

地発第 05407 号
令和 5年10月15日

土質試験結果報告書

試料名

真砂土、セメント系固化材混合土
(無草土)

詫磨商事有限会社 殿

タナベ環境工学株式会社

本社 大分県大分市高江西一丁目4323番地の4

〒870-1117 TEL (097) 503-8877 (建設技術部)

FAX (097) 503-8787 (建設技術部)

無草土(真砂土 セメント系固化材混合土)の現場施工品質管理について

〔土質試験(基準試験)方法〕

- ①突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)において最大乾燥密度及び最適含水比を求める。
この際、モールドに締固めた各含水比毎の供試体(φ100mm×H127.3mm)を6パターン2本ずつ作成する。
 - ②作成した供試体を7日間の静置する。
 - ③供試体の養生後、一軸圧縮試験(JIS A 1216)及び山中式土壌硬度計を用いた硬度指数試験を実施。
含水比ごとの一軸圧縮強度、硬度指数を求める。
 - ④試験試料である無草土は、セメント系固化材を添加しているため一軸圧縮試験後の供試体を用いて、六価クロム溶出試験を行う。
- ★これらについては材料が工場生産のため品質の大きなバラツキは無いと予測される。

〔施工管理〕

無草土(真砂土 セメント系固化材混合土)における締固め度の指標である乾燥密度及び一軸圧縮強さは、含水比によって大きな差がある事が分かった。製造過程で真砂土を一度乾燥して固化材と混合することから、施工時には十分な散水と転圧が必要であり、含水比の管理が重要と予想される。

また、山中式土壌硬度計を用いた硬度指数試験では、含水比9.3%~21.2%の間で、硬度指数は30.0mm以上の値を示した。そこで、以下のような管理方法が考えられる。

1.密度

含水比-乾燥密度-圧縮強さの関係から、無草土(真砂土 セメント系固化材混合土)の含水比状態が、最適含水比付近(16.3%)よりやや乾燥側で高い圧縮強度が得られることが試験結果より判断された。

よって、車道部は 最大乾燥密度 ρ_{dmax} (Mg/m³)の96.5%以上 (自主管理値)
園路及び駐車場 最大乾燥密度 ρ_{dmax} (Mg/m³)の95.0%以上 (自主管理値)
として管理する。

2.強度

室内では7日養生での圧縮強度を測定した。測定結果は、次ページの「含水比-圧縮強度-乾燥密度の関係」図に示すとおりである。

また「土質安定工法便覧」に記載されている土の硬さと植物根との関係について、山中式土壌硬度計を用いた硬度指数試験では「根の生長不可能指数は30mm」と明記されている。

