

白石建設 有限会社 御中

築堤材料検討業務

報告書

2020年8月

株式会社中研コンサルタント
大阪技術センター 地盤グループ

1. はじめに

本築堤工事ではスラッジ微粉末の有効利用のため、改良土にスラッジ微粉末を混合した再生鋼土を使用することを予定している。そこで本試験では築堤材料に適した性能を有する再生鋼土の混合割合を検討した。

2. 試験概要

- 1) 業務名：築堤材料検討業務
- 2) 施工者：白石建設有限会社
- 3) 試験期間：2020年4月～2020年8月
- 4) 試験項目：土粒子の密度試験(JIS A 1202)
土の含水比試験 (JIS A 1203)
土の粒度試験(JIS A 1204)
土の液性塑性・塑性限界試験 (JIS A 1205)
突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)
土の一軸圧縮試験(JIS A 1216)
土の透水試験 (変水位) (JIS A 1218)
土の三軸圧縮試験 UU(JGS 0521)
土の三軸圧縮試験 CU⁻(JGS 0523)
六価クロム溶出試験 (平成3年環境庁告示第46号に定める方法)
スラッジ微粉末の化学分析 (JIS R 5202 セメントの化学分析方法)
- 5) 室内配合試験 実施機関：株式会社中研コンサルタント 大阪技術センター
地盤グループ
分析評価グループ
〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島 7-1-55
TEL.06-7668-0221/FAX.06-6556-2389
建設コンサルタント登録；第4322号

3. 築堤材料参考基準

築堤材料の性能基準は確固たるものが存在せず、自治体毎、工事毎に各々検討しているのが実情である。本試験では、岡山県農林水産部の基準を参考基準とし、項目毎に該当する土質試験を実施した。

3.1 築堤材料に適する参考基準

築堤材料の参考基準を表 3.1 に示す。

表 3.1 築堤材料参考基準

項目	材料の判定基準	目安
粒度	粒度の分布⇒粒度曲線	・高い密度を与える分布であり、適度に細粒分が含まれること。
突固め含水比	土の密度は含水比によって変わる。 最適含水比・・・15～40% 最大乾燥密度・・・1.2～1.8g/cm ³ 間隙率・・・35～55%	・土質材料の含水状態により、剪断強度、透水係数が変化する。 ・最適含水比付近では、最適含水比からやや湿潤側で透水係数が極少となる。
比重	比重は2.6以上あればまず問題ない。	
透水性	水密性・・・鋼土は 1×10^{-5} cm/secを標準とする。締固めは、室内試験と現場では1オーダー締固めは、室内試験と現場では1オーダー違うので、 1×10^{-6} cm/sec前後の不透水性材料であること。	1×10^{-6} cm/sec以下がよいが、難しいので 5×10^{-6} cm/sec以下の材料であること。
飽和度	材料の粒度で変化が激しいので、飽和度として85%以上を保持すること。	飽和度が低いと、貯水後急激に沈下減少が起こる。
剪断	剪断強さ・・・内部摩擦角によって決まる。 (UU, CU, CU _u 試験) 内部摩擦角・・・10°以下 不安定 20°以上安定 ただし、CUの場合 剪断強度は、最適含水比よりやや小さい含水比で最大となる。 粘着力は、最適含水比からやや大きい含水比の範囲で最大となる。	・見掛けの粘着力と内部摩擦角で表されるが、安定解析を行う場合には、三軸圧縮試験により求める必要がある。 ・統一分類により、ある程度剪断強さが推定できる。
液性・塑性限界	塑性図、土の塑性により分類。 塑性指数(液性限界-塑性限界) = 15以上の土が良い。	

※出典：岡山県農林水産部「農業土木専門工事共通仕様書」を参考にした。

4. 配合設計および改良土およびスラッジ微粉末の土質試験結果

4.1 配合設計に伴う必要な材料試験結果

混合割合の配合設計実施に当たり、改良土およびスラッジ微粉末の材料試験を実施した材料試験結果を表 4.1 に示す。

表 4.1 材料試験結果

材料名称	土粒子の密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	粒度分布 (%)		
			礫分	砂分	細粒分
改良土	2.686	12.7	42.3	39.8	17.9
スラッジ微粉末	2.668	57.5	0.0	31.4	68.6

4.2 配合設計

上記粒度試験結果を用いて計算した結果、改良土：スラッジ微粉末（6：4）の混合割合が最適であると判断した。計算結果では礫分 25.4%、砂分、36.4%、細粒分 38.2%となり、工学分類上は細粒分質礫質砂（SFG）となる。

改良土：スラッジ微粉末（6：4）

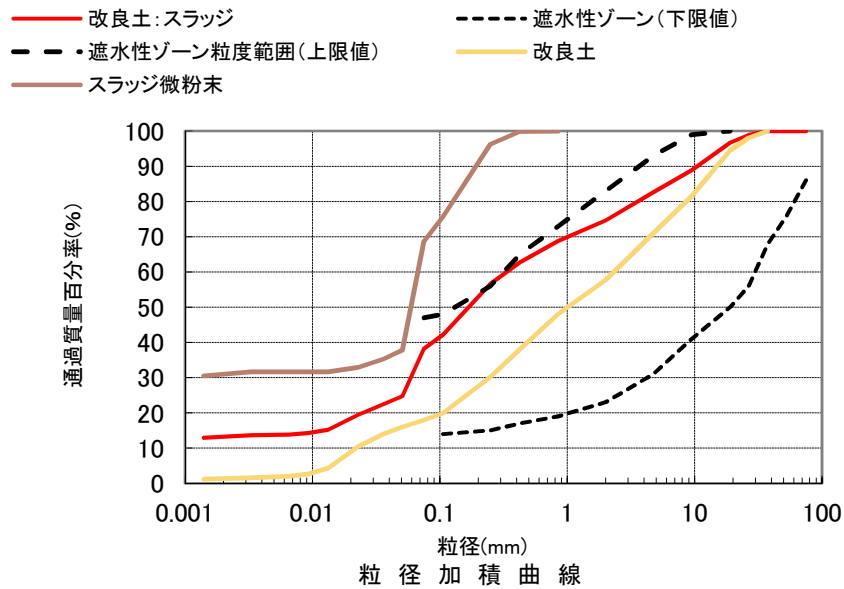


図 4.2 改良土：スラッジ微粉末（6：4）粒度曲線

改良土：スラッジ微粉末（6：4）は上限値・下限値共に満足している結果であった。現場で使用するスラッジ微粉末の使用量が若干多いと考えられるが築堤材料に適する混合割合であると考えられる。

5. 締固め試験及び透水試験結果

配合設計にて検討した改良土：スラッジ微粉末（6：4）にて各材料を質量比にて合成し材料を作成した後、締固め試験を実施した。また、締固め試験で求めた最大乾燥密度と最適含水比を参考に材料を最適含水比付近に調整後、透水試験を実施した。

CASE（割合）	締固め試験（A-C法）		透水試験（変水位）
	最適含水比 ω_{opt}	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	代表値 k 15
CASE2（6：4）	33.7%	1.330 g/cm ³	4.08×10 ⁻⁶ (cm/s)

上記の試験結果より、締固め試験での最適含水比 15～40%および最大乾燥密度 1.2～1.8g/cm³については満足する結果であった。透水試験は改良土：スラッジ微粉末（6：4）において室内目標透水係数である 5×10⁻⁶以下を満足する結果であった。

6. 決定配合における改良土：スラッジ微粉末（6：4）の各種試験結果

試験項目		判定基準	平均値	判定
粒度試験	礫分	細粒分(0.075mm以下) ≥15% 粘土分(0.005mm以下) ≥5%	25.4%	○
	砂分		36.4%	
	細粒分		38.2%	
工学的分類	—	—	細粒分質礫質砂(SFG)	
締固め試験	最大乾燥密度 ρ_{max}	1.2g~1.8g/cm ³	1.330 g/cm ³	○
	最適含水比 W_{opt}	15%~40%	33.7%	○
土粒子の密度試験	ρ_s	2.6g/cm ³ 以上	2.642g/cm ³	○
土の含水比試験	w	15~40%	%	○
透水試験	k 15	5×10 ⁻⁶ (cm/sec) 以下	4.08×10 ⁻⁶ (cm/s)	○
一軸圧縮試験	qu	—	65kN/m ²	—
三軸圧縮試験 (UU) 条件	内部摩擦角 ϕ	20° 以上安定	28.0°	○
	粘着力 C	—	46.81kN/m ²	—
(CU) 条件 全応力	内部摩擦角 ϕ	20° 以上安定	38.5°	○
	粘着力 C	—	29.43 kN/m ²	—
有効応力	内部摩擦角 ϕ	20° 以上安定	44.8°	○
	粘着力 C	—	22.43 kN/m ²	—
液性限界試験	WL	塑性指数（液性限界－塑性限界）=15以上の土 良い。	N.P	△
塑性限界試験	Wp		N.P	
塑性指数	Ip		N.P	
六価クロム溶出試験		0.05mg/L 以下	0.02mg/L 未満	○

改良土：スラッジ微粉末（6：4）の割合で各種試験を実施した結果、概ね参考基準を満足したが液性限界・塑性限界及び塑性指数が NP であり、岡山県農林水産部著「農業土木専用工事仕様書」における参考基準と合致しない結果であった。

7.参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会著「地盤材料試験の方法と解説」
- 2) 岡山県農林水産部著「農業土木専用工事仕様書」
- 3) 一般財団法人国土技術研究センター著「河川土工マニュアル 第3章」

以 上

データシート

JIS A 1202 JGS 0111	土粒子の密度試験 (検定, 測定)
------------------------	-------------------

調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 2020年 4月 28日

試験者 山本 礼乃

試料番号 (深さ)	改良土			スラッジ微粉末			
ピクノメーター No.	34	38	31	37	35	13	
ピクノメーターの質量 m_t g	52.360	52.904	53.153	53.195	51.339	47.099	
(蒸留水+ピクノメーター) 質量 m'_t g	153.358	153.065	158.894	154.509	152.974	148.526	
m'_t をはかったときの蒸留水の温度 T' °C	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
T' °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T')$ g/cm ³	0.99820	0.99820	0.99820	0.99820	0.99820	0.99820	
(試料+蒸留水+ピクノメーター) 質量 m_b g	166.034	165.709	171.680	167.081	165.501	161.059	
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³	0.99799	0.99799	0.99799	0.99799	0.99799	0.99799	
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	153.337	153.044	158.872	154.488	152.953	148.505	
試料の 炉乾燥質量	容器 No.						
	(炉乾燥試料+容器) 質量 g	20.223	20.122	20.390	20.155	20.042	20.019
	容器質量 g						
	m_s g	20.223	20.122	20.390	20.155	20.042	20.019
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		2.682	2.693	2.684	2.660	2.669	2.676
平均値 ρ_s g/cm ³		2.686			2.668		

試料番号 (深さ)						
ピクノメーター No.						
ピクノメーターの質量 m_t g						
(蒸留水+ピクノメーター) 質量 m'_t g						
m'_t をはかったときの蒸留水の温度 T' °C						
T' °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T')$ g/cm ³						
(試料+蒸留水+ピクノメーター) 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					
	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

$$m_s = \frac{\rho_w(T)}{\rho_w(T')} \times (m'_t - m_t) + m_t$$

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

調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 2020年 4月 27日

試験者 山本 礼乃

試料番号 (深さ)	改良土			スラッジ微粉末		
容器 No.						
m_a g	561.6	518.7	520.3	401.3	445.2	386.3
m_b g	515.7	472.5	476.0	303.4	330.5	293.7
m_c g	128.6	130.0	131.2	130.2	132.6	133.8
w %	11.9	13.5	12.8	56.5	58.0	57.9
平均値 w %	12.7			57.5		
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						

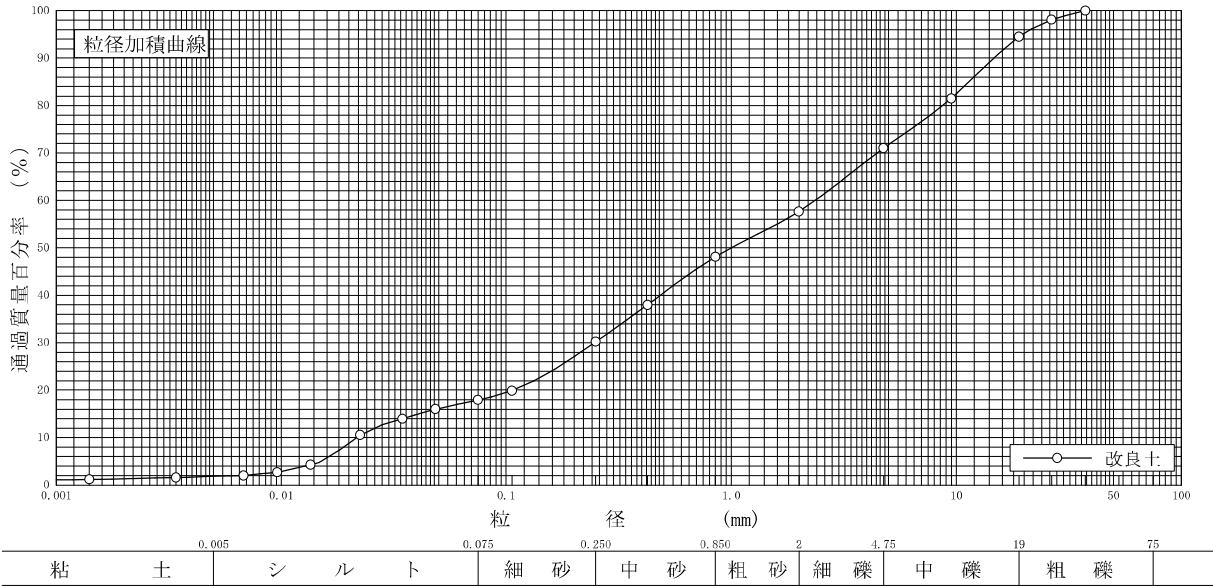
$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$

