4	黒ぼく	2.3～2.6

引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p101 より

表 2.11　土粒子の密度試験結果

土　層		データ数	一般値 (g/cm3)	土粒子の密度 ρs(g/cm3)			
				最小値	最大値	中央値	平均値
Ac1	第一沖積粘性土層	7	2.50～2.75	2.689	2.716	2.705	2.705
As1	第一沖積砂質土層	3	2.60～2.80	2.690	2.705	2.705	2.700
Ac2	第二沖積粘性土層	7	2.50～2.75	2.666	2.708	2.696	2.691
As2	第二沖積砂質土層	7	2.60～2.80	2.689	2.734	2.696	2.702
Ag	第一沖積砂礫質層	7	2.60～2.80	2.680	2.721	2.686	2.690
Dc1	第一洪積粘性土層	3	2.50～2.75	2.675	2.718	2.680	2.693
Ds1	第一洪積砂質土層	5	2.60～2.80	2.692	2.758	2.713	2.719
Dg1	第一洪積砂礫質土層	5	2.60～2.80	2.684	2.713	2.700	2.697
Dc2	第二洪積粘性土層	1	2.50～2.75	2.699	2.699	2.699	2.699
Ds2	第二洪積砂質土層	1	2.60～2.80	2.742	2.742	2.742	2.742
Dc3	第三洪積粘性土層	1	2.50～2.75	2.670	2.670	2.670	2.670
Ds3	第三洪積砂質土層	1	2.60～2.80	2.743	2.743	2.743	2.743
Dc4	第四洪積粘性土層	1	2.50～2.75	2.688	2.688	2.688	2.688
Dg2	第二洪積砂礫質土層	0	2.60～2.80	－	－	－	－

2.5.2. 土の含水比試験結果

土の含水比 w は、土粒子の間隙中に含まれる水の質量と土粒子の質量との比を百分率で表したものである。含水比は土の種類や状態がある程度判別でき、また、間隙比、乾燥密度などの土の基本的性質の把握や圧密特性の推定に利用される。含水比の一般的な土の範囲は表 2.12に示す通りである。

含水比試験結果を表 2.13に示す。概ね試験値は一般値の範囲内であった。

表 2.12　含水比の測定例

	沖積層		洪積層	関　東	高有機
	粘性土	砂質土	粘性土	ローム	質　土
湿潤密度ρ_t(g/cm^3)	1.2～1.8	1.6～2.0	1.6～2.0	1.2～1.5	0.8～1.3
乾燥密度ρ_d(g/cm^3)	0.5～1.4	1.2～1.8	1.1～1.6	0.6～0.7	0.1～0.6
含水比　w(%)	30～150	10～30	20～40	80～180	80～1 200

引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p181 より

表 2.13　含水比試験結果

土　層		データ数	一般値(%)	含水比wn(%)			
				最小値	最大値	中央値	平均値
Ac1	第一沖積粘性土層	7	30～150	25.10	40.40	30.90	31.07
As1	第一沖積砂質土層	3	10～30	21.90	24.20	22.10	22.73
Ac2	第二沖積粘性土層	7	30～150	22.90	43.40	26.50	28.50
As2	第二沖積砂質土層	7	10～30	11.30	26.20	17.30	17.03
Ag	第一沖積砂礫質層	7	10～30	3.40	13.80	9.40	8.77
Dc1	第一洪積粘性土層	3	20～40	25.70	38.80	32.25	34.33
Ds1	第一洪積砂質土層	5	10～30	9.60	26.40	20.95	18.88
Dg1	第一洪積砂礫質土層	5	10～30	4.80	7.60	5.90	6.32
Dc2	第二洪積粘性土層	1	20～40	26.20	26.20	26.20	26.20
Ds2	第二洪積砂質土層	1	10～30	17.60	17.60	17.60	17.60
Dc3	第三洪積粘性土層	1	20～40	54.80	54.80	54.80	54.80
Ds3	第三洪積砂質土層	1	10～30	18.40	18.40	18.40	18.40
Dc4	第四洪積粘性土層	1	20～40	49.20	49.20	49.20	49.20
Dg2	第二洪積砂礫質土層	0	10～30	－	－	－	－

2.5.3. 土の粒度試験結果

粒度試験の結果一覧表を表 2.14に示す。

また、各土層の粒径加積曲線を図 2.30～図 2.42に示す。

表 2.14　粒度試験結果一覧

土　層		試料数	含有率(%)				細粒分含有率 Fc(%)	均等係数 Uc	曲率係数 Uc'	D20 (mm)	D50 (mm)
			礫分	砂分	シルト分	粘土分					
Ac1	第一沖積粘性土層	7	0.0～0.0 【0.0】	0.6～30.3 【12.7】	37.2～62.6 【52.5】	18.4～51.6 【34.8】	69.7～99.4 【87.3】	－	－	0.001～0.007 【0.002】	0.01～0.053 【0.017】
As1	第一沖積砂質土層	3	0.0～0.0 【0.0】	32.2～75.9 【53.6】	13.7～50.2 【33.7】	10.1～17.6 【12.7】	24.1～67.8 【46.4】	21.8～50.3 【36.0】	3.9～14.0 【8.9】	0.006～0.048 【0.018】	0.054～0.169 【0.090】
Ac2	第二沖積粘性土層	7	0.0～0.0 【0.0】	4.8～42.9 【25.6】	42.8～65.3 【52.7】	14.3～36.5 【21.6】	57.1～95.2 【74.4】	40.5～40.5 【40.5】	7.1～7.1 【7.1】	0.001～0.012 【0.004】	0.01～0.064 【0.029】
As2	第二沖積砂質土層	7	1.7～27.9 【8.9】	63.9～87.7 【76.6】	6.4～10.1 【8.8】	4.1～9.9 【7.1】	6.4～20.0 【14.5】	4.3～66.0 【28.5】	1.2～15.1 【6.3】	0.075～0.317 【0.163】	0.238～0.71 【0.377】
Ag	第一沖積砂礫質層	7	32.6～74.1 【48.8】	21.5～56.2 【42.6】	3.8～6.1 【5.3】	4.1～6.6 【5.5】	3.8～11.7 【8.6】	14.1～92.4 【37.2】	0.4～1.5 【1.0】	0.178～1.331 【0.411】	0.468～7.796 【2.243】
Dc1	第一洪積粘性土層	3	0.4～0.7 【0.6】	0.6～14.8 【5.4】	39.8～44.5 【41.7】	44.7～58.0 【52.3】	84.5～98.8 【94.0】	－	－	－	0.004～0.007 【0.005】
Ds1	第一洪積砂質土層	5	0.1～55.1 【15.8】	15.4～91.1 【51.8】	7.3～43.9 【20.0】	9.7～40.6 【20.7】	7.3～84.5 【32.4】	3.4～60.3 【33.4】	0.3～8.8 【3.8】	0.016～0.295 【0.087】	0.008～3.194 【0.173】
Dg1	第一洪積砂礫質土層	5	57.8～81.5 【65.2】	13.5～32.7 【26.6】	5.0～9.5 【7.4】	4.1～4.1 【4.1】	5.0～10.1 【8.3】	34.3～90.8 【62.8】	0.8～3.0 【1.9】	0.363～2.408 【0.566】	3.1～12.819 【5.023】
Dc2	第二洪積粘性土層	1	0.0～0.0 【0.0】	2.3～2.3 【2.3】	65.7～65.7 【65.7】	32.0～32.0 【32.0】	97.7～97.7 【97.7】	－	－	0.001～0.001 【0.001】	0.012～0.012 【0.012】
Ds2	第二洪積砂質土層	1	0.2～0.2 【0.2】	76.1～76.1 【76.1】	15.8～15.8 【15.8】	7.9～7.9 【7.9】	23.7～23.7 【23.7】	26.9～26.9 【26.9】	6.8～6.8 【6.8】	0.049～0.049 【0.049】	0.203～0.203 【0.203】
Dc3	第三洪積粘性土層	1	0.0～0.0 【0.0】	2.7～2.7 【2.7】	64.1～64.1 【64.1】	33.2～33.2 【33.2】	97.3～97.3 【97.3】	－	－	0.002～0.002 【0.002】	0.01～0.01 【0.010】
Ds3	第三洪積砂質土層	1	7.3～7.3 【7.3】	81.0～81.0 【81.0】	7.0～7.0 【7.0】	4.7～4.7 【4.7】	11.7～11.7 【11.7】	9.6～9.6 【9.6】	1.9～1.9 【1.9】	0.152～0.152 【0.152】	0.397～0.397 【0.397】
Dc4	第四洪積粘性土層	1	0.1～0.1 【0.1】	5.2～5.2 【5.2】	52.0～52.0 【52.0】	42.7～42.7 【42.7】	94.7～94.7 【94.7】	－	－	－	0.007～0.007 【0.007】
Dg2	第二洪積砂礫質土層	0	－	－	－	－	－	－	－	－	－

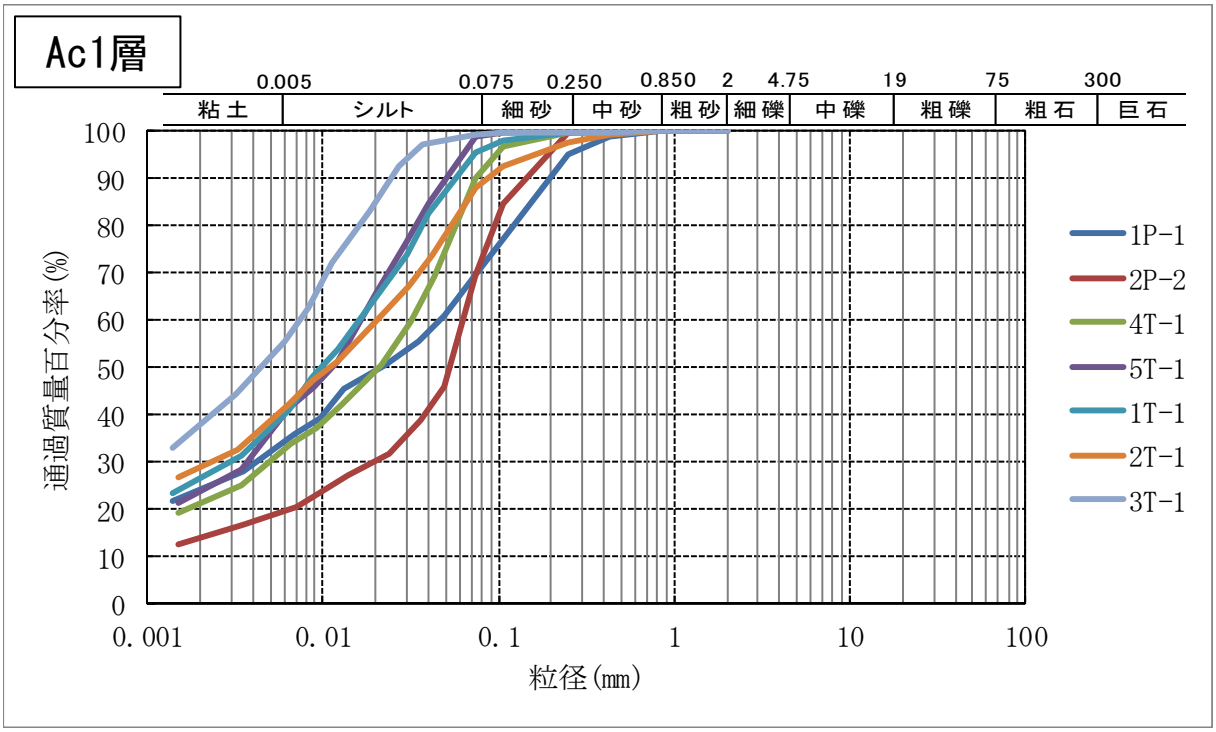


図 2.30　粒径加積曲線（Ac1 層）

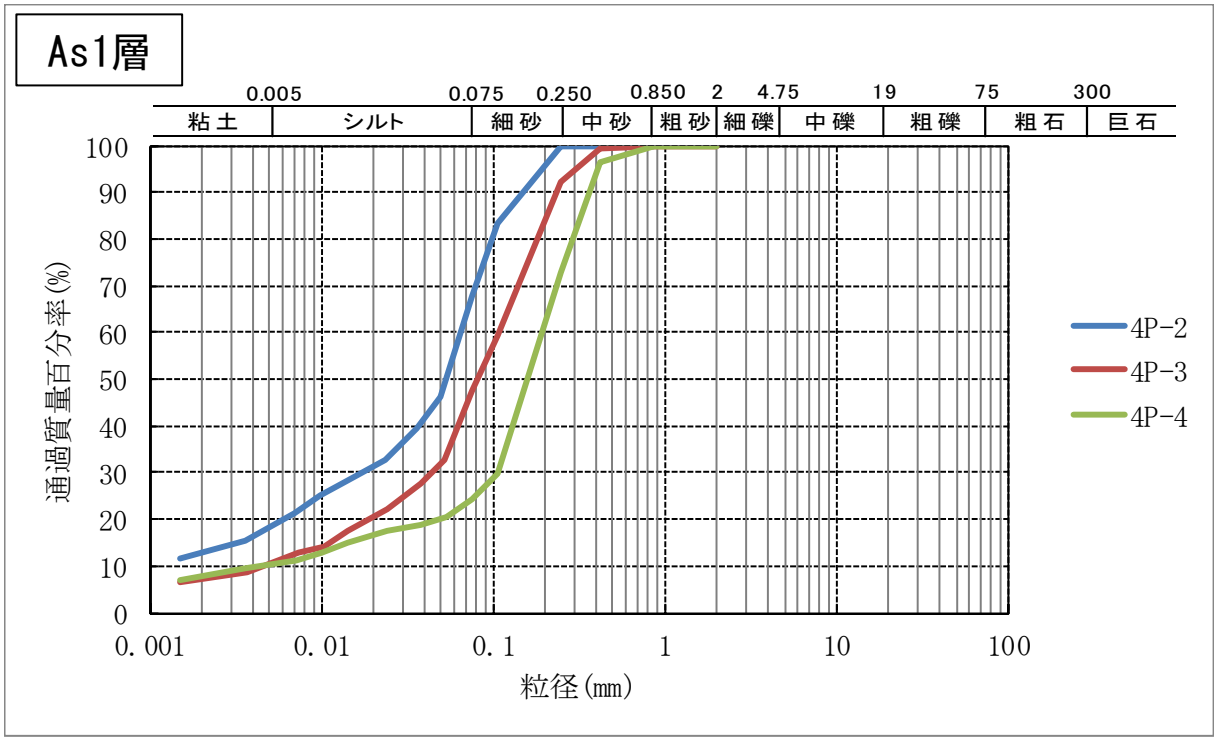


図 2.31　粒径加積曲線（As1 層）

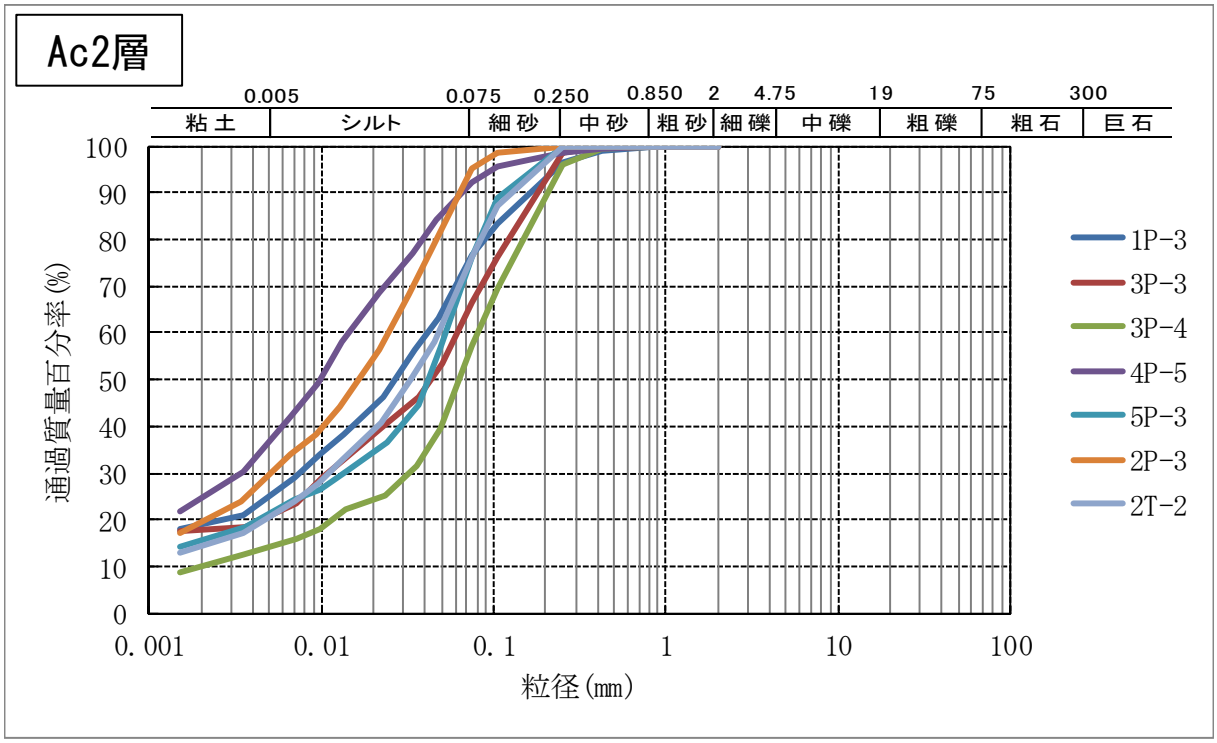


図 2.32　粒径加積曲線（Ac2 層）

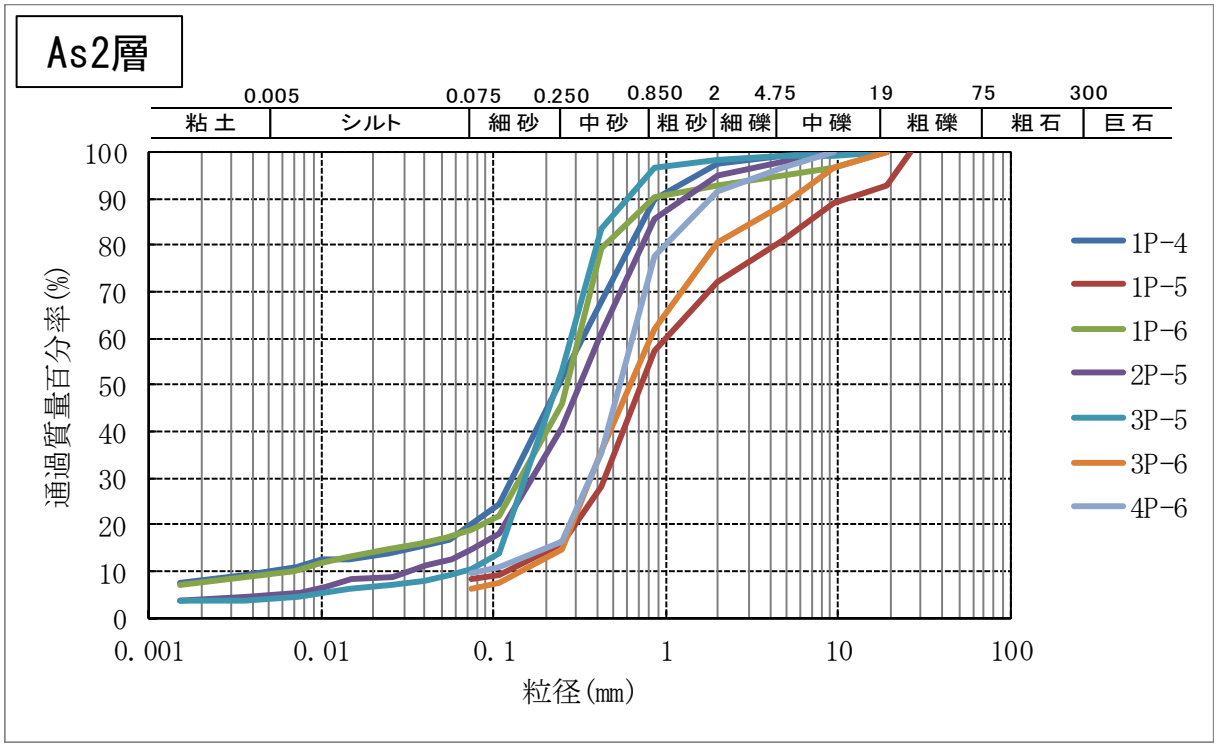


図 2.33　粒径加積曲線（As2 層）

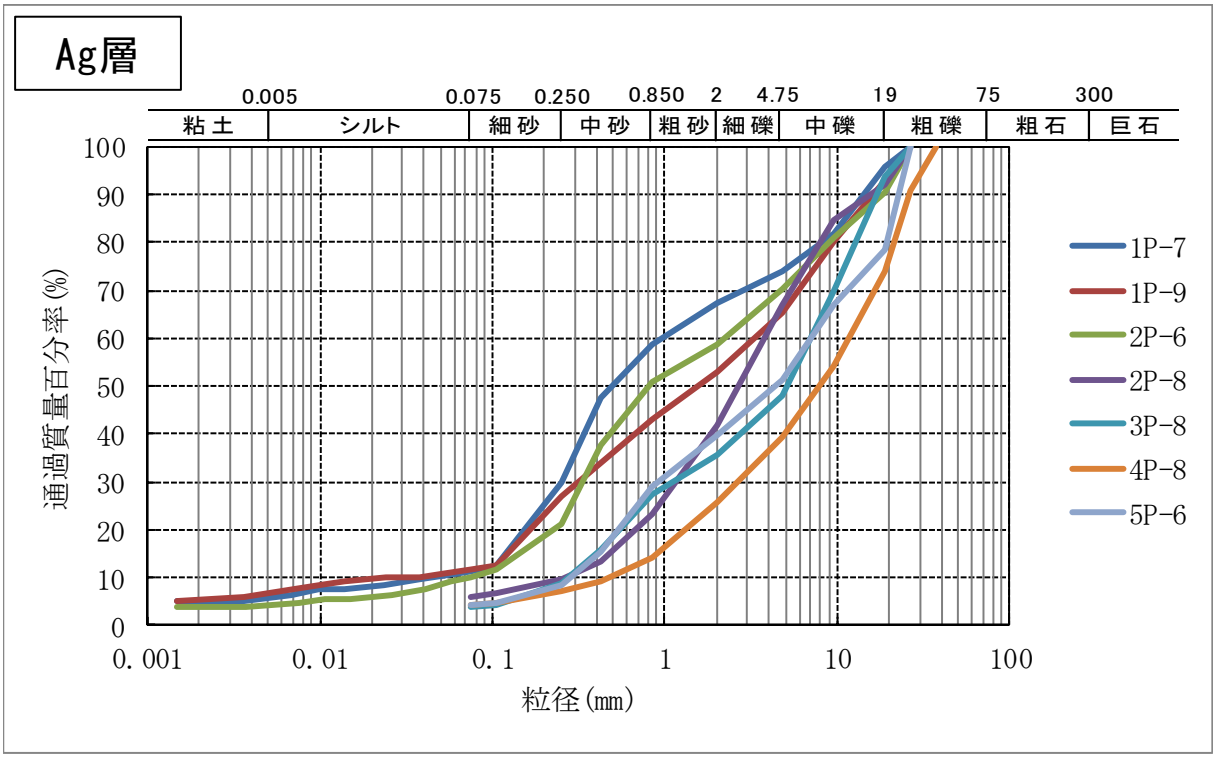


図 2.34　粒径加積曲線（Ag 層）

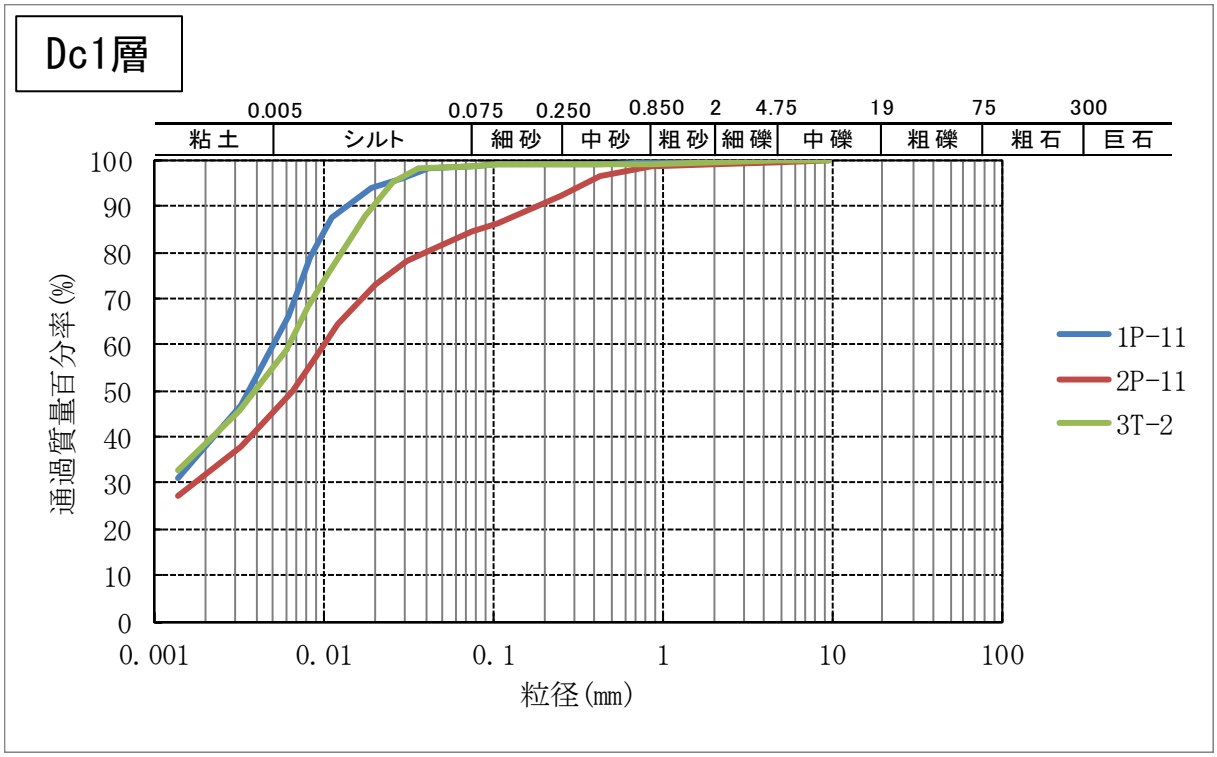


図 2.35　粒径加積曲線（Dc1 層）

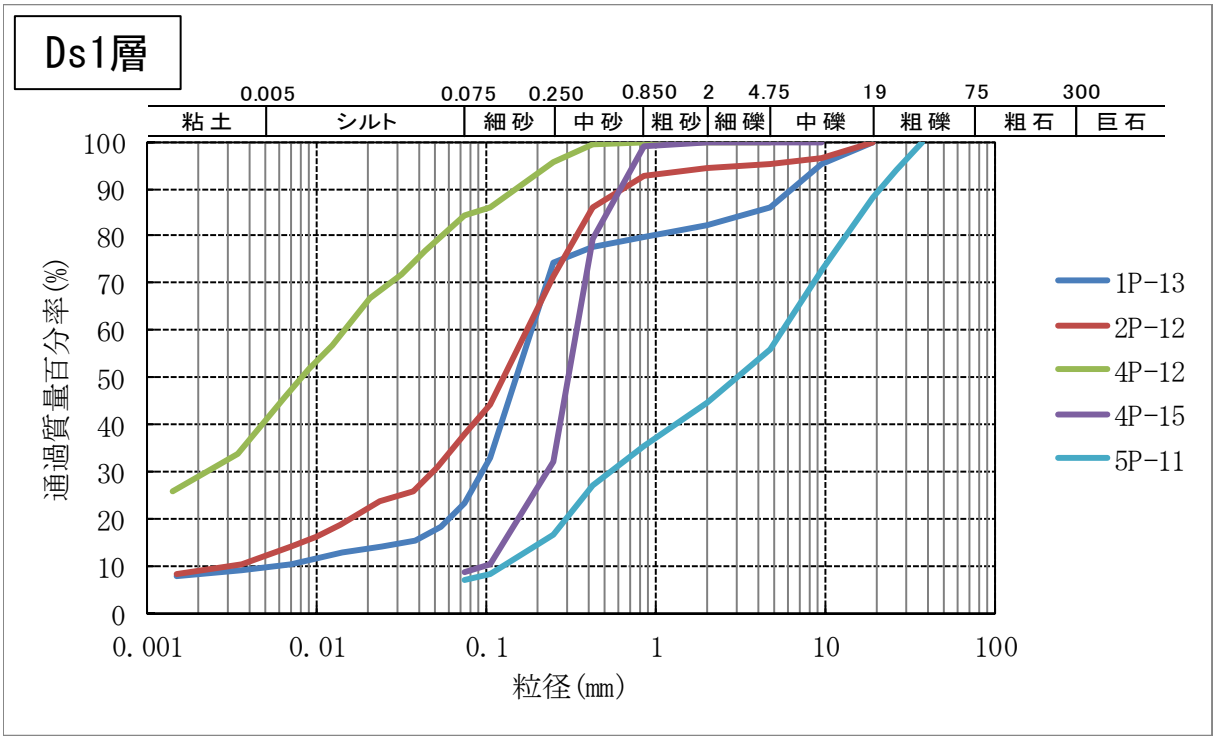


図 2.36　粒径加積曲線（Ds1 層）

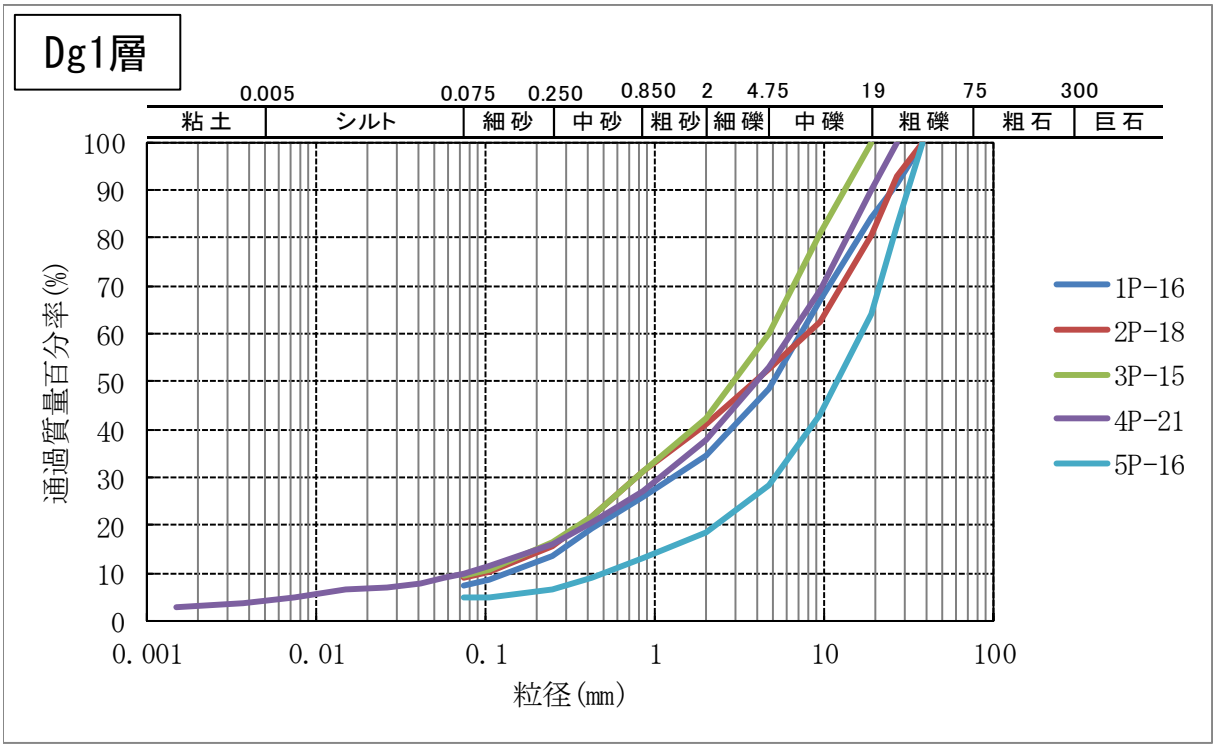


図 2.37　粒径加積曲線（Ds2 層）

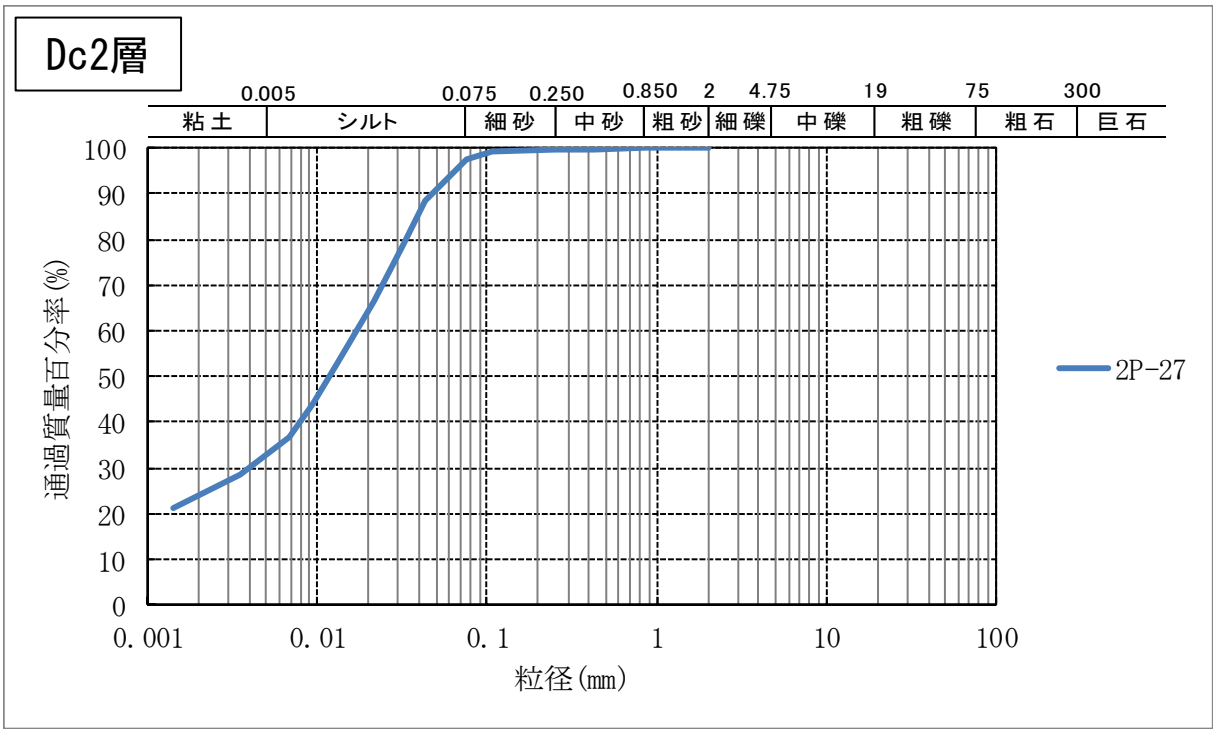


図 2.38　粒径加積曲線（Dc2 層）

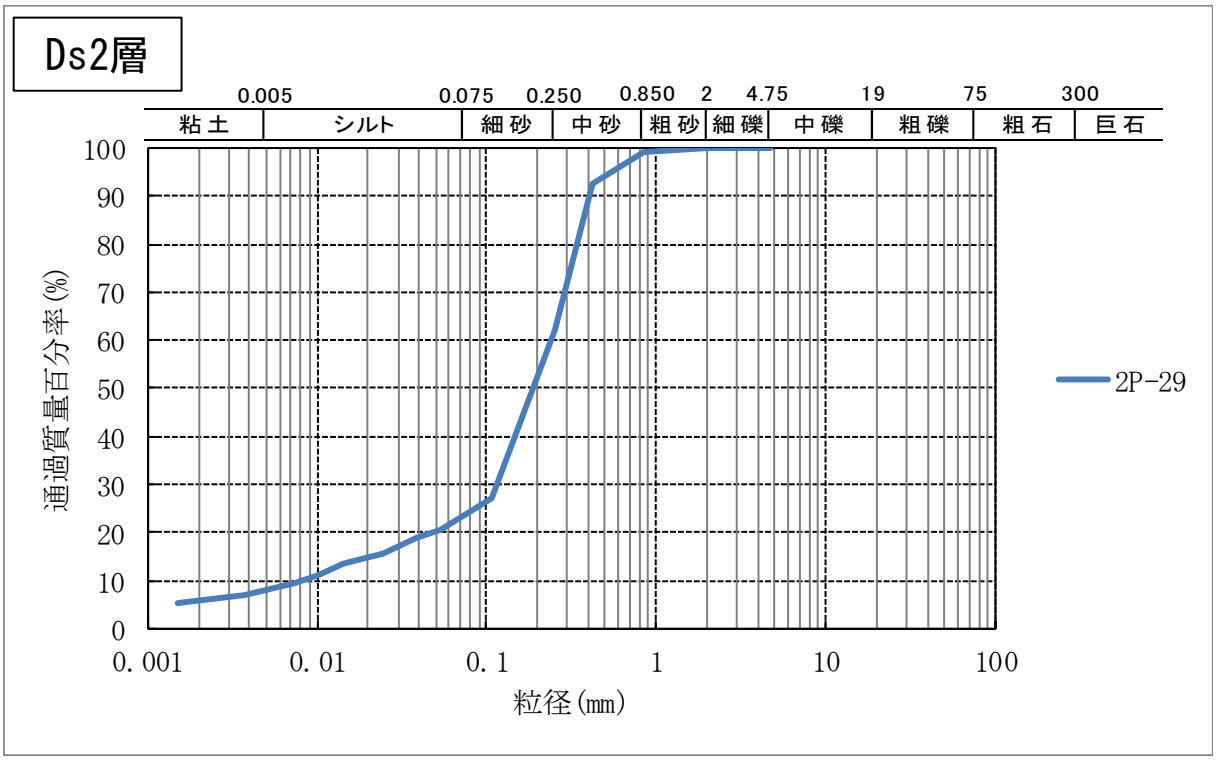


図 2.39　粒径加積曲線（Ds2 層）

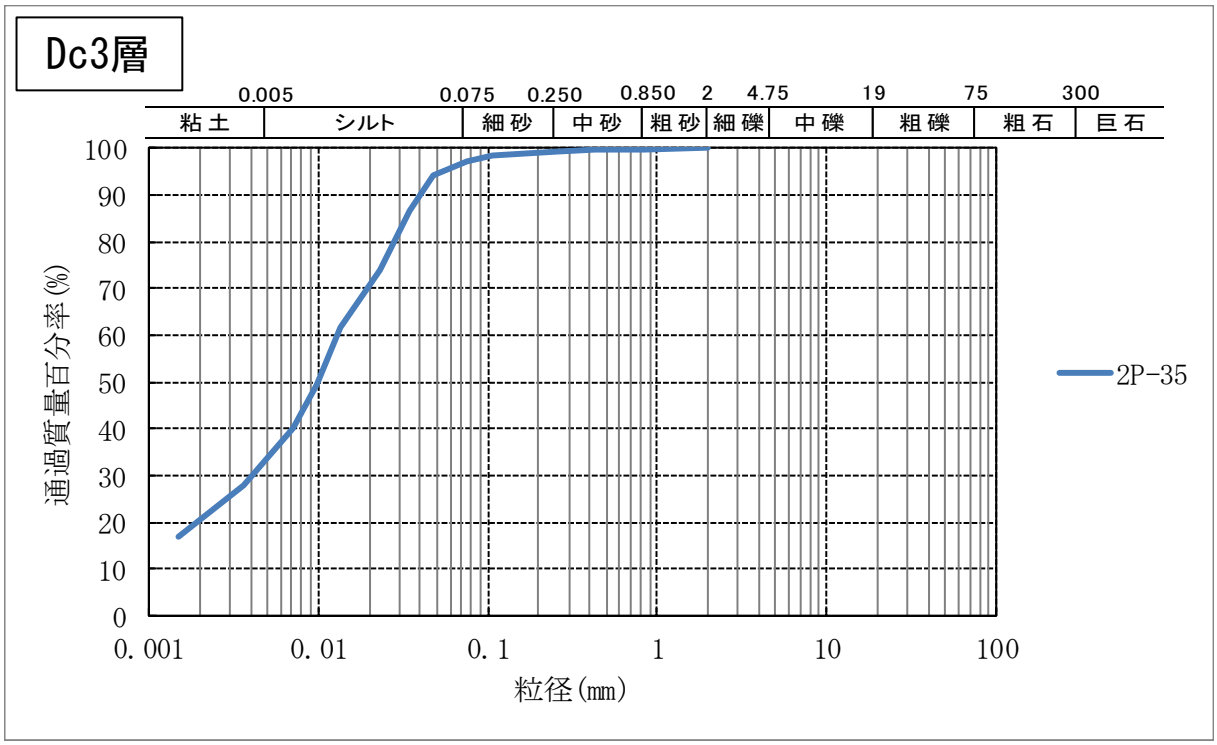


図 2.40　粒径加積曲線（Dc3 層）

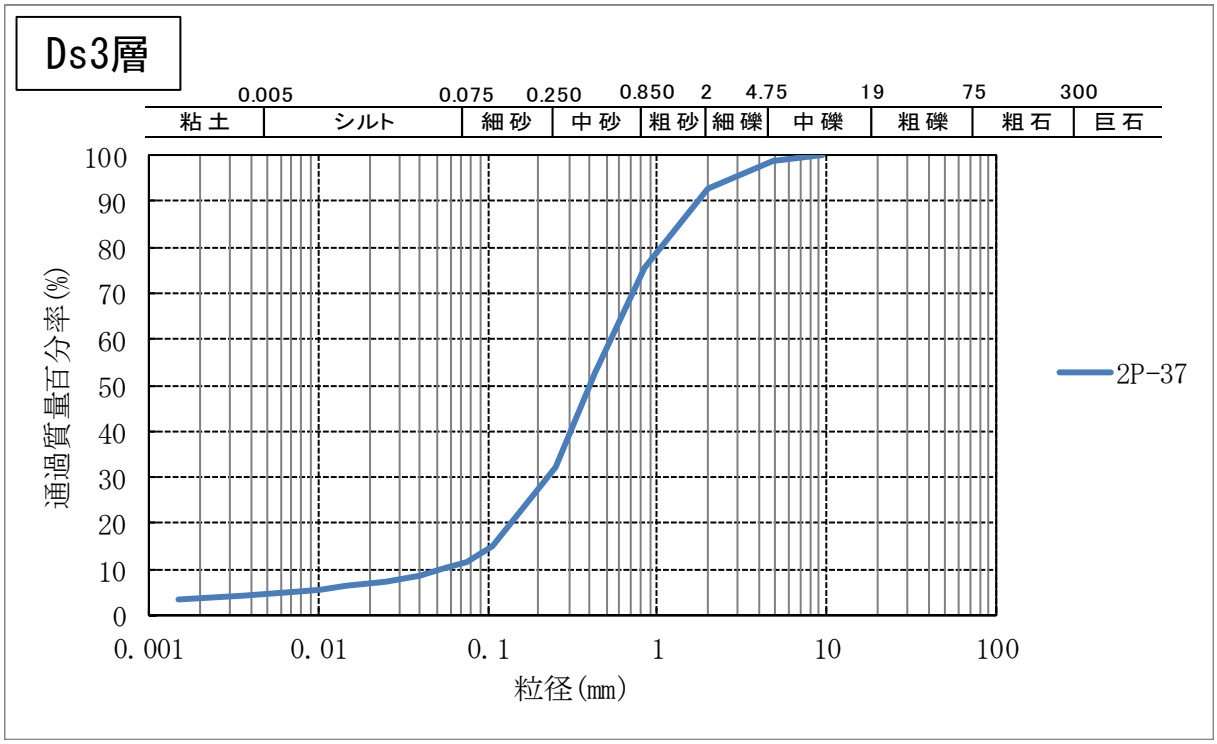


図 2.41　粒径加積曲線（Ds3 層）

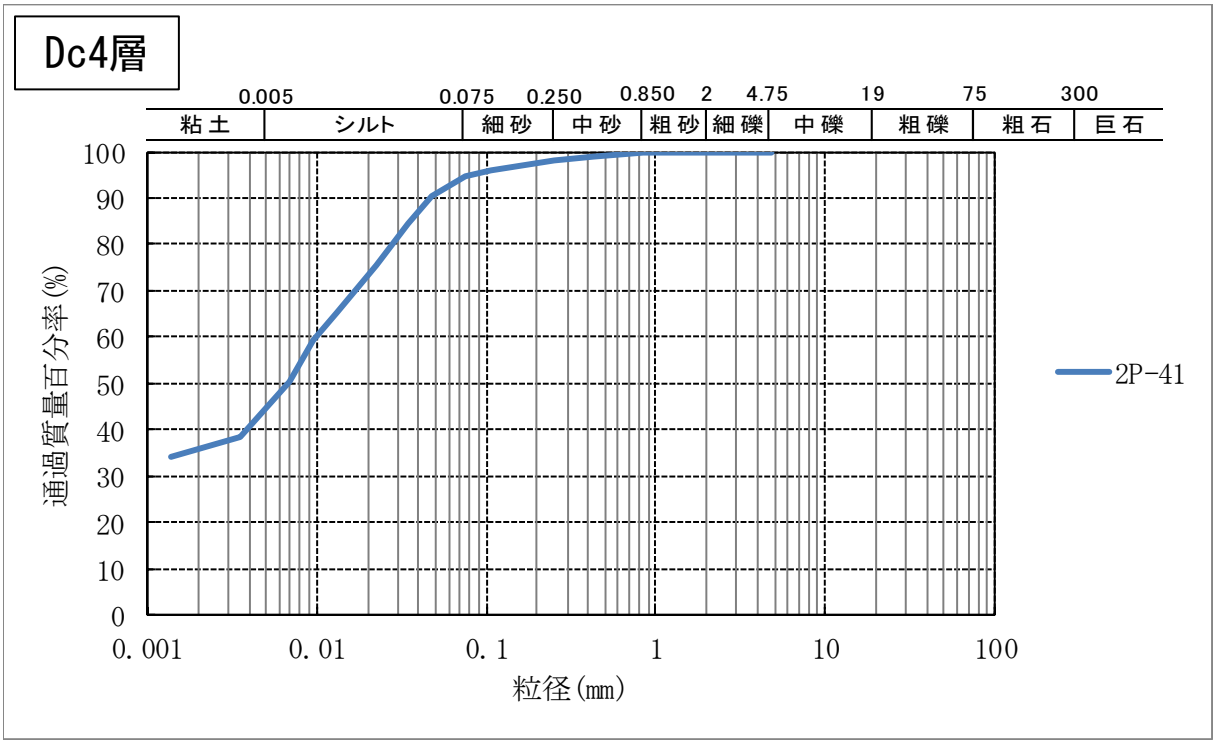


図 2.42　粒径加積曲線（Dc4 層）

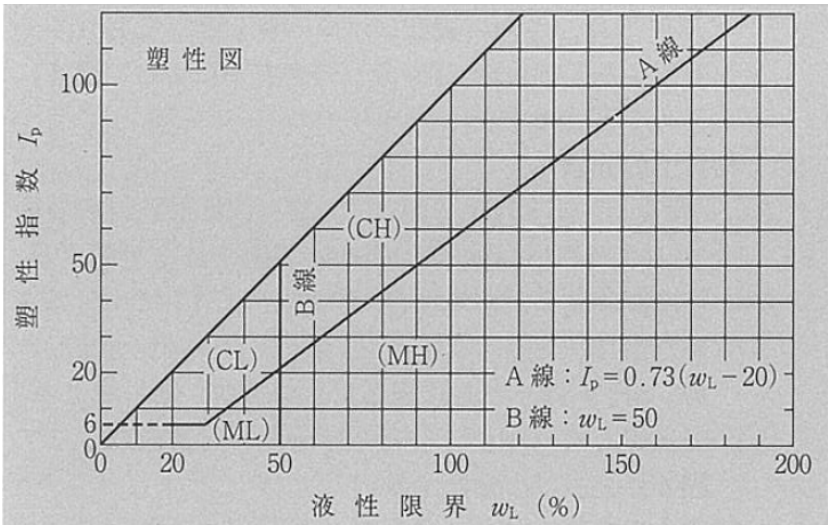
2.5.4. 液性限界試験・塑性限界試験結果

細粒土は、含水比に応じて液性～塑性～半固体～固体の段階を経て性質が変化する。含水比に応じて性質が変化することを土のコンシステンシーと呼び、変化する境界を液性限界、塑性限界とし、これらは主に表 2.15や図 2.43に示す細粒土の分類、また、工学的性質の判断に用いられる。土は、一般的に液性限界 w_L が大きくなるほど圧縮性が増し、塑性指数 Ip が大きくなるほど粘性が多くなる。塑性指数は、土が塑性域を有する含水比の幅を示し、土質分類の指標、および液状化判定などに用いられる。また、液性限界 w_L は圧縮指数 Cc の推定（Cc=0.009（w_L－10）：スケンプトンの式）などに利用される。

