

軟質な粘性土の残滓（スライム）を対象とした深層混合処理工法の施工（その1）

清水建設㈱

正会員 ○土屋尚典

正会員 西田茉佑子

正会員 遠西幸男

正会員 長澤正明

正会員 村井貫二

渡辺太一

奥山昌和

小野田ケミコ㈱

正会員 今井誉人

村川 徹

国土交通省 中部地方整備局 岐阜国道事務所

玉越直哉

1. はじめに

東海環状自動車道建設工事中において、切土法面の安定を目的とした地盤改良（深層混合処理工）を施工する。対象となる地盤は、過去に露天掘りと埋土が繰り返され、その埋土は碎石処理で発生した軟質な粘性土の脱水ケーキを主体とした残滓（スライム）（以下、脱水ケーキ残滓）である。また、埋土以外の地層も不連続な複合地盤である。本稿では、対象土質として類別が少ない脱水ケーキ残滓に着目した室内配合試験を実施したので、その結果について報告する。図-1 に地盤断面、表-1 に地質構成を示す。

2. 試験概要

前述のように脱水ケーキ残滓を対象とした深層混合処理工の例は少ない。このような場合、攪拌混合効率低下、強度低下等の品質不具合に留意する必要がある。本工区の代表的な対象土層である脱水ケーキ残滓（Um3 層）の土質試験結果を表-2 に示す。Um3 層は、含水比が 29.3%と低く、コンシステンシー指数 I_c の値は 0.42 であり 1 よりも小さく不安定な土質である。液性限界よりも自然含水比が小さいため加水しないと攪拌混合に必要な液状を呈さない土質であると考えられる。また、液性指数 I_L の値は 0.58 であり 1 よりも小さく、元々の自然含水比が低いことも相まって容易に流動化しない性状であると考えられる。そのため、地盤改良施工時に攪拌混合効率が低下し、不均一な改良体が造成される懸念がある。

対象土の流動性を増加させるための方法として、施工時の水掘り削孔や、スラリーの水-固化材比（以下、W/C）を増加させる、という方法がある。工程や経済面を考慮して、まずは室内配合試験の段階でスラリーの W/C を増加させる方法を検討した。脱水ケーキ残滓は前例が少ないため、予備の室内配合試験を実施して W/C を決定し、その W/C を以て本試験を実施し固化材添加量を決定した。

3. 予備室内配合試験（以下、予備試験）

Um3 層を対象に予備試験を実施した。本工事における改良体の設計基準強度は 600kN/m^2 である。「設計・

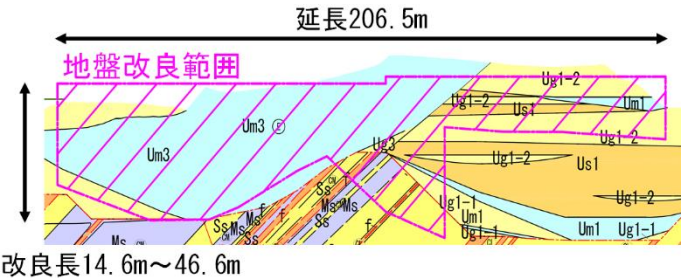


図-1 地盤断面

表-1 地質構成

時代	地層名	記号	地質名・土質名
現世	建設資材	Psg	砂礫
	盛土	B	砂礫
	埋土	Um3	粘性土
		Ug3	礫混りシルト～砂礫
		Um2	粘性土
		Ug2	礫混り砂～岩塊混り砂礫
		Um1	粘性土
		Us1	砂質土
		Ug1-2	礫混り砂～岩塊混り砂礫
		Ug1-1	粘土質砂礫～岩塊混り砂礫
新生代	崩積土	Sd	礫混りシルト
	崖錐堆積物	Dt	礫混り粘土から礫混り砂
	土石流堆積物	Df3	粘土質砂礫～砂礫
	岩脈	Df4	岩塊混り砂礫～砂礫
	美濃帯上麻生ユニット	Po	ヒン岩
	中生代	Ss	砂岩
		Ms	泥岩
中生代		Ch	チャート
		f	※ 破碎帯(粘土～礫混り土砂状)

表-2 試料土の物理・化学的性質

試験項目		単位	Um3 層
名称			
一般	湿潤密度	g/cm^3	1.869
	自然含水比	%	29.3
粒度	礫分	%	0.1
	砂分		8.9
	シルト分		52.5
	粘土分		38.5
	最大粒径	mm	4.75
コンシステンシー特性	液性限界	%	37.6
	塑性限界		17.7
	コンシステンシー指数	-	0.42
	液性指数	-	0.58
化学試験	土の pH 試験	-	8.8
	強熱減量	%	3.77

キーワード 地盤改良，深層混合処理工法，残滓，粘性土，室内配合試験

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1

清水建設(株)土木技術本部 基盤技術部 TEL 03-3561-2203

施工マニュアル「エポコラム工法」¹⁾により室内目標強度を1,800kN/m²に設定した。表-3に予備試験の配合を示す。W/Cは設計に示されているW/C=1.0から、2.5まで増加させた5水準とした。固化材の種類は2種類とし、材齢7日と28日において一軸圧縮試験を実施した。予備試験の評価方法は下記①②の通りとした。

- ①供試体の目視評価：「安定処理土の締固めをしない供試体作成方法（JGS 0821-2000）」に準じて作成した供試体を目視確認し、その状態を写真により記録して評価した。
- ②強度の評価：作成した供試体により「土の一軸圧縮強度試験（JIS A 1216）」を実施し評価した。

