

高強度地盤改良に関する現地施工試験

(株)竹中土木 正会員 ○森 桂一 近 信明

(株)竹中土木

松川 宏志 望月 一 斎藤 聡

1. はじめに

深層混合処理工法において、改良ボリュームの削減、工期短縮や環境負荷低減を図ることが望まれている。このための方策として、格子状地盤改良の格子間隔の拡大を図ることや、自立山留めの壁厚を薄くすることなどを検討している。この場合、改良体の高強度化あるいはせん断剛性を高める必要がある。そこで、高炉セメント B 種および高炉微粉末系セメントを用い、改良体の高強度化を目指した現地試験施工を実施したので報告する。

2. 試験施工の概要

試験工事のサイトは大阪市である。図-1 に地盤改良および地盤の概要を示す。施工に用いた地盤改良機は 2 軸機(直径 1000mm)である。表-1 に代表的な土層の土質試験結果を示す。今回の試験工事は、GL-1.5~GL-10.0m を対象として改良を行った。

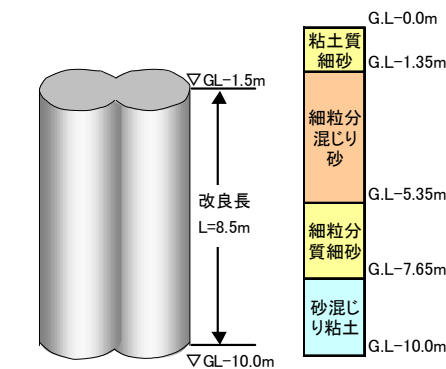


図-1 地盤改良および地盤の概要

表-1 各土層の土質試験結果

試験項目		土層区分		
		GL-2.5m	GL-4.5m	GL-8.5m
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)		2.687	2.693	2.708
自然含水比 w (%)		28.7	33.1	62.4
液性限界 w_L (%)		—	—	79.8
塑性限界 w_P (%)		—	—	25.3
塑性指数 I_P		—	—	54.5
粒度	礫分 2~75mm (%)	3.5	13.1	0.0
	砂分 75 μ m~2mm (%)	83.1	76.2	6.1
	シルト分 5~75mm (%)	7.7	6.1	42.3
	粘土分 5 μ m未満 (%)	5.7	4.6	51.6
細粒分含有率 F_C (%)		13.4	10.7	—
最大粒径 (mm)		9.5	9.5	—
平均粒径 D_{50} (mm)		0.247	0.168	—
均等係数 U_C		10.2	3.2	—
分類名		細粒分 まじり砂	細粒分 礫まじり 砂	砂まじり 粘土
分類記号		(S-F)	(S-FG)	(CH-S)

表-2 に試験ケースの仕様を

示す。CASE-1 は高炉セメント B 種（以下 BB）を用いており、CASE-2 は高強度材料として BB と高炉スラグ微粉末（ブレン 12000cm²/g）を組合せたセメントを用いている。両 CASE とも、添加量は土 1m³あたり通常施工の倍以上の 400kg/m³ で w/c は 60% である。同表には本工事での通常施工の仕様も併せて示した。施工中は、セメントスラリーのロッドを伝った溢れ出し状況の目視観察および処理機昇降時の処理機の電流値を計測した。施工後、

表-2 試験ケース

	セメント	セメント 添加量 (kg/m ³)	W/C (%)	処理機 昇降速度 (m/min.)	
				貫入時	引上げ時
CASE-1	高炉セメントB種	400	60	0.5	1.0
CASE-2	高炉セメントB種 +高炉スラグ微粉末	400	60	0.5	1.0
従来	高炉セメントB種	200	100	1.0	1.0

材令 21 日に改良杭から削孔径 86mm のロータリー式スリーブ内臓二重管サンプラーでコア（ ϕ 約 65mm）を採取し、その後、コアを恒温恒湿（温度 20℃、湿度 100%）

