

平成 29 年度

駒岡清掃工場更新事業地質調査(その2)地質調査

地 質 報 告 書

札幌市環境局環境事業部
建基コンサルタント株式会社

目 次

1. 調査の概要	1
2. 地形・地質の概要	4
3. 調査地点と調査方法	5
3.1. 調査位置の選定	5
3.2. 調査・試験方法	6
4. 調査結果	13
4.1. ボーリング調査結果	13
4.2. 標準貫入試験結果	14
4.3. 孔内水位観測	15
4.4. 室内土質試験結果	16
5. 考 察	24
5.1. 土質定数の設定	24
5.2. 切土勾配および床掘勾配	35
5.3. 掘削土の再利用について	36
5.4. 圧密沈下解析	37
5.5. すべり解析	40
5.6. 設計施工時の留意点	45
◎巻末資料	50
*原位置調査・試験結果	
・ボーリング柱状図	
・標準貫入試験打撃曲線図	
・孔内水位観測記録表	
*室内土質試験結果	

1. 調査の概要

本業務は、札幌市南区真駒内に位置する駒岡清掃工場の更新にあたり敷地造成計画及び設計を行うための、地質調査とその解析、地形測量を行うものである。

- 1) 業務名：駒岡清掃工場更新事業地質調査(その2)
- 2) 調査位置：札幌市南区真駒内 129 番地 3 ほか
「図 1.1 および 図 1.2 調査位置図」に示す。
- 3) 調査期間：平成 29 年 6 月 9 日～平成 29 年 10 月 6 日
- 4) 発注者：札幌市 環境局 環境事業部 施設整備課
担当員：張山 正人
- 5) 受注者：建基コンサルタント株式会社
札幌市北区北 23 条西 9 丁目 2-16
TEL 011-736-6355 FAX 011-736-6357
管理技術者：小野 雄治 (E-mail : ono@kenki-c.co.jp)
- 6) 調査内容

・調査ボーリング φ66mm	6 孔 ΣL=75.1 m
・標準貫入試験	6 孔 ΣN=76 回
・サンプリング シンウォールサンプリング	1 箇所
・室内土質試験	
土粒子の密度, 土の含水比、土の粒度	4 試料
土の湿潤密度	1 試料
液性限界・塑性限界	1 試料
突き固め試験	3 試料
三軸圧縮試験	1 試料
圧密試験	1 試料

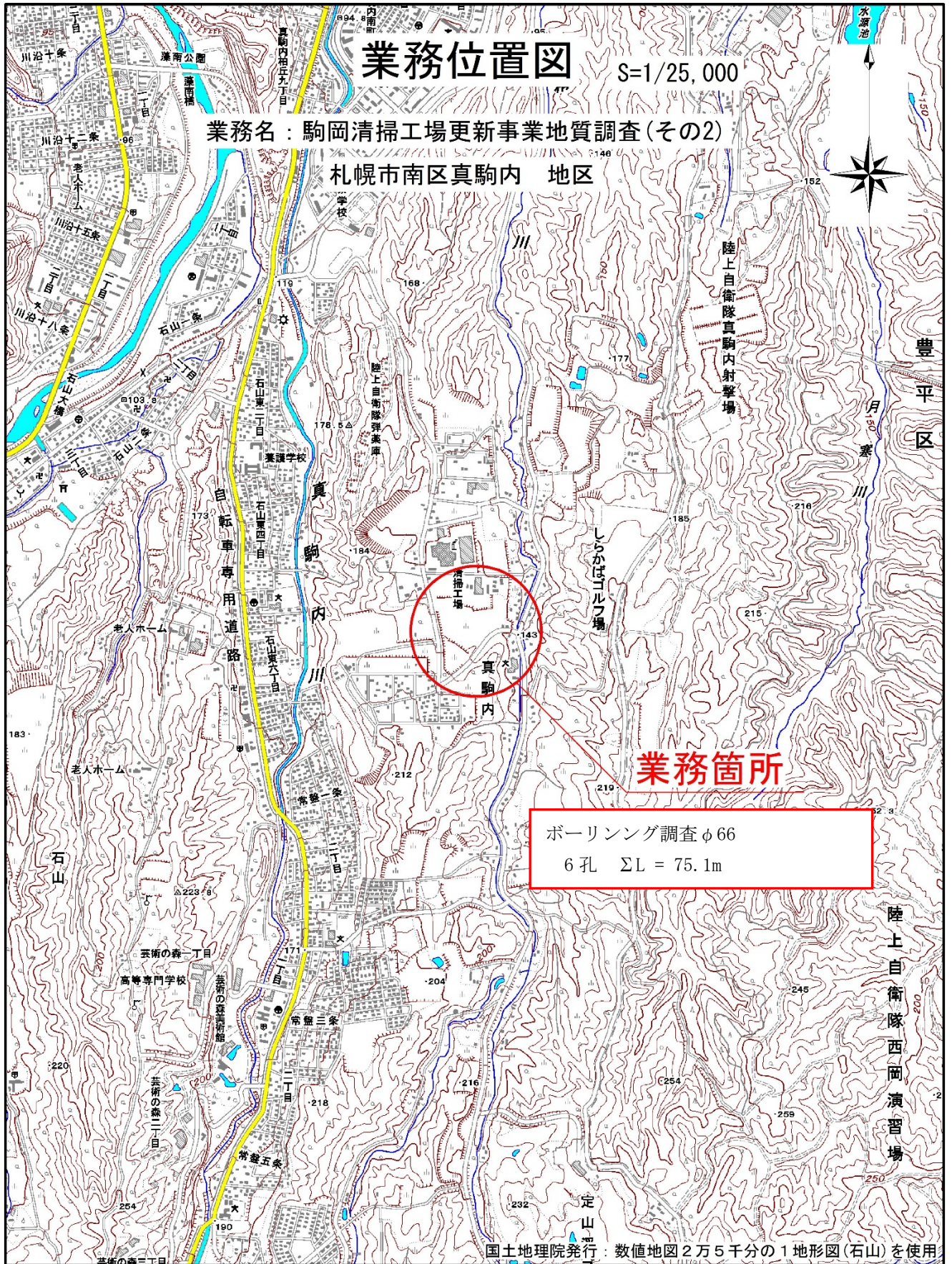
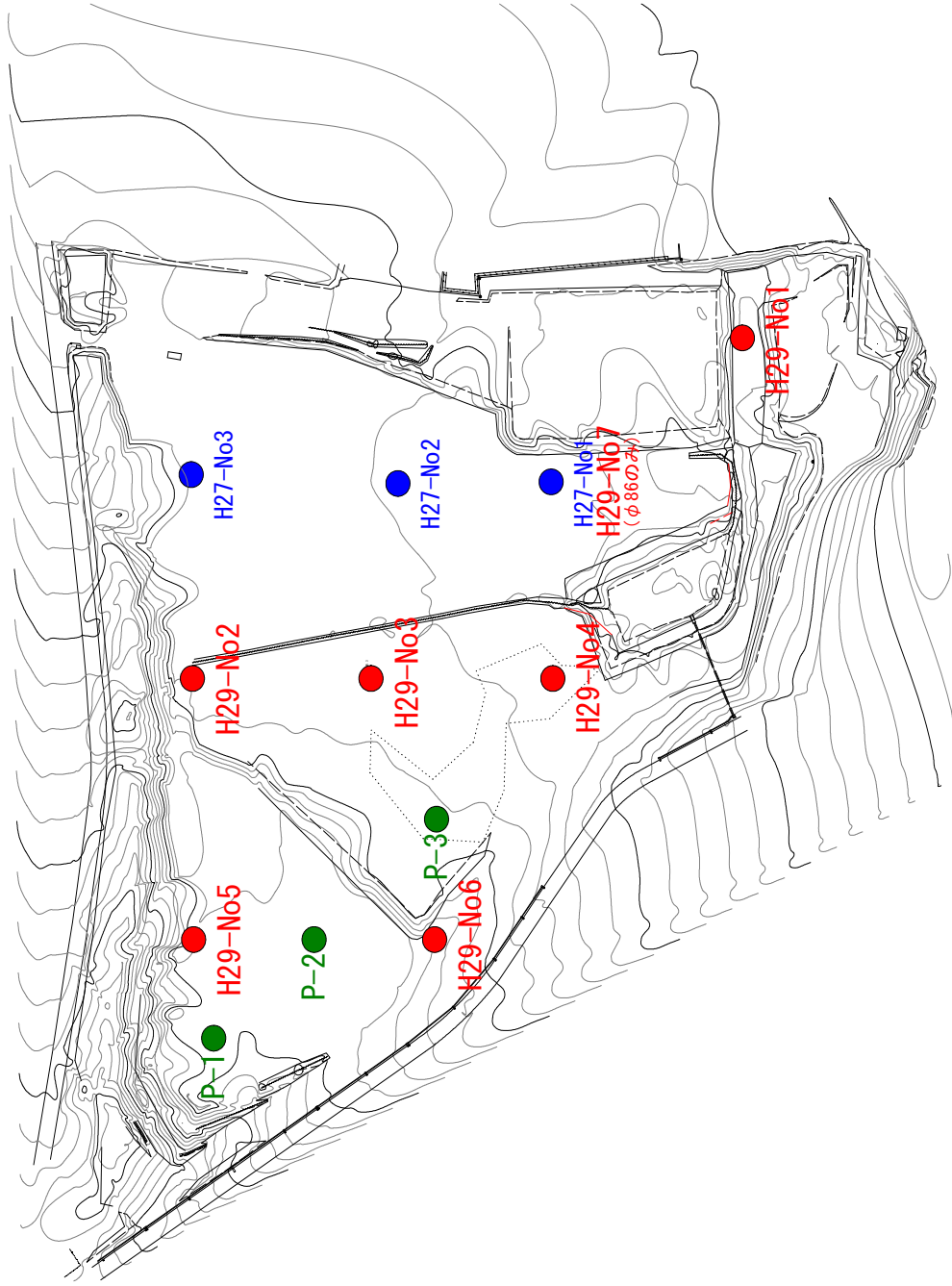


図1.1 調査位置図(1)

調査位置平面図

S=1:1000 (A1)
S=1:2000 (A3)



凡例

● (Red)	平成29年度 ボーリング位置
● (Blue)	平成27年度 ボーリング位置
● (Green)	平成29年度 ビット掘削

工事名	熊鷹川二階建て新築工事(02)		
図面名	地質断面図		
年月日	平成 29 年 10 月		
縮尺	(A1) 1/1000 (A3) 1/2000	図面番号	1 / 1
会社名	株式会社 建設コンサルタント株式会社		
調査者名	札幌市 国体局 国体事業部		

図1.2 調査位置図 (2)

2. 地形・地質の概要

調査地は、札幌駅より南方 12.0km、札幌市南区駒岡に位置する現駒岡清掃工場隣接地である。周辺の地形は、起伏に富んだ標高 200~500mの山地と河川の流域に発達した低平な沖積低地で形成される。

水系としては豊平川とその支川の真駒内川などがあり、本川は北東流して篠路付近で石狩川と合流する。また、主要交通網としては国道 230 号、国道 453 号などがある。

