

極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発 ―現場注入特性―

日特建設株式会社 正会員 ○ 竹内 仁哉 浜子 正
 岡山大学大学院 正会員 西垣 誠
 鹿島建設株式会社 正会員 田中 俊行 小泉 悠
 日鐵セメント株式会社 正会員 金沢 智彦

1. はじめに

著者らは、高い浸透性、高い強度発現性、高い耐久性を有する極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発に取り組んでいる¹⁾。細粒分含有率21%の細砂に対して、室内一次元注入試験を実施した結果、薬液注入材と同等の浸透性を有し、かつ高い強度発現性が得られること確認した。本論文では、砂質土地盤を対象とした極超微粒子注入材の現場注入実験を実施して、注入性や出来形の品質を確認した結果について報告する。

2. 現場注入試験概要

(1) 地盤条件

現地注入実験は、平成21年3月～5月にかけて千葉県富津市西大和田地内で実施した。事前の地盤調査結果から、GL-2.0mまでは埋戻土(粘性土)で、その下部に地下水位GL-1.5m以下の注入対象となる砂質土の分布を確認した。砂質土は砂州性堆積物であり、N値17～27の礫混じり中砂～細砂からなる。その粒度分布を図-1に示す。細粒分含有率は2～3%、間隙率は36%、相対密度は100%以上、透水係数は $4.7 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ であった。

(2) 配合・注入量

極超微粒子注入材の配合は、表-1に示すように水セメント比(W/C)を変化させ、400%、800%および1200%の3配合とした。注入速度は15ℓ/minを基本とし、W/C=800%の配合のみ注入速度を上昇させた20ℓ/minのケースを実施した。計画注入量は計画改良体(球状)直径を $\phi 2.0\text{m}$ と仮定し、充填率 α を125%と設定して、次式を用いて計画注入量を算出した。

$$Q = V \times n \times \alpha = (4/3 \times \pi \times 1^3) \times 0.36 \times 1.25 = 1880 (\ell)$$

ここに、Q：計画注入量(ℓ)、V：計画改良体体積(m^3)、n：対象地盤の間隙率(%), α ：充填率(%)

(3) 注入方法

注入方法の概要を図-2に示す。口径90mmでボーリングを行い、孔内に注入区間長としてL=1.0mのストレーナ加工した $\phi 40\text{mm}$ 塩化ビニル製パイプ(注入パイプ)を設置した。注入パイプにはL=1.0mの布製パッカを注入区間の上部に取り付け、地表部への注入材漏出防止とした。

練混ぜは、水→分散剤+消泡剤→極超微粒子注入材料の順に投入し、高速攪拌が可能なミキサで3分間行った。注入は、所定の速度で定量注入し、注入量が計画注入設計量に達した時点で完了とした。流量と圧力は循環式流量計で測定して、データ処理装置で収録した。

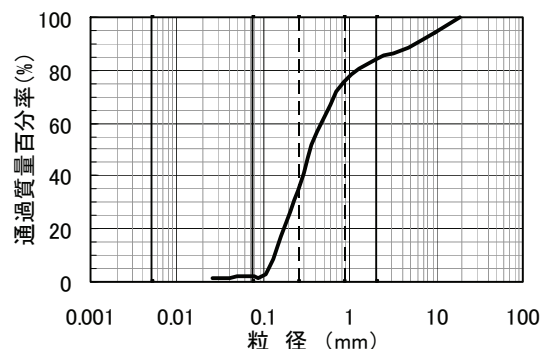


図-1 対象土の粒度分布

表-1 現場注入実験の仕様

実験 case	W/C (%)	注入 速度 (ℓ/min)	充填率 (%)
1	400	15	125
2	800	15	125
3	800	20	125
4	1200	15	125

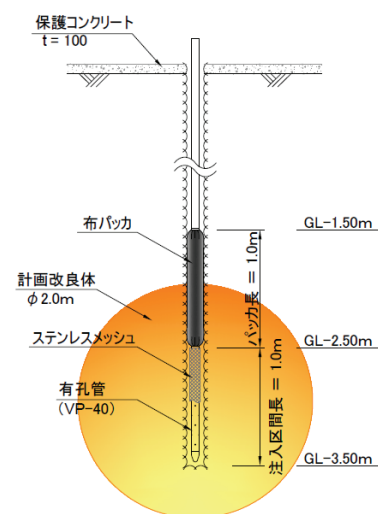


図-2 注入方法の概要

キーワード 極超微粒子注入材、現場注入試験、改良強度、透水係数、出来形

連絡先 〒104-0044 東京都中央区明石町 13-18 日特建設㈱技術本部 TEL03-3542-9298

3. 試験結果

(1) 注入圧力の経時変化

各実験ケースともに計画量を注入でき、地表部へのリーク（漏出）はなかった。この時の注入圧力は図-3 に示すとおりであり、注入時間の経過とともに有効注入圧力が上昇し、最大有効注入圧力は注入終了時点付近で記録した。また、配合比と注入圧力の間に相関関係があり、配合比が小さい（富配合）試験ケースほど、有効注入圧力が上昇することを確認した。注入速度に関しては、配合が W/C800% と等しい case2(Q=15ℓ/min) と case3(Q=20ℓ/min) を比較すると、両者ともに 0.25～0.30MPa の注入圧力で終了しており、注入速度の違いによる注入圧力の上昇度合いに大きな差異は認められなかった。

