

機械式スラリー攪拌工における固化阻害土を有した土質に対する配合の選定方法について

前田建設工業(株) 正会員 ○下池 佑樹 正会員 玄田 昌彦  
正会員 渡辺 吉章 正会員 蛭谷 祐至

1. はじめに

本工事は、高い耐震性が要求される施設内の道路下部（盛土）で、地盤改良を実施した。山間部を盛土して構築した本道路は、最も高い場所で沢下部から盛土高 25m、2 割の法面勾配、天端道路幅は 10m である。地盤改良は改良径を 1.8m と設定し、31m 深度への適用可能な大型三点式杭打機を用いた機械式スラリー攪拌工法を採用した。地盤改良工の諸元として、改良率 100%、設計基準強度 ( $q_{uck}$ ) = 6.0MPa、改良長は、支持層まで 31m 程度となる。本書では、盛土および一部固化阻害土が介在した土質において高い設計要求性能 ( $q_{uck}$ ) を満足させるための配合試験結果を報告する。

2. 改良対象土質

事前地質調査ボーリングにて、採取された土質性状を表-1 に示す。設計当初においては、①埋め戻し土 (f1) のみで高盛土が構成されていると想定されていたが、深度 20m 付近に層厚 3m 程度の②沖積低地堆積層 (a1) が介在していることが判明した。②沖積低地堆積層 (a1) の性状としては、湿潤密度が 1.537g/cm<sup>3</sup>、自然含水比 79.43%、細粒分質砂と分類されるものであり、①土質と比較すると湿潤密度が軽く自然含水比が高い性状となる。本地盤改良工配合試験においては、①埋め戻し土 (f1)、②沖積低地堆積層 (a1) の 2 土質を対象土質として配合試験を計画実施した。

3. 室内配合試験及び試験結果

配合試験は、2 土質に対して、固化材 3 種、添加量 3 配合にて配合試験を行った(表-2)。添加量の範囲として、標準的な地盤改良工設計の設計基準強度は、1MPa 程度であるのに対し、当現場における設計基準強度は 6.0MPa と高いことから下端を 100kg/m<sup>3</sup>、上限を機械式スラリー攪拌工においては富配合設定の 600kg/m<sup>3</sup> とした。なお、室内目標強度比 ( $\gamma \cdot \lambda$ ) は、近傍工事での施工実績より  $\gamma \cdot \lambda = 1.25$  とし、室内目標強度を 7.5MPa ( $q_{ul} = q_{uck} \times 1.25$ ) に設定した。

実施した配合試験結果をプロットした「添加量-強度グラフ」を図-1 (①埋め戻し土 (f1))、図-2 (②沖積低地堆積層 (a1)) に示す。①埋め戻し土 (f1) に対して、「特殊土用セメント系固化材 320kg/m<sup>3</sup> W/C=80%」により設計基準強度を得られる結果となった。②沖積低地堆積層 (a1) では、最も強度発現した高有機質土用セメント系固化材 600kg/m<sup>3</sup> においても、4.0MPa の強度となり、室内目標強度を満足することが出来ない結果となった。その後、高有機質土用セメント系固化材を 900kg/m<sup>3</sup> まで添加した試験を行ったが設計基準強度を満足しない結果となった。

表-1 対象土質性状

		①埋め戻し土 (f1)	②沖積低地堆積層 (a1)
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>	1.922	1.537
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>	1.484	0.856
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.660	2.469
	自然含水比 $w_n$ %	29.46	79.43
粒度	石分 (75mm以上) %		
	礫分 (2~75mm) %	12.6	0.2
	砂分 (0.075~2mm) %	61.0	55.5
	シルト分 (0.005~0.075mm) %	17.8	35.1
	粘土分 (0.005mm未満) %	8.6	9.2
	最大粒径 $m_{max}$	37.5	47.5
	均等係数 $U_c$	72.3	22.6
	50% 粒径 $m_{50}$	0.39	0.090
特性シリス	10% 粒径 $m_{10}$	0.0065	0.0062
	液性限界 $w_L$ %	52.4	116.7
	塑性限界 $w_p$ %	35.0	71.4
	塑性指数 $I_p$	17.4	45.3
分類	地盤材料の分類名	礫まじり細粒分質砂	細粒分質砂
	分類記号	(SF-G)	(SF)
	pH	8.3	9.4
	強熱減量 %	5.9	16.5

表-2 室内配合試験一覧表

固化材種	記号	対象土	W/C	添加量
			%	kg/m <sup>3</sup>
高炉セメントB種	BB	2土質 ①埋め戻し土 (f1) ②沖積低地堆積層 (a1)	80	100
特殊土用セメント系固化材	GS200		80	350
高有機質土用セメント系固化材	GS225		80	600

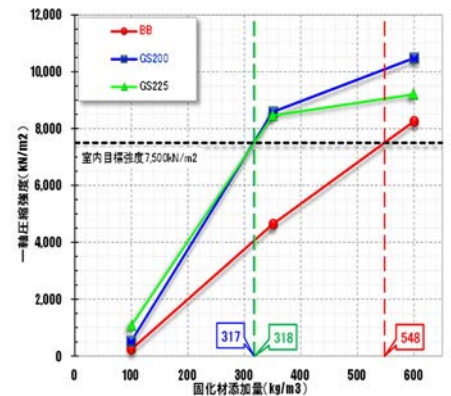


図-1 添加量-強度の関係 (f1)

