

## 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 ○王 シイハン

正会員 末政 直晃

正会員 伊藤 和也

学生会員 遠藤 なつみ

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

日本では地震が頻繁に発生するため、液状化が発生しやすい。例えば東日本大震災では地震により液状化が発生し、道路が沈下しパイプが浮き上がるなどライフラインへ莫大な影響を与えた(写真-1)。このような液状化被害を防止する工法の一つとして薬液注入工法がある。薬液注入工法では土中に薬液を注入し、土粒子間の間隙水が薬液に置換された後、凝固する薬液が地盤を改善する。しかし、薬液の酸と地盤にあるCaやSiなどのアルカリ成分が反応すると、粘性が急激に増加するまでの時間であるゲルタイム(以下、GT)が想定よりも短くなって、薬液の注入が難しくなる場合も発生する。本研究ではゲルタイムにかかわる薬液中の酸と地盤アルカリ成分の反応プロセスを調べることで、薬液の浸透凝固メカニズムを解明することを目標とする。本報告では珪砂6号と日立港で採取された現場試料を混合させた日立港混合砂を用いて一次元注入実験を実施し、浸透距離ごとの土中GT、pHの結果から薬液中の酸と土中アルカリ成分の関係性について報告する。

## 2. 実験概要

図-1に日立港混合砂の粒径加積曲線を表示する、図-2に一次元注入実験の概要図を示す。日立港混合砂は珪砂6号と日立港砂を混合したものであり、混合比は日立港砂：珪砂6号=1：3(CASE1)と、日立港砂の割合を増加させた1：1(CASE2)である。高さ920mm、内径50mm、相対密度60%を目標として供試体を作製した。脱気水を注入して飽和させた後、ポンプ流量を60ml/minに設定し、間隙水が薬液に全て置換されるまで廃液量を測定する。さらに同時に薬液の酸と土中アルカリ成分の反応を調べることを目的とし、ガラス電極法によるpH測定器を300mm(CH1)と600mm(CH2)の箇所に設置して、試料内部のpHの経時変化を測定する。供試体に注射器を100mm間隔で設置して、注入完了後に抽出液を抽出してシャーレに採取する。抽出液のpHを測定した後、小型シェーカーシーソーを用いて±7度に左右均等に揺らし、薬液の水面とシーソー板が平行になった時点を土中GTとする。

## 3. 実験結果

図-3, 4にCASE1およびCASE2のCH1とCH2にて測定した固化まで



写真-1 汚水用マンホールの隆

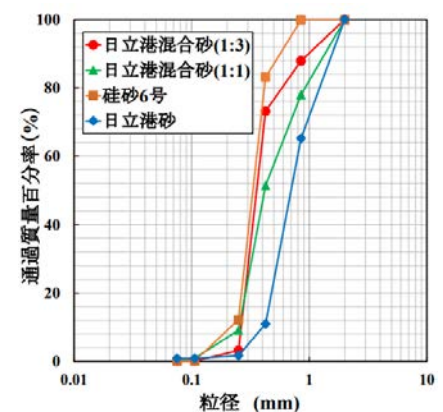


図-1 日立港混合砂粒径加積曲線

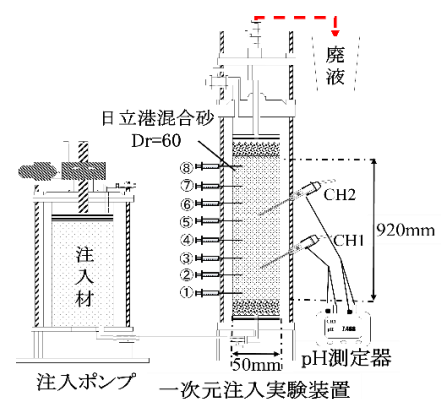


図-2 一次元注入実験概要図

キーワード 薬液注入工法, pH測定, pH経時変化, 浸透距離

連絡先 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤1丁目28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-0104