(2) 改良強度および透水係数

注入孔からそれぞれ 0.25m, 0.50m, 0.75m 離れた位置でチェックボーリングを行い、改良体コアを採取、整形して一軸圧縮強度試験（材齢 28 日）に供した（0.75m は case1 のみ）。その結果を図-4 に示す。case1(W/C=400%)、case2(W/C=800%) および case4(W/C=1200%) の結果から、改良体の内部(0.25m)と側部(0.5m または 0.75m)では大きな強度差が無く、均質に改良体が形成されていることが確認された。case1 の改良強度は、改良体側部でも 7000kN/m² 以上の高強度であることが判明し、また case2 ～4 のような貧配合条件でも、3000kN/m² 以上の強度を有することが確認できた。

改良後のコアの透水係数は、case1(W/C=400%)で $1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-6}$ cm/sec, case2(W/C=800%)で $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ cm/sec の高い止水性が得られており、改良前と比べて 2～5 オーダー透水係数を小さくできた。

(3) 改良出来形

注入完了後、約 1 ヶ月の養生期間を経て地盤を掘削し、写真-1 に示すように、改良体の出来形確認を行った。掘削は改良体の頭部付近まで行い、改良体頭部の出来形を計測した。掘削の結果、各試験ケースともに注入材の割裂脈は無く球状を呈しており、土粒子間を均質に浸透注入できたことを確認した。また、注入速度 15ℓ/min の改良出来形は、富配合条件ほど大きくなる傾向があり、case1(W/C=400%)および case3(W/C=800%, 20ℓ/min)で頭部改良径 φ 1.9～2.0m, case2(W/C=800%)は φ 1.8～1.9m, case4(W/C=1200%)は φ 1.5～1.6m であった。以上のことから、概ね計画どおりの出来形を得ることができた。

4. おわりに

極超微粒子注入材の現場注入試験を実施した結果、砂地盤へ浸透注入することができ、一軸圧縮強さが 3000kN/m² 以上の高強度の改良体を得られた。また、現場注入速度 15～20ℓ/min での注入が可能で、計画どおりの改良出来形を得ることができた。本工法は、砂地盤を高強度に地盤改良できる有効な注入工法であり、高圧噴射攪拌工法の採用が困難となる、都市現場の狭隘部などでの施工に適用できると考えられる。

参考文献 1) 金沢他：極超微粒子注入材による地盤注入工法の開発 ―材料特性―，土木学会第 65 回年次学術講演会（投稿中），2010。

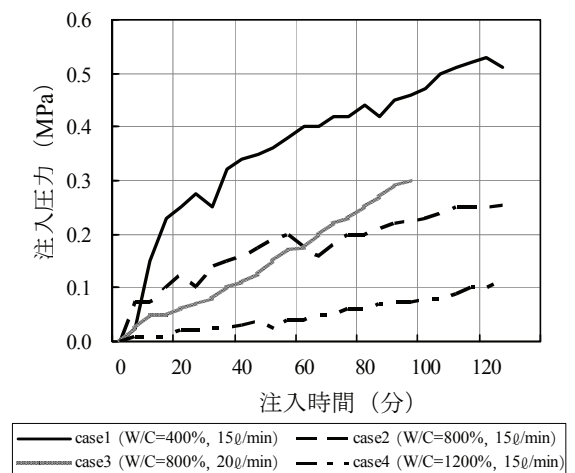


図-3 注入圧力と時間

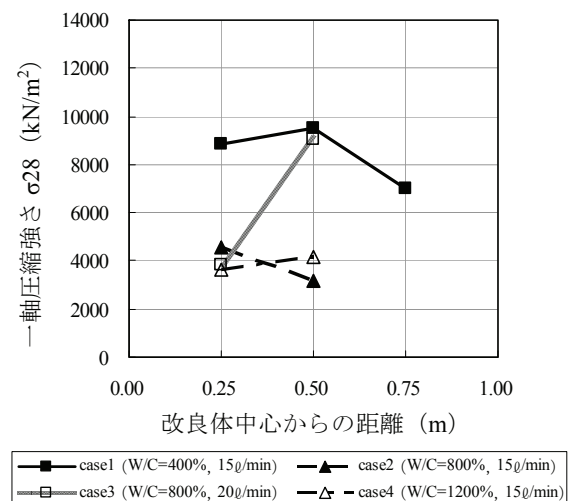


図-4 改良体の一軸圧縮強さ

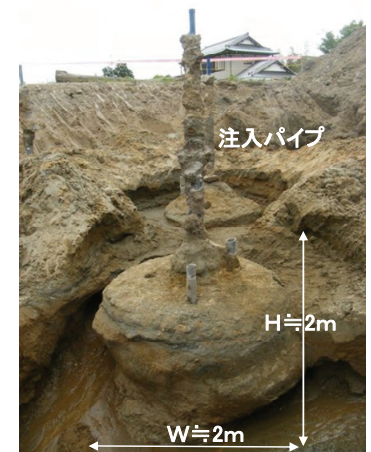


写真-1 改良体の出来形
(case1 W/C=400%, 15ℓ/min)