

土壌水分センサーを用いた薬液の一次元注入実験に関する研究

東京都市大学 学生会員○中村亮太

正会員 末政直晃

強化土エンジニアリング(株) 正会員 佐々木隆光

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において、埋立地を中心に広範囲に亘って液状化現象が発生し、ライフラインに甚大な被害を与えた。このような被害を防ぐために、液状化対策の一つとして薬液注入工法が用いられている。薬液注入工法は土粒子骨格を破壊せず、間隙に注入材を充填して地盤改良をすることが特徴として挙げられ、既設構造物近傍や直下の液状化対策として採用されている。しかしながら土中ゲルタイムは、注入に伴う希釈や、薬液と試料成分との反応により pH が変動し、浸透距離によって異なることが指摘されている¹⁾²⁾。本報告では現場試料を用いて一次元注入実験を行い、異なる浸透距離から抽出した薬液の土中 GT や pH を測定した。同時に土壌水分センサーを用いて薬液到達時間を測定した。

2. 実験概要

図-1 に一次元注入実験の概要図を示す。浸透モールドは内径 $\phi=5\text{cm}$ 、 $h=100\text{cm}$ のアクリル製である。試料には日立港付近の現場試料を用いた。この試料には Ca 成分が 4900mg/kg が含まれている。図-2 に試料の粒度分布を示す。モールド内部の砂供試体の相対密度が 60% になるように乾燥状態の試料を 10cm 毎にハンマーによる振動で締め固めて供試体を作製し、その後脱気水で飽和した。

薬液には濃度 4% の活性複合シリカ(パーマロック ASF-II α)を用いた。注入実験ではモールドの高さ 85cm まで薬液を注入した。その際、薬液を下部から注入するが、浸透距離の違いが GT に及ぼす影響を確認するために、10cm 間隔ごとに注射器を設置し、それを用いて薬液を抽出する仕組みとなっている。薬液の注入速度は 0.05L/min に設定し、供試体の高さが 85cm になるまで薬液を注入した。所要時間は 16 分である。そして薬液注入完了後、直ぐに抽出した薬液について GT と pH を測定した。加えて比較のために未注入薬液についても GT と pH を測定した。

写真-1 に本実験で用いた GT 測定装置を示す。GT の測定方法は、抽出箇所毎の薬液や練り上り直後の薬液をそれぞれ $\phi=4\text{cm}$ または 5cm のガラス製シャーレに入れ、超小型シェイカーシーソーに固定した。その後このシーソーを中心から ± 7 度の角度で左

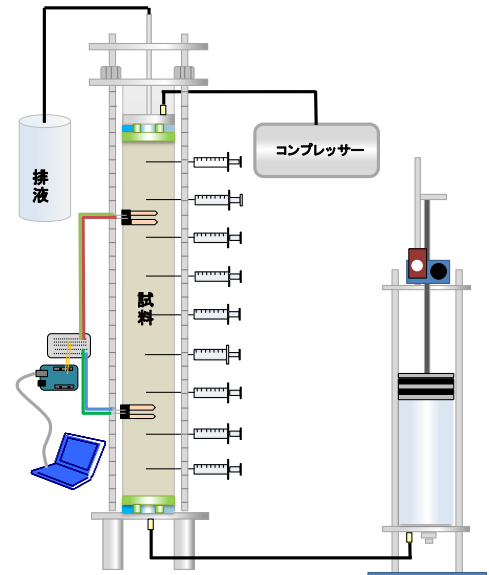


図-1 実験概要図

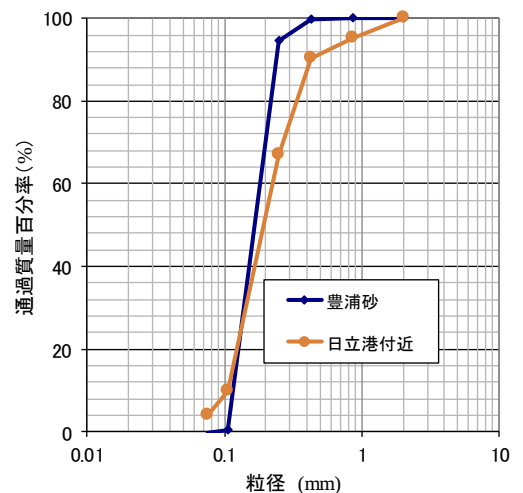


図-2 粒度分布



写真-1 GT 測定

キーワード 浸透距離 ゲルタイム(GT) pH

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 (代) E-mail: g1881631@tcu.ac.jp

右均等に揺らし、シャーレ内の薬液上面が固化により傾き始めたことをもって GT と定義した。

加えて、同供試体にモールド内の薬液の浸透状況を確認するため、土壤水分センサーを設置した。写真-2 に使用器具を示す。本実験ではデジタル I/O ボードである Arduino を使用した。この Arduino に土壤水分センサーを接続させ、5V が供給されることで抵抗値が算出される仕組みとなっている。また土壤水分センサーの設置箇所は高さ 25cm(下部)、75cm(上部)の 2 箇所である。事前に行った水、薬液の測定値では水は 1.6~1.8V、薬液は 0.87~1.03V の値を示した。この測定値は値が小さいほど抵抗が大きくなる。また測定は 1 回/秒の間隔で実施した。