調査地周辺の地質は図 2 および以下に示すとおり、第四紀更新世の支笏火山噴出物、第四紀完新世の火山灰、河川の流域に沿って現河床堆積物などの沖積層が分布する。

当該調査においては、第四紀更新世の支笏火山噴出物に対比される溶結凝灰岩、第四紀完新世の火山灰、および現世の人工地盤と想定される埋土が確認されている。

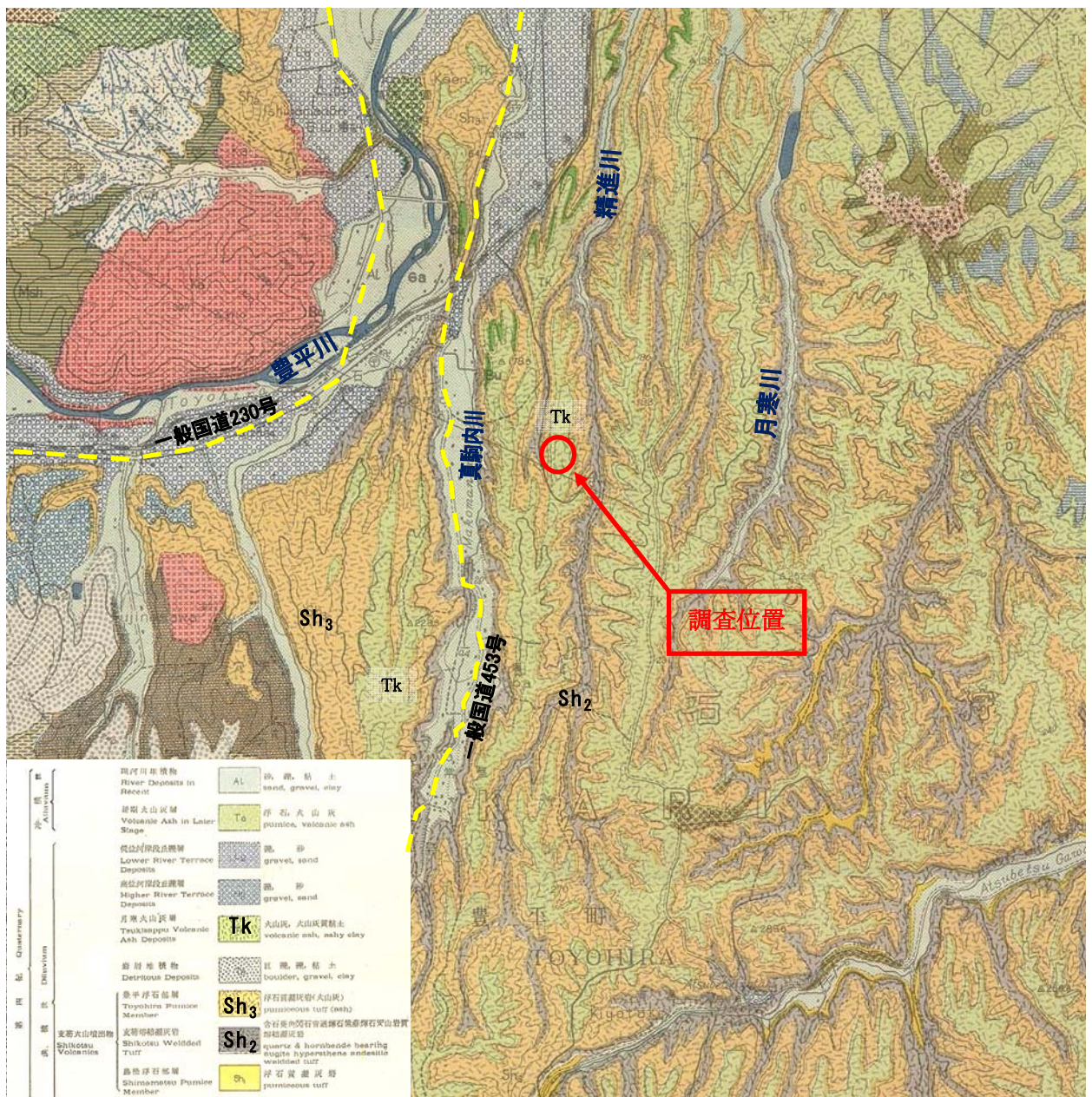


図 2. 調査地周辺の地質

「地質図幅 1:50,000 北海道立地質研究所」より抜粋編集

3. 調査地点と調査方法

3. 1. 調査位置の選定

ボーリング調査位置は、**図 3.1** 及び巻末の調査平面図にも示すとおりである。

調査箇所は、過年度ボーリング調査も含めて、事業用地全域の土質分布を把握することを目的に机上にて調査箇所を配置し、監督員・設計担当者と協議のもと選定した。

協議により決定した調査位置は、併行して実施した測量調査業務にて、事業地内に木杭を設置するとともに、水準測量を実施して調査箇所の地盤高を計測した。

また、掘削土の盛土材流用への可否を判定するため、締固め試験を実施するピット掘削（試験試料採取）箇所は、事業地内の内、掘削が発生する区域内で、P-1～P-3の3箇所を選定し、試料を採取した。

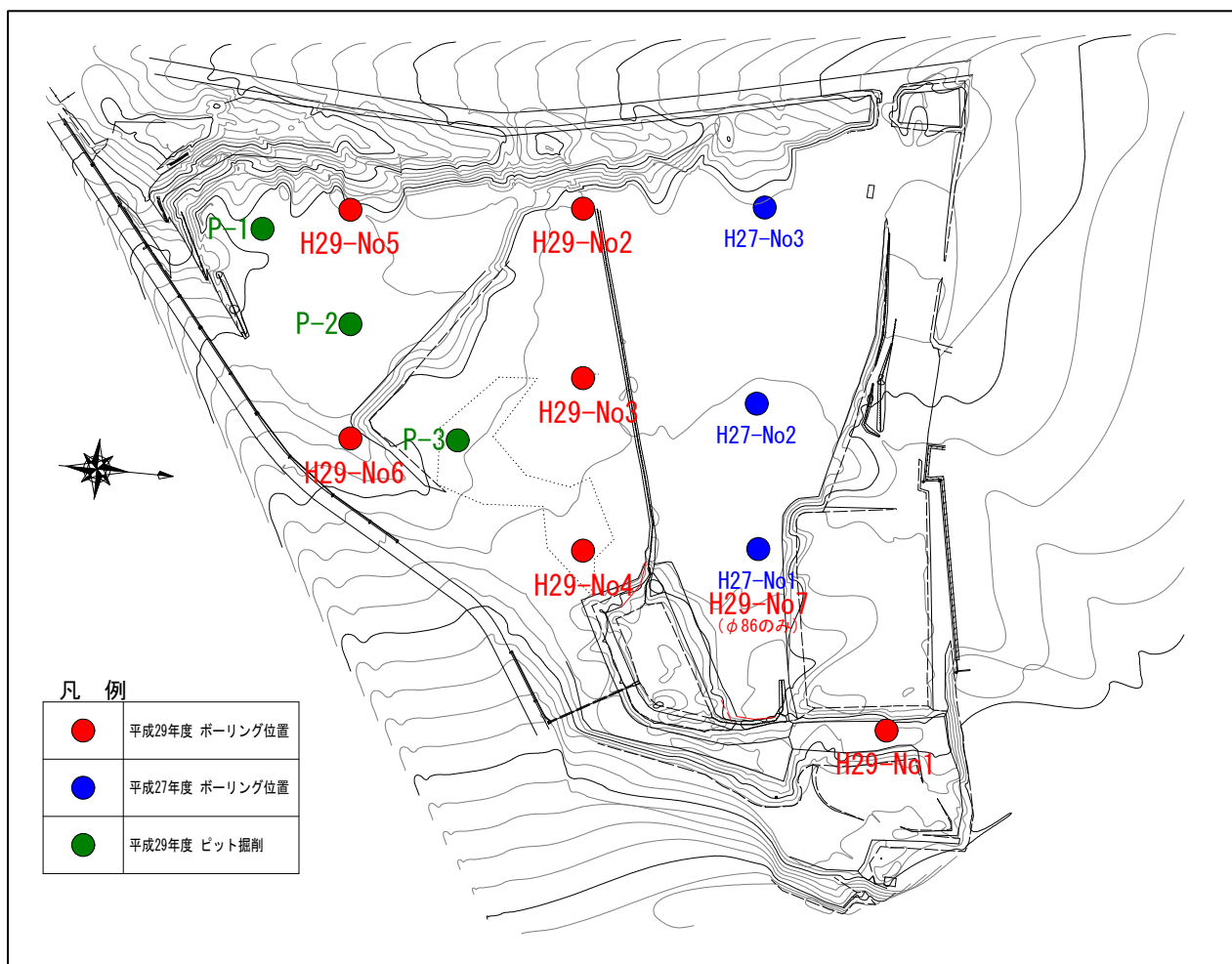


図 3.1 ボーリング調査位置

3. 2. 調査・試験方法

1) 機械ボーリング

機械ボーリングは、**図 3.2(1)**に示すロータリー式ボーリングマシンを用い、調査地点における地層構成、地盤の強度・性状の確認等を行うことを目的に実施した。

ボーリングは、ロットあるいはコアバレルの先端に取り付けられたビットの回転によって掘進しながらコアを採取する。ここでは、メタルクラウン付きコアバレルを用いて、岩盤まで掘削を行い、岩盤の掘削は、ダイヤモンドビットを取付けたダブルコアチューブにて掘削を行った。掘削孔径はφ66mmにより掘進した。

ボーリング削孔は、良好な支持地盤を5m程度確認できる深度まで実施するものとして、基盤となる溶結凝灰岩を5m程度確認する深度まで掘削をおこない掘削を完了した。

なお、採取したコアは、所定のコア箱に整理し、写真撮影後コアの観察・判定を行い巻末のボーリング柱状図にまとめた。

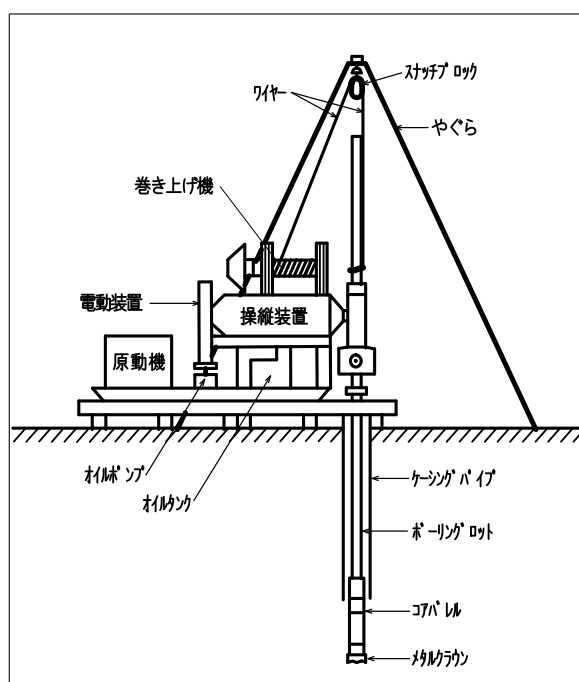


図 3.2(1) ボーリングマシン模式図

2) 標準貫入試験

標準貫入試験は、**図 3.2(2)**に示す試験装置を用い、原位置における土の硬軟、締まり具合の目安となるN値の測定と試料の採取を目的に実施した。

試験区間は、原則として1 m毎とし、試験はJIS規格（JIS・A・1219）に準じ、ロッドに接続した質量63.5±0.5kgのドライブハンマーを76±1 cmの高さから自由落下させ、試験用サンプラーを30cm打ち込むのに要する打撃回数をN値として記録した。

計測されたN値は、ボーリング柱状図と標準貫入試験打撃貫入曲線図に整理し添付する。

また、標準貫入試験用サンプラーで採取した試料は標本ビンに入れ、業務名・ボーリング孔名・削孔深度等を記入した標本箱に整理して提出する。

目的：標準貫入試験機を用い土の硬質、締まり具合をN値として把握するために行う。

方法：**図 3.2(2)**に示す標準貫入試験でJIS基準（JIS A 1219）に準じて行い、試験区間は原則として、1 m毎に63.5kgのハンマーを75cmの高さから自動落下装置により自由落下させ、30cm打込んだ打撃回数をN値として記録するとともに、ボーリング柱状図と標準貫入試験打撃貫入曲線図に整理し添付する。

なお、岩盤のN値は、貫入量30cmあたりの打撃回数に換算した換算N値とした。

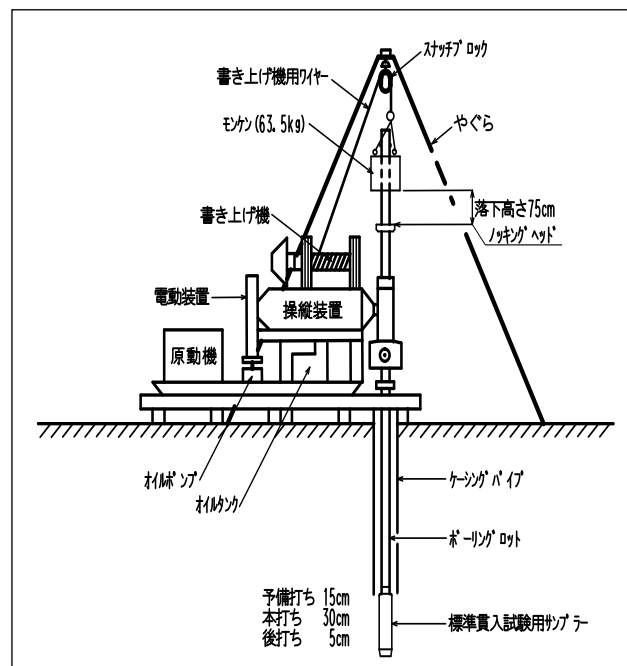


図 3.2(2) 標準貫入試験装置の模式図

3) 孔内水位観測

孔内水位観測は、ボーリング孔を利用して地盤内の地下水位を確認する目的で実施した。

観測は最初の水位が出現するまでは無水掘削として、**図 3.2(3)**に示す携帯式手動水位計を用いて水位を測定するが、当該調査においては自然地下水位は確認されなかった。

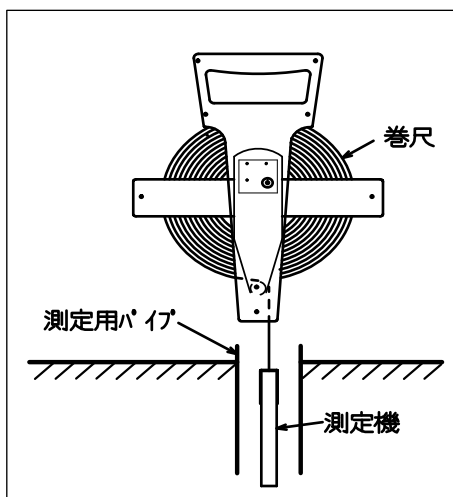


図 3.2(3) 携帯式手動水位計の模式図

4) サンプリング

サンプリングは、土の構造と力学的性質をできるだけ原位置に近い状態で室内土質試験に供するための乱さない試料を採取（不攪乱試料採取）することを目的とする。

図 3.2(4)にシンウォールサンプラーの概要を示した。

シンウォールサンプラーは、サンプリングチューブを地盤中に圧入することによりサンプリングを行うためN値4程度以下の比較的軟らかい泥炭・粘性土地盤にのみ適用できる。

なお、シンウォールサンプリングは、サンプリングチューブの外径がφ75mmであることから、ボーリング孔径φ66mmでは実施出来ない事から、φ66mm調査孔とは別に、φ86mmで所定の深度までボーリング削孔を行いシンウォールサンプリングを実施した。

