

極超微粒子注入材の三次元注入特性

鹿島建設株式会社
日特建設株式会社
日鐵セメント株式会社
岡山大学大学院

正会員 ○三上 大道 小泉 悠 山本 拓治
正会員 竹内 仁哉
正会員 金沢 智彦
正会員 西垣 誠

1. はじめに

筆者らは、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⁾。これまでに実施した一次元注入試験により、極超微粒子注入材が従来の懸濁型注入材と比べて高い浸透性を有し、溶液型薬液注入材を大きく上回る強度発現性を有することを明らかにした。本報では、極超微粒子注入材の水セメント比 W/C および対象地盤の粒度の違いによる三次元注入特性の変化の把握、並びに、他の注入材との比較検討を目的に実施した室内三次元注入実験の結果を報告する。

2. 実験条件および実験方法

実験条件、および注入対象地盤として使用した珪砂の粒度分布をそれぞれ表 1、図 1 に示す。本実験では、対象地盤として珪砂 7 号、7 号+8 号(1:1)、8 号の 3 種類、注入材には極超微粒子注入材(以下 USF と称する)、超微粒子注入材(以下 SF と称する)、従来の懸濁型注入材の 3 種類を用いた。また、USF に関しては W/C の違いによる影響も検討するため、W/C を 400%~1600%の範囲で変化させた実験も実施した。

三次元注入実験の概要図を図 2 に示す。内径 567mm のドラム缶内に、フィルター層(東北珪砂 5 号)を作製した後、高さ 500mm の注入対象地盤を 11 層に分けて水締めにて作製した。その後上部フィルター層を作製し、カバーロックモルタルを打設した。なお、上下のフィルター層に各 2 本の排水管、注入対象地盤の中央には注入管を設置した。

地盤を飽和させるため、注入前に予め約 300 の注水を行った。その後、所定の配合で練り混ぜた注入材を注入速度 80 /min で 120 注入した。このとき、球相当の設計改良径は間隙率 43%の場合 37.6 cm、45%の場合 37.1 cmである。

注入から約 1 週間後に試験地盤を解体し、改良体を露わにした。その後、改良体の中心から異なる距離で複数のコアを採取し、材令 28 日で一軸圧縮試験と透水試験を実施した。なお、以下に示す一軸圧縮強さおよび透水係数は、同じ改良体から得られた複数のコアの試験結果の平均値である。

表 1 実験ケース

case	注入対象地盤				注入材	
	材料	相対密度 (%)	間隙率 (%)	透水係数※ (cm/s)	注入材名	W/C (%)
1	珪砂 7 号 +8 号	87	43	3.03E-03	極超微粒子注入材	800
2					超微粒子注入材	800
3					極超微粒子注入材	400
4						600
5						800
6						1000
7						1200
8						1600
9					超微粒子注入材	800
10					従来の懸濁型注入材	-
11	珪砂 8 号	89	45	2.82E-03	極超微粒子注入材	800
12					超微粒子注入材	800

※一次元注入試験¹⁾にて計測した透水係数

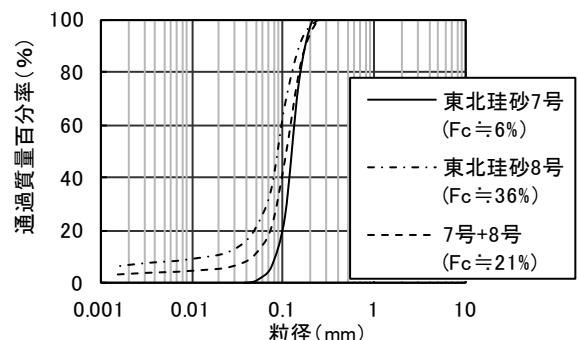


図 1 対象地盤材料の粒度分布

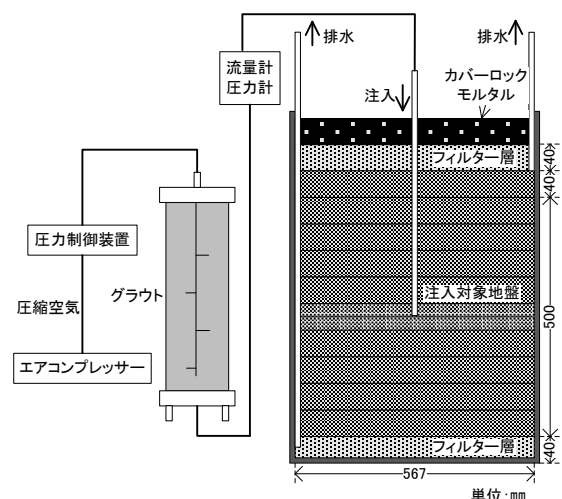


図 2 三次元注入実験の概要図

キーワード 極超微粒子注入材、室内三次元注入実験、改良率、改良強度、透水係数

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-7694

3. 実験結果

W/C=800%の USF、SF、および従来の懸濁型注入材を用いたケースの改良率を図3に示す。ここに、改良率とは球相当改良径を設計改良径で除した値である。また、改良体の間隙が全てグラウトで満たされていると仮定し、改良体の実測質量から改良体の体積を求め、球相当とした場合の改良径を球相当改良径と称している。図3に示すように、今回の実験条件下では、USFの方がSFや従来の懸濁型注入材よりも改良率が大きい結果が得られた。また、USFとSFの改良率の差は対象地盤の粒径が小さいほど大きくなる傾向を示した。これらより、特に粒径の細かい地盤にて、USFはSFや従来の懸濁型注入材と比べて浸透性に優れていることが明らかになった。8号地盤にUSFとSFを注入した場合の出来形を示す写真1によれば、SFでは均一な浸透注入が成立しておらず、USFの浸透性の優位性が顕著に表れている。

