

高強度鉄筋ソイルセメント杭に関する研究・その3

東日本旅客鉄道(株)
(株)大林組
宇部三菱セメント(株)
(株)宇部三菱セメント研究所

正会員 加藤 誠
田中 憲章
金城 徳一
正会員○田坂 行雄

1 . はじめに

前報に引続き、実物大杭の品質確認等を目的に、室内配合試験や実物大杭のボーリングコア供試体の強度試験を実施した。本報では、試験土層の土質を対象とした室内配合試験結果および実物大杭の強度分布、現場/室内強度比、変動係数等について報告する。

2 . 試験方法

(1) 室内試験

その 2 に示した山砂に、粘性低減剤(プロトパウダー)を固化材スラリー 1m³ 当たり 50N 添加した W/C=40% の特殊固化材(US-JO)スラリーを固化材乾分で 5000N/m³ 添加・混合した。得られたソイルセメントをφ5cm×10cm およびφ10cm×20cm の円柱供試体に成形し、所定期間まで 20 で密封養生後、一軸圧縮試験を実施した。

(2) ボーリングコア試験

その 2 の試験杭造成試験により造成した品質確認用の試験杭を用い、φ66mm(内径 50mm)1 本およびφ116mm(内径 100mm)1 本、L=6mの連続コアを採取した。このコア供試体を直径の 2 倍の長さで切断し、所定材齢まで密封養生した後一軸圧縮試験を実施した。

3 . 試験結果および考察

(1) 室内配合試験

一例として、φ50mm の供試体の材齢 28 日における一軸圧縮強度と中央点の微小歪みから求めた弾性係数、すなわち静弾性係数(E₁)を表 - 1 に示す。一軸圧縮強度は、24.1 N/mm² と高い値が得られた。なお、これまでの US-JO に関する配合試験の結果より、代表的な土質ごとに、改良土中の C/Wt(改良土中の固化材/総水比)をパラメーターとした強度予測式を得ている¹⁾。このうち、本試験における山砂の強度予測の参考となる砂質土(晴海砂)の予測式と計算値を表 - 1 に併記した。試験値と予測値は概ね近い値を示し、概略設計レベルでこれらの予測式が活用可能なことが示唆された。なお、試験範囲内ではφ50mm とφ100mm 供試体の強度については顕著な差はみられなかった。

表 - 1 試験値と予測値(φ50mm,材齢 28 日)

項目	試験値	予測式	予測値
qu(N/mm ²)	24.1	qu=30・C/Wt - 0.6	26.7
E ₁ (N/mm ²)	15,262	E ₁ =487.5qu	13,016

$$C/wt = \frac{\text{固化材添加量(N/m}^3\text{) / ソイルセメント中の総水量(N/m}^3\text{)}}{\text{ソイルセメント中の総数量(wt)=土の含水量(N/m}^3\text{) + 添加水量(N/m}^3\text{)}}$$
$$C/wt = \frac{C}{1000 \cdot \rho_t \cdot (1 - 1/(1 + w_n/100)) + C \cdot (W/C)/100}$$
$$= \frac{1000 \cdot \gamma_d \cdot w_n/100 + C \cdot (W/C)/100}{1000 \cdot \rho_t \cdot (1 - 1/(1 + w_n/100)) + C \cdot (W/C)/100}$$

ここで ρ_t : 土の湿潤密度(kN/m³) w_n : 土の含水比(%)
C: 固化材添加量(N/m³) W/C: 固化材スラリーの水/固化材比(%)
 γ_d : 土の乾燥単位体積重量(kN/m³)

(2) ボーリングコア試験

1) 一軸圧縮強度、現場 / 室内強度比、変動係数

一例として、φ50mm コアの材齢 28 日の一軸圧縮試験結果を表 - 2 および図 - 1 に示す。コアの一軸圧縮強度は約 12 ~ 23N/mm² の高い値が得られた。また、現場/室内強度比 quf/quI=0.74、変動

Key words : 高強度鉄筋ソイルセメント杭、ボーリングコア、一軸圧縮試験、現場/室内強度比、変動係数
〒755-8633 山口県宇部市沖の山 1-6 0836-22-6186 Fax 0836-22-6182

係数 $V=16.6\%$ と良好な値となり、本研究で想定しているそれぞれの値 0.6 および 20% が概ね妥当もしくは安全側であることが確認された。

一方、本研究では、杭の設計基準強度を $F_c=6\text{N/mm}^2$ に設定しているが、本試験杭の強度が正規分布に従うと仮定した場合、これを下回る可能性を示す不良率 P_n はほぼ 0% となる。今回の実験では、多様な土に対して高強度化に必要な多量の固化材量 (5000N/m^3) での施工の可能性の確認等も目的としており安全側の配合設計となったが、経済的に設計基準強度を満足するためには、上述の $q_{uf}/q_{ul}=0.6$ 、 $V=20\%$ 、 $P_n=10\%$ から室内配合試験強度 $q_{ul}=13.5\text{N/mm}^2 [=F_c/(1-1.3 \times V/100)/(q_{uf}/q_{ul})^2]$ を満足するように、表 - 1 の予測式等も参考に固化材添加量等を設定すればよい。

