

平成 26 年度 都防委 第 2 号

宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区高台整備用地
地質調査業務委託

報 告 書

高知県宿毛市小深浦

宿 毛 市 都 市 建 設 課

株 式 会 社 地 研

平成 27 年 9 月

まえがき

高知県宿毛市小深浦地区では市立宿毛小学校の高台移転が計画されている。

本調査は、移転計画地造成の設計・施工上必要となる基礎地盤資料の収集を目的として、垂直ボーリングを4箇所実施した。

本報告書は、調査・試験結果より得られたデータに基づいて、設計・施工上必要となる基礎資料を「株式会社 地研」がとりまとめたものである。



業務地案内図¹⁾

1) 国土地理院：「電子国土ポータル」

< 報 告 書 目 次 >

	(Page)
1. 業務内容	1
2. 要 約 書	4
3. 調査・試験方法	4
3.1 機械ボーリング	12
3.2 標準貫入試験方法	14
3.3 サンプルング方法(固定ピストン式シンウォールサンプラー)	16
3.4 室内土質試験方法	17
4. 地形・地質概要	21
4.1 地形概要	21
4.2 地質概要	23
4.3 調査地内の地質	26
5. 調査・試験結果	28
5.1 機械ボーリング調査	30
5.2 地下水位測定結果	34
5.3 標準貫入試験結果	36
5.4 室内土質試験結果	39
6. 考 察	48
6.1 調査地の地形・地質状況	48
6.2 土質定数の設定	53
6.3 液状化判定	65
6.4 新規盛土の安定計算	77
7. 設計上の留意点	82

< 巻 末 資 料 目 次 >

	(Page)
A. ボーリング柱状図及びコア写真	1～ 8
B. 室内土質試験データシート	1～ 10
C. 安定計算結果	1～ 40
D. 作業状況写真	1～ 26
E. 打合せ・協議記録簿	1～ 3

< 付 図 >

1. 調査位置平面図	[S=1:1000]	1/4
2. 地質断面図 (NO. A)	[S=1:250]	2/4
3. 地質断面図 (NO. 8)	[S=1:100]	3/4
4. 地質断面図 (NO. 10)	[S=1:100]	4/4

1. 業務内容

- (1) **業務名称**：平成 26 年度 都防委 第 2 号
宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区高台整備用地地質調査
業務委託
- (2) **業務場所**：高知県宿毛市小深浦
(前掲の「業務地案内図」参照)
- (3) **業務期間**：自)平成 27 年 2 月 6 日
至)平成 27 年 9 月 25 日
- (4) **業務目的**：本業務は、宿毛西地区の高台整備用地の設計・施工上必要となる地質条件を把握するため、ボーリング調査を実施するものである。
- (5) **調査内容**：
・機械ボーリング(φ66)……………N=4 箇所(ΣL=53.0m)
・機械ボーリング(φ86)……………N=1 箇所(L=5.0m)
・標準貫入試験……………N=4 箇所(ΣN=41 回)
・シンウォールサンプリング……………N=1 本
・室内試験……………1 式
・電子成果品作成費……………1 式
・運搬費……………1 式
・準備費……………1 式
・仮設費……………1 式
・旅費交通費……………1 式
・その他……………1 式
・施工管理……………1 式
(詳細数量は表 1-2参照)
- (6) **発注者**：宿毛市都市建設課 都市計画係
- (7) **受注者**：株式会社 地研 ISO 9001：2008 認証登録
高知県高知市円行寺 25 番地
(TEL) 088-822-1535 (FAX) 088-820-7326
E-mail ; gijyutu@k-chiken.com
(業務担当者を表 1-1に示した。)

表 1-1 業務担当者一覧表

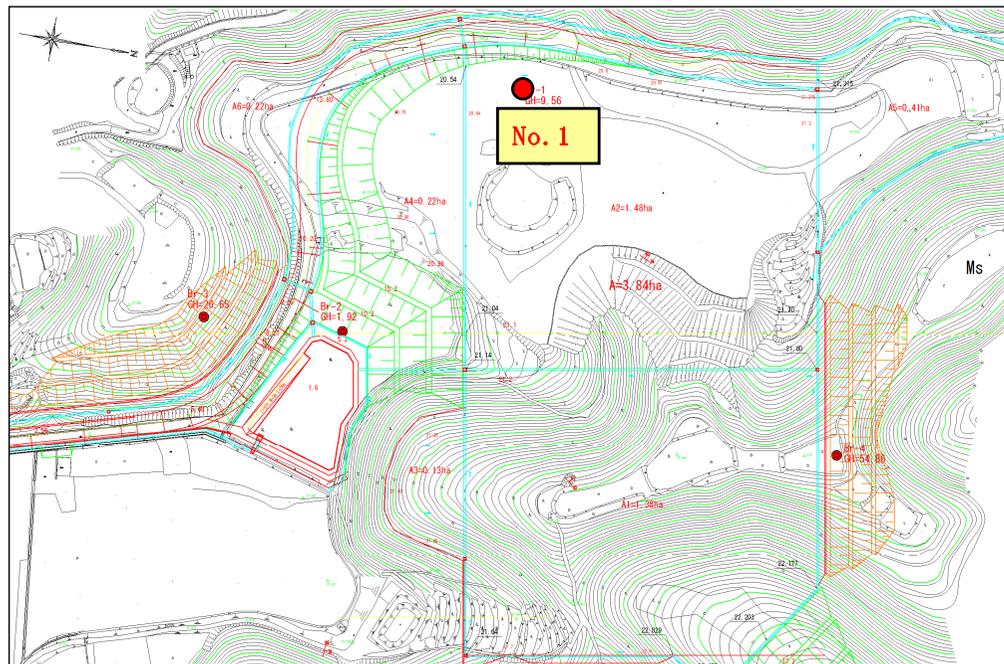
調査担当	氏名	取得資格	部門
管理技術者	■■■■■	地質情報管理士 地盤品質判定士 地質調査技士 地質調査技士 2級土木施工管理技士 地すべり防止工事士	現場技術・管理 土壌・地下水汚染
担当技術者	■■■■■	地質調査技士 地すべり防止工事士	現場技術・管理
資料整理	■■■■■		
社内検査担当者	■■■■■	RCCM RCCM 地質調査技士 測量士	地質 河川砂防及び海岸・海洋 現場技術・管理

- (8) 成果品： 1) 地質調査報告書……………1部
 2) 電子成果品……………2部
 3) ボーリングコア……………1式

2. 要 約 書

No.1 (T.P=9.56m、L=16.00m)

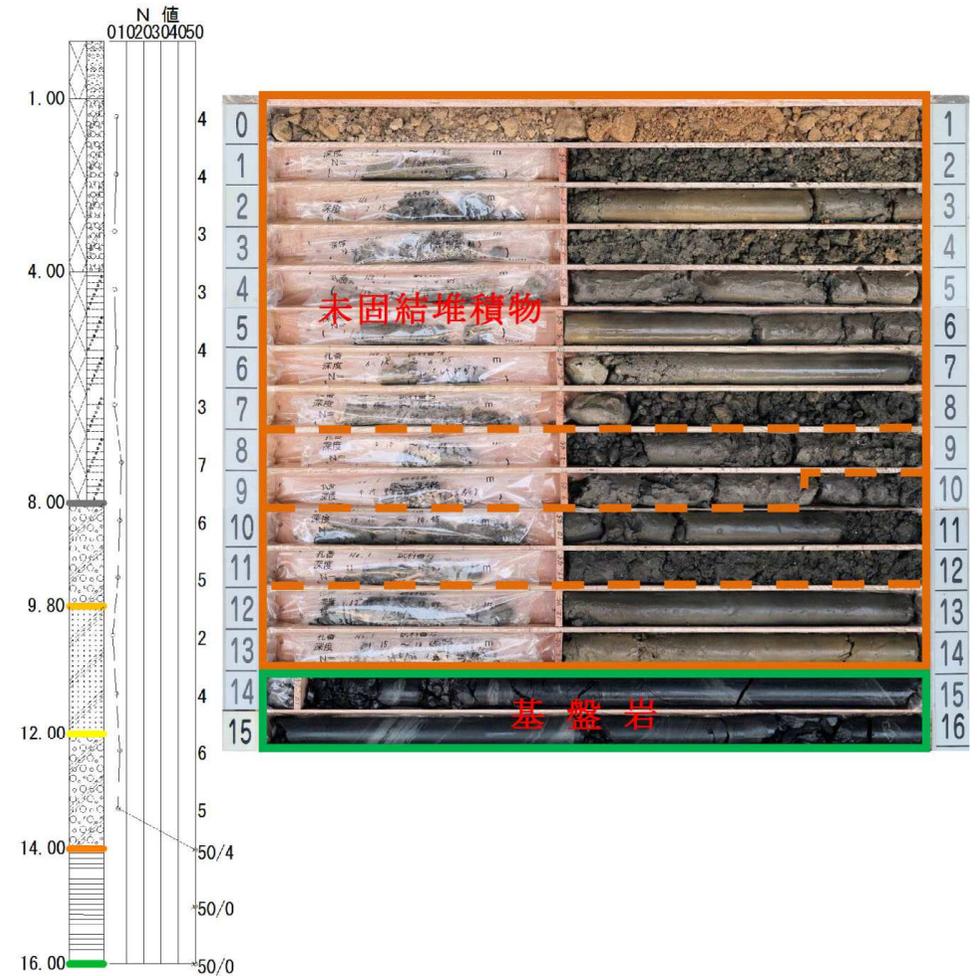
調査目的	高盛土計画地の地盤構成を把握するために実施した。				
地形・地質状況	1)調査地点は谷底平野に位置し、土取場として利用されている。 2)最上位の盛土、谷底低地を構成する完新統(沖積層)、基盤岩よりなる。 3)基盤岩は、四万十帯有岡層の泥岩であり、GL-14.00m以深で確認されている。				
調査内容	Bor 番号	孔口標高 (TP m)	掘削深度 (GL-m)	孔径 (mm)	調査・試験内容
	No. 1	+9.56	16.00	66	オールコア採取 標準貫入試験



調査位置図 (S=1:2,000)

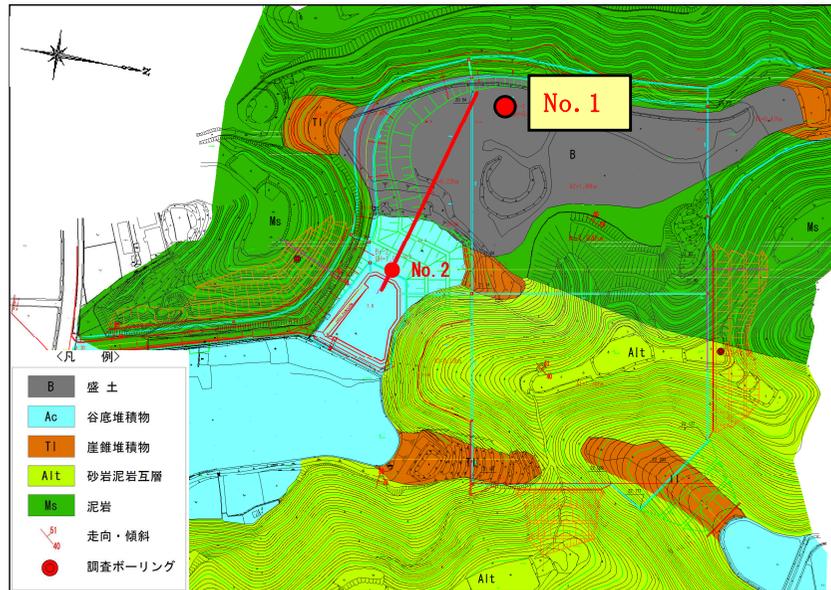
調査結果	<p>1)調査の結果、盛土層、8層の完新統、更新統を確認している。</p> <p>2)各層の分布深度は以下の通りである。 盛土 ; GL-0.00~8.00m 完新統 ; GL-8.00~14.00m 基盤岩 ; GL-14.00~16.00m</p> <p>3)盛土は礫質土および粘性土から成り、N値=3~7を示す。</p> <p>4)完新統は、海進時に堆積した砂質土 (N値=2、4)、斜面から供給された礫質土 (N値=6~5)で構成される。</p> <p>5)基盤岩は硬質な短柱状~棒状コアを主体とし、N値=50を示す。</p> <p>6)地下水は確認されていない。</p>
------	--

1. 柱状図及びコア写真

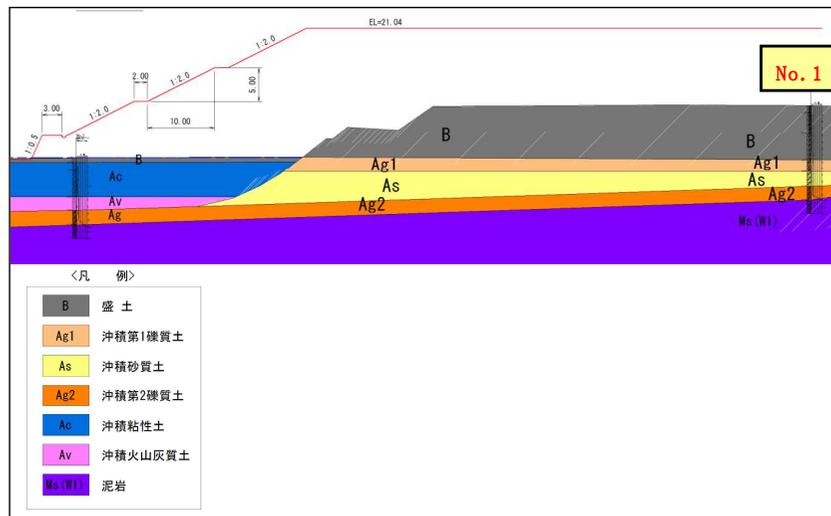


No.1 (T.P=9.56m、L=16.00m)

2. 地質平面図及び地質断面図



地質平面図 (S=1:2,000)



地質断面図 (S=1:800)

3. 設計土質定数の提案値

地層	記号	設計 N値	単位体積重量 γ_r (kN/m ³)	せん断抵抗角 ϕ (度)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
盛土	B	3	(19)	(27)	-	(8.4)
沖積第1礫質土	Ag1	5	(19)	(27)	-	(14.0)
沖積砂質土	As	2	(17)	(23)	-	(5.6)
沖積第2礫質土	Ag2	5	(19)	(26)	-	(14.0)
基盤岩	Ms	300	(23)	(21)	(300)	(840.0)

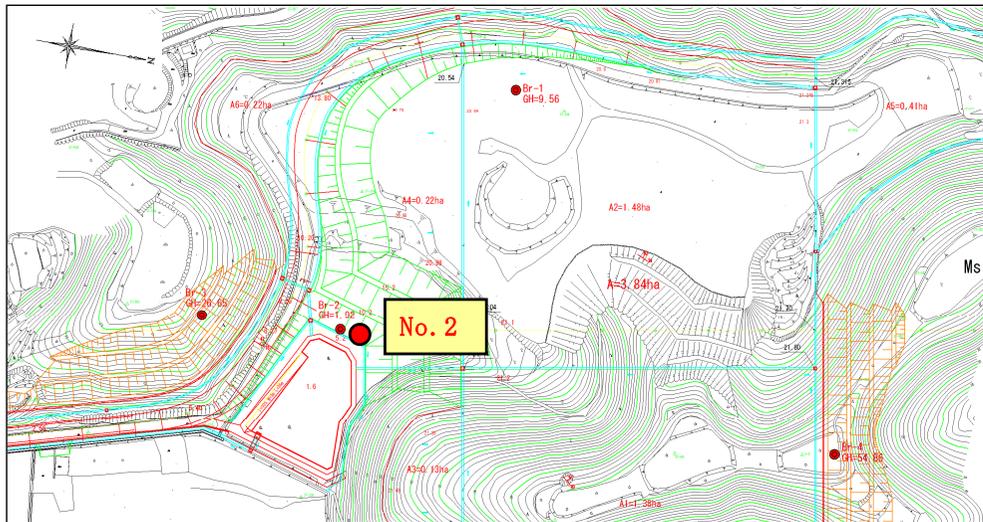
()は推定値

4. 考 察

- ① 谷底平野を盛土で嵩上げしており、現在は土取場として利用されている。
- ② 新規盛土の計画地盤高は EL=21.04 であり、土取場付近の盛土層厚は 11m 程度となる。
- ③ 盛土は層厚 8.0m で、直下には海成の砂質土及び斜面から供給された礫質土が分布している。
- ④ 盛土は、礫質土及び粘性土で構成され、部分的に玉石を混入する。N値=3~7 を示す。
- ⑤ 原地盤は、GL-14.0m まで完新統(沖積層)が分布している。完新統は、海進時に堆積した砂質土(N値=2、4)、斜面から供給された礫質土(N値=6~5)で構成される。
- ⑥ GL-14.0m 以深は N値=50 以上の基盤岩(泥岩)を確認している。
- ⑦ 地下水は認めらなかったことから、液状化の可能性は低い。
- ⑧ 切土区間で発生した泥岩を盛土材料とする場合は、「岩のスレーキング試験」や「岩の破碎試験」を実施し、スレーキング性を確認する。盛土材料のスレーキング率が 30%以上となった場合は、空隙を少なくする施工方法の検討や盛土の排水計画が必要となる。

No.2 (T.P=1.92m、L=12.00m)

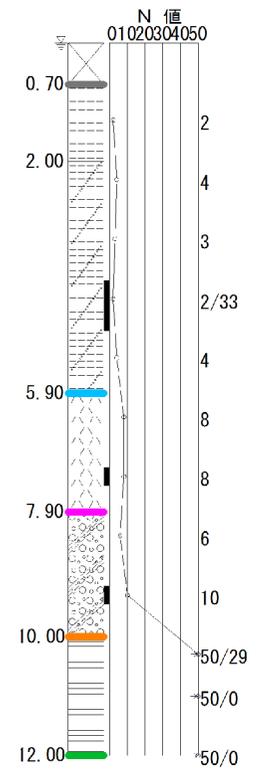
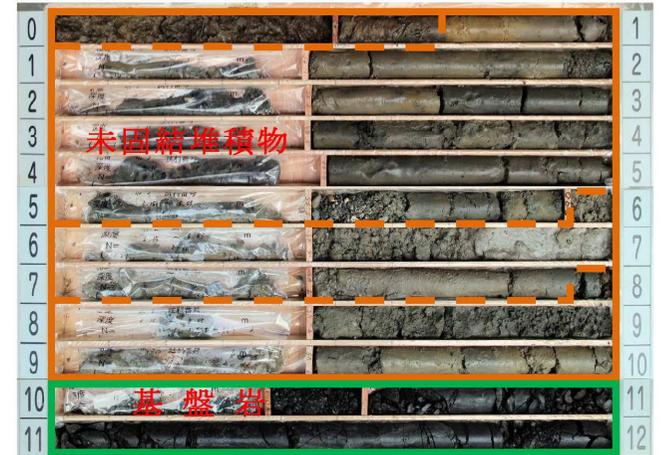
調査目的	調整池計画地及び高盛土東側法面の地盤状況を把握することを目的とする。				
地形・地質状況	1) 調査地点は谷底平野の出口付近に位置し、現在は休耕作地となっている。斜面からの地表水が常時流入している。 2) 谷底低地を構成する完新統(沖積層)、基盤岩よりなる。 3) 基盤岩は、四万十帯有岡層の泥岩であり、GL-10.00m以深で確認されている。				
調査内容	Bor 番号	孔口標高 (TP m)	掘削深度 (GL-m)	孔径 (mm)	調査・試験内容
	No. 2	+1.92	12.00 4.00	66 86	オールコア採取 標準貫入試験 室内土質試験 シンウォールサンプリング



調査位置図 (S=1:2,000)

調査結果	1) 調査の結果、表土、完新統、基盤岩を確認している。
	2) 各層の分布深度は以下の通りである。 表土; GL-0.00~0.70m 完新統; GL-0.70~10.00m 基盤岩; GL-10.00~12.00m
	3) 表土の土質は粘土であり、草根及び腐植物を多く混入する。
	4) 完新統は3層確認されており、沖積粘性土 (N値=2~4)、沖積火山灰質土 (N値=8)、沖積礫質土 (N値=6~10) に区分される。
	5) 沖積粘性土は有機物を多く混入する。「砂質粘土(低液性限界)」に分類され、液状化判定は必要としない。また、液性指数 (I _L)=1 以上であることから、軟弱で変形抵抗が小さく、練返しによって強度が低下する性質を持つ。
	6) 沖積火山灰質土は「砂質シルト(高液性限界)」、沖積礫質土は「細粒分質砂質礫」にそれぞれ分類され、いずれも液状化判定を必要とする。
	7) 基盤岩は、角礫状~短柱状コアの泥岩であり、N値=50以上を示す。
	8) 地下水は GL±0.00m で確認している。

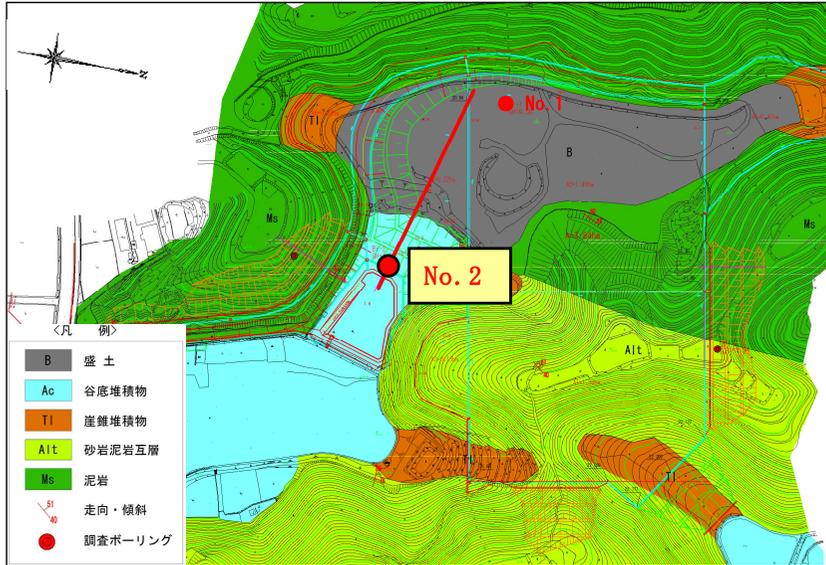
1. 柱状図、コア写真及び室内土質試験結果



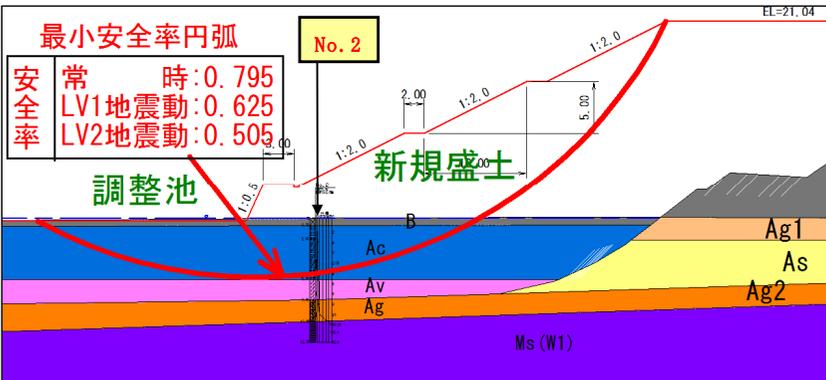
試料番号 (深さ)	T-1 (4.00~4.85m)	P-1 (7.15~7.45m)	P-2 (9.15~9.45m)
一般			
湿潤密度 ρ _w g/cm ³	1.626		
乾燥密度 ρ _s g/cm ³	1.083		
土粒子の密度 ρ _p g/cm ³	2.612	2.634	
自然含水比 w _n %	50.1		
間隙比 e	1.412		
飽和度 S _v %	92.7		
石分 (7.5mm以下) %			
粒			
礫分 ^① (2~7.5mm) %	3.8	0.0	53.0
砂分 ^② (0.075~2mm) %	25.7	42.9	27.4
シルト分 ^③ (0.005~0.075mm) %	44.4	41.7	19.6
粘土分 ^④ (0.005mm以下) %	26.1	15.4	
最大粒径 d _{max} mm	9.5	2	19
均等係数 C _u	*	*	*
液性限界 w _L %	42.1	54.8	
塑性限界 w _p %	22.1	42.0	
塑性指数 I _p	20.0	12.8	
分類			
地盤材料の分類名	砂質粘土 (低液性限界)	砂質シルト (高液性限界)	細粒分質 砂質礫
分類記号	(CLS)	(MIS)	(GFS)
試験方法			
圧縮指数 C _c			
圧密降伏応力 p _v kN/m ²			
密			
一軸圧縮強さ q _u kN/m ²			
一軸圧縮強さ q _u kN/m ²			
一軸圧縮強さ q _u kN/m ²			
一軸圧縮強さ q _u kN/m ²			
試験条件	UU		
せん断			
全応力 c' kN/m ²	15.1		
φ°	1.7		
有効応力 c' kN/m ²			
φ'°			

No.2 (T.P=1.92m、L=12.00m)

2. 地質平面図及び地質断面図



地質平面図 (S=1:2,000)



記号	地層区分	特徴	問題点
B	盛土	粘性土の薄層	—
Ac	沖積粘性土	軟弱で厚い、変形抵抗小、有機物混入	圧密沈下、すべり変形、強度低下
Av	沖積火山灰質土	緩い飽和砂質土	液状化の可能性が高い
Ag2	沖積礫質土	緩い飽和礫質土	液状化の可能性が高い
Ms (W1)	基盤岩	堅固な岩盤	—

地質断面図 (S=1:500)

3. 設計土質定数の提案値

地層	記号	設計N値	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	せん断抵抗角 ϕ (度)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
盛土	B	—	(18)	—	—	—
沖積粘性土	Ac	3	16.2	15.1	1.7	3.5
沖積火山灰質土	Av	8	(17)	(32)	—	(22.4)
沖積礫質土	Ag	6	(19)	(31)	—	(16.8)
基盤岩	Ms	145	(23)	(21)	(330)	(406.0)

()は推定値

4. 液状化判定結果

地層 (記号)	深度 (GL- m)	レベル1地震動		レベル2地震動(タイプI)		レベル2地震動(タイプII)	
		液状化抵抗率 F_L (平均値)	土質定数 低減係数 D_E	液状化抵抗率 F_L (平均値)	土質定数 低減係数 D_E	液状化抵抗率 F_L (平均値)	土質定数 低減係数 D_E
沖積粘性土 (Ac)	1.30	—	1	—	1	—	1
	2.30	—	1	—	1	—	1
	3.30	—	1	—	1	—	1
	4.30	—	1	—	1	—	1
	5.30	—	1	—	1	—	1
沖積火山灰質土 (Av)	6.30	1.548	1	0.373	2/3	0.671	1
	7.30	1.394	1	0.336	2/3	0.581	2/3
沖積礫質土 (Ag)	8.30	0.697	2/3	0.168	0	0.193	0
	9.30	0.900	2/3	0.217	0	0.278	1/6

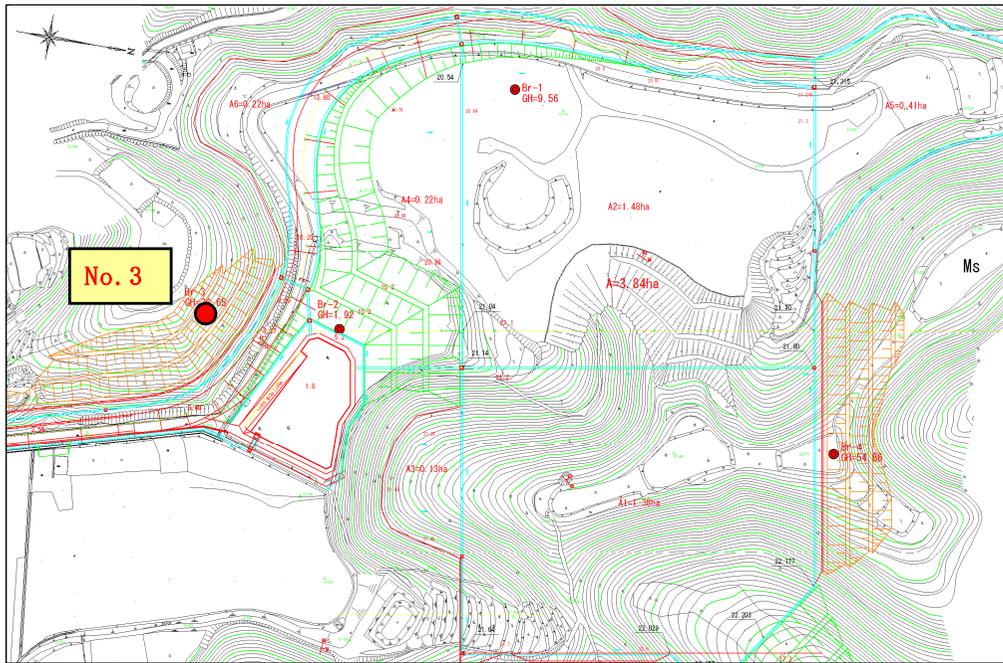
※ $F_L < 1$ は液状化する

5. 考 察

- ① 谷底平野出口付近の旧耕作地に位置する。斜面から地表水が流入しており、常時飽和状態となっている。
- ② 調査ボーリング付近は、新規盛土の東側法面及び調整池が計画されている。
- ③ GL-10mまではN値=10以下の軟弱な未固結堆積物(沖積粘性土(Ac)、沖積火山灰質土(Av)、沖積礫質土(Ag))が分布する。
- ④ 沖積粘性土(Ac)は腐植物や有機物を多く混入し、繰返しによって強度が低下する性質を持つ。また、沖積粘性土(Ac)は変形抵抗の小さい軟弱な粘性土であり、層厚6mと非常に厚く分布することから、新規盛土の施工によって圧密沈下や凹弧すべりが発生する可能性が高い。
- ⑤ 沖積火山灰質土は設計N値=8の緩い飽和層であり、レベル2地震動(タイプI、II)で液状化する可能性が高い。
- ⑥ 沖積礫質土は設計N値=6の緩い飽和層であり、レベル1地震動、レベル2地震動(タイプI、II)で液状化する可能性が高い。
- ⑦ 基盤岩(Ms)はGL-10.0m以深で確認されており、設計N値=145の堅固な地盤である。
- ⑧ 未固結堆積物の問題点(圧密沈下、すべり変形、強度低下、液状化)への対策工として、「静的締固め砂杭工法」の計画を提案する。
- ⑨ 地表面以深が時飽和状態となっていることから、施工時は排水計画が必要となる。

No.3 (T.P=26.65m、L=12.00m)

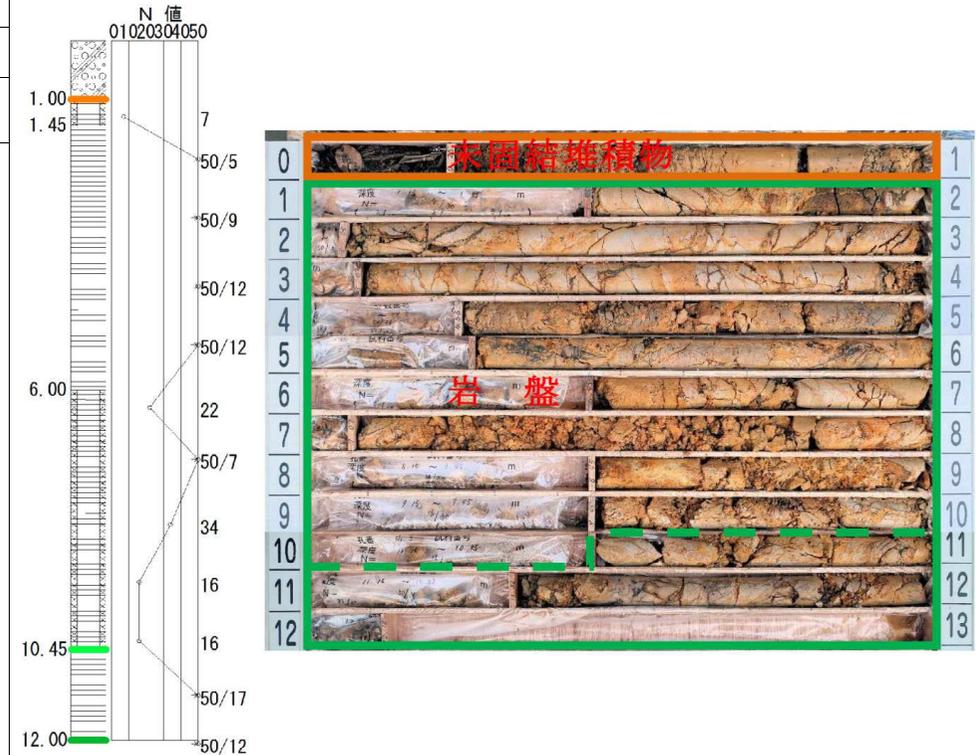
調査目的	切土法面計画地の地盤構成を把握するために実施した。			
地形・地質状況	1)調査地点は、敷地北側の丘陵尾根に位置する。 2)最上位の崩積土、岩盤よりなる。 3)岩盤は、四万十帯有岡層の泥岩であり、GL-1.00m以深で確認されている。			
調査内容	Bor 番号	孔口標高 (TP m)	掘削深度 (GL-m)	孔径 (mm)
	No. 3	+26.65	12.00	66
	調査・試験内容 オールコア採取 標準貫入試験			