表 2.15　細粒土の工学的分類体系

大分類		中分類	小分類		
土質材料区分	土質区分	観察・塑性図上の分類	観察・液性限界等に基づく分類		
細粒土 Fm 細粒分≧50 %	粘性土	〔Cs〕 シルト 塑性図上で分類	{M}	w_L<50 %	シルト（低液性限界） (ML)
				w_L≧50 %	シルト（高液性限界） (MH)
		〔Cs〕 粘土 塑性図上で分類	{C}	w_L<50 %	粘土（低液性限界） (CL)
				w_L≧50 %	粘土（高液性限界） (CH)
	有機質土 有機質，暗色で有機臭あり	〔O〕 有機質土	{O}	w_L<50 %	有機質粘土（低液性限界） (OL)
				w_L≧50 %	有機質粘土（高液性限界） (OH)
				有機質で，火山灰質	有機質火山灰土 (OV)
	火山灰質粘性土 地質的背景	〔V〕 火山灰質粘性土	{V}	w_L<50 %	火山灰質粘性土（低液性限界） (VL)
				50 %≦w_L<80 %	火山灰質粘性土（Ⅰ型） (VH_1)
				w_L≧80 %	火山灰質粘性土（Ⅱ型） (VH_2)
高有機質土 Pm 有機物を多く含むもの		〔Pt〕 高有機質土	{Pt}	未分解で繊維質	泥炭 (Pt)
				分解が進み黒色	黒泥 (Mk)
人工材料 Am		〔A〕 廃棄物	{Wa}		廃棄物 (Wa)
		〔A〕 改良土	{I}		改良土 (I)

引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p56 より



引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p57 より

図 2.43　塑性図

表 2.16　液性限界・塑性限界の測定例

土の種類	液性限界 w_L（%）	塑性限界 w_P（%）
粘土（沖積層）	50～130	30～60
シルト（沖積層）	30～80	20～50
粘土（洪積層）	35～90	20～50
関東ローム	80～150	40～80

引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p146 より

液性限界・塑性限界試験結果を表 2.17に、塑性図を図 2.44に示す。
試験値は概ね一般値の範囲内であった。

表 2.17　液性限界・塑性限界試験結果

土　層		試料数	液性限界 w_L(%)				塑性限界 wp(%)				塑性指数 Ip			備　考
			一般値	最小値	最大値	平均	一般値	最小値	最大値	平均	最小値	最大値	平均	
Ac1	第一沖積粘性土層	7	50～130	28.50	52.30	39.21	30～60	17.50	25.00	20.87	8.00	27.30	18.34	
As1	第一沖積砂質土層	2	－	29.30	29.30	29.30	－	21.30	21.30	21.30	8.00	8.00	8.00	1試料がNP
Ac2	第二沖積粘性土層	7	50～130	25.70	52.60	33.91	30～60	18.60	27.60	21.37	5.50	25.00	12.54	
Dc1	第一洪積粘性土層	3	35～90	39.30	51.80	47.63	20～50	19.60	27.20	24.23	19.70	25.90	23.40	
Ds1	第一洪積砂質土層	2	－	46.50	46.50	46.50	－	22.00	22.00	22.00	24.50	24.50	24.50	1試料がNP
Dc2	第二洪積粘性土層	1	35～90	36.80	36.80	36.80	20～50	21.20	21.20	21.20	15.60	15.60	15.60	
Dc3	第三洪積粘性土層	1	35～90	71.30	71.30	71.30	20～50	31.10	31.10	31.10	40.20	40.20	40.20	
Dc4	第四洪積粘性土層	1	35～90	72.40	72.40	72.40	20～50	37.80	37.80	37.80	34.60	34.60	34.60	

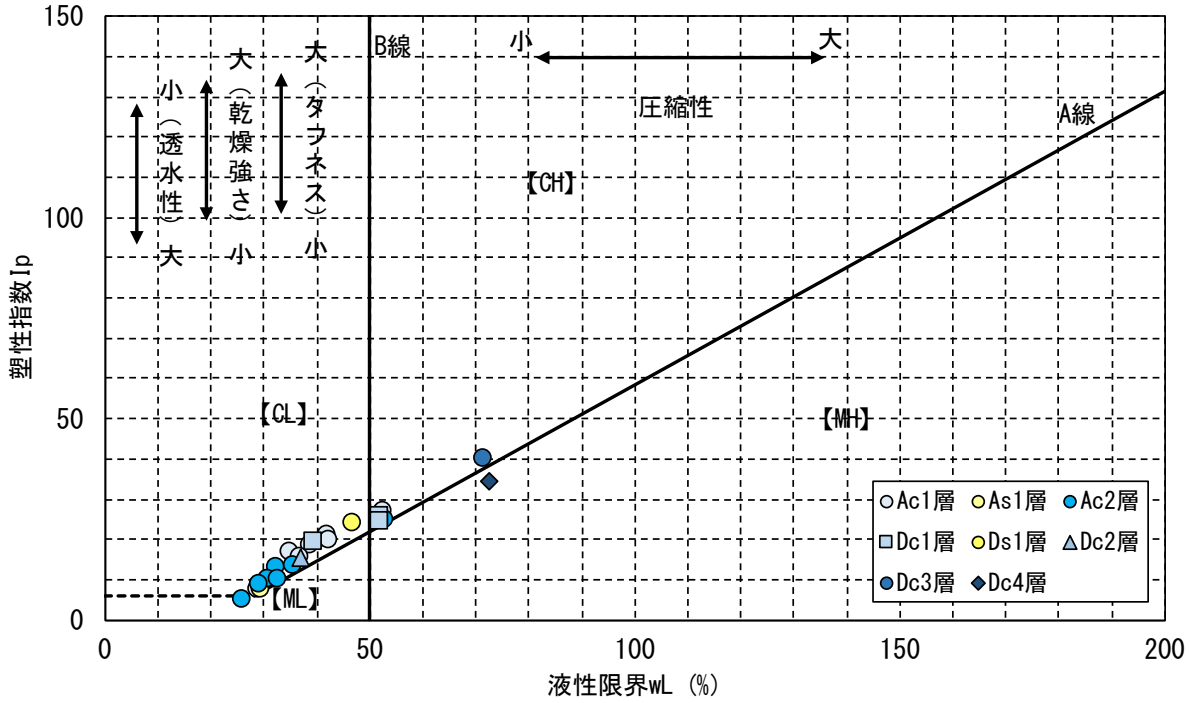


図 2.44　塑性図

2.5.5. 湿潤密度試験結果

土の湿潤密度 ρ_t は、単位体積当りの水分を含む土塊の質量であり、地盤支持力、地盤沈下、盛土安定などの計算における荷重および土被り圧の算定に利用される。湿潤密度は、恒常的な値ではなく、含水比と関連して地盤の性状を反映するもので、湿潤密度が大きい場合は地盤がよく締まっていることを示す。一般的な密度の範囲を表 2.18に示す。

湿潤密度試験結果を表 2.19に示す。Ac1、Ac2 層は比較的多くの砂分を含んでいるため、一般値より若干大きな湿潤密度が確認された。

表 2.18　土の密度のおおよその範囲

	沖積層		洪積層	関　東	高有機
	粘性土	砂質土	粘性土	ローム	質　土
湿潤密度ρ_t(g/cm^3)	1.2～1.8	1.6～2.0	1.6～2.0	1.2～1.5	0.8～1.3
乾燥密度ρ_d(g/cm^3)	0.5～1.4	1.2～1.8	1.1～1.6	0.6～0.7	0.1～0.6
含水比　w(%)	30～150	10～30	20～40	80～180	80～1 200

引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p181 より

表 2.19　湿潤密度試験結果

地層名	試料番号	湿潤密度 ρ_t g/cm^3	飽和密度 ρ sat g/cm^3	湿潤重量 γ_t kN/m^3	飽和密度 γ sat kN/m^3	乾燥密度 ρ_d g/cm^3	間隙比 e	飽和度 Sr %	土粒子密度 Gs g/cm^3	自然含水比 w_n %	砂分含有率 %	礫分含有率 %
Ac1	1T-1(2.00～2.80m)	1.887	1.902	18.5	18.7	1.431	0.901	96.4	2.714	32.5	4.4	0.0
	2T-1(0.50～1.25m)	1.902	1.911	18.7	18.7	1.443	0.879	98.1	2.712	30.9	12.0	0.0
	3T-1(1.00～1.80m)	1.775	1.793	17.4	17.6	1.258	1.164	96.3	2.716	40.4	0.6	0.0
	4T-1(0.80～1.50m)	1.931	1.941	18.9	19.0	1.499	0.809	97.0	2.703	28.2	10.0	0.0
	5T-1(1.00～1.70m)	1.864	1.870	18.3	18.3	1.381	0.960	98.6	2.705	34.5	1.0	0.0
	一般値	1.2～1.8	–	–	–	0.5～1.4	–	–	–	–	–	–
	最小値	1.775	1.793	17.4	17.6	1.258	0.809	96.3	2.703	28.2	0.6	0.0
	最大値	1.931	1.941	18.9	19.0	1.499	1.164	98.6	2.716	40.4	12.0	0.0
	平均値	1.872	1.883	18.4	18.5	1.402	0.943	97.3	2.710	33.3	5.6	0.0
Ac2	2T-2(3.50～4.40m)	1.977	1.990	19.4	19.5	1.570	0.724	97.0	2.706	25.6	23.7	0
	一般値	1.2～1.8	–	–	–	0.5～1.4	–	–	–	–	–	–
	最小値	1.977	1.990	19.4	19.5	1.570	0.724	97.0	2.706	25.6	23.7	0.0
	最大値	1.977	1.990	19.4	19.5	1.570	0.724	97.0	2.706	25.6	23.7	0.0
	平均値	1.977	1.990	19.4	19.5	1.570	0.724	97.0	2.706	25.6	23.7	0.0
Dc1	3T-2(9.00～9.65m)	1.822	1.828	17.9	17.9	1.310	1.076	98.9	2.718	38.5	0.6	0.6
	一般値	1.6～2.0	–	–	–	1.1～1.6	–	–	–	–	–	–
	最小値	1.822	1.828	17.9	17.9	1.310	1.076	98.9	2.718	38.5	0.6	0.6
	最大値	1.822	1.828	17.9	17.9	1.310	1.076	98.9	2.718	38.5	0.6	0.6
	平均値	1.822	1.828	17.9	17.9	1.310	1.076	98.9	2.718	38.5	0.6	0.6

2.5.6. 圧密試験結果

圧密とは飽和した土が荷重を受けると、土中の間隙水が排出して時間の遅れを伴って圧縮する現象である。圧密試験は、土を一次元的に、且つ段階載荷によって排水を許しながら圧密することで、沈下量や沈下時間を推定するための土質定数（圧密指数 Cc、圧密降伏応力 Pc、圧密係数 Cv など）を求めるものである。圧縮指数 Cc とは e－logP 曲線の直線部の傾きで値が大きな土は圧縮性が高く、圧密降伏応力 Pc とは土が過去に受けた最大応力の目安であり、また、圧密係数 Cv は圧密の進行速度を表すものである。

圧密試験結果一覧を表 2.20に示す。また、各土層の間隙比と圧密圧力の関係および圧密係数と平均圧密圧力の関係を図 2.45～図 2.47に示す。

表 2.20　圧密試験結果一覧

地層名	試料番号	圧密試験結果	
		圧密指数 Cc	圧密降伏応力Pc (kN/m2)
Ac1	1T-1(2.00～2.80m)	0.272	67.0
	2T-1(0.50～1.25m)	0.249	69.6
	3T-1(1.00～1.80m)	0.316	62.1
	4T-1(0.80～1.50m)	0.189	86.6
	5T-1(1.00～1.70m)	0.236	54.2
	最小値	0.189	54.2
	最大値	0.316	86.6
	平均値	0.252	67.9
Ac2	2T-2(3.50～4.40m)	0.179	142.8
	最小値	0.179	142.8
	最大値	0.179	142.8
	平均値	0.179	142.8
Dc1	3T-2(9.00～9.65m)	0.329	146.1
	最小値	0.329	146.1
	最大値	0.329	146.1
	平均値	0.329	146.1

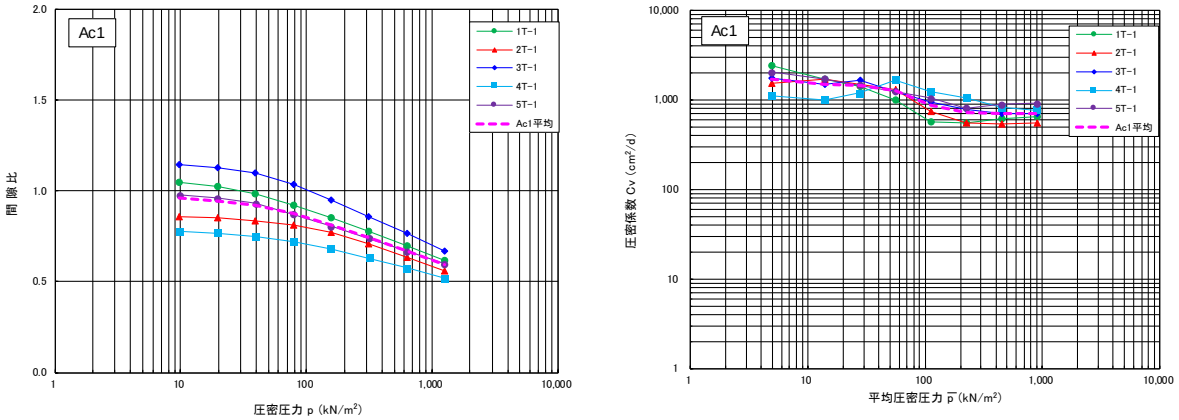


図 2.45　圧密曲線（Ac1 層）

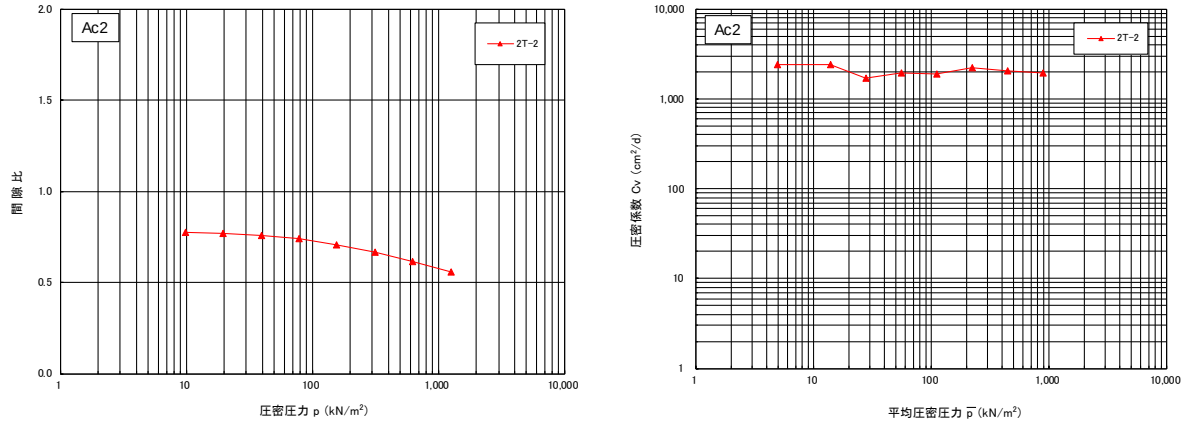


図 2.46　圧密曲線（Ac2 層）

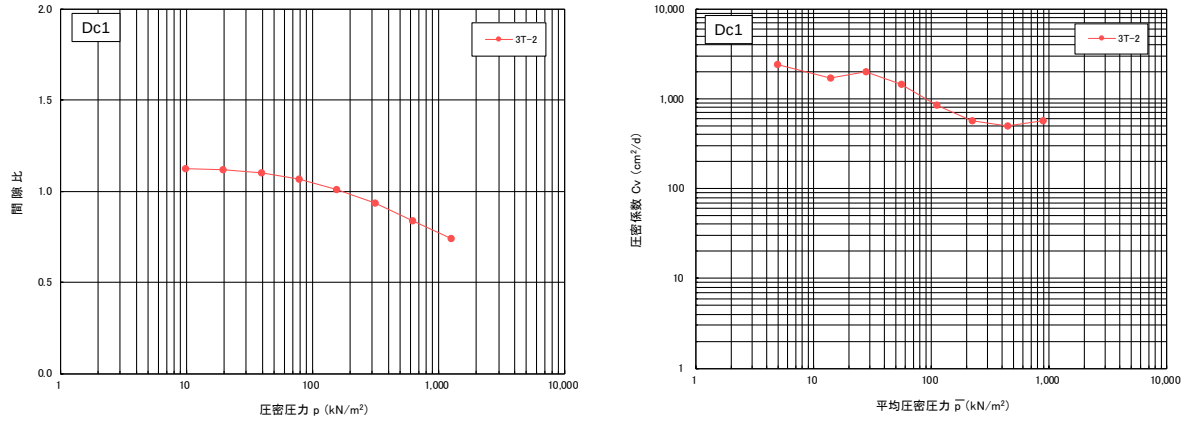


図 2.47　圧密曲線（Dc1 層）

原地盤の有効土被り圧とその地点における圧密降伏圧力の関係を図 2.48に示す。いずれも過圧密状態であるが、当該地区は約 50 kN/m²の盛土（単位重量が 19kN/m³の盛土が最大約 2.61m 程度）が計画されている。正規圧密状態に遷移するまで 50 kN/m²以下となっている試料も存在するため、部分的に大きな沈下が発生する可能性がある。

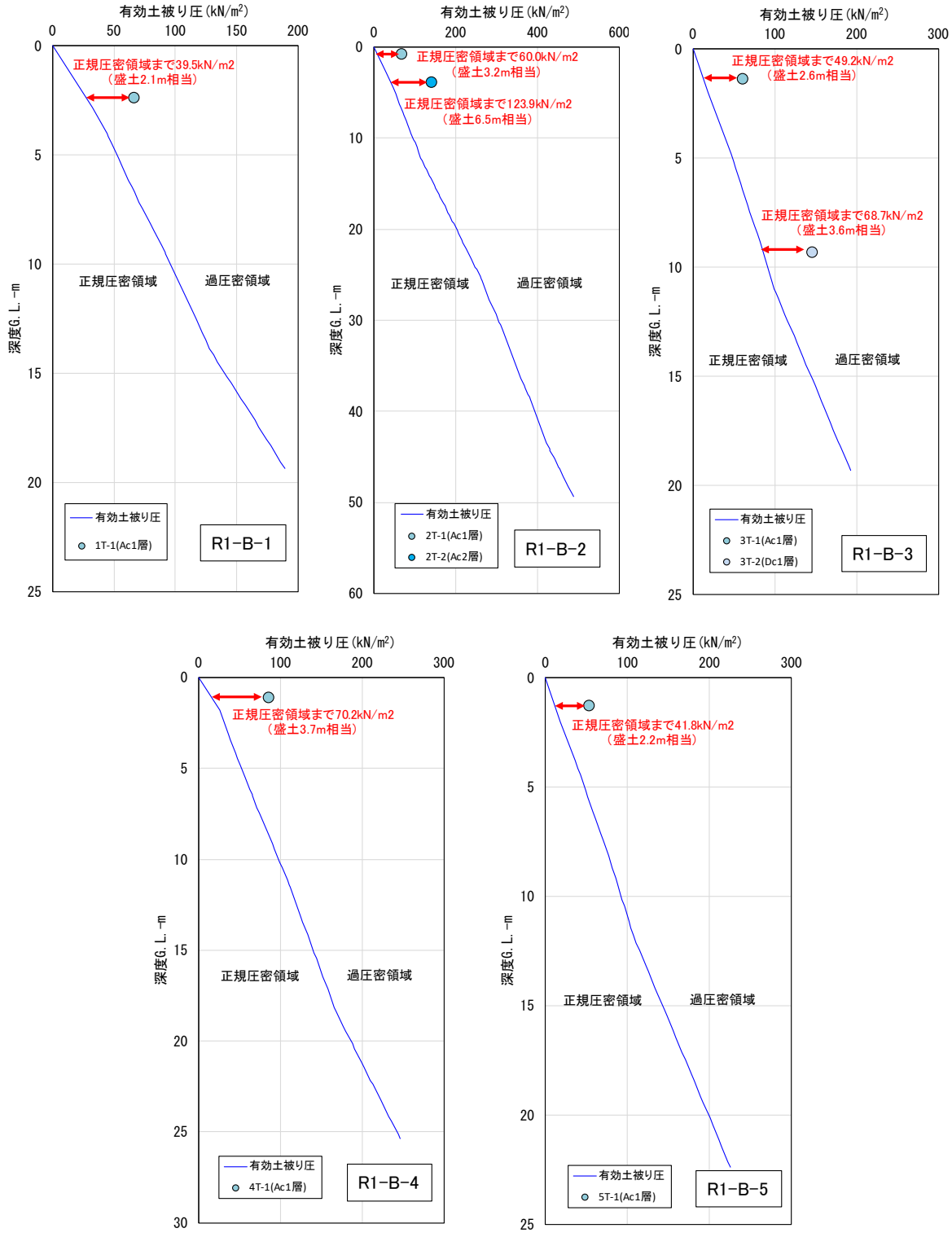


図 2.48　　有効応力と圧密降伏応力の関係図

2.5.7. 三軸圧縮試験（UU 条件）結果

土のせん断強さは地盤の支持力や土圧の算定、盛土安定解析に必要となる土質定数で三軸圧縮試験から求めた。三軸圧縮試験は、円柱供試体に等方応力（側圧）を作用させて長軸方向に圧縮応力を加えて土をせん断するものであり、側圧と圧縮応力との関係からせん断強さを得る。

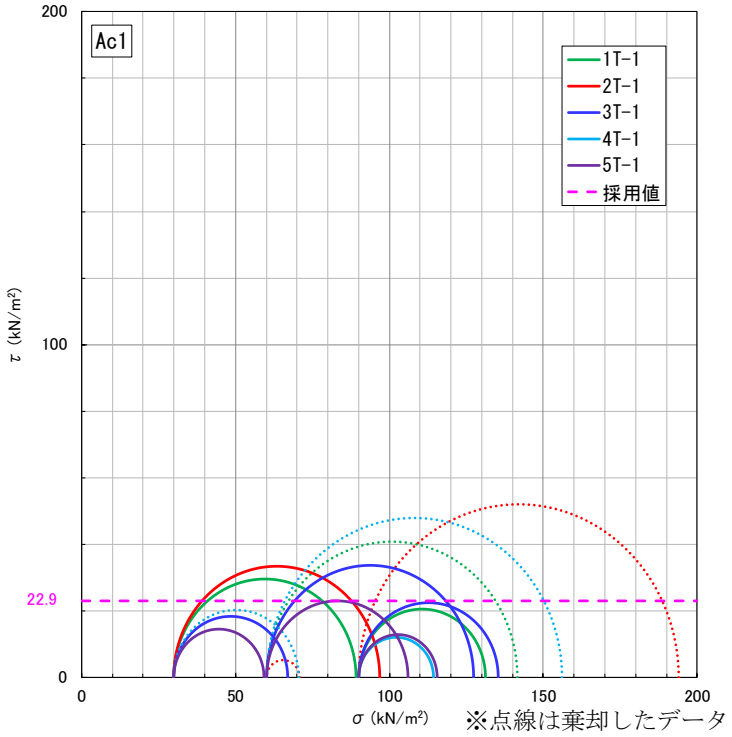
三軸圧縮試験では、1 試験あたり 3 試料の結果をもとに強度（粘着力）を決定するが、試料ごとの圧縮強さに大きなバラツキが見られたため、以下のような整理を実施した。

- いずれの試料も粘性土であるため、ϕ=0° とした。
- Ac1 層は 5 試験（15 試料）とデータ数が多いため、全データの平均値± σ（標準偏差）から逸脱したデータを棄却し、平均した値を採用値とした。
- Ac2 層および Dc1 層はそれぞれ 1 試験であるため、異常値と思われる試料の結果を棄却し、平均した値を採用値とした。

上記の方針により決定した各土層の強度を表 2.21に示す。また、各土層のモール円を図 2.49～図 2.51に示す。

表 2.21　三軸圧縮試験結果一覧

地層名	三軸試験		
	試験条件	c_{cu}	ϕ_{cu}
Ac1	UU	22.9	0.0
Ac2	UU	74.0	0.0
Dc1	UU	48.2	0.0



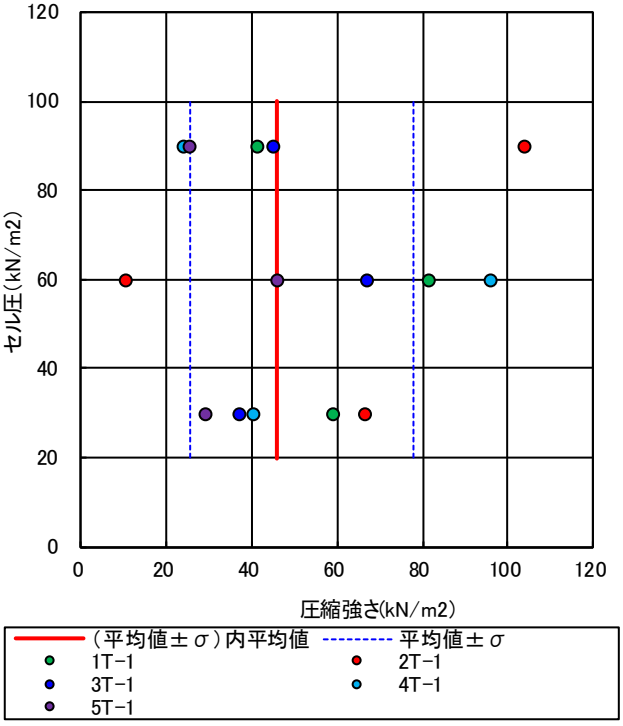
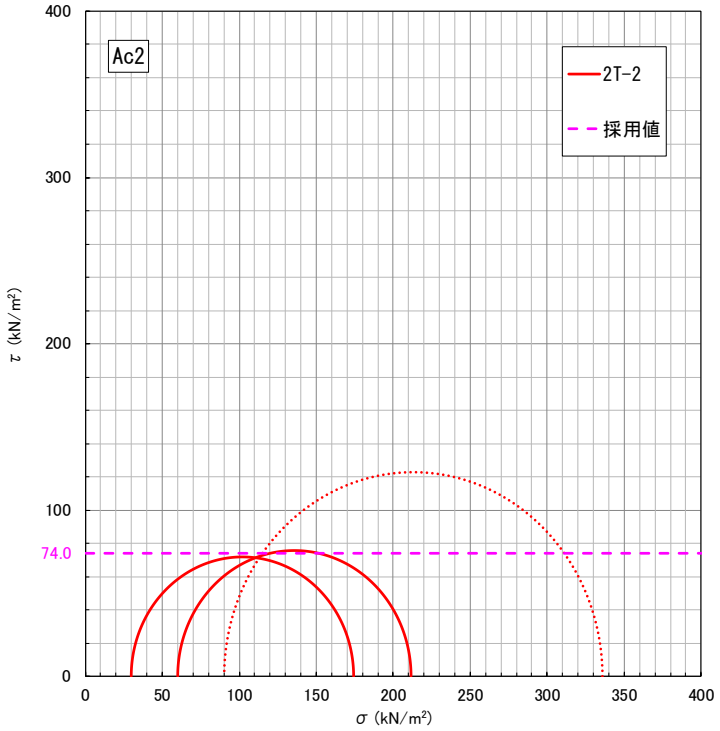
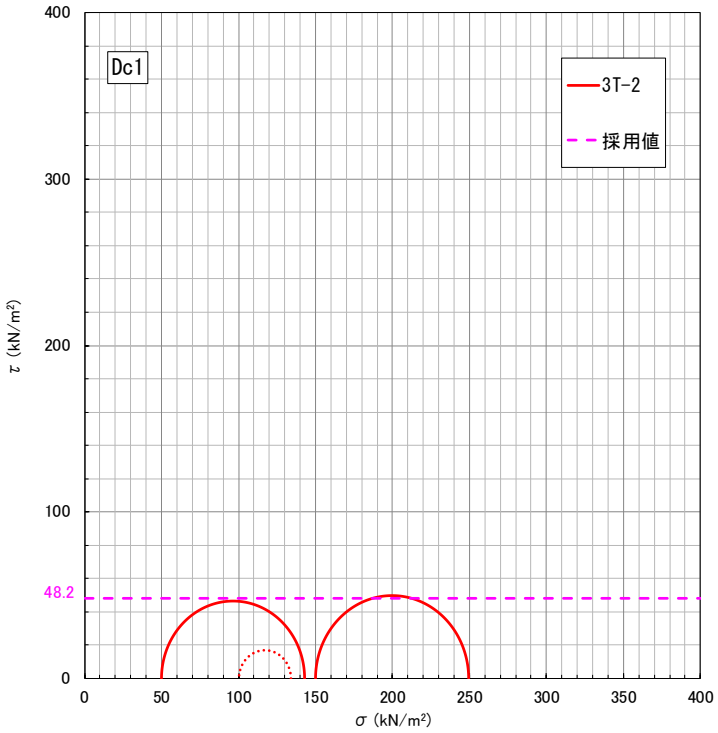


図 2.49　モール円（Ac1 層）



※点線は棄却したデータ

図 2.50　モール円（Ac2 層）



※点線は棄却したデータ

図 2.51　モール円（Dc1 層）

2.6. 総合解析とりまとめ

2.6.1. 土質定数の設定

本節で設定した各土層の地盤定数を表 2.22に示す。

詳細な設定方法は以降に示す。

表 2.22　各土層の地盤定数

地　層		代表N値	透水係数k (m/s)	単位体積重量		強度定数		変形係数E0 (MN/m^2)
				湿潤重量 γt(kN/m^3)	飽和重量 γsat(kN/m^3)	粘着力c (kN/m^2)	内部摩擦角φ (°)	
Ac1	第一沖積粘性土層	1	1.00.E-08	19	19	20	0	2.8
As1	第一沖積砂質土層	5	3.00.E-07	17	18	0	30	14.0
Ac2	第二沖積粘性土層	3	1.00.E-08	20	20	70	0	8.4
As2	第二沖積砂質土層	11	5.00.E-05	17	18	0	34	30.8
Ag	第一沖積砂礫質層	14	4.00.E-04	18	19	0	35	39.2
Dc1	第一洪積粘性土層	4	1.00.E-08	18	18	45	0	11.2
Ds1	第一洪積砂質土層	14	1.00.E-05	17	18	0	34	39.2
Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	9.00.E-04	20	21	0	37	98.0
Dc2	第二洪積粘性土層	14	1.00.E-08	18	18	85	0	39.2
Ds2	第二洪積砂質土層	55	3.00.E-06	19	20	0	36	140.0
Dc3	第三洪積粘性土層	15	1.00.E-08	18	18	90	0	42.0
Ds3	第三洪積砂質土層	40	4.00.E-05	19	20	0	33	112.0
Dc4	第四洪積粘性土層	10	1.00.E-08	18	18	60	0	28.0
Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	1.00.E-02	20	21	0	36	140.0

(1) 代表 N 値

代表 N 値については、「2.4.2 標準貫入試験結果」で整理したものと同様である。

表 2.23　代表 N 値

土 層		データ数	N 値				標準偏差 σ	平均値−σ/2	代表 N値
			最小値	最大値	中央値	平均値			
Ac1	第一沖積粘性土層	7	0.0	2.0	1.7	1.1	1.0	0.6	1
As1	第一沖積砂質土層	2	5.0	10.0	7.5	7.5	2.5	6.3	5
Ac2	第二沖積粘性土層	9	2.0	5.0	3.0	3.3	0.9	2.9	3
As2	第二沖積砂質土層	7	8.0	15.0	15.0	12.4	3.0	10.9	11
Ag	第一沖積砂礫質層	20	8.0	30.0	18.0	17.6	6.3	14.5	14
Dc1	第一洪積粘性土層	6	4.0	7.0	5.0	4.8	1.1	4.3	4
Ds1	第一洪積砂質土層	10	11.0	27.0	16.0	16.6	4.6	14.3	14
Dg1	第一洪積砂礫質土層	47	18.0	150.0	37.0	45.4	20.9	35.0	35
Dc2	第二洪積粘性土層	2	14.0	16.0	15.0	15.0	1.0	14.5	14
Ds2	第二洪積砂質土層	3	32.0	75.0	60.0	55.7	17.8	46.8	55
Dc3	第三洪積粘性土層	5	8.0	26.0	24.0	18.8	7.3	15.1	15
Ds3	第三洪積砂質土層	3	32.0	53.5	37.0	40.8	9.2	36.2	40
Dc4	第四洪積粘性土層	5	7.0	14.0	11.0	11.0	2.4	9.8	10
Dg2	第二洪積砂礫質土層	6	68.1	107.1	83.6	86.9	13.3	80.2	80

※黄色ハッチング部は採用値

(2) 地盤の透水性の検討

地盤の透水性については透水係数により評価することとし、透水試験の設定においては、以下に示す優先順位に基づき設定した。

① 物理試験を実施している粗粒土については、粒度試験結果より、表 2.24に示すCreager による D_{20}（20%粒径）と透水係数の関係より推定した。

② 細粒土については「河川堤防の構造検討の手引き、H24.2」に示される推奨値（表2.25）より設定した。

設定した透水係数を表 2.26に示す。

表 2.24　Creager による 20%粒径 D20 と透水係数 k の関係

D_{20}(mm)	k(m/s)	D_{20}(mm)	k(m/s)
0.005	3.0×10^{-8}	0.18	6.85×10^{-5}
0.01	1.05×10^{-7}	0.20	8.90×10^{-5}
0.02	4.00×10^{-7}	0.25	1.40×10^{-4}
0.03	8.50×10^{-7}	0.30	2.20×10^{-4}
0.04	1.75×10^{-6}	0.35	3.20×10^{-4}
0.05	2.80×10^{-6}	0.40	4.50×10^{-4}
0.06	4.60×10^{-6}	0.45	5.80×10^{-4}
0.07	6.50×10^{-6}	0.50	7.50×10^{-4}
0.08	9.00×10^{-6}	0.60	1.10×10^{-4}
0.09	1.40×10^{-5}	0.70	1.60×10^{-3}
0.10	1.75×10^{-5}	0.80	2.15×10^{-3}
0.12	2.60×10^{-5}	0.90	2.80×10^{-3}
0.14	3.80×10^{-5}	1.00	3.60×10^{-3}
0.16	5.10×10^{-5}	2.00	1.80×10^{-2}

＜推定式＞：$k\ (cm/s)=0.3605\times D_{20}^{2.35}$

表 2.25　細粒土の透水係数の推奨値

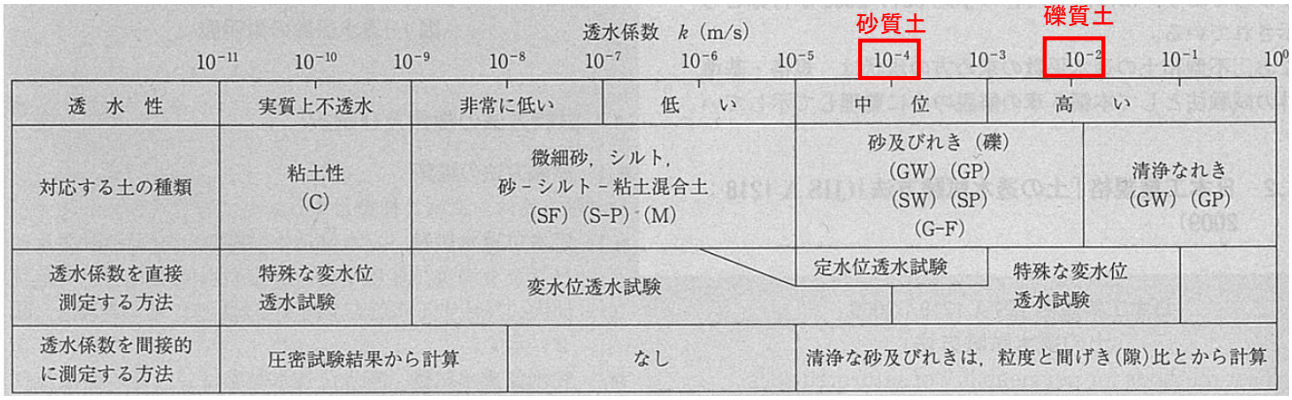
なお、粘性土については、特別な条件（亀裂が多い等）がない限りは、飽和透水係数 k_s として、

シルトを主体とする場合　$k_s=1\times10^{-5}$ cm/sec

粘土を主体とする場合　$k_s=1\times10^{-6}$ cm/sec

を設定してもよい。

引用：「河川堤防の構造検討の手引き、H24.2、財団法人国土技術研究センター」p51 より



引用：「地盤材料試験の方法と解説、H21.11、社団法人地盤工学会」p450 より

図 2.52　透水係数の一般値

表 2.26　各地層の透水係数

土　層		推定値		一般値	採用値 (m/s)
		D_{20}(mm)	透水係数 (m/s)	透水係数 (m/s)	
Ac1	第一沖積粘性土層	-	-	1.00.E-08	1.00.E-08
As1	第一沖積砂質土層	0.018	2.86.E-07	1.00.E-04	3.00.E-07
Ac2	第二沖積粘性土層	-	-	1.00.E-08	1.00.E-08
As2	第二沖積砂質土層	0.163	5.08.E-05	1.00.E-04	5.00.E-05
Ag	第一沖積砂礫質層	0.411	4.45.E-04	1.00.E-02	4.00.E-04
Dc1	第一洪積粘性土層	-	-	1.00.E-08	1.00.E-08
Ds1	第一洪積砂質土層	0.087	1.17.E-05	1.00.E-04	1.00.E-05
Dg1	第一洪積砂礫質土層	0.566	9.45.E-04	1.00.E-02	9.00.E-04
Dc2	第二洪積粘性土層	-	-	1.00.E-08	1.00.E-08
Ds2	第二洪積砂質土層	0.049	3.01.E-06	1.00.E-04	3.00.E-06
Dc3	第三洪積粘性土層	-	-	1.00.E-08	1.00.E-08
Ds3	第三洪積砂質土層	0.152	4.30.E-05	1.00.E-04	4.00.E-05
Dc4	第四洪積粘性土層	-	-	1.00.E-08	1.00.E-08
Dg2	第二洪積砂礫質土層	-	-	1.00.E-02	1.00.E-02