したがって今回試験を実施した試料が無草土としての防草効果を持つか確認するためには、実際の現場で山中式土壌硬度計による硬度指数試験を行うことが望ましい。

3.植樹帯等の管理方法

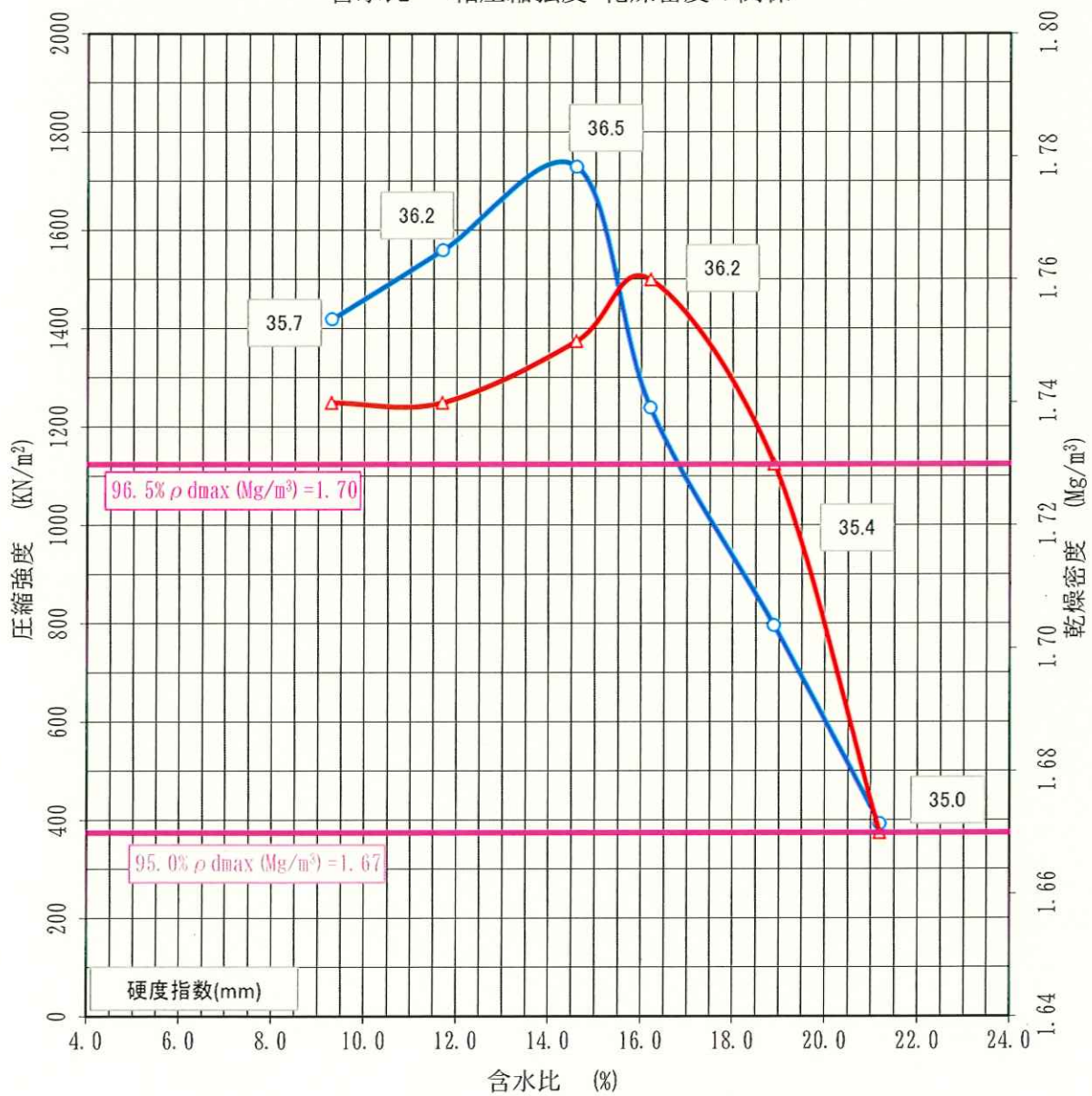
植樹帯等の管理を行う場合、密度試験及び一軸圧縮試験を実施することが施工上難しく、強度と比較して透水性が重要とされている。透水試験は、十分な散水後7日養生後の透水試験となる。基本的には厚さ管理(出来高管理)が基本となる。

	1	2	3	4	5	6
含水比 w %	9.3	11.7	14.6	16.2	18.9	21.2
一軸圧縮強さ q_u (KN/m ²)	1420	1560	1730	1240	797	393
乾燥密度 ρ_d (Mg/m ³)	1.74	1.74	1.75	1.76	1.73	1.67
硬度指数 (mm) (表裏平均)	35.7	36.2	36.5	36.2	35.4	35.0

最大乾燥密度 ρ_{dmax} (Mg/m³) = 1.76

最適含水比 w_{opt} (%) = 16.3

含水比-一軸圧縮強度-乾燥密度の関係



○ 一軸圧縮強さ q_u (KN/m²) ▲ 乾燥密度 ρ_d (Mg/m³)

硬 度 指 数 試 験

調査件名 無草土(真砂土セメント系固化材混合土)

試験年月日

令和5年9月14日

試料番号(深さ)

試 験 者

森田 真由

供試体NO		1	2	3	4	5	6
含水比 (%)		9.3	11.7	14.6	16.2	18.9	21.2
硬度指数 (mm)	供試体 (上面)	35.1	36.2	36.3	36.2	35.2	34.8
	供試体 (下面)	36.2	36.1	36.7	36.1	35.6	35.1
	平 均	35.7	36.2	36.5	36.2	35.4	35.0

土の硬さと雑草の成長

土の硬さ (山中式土壤硬度計) と根の成長度⁵²⁾

根の成長状態	根の成長容易	成長可能	成長困難	根の浸入不可能 割目に入るか 地表をはう
カタサ指数 (mm)	10 15 18 20 23	27	30	40
一軸圧縮強さ (×100kN/m ²)		0.1	1	3 10