次に、改良率、一軸圧縮強さ、透水係数とW/Cの関係をそれぞれ図4～6に示す。なお、ケース9,10,12は、改良体が小さくコアが採取できなかったため、一軸圧縮試験、透水試験を実施しなかった。

図4に示すように、7号+8号地盤にUSFを注入したケースの改良率はW/Cの増加に伴って減少する傾向が見られた。W/Cが大きい場合には、含有するセメント粒子が少ないため、注入に伴う土粒子表面等へのセメント粒子の拘留により、注入口から遠い部分までは地盤を固化させるほどのセメント粒子が到達しなかったものと推測される。ただし、セメント量が多く、セメント粒子の拘留が生じやすいと考えられるW/Cが低いケースにおいて、改良率が高くなっていることから、セメント粒子の拘留は生じるが、注入不可能となるほどの間隙閉塞は生じなかったと考えられる。

図5、6に示すように、7号+8号地盤にUSFを注入した場合、W/Cの増加に伴って、改良体の一軸圧縮強さは減少し、透水係数は増加する傾向を示した。また、7号地盤にUSF、SFを注入したケースの改良体の一軸圧縮強さは概ね同程度であり、透水係数は、USFを注入した場合の方がSFより低い値を示した。上述したように、USFの方がSFよりも浸透性が高く、また、強度が同程度であり止水性の高い改良体が得られることからUSF注入は、SF注入よりも効果的であると考えられる。

4. まとめ

(1)極超微粒子注入材は超微粒子注入材と比べて、三次元状態においても浸透性が高く、また、比較的細粒分の少ない7号珪砂地盤に注入した場合は同程度の強度、高い止水性を有する改良体が得られた。

(2)極超微粒子注入材を注入した改良体は、W/Cの増加に伴って改良率が減少する傾向を示した。これは、注入材の含有するセメント量が少ない場合に、セメント粒子の拘留に起因して、注入口から遠い部分にセメント粒子が到達しにくかったことによると考えられる。

<参考文献> 1)小泉ら：極超微粒子注入材による地盤改良工法の開発、第9回地盤改良シンポジウム、2010

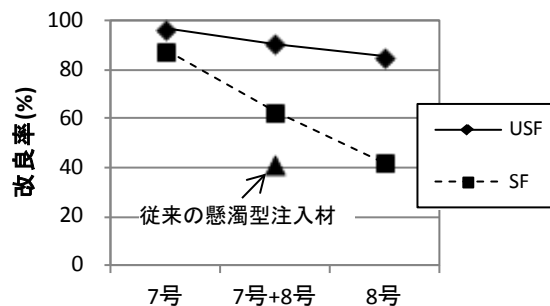


図3 改良率と対象地盤の関係

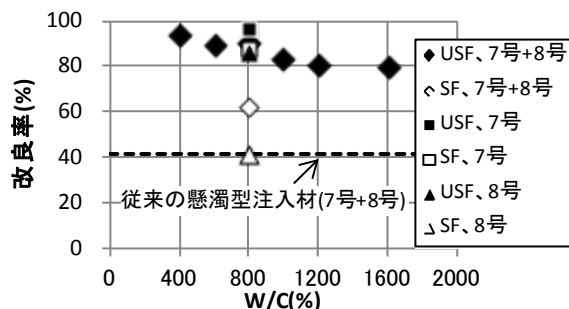
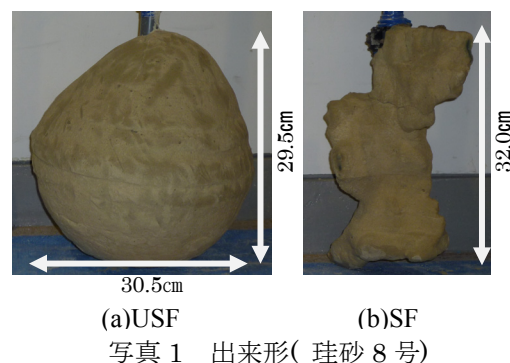


図4 球相当改良径とW/Cの関係

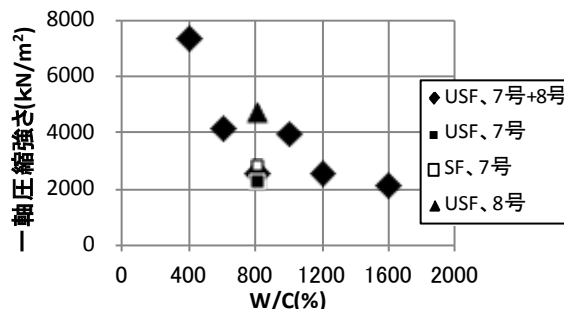


図5 一軸圧縮強さとW/Cの関係

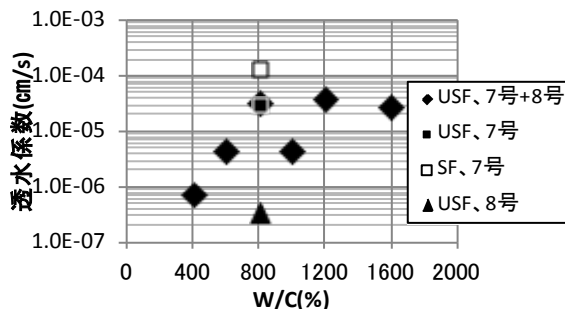


図6 透水係数とW/Cの関係