

海水条件下での溶液型グラウト特性データの取得（その4）
ー海水対応グラウトの基本特性ー

清水建設(株) 正会員○中島 均 正会員 齋藤 亮
正会員 辻 正邦 正会員 沖原光信
日本原子力研究開発機構 正会員 佐藤稔紀
日本原子力研究開発機構（現：熊本県庁） 正会員 榎永幸介

1. はじめに

活性シリカコロイドの溶液型グラウトは浸透性や耐久性に優れており、放射性廃棄物の地層処分において坑道や処分孔の掘削時の湧水抑制対策技術への適用が期待されている。近年は、処分場が沿岸域に計画される可能性も検討されているため、海水条件下での使用を想定した溶液型グラウトの適用性の確認や特性データの整備を進めている^{1), 2), 3)}。

2. 海水対応グラウト

活性シリカコロイド原液（Hi シリカ：強化土エンジニアリング製）に硬化促進剤（無機塩の粉末）の溶液（B 液）を添加することで、溶液型グラウトは一定時間経過後にゲル化する。このグラウトを海水環境で用いると瞬時にゲル化が生じ（白濁現象）、微小亀裂への浸透性が極端に悪くなる可能性があるため、グラウトの pH を調整して白濁現象を避けることが行われる。図-1 は、このような従来型のグラウトおよび海水対応の2種類のグラウト（海水適応グラウト、海水硬化促進グラウト）の配合の考え方を示している。海水適応グラウトでは、シリカ原液に pH 調整剤（無機酸の液体）を加え A 液を作成し、硬化促進剤の B 液を添加する。B 液を海水で練混ぜれば、練混ぜ水には無機塩が多く含まれているため硬化促進剤の機能を果たすと考えたものが、硬化促進剤を用いない海水硬化促進グラウトである。

3. 海水対応グラウトの配合設計

従来型のグラウトは水道水などの淡水で硬化促進材を溶かし B 液を作製する。海水環境下では、海水を練混ぜ水に用いることを考えた。本研究では、海水を練混ぜ水に用いた場合のグラウトの特性データを人工海水で取得し、淡水で練り混ぜた場合（精製水で模擬）と比較する。

白濁現象を生じず、60～120 分と設定した適切なゲルタイム（グラウトがゲル化するまでの時間）の海水適応グラウトについては、表-1 に示すように設計可能であることが得られている³⁾。

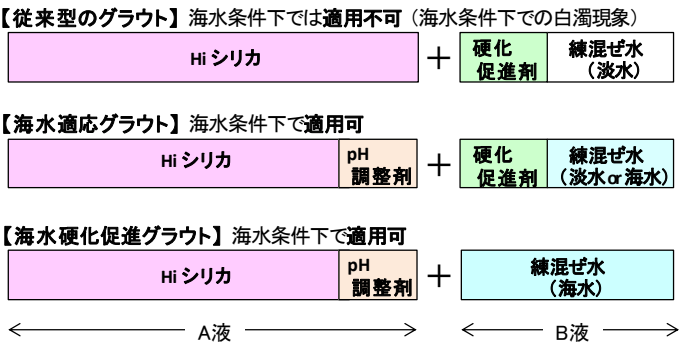


図-1 3種類の溶液型グラウトの配合の考え方

表-1 海水適応グラウトの基本配合

配合名	練混ぜ水	ゲルタイム (分)	Hiシリカ (ml/L)	pH	pH調整剤 (ml/L)	硬化促進剤 (g/L)
D-60	精製水	60	800	6.49	4.0	15.0
D-120		120		6.46		11.0
M-60	50%人工海水	60		6.43		13.0
M-120		120		6.48		8.5
S-60	人工海水	60		6.44		11.0
S-120		120		6.46		6.5

表-2 海水硬化促進グラウトの基本配合

配合名	練混ぜ水	ゲルタイム (分)	Hiシリカ (ml/L)	pH	pH調整剤 (ml/L)	硬化促進剤 (g/L)
Si-45	人工海水	80	450	7.75	0.5	0.0
Si-60		72	600	8.13		

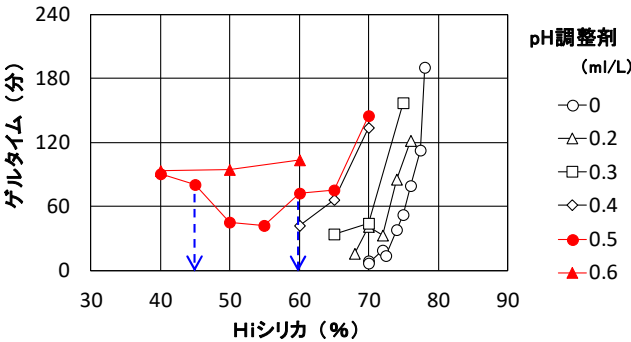


図-2 海水硬化促進グラウトのゲルタイム

キーワード 地層処分、海水条件、岩盤グラウチング、活性シリカコロイド、溶液型グラウト、基本物性

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：03-3820-8431

海水硬化促進グラウトについては、Hi シリカを標準的な量 800ml/L (Hi シリカ 80%) よりも少なくすることで、60～120 分のゲルタイムが実現できることがわかった。図-2 は Hi シリカの使用量と pH 調整剤の量を変えた場合のゲルタイムを示している。また、別途行った白濁試験で pH 調整剤が 0.4ml/L より少ないときには白濁することが得られている。これらの結果より、表 2 のように海水硬化促進グラウトの基本配合を設定した。