⁵²⁾ 松尾新一郎編: 土質安定工法便覧、日刊工業新聞, pp280-281 (1976).
セメント系固化材による地盤改良マニュアル第5版 (2021年10月: (社) 日本セメント協会 (p85))

上表から、雑草の成長不可能カタサ指数を**30mm (=300 (kN/m²))***とする。

※このカタサ指数30mmは支持力強度 (qu値) 300 (kN/m²) に相当する。

土質試験結果一覧表（材料）

調査件名 無草土(真砂土・セメント系固化材混合土)

整理年月日

令和 5年 10月 15日

整理担当者

森田 真由



試料番号 (深さ)	配合土				
一般	湿潤密度 ρ_w Mg/m ³				
	乾燥密度 ρ_d Mg/m ³				
	土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³				
	自然含水比 w_n %	9.5			
	間隙比 e				
	飽和度 S_r %				
粒度	石分 (75mm以上) %				
	礫分 ¹⁾ (2~75mm) %				
	砂分 ¹⁾ (0.075~2mm) %				
	シルト分 ¹⁾ (0.005~0.075mm) %				
	粘土分 ¹⁾ (0.005mm未満) %				
	最大粒径 mm				
	均等係数 U_c				
コン シ ス テ ン シー 特 性	液性限界 w_L %				
	塑性限界 w_p %				
	塑性指数 I_p				
分 類	地盤材料の 分類名				
	分類記号				
締 固 め	試験方法	A-c			
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} Mg/m ³	1.76			
	最適含水比 w_{opt} %	16.3			
C B R	試験方法				
	膨張比 r_c %				
	貫入試験後含水比 w_2 %				
	平均 CBR % %修正CBR %				
コー ン 指 数	突固め回数 回/層				
	コーン指数 q_c kN/m ²				
そ の 他	六価クロム溶出試験 mg/l	<0.02			

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≒0.102kgf/cm²]

調査件名 無草土(真砂土・セメント系固化材混合土)

試験年月日 令和 5年 9月 7日

試験者 森田 真由

試料番号(深さ)	配合土				
容器 No.					
m_a g	822.47	785.78	801.60		
m_b g	760.12	726.75	741.43		
m_c g	106.75	110.10	109.70		
w %	9.5	9.6	9.5		
平均値 w %	9.5				
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

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

調査件名 無草土(真砂土・セメント系固化材混合土)

試験年月日 令和 5年 9月 7日

試料番号 (深さ) 配合土

試験者 森田 真由

試験方法		A-c	土質名称	配合土			
試料の準備方法		乾燥法, 湿潤法	ランマー質量 kg	2.5	モ ー ル ド	内径 mm	100
試料の使用		繰返し法, 非繰返し法	落下高さ mm	300		高さ ¹⁾ mm	127
含水比	試料分取後 w_1 %	9.5	突固め回数 回/層	25		容量 V mm ³	1000×10^3
	乾燥処理後 w_1 %	9.3	突固め層数 層	3		質量 m_1 ²⁾ g	1980
測定 No.		1	2	3	4		
(試料+モールド) 質量 m_1 ²⁾ g		3876	3922	3977	4031		
湿潤密度 ρ_i Mg/m ³		1.90	1.94	2.00	2.05		
平均含水比 w %		9.3	11.7	14.6	16.2		
乾燥密度 ρ_s Mg/m ³		1.74	1.74	1.75	1.76		
含 水 比	容器 No.						
	m_a g	2457	2573	2698	2696		
	m_b g	2302	2375	2446	2414		
	m_c g	637	689	718	678		
	w %	9.3	11.7	14.6	16.2		
比	容器 No.						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	w %						
測定 No.		5	6	7	8		
(試料+モールド) 質量 m_1 ²⁾ g		4035	4010				
湿潤密度 ρ_i Mg/m ³		2.06	2.03				
平均含水比 w %		18.9	21.2				
乾燥密度 ρ_s Mg/m ³		1.73	1.67				
含 水 比	容器 No.						
	m_a g	2744	2734				
	m_b g	2421	2382				
	m_c g	709	723				
	w %	18.9	21.2				
比	容器 No.						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	w %						

