

III-20

水加圧注入ポンプによるセメント溶液を用いた注入形態の研究

東北学院大学 学生会員 ○菅原勇人 竹内陽輔 田中佑
正会員 飛田善雄 山口晶

1. 研究の背景と目的

地盤改良において、セメント溶液を利用すると高い強度が期待できる。ただし、セメント粒子が溶液中に存在するため、注入しづらいという問題点が挙げられる。さらに、セメント溶液の注入においては割裂脈の発生やそれが強度に与える影響などは不明点が多い。本研究では、新しく開発した水加圧式スパイラル注入ポンプを用いて定量注入を行い、様々な注入速度で注入した際の割裂脈の進展や注入圧、一軸圧縮強度の関係を検討した。

2. 実験概要

実験装置の概要を図-1に示す。使用するポンプは水加圧注入ポンプである。空気圧を水槽内の水にかけ、その水がセメント溶液を押し出す仕組みとなっている。流量の制御は手動で行った。ただしその精度は $\pm 0.021/\text{min}$ 以内とした。制御方法は、セメント溶液にかけの空気圧を0.2MPaに固定し、流量計を見ながらバルブの開閉を行うことにより流量を定量に制御した。注入孔は棒状のアルミ管に穴を開け管の周りにゴムを巻いてある形状をしている。注入孔を写真-1に示す。ゴムの隙間からセメントを染み出させることにより、セメント溶液の勢いで土層内に割裂脈を進展させてしまうことを防ぐためである。試料はアルバニー磁選砂を用いた。アルバニー磁選砂の粒径加積曲線を図-2に示す。透水係数は $5.5 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ である。セメントは、超微粒子セメントを用いた。表-1にセメント溶液の配合を示す。表-2にセメントの物性を示す。

実験手順は以下の通りである。まず、試料を注入層へ各層1000回ずつ8層に分けて突く。次に載荷上蓋上部のエアチューブに空気圧28kPaをかけて土層内に拘束圧を加える。土層内に水を下部から浸透させ、飽和させる。飽和終了後、注入速度を一定に保ちながら注入を行う。注入実験の際は注入孔近くで注入圧を計測する。一回の注入実験の注入量は1リットルとした。注入終了後、土層内で1日養生させ、固結砂を取り出し写真を撮り、さらに6日間養生(合計7日間養生)した後、一軸圧縮試験を行った。

実験条件を表-3に示す。注入速度を変えた場合の注入圧の違いや固結体形状の違い、一軸圧縮強度の違いについて検討を行う。割裂脈の有無はフェノールフタレイン溶液を用い、目視にて確認を行った¹⁾。

表-2 セメントの物性

	超微粒子セメント	普通ポルトランドセメント
比表面積 (cm^2/g)	12600	3280

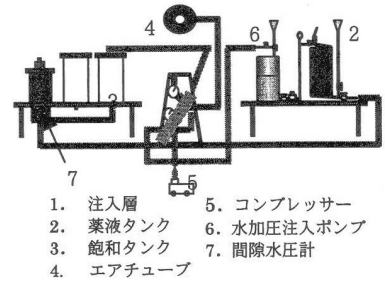


図-1 実験装置の概要



写真-1 注入孔

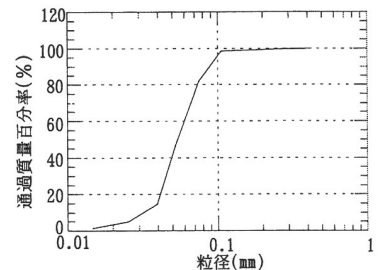


図-2 アルバニー磁選砂の粒度分布

表-1 セメントの配合表

水粉体比	ファインハード (g/cm^3)	水 (g/cm^3)	AE減水剤 (g/cm^3)
6.0	500	3000	1.25

表-3 実験条件

TEST.No.	注入速度	TEST.No.	注入速度	TEST.No.	注入速度
TEST.No.1	0.21/min	TEST.No.5	0.31/min	TEST.No.9	0.41/min
TEST.No.2	0.21/min	TEST.No.6	0.31/min	TEST.No.10	0.41/min
TEST.No.3	0.21/min	TEST.No.7	0.31/min	TEST.No.11	0.41/min
TEST.No.4	0.21/min	TEST.No.8	0.31/min	TEST.No.12	0.41/min