3. 実験結果

図-3 に浸透距離と GT, pH の関係を示す。図より、浸透距離が長くなるに従い GT が短くなり、pH が中性に近づく傾向が示されている。これより、薬液中の酸が試料内に元々存在するアルカリ成分と反応し、消費されたため、pH が中性方向に移行したと思われる。また既往の研究³⁾より、薬液の GT, pH は試料の Ca 成分や注入速度に依存することも確認されている。

図-4 に土壤水分センサーの測定値を示す。また図中の黒の縦ラインは、注入速度 0.05L/min 時において、注入された薬液が設置されたセンサー(25cm, 75cm)に到達する予定の時間である。図より下部のセンサーは 280 秒付近で反応し、測定値が小さくなる傾向が示された。これは注入された薬液が浸透したことで反応したためと考えられる。上部のセンサーにおいても 820 秒付近で測定値の低下が確認された。なお、上部のセンサーにおいて黒いラインよりも、微小であるが早く反応したことが確認できる。これは薬液の酸と試料の Ca 成分が反応することで炭酸ガスが発生し⁴⁾、薬液が押し上げられた事によると思われる。また間隙水による希釈の影響も考えられる。

4. まとめ

地盤中の浸透固化挙動を調べるため、現場試料を用いた薬液の一次元注入実験を実施した。その結果、薬液の GT, pH は浸透距離に依存することが確認された。また土壤水分センサーを使用することで、薬液の浸透過程を把握することができた。今後、様々な現場試料で実験を行うとともに、浸透中の薬液の pH 変化も明らかにしていく。

参考文献

1)後藤ら：溶液型薬液注入工法のシリカ含有量の測定による改良強度の測定，土木学会第57 回年次学術講演会，pp179-180，2002 2)滝浦ら：薬液改良体に注入速度と浸透距離が及ぼす影響の把握，土木学会第70 回年次学術講演会，pp743-744，2015 3) 中村ら：現場試料を用いた一次元注入実験における薬液のゲルタイムとpHの関係，第15回地盤工学会関東支部発表会pp82-83,2018 4)佐々木ら：活性シリカグラウトに関する考察～地盤特性がゲルタイム・改良強度に及ぼす要因～第42回地盤工学研究発表会pp889-890，2007

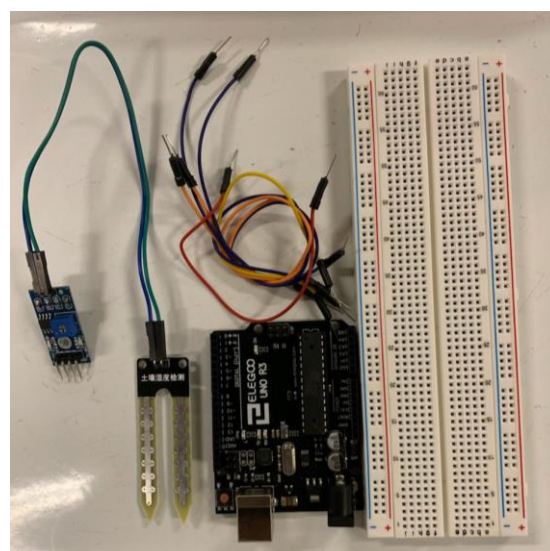


写真-2 使用器具

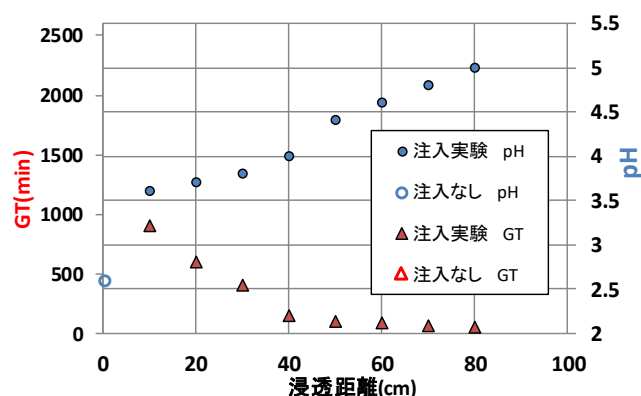


図-3 浸透距離と GT, pH の関係

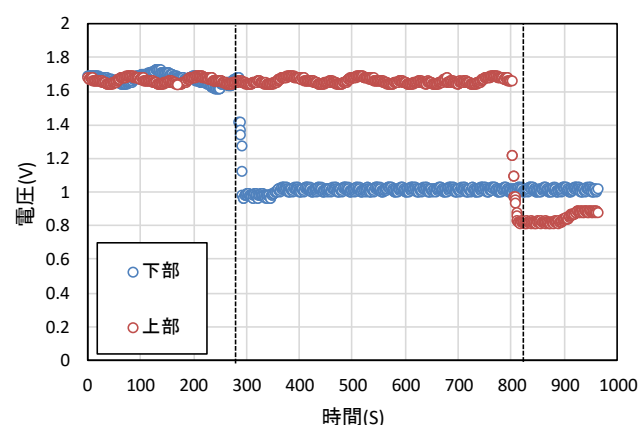


図-4 土壤水分センサーの測定値