

## 環境保全型シリカグラウトの研究 ーシリカコロイドの成長と粒径分布ー

強化土エンジニアリング(株) 正会員 ○後藤博子、大場美紀  
 強化土エンジニアリング(株) フェロー会員 島田俊介  
 ジャテック(株) 正会員 小山忠雄、木嶋 正  
 日本化学工業(株) 竹越重治  
 東洋大学名誉教授 フェロー会員 米倉亮三

### 1.はじめに

イオン交換法により水ガラスのアルカリを除去して得られた活性シリカを重合増粒して安定化したコロイド「活性シリカコロイド」を主材とする環境保全型グラウトの開発についてはすでに報告している<sup>1)~4)</sup>。

本研究はその環境保全性と地盤中におけるゲル化の挙動の基本となるシリカのコロイド化について実験を行い、基本的知見を得たので以下に報告する。

### 2.研究目的

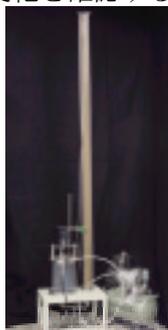
すでに報告したように、活性シリカはコロイド状にすることによって(1)弱酸性～弱アルカリ性の中性領域で浸透に十分なゲル化時間を得る。(2)この pH 領域でコロイド化して得られたゲルはシリカの溶脱が無視できるほど小さく、耐久性に優れている。(3)少量の添加剤でゲル化するので反応生成物がほとんどなく、水質に対する影響が極めて少ない。という特性を示すことから環境保全型シリカグラウトと云うことができる。従って、活性シリカのコロイドの成長を超微粒子粒度分析計で測定し、経時的な粒度分布の変化を確認すると共に浸透固結試験を行った。

表1 使用グラウト

case	初期平均 粒径(nm)	ゲル化 時間 (min)
1	16.6	150
2	16.6	1320
3	9.7	270

※シリカ濃度 4.5wt%

写真1



### 3.試験方法

2m長浸透試験装置

#### 3.1.粒度分布の測定

試験機器にはマイクロトラック UPA150 粒度分析計を用い、所定の測定時間となった時点で試料を水で希釈(16倍)して直ちに測定を行った。シリカ濃度が4.5wt

%の環境保全型シリカグラウトのゲル化時間が異なる3 ケース(表 1)において粒度分布の変化の測定を行った。

#### 3.2.浸透固結試験

内径 52mm、長さ 1m と 2m の 2 種類のモールドを用い、Dr=60%となるように豊浦標準砂を充填し、グラウトの注入に先だてて水を飽和させてからグラウトを 0.06MPa で定圧注入した。表 1 の case3 のグラウトについて試験を行った。写真 1 に浸透試験装置を示す。その後室温養生して得たモールドの端部を 5cm 除いて 10cm ごとに切断し、材令 28 日の一軸圧縮強度を測定した。

### 4.試験結果

#### 4.1.粒度分布の変化

粒度分布の測定結果を図 1~3 に、それらの平均粒径と粘度の経時的変化を図 4~6 に示す。ゲル化に至るまでに粒径分布は次第に粒径の大きい方へと移行し、ゲル化直前には様々な粒子径を持つような分布となる。初期粒径の同じ case1 と 2 を比較すると、ゲル化時間の早い case1 の方がゲル化直前での平均粒径が大きくなる。初期粒径の小さい case3 はゲル化に伴って増粒するが、case1、2 ほど大きくない。また、粒径と粘性には多少の相関関係があり、粘性はゲル化直前に上昇し、そのとき粒径も大きくなっていく。

#### 4.2.浸透固結試験(写真1)

注入状況を表 2 に示す。注入の完了はモールド上部からの排出液量が間隙量を上回り、排出液の pH が注入液の pH と同程度となった時点とした。浸透固結試験の浸透距離と一軸圧縮強度並びに充填率との関係を図 7、8 に示す。充填率とは混合法による固結体(Dr=

キーワード；薬液注入、恒久地盤改良、環境保全型シリカグラウト、粒径分布、液状化防止

連絡先；〒133-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 美工ビル 強化土エンジニアリング(株) TEL03-3815-1687