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 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 5月 7日

試験者 山本 礼乃

試料番号 (深さ)	改良土		試料番号 (深さ)		改良土	
	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 %	5.5
	53		53		細 礫 分 %	23.5
	37.5	100.0	37.5		粗 砂 分 %	13.3
	26.5	98.1	26.5		中 砂 分 %	9.6
	19	94.5	19		細 砂 分 %	17.9
	9.5	81.5	9.5		シルト分 %	12.3
	4.75	71.0	4.75		粘土分 %	16.1
	2	57.7	2		2mmふるい通過質量百分率 %	1.8
	0.850	48.1	0.850		425 μ mふるい通過質量百分率 %	57.7
	0.425	38.0	0.425		75 μ mふるい通過質量百分率 %	38.0
	0.250	30.2	0.250		最大粒径 mm	17.9
	0.106	19.9	0.106		60% 粒径 D_{60} mm	37.5
	0.075	17.9	0.075		50% 粒径 D_{50} mm	2.3636
沈降	0.0483	16.0			30% 粒径 D_{30} mm	1.0061
	0.0346	14.0			10% 粒径 D_{10} mm	0.2468
	0.0224	10.5			均等係数 U_c	0.0217
	0.0135	4.3			曲率係数 U_c'	108.92
	0.0096	2.7			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	1.19
	0.0068	2.0			使用した分散剤	2.686
	0.0034	1.6			溶液濃度, 溶液添加量	ヘキサメタリン酸ナトリウム
析	0.0014	1.2			20% 粒径 D_{20} mm	20%, 10ml
						0.1074

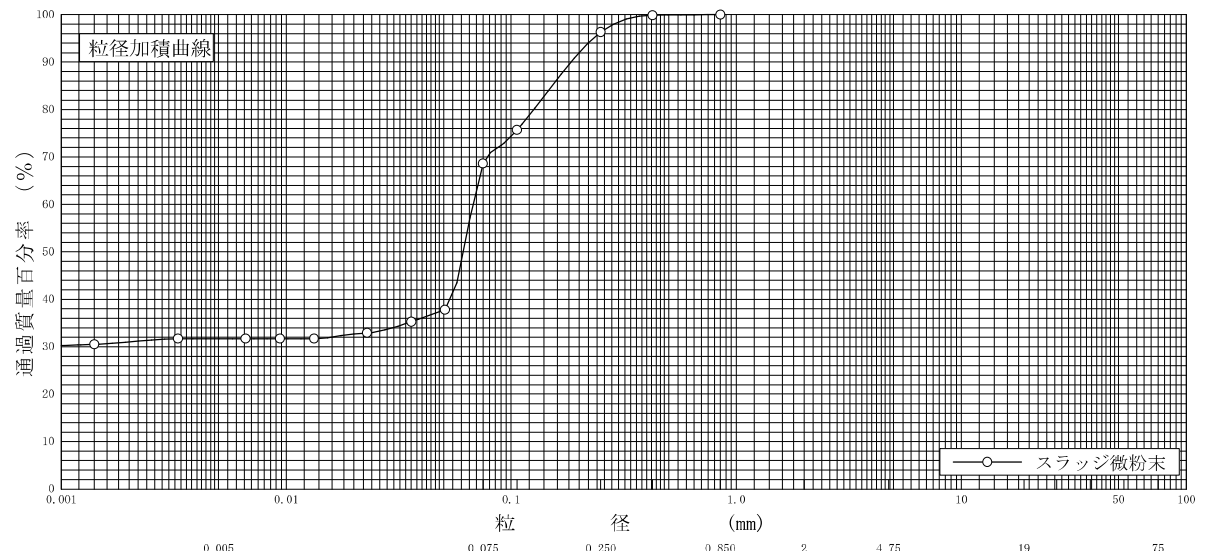


特記事項

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 5月 7日

試験者 山本 礼乃

試料番号 (深さ)	スラッジ微粉末		試料番号 (深さ)		スラッジ微粉末	
	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 る い 分 析	75		75		中 礫 分 %	*
	53		53		細 礫 分 %	*
	37.5		37.5		粗 砂 分 %	*
	26.5		26.5		中 砂 分 %	3.7
	19		19		細 砂 分 %	27.7
	9.5		9.5		シルト分 %	36.9
	4.75		4.75		粘土分 %	31.7
	2		2		2mmふるい通過質量百分率 %	100.0
	0.850	100.0	0.850		425 μ mふるい通過質量百分率 %	99.9
	0.425	99.9	0.425		75 μ mふるい通過質量百分率 %	68.6
	0.250	96.3	0.250		最大粒径 mm	0.850
	0.106	75.7	0.106		60% 粒径 D_{60} mm	0.0679
	0.075	68.6	0.075		50% 粒径 D_{50} mm	0.0612
沈 降 分 析	0.0507	37.8			30% 粒径 D_{30} mm	*
	0.0360	35.3			10% 粒径 D_{10} mm	*
	0.0229	32.9			均等係数 U_c	*
	0.0133	31.7			曲率係数 U_c'	*
	0.0094	31.7			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.668
	0.0066	31.7			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸ナトリウム
	0.0033	31.7			溶液濃度, 溶液添加量	20%, 10ml
0.0014	30.5			20% 粒径 D_{20} mm	*	



特記事項

JIS A 1202 JGS 0111	土粒子の密度試験 (検定, 測定)	
------------------------	-------------------	--

調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 2020年 6月 22日

試験者 山本 礼乃

試料番号 (深さ)	改良土:スラッジ微粉(6:4)					
ピクノメーター No.	20	11	31			
ピクノメーターの質量 m_t g	51.461	47.801	53.154			
(蒸留水+ピクノメーター)質量 m'_s g	151.392	148.447	158.894			
m'_s をはかったときの蒸留水の温度 T' °C	20.0	20.0	20.0			
T' °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T')$ g/cm ³	0.99820	0.99820	0.99820			
(試料+蒸留水+ピクノメーター)質量 m_b g	163.930	160.907	171.383			
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C	21.0	21.0	21.0			
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³	0.99799	0.99799	0.99799			
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	151.371	148.426	158.872			
試料の 炉乾燥質量	容器 No.					
	(炉乾燥試料+容器)質量 g	20.166	20.068	20.116		
	容器質量 g					
	m_s g	20.166	20.068	20.116		
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.646	2.640	2.640			
平均値 ρ_s g/cm ³		2.642				

試料番号 (深さ)						
ピクノメーター No.						
ピクノメーターの質量 m_t g						
(蒸留水+ピクノメーター)質量 m'_s g						
m'_s をはかったときの蒸留水の温度 T' °C						
T' °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T')$ g/cm ³						
(試料+蒸留水+ピクノメーター)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					
	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

$$m_s = \frac{\rho_w(T)}{\rho_w(T')} \times (m'_s - m_t) + m_t$$

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

JIS A 1203
JGS 0121

土の含水比試験

調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 2020年 6月 22日

試験者 加納 義明

試料番号 (深さ)	改良土 : スラッジ微粉(6:4)					
容器 No.						
m_a g	482.4	457.9	466.2			
m_b g	393.2	375.5	381.1			
m_c g	130.2	130.1	129.9			
w %	33.9	33.6	33.9			
平均値 w %	33.8					
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 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 06月 17日

試験者 山本 礼乃

試料番号 (深さ) 改良土：スラッジ微粉(6:4)

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 %	N P
			塑性限界 w_p %
			N P
			塑性指数 I_p
			N P
ヒモ状にならず試験不能			

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

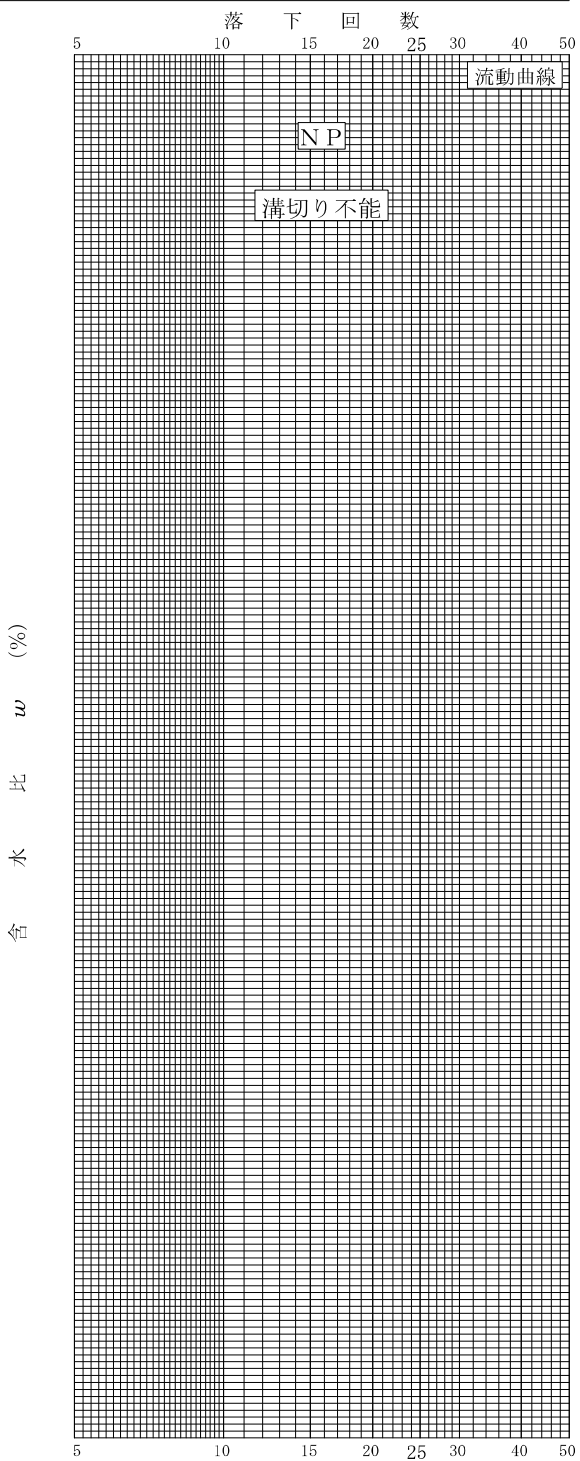
試料番号 (深さ)

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

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

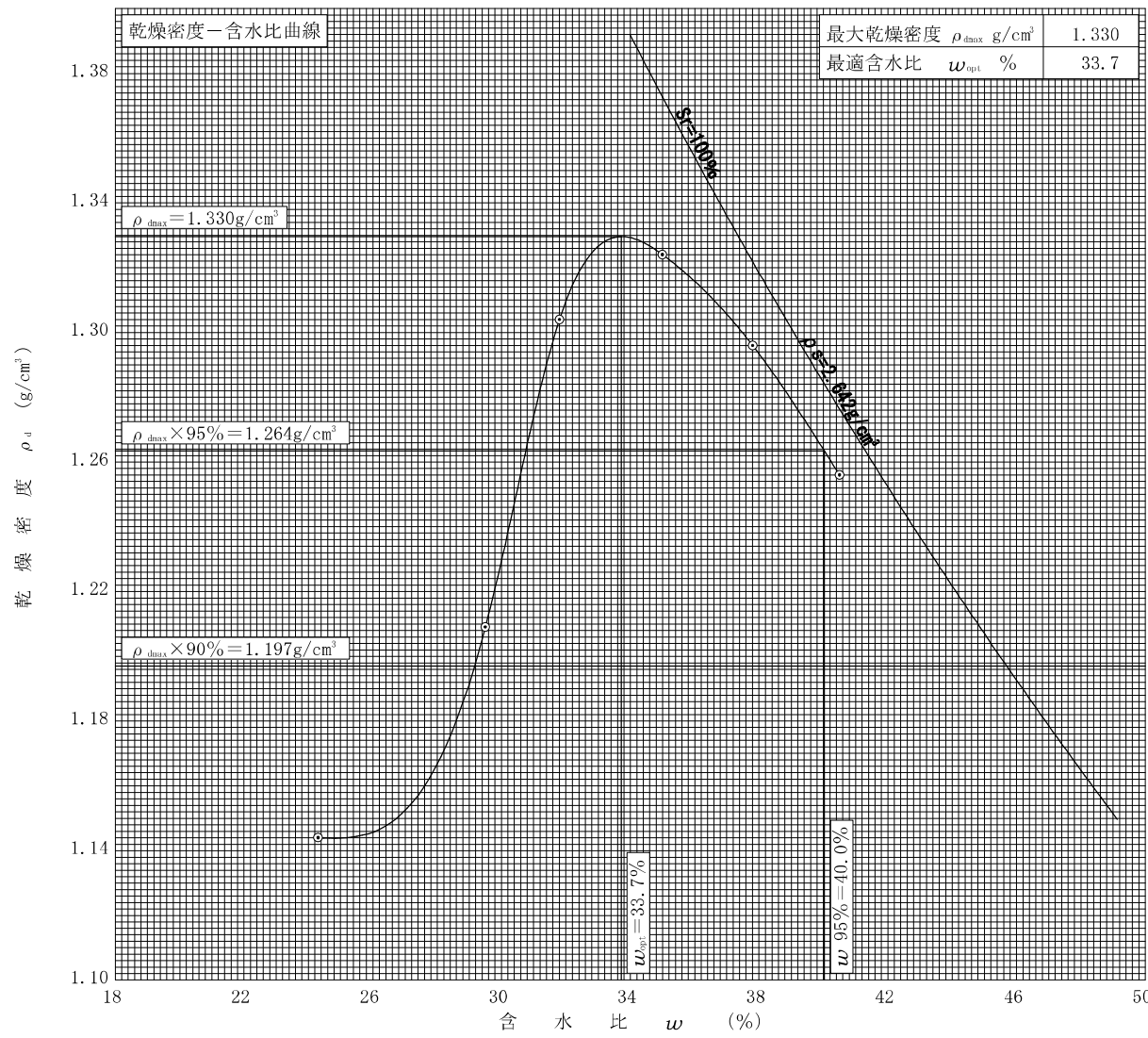


JIS A 1210 JGS 0711	突固めによる土の締固め試験 (締固め特性)	
------------------------	-----------------------	--

