

岩盤注入を対象とした活性シリカコロイドに関する基礎的実験

強化土エンジニアリング㈱

正会員 ○市川 智史 小山 忠雄

フェロー会員

島田 俊介

正会員 寺島 麗 佐々木隆光

東洋大学

正会員 加賀 宗彦

1. はじめに

従来岩盤注入はセメント系注入材が用いられてきた。しかし近年の技術革新に伴う岩盤注入の適用分野の拡大が要望されるにつれ、超微粒子セメントでも困難な亀裂の止水が課題となっている。液状化対策等に恒久グラウトとして使用されている活性シリカコロイド¹⁾は、浸透性、恒久性に優れ、ホモゲルの収縮がほとんどなく、超微粒子セメントとの相性が良く²⁾、シリカコロイド(5~20nm)は超微粒子セメント(5~10 μ m)より浸透性が良いという特性がある³⁾。特に高濃度活性シリカコロイド⁴⁾で固結させたサンドゲルが、動水勾配の高い浸透水圧下において長期耐久性に優れていることは本研究等によりすでに報告した⁵⁾。これらの特性は、ホモゲルとして充填される岩盤亀裂の止水用として適用性が高いと考えられるので、岩盤注入を対象とした高濃度活性シリカコロイド(シリカ濃度29%及び42%)のホモゲルに関する基礎的実験を行った。

2. ホモゲルの物性評価

2-1 注入液の粘性に関して

注入液の浸透性を評価するために、動粘度計を使用して注入液の粘度変化とゲル化時間を測定した。

図-1に結果を示す。時間の経過に対して滑らかに粘度が増加し、120分を超えると注入液の粘度が急増してゲル化に至ることが分かる。

2-2 ゲルの体積変化に関して

岩盤亀裂注入の場合、ホモゲルの収縮が生じないことが必要である。このため、養生に伴うホモゲルの体積変化を計測した。容積200mlのメスフラスコに100mlの薬液を入れゲル化させた後、200mlの標線まで蒸留水を満たした状態で保管し、蒸留水の体積からホモゲルの体積を計算した。

図-2に示す結果より、体積変化率はほとんどなくホモゲルが安定していることを確認した。

2-3 シリカの溶脱

体積変化において蒸留水をメスフラスコから取り出した際に、蒸留水のシリカ濃度をモリブデン青吸光光度法より計測した。

図-3に結果を示す。シリカ濃度はゼロ付近の値を示し、シリカ溶脱がほとんどないことを確認した。

3. 強度特性

岩盤亀裂注入において高浸透水圧下における耐久性にはホモゲルの強度特性のデータが必要であり、ホモゲルの一軸圧縮試験を行った。またサンドゲルの一軸圧縮試験も併せて検討した。

活性シリカコロイド系注入材は長期間強度が増加することが促進試験により明らかになっているが^{1)・6)}、ホモゲルで養生温度を高くする促進実験は困難であったので、サンドゲルでの促進試験結果からゲルの強度を算出した。

3-1 一軸圧縮試験

直径50mm、高さ100mmの供試体を作製し、常温(20℃)と促進(55℃)で養生した。サンドゲルは豊浦砂(Dr=60%)を使用した。

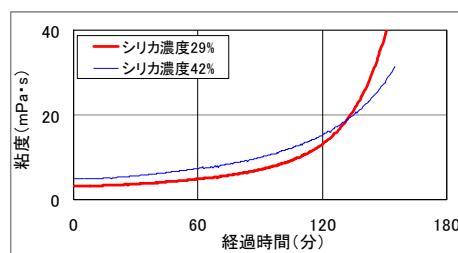


図-1 粘性の経時変化

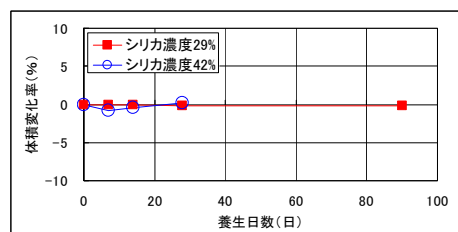


図-2 ホモゲル体積変化率

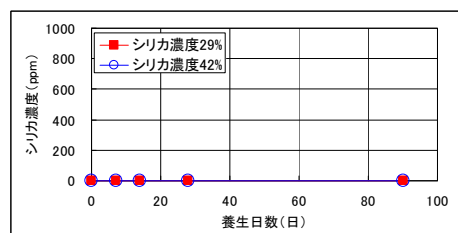


図-3 シリカ溶脱に関して

キーワード：薬液注入、地盤改良、岩盤注入、活性シリカコロイド、恒久グラウト

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株式会社 TEL03-3815-1687 FAX03-3818-0670

図 - 4 に一軸試験結果を示す。養生期間が経過するにつれ強度が上昇したこと、シリカ濃度 29% のサンドゲルにおいて 20℃ での 90 日強度と、55℃ での 3 日強度がほぼ同値となり、既往の促進実験結果¹⁾、⁶⁾、と同じ傾向があることから促進倍率 30 としてプロットした。