調査位置図 (S=1:2,000)

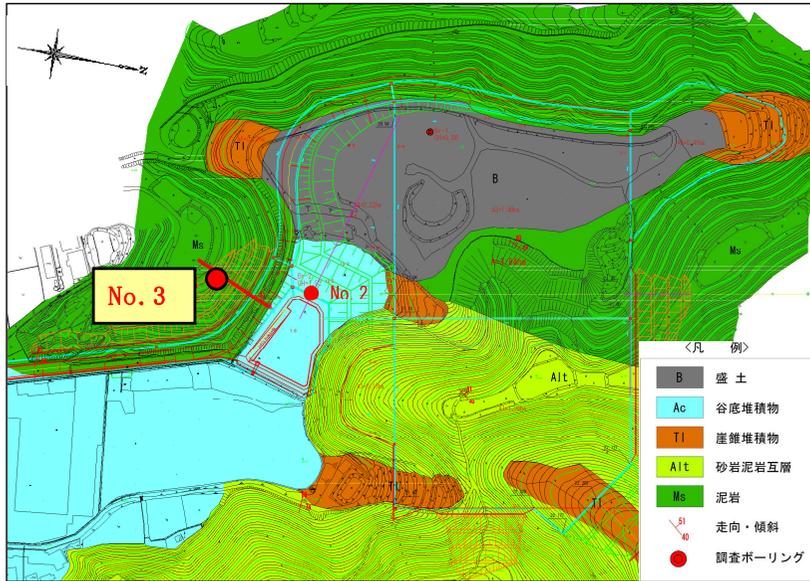
調査結果	<ol style="list-style-type: none"> 1)調査の結果、崩積土、岩盤を確認している。 2)各層の分布深度は以下の通りである。 崩積土；GL-0.00～1.00m 岩盤；GL-1.00～12.00m 3)崩積土は、粘性土を多く含む礫質土である。 4)岩盤は、GL-10.45mまではD級岩盤とCL級岩盤が交互に分布し、N値=7～50以上を示す。 5)GL-10.45m以深の岩盤は岩片状～塊状コアを主体とするCL級岩盤が分布し、N値=50を示す。 6)地下水は確認されていない。
------	---

1. 柱状図及びコア写真

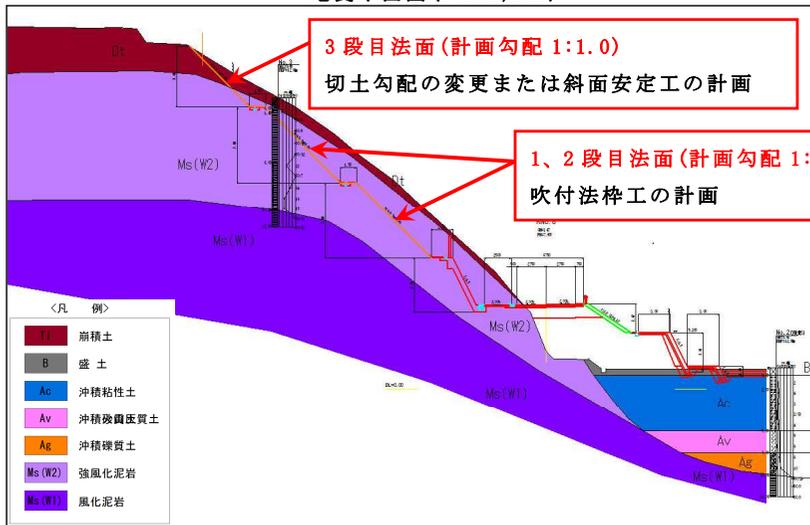


No.3 (T.P=26.65m、L=12.00m)

2. 地質平面図及び地質断面図



地質平面図 (S=1:2,000)



地質断面図 (S=1:500)

3. 設計土質定数の提案値

地層	記号	設計 N値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	せん断抵抗角 ϕ (度)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
崩積土	Dt	-	(18)	-	-	-
強風化泥岩	Ms(W2)	74	(22)	(20)	(219)	(207)
風化泥岩	Ms(W1)	93	(23)	(21)	(252)	(260)

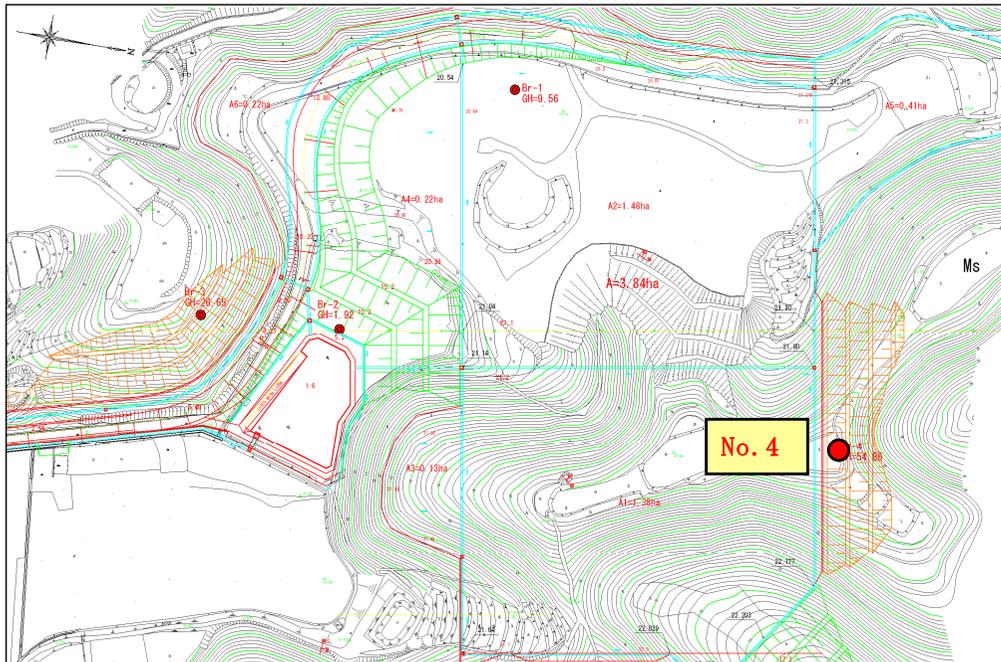
()は推定値

4. 考 察

- 敷地北側の丘陵尾根であり、泥岩が分布する。
- 岩盤の走向・傾斜は N85° W~18° E、42° ~69° N であり、斜面に対して流れ盤構造を示す。
- 計画切土勾配は 1:1.0 であり、この勾配で施工した場合、1~2 段目法面に強風化泥岩、3 段目に崩積土が出現する。
- 1~2 段目法面に出現する強風化泥岩は「軟岩」に分類されるため、計画切土勾配は標準切土勾配 S=1:0.5~1.2 の範囲内となる。しかしながら、強風化泥岩は、部分的に N 値=16 の土砂状コアを呈すること、層理面が法面に対して流れ盤構造を示すことから、法面保護工(吹付法棒工)の計画が必要となる。
- 3 段目法面に出現する崩積土は、細粒分を多く含む砂礫であり、地山の土質は「砂質土 密実でないもの(切土高 5~10m)」となる。この場合、標準切土勾配は S=1:1.2~1.5 となり、計画勾配では標準値を満たさない。したがって、3 段目法面は、切土勾配の変更または斜面安定工の計画が必要となる。

No.4 (T.P=54.86m、L=13.00m)

調査目的	切土法面計画地の地盤構成を把握するために実施した。			
地形・地質状況	1)調査地点は、敷地南側の丘陵尾根に位置する。 2)最上位の崩積土、岩盤よりなる。 3)岩盤は、四万十帯有岡層の泥岩であり、GL-0.20m以深で確認されている。			
調査内容	Bor 番号	孔口標高 (TP m)	掘削深度 (GL-m)	孔径 (mm)
	No. 4	+54.86	13.00	66
	調査・試験内容 オールコア採取 標準貫入試験			

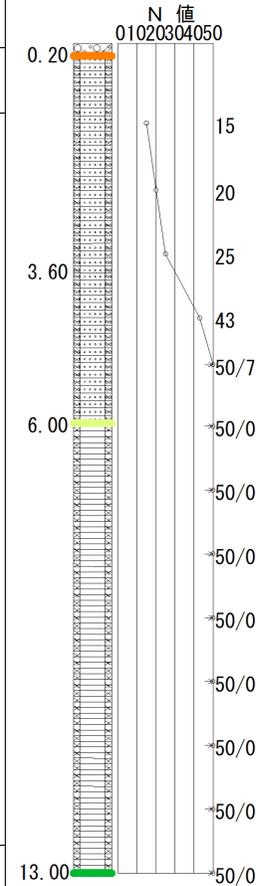


調査位置図 (S=1:2,000)

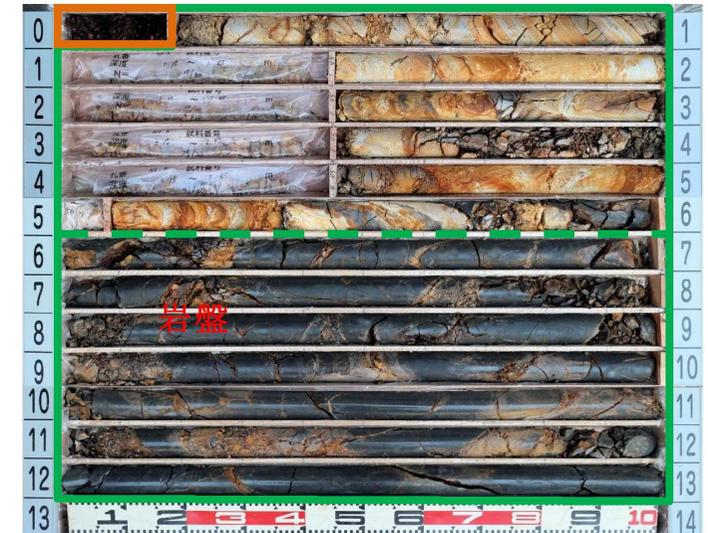
調査結果

- 1)調査の結果、崩積土、岩盤を確認している。
- 2)各層の分布深度は以下の通りである。
崩積土；GL-0.00～0.20m
岩盤；GL-0.20～13.00m
- 3)崩積土は、原位置で形成された風化残積土である。
- 4)岩盤は、GL-6.00mまではD級岩盤が分布し、N値=7～50以上を示す。
- 5)GL-10.45m以深の岩盤は岩片状～塊状コアを主体とするCL級岩盤が分布し、N値=50を示す。
- 6)地下水は確認されていない。

1. 柱状図及びコア写真

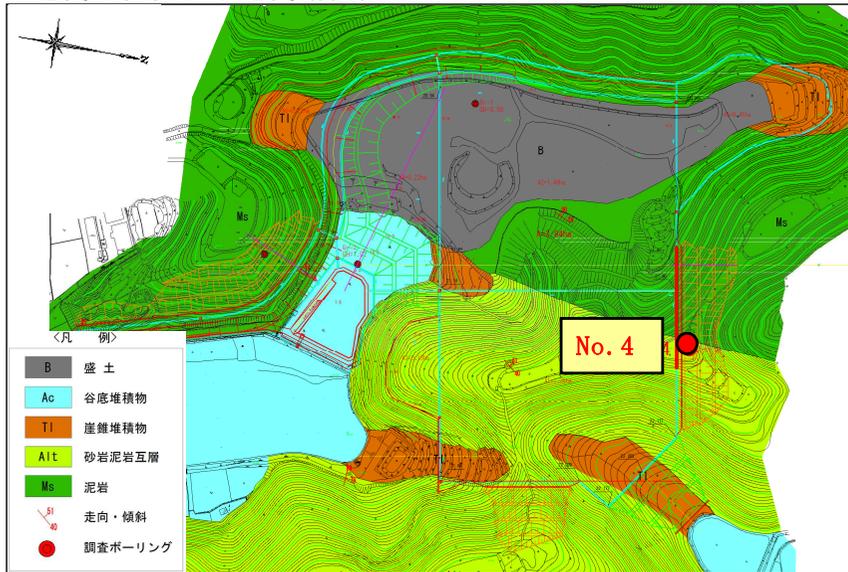


未固結堆積物

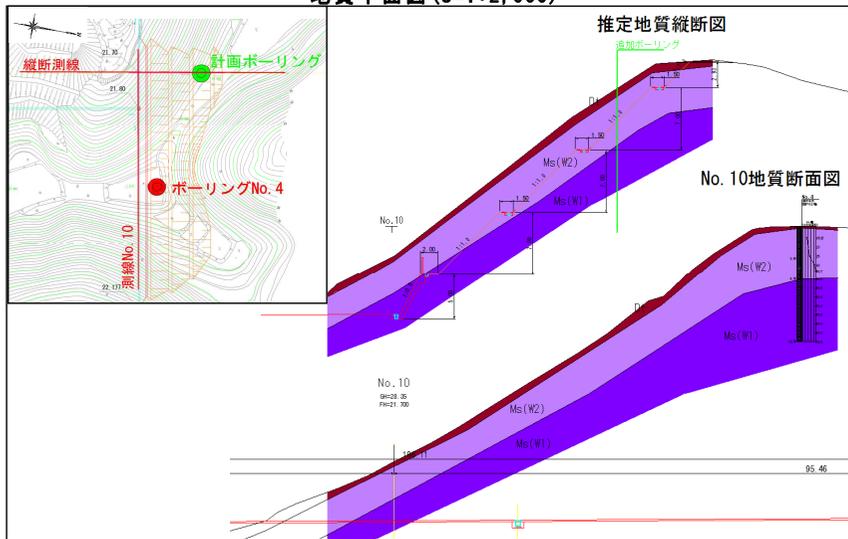


No.4 (T.P=54.86m、L=13.00m)

2. 地質平面図及び地質断面図



地質平面図 (S=1:2,000)



地質断面図 (S=1:600)

3. 設計土質定数の提案値

地層	記号	設計N値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	せん断抵抗角 ϕ (度)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
崩積土	Dt	-	(18)	-	-	-
強風化 砂岩泥岩互層	Alt	20	(22)	(20)	(99)	(56)
風化泥岩	Ms	300	(23)	(21)	(513)	(840)

()は推定値

4. 考 察

- ① 敷地南側の丘陵尾根であり、泥岩及び砂岩泥岩互層が分布する。
- ② 調査完了後に切土範囲が変更となったため、計画地の地盤情報が不明である。
- ③ 切土高が最も高くなる測線で調査ボーリングを実施し、計画地内の地盤情報を把握することが必要である。

3. 調査・試験方法

3.1 機械ボーリング

(1) 目的

機械ボーリングは、対象の防災施設の設計に必要な地質状況及び地下水状況を把握するために行った。

(2) 方法

ボーリングはロータリー式のボーリングマシンを用いて、孔径φ66～116mm(鉛直方向)で掘進した(図2-1参照)。

掘進に際しては、地質状況に応じて回転数や送水圧を選定し、適正な掘進速度を守るとともに孔底のスライムを十分排除し、サンプリングを良好に行えるよう努めた。

掘進時は、排除されたスライムの観察や送水圧及び孔内水の逸水(湧水)等について記録し、適正な地層構成の把握ができるようした。なお、使用機器一覧表を表2-1に示す。

表 2-1 使用機器一覧表

機 器 名 称	性能・性状	数量
試錐機	150m級	1台
試錐ポンプ	54l/min	1台
原動機	11P.S	1台
コアバレル	φ66mm	1台
孔壁保護用具	φ86～86mm	1台
単管足場パイプ		1式

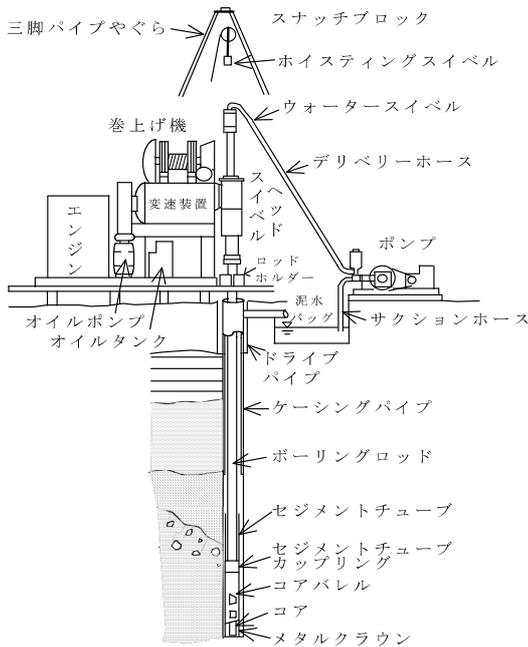


図 2-1 ボーリング一般図

(3) 結果の整理

ボーリング結果は、コアの観察等を行い、柱状図に示した。柱状図の作成にあたっては、JACICに準じて、次のような項目について観測を行った。

①粒度組成とその状態	⑥色調
②粒子の形状と大きさ(砂粒子や礫粒子の場合)	⑦風化していればその程度
③混入物があればその種類と量および混入の状態	⑧硬さの程度
④成層状態(細互層など)	⑨含水の程度
⑤割れ目があればその状態(開口の程度など)	⑩粘りの程度

また、岩盤の状態(風化・亀裂程度等)や岩級区分について、表 2-2 及び表 2-3 を参照して評価を行った。

表 2-2 Deere の岩盤分類²⁾

RQD (%)	状 態
0 ~ 25	非 常 に 悪 い 悪 普 通 良 好 非 常 に 良 好
25 ~ 50	
50 ~ 75	
75 ~ 90	
90 ~ 100	
$RQD (\%) = \frac{10 \text{ cm以上のコア長の合計}}{\text{単位掘削長(例えば 1 m)}} \times 100$	

表 2-3 電研式岩盤分類³⁾

名称	特 徴
A	きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。節理はよく密着し、それらの面に沿って風化の跡はみられないもの。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩盤堅硬で開口した(たとえ 1 mm でも)亀裂、あるいは節理はなく、よく密着している。ただし、造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
Ch	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが、岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染され、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
C _M	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質の層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
CL	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており、岩質も軟らかくなっている。節理あるいは亀裂間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
D	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。はく脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

2) 日本応用地質学会：「岩盤分類—応用地質特別号—」、p. 167、1984

3) (社)地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」、p. 48、2004

3.2 標準貫入試験方法

(1) 目的

原位置における土の硬軟、締まり具合または土層の構成を判定するための N 値を求めるとともに、乱した試料を採取する目的で実施した。

(2) 試験方法

試験方法は、JIS A 1219:2001 に基づき、質量 $63.5 \pm 0.5 \text{ kg}$ のドライブハンマーを $76 \pm 1 \text{ cm}$ 自由落下させ、ボーリングロッド頭部に取り付けたノッキングブロックを打撃し、ボーリングロッド先端に取り付けた標準貫入試験用サンプラーを地盤に 30 cm 打ち込むのに要する打撃回数を記録した。

試験は、土砂部、強風化岩部等において地盤面より 1 m の深度から、原則として 1 m 間隔に実施し、打撃回数の上限は必要ない限り 50 回を限度とした。

図 3-1 に標準貫入試験の概要図を示すほか、図 3-2 に試験手順のフローチャートを示した。また、表 3-1 及び表 3-2 に N 値と砂の相対密度及び粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係を参考程度に示した。

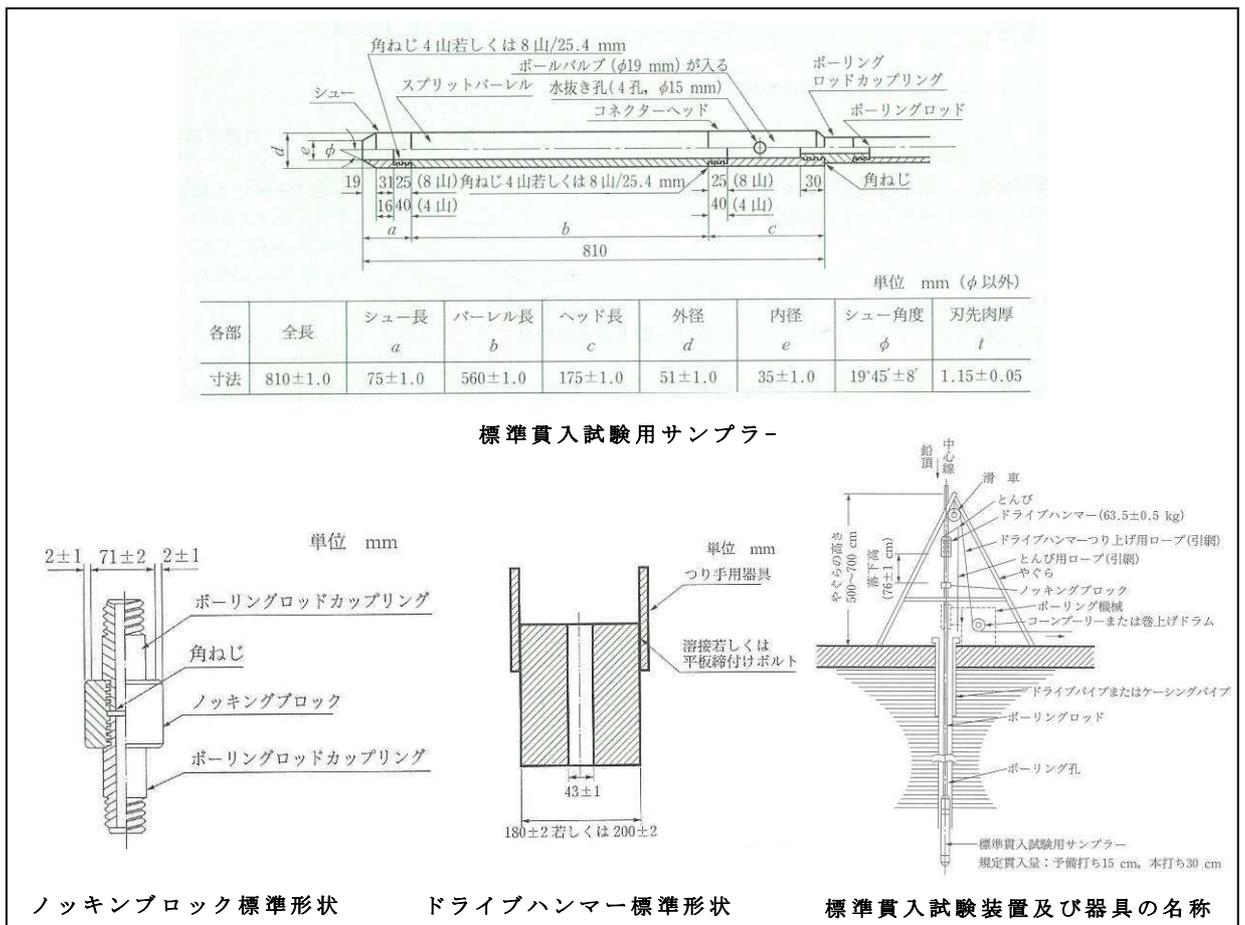


図 3-1 標準貫入試験概要図⁴⁾

4) (社)地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」、p. 284・285・295、2013

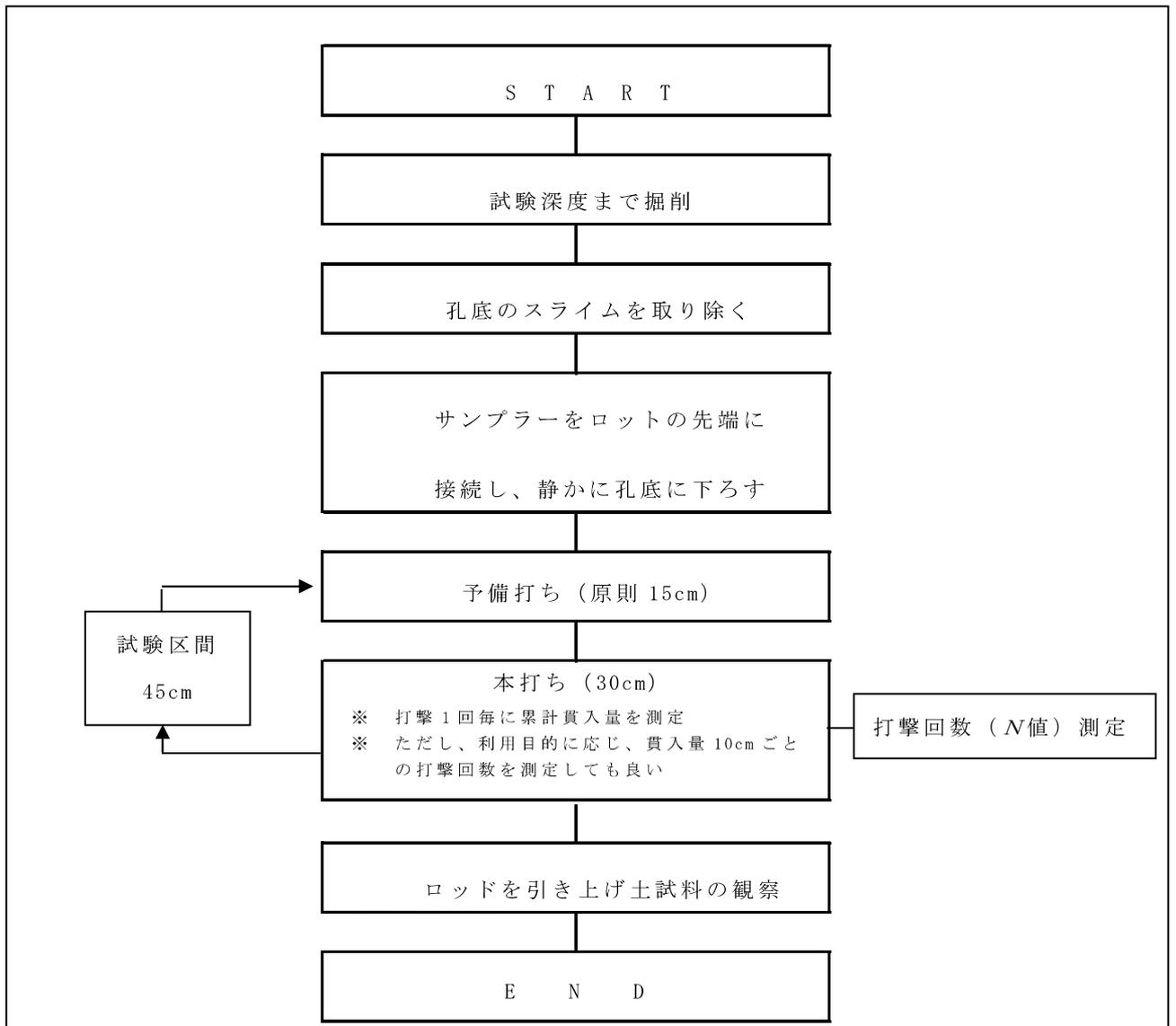


図 3-2 標準貫入試験手順フローチャート

表 3-1 N値と砂の相対密度の関係及び粘土のコンシステンシー⁵⁾

N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩い (loose)	シヨベル (スコップ) で掘削可能
10～30	中位の (medium)	鉄筋を 5 ボンドハンマで打込み容易
30～50	密な (dense)	同上, 30 cm 程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上, 5～6 cm 貫入, 掘削につるはし必要, 打込み時金属音

注) 鉄筋は $\phi 13$ mm

表 3-2 一軸圧縮強さの関係 (Terzaghi and Peck) ⁶⁾

N 値	q_u (kN/m ²)	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に柔らかい
2～4	24.5～49.1	柔らかい
4～8	49.1～98.1	中位の
8～15	98.1～196.2	硬い
15～30	196.2～392.4	非常に硬い
30～	392.4～	固結した

5) (社)地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」、p. 305、2013

6) (社)地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」、p. 308、2013

3.3 サンプルング方法 (固定ピストン式シンウォールサンプラー)

(1) 目的

計画構造物の設計に必要なとなる地盤の力学情報を得るための室内試験に用いる試料(土の乱れの少ない試料)を採取することを目的とする。

(2) 適応基準

摘要できる地盤は、サンプルングチューブが変形することなく押し込み可能な粘性土(N 値 0~4)および細粒分を多く含む緩い砂質土(N 値 0~8)を対象とした。

(3) 試験方法

図 3-3に示すように固定ピストン式シンウォールサンプラーには、エクステンションロッド式サンプラーと水圧式サンプラーがあり、当業務では水圧式を用いて試料採取を行った。

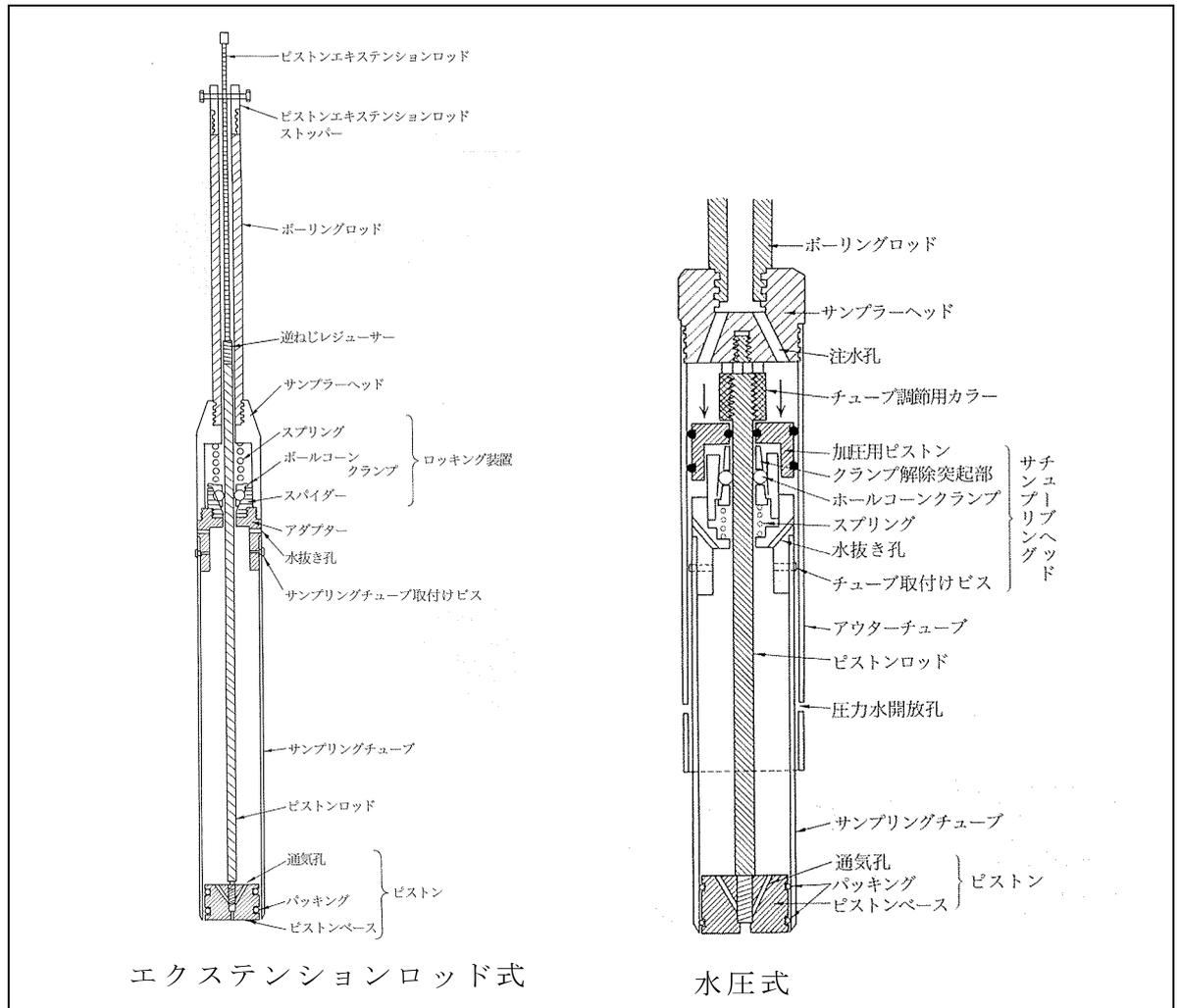


図 3-3 固定ピストン式シンウォールサンプラー⁷⁾

7) (社)地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」、p.230、232、2013

3.4 室内土質試験方法

室内土質試験は、ボーリング及び標準貫入試験により得られた乱れた試料を用いて、地盤の物理特性を求める目的で実施する。以下に、各試験方法について述べる。

(1) 土粒子の密度試験 (JIS A 1202)

土粒子の密度 (ρ_s) とは、土粒子の単位体積当たりの質量をいい、土の状態を表す諸量を計算するのに必要な値である。土粒子の密度は、一般的に、密度の高い鉄鉱石を多く含む土ほど高く、有機物を含む場合には低くなる。

試験は図 3-4 に示す呼び容量 50mL 以上のピクノメーター、もしくは呼び容量 100mL 以上の全量フラスコを使用し、「試料の炉乾燥質量」と「炉乾燥試料の体積」を測定する。

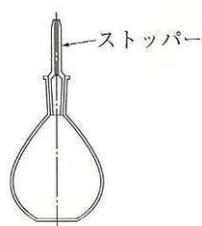


図 3-4 ゲーリュサック型ピクノメーター⁸⁾

(2) 土の含水比試験 (JIS A 1203)