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 6月 10日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉(6:4) 試験者 大崎 桐也

試験方法	A-c		土質名称					
試料の準備方法	乾燥法, 湿潤法		ランマー質量 kg	2.5	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.642		
試料の使用方法	繰返し法, 非繰返し法		落下高さ cm	30	試料調製前の最大粒径 mm			
含水比	試料分取後 w , %		突固め回数 回/層	25	モールド	内径 cm	10	
	乾燥処理後 w , %		突固め層数 層	3		高さ ¹⁾ cm	12.73	
測定 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
平均含水比 w %	24.3	29.5	31.8	35.0	37.8	40.5		
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.144	1.209	1.304	1.324	1.296	1.256		



特記事項 1) 内径15cmのモールドの場合はスペーサーディスクの高さを差引く。
ゼロ空気間隙曲線の計算式
$$\rho_{dset} = \frac{\rho_w}{\rho_w/\rho_s + w/100}$$

一軸圧縮試験結果(室内配合試験)

株式会社 中研コンサルタント
大阪技術センター 地盤グループ

供試体作製日 2020年6月17日

試験日(σ1) 2020年6月18日

工事名称		築堤材料検討業務						
配合No.	配合条件	No.	供試体寸法・質量				一軸圧縮試験 (kN/m ²)	
			直径 (cm)	高さ (cm)	質量 (g)	密度 (t/m ³)	試験値	平均値
1	改良土:スラッジ微粉 6:4 含水比33.7%	1	5	10	317.6	1.618	62	65
		2	5	10	315.4	1.606	61	
		3	5	10	318.0	1.620	71	

JIS A 1218 JGS 0311	土の透水試験 (定水位, 変水位)
------------------------	-------------------

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 6月 16日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉 (6:4) 試験者 玉田 裕二

試料	土質名称		透水円筒	容器 No.	
	最大粒径 mm	19		内径 D_n cm	10.00
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.642		長さ L_n cm	12.73
スタンドパイプ ¹⁾	内径 cm	2.00	質量 m_2 g	2035.1	
	断面積 a cm ²	3.14		試験用水 脱気水	

供試体作製, 飽和方法 最適含水比に調整後、突固めによる土の締固め試験A法にて作製
吸水脱気法

供試体寸法	供試体 No.		供試体の状態		試験前	試験後 ³⁾
	直径 D cm	10.00		(供試体+透水円筒) 質量 m_1 g	3814.0	3833.1
	断面積 A cm ²	78.54		供試体質量 $m = m_1 - m_2$ g	1778.9	1798.0
	長さ L cm	12.73		湿潤密度 $\rho_v = m/V$ g/cm ³	1.78	1.80
	体積 V cm ³	999.8		乾燥密度 $\rho_d = \rho_v / (1+w/100)$ g/cm ³	1.33	1.34
				間隙比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$	0.986	0.972
		飽和度 $S_r = w\rho_s / (e\rho_w)$ %	90.3	93.5		

含水比	試験前			試験後 ³⁾		
	容器 No.					
	m_a g	386.2	351.9	372.1	862.9	
	m_b g	321.9	296.4	310.7	752.6	
	m_c g	131.1	131.1	128.6	431.8	
	w, w_r %	33.7	33.6	33.7	34.4	
平均値 %	33.7			34.4		

測定 No.		1	2	3	4	5
測定開始時刻	t_1	09:30:00	11:31:00	13:35:00		
測定終了時刻	t_2	11:30:00	13:31:00	15:35:00		
測定時間	$t_2 - t_1$ s	7200	7200	7200		
定水位	水位差 h cm					
	透水量 Q cm ³					
	$T^\circ\text{C}$ に対する透水係数 k_T ¹⁾ m/s					
変水位	時刻 t_1 における水位差 h_1 cm	140.0	140.0	140.0		
	時刻 t_2 における水位差 h_2 cm	131.1	131.2	131.3		
	$T^\circ\text{C}$ に対する透水係数 k_T ³⁾ m/s	4.64×10^{-8}	4.59×10^{-8}	4.54×10^{-8}		
測定時の水温	T °C	19.7	19.6	19.7		
温度補正係数	η_T / η_{15}	0.887	0.889	0.887		
15°Cに対する透水係数	k_{15} m/s	4.12×10^{-8}	4.08×10^{-8}	4.03×10^{-8}		
代表値	k_{15} m/s	4.08×10^{-8}				

特記事項

代表値 k_{15} を旧規格の単位で表記すると 4.08×10^{-6} (cm/s)

- 1) 変水位試験の場合
- 2) 透水円筒, 底板, シール材などを含む。
- 3) 保水性の小さい試料は測定を省いてよい。

$$4) k_T = \frac{L}{h} \cdot \frac{Q}{A(t_2 - t_1)} \times \frac{1}{100}$$

$$5) k_T = 2.303 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \cdot \log \frac{h_1}{h_2} \times \frac{1}{100}$$

$$k_{15} = k_T \cdot \eta_T / \eta_{15}$$

JGS	0520	土の三軸試験の供試体作製・設置
-----	------	-----------------

調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 西暦 2020年 6月 17日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉 (6:4)

試験者 大西 拓

供試体を用いる試験の基準番号と名称		JGS 0521 土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験				
試料の状態 ¹⁾		土粒子の密度 ρ_s ³⁾ g/cm ³				
供試体の作製 ²⁾	セメント協会法	液性限界 w_L %			⁴⁾	
土質名称		塑性限界 w_P %			⁴⁾	
供試体 No.		1	2	3		
初期 状 態	直径 cm	5.00	5.00	5.00		
	平均直径 D_i cm	5.00	5.00	5.00		
	高さ cm	10.00	10.00	10.00		
	平均高さ H_i cm	10.00	10.00	10.00		
	体積 V_i cm ³	196.35	196.35	196.35		
	含水比 w_i %	33.7	33.7	33.7		
	質量 m_i g	307.5	308.1	312.0		
	湿潤密度 ρ_{ii} ³⁾ g/cm ³	1.566	1.569	1.589		
	乾燥密度 ρ_{di} ³⁾ g/cm ³	1.171	1.174	1.188		
	間隙比 e_i ³⁾					
	飽和度 S_{vi} ³⁾ %					
	相対密度 D_{ri} ³⁾ %					
	軸変位量の測定方法		外部変位計によって測定			
設置時の軸変位量 cm						
飽和過程の軸変位量 cm						
軸変位量 ΔH_i ⁵⁾ cm						
体積変化量の測定方法		計算による				
設置時の体積変化量 cm ³						
飽和過程の体積変化量 cm ³						
体積変化量 ΔV_i ⁵⁾ cm ³						
圧密前 (試験前)	高さ H_0 cm	10.00	10.00	10.00		
	直径 D_0 cm	5.00	5.00	5.00		
	体積 V_0 cm ³	196.35	196.35	196.35		
	乾燥密度 ρ_{d0} ³⁾ g/cm ³	1.171	1.174	1.188		
	間隙比 e_0 ³⁾					
相対密度 D_{r0} ³⁾ %						
炉乾燥後	容器 No.					
	(炉乾燥供試体+容器)質量 g					
	容器質量 g					
	炉乾燥質量 m_s g	230.0	230.4	233.4		

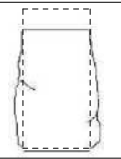
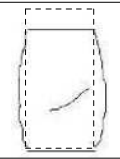


特記事項

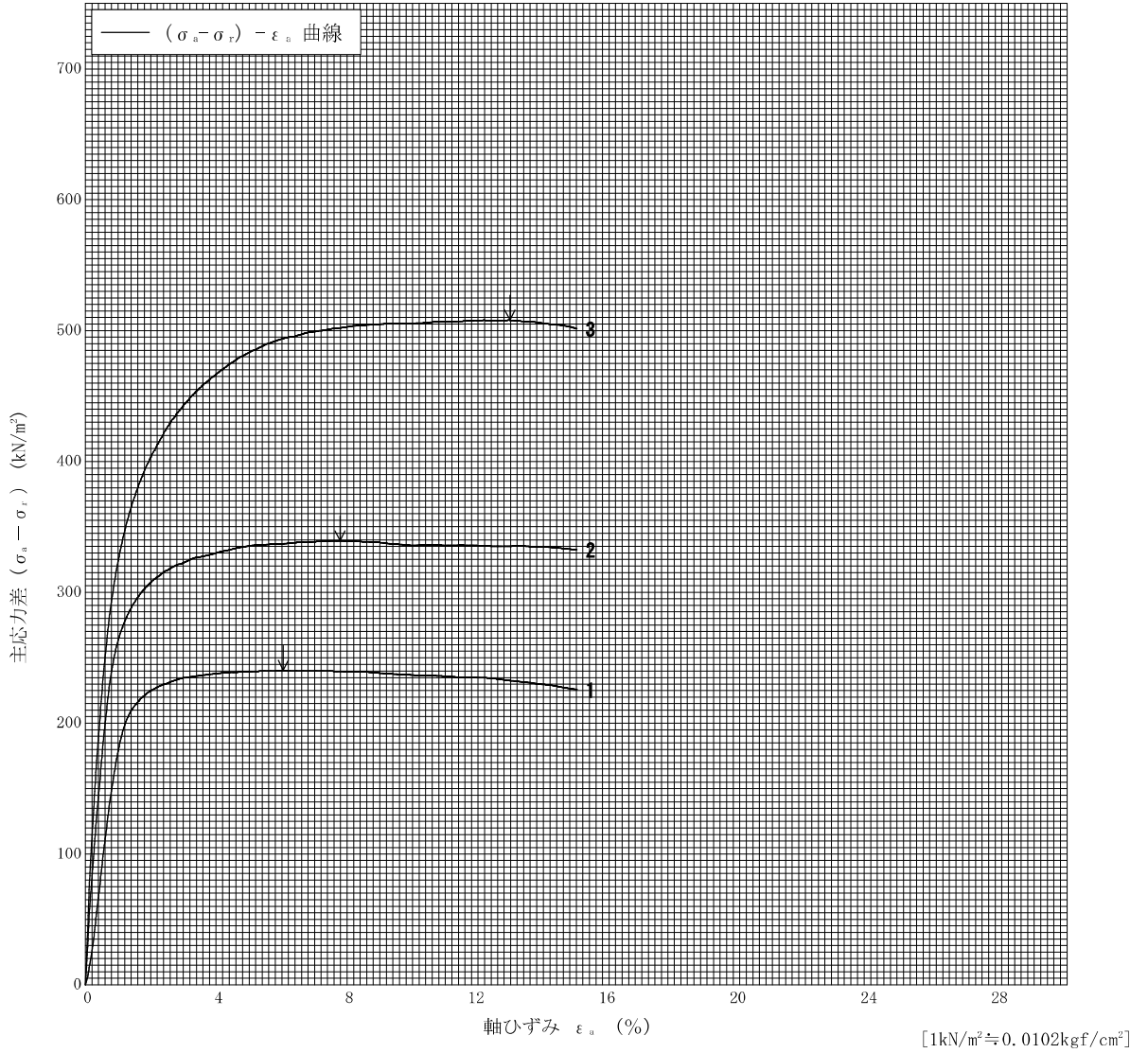
- 1) 試料の採取方法, 試料の状態 (塊状, 凍結, ときはぐされた) 等を記載する。
- 2) トリミング法, 負圧法の種別, 凍結試料の場合は解凍方法等を記載する。
- 3) 必要に応じて記載する。
- 4) 必要に応じて粘性土の場合は液性限界, 塑性限界, 砂質土の場合は最小乾燥密度, 最大乾燥密度等を記載する。
- 5) 設置時の変化と飽和過程および B 値測定過程での変化を合わせる。

[1kN/m² ≒ 0.102kgf/cm²]

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 西暦 2020年 6月 17日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉 (6:4) 試験者 大西 拓