特記事項

- 1) 内径15cmのモールドの場合はスパーサーディスクの高さを差引く。
- 2) モールドの質量は底板を含む。

$$\rho_s = \frac{\rho_i}{1 + w/100}$$

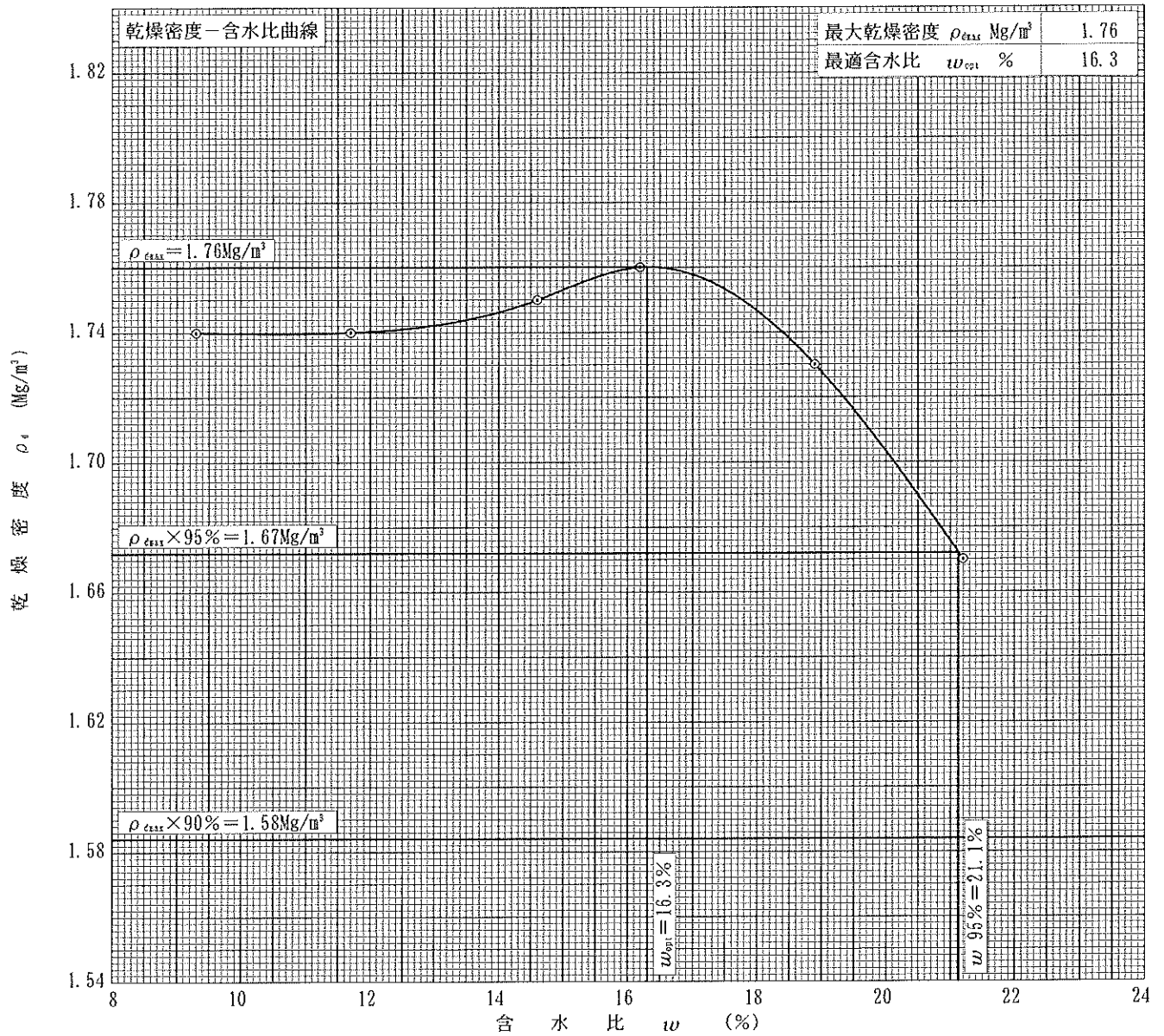
調査件名 無草土(真砂土・セメント系固化材混合土)

