

高強度地盤改良に関する研究

東日本旅客鉄道（株） 正会員○加藤 誠
（株）大林組 正会員 細谷芳巳

1．はじめに

鉄道構造物の中でも特に汎用性の高い盛土構造物等は、鉄道の安全・安定輸送を担う上で高い信頼性が要求される。掘削に伴う工事では土砂の搬出、搬入における受給バランスの調整に加えて、廃棄物削減や資源の有効利用の促進、さらには周辺環境への配慮がますます必要となっている。そのため現地の土を有効に利用して、土を極力出さない環境に優しい設計や施工法等を検討していくことが求められている。

従来、盛土や基礎地盤等のセメント系固化材による地盤改良は、強度が小さく品質（強度）がばらつく、そのためかなり余裕を持たせた設計にしておく必要がある、といった問題を抱えていたが、近年、改良目的に応じた新しいセメント系固化材が出現し、また混合性能の良い施工機械が開発される状況にあるため、それらを活用して品質の良い高強度地盤改良を行い、より合理的な設計に結びつけることが可能になってきた。

ここでは、品質の優れた高強度改良体を得ることを目的に行った室内配合試験の結果について報告する。

2．目標強度と試料

現地土を利用する高強度地盤改良の目標強度を 6N/mm^2 以上とし、室内と現場との相違や不良率・変動係数等を考慮して室内一軸圧縮強度で 13.5N/mm^2 以上の高強度改良体を得ることを目指した。

配合試験に用いた土試料は、関東近辺にある代表的な砂質土、シルト、粘土、ロームの4種類とした。

対象試料土の物性を表-1に示す。

表-1 室内配合試験に用いた対象土の土質性状

3．試験条件

第一ステップはセメントの種類に着目した試験を行った。

各試料土の含水比は、平均的な値として下記のように調整した。

- (1) 砂質土 ($w=25、40\%$)
- (2) シルト ($w=60\%$)
- (3) 粘土 ($w=80\%$)
- (4) ローム ($w=110\%$)

セメント系固化材の効果は、一般的な普通ポルトランドセメント(N)と高炉セメントB種(BB)に加え、特別に配合調整した12種類(後出図-1～4中に凡例記号で表示)を用いて一軸圧縮強度試験(径5cm×高さ10cm 各3体、材令28日、91日)で比較した。

固化材の配合は粉体混合方式とミルク混合方式があるが、高強度、均質性確保を目的に今回は高濃度ミルク方式とし、水セメント比 $w/c=50\%$ 、固化材配合量 $a_w=400\text{kg/m}^3$ (添加率 $\alpha=33\%$)とした。

第二ステップは、上記の試験結果を基にして6種類のセメント系固化材を選び、より強度を得るため水セメント比を40%に下げてセメント量を増やしたが、高濃度ミルクの配合による粘性増加を抑える目的で粘性低減剤(プロトパウダー)をセメントミルクに添加して試験を行った。なお、ミルク濃度と時間経過に伴う粘性の変化は、B型粘度計で測定し効果判定した。

試料名 (採取場所)		砂質土 (晴海産)	シルト (小台産)	粘土 (晴海産)	ローム (八王子産)
土粒子の密度 $\rho_s(\text{kN/m}^3)$		26.84	26.77	25.05	27.69
自然含水比 $w(\%)$		26.7	52.7	91.3	109.1
粒 度	礫 分 $\%$	0	0	0	4
	砂 分 $\%$	90	16	7	15
	シルト 分 $\%$	4	51	49	48
	粘土 分 $\%$	6	33	44	33
	最大粒径 (mm)	2.0	0.425	2.00	19.0
コ テ ン シ ス	液性限界 $w_L \%$	-	44.0	105.4	140.5
	塑性限界 $w_p \%$	-	29.6	55.2	87.2
	塑性指数 I_p	-	14.4	50.2	53.3
土質分類記号		S-F	ML	MH	VH2
強熱減量 $\%$		4.1	6.5	13.4	22.7
有機物含有量 $\%$		0.27	6.44	2.16	2.54

Key Words：地盤改良 セメント系固化材 高強度 一軸圧縮試験

〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 Tel.03-5334-1142 FAX 03-5334-1109

4．試験結果とまとめ

図 - 1 ～ 4 に土質別一軸圧縮試験の結果を示す。結論として、代表的な 4 種類の土にセメント系固化材を添加混合して、当初の目標であった室内配合強度 13.5N/mm^2 以上の高強度を可能とするいくつかの地盤改良材を見いだすことができた。

