

Ⅲ－４

注入固結体と練り混ぜ締め固め固結体の強度比較実験

東北学院大学 学生会員 ○川村慎也 大坪孝昭 山屋宜之
正会員 飛田善雄 吉田望 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、注入する際にセメントの沈殿や目詰まりなどといった問題が生じる。本研究では超微粒子セメントを用いて直接試料と練り混ぜた後、締め固めて作製した供試体 M : Mix と同溶液を用いた注入実験により作製した供試体 I : Injection を一軸圧縮試験により強度比較し、これらの注入過程で起こる問題点がセメント溶液により地盤が得られる強度増加に与える影響を検討した。さらに、セメント溶液のセメント濃度、注入においては注入速度を変化させることで強度増加に与える影響も検討した。

2. 実験概要

練り混ぜ供試体は、所定の濃度のセメント溶液とアルバニー珪砂を良く混合し、モールドに三層 50 回で締め固め、そのまま 7 日間養生し、一軸圧縮試験を行った。

注入実験で使用した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。流速の制御は、手動によるバルブの開閉で行った。ただしその精度は±0.03l/min 以内とした。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。注入孔を図-2 に示す。

注入する土層の試料としてアルバニー珪砂を用いた。アルバニー珪砂の粒径加積曲線を図-3 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。

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 2 日養生させ、固結砂を取り出し、さらに 5 日間養生（合計 7 日間養生）した後、一軸圧縮試験を行った。注入速度は、0.1l/min, 0.2l/min, 0.3l/min, 0.4l/min とした。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い、さらに同セメント濃度での供試体 M との強度を比較し検討する。

3. 実験結果及び考察

注入実験) 図-4 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 で行

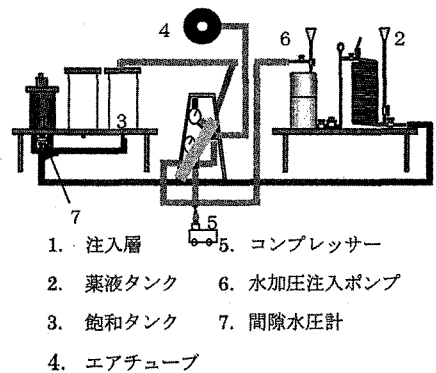


図-1 実験装置の概要

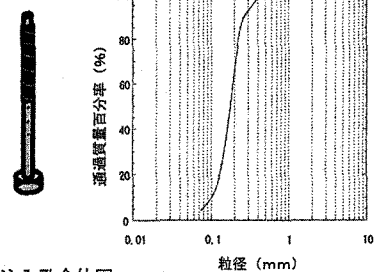


図-2 注入孔全体図

図-3 アルバニー珪砂の粒度分布

表-1 セメントの配合表

供試体 M 作製時

セメント濃度	配合	セメント (g)	水 (ml)
5%		15.8	300
7%		22.6	300
9%		29.7	300

供試体 I 作製時

セメント濃度	配合	セメント (g)	水 (ml)
5%		78.9	1500
7%		112.9	1500
9%		148.4	1500

った実験では、11 を注入することは出来なかった。これは注入速度が遅すぎるためにセメントタンク内に沈殿したセメントを押し出す働きが、十分にされなかったためと考えられる。注入速度 0.21/min, 0.31/min については、ほぼ一定の注入圧で注入することができた。このことから、注入速度 0.21/min, 0.31/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 0.41/min では、注入圧にばらつき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。

写真 - 1 に注入速度 0.21/min, 写真 - 2 に注入速度 0.31/min, 写真 - 3 に注入速度 0.41/min の固結体写真を示す。左からセメント濃度 7% の固結体全体図, セメント濃度 9% の固結体全体図となっている。固結体の形状は球体のものがほとんどであったが、セメント濃度 9%, 注入速度 0.21/min のように球状にならなかったものは、注入過程での目詰まりなどが原因ではないかと考えられる。どちらの濃度においても注入速度が速くなるにつれて固結体が大きくなっていることから、注入速度が速い方がセメント溶液が広範囲で浸透していくのではないかと考えられる。

一軸圧縮強度においては、流速が速くなるにつれて圧縮応力も大きくなることが分かった。固結体の濃度分布としては取り出した供試体が注入孔より離れるにつれて圧縮応力も小さくなっていることから、注入孔付近にセメント溶液が集中し、砂の土粒子にろ過されながら浸透していくため固結体の側部では、セメント濃度は薄くなっていくと考えられる。

グラフ-1 より供試体 I と供試体 M の強度を比較してみると、どちらの濃度においても供試体 I の圧縮応力の方が大きくなった。これは供試体 I の方は、思うようにセメント溶液が均等に浸透して行かないために濃度が集中してしまったためと考えられる。また、供試体 M に関しては養生中にセメント粒子が沈殿してしまうことにより予想よりも強度が得られなかったのではないかと考えられる。

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。今後は練り混ぜ締め固め供試体の養生方法に工夫を重ね、強度比較実験としてより良いデータが得られるようさらに検討していきたい。

参考文献

- 1) 柴崎光弘, 下田一雄 (1985) : 最新・薬液注入工法の設計と施工。
- 2) 島田俊介, 佐藤武, 多久実 (1989) : 最先端技術の薬液注入工法。

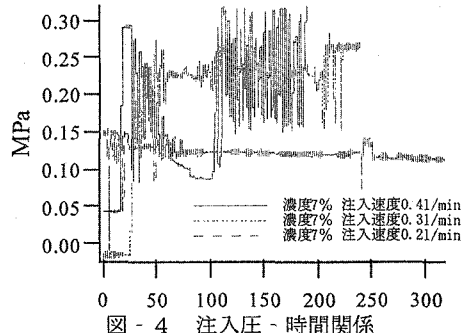


図 - 4 注入圧 - 時間関係

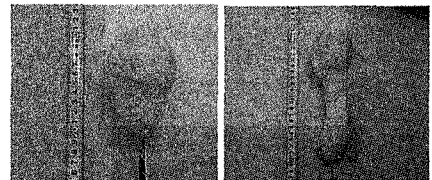


写真 - 1 注入速度 0.21/min

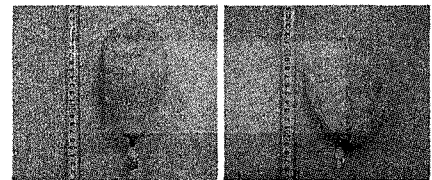


写真 - 2 注入速度 0.31/min

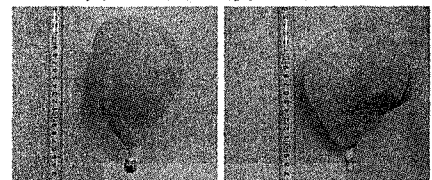
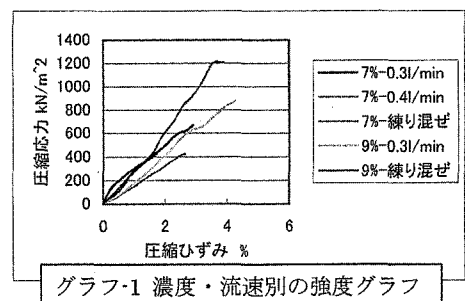


写真 - 3 注入速度 0.41/min



グラフ-1 濃度・流速別の強度グラフ