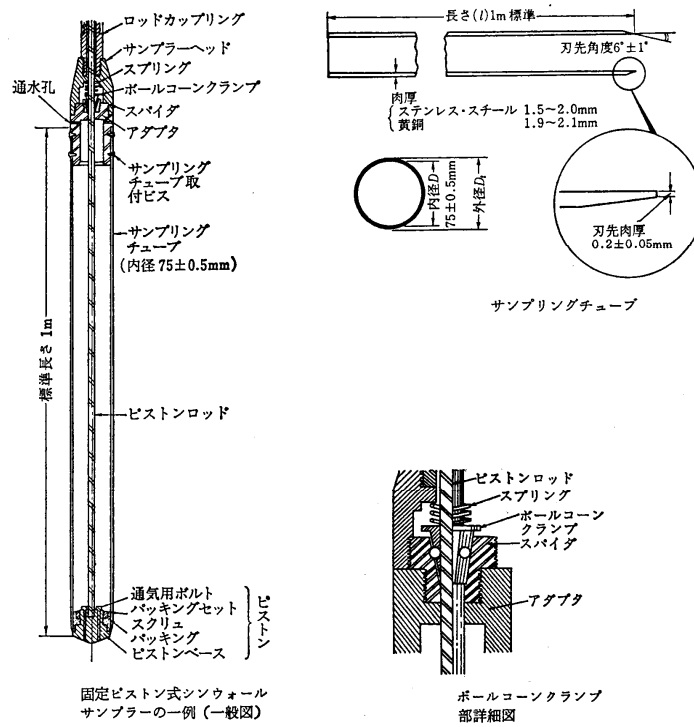


図 3.2(4) シンウォールサンプラー

5) 室内土質試験

室内土質試験は、土の物理・力学特性を把握し、設計に用いる地盤の土質定数の推定に供することを目的に実施した。

試験は、標準貫入試験およびシンウォールサンプリングで採取した試料を用い、日本工業規格（JIS）に準拠した。表 3.2 に試験項目と目的および試験基準をまとめた。

表 3.2 試験項目と規格

試験項目		目的
物理 試験	土粒子の密度試験	土の基本的性質を把握する。 土粒子の実質部分の重量と水との比で求める。 間隙比、飽和度など他の土質試験値を求めるための基礎資料となる。
	含水比試験	土に含まれる水分を定量的に求める。間隙比、飽和度など他の土質試験値を求めるための基礎資料となる。
	粒土試験	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す。 土の分類や工学的性質（透水係数の推定など）の判断や液状化の判定に利用される。
	液性限界試験 塑性限界試験	粘性土の分類および強度、圧縮性等の推定に利用される 自然状態の粘性土材料としての安定性の判定に利用される
	湿潤密度試験	土の基本的性質を把握するもの。土粒子の質量と間隙に含まれる水の質量の両者を合わせた単位体積あたりの密度である。 他の土質試験値を求める基礎資料や設計時の単位体積重量となる。
圧密 試験	土の圧密試験	粘性土の圧密沈下量および圧密沈下の速さの推定に用いる。
せん断 試験	土の三軸圧縮試験	土のせん断強さを求める試験。 土のせん断定数である $\phi \cdot C$ を直接求める事ができる。

○ 土粒子の密度試験（JIS A 1202）

土粒子の密度試験は、土粒子群の平均的な密度のことで、間隙比や飽和度を知るのに必要とされる。土粒子の密度試験は、JIS A 1202「土粒子の密度試験方法」に準拠する。

$$\text{土粒子の密度} = \frac{\text{ある示された温度における土粒子が空気中で示す質量}}{\text{ある示された温度における土粒子が空気中で示す体積}}$$

$$\text{すなわち、土粒子の密度 (g/cm}^3\text{)} \quad \rho_s = \frac{m_s}{V_s}$$

ここに、 m_s ：土粒子の質量 (g)

V_s ：土粒子の体積 (cm³)

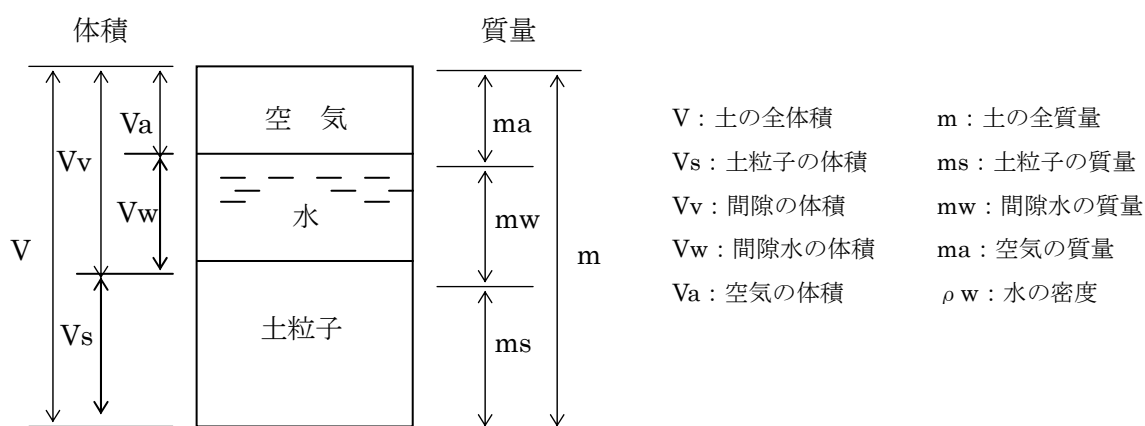


図 3.2 (5) 土を構成する 3 要素

土粒子の密度の値は、下記に示す間隙比、飽和度及び乾燥密度等の計算にも用いられる。

$$\text{間隙比} \quad e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

$$\text{飽和度 (\%)} \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$$

$$\text{乾燥密度 (g/cm}^3\text{)} \quad \rho_d = \frac{m_s}{V} = \frac{\rho_w}{\rho_s} \frac{W}{S_r}$$

ここに、 W ：含水比 (%)

ρ_w ：水の密度 (g/cm³)

○ 土の含水比試験 (JIS A 1203)

土の性質は、その中に含まれている水の量が多いか少ないかによって大きく変わるので、土工を行うにあたっては土中に含まれている水分を定量的に知ることは大切なことである。土中の含水量は、含水比によって表される。含水比とは、土中の含水量と炉乾燥土の重量の比をいい、次式によって示される。

$$\text{含水比 (\%)} \quad W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

ここに、 W_w : 土中に含まれる水の重量(g)

W_s : 土粒子の質量(g)

○ 土の粒度試験 (JIS A 1204)

粒度試験は土を構成する土粒子の大きさを知ることが目的とする。具体的には種々の大きさの範囲にある粒子を全重量に対する割合で表した粒度分布を求めることである。

土質材料は、粒径 $75 \sim 2.0\text{mm}$ の礫分、 $2.0 \sim 75 \mu\text{m}$ の砂分、 $75 \sim 5 \mu\text{m}$ のシルト分、 $5 \mu\text{m}$ 以下の粘土分に区分される。また、礫分と砂分を合わせたもの、すなわち粒径 $75\text{mm} \sim 75 \mu\text{m}$ の粒度成分を粗粒分（または砂礫分）といい、シルト分と粘土分を合わせたもの、すなわち $75 \mu\text{m}$ 以下の粒度成分を細粒分という。

粒度試験は JIS A 1204 「土粒子の粒度試験方法」の規定に準拠する。

		粒 径(mm)										
		0.005	0.075	0.25	0.85	2	4.75	19	75	300		
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石(コブル)	巨石(ボルダー)			
細 粒 分		粗 粒 分						石 分				

図 3.2 (6) 粒径区分とその呼び名

(地盤材料試験の方法と解説 P55) より

○ 土の液性限界試験、塑性限界試験

液性限界および塑性限界は、土の状態変化の変移点を含水比で表したもので、塑性指数(IP)は両者の差($I_p = W_L - W_p$)として定義される。土の硬軟あるいは変形のしやすさなどのコンシステンシー特性に関係し、土の工学的分類や他の物理力学的性質を表す指標との関連で利用される。特に粘性土ではその性質を把握する上で重要であり、液性限界が大きくなるにつれて土の圧縮性は増加し、塑性指数が大きくなるにつれて粘性が増加する傾向にある。

また、土の状態は液性指数「 $I_L (= (W_n - W_p) / I_p)$ 」で評価され、 $I_L \approx 0$ に近いほど土は硬く強度が大きく安定しているが、 $I_L \approx 1$ の状態の土はわずかな外力で不安定となる。

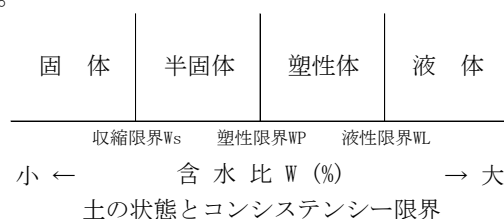


図 3.2 (7) 土の状態とコンシステンシー

4. 調査結果

4. 1. ボーリング調査結果

調査位置図に示す箇所で、全6孔75.1mのボーリング調査を実施した。

表4.1(1)に調査地の土層構成を示した。

なお、調査結果の詳細は巻末のボーリング柱状図に記載してある。

表 4.1(1) 調査地の土層構成と N 値

時代	土層	記号	土質区分	層厚 (m)	N値の範囲 (回)	特徴
第四紀	埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	粘性土	1.40 ~ 7.00	1 ~ 10	<ul style="list-style-type: none"> ・事業地造成時の埋土、盛土 ・礫混じり火山灰シルト主体だが、砂質火山灰が優勢となる箇所もあり不均質 ・拳大～人頭大の玉石も混入 ・稀に鉄片などの人工片混入
	支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	砂質土	0.85 ~ 8.00	17 ~ 50	<ul style="list-style-type: none"> ・粒径は細粒～微細粒 ・φ2～50mmの軽石を多く混入 ・下位に従い締まる
	支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Swt	岩盤	4.64 ~ 5.04	100 ~ 300	<ul style="list-style-type: none"> ・支笏火山噴出物の溶結凝灰岩 ・上部は弱固結を示す ・下位に従い硬質となる

4. 2. 標準貫入試験結果

掘進に並行して1 m毎に標準貫入試験を行い、巻末のボーリング柱状図に記した。標準貫入試験結果より土層毎のN値分布と平均N値を表4.2(1)にまとめた。

なお、岩盤（溶結凝灰岩）はN値50回以上を示すが、貫入量30cm当たりの打撃回数に換算した換算N値によって平均N値を算出した。（上限値を300とする。）

また、各土層の硬軟を表4.2(2)で判定した結果を併記した。

表 4.2(1) 標準貫入試験結果

時代	土層	記号	標準貫入試験結果										N値			土の硬軟			
			H29-No1		H29-No2		H29-No3		H29-No4		H29-No5		H29-No6		最小値		最大値	平均値	
第四紀 更新世	埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	3	5	*17			4	4	3	3	7	5	1	3	1	10	4.5	中位
			5	8					4		6	1	3	6					
			10																
	支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	17	17	45	36	44	50	48		50		41		17	50	37.0	密な	
			23	20	45	42													
			26	50	42	50													
	支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Swt	115	300	150	214	125	150	150	214	100	250	300	300	100	300	246.1	-	
			300	300	250	300	250	300	300	250	300	300	300	300					
			300		300		300		300	300	300	300	300	300					

※No2 孔の埋土層の N=17 は下層に跨るほか礫による障害が想定されたことから除外値とした。

表 4.2(2) N値と相対密度及び相対稠度の関係

砂地盤		粘土地盤	
N 値	相対密度	N 値	相対稠度
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
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

(社) 地盤工学会 地盤調査の方法と解説 P263、267

4. 3. 孔内水位観測

ボーリング孔を利用して地盤内の地下水位観測を行った。

ボーリング調査において確認された初期地下水位を表 4.3 にまとめたとおりである。

また、水位観測結果は巻末の孔内水位観測記録表に一括した。

表 4.3 孔内水位観測記録表

孔 No.	孔口標高 EL (m)	地下水位深度 GH-(m)	地下水位標高 EL (m)	調査月日	水位種別
H29-No1	156.57	11.20	145.37	7月10日	初期水位
H29-No2	158.83	水位認めず	-	7月27日	-
H29-No3	158.39	水位認めず	-	7月14日	-
H29-No4	157.49	水位認めず	-	7月12日	-
H29-No5	164.12	3.50	160.62	7月30日	初期水位
H29-No6	162.78	水位認めず	-	7月25日	-

地下水位は、火山灰～岩盤の範囲で分布することが想定されるが、調査では2箇所でのみ確認されており、自然地下水位では無く部分的な宙水の可能性も考えられる。

岩盤は基本的には難透水性層であり、降雨による表面水などによる浸透水は、火山灰層を浸透して岩盤よりも上位で滞水すると想定される。しかし、当該地の火山灰層は軽石などの礫分を多く含んでいることから透水性が非常に良いと想定され、滞水せずに岩盤面の地層傾斜に沿って流下している可能性も考えられる。

いずれにしても、施工時の掘削において、湧水等によって掘削が困難となる状況は発生しないと想定され、ドライな状態での土工処理が可能と想定される。

4. 4. 室内土質試験結果

当該調査では、事業地内の掘削土の埋土、盛土への適用の可否の判定や、圧密特性、破壊特性を検討するために室内土質試験を実施した。

盛土・埋土材料の可否の検討には、ピット掘削を実施した P-1～P-3 の 3 試料を使用した。
圧密・破壊の検討には、シンウォールサンプリングにて採取した T-1 試料を使用した。

室内土質試験の結果一覧を表 4.4(1)に示す。

表 4.4(1) 室内土質試験結果一覧表

採取方法	試料番号	土層 (記号)	採取深度 (m)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	自然含水比 W _n (%)	土の粒度				コンシステンシー特性			せん断		分類	
							礫分 (%)	砂分 (%)	細粒分 (%)	D50 (%)	液性限界 WL (%)	塑性限界 W _p (%)	塑性指数 IP	三軸圧縮		地盤材料の分類名	分類記号
														C (kN/m ²)	ϕ (°)		
ピット掘削	No1 (P-1)	埋土 (Bs)	0.30～ 0.80	2.647	-	19.6	42.9	28.4	28.7	0.583	-	-	-	-	-	粘性土質 砂質礫	GCsS
	No2 (P-2)	埋土 (Bs)	0.30～ 0.80	2.648	-	20.3	34.5	31.3	34.2	0.293	-	-	-	-	-	粘性土質 砂質礫	GCsS
	No3 (P-3)	埋土 (Bs)	0.30～ 0.80	2.622	-	24.1	35.8	28.8	35.4	0.304	-	-	-	-	-	粘性土質 砂質礫	GCsS
シンウォール	T-1	埋土 (Bs)	1.00～ 2.80	2.610	1.915	26.4	44.1	28.2	27.7	0.023	43.8	25.2	18.6	32.4	24.8	粘性土質 砂質礫	GCsS

