

薬液改良体に注入速度と浸透距離が及ぼす影響の把握

東京都市大学 学生会員 ○滝浦駿介

東京都市大学 正会員 末政直晃

東京都市大学 学生会員 吉野広汰

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

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による液状化の被害はライフラインや住宅地等広域に及んだ¹⁾²⁾。このような被害を防ぐために、密度増大工法、深層混合処理工法等のような様々な液状化対策工法が存在するが、本研究では薬液注入工法に着目した。本工法は、薬液の注入圧を低くして浸透注入を行うことにより、地盤の土骨格の破壊を抑えながら地盤内の間隙水を薬液に置換するものである。薬液を注入された改良体は球状に固結され、地盤の強度増加や止水性が向上する性質がある。利点として比較的小型な施工機械を用いるため、施工スペースが狭く、斜め・曲線ボーリングにより既設構造物直下において適用できるという特徴が挙げられる。しかし、薬液注入に伴う強度発現メカニズムが未だ不明確であることや、注入速度、浸透距離、地盤特性の違いが薬液改良体の出来型や改良強度に及ぼす影響が把握されていないなどの課題もある。そのため、現行設計法では薬液濃度の設定が高くなり、コストがかかる傾向にある。

本報告では実施工との整合性の高い三次元注入実験を行った。三次元注入では中型円筒土層を用いた。改良体固結後にシリカ含有量測定、土懸濁液のpH試験を行い、希釈現象の検討を行った。

2. 実験概要

2-1. 使用した試料と薬液

本実験に用いた試料は豊浦砂、薬液はシリカ濃度6%で恒久性のある溶液型シリカグラウトである。

2-2. 中型円筒土槽・注入装置

図-1に中型円筒土槽を示す。図中に示すように高さ $h_1=65\text{cm}$ 、内径 $\phi=31\text{cm}$ の亚克力製の土槽である。下部には2つのバルブがあり、一方は飽和水を注入するバルブ、もう一方は亚克力内に設置した注入管と接続されており、薬液を注入する際に用いた。写真-1に注入管を取り付けたポーラスストーンを示す。注入口は試料の混入を防ぐため、メッシュで覆い、注入口は四方に開けられている。

2-3. 実験ケース

表-1に実験ケースを示す。注入速度は0.1, 0.02mL/minの2ケースとし、注入量はいずれも1818mL注入し、間隙量より求めた供試体の半径の計算値は10cmとした。

3. 実験結果

3-1. 供試体の出来形

写真-2にcase1の出来形を、写真-3にcase2の出来形を示す。また、表-2にそれぞれのケースにおける体積測定結果を示す。

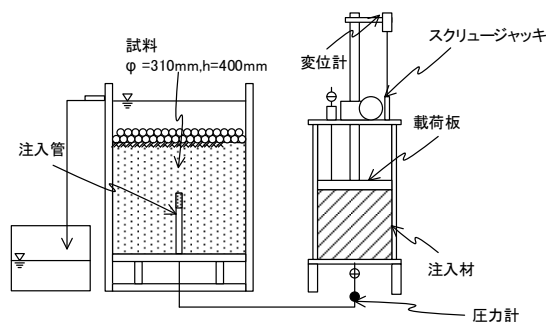


図-1 中型円筒土層

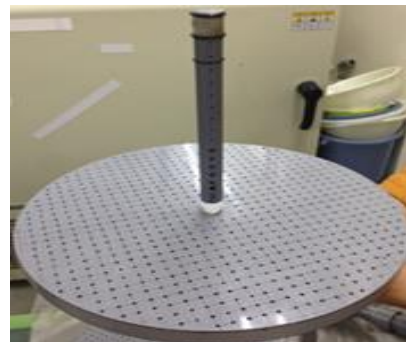


写真-1 注入口

表-1 実験ケース

	試料:Mg(OH) ₂ (質量比)	土中ゲルタイム(min)	注入速度(L/min)
case1	4000:8	5	0.1
case2	4000:8	5	0.02



写真-2 case1 出来形



写真-3 case2 出来形

キーワード 薬液改良体 注入速度 浸透距離

連絡先 東京都市大学地盤環境工学研究室 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-5707-0104

表-2 体積測定結果

	注入時間(min)	注入量(mL)	推定改良体積(cm ³)	体積実測値(cm ³)	間隙体積実測値(cm ³)
case1	18.2	1818	4188	5906.8	2564.1
case2	92	1818	4188	6267	2720.5

Case1 の改良体積は 5907cm³ であるのに対し、薬液注入量から計算した推定改良体積は 4188cm³ となっている。このことから、Case1 は理想的な注入より薬液が希釈することにより、大きな改良体を形成している事がわかる。また、Case2 に着目すると、薬液注入量から求めた改良体積に対し実測の改良体積は 6267cm³ となっており、約 1.5 倍の改良範囲となった。これより、間隙水により薬液が希釈し、薬液の濃度が 6%以下の注入材によって固結されているものと考えられる。

