

地層処分におけるグラウト技術の高度化開発（その2） ーグラウト材料の浸透特性に関する室内試験ー

(独) 日本原子力研究開発機構 正会員 ○川口 昌尚, 岸 裕和
清水建設(株) 正会員 延藤 遵, 杉山 博一

1. はじめに

地層処分施設では、地下深部の高水圧環境下での緩衝材の定置作業性を確保するために湧水量が厳しく制限されることが想定される。このため、原子力機構では平成19年度より、微細な亀裂に対しても注入可能で高い改良目標値に対応でき、かつ長期的な岩盤変質への影響を最小限に抑える低アルカリ性 (pH ≤ 11) のグラウト材料として、低アルカリ性セメント系グラウト材料、溶液型グラウト材料、超微粒子球状シリカ系グラウト材料 (以下、それぞれを低アルカリ性セメント、溶液型、超微粒子球状シリカという) の3種類の材料を開発してきた。本稿では、平行平板浸透試験により得られた各材料の浸透特性とその要因分析結果について報告する。

2. 試験の概要

(1) 平行平板浸透試験装置

試験装置の写真および全体模式図を写真-1 および図-1 に示す。スリット寸法は幅30mm、延長1000mmで、開口幅はスペンサーを交換することにより12~342μmの範囲で設定可能とした。注入圧力は0.1、0.5MPaの2段階で実施した。

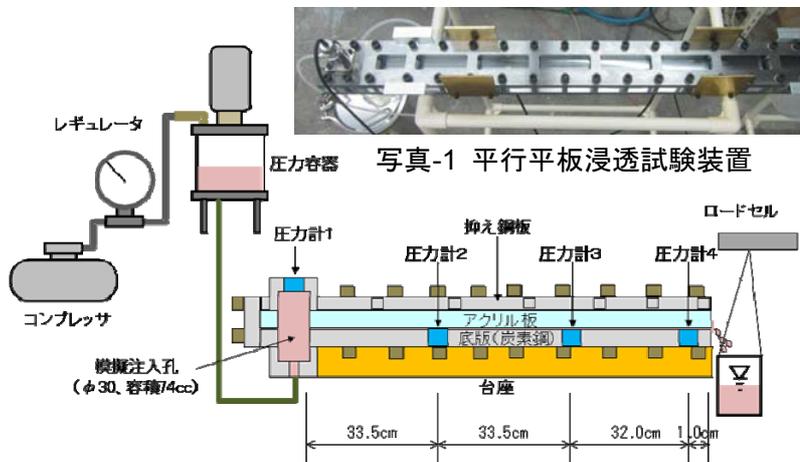


図-1 試験装置全体模式図

(2) 使用材料と物理特性

試験に使用した材料の代表的な配合と混合30分後における物理試験の結果を表-1に示す。実際の試験においては、低アルカリ性セメントと超微粒子球状シリカについては配合濃度、溶液型については混合後の経過時間をそれぞれ変化させた試験を実施した。

表-1 代表配合と物理特性

材 料	代 表 配 合	粒度(μm)		レオロジー特性	
		D ₅₀ 粒径	最大粒径	降伏値(Pa)	粘度(mPa·s)
低アルカリ性セメント	超微粒子ポルトランドセメント(SOPC):シリカフューム(SF)=50:50, W/C=125%	56.4	399.1	1.64	11.6
超微粒子球状シリカ	超微粒子球状シリカ(SFP):超微粒子消石灰(SFCa)=60.2:39.8, W/C=200%	0.71	200.0	0.19	6.4
溶液型(ゲルタイム120分)	(1リットル当たり)コロイダルシリカ800ml, 硬化促進剤7.35ml, 水192.65ml	0.014	0.059	0	2.4

3. 試験結果および考察

表-2 代表配合での浸透可能な開口幅

(1) 浸透可能な開口幅

各材料の代表配合についての浸透可能な開口幅を表-2に示す。表中青色で示した範囲は圧力・流量とも安定した定常流としての浸透

材 料	配合 (W/B)	開 口 幅 (μm)						
		50	100	150	200	250	300	350
低アルカリ性セメント	125%				184~244μm		244μm以上	
超微粒子球状シリカ	200%		70~95μm		95~244μm		244μm以上	
溶液型(ゲルタイム120分)		33~44μm	44~95μm	95μm以上				