含水比 (w) とは、図 3-5 に示す土塊を構成する土粒子・水・空気の三要素のうち、水と土粒子の質量比を百分率で表したものである。試験は、土試料を $110 \pm 5^\circ\text{C}$ で 18~24 時間炉乾燥し得られる土中の水の質量と土の炉乾燥質量より求める。

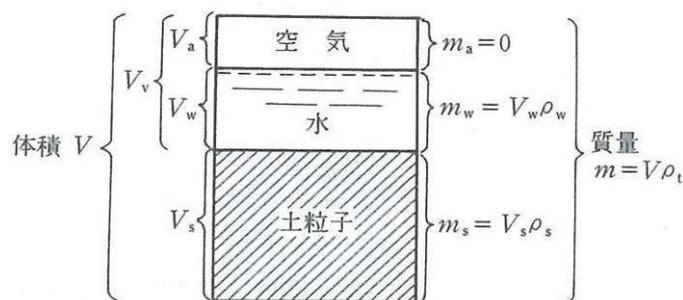


図 3-5 土を構成する要素⁹⁾

8) (社)地盤工学会：「土質試験基本と手引き」、p. 19、2001

9) (社)地盤工学会：「地盤材料試験の方法と解説」、p. 111、2009

(3) 土の粒度試験 (JIS A 1204)

粒度とは、土を構成する土粒子径の分布状態を全質量に対する百分率で表したものであり、土の工学的分類のための指標を与える。また、土の締固め特性や透水性、液状化強度等の力学的性質の推定に利用できる。

試験は、図 3-6に示す粒径 $75\mu\text{m}$ 以上(粗粒土)を対象とした「ふるい分析」、それ未満(細粒土)を対象とした「沈降分析」に分けられる。

ふるい分けは、規定された標準網ふるいを用いて行う。沈降分析は、メスシリンダー内で土を水に浮遊させ、時間とともに土粒子が沈降する状況を浮標で規定し、ストークスの法則を応用して土粒子の粒径を求める。

		粒 径									
		$5\mu\text{m}$	$75\mu\text{m}$	$250\mu\text{m}$	$425\mu\text{m}$	$850\mu\text{m}$	2mm	4.75mm	19mm	75mm	300mm
粘土	シルト	細砂	中砂			粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石 (コブ)	巨石 (ボルダー)
		砂				礫			石		
細粒分		粗粒分						石分			

図 3-6 地盤材料の粒径区分とその呼び名¹⁰⁾

(4) 液性限界・塑性限界試験 (JIS A 1205)

液性限界 (w_L) とは土が塑性状態から液状に移る時の含水比、塑性限界 (w_p) とは土が塑性状態から半固体状に移るときの含水比をいい、この含水比を総称してコンシステンシー限界という(図 3-7参照)。

試験は、流動曲線において落下回数 25 回に相当する含水比を液性限界 (w_L)、土のひもが直径 3mm になった段階で、ひもが切れ切れになったときの含水比を塑性限界 (w_p) と規定している。

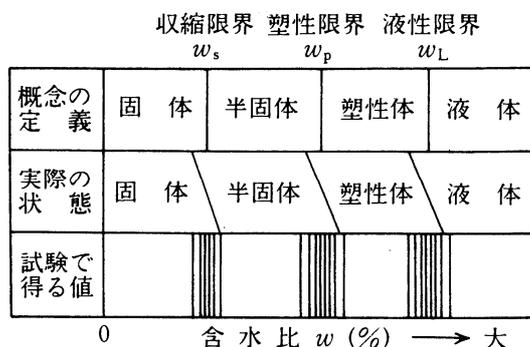


図 3-7 各限界の定義と実際の状態¹¹⁾

10) (社)地盤工学会：「地盤材料試験の方法と解説」、p. 55、2009

11) (社)地盤工学会：「地盤材料試験の方法と解説」、p. 137、2009

(5) 土の湿潤密度試験 (JIS A 1225)

土の湿潤密度 (ρ_i) とは、土の単位体積当たりの全重量 (土粒子及び間隙水の合計質量) であり、土の締まり具合を判定する指標として利用される。また、土の湿潤密度 (ρ_i) は、地盤の支持力、圧密沈下、土圧や安定解析などの構造物設計に必要な土の単位体積重量の算定に利用されるばかりでなく、間隙比、飽和度といった土の状態量を示す指標を求める際にも利用される。

試験は、乱さない供試体の質量と体積を「はかり」及び「ノギス」を用いて直接測定するノギス法により実施する (図 3-8 参照)。以下に、ノギス法の試験方法について述べる。

- a) 供試体は土に含まれる粗粒材等を考慮して直径 3.5cm、5cm、10cm、高さは直径の 2~2.5 倍の円柱形に作製する。側面が所定の直径になるように、トリマー・ワイヤーソー等を用いて成形する。また、両端面をマイヤーボックス・ワイヤーソー等を用いて成形する。
- b) 成形した供試体は、はかりを用いて速やかに質量を測定する。
- c) ノギスを用いて供試体の平均直径及び平均高さを求める。直径は上、中、下のそれぞれの位置で直交する 2 方向を測定する。高さは円周を等分した 2 箇所以上のそれぞれの位置で測定する。
- d) 体積測定後の供試体、もしくは供試体成形時の削りくずから含水比を求める。

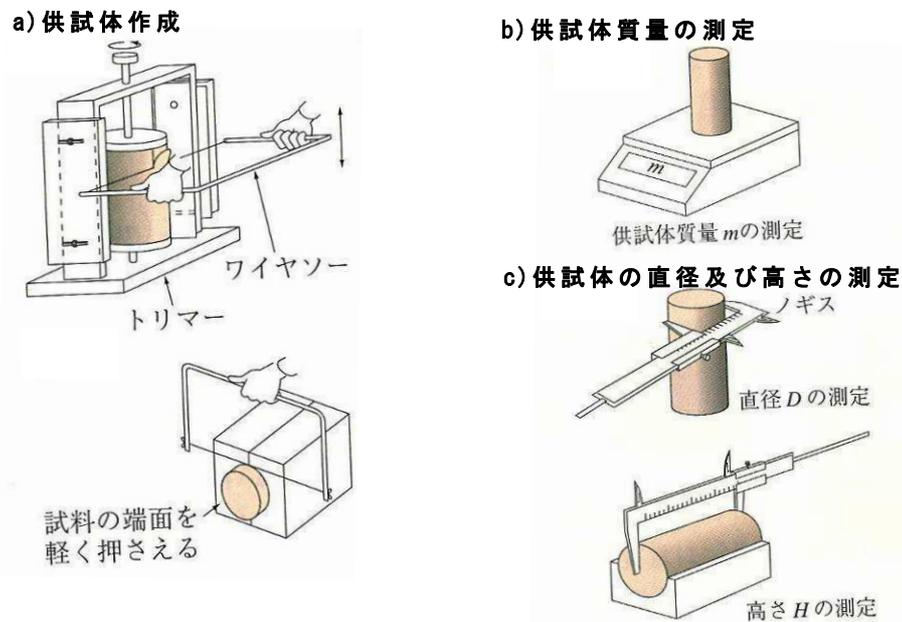


図 3-8 試験方法¹²⁾

12) (社)地盤工学会：「土質試験基本と手引き」、p. 22、2001

(6) 土の三軸圧縮試験(UU)

この試験は、非圧密非排水状態で軸圧縮されるとき土の強度・変形特性を求める試験方法であり、主として飽和した粘性土を対象とする。

結果の工学的適用はほぼ一軸圧縮試験と同様で、過圧密の程度があまり大きくない地盤の支持力、斜面安定、土圧などの算定に用いる非排水強さの推定、杭の周面摩擦力の算定に用いる付着力の推定などに用いる。

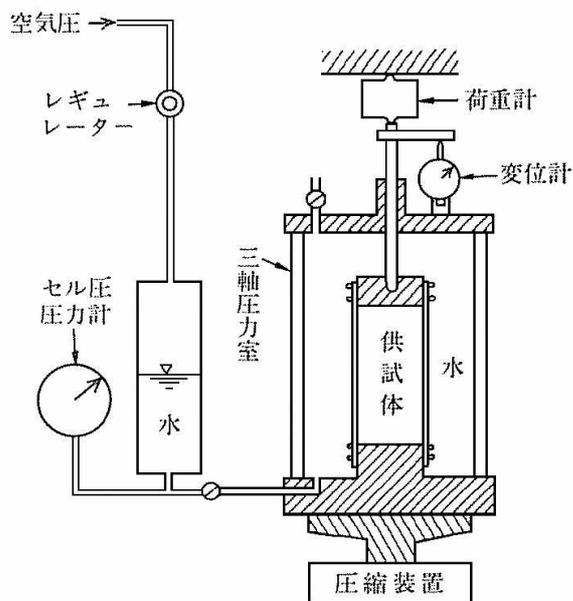


図 3-9 UU 三軸試験機の構成例¹³⁾

13) (社)地盤工学会：「地盤材料試験の方法と解説」、p. 571、2009

4. 地形・地質概要

4.1 地形概要

本調査地は、宿毛市役所から北西方向約 2.5km に位置し、地形区分は「山麓地 I (古第三紀を切る山麓地)」に該当する(図 4-1参照)。この山麓地 I は、起伏量 100m 以下の小起伏丘陵地であり、山麓地内の谷が細かく分枝し、著しく谷密度が高いことが特徴である。調査地周辺においても、比高 50m 程度の丘陵斜面が分布し、細かく分岐した谷筋が確認されている。また、調査地内の谷部は、土砂の埋め立てによって標高+10m 程度まで嵩上げされており、「高知県版第 2 弾南海トラフの巨大地震による震度分布・津波浸水予測(H24.12.10 公表)」では、津波浸水予測地域から外れた場所に位置する(図 4-2参照)。

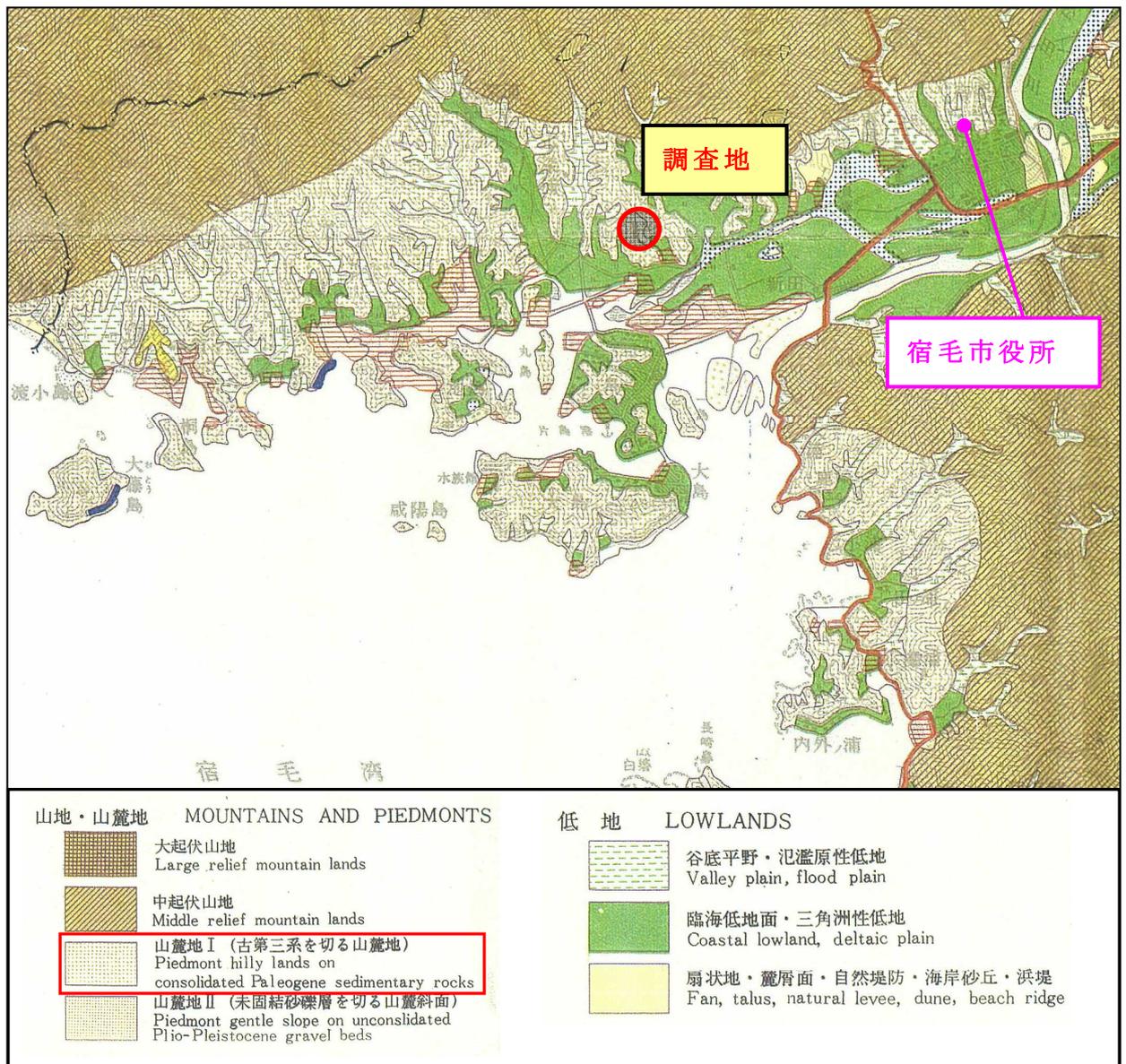


図 4-1 調査地周辺の地形¹⁴⁾ (S=1 : 50,000)

14) 国土地理院：「土地分類基本図-土佐中村・宿毛-」、1974

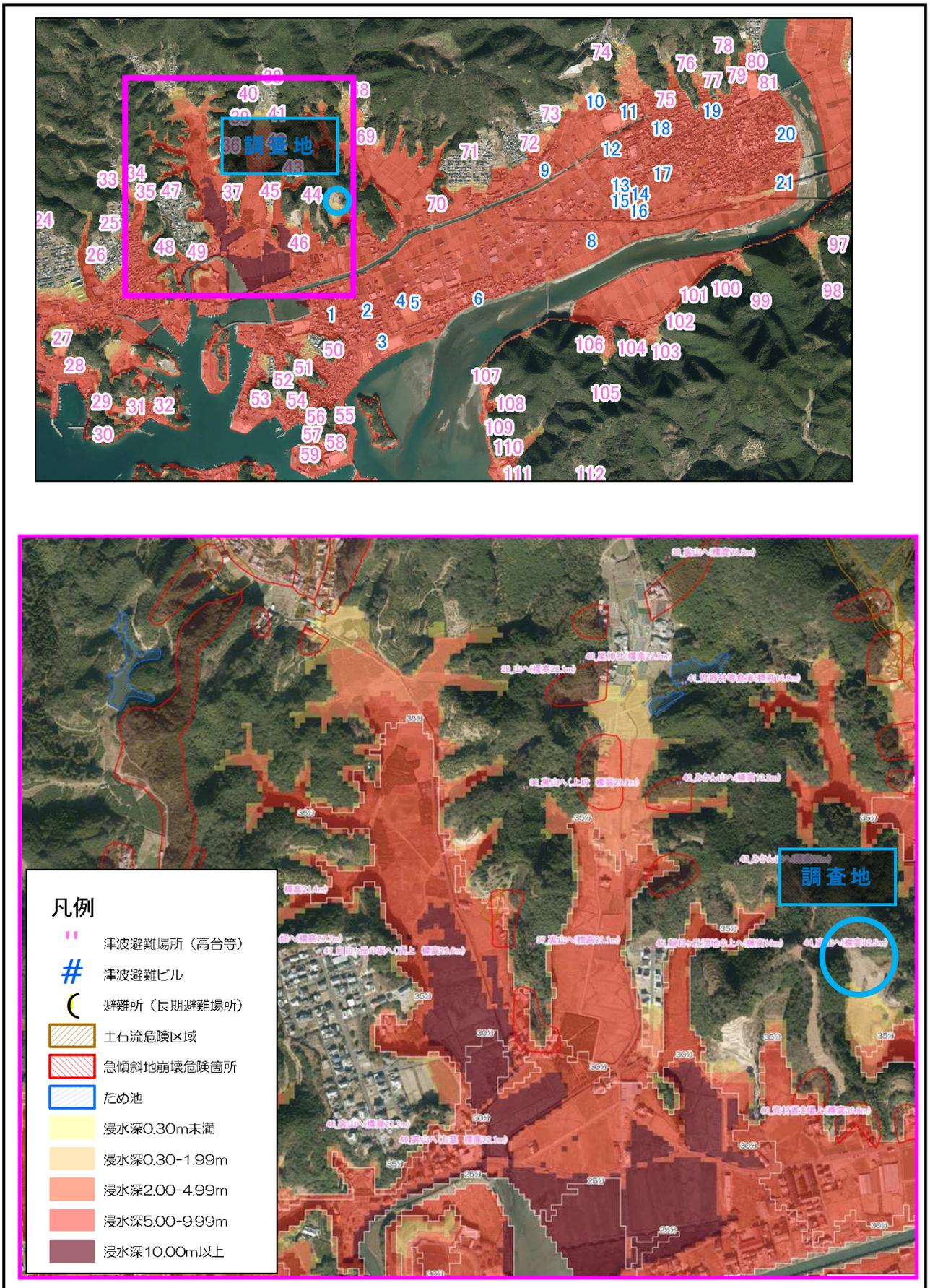


図 4-2 津波浸水予測図¹⁵⁾

15) 宿毛市：「津波避難マップ 00. 全域版マップ、06. 大深浦・小深浦・自由ヶ丘-地区」、2013

4.2 地質概要

高知県地域の基礎地盤は、ほぼ東西方向に走る御荷鉾構造線及び仏像構造線によって北から三波川帯・秩父帯(秩父累帯)及び四万十帯(四万十累帯)に分けられ、大観的に南ほど新しい地層の分布する覆瓦状構造をなしている(図 4-3参照)。

本調査地の基礎地質は、四万十帯大正層群有岡層に属する(表 4-1及び図 4-4参照)。そしてこの基礎岩を覆って、礫質土からなる沖積層の未固結堆積物が分布している。

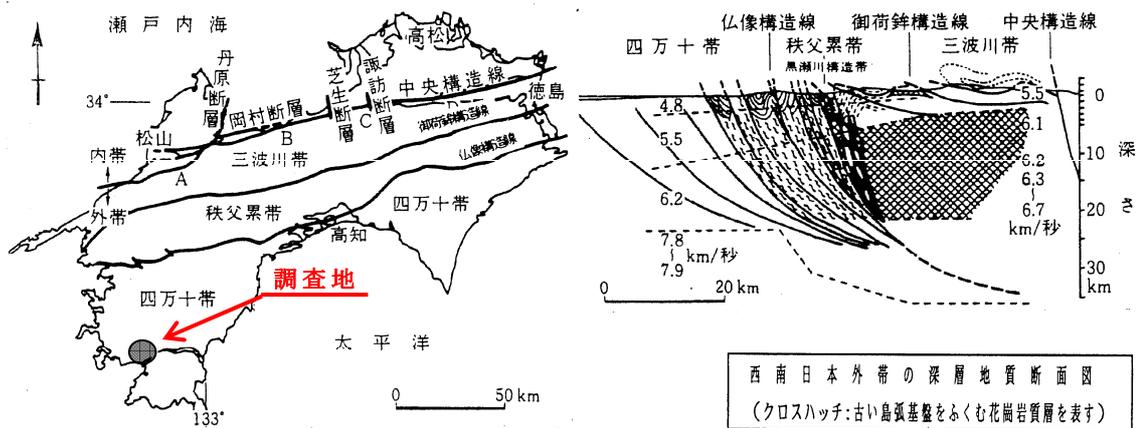


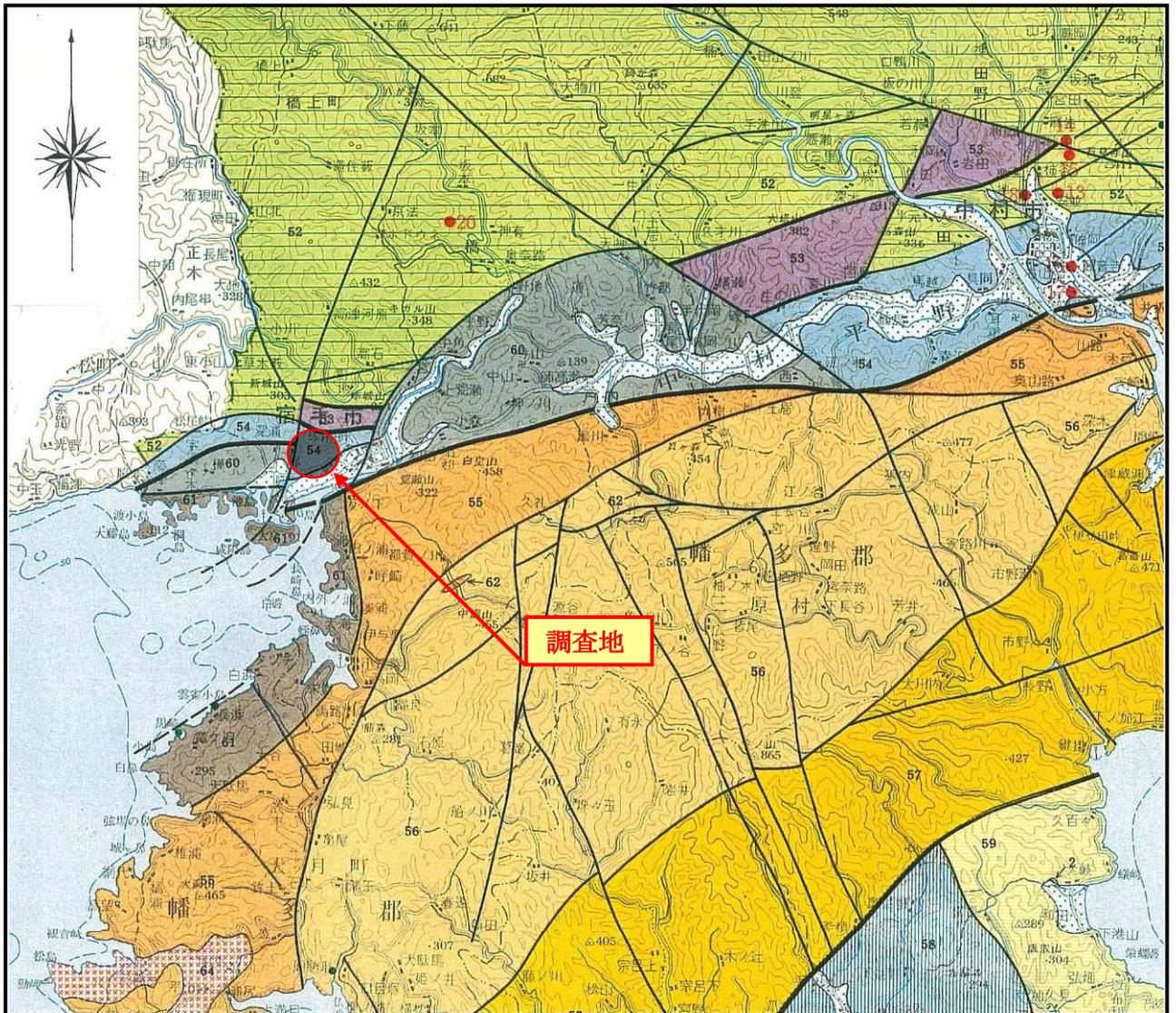
図 4-3 四国地方の地質構造¹⁶⁾

表 4-1 地質年代表¹⁷⁾

地質時代			高知県に分布する主な地層
代	紀	古さ	
新生代	第四紀		沖積層・洪積層 (段丘堆積物)
	第三紀	新第三紀	穴内層・六本松層・登層 久万層群 宿毛層群 室戸層半島層群
		古第三紀	
中生代	白亜紀	新白亜紀	四万十層群(新庄川層群・大正層群・幡多層群) 大板・鎮石・佐川・越知盆地の白亜紀層
		古白亜紀	1億4300万年
	ジュラ紀		2億1200万年
	三畳紀		2億4700万年
古生代	二畳紀		秩父累帯南帯(鳥巢層群・三宝山層群・斗賀野層群) 秩父累帯中帯(市ノ瀬層群・高岡層) 秩父累帯北帯(上八川層・白木谷層群) 川内ヶ谷層・蔵法院層
	石炭紀		2億8900万年
	デボン紀		3億6700万年
	シルル紀		4億1600万年
	オルドビス紀		4億4600万年
	カンブリア紀		4億7500万年
先カンブリア紀			5億900万年
			5億7500万年

16) 須倉和巳・岩崎正夫・鈴木堯士共著:「日本の地質8-四国地方」、共立出版、1992

17) 鈴木 堯士:「四国はどのようにしてできたか -地質学的・地球物理学的考察-」、(株)南の風社、p.76「第1表」を改編



〈 四万十帯 幡多半島 凡例 〉



図 4-4 調査地周辺の地質図 (S=1:200,000)¹⁸⁾

18) 高知県: 「高知県温泉水脈推定基礎地質図」、高知県保健環境部衛生課, 1991

(1) 四万十帯

- a) 四万十帯は、大きく北側の北帯と南側の南帯に区分される。
- b) 幡多地域の北帯と南帯の境界は中筋構造線である。
- c) 北帯は白亜系で南帯は第三系が分布する。
- d) 四国西南部の四万十帯は、北側の幡多層群と大正層群、南側の三崎層群の3つに区分される。
- e) 一般に東西性の走向で北へ高角度で傾斜する覆瓦構造を呈する。
- f) 構成層は大きく浅海相、タービダイト[※]相、メラランジェ^{※※}相に分けられる。

(2) 大正層群

- a) 幡多地域西岸(宿毛-三崎)に分布する。
- b) 北から平田層・龍ヶ迫層・弘見複合層横浪メラランジェ・下津井層・久礼メラランジェ・野々川層・大用メラランジェ・中村層及び有岡層に区分される。
- c) 地質時代は主に古第三期の地層群よりなる。
- d) 主に砂岩と泥岩の互層からなる。

(3) 有岡層

- a) 灰色のシルト岩・砂岩・暗灰色の泥岩を主体に中村市周辺から中筋川流域の低地帯に沿ってほぼ東西に分布する。
- b) 北縁は中村市北東方の中村層であり断層関係で接し、南縁は中筋構造線を境に四万十帯南帯幡多層群谷ノ口層と接している。

※ タービダイト：混濁流によって運搬・堆積した堆積物。重力堆積物のうち最も細粒なものに当たる。

※※メラランジェ：地層としての連続性がなく、細粒の破断した基質の中にいろいろな大きさや種類からなる礫・岩塊を含むような構造をもった地質体として定義されるのが一般的である。

4.3 調査地内の地質

(1) 基盤岩

- a) 基盤岩は、泥岩及び砂岩泥岩互層から成る。
- b) 泥岩は、南側の丘陵斜面に分布する。切土法面や斜面末端部の泥岩露頭は、角礫状～岩塊状のやや硬質な CL 級岩盤として分布する(写真 4-1、写真 4-2参照)。
- c) 砂岩泥岩互層は、北側の丘陵斜面に分布する。互層は細互層となるが、部分的に砂岩が厚く分布する箇所がある(写真 4-3参照)。また、尾根斜面の上方では、風化が進行し、D～CL 級岩盤となる(写真 4-3参照)。
- d) 走向・傾斜は、調査地南側では $N85^{\circ}W \sim 18^{\circ}E$ 、 $42^{\circ} \sim 69^{\circ}N$ を示し、斜面に対して流れ盤を示す。調査地北側の走向・傾斜は、 $N40^{\circ}E \sim 86^{\circ}W$ 、 $51^{\circ} \sim 78^{\circ}N$ を示す。



写真 4-1 泥岩の露頭



写真 4-2 切土法面



写真 4-3 砂岩泥岩互層の露頭



写真 4-4 斜面上方の露頭

(2) 未固結堆積物

調査地内では、基盤岩の上位に、層厚 1～14m 程度で未固結堆積物が分布する。平坦地を構成する未固結堆積物は、海進時に堆積した粘性土および丘陵斜面から供給された礫質土である。調査地北側の土取場では、これらの自然堆積物の上位に、層厚 8m 程度で盛土が分布する。盛土は礫質土から成り、部分的に転石を混入する(写真 4-5参照)。



写真 4-5 土取場の盛土

また、調査地内の丘陵斜面では、層厚 0.2～1m 程度で礫質土が分布する。この礫質土は、現位置で形成された風化残積土であり、粘性土を多く含む(写真 4-6参照)。



写真 4-6 斜面表層部の風化残積土

5. 調査・試験結果

機械ボーリングは、調査対象箇所である平坦地で垂直ボーリングを4箇所を実施した。

ボーリングの緒元を、表 5-1に一覧表としてまとめて示す。ボーリング結果は、巻末資料「A. ボーリング柱状図及びコア写真」として添付した。

表 5-1 ボーリング内容一覧表

計画 構造物	孔番	孔口標高 (T.P. m)	調査深度 (GL-m)	調査内容 ^{注2)}
盛土	No. 1	9.56	16.00	①②
調整池	No. 2	1.92	12.00	①②③
切土	No. 3	26.65	12.00	①②
切土	No. 4	54.86	13.00	①②

注 1) ①オールコア採取 ②標準貫入試験 ③室内土質試験

調査箇所の位置図を図 5-1に示し、以下に調査・試験結果を述べる。

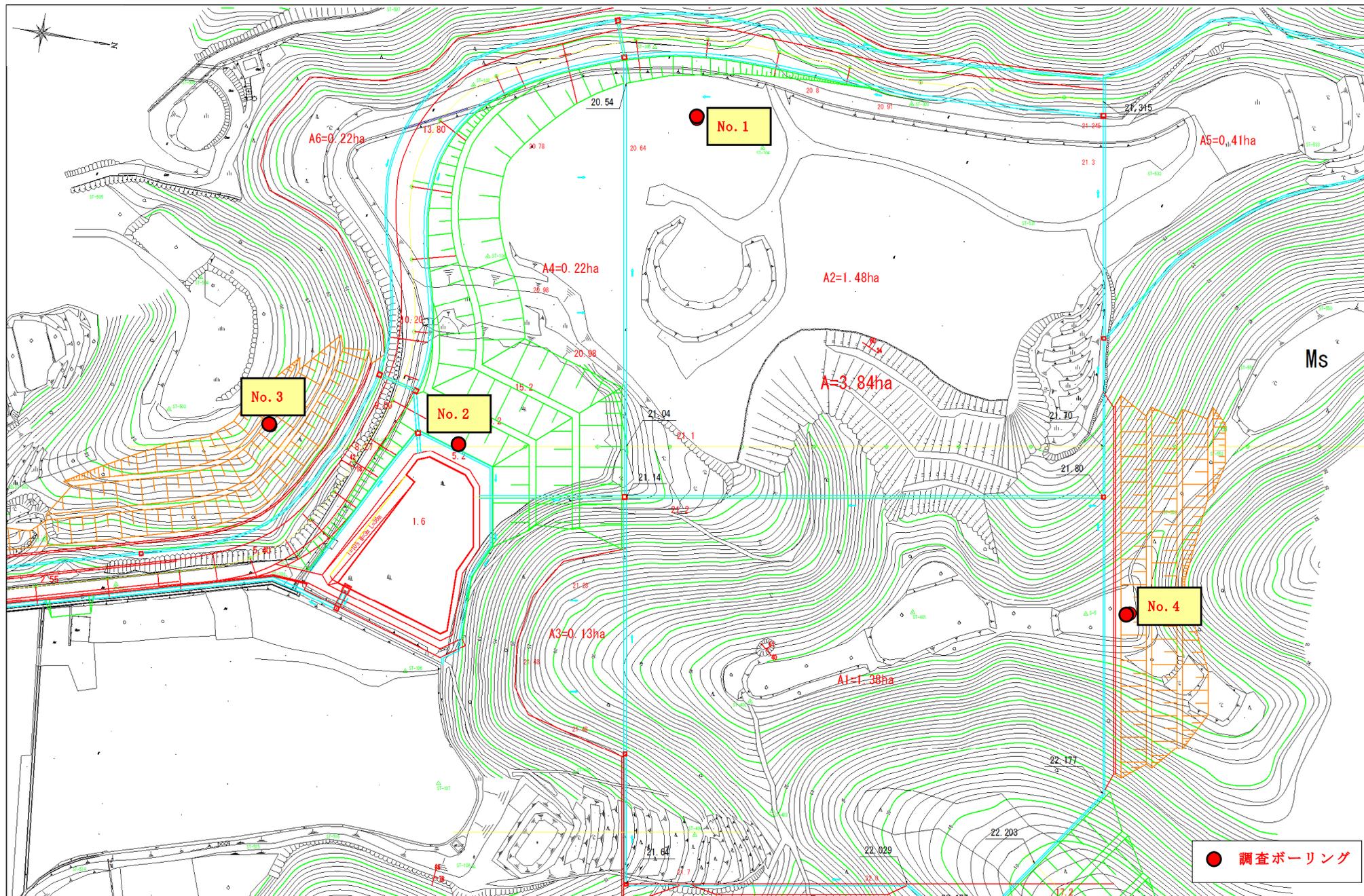


図 5-1 調査位置平面図 (S=1:1,000)