環境で所定材令まで養生を行った上で、表-3 に示す改良土コアの土質試験を行った。

表-3 改良土コアの土質試験

試験名	準拠または準用 した基準	材令 (日)	備 考
一軸圧縮試験	JIS 土の一軸圧縮試験方法	28	・供試体 ϕ 6.4 × 長さ (11.5~13.3cm)
超音波パルス試験	JGS2110「パルス透過法による岩石の超音波速度測定法」	240	・供試体 ϕ 6.4 × 長さ (11.5~13.3cm) ・中央集中載荷 ・角柱供試体への補正係数 0.91 (文献 1) 参照
割裂試験	JIS1113「コンクリートの引張強度試験方法」	80	供試体 ϕ 6.4 × 長さ (7.8~9.2cm)
曲げ試験	JIS1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」	80	供試体 ϕ 6.4 × 長さ (24.5~26.1cm)

3. 試験施工の結果および考察

(1) 施工状況

両ケースとも、施工中のロッドを伝うセメントスラリーの溢れ出しはほとんど見られなかった。処理機の昇降時の電流値を図-2 に示す。

同図には、従来施工の結果例も併せて示している。CASE-1・CASE-2、従来ケースの電流値に特に差は見られなかった。

(2) 改良土コアの一軸圧縮試験

図-3 に材令 28 日における改良土コアの一軸圧縮試験結果を、含水比～深度、湿潤密度～深度、一軸圧縮強さ～

キーワード 地盤改良 深層混合処理 高強度改良体 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 (株)竹中土木 技術・生産本部 TEL: 03-6810-6317

深度関係として示す。含水比および湿潤密度は同ケースともほぼ同じ値を示している。一軸圧縮強さ q_U は砂層においては、CASE-1 が 7～8.5MPa に対して CASE-2 が 10～11MPa であり、CASE-2 が CASE-1 を大きく上回っているが、GL-7m 付近からの砂まじり粘土では両ケースの q_U はほぼ 8～9MPa となっている。しかし、後述する割裂試験および曲げ試験時の材令は 80 日であったが、この材令における砂層の q_U は CASE-1 で 9～9.5 MPa、CASE-2 で 9.5～11.5 MPa と両ケースの q_U の差は小さくなった。高炉スラグ微粉末を用いた改良土の強度特性に関しては山田らが同様の結果を報告している。

2)

(3) 改良土コアの動的せん断弾性係数

図-4 は、超音波パルス試験による動的せん断弾性係数 G_d に関して、高強度の改良土の結果を従来強度の改良土結果³⁾と比較したものである。同図から、 $G_d \sim q_U$ 関係に関して、高強度改良土は従来強度改良土の延長上にあるといえる。

(4) 改良土コアの割裂試験および曲げ試験

図-5 は割裂試験の $\sigma_{st} \sim q_U$ 関係に関して、図-7 は曲げ試験の $\sigma_b \sim q_U$ 関係に関して、高強度の改良土結果を従来強度の改良土結果⁶⁾と比較したものである。両図とも、高強度改良土は従来強度改良土の延長上にあるといえる。

4. まとめ

高強度改良地盤の設計基準強度 F_c を 3MPa と想定した場合、改良地盤の配合強度は 5～6MPa となるが、今回の試験施工による改良地盤の強度は上記の値を満足している。また、動的せん断弾性係数、 $\sigma_{st} \sim q_U$ 、 $\sigma_b \sim q_U$ 関係に関して、高強度改良土は従来強度改良土の延長線上にあることがわかった。今後、種々の地盤における高強度改良地盤の強度データの収集および費用対効果の点から高強度改良地盤のありかたなどを進めていきたい。

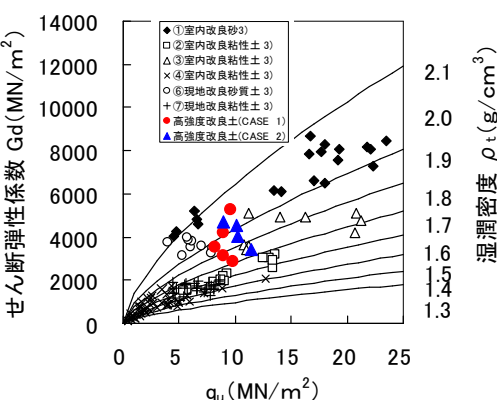


図-4 改良土の $G_d \sim q_U$

[参考文献]

