

微粒子の浸透特性に関する注入実験

東京都市大学大学院 学生会員 ○上村健太郎
 正 会 員 末 政 直 晃
 強化土エンジニアリング 正 会 員 佐々木隆光
 佐藤工業 正 会 員 永 尾 浩 一

1. はじめに

小型の施工機械を用いる地盤注入工法は狭隘部や既設地盤直下においても施工可能であることに加え、一時的な止水などの仮設工事だけでなく液状化対策などの本設工事にも用いられている。地盤注入工法において用いられる注入材には、長期耐久性を有する薬液¹⁾や浸透性の高い微粒子系注入材²⁾が挙げられる。しかし、これらの注入材は高価格である。そのため、本研究では比較的安価な微粒子系注入材としてホワイトカーボン(White-Carbon: 以下 WC)を提案する。WC は SiO_2 を主成分とする自硬性を有さない微粒子であり、注入に伴う改良効果としては地盤の密度増大効果が挙げられる。しかし、粒状体に対する微粒子の浸透特性は、微粒子の流路における捕捉や目詰まりによる閉塞を伴うため非常に複雑である。また、微粒子を浸透注入した際の粒状体内部における微粒子の貯留量や目詰まり量を扱った研究は少ない。そこで、本報告では長尺の供試体を用いた一次元注入実験を行うことによって、微粒子の目詰まり傾向および供試体間隙内における微粒子の濃度分布を確認した。

2. 一次元注入実験

2-1. 実験概要

本実験に用いた実験装置を図 1 に示す。図に示すカラムは 10.0cm ごとに分割可能であり、組み合わせることで長尺の供試体を模擬することができる。実験に用いた試料は硅砂 5 号であり、試料の物性を図 2 に示す。実験には相対密度 60.0%, 高さ 50.0cm, 直径 5.0cm になるように作製された飽和供試体を用いた。この供試体の間隙体積は 449cm^3 である。供試体に注入する注入材は WC の水に対する質量比を 4.0%および 6.0%に調整した WC と水の混合物である。なお、注入材の注入速度は注入圧力を変化させることによって擬似的に変化させた。これらの実験条件を表 1 にまとめる。実験では浸透注入量、排液濃度を計測し整理することで、微粒子の浸透特性を検討した。また、微粒子の貯留による供試体間隙内の局所的な目詰まりを観察するため、注入完了後に図 1 のカラムを分解し間隙水を採取することで間隙水濃度を測定した。なお、間隙水濃度は採取した間隙水を炉乾燥させることによって求めた。また、測定された WC 水の濃度は、それぞれに分割したカラムの中央点における濃度として注入距離と間隙水濃度の関係を示すグラフにプロットした。

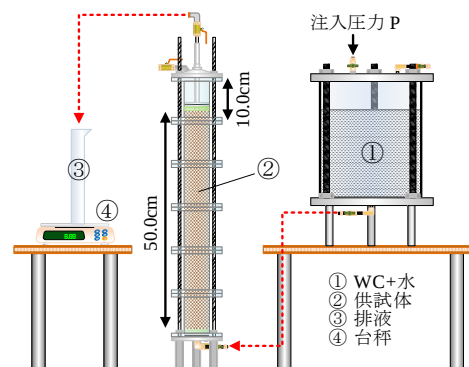


図 1 実験装置

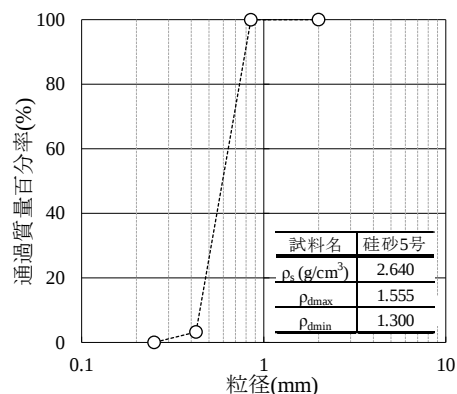


図 2 試料の物性

2-2. 実験結果

図 3(a), (b) に実験から得た注入時間と注入量の関係を示す。図内の破線は注入初期における注入量の増加傾向を示している。図 3(a) から初期の注入速度が低いほど単位時間あたりの注入量が低下する

表 1 実験条件

試料	供試体			注入材濃度 (%)	注入圧力 (kPa)
	高さH (cm)	直径R (cm)	相対密度 D_r (%)		
硅砂5号	50.0	5.0	60.0	4.0	10・20・40
硅砂5号	50.0	5.0	60.0	6.0	10・40

キーワード ホワイトカーボン 浸透特性 目詰まり

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104 E-mail : g1481705@tcu.ac.jp

傾向にある。また、注入材濃度が高い場合、同じ注入圧力であっても単位時間あたりの注入量が経時的に減少する。

図4に注入時間と排液濃度の関係を示す。図から、注入量が低下する注入材濃度4%の10kPaおよび20kPaのケースにおいては排液濃度が減少傾向にあることが確認できる。これは、微粒子の目詰まりによって注入材が濾過されて排出されたことに起因する。

