

活性シリカと超微粒子複合シリカによる固結地盤の経年固結性の現場実証試験

強化土エンジニアリング(株) 正 会 員 ○佐々木 隆光
フェロー会員 島田 俊介
正 会 員 小山 忠雄
東洋大学 フェロー会員 米倉 亮三

1. はじめに

恒久グラウトによる地盤改良は、地盤の強度あるいは止水性の永続性を意味することから、注入材そのものの安定性のみならず土粒子間に浸透可能な注入工法が重要となる。よって、筆者らは室内試験において様々な条件下で養生された活性シリカと超微粒子複合シリカによる改良体の長期耐久性実験を行い¹⁾恒久グラウトとしての物理・化学的安定性を確認する一方急速施工法を開発し、2001年に恒久グラウトと急速施工法を組合せた大規模野外注入試験²⁾³⁾を実施し、浸透固結性を確認するとともに数年毎にコアサンプリングを行い、経年固結性の確認を行ってきた。本報告は2007年までに行われた6年間の観察結果を報告するものである。

2. 試験概要

当該試験サイトは茨城県鹿島郡神栖町にあり、利根川左岸の鹿島砂丘地帯に位置している。図-1に事前調査から得られた調査結果と施工断面図を示す。地下水位はGL-4.0m付近にあり、透水係数 k は $2.79 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ であった。

表-1に施工概要を示す。注入材は恒久性のある懸濁型として超微粒子シリカグラウト(以下、HS)を、溶液型として活性シリカグラウト(以下、PR)を用いた。また、設計仕様は間隙率 n を40%、充填率 α を100%とし、1孔当りの注入改良域は直径 D が1.5m、高さ h が3.0mとした。

注入後、約一ヶ月の養生期間において掘削し、地盤改良体の出来形を観察²⁾³⁾した。その後、改良体を埋め戻し、注入から1,3,6年後にサンプリングを行った。

3. 一軸圧縮試験

写真-1(a)にHSを注入した地盤のコアサンプリング試料(経年6年)を示す。コアは注入孔中心より0.5m、注入対象区間のGL-3.0~6.0mから採取した。コアはレキ部をのぞいて長柱状を呈し良好である。

図-2にHSの経年強度変化を示す。一軸圧縮強度は1ヶ月から3年にかけて長期的に増加する傾向を示した。これは、注入材に含まれている超微粒子カルシウムシリケートと溶液型シリカが反応し、長期的に複合カルシウムシリケートの水和硬化物を形成

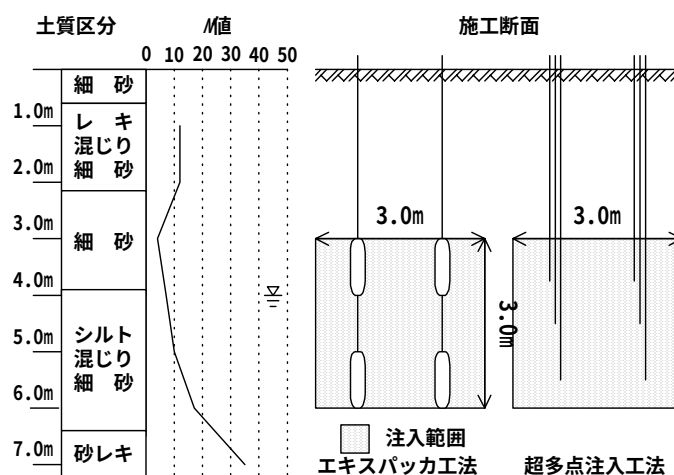


図-1 土質柱状図と施工断面

表-1 施工概要

注 入 材	SiO ₂ 濃度	注入工法
超微粒子複合シリカグラウト (HS: ハイブリッドシリカ)	-	エキスパッカ工法
活性シリカグラウト (PR: パーマロックASF-II)	6%	超多点注入工法
	4%	エキスパッカ工法



(a)ハイブリッドシリカ



(b)パーマロックASF-II (SiO₂=6%)

写真-1 サンプル試料(経年6年)

キーワード: 薬液注入 恒久性 現場試験 サンプリング

連絡先: 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 TEL 03-5803-1810 FAX 03-3815-3829

することによると考えられる。なお、経年6年の試料は降伏応力まで載荷することができなかった。よって、同図に変形係数を示す。これより、6年経過した後も十分な強度を維持していることが推測できる。

写真-1(b)に PR($\text{SiO}_2=6\%$)を注入した地盤のコアサンプリング試料(経年6年)を示す。コアは注入孔より0.5m、注入対象区間のGL-3.0～6.0mから採取した。コアは長柱状を呈しており、固結状況は良好といえる。

図-3に PR($\text{SiO}_2=6\%$)と PR($\text{SiO}_2=4\%$)の経年強度変化を示す。PR($\text{SiO}_2=6\%$)の一軸圧縮強度は1ヶ月から1年にかけて増加する傾向を示し、その後は一定の強度となる傾向を示した。また、PR($\text{SiO}_2=4\%$)では、一軸圧縮強度が1ヶ月から3年にかけて増加する傾向を示し、その後一定となる傾向を示した。現在、液状化対策工に使用する場合、目標強度を 100kN/m^2 ($\text{SiO}_2=6\%$)、 80kN/m^2 ($\text{SiO}_2=4\%$)としているが、6年後の一軸圧縮強度はそれぞれ2.0倍、1.5倍以上を維持していることが確認された。