※ハッチング部が採用値

(3) 単位体積重量

単位体積重量については、以下に示す方針に則り設定した。

- 湿潤密度試験を行っている土層は試験値を採用した。粘性土は湿潤重量と飽和重量を同値とし、飽和重量の四捨五入した値を採用値とした。
- 湿潤密度試験を行っていない土層は、層相および締り具合・コンシステンシー（表 2.28を参考とした）より、表 2.27に示す単位体積重量の一般値を湿潤単位体積重量γtとして設定した。
- 地下水位以深となる飽和単位体積重量γsat については、「道路土工－盛土工指針、H22.4、社団法人日本道路協会」に則り、以下の式で算出することとした。

飽和土（粘土層）：　$\gamma sat = \gamma t - 10 + \gamma w$

不飽和土（砂層）：　$\gamma sat = \gamma t - 9 + \gamma w$

（γw：水の単位体積重量＝10kN/m^3）

設定した各土層の単位体積重量を表 2.29に示す。

表 2.27　単位体積重量の一般的な値

種類		状態		単位体積重量 (kN/m^3)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	地盤工学会基準[注2]
盛土	礫および礫まじり砂	締め固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締め固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの		19	25	30 以下	{SF}
	粘性土	締め固めたもの		18	15	50 以下	{M}, {C}
	関東ローム	締め固めたもの		14	20	10 以下	{V}
自然地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	35	0	
	礫まじり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30 以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ）[注1]		18	25	50 以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）[注1]		17	20	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入）[注1]		16	15	15 以下	
	粘土およびシルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ）[注1]		17	20	50 以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）[注1]		16	15	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入）[注1]		14	10	15 以下	
	関東ローム			14	5(ϕ_u)	30 以下	{V}

注１）；N値の目安は次のとおりである。
固いもの（N＝８～15），やや軟らかいもの（N＝４～８），軟らかいもの（N＝２～４）
注２）；地盤工学会基準の記号は，およその目安である。

引用：「道路土工－盛土工指針、H22.5、社団法人日本道路協会」p101 より

表 2.28　N 値と砂の相対密度、粘土の相対稠度（コンシステンシー）の関係

N 値	砂の相対密度	N 値	粘土の相対稠度（ｺﾝｼｽﾃﾝｼｰ）
0～4	非常に緩い	0～2	非常に軟らかい
4～10	緩い	2～4	軟らかい
10～30	中位の	4～8	中位の
30～50	密な	8～15	硬い
50 以上	非常に密な	15～30	非常に硬い
		30 以上	固結した

表 2.29　各土層の単位体積重量

土層		試験値		一般値				採用値	
		γ_t kN/m^3	γ_{sat} kN/m^3	代表 N値	γ_t kN/m^3	γ_{sat} kN/m^3	備考（層相、締り具合等）	γ_t kN/m^3	γ_{sat} kN/m^3
Ac1	第一沖積粘性土層	18.4	18.5	1	16	16	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-粘性土-軟らかいもの	19	19
As1	第一沖積砂質土層	－	－	5	17	18	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-砂質土-密実でないもの	17	18
Ac2	第二沖積粘性土層	19.4	19.5	3	16	16	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-粘性土-軟らかいもの	20	20
As2	第二沖積砂質土層	－	－	11	17	18	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-砂質土-密実でないもの	17	18
Ag	第一沖積砂礫質層	－	－	14	18	19	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-礫-密実でないもの	18	19
Dc1	第一洪積粘性土層	17.9	17.9	4	17	17	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-粘性土-やや軟らかいもの	18	18
Ds1	第一洪積砂質土層	－	－	14	17	18	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-砂質土-密実でないもの	17	18
Dg1	第一洪積砂礫質土層	－	－	35	20	21	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-礫-密実なもの	20	21
Dc2	第二洪積粘性土層	－	－	14	18	18	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-粘性土-固いもの	18	18
Ds2	第二洪積砂質土層	－	－	55	19	20	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-砂質土-密実なもの	19	20
Dc3	第三洪積粘性土層	－	－	15	18	18	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-粘性土-固いもの	18	18
Ds3	第三洪積砂質土層	－	－	40	19	20	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-砂質土-密実なもの	19	20
Dc4	第四洪積粘性土層	－	－	10	18	18	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-粘性土-固いもの	18	18
Dg2	第二洪積砂礫質土層	－	－	80	20	21	文献:「道路土工－盛土工指針」自然地盤-礫-密実なもの	20	21

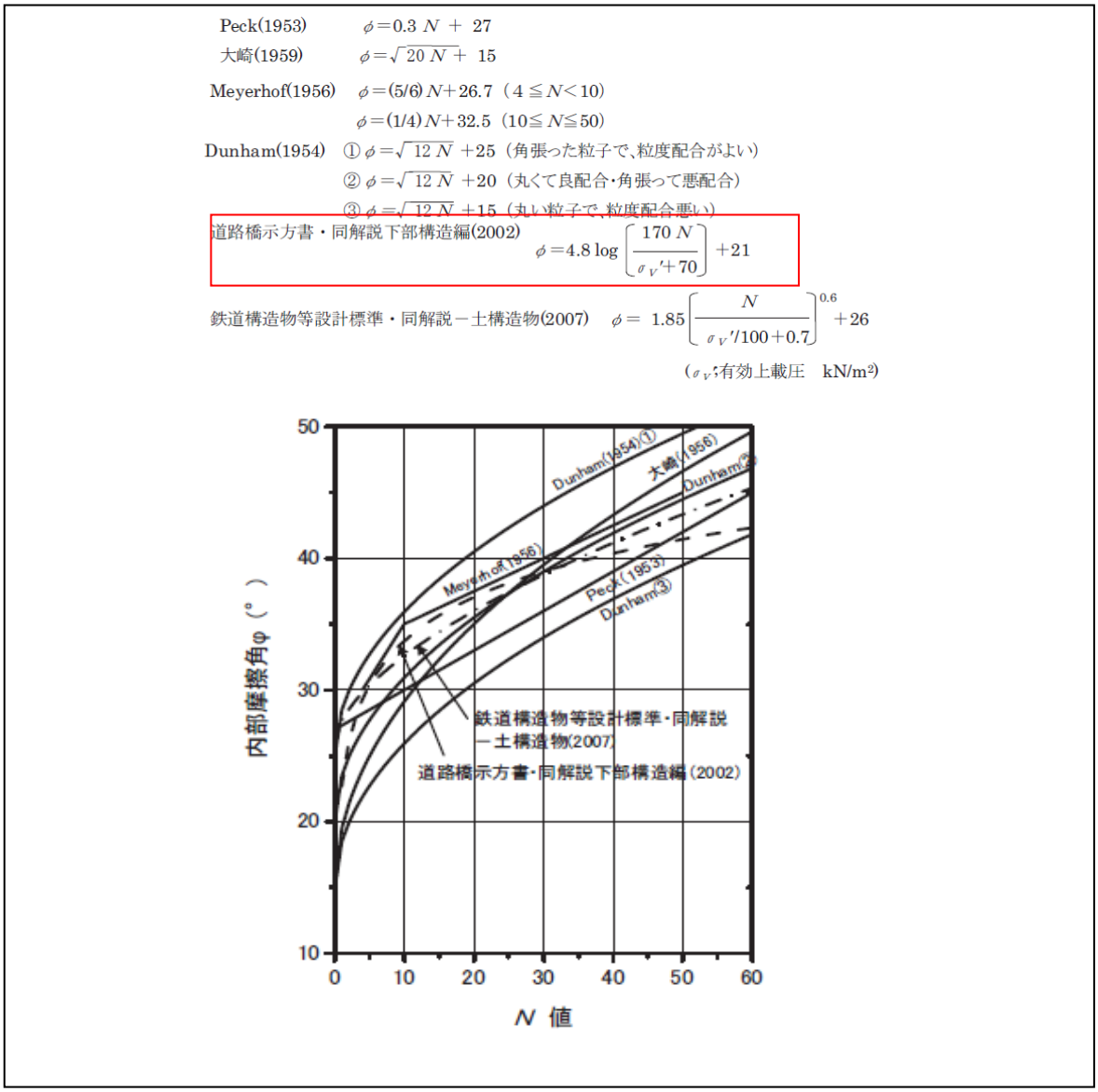
1）地下水位以下にある土の有効単位体積重量は，それぞれ表中の値から飽和土の場合は 10kN/m^3，不飽和土の場合は 9 kN/m^{3}を差し引いた値とする。

引用：「道路土工－盛土工指針、H22.4、社団法人日本道路協会」p.101-102 より

（4） 内部摩擦角および粘着力

強度定数の設定においては、以下に示す方針に基づき設定した。

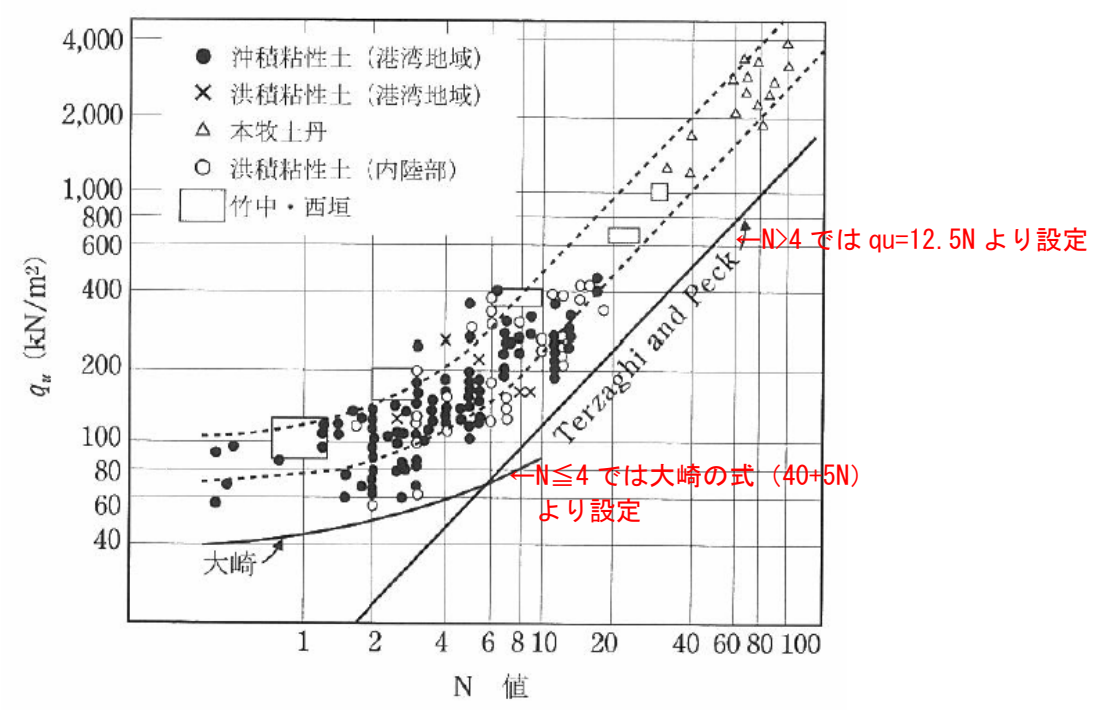
・ 砂質土については、粘着力 c=0kN/m² とした。内部摩擦角 φ については、N 値からの推定値より設定した。内部摩擦角の推定にあたっては、様々な推定式があるが、中間的な道路橋示方書の式（図 2.53）を用いる。各 N 値に対して内部摩擦角を算出し、平均値を採用した。ただし、データが 2 つの土層は最小値を採用値とした。なお、内部摩擦角の上限値は表 2.27に示す一般値の最大値である 40° とした。また、標準貫入試験を実施できなかった層については、一般値（表 2.27）から推定した。



引用：「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」p57、58 より

図 2.53 N 値と内部摩擦角の関係

・　粘性土（盛土 B も含む）については、内部摩擦角 ϕ=0° とした。粘着力 c の推定にあたっては、三軸圧縮試験を行った土層は試験値を採用値とした。試験を行っていない土層は図 2.54より、N 値が 4 より大きい地層については中間的な値となる Terzaghi and Peck の式(q_u=12.5N)を、N 値が 4 以下の地層については、大崎の式（q_u=40+5N）を用い、q_u/2 として求めた。なお、採用値は 5kN/m²、丸め下げとして設定した。



引用：「道路土工－軟弱地盤対策工指針、H24.10、社団法人日本道路協会」p45 より

図 2.54　一軸圧縮強さと N 値の関係

表 2.30　各土層の内部摩擦角

土層		推定値（道路橋示方書）				一般値			採用値
		データ数	内部摩擦角φ			代表N値	層相、締り具合	内部摩擦角	
			最小値	最大値	平均値				
Ac1	第一沖積粘性土層	-	-	-	-	1	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-軟らかいもの	0	0
As1	第一沖積砂質土層	2	30.4	33.7	32.1	5	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実でないもの	25	30
Ac2	第二沖積粘性土層	-	-	-	-	3	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-軟らかいもの	0	0
As2	第二沖積砂質土層	7	32.5	35.5	34.4	11	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実でないもの	25	34
Ag	第一沖積砂礫質層	20	31.8	38.2	35.2	14	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-礫-密実でないもの	35	35
Dc1	第一洪積粘性土層	-	-	-	-	4	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-やや軟らかいもの	0	0
Ds1	第一洪積砂質土層	11	31.9	37.1	34.0	14	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実でないもの	25	34
Dg1	第一洪積砂礫質土層	46	32.6	42.5	37.2	35	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-礫-密実なもの	40	37
Dc2	第二洪積粘性土層	-	-	-	-	14	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-固いもの	0	0
Ds2	第二洪積砂質土層	3	33.8	38.0	36.3	55	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実なもの	30	36
Dc3	第三洪積粘性土層	-	-	-	-	15	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-固いもの	0	0
Ds3	第三洪積砂質土層	2	33.0	33.8	33.4	40	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実なもの	30	33
Dc4	第四洪積粘性土層	-	-	-	-	10	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-固いもの	0	0
Dg2	第二洪積砂礫質土層	6	35.8	38.0	36.9	80	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-礫-密実なもの	40	36

※黄色ハッチング部は採用値

表 2.31　各土層の粘着力

土 層		試験値 (kN/m^2)	推定値		一般値		採用値
			代表N値	推定値 (kN/m^2)	層相、締り具合	粘着力 (kN/m^2)	
Ac1	第一沖積粘性土層	22.9	1	22.5	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-軟らかいもの	15以下	20
As1	第一沖積砂質土層	－	5	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実でないもの	0	0
Ac2	第二沖積粘性土層	74.0	3	27.5	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-軟らかいもの	15以下	70
As2	第二沖積砂質土層	－	11	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実でないもの	0	0
Ag	第一沖積砂礫質層	－	14	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-礫-密実でないもの	0	0
Dc1	第一洪積粘性土層	48.2	4	30.0	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-やや軟らかいもの	30以下	45
Ds1	第一洪積砂質土層	－	14	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実でないもの	0	0
Dg1	第一洪積砂礫質土層	－	35	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-礫-密実なもの	0	0
Dc2	第二洪積粘性土層	－	14	87.5	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-固いもの	50以下	85
Ds2	第二洪積砂質土層	－	55	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実なもの	0	0
Dc3	第三洪積粘性土層	－	15	93.8	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-固いもの	50以下	90
Ds3	第三洪積砂質土層	－	40	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-砂質土-密実なもの	0	0
Dc4	第四洪積粘性土層	－	10	62.5	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-粘性土-固いもの	50以下	60
Dg2	第二洪積砂礫質土層	－	80	－	文献:「道路土工－盛土工指針」 自然地盤-礫-密実なもの	0	0

※黄色ハッチング部は採用値

(5) 変形係数

変形係数については、表 2.32を参考に N 値からの推定値とした。ただし、N 値 50 以上の地層は N 値=50 として変形係数の推定を行った。

各土層の変形係数を表 2.33に示す。

表 2.32　変形係数 E_0 と α

変形係数 E_0 の推定方法	地盤反力係数の換算係数 α	
	常時，暴風時	地震時
直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸圧縮試験又は三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の N 値より E_0=2,800N で推定した変形係数	1	2

引用：「道路橋示方書Ⅳ下部構造編、H24.3、社団法人日本道路協会」p285 より

表 2.33　各土層の変形係数

地　層		N値からの推定				設定E0 (MN/m2)
		代表N値	2800N	α	E0 (kN/m2)	
Ac1	第一沖積粘性土層	1	2,800	1	2,800	2.8
As1	第一沖積砂質土層	5	14,000	1	14,000	14.0
Ac2	第二沖積粘性土層	3	8,400	1	8,400	8.4
As2	第二沖積砂質土層	11	30,800	1	30,800	30.8
Ag	第一沖積砂礫質層	14	39,200	1	39,200	39.2
Dc1	第一洪積粘性土層	4	11,200	1	11,200	11.2
Ds1	第一洪積砂質土層	14	39,200	1	39,200	39.2
Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	98,000	1	98,000	98.0
Dc2	第二洪積粘性土層	14	39,200	1	39,200	39.2
Ds2	第二洪積砂質土層	55	140,000	1	140,000	140.0
Dc3	第三洪積粘性土層	15	42,000	1	42,000	42.0
Ds3	第三洪積砂質土層	40	112,000	1	112,000	112.0
Dc4	第四洪積粘性土層	10	28,000	1	28,000	28.0
Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	140,000	1	140,000	140.0

2.6.2. 支持地盤の設定

一般的な支持地盤の目安について、「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編」に以下の記述がある。

本業務調査範囲における支持地盤については、N 値 30 以上が良好に確認された第一洪積礫質土層（Dg1 層）である。

> 一般的な支持層の目安について，以下に示す。
> i) 粘性土層は砂質土層に比べて大きな支持力が期待できず，沈下量も大きい場合が多いため支持層とする際には十分な検討が必要であるが，N 値が 20 程度以上（一軸圧縮強度 q_u が 0.4N/mm^2 程度以上）あれば支持層と考えてよい。
> ii) 砂層，砂れき層は N 値が 30 程度以上あれば支持層と考えてよい。ただし，砂れき層ではれきをたたいて N 値が過大に出る傾向があるので，支持層の決定には十分な注意が必要である。

引用：「道路橋示方書（Ⅳ下部構造編）、H29.11、日本道路協会」p.177-178 より

一方、建築基準での支持層は以下に示す記述がある。

本業務調査範囲における支持地盤については、N 値 50 以上が良好に確認された第二洪積礫質土層（Dg2 層）である。

> 支持層の目安は砂質土，礫質土では N 値 50（または 60）以上，粘性土では 20～30 以上とすることが多いが，地盤条件や建物の要求性能，想定される複数の基礎形式を勘案して設計者が適切に判断する．なお，粘性土ではサンプリング試料を用いた室内土質試験により強度・変形特性（2.3.8 項参照）を確認することが望ましい．

引用：「建築基礎設計のための地盤調査計画指針、H21.11、日本建築学会」p.24-25 より

各地質推定断面図での支持地盤面は図 2.55～図 2.60に示す通りである。

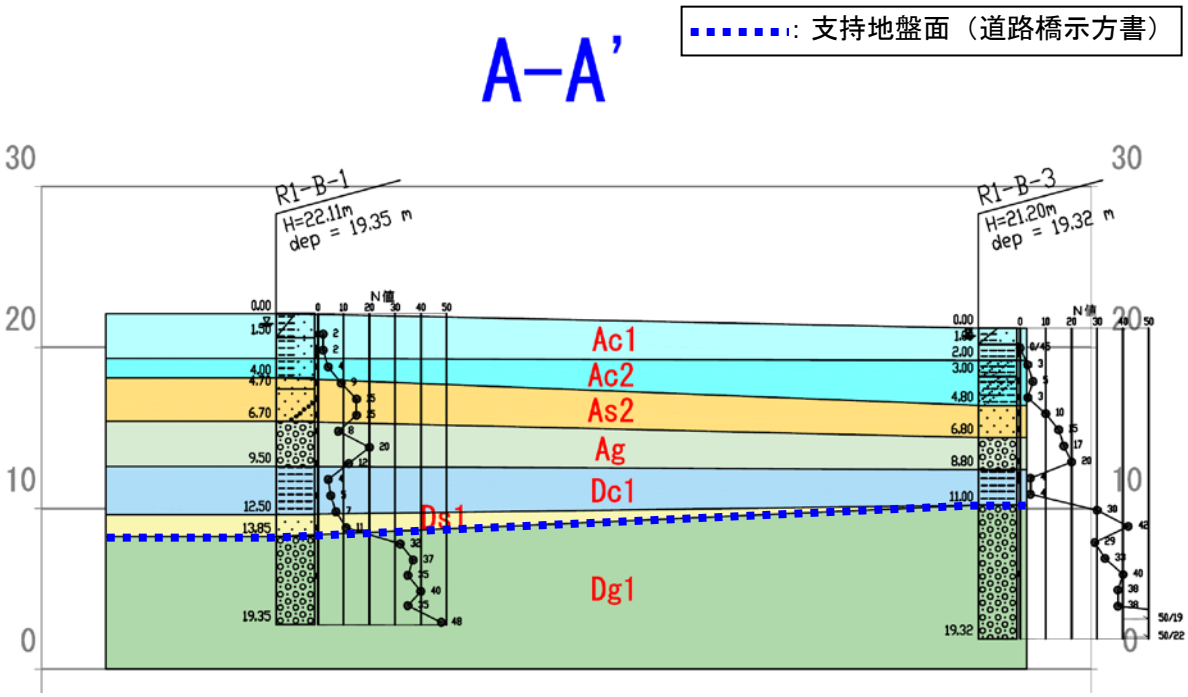


図 2.55　支持地盤面（A-A’断面）

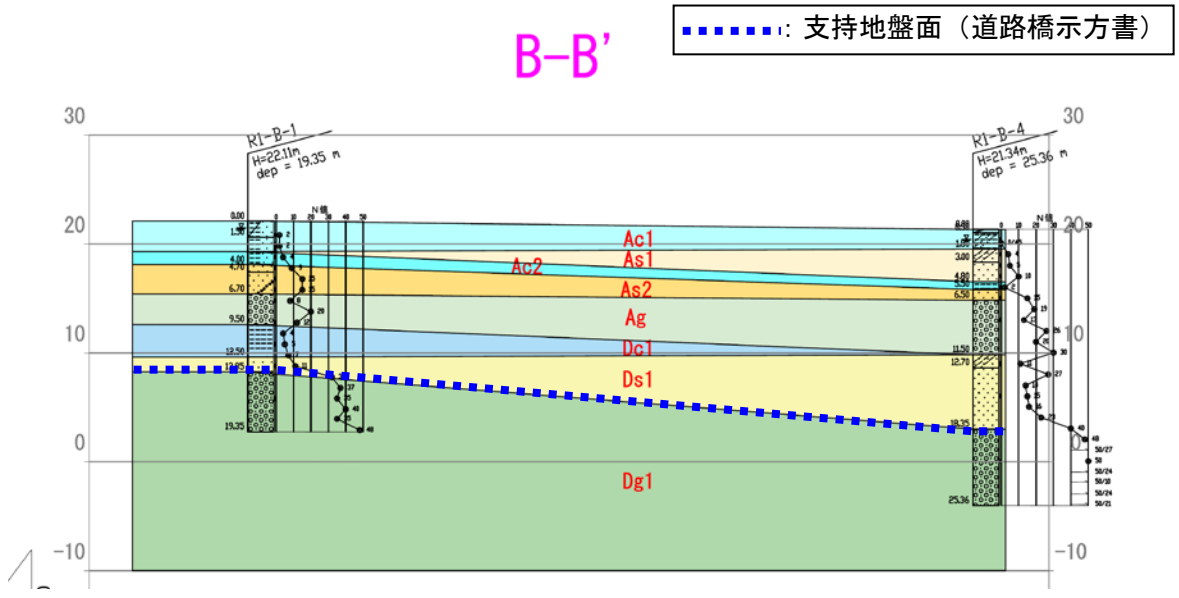


図 2.56　支持地盤面（B-B’断面）

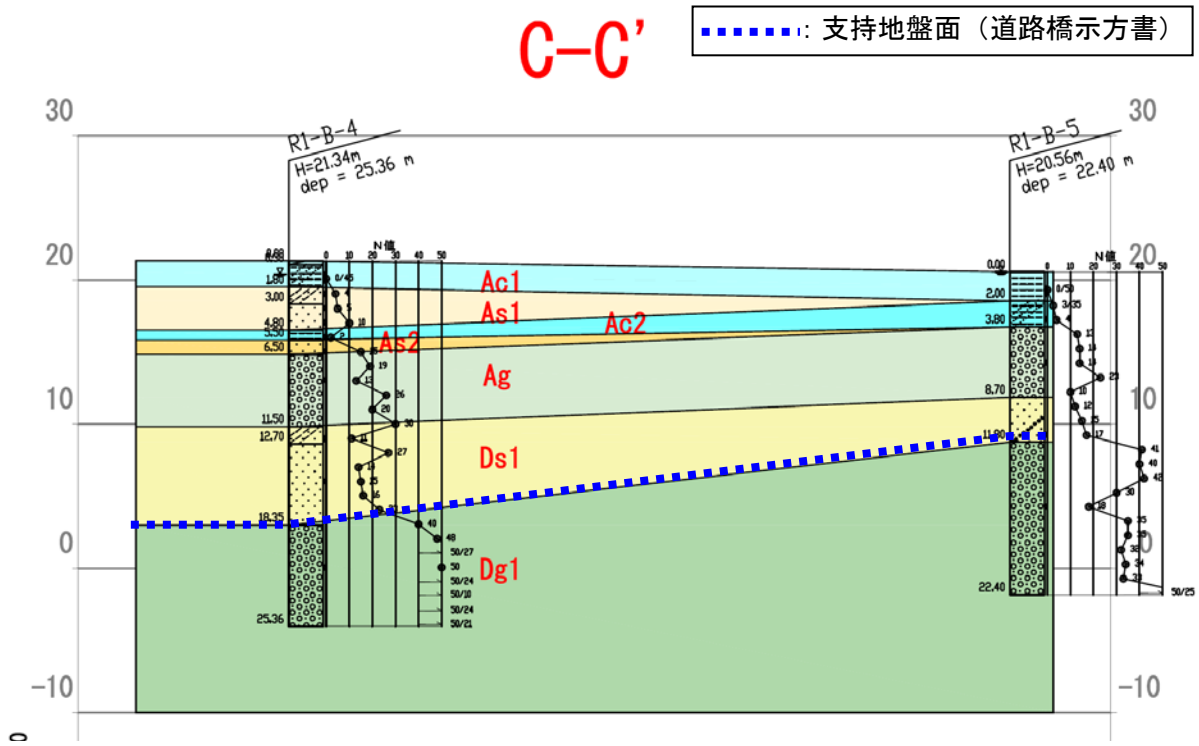


図 2.57　支持地盤面（C-C’ 断面）

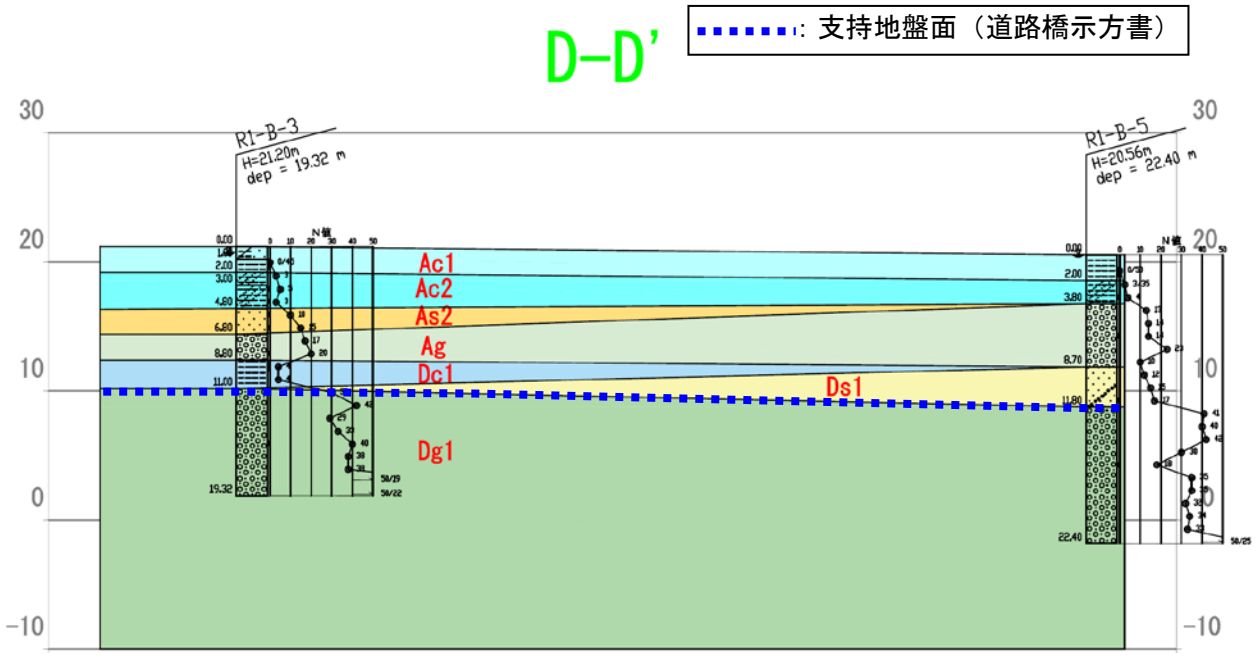


図 2.58　支持地盤面（D-D’ 断面）

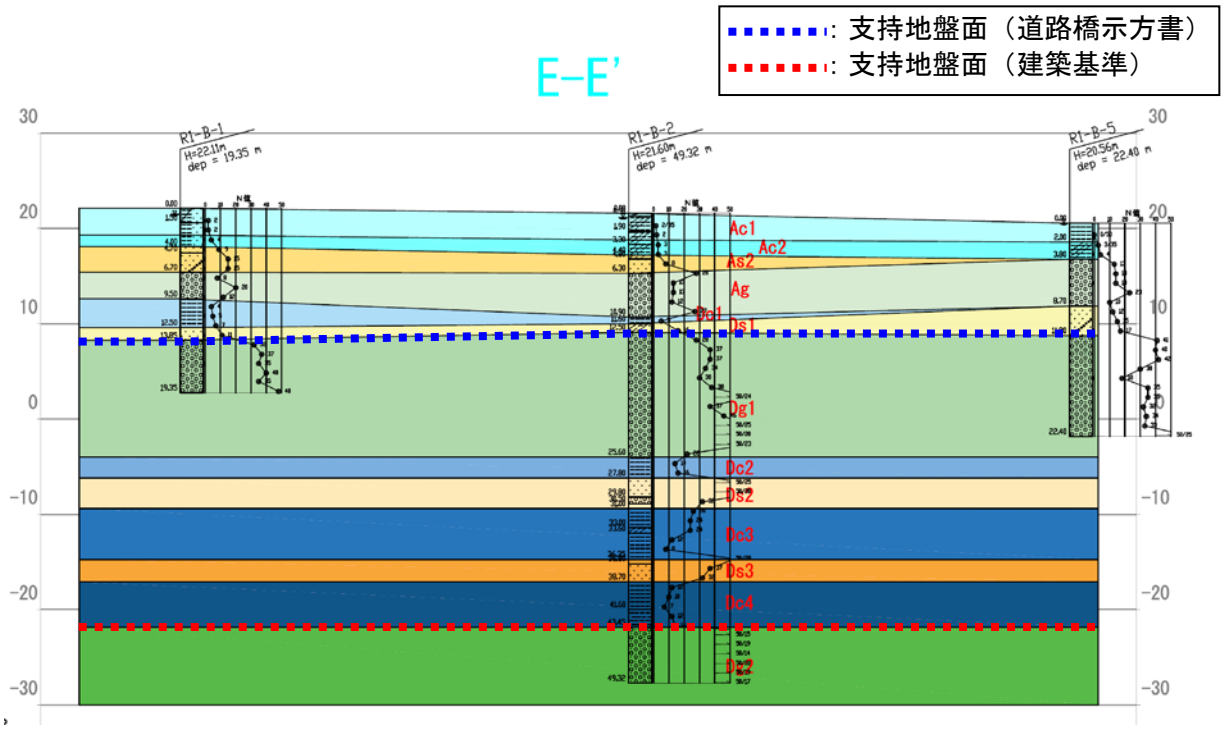


図 2.59　支持地盤面（E-E' 断面）

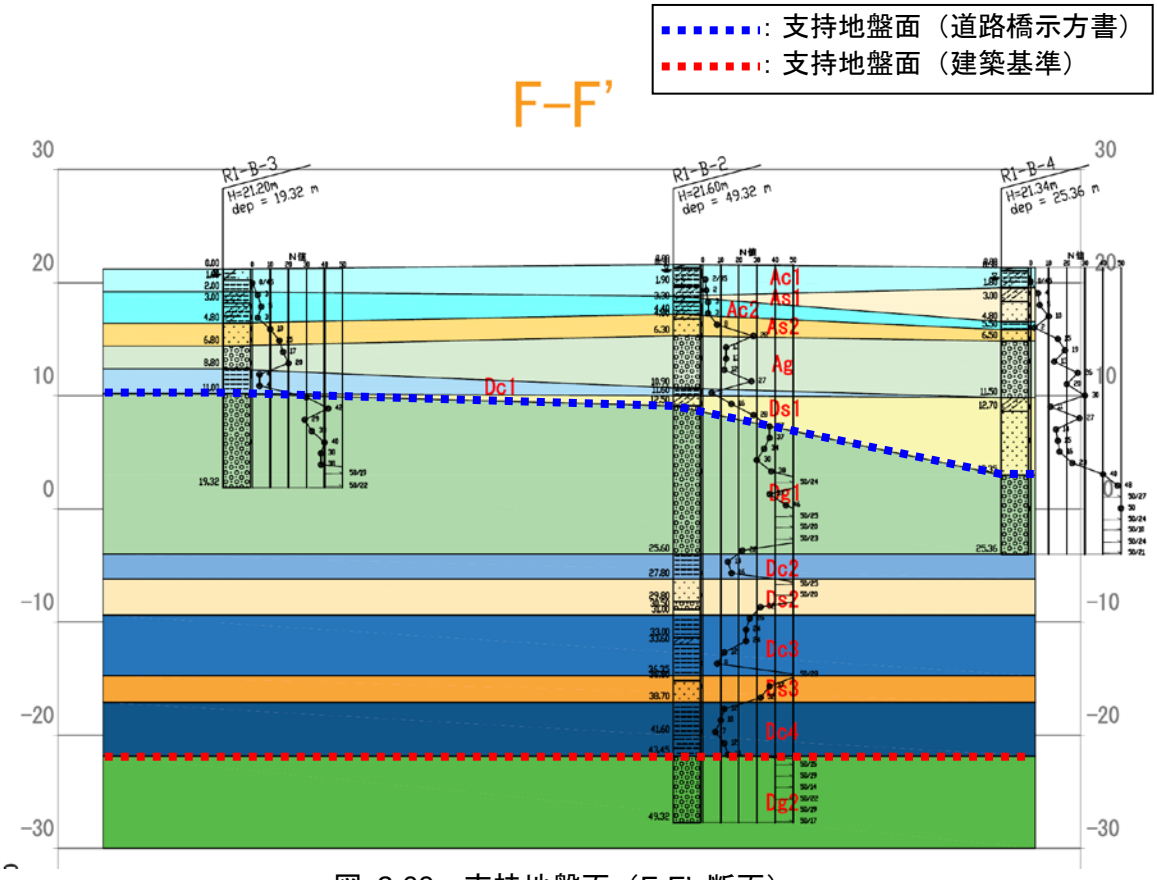


図 2.60　支持地盤面（F-F' 断面）

2.6.3. 調査結果に基づく設計・施工上の留意点

(1)　地盤沈下について

圧密試験結果より、今回試験を行った原地盤の粘性土（Ac1 層、Ac2 層、Dc1 層）はいずれも過圧密領域にあることが確認された。当該エリアには盛土の施工が計画されており、盛土荷重が大きい場合、正規圧密領域への遷移により圧密沈下が大きくなる可能性が考えられる。特に表層の Ac1 層は、正規圧密領域までの有効土被り圧が予定している盛土の圧力増分よりも小さい地点が存在するため、Ac1 層を中心に盛土施工による沈下量が増大する可能性が考えられる。

(2)　液状化について

以下の 3 つの条件全てに該当する沖積の飽和砂質土層は、地震時に構造物に影響を与える液状化が生じる可能性がある。各土層の液状化の可能性について、柱状図（図 2.10～図 2.15）および粒度試験の結果（表 2.14）より整理したものを表 2.34に示す。ここでは、以下の条件にあてはまる試験値を赤色で記しており、粘土層および洪積層は検討対象から除外している。表 2.34により、当該エリアでは As1 層、As2 層、Ag 層が以下の条件に該当しているため、地震時の液状化発生が懸念される。

- 地下水位が地表面から 10m 以内にあり、かつ地表面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層
- 細粒分含有率が 35%以下の土層、または細粒分含有率が 35%を超えても塑性指数が 15 以下の土層
- 50%粒径が 10mm 以下で、かつ 10%粒径が 1mm 以下である土層

引用：「道路土工－軟弱地盤対策工指針、H24.8、社団法人日本道路協会」p.166 より

表 2.34　各土層の液状化の可能性

土層	深度	試料名	細粒分含有率 Fc (%)	塑性指数 Ip	50%粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	液状化の可能性
Ac1	0.0～3.3m	1P-1(1.15～1.45m)	69.7	17.2	0.021	-	無
		1T-1(2.00～2.80m)	95.6	18.7	0.01	-	
		2P-2(2.15～2.45m)	69.7	8	0.053	-	
		2T-1(0.50～1.25m)	88	21.4	0.011	-	
		3T-1(1.00～1.80m)	99.4	27.3	-	-	
		4T-1(0.80～1.50m)	90	15.9	0.021	0.005	
		5T-1(1.00～1.70m)	99	19.9	0.012	-	
As1	1.8～4.8m	4P-2(2.15～2.45m)	67.8	8	0.054	-	有
		4P-3(3.15～3.45m)	47.3	NP	0.081	0.005	
		4P-4(4.15～4.45m)	24.1	-	0.169	0.004	
Ac2	2.0～5.5m	1P-3(3.15～3.45m)	76.6	13.4	0.027	-	無
		2P-3(3.15～3.45m)	95.2	13.9	0.017	-	
		2T-2(3.50～4.40m)	76.3	10.5	0.033	-	
		3P-3(3.15～3.45m)	66.6	9.3	0.044	-	
		3P-4(4.15～4.45m)	57.1	5.5	0.064	0.002	
		4P-5(5.15～5.45m)	92.4	25	0.01	-	
		5P-3(3.15～3.45m)	76.3	10.2	0.042	-	
As2	4.0～6.8m	1P-4(4.15～4.45m)	20	-	0.239	0.005	有
		1P-5 (5.15～5.45m)	8.2	-	0.71	0.124	
		1P-6 (6.15～6.45m)	18.9	-	0.267	0.006	
		2P-5(5.15～5.45m)	14.6	-	0.321	0.033	
		3P-5(5.15～5.45m)	10.6	-	0.238	0.065	
		3P-6(6.15～6.45m)	6.4	-	0.588	0.147	
		4P-6(6.15～6.45m)	9.7	-	0.533	0.083	
Ag	3.8～11.5m	1P-7(7.15～7.45m)	11.2	-	0.468	0.043	有
		1P-9(9.15～9.45m)	11.7	-	1.552	0.038	
		2P-6(6.15～6.45m)	10.2	-	0.81	0.071	
		2P-8(8.15～8.45m)	6	-	2.722	0.271	
		3P-8(8.15～8.45m)	3.8	-	5.156	0.295	
		4P-8(8.15～8.45m)	4.4	-	7.796	0.491	
		5P-6(6.15～6.45m)	4.2	-	4.439	0.301	
Dc1	8.8～12.5m	1P-11 (11.15～11.45m)	98.8	25.9	0.004	-	無
		2P-11(11.15～11.45m)	84.5	19.7	0.007	-	
		3T-2(9.00～9.65m)	98.8	24.6	0.004	-	
Ds1	8.7～18.35m	1P-13 (13.15～13.45m)	23.5	-	0.149	0.006	無
		2P-12(12.15～12.45m)	38.2	NP	0.132	0.003	
		4P-12(12.15～12.45m)	84.5	24.5	0.008	-	
		4P-15(15.15～15.45m)	8.6	-	0.307	0.1	
		5P-11(11.15～11.45m)	7.3	-	3.194	0.143	
Dg1	11.0～25.6m	1P-16(16.15～16.45m)	7.6	-	5.065	0.147	無
		2P-18(18.15～18.45m)	9.1	-	3.888	0.097	
		3P-15(15.15～15.45m)	9.5	-	3.1	0.086	
		4P-21(21.15～21.45m)	10.1	-	4.085	0.073	
		5P-16(16.15～16.45m)	5	-	12.819	0.505	
Dc2	25.6～27.8m	2P-27(27.15～27.45m)	97.7	15.6	0.012	-	無
Ds2	27.8～31.0m	2P-29(29.15～29.35m)	23.7	-	0.203	0.009	無
Dc3	31.0～36.35m	2P-35(35.15～35.45m)	97.3	40.2	0.01	-	無
Ds3	36.35～38.7m	2P-37(37.15～37.45m)	11.7	-	0.397	0.054	無
Dc4	38.7～43.35m	2P-41(41.15～41.45m)	94.7	34.6	0.007	-	無

(3)　地盤破壊について

表層の Ac1 層は非常に軟らかい粘土層であり、その下層に堆積する As1 層および Ac2 層はそれぞれ緩い砂層、軟らかいに粘土層に分類されるため、盛土の施工によって地盤のすべり破壊が発生する可能性が考えられる。地震発生時には、As1 層の液状化による強度低減も懸念される。

(4) 構造物の支持力について

道路橋示方書に則った支持地盤の目安を参考にすると、N 値 30 以上が良好に確認された Dg1 層を支持地盤と考えられる。Dg1 層は地表面から約 10～18m の深さに位置し、北東端（R1-B-4）が最も深く、北東～東側に傾斜して分布している。

一方で「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」に則った支持地盤の目安を参考にすると、N 値 50 以上が良好に確認された Dg2 層を支持地盤として考えられる。Dg2 層は、R1-B-2 において地表面から 40m 程度の深さに分布している。

(5) トラフィカビリティについて

表層が軟弱な粘土層であるため、建設機械の走行により土の強度が低下し走行が不可能となる可能性がある。安定走行に必要となるトラフィカビリティの指標としてコーン指数が用いられ、それぞれの建設機械の走行に求められるコーン指数は表 2.35に示すとおりである。

なお、コーン指数 qc は一軸圧縮強さ qu と相関があるため、以下の式より qu から qc を推定する。

$$q_c \fallingdotseq 5q_u$$
$$= 10c_u$$

ここに,

q_u：一軸圧縮強さ（kN/m²）

引用：「地盤調査の方法と解説、H25.3、社団法人地盤工学会」p.342 より

表層の Ac1 層の粘着力は表 2.31より c＝20kN/m²であり、コーン指数は 200kN/m²と推定される。したがって、当該エリアの建設機械として超湿地ブルドーザーを用いるか、敷砂や敷鉄板等を敷設してトラフィカビリティを確保する必要がある。