図5(a), (b)に注入距離と間隙水濃度の関係を示す。図5(a)から、注入速度の高い40kPaにおいては供試体全体において間隙水濃度がほぼ一定であることがわかる。これは、供試体内の微粒子が間隙水の流れに運ばれ、明確な目詰まりが発生しなかったことが原因であると考えられる。それに対して、注入速度が低い注入圧力20kPaおよび10kPaのケースにおいては注入距離が短い点ほど間隙の注入材濃度が高い。このことから、注入速度が低い場合、注入口に近い地点において微粒子の目詰まりが発達し、多くの微粒子が間隙に貯留されるものと予測される。また、これが流量低下の一因となっていると考えられる。このような傾向は図5(b)からも観察できる。しかし、4.0%と6.0%の注入材を10kPaで注入したケースを比較すると、4.0%のケースでは6.2%まで増加しているのに対して、6.0%のケースでは6.7%程度で頭打ちとなっていることに加え、濃度の上昇は注入口近傍のみにおいて大きく発達する傾向にある。このことから、注入材濃度によって間隙内の目詰まりの傾向が異なると予測される。つまり、注入材濃度の低いケースでは徐々に微粒子の貯留量が増加するが、濃度の高いケースは注入口において多くの微粒子が貯留されることによって目詰まりが急激に発達すると考えられる。

3. まとめ

一連の実験結果から、微粒子の目詰まりの傾向は注入材の注入速度、注入量、濃度によって変化する。注入材の注入速度が高い場合、微粒子の局所的な目詰まりが発生しないため、供試体内部の濃度分布はほぼ一定となる。一方で注入速度が低い場合、注入口付近に多くの微粒子が補足されることにより濃度分布に偏りが生じる。これは、目詰まり部分の間隙開口幅が減少し目詰まりを急激に発達させるためであると考えられる。

参考文献

- 1) 川井 俊介ほか：既設地盤直下の薬液注入工法の開発(その2)誘導式ボーリングを用いた注入システムの開発，土木学会年次講演会講演概要集，Vol.60，pp.513-514，2005，
- 2) 斎藤 潤ほか：超大型地震に対する極超微粒子注入材に夜液状化対策，土木学会年次講演会講演概要集，Vol.66，pp.487-488，2011，
- 3) 西垣 誠ほか：亀裂性岩盤におけるグラウトの浸透挙動と目詰まり特性に関する研究，土木学会論文集，No.715/III-60，pp.311-321，2002

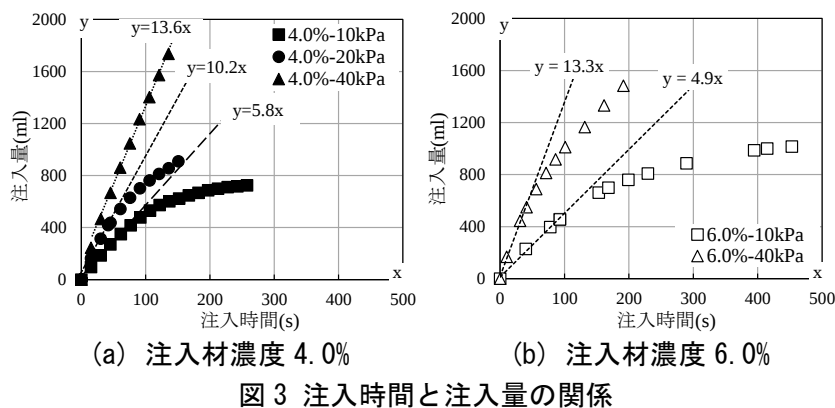


図3 注入時間と注入量の関係

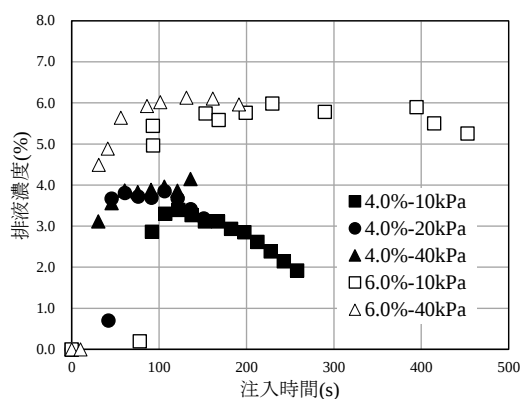


図4 注入距離と間隙水濃度の関係

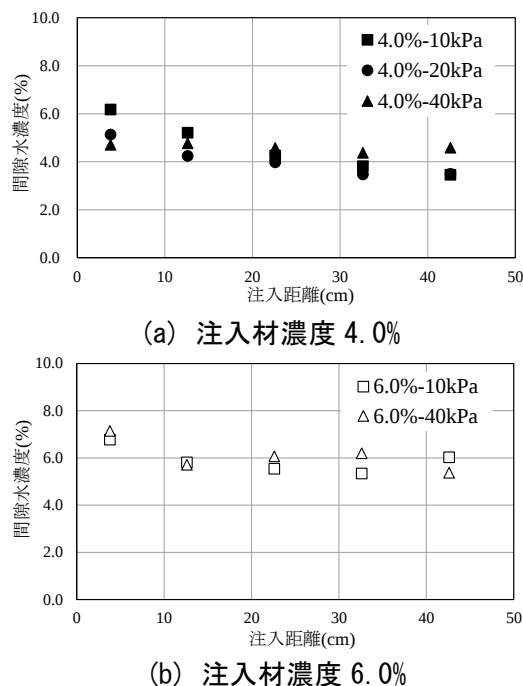


図5 注入距離と間隙水濃度の関係