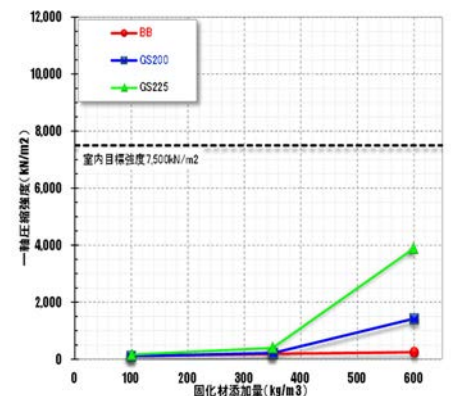


図-2 添加量-強度の関係 (a1)

#### 4. 強度発現要因の推察

前項配合試験において②沖積低地堆積層(a1)では、セメント系固化材においてはある程度の強度発現が確認され、高炉セメントB種においては、最高添加量においても強度発現が見られないことから②沖積低地堆積層(a1)においては固化阻害物質が含まれていることが推察できる。また、一般に改良対象土の含水比が高い場合、固化した土の強度は小さくなる。これは、固化材が固定しなければならない水(間隙)の量の多寡によるものである。②沖積低地堆積層(a1)において、湿潤密度が $1.537\text{g/cm}^3$ 自然含水比79.43%、強熱減量16.5% (表-1)と含水比が若干高く、間隙量が多いことが強度発現不良の要因とも推察される。

#### 5. 追加室内配合試験の検討

高有機質土用固化材は、土中の間隙水を多量に使用して固化阻害物質による生成影響が少ないエトリングaitを早期に生成し、お互い結びつき強度発現させる特徴を持つことから追加配合試験固化材として選定し、着原点を「(a) 固化阻害物質対策」と「(b) 土中含水比の低減」とし2ケースの追加配合試験を行った。

【CASE1: 高流動化剤を用いスラリー単位水量を低減】スラリーの低水結合材比(W/C=60%)による強度発現効果と土中含水比低減を目的とする。施工時においてはセメントスラリー圧送能力を考慮し、高流動化剤を用い粘性を下げることを想定しているため、配合試験時においても高流動化剤を固化材添加量に対して0.93wt%添加する。

【CASE2: 1次添加・2次添加による固化材の添加】1次添加で結合水として土中水分を使用することで含水比を低下させ、固化阻害物質を処理し、2次添加にて設計基準強度を満足させることを目的とする。実施工においては、1次施工の翌日に2次施工することを想定しているため、1次添加量は、前回配合試験結果を考慮し急激な強度発現しない $350\text{kg/m}^3$ とし、2次添加を $350, 600, 900\text{kg/m}^3$ の3水準にて実施した。

#### 6. 追加室内配合試験考察

図-3は、前項で検討したCASE1・2と参考値として前項「3. 室内配合試験」の結果をプロットした「添加量-強度グラフ」である。CASE1は、 $600\text{kg/m}^3$ 添加時の一軸圧縮強度は、前項3. 配合試験結果とほぼ大差が見られないが、 $900\text{kg/m}^3$ 添加時には大幅に強度発現された結果となった。またグラフ勾配も減衰することがなく強度発現し、室内目標強度を固化材添加量 $1,010\text{kg/m}^3$ で満足する結果となった。CASE2は、前項3. 配合試験結果に比べ強度発現はされているが、CASE1のグラフ勾配より寝ているため強度は伸びず、室内目標強度を満足しない結果となっている。②沖積低地堆積層(a1)においては、高有機用セメント系固化材を使用しスラリーを低水結合材比とすることで顕著な強度発現傾向を示したことから「(b) 土中含水比の低減」による効果が確認できた。

#### 7. まとめ

本現場の固化阻害土が介在した土質において高い設計要求性能を満足させるためには、低水結合材比とすることで、有効であることが確認できた。室内試験における配合に一定の目安が出来たことから、今後実施に先立ち試験杭等を実施の後、配合を決定する予定である。

キーワード: 地盤改良, 機械攪拌, 固化阻害, 高流動化剤

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町4-11 前田建設工業(株) 東北支店 TEL022-225-8326

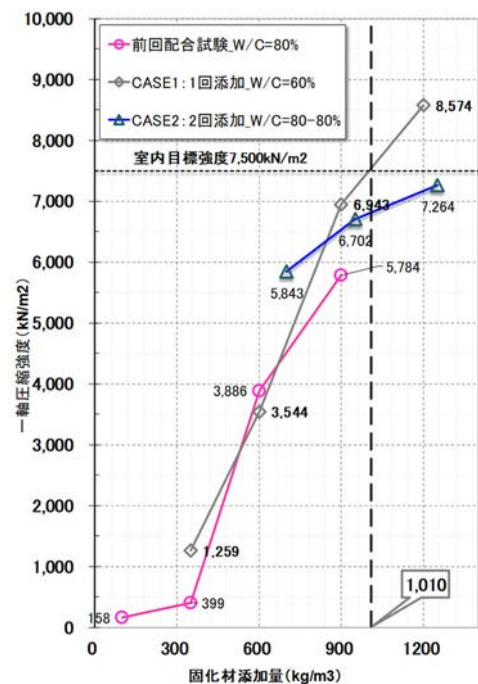


図-3 追加試験(②沖積低地堆積層(a1))  
添加量 - 強度の関係