孔番：No. 2 削孔長：L=12.00m 孔口標高：T.P.1.92m

(1) 調査目的

調整池計画地の地盤状況を把握する。

(2) 地層構成

旧耕作地を構成する完新統(沖積層)、完新統の下位に分布する基盤岩よりなる。各層の分布深度は以下の通りである。

未固結堆積物；GL-0.00～10.00m **基盤岩**；GL-10.00m 以深

(3) 土質状況

1) **未固結堆積物**；GL-0.00～10.00m

4層に区分される。土質は礫質土(沖積第1～2礫質土)よりなる。

a) 表土(B)；GL-0.00～0.70m

- ・旧耕作土。土質は粘土である。
- ・含水は非常に多く、粘性強い。
- ・全体的に草根及び腐植物を多く混入する。
- ・色調は褐灰色を呈する。

b) 沖積粘性土(Ac)；GL-0.70～5.90m

- ・含水少なく、粘性弱いシルトを主体とする。
- ・GL-2.00mまでは、全体的に腐植物を混入する。
- ・GL-2.00m以深は、部分的に細砂を混入し、所々に貝殻及び腐植物を混入する。
- ・GL-5.40～5.60m区間は、φ5～10mmの亜円礫を主体とする。
- ・色調は暗褐灰～暗灰色を呈する。

c) 沖積火山灰質土(Av)；GL-5.90～7.90m

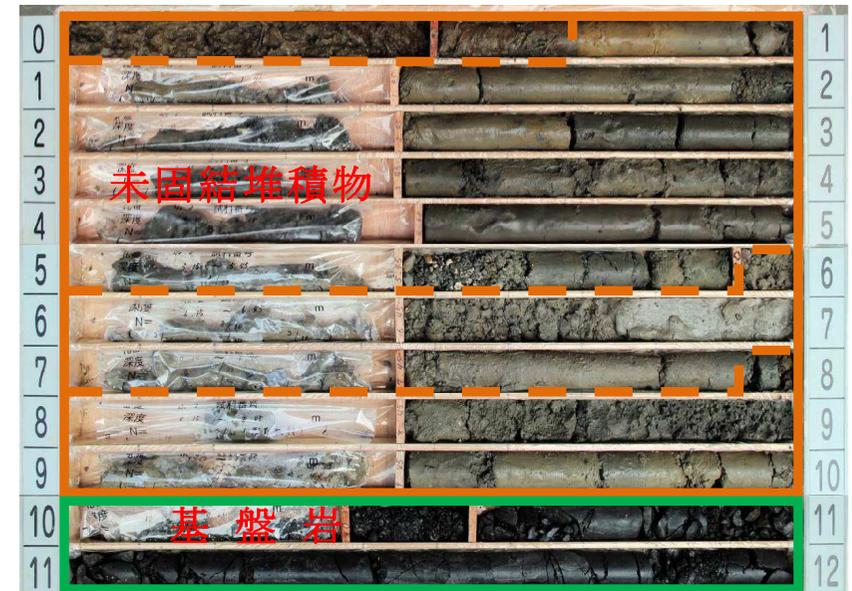
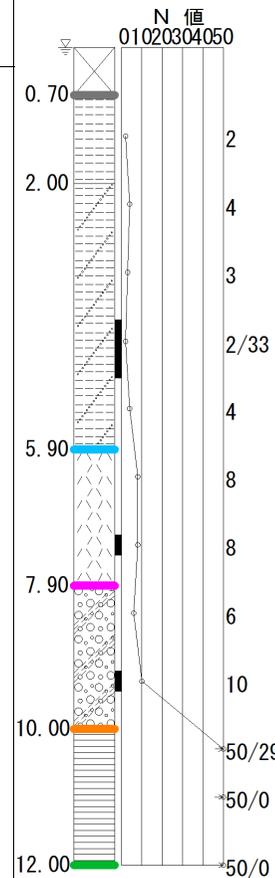
- ・ガラス質の微細砂主体。
- ・粒径は均一である。
- ・全体的にシルトを多く含む。
- ・色調は淡灰色を呈する。

d) 沖積礫質土(Ag)；GL-7.90～10.00m

- ・φ5～10mmの亜角礫主体。φmax20mm。
- ・礫は砂岩及び泥岩主体。
- ・砂は細砂～粗砂主体。
- ・全体的にシルトを多く含む。
- ・所々に貝殻を混入する。
- ・色調は暗灰色を呈する。

2) **基盤岩**；GL-10.00m～12.00m

- ・岩種は泥岩。
- ・風化の程度のやや低い泥岩。
- ・コアは角礫状～短柱状を呈する。
- ・GL-10.55mまで風化が進行し、コアは土砂状を呈する。
- ・岩質はやや軟質で、ハンマーの普通程度の打撃で砕ける、。
- ・岩級区分はD～C₁級、RQD=0～10%。



孔番：No. 3 削孔長：L=12.00m 孔口標高：T.P. 26.65m

(1) 調査目的

切土法面計画地の地盤状況を把握する。

(2) 地層構成

丘陵斜面の表層を覆う崩積土、崩積土の下位に分布する岩盤よりなる。各層の分布深度は以下の通りである。

未固結堆積物；GL-0.00～10.45m 岩盤；GL-10.45m 以深

(3) 土質状況

1) 未固結堆積物；GL-0.00～1.00m

礫質土からなる1層(崖錐堆積物)を確認した。

- ・φ5～10mmの亜角礫主体。φmax20mm。
- ・礫は砂岩及び泥岩主体。
- ・土質は「粘土質砂礫」。
- ・全体に粘土及び腐植物を含む。
- ・GL-0.25mまでは表土であり、草根を多く混入する。
- ・色調は黄褐色を呈する。

2) 岩盤；GL-1.00m～12.00m

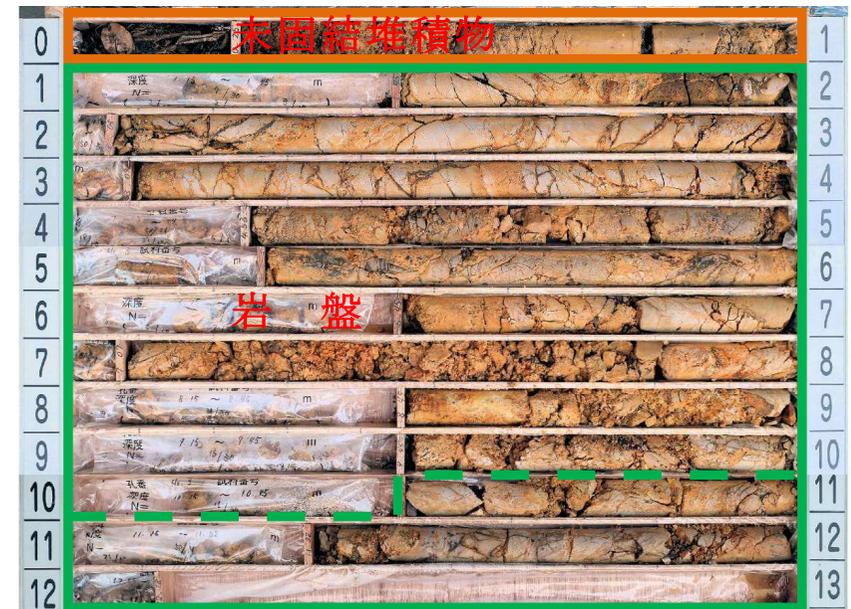
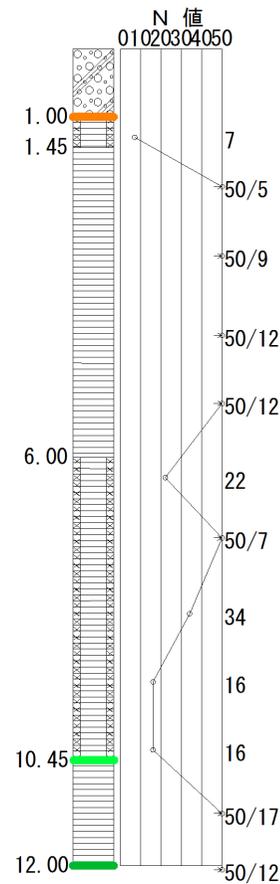
風化程度により、2層に区分される。

a) 強風化泥岩(Ms(W2))；GL-1.00～10.45m

- ・D級岩盤とCL級岩盤が交互に分布する。
- ・GL-1.00～1.45mまでは、土砂状コアを呈する。
- ・GL-1.45～6.00m区間は、岩片状～塊状コアを主体とする。亀裂が発達し、亀裂に沿って粘土化が認められる。
- ・GL-6.00～10.45m区間は、土砂状～角礫状コアを主体とする。コアは非常に軟質で、ハンマーの軽打で砕ける。
- ・全体的に酸化が認められる。
- ・RQD=0%。
- ・色調は黄褐色を呈する。

b) 風化泥岩(Ms(W1))；GL-10.45～12.00m

- ・風化の進行したCL級岩盤。
- ・コアは岩片状～塊状を呈する。
- ・亀裂が発達し、亀裂に沿って粘土化が認められる。
- ・岩質は軟質でハンマーの普通程度の打撃で角礫状に割れる。
- ・全体的に酸化が認められる。
- ・RQD=0%。
- ・色調は黄褐色を呈する。



孔番：No. 4 削孔長：L=13.00m 孔口標高：T.P. 54.86m

(1) 調査目的

切土法面計画地の地盤状況を把握する。

(2) 地層構成

丘陵斜面の表層を覆う崩積土、崩積土の下位に分布する岩盤よりなる。各層の分布深度は以下の通りである。

未固結堆積物；GL-0.00～0.20m 岩盤；GL-0.20m以深

(3) 土質状況

1) 未固結堆積物；GL-0.00～0.20m

礫質土からなる1層を確認した。

- ・φ5mm程度の亜角礫主体。φmax10mm。
- ・原位置で形成された風化残積土である。
- ・土質は「粘土質砂礫」。
- ・色調は暗茶色を呈する。

2) 岩盤；GL-0.20m～13.00m

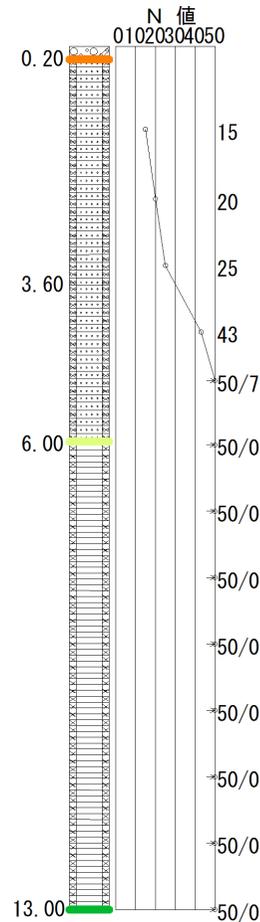
風化程度および岩種により、2層に区分される。

a) 強風化砂岩泥岩互層 (Alt)；GL-0.20～6.00m

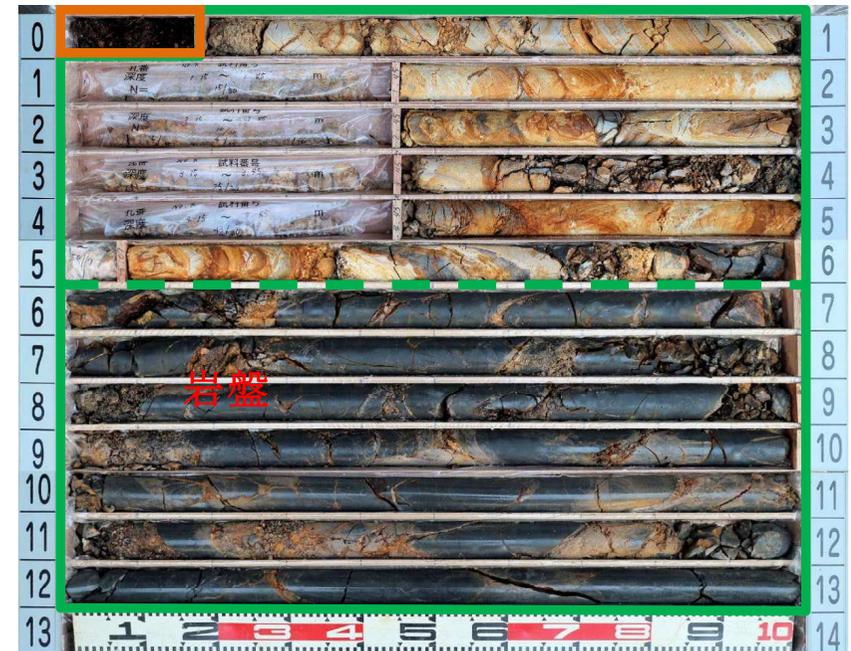
- ・著しく風化したD級岩盤。
- ・GL-0.20～3.60m区間は土砂状コアを呈する。非常に軟質であり、指圧で粉碎される。
- ・GL-3.60～6.00m区間は、角礫状コアを呈する。岩質は軟質で、ハンマーの軽打で割れる。
- ・全体的に酸化が認められる。
- ・RQD=0%。
- ・色調は黄褐色を呈する。

b) 風化泥岩 (Ms)；GL-6.00～13.00m

- ・風化の進行したC_L～C_M級岩盤。
- ・コアは短柱状を主体とする。
- ・コアは亀裂が発達し、亀裂に沿って酸化が認められる。
- ・岩質はやや軟質でハンマーの普通程度の打撃で亀裂に沿って割れる。
- ・部分的に土砂状コアを挟む。
- ・RQD=0～10%。
- ・色調は暗灰色を呈する。



未固結堆積物



5.2 地下水位測定結果

地下水位は、ボーリング掘削時における孔内水位を以下に示す方法で測定し判定を行った。以下に、孔内水位測定結果について述べる。

(1) 地下水位測定方法

- 掘進作業終了前に、ケーシングを給圧による締め付けあるいは打撃による打ち込み等により止水を行う。
- 水頭を測定する裸孔区間の掘削を行う。
- 掘進作業後にベラーあるいはポンプ等により孔内水をできるだけ汲み上げた後、孔内水位を測定する。
- 翌朝の作業前に孔内水位を測定し、前日の掘進作業後の孔内水位より高ければこれを平衡水位とする。
- 前日測定した孔内水位より低い場合は再度孔内水を汲み上げ、回復した水位を平衡水位とする。ただし、水位回復が認められない場合は、さらに孔内水を汲み上げ、回復を確認し平衡水位とする。

図 5-2には、上述の地下水位測定方法のフローチャートを示す。

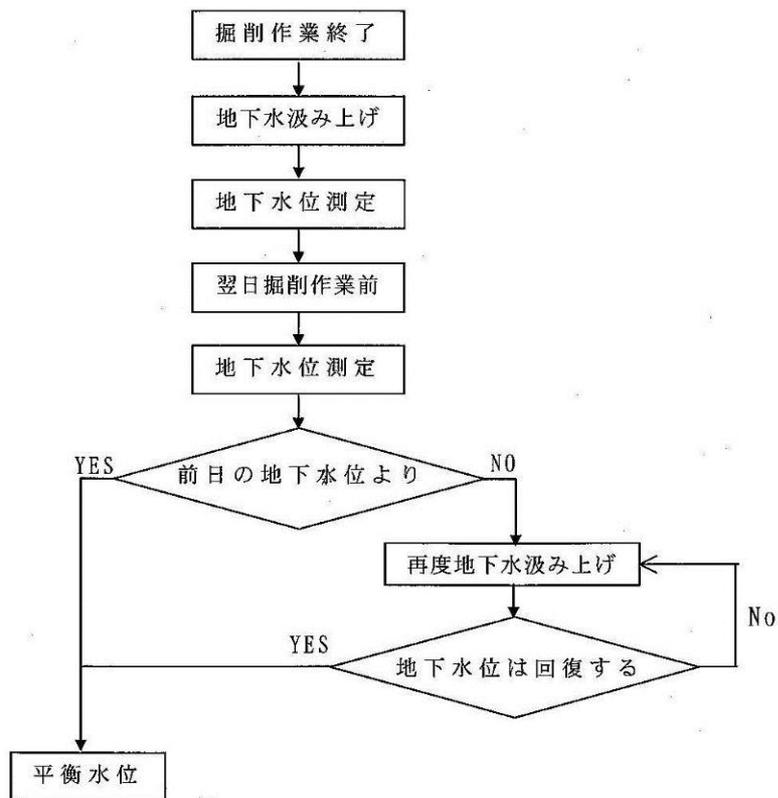


図 5-2 地下水位測定方法フローチャート

(2) 地下水位測定結果

地下水位測定の結果、No. 2 地点で自由地下水を確認したが、No. 1 地点、No. 3 地点及び No. 4 地点では地下水は確認されなかった(表 5-2参照)。

表 5-2 地下水位一覧表

孔番	孔口標高 (T.P. m)	地下水位		地下水形態
		(GL-m)	(T.P. m)	
No. 1	9.56	—	—	—
No. 2	1.92	0.00	1.92	自由地下水
No. 3	26.65	—	—	—
No. 4	54.86	—	—	—

No. 2 地点では、掘削時に GL±0.00m の地下水位を確認した。No. 2 地点周辺は、上方斜面からの地表水が常時流入しており、全体的に湿潤状態にあることから、この地表水が調査孔内に流下したものと推定される(写真 5-1参照)。



写真 5-1 No. 2 地点周辺の状況

5.3 標準貫入試験結果

原位置における土の硬軟、締まり具合または土層の構成を判定する目的で標準貫入試験を実施した。

試験結果は、巻末資料「A. ボーリング柱状図及びコア写真」に深度～*N*値グラフとして示した。標準貫入試験結果について、調査ボーリング毎に述べる。

なお、*N*値=50以上の岩盤については、下式により*N*値を換算した¹⁹⁾。

$$\text{換算 } N \text{ 値} = 50 (\text{回}) \times \frac{0.3\text{m}}{50 \text{ 回の打撃時の貫入量 (m)}} \quad (\text{換算 } N \text{ 値 } 300 \text{ 以下})$$

(1) No. 1

*N*値一覧を表 5-3に示す。

盛土(B)は概ね*N*値=4を示すが、下部は礫打ちにより*N*値=7を示す。

沖積第1礫質土(Ag1)及び沖積第2礫質土(Ag2)は、*N*=6程度である。また、基盤岩(Ms)の*N*値はすべて50以上を示している。

表 5-3 *N*値一覧表 (No. 1)

孔番	地層区分	標準貫入試験結果 (<i>N</i> 値)				
		1	2	3	4	平均
No. 1	B	4	4	3	3	4.0
		4	3	7		
	Ag1	6	5			5.5
	As	2	4			3.0
	Ag2	6	5			5.5
	Ms	300	300	300		300.0

…上限値

…換算値

19) (公社)地盤工学会:「地盤調査の方法と解説」、p. 311、2013

(2) No. 2

*N*値一覧を表 5-4に示す。

沖積層は、いずれも *N*値に差異がほとんどなく、ほぼ一定の値を示している。

基盤岩 (Ms) の *N*値は、上部の強風化部では換算 *N*値=52 を示し、下部では換算 *N*値=300(上限値)を示している。

表 5-4 *N*値一覧表 (No. 2)

孔番	地層区分	標準貫入試験結果 (<i>N</i> 値)					
		1	2	3	4	5	平均
No. 2	B						-
	Ac	2	4	3	2	4	3.0
	Av	8	8				8.0
	Ag	6	10				8.0
	Ms	52	300	300			217.2



…上限値



…換算値

(3) No. 3

*N*値一覧を表 5-5に示す。

強風化泥岩 (Ms(W2)) は *N*値=7~50 以上を示し、バラツキが非常に大きい。風化泥岩 (Ms(W1)) の *N*値はすべて 50 以上を示している。

表 5-5 *N*値一覧表 (No. 3)

孔番	地層区分	標準貫入試験結果 (<i>N</i> 値)					
		1	2	3	4	5	平均
No. 3	Dt						-
	Ms(W2)	7	300	167	125	125	102.6
		22	214	34	16	16	
	Ms(W1)	88	125				106.6



…上限値



…換算値

(4) No. 4

*N*値一覧を表 5-6に示す。

強風化砂岩泥岩互層(Alt)は、風化の進行した上部では*N*値=20程度を示すが、下部は*N*値=43~214(換算値)となる。風化泥岩(Ms)の*N*値はすべて貫入不能であり、換算*N*値=300(上限値)を示している。

表 5-6 *N*値一覧表(No. 4)

孔番	地層区分	標準貫入試験結果(<i>N</i> 値)					
		1	2	3	4	5	平均
No. 4	Dt						-
	Alt	15	20	25	43	214	63.5
	Ms	300	300	300	300	300	300.0
	300	300	300				

 …上限値

 …換算値

5.4 室内土質試験結果

No.2 地点で採取した試料を用いて、基本的な物性などを求めることを目的とし室内土質試験を実施した。

採取深度並びに土質試験項目をまとめて表 5-7に示す。なお、土質試験結果は、巻末資料「B. 室内土質試験データシート」として添付したほか、表 5-8に一覧表を示した。

表 5-7 土質試験実施項目一覧表

孔番	試料番号	採取方法	地層区分 (記号)	試料採取 深度 (GL-m)	土 の 湿 潤 密 度	自 然 含 水 比	粒 度 (ふ る い)	粒 度 (沈 降)	液 性 限 界	塑 性 限 界	三 軸 圧 縮 試 験
No. 2	T-1	T	沖積粘性土 (Ac)	4.00~4.85	○	○		○	○	○	○
	P-1	P	沖積火山灰質土 (Av)	7.15~7.45				○	○	○	
	P-2	P	沖積礫質土 (Ag)	9.15~9.45			○		○	○	

T:シンウオールサンプリング P:標準貫入試験試料

表 5-8 土質試験結果一覧表

		土質試験結果一覧表 (基礎地盤)				
調査件名		平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区 高台整備用地地質調査業務委託			整理年月日	平成 27年 5月 26日
					整理担当者	倉持 淳
試料番号 (深 さ)		T-1 (4.00~4.85m)	P-1 (7.15~7.45m)	P-2 (9.15~9.45m)		
	一般	湿潤密度 ρ_w g/cm ³	1.626			
	乾燥密度 ρ_s g/cm ³	1.083				
	土粒子の密度 ρ_p g/cm ³	2.612	2.634			
	自然含水比 w_n %	50.1				
	間隙比 e	1.412				
	飽和度 S_r %	92.7				
粒 度	石分 (75mm以上) %					
	礫分 ¹⁾ (2~75mm) %	3.8	0.0	53.0		
	砂分 ¹⁾ (0.075~2mm) %	25.7	42.9	27.4		
	シルト分 ¹⁾ (0.075~0.0075mm) %	41.4	41.7	19.6		
	粘土分 ¹⁾ (0.0075mm未満) %	26.1	15.4			
	最大粒径 mm	9.5	2	19		
	均等係数 U	*	*	*		
コンシステンシー	液性限界 w_L %	42.1	54.8			
	塑性限界 w_p %	22.1	42.0			
	塑性指数 I_p	20.0	12.8			
分 類	地盤材料の 分類名	砂質粘土 (低液性限界)	砂質シルト (高液性限界)	細粒分質 砂質礫		
	分類記号	(CLS)	(MHS)	(GFS)		
圧 密	試験方法					
	圧縮指教 C_c 圧密降伏応力 p_c kN/m ²					
一 軸 圧 縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²					
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²					
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²					
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²					
せ ん 断	試験条件	UU				
	全 応 力	c kN/m ²	15.1			
		ϕ °	1.7			
	有 効 応 力	c' kN/m ²				
ϕ' °						
特記事項		1) 石分を除いた75mm未満の土質材料 に対する百分率で表す。 [1kN/m ² ≒0.0102kgf/cm ²]				

土の工学的性質は、大きく物理的性質(物理特性)と力学的性質(力学特性)に分けられる。物理的特性は、さらに土粒子の密度、粗度組成、コンシステンシー限界などの基本的性質と、密度(単位体積重量)、間隙比、飽和度などの状態量を示す性質に分けられ、基本的性質は主に土の判別分類のために用いられる。また、力学的性質は土の圧縮性、変形性などの圧縮特性(沈下特性)と土のせん断強度などの強度特性に分けられ、主に支持力、土圧、安定及び圧密沈下の計算に用いられる。そのほかには、土の透水性や土の締固め特性などに分けられる。

土の基本的な性質を求める方法として、室内で行う土質試験があり、室内土質試験の項目をまとめてみると図 5-3に示すとおりである。

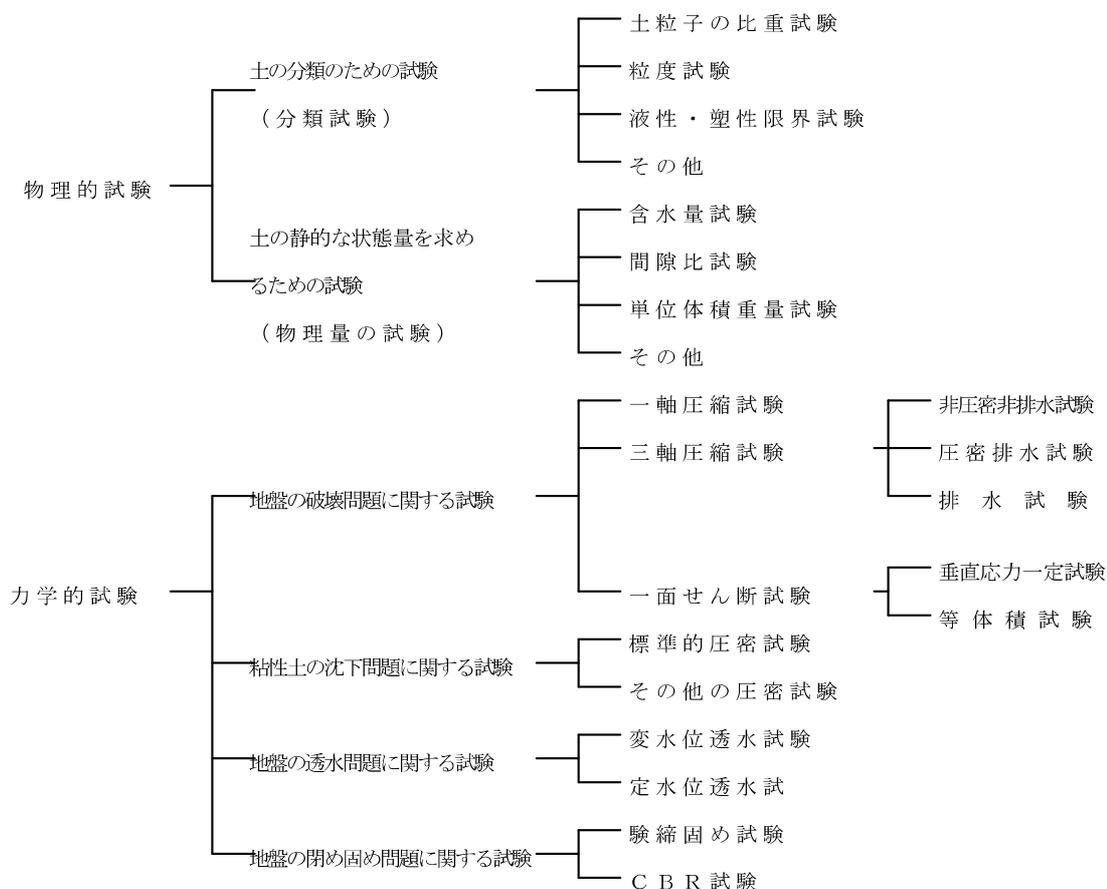


図 5-3 室内土質試験の分類²⁰⁾

20) 松尾 稔著：「最新土質実験—その背景と役割—」、森北出版、1974

(1) 土粒子の密度試験

1) 試験結果

試験結果により得られた値を表 5-9に示す。

表 5-9 土粒子の密度試験結果

地層区分 (記号)	試料番号	土粒子の密度 (g/cm ³)	一般値	一般値との比較
沖積粘性土 (Ac)	T-1	2.612	2.50~2.75 (沖積粘性土)	○
沖積火山灰質土 (Av)	P-1	2.634	1.8~2.4 (しらす)	高い
沖積礫質土 (Ag)	P-2	—	—	—

2) 一般的な値

わが国の代表的な土粒子の密度は表 5-10からも分かるように、一般的な無機質土であれば、2.60~2.80(g/cm³)のごく狭い範囲を示す²¹⁾。また泥炭(ピート)のように多量の有機物を含むものは密度が小さい。土粒子の密度は、その値から土の特性を表すことや土を分類することはないが、他の物性値を算定するために必要である。

本調査では、沖積粘性土(Ac)の試験値は一般値の範囲を示した。しかしながら、沖積火山灰質土(Av)の試験値は、「しらす」の一般値より高く、沖積粘性土の一般値の範囲内を示した。これは、本調査地の沖積火山灰質土(Av)が、細粒分を主体とするためであると推定される。

表 5-10 主な鉱物と土粒子の密度の例²²⁾

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	Ac
角 閃 鉱	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	Av
モンモリロナイト	2.0~2.4	黒ぼく	2.3~2.6	

21) (社)地盤工学会：「土質試験の方法と解説、第一回改訂版」、p.58、2000

22) (社)地盤工学会：「土質試験の方法と解説、第一回改訂版」、p.58、2000

(2) 土の粒度試験

粒度試験の結果は、土の判定分類や透水性の推定に利用することができる他、粒径加積曲線の傾きを表す均等係数を用いて「土の粒度の広がり」を判断することができる。

今回行った粒度試験は、盛土基礎地盤の液状化簡易判定を目的としており、一般的に液状化を発生させる地層としては、次のような条件が挙げられる。

- a) 地下水が現地盤面から 10m 以内にあり、かつ、現地表面より 20m 以内の深さに存在する。
- b) 細粒分含有率 F_c が 35% 以下の土層、又は、 F_c が 35% を超えても塑性指数 I_p が 15 以下の土層
- c) 平均粒径 D_{50} が 10mm 以下で、かつ、10% 粒径 D_{10} が 1mm 以下である土層

以下に粒度試験の結果の一覧を表 5-11 に示し、粒度分布図を示す。

表 5-11 土の粒度試験結果

地層区分	試料番号	粒度 (%)				D_{50} (mm)	D_{10} (mm)	地盤材料の分類名
		礫分	砂分	シルト分	粘土分			
Ac	T-1	3.8	25.7	44.4	26.1	0.0198	0.0014 以下	砂質粘土 (低液性限界) (CLS)
Av	P-1	0	42.9	41.7	15.4	0.0606	0.0014 以下	砂質シルト (高液性限界) (MHS)
Ag	P-2	53.0	27.4	19.6		2.49	0.075 以下	細粒分質 砂質礫 (GFS)

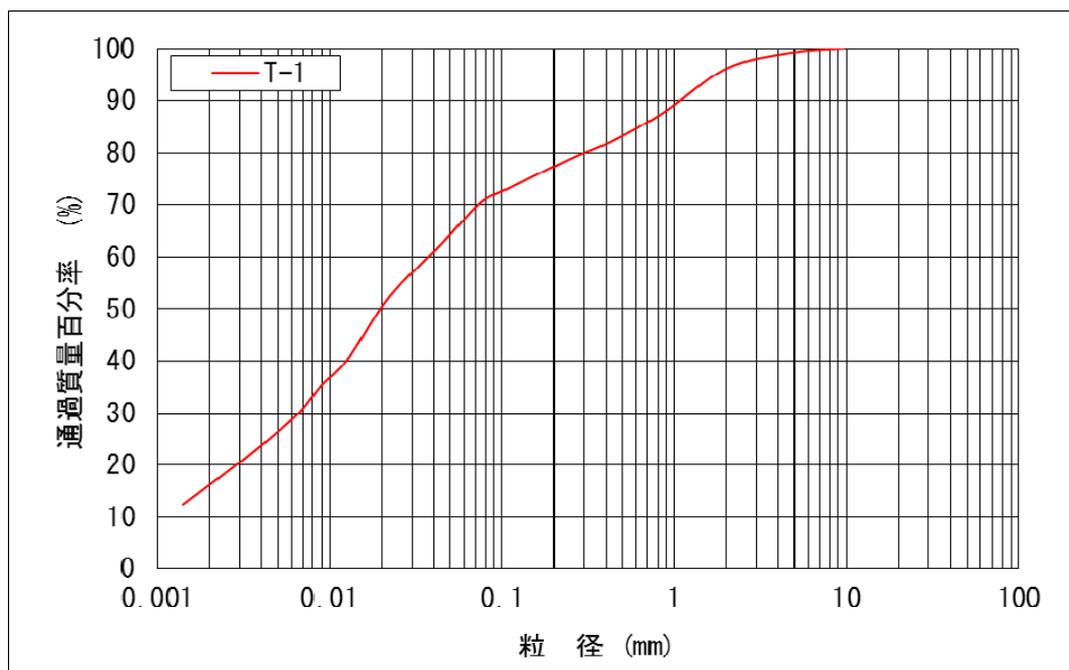


図 5-4 粒径加積曲線 (T-1)