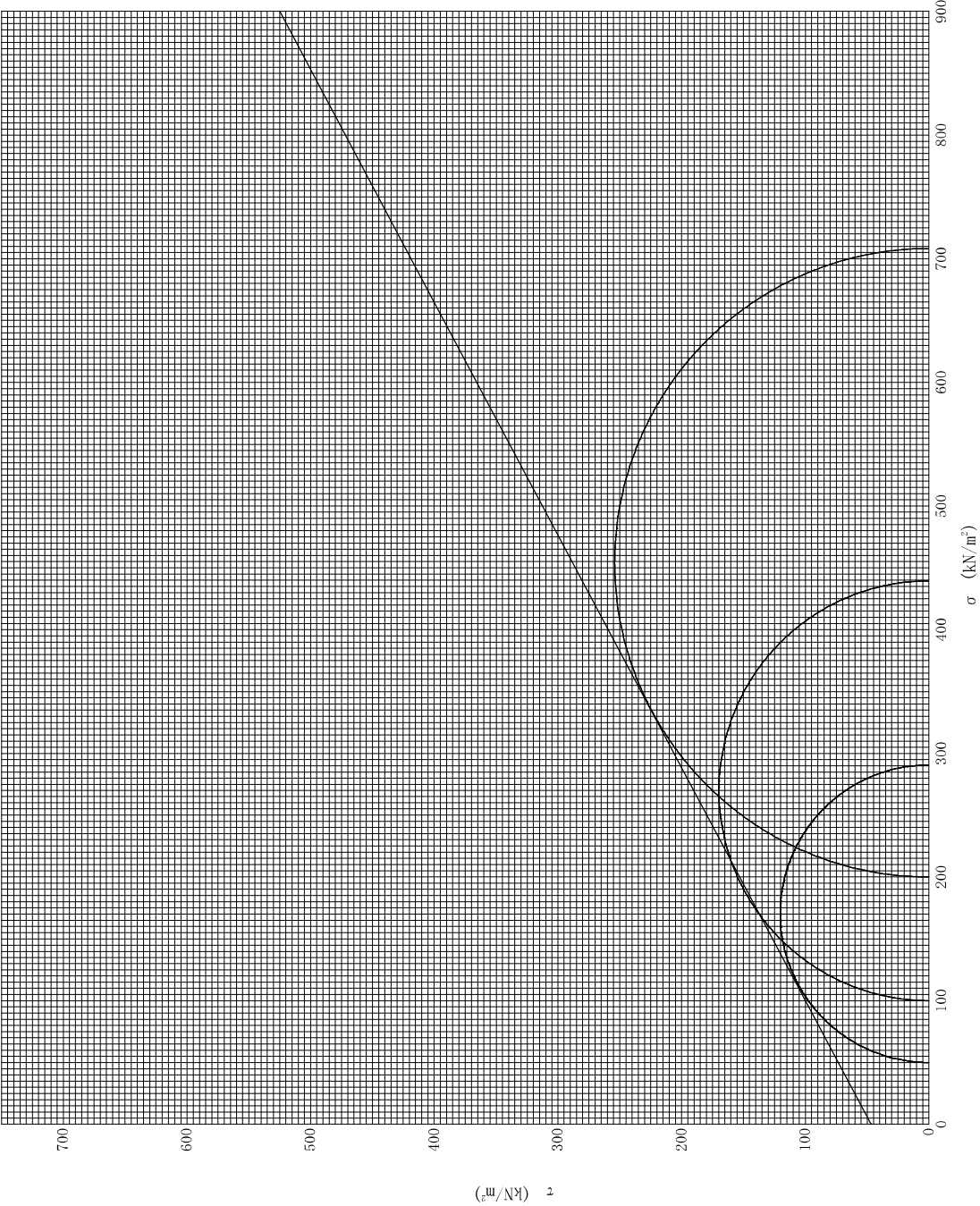
土質名称	供試体 No.	1	2	3	
液性限界 w_L %	セル圧・圧密応力 kN/m^2	50	100	200	
塑性限界 w_p %	背圧 u_b kN/m^2				
ひずみ速度 %/min	圧縮強さ $(\sigma_a - \sigma_r)_{max}$ kN/m^2	240.62	339.49	508.27	
特記事項 1) 必要に応じて粘性土の場合は液性限界, 塑性限界, 砂質土の場合は最小乾燥密度, 最大乾燥密度等を記載する。	軸ひずみ ϵ_{af} %	6.05	7.78	12.97	
	間隙水圧 u_r kN/m^2				
	有効軸方向応力 σ_{af} kN/m^2				
	有効側方向応力 σ_{rf} kN/m^2				
	体積ひずみ ϵ_{vf} %				
	間隙比 e_f				
供試体の破壊状況					



調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 西暦 2020年 6月 17日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉 (6:4) 試験者 大西 拓

強度定数 応力範囲	全 心 力			有 効 心 力	
	c kN/m ²	ϕ °	$\tan \phi$	c' kN/m ²	ϕ' °
正規圧密領域	46.81	28.0	0.531		
過圧密領域					



特記事項

[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]

JGS 0520	土の三軸試験の供試体作製・設置
----------	-----------------

調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 西暦 2020年 8月 6日

試料番号(深さ) 改良土:スラッジ粉末(6:4)

試験者 大西 拓

供試体を用いる試験の基準番号と名称		JGS 0523 土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験			
試料の状態 ¹⁾	乱した	土粒子の密度 ρ_s ³⁾ g/cm ³			2.642
供試体の作製 ²⁾	静的締固め	液性限界 w_L % ⁴⁾			
土質名称		塑性限界 w_P % ⁴⁾			
供試体 No.		1	2	3	4
初期状態	直径 cm	5.00	5.00	5.00	5.00
		5.00	5.00	5.00	5.00
		5.00	5.00	5.00	5.00
	平均直径 D_i cm	5.00	5.00	5.00	5.00
		10.00	10.00	10.00	10.00
		10.00	10.00	10.00	10.00
	高さ cm	10.00	10.00	10.00	10.00
		10.00	10.00	10.00	10.00
		10.00	10.00	10.00	10.00
	平均高さ H_i cm	10.00	10.00	10.00	10.00
	体積 V_i cm ³	196.35	196.35	196.35	196.35
	含水比 w_i %	40.0	40.0	40.0	40.0
	質量 m_i g	347.50	347.50	347.50	347.50
	湿潤密度 ρ_{ti} ³⁾ g/cm ³	1.770	1.770	1.770	1.770
乾燥密度 ρ_{di} ³⁾ g/cm ³	1.264	1.264	1.264	1.264	
間隙比 e_i ³⁾	1.090	1.090	1.090	1.090	
飽和度 S_{ri} ³⁾ %	97	97	97	97	
相対密度 D_{ri} ³⁾ %					
設置・飽和過程	軸変位量の測定方法		外部変位計によって測定		
	設置時の軸変位量 cm				
	飽和過程の軸変位量 cm				
	軸変位量 ΔH_i ⁵⁾ cm				
	体積変化量の測定方法		外部体積変化計によって測定		
	設置時の体積変化量 cm ³				
	飽和過程の体積変化量 cm ³				
体積変化量 ΔV_i ⁵⁾ cm ³					
圧密前試験前)	高さ H_0 cm	10.00	10.00	10.00	10.00
	直径 D_0 cm	5.00	5.00	5.00	5.00
	体積 V_0 cm ³	196.35	196.35	196.35	196.35
	乾燥密度 ρ_{d0} ³⁾ g/cm ³	1.264	1.264	1.264	1.264
	間隙比 e_0 ³⁾	1.090	1.090	1.090	1.090
炉乾燥後	容器 No.				
	(炉乾燥供試体+容器)質量 g				
	容器質量 g				
	炉乾燥質量 m_s g	248.21	248.21	248.21	248.21

特記事項

最大乾燥密度の95% 含水比40%にて作製

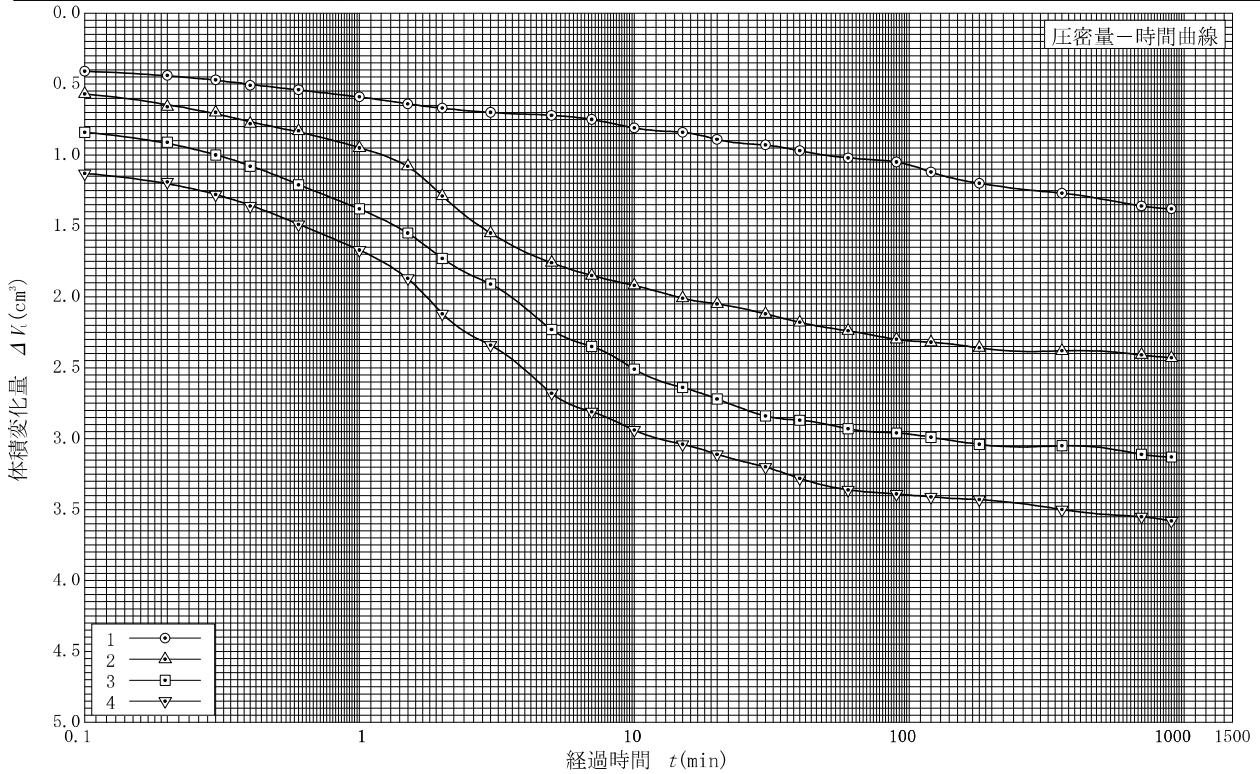
- 1) 試料の採取方法, 試料の状態(塊状, 凍結, ときほぐされた)等を記載する。
- 2) トリミング法, 負圧法の種別, 凍結試料の場合は解冻方法等を記載する。
- 3) 必要に応じて記載する。
- 4) 必要に応じて粘性土の場合は液性限界, 塑性限界, 砂質土の場合は最小乾燥密度, 最大乾燥密度等を記載する。
- 5) 設置時の変化と飽和過程およびB値測定過程での変化を合わせる。

[1kN/m² ≒ 0.1012kgf/cm²]

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 西暦 2020年 8月 6日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ粉末 (6:4) 試験者 大西 拓

試料の状態 ¹⁾		乱した	液性限界 w_L % ⁴⁾		
供試体の作製方法 ²⁾		静的締固め	塑性限界 w_P % ⁴⁾		
土質名称			圧密中の排水方法	側方・両端面ペーパードレーン	
土粒子の密度 ρ_s ³⁾ g/cm ³		2.642			
供試体 No.		1	2	3	4
試験条件	セル圧 σ_c kN/m ²	100	150	200	250
	背圧 u_b kN/m ²	50	50	50	50
	圧密応力 σ'_c kN/m ²	50	100	150	200
圧密前	高さ H_0 cm	10.00	10.00	10.00	10.00
	直径 D_0 cm	5.00	5.00	5.00	5.00
	間隙比 e_0 ³⁾	1.090	1.090	1.090	1.090
圧密後	圧密時間 t_c min	900	900	900	900
	体積変化量 ΔV_c cm ³	1.38	2.43	3.13	3.58
	軸変位量 ΔH_c cm	0.02	0.04	0.05	0.06
	体積 V_c cm ³	194.97	193.92	193.22	192.77
	高さ H_c cm	9.98	9.96	9.95	9.94
	炉乾燥質量 m_s g	248.21	248.21	248.21	248.21
	乾燥密度 ρ_{dc} g/cm ³	1.273	1.280	1.285	1.288
	間隙比 e_c ³⁾	1.075	1.064	1.056	1.051
間隙圧係数 B	等方応力増加量 $\Delta \sigma$ kN/m ²				
	間隙水圧増加量 Δu kN/m ²				
	測定に要した時間 min				
B 値					



特記事項

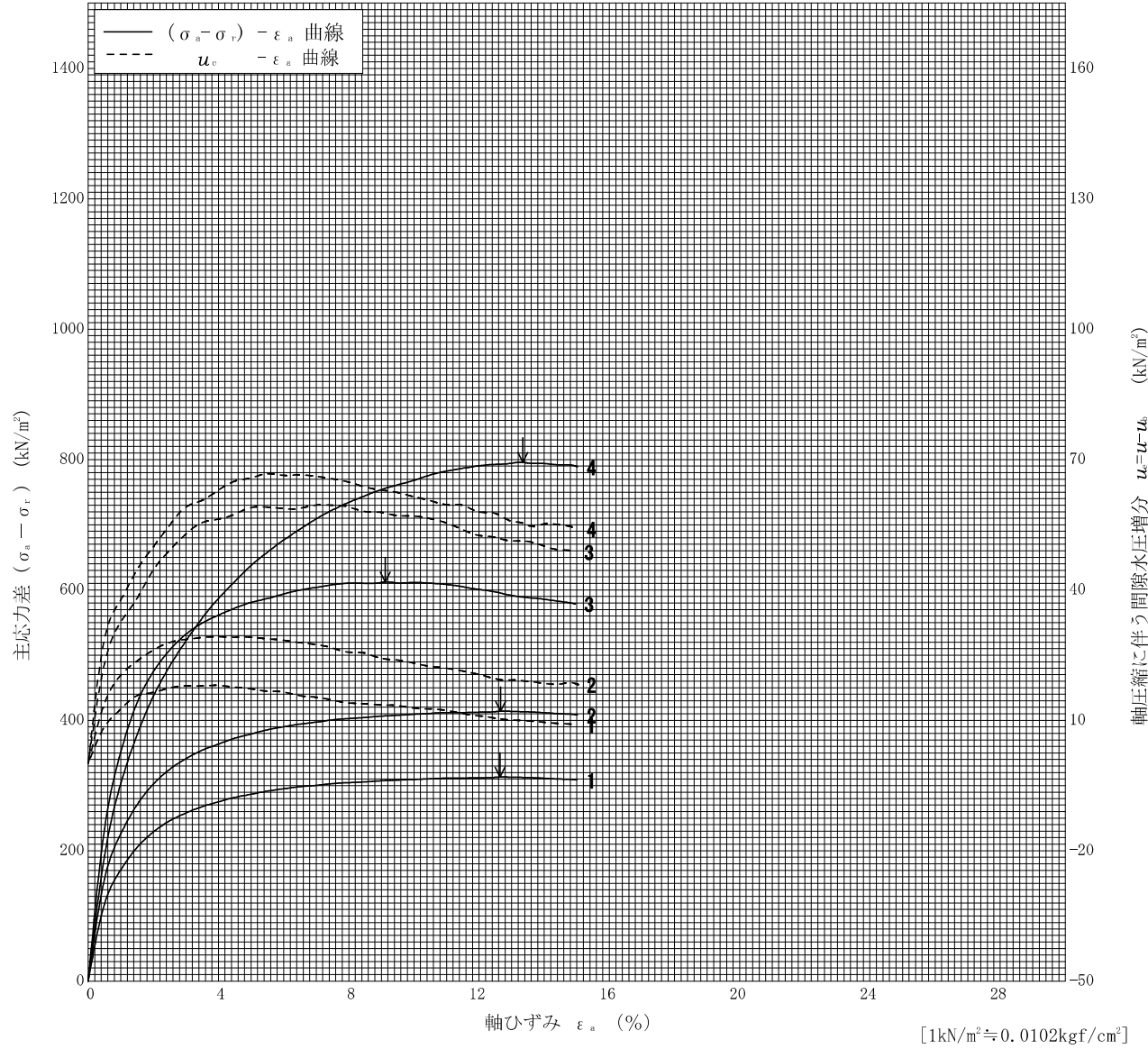
- 1) 試料の採取方法, 試料の状態 (塊状, 凍結, ときほぐされた) 等を記載する。
- 2) トリミング法, 負圧法の種別, 凍結試料の場合は解凍方法を記載する。
- 3) 必要に応じて記載する。
- 4) 必要に応じて粘性土の場合は液性限界, 塑性限界, 砂質土の場合は最小乾燥密度, 最大乾燥密度等を記載する。