- 1) 森野奎二他(愛知工業大): コンクリートの円柱供試体による曲げ強度試験方法、愛知工業大学研究報告、第 14 号 B、1979
- 2) 山田哲司(鴻池組): 高炉スラグ微粉末を用いたソイルセメント工法の開発、鴻池組技術研究報告、1999
- 3) 小西一生他(竹中土木): セメント改良土の動弾性定数、第 44 回地盤工学研究発表会、2009 年
- 4) 中島秀晃他(竹中土木): セメント系硬化剤による深層混合処理工法に関する研究(その 15)、1981
- 5) 三平伸吾他(日本大): セメント改良砂の一軸引張強度と割裂引張強度の比較、土木学会 57 回年次学術講演会講演梗概集、第 3 部門、2002
- 6) 寺師昌明(港湾技術研究所): 石灰・セメント系安定処理土の基本的特性に関する研究(第 2 報)、港湾技術研究所報告、第 19 巻、第 1 号、1980

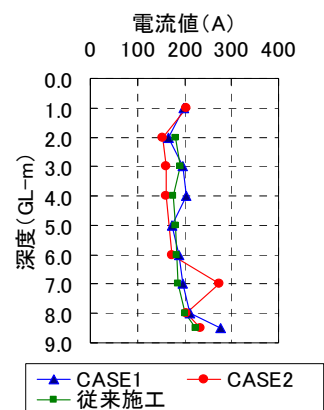


図-2 処理機貫入時の電流値

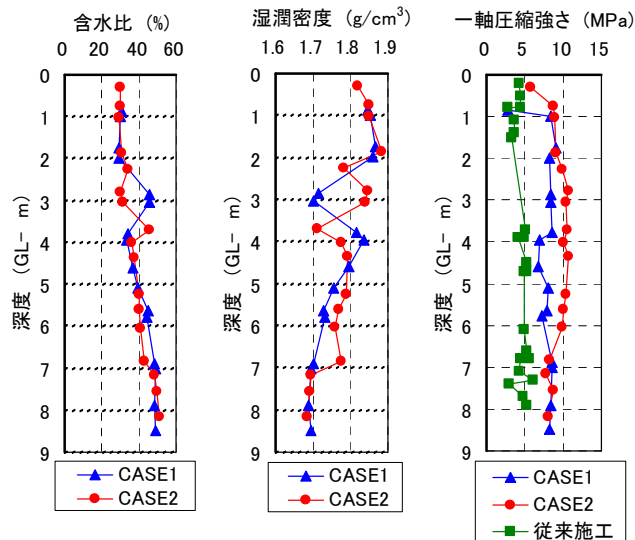


図-3 改良土コアの一軸圧縮強度

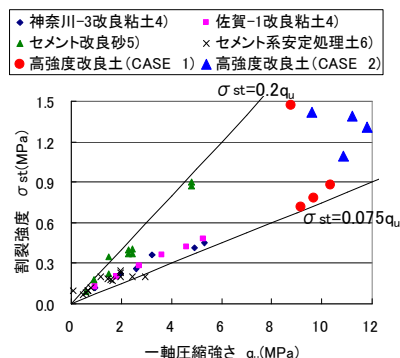


図-5 改良土の $\sigma_{st} \sim q_U$ 関係

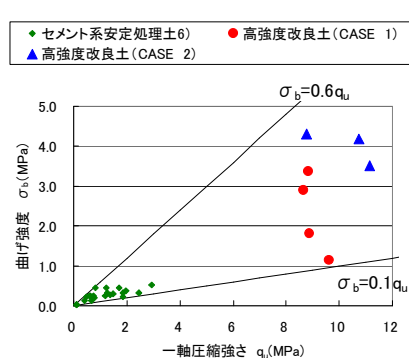


図-6 改良土の $\sigma_b \sim q_U$ 関係