

現場試料を使用した薬液の浸透固化メカニズムの解明

東京都市大学 学生会員 ○田代 怜

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

東京都市大学(現 熊谷組) 非会員 伊藤 海都

1. はじめに

液状化対策の1つである薬液注入工法は、地盤の堆積状態を乱すことなく土粒子の間隙に薬液を注入することで地盤中の間隙水を置換し、固化することで地盤改良が行われる。しかし、薬液の浸透中に対象地盤の化学特性により薬液の pH が管理できずゲルタイム(以下 GT)が短縮されることで、想定した改良体を形成出来ず、改良品質に影響を与えることが報告されている¹⁾。本研究では薬液の浸透固化メカニズムの解明を目的とし、現場試料を用いて次元注入実験と定点測定実験を行い、異なる浸透距離・時間から抽出された薬液の土中 GT や pH を測定することで地盤内における薬液の浸透固化メカニズムについて検討を行った。

2. 実験概要

薬液が現場試料内で起きている現象をモデル化するために、試料と薬液の反応を浸透距離ごとに測定する次元注入実験と、試料と薬液の反応を時間経過ごとに測定する定点測定実験を実施した。各実験を行うにあたり適切な薬液を現場試料に注入するため、予備実験として①薬液作成直後の pH、薬液が固化するまでの GT を測定、②浸透固化処理工法マニュアルに準じた室内 GT 測定法²⁾、③超多点注入工法マニュアルに準じた室内 GT 測定法³⁾の3方法を実施した。今回使用した薬液はシリカ濃度 4%の活性複合シリカ(パーマロック ASF-IIα)⁴⁾であり、酸性添加材の配合を変化させることで初期 pH を調整した。今回用いた現場試料は日立港で採取されたもの(以下 日立港砂)であり粒径を図-1 に、日立港砂のカルシウム含有量及び予備実験結果を表-1 に示す。予備実験よりカルシウム含有量に比例して GT の短縮が確認された。

図-2(左)に次元注入実験の概略図を示す。浸透モールドは内径 $\phi=5\text{cm}$ 、高さ $h=110\text{cm}$ のアクリル製であり、相対密度 60%になるよう乾燥試料を 10cm 毎に締め固めることで 100cm の供試体を作製し、脱気水で飽和させた。薬液は一定量(90ml/min)を注入することができるポンプ(図-2(右))を用いてモールド下部から注入した。浸透距離の違いが GT に及ぼす影響を確認するため、10cm 間隔ごとに設置した注射器を用いて、注入完了後直ぐに薬液を抽出し、ガラス製シャーレに入れ、小型シェーカーシーソーを用いて中心から ± 7 度の角度で左右均等に揺らし、注入開始からシャーレ内の薬液上面の固化により流動性を失うまでの時間を GT として測定した。

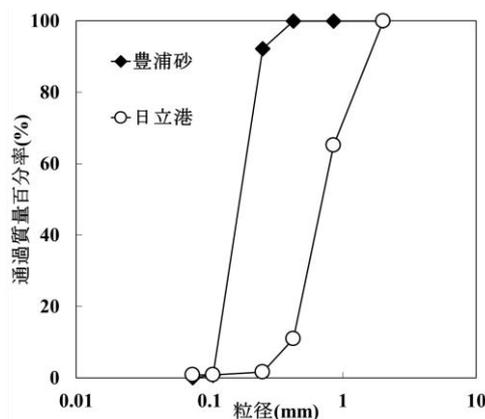


図-1 粒径加積曲線

表-1 予備実験結果

現場試料	Ca含有量	活性複合シリカ4%		浸透固化処理工法		超多点注入工法	
	(mg/kg)	pH	GT(min)	pH	GT(min)	pH	GT(min)
日立港砂	4900	4.77	95	5.41	100	5.21	35
豊浦砂	0	4.98	48	-	-	-	-

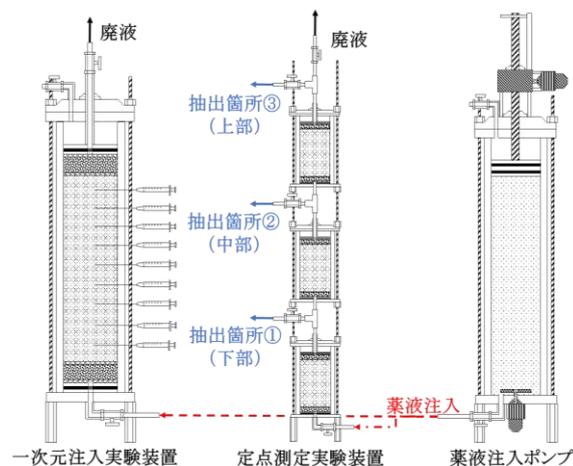


図-2 実験装置概略図

キーワード: 薬液注入, pH, ゲルタイム

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 E-mail:g2081618@tcu.ac.jp

図-2(中央)に定点測定実験の概略図を示す。浸透モードは内径 $\phi=3\text{cm}$, 高さ $h=6\text{cm}$ のアクリル製であり, 相対密度 60% になるように締め固めた供試体を 3 本作成し, 縦に繋ぎ合わせることで1つの供試体とした。また薬液及び注入ポンプは一次元注入実験と同様のものを用い, 今回は 90ml/min (Case1), 30ml/min (Case2)と注入速度を変え, 抽出箇所①(下部), 抽出箇所②(中部), 抽出箇所③(上部)の順にバルブを捻ることで注入開始から 30 秒間隔で薬液を抽出し pH 測定を行った。

