

恒久グラウト野外試験における 12 年後液状化強度の確認

強化土エンジニアリング㈱ ○正会員 小山 忠雄
 強化土㈱ フェロー会員 島田 俊介
 強化土エンジニアリング㈱ 正会員 佐々木 隆光
 東洋大学名誉教授 フェロー会員 米倉 亮三

1. はじめに

薬液注入工法が我が国で多用されるようになったのは 1950 年代である。当時は建設工事の補助工法として採用されていたため、長期的（5 年以上）な改良効果は求められてはいなかった。しかし 1970 年代には薬液注入の長期耐久性を求める動きが活発になり、米倉・島田により 1980 年代にその研究開発がスタートした。米倉・島田は薬液注入の耐久性の欠如は薬液改良体からのシリカの溶脱と体積収縮が原因であることを解明し、主材である水ガラスからイオン交換法によりアルカリを除去したコロイダルシリカがシリカの溶脱・体積収縮がなく、長期耐久性のあるグラウトであることを確認し、いわゆる恒久グラウトの発明に成功した。その後、阪神淡路大震災の復旧工事に恒久グラウトが採用され、今日では薬液注入工法は液状化対策等の本設注入としてその適用が拡大している。本稿では 1999 年に実施した野外試験フィールド試験¹⁾で、東北地方太平洋沖地震後の 2011 年 9 月に採取した改良土の不攪乱試料で液状化強度試験を行った。その結果、改良体は健全性を保持していることが確認できたので報告する。

2. 恒久グラウト注入工法

仮設工法として薬液注入工法が用いられる場合、従来工法は注入速度が比較的大きく地盤によっては割裂注入を伴うことが少なかった。薬液注入工法を本設工法として用いる場合、土粒子間に確実に薬液を浸透させることが重要である。図-1 に注入速度と注入圧の関係を示す。確実な浸透効果を得るためには注入速度と注入圧力が比例関係を保つ領域に注入速度を設定しなければならない。従来工法でこの領域で注入を行うと施工時間が長大となり経済性を保てない工法となる。そこでこれらの問題点を解決すべく開発されたのが恒久グラウト注入工法である。その一つは注入速度を毎分 60l 以下とし、多数の点から同時施工することで施工効率を高めた三次元同時注入工法（超多点注入工法）であり、二つ目がダブルパッカ工法の 10 倍の浸透源から 20～30l/min の注入速度で施工する柱状浸透工法（エキスパッカ工法）である。

3. 野外注入試験

野外注入試験フィールド¹⁾は、1999 年に現茨城県神栖市で東北地方太平洋沖地震（2011 年）により大きな液状化被害を蒙った鹿嶋臨海工業地帯の一角で、開発された恒久グラウト（パーマロック ASF）を用い改良体を造成した。図-2 にその断面図と柱状図を示す。今回採取を行

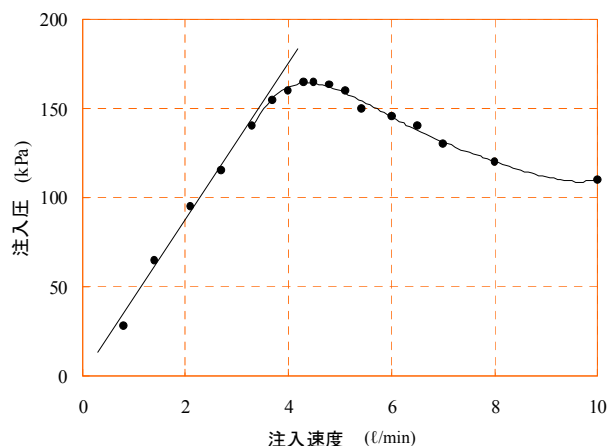


図-1 注入速度と注入圧の関係

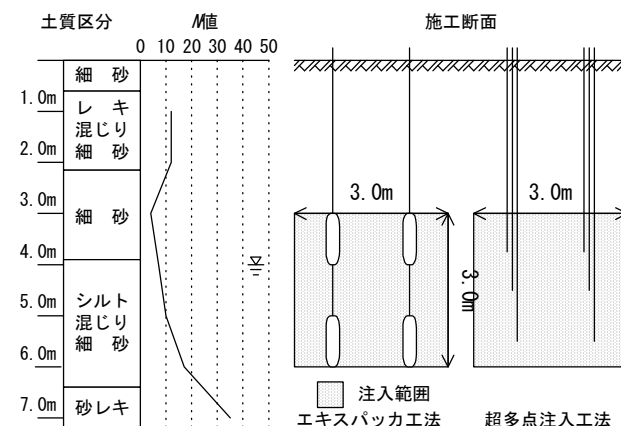


図-2 施工断面図および柱状図

キーワード 薬液注入, 恒久グラウト, 野外試験, サンプルング

連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 強化土エンジニアリング㈱ 研究開発本部 TEL 03-3815-1687