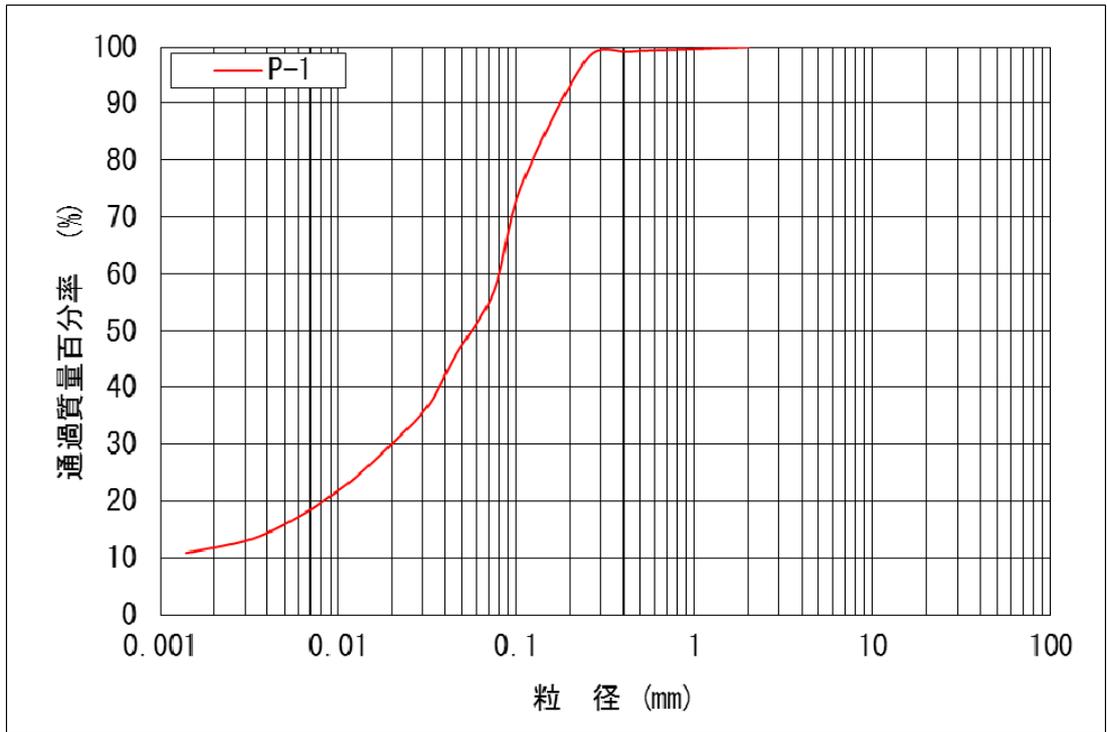


图 5-5 粒径加積曲線 (P-1)

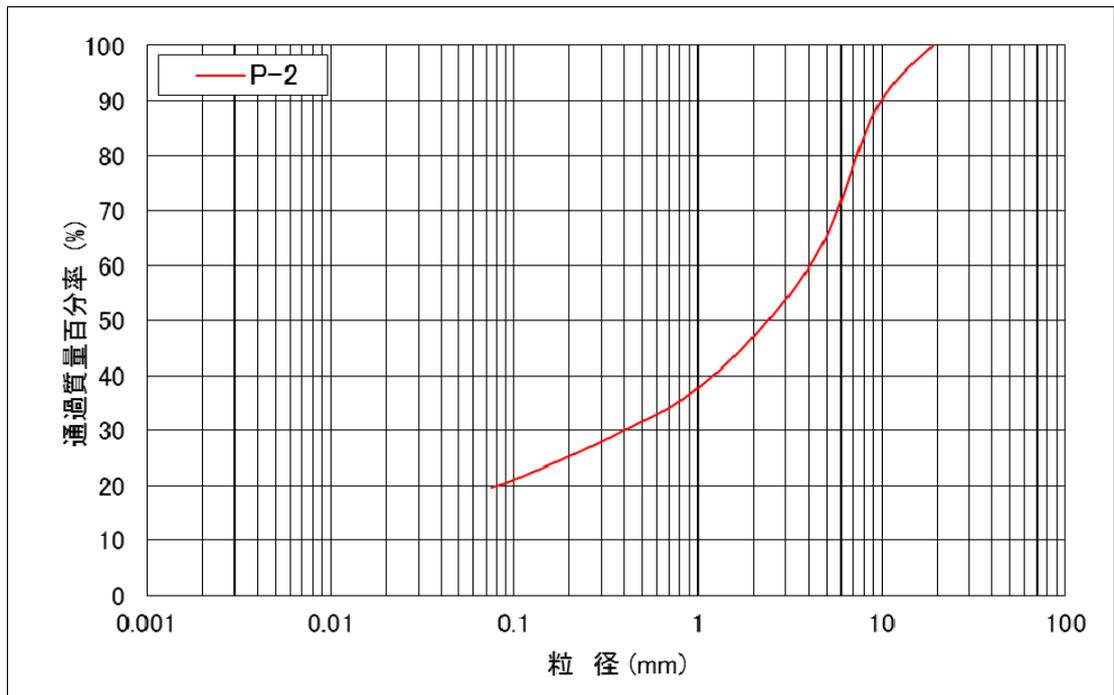


图 5-6 粒径加積曲線 (P-2)

(3) コンシステンシー試験

コンシステンシーとは、物体の硬さ、軟らかさ、もろさ、流動性などの総称で、練返した細粒土の含水量による液状から固体状までの状態変化を指す。

したがって、細粒土の状態は含水量によって変化することから、含水比試験によって求められる自然含水比、液性限界、塑性限界等をコンシステンシー試験としてまとめた。

1) 試験結果

試験結果により得られた値を表 5-12に示す。

表 5-12 コンシステンシー特性一覧表

地層区分	試料番号	自然含水比 W_n (%)	液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_P (%)	塑性指数 I_P	液性指数 I_L ※	一般値との比較		
							含水比	液性限界	塑性限界
Ac	T-1	50.1	42.1	22.1	20.0	1.4	○	低い	低い
Av	P-1	-	54.8	42.0	12.8	-	-	○	○
Ag	P-2	-	-	-	-	-	-	-	-

※ $(W_n - W_P) / I_P$

2) 試験結果

一般的なコンシステンシー値(含水比、液性限界、塑性限界)を表 5-13及び表 5-14に示し、以下に試験結果との比較を述べる。なお、粗粒土はコンシステンシー値の一般値が求められていないことから、試験結果について述べる。

- ・ 沖積粘性土(Ac)の含水比は 50.1%であり、一般値(50~80%)の範囲内である。
- ・ 沖積粘性土(Ac)の液性限界は 22.1%、塑性限界は 22.1%であり、粘土(沖積層)の一般値より低い値を示す。塑性指数(I_P)は小さいほど砂に近く、大きいほど粘土に近くなるが、当該試料は「砂質粘土」に分類されることから、妥当な値である。
- ・ 沖積粘性土(Ac)の液性指数(I_L)は 1 以上であることから、軟弱で変形抵抗が小さく、練返しによって強度が低下する性質を持つ粘土であると判断される。
- ・ 沖積火山灰質土(Av)の液性限界は 54.3%であり、シルト(沖積層)の一般値(30~60%)の範囲内である。また、塑性限界は 42.0%であり、この値も一般値(20~50%)の範囲内である。

表 5-13 含水比の測定例²³⁾

土質名	地域	含水比 (%)
沖積粘土	東京	50~80
洪積粘土	東京	30~60
関東ローム	関東	80~150
まさ土	中国	6~30
しらす	南九州	15~33
黒ぼく	九州	30~270
泥炭	石狩	110~1,300

Ac Av

表 5-14 液性・塑性限界の測定例²⁴⁾

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

Ac
Av

(4) 湿潤密度試験

湿潤密度試験は、沖積粘性土 (Ac) のサンプリング試料で実施した (表 5-15 参照)。沖積粘性土 (Ac) の湿潤密度は $1.626(\text{g}/\text{cm}^3)$ であり、一般的な沖積世の粘性土の湿潤密度 ($1.2\sim 1.8(\text{g}/\text{cm}^3)$) の範囲を示している (表 5-16 参照)。

表 5-15 土の湿潤密度試験結果

地層区分 (記号)	試料番号	土の湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)		
		最小値	最大値	平均値
沖積粘性土 (Ac)	T-1	1.613	1.644	1.626

表 5-16 我が国における土の密度のおおよその範囲²⁵⁾

	沖積世		洪積世 粘性土	関東ローム	高有機質土
	粘性土	砂質土			
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	80~1200

23) (社)地盤工学会：「地盤材料試験の方法と解説」、p.110、2009

24) (社)地盤工学会：「地盤材料試験の方法と解説」、p.146、2009

25) (社)地盤工学会：「土質試験の方法と解説、第一回改訂版」、p.151、2000

(5) 三軸圧縮試験(UU)

三軸圧縮試験(UU)は、沖積粘性土(Ac)のせん断強さ(c_u 、 ϕ_u)および変形係数(E_{50})を求めるために実施した。試験結果を表 5-17に示す。

沖積粘性土(Ac)の変形係数 E_{50} を一般的な値と比較すると「粘土(非常に軟らかい)」となる(表 5-18参照)。

表 5-17 三軸圧縮試験結果

地層区分(記号)	試料番号	三軸圧縮試験結果		
		粘着力 c_u (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ_u (°)	変形係数 E_{50} (MN/m ²)
沖積粘性土(Ac)	T-1	15.1	—	0.89~1.50

表 5-18 変形係数の概略値²⁶⁾

土の種類	変形係数(MN/m ²)
礫(密な)	100~200
砂(密な)	50~800
砂(緩んだ)	10~20
粘土(硬い)	8~15
粘土(中くらいの)	4~8
粘土(軟らかい)	1.5~4
粘土(非常に軟らかい)	0.5~3

26) (社)地盤工学会：「土質工学ハンドブック」、p. 795、1995

6. 考 察

今回の調査結果を踏まえ、各地点の地盤について以下の項目について考察を行う。

- (1) 調査地の地形・地質状況
- (2) 土質定数の設定
- (3) 液状化の判定
- (4) 新規盛土の安定計算
- (5) 設計上の留意点

6.1 調査地の地形・地質状況

図 6-1に調査地の地形・地質状況を示す。

地形・地質状況

- ① 当該地は、北側と南側の丘陵尾根に挟まれた谷底平野である。
- ② 谷底平野の北側は土取場として利用されており、新規盛土が計画されている。土取場には、GL-8mまで盛土(B)が分布し、以深にはGL-14mまで緩い砂質土及び礫質土が分布する。地下水は認められない。
- ③ 谷底平野の東側は旧耕作地で、新規盛土の西側法面及び調整池が計画されている。旧耕作地内には地表水が流入しており、常時飽和状態となっている。最上位には、軟弱な粘性土が、層厚5.9mと厚く分布する。粘性土の下位には、GL-10mまで緩い火山灰及び礫質土が分布する。
- ④ 当該地の南側には泥岩(Ms)が分布し、北側には砂岩泥岩互層(Alt)が分布する。南側の切土計画地は岩盤の風化が著しく、 N 値=50以下の強風化泥岩をGL-10.5mまで確認している。北側の切土法面計画地では、GL-6mまでは N 値=50以下の強風化砂岩泥岩互層が分布し、以深は N 値=50以上の風化泥岩が分布する。
- ⑤ 岩盤の走向・傾斜は、調査地南側では $N85^{\circ}W \sim 18^{\circ}E$ 、 $42^{\circ} \sim 69^{\circ}N$ を示し、斜面に対して流れ盤を示す。調査地北側の走向・傾斜は、 $N40^{\circ}E \sim 86^{\circ}W$ 、 $51^{\circ} \sim 78^{\circ}N$ を示す。
- ⑥ 切土計画地には、地下水は認められない。

<凡 例>

B	盛土
Ac	谷底堆積物
Tl	崖堆積物
Alt	砂岩泥岩互層
Ms	泥岩
	走向・傾斜
	調査ボーリング

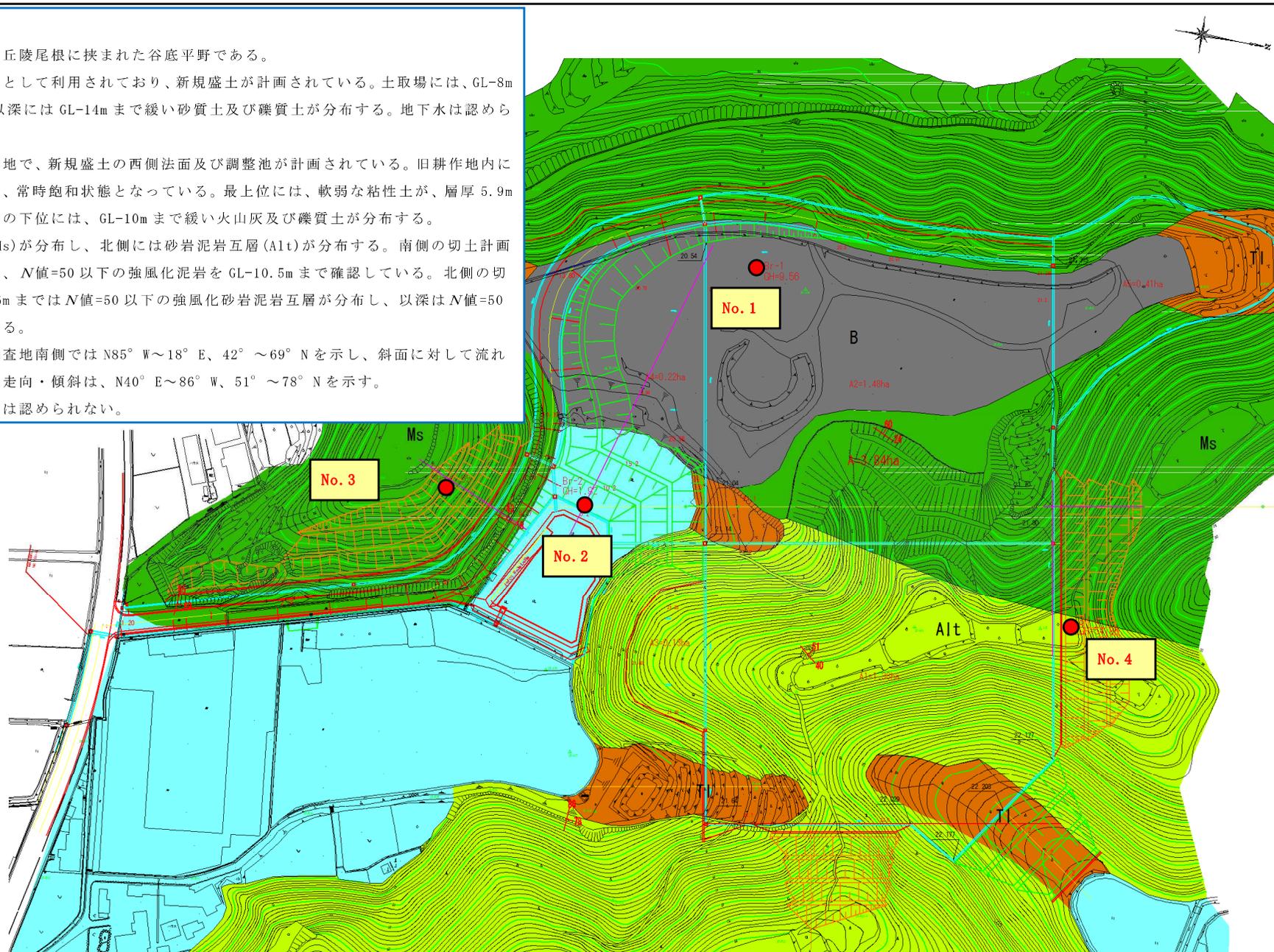


図 6-1 当該地の地形・地質状況 (S=1:1,000)

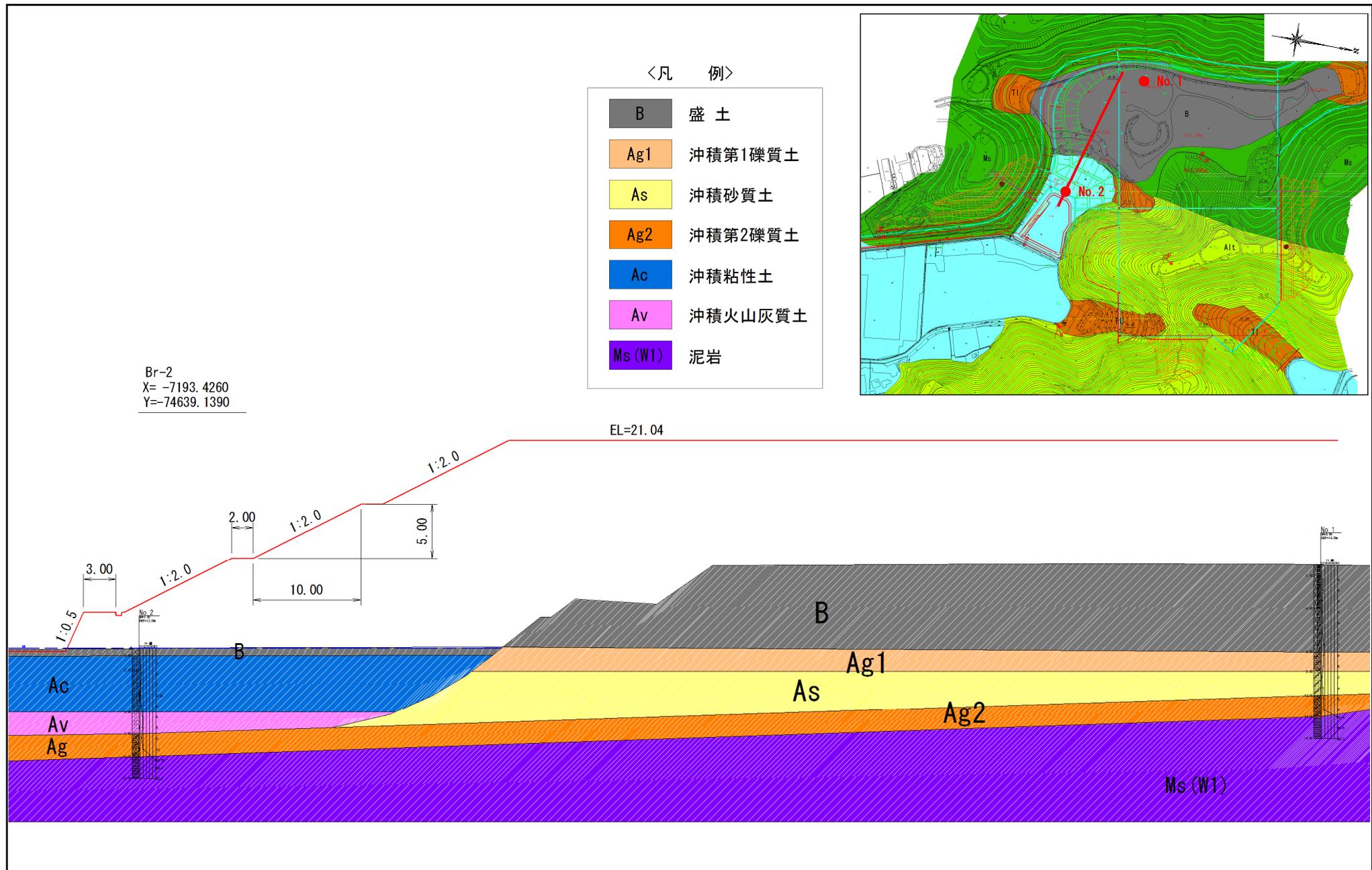


図 6-2 新規盛土計画地・調整池計画地の断面図(S=1:3,000)

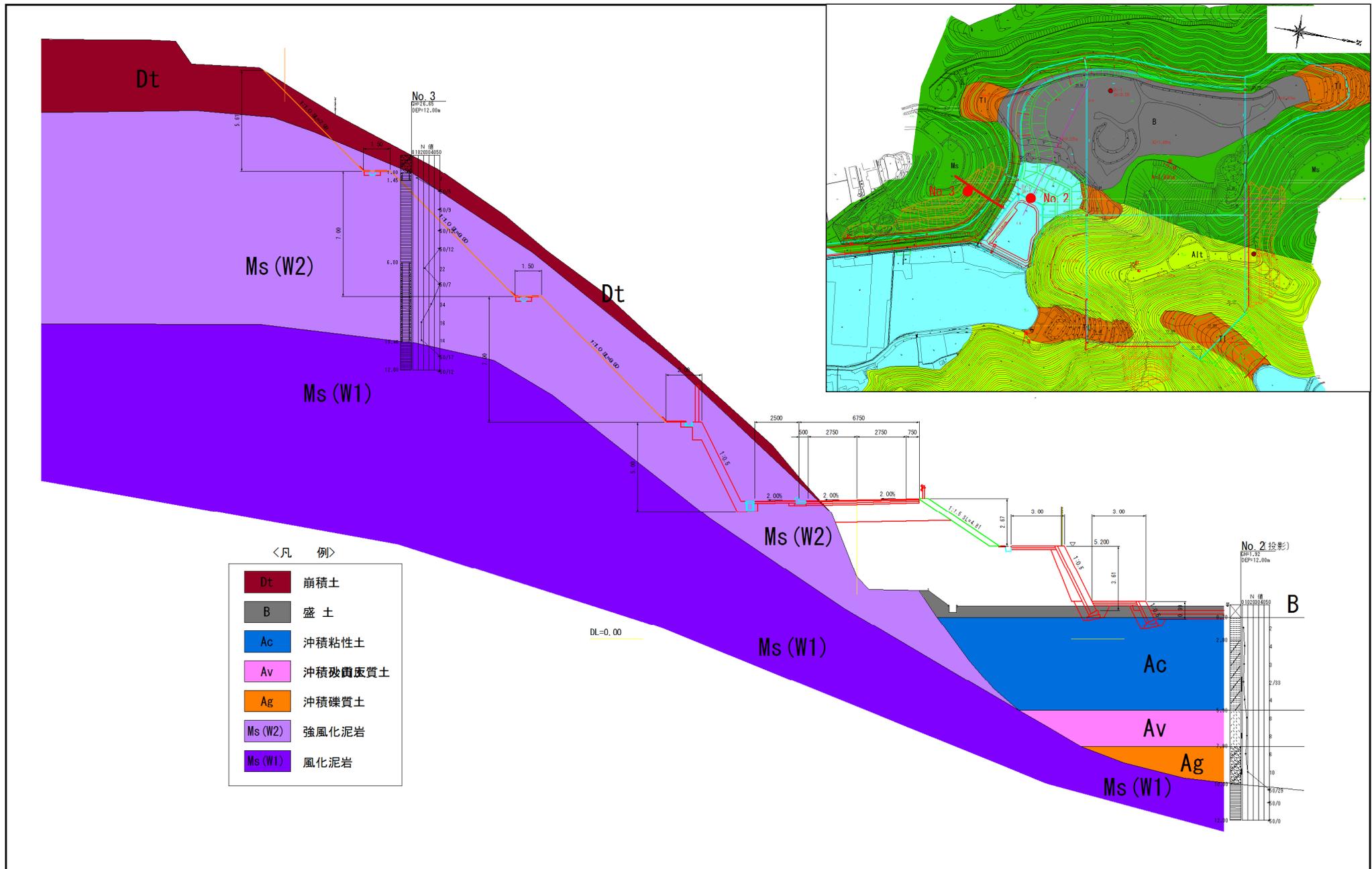


図 6-3 西側切土法面の断面図 (S=1:200)

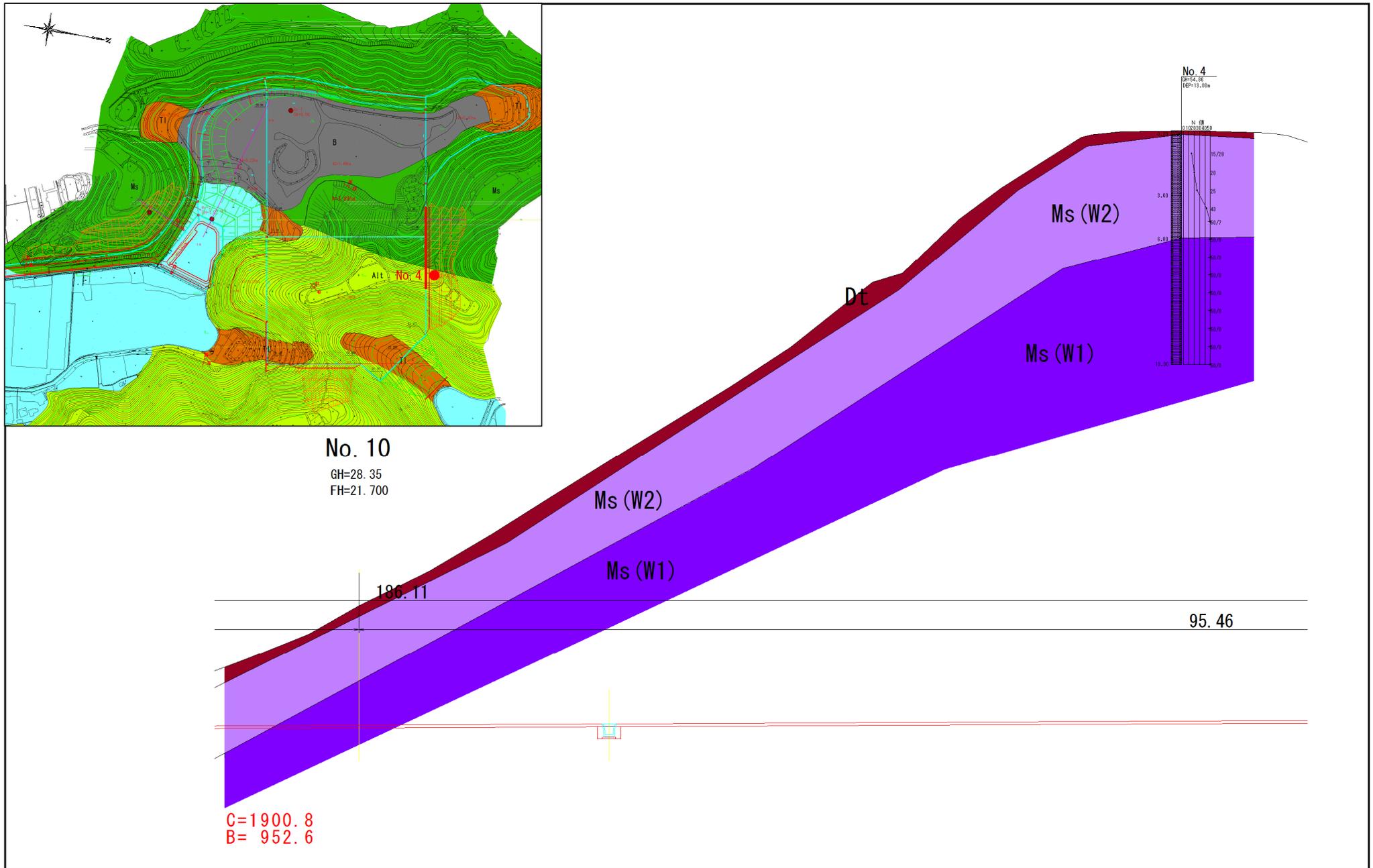


図 6-4 北側切土法面の断面図 (S=1:200)

6.2 土質定数の設定

各計画構造物の設計に必要な土質定数を以下に設定する。

(1) 盛土計画地 (No. 1 地点)

盛土計画地の設計土質定数は、ボーリング No. 1 の調査試験結果より算定した。設計土質定数一覧を表 6-1に示し、各項目について述べる。

表 6-1 盛土計画地設計土質定数一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	設計 N値	せん断抵抗 角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
盛土	B	(19)	3	(27)	-	(8.4)
沖積第1礫質土	Ag1	(19)	5	(27)	-	(14.0)
沖積砂質土	As	(17)	2	(23)	-	(5.6)
沖積第2礫質土	Ag2	(19)	5	(26)	-	(14.0)
基盤岩	Ms	(23)	300	(21)	(300)	(840.0)

※ () は推定値

1) 単位体積重量 (γ)

単位体積重量 (γ) は、乱れの少ない試料の採取や室内土質試験 (湿潤密度試験) 等を行っていないことから、表 6-2を参照して以下のように決定した (表 6-4参照)。また、基盤岩については、表 6-3を参照して決定した。

表 6-2 土質定数²⁷⁾

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 ²²⁾	
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	20	35	0	{S}
		粒径幅の広いもの 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_r)	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、おおよその目安である。

27) 日本道路協会: 「道路土工指針・盛土工指針」、p101、2011

表 6-3 Qrtiz の岩盤分類²⁸⁾

タイプ	記 載	代 表 的 な 岩石または土質	等級の指標		分類パラメータ					地質工学的特性値の目安										
			IQ	IQ _w	R Q D	V _L (m/s)	Q >5000	R S R	単積 重量 γ (t/m ³)	せん断強度				ポ ア ソ ン 比 ν	鉛 形 直 係 数 E _v (KN/cm ²)	異 方 性 率 α (=E _H /E _V)	反 発 係 数 (KN/cm ²)	一 軸 軸 強 度 q _u (N/cm ²)	レ ジ オ ー ロ 率 k	プ ロ ト ジ 数 f
										ピーク		残 留								
										C (KN/m ²)	φ (°)	C _r (KN/m ²)	φ _r (°)							
A	塊状、硬質	・花崗岩、珪岩・石灰岩、珪質砂岩・礫質礫岩・玄武岩、固結した火山岩・片麻岩	10	9	100 95	>5000	>100	100 80	3.0 2.6	400000 50000	60 50	2000 500	35 30	0.10 0.20	8000 2000	1 1/3	10000 1000	15000 3000	0	20 10
B	片状、または再固結砕屑岩 Aタイプ岩で中程度われ目と風化	・千枚岩、粘板岩・片岩・角礫岩・固結圧砕岩・変質珪岩	9	7	90 70	5000 3500	80 30	80 60	2.8 2.2	200000 30000	45 30	1000 100	35 30	0.10 0.25	6000 800	1 1/10	8000 600	8000 400	0 10 ⁴	12 8
C	固結した層状岩 Bタイプ岩で不規則な走向・傾斜 石灰質カルスト	・海成マール、モラッセ、風化石灰岩、弱炭酸岩、頁岩、泥岩、砂岩・石膏	8	6	80	4000	50	70	2.6	70000	45	500	30	0.20	2500	1	1000	4000	10 ⁴	8
D	固まった堆積物 石膏質カルスト	・新期赤色砂岩またはアンター統・海成粘土、漂礫岩・凝灰岩、チヨーク・レスと頁岩・ローム、アルコース砂岩の残積土	7	5	100 60	4000 800	10 2	60 40	2.6 2.2	2000 100	30 22	200 0	25 10	0.25 0.30	100 8	1 1/20	150 10	800 400	10 ⁴ 10 ⁴	6 3
E	極めてわれ目多く、破砕し、またはブロック化した岩と土 破壊されたA-Dタイプ岩	・圧砕岩と断層帯・火山噴出物と砕屑岩・砕け易いマール・腐った粒状土	4	2	60 25	3000 1500	2 0.05	50 35	2.4 2.2	500 0	45 30	—	30 25	0.25 0.35	30 5	1 1/10	60 5	500 20	10 ⁴ 5×10 ⁴	3 1.5
F	固く締った粘性土または軟岩	・残積粘土・ラテライト・氷積粘土・粘土質漂礫土・フリッシュ	2	1	適用外	3000 1000	0.10 0.01	40 30	2.2 1.7	200 0	28 22	—	20 8	0.35 0.45	4.5 0.6	1 1/3	5 1	2 8	5×10 ⁴ 1	1.2 0.8
G	ルーズで軟質な第四紀堆積物	・ルーズな沖積砂礫・泥、軟質粘土やシルト・ビート・崩積土	1	0.4	適用外	2000 800	<0.05	35 25	2.0 1.5	—	38 30	—	30	0.35	6 3	1 1/3	6 2	—	>1	0.6 0.3
H	膨張性の材料 過圧密堆積物、粘土、シーム (この基準では分析不可)	・ウィールドヤクーパー層の粘土・中新世の粘土・残積火山性粘土など	4	2	適用外	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 6-4 単位体積重量(γ)一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 (kN/m ³)	備 考
盛土	B	(19)	盛土 砂 分級されたもの
沖積第1礫質土	Ag1	(19)	自然地盤 礫まじり砂 密実でないもの
沖積砂質土	As	(17)	自然地盤 砂質土 密実でないもの
沖積第2礫質土	Ag2	(19)	自然地盤 礫まじり砂 密実でないもの
基盤岩	Ms	(23)	破砕されたA~Dタイプ岩 中間値