表 2.35　建設機械の走行に必要なコーン指数

建設機械の種類	建設機械の接地圧 (kN/m²)	コーン指数 q_c (kN/m²)
超湿地ブルドーザ	15～23	200 以上
湿地ブルドーザ	22～43	300 以上
普通ブルドーザ(15 t 級)	50～60	500 以上
普通ブルドーザ(21 t 級)	60～100	700 以上
スクレープドーザ	41～56(27)	600 以上 (超湿地型は 400 以上)
被けん引式スクレーパ（小型）	130～140	700 以上
自走式スクレーパ（小型）	400～450	1,000 以上
ダンプトラック	350～550	1,200 以上

引用：「道路土工要綱、H21.6、社団法人日本道路協会」p.287 より

3. 軟弱地盤技術解析

3.1. 現地踏査

現地踏査結果を図 3.1 に示す。

- 計画地およびその周辺は田畑として利用されており、2 本の国道が交差する場所に位置している。
- 北側に国道 125 号線（行田バイパス）、南西側に国道 17 号線（熊谷バイパス）が通っており、計画地との境界には擁壁が設置されている。
- 東側および南東側に農業用水路が設置されている。



図 3.1　調査区域の現地状況

3.2. 解析計画

3.2.1. 解析条件

軟弱地盤技術解析の解析条件を表 3.1 に示す。詳細な設定根拠は次頁以降に示す。

なお、道の駅の施設は道路施設であるため「道路土工-軟弱地盤対策工指針-」や「道路土工-盛土工指針-」等に準拠し、解析条件を設定した。

表 3.1　解析条件一覧

項　　目		状態	細目	採用項目及び採用値	備考
検討条件	重要度	―	―	重要度 1	
	要求性能	常時	施工時・供用時	性能 1	
		地震時	レベル 1 地震動 レベル 2 地震動	性能 1 性能 2	
	地下水位	―	―	ボーリング孔内水位	
	地盤定数	―	―	地質調査結果から設定	
	盛土の定数	―	―	単位体積重量 19kN/m^3, 粘着力 c=0kN/m^2, 内部摩擦角 ϕ=30°	一般値（道路土工-盛土工指針）
	盛土の施工速度	―	―	5cm／day	
	盛土天端に作用する載荷重	常時	盛土直後（施工時）	10kN/m^2 考慮	
			供用後		
		地震時	レベル 1 地震動 レベル 2 地震動	考慮しない	
		液状化時	レベル 1 地震動 レベル 2 地震動	考慮しない	
地盤圧密	盛土の許容残留沈下量	常時	盛土中央部で 10～30 cm	3 年間で 10cm 以下	粘土層：e-logP 法 砂質土層：B.K.Hough 法
地盤破壊 地盤液状化	盛土破壊に対する 許容安全率	常時	盛土直後（施工時）	Fs＞1.10	修正フェレニウス法 （地震時：kh 法、液状化時：ΔU 法）
			供用後	Fs＞1.25	
		地震時	レベル 1，レベル 2	Fs＞1.00	
		液状化時	レベル 1，レベル 2	Fs＞1.00	
	圧密による強度増加	常時	盛土直後（施工時）	考慮しない	
			供用後	考慮する	
		地震時	レベル 1 地震動 レベル 2 地震動	考慮する	
	地盤種別	―	―	Ⅲ種地盤	
	地域別補正係数	―	地域 A（強震帯地域）	Cz：1.0	
	設計水平震度	すべり計算時	―	L1：0.12	
		液状化判定時		L1：0.18	

3.2.1.1 重要度

(1)　要求性能の水準

「道路土工－軟弱地盤対策工指針、H24.8、社団法人日本道路協会」によると、道路の重要度は以下の通り区分される。当該施設は性質上断続的な人の出入りが考えられること、防災拠点の施設としての活用も検討されていることから、重要度 1 とした。

【重要度】

重要度 1 : 万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは隣接する施設に重大な影響を与える場合

重要度 2 : 上記以外の場合

(2)　土工構造物への要求性能および性能照査項目

土工構造物の要求性能は、想定する作用と土工構造物の重要度に応じて要求性能の水準から適切に設定することとしている。軟弱地盤上の土工構造物の要求性能を以下に示す。

【要求性能】

性能 1 : 想定する作用によって土工構造物としての健全性を損なわない性能

性能 2 : 想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、機能の回復が速やかに行い得る性能

性能 3 : 想定する作用による損傷が土工構造物として致命的とならない性能

表 3.2　軟弱地盤上の土構造物の要求性能の例

		重要度1	重要度2
常時の作用		性能1	性能1
降雨時の作用		性能1	性能1
地震動の作用	レベル1地震動	性能1	性能2
	レベル2地震動	性能2	性能3

表 3.3　土工構造物の要求性能に対する限界状態と照査項目

要求性能	盛土の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査手法
性能1	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が盛土の機能を確保できる限界の状態	基礎地盤	基礎地盤の力学状態に大きな変化が生じず、盛土、路面から要求される変位にとどまる限界の状態	変形	変形照査
				安定	安定照査
		盛土	盛土の力学状態に大きな変化が生じず、かつ路面から要求される変位にとどまる限界の状態	変形	変形照査
				安定	安定照査
性能2	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が復旧を容易に行い得る限界の状態	基礎地盤	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		盛土	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	変形	変形照査
性能3	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る限界の状態	基礎地盤	隣接する施設へ甚大な影響をあたえるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		盛土	隣接する施設へ甚大な影響をあたえるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査

3.2.1.2 盛土の地盤定数

盛土の地盤定数は、「道路土工－盛土工指針、H22.5、社団法人日本道路協会」に示される一般値（表 3.4）を用いた。盛土材料は分級された砂を想定し、表 3.4 より単位体積重量 $\gamma t=19kN/m^3$、内部摩擦角 $\phi=30^\circ$ 、粘着力 $c=0kN/m^2$ とした。

表 3.4　単位体積重量の一般的な値

種類		状態		単位体積重量 (kN/m³)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m²)	地盤工学会基準[注2]
盛土	礫および礫まじり砂	締め固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締め固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの		19	25	30 以下	{SF}
	粘性土	締め固めたもの		18	15	50 以下	{M}, {C}
	関東ローム	締め固めたもの		14	20	10 以下	{V}
自然地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	35	0	
	礫まじり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30 以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ）[注1]		18	25	50 以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）[注1]		17	20	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入）[注1]		16	15	15 以下	
	粘土およびシルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ）[注1]		17	20	50 以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）[注1]		16	15	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入）[注1]		14	10	15 以下	
	関東ローム			14	5(ϕ_u)	30 以下	{V}

注１）；N 値の目安は次のとおりである。
固いもの（$N=8\sim15$），やや軟らかいもの（$N=4\sim8$），軟らかいもの（$N=2\sim4$）
注２）；地盤工学会基準の記号は，およその目安である。

引用：「道路土工－盛土工指針、H22.5、社団法人日本道路協会」p101 より

3.2.1.3 基礎地盤の地盤定数

基礎地盤の地盤定数は総合解析とりまとめで設定した地盤定数と同様とした。

表 3.5　基礎地盤の地盤定数

地層		代表N値	透水係数k (m/s)	単位体積重量		強度定数	
				湿潤重量 γt (kN/m^3)	飽和重量 γsat (kN/m^3)	粘着力c (kN/m^2)	内部摩擦角ϕ (°)
Ac1	第一沖積粘性土層	1	1.00.E-10	19	19	20	0
As1	第一沖積砂質土層	5	3.00.E-07	17	18	0	30
Ac2	第二沖積粘性土層	3	1.00.E-10	20	20	70	0
As2	第二沖積砂質土層	11	5.00.E-05	17	18	0	34
Ag	第一沖積砂礫質層	14	4.00.E-04	18	19	0	35
Dc1	第一洪積粘性土層	4	1.00.E-10	18	18	45	0
Ds1	第一洪積砂質土層	14	1.00.E-05	17	18	0	34
Dg1	第一洪積砂礫質土層	35	9.00.E-04	20	21	0	37
Dc2	第二洪積粘性土層	14	1.00.E-10	18	18	85	0
Ds2	第二洪積砂質土層	55	3.00.E-06	19	20	0	36
Dc3	第三洪積粘性土層	15	1.00.E-10	18	18	90	0
Ds3	第三洪積砂質土層	40	4.00.E-05	19	20	0	33
Dc4	第四洪積粘性土層	10	1.00.E-10	18	18	60	0
Dg2	第二洪積砂礫質土層	80	1.00.E-03	20	21	0	36

3.2.1.4 盛土の施工速度

計算に用いる盛土施工速度は、「道路土工-軟弱地盤対策工指針」に示される施工速度（表3.6）を参考とした。当該地区は調査結果より、一般的な粘性土地盤のため、盛土の施工速度は5cm/日を想定した。

表 3.6　盛土の施工速度

地盤条件	盛土速度（cm/日）
厚い粘性土地盤及び黒泥，または，有機質土が厚く堆積した泥炭地盤	3
普通の粘性土地盤	5
薄い粘性土地盤及び黒泥，または，有機質土をほとんど挟まない薄い泥炭地盤	10

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.138 より

3.2.1.5 盛土天端に作用する載荷荷重

盛土天端に作用する載荷荷重は「道路土工-軟弱地盤対策工指針」に示される荷重の組み合わせに準拠した。

表 3.7　荷重の組み合わせ

想定する作用	荷重状態	考慮する荷重
常時の作用	施 工 時	自重（＋載荷重）
	供 用 時	自重（＋載荷重）
地震動の作用	レベル１地震動時	自重＋地震の影響
	レベル２地震動時	自重＋地震の影響

（ ）内のものは施工条件，土工構造物の安定性への影響度合等を踏まえて必要に応じて考慮する

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.106 より

施工時および供用時に考慮する載荷荷重（交通荷重や施工荷重）は10kN/m^{2}とした。

載荷重は，構造物の種類，自動車交通状況や施工状況を考慮して適切に設定するものとする。

盛土，擁壁の安定性の検討で交通荷重や施工荷重を考慮する場合には，載荷重として10kN/m^{2}を用いてよい。

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.106 より

3.2.1.6 解析断面

軟弱地盤技術解析を実施する解析断面は図 3.2 に示すように、造成高が最も高い（標高 24.14m）を通過する東西方向および南北方向の計 2 断面の検討を行った。解析断面位置における地質断面図は図 3.3 に示す通りである。なお、地盤破壊検討は法面処理もしくは擁壁処理などが必要な東側端部および南側端部のみの検討とした。

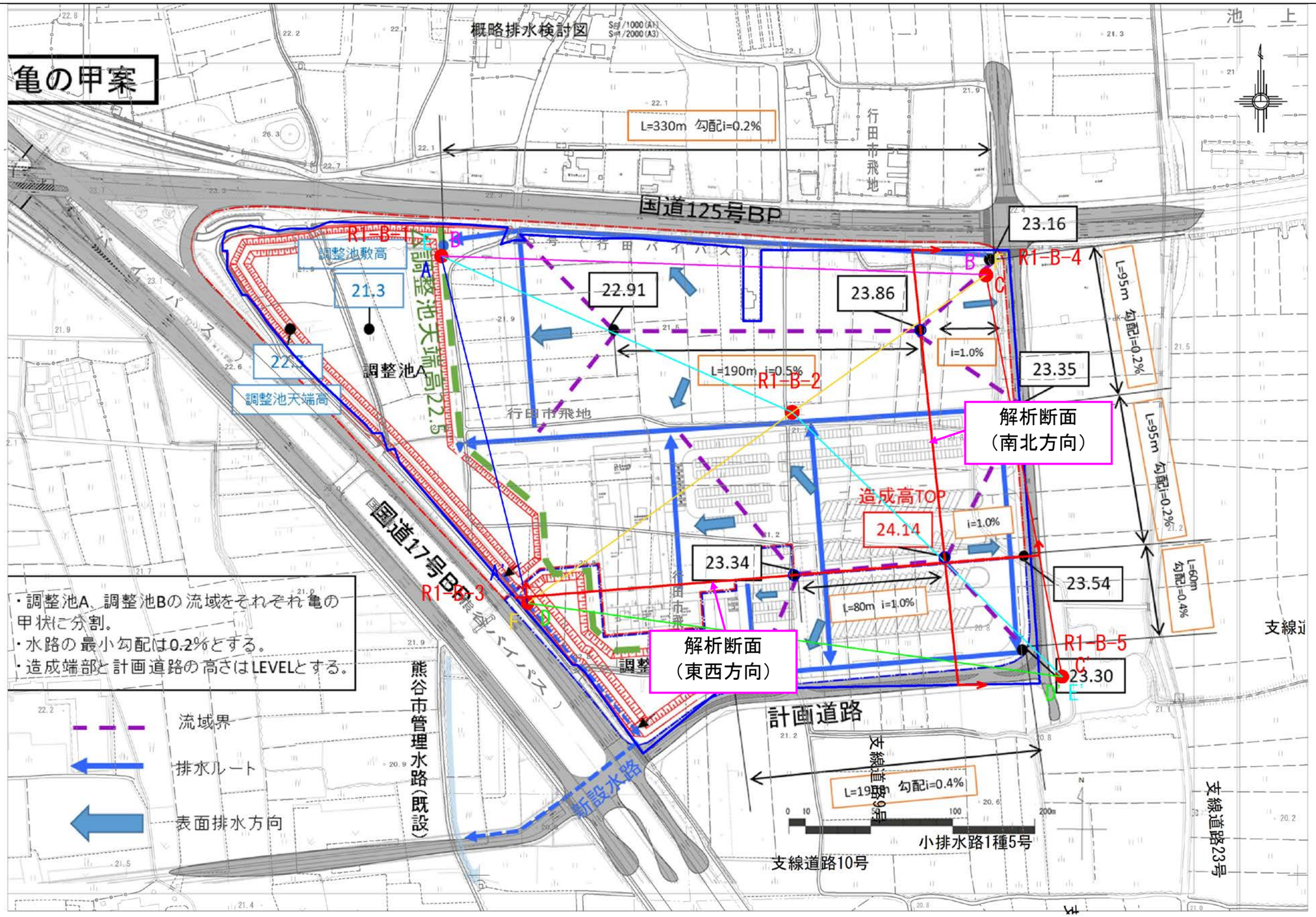
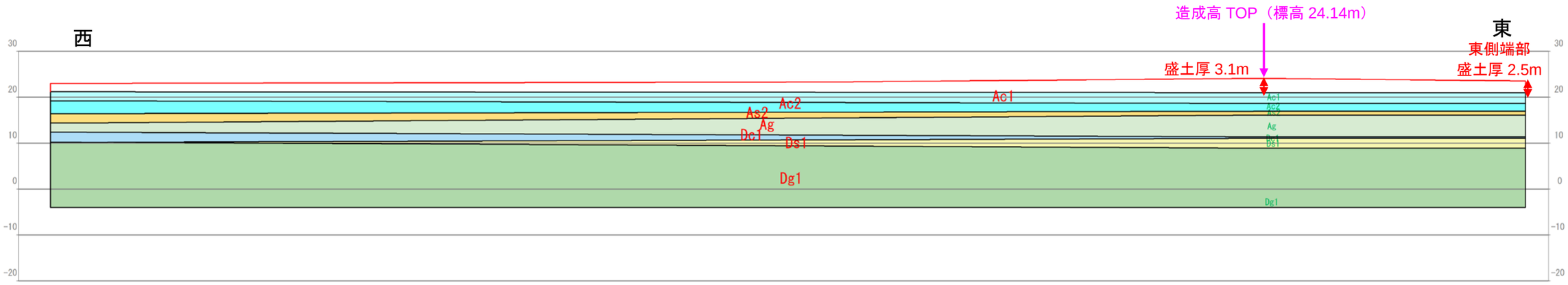

亀の甲案
概略排水検討図
L=330m 勾配i=0.2%
国道125号BP
行田市飛地
23.16
R1-B-4
L=95m 勾配i=0.2%
22.91
23.86
i=1.0%
23.35
L=190m i=0.5%
R1-B-2
解析断面
（南北方向）
調整池敷高
21.3
調整池A
22.5
調整池天端高
調整池天端高22.5
行田バイパス
造成高TOP
24.14
i=1.0%
23.34
23.54
L=80m i=1.0%
L=60m
勾配i=0.4%
R1-B-3
R1-B-5
23.30
解析断面
（東西方向）
・調整池A、調整池Bの流域をそれぞれ亀の甲状に分割。
・水路の最小勾配は0.2%とする。
・造成端部と計画道路の高さはLEVELとする。
流域界
排水ルート
表面排水方向
熊谷市管理水路（既設）
新設水路
計画道路
支線道路9号
L=190m 勾配i=0.4%
小排水路1種5号
支線道路10号
支線道路23号
池上

図 3.2　解析断面位置図

東西



南北

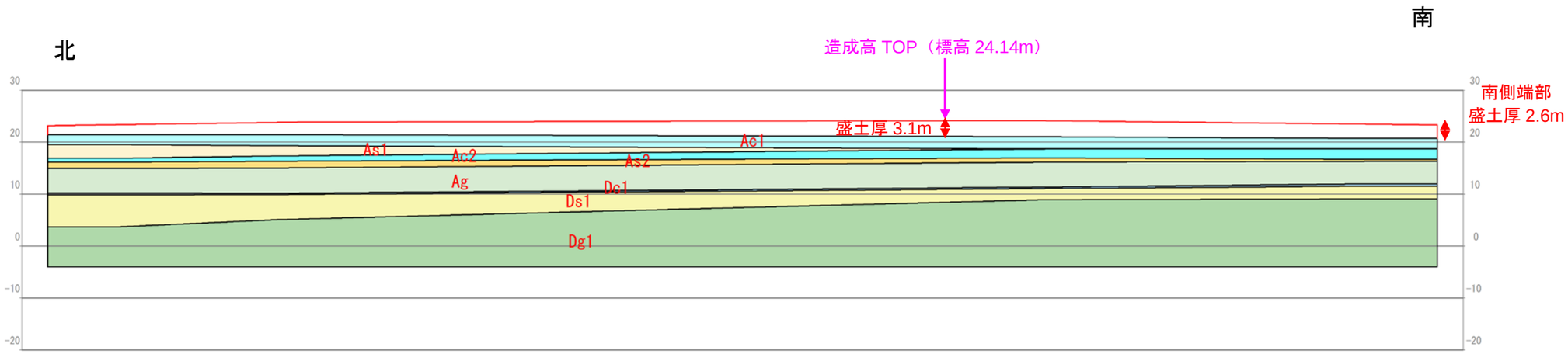


図 3.3　解析断面位置における地質断面図

3.2.2. 解析手法

3.2.2.1 地盤圧密

(1)　粘性土の圧密計算

○沈下量の計算

$$S = \frac{e_0 - e_i}{1 + e_0} H$$

S　：沈下量

e_0　：圧密層の初期間隙比

e_i　：圧密層の間隙比

H　：圧密層の層厚

盛土荷重による地盤内増加応力σzは、Boussinesqの式を用いて算出する。

○沈下時間の計算

$$t = \frac{(H/2)^2}{cv} \times Tv$$

t　：圧密度Uiに達するのに要する時間

cv　：圧密係数

Tv　：圧密度Uiに対応する時間係数

H　：圧密層の層厚

なお、圧密特性が異なる複数の層が連続して堆積している場合の圧密時間については、図 3.4 に示すモデルの条件で、以下に示す層厚換算法により、単一層に換算したうえで検討を行った。

$$H_0 = H_1 \cdot \sqrt{\frac{c_{v3}}{c_{v1}}} + H_2 \cdot \sqrt{\frac{c_{v3}}{c_{v2}}} + H_3$$

ここに、H_0 : c_{v3}を代表圧密係数とした場合の換算層厚(cm)、Hi : 各土層の層厚(cm)、c_{vi} : 各土層の圧密係数(cm^2/day)である。

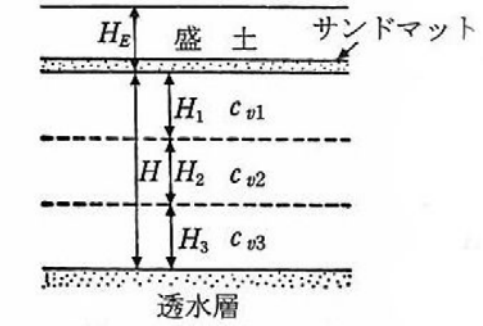


図 3.4　圧密層と排水区分

(2)　砂質土層の即時沈下計算

砂質土層の即時沈下量は以下を用いて算定した。

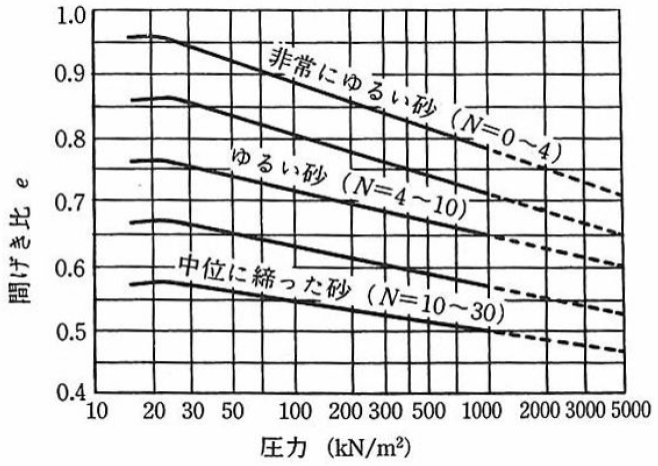


図 3.5　砂の圧力-間隙比曲線（B.K.Hough）

(3)　残留沈下量の計算

残留沈下量は、基準点以降の一次圧密および二次圧密からなる。設計を行うに当たり、全沈下量は図 3.6 に示すように即時沈下量、一次圧密および二次圧密を検討し全沈下量の過程を求めた。その中で、残留沈下量ΔSt は基準点 t（例えば供用時点）の沈下量 St と残留沈下量を求める時点 t’における沈下量 St’の差をとり算出した。

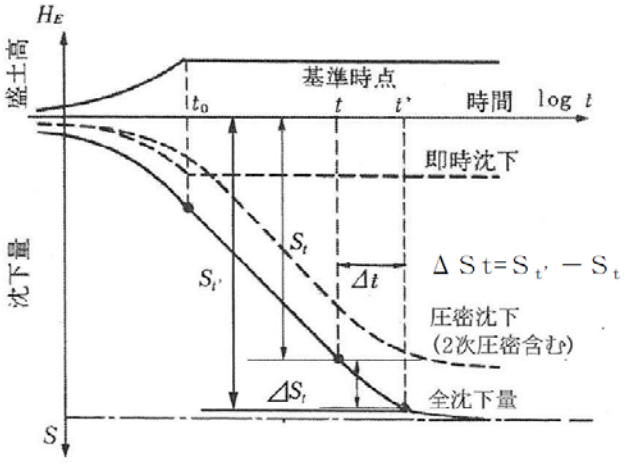


図 3.6　残留沈下量の概念図

(4) 照査基準

地盤圧密に関する照査基準値は「道路土工－軟弱地盤対策工指針」に示される供用開始後 3 年間 10cm～30cm の下限値である 10 ㎝とした。

> (1) 沈下に対する照査
>
> 常時の作用に対する沈下の照査は，軟弱地盤上の土工構造物の施工時及び供用時に予測される沈下量が，設計で目標とする沈下量を超えないことを照査する。
>
> 常時の作用に対する沈下の照査に当たっては，舗装完了後あるいは供用開始後の土工構造物の残留沈下量が第一の照査指標となる。
>
> 設計で目標とする残留沈下量の許容値は，土工構造物の機能，踏掛版等の構造物取付部の構造，道路付帯施設に及ぼす沈下の影響及び維持管理での対応の難易度等を十分考慮して設定し，対策工を実施するか，あるいは維持管理により対応するかを検討する。設計で目標とする残留沈下量の許容値としては，構造物取付部において，盛土中央部で舗装完了後あるいは供用開始後 3 年間で 10 cm ～ 30 cm としてきた事例が多い。

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.119 より

3.2.2.2 地盤液状化

(1) 液状化判定を行う必要がある土層

以下の 3 つの条件全てに該当する飽和砂質土層は、地震時に構造物に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、原則として液状化判定を行わなければならない。

- 地下水位が地表面から 10m 以内にあり、かつ地表面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層
- 細粒分含有率が 35%以下の土層、または細粒分含有率が 35%を超えても塑性指数が 15 以下の土層
- 50%粒径が 10mm 以下で、かつ 10%粒径が 1mm 以下である土層

(2)　液状化の判定

液状化判定を行う必要がある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 FL を次式により算出し、この値が 1.0 を下回る土層については液状化を起こすとみなす。

$$F_L = R / L \quad \cdots\cdots (解\ 5-21)$$

$$R = C_w \cdot R_L \quad \cdots\cdots (解\ 5-22)$$

$$L = r_d \cdot k_h \cdot (\sigma_v / \sigma_v') \quad \cdots\cdots (解\ 5-23)$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x \quad \cdots\cdots (解\ 5-24)$$

（レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動タイプⅠの地震動の場合）

$$C_w = 1.0 \quad \cdots\cdots (解\ 5-25)$$

（レベル 2 地震動タイプⅡの地震動の場合）

$$C_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leqq 0.1) \\ 3.3 \cdot R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leqq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \quad \cdots\cdots (解\ 5-26)$$

ここに，

F_L：液状化に対する抵抗率

R：動的せん断強度比

L：地震時せん断応力比

C_w：地震動特性による補正係数

R_L：繰返し三軸強度比で，（ⅲ）の規定により求める。

r_d：地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_h：**解表 5－1** において規定する液状化判定用設計水平震度

σ_v：地表面からの深さ x（m）における全上載圧（kN/m²）

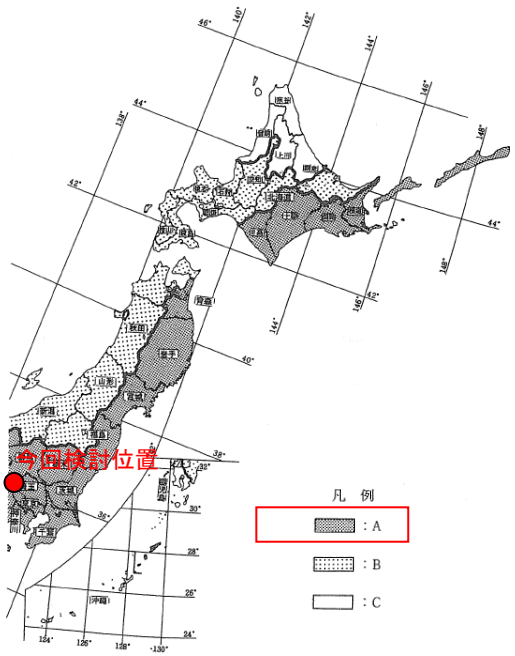
σ_v'：地表面からの深さ x（m）における有効上載圧（kN/m²）

x：地表面からの深さ（m）

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.166-167 より

ここで、k_h は設計水平震度であり、表 3.8 の標準値に図 3.7 に示す地域別補正係数を考慮して設定する。当該地区は「地域区分 A」に該当する。

地域区分	地域別補正係数 C_z		対象地域
A	1.0	(一)	(二)から(四)までに掲げる地方以外の地方
B	0.85	(二)	北海道のうち札幌市，函館市，小樽市，室蘭市，北見市，夕張市，岩見沢市，網走市，苫小牧市，美唄市，芦別市，江別市，赤平市，三笠市，千歳市，滝川市，砂川市，歌志内市，深川市，富良野市，登別市，恵庭市，伊達市，札幌郡，石狩郡，厚田郡，浜益郡，松前郡，上磯郡，亀田郡，茅部郡，山越郡，檜山郡，爾志郡，久遠郡，奥尻郡，瀬棚郡，島牧郡，寿都郡，磯谷郡，虻田郡，岩内郡，古宇郡，積丹郡，古平郡，余市郡，空知郡，夕張郡，樺戸郡，雨竜郡，上川郡(上川支庁)，のうち東神楽町，上川町，東川町及び美瑛町，勇払郡，網走郡，斜里郡，登呂郡，有珠郡，白老郡 青森県のうち青森市，弘前市，黒石市，五所川原市，むつ市，東津軽郡，西津軽郡，中津軽郡，南津軽郡，北津軽郡，下北郡 秋田県，山形県 福島県のうち会津若松市，郡山市，白河市，須賀川市，喜多方市，岩瀬郡，南会津郡，北会津郡，耶麻郡，河沼郡，大沼郡，西白川郡 新潟県 富山県のうち魚津市，滑川市，黒部市，下新川郡 石川県のうち輪島市，珠洲市，鳳至郡，珠洲郡 鳥取県のうち米子市，倉吉市，境港市，東伯郡，西伯郡，日野郡 島根県，岡山県，広島県 徳島県のうち美馬郡，三好郡 香川県のうち高松市，丸亀市，坂出市，善通寺市，観音寺市，小豆郡，香川郡，綾歌郡，仲多度郡，三豊郡 愛媛県，高知県 熊本県（(三)に掲げる市及び郡を除く。） 大分県（(三)に掲げる市及び郡を除く。） 宮崎県
C	0.7	(三)	北海道のうち旭川市，留萌市，稚内市，紋別市，士別市，名寄市，上川郡(上川支庁)のうち鷹栖町，当麻町，比布町，愛別町，和寒町，剣淵町，朝日町，風連町及び下川町，中川郡(上川支庁)，増毛郡，留萌郡，苫前郡，天塩郡，宗谷郡，枝幸郡，礼文郡，利尻郡，紋別郡 山口県，福岡県，佐賀県，長崎県 熊本県のうち八代市，荒尾市，水俣市，玉名市，本渡市，山鹿市，牛深市，宇土市，飽託郡，宇土郡，玉名郡，鹿本郡，葦北郡，天草郡 大分県のうち中津市，日田市，豊後高田市，杵築市，宇佐市，西国東郡，東国東郡，速見郡，下毛郡，宇佐郡 鹿児島県
		(四)	沖縄県



引用：「道路土工要綱（平成 21 年度版）、H21.6、日本道路協会」p.351-352

図 3.7　地域別補正係数

表 3.8　液状化判定に用いる地盤面の設計水平震度の標準値

地震動		地盤種別		
		Ⅰ種	Ⅱ種	Ⅲ種
レベル 1 地震動		0.12	0.15	0.18
レベル 2 地震動	タイプⅠ	0.30	0.35	0.40
	タイプⅡ	0.80	0.70	0.60

引用：「道路土工軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）、H24.8、日本道路協会」p.168

$$k_h = c_z \cdot k_{h0} \quad \cdots\cdots\cdots\

(3)　繰り返し三軸強度比

繰り返し三軸強度比 RL は次式により算出した。

＜砂質土の場合＞

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2 \quad \cdots\cdots \text{(解 5－28)}$$

$$N_1 = 170 \cdot N / (\sigma'_{vb} + 70) \quad \cdots\cdots \text{(解 5－29)}$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leqq F_c < 10\%) \\ (F_c + 40)/50 & (10\% \leqq F_c < 60\%) \\ F_c/20 - 1 & (60\% \leqq F_c) \end{cases} \quad \cdots\cdots \text{(解 5－30)}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leqq F_c < 10\%) \\ (F_c - 10)/18 & (10\% \leqq F_c) \end{cases} \quad \cdots\cdots \text{(解 5－31)}$$

＜礫質土の場合＞

$$N_a = \{1 - 0.36 \cdot \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \quad \cdots\cdots \text{(解 5－32)}$$

ここに，

R_L：繰返し三軸強度比

N：標準貫入試験から得られるＮ値

N_1：有効上載圧 100kN/m² 相当に換算したＮ値

N_a：粒度の影響を考慮した補正Ｎ値

σ'_{vb}：標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 (kN/m²)

c_1, c_2：細粒分含有率によるＮ値の補正係数

F_C：細粒分含有率（%）（粒径 75μm 以下の土粒子の通過質量百分率）

D_{50}：50% 粒径（mm）

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.166-167 より

(4)　地盤種別

耐震設計上の地盤種別は、下式により算出する地盤の基本固有周期 T_G に、表 3.9 により区別した。地表面が耐震設計上の基板面と一致する場合においては I 種地盤とする。

$$T_G = 4\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{V_{si}}$$

ここで、H_i : i 番目の地層の厚さ(m)、V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度(m/s)、i : 地表面から耐震設計上の基板面までに n 層に区分される場合の地表面からの地層の番号である。

表 3.9　耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の基本固有周期 T_G
Ⅰ種地盤	$T_G<0.2$
Ⅱ種地盤	$0.2\leqq T_G<0.6$
Ⅲ種地盤	$0.6\leqq T_G$

平均せん断弾性波速度 V_{si} は、弾性波探査や PS 検層によって測定するのが望ましいが、実測値がないため次式にて算定した。

粘性土の場合

$$V_{si}=100N_i^{1/3}\quad(1\leqq N_i\leqq 25)$$

砂質土の場合

$$V_{si}=80N_i^{1/3}\quad(1\leqq N_i\leqq 50)$$

なお、耐震設計上の基板面とは、対象地点に共通する広がりを持ち、耐震設計上振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な地盤の上面を想定している。ここで、十分堅固な地盤とは、せん断弾性波速度 300m/s 程度（粘性土層では N 値 25、砂質土層では N 値 50）以上の値を有している剛性の高い地層であり、当該地区は第二洪積礫質土層（Dg2 層）が該当する。

地盤種別の算定結果を表 3.10 に示す。地盤種別の算定は工学的基盤面を確認した R1-B-2 地点の地質調査結果から行った。算定の結果、当該地区の地盤種別は「Ⅲ種地盤」である。

表 3.10　地盤種別算定結果

土質区分	深度G.L.-m	地層厚さH (m)	N値	せん断波速度Vs (m/s)	Hi/Vsi
粘土	0.00 ～ 2.00	2.00	1.7	50.00	0.0400
粘土	2.00 ～ 3.00	1.00	2.00	125.99	0.0079
粘土	3.00 ～ 4.00	1.00	3.00	144.22	0.0069
砂	4.00 ～ 5.00	1.00	3.00	115.38	0.0087
砂	5.00 ～ 6.00	1.00	8	160.00	0.0063
砂	6.00 ～ 7.00	1.00	28	242.93	0.0041
砂	7.00 ～ 8.00	1.00	13	188.11	0.0053
砂	8.00 ～ 9.00	1.00	13	188.11	0.0053
砂	9.00 ～ 10.00	1.00	12	183.15	0.0055
砂	10.00 ～ 11.00	1.00	27	240.00	0.0042
粘土	11.00 ～ 12.00	1.00	5	171.00	0.0058
砂	12.00 ～ 13.00	1.00	16	201.59	0.0050
砂	13.00 ～ 14.00	1.00	28	242.93	0.0041
砂	14.00 ～ 15.00	1.00	37	266.58	0.0038
砂	15.00 ～ 16.00	1.00	37	266.58	0.0038
砂	16.00 ～ 17.00	1.00	34	259.17	0.0039
砂	17.00 ～ 18.00	1.00	30	248.58	0.0040
砂	18.00 ～ 19.00	1.00	38	268.96	0.0037
砂	19.00 ～ 20.00	1.00	62.5	317.48	0.0031
砂	20.00 ～ 21.00	1.00	37	266.58	0.0038
砂	21.00 ～ 22.00	1.00	46	286.64	0.0035
砂	22.00 ～ 23.00	1.00	60	313.19	0.0032
砂	23.00 ～ 24.00	1.00	75	337.37	0.0030
砂	24.00 ～ 25.00	1.00	65.2	321.99	0.0031
砂	25.00 ～ 26.00	1.00	22	224.16	0.0045
粘土	26.00 ～ 27.00	1.00	14	241.01	0.0041
粘土	27.00 ～ 28.00	1.00	16	251.98	0.0040
砂	28.00 ～ 29.00	1.00	60	313.19	0.0032
砂	29.00 ～ 30.00	1.00	75	337.37	0.0030
砂	30.00 ～ 31.00	1.00	32	253.98	0.0039
粘土	31.00 ～ 32.00	1.00	26	296.25	0.0034
粘土	32.00 ～ 33.00	1.00	24	288.45	0.0035
砂	33.00 ～ 34.00	1.00	24	230.76	0.0043
粘土	34.00 ～ 35.00	1.00	12	228.94	0.0044
粘土	35.00 ～ 36.00	1.00	8	200.00	0.0050
粘土	36.00 ～ 37.00	1.00	53.5	376.81	0.0027
砂	37.00 ～ 38.00	1.00	37	266.58	0.0038
砂	38.00 ～ 39.00	1.00	32	253.98	0.0039
粘土	39.00 ～ 40.00	1.00	12	228.94	0.0044
粘土	40.00 ～ 41.00	1.00	10	215.44	0.0046
粘土	41.00 ～ 42.00	1.00	7	191.29	0.0052
粘土	42.00 ～ 43.00	1.00	12	228.94	0.0044
粘土	43.00 ～ 43.45	0.45	14	241.01	0.0019
				Σ(Hi/Vsi)	0.2219
				TG(4Σ(Hi/Vsi))	0.89
				地盤種別	Ⅲ種地盤

3.2.2.3 地盤破壊

(1)　検討ケース

地盤破壊については、表 3.11 に示すケースで実施した。

表 3.11　地盤破壊における検討ケース

<table>
<tr><th colspan="4">検討ケース</th><th>検討条件</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="3">常時</td><td>・計画盛土高で検討する。
・粘性土の強度はUU強度とする。
・載荷荷重10kN/㎡を考慮する。</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="2">地震時</td><td colspan="2">レベル1地震</td><td rowspan="2">・計画盛土高で検討する。
・地盤種別に応じた水平震度を全層に作用させる。
・盛土による粘性土の強度増加を見込む。
・載荷荷重は考慮しない。</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">レベル2地震</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="3">液状化時</td><td colspan="2">レベル1地震</td><td rowspan="3">・計画盛土高で検討する。
・FL値に応じた過剰間隙水圧を液状化層に作用させる。
・盛土による粘性土の強度増加を見込む。
・載荷荷重は考慮しない。</td></tr>
<tr><td>5</td><td rowspan="2">レベル2地震</td><td>タイプⅠ</td></tr>
<tr><td>6</td><td>タイプⅡ</td></tr>
</table>

(2) 東側および南側の端部形状

東側および南側の端部形状は未定であるため、法面形状とした場合と擁壁とした場合の計 2 ケースの検討を行った。なお、法面形状の勾配は「道路土工　盛土工指針」に示される一般的な勾配である 1：1.8（表 3.12）で検討した。

表 3.12　標準法面勾配の目安

盛土材料	盛土高（m）	勾　配	摘　要
粒度の良い砂(S)，礫及び細粒分混じり礫(G)	5m以下	1:1.5～1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり，浸水の影響がなく，5章に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 (　)の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	5～15m	1:1.8～1:2.0	
粒度の悪い砂(SG)	10m以下	1:1.8～1:2.0	
岩塊(ずりを含む)	10m以下	1:1.5～1:1.8	
	10～20m	1:1.8～1:2.0	
砂質土(SF)，硬い粘質土，硬い粘土(洪積層の硬い粘質土，粘土，関東ローム等)	5m以下	1:1.5～1:1.8	
	5～10m	1:1.8～1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5m以下	1:1.8～1:2.0	

引用：「道路土工-盛土工指針（平成 22 年度版）、H22.4、(社)日本道路協会」　p.106 より

(3)　計算方法

地盤破壊の検討手法は、「道路土工-軟弱地盤対策工指針」に示される以下の方法により実施した。

【常時・施工時】

$$F_s = \frac{\Sigma \{cl + (W - u_0 b)\cos\alpha \tan\phi\}}{\Sigma (W \sin\alpha)} \quad \cdots\cdots \text{(解 5－15)}$$

ここに，

F_s：安全率
c：土の粘着力（kN/m²）
ϕ：土のせん断抵抗角（°）
l：細片で切られたすべり面の長さ（m）
W：細片の全重量，載荷重を含む（kN/m）
u_0：静水位時における間隙水圧（kN/m²）
b：細片の幅（m）
α：細片のすべり面平均傾斜角（°）

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.149 より

【地震時（慣性力）】

$$F_s = \frac{\sum [c \cdot l + \{(W - u_0 b) \cdot \cos\alpha - k_h \cdot W \cdot \sin\alpha\} \cdot \tan\phi]}{\sum (W \cdot \sin\alpha + (h/r) \cdot k_h \cdot W)} \quad \cdots\cdots \text{(解 5－34)}$$

ここに，

c, ϕ：土の粘着力（kN/m²）及びせん断抵抗角（°）
W：分割細片の全重量（kN/m）
l：細片底面の長さ（m）
b：細片の幅（m）
u_0：常時地下水位による間隙水圧（kN/m²）
k_h：設計水平震度
r：すべり円の半径（m）
h：分割片の重心位置からすべり円の中心までの鉛直距離（m）
α：分割細片底面の接線方向と水平面のなす角（°）

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.170 より

【液状化時】

$$F_{sd}=\frac{\sum\left(cl+(W-u_0b-\Delta ub)\cos\alpha\ \tan\phi\right)}{\sum W\sin\alpha} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（参 5－10）}$$

ここに，

c, ϕ ：土の粘着力（kN/m²）及びせん断抵抗角（°）

W ：分割細片の全重量（kN/m）

l ：細片底面の長さ（m）

b ：細片の幅（m）

u_0 ：常時地下水位による間隙水圧（kN/m²）

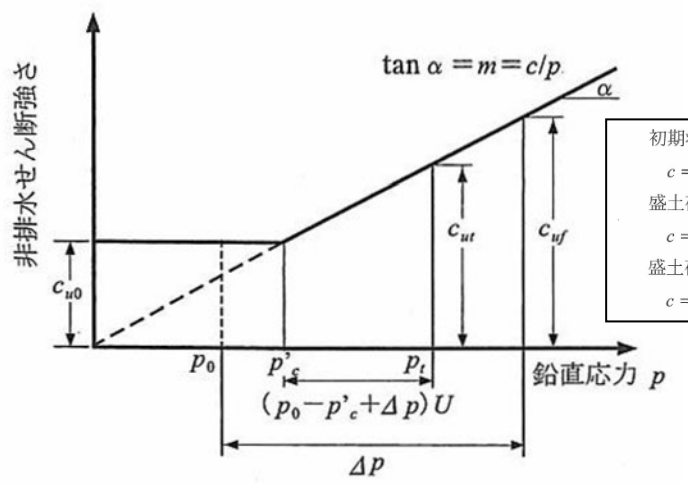
Δu ：地震動によって発生する過剰間隙水圧（kN/m²）

α ：分割細片底面の接線方向と水平面のなす角（°）

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.172 より

（4） 粘性土の強度増加

供用時においては粘性土の強度増加を見込む。粘性土の強度増加は、以下に示す関係から算定した。



初期状態が正規圧密状態である場合（$p_0 = p'_c$）

$c = c_0 + m \cdot \Delta p \cdot U$ ……（解 5－14a）

盛土荷重により正規圧密状態になる場合（$p_0 + \Delta p > p'_c$）

$c = c_0 + m \cdot (p_0 - p'_c + \Delta p) \cdot U$ ……（解 5－14b）

盛土荷重の載荷後も過圧密状態の場合（$p_0 + \Delta p \leq p'_c$）

$c = c_0$ ……（解 5－14c）

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.148 より

ここに、p_0：有効土被り圧、p_t：検討時の有効圧密応力、

p_c：圧密降伏応力、cu0：盛土載荷前の非排水せん断強度、

Δp：盛土荷重による応力増分、

U：検討時点での平均圧密度（最大値 U=90%で検討）、m：強度増加率

図 3.8　強度増加を考慮した非排水せん断強度

なお、粘性土の強度増加率 m については「道路土工軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）」に示される一般値 0.30～0.45 の下限値である 0.30 とした。

