

溶液型特殊シリカで固結した土の液状化強度特性

ジャテック(株)	正会員	佐々木隆光
武蔵工業大学	正会員	末政直晃
強化土エンジニアリング(株)	フェロー会員	島田俊介
強化土エンジニアリング(株)	正会員	後藤博子、大場美紀
ジャテック(株)	正会員	小山忠雄、木嶋 正

1. はじめに

水ガラスグラウトの劣化要因であるアルカリを除去して製造したシリカ溶液による固結地盤が長期耐久性を示すことは本研究等によって実証され、既に報告されている^{1)~2)}。

今回、本研究等々はマスキング作用をもつ金属イオン封鎖剤を含有する脱アルカリシリカ溶液(特殊シリカ)が地盤中のアルカリ成分である Ca 分を被覆してアルカリを遮断する機能をもつことに着目し、液状化対策工の立場からこの特殊シリカによって固結した土の供試体の一軸圧縮試験や繰り返し三軸試験などの力学試験を実施し、その安定性についての検討を行ったので、以下に報告する。

2. 注入材の性質

実験には金属イオン封鎖剤を含む特殊シリカを用いた(表-1)。

液状化対策工事はコンクリート構造物周辺地盤改良であり、対象となる地盤は貝殻混じりで pH は 10 程度のアルカリ性を呈するが、金属イオン封鎖剤を含有する特殊シリカはマスキング作用により、コンクリートや土中のアルカリ成分である貝殻等の Ca 組成物の表面に不溶性被膜層(マスキングシリカ)を形成してアルカリの溶出を低減し、その影響を遮断する機能をもつ(表-2, 表-3)。この被膜層は 1 ヶ月後には形成され、10 年間以上継続していることが室内実験によって確認されている(写真-1)。

3. 供試体の作成方法と試験方法

供試体は、乾燥した豊浦砂に所定量の 3 種類の特殊シリカ(表-1)を混ぜたものを塩ビ製の円筒(35mm, H70mm)に挿入し、これを気中で固化させる方法により作成した。この供試体中の砂の相対密度は、約 60% である。数日後、供試体を円筒より脱型し、ラップで包んだ後、水中において養生した。ここでは、養生期間による諸特性の変化を調べることを目的として、供試体作成後 7, 28, 90, 180 日間養生した供試体に対して試験を実施した。実施した試験は、一軸圧縮試験および繰り返し三軸圧縮試験である。なお、三軸圧縮試験では载荷を行う前に、三軸室を利用した透水試験を実施した。

4. 実験結果

それぞれの薬液供試体について実施した一軸圧縮試験結果として、一軸圧縮強さを図-1 に、変形係数 E_{50} を図-2 に示す。いずれも養生期間に対してプロットしてある。これより、特殊シリカ-1, 2 の供試体では一軸圧

表-1 実験に使用した金属イオン封鎖剤を含む特殊シリカ

金属イオン封鎖剤を含む特殊シリカ	ゲルタイム(時間)
特殊シリカ-1	10 ~ 20
特殊シリカ-2	8 ~ 15
特殊シリカ-3	$1 \times 10^{-3} \sim 20$

表-2 マスキングシリカの効果

養生水の pH	
モルタル供試体	約 12 (8年間)
マスキングシリカが表面に生成したモルタル供試体	7 ~ 9 (8年間)
注入前の地盤の pH: 1.0 (貝殻等 Ca 含有量: 3%)	固結体の pH: 7.0 ~ 7.5

表-3 モルタル供試体の表面に生成した不溶性白色被膜(マスキングシリカ)に含まれる Ca、Mg とシリカの含有量(%) (1年8ヶ月後)

SiO ₂	39.4
Ca	2.77
Mg	3.91

写真-1 金属イオン封鎖剤を含む特殊シリカのサンドゲルに接触して形成されたモルタル供試体表面の不溶性被膜(マスキングシリカ)



(a) サンドゲルに 1 年 8 ヶ月接触したモルタル供試体



(b) サンドゲルに 10 年間接触したモルタル供試体

キーワード 薬液注入工法, 一軸圧縮試験, 繰り返し三軸試験, 透水試験, 養生期間

連絡先

〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学都市基盤工学科 TEL03-5707-2202

縮強度が養生期間28日までに最大値に達し、それ以降では一定か、いくらか低下する傾向を示している。一方、特殊シリカ-3では、一軸強度は90日まで徐々に増加し、それ以降一定値となっており、種類によって強度発現速度が異なることが分かるが、脱アルカリした特殊シリカ固結土の強度はいずれは一定値になることは既の実証されている^{1)~2)}。変形係数の時間変化は一軸圧縮強度のそれとほぼ同様の傾向を示している。また、特殊シリカ-2 供試体は、他の供試体に比べて、一軸圧縮強度や変形係数が大きくなっている。図-3 に、三軸セル内で実施した透水試験の結果を示す。いずれの薬液供試体においても、透水係数は養生 28 日まで低下し、それ以降では一定となった。また、透水係数は一軸圧縮強度が大きいものほど、小さくなっている。透水係数の時間変化の傾向や薬液の違いによる透水性の大小関係は、一軸圧縮試験の結果と極めてよく対応している。透水性は供試体の間隙にある薬液の縮合による密実化に関連するものであることから、この密実化が強度の発現に寄与していることが推察される。

図-4 に繰り返し三軸試験の結果として、液状化強度比と養生期間の関係を示す。ここで、液状化強度比は、両ひずみ振幅 5%を液状化と定義して、液状化強度曲線を求め、繰り返し回数が 20 回に相当するときの強度比とした。図より、液状化強度比はいずれの薬液供試体においても養生初期から高い値を示し、養生期間が増加するにつれて緩やかに増加する傾向にあることが分かる。また、本試験結果からは液状化強度比と一軸圧縮強度の関連は見られなかった。相対密度が 60%である豊浦砂の液状化強度比がおよそ 0.2 であることから、いずれの薬液供試体においても、薬液改良によって液状化強度比が大幅に改善されることが確かめられる。

5. まとめ

金属イオン封鎖剤を含有する特殊シリカによる改良土について実施した力学試験結果より、以下の結論が得られた。

- (1)液状化強度比が大幅に改善された。また、一軸圧縮強度や液状化強度比、透水係数は、固化完了から養生期間が6ヶ月までの範囲では、ほぼ一定値となることが確認された。
- (2)透水係数の小ささと一軸圧縮強さの大きさとはい良い対応関係にあることが分かった。

なお、液状化強度比と一軸圧縮強さの関係については今後の検討課題である。

【参考文献】

- 1) 島田・佐藤・多久;「最先端技術の薬液注入工法」、理工図書
- 2) 米倉・島田;「薬液注入における長期耐久性の研究」、土質工学会、土と基礎、Vol.40No.12Ser.No.419、p17-22