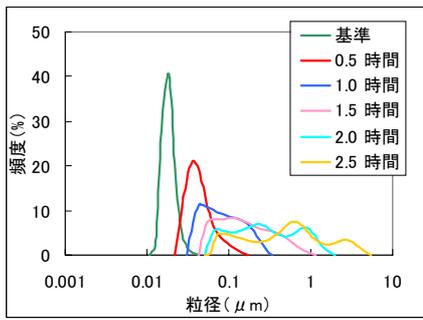


図1 case1 の粒径分布の経時変化

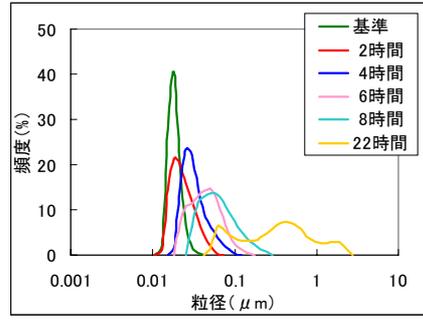


図2 case2 の粒径分布の経時変化

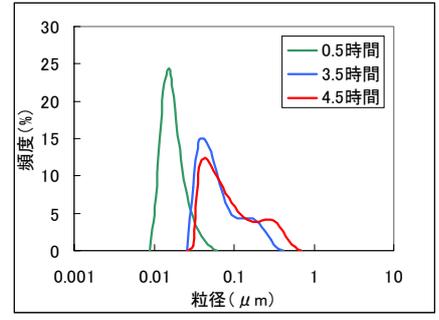


図3 case3 粒径分布の経時変化

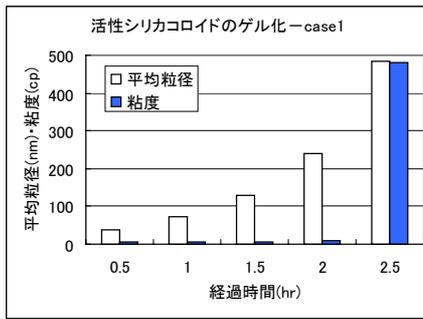


図4 case1 平均粒径と粘度の経時変化

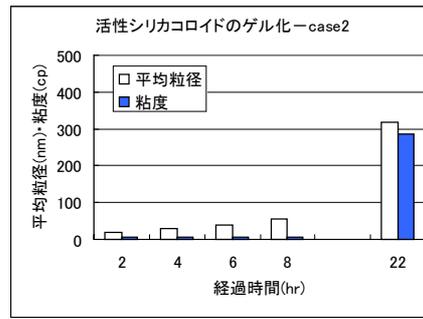


図5 case2 平均粒径と粘度の経時変化

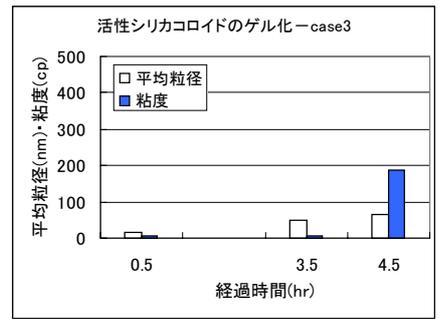


図6 case3 平均粒径と粘度の経時変化

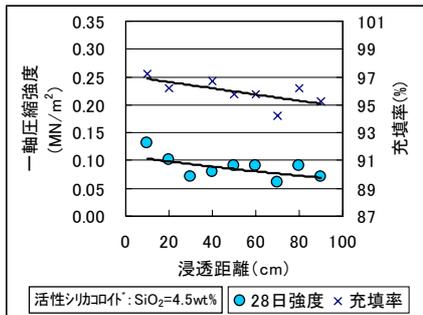


図7 浸透試験の強度分布(1m)

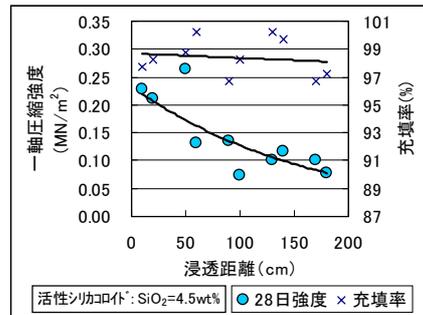


図8 浸透試験の強度分布(2m)

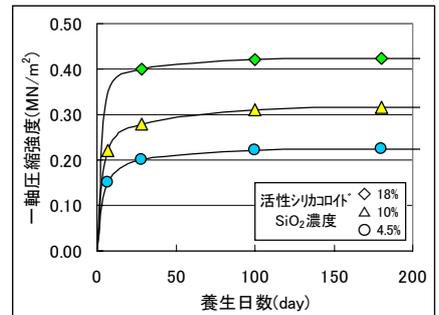


図9 固結標準砂の強度の経時変化

60%)の密度を100%としたときの浸透固結体密度の割合であり、浸透状況を把握するために用いた。また、混合法による固結体強度の結果を図9に示す。1m浸透試験では、 $0.13 \sim 0.06 \text{ MN/m}^2$ の強度が得られ、注入孔付近の強度が大きく、浸透距離が長くなるにつれて強度は下がる。充填率と強度はほぼ比例の関係にある。2m浸透試験では、 $0.26 \sim 0.07 \text{ MN/m}^2$ の強度が得られた。浸透距離が1m以降の強度分布は1m浸透試験に類似しているが、注入孔付近では強度が大きくなった。これは2m浸透させる場合の注入時間の方が長いので、シリカの重合が進みつつある注入液のシリカ分が砂の粒子間に圧縮されて、部分的にシリカ濃度が高くなったためと思われる。

5.まとめ

今回、活性シリカのゲル化に至るまでのコロイドの成長と粒径分布の変化の挙動が確認できた。コロイド化することによって耐久性のみならず、反応生成物が

少なく、地下水のpHも変化しない環境保全型シリカグラウトが可能であるが、今後はこれらの基本的知見の上に、環境が重要視される地盤改良工法の確立を進める予定である。

6.参考文献

- 1) 島田、佐藤、多久：最先端技術の薬液注入工法、理工図書
- 2) 島田、陳内、和田、後藤、米倉、木嶋：活性シリカコロイドを用いた環境保全型シリカグラウトの開発とその浸透固結性、土木学会第58回年次学術講演会、2003.9
- 3) 米倉、島田、木下：恒久グラウト注入工法、山海堂
- 4) 恒久グラウト協会：パーマロック・エコグラウトシリーズ技術資料

表2 注入状況

モールド長さ(m)	1	2
モールド体積( $\text{cm}^3$ )	2122.6	4245.3
相対密度(%)	60	60
間隙率(%)	43	43
間隙量(ml)	912.7	1825.5
上部排出液量(ml)	1180	2000
注入総時間(min)	36.5	110.3