4. 繰返し三軸試験

PR($\text{SiO}_2=6\%$)および PR($\text{SiO}_2=4\%$)により固結した経年3年の試料について繰返し三軸試験を実施した。なお、繰返し回数 N_c は両振幅ひずみ DA が5%に達した状態とした。

図-4に繰返し回数とせん断応力比の関係を示す。繰返し回数20回でのせん断応力比を液状化強度 $RI_{20,5\%}$ とすると、PR($\text{SiO}_2=6\%$)の $RI_{20,5\%}$ は0.68となり、PR($\text{SiO}_2=4\%$)では0.58となった。なお、現地GL-3.0m付近における未改良砂の液状化強度を算定すると $RI_{20,5\%}$ は0.22～0.30程度になる。これより、注入により液状化強度が大幅に改善されたと言える。

また、図-5に既往の研究⁴⁾より求められた一軸圧縮強度と液状化強度比の関係を示すとともに、本試験の結果を記載する。これを用い6年経過時の一軸圧縮強度より液状化強度比を予測すると、いずれの注入材も液状化に対し十分な抵抗力を有していると言える。

5. まとめ

超微粒子複合シリカグラウトおよび活性シリカグラウトにより改良された地盤のサンプリング調査をおこなった。その結果、経年6年強度は目標改良強度を十分にみたと結果となり、実地盤における固結効果の継続性が確認できた。また、活性シリカグラウトによる液状化強度の改善および、その効果の継続性が確認された。

なお、上記野外実験は恒久グラウト協会によって実施されたものであり、各会員より多大なる協力を頂いた事にここに感謝いたします。

参考文献

- 1) 恒久グラウト協会:恒久グラウト技術資料「活性シリカ;パーマロック」と「超微粒子複合シリカ;ハイブリッドシリカ」,
- 2) 米倉・三輪・島田・盛:活性シリカグラウトの野外注入試験, 土木学会第55回年次学術講演会III(b), pp576～577, 2001.9
- 3) 和田・島田・米倉・木嶋:活性シリカグラウトによる経年固結土の強度特性, 第38回地盤工学研究発表会, pp1017～1018, 2003.7
- 4) 風間・社本・天利・桂:特殊シリカ系薬液注入改良土の液状化強度特性, 第40回地盤工学研究発表会, pp763～764, 2005.7

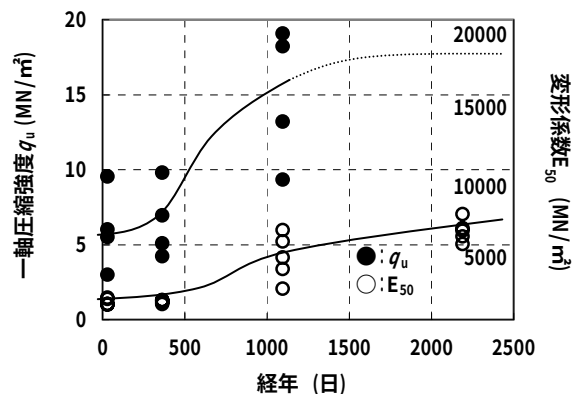


図-2 超微粒子複合シリカグラウトの経年固結性

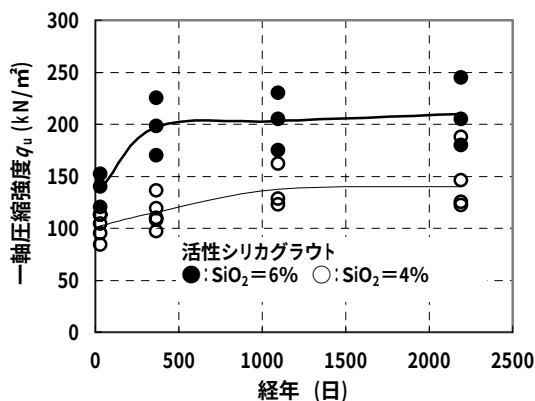


図-3 活性シリカグラウトの経年固結性

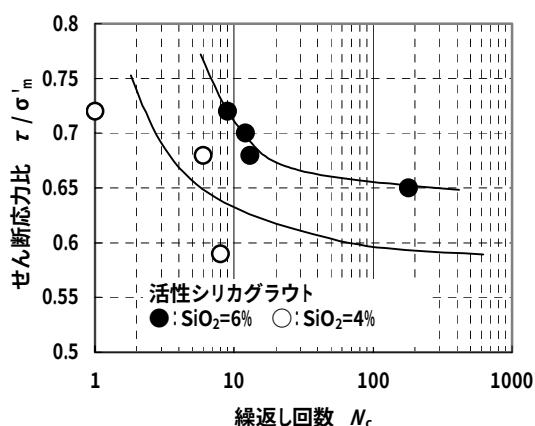


図-4 繰返し回数～せん断応力比関

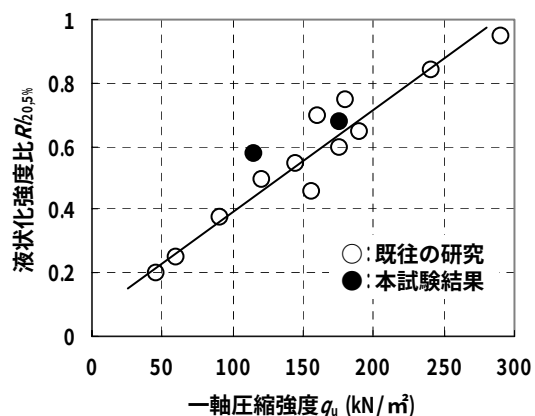


図-5 一軸圧縮強度～液状化強度関係