1) 土粒子の密度(ρ_s)

各土層での土粒子の密度 (ρ_s) および含水比と土粒子密度の関係より算出される土の飽和密度 (ρ_t) を表 4.4(2)にまとめた。

土粒子密度は土を構成する粒子の平均密度で、一般に有機物を多く含む場合は小さな値となり、鉱物を多く含む場合は大きな値になる。

一般的な鉱物や土層の土粒子の密度を次頁、表 4.4(3)に示した。

当該調査地の盛土層の土粒子密度は、表 4.4(5)の沖積粘性土・沖積砂質土の土粒子密度と対比し、一般値に包含される値であった。

表 4.4 (2) 土粒子の密度 試験結果

土層	試料名	採取深度 (m)	土粒子密度(g/cm^3)		
			試験値	平均値	全体平均
埋土 (Bs)	No1 (P-1)	0.30~0.80	2.641	2.647	2.632
			2.655		
			2.645		
	No2 (P-2)	0.30~0.80	2.644	2.648	
			2.652		
			2.648		
	No3 (P-3)	0.30~0.80	2.629	2.622	
			2.616		
			2.621		
	T-1	1.00~2.80	2.612	2.610	
			2.611		
			2.607		

表4.4 (3) 主な鉱物と土粒子の密度の例

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(PEAT)	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

『地盤材料試験の方法と解説 (社)地盤工学会 P.101』より

2) 土の含水比 (Wn)

各土層の含水比試験による自然含水比の試験値と平均値を表 4.4(5)にまとめた。

土の含水比は、土に含まれる水の質量と乾燥させた土の質量比であり、含水比と物理・力学的性質は密接な関係にあり、表 4.4(5)に一般的な土質の含水比をまとめた。

試験の結果、各土層の含水比は表 4.4(5)に対比して、沖積粘性土に対しては一般値よりも低い値を示し、沖積砂質土に対しては一般値の範囲に包含されている。

埋土層には、礫分・砂分が多く含まれることから砂質土に近い値を示していると想定される。

表 4.4 (4) 自然含水比と平均値

土層	試料名	採取深度 (m)	自然含水比 (%)		
			含水比試験	平均値	全体平均
埋土 (Bs)	No1 (P-1)	0.30~0.80	19.7	19.6	22.6
			19.0		
			20.2		
	No2 (P-2)	0.30~0.80	20.2	20.3	
			20.0		
			20.7		
	No3 (P-3)	0.30~0.80	23.5	24.1	
			24.1		
			24.6		
	T-1	1.00~2.80	26.7	26.4	
			26.1		
			26.3		

表 4.4 (5) 土の含水比の一般的な値

	沖積層		洪積層粘性土	関東ローム	高有機質土
	粘性土	砂質土			
含水比 W _n (%)	30~150	10~30	20~40	80~180	80~1200

『地盤材料試験の方法と解説 (社)地盤工学会 P.181』より

3) 土の粒度試験

粒度試験結果を表 4.4(6)に示した。

土の粒度は、土を構成する土粒子において、各粒径範囲にある土粒子の質量を全質量に対する質量百分率で求められ、土の粒度分布は粒径加積曲線として表される。また、結果は土の判別分類および土の工学的性質の判断などに用いられるほか、液状化判定を行う土層の選定などにも用いられる。

ピット掘削試料、シンウォール採取試料、ともに礫分が 35-40%混入し、砂分と細粒分がほぼ均等な結果を示し、砂質礫またはシルト質礫に分類される。

ピット掘削試料について、試験試料においては最大粒径 75mm であるが、掘削採取時において、玉石級の礫は除外して採取している。拳大から人頭大の玉石が多く確認されており、掘削土の流用の検討においては、粒度試験結果に加えて、玉石が混入していることを留意する必要がある。

表 4.4 (6) 各土層の粒度構成

採取方法	土層	試料番号	深度	粒度分布 (%)				最大粒径 (mm)	統一分類	
				粘土分	シルト分	砂分	礫分		分類名	分類記号
ピット掘削	埋土 (Bs)	No1 (P-1)	0.30～0.80	-	28.7	28.4	42.9	75.0	粘性土質砂質礫	GCsS
		No2 (P-2)	0.30～0.80	-	34.2	31.3	34.5	53.0	粘性土質砂質礫	GCsS
		No3 (P-3)	0.30～0.80	-	35.4	28.8	35.8	53.0	粘性土質砂質礫	GCsS
シンウォール	埋土 (Bs)	T-1	1.00～2.80	-	27.7	28.2	44.1	19.0	粘性土質砂質礫	GCsS

試料番号	粘土分 (%)	シルト分 (%)	砂分 (%)	礫分 (%)
No1 (P-1)	0	28.7	28.4	42.9
No2 (P-2)	0	34.2	31.3	34.5
No3 (P-3)	0	35.4	28.8	35.8
T-1	0	27.7	28.2	44.1

4) 土の液性限界(WL)・塑性限界(Wp)

試験結果は表 4.4(7)に記載したとおりで、一般的な液性・塑性限界を表 4.4(7)に示した。

液性限界および塑性限界は、図 4.4(2)に示すように土の状態変化の変移点を含水比で表したもので、塑性指数(IP)は両者の差($I_p = W_L - W_p$)として定義される。土の硬軟あるいは変形のしやすさなどのコンシステンシー特性に関係し、土の工学的分類や他の物理力学的性質を表す指標との関連で利用される。特に粘性土ではその性質を把握する上で重要であり、液性限界が大きくなるにつれて土の圧縮性は増加し、塑性指数が大きくなるにつれて粘性が増加する傾向にある。

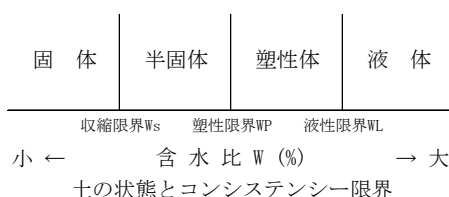


図 4.4 (2) 土の状態とコンシステンシー

また、土の状態は液性指数「 $I_L (= (W_n - W_p) / I_p)$ 」でも評価され、 $I_L \approx 0$ に近いほど土は硬く強度が大きく安定しているが、 $I_L \approx 1$ の状態の土はわずかな外力で不安定となる。

埋土層の液性指数は 0.06 と非常に安定した数値が得られており、これは礫分・砂分が多い事による結果と想定される。

表 4.4 (7) 液性限界・塑性限界試験結果

採取方法	土層	土質	試料名	自然含水比	液性限界	塑性限界	塑性指数	液性指数
				W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _p	I _L
シウォール	埋土(Bs)	粘性土	T-1	26.4	43.8	25.2	18.6	0.06

表 4.4 (8) 液性・塑性限界の測定例

土の種類	液性限界WL(%)	塑性限界WP(%)
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

(土質試験の方法と解説-第1改 P103)

(5) 三軸圧縮試験

三軸圧縮試験の結果は、表 4.4 (9) にまとめたとおりである。

三軸圧縮試験は、土の強度定数を求めるための試験で、当該調査では事業地内の地盤破壊に対する安全性照査を行うための定数を得る事を目的としている。

三軸圧縮試験の試験条件は、圧密排水 (UU) 条件にて実施した。

表 4.4 (9) 三軸圧縮試験結果

採取方法	土層	土質	試料名	全応力	
				C (kN/m ²)	ϕ (°)
シンワール	埋土 (Bs)	粘性土	T-1	32.4	24.8

N 値による推定値との対比

埋土層の平均 N 値 $N=4.5 \approx 5$ とすると

・粘着力 C (kN/m²)

粘着力 C は、 $C=6 \cdot N$ により推定される $\rightarrow C = 6 \times 5 = 30 \text{ kN/m}^2$

・せん断抵抗角 ϕ (°)

推定式 $\phi = 15 + \sqrt{15 \cdot N}$ で対比すると $\rightarrow \phi = 15 + \sqrt{15 \times 5} = 24^\circ$

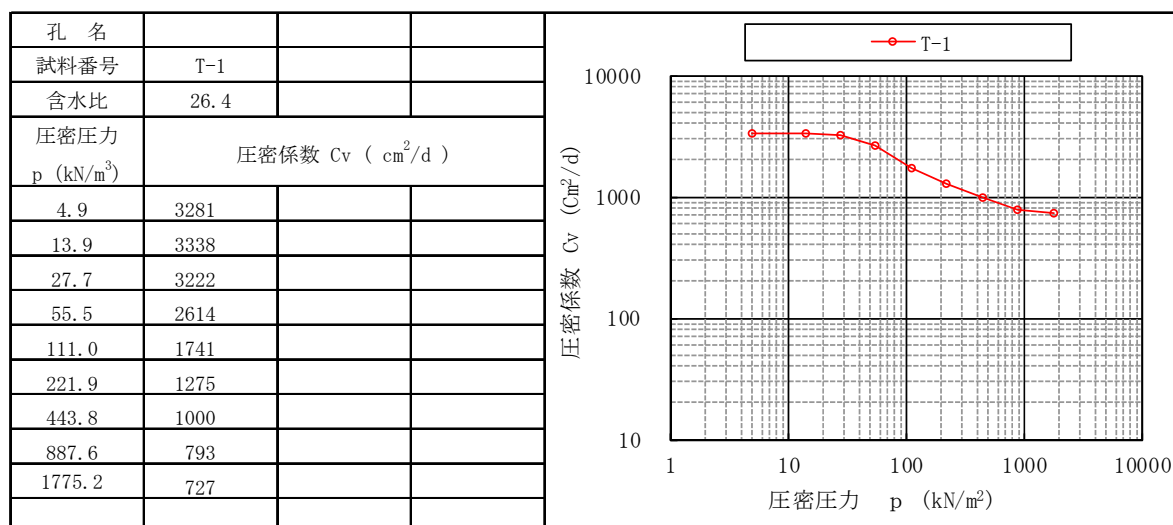
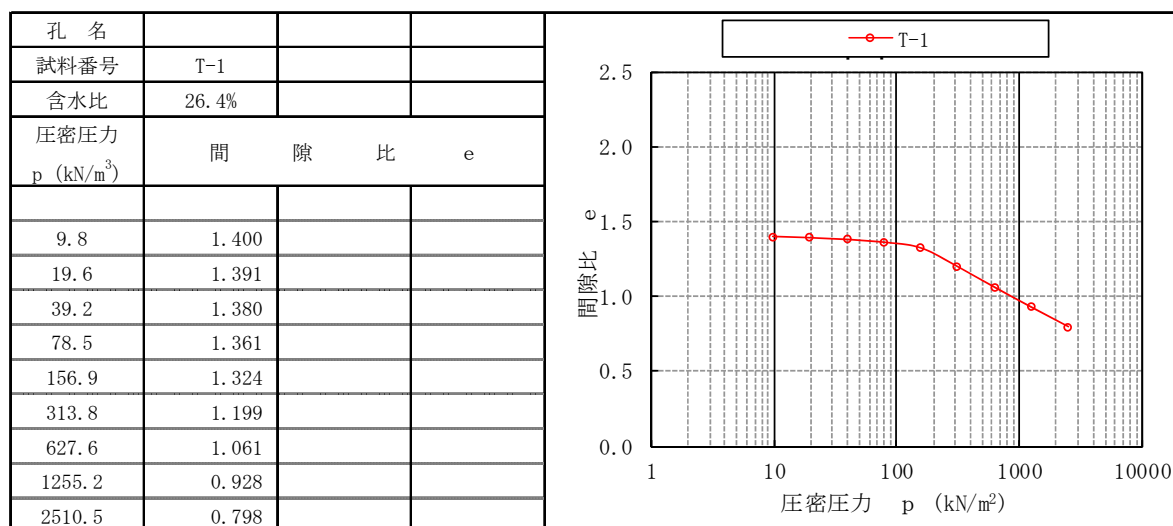
以上より、N 値による推定値と試験結果は近似値を示し、試験結果は妥当である。

(6) 圧密試験結果

圧密試験の供試体初期状態と試験結果の圧縮指数と圧密降伏応力を表4.4(10)にまとめ、圧密試験結果の「 $e \sim \log p$ 曲線」および「 $\log C_v \sim \log p$ 曲線」を図4.3に示した。

表4.4(10) 圧密試験結果

土層	資料番号	初期状態				試験結果	
		含水比	間隙比	湿潤密度	飽和度	圧縮指数	圧密降伏応力
		W (%)	eo (%)	ρ_t (g/cm ³)	Sro (%)	Cc	Pc (kN/m ²)
埋土(Bs)	T-1	26.4	1.415	1.915	99.7	0.46	169.0

図4.4(3) 「 $e \sim \log p$ 曲線」および「 $\log C_v \sim \log p$ 曲線」

(7) 締固め試験結果

ピット掘削試料による締固め試験の結果は、表 4.4 (11) にまとめたとおりである。

締固め試験結果における最適含水比は、自然含水比と近似しており、締固め効率が非常に良い材料と想定される。

ただし、拳大から人頭大の玉石が多量に混入していたものを採取試料から省いていることから、実際の工事において盛土材として流用する場合、粒度調整として玉石の分別処理が必要となることに留意する必要がある。