4. 海水対応グラウトの力学強度

基本配合のホモゲル（直径 50mm、高さ 100mm）に対して、ゲル化後に 20℃水中養生し、一軸圧縮強度の変化を取得した。図-3 に海水適応グラウトの結果を示す。時間とともに一軸圧縮強度が増加する傾向は、練混ぜ水に人工海水を用いた場合と精製水を用いた場合でほぼ同等であり、人工海水で練り混ぜることによる問題は生じないものと考ええる。図-4 では海水硬化促進グラウトの結果を海水適応グラウト（S-60）と比較した。海水硬化促進グラウトでは 60 分程度の適切なゲルタイムを得るために Hi シリカの量を低減させているためシリカ量に応じて強度が低下することがわかった。

5. 海水対応グラウトの施工性に関する特性

基本配合のグラウトに対して、ゲル化前の粒径分布の時間変化を確認した。図-5 は動的光散乱法で取得した海水硬化促進グラウトの粒度分布の変化である。ゲルタイムの 1/2 程度の時間までは粒径は 10～50nm の範囲にあり、海水適応グラウトの基本配合についても同様であることから、海水対応グラウトが従来型グラウトと同等の性能であることがわかった。

また、粘性の時間変化を回転型レオメーターで測定した。図-6 に示すように、海水適応グラウト（S-60）はゲルタイムの 2/3 程度から急激に粘性が増加するが、海水硬化促進グラウトは 1/2 程度の時間から緩やかに粘性が増加する。このような違いはあるものの、どちらもゲルタイムの 1/2 程度までに非常に小さい粘性を示しており、従来型グラウトとの違いは見られなかった。

6. おわりに

2 種類の海水対応グラウトの基本配合を設定したうえで、力学特性や施工性に係る特性を取得し、従来型グラウトと遜色のない特性を有していることを確認した。なお、ホモゲルの長期劣化の指標となるシリカ等の溶出についても継続的にデータを取得しており、次の機会に報告する予定である。本試験は、資源エネルギー庁の委託事業（平成 29 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る技術開発事業：沿岸部処分システム高度化開発）の一環として実施した。また、本研究の実施に際しては強化土エンジニアリング（株）の方々から貴重な助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1) 杣永幸介, 他: 海水条件下での溶液型グラウト特性データの取得 (その 1) - 研究の概要 -, 土木学会第 72 回年次学術講演会, pp273-274, 2017. 2) 辻正邦, 他: 海水条件下での溶液型グラウト特性データの取得 (その 2) - 海外の地層処分のためのグラウト技術に関する最新動向 -, 土木学会第 72 回年次学術講演会, pp275-276, 2017. 3) 中島均, 他: 海水条件下での溶液型グラウト特性データの取得 (その 3) - 基本物性試験 -, 土木学会第 72 回年次学術講演会, pp277-278, 2017.

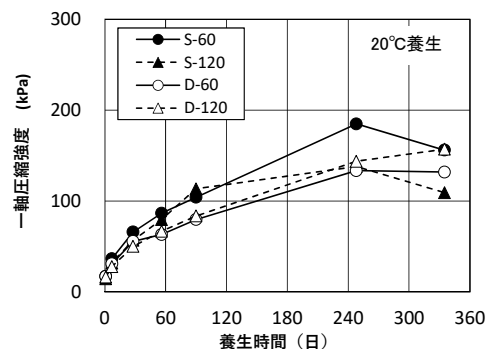


図-3 海水適応グラウトの一軸圧縮強度

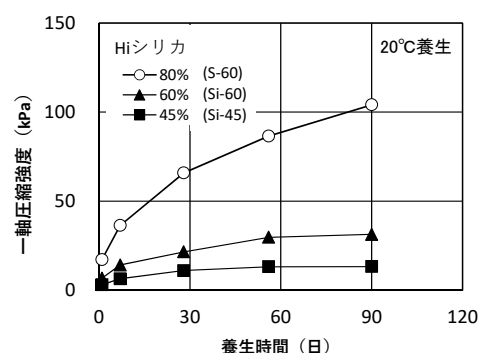


図-4 海水硬化促進グラウトの一軸圧縮強度

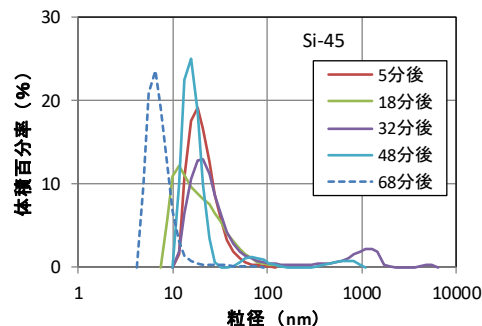


図-5 粒径分布の経時変化

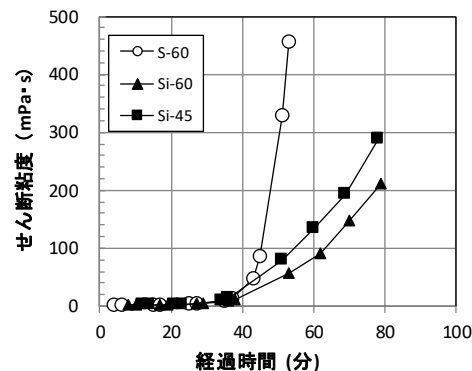


図-6 ゲル化までの粘性変化