試験年月日 令和 5年 9月 7日

試料番号 (深さ) 配合土

試験者 森田 真由

試験方法	A-c		土質名称		配合土			
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 Mg/m ³			
試料の使用方法	繰返し法, 非繰返し法		落下高さ mm	300	試料調製前の最大粒径 mm			
含水比	試料分取後 w_1 %	9.5	突固め回数 回/層	25	モールド	内径 mm	100	
	乾燥処理後 w_1 %	9.3	突固め層数 層	3		高さ mm	127	
測定 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
平均含水比 w %	9.3	11.7	14.6	16.2	18.9	21.2		
乾燥密度 ρ_d Mg/m ³	1.74	1.74	1.75	1.76	1.73	1.67		



特記事項

1) 内径150mmのモールドの場合はスベ一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

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

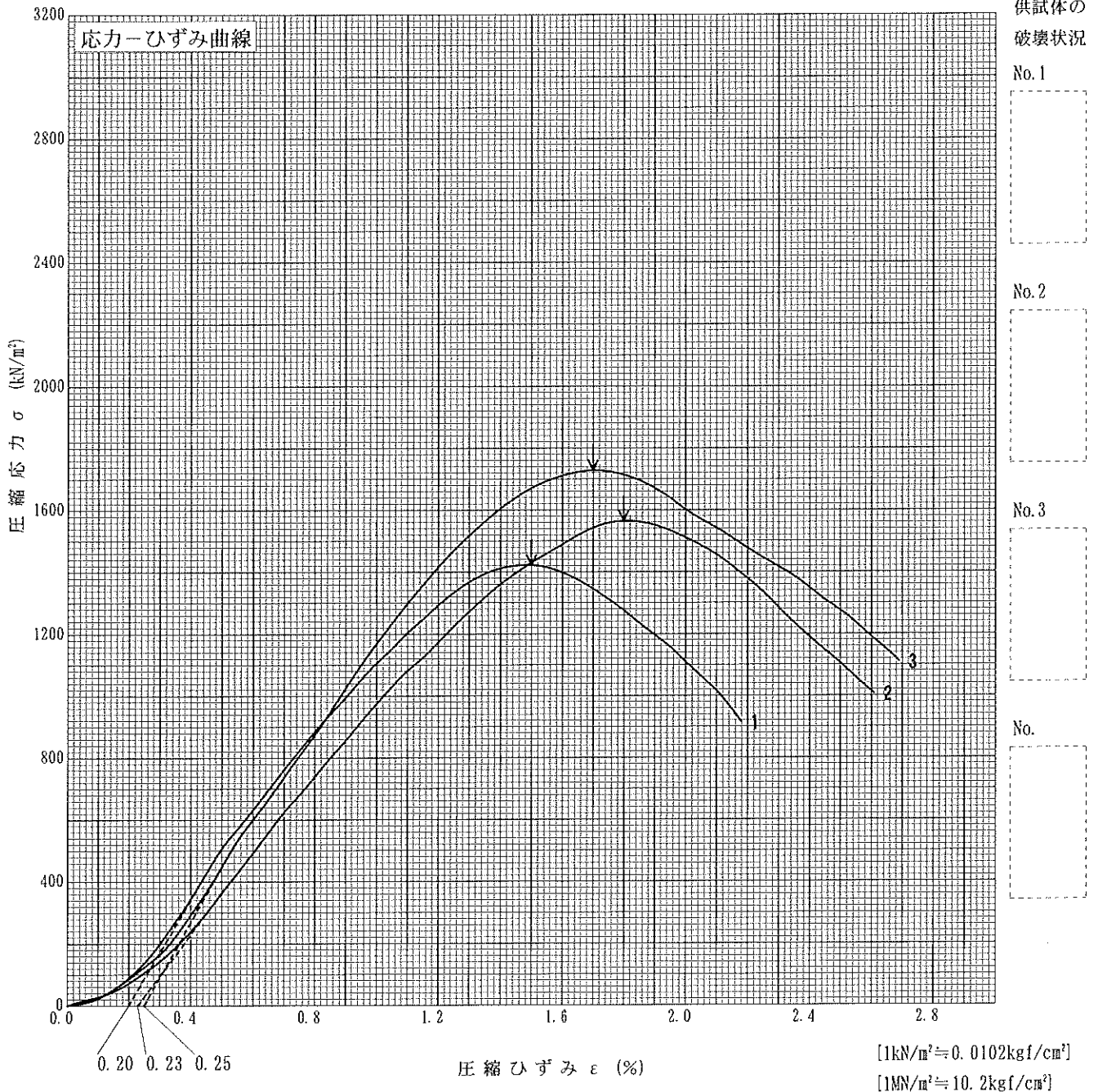
調査件名 無草土 (真砂土・セメント系固化材混合土)