表 3.13　強度増加率 m の一般値

土　質	*m*
粘性土	0.30～0.45
シルト	0.25～0.40
有機質土及び黒泥	0.20～0.35
ピート	0.35～0.50

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.83 より

(5) 地震時慣性力

地震時慣性力 kh については、「道路土工軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）」に則り、以下により算出した。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0}$$

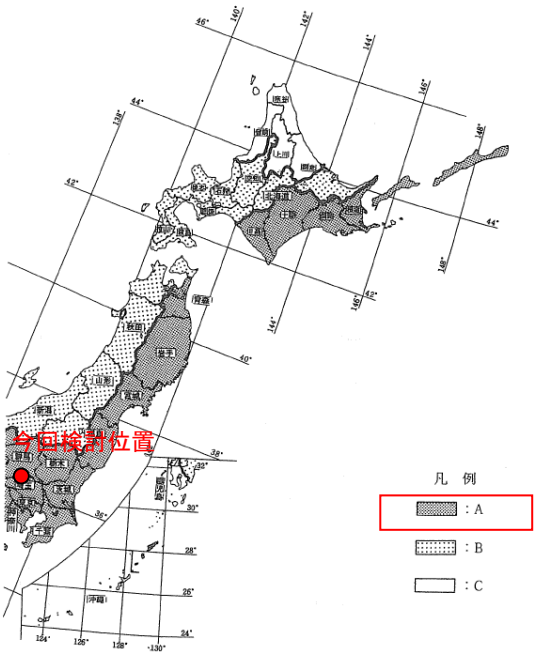
ここに、c_z：地域別補正係数（図 3.9 参照）、k_{h0}：設計水平深度の標準値（表 3.14 参照）

表 3.14　設計水平震度の標準値

地震動		地盤種別		
		Ⅰ種	Ⅱ種	Ⅲ種
レベル 1 地震動	慣性力用	0.08	0.10	0.12
レベル 2 地震動	慣性力用	0.16	0.20	0.24

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.171 より

地域区分	地域別補正係数 C_z		対象地域
A	1.0	(一)	(二)から(四)までに掲げる地方以外の地方
B	0.85	(二)	北海道のうち札幌市，函館市，小樽市，室蘭市，北見市，夕張市，岩見沢市，網走市，苫小牧市，美唄市，芦別市，江別市，赤平市，三笠市，千歳市，滝川市，砂川市，歌志内市，深川市，富良野市，登別市，恵庭市，伊達市，札幌郡，石狩郡，厚田郡，浜益郡，松前郡，上磯郡，亀田郡，茅部郡，山越郡，檜山郡，爾志郡，久遠郡，奥尻郡，瀬棚郡，島牧郡，寿都郡，磯谷郡，虻田郡，岩内郡，古宇郡，積丹郡，古平郡，余市郡，空知郡，夕張郡，樺戸郡，雨竜郡，上川郡(上川支庁)，のうち東神楽町，上川町，東川町及び美瑛町，勇払郡，網走郡，斜里郡，登呂郡，有珠郡，白老郡 青森県のうち青森市，弘前市，黒石市，五所川原市，むつ市，東津軽郡，西津軽郡，中津軽郡，南津軽郡，北津軽郡，下北郡 秋田県，山形県 福島県のうち会津若松市，郡山市，白河市，須賀川市，喜多方市，岩瀬郡，南会津郡，北会津郡，耶麻郡，河沼郡，大沼郡，西白川郡 新潟県 富山県のうち魚津市，滑川市，黒部市，下新川郡 石川県のうち輪島市，珠洲市，鳳至郡，珠洲郡 鳥取県のうち米子市，倉吉市，境港市，東伯郡，西伯郡，日野郡 島根県，岡山県，広島県 徳島県のうち美馬郡，三好郡 香川県のうち高松市，丸亀市，坂出市，善通寺市，観音寺市，小豆郡，香川郡，綾歌郡，仲多度郡，三豊郡 愛媛県，高知県 熊本県（(三)に掲げる市及び郡を除く。） 大分県（(三)に掲げる市及び郡を除く。） 宮崎県
C	0.7	(三)	北海道のうち旭川市，留萌市，稚内市，紋別市，士別市，名寄市，上川郡(上川支庁)のうち鷹栖町，当麻町，比布町，愛別町，和寒町，剣淵町，朝日町，風連町及び下川町，中川郡(上川支庁)，増毛郡，留萌郡，苫前郡，天塩郡，宗谷郡，枝幸郡，礼文郡，利尻郡，紋別郡 山口県，福岡県，佐賀県，長崎県 熊本県のうち八代市，荒尾市，水俣市，玉名市，本渡市，山鹿市，牛深市，宇土市，鮫託郡，宇土郡，玉名郡，鹿本郡，葦北郡，天草郡 大分県のうち中津市，日田市，豊後高田市，杵築市，宇佐市，西国東郡，東国東郡，速見郡，下毛郡，宇佐郡 鹿児島県
		(四)	沖縄県

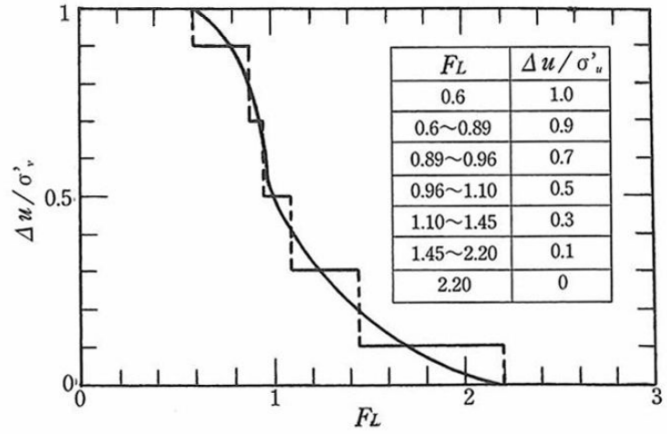


引用：「道路土工要綱（平成 21 年度版）、H21.9、日本道路協会」p.351-352 より

図 3.9　地域別補正係数

(6) 地震動によって発生する過剰間隙水圧

地震動によって発生する過剰間隙水圧は、液状化判定の結果より得られる液状化に対する抵抗率を用いて、以下に示す図表より求める。



F_L	$\Delta u / \sigma'_u$
0.6	1.0
0.6～0.89	0.9
0.89～0.96	0.7
0.96～1.10	0.5
1.10～1.45	0.3
1.45～2.20	0.1
2.20	0

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.173 より

図 3.10　液状化に対する抵抗率 FL と過剰間隙水圧の関係

(7) 照査基準

照査基準は表 3.15 に示す。設定根拠は以降に示す。

表 3.15　照査基準（地盤破壊）

検討ケース		照査基準
常時	施工時	目標安全率 1.10
	供用時	目標安全率 1.25
地震時	慣性力	目標安全率 1.00
	液状化	

【すべり破壊に対する安全率】

・施工時（常時）　　1.10

・供用時（常時）　　1.25

・供用時（地震時・液状化時）　1.00

常時の作用に対する盛土の安定の照査においては，通常，「5－4 (2) 盛土のすべりに対する安定計算」に示す円弧すべり面を仮定した安定計算法によって検討する。安定計算は，一般に地盤条件や盛土速度等に対応した「5－3 常時の作用に対する沈下の照査」の結果を用いて軟弱層の強度増加を考慮して解析を行い，照査指標として安全率を用いる。この場合，盛土立上り時及び供用時の盛土のすべりに対する安定を検討することとし，情報化施工により施工中の動態観測を行うことを前提として盛土立上り時の安全率は 1.10 以上，供用時の安全率は 1.25 以上とすることが望ましい。

引用：「道路土工―軟弱地盤対策工指針、H24.8、社団法人日本道路協会」p.145-146 より

(1)　土工構造物の安定の照査

常時の作用に対する軟弱地盤上の土工構造物の安定の照査では，施工及び供用時における常時の作用に対し，盛土ではすべりに対して，擁壁・カルバートでは滑動・転倒・支持力及び全体安定に対して安定であることを照査する。

常時の作用に対する盛土の安定の照査においては，通常，「5－4 (2) 盛土のすべりに対する安定計算」に示す円弧すべり面を仮定した安定計算法によって検討する。安定計算は，一般に地盤条件や盛土速度等に対応した「5－3 常時の作用に対する沈下の照査」の結果を用いて軟弱層の強度増加を考慮して解析を行い，照査指標として安全率を用いる。この場合，盛土立上り時及び供用時の盛土のすべりに対する安定を検討することとし，情報化施工により施工中の動態観測を行うことを前提として盛土立上り時の安全率は 1.10 以上，供用時の安全率は 1.25 以上とすることが望ましい。

擁壁，カルバート等の構造物の安定の照査については，「道路土工－擁壁工指針」及び「道路土工－カルバート工指針」によるものとする。

引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.145-146 より

慣性力を考慮したすべり安定解析手法によって求めた安全率が 1.0 以上であれば，沈下量が十分小さいか，構造物の変形は限定されたものに留まると考えてよい。

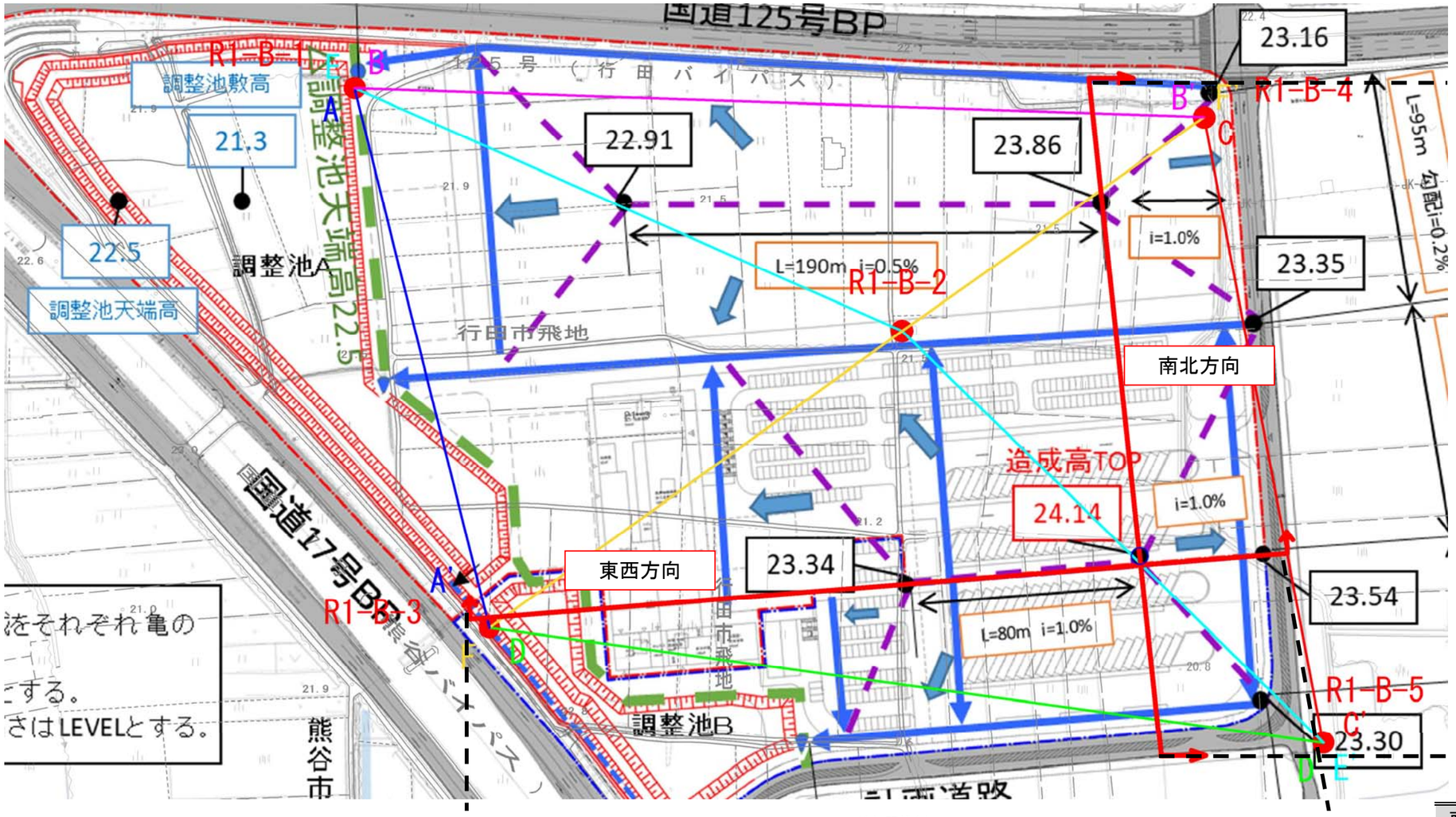
引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.171 より

3.3. 現況地盤解析

3.3.1. 地盤圧密

圧密沈下分布図を図 3.11 に、残留沈下量が最大となった地点の圧密沈下経時変化図を図 3.12 および図 3.13 に示す。圧密沈下計算結果の概要を以下に示す。

- 最終沈下量は最大で 21.1cm であった。
- 最終沈下量より余盛は 30cm 程度必要であると考えられる。
- 盛土完了時点で圧密度は 88%であり、盛土完了後の残留沈下量も最大で 3.6cm となった。本調査における許容残留沈下量は 10cm であり、許容値を満足する。
- 上記より、沈下促進などの圧密沈下に対する対策は不要であると考えられる。



東西260m地点 (最大沈下箇所)	
土層	沈下量(cm)
全層	20.7
Ac1	10.3
Ac2	3.1
As2	1.0
Ag	4.2
Dc1	0.7
Ds1	1.4
Dg1	0.0

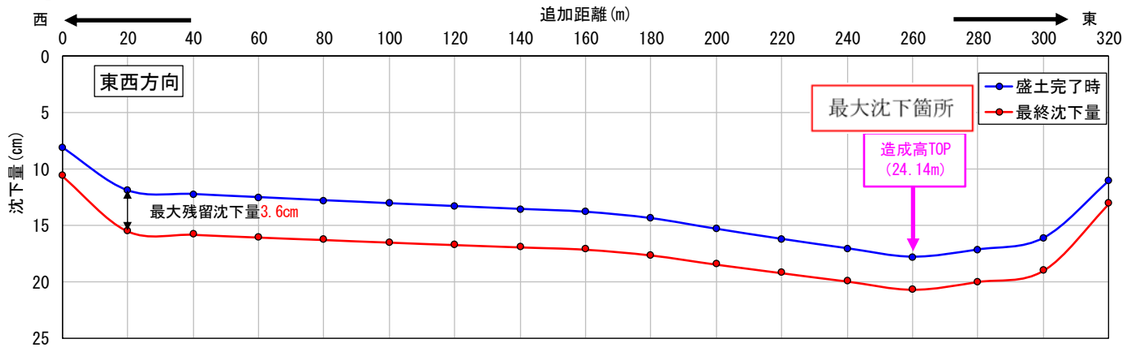


図 3.11　圧密沈下分布図

南北120m地点 (最大沈下箇所)	
土層	沈下量(cm)
全層	21.1
Ac1	9.7
As1	1.4
Ac2	2.6
As2	1.1
Ag	4.0
Dc1	0.6
Ds1	1.8
Dg1	0.0

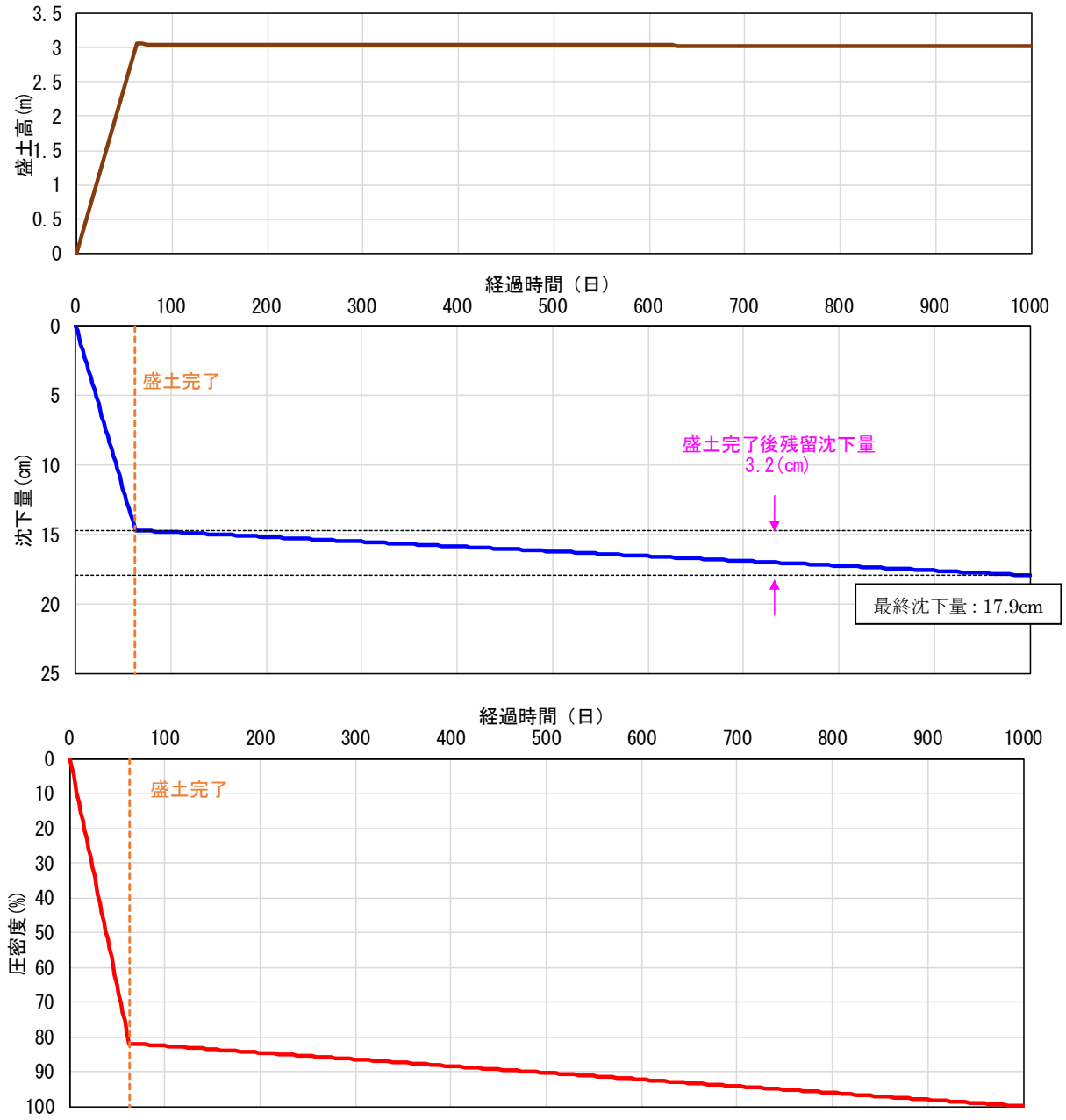


図 3.12　圧密沈下経時変化図（南北方向　追加距離 0m 地点）

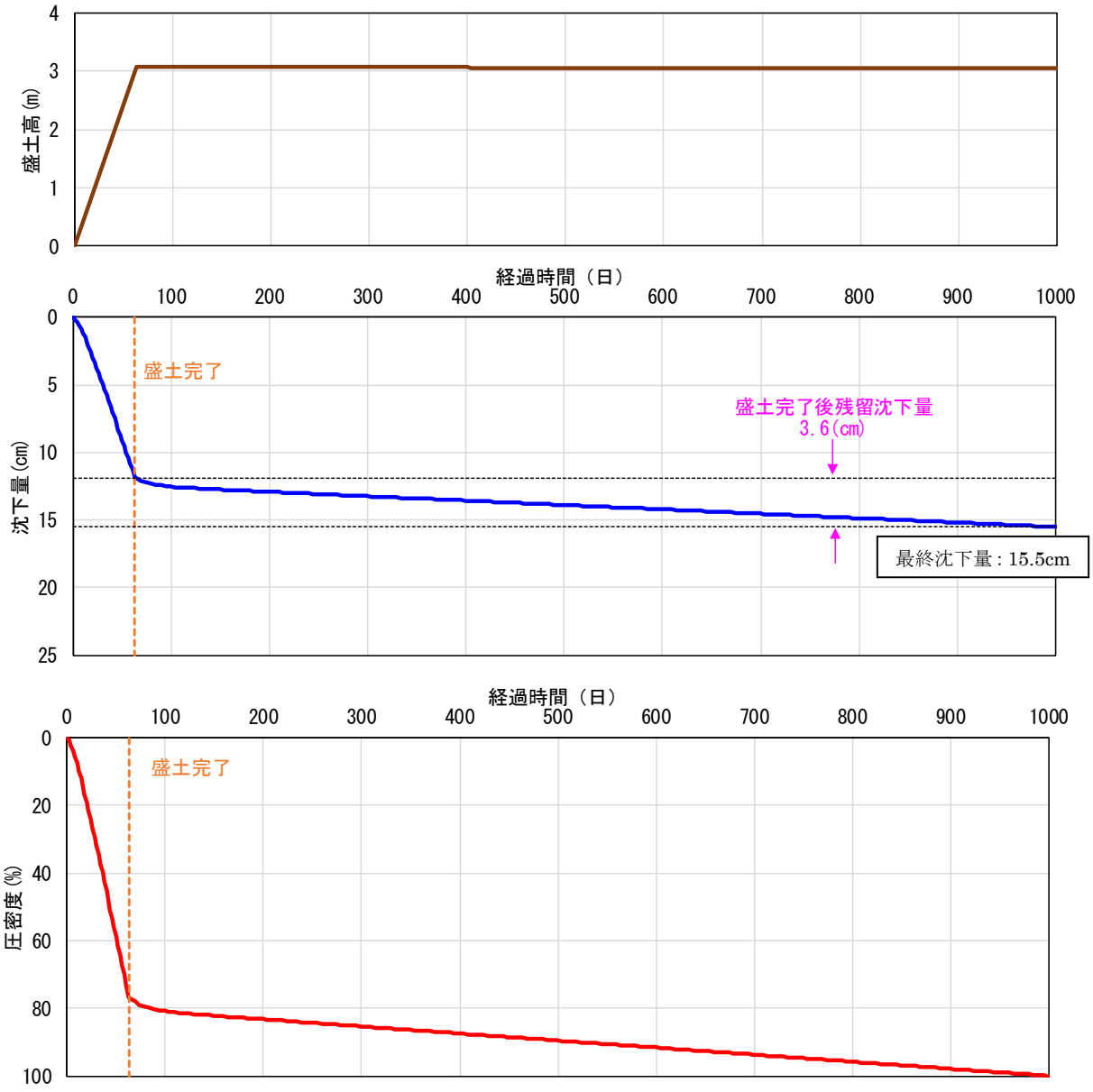


図 3.13　圧密沈下経時変化図（東西方向　追加距離 20m 地点）

3.3.2. 地盤液状化

各調査地点の液状化判定結果を表 3.16～表 3.20 に示す。また、各土層の液状化判定結果を表 3.21 に示す。なお、液状化の影響は地盤破壊検討のΔU 法により確認した。検討結果より、As1 層、As2 層、Ag 層で液状化が発生する結果になった。

【レベル 1 地震発生時】

- As1 層は、原地盤は部分的な液状化の可能性が確認されたが、盛土直下は盛土による有効土被り圧の増加によって液状化は発生しないと考えられる。
- As2 層は、原地盤は広い範囲で液状化の可能性が確認されたが、盛土直下は盛土による有効土被り圧の増加によって部分的な液状化に留まると考えられる。
- Ag 層は、原地盤は広い範囲で液状化の可能性が確認され、盛土直下において盛土による有効土被り圧の増加が発生しても、液状化が発生すると考えられる。

【レベル 2 地震発生時】

- 地震のタイプや盛土の有無に関わらず、As1 層、As2 層、Ag 層で液状化が発生する。

表 3.16　液状化判定結果（R1-B-1）

土層	測定深さ (m)	実測N値	細粒分含有率 FC(%)	塑性指数 Ip	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	FL値					
							L1地震動		L2地震動タイプ1		L2地震動タイプ2	
							原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下
Ac1	1.30	2.0	69.7	17.2	0.021	0.000	**2	**2	**2	**2	**2	**2
	2.30	2.0	95.6	18.7	0.010	0.000	**2	**2	**2	**2	**2	**2
Ac2	3.30	4.0	76.6	13.4	0.027	0.000	1.125	1.475	0.506	0.664	0.595	0.780
As2	4.30	9.0	20.0	0.0	0.239	0.005	0.907	1.172	0.408	0.527	0.428	0.553
	5.30	15.0	8.2	0.0	0.710	0.124	1.020	1.303	0.459	0.586	0.522	0.667
	6.30	15.0	18.9	0.0	0.267	0.006	1.161	1.466	0.522	0.660	0.649	0.819
Ag	7.30	8.0	11.2	0.0	0.468	0.043	0.686	0.854	0.309	0.384	0.283	0.352
	8.30	20.0	11.2	0.0	0.468	0.043	1.177	1.443	0.530	0.650	0.660	0.810
	9.30	12.0	11.7	0.0	1.552	0.038	0.809	0.979	0.364	0.441	0.361	0.437
Dc1	10.30	4.0	98.8	25.9	0.004	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	11.30	5.0	98.8	25.9	0.004	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	12.30	7.0	98.8	25.9	0.004	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Ds1	13.30	11.0	23.5	0.0	0.149	0.006	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Dg1	14.30	32.0	7.6	0.0	5.065	0.147	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	15.30	37.0	7.6	0.0	5.065	0.147	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	16.30	35.0	7.6	0.0	5.065	0.147	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	17.30	40.0	7.6	0.0	5.065	0.147	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	18.15	35.0	7.6	0.0	5.065	0.147	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	19.20	48.0	7.6	0.0	5.065	0.147	**1	**1	**1	**1	**1	**1

＊＊1:液状化判定を考慮しない
＊＊2:FC>35% かつIP>15の土層

表 3.17　液状化判定結果（R1-B-2）

土層	測定深さ (m)	実測N値	細粒分含有率 FC(%)	塑性指数 Ip	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	FL値					
							L1地震動		L2地震動タイプ1		L2地震動タイプ2	
							原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下
Ac1	1.33	1.7	88.0	21.4	0.011	0.000	**2	**2	**2	**2	**2	**2
	2.30	2.0	69.7	8.0	0.053	0.000	0.798	1.090	0.359	0.491	0.347	0.474
Ac2	3.30	3.0	95.2	13.9	0.017	0.000	1.156	1.553	0.520	0.699	0.639	0.858
	4.30	3.0	95.2	13.9	0.017	0.000	1.051	1.374	0.473	0.618	0.550	0.719
As2	5.30	8.0	14.6	0.0	0.321	0.033	0.754	0.972	0.339	0.437	0.328	0.423
	6.30	28.0	10.2	0.0	0.810	0.071	7.280	9.253	3.276	4.165	4.368	5.553
Ag	7.30	13.0	6.0	0.0	2.722	0.271	0.831	1.038	0.374	0.467	0.382	0.478
	8.30	13.0	6.0	0.0	2.722	0.271	0.813	0.999	0.366	0.450	0.367	0.452
	9.30	12.0	6.0	0.0	2.722	0.271	0.766	0.930	0.345	0.418	0.334	0.405
	10.30	27.0	6.0	0.0	2.722	0.271	1.522	1.825	0.685	0.821	0.913	1.095
Dc1	11.30	5.0	84.5	19.7	0.007	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Ds1	12.30	16.0	38.2	0.0	0.132	0.003	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Dg1	13.30	28.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	14.30	37.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	15.30	37.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	16.30	34.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	17.30	30.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	18.30	38.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	19.27	62.5	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	20.30	37.0	9.1	0.0	3.888	0.097	**1	**1	**1	**1	**1	**1

＊＊1:液状化判定を考慮しない
＊＊2:FC>35% かつIP>15の土層

表 3.18　液状化判定結果（R1-B-3）

土層	測定深さ (m)	実測N値	細粒分含有率 FC(%)	塑性指数 Ip	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	FL値					
							L1地震動		L2地震動タイプ1		L2地震動タイプ2	
							原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下
Ac1	1.225	0.0	99.4	27.3	0.000	0.000	**2	**2	**2	**2	**2	**2
Ac2	2.30	3.0	66.6	9.3	0.044	0.000	0.906	1.234	0.408	0.555	0.421	0.574
	3.30	5.0	66.6	9.3	0.044	0.000	1.094	1.459	0.492	0.657	0.581	0.774
	4.30	3.0	57.1	5.5	0.064	0.002	0.735	0.956	0.331	0.430	0.312	0.406
As2	5.30	10.0	10.6	0.0	0.238	0.065	0.810	1.035	0.364	0.466	0.364	0.465
	6.30	15.0	6.4	0.0	0.588	0.147	0.955	1.204	0.430	0.542	0.474	0.598
Ag	7.30	17.0	3.8	0.0	5.156	0.295	0.904	1.124	0.407	0.506	0.434	0.540
	8.30	20.0	3.8	0.0	5.156	0.295	0.965	1.183	0.434	0.532	0.480	0.589
Dc1	9.30	4.0	98.8	24.6	0.004	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	10.30	4.0	98.8	24.6	0.004	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Dg1	11.30	30.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	12.30	42.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	13.30	29.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	14.30	33.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	15.30	40.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	16.30	38.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	17.30	38.0	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	18.095	78.9	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	19.21	68.1	9.5	0.0	3.100	0.086	**1	**1	**1	**1	**1	**1

＊＊1:液状化判定を考慮しない
＊＊2:FC>35% かつIP>15の土層

表 3.19　液状化判定結果（R1-B-4）

土層	測定深さ (m)	実測N値	細粒分含有率 FC(%)	塑性指数 Ip	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	FL値					
							L1地震動		L2地震動タイプ1		L2地震動タイプ2	
							原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下
Ac1	1.225	0.0	90.0	15.9	0.021	0.005	**2	**2	**2	**2	**2	**2
As1	2.30	4.0	67.8	8.0	0.054	0.000	1.189	1.480	0.535	0.666	0.595	0.741
	3.30	5.0	47.3	0.0	0.081	0.005	0.965	1.234	0.434	0.555	0.452	0.577
	4.30	10.0	24.1	0.0	0.169	0.004	1.036	1.326	0.466	0.597	0.520	0.665
Ac2	5.30	2.0	92.4	25.0	0.010	0.000	**2	**2	**2	**2	**2	**2
As2	6.30	15.0	9.7	0.0	0.533	0.083	0.989	1.236	0.445	0.556	0.492	0.614
Ag	7.30	19.0	4.4	0.0	7.796	0.491	0.949	1.170	0.427	0.527	0.461	0.568
	8.30	13.0	4.4	0.0	7.796	0.491	0.762	0.928	0.343	0.417	0.327	0.398
	9.30	26.0	4.4	0.0	7.796	0.491	1.110	1.334	0.499	0.600	0.588	0.707
	10.30	20.0	4.4	0.0	7.796	0.491	0.908	1.081	0.409	0.486	0.425	0.506
	11.30	30.0	4.4	0.0	7.796	0.491	1.183	1.394	0.532	0.627	0.644	0.759
Ds1	12.30	11.0	84.5	24.5	0.008	0.000	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	13.30	27.0	8.6	0.0	0.307	0.100	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	14.30	14.0	8.6	0.0	0.307	0.100	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	15.30	15.0	8.6	0.0	0.307	0.100	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	16.30	16.0	8.6	0.0	0.307	0.100	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	17.30	23.0	8.6	0.0	0.307	0.100	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	18.30	40.0	8.6	0.0	0.307	0.100	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Dg1	19.30	48.0	10.1	0.0	4.085	0.073	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	20.29	55.5	10.1	0.0	4.085	0.073	**1	**1	**1	**1	**1	**1

＊＊1:液状化判定を考慮しない
＊＊2:FC>35% かつIP>15の土層

表 3.20　液状化判定結果（R1-B-5）

土層	測定深さ (m)	実測N値	細粒分含有率 FC(%)	塑性指数 Ip	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	FL値					
							L1地震動		L2地震動タイプ1		L2地震動タイプ2	
							原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下	原地盤	盛土直下
Ac1	1.25	0.0	99.0	19.9	0.012	0.000	**2	**2	**2	**2	**2	**2
Ac2	2.33	2.5	76.3	10.2	0.042	0.000	0.896	1.320	0.403	0.594	0.444	0.655
	3.30	4.0	76.3	10.2	0.042	0.000	1.207	1.440	0.462	0.648	0.553	0.776
Ag	4.30	13.0	4.2	0.0	4.439	0.301	0.849	1.148	0.382	0.517	0.407	0.550
	5.30	14.0	4.2	0.0	4.439	0.301	0.850	1.119	0.383	0.504	0.407	0.536
	6.30	14.0	4.2	0.0	4.439	0.301	0.826	1.062	0.372	0.478	0.387	0.498
	7.30	23.0	4.2	0.0	4.439	0.301	1.231	1.552	0.554	0.699	0.734	0.925
	8.30	10.0	4.2	0.0	4.439	0.301	0.669	0.829	0.301	0.373	0.276	0.342
Ds1	9.30	12.0	7.3	0.0	3.194	0.143	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	10.30	15.0	7.3	0.0	3.194	0.143	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	11.30	17.0	7.3	0.0	3.194	0.143	**1	**1	**1	**1	**1	**1
Dg1	12.30	41.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	13.30	40.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	14.30	42.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	15.30	30.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	16.30	18.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	17.30	35.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	18.30	35.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	19.30	32.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1
	20.30	34.0	5.0	0.0	12.819	0.505	**1	**1	**1	**1	**1	**1

＊＊1:液状化判定を考慮しない
＊＊2:FC>35% かつIP>15の土層

表 3.21　各土層の液状化判定結果

土層	調査地点	測定深さ (m)	N値	細粒分含有率 FC(%)	塑性指数 Ip	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	FL値											
								L1地震動				L2地震動タイプ1				L2地震動タイプ2			
								盛土前	盛土後	盛土前平均	盛土後平均	盛土前	盛土後	盛土前平均	盛土後平均	盛土前	盛土後	盛土前平均	盛土後平均
Ac1	R1-B-2	2.30	2.0	69.7	8	0.053	0	0.798	1.090	0.798	1.090	0.359	0.491	0.359	0.491	0.347	0.474	0.347	0.474
As1	R1-B-4	2.30	4.0	67.8	8	0.054	0	1.189	1.480	1.063	1.347	0.535	0.666	0.478	0.606	0.595	0.741	0.522	0.661
		3.30	5.0	47.3	0	0.081	0.005	0.965	1.234			0.434	0.555			0.452	0.577		
		4.30	10.0	24.1	0	0.169	0.004	1.036	1.326			0.466	0.597			0.520	0.665		
Ac2	R1-B-1	3.30	4.0	76.6	13.4	0.027	0	1.125	1.475	1.021	1.351	0.506	0.664	0.449	0.608	0.595	0.780	0.512	0.693
	R1-B-2	3.30	3.0	95.2	13.9	0.017	0	1.156	1.553			0.520	0.699			0.639	0.858		
		4.30	3.0	95.2	13.9	0.017	0	1.051	1.374			0.473	0.618			0.550	0.719		
	R1-B-3	2.30	3.0	66.6	9.3	0.044	0	0.906	1.234			0.408	0.555			0.421	0.574		
		3.30	5.0	66.6	9.3	0.044	0	1.094	1.459			0.492	0.657			0.581	0.774		
		4.30	3.0	57.1	5.5	0.064	0.002	0.735	0.956			0.331	0.430			0.312	0.406		
	R1-B-5	2.33	3.0	76.3	10.2	0.042	0	0.896	1.320			0.403	0.594			0.444	0.655		
		3.30	4.0	76.3	10.2	0.042	0	1.207	1.440			0.462	0.648			0.553	0.776		
As2	R1-B-1	4.30	9.0	20	0	0.239	0.005	0.907	1.172	0.942	1.198	0.408	0.527	0.424	0.539	0.428	0.553	0.465	0.591
		5.30	15.0	8.2	0	0.71	0.124	1.020	1.303			0.459	0.586			0.522	0.667		
		6.30	15.0	18.9	0	0.267	0.006	1.161	1.466			0.522	0.660			0.649	0.819		
	R1-B-2	5.30	8.0	14.6	0	0.321	0.033	0.754	0.972			0.339	0.437			0.328	0.423		
		6.30	28.0	10.2	0	0.81	0.071	7.28*	9.253*			3.276*	4.165*			4.368*	5.553*		
	R1-B-3	5.30	10.0	10.6	0	0.238	0.065	0.810	1.035			0.364	0.466			0.364	0.465		
		6.30	15.0	6.4	0	0.588	0.147	0.955	1.204			0.430	0.542			0.474	0.598		
	R1-B-4	6.30	15.0	9.7	0	0.533	0.083	0.989	1.236			0.445	0.556			0.492	0.614		
Ag	R1-B-1	7.30	8.0	11.2	0	0.468	0.043	0.686	0.854	0.937	1.157	0.309	0.384	0.422	0.521	0.283	0.352	0.467	0.576
		8.30	20.0	11.2	0	0.468	0.043	1.177	1.443			0.530	0.650			0.660	0.810		
		9.30	12.0	11.7	0	1.552	0.038	0.809	0.979			0.364	0.441			0.361	0.437		
	R1-B-2	7.30	13.0	6	0	2.722	0.271	0.831	1.038			0.374	0.467			0.382	0.478		
		8.30	13.0	6	0	2.722	0.271	0.813	0.999			0.366	0.450			0.367	0.452		
		9.30	12.0	6	0	2.722	0.271	0.766	0.930			0.345	0.418			0.334	0.405		
		10.30	27.0	6	0	2.722	0.271	1.522	1.825			0.685	0.821			0.913	1.095		
	R1-B-3	7.30	17.0	3.8	0	5.156	0.295	0.904	1.124			0.407	0.506			0.434	0.540		
		8.30	20.0	3.8	0	5.156	0.295	0.965	1.183			0.434	0.532			0.480	0.589		
	R1-B-4	7.30	19.0	4.4	0	7.796	0.491	0.949	1.170			0.427	0.527			0.461	0.568		
		8.30	13.0	4.4	0	7.796	0.491	0.762	0.928			0.343	0.417			0.327	0.398		
		9.30	26.0	4.4	0	7.796	0.491	1.110	1.334			0.499	0.600			0.588	0.707		
		10.30	20.0	4.4	0	7.796	0.491	0.908	1.081			0.409	0.486			0.425	0.506		
		11.30	30.0	4.4	0	7.796	0.491	1.183	1.394			0.532	0.627			0.644	0.759		
	R1-B-5	4.30	13.0	4.2	0	4.439	0.301	0.849	1.148			0.382	0.517			0.407	0.550		
		5.30	14.0	4.2	0	4.439	0.301	0.850	1.119			0.383	0.504			0.407	0.536		
		6.30	14.0	4.2	0	4.439	0.301	0.826	1.062			0.372	0.478			0.387	0.498		
		7.30	23.0	4.2	0	4.439	0.301	1.231	1.552			0.554	0.699			0.734	0.925		
		8.30	10.0	4.2	0	4.439	0.301	0.669	0.829			0.301	0.373			0.276	0.342		

*：異常値のため棄却

3.3.3. 地盤破壊検討結果

地盤破壊検討結果のまとめを表 3.22 に示す。また、東側端部および南側端部の地盤破壊検討結果を表 3.23 から表 3.26 に示す。

〔法面勾配 1：1.8〕

- 東側端部、南側端部共に、全てのケースで許容安全率を満足する結果となった。

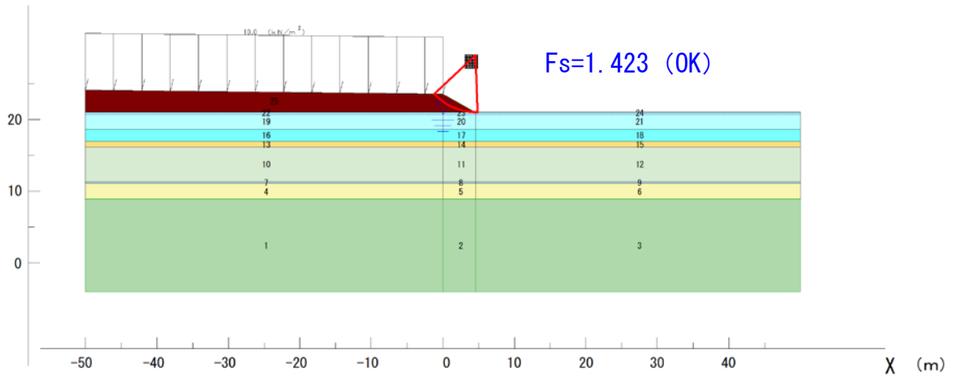
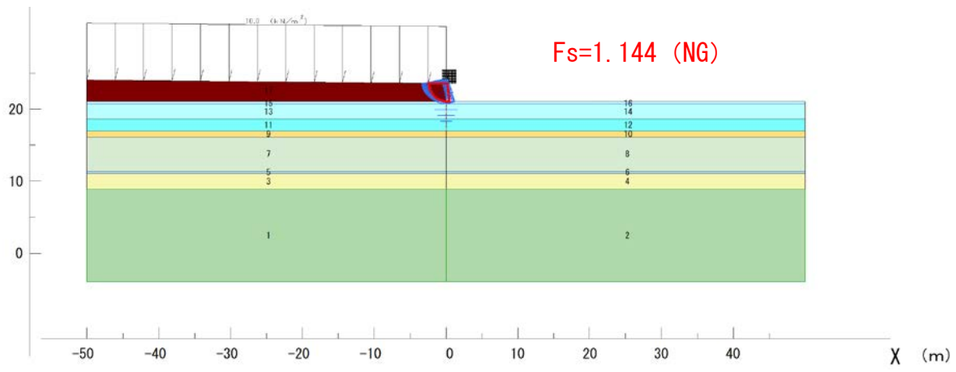
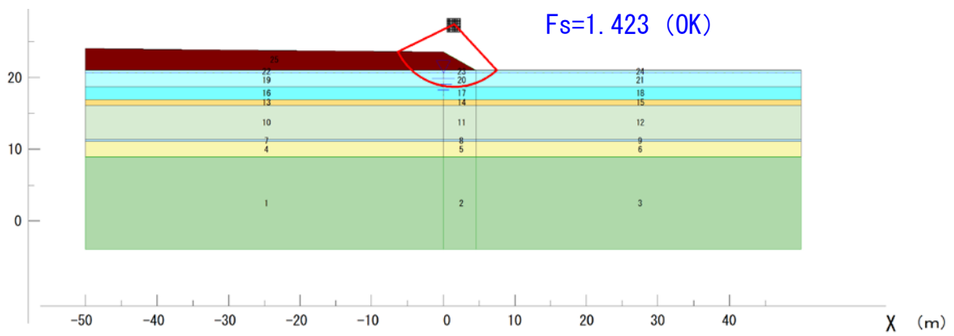
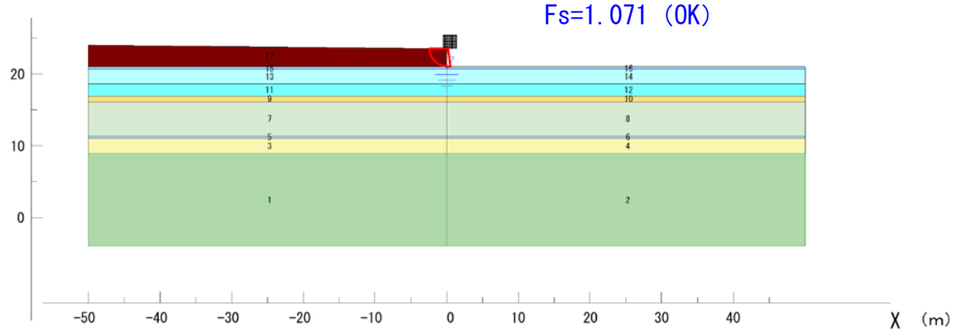
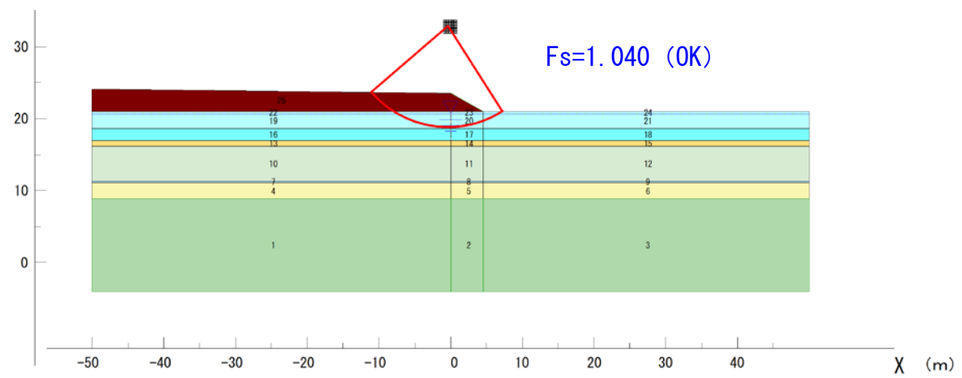
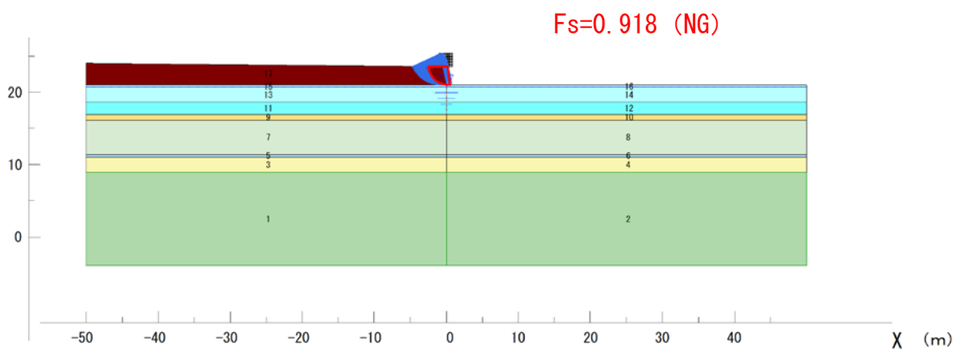
〔擁壁〕

