

特殊シリカ系グラウトの目詰まり原因と浸透性向上方法

清水建設 正会員 ○杉山 博一

1. はじめに

特殊シリカ系グラウト¹⁾はナノサイズのコロイダルシリカ(以下、CSと記す)を主成分としたグラウト材料であり、浸透性が良く、耐久性が高いため、微小な岩盤亀裂や、土丹(洪積粘性土層)中の介在砂層のような細粒分の多い砂地盤の止水材料として期待されている。筆者らはこれまでに特殊シリカ系グラウト材料の適用性を確認するための検討を行ってきた^{2),3)}が、浸透性を評価する実験においてCSの粒径よりも十分大きな間隙内で目詰まりを起こす原因が未解明のままであった。そこで本報では、その原因と浸透性の改善方法について検討したので、その結果を報告する。

2. 既往の実験結果の概要

表-1はこれまでの検討で共通して使用してきた特殊シリカ系グラウトの配合であり、A液(シリカ濃度30%のCS)にB液(無機塩をイオン交換水に溶解したもの)を少量ずつ添加、攪拌して作成するものである。配合後約120分経過すると粘度が20mPa・s程度に達し、その時間をゲルタイムと設定している。

図-1は動的光散乱法による粒度分布測定器(測定レンジ0.6nm~6μm)により特殊シリカ系グラウトの粒度分布を測定した結果と、浸透実験^{2),3)}で用いた岩盤の亀裂開口幅、あるいは模擬砂層地盤の間隙孔径を比較したものである。特殊シリカ系グラウトの粒径は、120分後(ゲルタイム付近)のデータを除けば大部分は1μm以下である。しかし、岩盤亀裂を模擬した平行平板への浸透実験²⁾では、20μm程度の亀裂に浸透させるとゲルタイム以前に浸透が停止し、亀裂内部でゲル化した固形物が確認された。また、土丹の介在砂層を模擬した地盤への浸透実験³⁾でも、模擬地盤の間隙孔径は間隙体積の95%以上が1μm以上の間隙であったが、目詰まりにより浸透性が低下する現象が確認された。

3. 特殊シリカ系グラウトの目詰まり原因

10nmオーダーの特殊シリカ系グラウトが10μmオーダーの微小間隙で目詰まりする要因として、(a)CS製品の劣化による粒径増大、(b)硬化促進剤に不純物が混入している可能性、(c)グラウト配合時にできる部分的なゲル、が考えられた。そこで表-2に示すものを対象に、より大きな粒径が測定できるレーザー回折式の測定機により粒度分布の測定を行った。図-3に測定結果を示す。なお、要因(a)については、CS単体を浸透させた実験で目詰まりが生じなかった³⁾、あるいは図-4参照のため、図-1に示したとおりの粒度分布になっているものとして今回の測定の対象とはしなかった。

表-1 特殊シリカ系グラウトの配合

	A液	B液		合計	粘性 (mPa・s)
	CS (Hi-30)	硬化 促進材	イオン 交換水		
質量(g)	970.4	14.7	192.7	1177.8	2.0 20
体積(mL)	800.0	7.3	192.7	1000.0	

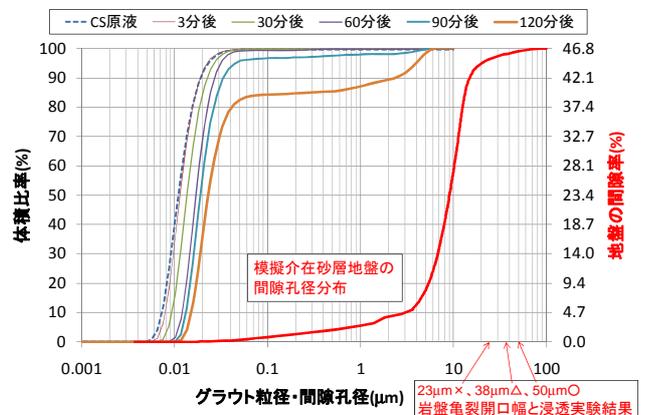


図-1 特殊シリカ系グラウトの粒度分布と亀裂開口幅²⁾、間隙孔径分布³⁾の比較

表-2 粒度分布の測定対象(○印)

粒度分布の測定方式	(a)A液	(b)B液	(c)グラウト	
	CS原液	B(無処理)	A液+B(無処理)	A液+B(ろ過処理)
動的光散乱法	図-1参照		図-1参照	
レーザー回折式				

キーワード：特殊シリカ系グラウト、浸透、目詰まり

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL:03-3820-6978

図-3 から分かりますとおり、まず B 液<B(無処理)>からは溶液に溶け込んでいない物質の存在が確認できた。その B 液を用いたグラウト<A+B(無処理)>にも 10 μ m 以上のゲルの存在が確認できた。B 液に含まれる物質の影響を除去するため、あらかじめ 0.46 μ m のフィルターでろ過処理したものでグラウトを作成<A+B(ろ過処理)>したところ、全体的に粒径が小さくなる方向にシフトしているものの、依然として 10 μ m 以上のゲルが存在している。このことから、配合時に部分的にできたゲルが目詰まりの原因であることが判明した。