試験年月日 令和 5年 9月 14日

試料番号 (深さ) 配合土

試験者 森田 真由

土質名称	配合土	供試体 No.	1	2	3
液性限界 w_L %		試料の状態	配合土	配合土	配合土
塑性限界 w_p %		高さ H_s mm	127.3	127.3	127.3
ひずみ速度 %/min	1.0	直径 D_s mm	100.0	100.0	100.0
特記事項 1) 必要に応じて記載する。 $E_s = \frac{q_s}{\frac{2}{\epsilon_{s3}} / 10}$		質量 m g	1886	1923	1973
		湿潤密度 ρ_w Mg/m ³	1.89	1.92	1.97
		含水比 w %	9.3	11.7	14.6
		一軸圧縮強さ q_s kN/m ²	1420	1560	1730
		破壊ひずみ ϵ_f %	1.3	1.6	1.5
		変形係数 E_{s3} MN/m ²	150	130	160
		鋭敏比 S_c			
		平均強度 kN/m ²	1570		



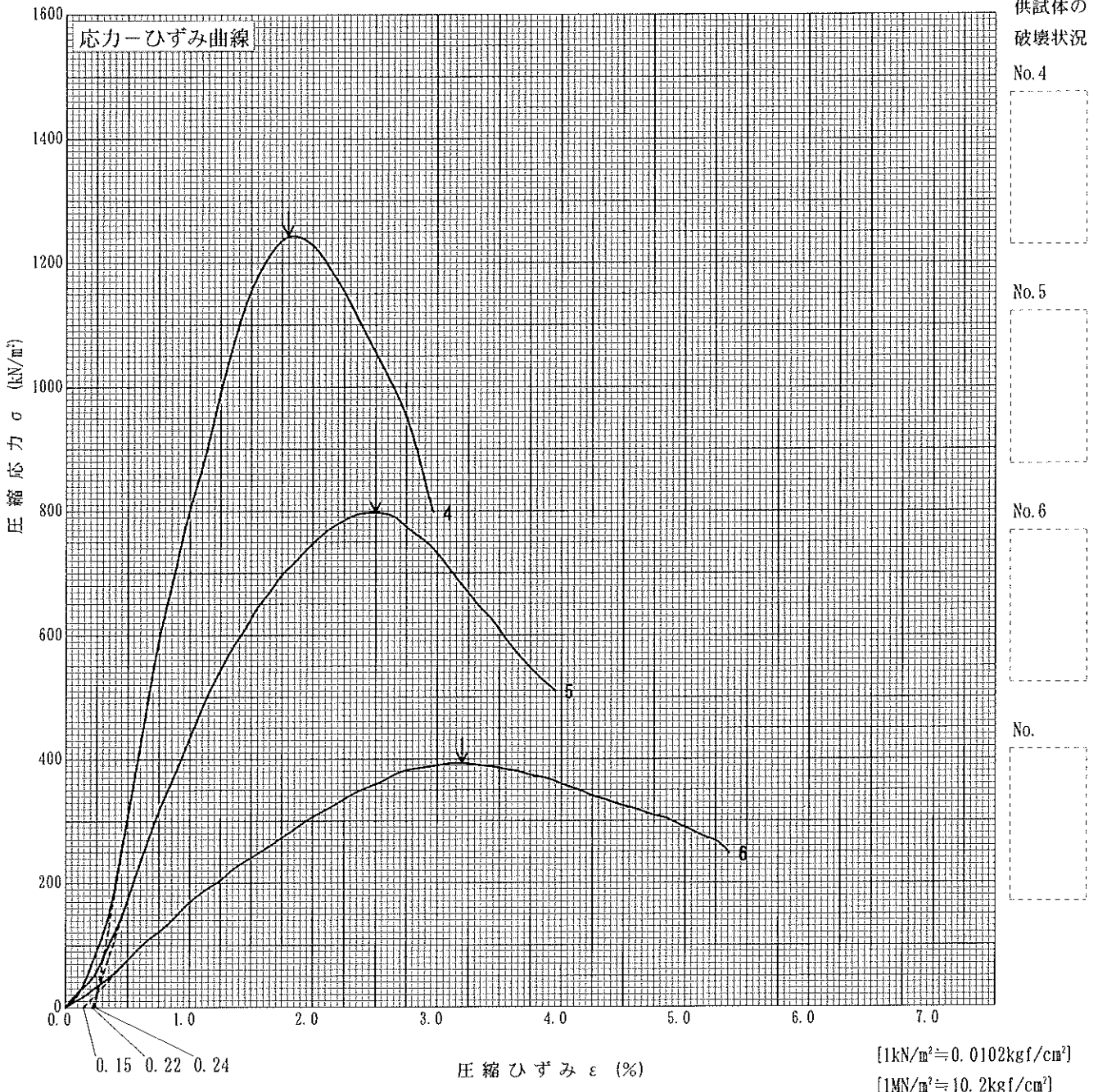
調査件名 無草土(真砂土・セメント系固化材混合土)