図 - 5 にサンドゲルとホモゲルの一軸強度の関係を示す。また米倉⁷⁾は、砂の表面積、相対密度とホモゲル強度からサンドゲル強度を予測しており、その関係を併せて示した。実験値と米倉の予測式が良い近似を示したことから、サンドゲルの促進実験結果を予測式に代入すると、シリカ濃度 29% では 100 kN/m²、42% では 200 kN/m² のホモゲル強度があることが推測できる。

3-2 粘着力の算出

岩盤亀裂に充填されたゲルに水圧が及ぼす影響要因として、ゲルの粘着力が想定されるため、一軸圧縮強度から粘着力を算出した。このとき、内部摩擦角はホモゲルで 0°、サンドゲルで 30° とした。

粘着力の値を図 - 6 に示す。促進実験結果は促進倍率 30 としてプロットした。シリカ濃度 29% で 180 kN/m²、42% で 280 kN/m² と高い粘着力を発揮し、岩盤亀裂に対して高い付着強度が期待できる。

4. 微粒子セメントとの相性

岩盤注入の場合、微粒子セメントの注入と活性シリカコロイドの注入を併用して高度の止水性を満たす複合注入工法が考えられる。その際、活性シリカコロイドと微粒子セメントの相性の確認が必要となる。

微粒子セメントを 200ml 入れて硬化させ一週間養生した後に活性シリカコロイドを上部に 200ml 注ぎ硬化させ、相互影響を確認した。

2003 年 8 月に配合したものが現在 4 年半経過しているが、溶解変状等の状態がないことを確認した。(写真 - 1)。

5. まとめ

本実験により得た知見を以下に示す。

- ・ゲル化した活性シリカコロイド注入材は、経時的にゲルの収縮やシリカの溶脱がなく、微粒子セメントとの相性が良く、長期的な安定性が見込めることを改めて確認した。
- ・ホモゲル強度とサンドゲル強度には相関性があり、サンドゲル強度からホモゲル強度の予測が可能であることを確認した。
- ・サンドゲルにおいて高い粘着力を発揮し、岩盤亀裂に対して高い付着強度を発揮することが期待できる。

これより、高濃度活性シリカコロイドは超微粒子セメントでも止水が困難な岩盤亀裂注入に適用できる特性を持つことが予想されるので、今後、岩盤亀裂を想定した注入試験を行い、詳細なデータを得る予定である。

参考文献

- 1) 米倉亮三, 島田俊介: 薬液注入における長期耐久性の研究, 土と基礎, 1992.12
- 2) 大場, 後藤, 島田, 木嶋, 米倉: 複合注入工法における懸濁・溶液グラウトの相性の研究, 地盤工学研究発表会, 2004.07
- 3) 米倉亮三, 島田俊介, 大野康年: 恒久グラウト・本設注入工法, 山海堂, 2007.08
- 4) 恒久グラウト・本設注入協会: パーマロック Hi 技術資料
- 5) 加賀, 大坪, 島田, 小山, 木嶋: 高浸透水圧が作用する活性シリカコロイド系薬液注入固結砂の強度と耐久性, 土木学会年次学術講演会, 2004.09
- 6) 加賀宗彦: 水ガラス系注入材の安定性と注入固結砂の長期強度の予測, 土木学会論文集III-51, pp195-205, 2000.06
- 7) 米倉亮三, 島田俊介, 木下吉友: 恒久グラウト注入工法, 山海堂, pp53-56, 2000.08

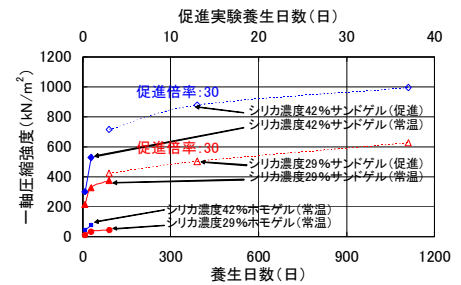


図 - 4 ホモゲル一軸試験結果

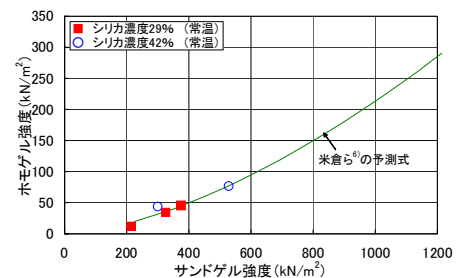


図 - 5

ホモゲルとサンドゲルの強度の関係

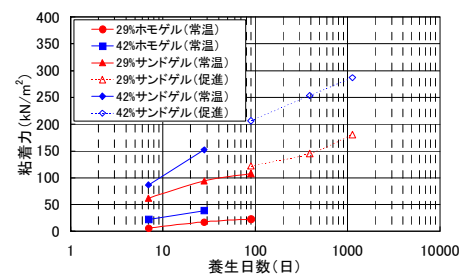


図 - 6 ゲルの粘着力

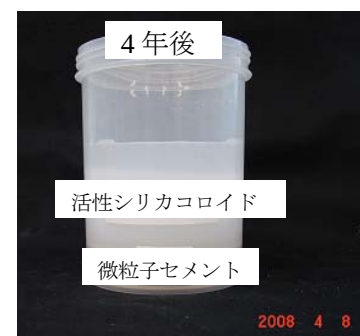


写真 - 1

微粒子セメントと活性シリカコロイド
のゲルとの相性