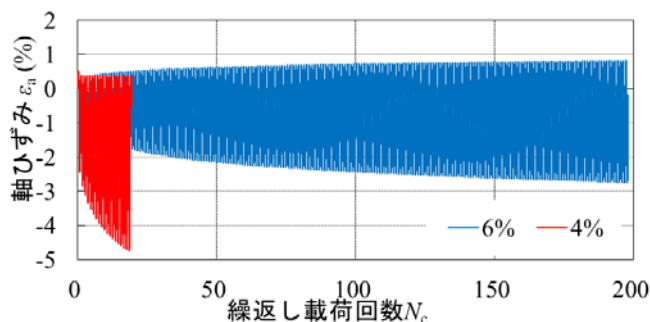


図-3 軸ひずみ時刻歴

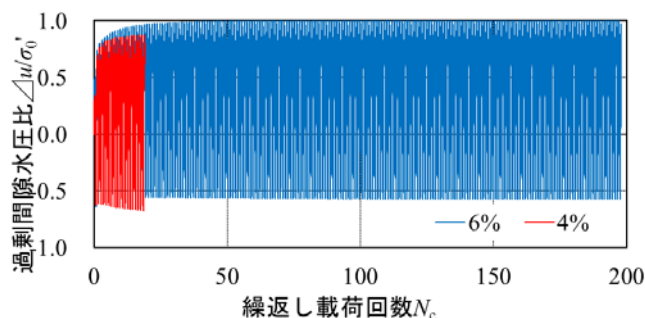


図-4 過剰間隙水圧比時刻歴

ったのは超多点注入工法 ($\text{SiO}_2=6\%$) とエキスパッカ工法 ($\text{SiO}_2=4\%$) により改良した区間である。

4. 試験結果

改良体の液状化強度試験はトリプルサンプラーにより採取した不攪乱試料をトリミングし、セル圧 196kPa、背圧 98kPa で圧密を行い、周波数 0.1Hz の正弦波で試験を実施した。

図-3 に軸ひずみ、図-4 に過剰間隙水圧比の時刻歴 (せん断応力比 0.75) を示す。いずれのシリカ濃度においても、未改良砂の液状化現象とは異なり、過剰間隙水圧比は上昇するものの数波で定常状態となる傾向を示し、軸ひずみも初期段階で増加するが数十波でその増加割合が減少する傾向を示した。

図-5 に軸ひずみと軸差応力、図-6 に有効応力経路を示す。いずれのシリカ濃度においても軸ひずみは引張り方向へ生じるものの、有効応力が完全に失われない状態を保つ傾向を示した。これらの改良特性は、室内で作製した改良体の変形特性²⁾と同様の傾向を示している。

また、図-7 に各せん断応力比において両振幅ひずみが 5% に達した時の繰返し回数を示す。なお、同図には注入後 3 年目に実施した液状化試験の結果も示す。東北地方太平洋沖地震以降に採取した 12 年目のコアの液状化強度は、いずれの濃度においても 3 年目に実施した結果より強くなる傾向を示した。これは、三年目以降も若干ではあるが強度が増加する傾向を示していることによると考えられる。

5. まとめ

今回試験を行ったのは施工後 12 年を経過し、東北地方太平洋沖地震という巨大地震により大きな被害を蒙った鹿嶋臨海工業地帯の一角に位置した試験フィールドであった。恒久グラウト注入工法により恒久グラウトを用いた改良地盤は巨大地震による影響を受けず、液状化対策に有効であることを確認した。

参考文献 1) 佐々木、島田、小山、米倉：活性シリカと超微粒子シリカによる固結地盤の経年固結性の現場実証試験，土木学会第 61 回年次学術講演会，2006。 2) 山崎：繰返し三軸試験によるえ葉液改良体の液状化強度特性の検討，東京都市大学卒業論文，2011

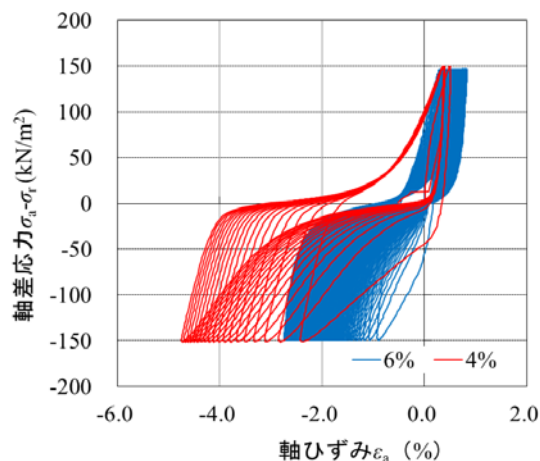


図-5 軸ひずみ～軸差応力関係

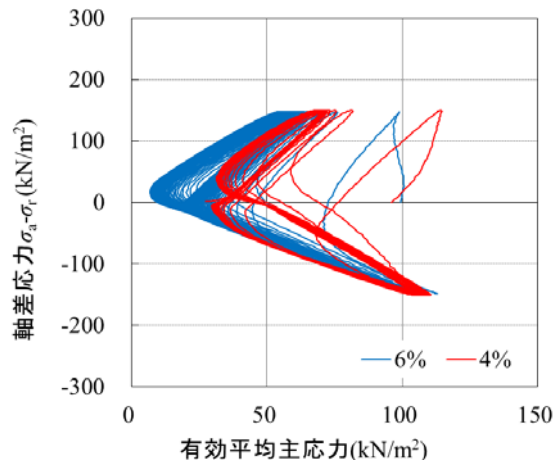


図-6 有効応力経路

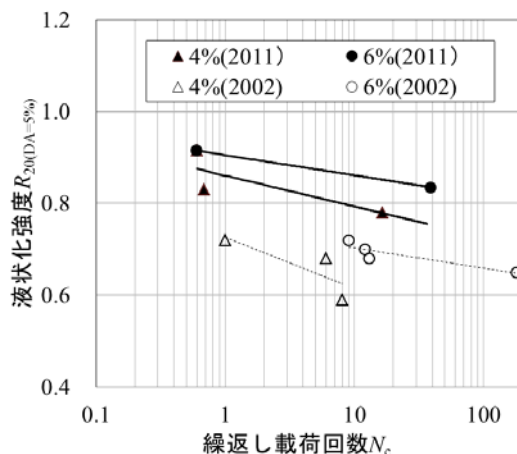


図-7 液状化強度曲線(DA=5%)