[1kN/m² ≒ 0.1012kgf/cm²]

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 西暦 2020年 8月 7日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ粉末 (6:4) 試験者 大西 拓

土質名称	供試体 No.	1	2	3	4	
液性限界 w_L %	セメント ・圧密応力 kN/m^2	50	100	150	200	
塑性限界 w_P %	背 圧 u_b kN/m^2	50	50	50	50	
ひずみ速度 %/min						
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。	主応力差最大時					
	CU	圧縮強さ $(\sigma_a - \sigma_r)_{max}$ kN/m^2	312.96	414.00	612.34	795.98
		軸ひずみ ϵ_{af} %	12.64	12.66	9.12	13.34
		間隙水圧 u_r kN/m^2	60.30	69.31	107.66	105.37
		有効軸方向応力 σ'_{af} kN/m^2	352.66	494.69	704.68	940.61
		有効側方向応力 σ'_{rf} kN/m^2	39.70	80.69	92.34	144.63
	CD	体積ひずみ ϵ_{vf} %				
		間 隙 比 e_f				
	供試体の破壊状況					



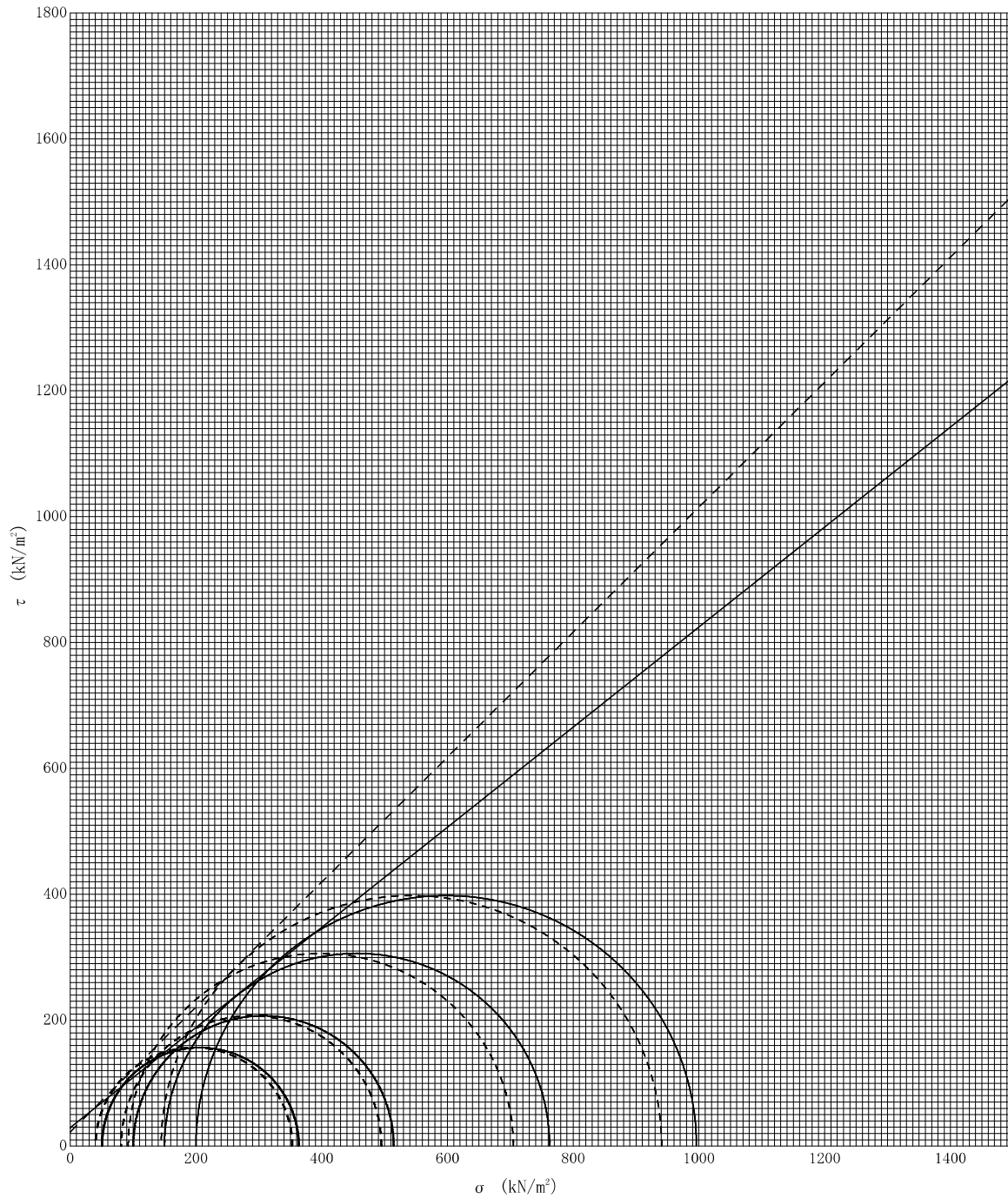
調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 西暦 2020年 8月 7日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ粉末 (6:4)

試験者 大西 拓

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	29.43	38.5	0.795	22.43	44.8
過 圧 密 領 域					



特記事項

[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]

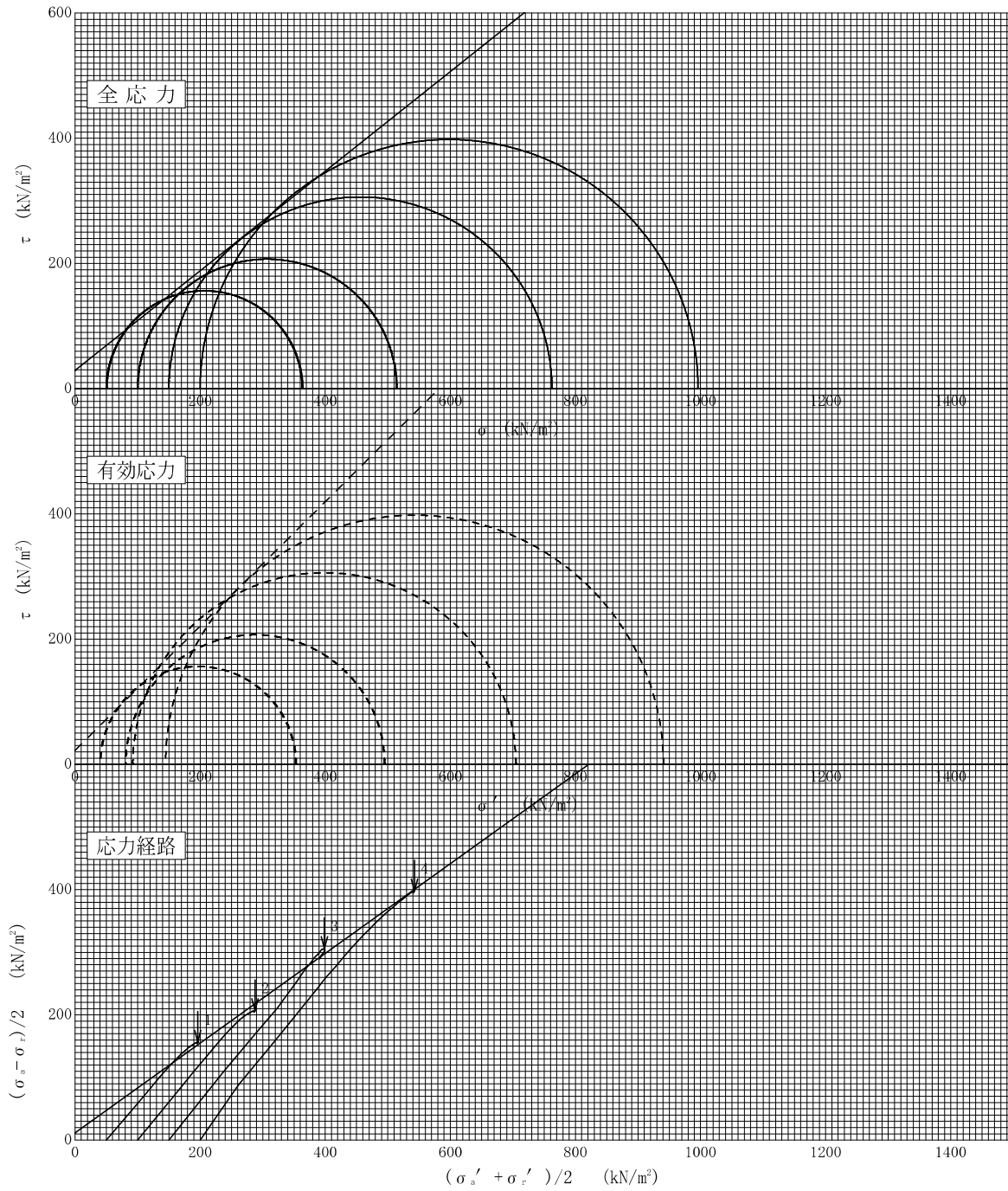
調査件名 築堤材料検討業務

試験年月日 西暦 2020年 8月 7日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ粉末 (6:4)

試験者 大西 拓

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	29.43	38.5	0.795	22.43	44.8
過圧密領域					



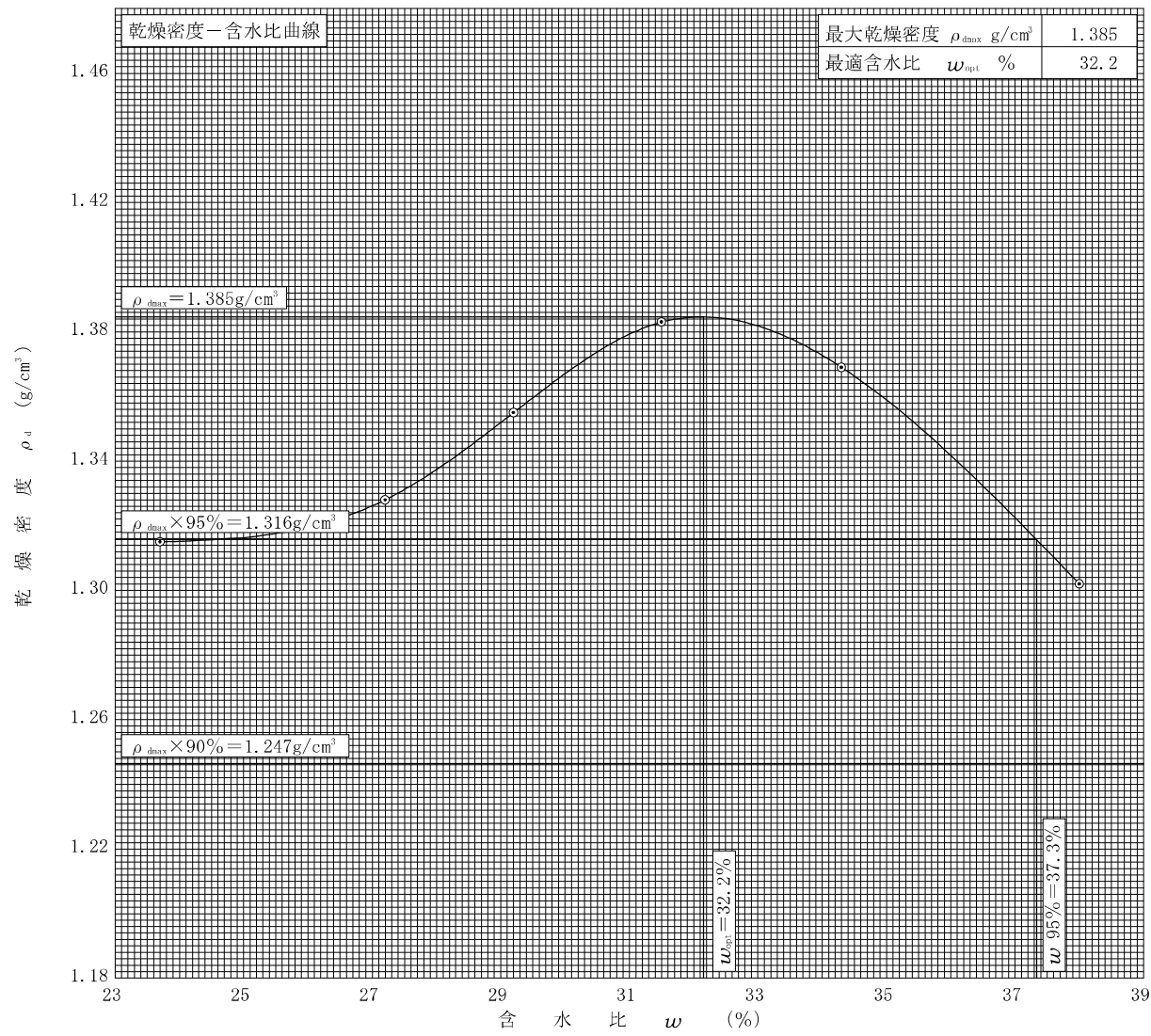
特記事項

JIS A 1210 JGS 0711	突固めによる土の締固め試験 (締固め特性)
------------------------	-----------------------