- 東側端部、南側端部共に、常時およびレベル 2 地震時で許容安全率を下回る結果となった。それ以外のケースについては許容安全率を満足する結果となった。
- 許容安全率を下回るすべり円弧は全て表層部（Ac1 層）を通過しているため、端部を擁壁とする場合は表層を改良するなどのすべり安定対策が必要である。

表 3.22　地盤破壊検討結果

検討ケース			東側端部		南側端部	
			法面勾配1:1.8	擁壁	法面勾配1:1.8	擁壁
常時（許容安全率:1.25）			1.423 (OK)	1.144 (NG)	1.406 (OK)	1.141 (NG)
地震時（慣性力）（許容安全率:1.00）	レベル1地震動		1.423 (OK)	1.071 (OK)	1.414 (OK)	1.027 (OK)
	レベル2地震動		1.040 (OK)	0.918 (NG)	1.047 (OK)	0.864 (NG)
地震時（液状化時）（許容安全率:1.00）	レベル1地震動		1.653 (OK)	1.258 (OK)	1.694 (OK)	1.234 (OK)
	レベル2地震動	タイプⅠ	1.140 (OK)	1.128 (OK)	1.331 (OK)	1.234 (OK)
		タイプⅡ	1.140 (OK)	1.128 (OK)	1.331 (OK)	1.234 (OK)

表 3.23　地盤破壊検討結果（東側端部：常時、地震時）※盛土高 2.53m

検討ケース	法面勾配 1：1.8	擁壁
常時 （許容安全率：1.25）		
L1 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		
L2 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		

青円弧：許容安全率を下回るすべり円弧
赤円弧：最小安全率を示すすべり円弧

表 3.24　地盤破壊検討結果（東側端部：液状化時）※盛土高 2.53m

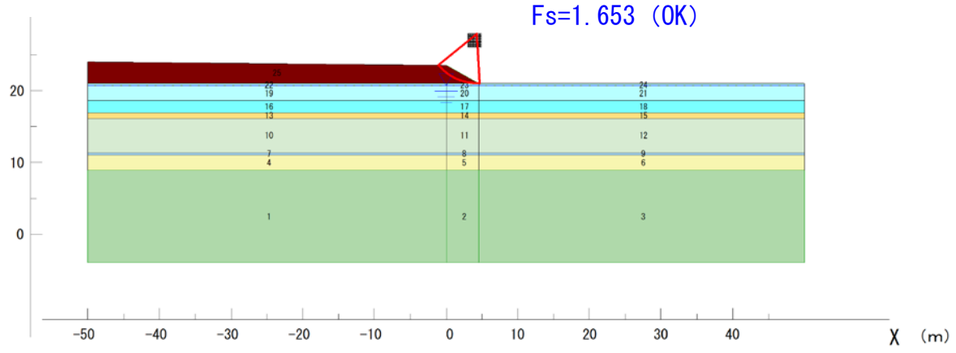
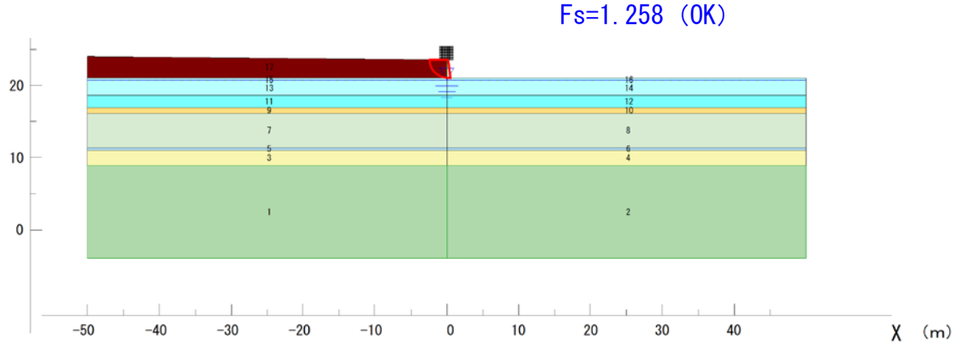
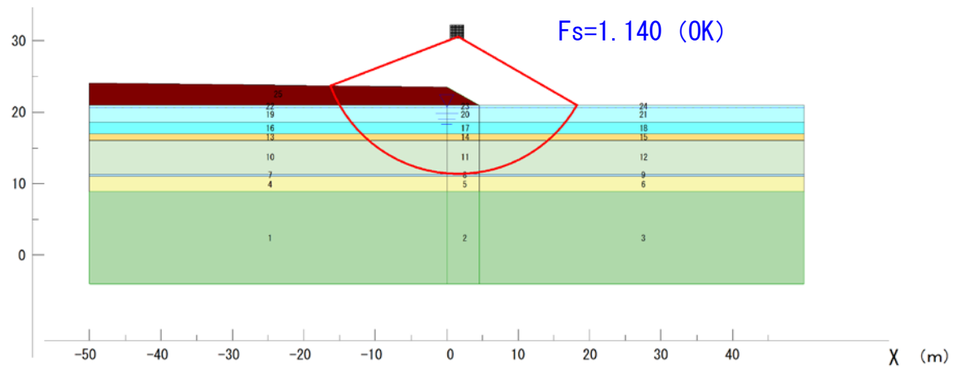
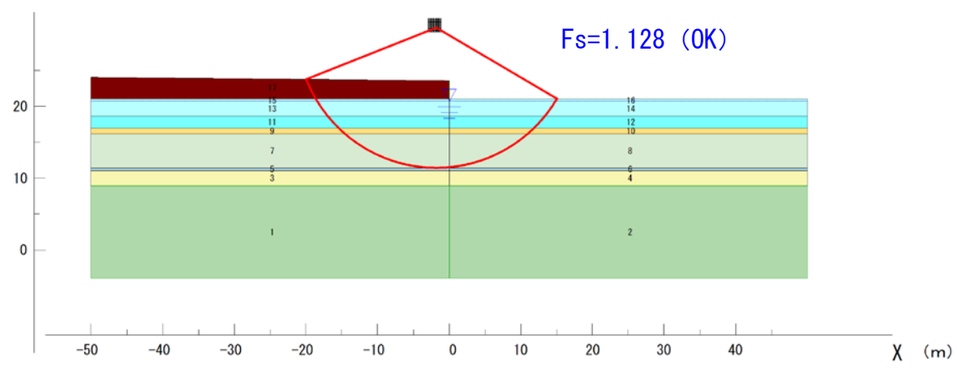
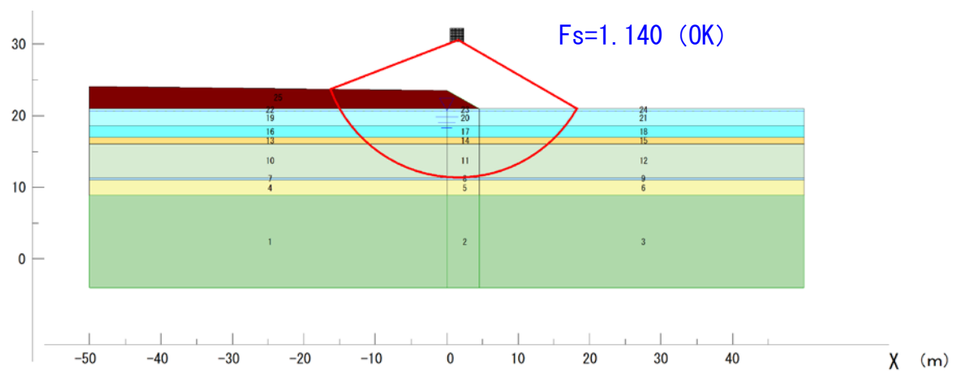
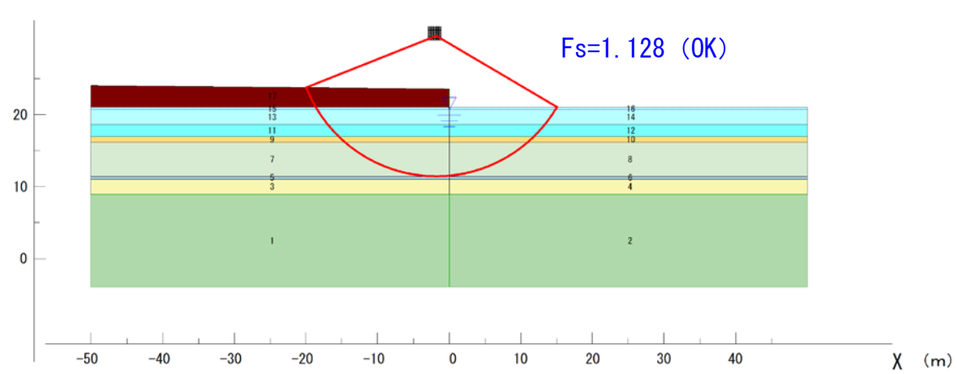
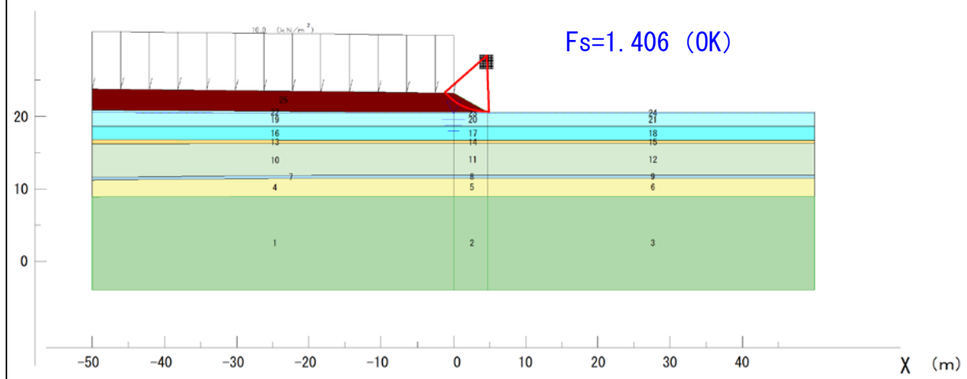
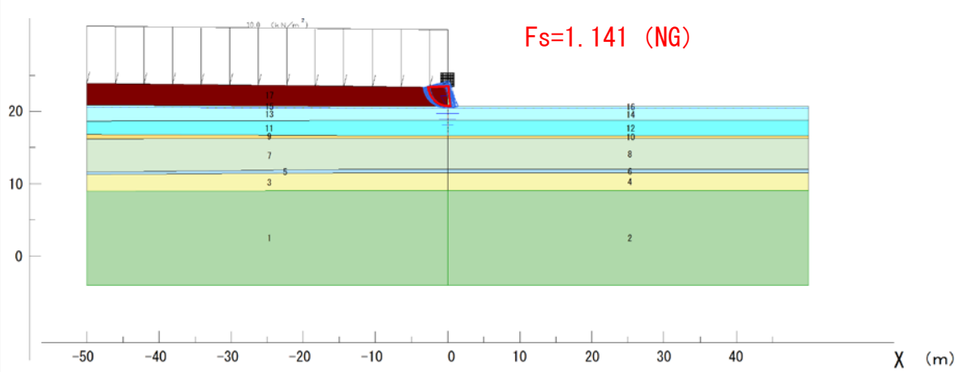
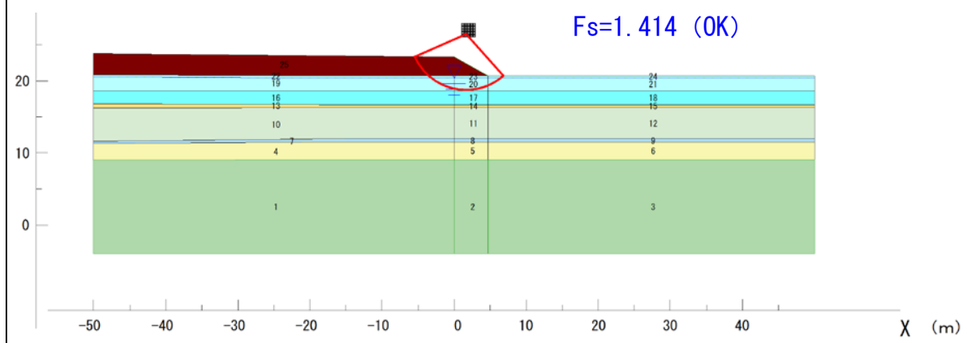
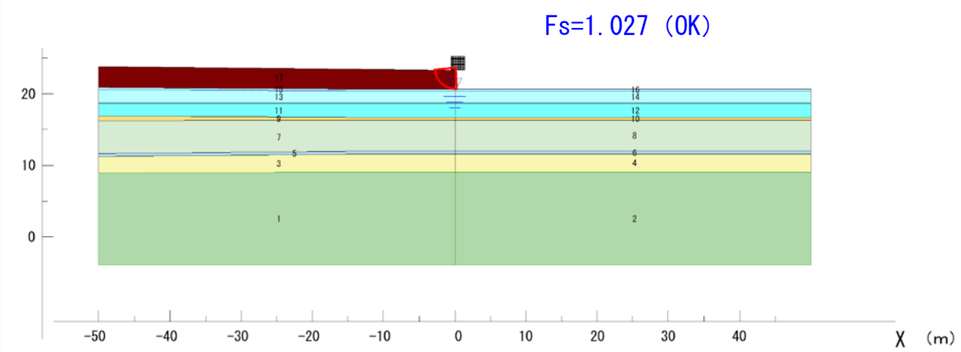
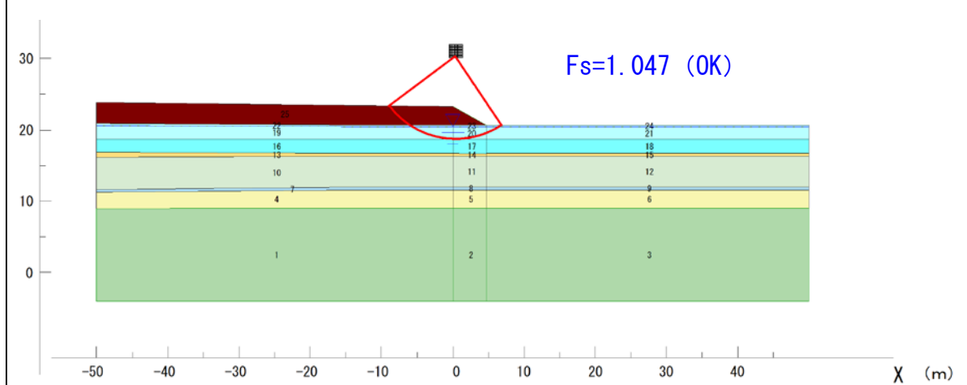
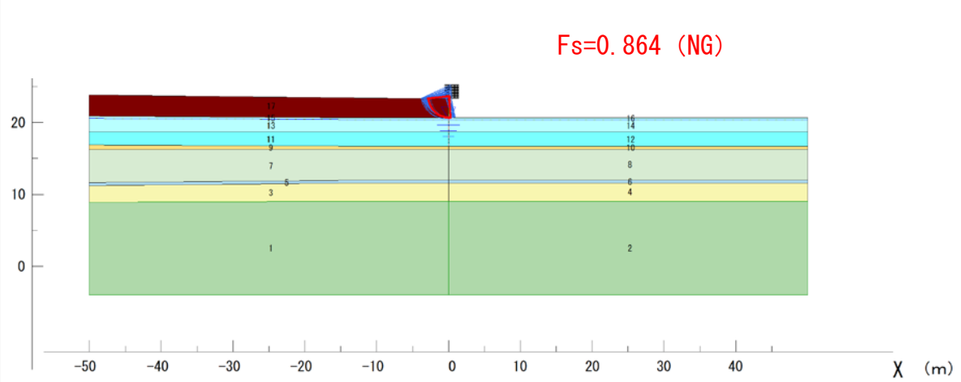
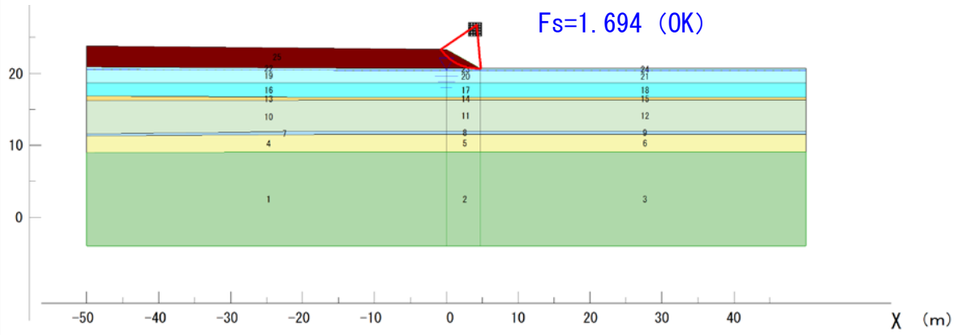
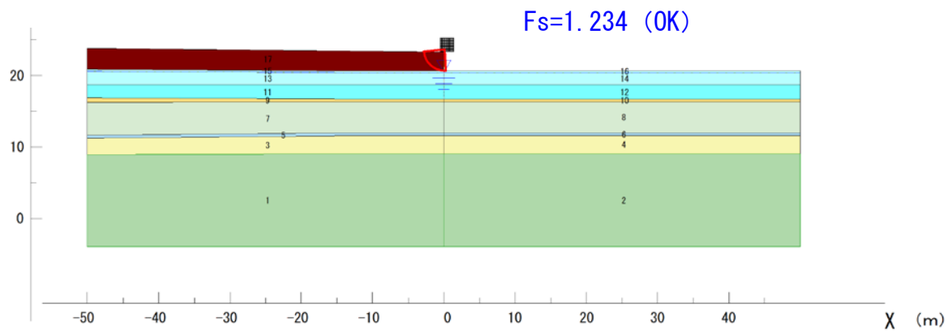
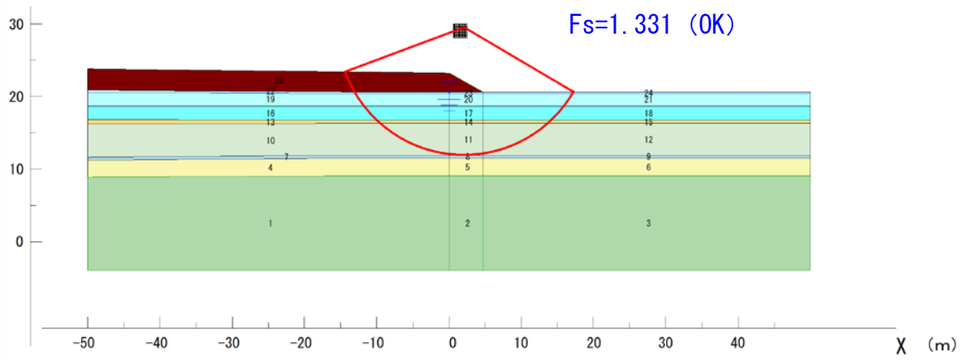
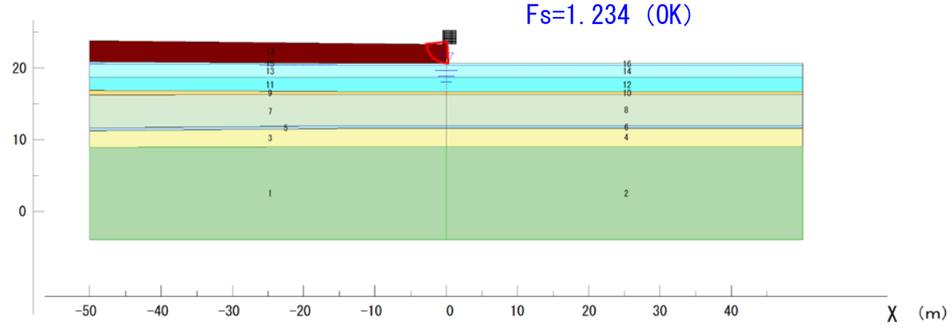
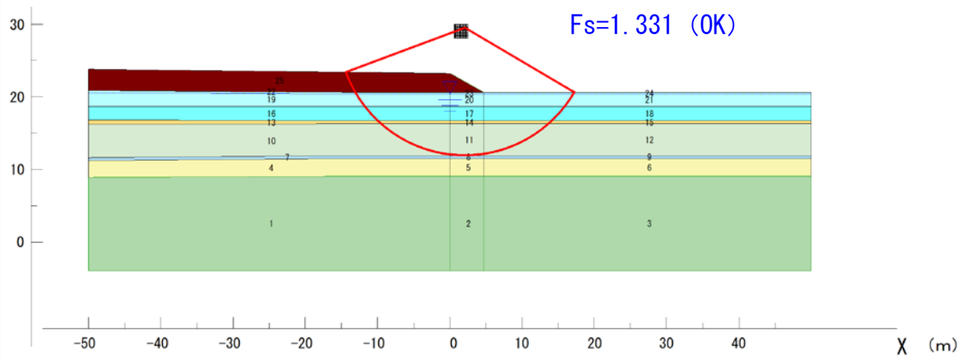
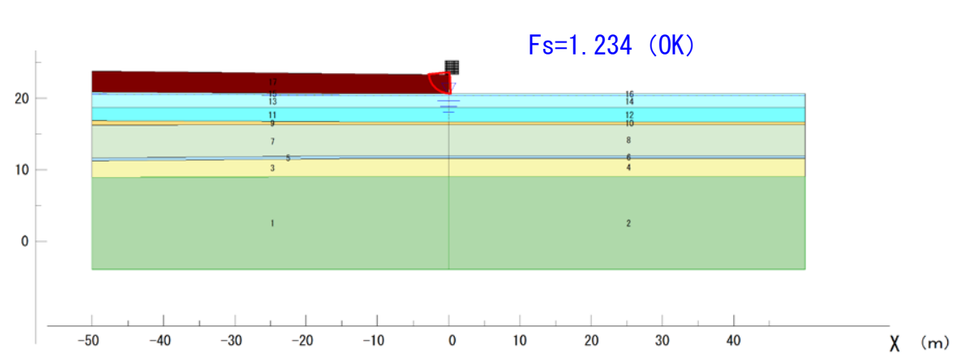
検討ケース	法面勾配 1：1.8	擁壁
L1 地震時（液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 1 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 2 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		

表 3.25　地盤破壊検討結果（南側方向：常時、地震時）※盛土高 2.61m

検討ケース	法面勾配 1：1.8	擁壁
常時 （許容安全率：1.25）		
L1 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		
L2 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		

青円弧：許容安全率を下回るすべり円弧
赤円弧：最小安全率を示すすべり円弧

表 3.26　地盤破壊検討結果（南側方向：液状化時）※盛土高 2.61m

検討ケース	法面勾配 1：1.8	擁壁
L1 地震時（液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 1 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 2 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		

3.3.4. 現況解析結果まとめ

今回の現況地盤解析にて得られた結果を以下に示す。

①圧密沈下

- 東西と南北の 2 断面で検討を行い、最大沈下量は 21.1cm であった。
- 盛土完了時点の圧密度は 88%であり、その後の最大残留沈下量は 3.6cm であった。

②液状化

- レベル 1 地震時について、As1 層は、原地盤では部分的に液状化する判定結果となるが、盛土直下は土被り圧の増加によって液状化しない結果となった。
  As2 層は、原地盤では液状化する判定結果となるが、盛土直下は土被り圧の増加によって部分的に液状化する結果となった。
  Ag 層は、原地盤では広範囲で液状化する判定結果となったが、土被り圧の増加を考慮しても液状化する結果となった。
- レベル 2 地震時について、地震のタイプや盛土の有無に関わらず、As1 層、As2 層、Ag 層で液状化が発生する判定結果となった。

③地盤破壊

〔法面勾配 1：1.8〕

- 東側端部、南側端部共に、全てのケースで許容安全率を満足する結果となった。

〔擁壁〕

- 東側端部、南側端部共に、常時およびレベル 2 地震時で許容安全率を下回り、それ以外のケースでは許容安全率を満足する結果となった。

④対策工の必要性

- 最終沈下量の最大値が 21.1cm であったので、30cm 程度の余盛は必要と考えられる。
- 残留沈下量の最大値が 3.6cm であった。許容残留沈下量 10cm を満足する結果となったので、沈下促進などの圧密沈下に対する対策工は不要であると考えられる。
- 端部を擁壁とした場合は許容安全率を下回る結果となった。したがって、端部を擁壁とする場合は、すべり安定対策が必要である。

3.4. 検討対策工法の選定

現況解析結果より、端部が擁壁となる場合は地盤破壊に対する対策が必要であるという結果となった。許容安全率を下回るすべり円弧がすべて表層である Ac1 層を通過していたことから、表層の Ac1 層を対象とした対策が必要である。Ac1 層の層厚は約 2m であるため、経済性や施工性などを考慮して以下に示す対策工法を選定した。以降、各対策工法の検討を行う。

① 表層混合処理工法
② 掘削置換工法

表 3.27　対策工法の一次選定

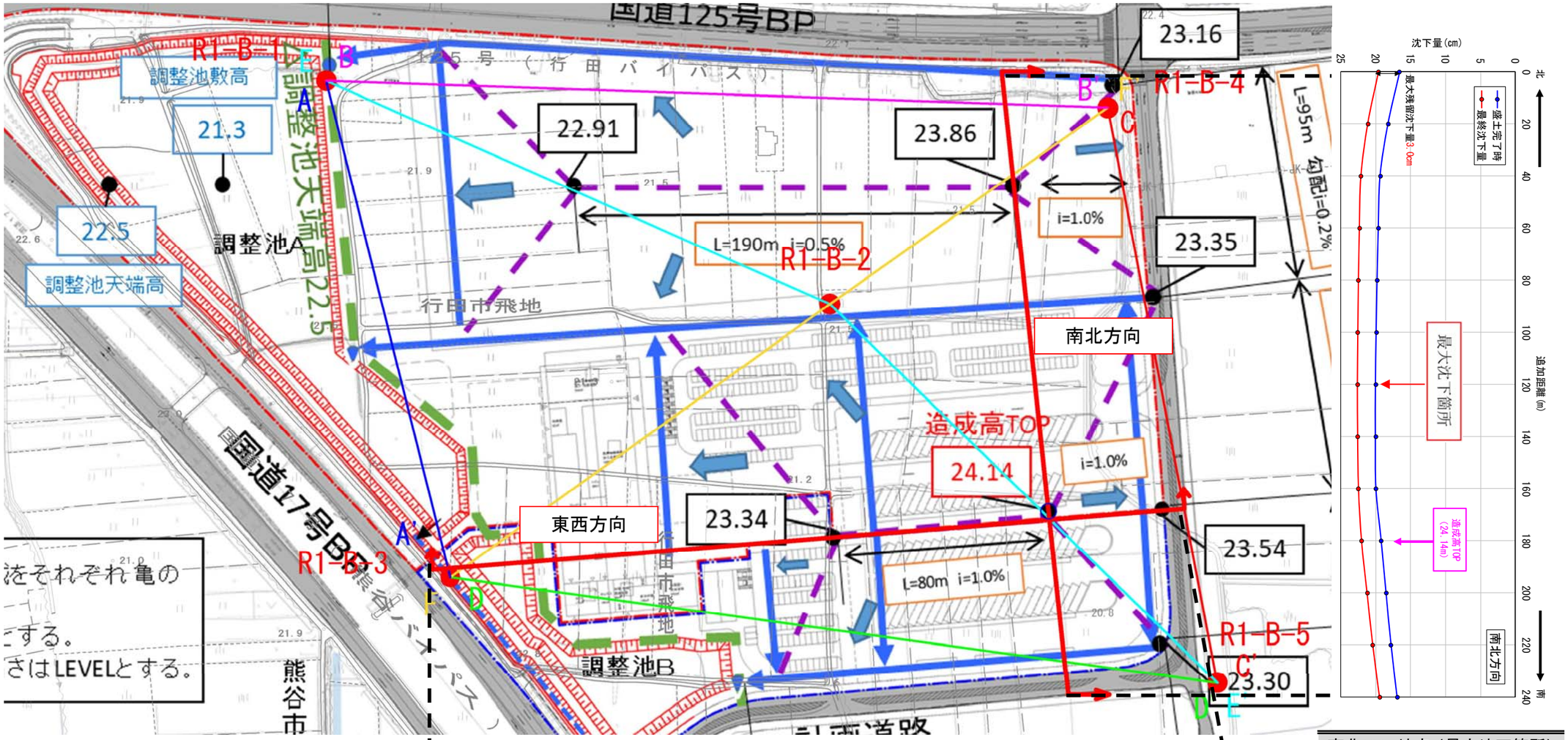
原理	代表的な対策工法		効果																一次選定結果
			沈下		安定			変形		液状化									
										液状化の発生を防止する対策									
										砂地盤の性質改良									
			圧密沈下の促進による供用後の沈下量の低減	全沈下量の低減	圧密による強度増加	すべり抵抗の増加	すべり滑動力の軽減	応力の遮断	応力の軽減	密度増大	固結	粒度の改良	飽和度の低下	有効応力の増大	過剰間隙水圧の消散	せん断変形の抑制	液状化の発生は許すが施設の被害を軽減する対策	トラフィカビリティ確保	
圧密・排水	表層排水工法																	○	圧密が問題となっていないため棄却する。
	サンドマット工法		○															○	
	緩速載荷工法				○														
	盛土載荷重工法		○		○														
	バーチカルドレーン工法	サンドドレーン工法	○		○														
		プレファブリケイティッドバーチカルドレーン工法	○		○														
	真空圧密工法		○		○														
	地下水位低下工法		○		○								○	○					
締固め	振動締固め工法	サンドコンパクションパイル工法	○	○	○	○			○	○									改良深度が浅く、費用対効果が低くなると考えられるため棄却する。
		振動棒工法		○*						○									
		バイブロフローテーション工法		○*						○									
		バイブロタンパー工法		○*						○									
		重錘落下締固め工法		○*						○									
	静的締固め工法	静的締固め砂杭工法	○	○	○	○			○	○									
		静的圧入締固め工法								○									
固結	表層混合処理工法			○		○		○			○							○	適用可能である。
	深層混合処理工法	深層混合処理工法（機械撹拌工法）		○		○		○	○		○					○	○		改良深度が浅く、費用対効果が低くなると考えられるため棄却する。
		高圧噴射撹拌工法		○		○		○	○		○					○	○		対策費用が高価となるため、棄却する。
	石炭パイル工法			○		○				○	○								近年では適用事例が少ないため、棄却する。
	薬液注入工法			○		○					○								対策費用が高価となるため、棄却する。
	凍結工法					○													ランニングコストが高価となるため、棄却する。
掘削置換	掘削置換工法			○		○		○				○							適用可能である。
間隙水圧消散	間隙水圧消散工法														○				
荷重軽減	軽量盛土工法	発泡スチロールブロック工法		○			○		○										対策費用が高価となるため、棄却する。
		気泡混合軽量土工法		○			○		○										
		発泡ビーズ混合軽量土工法		○			○		○										
	カルバート工法			○			○		○										
盛土の補強	盛土補強工法					○											○		盛土高が低く、費用対効果が低くなると考えられるため棄却する。
構造物による対策	押え盛土工法					○											○		用地に制限があるため、棄却する。
	地中連続壁工法															○			
	矢板工法					○		○							○**		○		対策深度が比較的浅いことと対策費用が高価となるため、検討対象外とする。
	杭工法			○		○			○								○		対策費用が高価となるため、棄却する。
補強材の敷設	補強材の敷設工法					○												○	盛土底面に敷設する工法であり、対策範囲が広範囲となり、不経済となるため棄却する。

3.5. 対策後地盤解析

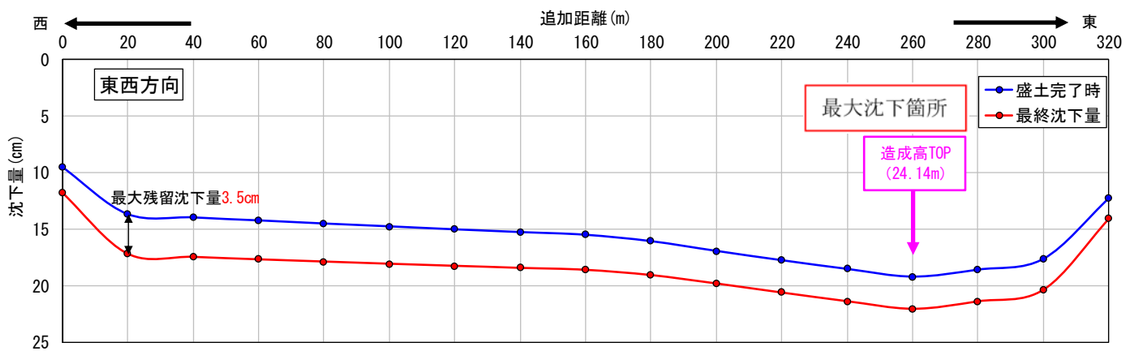
3.5.1. 地盤圧密

30cm の余盛を行ったケースの圧密沈下計算結果について、概要を以下に示す。また、圧密沈下分布図を図 3.14 に、残留沈下量が最大となった地点の圧密沈下経時変化図を図 3.15 および図 3.16 に示す。

- 30cm の余盛後の最終沈下量は最大 22.6cm であったため、30 cm の余盛で計画高を満足する。
- 余盛完了時点で圧密度は 88%であり、盛土完了後の残留沈下量も最大で 3.5cm であった。許容残留沈下量は 10cm であるため、許容値を満足する。



東西260m地点 (最大沈下箇所)	
土層	沈下量(cm)
全層	22.1
Ac1	11.0
Ac2	3.3
As2	1.1
Ag	4.5
Dc1	0.8
Ds1	1.5
Dg1	0.0



南北120m地点（最大沈下箇所）	
土層	沈下量(cm)
全層	22.6
Ac1	10.0
As1	2.1
Ac2	2.6
As2	1.1
Ag	4.1
Dc1	0.6
Ds1	2.0
Dg1	0.0

図 3.14　圧密沈下分布図 -30 cm余盛時-

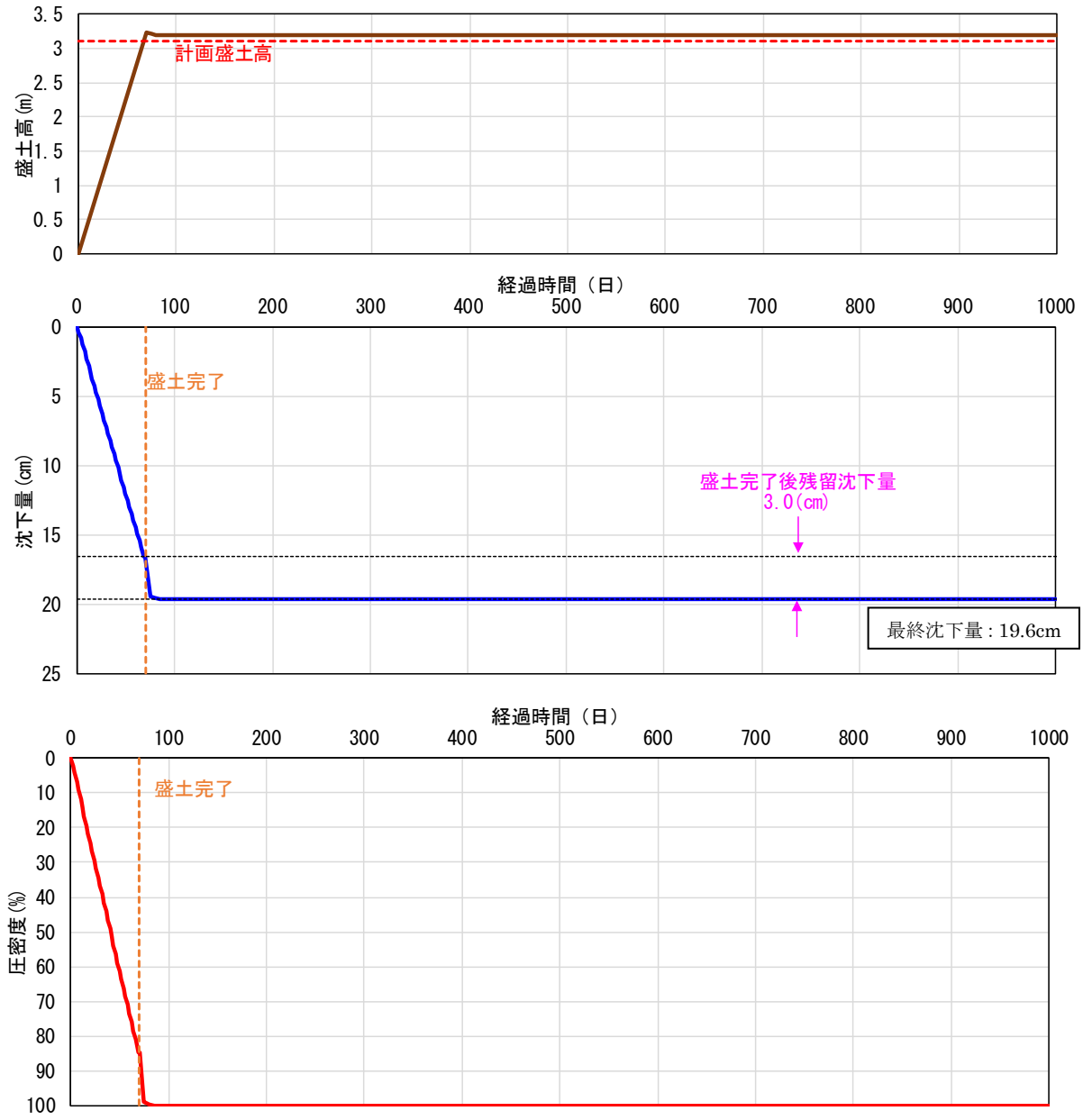


図 3.15　圧密沈下経時変化図 -30 cm余盛時-（南北方向　追加距離 0m 地点）

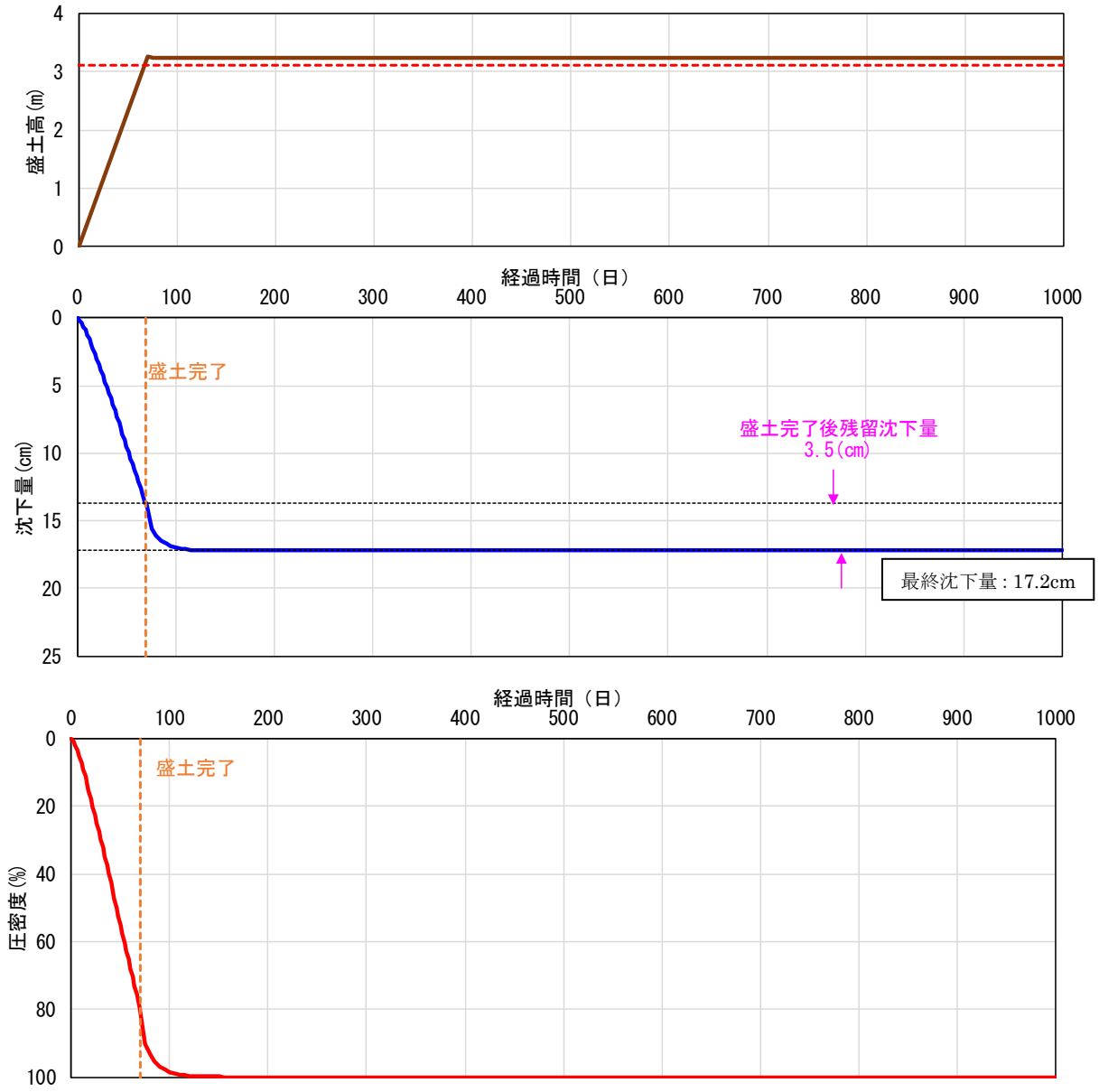


図 3.16　圧密沈下経時変化図 -30 ㎝余盛時-（東西方向　追加距離 20m 地点）

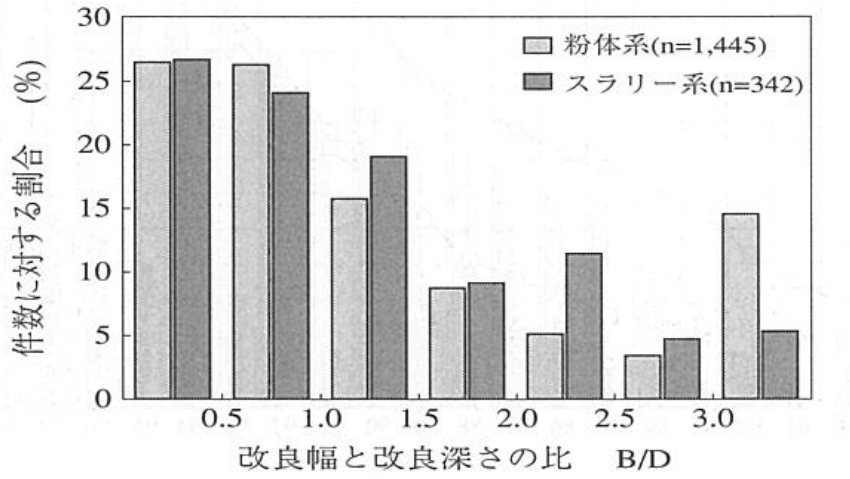
3.5.2. 地盤破壊

3.5.2.1 対策工法の条件設定

(1) 表層混合処理工法

➢ 改良深さ D、改良幅 B

改良深さ D は許容安全率を満足しない円弧のうち最も深い円弧をもとに設定する。改良幅 B は B/D の実績をもとに設定する。B/D の実績を図 3.17 に示しており、B/D=0.5～1.5 とされた事例が多い。したがって、本検討では最小の B/D＝0.5 を用いた。また改良幅は 0.5m 丸めで検討した。