3-2. 土懸濁液の pH 試験結果

図-2 に case1, 2 の浸透距離と pH の関係を示す。この試料は Mg(OH)₂ を添加し pH が 9~10 程度になるように設定されている。

図-2 に着目する。両ケースを比較すると注入口付近では両ケースともに同程度の値を示したが、浸透距離が長くなるにつれ、case1 の pH が高い結果となった。このように浸透距離が長くなるにつれ、pH が高くなった原因としては、注入口付近では連続してフレッシュな薬液を受け取り、間隙水を薬液に置換できたのに対し、浸透距離が長くなるにつれ、薬液が間隙水と混ざりあい、希釈してしまったと考えられる。これは pH 試験の結果だけではなく、出来形測定でも示唆されている。以上のことから浸透距離が長くなるにつれ pH が高くなることが確認できた。つまり、薬液濃度は浸透距離が長くなるにつれ低くなる結果となった。バラつきはあるものの両ケースで同様の傾向を示した。

3-3. シリカ含有量測定結果

濃度別のシリカ含有量を測定した結果を図-3 に示す。図-4 に示した case1,2 のシリカ含有量と浸透距離の関係と比較すると、case1 では注入口付近~10cm で 3~4%程度のシリカ濃度と同等の値が得られ、13~15cm の浸透距離で 1%程度のシリカ濃度と同等のシリカ含有量となった。case2 では注入口付近と 5cm の最大値が 5~6%程度のシリカ含有量、注入口より 8cm で 3~4%程度のシリカ含有量となり、12cm で 1%程度の注入量となった。両ケースともに縦方向、横方向での差はほとんど見られなかった。case1 では注入口付近でも希釈が確認された。これは注入速度が高いと横方向に大きく広がっていくことにより上方向の薬液濃度が低くなり、固結せず流れていったことが原因と考えられる。これらの結果より、三次元注入において、薬液が間隙水により希釈されていることが示された。

4. まとめ

これらの結果より、薬液注入に伴う希釈の影響を示すことが出来た。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局 HP : http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000043512.pdf
- 2) 独立行政法人建築研究所 HP : <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/0311quickreport.html>, 5.5

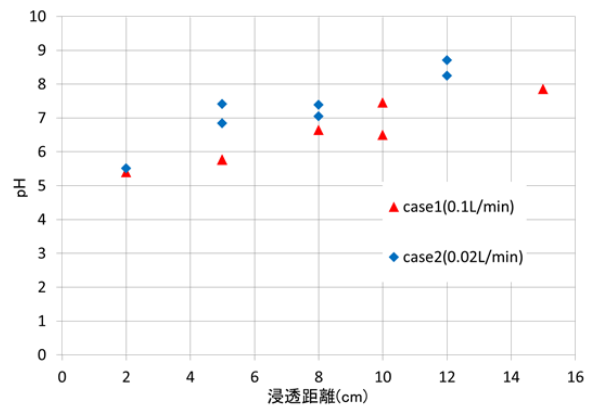


図-2 浸透距離と pH

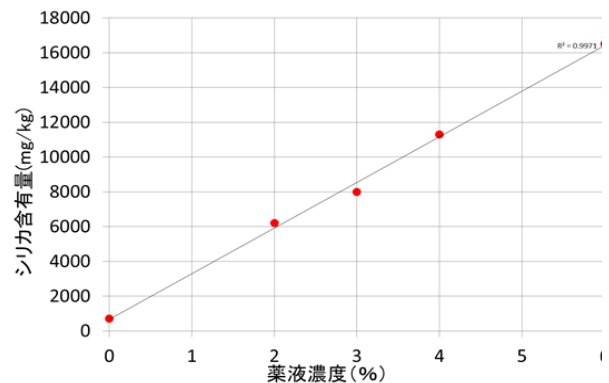


図-3 薬液濃度とシリカ含有量

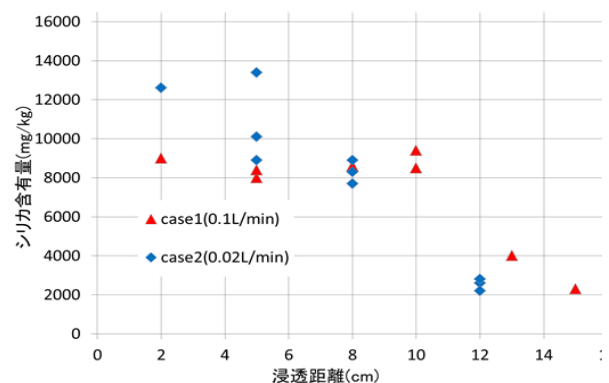


図-4 浸透距離とシリカ含有量