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 6月 3日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉(6.5:3.5) 試験者 大崎 桐也

試験方法	A-c		土質名称					
試料の準備方法	乾燥法, 湿潤法		ランマー質量 kg	2.5	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³			
試料の使用方法	繰返し法, 非繰返し法		落下高さ cm	30	試料調製前の最大粒径 mm			
含水比	試料分取後 w , %			突固め回数 回/層	25	モールド	内径 cm	10
	乾燥処理後 w , %			突固め層数 層	3		高さ ¹⁾ cm	12.73
測定 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
平均含水比 w %	23.7	27.2	29.2	31.5	34.3	38.0		
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.315	1.328	1.355	1.383	1.369	1.302		



特記事項

1) 内径15cmのモールドの場合はスペーサーディスクの高さを差引く。
ゼロ空気間隙曲線の計算式

$$\rho_{dsc1} = \frac{\rho_w}{\rho_w/\rho_s + w/100}$$

JIS A 1218 JGS 0311	土の透水試験 (定水位, 変水位)
------------------------	-------------------

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 6月 4日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉 (6.5:3.5) 試験者 玉田 裕二

試料	土質名称		透水円筒	容器 No.	
	最大粒径 mm	19		内径 D_n cm	10.00
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³			長さ L_n cm	12.73
スタンドパイプ ¹⁾	内径 cm	2.00	質量 m_2 g	2035.1	
	断面積 a cm ²	3.14		試験用水 脱気水	

供試体作製, 飽和方法 最適含水比に調整後、突固めによる土の締固め試験A法にて作製
吸水脱気法

供試体寸法	供試体 No.		供試体の状態		試験前	試験後 ³⁾
	直径 D cm	10.00		(供試体+透水円筒) 質量 m_1 g	3858.5	3874.4
	断面積 A cm ²	78.54		供試体質量 $m = m_1 - m_2$ g	1823.4	1839.3
	長さ L cm	12.73		湿潤密度 $\rho_w = m/V$ g/cm ³	1.82	1.84
	体積 V cm ³	999.8		乾燥密度 $\rho_d = \rho_w / (1+w/100)$ g/cm ³	1.38	
				間隙比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$		
		飽和度 $S_r = w\rho_s / (e\rho_w)$ %				

含水比	試験前				試験後 ³⁾	
	容器 No.					
	m_a g	379.1	351.8	368.9	2277.6	
	m_b g	318.2	297.8	310.7	1818.1	
	m_c g	128.9	131.1	131.1	441.5	
	w, w_r %	32.2	32.4	32.4	33.4	
平均値 %	32.3			33.4		

測定 No.		1	2	3	4	5
測定開始時刻	t_1	10:00:00	12:01:00	14:02:00		
測定終了時刻	t_2	12:00:00	14:01:00	16:02:00		
測定時間	$t_2 - t_1$ s	7200	7200	7200		
定水位	水位差 h cm					
	透水量 Q cm ³					
	$T^\circ\text{C}$ に対する透水係数 k_T ¹⁾ m/s					
変水位	時刻 t_1 における水位差 h_1 cm	140.0	140.0	140.0		
	時刻 t_2 における水位差 h_2 cm	127.9	128.1	128.0		
	$T^\circ\text{C}$ に対する透水係数 k_T ³⁾ m/s	6.39×10^{-8}	6.28×10^{-8}	6.34×10^{-8}		
測定時の水温	T °C	19.6	19.6	19.6		
温度補正係数	η_T / η_{15}	0.889	0.889	0.889		
15°Cに対する透水係数	k_{15} m/s	5.68×10^{-8}	5.58×10^{-8}	5.64×10^{-8}		
代表値	k_{15} m/s	5.63×10^{-8}				

特記事項

代表値 k_{15} を旧規格の単位で表記すると 5.63×10^{-6} (cm/s)

- 1) 変水位試験の場合
- 2) 透水円筒, 底板, シール材などを含む。
- 3) 保水性の小さい試料は測定を省いてよい。

$$4) k_T = \frac{L}{h} \cdot \frac{Q}{A(t_2 - t_1)} \times \frac{1}{100}$$

$$5) k_T = 2.303 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \cdot \log \frac{h_1}{h_2} \times \frac{1}{100}$$

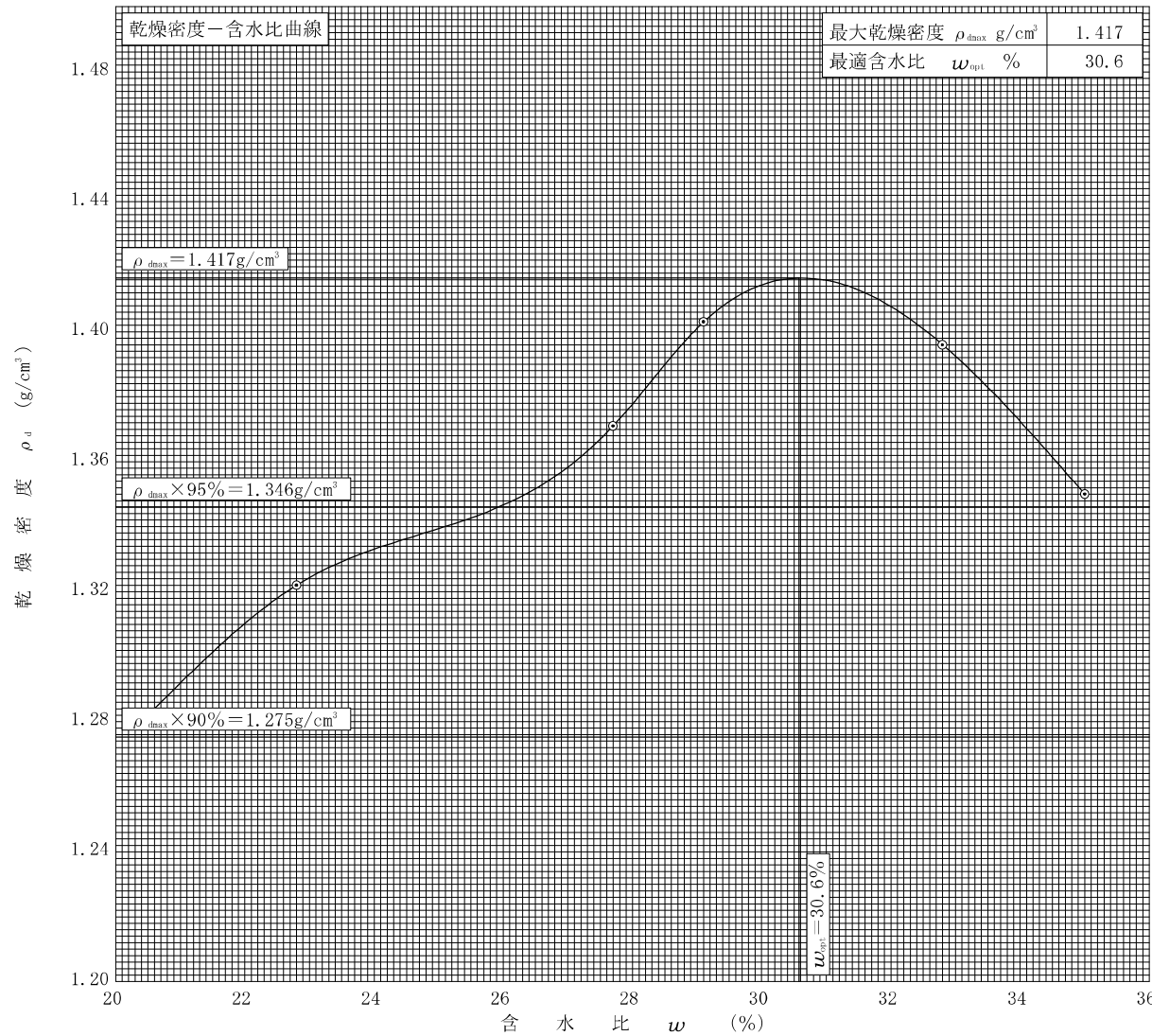
$$k_{15} = k_T \cdot \eta_T / \eta_{15}$$

JIS A 1210 JGS 0711	突固めによる土の締固め試験 (締固め特性)
------------------------	-----------------------

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 5月 29日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉(7:3) 試験者 大崎 桐也

試験方法	A-c		土質名称					
試料の準備方法	乾燥法, 湿潤法		ランマー質量 kg	2.5	土粒子の密度 ρ_s , g/cm ³			
試料の使用方法	繰返し法, 非繰返し法		落下高さ cm	30	試料調製前の最大粒径 mm			
含水比	試料分取後 w , %		突固め回数 回/層	25	モールド	内径 cm	10	
	乾燥処理後 w , %		突固め層数 層	3		高さ ¹⁾ cm	12.73	
測定 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
平均含水比 w %	20.5	22.8	27.7	29.1	32.8	35.0		
乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.282	1.322	1.371	1.403	1.396	1.350		



特記事項 1) 内径15cmのモールドの場合はスペーサーディスクの高さを差引く。
 ゼロ空気間隙曲線の計算式

$$\rho_{dsc1} = \frac{\rho_w}{\rho_w/\rho_s + w/100}$$

JIS A 1218 JGS 0311	土の透水試験 (定水位, 変水位)
------------------------	-------------------

調査件名 築堤材料検討業務 試験年月日 2020年 6月 1日

試料番号 (深さ) 改良土:スラッジ微粉 (7:3) 試験者 玉田 裕二

試料	土質名称		透水円筒	容器 No.	
	最大粒径 mm	19		内径 D_n cm	10.00
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³			長さ L_n cm	12.73
スタンドパイプ ¹⁾	内径 cm	2.00	質量 m_2 g	2035.1	
	断面積 a cm ²	3.14		試験用水 脱気水	

供試体作製, 飽和方法 最適含水比に調整後、突固めによる土の締固め試験A法にて作製
吸水脱気法

供試体寸法	供試体 No.		供試体の状態		試験前	試験後 ³⁾
	直径 D cm	10.00		(供試体+透水円筒) 質量 m_1 g	3875.3	3900.4
	断面積 A cm ²	78.54		供試体質量 $m = m_1 - m_2$ g	1840.2	1865.3
	長さ L cm	12.73		湿潤密度 $\rho_w = m/V$ g/cm ³	1.84	1.87
	体積 V cm ³	999.8		乾燥密度 $\rho_d = \rho_w / (1+w/100)$ g/cm ³	1.50	
				間隙比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$		
		飽和度 $S_r = w\rho_s / (e\rho_w)$ %				

含水比	試験前			試験後 ³⁾		
	容器 No.					
	m_a g	313.9	321.5	318.6		
	m_b g	279.7	286.0	284.0		
	m_c g	130.0	131.1	131.8		
	w, w_r %	22.8	22.9	22.7		
平均値 %	22.8					

測定	No.	1	2	3	4	5
	測定開始時刻 t_1	11:45:00	13:15:00	14:20:00		
	測定終了時刻 t_2	12:41:48	14:14:12	15:19:42		
測定時間 $t_2 - t_1$ s	3408	3552	3582			
定水位	水位差 h cm					
	透水量 Q cm ³					
	$T^\circ\text{C}$ に対する透水係数 k_T ¹⁾ m/s					
変水位	時刻 t_1 における水位差 h_1 cm	140.0	140.0	140.0		
	時刻 t_2 における水位差 h_2 cm	120.0	120.0	120.0		
	$T^\circ\text{C}$ に対する透水係数 k_T ³⁾ m/s	2.30×10^{-7}	2.21×10^{-7}	2.19×10^{-7}		
測定時の水温 T °C	19.6	19.6	19.7			
温度補正係数 η_T / η_{15}	0.889	0.889	0.887			
15°Cに対する透水係数 k_{15} m/s	2.04×10^{-7}	1.96×10^{-7}	1.94×10^{-7}			
代表値 k_{15} m/s	1.98×10^{-7}					

特記事項

代表値 k_{15} を旧規格の単位で表記すると 1.98×10^{-5} (cm/s)

- 1) 変水位試験の場合
- 2) 透水円筒, 底板, シール材などを含む。
- 3) 保水性の小さい試料は測定を省いてよい。

$$4) k_T = \frac{L}{h} \cdot \frac{Q}{A(t_2 - t_1)} \times \frac{1}{100}$$

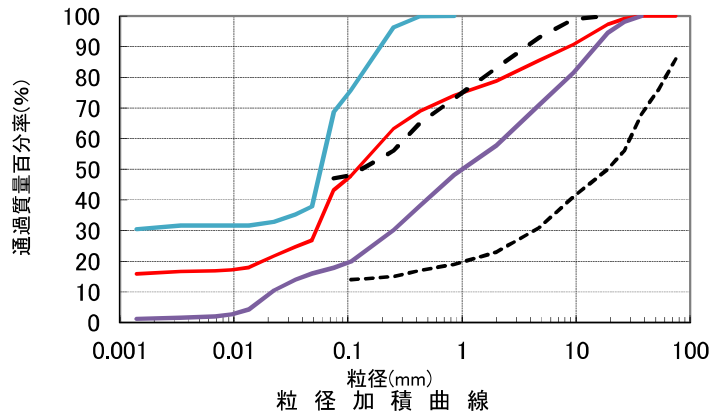
$$5) k_T = 2.303 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \cdot \log \frac{h_1}{h_2} \times \frac{1}{100}$$

$$k_{15} = k_T \cdot \eta_T / \eta_{15}$$

調査名・目的	築堤材料検討業務		
試料名		試験者	加納 義明
採取地		試験場所	(株)中研コンサルタント 大阪技術センター
採取者		試験年月日	令和2年5月8日
採取年月日		最大寸法(mm)	