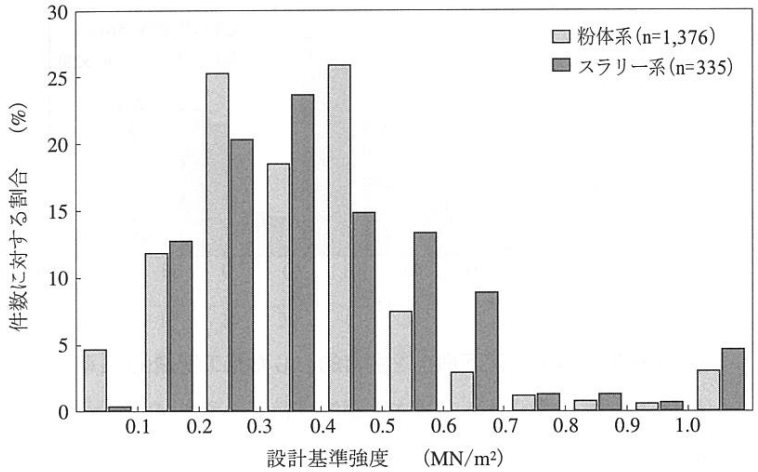


引用：「深層混合処理工法設計・施工マニュアル（改定版）、H16.3、土木研究センター」p.242 より

図 3.17 B/D の実績

➢ 設計基準強度

設計基準強度は、図 3.18 に示すすべり破壊防止を主目的とした施工実績より、100～600kN/m² が多いことから、この範囲を基本に検討した。



引用：「深層混合処理工法設計・施工マニュアル（改定版）、H16.3、土木研究センター」p.245 より

図 3.18 すべり破壊防止を主目的とした施工実績（設計基準強度）

(2) 掘削置換工法

➢ 改良深さ D、改良幅 B

表層混合処理工法と同様とした。

➢ 置換材料の土質定数

掘削置換工法の置換材料として砕石（礫）を用いることを想定した。単位体積重量およびせん断抵抗角は「道路土工―軟弱地盤対策工指針、H24.8、社団法人日本道路協会」、「道路土工―盛土工指針、H22.4、社団法人日本道路協会」にそれぞれ則り、γt=20 kN/m^3、γsat=21kN/m^3、ϕ=35° とした。

表 3.28 置換材料の単位体積重量

盛土材	γ_t (kN/m^3)
礫，礫質土	20
砂，砂質土	19
粘性土（$w_L \leqq 50\%$）	18
火山灰質粘性土	15

引用：「道路土工―軟弱地盤対策工指針、H24.8、社団法人日本道路協会」p.107 より

表 3.29 各土層の土質定数

種類		状態		単位体積重量 (kN/m^3)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	地盤工学会基準[注2)]
盛土	礫および礫まじり砂	締め固めたもの		20	40	0	{G}
	砂	締め固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの		19	25	30 以下	{SF}
	粘性土	締め固めたもの		18	15	50 以下	{M}, {C}
	関東ローム	締め固めたもの		14	20	10 以下	{V}
自然地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	35	0	
	礫まじり砂	密実なもの		21	40	0	{G}
		密実でないもの		19	35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18	30	0	
	砂質土	密実なもの		19	30	30 以下	{SF}
		密実でないもの		17	25	0	
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ）[注1)]		18	25	50 以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）[注1)]		17	20	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入）[注1)]		16	15	15 以下	
	粘土およびシルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ）[注1)]		17	20	50 以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）[注1)]		16	15	30 以下	
		軟らかいもの（指が容易に貫入）[注1)]		14	10	15 以下	
	関東ローム			14	5(ϕ_u)	30 以下	{V}

引用：「道路土工―盛土工指針、H22.4、社団法人日本道路協会」p.101 より

3.5.2.2 地盤破壊検討結果

（1） 表層混合処理工法

表層混合処理工法による地盤破壊検討結果を表 3.30 および表 3.33、表 3.34 に示す。

- 東側端部は、深さ 2.35m、幅 1.5m、設計基準強度 100kN/m²の改良体で許容安全率を満足する結果となった。
- 南側端部は、深さ 2.0m、幅 1.0m、設計基準強度 100kN/m²の改良体で許容安全率を満足する結果となった。

表 3.30　改良体条件および地盤破壊検討結果（表層混合処理工法）

検討ケース			表層混合	
			東側端部	南側端部
改良体諸元	深さH (m)		2.35	2.00
	幅B (m)		1.50	1.00
	設計基準強度 quck (kN/m²)		100	100
常時（許容安全率：1.25）			1.494 (OK)	1.478 (OK)
地震時（慣性力）（許容安全率：1.00）	レベル1地震動		1.520 (OK)	1.491 (OK)
	レベル2地震動		1.291 (OK)	1.215 (OK)
地震時（液状化時）（許容安全率：1.00）	レベル1地震動		1.777 (OK)	1.732 (OK)
	レベル2地震動	タイプⅠ	1.128 (OK)	1.357 (OK)
		タイプⅡ	1.128 (OK)	1.357 (OK)

(2) 掘削置換工法

掘削置換工法による地盤破壊検討結果を表 3.31 およびに表 3.35、表 3.36 示す。

検討の結果、東側端部および南側端部ともに表層混合処理工法と同様範囲の置換で許容安全率を満足する結果となった。

表 3.31　改良体条件および地盤破壊検討結果（掘削置換工法）

検討ケース			掘削置換	
			東側端部	南側端部
改良体諸元	深さH (m)		2.35	2.00
	幅B (m)		1.50	1.00
	飽和単位体積重量 γsat (kN/m³)		21.0	21.0
	湿潤単位体積重量 γt (kN/m³)		20.0	20.0
	せん断抵抗角 φ (°)		35.0	35.0
常時（許容安全率：1.25）			1.335 (OK)	1.333 (OK)
地震時（慣性力）（許容安全率：1.00）	レベル1地震動		1.370 (OK)	1.333 (OK)
	レベル2地震動		1.179 (OK)	1.136 (OK)
地震時（液状化時）（許容安全率：1.00）	レベル1地震動		1.589 (OK)	1.551 (OK)
	レベル2地震動	タイプⅠ	1.129 (OK)	1.356 (OK)
		タイプⅡ	1.129 (OK)	1.356 (OK)

3.5.2.3 30cm 余盛時の地盤破壊検討結果

30cm の余盛を行ったケースの地盤破壊検討結果のまとめを表 3.32 に示す。

すべり対策を考慮した場合、考慮しない場合いずれも許容安全率 1.1 を満足する結果となった。余盛 30cm 時における東側端部および南側端部の地盤破壊検討結果を表 3.37 および表 3.38 に示す。

表 3.32　地盤破壊検討結果まとめ（余盛 30cm 考慮）

検討ケース			東側端部		南側端部	
			法面勾配1:1.8	擁壁	法面勾配1:1.8	擁壁
施工時:余盛30cm（許容安全率:1.10）	地盤改良前		1.495 (OK)	1.136 (OK)	1.466 (OK)	1.123 (OK)
	地盤改良後	表層混合	-	1.397 (OK)	-	1.389 (OK)
		掘削置換	-	1.297 (OK)	-	1.272 (OK)

表 3.33　地盤破壊検討結果　（表層混合処理工法：常時、地震時）

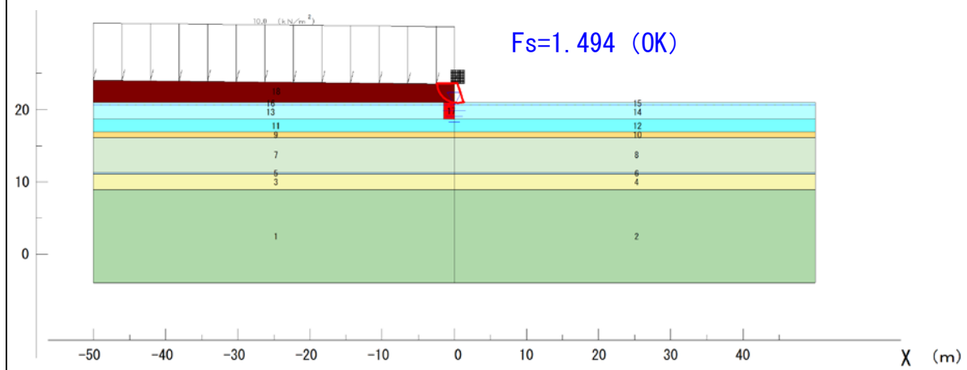
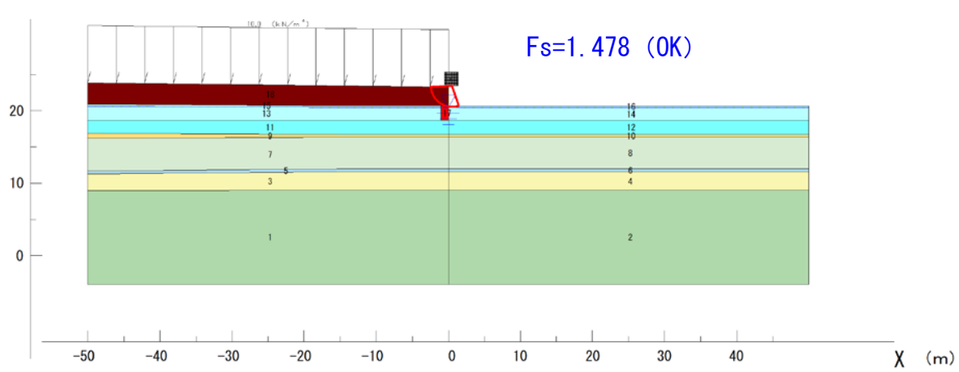
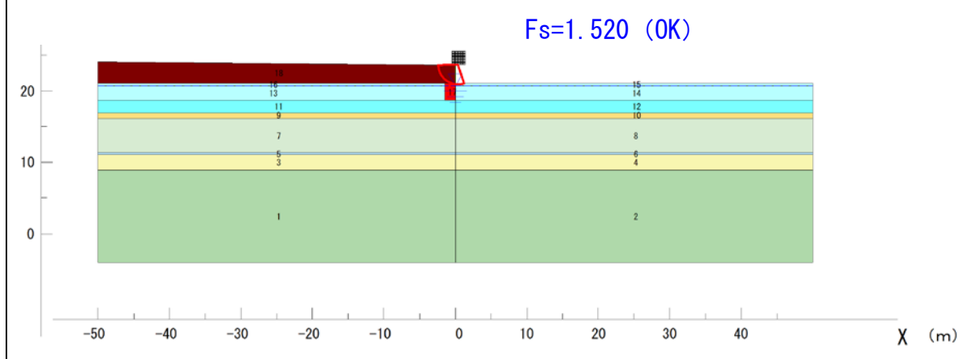
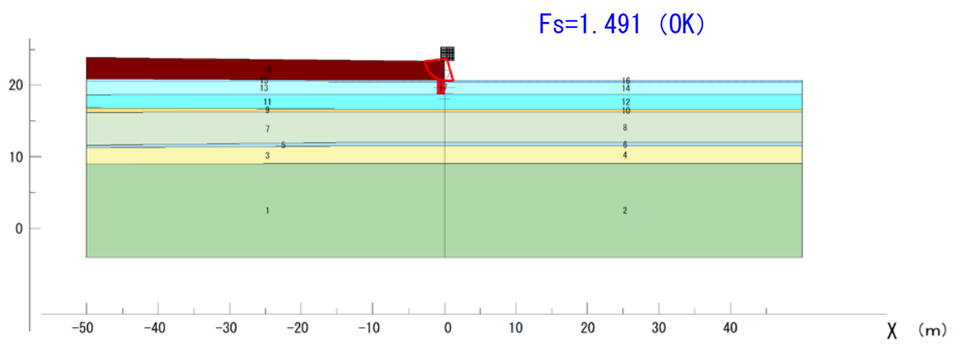
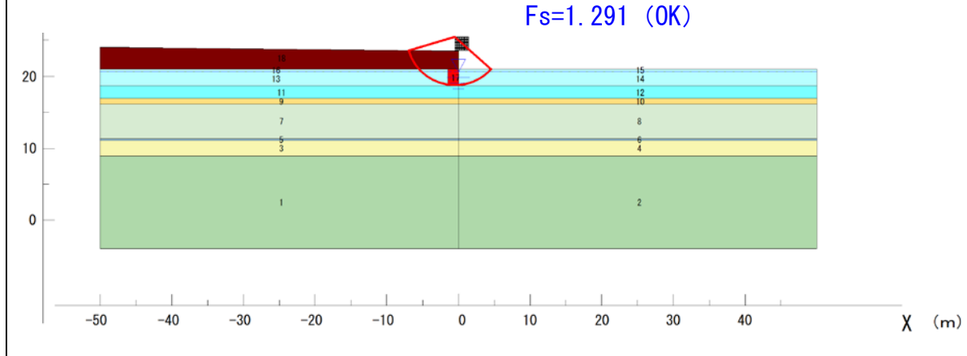
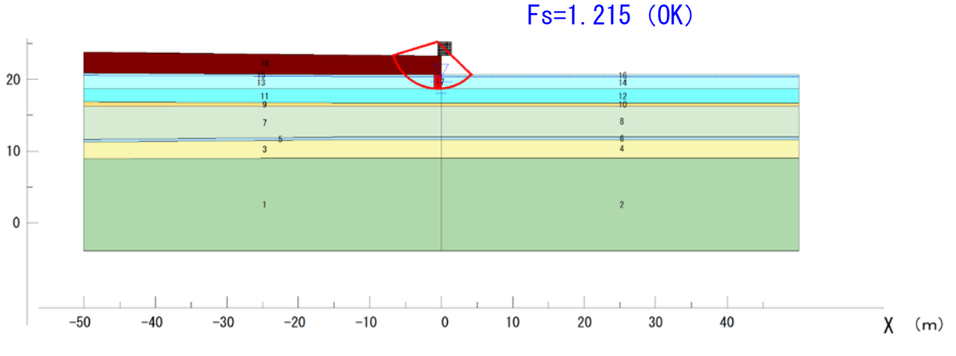
検討ケース	東側端部（擁壁）	南側端部（擁壁）
常時 （許容安全率：1.25）		
L1 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		
L2 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		

表 3.34　地盤破壊検討結果　（表層混合処理工法：液状化時）

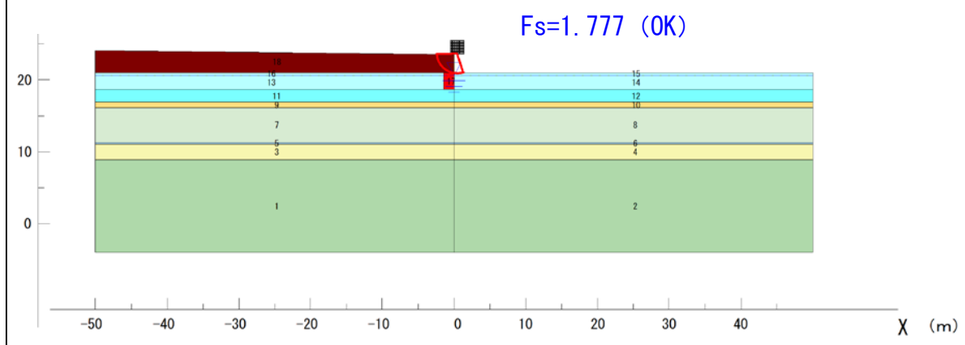
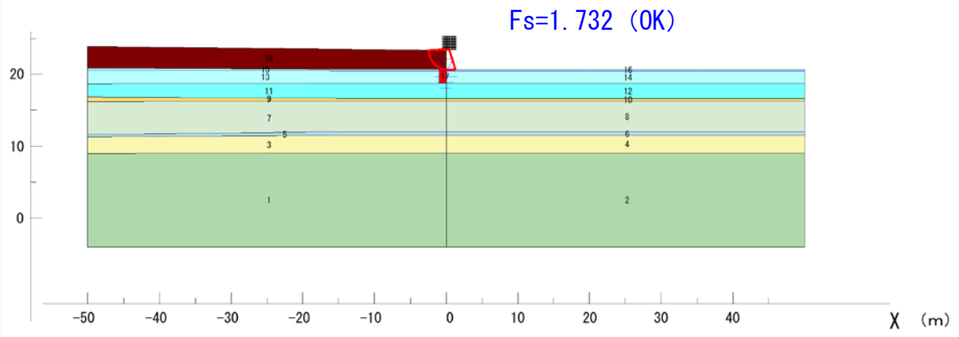
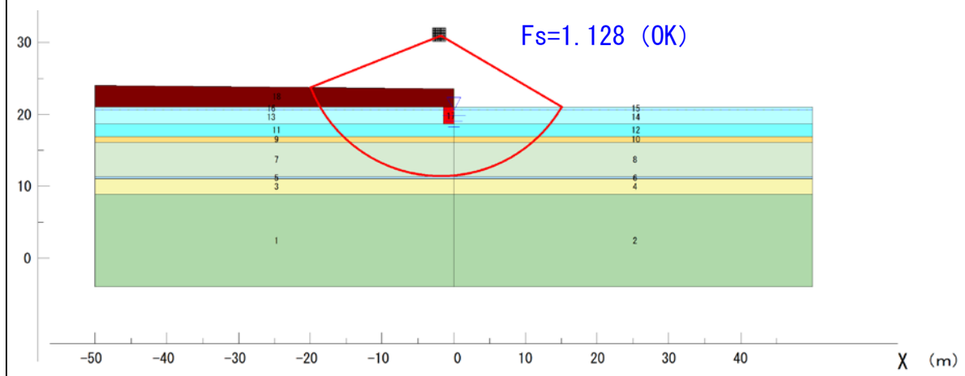
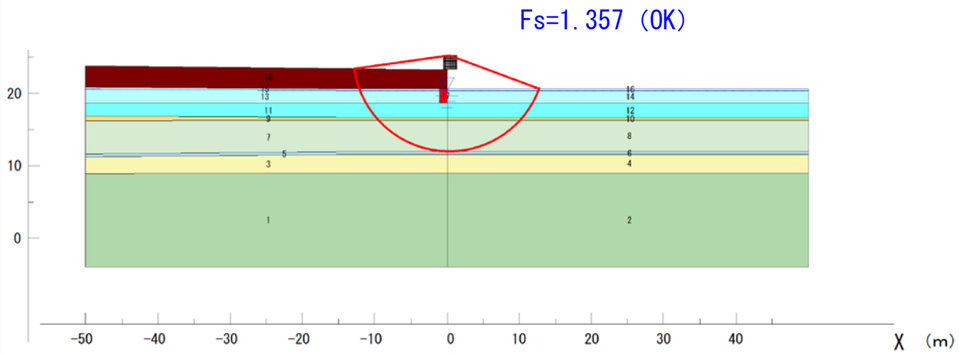
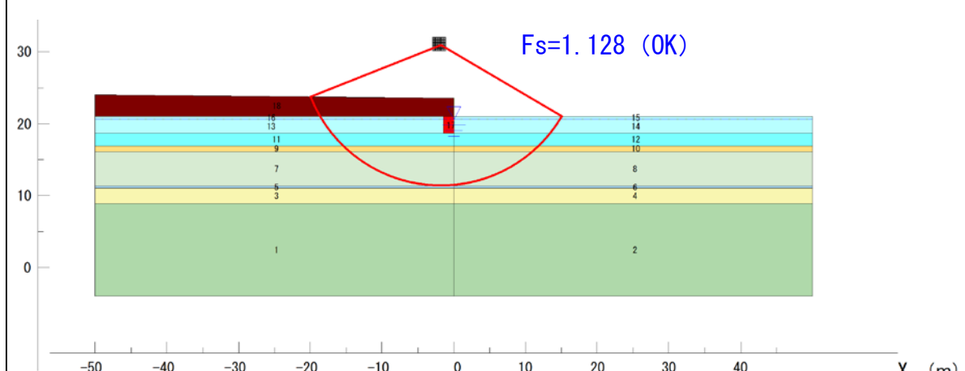
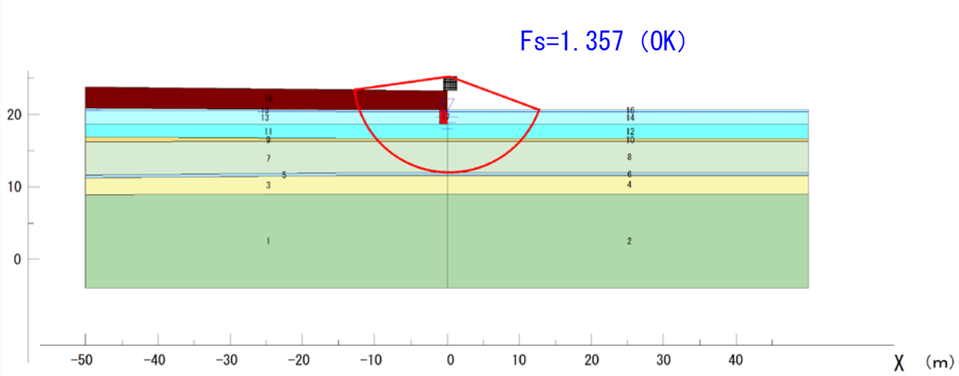
検討ケース	東側端部（擁壁）	南側端部（擁壁）
L1 地震時（液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 1 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 2 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		

表 3.35　地盤破壊検討結果　（掘削置換工法：常時、地震時）

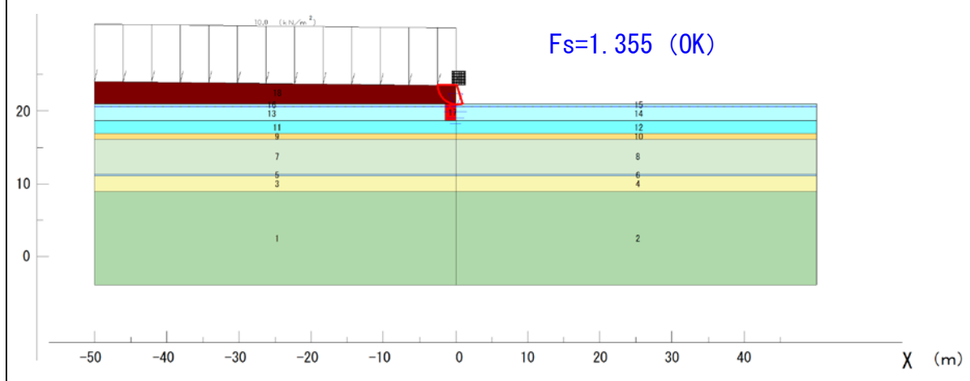
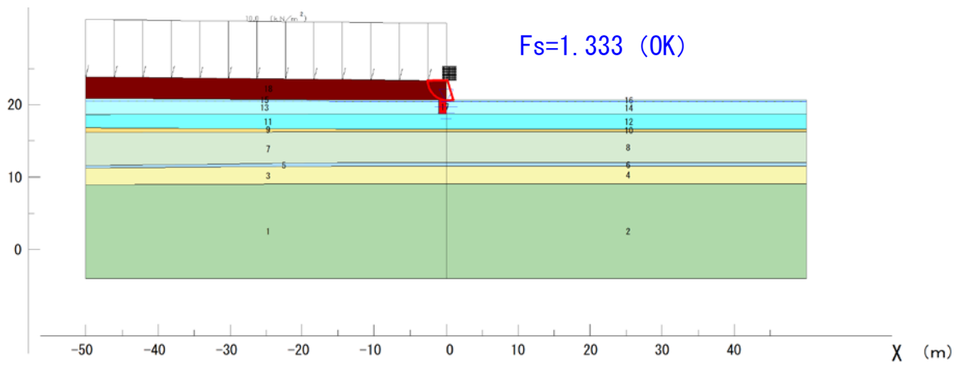
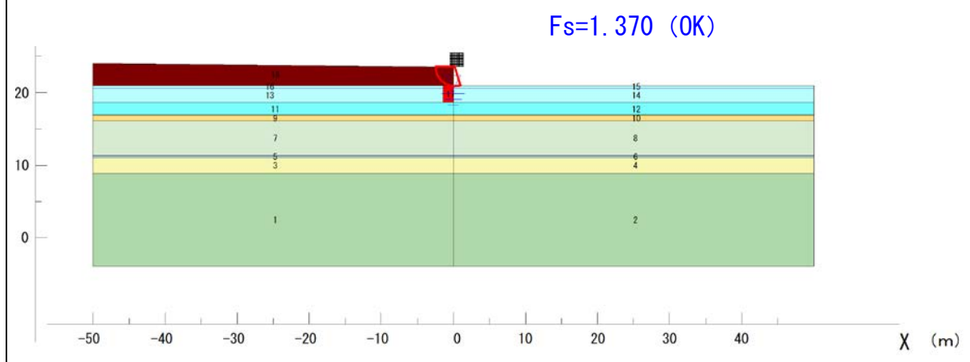
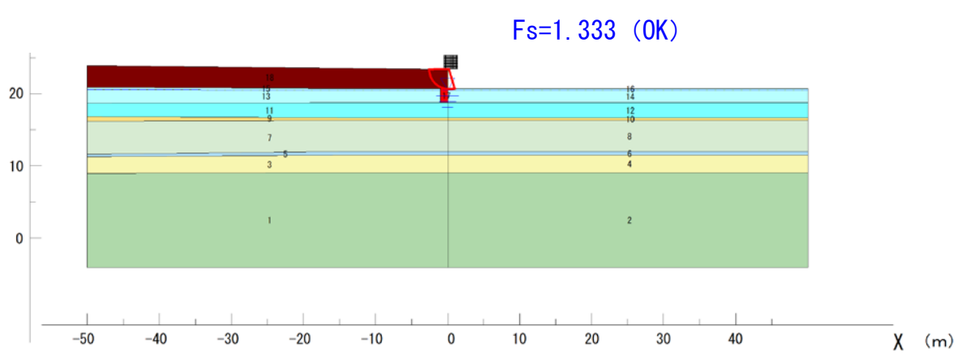
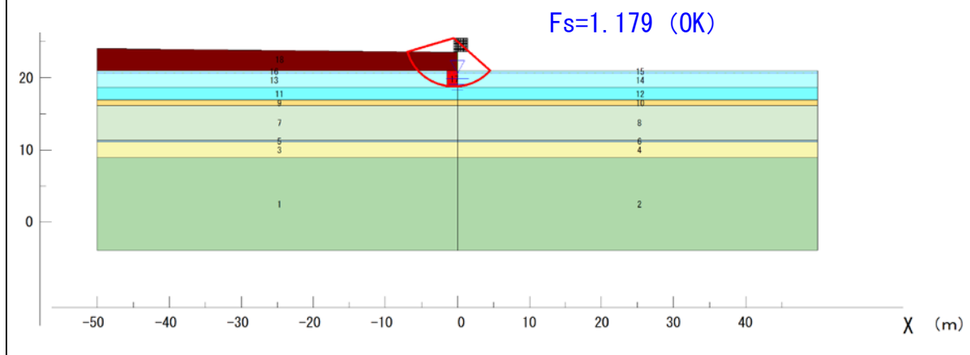
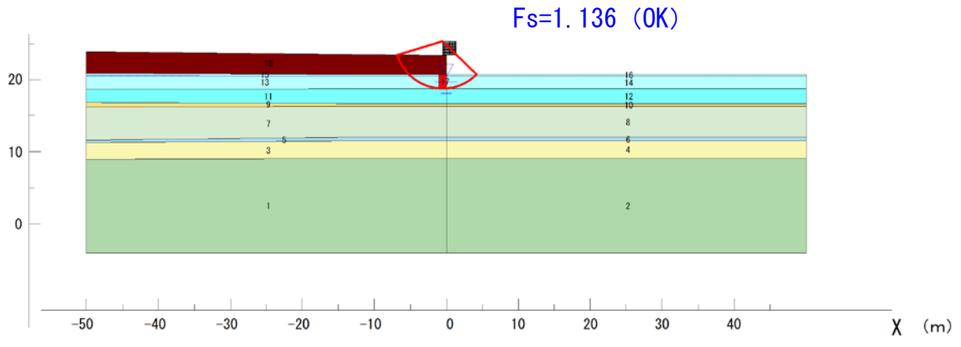
検討ケース	東側端部（擁壁）	南側端部（擁壁）
常時 （許容安全率：1.25）		
L1 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		
L2 地震時（慣性力） （許容安全率：1.00）		

表 3.36　地盤破壊検討結果　（掘削置換工法：液状化時）

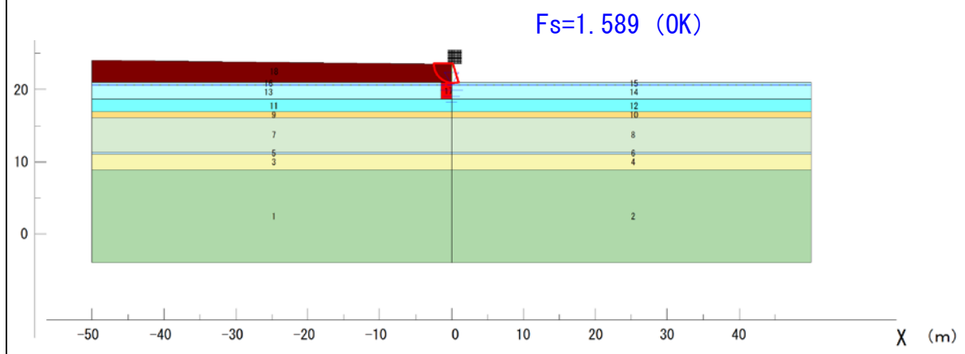
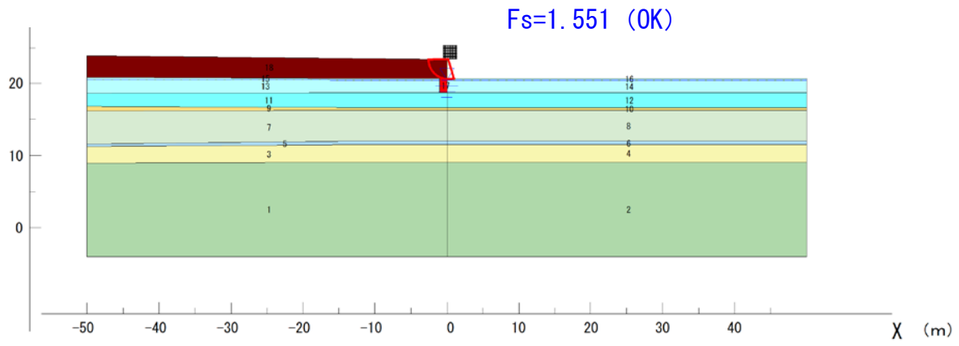
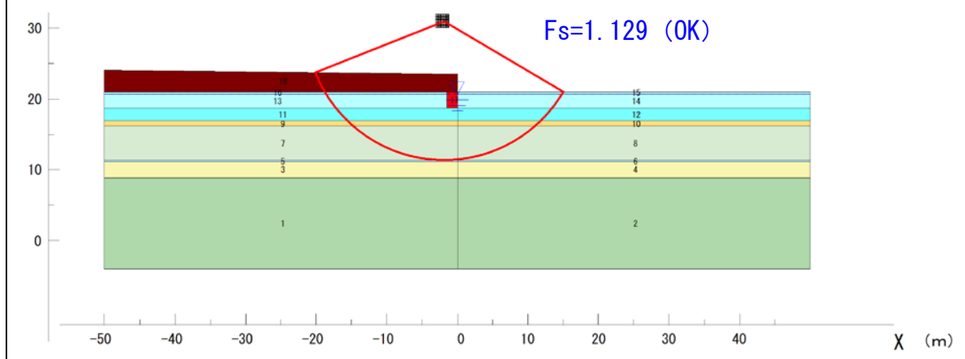
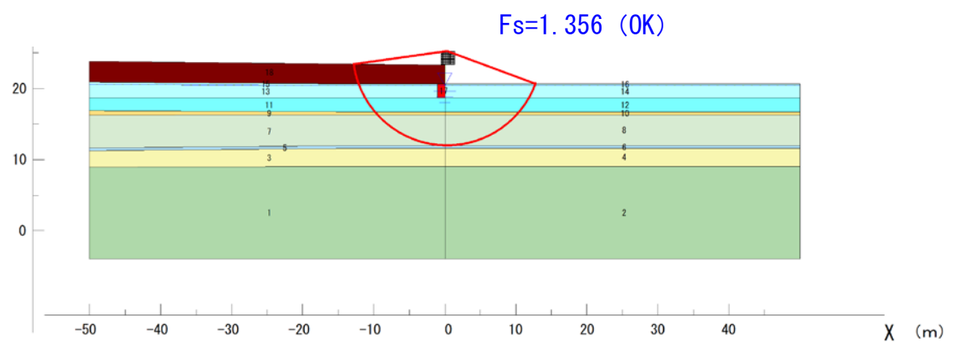
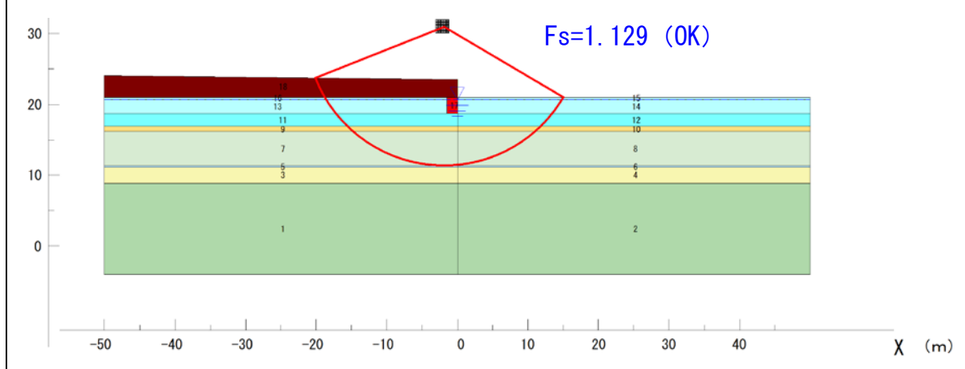
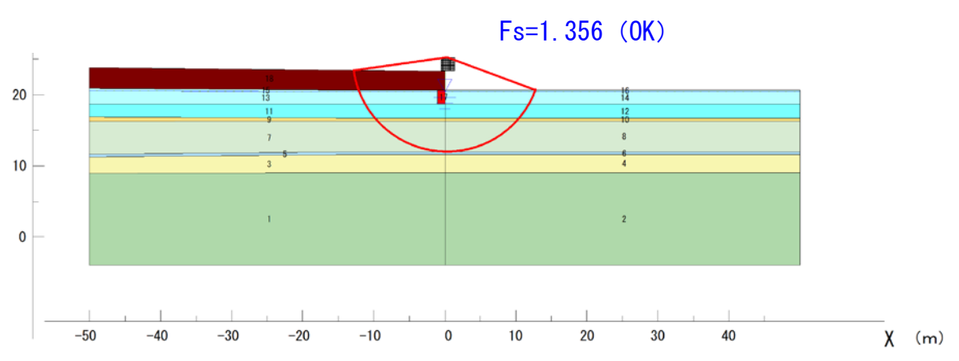
検討ケース	東側端部（擁壁）	南側端部（擁壁）
L1 地震時（液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 1 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		
L2 タイプ 2 地震時 （液状化） （許容安全率：1.00）		

表 3.37　地盤破壊検討結果（余盛 30cm 時、地盤改良前）

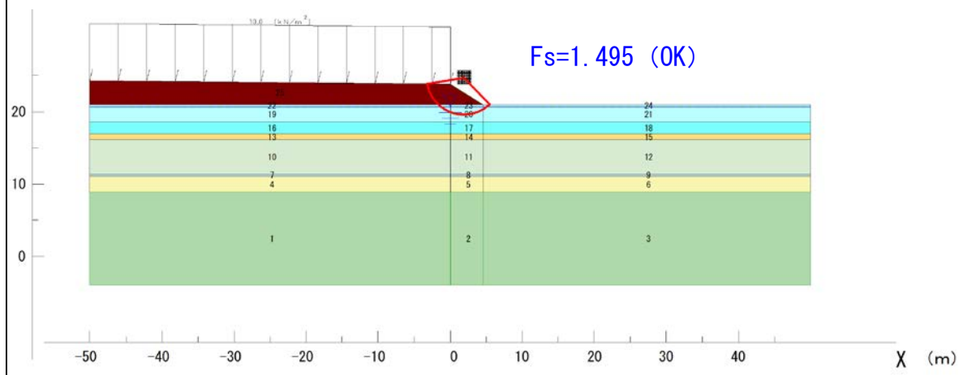
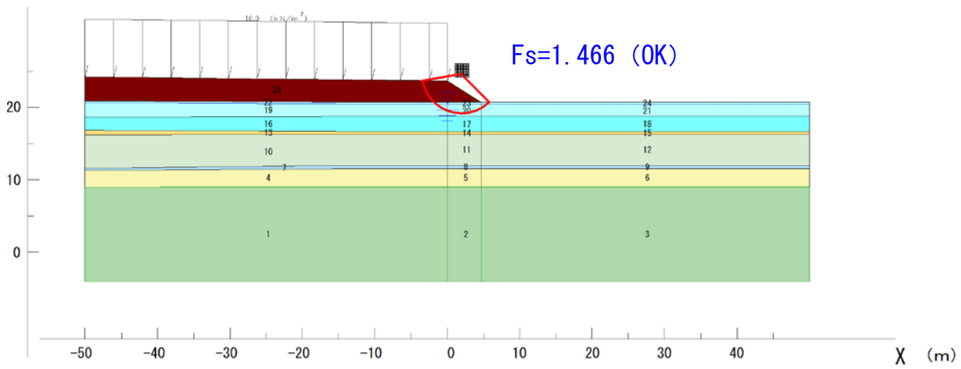
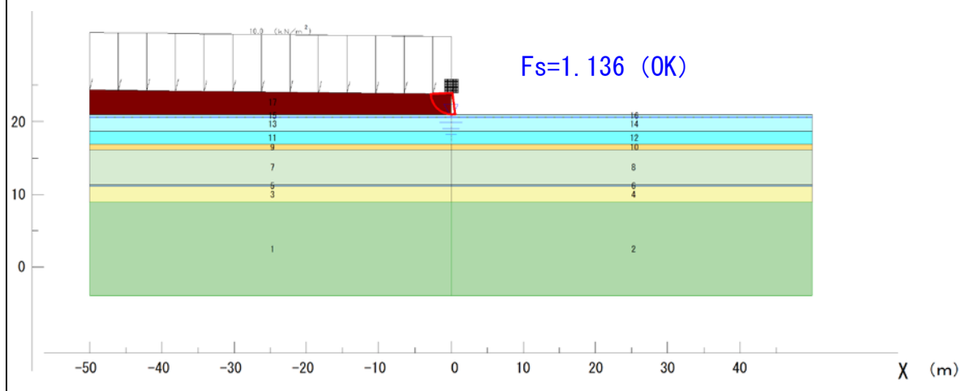
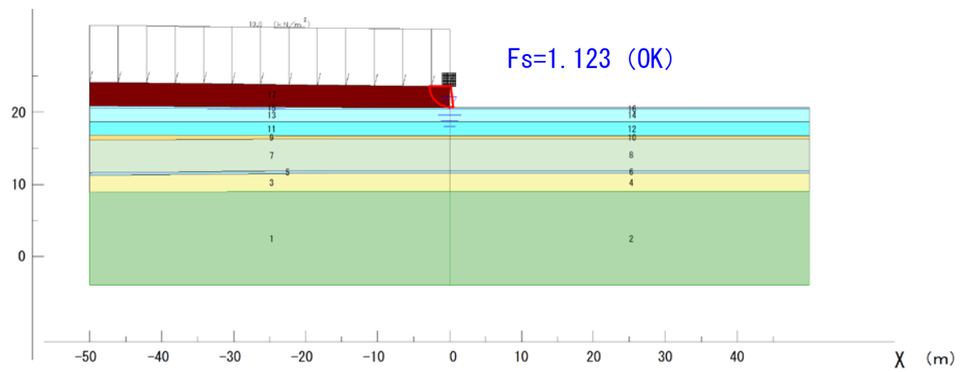
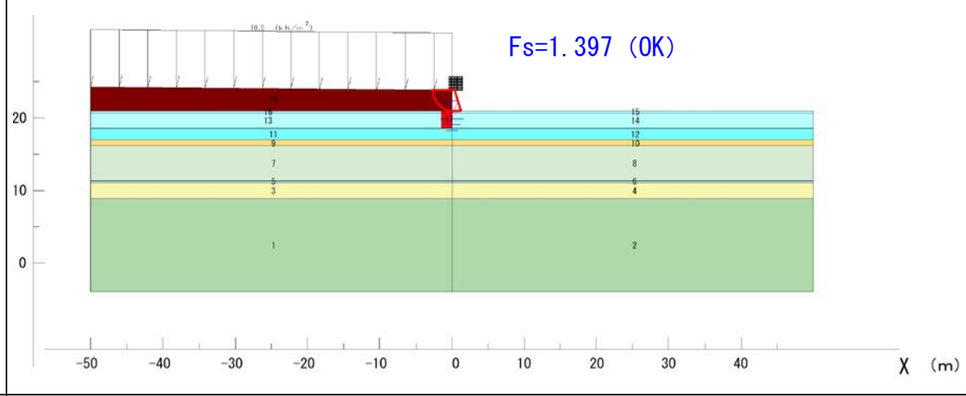
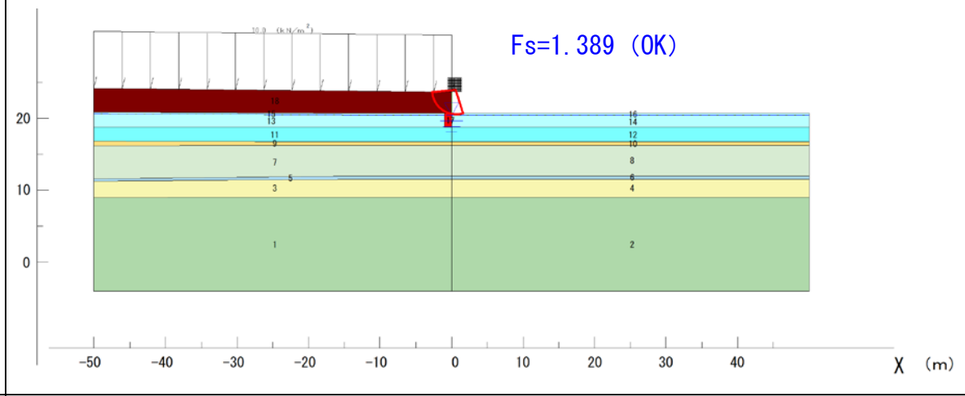
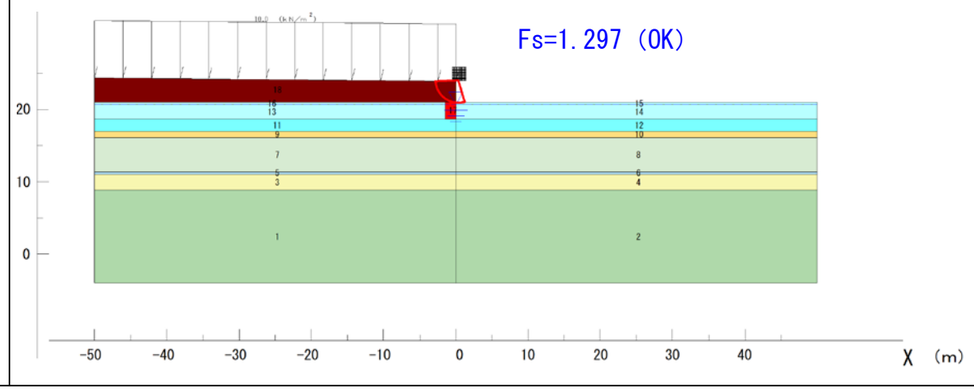
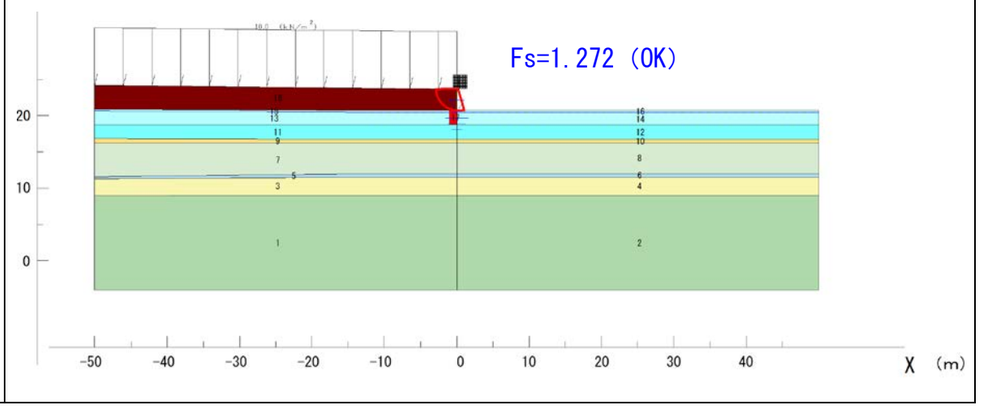
検討ケース	東側端部	南側端部
施工時 -1：1.8 勾配- （許容安全率：1.10）		
施工時 -擁壁- （許容安全率：1.10）		