表 4.4 (11) 締固め試験結果

採取方法	土層	試料名	自然含水比 W (%)	締固め試験	
				最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最適含水比 W _{opt} (%)
ピット掘削	埋土(Bs)	No1 (P-1)	19.6	1.606	20.5
		No2 (P-2)	20.3	1.550	24.0
		No3 (P-3)	24.1	1.533	23.2

5. 考 察

5. 1. 土質定数の設定

調査では、ボーリング調査に加えて標準貫入試験を実施しているほか、室内土質試験を実施していることから、この結果を基に設計に用いる土質定数を設定する。

5. 1. 1. 設計土質定数一覧表

設計に必要な土質定数を調査結果を踏まえ、表5.1(1) にまとめた。

これらの値の設定根拠や留意事項などは、「5.1.2. 設計土質定数の設定」にまとめた。

表 5.1(1) 設計土質定数一覧表

時代	土層	記号	設計N値	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断 抵抗角 ϕ (°)	粘着力 C (kN/m ²)	変形係数 (kN/m ²)
第四紀	完 新 世 埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	5	19	25	32	14,000
	更 新 世 支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	37	14	32	-	103,600
	支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Sw _t	246	21	20	455	474,800

※表中の変形係数は、示す係数値 α を乗じた変形係数 $\alpha \cdot E_0$ を示す。

5. 1. 2. 設計土質定数の設定

(1) 設計N値

各土層の設計N値と土の硬軟について 表 5.1(2) にまとめた。また、N値による土の締まり具合の判定を 表 5.1(3) に示す。

設計N値は、各土層のN値を平均し「設計N値＝平均N値」として少数第1位を切り捨てた整数値を設計値とした。

なお、岩盤については、打撃回数を貫入量 30cm 当りに換算した換算 N 値を用いた。

表 5.1(2) 各層の設計N値

時代	土層	記号	N値の範囲	平均N値	設計N値	土の硬軟
第四紀	完新世 埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	1 ~ 10	4.5	5	砂質土：緩い 粘性土：中位
	更新世 支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	17 ~ 50	37.0	37	密な
	更新世 支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Swt	100 ~ 300	246.1	246	-

表 5.1(3) N値と相対密度及び相対稠度の関係

砂地盤		粘土地盤	
N 値	相対密度	N 値	相対稠度
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
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

(社) 地盤工学会 地盤調査の方法と解説 P263、267

(2) 単位体積重量

各土層の単位体積重量の設定値を 表 5.1(4) に示す。

また、単位体積重量の設定根拠を次頁より示した。

表 5.1(4) 各層の単位体積重量

時代	土層	記号	設計N値	土の硬軟	単位体積重量 γ (kN/m ³)	適用	
第四紀	更新世	埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	5	中位	19	埋土_室内試験の 湿潤密度より
	更新世	支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	37	密な	14	火山灰_一般値より、 中間値を採用
		支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Swt	246	-	21	岩盤_N値との相関より

○土の単位体積重量

土の単位体積重量は、設計N値による土の硬軟の判定結果と、表5.1(5)に示す土の単位体積重量の一般値と室内土質試験を実施している土層では試験値より決定する。

なお、土の硬軟の判定における中位なものについては、「緩いもの」と「密なもの」の中間値を設計値として設定した。

表 5.1(5) 土の単位体積重量の一般値 (kN/m³)

地 盤	土質	緩いもの	中位のもの	密なもの
自然地盤	砂・砂礫	18	19	20
	砂質土	17	18	19
	粘性土	14	16	18
盛 土	砂・砂礫	20		
	砂質土	19		
	粘性土	18		

[埋土層 (Bs)]

室内土質試験の湿潤密度試験を実施していることから、試験値により単位体積重量を設定した。

T-1 試料における湿潤密度 $\gamma_t = 1.915 \text{ (g/cm}^3) \times 9.807 \approx 19 \text{ kN/m}^3$

[火山灰 (Sv)]

表 5.1(6) に示す火山灰質土の一般値 $1.1 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ の中間値付近 $\rightarrow 14 \text{ kN/m}^3$

表 5.1(6) 火山灰質粗粒土の湿潤密度の代表的な範囲

区分	火山灰記号		湿潤密度 $\rho_t \text{ g/cm}^3$								乾燥密度 $\rho_d \text{ g/cm}^3$								間隙比 e											
	火山名(給源)	火山灰記号	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0		
降下テフラ	樽前	Ta-a																												
		Ta-b	データなし																											
		Ta-c																												
		Ta-d																												
	恵庭	En-a																												
		支笏	Spfa-1																											
			Spfa-2 (Kt-1)																											
			Spfa-7																											
	有珠	Us	Spfa-10																											
			Us	データなし																										
駒ヶ岳	Ko	Ko																												
		Mafa																												
		Mafa																												
火砕流堆積物	支笏	Spfl																												
		洞爺	Toya																											
		十勝岳	To (Tok)																											
		クッチャロ	Kcfl																											
		銭亀女那川	Z-M																											

((公社)地盤工学会北海道支部, 実務家のための火山灰質土, p. 32, 2010. 12 より抜粋・加筆)

○岩盤の単位体積重量

岩盤の単位体積重量は、N値(換算N値)との関係図(図5.1(1))として示される下式より推定する。

$$\gamma t = 1.173 + 0.4 \times \log N \quad (\text{tf/m}^3) \quad [\times 9.807 \text{kN/m}^3]$$

(NEXCO 設計要領 第二集 橋梁建設編 H24.7 2-2-4 岩盤の設計用地盤定数 より)

なお、換算N値は下式により求め、岩盤の平均換算N値にて単位体積重量を推定する。

$$\text{換算 N 値} = 50 \text{ 回} \times \frac{0.3 \text{ (m)}}{50 \text{ 回打撃時の貫入量 (m)}}$$

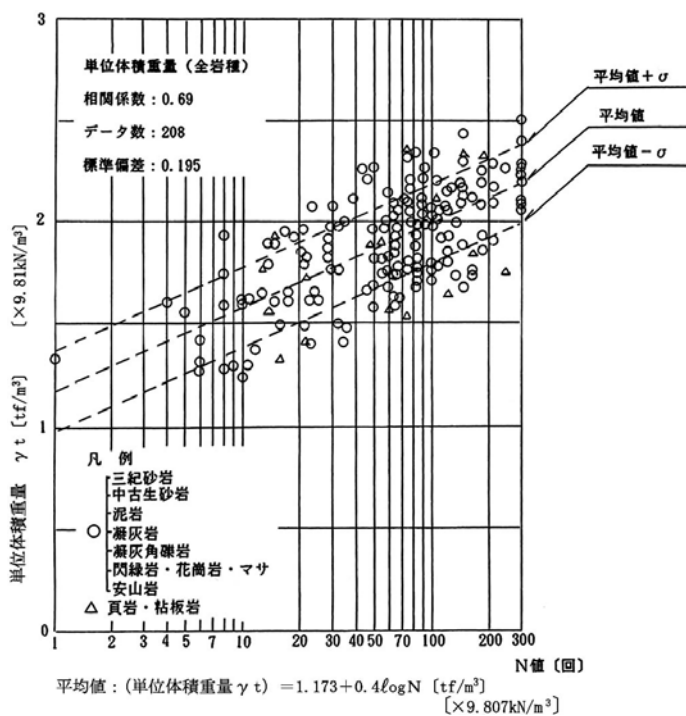


図 5.1(1) 岩盤の単位体積重量の測定例

(NEXCO 設計要領 第二集 橋梁建設編 H24.7 2-2-4 岩盤の設計用地盤定数 より)

以上により、設計N値における岩盤の単位体積重量を算出すると、

設計 N 値 N=246

$$\gamma t = 1.173 + 0.4 \times \log (97) \quad (\text{tf/m}^3) \quad [\times 9.807 \text{kN/m}^3]$$

$$\approx 21 \text{ kN/m}^3$$

(3) せん断定数

土のせん断定数「粘性土の粘着力」「砂質土のせん断抵抗角」を 表 5.1(7) に示す。
また、せん断定数の設定根拠を次頁より示した。

表 5.1 (7) せん断定数の設計値

時代	土層	記号	設計N値	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 C (kN/m ²)	適用	
第四紀	更新世	埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	5	25	32	三軸圧縮試験結果より
	更新世	支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	37	42	-	N値推定式 $15 + \sqrt{20N}$ より
		支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Sw _t	246	21	455	岩盤_N値との相関より

○土のせん断定数

① 粘着力 C (kN/m²)

埋土層では三軸圧縮試験を実施していることから、試験結果による C を設計値とする。

$$\text{試験値 } C = 32.4 \text{ kN/m}^2 \quad \doteq \quad 32 \text{ kN/m}^2$$

なお、N 値との関係「 $C_u = (6 \sim 10) \cdot N$ 」より、「 $C_u = 6 \cdot N$ 」で推定した場合、

$$C = 6 \times 5 = 30 \text{ kN/m}^2$$

となり、試験値の近似となる事から、試験結果は妥当と判断した。

※火山灰(Sv)は、砂質火山灰であることから、粘着力は考慮しない。

② せん断抵抗角

砂質土のせん断抵抗角は、Nより下式で推定した。

$$\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} \quad (^\circ)$$

((社)日本建築学会:建築基礎構造設計指針, p. 113, 2001. 10 より)

なお、N値5以下での内部摩擦角は、一般的な内部摩擦角の最低値 $\phi = 25^\circ$ として設定する。
また、砂質土における粘着力 C は設定しないものとする。

$$\begin{array}{ll} \text{BS層} \rightarrow \text{N値による推定} & \phi = \sqrt{20 \times 5} + 15 \quad \doteq \quad 25^\circ \\ & \text{三軸試験結果} & \phi = 24.8^\circ \end{array}$$

$$\phi = 25^\circ \text{ とする。}$$

$$\text{Sv層} \rightarrow \phi = \sqrt{20 \times 37} + 15 \quad \doteq \quad 42^\circ$$

○岩盤のせん断定数

岩盤の粘着力 C (kN/m^3)及びせん断抵抗角 ϕ ($^\circ$)は、前掲『5.1.2. (1)設計N値』にまとめられている設計N値(換算N値)により、表5.1(8)に示すN値とせん断定数の関係より求められる。

当該調査では、凝灰角礫岩の推定式を用いて設計値を設定した。

表 5.1 (8) N 値とせん断定数の関係

強度定数	岩種	砂岩・礫岩 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩 凝灰角礫岩
粘着力 c (kN/m^2) (標準偏差)		$15.2 N^{0.327}$ (0.218)※	$25.3 N^{0.334}$ (0.384)※	$16.2 N^{0.606}$ (0.464)※
せん断抵抗角 ϕ ($^\circ$) (標準偏差)		$5.10\log N + 29.3$ (4.40)	$6.82\log N + 21.5$ (7.85)	$0.888\log N + 19.3$ (9.78)

※標準偏差は対数軸上の値 (地盤調査の方法と解説 H16.6 P.267 より)

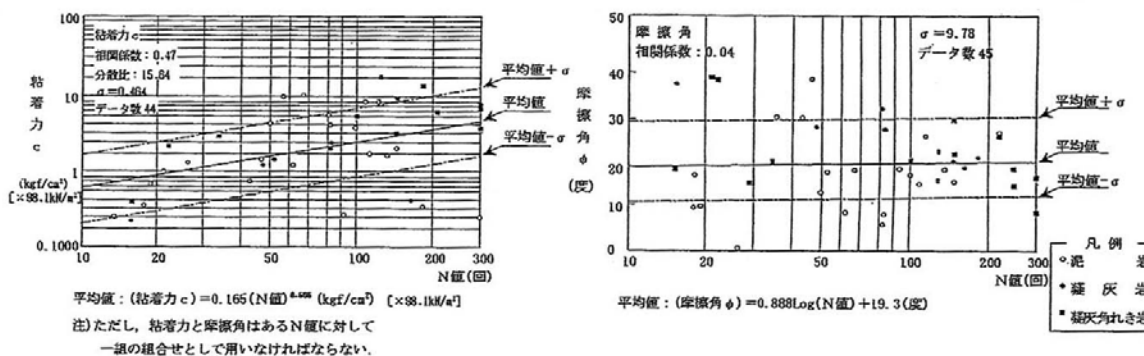


図 5.1 (2) 岩盤のせん断定数の測定例 (泥岩・凝灰岩・凝灰角礫岩類)

(地盤調査の方法と解説 H16.6 P.267 より)

(4) 変形係数

各土層の変形係数を設定し表 5.1 (9)に示した。

表 5.1 (9) 変形係数 $\alpha \cdot E_0$ の設計値

時代	土層	記号	設計N値	変形係数 (kN/m ²)	適用	
第四紀	完 新 世	埋土層 (火山灰質シルト) (火山灰)	Bs	5	14,000	N値推定式 2800Nより
	更 新 世	支笏火山噴出物 (火山灰)	Sv	37	103,600	N値推定式 2800Nより
		支笏火山噴出物 (溶結凝灰岩)	Swt	246	474,800	岩盤 N値との相関より

※上表の変形係数は、表 5.1(10)に示す係数值 α を乗じた変形係数 $\alpha \cdot E_0$ を示す。

表 5.1(10) 変形係数と係数值 α

次の試験方法による変形係数 E_0 (kN/m ²)	α	
	常時	地震時
直径 30cm の剛体円盤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
ボーリング孔内で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸また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 $E_0=2800N$ で推定した変形係数	1	2

○土の変形係数

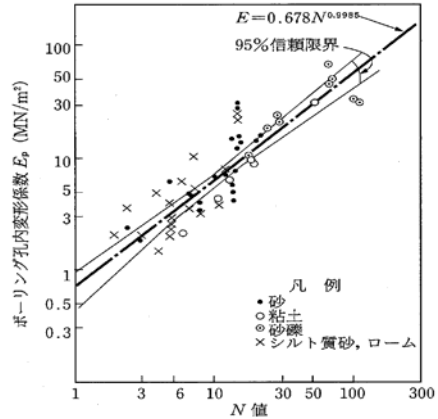
土砂や岩盤の変形係数の実測値は、孔内水平載荷試験等により求められるが、今回はそれらの試験を実施していないため、N値に基づく一般的な相関式により算出した。孔内水平載荷試験を実施していない土層の土の変形係数 E は、N 値と孔内水平載荷試験による変形係数 E の関係より、設計 N 値を用いて次式により推定した。

$$E = 678 \times N^{0.9985} \approx 700 \cdot N \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに、