試験年月日 令和 5年 9月 14日

試料番号(深さ) 配合土

試験者 森田 真由

土質名称	配合土	供試体 No.	4	5	6
液性限界 w_L %		試料の状態	配合土	配合土	配合土
塑性限界 w_p %		高さ H_s mm	127.3	127.3	127.3
ひずみ速度 %/min	1.0	直径 D_s mm	100.0	100.0	100.0
特記事項 1) 必要に応じて記載する。		質量 m g	2029	2025	2005
		湿潤密度 ρ_w Mg/m ³	2.03	2.03	2.01
	$E_s = \frac{q_s}{\frac{2}{\epsilon_{s1}}/10}$	含水比 w %	16.2	18.9	21.2
		一軸圧縮強さ q_s kN/m ²	1240	797	393
		破壊ひずみ ϵ_{s1} %	1.6	2.3	3.1
		変形係数 E_{s1} MN/m ²	110	57	19
		鋭敏比 S_u "			
		平均強度 kN/m ²	810		





無草土

真砂土セメント系固材混合土

土の含水比試験



無草土

真砂土セメント系固材混合土

突固めによる土の締固め試験

(突固め状況)



無草土

真砂土セメント系固材混合土

土壌硬度測定状況



無草土

真砂土セメント系固材混合土

土の一軸圧縮試験

圧縮前



無草土

真砂土セメント系固材混合土

土の一軸圧縮試験

圧縮中



無草土

真砂土セメント系固材混合土

土の一軸圧縮試験

圧縮後

報 告 書

令和 5年 9月25日

詫磨商事 有限会社 殿

大分市高江西一丁目 4323 番地の 4
タナベ環境工学株式会社

代表取締役 藤澤 剛
TEL (097) 503-8900 (代表)
濃度計量証明事業所
大分県知事登録 77号
環境計量士 庄 澄人

「セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領 (案)」
に基づいて行った配合試験の段階で実施する環境庁告示 46号溶出試験の結果が、
別紙 (試験結果報告書 環発第 23.A.00431) のとおり、

土壤環境基準 (平成 3.8.23 環告 46)
六価クロム 検液 1L につき 0.05mg 以下であること。

の基準値を満たしていました。

試験結果報告書

環発第23.A.00431
令和5年9月25日

詫磨商事 有限会社 殿

大分県大分市高江西一丁目4-3-23番地の4
タナベ環境工学株式会社
代表取締役 藤澤 剛
TEL (097) 503-8900 (代表)

濃度計量証明事業所
大分県知事登録77号
環境計量士 庄 澄人

試料受付日	令和5年9月14日	採取区分	受 付	試料区分	その他
工 事 名	無草土（真砂土・セメント系固材混合土）				
備 考	試料名：配合土 σ7 検液の作成：重量体積比10%W/Vで溶出（平成3. 環告第46号付表）				

貴依頼による試料の試験結果が下記のとおりであったことを報告します。

試験結果

(No. 1/1)

分 析 項 目	記 号	単 位	試 料 (10%溶出液)	分 析 方 法
六価クロム	Cr(VI)	mg/L	<0.02	JIS K 0102-65.2.1
以下余白				