3. 実験結果及び考察

図-3 に一次元注入実験における pH と GT の測定結果を示す。今回は比較対象として豊浦砂の実験結果を用いた。豊浦砂で使用した薬液の初期 pH は 3.83 であり, 浸透距離によらず, どの距離においても初期 pH とほぼ同じ値となった。次に日立港砂で使用した薬液の初期 pH は 5.07 であった。注入後, 薬液が日立港砂と反応し, pH は浸透距離が長くなるにつれて中性に近づき, GT は pH が上昇するに伴い短くなる傾向が確認された。これは日立港砂のカルシウム分により薬液中の酸が消費されたためと考えられる。

図-4 に定点測定実験における 90ml/min で注入した結果を, 図-5 に 30ml/min で注入した結果を示す。 90ml/min で注入した時の薬液の初期 pH は 2.88 であった。先行薬液はカルシウム分が一番多い状態の試料と反応するため pH の上昇が確認できた。その後, 試料のカルシウム分が消費され, 後行薬液はカルシウム分との反応は確認できるものの先行薬液に比べ pH の上昇幅は減少することが確認できた。

次に 30ml/min で注入した時の薬液の初期 pH は 4.59 であった。注入速度を低くしたため, 先行薬液の pH は注入速度の速いものより高い上昇幅となった。後行薬液については抽出時間とともに徐々に pH は低下することから, 試料内のカルシウム分が減少していくものだと考えられる。

4. まとめ

一次元注入実験では浸透距離が長くなるにつれ pH が上昇し, GT が短縮し, カルシウム含有量に比例して GT の短縮幅が変化した。一方, 定点測定実験では時間経過に伴い pH が下降し, 練り上がり直後の薬液 pH の値に近づいた。これは先行薬液により試料内のカルシウム分が消費されたために生じたものと考えられる。カルシウムの酸に対する溶存速度は, カルシウムの固化形態やその時点の pH, それまでの溶存過程, その他溶存物質濃度などに依存するものと考えられ, このような複雑な反応を詳細に調べる必要がある。今回実施した定点測定実験はその一助になると考えている。

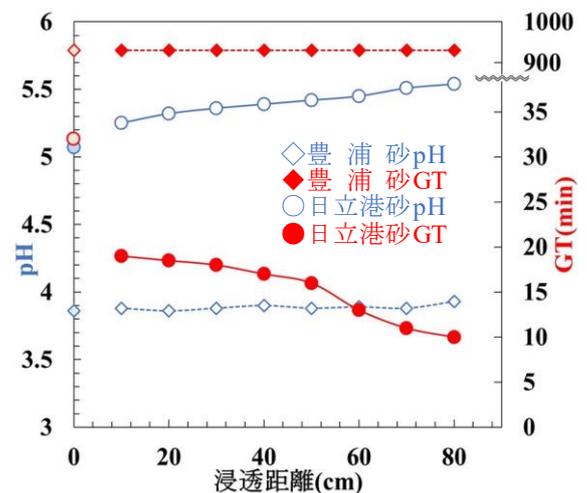


図-3 一次元注入実験 pH, GT 測定結果

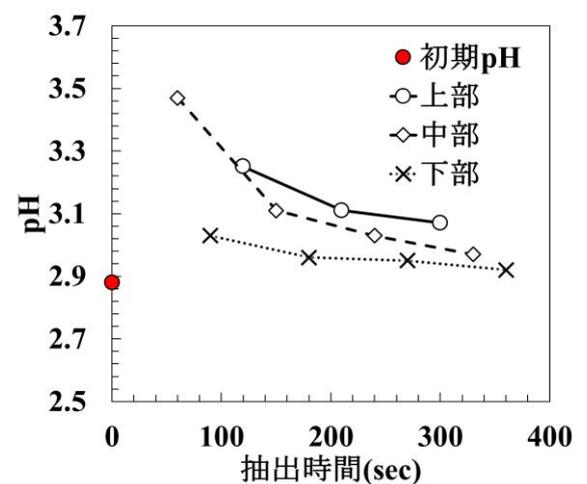


図-4 定点測定実験 90ml/min 注入結果

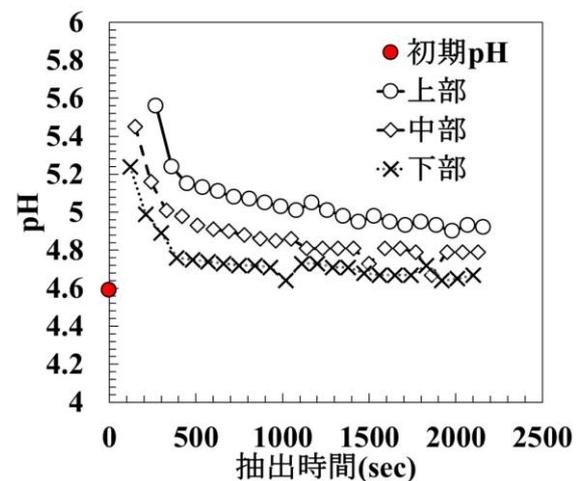


図-5 定点測定実験 90ml/min 注入結果

<参考文献>

- 1) 米倉, 島田: 薬液注入の長期耐久性と恒久グラウト本設注入工法の設計施工, 近代科学社, pp163-166
- 2) (財)沿岸開発技術研究センター: 浸透固化処理工法技術マニュアル, pp56-57, 2003
- 3) 恒久グラウト・本設注入協会: 超多点注入工法技術マニュアル, 地盤注入開発機構, pp54-55
- 4) 木暮ら: 薬液注入工法の調査・設計から施工まで, 地盤工学会, pp68-70