E : 変形係数 (kN/m²)
(孔内水平載荷試験)

N : 標準貫入試験結果の N 値

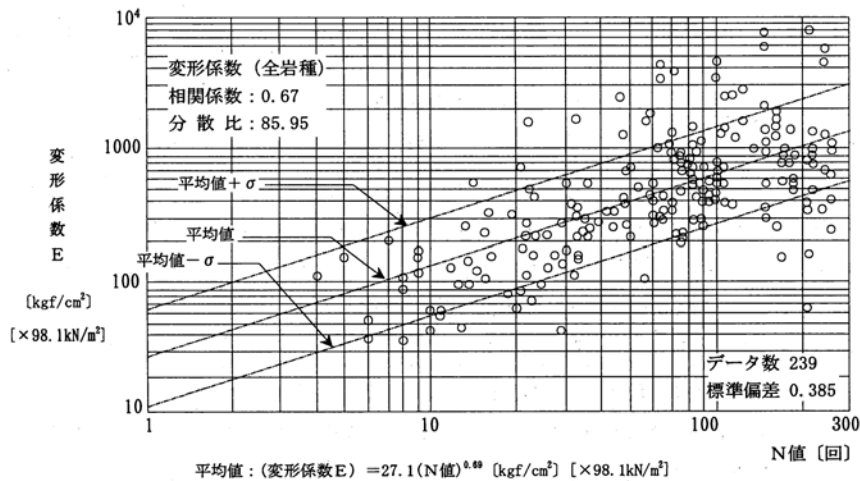


(地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会 P268 より)

○岩盤の変形係数

岩の変形係数 Ep は、換算 N 値と変形係数 Ep の関係より、設計 N 値から次式で推定した。

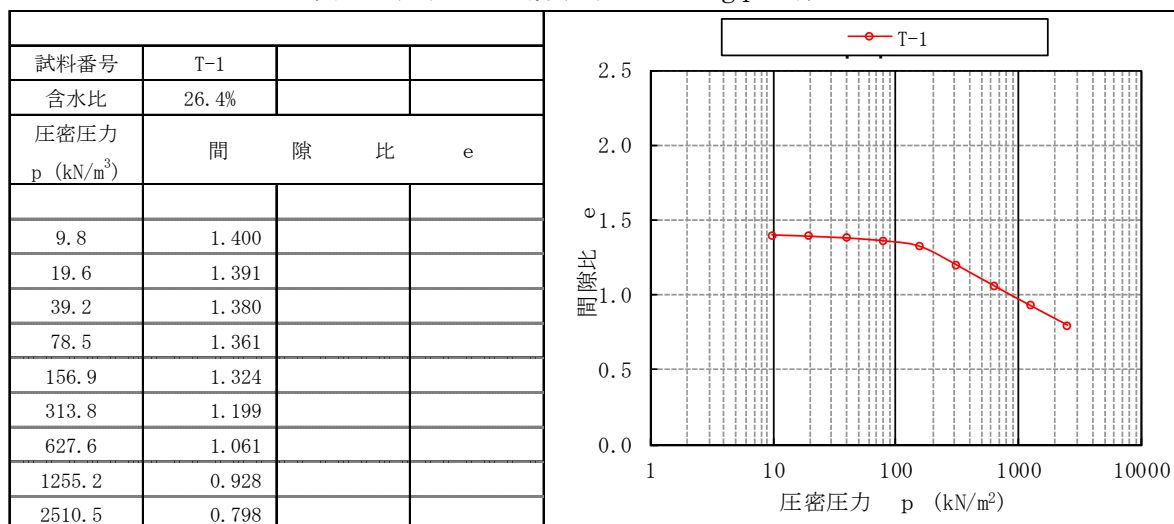
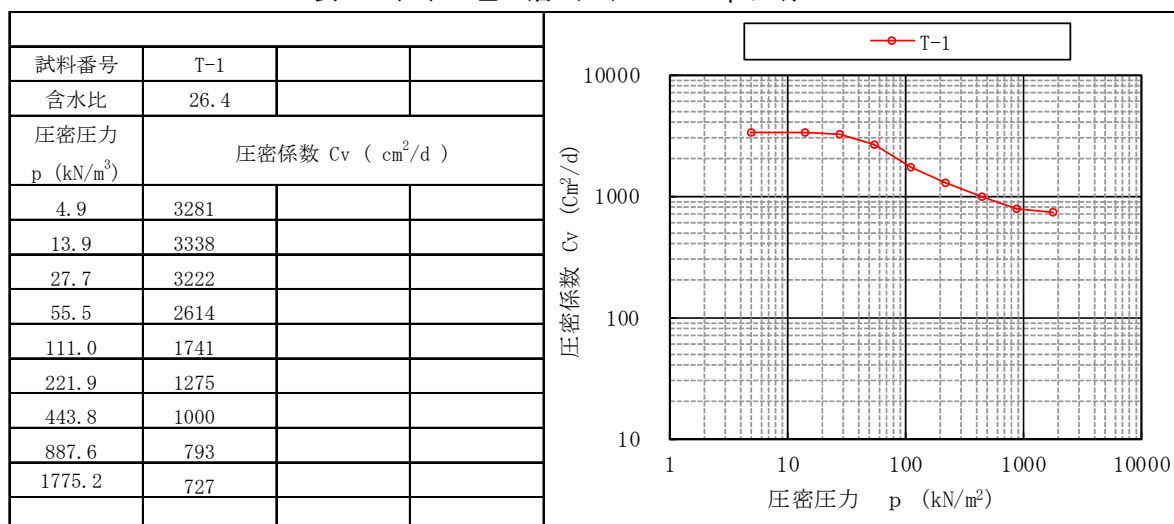
$$E_p = 27.1 \times N^{0.69} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 98.1 \text{ kN/m}^2$$



(NEXCO 設計要領 第二集 橋梁建設編 H24.7 2-2-4 岩盤の設計用地盤定数 より)

(5) 設計圧密曲線

圧密試験結果による左岸側(B-2 孔)の粘性土層 1 (Ac1) の「 $e \sim \log p$ 曲線」および「 $\log C_v \sim \log p$ 曲線」の設計曲線および設計曲線値を表 5.1(11) (12)にまとめた。

表 5.1(11) 埋土層(Bs)の $e \sim \log p$ 曲線表 5.1(12) 埋土層 (Bs) の $C_v \sim p$ 曲線

5. 2. 切土勾配および床掘り勾配

想定される掘削土は、埋土(Bs), 火山灰(Sv)が対象土と想定される。

切土に対する標準のり勾配は、斜面を構成する土質や斜面状況から表 5.2 (1)に示す「道路土工 切土工・斜面安定工指針」における『切土に対する標準のり面勾配』より決定し、直高 5m 毎に幅 1m 程度の小段を設けるものとする。

また、床掘り勾配は、表 5.2(2)に示す床掘り勾配の標準値と対比し、高さ 5m 毎に幅 1m の小段を設けたうえで、高さ 5m 以下では床掘り勾配 1 : 0.5 以上、高さ 5m 以上では床掘り勾配 1 : 0.6 を設けるものとする。

表 5.2(1) 切土に対する標準のり面勾配

地山の土質		切土高	勾配	標準値
硬岩	硬岩		1:0.3 ~ 1:0.8	
軟岩	軟岩 II		1:0.5 ~ 1:1.2	
	軟岩 I		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	1:1.0
		5~10m	1:1.0 ~ 1:1.2	1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0 ~ 1:1.2	1:1.0
		5~10m	1:1.2 ~ 1:1.5	1:1.2
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 (シルトを含む)	5m以下	1:0.8 ~ 1:1.2	1:1.0	
	5~10m		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		

表 5.2(2) 土質区分と標準床掘り勾配

土質区分	掘削面の高さ	床掘り勾配	小段の幅
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
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	-----
軟岩 I・軟岩 II	全掘削高 5m以上	1 : 0.6	下から H = 5m 毎に 1m
	1m未満	直	-----
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
火山灰	5m未満	1 : 0.5	-----
	全掘削高 5m以上	1 : 0.7	下から H = 5m 毎に 1m
泥炭	2m未満	直	-----
	2m以上 5m未満	1 : 0.3	-----
	全掘削高 5m以上	1 : 0.5	下から H = 5m 毎に 1m
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

注) 1. 上記により難しい場合は、別途考慮できる。

2. 本表は標準であり、斜面や道路、建築物等が近接しているなど、現場の条件その他の理由で本表によれない場合は別途考慮すること。

3. 長期間放置する場合は除く。

(北海道建設部 数量算出要領 H22.10 より)

5. 3. 掘削土の再利用について

事業地内の掘削予定範囲において、掘削土の盛土材料への流用の適用性を判断する目的で、ピット掘削にて試料を採取し、締固め試験を実施した。

試験の結果、採取土は最適含水比と自然含水比が近似するほか、液性・塑性限界試験の結果より得られる液性指数に優れ、締固め効率の良い盛土・埋土に適した材料であると判断される。

ただし、ピット掘削において、拳大～人頭大の玉石が、非常に多く混入することが確認され、室内試験に用いる試料としては、これら玉石を取り除いて試験を実施している。

(試験モールドに玉石が入らない為)

施工時において、埋戻しに流用するには、これら玉石を取り除くなどの粒度調整が必要となるが、粒度調整に必要とされる時間とコストに対して、場外からの土砂搬入のコストが優位となる可能性もあることから、設計計画において掘削土の再利用についてはの検討を実施されたい。

※結 論

掘削土砂は、多量に混入する玉石を除外すれば、良い埋土材・盛土材である。

↓

玉石を取り除く粒度調整が必要

↓

粒度調整を場内で実施するには、時間・労力・コスト・分別スペースが必要となる。

↓

購入土・他工事残土など、場外搬入土が経済的な可能性もある。

↓

設計計画において、現場流用土 or 場外搬入土について、検討課題とする。

5. 4. 圧密沈下解析

事業地内全域に分布する埋土層 (Bs) は粘性土質のため、圧密沈下が懸念されたことから、圧密沈下の程度を把握することを目的に、シンウォールサンプリングによって試料を採取して圧密試験を実施した。

この結果を基に、圧密沈下解析を実施し、事業地内での沈下発生の有無を取りまとめる。

(1) 荷重条件

当該事業において、地盤に作用する荷重は、多々の条件があることから、一概に荷重設定することは難しいことから、複数の歳荷重を設定して圧密沈下量を算出ものとした。

地盤に作用する荷重

ケース①	10 kN/m ²
ケース②	30 kN/m ²
ケース③	50 kN/m ²
ケース④	100 kN/m ²

上記の 4 ケースについて沈下量の算出を実施する。

(2) 沈下対象土層

沈下対象土層は、埋土層 (Bs) とし、埋土層の層厚は、全ボーリング孔の平均層厚とする。

表 5.4(1). 平均層厚の算出

土層	記号	層厚 (m)								
		H29-No1	H29-No2	H29-No3	H29-No4	H29-No5	H29-No6	最少	最大	平均
埋土層	Bs	4.00	1.40	4.25	5.25	7.00	5.25	1.40	7.00	4.53
火山灰層	Av	8.00	5.00	1.10	0.85	1.00	2.75	0.85	8.00	3.12
溶結凝灰岩	Swt	5.00	4.64	4.65	4.90	5.00	5.04	4.64	5.04	4.87

(3) 地下水位

ボーリングより、地下水位は埋土層には分布しないものとして解析を実施する。

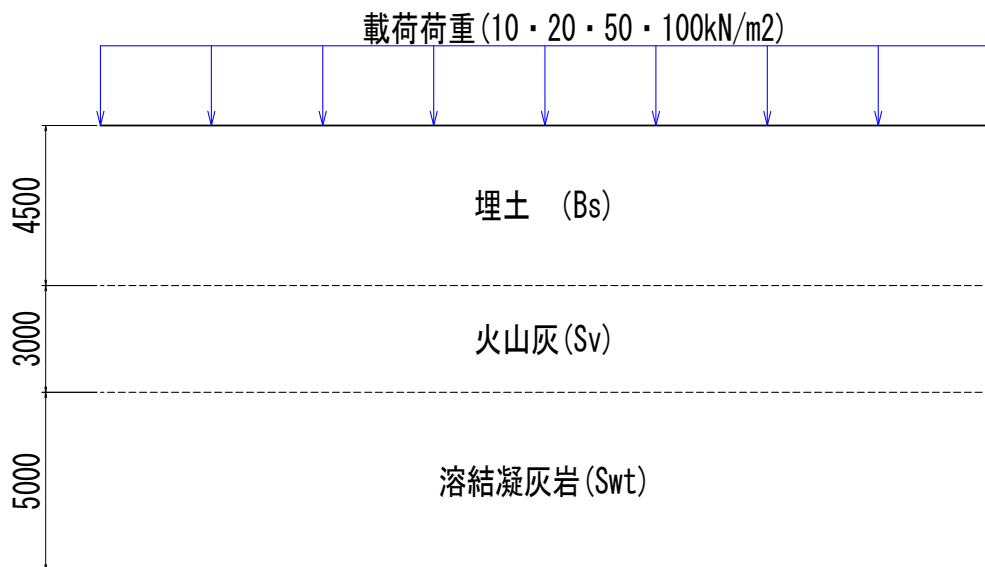
(4) 各層の土質定数

各土層の土質定数は、「5.1.1. 設計土質定数一覧表」に示す土質定数によって解析を行う。

(5) 載荷条件と沈下量

載荷重条件は計画荷重の瞬間載荷とし、これによる最終沈下量を算出する。
(載荷時間 (盛土期間など) を考慮しない)