※ ()は推定値

28) 日本応用地質学会：「岩盤分類 応用地質特別号」、p.174、1983

2) 設計 N 値

設計 N 値は統計処理により回帰式から設計 N 値を設定²⁹⁾する。設計 N 値の設定方法の流れを図 6-5のフローに、またその判定方法を以下に示す。

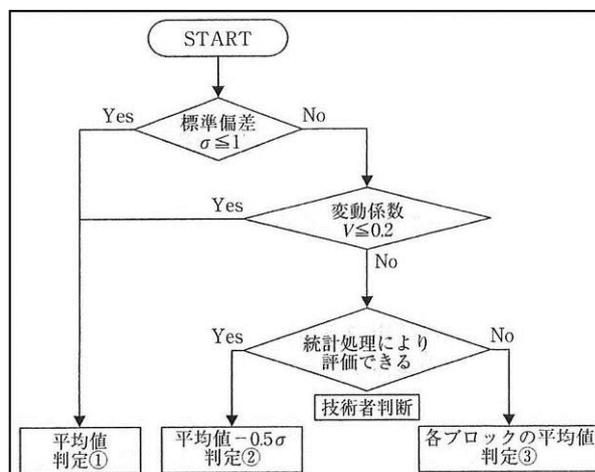


図 6-5 設計に使用する N 値のフロー

- ① 標準偏差 $\sigma \leq 1$ (N 値の変動が 1 以下) もしくは、標準偏差 $\sigma > 1$ で変動係数 V (標準偏差を算術平均で割ったもの) が 0.2 以下であれば、平均値を設計 N 値とする。
- ② 標準偏差 $\sigma > 1$ 、変動係数 $V > 0.2$ で、 N 値のバラつきが大きく、範囲ごとに N 値が設定できない場合は「平均 N 値 $- 0.5\sigma$ 」を設計 N 値とする。なお、バラつきの判定は技術者判断による。

各地層の N 値を表 6-5に一覧表として示す。

表 6-5 各層の N 値一覧表

地層区分	記号	標準貫入試験結果 (N 値)					標準偏差	変動係数	設計 N 値	設定方法
		1	2	3	4	平均				
盛土	B	4	4	3	3	4.0	1.41	0.35	3	②
		4	3	7						
沖積第1礫質土	Ag1	6	5			5.5	0.71	0.13	5	①
沖積砂質土	As	2	4			3.0	1.41	0.47	2	②
沖積第2礫質土	Ag2	6	5			5.5	0.71	0.13	5	①
基盤岩	Ms	300	300	300		300.0	0.00	0.00	300	①

29) 総合土木研究所：「基礎工 Vol. 37、No. 4」、p. 10、2009. 4

3) せん断強度定数 c, ϕ

沖積層は、砂質土及び礫質土で構成されていることから、せん断抵抗角(ϕ)をせん断強度とした。また、基盤岩については粘着力(c)及びせん断抵抗角(ϕ)の双方をせん断強度とする。

- ・ 砂質土及び砂礫のせん断抵抗角 ϕ (°)
砂・礫質土のせん断抵抗角 ϕ は、次式³⁰⁾により推定する。

$$\phi = 4.81 \log N_1 + 21 \quad (N > 5) \quad (\log \text{ は自然対数 } \ln)$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70}$$

$$\sigma'_v = \gamma'_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w)$$

ここに、

- ϕ : 砂のせん断抵抗角 (°)
- σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²) で、標準貫入試験を実施した時点の値
- N_1 : 有効上載圧 100kN/m² 相当に換算した N 値。ただし、原位置の σ'_v が $\sigma'_v < 50$ kN/m² である場合には、 $\sigma'_v = 50$ kN/m² として算出する。
- N : 標準貫入試験から得られる N 値
- γ'_{t1} : 地下水面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
- γ'_{t2} : 地下水面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
- x : 地表面からの深さ (m)
- h_w : 地下水位の深さ

- ・ 基盤岩のせん断強度 ϕ
基盤岩の岩種は泥岩であることから、表 6-6 を参考に推定した。

表 6-6 岩盤のせん断定数の測定例³¹⁾

		砂岩・礫岩・ 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩・ 凝灰角礫岩
粘着力 (kN/m ²)	換算 N 値と 平均値の関係	$15.2 N^{0.327}$	$25.3 N^{0.334}$	$16.2 N^{0.606}$
	標準偏差	0.218	0.384	0.464
せん断 抵抗角 (°)	換算 N 値と 平均値の関係	$5.10 \log N + 29.3$	$6.82 \log N + 21.5$	$0.888 \log N + 19.3$
	標準偏差	4.40	7.85	9.78

30) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説、IV下部構造編」、p564、2002

31) (社)地盤工学会：「設計用地盤定数の決め方-岩盤編」、p.49、2007

求めたせん断抵抗角を表 6-7に示し、計算シートを表 6-8に示す。

表 6-7 せん断抵抗角一覧表

地層区分	記号	設計 N 値	せん断抵抗角 ϕ (°)	備考
盛土	B	3	(27)	
沖積第 1 礫質土	Ag1	5	(27)	
沖積砂質土	As	2	(23)	
沖積第 2 礫質土	Ag2	5	(26)	
基盤岩	Ms	300	(21)	$0.888\log 300 + 19.3$

※ () は推定値

表 6-8 せん断抵抗角計算結果 (No. 1)

孔番	No. 1			地下水位 :		GL- - m		換算 M 値 $M/1$	せん断抵抗角 ϕ (°)	平均せん断抵抗角 ϕ (°)	参考	
	地層名	上端深度 (m)	貫入中間深度 (m)	下端深度 (m)	実測 (換算) N 値	単位体積重量						有効上載圧 $\sigma' \nu$ (kN/m ²)
						地下水面より浅い位置	地下水面より深い位置					
						γ_{t1} (kN/m ³)	γ_{t2} (kN/m ³)					計算値
B	0		8.00	4	19	10	24.7	50.0	5.7	29.3	27.9	
				4	19	10	43.7	50.0	5.7	29.3		
				3	19	10	62.7	62.7	3.8	27.5		
				3	19	10	81.7	81.7	3.4	26.8		
				4	19	10	100.7	100.7	4.0	27.6		
				3	19	10	119.7	119.7	2.7	25.7		
				7	19	10	138.7	138.7	5.7	29.4		
Ag1	8.00		9.80	6	19	10	157.7	157.7	4.5	28.2	27.6	
				5	19	10	176.7	176.7	3.4	26.9		
As	9.80		12.00	2	17	8	194.7	194.7	1.3	22.2	23.7	
				4	17	8	211.7	211.7	2.4	25.2		
Ag2	12.00		14.00	6	19	10	229.3	229.3	3.4	26.9	26.3	
				5	19	10	248.3	248.3	2.7	25.7		

- ・ 基盤岩の粘着力 c

基盤岩は前出の表 6-6を参考に推定した。

表 6-9 粘着力一覧表

地層区分	記号	設計 N 値	粘着力 c_u (kN/m ²)	摘 要
基盤岩	Ms	300	(513)	$c = 16.2 \times 300^{0.606}$

※ () は推定値

4) 変形係数 E_0

道路橋示方書では、変形係数 E_0 の求め方として次の方法を挙げている³²⁾。

- ・ 標準貫入試験の N 値より求める ($E_0=2,800N(\text{kN/m}^2)$)。
- ・ 供試体の一軸または三軸圧縮試験の応力～歪曲線より求める ($E_0=4E_{50}$)。
- ・ 孔内水平載荷試験より求める ($E_0=4E_b$)。

今回の調査結果では、設計 N 値より推定を行い、表 6-10 に整理して示した。

表 6-10 設計用変形係数 E_0

地層区分	記号	設計 N 値	変形係数 E_0 (MN/m^2)	摘 要 (kN/m^2)
盛土	B	3	(8.4)	$E_0=2,800 \times 3$
沖積第 1 礫質土	Ag1	5	(14.0)	$E_0=2,800 \times 5$
沖積砂質土	As	2	(5.6)	$E_0=2,800 \times 2$
沖積第 2 礫質土	Ag2	5	(14.0)	$E_0=2,800 \times 5$
基盤岩	Ms	300	(840.0)	$E_0=2,800 \times 300$

※ () は推定値

32) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説、IV下部構造編」、p. 255、2002

(2) 調整池計画地 (No. 2 地点)

調整池計画地の設計土質定数は、ボーリング No. 2 の調査試験結果より算定した。設計土質定数一覧を表 6-1に示し、各項目について述べる。

表 6-11 調整計画地設計土質定数一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	設計 N値	せん断抵抗 角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
盛土	B	(18)	-	-	-	-
沖積粘性土	Ac	16.2	3	-	15.1	3.5
沖積火山灰質土	Av	(17)	8	(32)	-	(22.4)
沖積礫質土	Ag	(19)	6	(31)	-	(16.8)
基盤岩	Ms	(23)	145	(21)	(330)	(406.0)

※ () は推定値

1) 単位体積重量 (γ)

単位体積重量 (γ) は、湿潤密度試験結果、表 6-2及び表 6-3を参照して以下のように決定した(参照)。

表 6-12 単位体積重量 (γ) 一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 (kN/m ³)	備 考
盛土	B	(18)	盛土 粘性土
沖積粘性土	Ac	16.2	湿潤密度試験結果
沖積火山灰質土	Av	(17)	自然地盤 砂質土 密実でないもの
沖積礫質土	Ag	(19)	自然地盤 礫まじり砂 密実でないもの
基盤岩	Ms	(23)	破碎された A~D タイプ岩 中間値

※ () は推定値

2) 設計 N値

前述の図 6-5に示した方法を用いて、各地層の N値を算定した。N値一覧表を表 6-13に示す。

表 6-13 各層の N値一覧表

地層区分	記号	標準貫入試験結果 (N値)						標準 偏差	変動 係数	設計 N値	設定 方法
		1	2	3	4	5	平均				
盛土	B						-	-	-	-	-
沖積粘性土	Ac	2	4	3	2	4	3.0	1.00	0.33	3	①
沖積火山灰質土	Av	8	8				8.0	0.00	0.00	8	①
沖積礫質土	Ag	6	10				8.0	2.83	0.35	6	②
基盤岩	Ms	52	300	300			217.2	143.34	0.66	145	②

3) せん断強度定数 c, ϕ

沖積粘性土(Ac)のせん断強度については、湿潤密度試験結果より求めた。その他の地層のせん断強度については、粘性土層は粘着力(c)、礫質土はせん断抵抗角(ϕ)とした。また、基盤岩については粘着力(c)及びせん断抵抗角(ϕ)の双方をせん断強度とした。

表 6-14 せん断抵抗角一覧表

地層区分	記号	設計 N 値	せん断 抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	備考
盛土	B	-	-	-	-
沖積粘性土	Ac	3	-	15.1	湿潤密度試験結果
沖積火山灰質土	Av	8	(32)	-	表 6-15
沖積礫質土	Ag	6	(31)	-	表 6-15
基盤岩	Ms	145	(21)	(330)	$\phi=0.8881\log145+19.3$ $c=16.2 \times 145^{0.606}$

※ () は推定値

表 6-15 せん断抵抗角計算結果 (No. 2)

孔番	No. 2				地下水位 :		GL- 0.00 m		換算 N 値 M	せん断抵抗角 ϕ (°)	平均 せん断抵抗角 ϕ (°)	参考	
	地層名	上端深度 (m)	貫入 中間深度 (m)	下端深度 (m)	実測 (換算) N 値	単位体積重量		有効上載圧 $\sigma' \nu$ (kN/m ²)					
						地下水面より浅い位置 γ_{t1} (kN/m ³)	地下水面より深い位置 γ_{t2} (kN/m ³)	計算値					採用値
B	0	0.35	0.70	-	18	9	3.2	50.0	-	-	-		
Ac	0.70	1.30	5.90	2	16	7	10.5	50.0	2.8	-	-	粘性土	
		2.30		4	16	7	17.5	50.0	5.7	-			
		3.30		3	16	7	24.5	50.0	4.3	-			
		4.30		2	16	7	31.5	50.0	2.8	-			
		5.30		4	16	7	38.5	50.0	5.7	-			
Av	5.90	6.30	7.90	8	17	8	45.9	50.0	11.3	32.7	32.6		
		7.30		8	17	8	53.9	53.9	11.0	32.5			
Ag	7.90	8.30	10.00	6	19	10	62.7	62.7	7.7	30.8	31.8		
		9.30		10	19	10	72.7	72.7	11.9	32.9			

4) 変形係数 E_0

変形係数 E_0 は、三軸圧縮試験を実施した地層は試験値 E_{50} から算定し、その他は設計 N 値より推定を行った。なお、 E_{50} については、安全側を考慮し、最小値 (890kN/m²) を採用した。

表 6-16 設計用変形係数 E_0

地層区分	記号	設計 N 値	変形係数 E_0 (MN/m ²)	E_{50} (kN/m ²)	摘要 (kN/m ²)
盛土	B	-	-	-	-
沖積粘性土	Ac	3	3.5	890~1,500	$E_{\sigma}=4 \times 890$
沖積火山灰質土	Av	8	(22.4)	-	$E_{\sigma}=2,800 \times 8$
沖積礫質土	Ag	6	(16.8)	-	$E_{\sigma}=2,800 \times 6$
基盤岩	Ms	145	(406.0)	-	$E_{\sigma}=2,800 \times 145$

※ () は推定値

(3) 切土法面 (No. 3 地点)

切土法面の設計土質定数は、ボーリング No. 3 の調査試験結果より算定した。設計土質定数一覧を表 6-17に示し、各項目について述べる。

表 6-17 調整計画地設計土質定数一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	設計 N値	せん断抵抗 角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
崩積土	Dt	(18)	-	-	-	-
強風化泥岩	Ms(W2)	(22)	74	(20)	(219)	(207)
風化泥岩	Ms(W1)	(23)	93	(21)	(252)	(260)

※ () は推定値

1) 単位体積重量 (γ)

単位体積重量 (γ) は、湿潤密度試験結果、表 6-2及び表 6-3を参照して以下のように決定した(表 6-18参照)。

表 6-18 単位体積重量 (γ) 一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 (kN/m ³)	備 考
崩積土	Dt	(18)	自然地盤 礫まじり砂 密実でないもの
強風化泥岩	Ms(W2)	(22)	破碎されたA~Dタイプ岩 最小値
風化泥岩	Ms(W1)	(23)	破碎されたA~Dタイプ岩 中間値

※ () は推定値

2) 設計 N値

前述の図 6-5に示した方法を用いて、各地層のN値を算定した。N値一覧表を表 6-19に示す。

表 6-19 各層のN値一覧表

地層区分	記号	標準貫入試験結果 (N値)						標準 偏差	変動 係数	設計 N値	設定 方法
		1	2	3	4	5	平均				
崩積土	Dt						-	-	-	-	-
強風化泥岩	Ms(W2)	7	300	167	125	125	124.6	101.04	0.81	74	②
		22	214	34	16	16					
風化泥岩	Ms(W1)	88	125				106.6	26.00	0.24	93	②

3) せん断強度定数 c, ϕ

せん断強度については、表 6-6を参考に推定した(表 6-20参照)。

表 6-20 せん断抵抗角一覧表

地層区分	記号	設計 N 値	せん断 抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c_u (kN/m ²)	備考
崩積土	Dt	-	-	-	-
強風化泥岩	Ms(W2)	74	(20)	(219)	$\phi=0.888\log 74+19.3$ $c=16.2 \times 74^{0.606}$
風化泥岩	Ms(W1)	93	(21)	(252)	$\phi=0.888\log 93+19.3$ $c=16.2 \times 93^{0.606}$

※ ()は推定値

4) 変形係数 E_0

変形係数 E_0 は、設計 N 値より推定を行った(表 6-21参照)。

表 6-21 設計用変形係数 E_0

地層区分	記号	設計 N 値	変形係数 E_0 (MN/m ²)	摘要 (kN/m ²)
崩積土	Dt	-	-	-
強風化泥岩	Ms(W2)	74	(207)	$E_0=2,800 \times 74$
風化泥岩	Ms(W1)	93	(260)	$E_0=2,800 \times 93$

※ ()は推定値

(4) 切土法面 (No. 4 地点)

切土法面の設計土質定数は、ボーリング No. 4 の調査試験結果より算定した。設計土質定数一覧を表 6-22に示し、各項目について述べる。

表 6-22 調整計画地設計土質定数一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	設計 N値	せん断抵抗 角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E_0 (MN/m ²)
崩積土	Dt	(18)	-	-	-	-
強風化 砂岩泥岩互層	Alt	(22)	20	(20)	(99)	(56)
風化泥岩	Ms	(23)	300	(21)	(513)	(840)

※ () は推定値

1) 単位体積重量 (γ)

単位体積重量 (γ) は、湿潤密度試験結果、表 6-2及び表 6-3を参照して以下のように決定した(表 6-23参照)。

表 6-23 単位体積重量 (γ) 一覧表

地層区分	記号	単位体積重量 (kN/m ³)	備考
崩積土	Dt	(18)	自然地盤 礫まじり砂 密実でないもの
強風化 砂岩泥岩互層	Alt	(22)	破碎されたA~Dタイプ岩 最小値
風化泥岩	Ms	(23)	破碎されたA~Dタイプ岩 中間値

※ () は推定値

2) 設計 N値

前述の図 6-5に示した方法を用いて、各地層のN値を算定した。N値一覧表を表 6-24に示す。

表 6-24 各層のN値一覧表

地層区分	記号	標準貫入試験結果 (N値)						標準 偏差	変動 係数	設計 N値	設定 方法
		1	2	3	4	5	平均				
崩積土	Dt						-	-	-	-	-
強風化 砂岩泥岩互層	Alt	15	20	25	43	214	63.5	84.98	1.34	20	②
風化泥岩	Ms	300	300	300	300	300	300.0	0.00	0.00	300	①
		300	300	300							

3) せん断強度定数 c, ϕ

せん断強度については、表 6-6を参考に推定した(表 6-25参照)。なお、強風化砂岩泥岩互層(Alt)は、泥岩部がやや卓越することから、表 6-6の「泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩」の式を採用した。

表 6-25 せん断抵抗角一覧表

地層区分	記号	設計 N値	せん断 抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c_u (kN/m ²)	備考
崩積土	Dt	-	-	-	-
強風化 砂岩泥岩互層	Alt	20	(20)	(99)	$\phi = 0.888 \log 20 + 19.3$ $c = 16.2 \times 20^{0.606}$
風化泥岩	Ms	300	(21)	(513)	$\phi = 0.888 \log 300 + 19.3$ $c = 16.2 \times 300^{0.606}$

※ () は推定値

4) 変形係数 E_0

変形係数 E_0 は、設計N値より推定を行った(表 6-26参照)。

表 6-26 設計用変形係数 E_0

地層区分	記号	設計N値	変形係数 E_0 (MN/m ²)	摘要 (kN/m ²)
崩積土	Dt	-	-	-
強風化 砂岩泥岩互層	Alt	20	(56)	$E_0 = 2,800 \times 20$
風化泥岩	Ms	300	(840)	$E_0 = 2,800 \times 300$

※ () は推定値

6.3 液状化判定

一般に、液状化の判定を行う必要がある砂質土層として、「道路橋示方書・同解説、Ⅴ耐震設計編」（平成24年版）では以下のように規定されている。

- 1) 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。
- 2) 細粒分含有率 F_c が35%以下の土層、又は、 F_c が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層。
- 3) 50%粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層。

(1) 液状化の判定の有無について

No.2 地点では、地下水が現地盤面 (GL±0.00m) に分布していることから、基盤岩以浅の飽和土層で室内土質試験を実施している。

試験の結果、沖積火山灰質土 (Av) および沖積礫質土 (Ag) において、液状化の判定が必要であると判断された (表 6-27参照)。

表 6-27 液状化判定の有無

地層区分 (記号)	試料 番号	細粒分 含有率 F_c (%)	平均 粒径 D_{50} (mm)	10%粒径 D_{10} (mm)	塑性 指数 I_p	液状化判定 の必要
沖積粘性土 (Ac)	T-1	70.5	0.0198	0.0014 以下	20.0	無
沖積火山灰質土 (Av)	P-1	57.1	0.0606	0.0014 以下	12.8	有
沖積礫質土 (Ag)	P-2	19.6	2.49	0.075 以下	—	有

(2) 判定式

「道路橋示方書・同解説、V. 耐震設計編」(以下示方書と示す)の(8.2.1)式によって、液状化抵抗率 F_L を求め判定する³³⁾。

$$F_L = R/L \cdots \cdots (8.2.1)$$

$$R = C_W R_L \cdots \cdots (8.2.2)$$

$$L = \gamma_d k_{hg} \sigma_v / \sigma'_v \cdots \cdots (8.2.3)$$

$$\gamma_d = 1.0 - 0.015X \cdots \cdots (8.2.4)$$

$$k_{hgL} = C_z k_{hgLo} \cdots \cdots (8.2.5)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{(レベル1地震動及びレベル2地震動(タイプI)の場合)} \\ C_W = 1.0 \\ \text{(レベル2地震動(タイプII)の場合)} \\ C_W = 1.0 \quad (R_L \leq 0.1) \\ C_W = 3.3R_L + 0.67 \quad (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ C_W = 2.0 \quad (0.4 < R_L) \end{array} \right\} \cdots \cdots (8.2.6)$$

ここに、

F_L : 液状化に対する抵抗率

R : 動的せん断強度化

L : 地震時せん断応力比

C_W : 地震時特性による補正係数

R_L : 繰り返し三軸強度比で、(3)規定により算出する。

γ_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hgL} : 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度

C_z : 地域補正係数でレベル1地震動に対しては4.4に規定するレベル1地震動の地域別補正係数 C_{z1} とする。レベル2地震動(タイプI)に対しては4.4に規定する C_{z2} 、また、レベル2地震動(タイプII)に対しては4.4に規定する C_{z3} とする。

k_{hgLo} : 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度の標準値(表6-28参照)

表 6-28 液状化判定に用いる地盤面の設計水平震度の標準値 k_{hgLo} ³⁴⁾

	レベル1地震動	レベル2地震動 (タイプI)	レベル2地震動 (タイプII)
I種地盤	0.12	0.50	0.80
II種地盤	0.15	0.45	0.70
III種地盤	0.18	0.40	0.60

σ_v : 地表面からの深さ x (m)における全上載圧 (kN/cm²)

σ'_v : 地表面からの深さ x (m)における有効上載圧 (kN/cm²)

X : 地表面からの深さ (m)

(8.2.1)式により、 $F_L < 1.0$ の土層については液状化するものとする。

33) (社)日本道路協会:「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」、p.134-135、2012

34) (社)日本道路協会:「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」、p.135、2012

(3) 地盤データ及び地層データ

液状化の判定に必要な地盤データ及び地層データについては、調査・試験結果より表 6-29～表 6-30に示した値を採用した。

表 6-29 地盤データ

下端深度 (GL-m)	地層名 (記号)	γ_{t1} (kN/m ³)	γ_{t2} (kN/m ³)
0.70	表土 (B)	18.0	19.0
5.90	沖積粘性土 (Ac)	16.0	17.0
7.90	沖積火山灰質土 (Av)	17.0	18.0
10.00	沖積礫質土 (Ag)	19.0	20.0

表 6-30 地層データ

計算深度 (GL-m)	地層名 (記号)	N値	Fc (%)	D ₅₀ (mm)	式の種別※	摘要
1.30	沖積粘性土 (Ac)	2	70.5	0.020	—	T-1
2.30		4				
3.30		3				
4.30		2				
5.30		4				
6.30	沖積火山灰質土 (Av)	8	57.1	0.061	砂質土	P-1
7.30		8				
8.30	沖積礫質土 (Ag)	6	19.6	2.490	礫質土	P-2
9.30		10				

※砂質土は D₅₀=2.0mm 未満、礫質土は D₅₀=2.0mm 以上³⁵⁾

35) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」、p140、2012

(4) 地盤種別

示方書より、次式を用いて地盤特性値を算出する。

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

ここに、 T_G : 地盤の特性値(s)

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)。ただし、実測値がない場合は次式により求めてもよい。

粘性土層の場合

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

砂質土層の場合

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

N_i : 標準貫入試験による i 番目の地層の平均 N 値

i : 当該地盤が地表面から耐震設計上の基盤面まで n 層に区分されるときに地表面からの i 番目の地層番号

表 6-31 耐震設計上の地盤種別³⁶⁾

地盤種別	地盤の特性値 T_G (s)
I 種	$T_G < 0.2$
II 種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
III 種	$0.6 \leq T_G$

計算の結果、No.2 地点は「II 種地盤」に区分される(表 6-32参照)。

36) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」、p.32、2012

表 6-32 No. 2 孔 地盤種別計算結果

地盤種別の判定 <平成26年度都防委第2号宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区高台整

地盤種別は以下の表より求める。

[道示V p. 25]

地盤種別	地盤の特性値Tg(sec)
I種	$T_g < 0.2$
II種	$0.2 \leq T_g < 0.6$
III種	$0.6 \leq T_g$

ここに

Tg : 地盤の特性値 (s)

$$T_g = 4 \cdot \sum (H_i / V_{si})$$

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波性波速度 (m/s)

$$\text{粘性土: } V_{si} = 100 \cdot N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25)$$

$$\text{砂質土: } V_{si} = 80 \cdot N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50)$$

$$N_i=0: V_{si} = 50$$

地盤の特性値(Tg)の算出

Bor. No2より

H _i	土質	N _i	V _{si}	H _i /V _{si}
5.900	粘性土	3	144.225	0.040908
2.000	砂質土	8	160.000	0.012500
2.100	砂質土	8	160.000	0.013125

$$\sum H_i = 10.000\text{m}$$

$$\sum (H_i / V_i) = 0.066533$$

$$\begin{aligned} T_g &= 4 \cdot \sum (H_i / V_i) \\ &= 4 \times 0.066533 \\ &= 0.266 \text{ sec} \end{aligned}$$

Tgより,地盤種別はII種地盤とする。

(5) 地域別補正係数 C_z

地域別補正係数は、示方書 p. 23、24 の「表-4.4.1」によって設定されている。当該地は B1 地域区分であることから、地域別補正係数を以下のように決定した（表 6-33参照）。

$C_z=0.85$ $C_{Iz}=1.2$ $C_{Hz}=0.85$

表 6-33 地域別補正係数と地域区分³⁷⁾

地域区分	地域別補正係数			対象地域
	C_z	C_{Iz}	C_{Hz}	
A1	1.0	1.2	1.0	千葉県のうち館山市、木更津市、勝浦市、鴨川市、君津市、富津市、南房総市、夷隅郡、安房郡 神奈川県 山梨県のうち富士吉田市、都留市、大月市、上野原市、西八代郡、南巨摩郡、南都留郡 静岡県 愛知県のうち名古屋市、豊橋市、半田市、豊川市、津島市、刈谷市、西尾市、蒲郡市、常滑市、稲沢市、新城市、東海市、大府市、知多市、豊明市、田原市、愛西市、清須市、弥富市、あま市、海部郡、知多郡、額田郡、北設楽郡のうち東栄町 三重県（津市、松阪市、名張市、亀山市、いなべ市、伊賀市、三重郡菰野町を除く。） 和歌山県のうち新宮市、西牟婁郡、東牟婁郡 徳島県のうち那賀郡、海部郡
A2	1.0	1.0	1.0	A1、B1、B2、C地域以外の地域
B1	0.85	1.2	0.85	愛媛県のうち宇和島市、北宇和郡、南宇和郡 高知県（B2地域に掲げる地域を除く。） 宮崎県のうち延岡市、日向市、児湯郡（西米良村及び木城町を除く。）、東臼杵郡のうち門川町
B2	0.85	1.0	0.85	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、美瑛市、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、北広島市、石狩市、北斗市、石狩郡、松前郡、上磯郡、亀田郡、茅部郡、二世郡、山越郡、檜山郡、爾志郡、奥尻郡、瀬棚郡、久遠郡、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（上川総合振興局）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、常呂郡、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、つがる市、平川市、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、耶麻郡、河沼郡、大沼郡、西白河郡 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、鳳珠郡

37) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」、p. 23-24、2012

地域区分	地域別補正係数			対象地域
	c_z	c_{1z}	c_{2z}	
B2	0.85	1.0	0.85	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 徳島県のうち美馬市、三好市、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、三豊市、小豆郡、香川郡、綾歌郡、仲多度郡 愛媛県（B1地域に掲げる地域を除く。） 高知県のうち長岡郡、土佐郡、吾川郡（いの町のうち旧伊野町の地区を除く。） 熊本県（C地域に掲げる地域を除く。） 大分県（C地域に掲げる地域を除く。） 宮崎県（B1地域に掲げる地域を除く。）
C	0.7	0.8	0.7	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（上川総合振興局）のうち鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町及び下川町、中川郡（上川総合振興局）、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 熊本県のうち荒尾市、水俣市、玉名市、山鹿市、宇土市、上天草市、天草市、玉名郡、葦北郡、天草郡 大分県のうち中津市、豊後高田市、杵築市、宇佐市、国東市、東国東郡、速見郡 鹿児島県（奄美市及び大島郡を除く。） 沖縄県

(6) 上載荷重

上載荷重は考慮しない。

(7) 地下水位

地下水位については今回のボーリング結果から得られた、GL±0.00mとした。

(8) 設計水平震度 k_{hc}

設計水平震度は、次式³⁸⁾より算定した。

$$k_{hc} = C_z k_{hg0}$$

ここで、 k_{hc} ：地盤面における設計水平震度

k_{hg0} ：地盤面における設計水平震度の標準値

算定結果を、表 6-34に一覧表として示す。

表 6-34 設計水平震度一覧表

設計地震動	地域別補正係数 C_z	設計水平震度標準値 k_{hg0}	設計水平震度 k_{hc}
レベル 1 地震動	0.85	0.24	0.20
レベル 2 地震動(タイプ I)	1.20	0.40	0.48
レベル 2 地震動(タイプ II)	0.85	0.60	0.51

38) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」、p. 90、2012

(9) 判定結果

液状化判定の結果、沖積火山灰質土層 (Av)は、レベル 2 地震動(タイプ I、タイプ II)で「液状化する可能性が高い」となった。また、沖積礫質土 (Ag)は、全地震動で「液状化する可能性が高い」となった。

液状化判定結果一覧表を表 6-35に、土質定数の低減係数を表 6-36に示す。また、設計地震動別の液状化判定結果を、表 6-37～表 6-39及び図 6-6～図 6-8に示す。

表 6-35 液状化判定結果一覧表

地層区分 (記号)	液状化の可能性		
	レベル 1 地震動	レベル 2 地震動タイプ I	レベル 2 地震動 タイプ II
沖積火山灰質土 (Av)	低い $F_L=1.394\sim 1.548$	高い $F_L=0.336\sim 0.373$	高い $F_L=0.581\sim 0.671$
沖積礫質土 (Ag)	高い $F_L=0.697\sim 0.900$	高い $F_L=0.168\sim 0.217$	高い $F_L=0.193\sim 0.278$

表 6-36 土質定数の低減係数 D_F ³⁹⁾

F_L の範囲	現地盤面からの深度 X (m)	動的せん断強度比 R	
		$R \leq 0.3$	$0.3 < R$
$F_L \leq 1/3$	$0 \leq x \leq 10$	0	1/6
	$10 < x \leq 20$	1/3	1/3
$1/3 \leq F_L \leq 2/3$	$0 \leq x \leq 10$	1/3	2/3
	$10 < x \leq 20$	2/3	2/3
$2/3 \leq F_L \leq 1$	$0 \leq x \leq 10$	2/3	1
	$10 < x \leq 20$	1	1

39 (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説、V耐震設計編」、p.142、2012

表 6-37 液状化の判定結果(レベル1地震動)

地層区分 (記号)	計算深度 (GL-m)	液状化抵抗率 F_L (平均値)	土質定数低減係数 D_E
沖積粘性土 (Ac)	1.30	—	1
	2.30	—	1
	3.30	—	1
	4.30	—	1
	5.30	—	1
沖積火山灰質土 (Av)	6.30	1.548	1
	7.30	1.394	1
沖積礫質土 (Ag)	8.30	0.697	2/3
	9.30	0.900	2/3

表 6-38 液状化の判定結果(レベル2地震動:タイプI)

地層区分 (記号)	計算深度 (GL-m)	液状化抵抗率 F_L (平均値)	土質定数低減係数 D_E
沖積粘性土 (Ac)	1.30	—	1
	2.30	—	1
	3.30	—	1
	4.30	—	1
	5.30	—	1
沖積火山灰質土 (Av)	6.30	0.373	2/3
	7.30	0.336	2/3
沖積礫質土 (Ag)	8.30	0.168	0
	9.30	0.217	0

表 6-39 液状化の判定結果(レベル2地震動:タイプII)

地層区分 (記号)	計算深度 (GL-m)	液状化抵抗率 F_L (平均値)	土質定数低減係数 D_E
沖積粘性土 (Ac)	1.30	—	1
	2.30	—	1
	3.30	—	1
	4.30	—	1
	5.30	—	1
沖積火山灰質土 (Av)	6.30	0.671	1
	7.30	0.581	2/3
沖積礫質土 (Ag)	8.30	0.193	0
	9.30	0.278	1/6

