

地層処分におけるグラウト技術の高度化開発(その6) - 超微粒子球状シリカグラウト材料に関する基礎物性試験 -

戸田建設株式会社 正会員 関口高志 正会員 関根一郎 正会員 富澤奈緒美
電気化学工業株式会社 正会員 平野健吉 非会員 石田秀朗
日本原子力研究開発機構 正会員 藤田朝雄 正会員 山田勉

1. はじめに

わが国の地質環境を考慮すると、高レベル放射性廃棄物の地層処分施設における坑道掘削時の湧水抑制対策としてグラウト技術は必要不可欠なものである。既存のグラウト材料であるセメント系材料は高アルカリ成分の浸出により、地層処分システムの長期的なバリア性能に影響を及ぼす可能性が指摘されていることから、ポゾラン材を用いた低アルカリ性セメントの利用が考えられている¹⁾。一方、環境によっては既存のセメント材料では対応できない微細な亀裂まで止水することが求められる¹⁾。本研究では、既存の超微粒子セメントでは充填できない微細な亀裂(数 μm ~数十 μm)に対するの代替材料として、ポゾラン材である超微粒子球状シリカ(Super Fine silica Powder, 以下SFPという)を用いたグラウト材料を提案し、その適用性に係る基礎物性試験を行った。



写真-1 超微粒子球状シリカの電子顕微鏡写真

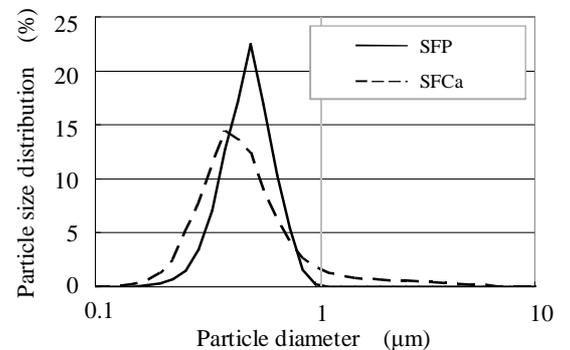


図-1 粒度分布測定結果

2. 使用材料と配合

SFP(写真-1)を主材料とする本グラウト材(以下SFPグラウトという)は、ほかに硬化材としての超微粒子水酸化カルシウム(Super Fine Calcium hydroxide, 以下SFCaという)、練混ぜ水、分散剤で構成される。SFPとSFCaの粒度はそれぞれ概ね1 μm 以下である(図-1)。ここでSFPの主成分である SiO_2 とSFCaの主成分である Ca(OH)_2 がポゾラン反応により不溶性化合物であるC-S-Hを生成する。このC-S-HのCa/Siモル比や未反応のSFCaの有無がpHに影響を与えたと考えた。

基礎物性試験に用いたSFPグラウトの配合を表-1に示す。S0はA剤のみ(SFP単体)で、M5~M30では水粉体比と分散剤の添加量を一定とし、SFCaの添加量を5~30%と変化させた。

表-1 SFPグラウトの配合

No	A剤 (g)		B剤 (g)			水粉体比 W/P(%)
	SFP	イオン交換水	SFCa	分散剤 マイティ150	イオン交換水	
S0	100	120	0	0	0	120
M5	95	95	5	1.5	25	120
M10	90	90	10	1.5	30	120
M15	85	85	15	1.5	35	120
M20	80	80	20	1.5	40	120
M30	70	70	30	1.5	50	120

分散剤の添加量は、分散剤に含まれる固形分の質量を示す。

表-2 材料特性の例と試験方法

重要度	Posiva社のクライテリア ²⁾		本試験	
	特性	要求値	目標値	試験方法(試験時期)
要求性能	pH	11.0	同左	溶解法
	流動性	45sec	同左	漏斗流下試験(30分後) API規格ファンネル粘度計を使用
望ましい性能	ブリーディング	2%	同左	ポリエチレン袋法(2時間後) JSCE-F532に準拠
	圧縮強度	4MPa	同左	一軸圧縮強度試験(材齢28日) JSCE-G505に準拠

手順: 硬化後の試料を50の温水中で14日間養生→硬化体を50で乾燥→粉碎→1mmふるい上の粉砕物を20のイオン交換水中に液固比5:1となるよう投入→容器を密閉し大気と遮断→72時間の振とう攪拌→ガラス電極pHメーターで測定

3. 材料特性と試験方法

SFPグラウトの材料特性の目標としてフィンランドのPosiva社が地下研究施設向けに設定している諸特性の目標値²⁾(表-2)を採用した。なおPosiva社による目標値は、表-2以外に密度、浸透性、粘性、せん断強度、ワーカビリティ、降伏値に対して示されている²⁾。各試料の練混ぜは20の恒温室で行い、フレッシュ性状で漏斗流下試験とブリ