(6) 解析モデル図



(7) 沈下計算結果

各ケースの最終沈下量を以下に示す。

なお、各ケースにおける圧密沈下の計算は、巻末資料にとりまとめた。

ケース①	載荷重	10kN/m ²	沈下量	0.6 cm
ケース②	載荷重	30kN/m ²	沈下量	1.6 cm
ケース③	載荷重	50kN/m ²	沈下量	2.5 cm
ケース④	載荷重	100kN/m ²	沈下量	4.1 cm

(8) 解析結果

圧密沈下解析の結果、100 kN/m² (10t/m²) の荷重においても、沈下量4cmとわずかな沈下量である結果が得られた。

埋土層 (Bs) は、粒度試験結果から、礫分を除く砂分・シルト分がほぼ均等であり、一般に大きな沈下量が生じる軟弱粘性土には該当しない土層である。

含水比も25%程度と、砂質土に近い含水比であり、大きな沈下量は発生しないと想定される。

以上より、当該事業地内に分布する埋土層 (Bs) は、増加荷重による圧密沈下量はわずかな沈下量であり、設計計画において圧密沈下対策を考慮した工法等の検討は不要である。

5. 5. すべり破壊解析

事業地内全域に分布する埋土層(Bs)は粘性土質であり、切土整形後の切土斜面や盛土整形後の盛土斜面において、すべり破壊が生じることが懸念されることから、すべり破壊解析を実施し、事業地内における切土および盛土工時における、一般盛土勾配・切土勾配にて安全率を満足するかの照査を行う。

(1) 解析の斜面勾配

事業の施工における切土斜面・盛土斜面の勾配は表 5.5 (1) (2) に示す標準勾配で施工されるものとして、切土勾配は砂質土・粘性土の標準勾配より 1 : 1.0 とし、盛土勾配は砂質土・粘性土の標準勾配より 1 : 1.5 として解析する。

→ モデル化断面にて 1 : 1.0 および 1 : 1.5 の斜面を仮想してすべり解析を行う。

表 5.5 (1) 切土に対する標準のり面勾配

地山の土質		切土高	勾配	標準値
硬岩	硬岩		1 : 0.3~1 : 0.8	
軟岩	軟岩 II		1 : 0.5~1 : 1.2	
	軟岩 I		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	1 : 1.0
		5~10m	1 : 1.0~1 : 1.2	1 : 1.2
砂質土	密実でないもの	5m以下	1 : 1.0~1 : 1.2	1 : 1.0
		5~10m	1 : 1.2~1 : 1.5	1 : 1.2
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	(シルトを含む)	5m以下	1 : 0.8~1 : 1.2	1 : 1.0
		5~10m		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	

表 5.5 (2) 盛土に対する標準のり面勾配

盛土材料	盛土高さ (0) m	勾配	標準値
粒度の良い砂(S)・れきおよび細粒分混じりれき(G)	5m以下	1 : 1.5~1 : 1.8	1 : 1.5
	5~15m	1 : 1.8~1 : 2.0	1 : 1.8
粒度の悪い砂(SG)	10m以下	1 : 1.8~1 : 2.0	1 : 1.8
岩塊(ずりを含む)	10m以下	1 : 1.5~1 : 1.8	1 : 1.5
	10~20m	1 : 1.8~1 : 2.0	1 : 1.8
砂質土(SF)・硬い粘土質・硬い粘土(洪積層の硬い粘土質・粘土など)・火山灰	5m以下	1 : 1.5~1 : 1.8	1 : 1.5
	5~10m	1 : 1.8~1 : 2.0	1 : 1.8
火山灰質粘性土(V)	5m以下	1 : 1.8~1 : 2.0	1 : 1.8

(2) 各土層の平均層厚

各土層の層厚は、全ボーリング孔の平均層厚とする。

表 5.5(3) 平均層厚の算出

土層	記号	層厚 (m)								
		H29-No1	H29-No2	H29-No3	H29-No4	H29-No5	H29-No6	最少	最大	平均
埋土層	Bs	4.00	1.40	4.25	5.25	7.00	5.25	1.40	7.00	4.53
火山灰層	Av	8.00	5.00	1.10	0.85	1.00	2.75	0.85	8.00	3.12
溶結凝灰岩	Swt	5.00	4.64	4.65	4.90	5.00	5.04	4.64	5.04	4.87

(3) 地下水位

ボーリングより、地下水位は埋土層に内には分布しないものとして解析を実施する。

(4) 各層の土質定数

各土層の土質定数は、「5.1.1. 設計土質定数一覧表」に示す土質定数によって解析を行う。

(5) 計画安全率

想定される切土斜面および盛土斜面の計画安全率は、 $FS=1.20$ 以上を満足する計画とする。

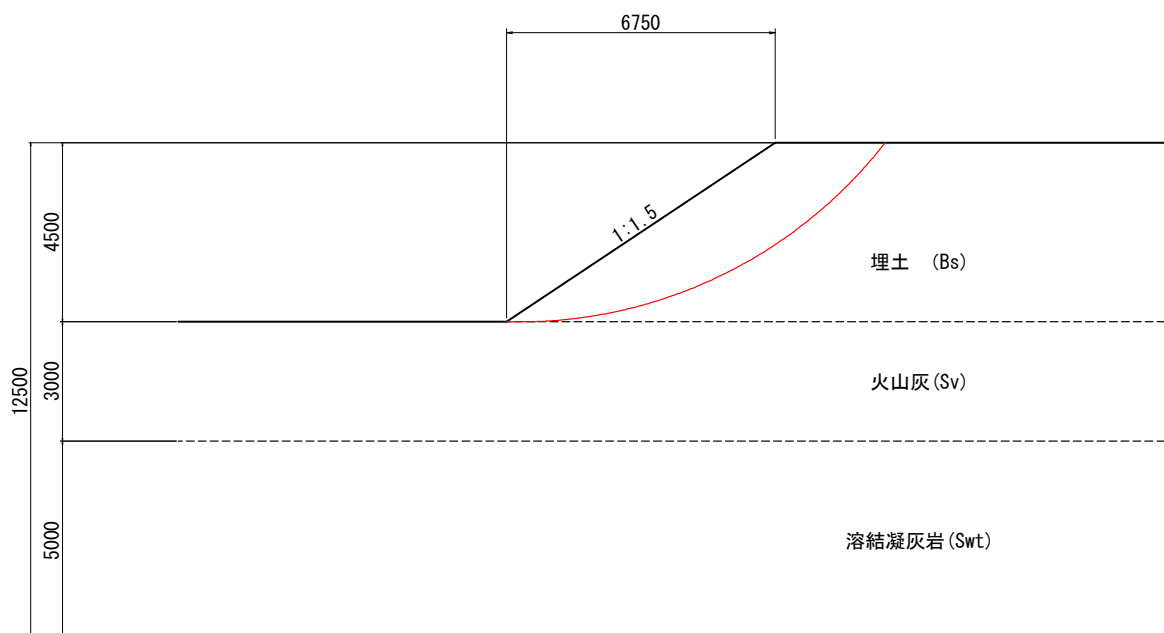
(6) 斜面の高さ

埋土層の平均層厚は、 $H=4.5m$ である。

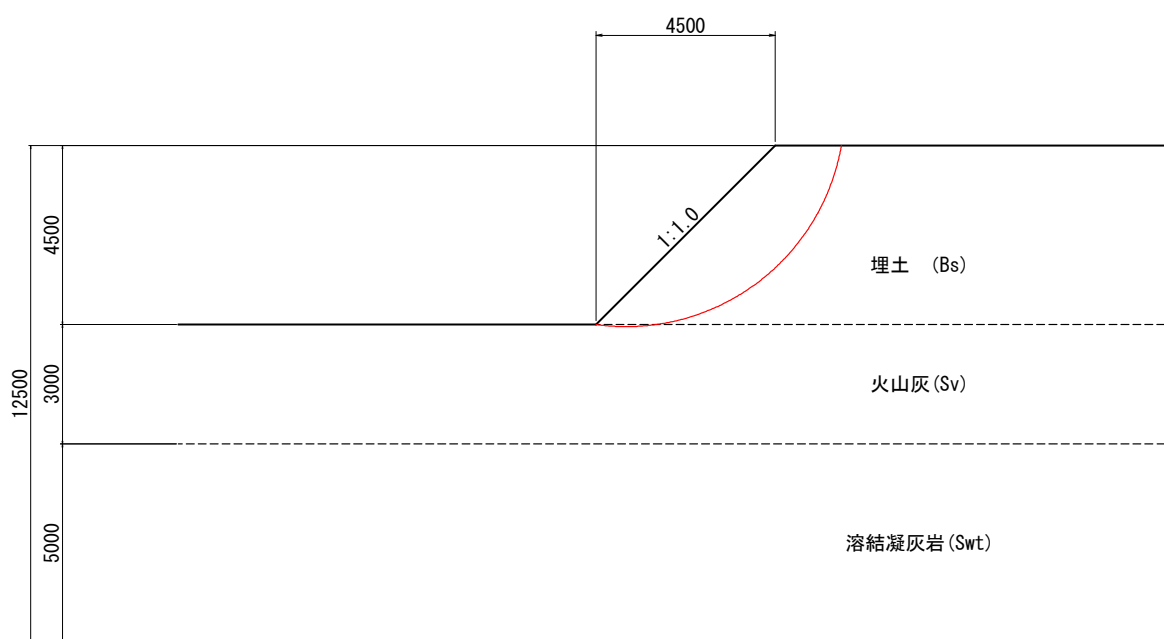
事業における最大切土高および最大切土高は、盛土層平均層厚が最大値と想定して、斜面高は $4.5m$ として解析を行う。

(7) 解析モデル図

○盛土斜面の解析モデル



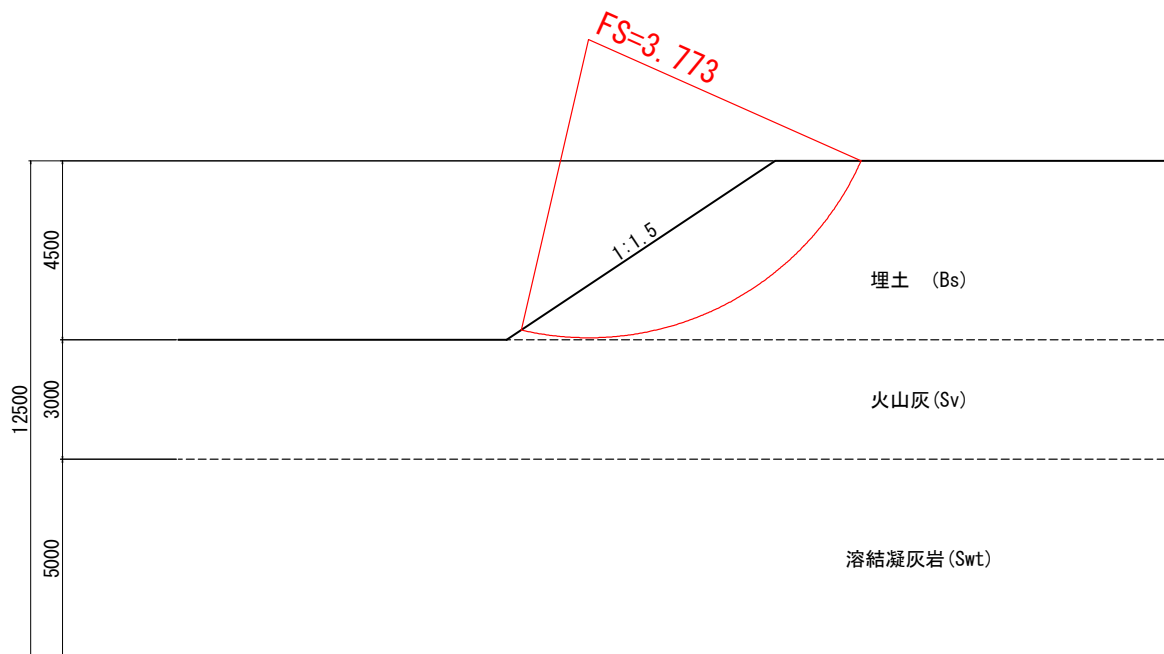
○切土斜面の解析モデル



(8) すべり計算結果

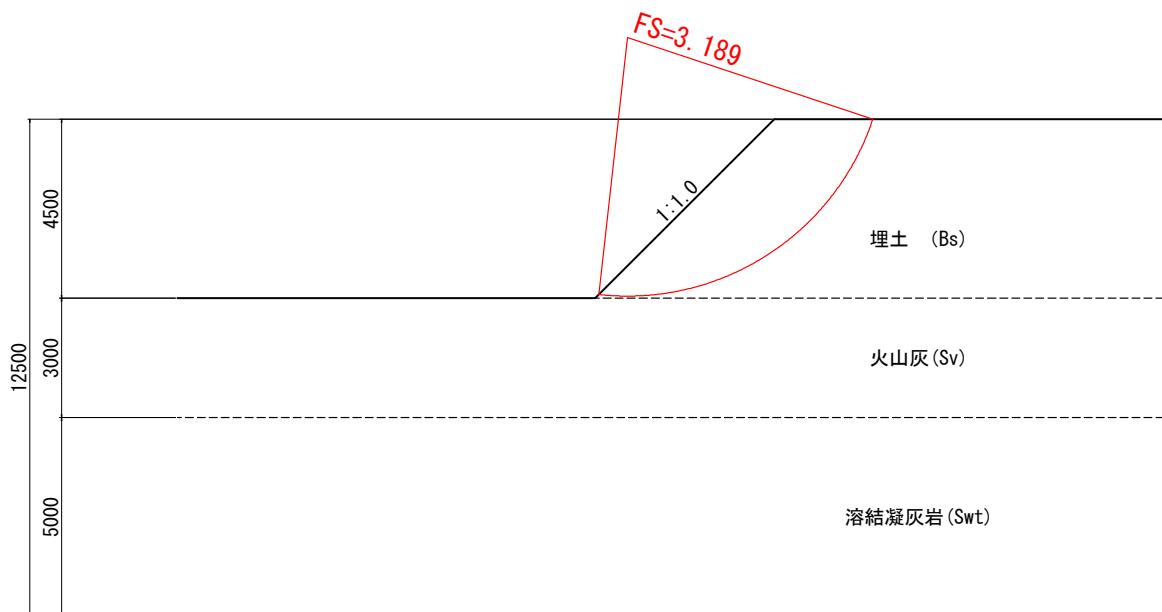
○盛土斜面の計算結果

最少安全率 $F = 3.19 \geq F_s = 1.20 \dots \text{OK!}$



○切土斜面の計算結果

最少安全率 $F = 3.19 \geq F_s = 1.20 \dots \text{OK!}$



(9) 解析結果

すべり解析の結果、埋土層(Bs)は、施工における切土・盛土の標準勾配に対して、十分な安全率を満足する結果が得られた。

ここでは、最大斜面高 4.5mとして解析を行ったが、標準値に対する安全を確認できたことから、この高さを超える場合は、各設計指針に記載される標準勾配の適用を満足することで、すべり安全率も満足できると想定される。