なお、現在のところ、このようなワイドレンジの粒度分布を一度に計測する手段がないため正確な粒度分布は不明である。ただし、後述する 32 μ m のメッシュでろ過しても残留物はほとんどみあたらないことから、大部分は動的光散乱法で得られた粒径が占めていると思われる。

4. 浸透性向上方法とその効果の確認

配合時にわずかに生じるゲルを注入前に取り除いておけば、微小間隙への浸透性がさらに向上する可能性がある。そこで、目開き 32 μ m のメッシュでろ過処理を行ったグラウトを浸透させる実験を行った。なお、グラウトをろ過処理しても粘度の上昇過程はこれまでの配合のものとは変わらず (図-4 参照)、また、数時間後にはゲル化することも確認している。浸透実験装置の概要を図-3、浸透実験の条件を表-3 に示す。実験方法等の詳細については文献 3)を参照されたい。

図-4 に浸透実験の結果を示す。地盤条件 (密度、透水係数) が異なるため一概に比較、評価しにくいですが、少なくとも開始から 30 分間の浸透性が改善されていると思われる。今後、さらに細かいメッシュを用いることによって、さらなる浸透性の向上が期待できるものと思われる。

5. まとめ

特殊シリカ系グラウトが微小な間隙内で目詰まりする現象を解明するため、粒度分布の再測定を行った。その結果、配合時にわずかにゲル化し、それらが目詰まりを生じさせている可能性が高いこと確認した。また、注入前にそれらのゲルだけを取り除いておけば、グラウトの浸透性がさらに改善されることを確認した。

参考文献：1)たとえば、米倉亮三他『恒久グラウト・本設注入工法 -薬液注入の耐久性と耐震補強の設計施工-』、山海堂、2007年、2)川口昌尚ら：地層処分におけるグラウト技術の高度化開発 (その2) グラウト材料の浸透特性に関する室内試験、土木学会第66回年次学術講演会、CS3-034、2011年、3)杉山博一ら：特殊シリカ系グラウトの低透水性地盤への浸透改良効果に関する検討、第47回地盤工学研究発表会、2012年 (投稿中)

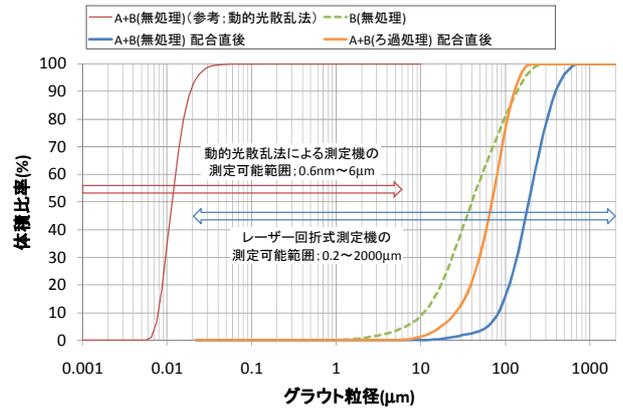


図-2 レーザー回折式測定機による粒度分布の測定結果

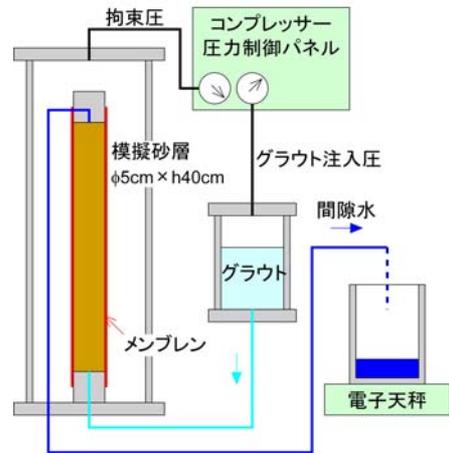


図-3 浸透実験装置の概要図

表-3 模擬砂層の条件とグラウト注入条件

試験名	地盤条件			グラウト条件	
	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙率 n (%)	透水係数 k (m/s)	グラウト種類	注入圧 p (kPa)
G300-1	1.553	41.2	1.3×10^{-6}	通常配合	300
G300-3	1.613	38.9	7.9×10^{-7}		
R300	1.561	40.9	1.2×10^{-6}	CSのみ	
S300	1.554	41.2	6.1×10^{-7}	ろ過処理	

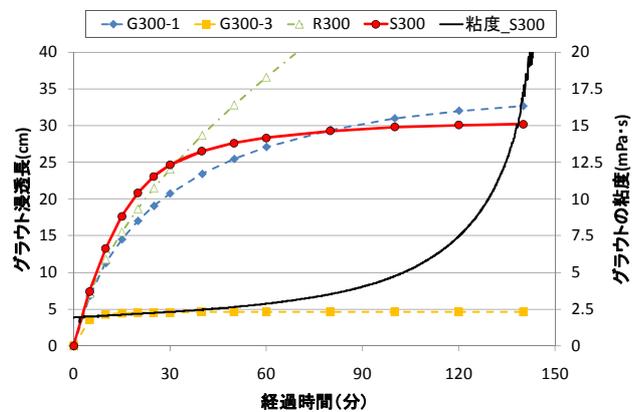


図-4 グラウト浸透実験の結果