地点名		No. 2		P L 値		2.239		地域別補正係数		B 1													
基準名		道路橋示方書・同解説 H24年(レベル1)		水の単位体積重量		10.0 (kN/m³)		地盤種別		II 種													
判定方法		設計震度と、実測N値		上載荷重		0.0 (kN/m²)		設計水平震度		0.13													
				地下水位面		0.00 (m)				注:**1~**Z 判定外													
標尺	深 度 (m)	土 質 特 性							液 状 化 の 判 定				土 質 低 減 係 数										
		層 厚 (m)	湿 潤 重 量 (kN/m³)	飽 和 重 量 (kN/m³)	判 定 深 度 (m)	土 質 区 分	土 層 種 類	N	実 測 N 値	有 上 載 荷 重 (kN/m²)	標 準 貫 入 試 験 値 (kN/m²)	細 粒 分 率 (%)		平 均 粒 径 (mm)	液 状 化 考 慮	地 震 動 増 倍 係 数	動 的 強 度 比	地 断 震 動 時 間 比	FL	1	2		
0	▽	0.70	18.0	18.0	*				10.5	10.5	70.50	0.020		0.00	0.000	**2							1
					1.3	粘性土	2.00		17.5	17.5	70.50	0.020		0.00	0.000	**2							1
					3.3	粘性土	3.00		24.5	24.5	70.50	0.020		0.00	0.000	**2							1
					4.3	粘性土	2.00		31.5	31.5	70.50	0.020		0.00	0.000	**2							1
					5.3	粘性土	4.00		38.5	38.5	70.50	0.020		0.00	0.000	**2							1
		5.90	18.0	17.0	6.3	砂質土	8.00		45.9	45.9	57.10	0.061		1.00	0.432	0.278	1.548						1
					7.3	砂質土	8.00		53.9	53.9	57.10	0.061		1.00	0.380	0.380	0.273	1.384					1
		7.90	17.0	18.0	8.3	礫質土	6.00		62.7	62.7	19.60	2.490		1.00	0.184	0.184	0.284	0.697					2/3
					9.3	礫質土	10.00		72.7	72.7	19.60	2.490		1.00	0.228	0.228	0.255	0.900					2/3
		10.00	19.0	20.0																			

図 6-6 液状化判定結果図(レベル1地震動)

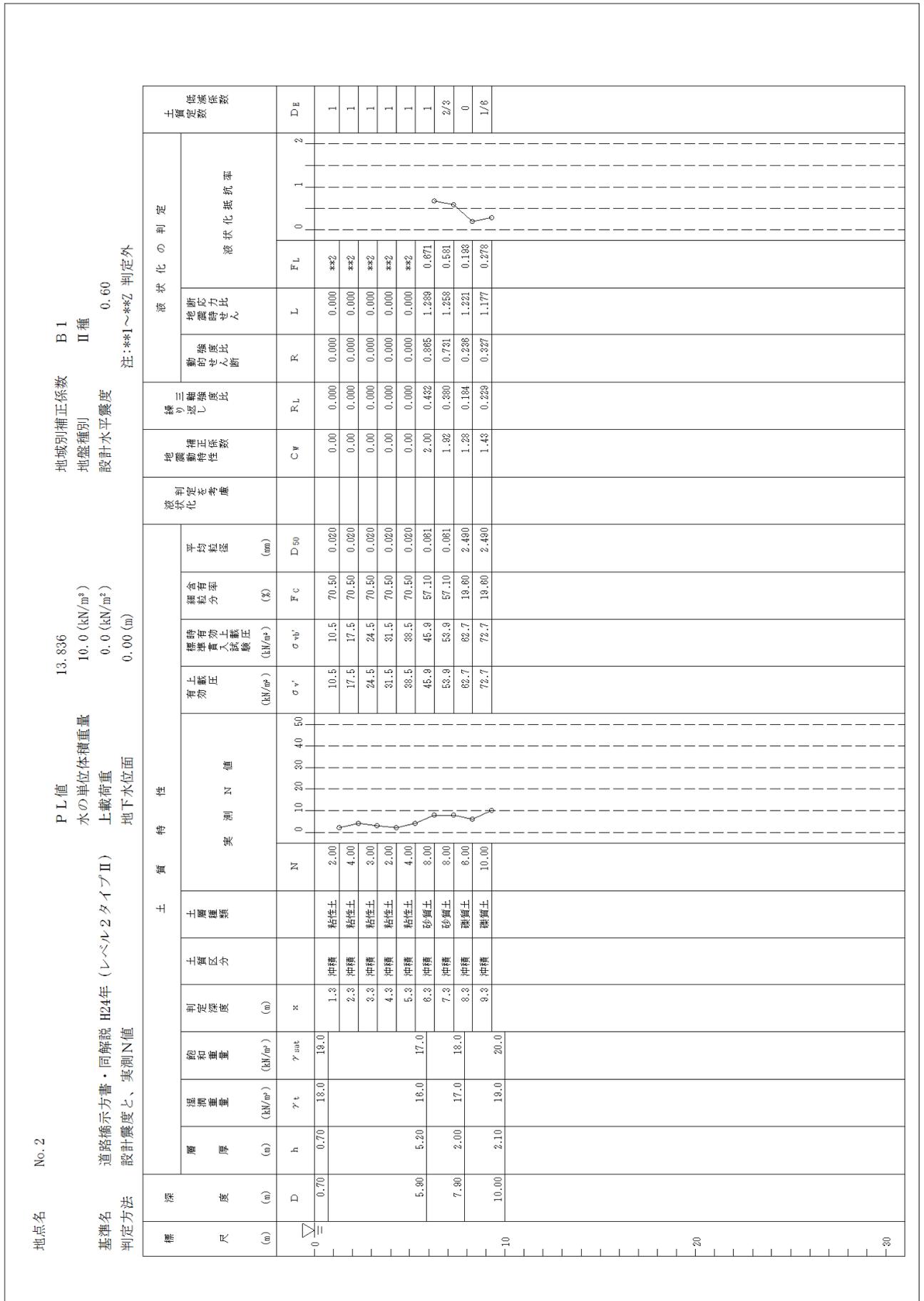


図 6-8 液状化判定結果図(レベル2地震動:タイプII)

6.4 新規盛土の安定計算

当該地の谷底平野は、西側の土取場内では礫質土を主体とする現況盛土(B)が厚く分布し、東側の旧耕作地では海成の軟弱な粘性土(Ac)が厚く分布する(図 6-9参照)。新規盛の東側法面は旧耕作地内に計画されており、基礎地盤が不安定であることから、盛土の安定計算を実施した。

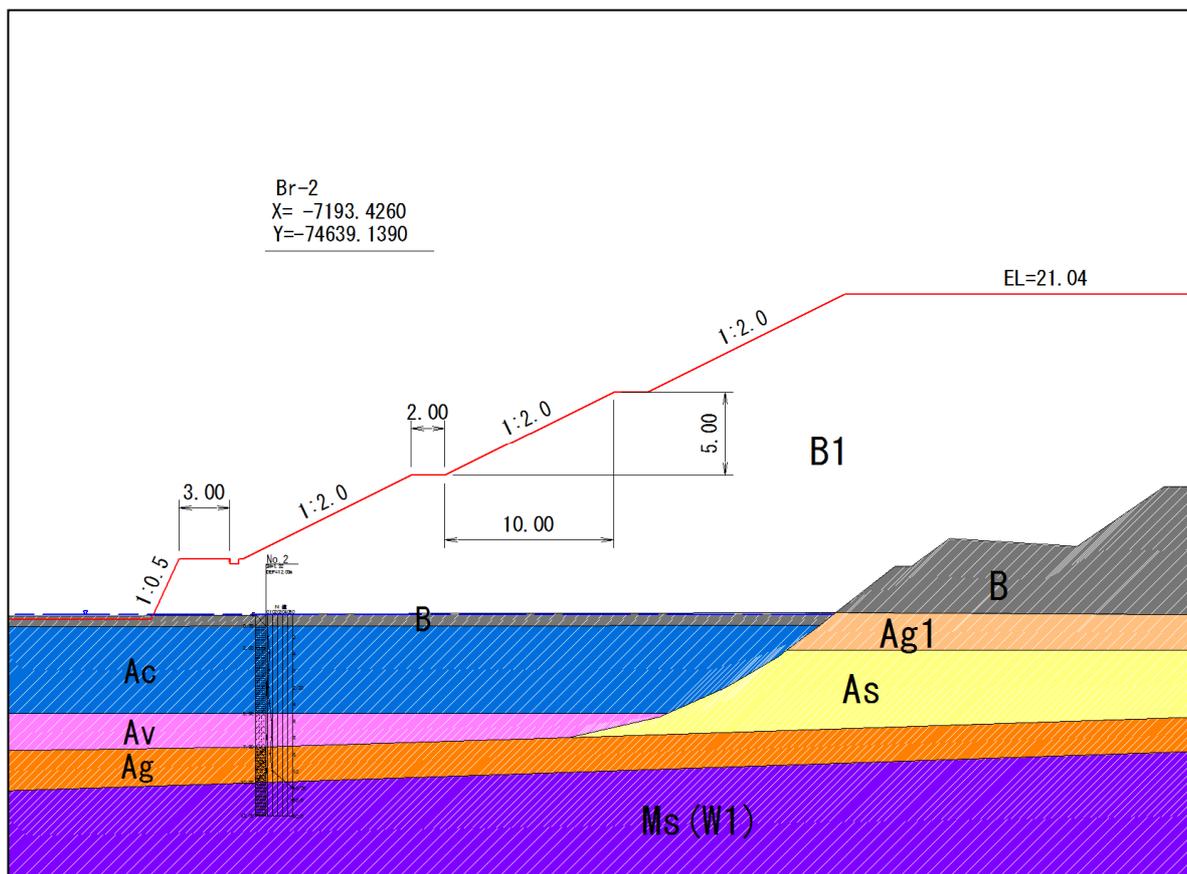


図 6-9 新規盛土計画地の地質断面図

(1) 斜面安定解析の方法

安定解析の方法は、「道路土工一切土工・斜面安定工指針」の地すべり安定計算に用いるスライス分割法を用いて、トライアル計算により最小安全率となる円弧を算定する(図 6-10照)。

$$F_s = \frac{\sum \{ c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi \}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

ここに F_s : 安全率

c : 粘着力 (kN/m^2 (tf/m²))

ϕ : せん断抵抗角 (度)

l : 各分割片で切られたすべり面の弧長 (m)

u : 間げき水圧 (kN/m^2 (tf/m²))

b : 分割片の幅 (m)

W : 分割片の重量 (kN/m (tf/m))

α : 分割片で切られたすべり面の中点とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)

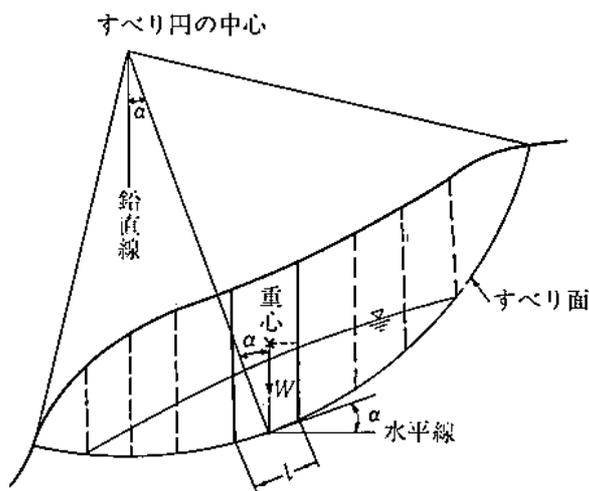


図 6-10 地すべり安定計算に用いるスライス分割の例⁴⁰⁾

40) (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針」、p. 399、2009

また、地震動が作用した場合を想定し、次式による安定解析も実施する。

$$F_s = \frac{\sum [c \cdot l + \{ (W - u_0 \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha \} \cdot \tan \phi]}{\sum (W \cdot \sin \alpha + (h/r) \cdot k_h \cdot W)} \quad 41)$$

ここに、 F_s :安全率

c :土の粘着力(kN/m²)

ϕ :土の内部摩擦角(度)

W :分割片の全重量(kN/m)

l :分割片で切られたすべり面の長さ(m)

b :分割片の幅(m)

u_0 :間隙水圧(kN/m)

k_h :設計水平震度

$$k_h = c_z \cdot k_{j0}$$

c_z :地域補正係数(表 6-33より $c_z=0.85$)

k_{j0} :設計水平震度の標準値(表 6-40参照)

r :すべり円弧の半径(m)

h :各分割片の重心とすべり面の中心との鉛直距離(m)

α :各分割片で切られたすべり面の中点とすべり円の中心を結ぶ直線と円直線のなす角(°)

表 6-40 設計水平震度の標準値⁴²⁾

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

※表 6-32より、II種地盤の値を採用

41) (社)日本道路協会:「道路土工-軟弱地盤対策工指針」、p.170、2012

42) (社)日本道路協会:「道路土工-軟弱地盤対策工指針」、p.171、2012

(2) 土塊の強度定数の決定

新規盛土(B1)の強度定数は、表 6-2の「盛土 砂 締め固めたもの 粒径幅の広いもの」とした。現況の基礎地盤は、ボーリング No.1 及び No.2 の設計土質定数を採用した。

土塊の強度定数一覧表を表 6-41に示す。

表 6-41 土塊の強度定数一覧表

地層	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	備考
新規盛土 (B1)	20	—	35	表 6-2 「盛土 砂 締め固めたもの 粒径幅の広いもの」
沖積粘性土 (Ac)	16.2	15.1	—	ボーリング No. 2
現況盛土 (B)	19	—	27	ボーリング No. 1
沖積第1礫質土 (Ag1)	19	—	27	ボーリング No. 1
沖積砂質土 (As)	17	—	23	ボーリング No. 1
沖積火山灰 (Av)	17	—	31	ボーリング No. 2
沖積礫質土 (Ag)	19	—	31	ボーリング No. 2
基盤岩 (R)	23	330	21	ボーリング No. 2

(3) 安定計算結果

安定計算の結果、常時の最小安全率は $F_s=0.795$ 、地震時の最小安全率は $F_s=0.625$ 、 0.505 となり、盛土の施工によってすべり変形が発生する結果となる（表 6-42 及び図 6-11 参照）。

表 6-42 安定計算結果一覧表

条件	安全率	抵抗モーメント (kN・m)	起動モーメント (kN・m)
常時	0.795	95613.5	120203.3
レベル1地震動	0.625	90886.2	145453.1
レベル2地震動	0.505	86159.0	170702.9

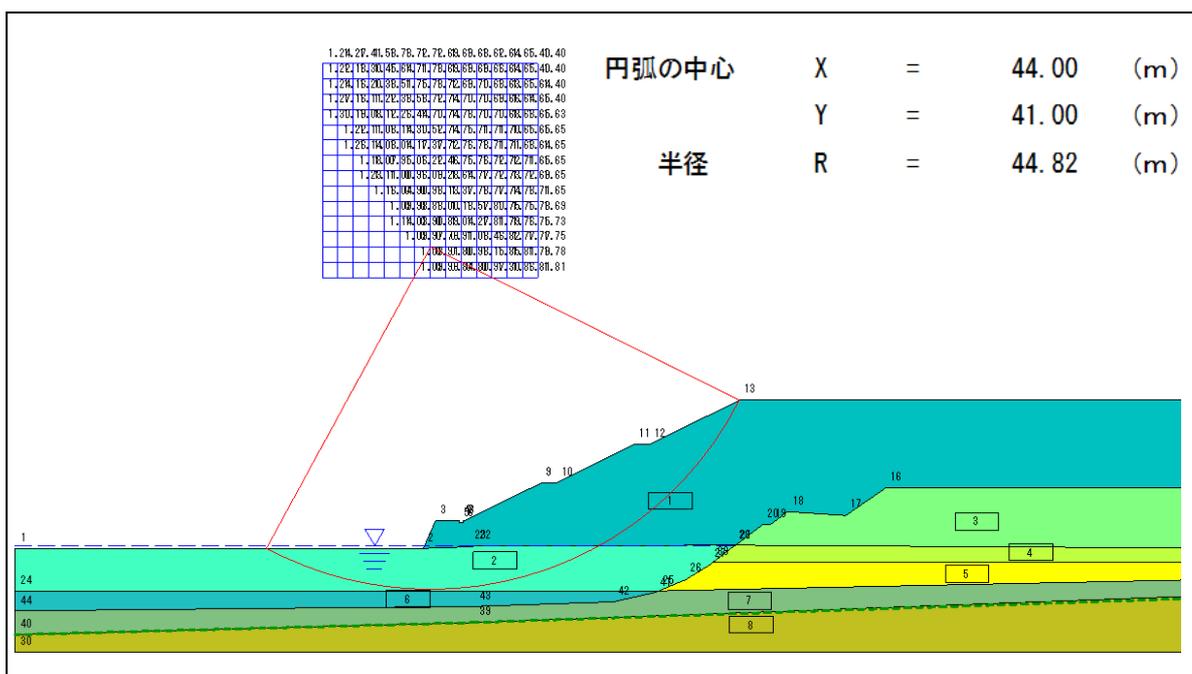


図 6-11 最小安全率円弧

7. 設計上の留意点

(1) 盛土部計画地

1) 排水計画

豪雨や地震時の谷埋め盛土の崩壊を防止するために、盛土及び基礎地盤の排水対策を検討する必要がある。

2) 盛土材料

当該地内の丘陵地には、全体的に泥岩が分布する。この泥岩を盛土材料とする場合は、「岩のスレーキング試験」や「岩の破碎試験」を実施し、スレーキング性を確認する。盛土材料のスレーキング率が30%以上となった場合は、空隙を少なくする施工方法の検討や盛土の排水計画が必要となる。

3) 基礎地盤の安定対策

新規盛土は、主に土取場内に計画されているが、西側法面は旧耕作地内に計画されている。土取場内には、地下水や軟弱な粘性土が認められないことから、基礎地盤の安定対策は不要となる。しかしながら、旧耕作地内の基礎地盤には、以下のような問題点が確認されている。

- ① 上方斜面からの地表水が流入しており、地表面以下が常時飽和状態にある。
- ② GL-10m まではN値=10 以下の軟弱な未固結堆積物(沖積粘性土(Ac)、沖積火山灰質土層(Av)、沖積礫質土(Ag))が分布する。
- ③ 沖積粘性土(Ac)は、変形抵抗の小さい軟弱な粘性土であり、層厚6m と非常に厚く分布することから、新規盛土の施工によって圧密沈下が発生する可能性が高い。
- ④ 沖積粘性土(Ac)に新規盛土を施工した場合、西側法面に円弧すべりが発生する可能性が高い。
- ⑤ 沖積粘性土(Ac)は、腐植物や有機物を多く混入し、練返しによって強度が低下する性質を持つ。
- ⑥ 沖積粘性土(Ac)以深の沖積火山灰質土層(Av)及び沖積礫質土(Ag)は、液状化する可能性が高い。

したがって、旧耕作地内では、①有機物を含む粘性土の圧密沈下、円弧すべりに対応し、②砂質土の液状化を防止し、③GL-10m までの周辺地盤をできるだけ乱さずに施工できる対策工を計画する必要がある。

表 7-1に示す軟弱地盤対策工法のうち、「沈下」、「安定」、「変形」、「液状化」の全てに効果を持つ6工法について検討した結果、当該地に最も適した工法は「静的締固め砂杭工法」となる(表 7-2参照)。

表 7-2 対策工法の比較検討

工法	概要	地盤の状況				周辺地盤の 乱れ	施工性	経済性	適用
		砂質土	粘性土	有機物 混入	GL-10m				
サンドコンパクションパイル 工法	地盤内に鋼管を挿入して管内に砂等を投入し、振動により締め付けた砂杭を地盤中に造成する。	○	○	○	○	×	○	○	×
静的締め付砂杭工法	極めて流動性の高い注入材等を地盤中に強制的に圧入し、固化杭を造成して地盤を固め、密度を増加させる。	○	○	○	○	○	○	○	○
表層混合処理工法	表層部分の軟弱な粘性土と固化材とを攪拌混合することにより、地盤の安定性を改良する。	×	○	△	×	×	○	○	×
深層混合処理工法	固化材を地中に供給し、原位置の軟弱土と攪拌混合させることにより、安定処理土を形成する。	○	○	△	○	×	○	△	×
高圧噴射攪拌工法	高圧で噴射される固化材等で地盤を切削し、同時に切削された軟弱土と固化材とを原位置で混合する。	○	○	△	○	○	×	○	×
掘削置換工法	軟弱層を掘削し、良質土で置換する。	○	○	○	×	×	○	○	×

(2) 調整池計画地

- ① 計画地の基礎地盤は、全体的に軟弱な粘性土で構成されていることから、即時沈下及び圧密沈下の検討が必要である。
- ② 沖積火山灰質土層(Av)及び沖積礫質土(Ag)は、液状化する可能性が高い。したがって、盛土計画地と同様に、液状化対策が必要となる。
- ③ 計画地内は谷の出口に位置し、地表水が常時流入していることから、施工時は排水処理が必要となる。

(3) 南側切土法面計画地

南側の切土法面計画地は、崖錐堆積物が層厚 1m 程度で分布しており、岩盤の上部は層厚 10m 程度で N 値=50 以下の強風化泥岩が分布する。岩盤の走向・傾斜は $N85^{\circ} W \sim 18^{\circ} E$ 、 $42^{\circ} \sim 69^{\circ} N$ であり、斜面に対して流れ盤構造を示す。この斜面を計画切土勾配(1:1.0)で施工した場合、1~2 段目法面に強風化泥岩、3 段目に崩積土が出現する(図 7-1参照)。

1) 1~2 段目法面

1~2 段目法面に出現する強風化泥岩は「軟岩」であり、計画切土勾配は標準切土勾配 $S=1:0.5 \sim 1.2$ の範囲内となる(表 7-3参照)。しかしながら、強風化泥岩は、部分的に N 値=16 の土砂状コアを呈すること、層理面が法面に対して流れ盤構造を示すことから、法面保護工の計画が必要となる。なお、計画切土法面の直下には重要構造物が計画されていることから、法面保護工は吹付法砕工とすることが望ましい。

2) 3 段目法面

3 段目法面に出現する崩積土は、細粒分を多く含む砂礫であり、地山の土質は「砂質土 密実でないもの(切土高 5~10m)」となる(表 7-3参照)。この場合、標準切土勾配は $S=1:1.2 \sim 1.5$ となり、計画勾配では標準値を満たさない。したがって、3 段目法面は、切土勾配の変更または斜面安定工の計画が必要となる。

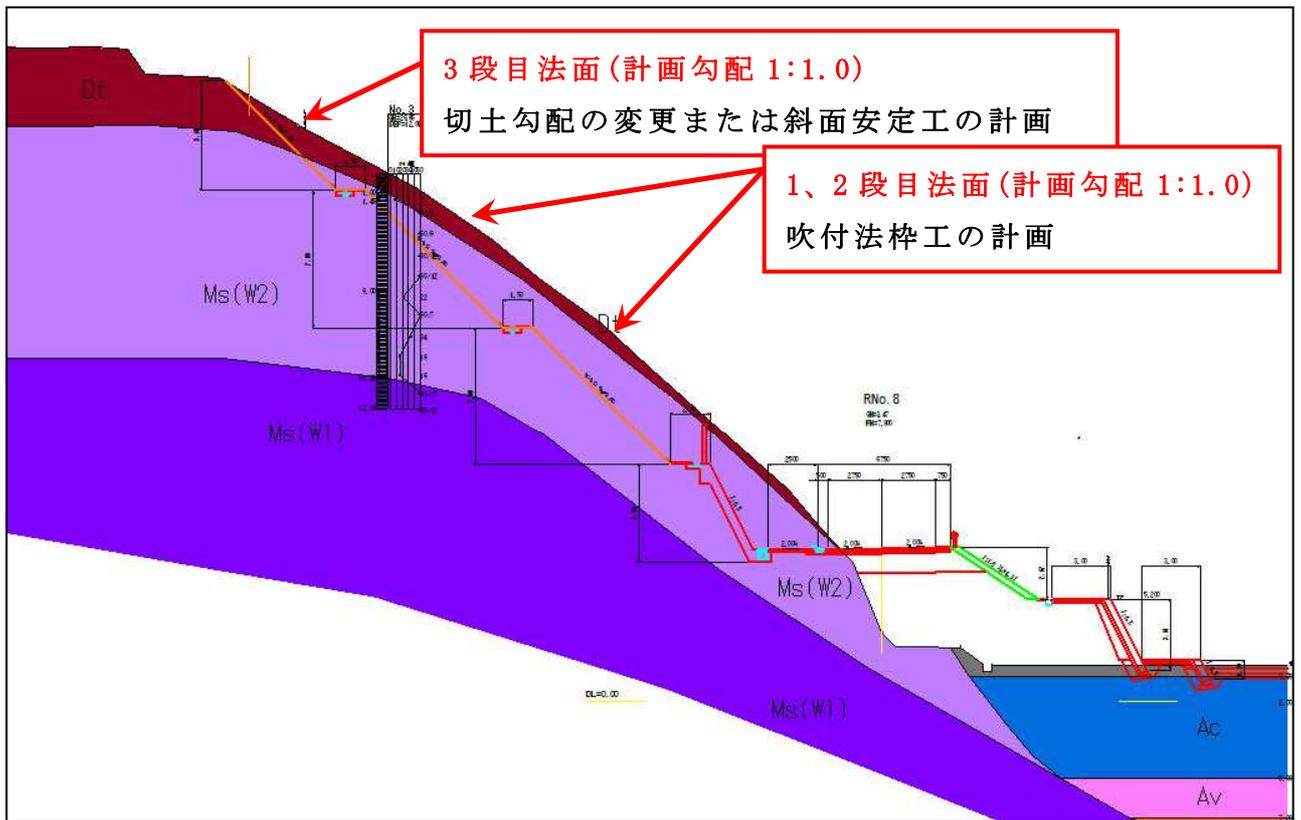


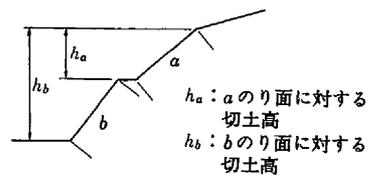
図 7-1 南側切土法面断面図

表 7-3 切土に対する標準のり面勾配⁴⁴⁾

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1 : 1.5 ~
砂質土	密実なもの	5m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5~10m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	5m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5~10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの, または粒度分布のよいもの	10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		10~15m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの, または粒度程度の分布の悪いもの	10m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		10~15m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
粘性土		10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2
岩塊または玉石混じりの粘性土		5m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5~10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

注) ① 上表の標準勾配は地盤条件, 切土条件等により適用できない場合があるので本文を参照すること。

② 土質構成等により単一勾配としないときの切土高及び勾配の考え方は下図のようになる。



- ・勾配は小段を含めない。
- ・勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

- ③シルトは粘性土に入れる。
 ④上表以外の土質は別途考慮する。
 ⑤のり面緑化工を計画する場合には参表 8-2 も考慮する。

44) (社)日本道路協会:「道路土工 切土工・斜面安定工指針」、p.136、2009

(4) 北側切土法面計画地

北側の切土法面計画地では、調査完了後に切土範囲が変更となったため、計画地の地盤情報が不明である。したがって、切土高が最も高くなる測線で調査ボーリングを実施し、計画地内の地盤情報を把握することが必要である。

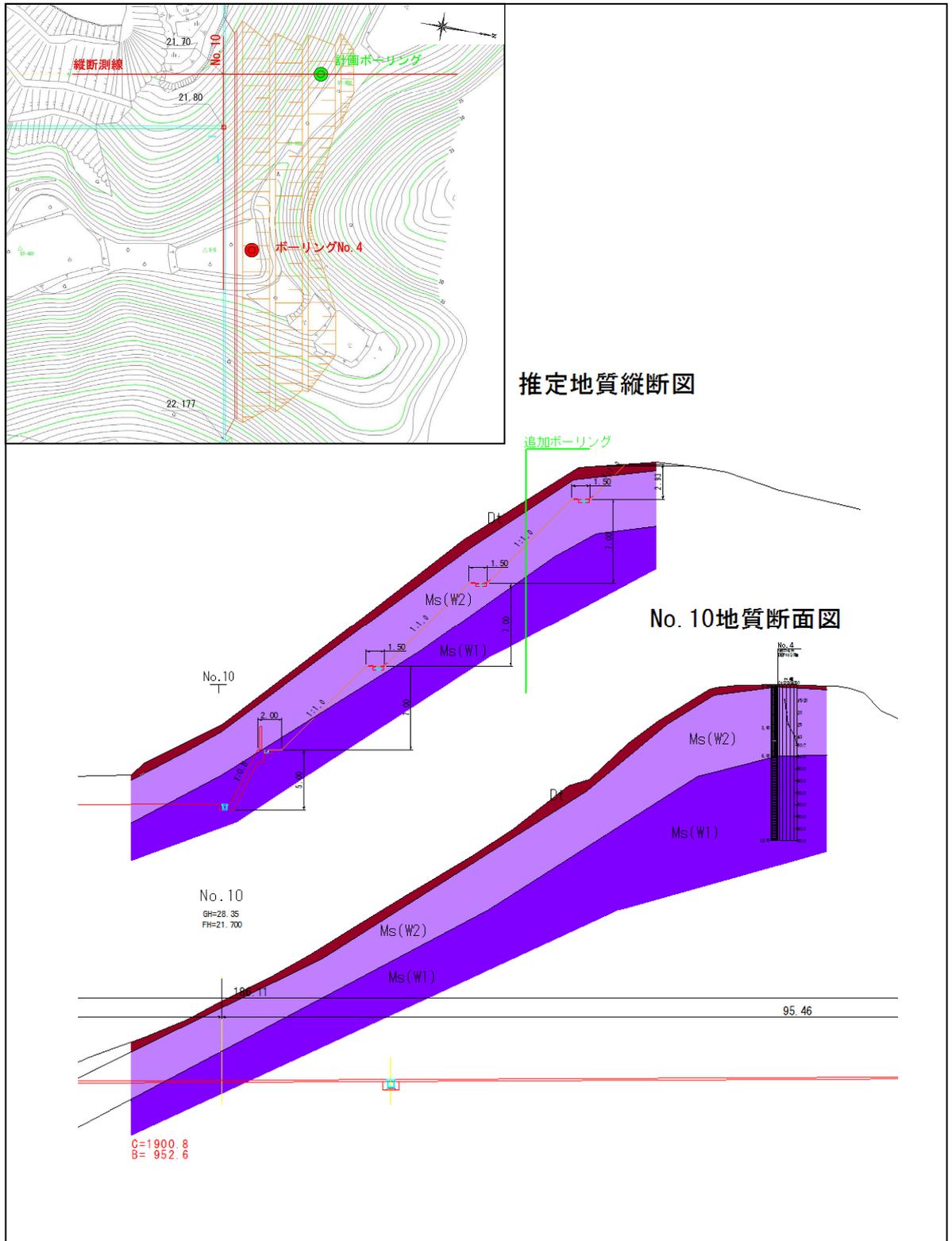


図 7-2 追加ボーリング位置図

-以上-

< 卷末資料 >

A. ボーリング柱状図及びコア写真





ボーリング柱状図

調査名 平成26年度 都防委 第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区高台整備用地地質調査業務委託

ボーリングNo. 493231516000

事業・工事名

シートNo.