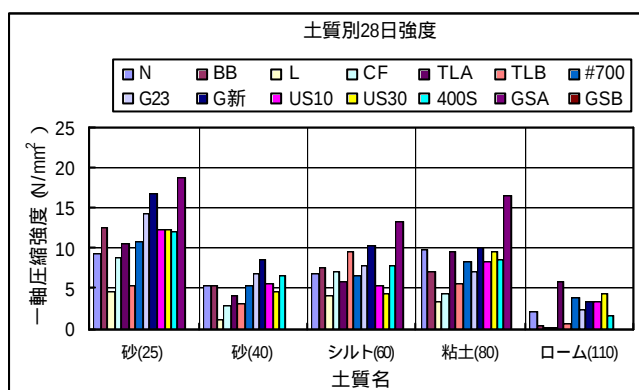


図 - 1 土質別：材齢 28 日の一軸圧縮強度

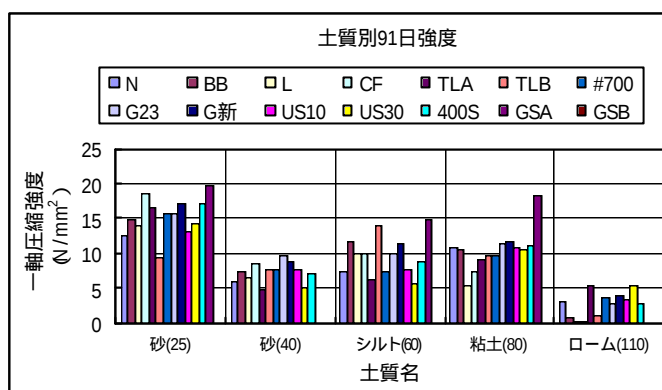


図 - 2 土質別：材齢 91 日の一軸圧縮強度

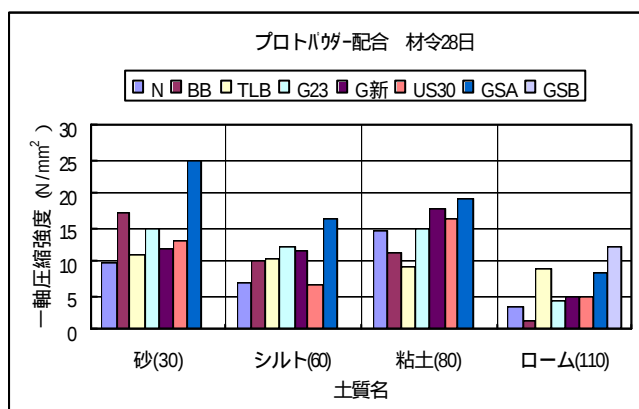


図 - 3 6 製品の土質別一軸圧縮強度(材令 28 日)

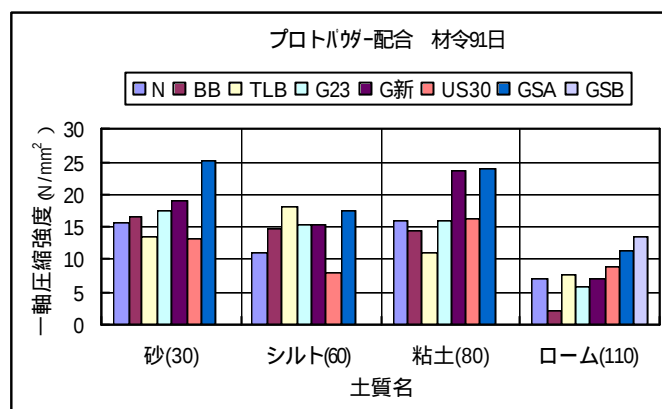


図 - 4 6 製品の土質別一軸圧縮強度(材齢 91 日)

図 - 5 には粘性低減剤添加・無添加時の粘性の時間変化を示す。

セメントミルクを高濃度化することによる粘性増加に対しては、粘性低減剤プロトパウダーを適当な量で添加混合することが効果的であることがわかった。

今後はより高強度が得られる地盤改良材に関するデータを集積するとともに、各土質（砂、シルト、粘土、ローム）の含水比の変化やセメント添加量と強度の関係について精度の高い予測式を求め、将来の「手引き」等へ反映していきたいと考えている。

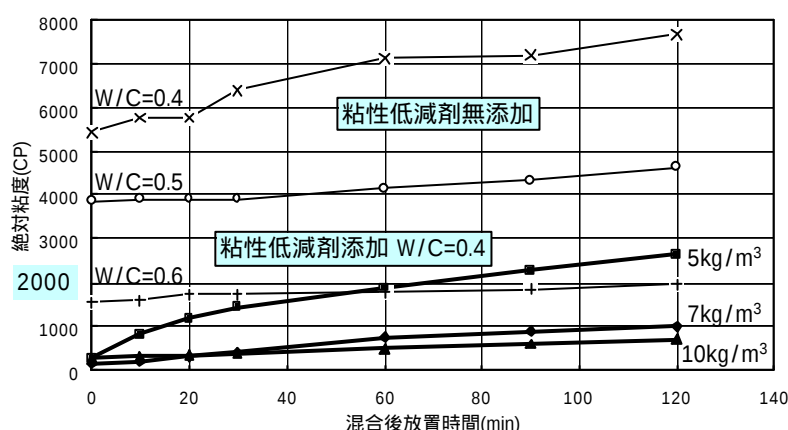


図 - 5 粘性低減剤プロトパウダー添加の効果

謝辞：セメント等の提供にご協力頂いた太平洋、住友大坂、宇部三菱、第一、麻生の各セメント会社、および粘性低減剤プロトパウダー開発に協力いただいた三菱レーヨン、さらに配合試験など多大なご支援をいただいたテノックスの各社に謝意を表します。