キーワード 地層処分, グラウト, ポゾラン, 微細な亀裂, 超微粒子球状シリカ, 低アルカリ性セメント

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設株式会社 TEL03-3535-1489

ーディング試験, 硬化後に圧縮強度試験と pH 測定を行った。なお S0 の配合では SFCa を添加しておらず, ポズラン反応による硬化が起きないが, S0 の目的は SFP 単体での特性を確認するものである。また M30 では漏斗流下試験と圧縮強度試験の 2 試験のみ行った。

3. 試験結果

(1) 漏斗流下試験

SFP グラウトの漏斗流下試験結果を図-2 に示す。図から, SFCa の添加量の増加とともに 30 分後の流下時間が長くなり, 流動性が低下する傾向にある。目標値(練混ぜ 30 分後で流下時間 45 秒以下)に対して, S0, M5, M10 が満足する結果となった。また M15 と M20 も約 51 秒と目標値に対する超過はわずかであり, 試験では一定値とした水粉体比や分散剤の添加量を調整することで, 求められる流動性が得られる可能性がある。

(2) ブリーディング試験

すべての配合で 2 時間後のブリーディング率は 0%、24 時間後でも 0 ~ 1.22% となり, 目標値(2 時間後に 2% 以下)を満足する結果となった。

(3) 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図-3 に示す。SFCa の添加量に応じて圧縮強度は増加する傾向となった。M10 ~ M20 は, 材齢 28 日で目標値の 4MPa に満たなかったものの, 材齢 7 日では 1.1MPa 以上, 材齢 14 日では 2.4MPa 以上の強度を示している。今後は水粉体比や分散剤添加量を調整することで, 表-2 に示す必要な強度を確保できる可能性がある。

(4) pH 測定

pH 測定結果を表-3 に示す。M5 ~ M20 で pH が 10.2 と一定の値となり, pH 11.0 を満足する結果となった。pH が低下する原因は, シリカの量に対して相対的に(水酸化)カルシウム量が少なく, SFCa 中の水酸化カルシウムがシリカとのポズラン反応によって消費されたためと考えられる。また, pH = 10.2 という一定値は, ポズラン反応で生じた水和生成物である C-S-H ゲルの化学的な性質が M5 以上のどの配合でも同等で, その C-S-H ゲルが pH を決定付ける要因であったためと考えられる。

4. まとめ

本研究では, SFP グラウトの基礎物性試験を行った結果, ブリーディング率が低く材料分離抵抗性に優れ, 含まれる SFCa が 5 ~ 20% の範囲では低アルカリ性を有することが確認できた。また流動性と圧縮強度特性については, SFCa の添加量の変化に対する特性の変化がトレードオフの関係となるが, 少なくとも SFCa が 5 ~ 15% の添加量の範囲では, さらに検討を加えることによりグラウト材料としての適用性を有することがわかった。

今後は地下深部の処分施設で想定される環境条件を考慮したうえで配合の最適化を進めるとともに, 対象となる微細亀裂への浸透性能を確認することによって SFP グラウトとしての適用性を確認していく予定である。

なお本研究は, 経済産業省資源エネルギー庁の「平成 20 年度地層処分技術調査等委託費(高レベル放射性廃棄物処分関連: 地下坑道施工技術高度化開発)」の一部として実施したものである。

参考文献: 1) 藤田朝雄, 山田勉, 油井三和, 内藤守正: 高レベル放射性廃棄物地層処分にに向けた湧水抑制対策技術の高度化開発, 土木学会第 63 回年次学術講演会 (2008).

2) Raivio, P. and Hansen, J.: Technical Performance of Cementitious Grouting Materials for ONKALO, POSIVA WR 2007-76 (2007).

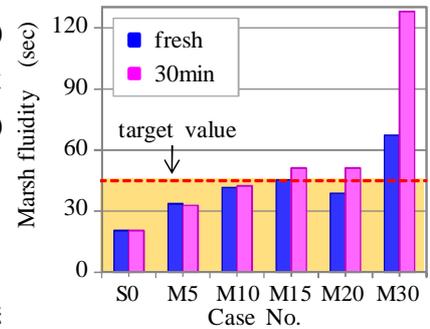


図-2 漏斗流下試験結果

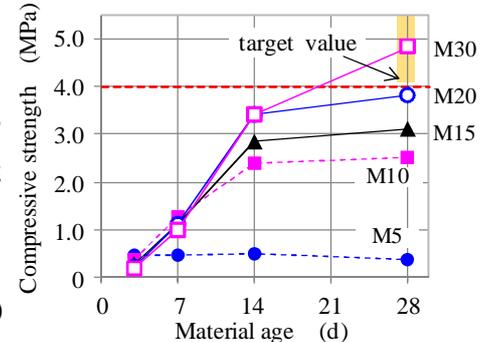


図-3 圧縮強度試験結果

表-3 pH 測定結果

No.	pH
S0	5.7
M5	10.2
M10	10.2
M15	10.2
M20	10.2