3. 実験結果及び考察

図-3 に注入圧-時間のグラフを示す。注入速度の増加に伴い注入圧が増加している。注入速度 0.1l/min は 1l を注入することは出来なかった。注入速度 0.2l/min, 0.3l/min については、注入圧にほぼ緩やかな上昇傾向がみられた。このことから、注入速度 0.2l/min, 0.3l/min においては、大きな割裂脈の進展は起こっていないと考えることができる。注入速度 0.4l/min では、注入圧に変化がみられたことから、注入の際に割裂脈が進展したことも考えられる。しかし、このデータからだけでは明確にはいうことはできない。

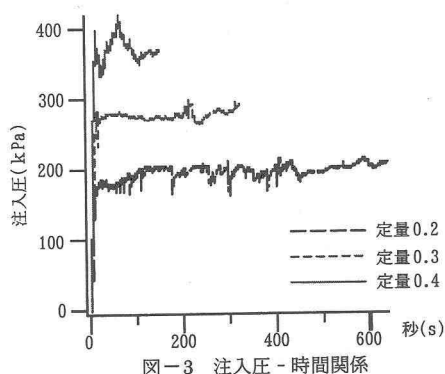


図-3 注入圧-時間関係

写真-2 に 0.2l/min, 写真-3 に 0.3l/min, 写真-4 に 0.4l/min の固結体写真を示す。左から固結体全体図, 断面図, フェノールフタレイン溶液散布状況の写真となっている。

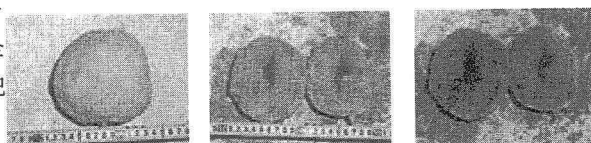


写真-2 固結体写真 (注入速度 0.2l/min)

注入速度 0.2l/min において、注入孔付近にセメント粒子が集中しているのが確認された。これは、注入速度が小さい場合は土の間隙を押し広げる力が弱いため、セメント溶液が土粒子にあたかもろ過されたような形になったためと思われる。写真-5 にこの固結体をさらに削ったものを示す。色の濃い部分はセメント粒子が多く、色の薄い部分はセメント粒子が少ないと考えられる。写真からセメント粒子が注入孔付近に集中している様子がさらにはっきり目視できる。注入速度 0.3l/min でも同様のことが観察できた。ただし、注入速度 0.4l/min では、このような現象は目視できなかった。

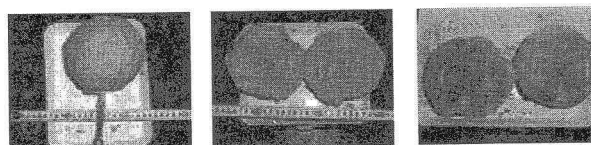


写真-3 固結体写真 (注入速度 0.3l/min)

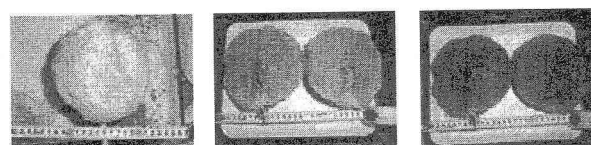


写真-4 固結体写真 (注入速度 0.4l/min)



写真-5 断面図

これらのことから、注入速度が遅いと、小さい場合は土の間隙を押し広げる力が弱いため、セメント溶液が土粒子にろ過された形になって注入孔付近に集中する。セメント溶液を地盤内にある程度の範囲で均等に注入するためには、ある程度大きな注入速度が必要となる。なお、全ての実験で、一軸圧縮試験を行っているが注入速度ごとに統一性がなくばらつきが見られた。

4. まとめ

本実験から、注入速度により、セメント溶液の濃度分布が異なることがわかった。セメント溶液がどのようなメカニズムで土層内に浸透されていくのか、また注入速度がそのメカニズムに与える影響について、今後さらに検討していきたい。

参考文献

- 1) 大関敏広, 藤井衛, 川村政史, 田村昌仁, 渡辺一弘(2001): ソイルセメントのフェノールフタレイン反応について, 地盤工学研究発表会発表講演集, 2 分冊の 1, pp793 - 794,