2) 深さ方向の強度分布

一例として、図 - 2 に材齢 28 日における深さ方向のコアの一軸圧縮強度および供試体密度を示す。ばらつきはあるもののコア強度は深さ方向に増加する傾向が見られた。これは改良前の山砂の密度の差や上載拘束圧の影響による圧密効果により、供試体の密度が深さ方向で高くなったことによるものと考えられる。但し、設計上は大きな曲げモーメントが発生する杭頭部(浅層部)を基準とする必要がある。また、試験範囲内では $\phi 100\text{mm}$ コアは $\phi 50\text{mm}$ コアに比較して平均強度がやや高く、その変動も小さかった。

3) 静弾性係数

図 - 3 に一軸圧縮強さと静弾性係数(E_1)の関係を示す。両者には概ね相関が見られ、 E_1 は $10,000 \sim 15,000 \text{ N/mm}^2$ 程度の値が得られた。なお、通常の改良の設計に採用される E_{50} についても測定したが、 E_1 は E_{50} の約 5 倍程度の大きな値を示した。

4. まとめ

実物大杭のボーリングコア供試体の強度試験等の結果、得られた知見は以下のとおりである。

- ・ 杭の一軸圧縮強度は $12 \sim 23\text{N/mm}^2$ の高強度が得られ、現場/室内強度比 0.74、変動係数 16.6% と設計基準強度 6N/mm^2 を十分満足する高強度鉄筋ソイルセメント杭の造成が可能であることが確認された。
- ・ 杭の強度は深さ方向に増加する傾向にあるが、大きな曲げモーメントが発生する杭頭部(浅層部)を基準とすることにより、安全側の配合設計となるものと考えられる。

参考文献

- 1) 加藤ほか：高強度ソイルセメントに関する研究・その 1，その 2，第 36 回地盤工学研究発表会，2001
- 2) (財)日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針，1997

表 - 2 コアの強度試験結果($\phi 50\text{mm}$ ，材齢 28 日)

ケース数	平均 (N/mm^2)	最小 (N/mm^2)	最大 (N/mm^2)	標準 偏差	変動係数 V (%)
27	17.9	12.1	23.0	2.94	16.6
現場/室内強度比	0.74	0.50	0.95	-	-

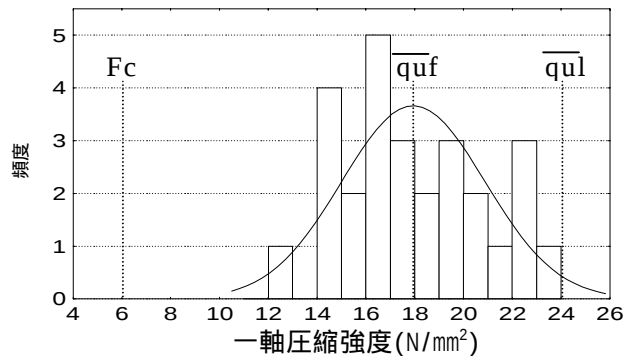


図 - 1 コアの一軸圧縮強度の分布 ($\phi 50\text{mm}$ ，材齢 28 日)

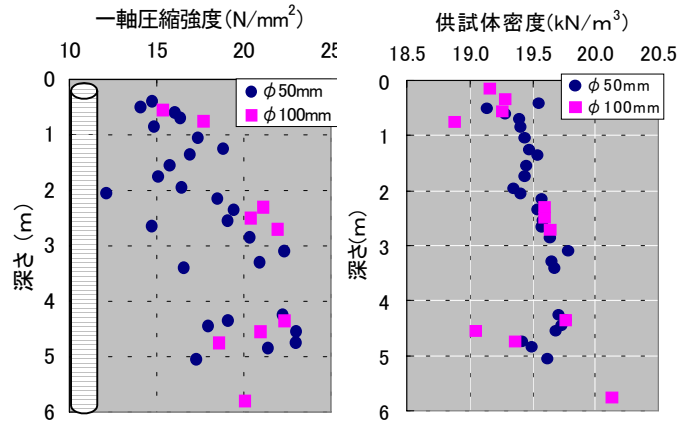


図 - 2 コアの深さ方向の強度および供試体密度の分布 (材齢 28 日)

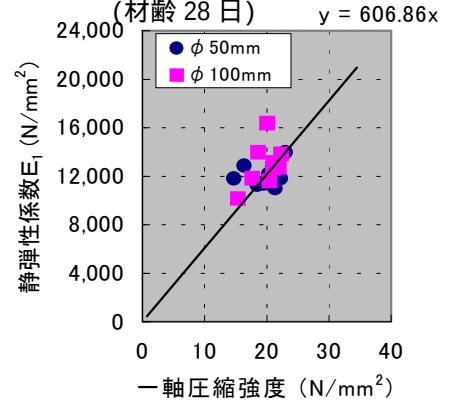


図 - 3 一軸圧縮強度と静弾性係数(E_1)の関係(材齢 28 日)