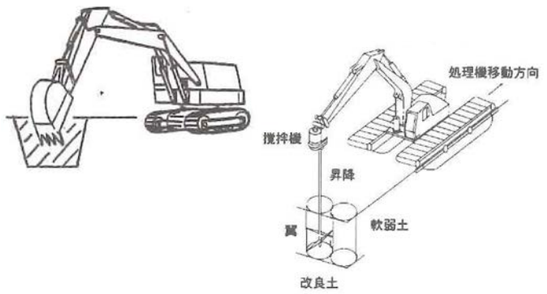
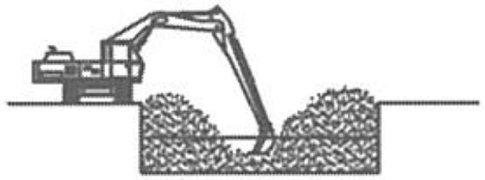
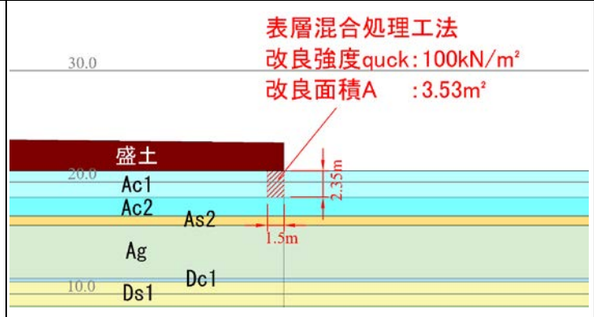
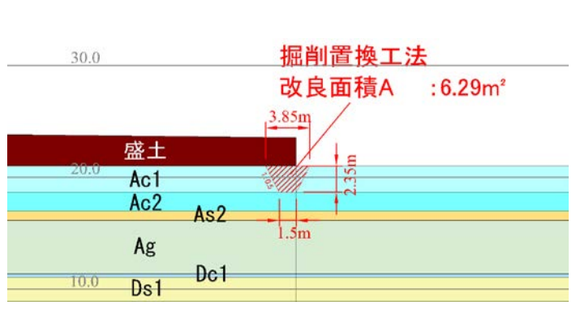
表 3.38　地盤破壊検討結果（余盛 30cm 時、地盤改良後）

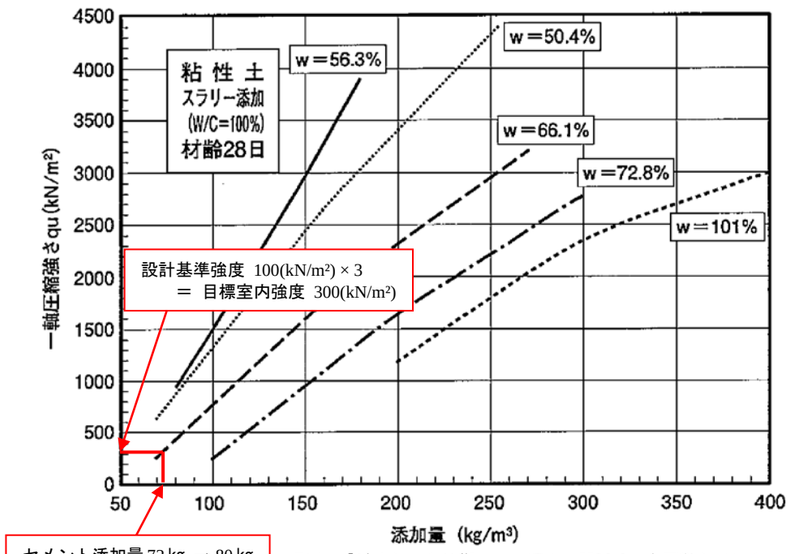
検討ケース	東側端部（擁壁）	南側端部（擁壁）
表層混合処理施工 （許容安全率：1.10）		
掘削置換施工 （許容安全率：1.10）		

3.6. 最適工法の決定

最適工法の検討結果を表 3.39 に示す。工事費算出に使用した表層混合処理工法のセメント添加量および、掘削置換工法に要する床掘勾配については、それぞれ図 3.19 および表 3.40 から設定した。
比較の結果、施工性・経済性の点から表層混合処理工法が最適工法と選定される。

表 3.39　対策工法比較表

工法		表層混合処理工法	掘削置換工法
工法概要		スラリー或いは粉体の固化材を、各種撹拌方法にて軟弱地盤と撹拌混合して、所定の強度のソイルセメントを造成する工法。施工深度に応じてスタビライザー式、バックホウ式、撹拌翼式など様々な撹拌方式がある。	軟弱層の全面あるいは一部を掘削し、良質土で置換することで全沈下量の低減、安定の確保、変形対策及び液状化防止を目的として施工される工法である。
代表的な工法		・バックホウ式、撹拌翼式	・部分掘削置換工法等
施工概要図			
対策範囲（東側端部）			
長所		・改良目的に応じて適切な仕様（改良形式・改良強度・施工機械）の選定ができる。 ・バックホウ等の小型機械を用いるため、軟弱地盤上での適用性が高い。	・あらゆる軟弱土に適用可能であり、施工機の汎用性が高い。 ・バックホウが施工機となるため、軟弱地盤上での施工性が高い。
短所		・地下水位が高く、撹拌混合時に湧き水があると、改良効果および施工性に問題が生じる。 ・バックホウによる混合の場合、若干混合精度が劣る。	・置き換えによる発生土を処理する必要がある。 ・施工深度が深い場合、軟弱土開削に伴う土留め工が必要となる。
適用地盤		粘性土、有機質土の軟弱土、砂質土（有機質土等に対しては留意が必要）	基本的にどの地盤条件でも適用可能
施工可能深度		表層～2m程度	表層～2m程度
環境	振動	小さい	小さい
	騒音	小さい	小さい
	変位	-	中位
概算直接工事費（東側端部）		粘性土 材料費　t　0.3　12,200　3,440　セメント添加量:80kg/m³（図3.3より）単価：「建設物価 -2019.12-」より 施工費　m³　3.5　2,500　8,813　単価：「土木工事積算単価」より 直接工事費（1m延長あたり）　12,253 盛土延長1mあたり：12.3千円	粘性土 材料費　m³　3.5　3,000　10,575　単価：「建設物価 -2019.12-」より 施工費　m³　6.3　1,931　12,136　単価：「土木工事積算単価」より 直接工事費（1m延長あたり）　22,711 盛土延長1mあたり：22.8千円
評価		○	△



引用：「ジオセット技術マニュアル、H29.3、太平洋セメント」p.11 より

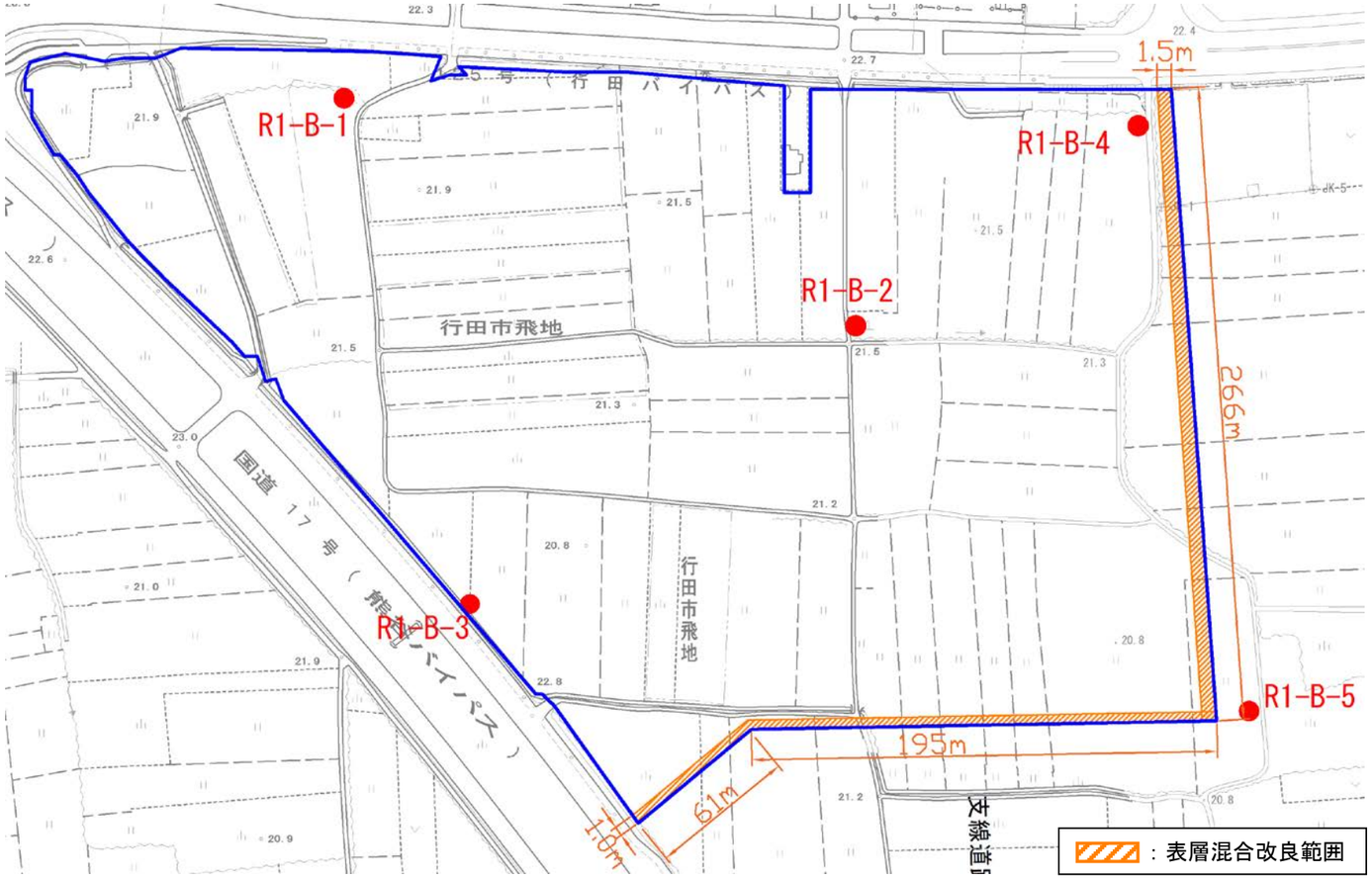
図 3.19　セメント添加量と一軸圧縮強度の関係の一例

表 3.40　掘削置換に要する床掘勾配

土質区分	掘削面の高さ	床掘り勾配	小段の幅
中硬岩・硬岩	5ｍ未満	直	－
	全掘削高５ｍ以上	１：０．３	下からＨ＝５ｍ毎に１ｍ
軟岩Ⅰ・軟岩Ⅱ	１ｍ未満	直	－
	１ｍ以上５ｍ未満	１：０．３	－
	全掘削高５ｍ以上	１：０．３	下からＨ＝５ｍ毎に１ｍ
レキ質土・砂質土 粘性土・岩塊玉石	１ｍ未満	直	－
	１ｍ以上５ｍ未満	１：０．５	－
	全掘削高５ｍ以上	１：０．６	下からＨ＝５ｍ毎に１ｍ
砂	5ｍ未満	１：１．５	－
	全掘削高５ｍ以上	１：１．５	下からＨ＝５ｍ毎に２ｍ
発破などにより崩壊しやすい状態になっている地山	２ｍ未満	１：１．０	下からＨ＝２ｍ毎に２ｍ

引用：「平成 30 年度(4 月版) 土木工事数量算出要領(案)」p.1-2-15 より p.1-2-15

表層混合処理工法を実施した際の改良範囲および概算工事費を図 3.20 に示す。



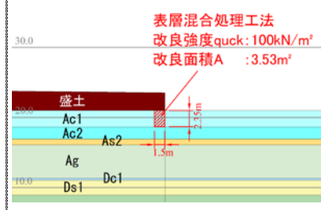
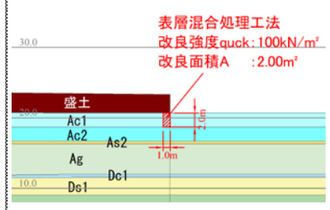
	表層混合処理工法	
	東側端部	南側端部
標準断面図		
断面積 (m²)	3.53	2.00
①改良延長 (m)	266	256
②直接工事費 (延長1m)	12,253	6,952
③直接工事費 (①×②)	3,259,271	1,779,712
④間接費 (③×0.5)	1,629,636	889,856
⑤概算工事費 (④+⑤)	4,890,000	2,670,000
概算工事費	7,560,000	

図 3.20　地盤対策工法まとめ

4. 申し送り事項

以下に申し送り事項を示す。

(1)　盛土材料

本計画地に使用する盛土材料は決まっていないため、軟弱地盤解析は盛土定数に砂質土の一般値を用いて検討している。このため、土質特性が異なる盛土材料になる場合は解析結果の照査が必要である。また、盛土材料が確定次第、物理試験、室内締固め試験、三軸圧縮試験といった室内土質試験を実施し、盛土材料の物理、力学及び締固め特性を把握する必要がある。

(2)　動態観測

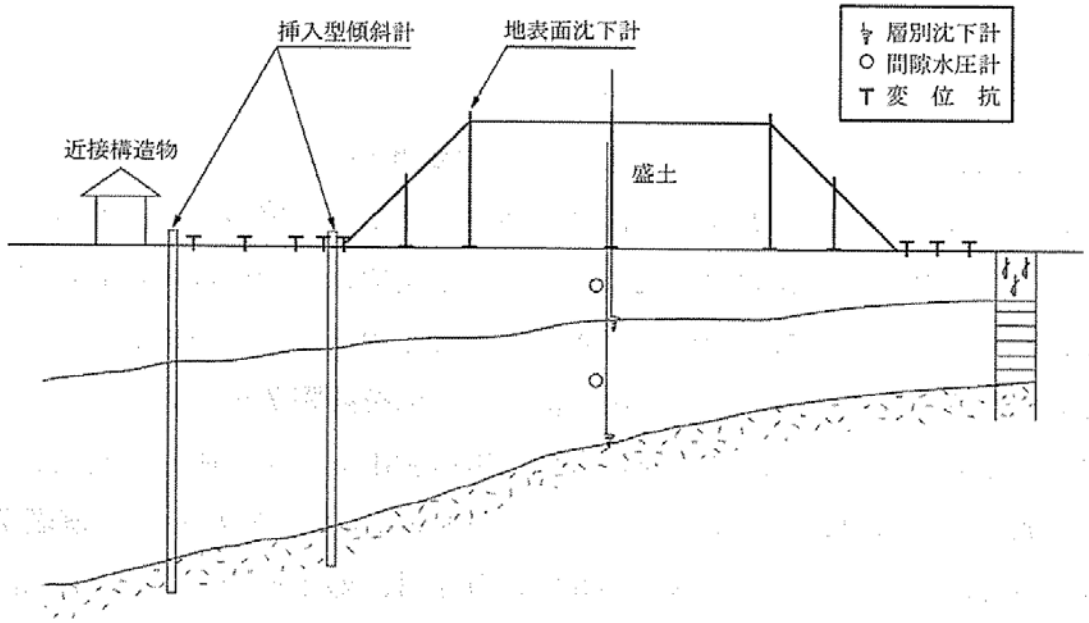
軟弱地盤上に盛土をする場合、基礎地盤のバラツキ等の不確定要素が内在しているため、沈下や安定については解析で得られた予測と実測の挙動が一致しない場合も少なくない。このため、施工中の動態観測を実施し、得られた計測情報を施工にフィードバックすることで、安全、品質を確保することが必要と考えられる。

沈下については、沈下板等を用いて動態観測を行い、沈下の収束状況を確認して余盛量や上面整備を開始する時期を決定する必要がある。また、施工中の盛土の安定性や周辺への影響の確認することを目的に地表面変位杭により観測を行うことが望ましい。以下に「道路土工　軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版)、H24.8、日本道路協会」に示される動態観測の例を示す。状況に応じて動態観測を行う項目を検討する必要がある。

表 4.1　各種動態観測用の計器

計測項目	使用計器	測定項目	目　　的	備　考
沈下	地表面型沈下計	軟弱地盤表面の全沈下量	盛土量の検測や安定管理(盛土速度のコントロール)，沈下管理(将来沈下予測による残留沈下量の推定)に測定結果を使用する。	施工に際して必ず実施する。
	層別沈下計	土層別の沈下量	軟弱層が厚く土層構成が複雑で,沈下速度の遅い層の圧密度や残留沈下が問題となる箇所に設置し,各層の計算沈下量の検証に使用する。また,改良柱体間の粘土の沈下挙動を把握する。	残留沈下が問題となる箇所では設置が望ましい。施工後の追跡調査にも活用できる。
変位	地表面変位杭	盛土周辺地盤面の水平変位量及び鉛直変位量	盛土周辺地盤の変状の有無を把握して安定管理に用いる。	平地部等の低盛土で隣設地への影響が問題とならない場合を除いて，必ず実施する。
	地表面伸縮計(自記式地すべり計)	盛土周辺地盤面の水平変位量	盛土周辺地盤の変状の量を自動で計測して安定管理に用いる。	地表面変位杭と代替，もしくは併用して用いられる。
	挿入型傾斜計	盛土周辺地盤の地中水平変位量	安定管理に用いる。盛土の進行に伴う土層別の水平変位量を把握する。	地表面変位杭と代替，もしくは併用して用いられる。
間隙水圧	間隙水圧計	土層別の間隙水圧	粘土の圧密による強度増加は,圧密度で評価される。沈下量と間隙水圧では間隙水圧の方が遅れる傾向にあり,沈下量と合わせて総合的に圧密度を把握する。	試験施工等，確実な圧密の進行を把握する必要のある場合に実施する。

引用：「道路土工　軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版)、H24.8、日本道路協会」p.370 より



引用：「道路土工　軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）、H24.8、日本道路協会」p.372 より

図 4.1　動態観測計器の配置例

表 4.2　動態観測の測定頻度と期間の目安

計器の名称	盛土期間中	盛土完了後 1ヶ月まで	盛土完了後 1～3ヶ月まで	3ヶ月以降
沈　下　計	1回/1日	1回/2～3日	1回/1週	1回/1ヶ月
地表面変位杭，地表面伸縮計，挿入型傾斜計	1回/1日	1回/2～3日	必要の都度	

引用：「道路土工　軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）、H24.8、日本道路協会」p.372 より

(3)　盛土施工による周辺への影響

道の駅造成前（盛土前）に事業範囲周辺に水路を整備する可能性があることから、周辺への影響予測を簡易的手法により行った。

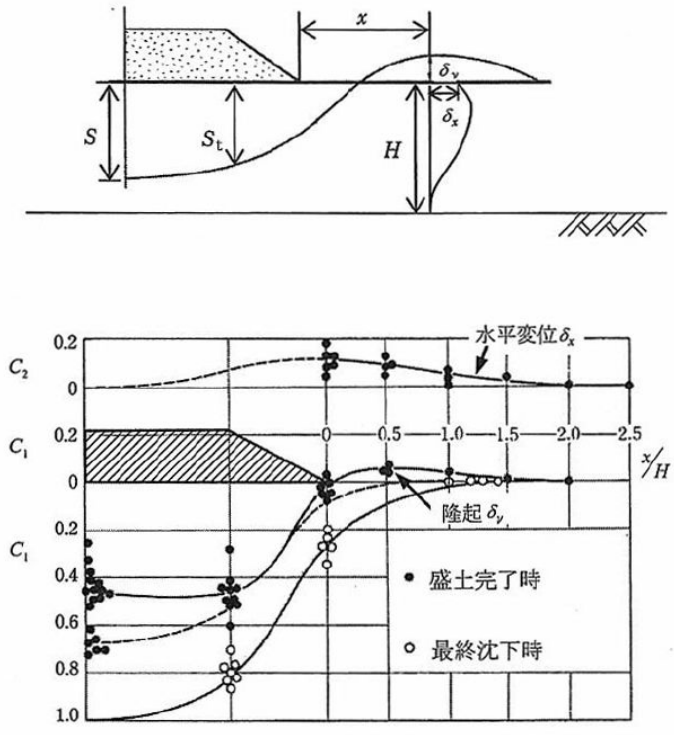
A）検討方法

検討は、「道路土工-軟弱地盤対策工指針」に示される以下の方法により検討した。本検討は、簡易的手法により地盤内発生応力を算定し、地盤変形量（側方流動、地盤隆起）を算定するものである。

沈下量	$St=C_1 \cdot S$
側方地盤隆起量	$\delta v=C_1 \cdot S$
側方地盤水平移動量	$\delta x=C_2 \cdot S$

ここに、C_1、C_2：係数（図 4.2）、S：盛土中央における最終沈下量(m)、
H：軟弱層厚(m)、x：盛土からの水平距離(m)

盛土中央における最終沈下量(m)は南北方向及び東西方向の最大沈下量 22.608cm（余盛を考慮）、軟弱層層厚 6.50m として計算した。



引用：「道路土工-軟弱地盤対策工指針、H24.8、(社)日本道路協会」 p.153 より

図 4.2　盛土の沈下形状と側方への影響

B）照査基準

圃場整備での水路であるため、「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「水路工」、H26.3、農林水産省」を参照した。これによると、沈下量の照査基準値については明確な値が設定されておらず、機能性等に応じて適宜設定することとなっている。

② 沈下の検討

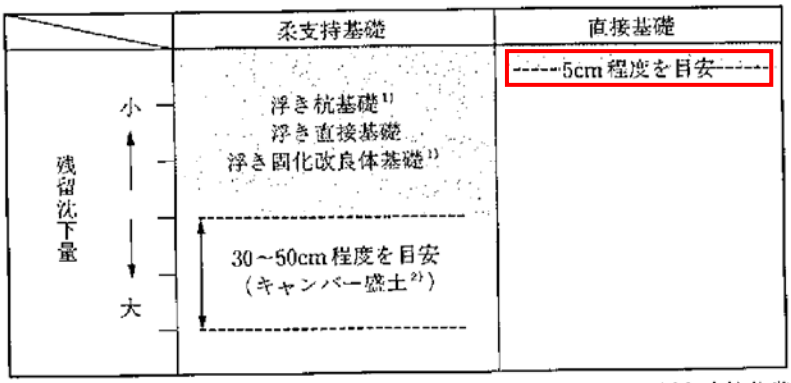
水路の沈下は、基礎地盤下に圧密沈下を生じる軟弱粘土層がある場合に検討することが多い。沈下量の許容値は、水路の余裕高や機能性を考慮して適時設定するのがよい。部分的に軟弱層があったり、支持層が傾斜して不同沈下が懸念される場合は、良質土による置換等の対策が必要となる。また、載荷直後に生ずる即時沈下量が水路通水条件その他に有害となる場合は、上げ越し量を見込むか適切な基礎処理を検討しなければならない。沈下量の算定は、本技術書によるほか土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「ポンプ場」、その他を参照して行う。

引用：「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「水路工」、H26.3、農林水産省」p.308 より

参考検討として、「柔構造樋門設計の手引き、H19.7、国土技術研究センター」に示される函体の残留沈下量 5cm を参考に影響範囲を検討した。

表 4.3　残留沈下量の許容値（函体）

表 1-7-3　残留沈下量の許容値（S_a）の目安（cm）{cm}



[1]：浮き固化改良体基礎および浮き杭基礎上の樋門本体は，原則として浮き直接基礎として設計するが，基礎工の特性によってはその影響を地盤反力係数等により適切に評価した設計法による必要がある．

[2]：キャンバー盛土を考慮する場合は，その適用条件（7.4.2 参照）に十分配慮して設定しなければならない．

引用：「柔構造樋門設計の手引き、H19.7、国土技術研究センター」p.120 より

C) 検討結果

①盛土完了時（地盤隆起）

検討結果より、盛土完了時（地盤隆起）は許容値 5cm を満足している。

法尻からの距離x(m)	x/H	係数C1	係数C2	鉛直変位(cm)	水平移動量(cm)
0.00	0.00	0.00	0.11	0.0	2.6
1.00	0.15	0.03	0.11	0.8	2.4
2.00	0.31	0.05	0.10	1.2	2.2
3.00	0.46	0.06	0.09	1.4	2.0
4.00	0.62	0.06	0.08	1.4	1.8
5.00	0.77	0.06	0.07	1.3	1.6
6.00	0.92	0.05	0.06	1.1	1.3
7.00	1.08	0.04	0.05	0.9	1.1
8.00	1.23	0.03	0.04	0.7	0.9
9.00	1.38	0.02	0.03	0.5	0.7
10.00	1.54	0.02	0.02	0.4	0.5
11.00	1.69	0.01	0.02	0.2	0.4
12.00	1.85	0.01	0.01	0.2	0.2
13.00	2.00	0.00	0.00	0.1	0.1
14.00	2.15	0.00	0.00	0.1	0.0
15.00	2.31	0.00	0.00	0.0	0.0
16.00	2.46	0.00	0.00	0.0	0.0
16.25	2.50	0.00	0.00	0.0	0.0

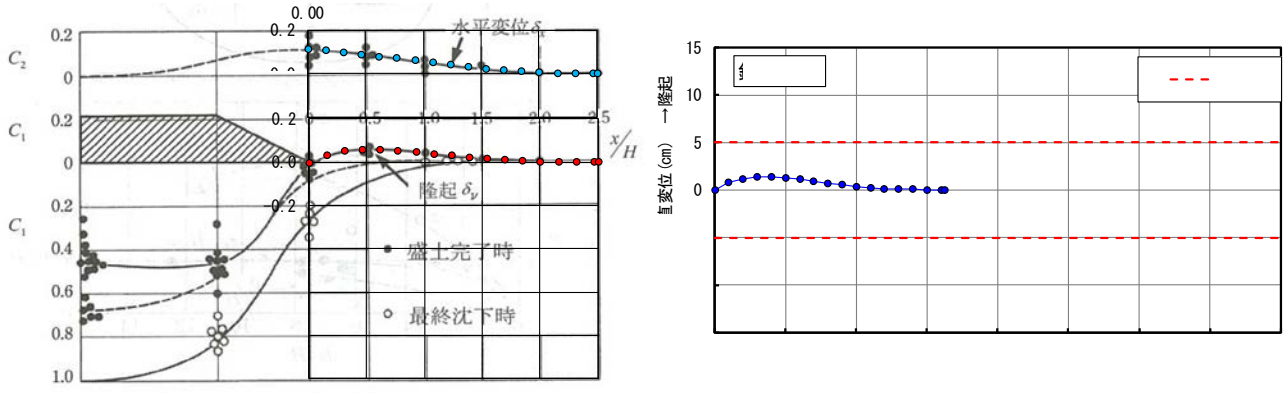


図 4.3　地盤変形検討結果（盛土完了時）

②最終沈下時（引き込み沈下）

最終沈下時（引き込み沈下）での検討結果を図 4.4に示す。

検討結果より、最終沈下時（引き込み沈下）では擁壁から 0.67m 以上離れれば、許容値 5cm を満足する結果となった。

法尻からの距離x(m)	x/H	係数C1	係数C2	鉛直変位(cm)	水平移動量(cm)
0.00	0.00	-0.27	0.11	-6.0	2.6
1.00	0.15	-0.20	0.11	-4.5	2.4
2.00	0.31	-0.14	0.10	-3.3	2.2
3.00	0.46	-0.10	0.09	-2.3	2.0
4.00	0.62	-0.07	0.08	-1.6	1.8
5.00	0.77	-0.04	0.07	-1.0	1.6
6.00	0.92	-0.03	0.06	-0.6	1.3
7.00	1.08	-0.01	0.05	-0.3	1.1
8.00	1.23	-0.01	0.04	-0.2	0.9
9.00	1.38	0.00	0.03	-0.1	0.7
10.00	1.54	0.00	0.02	0.0	0.5
11.00	1.69	0.00	0.02	0.0	0.4
12.00	1.85	0.00	0.01	0.0	0.2
13.00	2.00	0.00	0.00	0.1	0.1
14.00	2.15	0.00	0.00	0.1	0.0
15.00	2.31	0.00	0.00	0.1	0.0
16.00	2.46	0.00	0.00	0.1	0.0
16.25	2.50	0.00	0.00	0.1	0.0

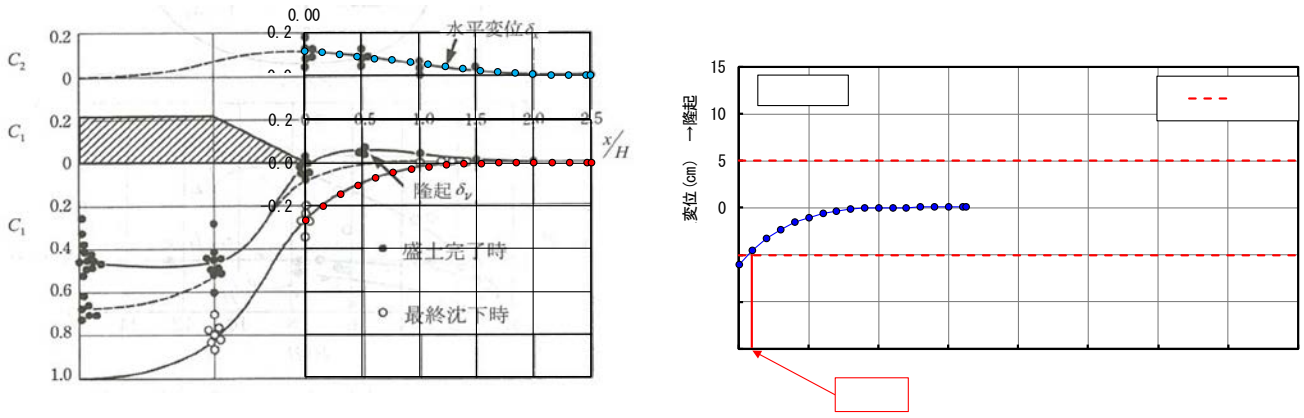


図 4.4　地盤変形検討結果（最終沈下時）

D) まとめ

検討結果より、「柔構造樋門設計の手引き、H19.7、国土技術研究センター」に示される基準値の残留沈下量 5cm を満足するのは、擁壁から 0.67m 以上外側の範囲である。したがって、圃場整備の水路は擁壁から 1m 程度離せば問題ないものと考えられる。また、前述の動態観測を行い、水路へ影響を与えていないか確認しながら盛土施工を行うことが望ましい。

(4)　トラフィカビリティ確保

表層が軟弱な粘土層であるため、建設機械の走行により土の強度が低下し走行が不可能となる可能性がある。安定走行に必要となるトラフィカビリティの指標としてコーン指数が用いられ、それぞれの建設機械の走行に求められるコーン指数は表 4.4に示すとおりである。

なお、コーン指数 qc は一軸圧縮強さ qu と相関があるため、以下の式より qu から qc を推定する。

$$q_c \fallingdotseq 5q_u$$
$$= 10c_u$$

ここに,

q_u：一軸圧縮強さ（kN/m²）

引用：「地盤調査の方法と解説、H25.3、社団法人地盤工学会」p.342 より

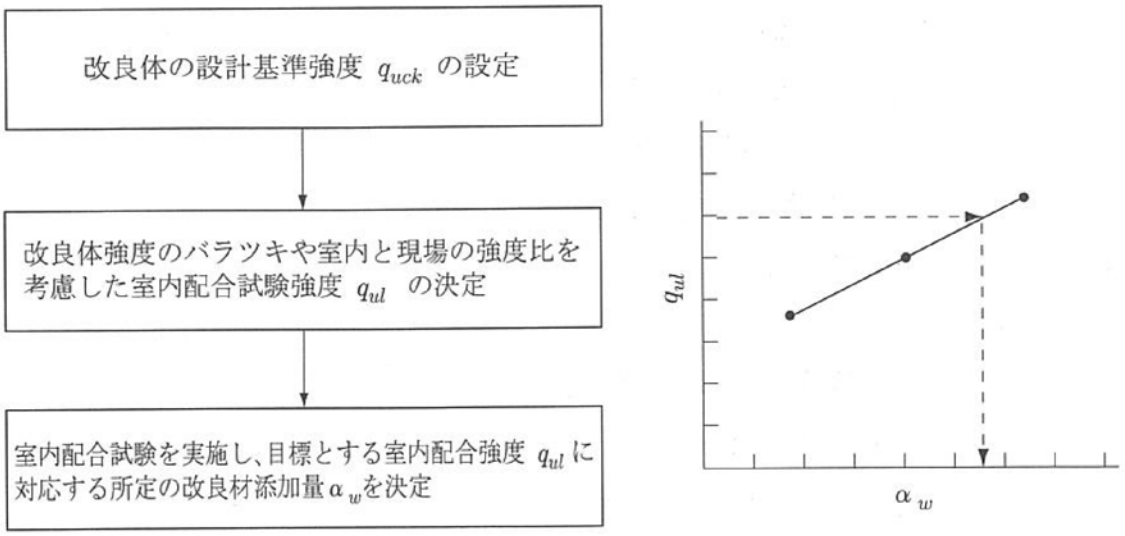
表層の Ac1 層の粘着力 c＝20kN/m²であり、コーン指数は 200kN/m²と推定される。したがって、当該エリアの建設機械として超湿地ブルドーザーを用いるか、敷砂や敷鉄板等敷設してトラフィカビリティを確保する必要がある。

表 4.4　建設機械の走行に必要なコーン指数

建設機械の種類	建設機械の接地圧 (kN/m²)	コーン指数 q_c (kN/m²)
超湿地ブルドーザ	15～23	200 以上
湿地ブルドーザ	22～43	300 以上
普通ブルドーザ(15 t 級)	50～60	500 以上
普通ブルドーザ(21 t 級)	60～100	700 以上
スクレープドーザ	41～56(27)	600 以上 (超湿地型は 400 以上)
被けん引式スクレーパ（小型)	130～140	700 以上
自走式スクレーパ（小型)	400～450	1,000 以上
ダンプトラック	350～550	1,200 以上

(5)　地盤改良の配合試験

セメント系固化材を用いた地盤改良を行う場合は、施工前に配合試験を実施し、必要な改良強度が得られる改良材の添加量を算定し、改良材の種類による経済性を検討するとともに、土質性状によっては六価クロムが検出されることがあるため、六価クロム溶出試験を実施し、六価クロムが 0.05mg/ℓ を超えないことを確認する必要がある（建設省技調発第 48 号、H12.3）。



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、H16.3、土木研究センター」p.61

図 4.5　改良材の添加量決定フロー図

【建設省技調発第 48 号、H12.3】

建設省技調発第４８号
平成１２年３月２４日

各地方建設局長あて

建設大臣官房技術審議官

セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び
改良土の再利用に関する当面の措置について

セメント及びセメント系固化材を使用した改良土から、条件によっては六価クロムが土壌環境基準を超える濃度で溶出するおそれがあるため、当面、建設省所管の建設工事の施工にあたっては以下のとおり取り扱われたい。

なお、セメント及びセメント系固化材とはセメントを含有成分とする固化材で、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、セメント系固化材、石灰系固化材をいう。

記

1．セメント及びセメント系固化材を地盤改良に使用する場合、現地土壌と使用予定の固化材による六価クロム溶出試験を実施し、土壌環境基準を勘案して必要に応じ適切な措置を講じること。

2．セメント及びセメント系固化材を使用した改良土を再利用する場合、六価クロム溶出試験を実施し、六価クロム溶出量が土壌環境基準以下であることを確認すること。

【土壌環境基準値（抜粋）】

全シアン	検液中に検出されないこと。	規格38に定める方法（規格38.1.1及び38の備考11に定める方法を除く。）又は昭和46年12月環境庁告示第59号付表１に掲げる方法
有機燐（りん）	検液中に検出されないこと。	昭和49年９月環境庁告示第64号付表１に掲げる方法又は規格31.1に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの（メチルジメトンにあっては、昭和49年９月環境庁告示第64号付表２に掲げる方法）
鉛	検液１Ｌにつき0.01mg以下であること。	規格54に定める方法
六価クロム	検液１Ｌにつき0.05mg以下であること。	規格65.2（規格65.2.7を除く。）に定める方法（ただし、規格65.2.6に定める方法により塩分の濃度の高い試料を測定する場合にあっては、日本工業規格Ｋ0170-7の7のa)又はb)に定める操作を行うものとする。）

引用：環境省 HP（https://www.env.go.jp/kijun/dt1.html）より

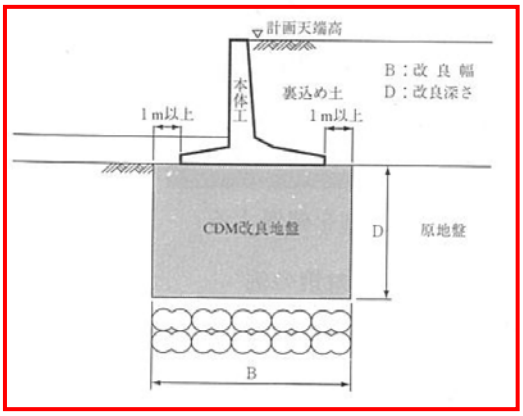
(6)　地盤改良に伴う盛り上がり土

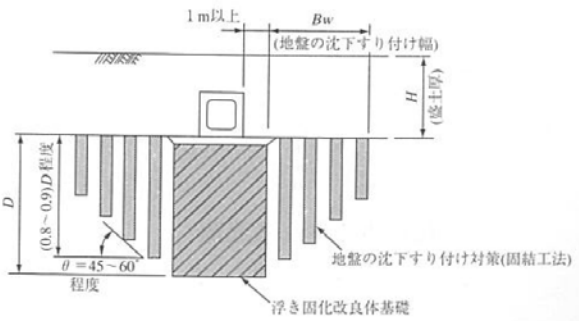
改良材スラリー注入と原地盤の解きほぐしに伴う体積増加により盛り上がりが発生する場合がある。盛り上がり土は、自硬性があるため盛土材に転用することが可能である。ただし、同箇所で使用しない場合は、産業廃棄物となり処分費が高価となる可能性があることから盛り上がり土に関する取り扱いに留意する必要がある。

(7)　擁壁構造の地盤改良

擁壁構造とした場合、支持力対策としての地盤改良が必要となる可能性が高いため、今後検討が必要である。また、擁壁構造の地盤改良幅は、改良体への応力集中の緩和を目的に擁壁幅+α とすることが望ましい。例えば、「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、H16.3、土木研究センター」では擁壁両端から 1m 以上広げる旨の記載がある。

(2)　L型擁壁・逆T擁壁・カルバートボックス等の構造物基礎の支持力・沈下対策として深層混合処理工法を採用する場合、改良部と未改良部の剛性が大きく異なることから、改良端部の改良体に応力が集中することが知られている。1) この改良体への応力集中を緩和するために地盤改良幅として構造物基礎幅に左右それぞれ1m以上広げるのが良い。2) 3)





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、H16.3、土木研究センター」p.177