4. 予備試験の結果

予備試験の結果を表-4に示す。目視評価において、W/C=1.0および1.5は混合土が団粒化し空隙が多い供試体となった。これらのW/Cでは、良好な攪拌混合のために必要な流動性を確保できなかったと考えられる。W/C=2.0では目視、強度ともに良好な結果となった。また、W/C=2.25および2.5では強度がW/C=2.0よりも小さくなり、固化材添加量と発現強度の逆転現象が確認された。以上の結果より、W/C=2.0を最適な含水比と判断し、本配合試験を行った。

5. 本室内配合試験（以下、本試験）とその結果

予備試験の結果を受けてW/C=2.0と設定し本試験を実施した。試験結果を表-5に示す。設計強度の異なる箇所や他の対象土層も併せて試験を実施したが、今回はUm3層に着目して報告する。セメント系固化材（特殊土用、ジオセット200）が高炉セメントB種と比較して供試体状況が良好で発現強度も大きく、目標強度を満足する最低添加量は130kg/m³であった。あらかじめ予備試験でW/Cを決定したため本試験がスムーズに進み、今回のように事例の少ない土質が対象の場合、予備試験が有効であることが確認できた。なお、他の土層における本試験では固化材の最低添加量が151kg/m³という結果となった。これにより、固化材添加量は全ての土層で一律151kg/m³として別報²⁾に示す試験施工を実施した。

6. 実施工への課題

W/C=2.0としたことにより、含水比が増大して粘性土の流動性が高まり、良好な供試体を作成することができた。しかし、実際の地盤では、ある程度の脱水や攪拌混合効率の低下が発生する可能性がある。したがって、実地盤におけるW/C=2.0の適合性や攪拌混合効率、強度の発現を確認するため、本施工に先立って試験施工を実施し、最適な施工方法を決定した²⁾。

参考文献

- 1) 設計・施工マニュアル「エポコラム工法」, エポコラム協会, p.39, 平成30年6月
- 2) 村井貫二ら, 軟質な粘性土の残滓（スライム）を対象とした深層混合処理工法の施工（その2）, 第78回年次学術講演会, 2023.（投稿中）

表-3 予備試験の配合

項目	仕様	数量
箇所	No.491 付近	1 箇所
土層の種類	Um3 層	1 試料
固化材の種類	セメント系固化材 (特殊土用, ジオセット 200) 高炉セメント B 種	2 種類
添加量	100・170・240 kg/m ³	3 水準
水-固化材比	W/C=1.0・1.5・2.0・2.25・2.5	5 水準
材令	7・28 日	2 材令
供試体の本数	1 箇所×1 試料×2 固化材×2 材令×3 水準×5 水-固化材比×3 供試体=180 供試体	180 供試体

表-4 予備試験の結果

W/C	添加量 kg/m ³	ジオセット 200			高炉セメント B 種		
		①供試体 状況	②σ ₂₈ 平均 kN/m ²	総合 評価	①供試体 状況	②σ ₂₈ 平均 kN/m ²	総合 評価
1.0	100	×	1,111	×	×	1,651	×
	170	×	1,494	×	△	2,395	△
	240	×	2,604	×	△	3,520	△
1.5	100	×	1,840	×	△	2,360	△
	170	△	3,083	△	△	3,039	△
	240	○	3,793	○	○	3,476	○
2.0	100	○	2,182	○	○	1,986	○
	170	○	3,167	○	○	2,891	○
	240	○	3,003	○	○	2,674	○
2.25	100	○	2,083	○	○	2,279	○
	170	○	2,674	○	○	2,185	○
	240	○	2,842	○	○	2,531	○
2.50	100	○	1,986	○	○	2,034	○
	170	○	2,891	○	○	1,862	○
	240	○	2,674	○	○	2,327	○



W/C=1.5, C(GS200)=170kg/m³の供試体



W/C=2.0, C(GS200)=100kg/m³の供試体

表-5 本試験の結果

試料	固化材	C=90kg/m ³		C=130kg/m ³		C=170kg/m ³	
		①供試体 状況	②σ ₂₈ 平均 kN/m ²	①供試体 状況	②σ ₂₈ 平均 kN/m ²	①供試体 状況	②σ ₂₈ 平均 kN/m ²
Um3-①	ジオセット 200	×	2,025	○	3,271	○	4,159
	高炉セメント B 種	×	1,415	○	3,161	○	3,824
Um3-②	ジオセット 200	×	1,523	○	3,041	○	3,945
	高炉セメント B 種	×	1,542	△	3,021	○	3,817
Um3-③	ジオセット 200	×	1,303	△	2,450	○	4,123
	高炉セメント B 種	×	1,629	△	2,312	△	3,308
Um3-④	ジオセット 200	○	2,607	○	2,455	○	3,547
	高炉セメント B 種	×	1,457	△	2,419	○	2,984
Um3-⑤	ジオセット 200	○	2,284	○	3,177	○	3,427
	高炉セメント B 種	○	2,198	○	2,838	○	2,944
Um3-⑥	ジオセット 200	○	2,514	○	3,320	○	3,811
	高炉セメント B 種	○	2,287	○	3,321	○	3,741



C(GS200)=130kg/m³の供試体



C(GS200)=170kg/m³の供試体