ボーリング名	No.2	調査位置	高知県宿毛市小深浦	北緯	32° 55' 58.8700"
発注機関	宿毛市都市建設課	調査期間	平成27年 5月 8日～平成27年 5月12日	東経	132° 42' 05.0390"
調査業者名	株式会社 地研 電話 088-822-1535	現代理人	嘉茂 美佐子	ボーリング 責任者	■■■■■■■■■■
孔口標高	GH 19.20m	主任技師	■■■■■■■■■■	コ 鑑定者	■■■■■■■■■■
総掘進長	12.00m	方角	北 0° 東 90° 西 270° 南 180°	ハンマー 落下用具	半自動型
		角度	0° 90° 180° 270°	エンジン	ヤンマーディーゼル NFD10K
			0° 水平 90° 鉛直		東郡地下工機 BG-3B型

標尺	m	層厚	m	深度	m	柱状図	土質区分	色相	相対密度	相対稠度	記	粒度試験による土質区分	孔内水位 / 測定月日	標準貫入試験		原位置試験	試験採取		室	掘進	
														N	値		深度	及び			試験
1	18.50	0.70	0.70	0.70	0.70	×	黄土	褐色		中位	土質は粘土。含水非常に多く粘性強い。全体的に草根及び腐植物を混入する。含少量のシルトを混入する。	無し		10cm毎の 1.15 1.45	2 20	1.15 1.45					
2	17.20	1.30	2.00	2.00	2.00		シルト 暗褐色			低位	含少量の粘性弱い。全体的に腐植物を混入する。部分的に細砂を混入する。			2.15 2.45	1 4	2.15 2.45					
3							砂降り シルト			軟らかい	含水少く粘性弱い。部分的に細砂を混入する。シルトはφ5～10mmの垂戸標を主体とする。			3.15 3.45	1 3	3.15 3.45					
4							暗灰							4.15 4.45	1 3	4.15 4.45					
5														5.15 5.45	1 3	5.15 5.45					
6	13.30	3.90	5.90	5.90	5.90		火山灰				ガラス質の微細砂主体。粗粒均一である。全体的にシルトを多く含む。			6.15 6.45	2 3	6.15 6.45					
7							淡灰							7.15 7.45	2 4	7.15 7.45					
8	11.30	2.00	7.90	7.90	7.90						φ5～10mmの亜角礫主体。φmax10mm。礫は砂質及び泥岩主体。砂は細砂・シルトを多く含む。全体的に巨粒を混入する。			8.15 8.45	1 3	8.15 8.45					
9							暗灰							9.15 9.45	3 4	9.15 9.45					
10	9.20	2.10	10.00	10.00	10.00						角礫状～短柱状コア主体。φ1～10.50mmまでは土砂状を呈する。岩質はやや軟質でハンマーの普通程度の打撃で亀裂に沿って割れる。			10.15 10.45	8 21	10.15 10.45					
11							泥岩							11.00	貫入不能	11.00					
12	7.20	2.00	12.00	12.00	12.00									12.00	貫入不能	12.00					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					





B. 室内土質試験データシート

土質試験結果一覧表 (基礎地盤)

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西部地区
高台整備用地地質調査業務委託

整理年月日

平成 27年 5月 26日

整理担当者



試料番号 (深 さ)		T-1 (4.00~4.85m)	P-1 (7.15~7.45m)	P-2 (9.15~9.45m)			
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.626					
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.083					
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.612	2.634				
	自然含水比 w_n %	50.1					
	間隙比 e	1.412					
	飽和度 S_r %	92.7					
粒度	石分 (75mm以上) %						
	礫分 ¹⁾ (2~75mm) %	3.8	0.0	53.0			
	砂分 ¹⁾ (0.075~2mm) %	25.7	42.9	27.4			
	シルト分 ¹⁾ (0.005~0.075mm) %	44.4	41.7	19.6			
	粘土分 ¹⁾ (0.005mm未満) %	26.1	15.4				
	最大粒径 mm	9.5	2	19			
	均等係数 U_c	*	*	*			
コンシステンシー特性	液性限界 w_L %	42.1	54.8				
	塑性限界 w_p %	22.1	42.0				
	塑性指数 I_p	20.0	12.8				
分類	地盤材料の分類名	砂質粘土 (低液性限界)	砂質シルト (高液性限界)	細粒分質 砂質礫			
	分類記号	(CLS)	(MHS)	(GFS)			
圧密	試験方法						
	圧縮指数 C_c						
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²						
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²						
せん断	試験条件	UU					
	全応力	c kN/m ²	15.1				
		ϕ °	1.7				
	有効応力	c' kN/m ²					
ϕ' °							

特記事項

1) 石分を除いた75mm未満の土質材料に対する百分率で表す。

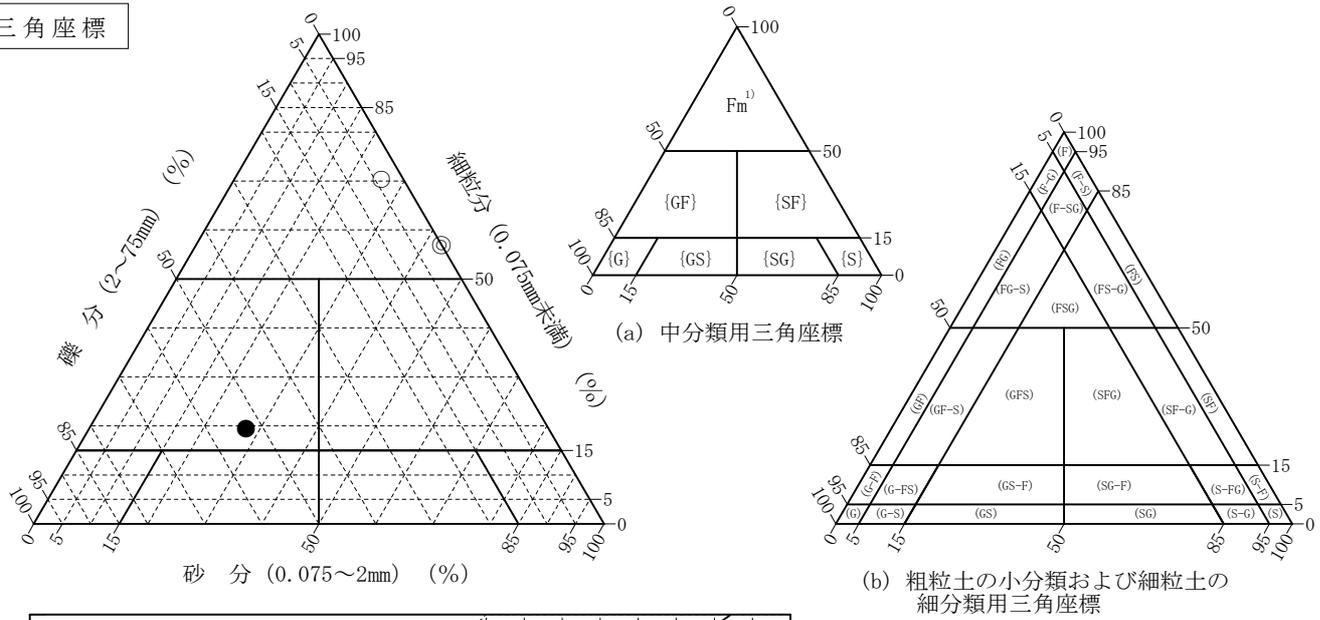
[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区 高台整備用地地質調査業務委託	試験年月日	平成 27年 5月 26日
--	-------	---------------

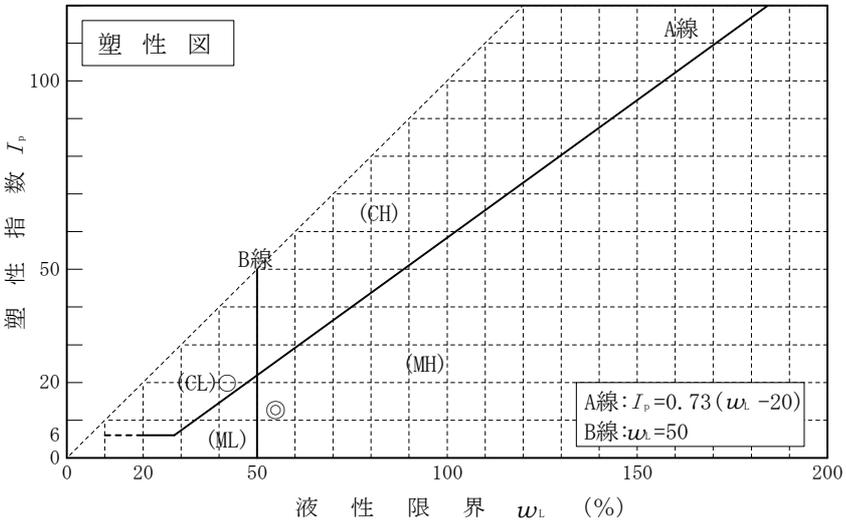
試験者 XXXXXXXXXX

試料番号 (深さ)	T-1 (4.00~4.85m)	P-1 (7.15~7.45m)	P-2 (9.15~9.45m)		
石分(75mm以上)	%				
礫分(2~75mm)	%	3.8	0.0	53.0	
砂分(0.075~2mm)	%	25.7	42.9	27.4	
細粒分(0.075mm未満)	%	70.5	57.1	19.6	
シルト分(0.005~0.075mm)	%	44.4	41.7		
粘土分(0.005mm未満)	%	26.1	15.4		
最大粒径	mm	9.5	2	19	
均等係数 U_c		*	*	*	
液性限界 w_L	%	42.1	54.8		
塑性限界 w_P	%	22.1	42.0		
塑性指数 I_p		20.0	12.8		
地盤材料の分類名		砂質粘土 (低液性限界)	砂質シルト (高液性限界)	細粒分質 砂質礫	
分類記号		(CLS)	(MHS)	(GFS)	
凡例記号		○	◎	●	

三角座標



特記事項 1) 主に観察と塑性図で判別分類



調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区
高台整備用地地質調査業務委託

試験年月日 平成 27年 5月 18日

試料番号（深さ） T-1（4.00～4.85m）

試験者 XXXXXXXXXX

供 試 体 No.		1	2	3			
供試体の質量 m g		316.82	316.79	322.83			
供 試 体	直 径	上 部 cm	4.98	4.98	5.01		
			4.98	4.98	5.01		
		中 部 cm	4.98	5.00	5.00		
			4.98	5.00	5.00		
		下 部 cm	5.00	5.01	5.00		
		平 均 値 D cm	4.99	5.00	5.00		
	高 さ		10.00	10.00	10.00		
			10.00	10.00	10.00		
		平 均 値 H cm	10.00	10.00	10.00		
	体 積 $V = (\pi D^2 / 4) H$ cm ³		195.56	196.35	196.35		
含 水 比	容 器 No.	2055	980	2017			
	m_a g	130.81	128.64	132.76			
	m_b g	105.42	103.64	106.65			
	m_c g	54.38	54.17	54.55			
	w %	49.7	50.5	50.1			
水 比	容 器 No.						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	w %						
平 均 値 w %		49.7	50.5	50.1			
湿潤密度 $\rho_t = m / V$ g/cm ³		1.620	1.613	1.644			
乾燥密度 $\rho_d = \rho_t / (1 + w / 100)$ g/cm ³		1.082	1.072	1.095			
間 隙 比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$		1.414	1.437	1.385			
飽 和 度 $S_r = w \rho_s / (e \rho_w)$ %		91.8	91.8	94.5			
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		2.612	平均値 w %	50.1	平均値 ρ_t g/cm ³	1.626	
平 均 値 ρ_d g/cm ³		1.083	平均値 e	1.412	平均値 S_r %	92.7	

特記事項

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区 試験年月日 平成 27年 5月 20日
 高台整備用地地質調査業務委託

試験者 XXXXXXXXXX

試料番号 (深さ)		T-1 (4.00~4.85m)			P-1 (7.15~7.45m)		
ピクノメーター No.		52	53	54	61	62	63
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g		166.740	162.393	171.542	168.462	155.870	155.681
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C		23.0	23.0	23.0	22.0	22.0	22.0
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³		0.99754	0.99754	0.99754	0.99777	0.99777	0.99777
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_s g		160.231	155.814	164.811	162.485	151.188	151.817
試料の 炉乾燥質量	容器 No.	52	53	54	61	62	63
	(炉乾燥試料+容器)質量g	51.028	58.192	54.664	68.476	46.290	44.224
炉乾燥質量	容器質量 g	40.493	47.553	43.776	58.832	38.757	38.016
	m_s g	10.535	10.639	10.888	9.644	7.533	6.208
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		2.610	2.614	2.613	2.624	2.636	2.643
平均値 ρ_s g/cm ³		2.612			2.634		
試料番号 (深さ)							
ピクノメーター No.							
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g							
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C							
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³							
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_s g							
試料の 炉乾燥質量	容器 No.						
	(炉乾燥試料+容器)質量g						
炉乾燥質量	容器質量 g						
	m_s g						
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³							
平均値 ρ_s g/cm ³							
試料番号 (深さ)							
ピクノメーター No.							
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g							
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C							
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³							
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_s g							
試料の 炉乾燥質量	容器 No.						
	(炉乾燥試料+容器)質量g						
炉乾燥質量	容器質量 g						
	m_s g						
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³							
平均値 ρ_s g/cm ³							

特記事項

1) ピクノメーターの検定結果から求める。

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s + (m_a - m_b)} \times \rho_w(T)$$

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区
 高台整備用地地質調査業務委託
 試験年月日 平成 27年 5月 18日

試験者 XXXXXXXXXX

試料番号 (深さ)	T-1 (4.00~4.85m)					
容器 No.	2055	980	2017			
m_a g	130.81	128.64	132.76			
m_b g	105.42	103.64	106.65			
m_c g	54.38	54.17	54.55			
w %	49.7	50.5	50.1			
平均値 w %	50.1					
特記事項						

試料番号 (深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号 (深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号 (深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号 (深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

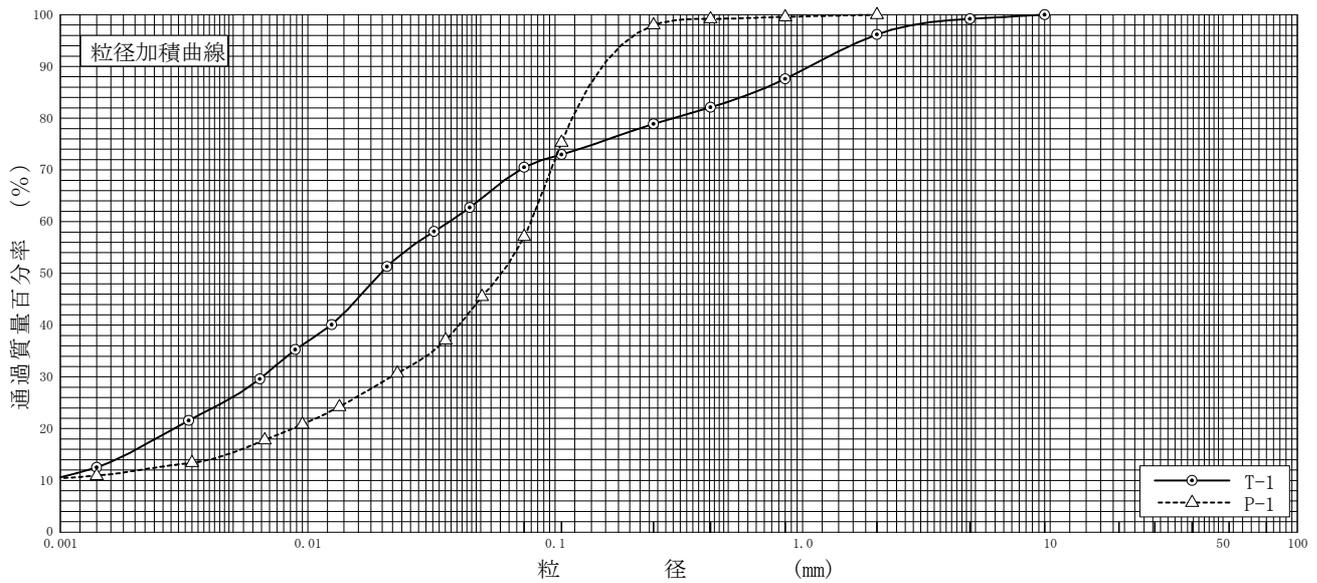
$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$

m_a : (試料+容器)質量
 m_b : (炉乾燥試料+容器)質量
 m_c : 容器質量

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区 試験年月日 平成 27年 5月 19日
 高台整備用地地質調査業務委託

試験者 XXXXXXXXXX

試料番号 (深 さ)	T-1 (4.00~4.85m)		P-1 (7.15~7.45m)		試料番号 (深 さ)	T-1 (4.00~4.85m)	P-1 (7.15~7.45m)
	粒 径 mm	通過質量百分率%	粒 径 mm	通過質量百分率%		*	*
ふるい	75		75		粗 礫 分 %	*	*
	53		53		中 礫 分 %	0.8	*
	37.5		37.5		細 礫 分 %	3.0	*
	26.5		26.5		粗 砂 分 %	8.6	0.4
	19		19		中 砂 分 %	8.7	1.6
	9.5	100.0	9.5		細 砂 分 %	8.4	40.9
	4.75	99.2	4.75		シルト分 %	44.4	41.7
	2	96.2	2	100.0	粘土分 %	26.1	15.4
	0.850	87.6	0.850	99.6	2mmふるい通過質量百分率 %	96.2	100.0
	0.425	82.1	0.425	99.2	425μmふるい通過質量百分率 %	82.1	99.2
析	0.250	78.9	0.250	98.0	75μmふるい通過質量百分率 %	70.5	57.1
	0.106	73.0	0.106	75.3	最大粒径 mm	9.5	2
	0.075	70.5	0.075	57.1	60%粒径 D_{60} mm	0.0374	0.0798
					50%粒径 D_{50} mm	0.0198	0.0606
					30%粒径 D_{30} mm	0.00656	0.0218
					10%粒径 D_{10} mm	*	*
					均等係数 U_c	*	*
					曲率係数 U_c'	*	*
					土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.612	2.634
					使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム	ヘキサメタリン酸ナトリウム
沈降	0.0451	62.7	0.0506	45.5	溶液濃度, 溶液添加量	, 10ml	, 10ml
	0.0324	58.1	0.0361	37.1	20%粒径 D_{20} mm	0.00288	0.00869
	0.0209	51.3	0.0230	30.7			
	0.0125	40.1	0.0134	24.2			
分	0.0089	35.3	0.0095	20.8			
	0.0064	29.6	0.0067	17.8			
	0.0033	21.6	0.0034	13.4			
	0.0014	12.5	0.0014	10.9			



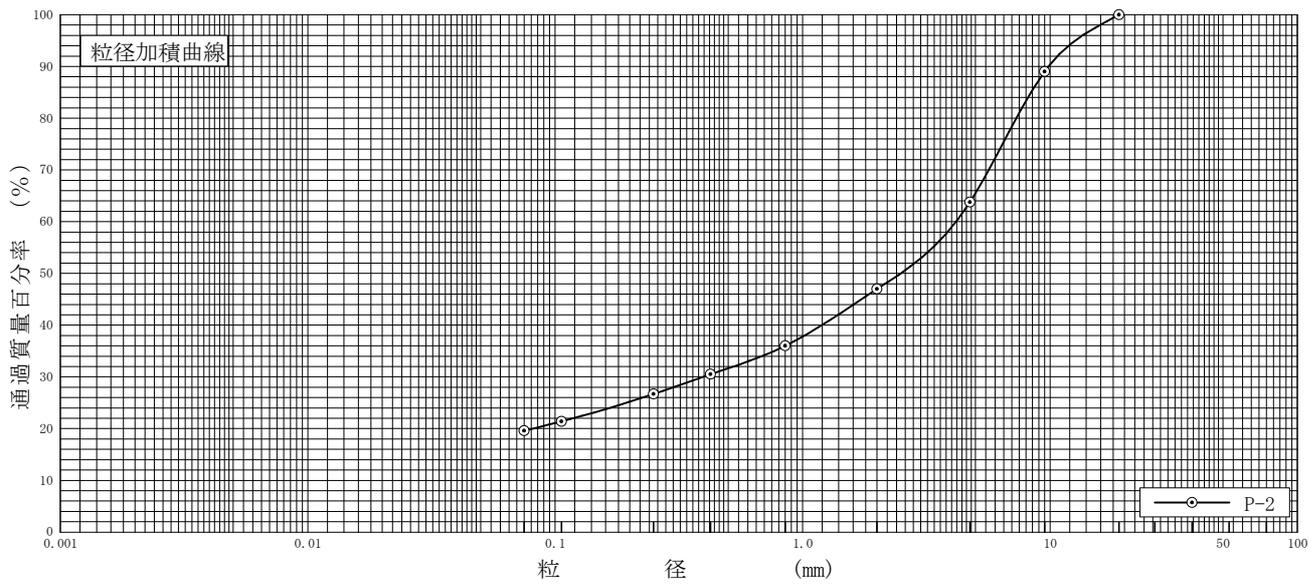
0.005	0.075	0.250	0.850	2	4.75	19	75
粘 土	シ ル ト	細 砂	中 砂	粗 砂	細 礫	中 礫	粗 礫

特記事項

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区 高台整備用地地質調査業務委託
試験年月日 平成 27年 5月 22日

試験者 XXXXXXXXXX

試料番号 (深さ)	P-2 (9.15~9.45m)				試料番号 (深さ)		P-2 (9.15~9.45m)	
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗礫分 %		*	
ふるい	75		75		中礫分 %		36.2	
	53		53		細礫分 %		16.8	
	37.5		37.5		粗砂分 %		11.0	
	26.5		26.5		中砂分 %		9.3	
	19	100.0	19		細砂分 %		7.1	
	9.5	89.0	9.5		シルト分 %		19.6	
	4.75	63.8	4.75		粘土分 %			
	2	47.0	2		2mmふるい通過質量百分率 %		47.0	
	0.850	36.0	0.850		425μmふるい通過質量百分率 %		30.5	
	0.425	30.5	0.425		75μmふるい通過質量百分率 %		19.6	
析	0.250	26.7	0.250		最大粒径 mm		19	
	0.106	21.4	0.106		60% 粒径 D_{60} mm		4.18	
	0.075	19.6	0.075		50% 粒径 D_{50} mm		2.49	
					30% 粒径 D_{30} mm		0.397	
					10% 粒径 D_{10} mm		*	
					均等係数 U_c		*	
					曲率係数 U_c'		*	
					土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		*	
沈降					使用した分散剤		*	
					溶液濃度, 溶液添加量		*	
					20% 粒径 D_{20} mm		0.0812	



特記事項

調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区 高台整備用地地質調査業務委託 試験年月日 平成 27年 5月 19日

試験者 XXXXXXXXXX

試料番号 (深さ) T-1 (4.00~4.85m)

液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	
			42.1
46	39.74	21.85	塑性限界 w_p %
35	40.94	22.53	22.1
23	42.37	21.82	塑性指数 I_p
17	43.31		20.0
12	45.04		
5	49.46		

試料番号 (深さ) P-1 (7.15~7.45m)

液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	
			54.8
41	53.65	42.25	塑性限界 w_p %
33	54.07	42.07	42.0
25	54.74	41.54	塑性指数 I_p
20	55.28		12.8
14	56.50		
6	58.18		

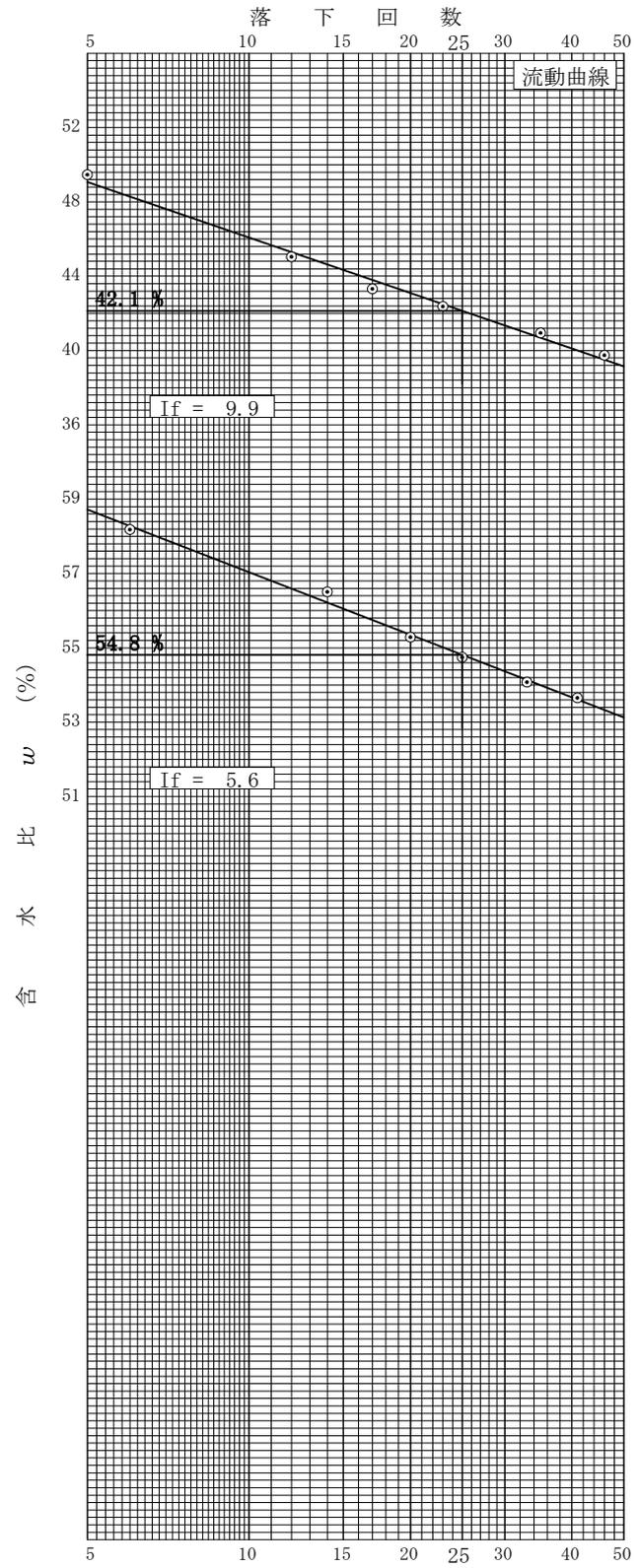
試料番号 (深さ)

液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	
			塑性限界 w_p %
			塑性指数 I_p

試料番号 (深さ)

液性限界試験		塑性限界試験	液性限界 w_L %
落下回数	含水比 w %	含水比 w %	
			塑性限界 w_p %
			塑性指数 I_p

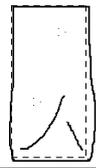
特記事項

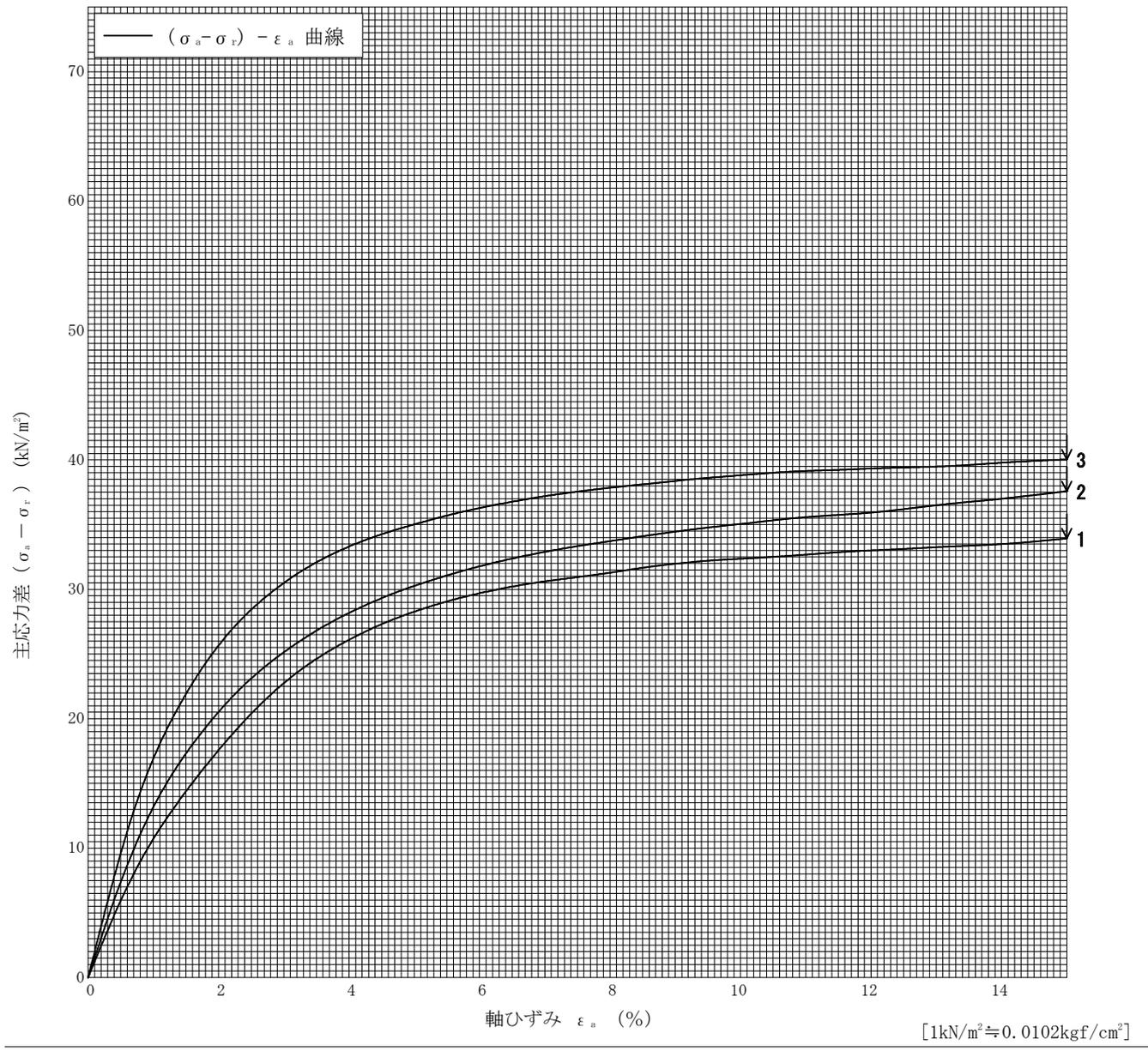


調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区
 高台整備用地地質調査業務委託

試験年月日 平成 27年 5月 18日

試料番号 (深さ) T-1 (4.00~4.85m) 試験者 XXXXXXXXXX

土質名称	砂質粘土 (低液性限界) (CLs)	供試体 No.	1	2	3	
液性限界 W_L %	42.1	セル圧・圧密応力 kN/m^2	50	100	150	
塑性限界 W_p %	22.1	背 圧 u_b kN/m^2				
ひずみ速度 %/min	1.0	主 軸 力 差 最 大 時				
特記事項 1) 必要に応じて粘性土の場合は液性限界, 塑性限界, 砂質土の場合は最小乾燥密度, 最大乾燥密度等を記載する。		圧縮強さ $(\sigma_a - \sigma_r)_{max}$ kN/m^2	33.9	37.6	40.0	
		軸ひずみ ϵ_{af} %	15.0	15.0	15.0	
		CU 間隙水圧 u_f kN/m^2				
		有効軸方向応力 σ'_{af} kN/m^2				
		有効側方向応力 σ'_{rf} kN/m^2				
		CD 体積ひずみ ϵ_{vf} %				
		間 隙 比 e_f				
		変形係数 E_{50} MN/m^2	0.89	1.1	1.5	
供試体の破壊状況						



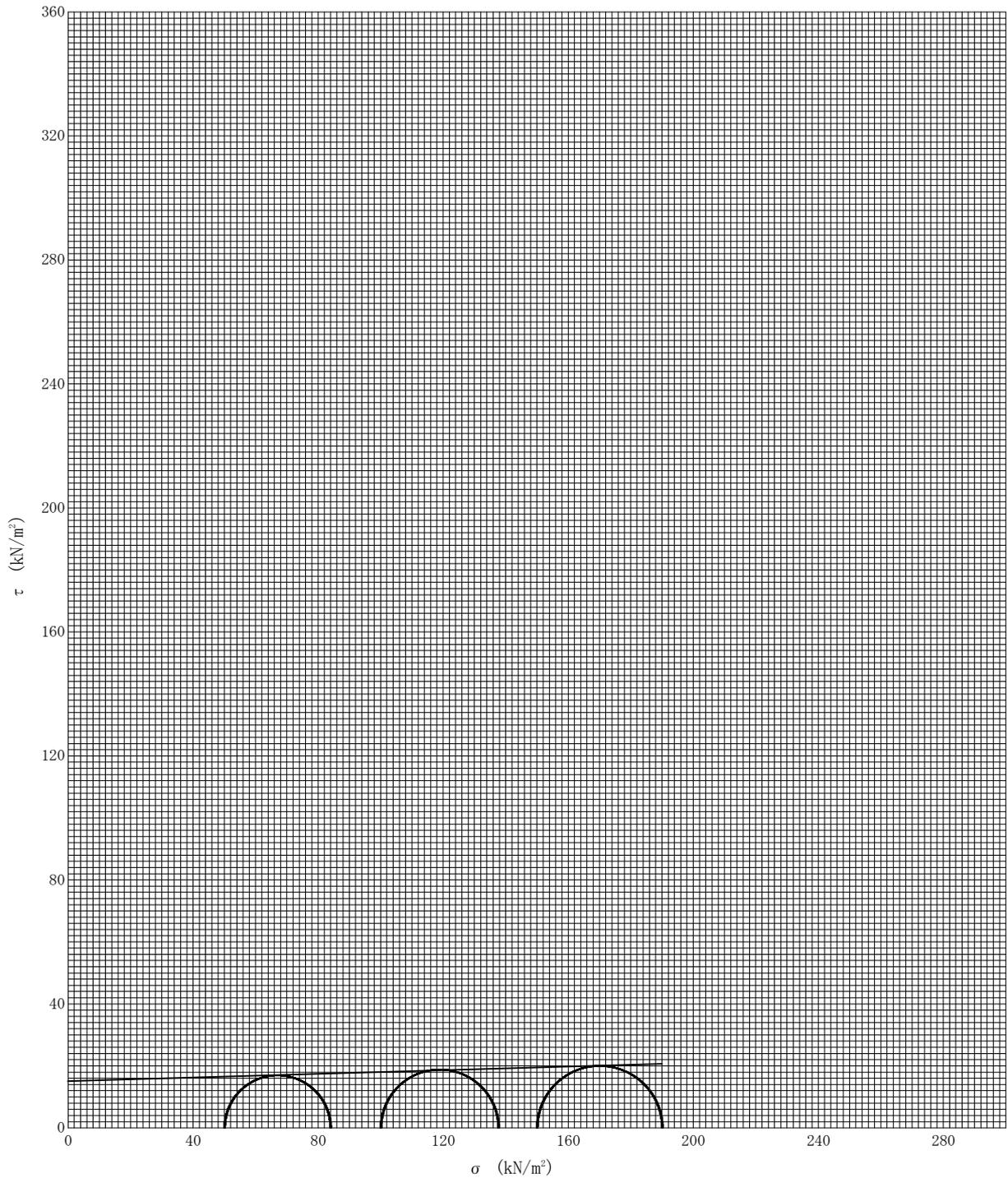
調査件名 平成26年度都防委第2号 宿毛市都市防災推進事業宿毛西地区
 高台整備用地地質調査業務委託

試験年月日 平成 27年 5月 18日

試料番号 (深さ) T-1 (4.00~4.85m)

試験者 XXXXXXXXXX

強度定数 応力範囲	全 応 力			有 効 応 力	
	c kN/m ²	ϕ °	$\tan \phi$	c' kN/m ²	ϕ' °
正 規 圧 密 領 域					
過 圧 密 領 域					
	15.1	1.7	0.030		



特記事項

[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]