試験室の状態	室温 (°C)		湿度 (%)	
	改良土	スラッジ微粉末		
試料	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ=(5:5)
粒径mm	通過質量百分率(%)	通過質量百分率(%)		通過質量百分率(%)
75				
53				100
37.5	100			100
26.5	98.1			99.05
19	94.5			97.25
9.5	81.5			90.75
4.75	71			85.5
2	57.7			78.85
0.850	48.1	100.0		74.05
0.425	38	99.9		68.95
0.250	30.2	96.3		63.25
0.106	19.9	75.7		47.8
0.075	17.9	68.6		43.25
0.0483	16	37.8		26.9
0.0346	14	35.3		24.65
0.0224	10.5	32.9		21.7
0.0135	4.3	31.7		18
0.0096	2.7	31.7		17.2
0.0068	2	31.7		16.85
0.0034	1.6	31.7		16.65
0.0014	1.2	30.5		15.85

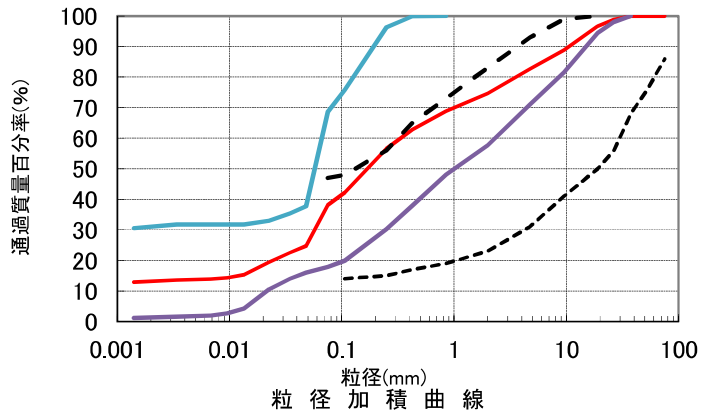
- 改良土:スラッジ
- 遮水性ゾーン(下限値)
- - - 遮水性ゾーン粒度範囲(上限値)
- 改良土
- スラッジ微粉末



調査名・目的	築堤材料検討業務		
試料名		試験者	加納 義明
採取地		試験場所	(株)中研コンサルタント 大阪技術センター
採取者		試験年月日	令和2年5月8日
採取年月日		最大寸法(mm)	

試験室の状態	室温 (°C)		湿度 (%)	
	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ= (6:4)
試料				
粒径mm	通過質量百分率(%)	通過質量百分率(%)		通過質量百分率(%)
75				100
53				100
37.5	100			100
26.5	98.1			98.86
19	94.5			96.7
9.5	81.5			88.9
4.75	71			82.6
2	57.7			74.62
0.850	48.1	100.0		68.86
0.425	38	99.9		62.76
0.250	30.2	96.3		56.64
0.106	19.9	75.7		42.22
0.075	17.9	68.6		38.18
0.0483	16	37.8		24.72
0.0346	14	35.3		22.52
0.0224	10.5	32.9		19.46
0.0135	4.3	31.7		15.26
0.0096	2.7	31.7		14.3
0.0068	2	31.7		13.88
0.0034	1.6	31.7		13.64
0.0014	1.2	30.5		12.92

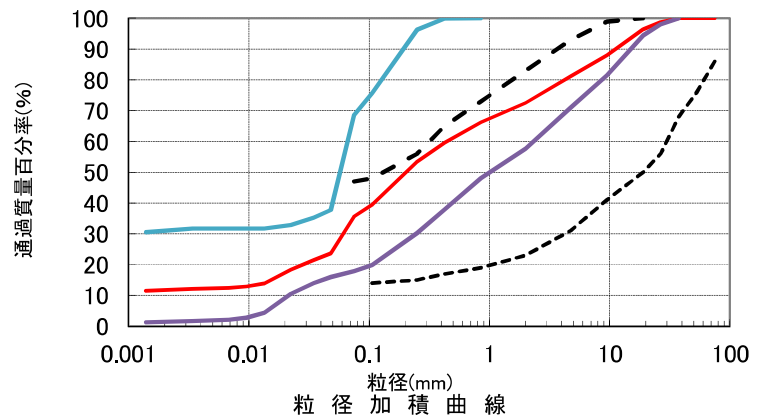
- 改良土:スラッジ
- 遮水性ゾーン(下限値)
- - - 遮水性ゾーン粒度範囲(上限値)
- 改良土
- スラッジ微粉末



調査名・目的	築堤材料検討業務		
試料名		試験者	加納 義明
採取地		試験場所	(株)中研コンサルタント 大阪技術センター
採取者		試験年月日	令和2年6月4日
採取年月日		最大寸法(mm)	

試験室の状態	室温 (°C)		湿度 (%)	
	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ=(6.5:3.5)
試料	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ=(6.5:3.5)
粒径mm	通過質量百分率(%)	通過質量百分率(%)		通過質量百分率(%)
75				
53				100.00
37.5	100			100.00
26.5	98.1			98.77
19	94.5			96.43
9.5	81.5			87.98
4.75	71			81.15
2	57.7			72.51
0.850	48.1	100.0		66.27
0.425	38	99.9		59.67
0.250	30.2	96.3		53.34
0.106	19.9	75.7		39.43
0.075	17.9	68.6		35.65
0.0483	16	37.8		23.63
0.0346	14	35.3		21.46
0.0224	10.5	32.9		18.34
0.0135	4.3	31.7		13.89
0.0096	2.7	31.7		12.85
0.0068	2	31.7		12.40
0.0034	1.6	31.7		12.14
0.0014	1.2	30.5		11.46

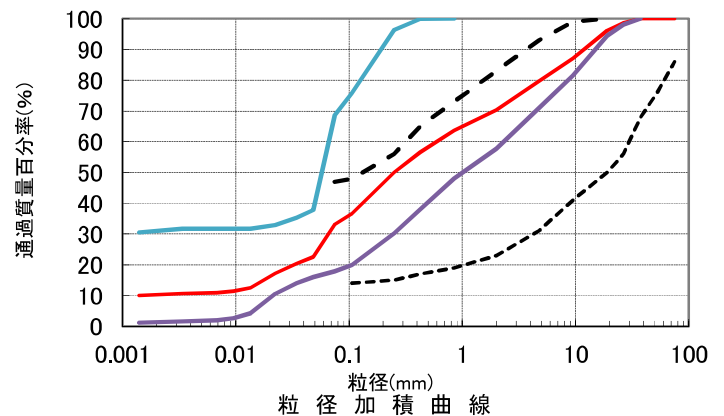
- 改良土:スラッジ
- 遮水性ゾーン(下限値)
- - - 遮水性ゾーン粒度範囲(上限値)
- 改良土
- スラッジ微粉末



調査名・目的	築堤材料検討業務		
試料名		試験者	加納 義明
採取地		試験場所	(株)中研コンサルタント 大阪技術センター
採取者		試験年月日	令和2年5月8日
採取年月日		最大寸法(mm)	

試験室の状態	室温 (°C)		湿度 (%)	
	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ= (7:3)
試料	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ= (7:3)
粒径mm	通過質量百分率(%)	通過質量百分率(%)		通過質量百分率(%)
75				
53				100
37.5	100			100
26.5	98.1			98.67
19	94.5			96.15
9.5	81.5			87.05
4.75	71			79.7
2	57.7			70.39
0.850	48.1	100.0		63.67
0.425	38	99.9		56.57
0.250	30.2	96.3		50.03
0.106	19.9	75.7		36.64
0.075	17.9	68.6		33.11
0.0483	16	37.8		22.54
0.0346	14	35.3		20.39
0.0224	10.5	32.9		17.22
0.0135	4.3	31.7		12.52
0.0096	2.7	31.7		11.4
0.0068	2	31.7		10.91
0.0034	1.6	31.7		10.63
0.0014	1.2	30.5		9.99

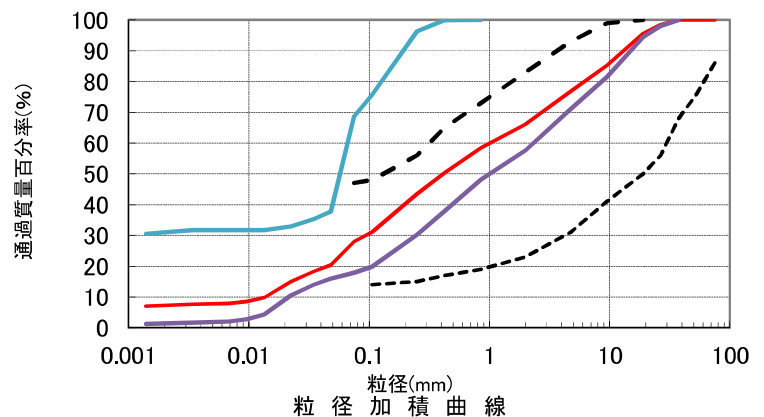
- 改良土:スラッジ
- 遮水性ゾーン(下限値)
- - - 遮水性ゾーン粒度範囲(上限値)
- 改良土
- スラッジ微粉末



調査名・目的	築堤材料検討業務		
試料名		試験者	加納 義明
採取地		試験場所	(株)中研コンサルタント 大阪技術センター
採取者		試験年月日	令和2年5月8日
採取年月日		最大寸法(mm)	

試験室の状態	室温 (°C)		湿度 (%)	
	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ=(8:2)
試料	改良土	スラッジ微粉末		改良土:スラッジ=(8:2)
粒径mm	通過質量百分率(%)	通過質量百分率(%)		通過質量百分率(%)
75				
53				100
37.5	100			100
26.5	98.1			98.48
19	94.5			95.6
9.5	81.5			85.2
4.75	71			76.8
2	57.7			66.16
0.850	48.1	100.0		58.48
0.425	38	99.9		50.38
0.250	30.2	96.3		43.42
0.106	19.9	75.7		31.06
0.075	17.9	68.6		28.04
0.0483	16	37.8		20.36
0.0346	14	35.3		18.26
0.0224	10.5	32.9		14.98
0.0135	4.3	31.7		9.78
0.0096	2.7	31.7		8.5
0.0068	2	31.7		7.94
0.0034	1.6	31.7		7.62
0.0014	1.2	30.5		7.06

- 改良土:スラッジ
- スラッジ微粉末
- 改良土
- 遮水性ゾーン(下限値)
- 遮水性ゾーン粒度範囲(上限値)



2020年6月12日

白石建設有限会社 御中

株式会社 中研コンサルタント
大阪技術センター 分析評価グループ
〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-55
TEL 06(6556)2062 FAX06(6556)2389

分析結果報告書

1. 件名：スラッジ微粉末化学分析
2. 試験方法：JIS R 5202 セメントの化学分析方法に準じた。
3. 試験結果：表-1 に分析結果を示す。

表-1 分析結果 単位 (%)

試験項目	試料名
	スラッジ微粉末
ig.loss	20.99
insol.	16.27
SiO ₂	10.54
Al ₂ O ₃	4.31
Fe ₂ O ₃	2.45
CaO	42.06
MgO	1.06
SO ₃	1.24
Na ₂ O	0.14
K ₂ O	0.14

※分析値は 105℃乾燥ベース

以上

計 量 証 明 書

第 S-02-202790 号
総数 1 枚 1 頁
2020 年 8 月 4 日

白石建設 有限会社

御中



計量証明事業者
イビデンエンジニアリング株式会社

〒503-0917 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

計量証明事業所

[登録番号] 岐阜県知事登録 濃度第3号

[区 分] 濃度に係る計量証明事業

イビデンエンジニアリング株式会社

環境技術事業部

〒503-0973 岐阜県大垣市神田町2丁目2番地

TEL (0584) 75-3238 / 75-3239

環境計量士 (第 2889号) 阿垣 勝人



ご依頼のありました濃度に係る計量の結果を下記の通り証明します。

試料の名称	改良土:スラッジ微粉末(6:4)				
採取場所	築堤材料検討業務				
採取日時	2020 年 7 月 31 日	採取者名	株式会社 中研コンサルタント 様		
天 候	当日	前日	気温	水温	
受付年月日	2020 年 8 月 4 日	受付方法	郵送		
試験実施日	2020 年 8 月 4 日 ~ 2020 年 8 月 4 日				
(注) 収集および持込試料の場合は依頼者のお申出により記入しました。					
計 量 の 対 象	計量結果	単位	基準値	定量下限値	計量方法
六価クロム	0.02 未満	mg/L	0.05以下	0.02	JIS K 0102-65.2.6
以下余白					
測定方法:平成3年8月23日環境庁告示第46号 (土壌の汚染に係る環境基準)による。					

添付資料

配合設計検討資料

1. 配合設計に必要な材料試験結果

混合割合の配合設計実施に当たり、改良土およびスラッジ微粉末の材料試験を実施した材料試験結果を表 4.1 に示す。

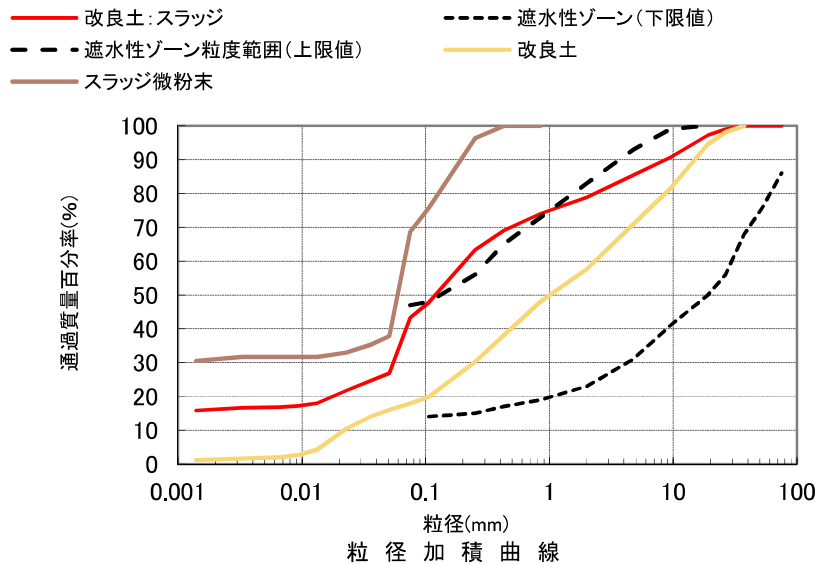
表 1.1 材料試験結果

材料名称	土粒子の密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	粒度分布 (%)		
			礫分	砂分	細粒分
改良土	2.686	12.7	42.3	39.8	17.9
スラッジ微粉末	2.668	57.5	0.0	31.4	68.6