なお、高さが 5.0m を超える場合には、1 m以上の小段を設けるなど、各設計指針に準拠した設計計画を実施すればよい。

5. 6. 設計・施工時の留意点

(1) 設計土質定数について

当該調査では、埋土層(Bs)において、シンウォールサンプリングによって試料を採取して室内土質試験を実施しているほか、ピット掘削による採取試料での物理試験を実施している。

各種設計用土質定数は、試験値を適用可能な土層では試験値を用い、その他土層では標準貫入試験によるN値分布状況により、一般値を参照して設定した土質定数であることに留意されたい。

(2) 圧密沈下について

埋土層(Bk)にて圧密沈下解析を実施した結果、沈下量はわずかであることが確認された。よって、設計計画においては、沈下対策を考慮した工法の選定・検討は必要ない。

ただし、局所的に大きな荷重が計画される場合や、施工時にボーリング調査では確認されていない軟弱粘性土などが確認された場合については監督員と協議の上で、対応を協議されたい。

(3) 切土勾配および盛土勾配について

埋土層(Bk)について、標準切土勾配および標準盛土勾配におけるすべり解析を実施した結果、十分な安全率が確認されたことから、当該事業地内における埋土層(BS)に対する切土・盛土の勾配は、各設計指針等に記載される標準勾配を用いて計画してよい。

ただし、降雨等による地下水位の変動などにより、部分的に非常に緩い状態となることも想定されるため、掘削時の地山状況を十分に確認するとともに、床掘り面の緩みや、湧水の発生などが生じた場合には、監督員と協議のうえで、勾配を緩くするなどの対応をする必要がある。なお、標準勾配よりも急な勾配での切土および床掘りを計画する場合は、その適用性を十分に検討のこと。

(4) 埋土層(Bk)の掘削土の利用について

施工時において、埋戻しに流用するには、玉石を取り除くなどの粒度調整が必要であり、粒度調整が必要とされる時間・コストに対して、場外からの土砂搬入のコストが優位となる可能性もあることから、設計計画において掘削土の再利用についてはの検討を実施されたい。

(5) 発生土の利用について

調査地では工事に伴う床掘りにより建設発生土が発生する。建設発生土について国土交通省「発生土利用基準について (H18. 10)」が通達され、発生土の区分による流用土としての適用性が示されている。

当概計画箇所が発生する建設発生土の土質は、砂質土となるが、建設発生土利用基準の「土質区分基準」に従って区分して以下のようにまとめた。

・発生土の区分

埋土 (Bs)

発生土のうち自然地盤では無い埋土 (Bs) であるが、礫分を多く含む砂質シルトまたはシルト質砂かで構成され、第3種建設発生土として評価することが出来る。

ただし、拳大～人頭大の玉石を多く含むことから粒度調整が必要である。

・発生土の適用用途

盛土 (Bs)、第3種建設発生土に評価できるが、玉石を多く含むことから、そのままの状態では流用土砂として利用することは難しい。

玉石を除去する作業が生じるもの、粒度調整後の材料は、良好な盛土・埋土として利用が可能である。

(『 発生土利用基準について 』 より抜粋)

表－1 土質区分基準

区分 (国土交通省令)*1)	細区分*2), 3), 4)	コーン 指数 qc*5) (kN/m ²)	土質材料の工学的分類*6), 7)		備考*6)	
			大分類	中分類 土質 {記号}	含水比 (地山) wn (%)	掘削 方法
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	-	礫質土	礫 {G}、砂礫 {GS}	-	*排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、1ランク下の区分とする。 *水中掘削等による場合は、2ランク下の区分とする。
	第1種改良土*8)		砂質土	砂 {S}、礫質砂 {SG}		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種	800 以上	人工材料	改良土 {I}	-	
	第2b種		礫質土	細粒分まじり礫 {GF}	-	
	第2種改良土		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの)	第3a種	400 以上	人工材料	改良土 {I}	-	
	第3b種		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	第3種改良土		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	40%程度以下	
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの(第3種建設発生土を除く))	第4a種	200 以上	火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
	第4b種		人工材料	改良土 {I}	-	
	第4種改良土		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
			粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	40~80%程度	
泥土*10), *9)	泥土 a	200 未満	火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
	泥土 b		有機質土	有機質土 {O}	40~80%程度	
			人工材料	改良土 {I}	-	
	泥土 c		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
			粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	80%程度以上	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
			有機質土	有機質土 {O}	80%程度以上	
			高有機質土	高有機質土 {Pt}	-	

- * 1) 国土交通省令(建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令59、建設業に属する事業を行う者の指定副産物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令60)においては区分として第1種~第4種建設発生土が規定されている。
- * 2) この土質区分基準は工学的判断に基づく基準であり、発生土が産業廃棄物であるか否かを決めるものではない。
- * 3) 表中の第1種~第4種改良土は、土(泥土を含む)にセメントや石灰を混合し化学的安定処理したものである。例えば第3種改良土は、第4種建設発生土または泥土を安定処理し、コーン指数400kN/m²以上の性状に改良したものである。
- * 4) 含水比低下、粒度調整などの物理的な処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行った場合は、改良土に分類されないため、処理後の性状に応じて改良土以外の細区分に分類する。
- * 5) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーンペネトロメーターで測定したコーン指数(表-2参照)。
- * 6) 計画段階(掘削前)において発生土の区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、土質材料の工学的分類体系((社)地盤工学会)と備考欄の含水比(地山)、掘削方法から概略の区分を選定し、掘削後所定の方法でコーン指数を測定して区分を決定する。
- * 7) 土質材料の工学的分類体系における最大粒径は75mmと定められているが、それ以上の粒径を含むものについても本基準を参照して区分し、適切に利用する。
- * 8) 砂及び礫と同等の品質が確保できているもの。
- * 9) ・港湾、河川等のしゅんせつに伴って生ずる土砂その他これに類するものは廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではない。(廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について 昭和46年10月16日 環整43 厚生省通知)
・地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり、土砂は廃棄物処理法の対象外である。(建設工事等から生ずる廃棄物の適正処理について 平成13年6月1日 環廃産276 環境省通知)
・建設汚泥に該当するものについては、廃棄物処理法に定められた手続きにより利用が可能となり、その場合「建設汚泥処理土利用技術基準」(国官技第50号、国官総第137号、国営計第41号、平成18年6月12日)を適用するものとする。

表－2 土質区分判定のための調査試験方法

判定指標*1)	試験方法	規格番号・基準番号
コーン指数*2)	締め固めた土のコーン指数試験方法	JIS A 1228
土質材料の工学的分類	地盤材料の工学的分類方法	JGS 0051
自然含水比	土の含水比試験方法	JIS A 1203
土の粒度	土の粒度試験方法	JIS A 1204
液性限界・塑性限界	土の液性限界・塑性限界試験方法	JIS A 1205

- * 1) 改良土の場合は、コーン指数のみを測定する。
- * 2) 1層ごとの突固め回数は、25回とする。(参考表参照)

(『 発生土利用基準について 』 より抜粋)

表－3 適用用途標準 (1)

区分	適用用途	工作物の埋戻し		建築物の埋戻し ^{※1}		土木構造物の裏込め		道路用盛土			
		評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	路床		路体	
								評価	留意事項	評価	留意事項
第 1 種 建設発生土 (破砕及びこれらに準ずるもの)	第 1 種	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意
	第 1 種改良土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
第 2 種 建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第 2a 種	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
	第 2b 種	◎	細粒分含有率注意	◎		◎	細粒分含有率注意	◎		◎	
	第 2 種改良土	◎		◎	表層利用注意	◎		◎		◎	
第 3 種 建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの)	第 3a 種	○		◎	施工機械の選定注意	○		○		◎	施工機械の選定注意
	第 3b 種	○		◎	施工機械の選定注意	○		○		◎	施工機械の選定注意
	第 3 種改良土	○		◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	○		○		◎	施工機械の選定注意
第 4 種 建設発生土 (粘性土及びこれらに準ずるもの)	第 4a 種	○		○		○		○		○	
	第 4b 種	△		○		△		△		○	
	第 4 種改良土	△		○		△		△		○	
粘土	粘土 a	△		○		△		△		○	
	粘土 b	△		△		△		△		△	
	粘土 c	×		×		×		×		△	

【評 価】

- ◎ : そのままで使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意を示した。
- : 適切な土質改良 (含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等) を行えば使用可能なもの。
- △ : 評価が○のものと比較して、土質改良にコスト及び時間がより必要なもの。
- × : 良質土との混合などを行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの。

土質改良の定義

含水比低下 : 水切り、天日乾燥、水位低下掘削等を用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの。
 粒度調整 : 利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗粒分の付加やふるい選別を行うことで利用可能となるもの。
 機能付加・補強 : 固化材、水や軽量材等を混合することにより発生土に流動性、軽量性などの付加価値をつけることや補強材等による発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの。
 安定処理等 : セメントや石灰による化学的安定処理と高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの。

【留意事項】

- 最大粒径注意 : 利用用途先の材料の最大粒径、または一層の仕上り厚さが規定されているもの。
- 細粒分含有率注意 : 利用用途先の材料の細粒分含有率の範囲が規定されているもの。
- 礫混入率注意 : 利用用途先の材料の礫混入率が規定されているもの。
- 粒度分布注意 : 液状化や土粒子の流出などの点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの。
- 透水性注意 : 透水性が高く、難透水性が要求される部位への利用は適さないもの。
- 表層利用注意 : 表面への露出により植生や築造等に影響を及ぼすおそれのあるもの。
- 施工機械の選定注意 : 過転圧などの点で問題があり、締固め等の施工機械の接地圧に注意を要するもの。
- 淡水域利用注意 : 淡水域に利用する場合、水域の pH が上昇する可能性があり、注意を要するもの。

【備 考】

- 本表に例示のない適用用途に発生土を使用する場合は、本表に例示された適用用途の中で類似するものを準用する。
- ※1 建築物の埋戻し : 一定の強度が必要な埋戻しの場合は、工作物の埋戻しを準用する。
- ※2 水面埋立て : 水面上へ土砂等が出た後については、利用目的別の留意点 (地盤改良、締固め等) を別途考慮するものとする。

(『発生土利用基準について』より抜粋)

表－3 適用用途標準(2)

区分	適用用途	河川築堤				土地造成			
		高規格堤防		一般堤防		宅地造成		公園・緑地造成	
		評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項
第1種 建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○		◎	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	◎	表層利用注意
	第1種改良土	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○		◎	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	◎	表層利用注意
第2種 建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 粒度分布注意 透水性注意 表層利用注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意 透水性注意	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	◎	表層利用注意
	第2b種	◎	粒度分布注意	◎	粒度分布注意	◎		◎	
	第2種改良土	◎	表層利用注意	◎	表層利用注意	◎	表層利用注意	◎	表層利用注意
第3種 建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの)	第3a種	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意
	第3b種	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意
	第3種改良土	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意
第4種 建設発生土 (粘性土及びこれらに準ずるもの)	第4a種	○		○		○		○	
	第4b種	○		○		○		○	
	第4種改良土	○		○		○		○	
粘土	粘土a	○		○		○		○	
	粘土b	△		△		△		△	
	粘土c	×		×		×		△	

参考表 コーン指数(qc)の測定方法

供試体の作製	試料	4.75mmふるいを通過したもの。 ただし、改良土の場合は9.5mmふるいを通過させたものとする。
	モールド	内径 100±0.4mm 容量 1,000±12 cm ³
	ランマー	質量 2.5±0.01kg
	突固め	3層に分けて突き固める。各層ごとに30±0.15cmの高さから25回突き固める。
測定	コーンペネトロメーター 貫入速度	底面の断面積 3.24 cm ² 、先端角度 30度のもの。 1cm/s
	方法	モールドをつけたまま、鉛直にコーンの先端を供試体上端部から5cm、7.5cm、10cm貫入した時の貫入抵抗力を求める。
計算	貫入抵抗力	貫入量 5cm、7.5cm、10cm に対する貫入抵抗力を平均して、平均貫入抵抗力を求める。
	コーン指数(qc)	平均貫入抵抗力をコーン先端の断面積 3.24 cm ² で除する。

注) ただし、ランマーによる突固めが困難な場合は、粘土と判断する。