の pH 経時変化それぞれを示す。注入薬液の初期 pH は 4.24(CASE1)と 4.3(CASE2)であり。この薬液のみの GT は約 4 時間(CASE1)と 3.67 時間(CASE2)であった。図-3 より、注入開始段階では CH1, CH2 とともに pH8 付近を示している。その後、両者とも pH が急激に下降するが、初期薬液の pH より少し高い pH に達すると変化がなだらかになった。また、CH1 と CH2 の結果において、両方とも急激な変化後の pH はいずれも初期 pH よりも高く、CH1 よりも CH2 の方が高くなることが確認された。これは、薬液中の酸が供試体中を移動しながら、土中アルカリ成分と反応したことを示している。その後 CH1 と CH2 の pH が穏やかに中性側へと増加し、840 分付近では同じ pH へと変化したことが確認された。注入時に消費されずに残存していた薬液の酸と土中アルカリ成分が時間の経過とともに十分に反応する時間が確保されたため、最終的に同じ pH となり、変化が収束したと考えられる。また各層から採取された抽出液の pH を赤色の点で示したところ、全体の 1/3 と 2/3 の高さで計測された pH 測定器のデータは抽出液の pH の結果に概ね対応するようにプロットされたことから、抽出液と pH 測定器のデータには一定の整合性が確認された。また、図-3, 4 より pH の急激な下降が生じることや最終的に同様な pH へと収束するという類似点が確認された。しかし CASE2 では CH2 において CH1 よりも先に pH の下降が生じた。

これは上部、下部に設置した pH 測定器の種類が異なるため、測定感度の差によって CH2 では早期な下降反応が見られたと考えられる。そのため、再び実験を行う際には使用する pH 測定器の種類を統一することが重要である。図-5, 6 より浸透距離が短いと pH は低くて GT が遅く、浸透距離が長いと比較的 pH が高くて GT が早いことが確認された。pH の経時変化の動向と同じく、薬液は酸を消費しながら進行するため、浸透距離の長くなると到達するまでに酸が消費されることにより GT が短縮され、浸透距離が短くなると酸が余剰となるため GT が長くなると考えられる。

#### 4. まとめ

本実験より薬液の酸は土中アルカリ成分と反応しながら浸透することが確認された。浸透過程で酸が消費されるため、浸透距離が増加するほどその地点での pH が上昇することが確認された。さらに、注入終了後にも薬液の酸と土中アルカリ成分の間の反応には十分な時間が必要であり、pH の変化が安定すると数値が中性に近づくことが確認された。

今後は、他の現場試料を利用して一次元注入実験を行い、浸透過程における pH の変化を比較して相違を検討していきたいと思う。

#### 5. 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) 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
- 3) 遠藤ら：薬液の浸透固化過程に関する研究，東京都市大学地盤環境工学研究室，pp48-71

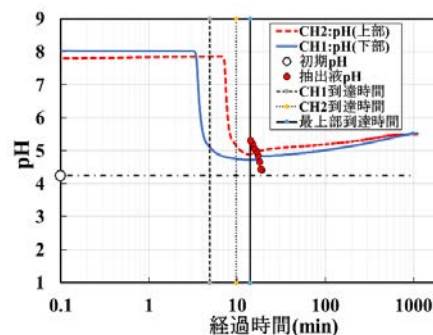


図-3 pH の経時変化 (CASE1)

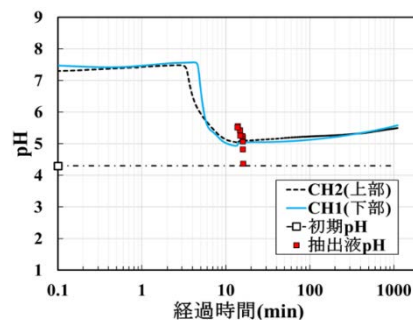


図-4 pH の経時変化 (CASE2)

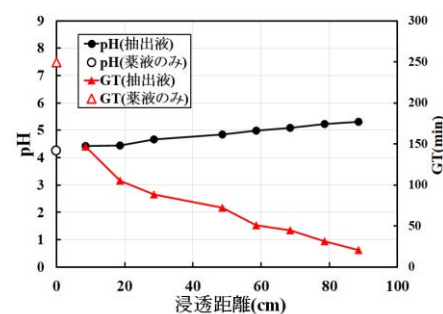


図-5 抽出液 GT (CASE1)

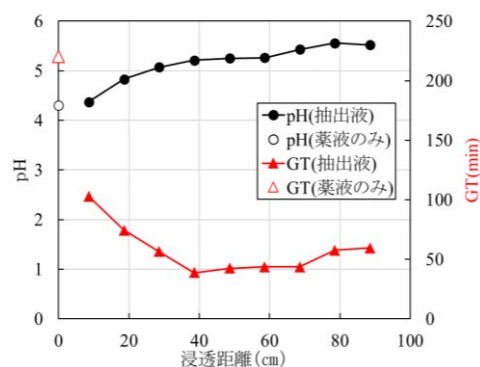


図-6 抽出液 GT (CASE2)