2. 配合設計

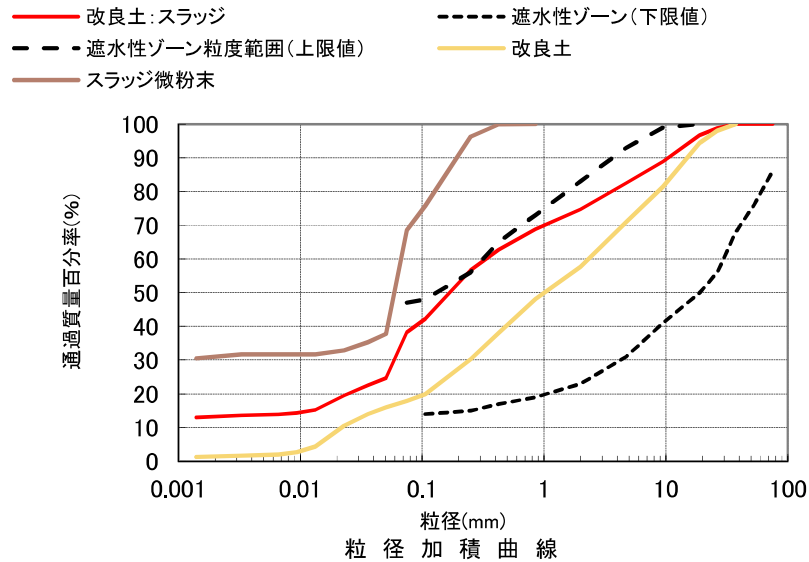
改良土およびスラッジ微粉末の粒度試験結果を基に築堤材料を満足する混合割合を確認した。

CASE1 改良土：スラッジ微粉末 (5：5)



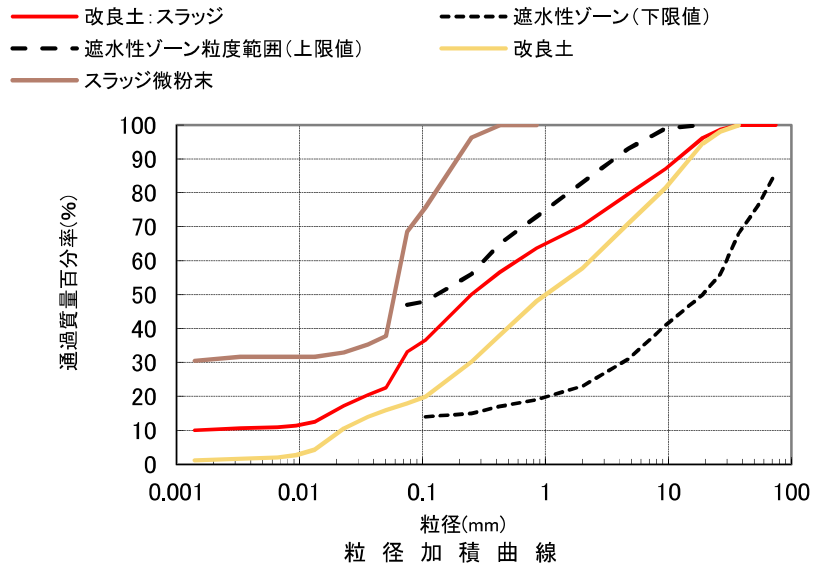
CASE1では遮水性ゾーンの下限値は満足しているものの上限値を一部超えているため現施工にてクラックが発生する恐れが考えられる。

CASE2 改良土：スラッジ微粉末（6：4）



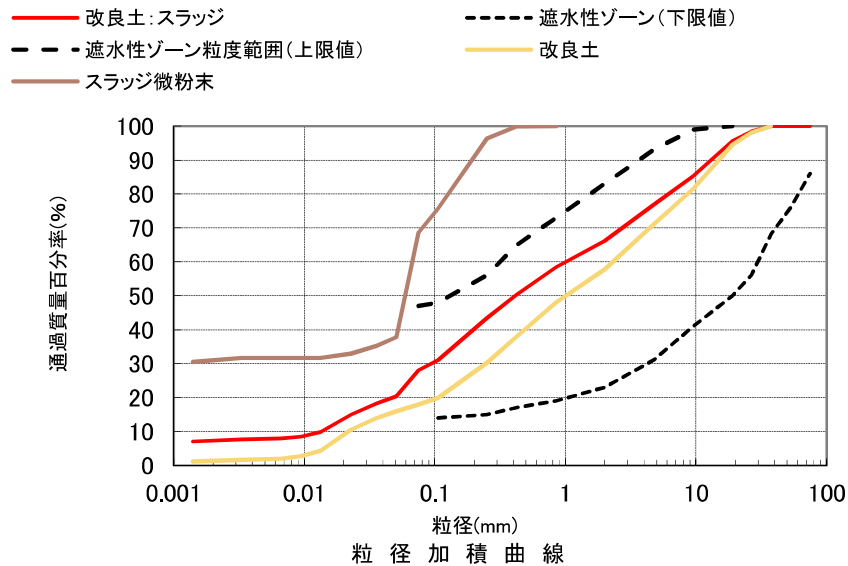
CASE2 では上限値・下限値共に満足している結果であった。現場で使用するスラッジ微粉末の使用量が若干多い。

CASE3 改良土：スラッジ微粉末（7：3）



CASE3 は規定される下限値側を延長すると同一もしくは若干外れる程度であったが概ね水密性は確保されると考え CASE3 の改良土：スラッジ微粉末（7：3）にて締固め試験及び透水試験を実施することとした。

CASE4 改良土：スラッジ微粉末（8：2）



CASE4 下限値を外れ水密性が確保されないと考えられる。

よって、配合設計については CASE3 にて透水試験を確認することとした。

3. 締固め試験及び透水試験結果

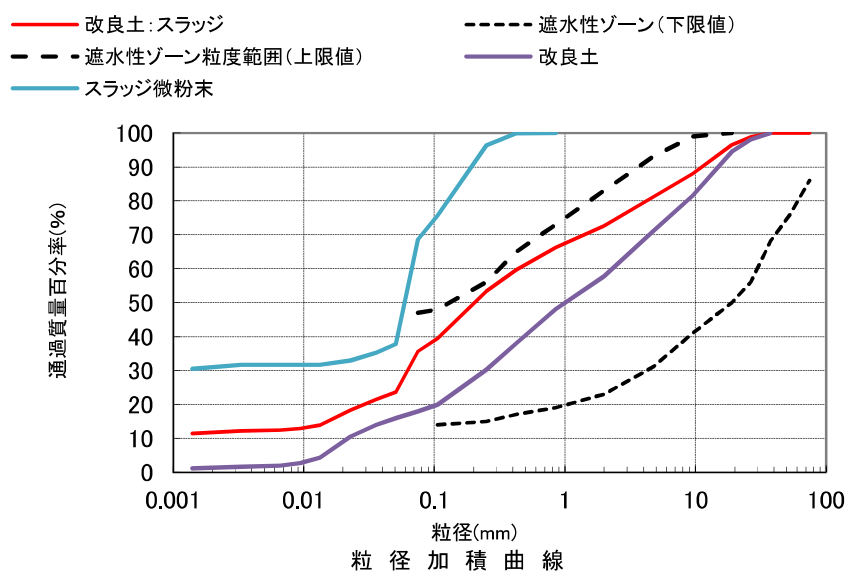
配合設計にて検討した CASE3 の改良土：スラッジ微粉末（7：3）にて各材料を質量比にて混合し材料を作成した後、締固め試験を実施した。また、締固め試験で求めた最大乾燥密度と最適含水比を参考に材料を最適含水比付近に調整後、透水試験を実施した。

CASE (割合)	締固め試験 (A-C 法)		透水試験 (変水位)
	最適含水比 ω_{opt}	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	代表値 k 15
CASE3 (7 : 3)	30.6%	1.417g/cm ³	1.98 × 10 ⁻⁵ (cm/s)

上記の試験結果より、締固め試験での最適含水比 15～40%および最大乾燥密度 1.2～1.8g/cm³については満足する結果であったが、透水試験での水密性について室内試験での 5 × 10⁻⁶ 以下を満足できなかったため、再度、割合について検討することとした。

現地でのスラッジ微粉末の供給量に限界があるため、供給限界に近い改良土：スラッジ微粉末（6.5：3.5）および（6：4）とした。

CASE5 改良土：スラッジ微粉末（6.5：3.5）



CASE5 については、粒度構成上、上限・下限内を満足している割合である。よって、再度、CASE5・CASE2 について締固め試験及び透水試験を実施した。

CASE (割合)	締固め試験 (A-C 法)		透水試験 (変水位)
	最適含水比 ω_{opt}	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	代表値 k_{15}
CASE5 (6.5 : 3.5)	32.2%	1.385g/cm ³	5.63×10 ⁻⁶ (cm/s)
CASE2 (6 : 4)	33.7%	1.330 g/cm ³	4.08×10 ⁻⁶ (cm/s)

上記の試験結果より、締固め試験での最適含水比 15～40%および最大乾燥密度 1.2～1.8g/cm³については満足する結果であった。透水試験は CASE5 での水密性について室内試験での 5×10⁻⁶以下を満足できなかったが、CASE2 (6：4) では室内目標透水係数 5×10⁻⁶以下を満足する結果であった。

上記の結果により粒度構成と水密性を満足した CASE2 改良土：スラッジ微粉末（6：4）を設計配合と決定した。

以上

写 真 集



土の含水比試験
スラッジ微粉末



土の粒度試験(ふるい分析)
改良土

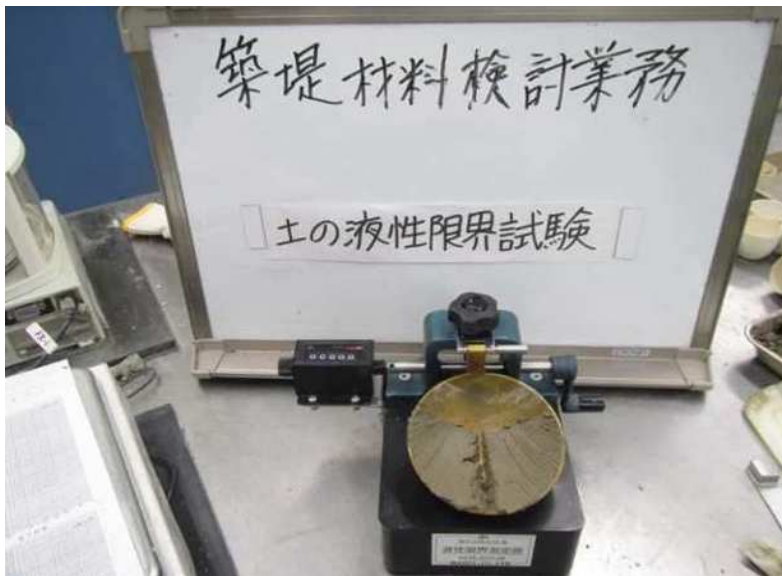


土の粒度試験(沈降分析)
改良土



土の含水比試験

改良土:スラッジ微粉末(6:4)



液性限界試験

改良土:スラッジ微粉末(6:4)

溝切れならず



塑性限界試験

改良土:スラッジ微粉末(6:4)

ひも状にならず



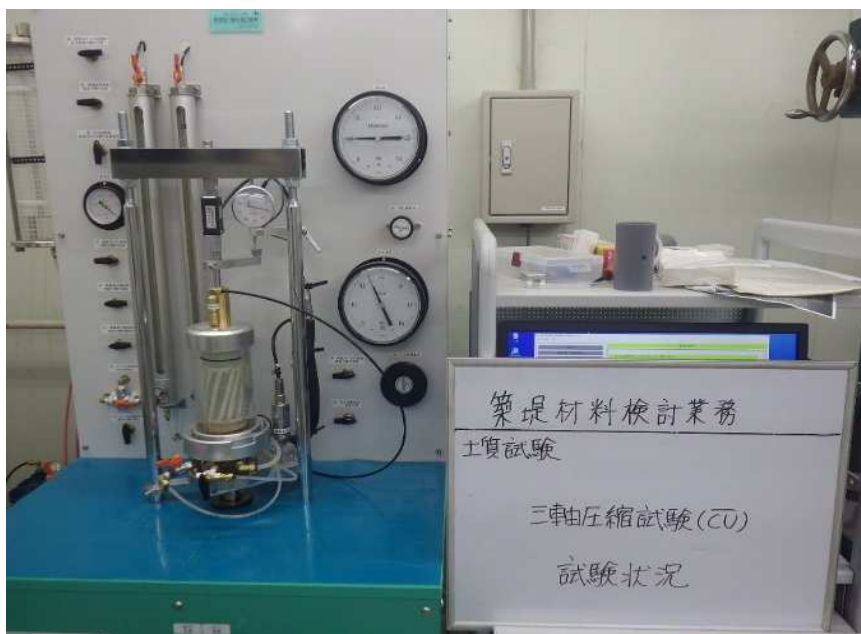
一軸圧縮試験

改良土:スラッジ微粉末(6:4)



三軸圧縮試験(UU)

改良土:スラッジ微粉末(6:4)



三軸圧縮試験(CU)

改良土:スラッジ微粉末(6:4)