が可能な開口幅であり、上限は上位の材料が定常流での注入が可能な範囲までとしたが、これはあくまで目安である。左側の黄色で示した範囲は圧力・流量が変動する不安定な状態ではあるものの浸透が確認された範囲

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 地層処分, グラウト, 浸透特性, 平行平板

連絡先 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 (独) 日本原子力研究開発機構 TEL029-282-1111

である。また、右側の黄色範囲は上位の材料の定常流での注入が可能な範囲と重なる範囲を示している。

(2) 浸透および閉塞状況

低アルカリ性セメントと超微粒子球状シリカについては、注入の進行に伴ってスリット流入部においてコロイドケーキが徐々に成長し、やがて閉塞に至る(写真-2参照)。これに対し溶液型の場合は、スリット流入部だけでなくスリット内部においても設計ゲルタイムと関係なくゲル化が生じ閉塞に至る(写真-3参照)。この原因は定かではないがグラウトの流路が急激に狭まるスリット流入部においてシリカ濃度が局所的に増大し、シリカ粒子同士の衝突により結合が促進された結果、ゲル化が生じたものと想定される。

(3) 影響要因の分析

浸透可能な開口幅に影響を与える要因を把握するため、粒度試験およびレオロジー試験の結果と上記浸透試験結果の比較を行った。その結果、溶液型の場合はこれら間に相関性は認められなかったが、低アルカリ性セメントと超微粒子球状シリカでは最大粒径と浸透可能な開口幅の間に強い相関関係がみられた(図-2参照)。ただし、従来浸透可能な開口幅は最大粒径の3倍程度¹⁾²⁾といわれていたのに対して、今回は1倍ないしそれ以下で超微粒子球状シリカにおいては最大粒径の半分以下のケースもあり大きく異なる。この原因としては大きな粒径の材料のみ流入部でケーキとして濾し取られたこと以外に、粒度試験の結果から低アルカリ性セメントのSFや超微粒子球状シリカのSFCaは団粒化していたことが判明しており、これが浸透の過程で分解されたことが原因と考えられる。

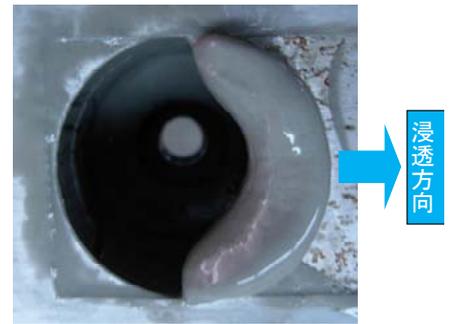


写真-2 注入口のケーキ付着状況
(低アルカリ性セメント)



写真-3 スリット内のゲル化状況 (溶液型)

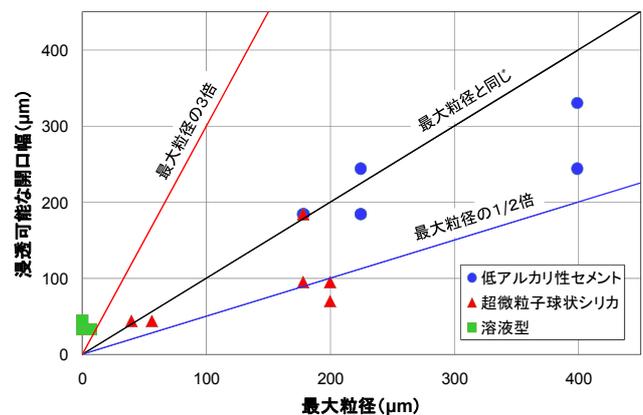


図-2 最大粒径と透過可能な開口幅の関係

4. おわりに

浸透特性に大きな影響を与えている要因は、低アルカリ性セメントおよび超微粒子球状シリカにおいては材料の最大粒径であることが判明した。また今後これらの材料の浸透性能向上のためには、団粒化を解消するための材料管理や混合方法の見直しが必要である。溶液型の場合は、設計ゲルタイムと関係なく発生するゲル化が閉塞の原因となっており、この発生機構の解明と共に硬化促進剤の添加量の見直しなどによりゲル化を抑制する工夫を行なう必要があると思われる。なお、本研究は経済産業省資源エネルギー庁の「平成22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) Hansen, T-S., Roald, S., Nomeland, T. and Grant, B.: Predictable and successful rock injection – the first time around, A new improved system for cost-effective control of water in-leakage during tunnel excavation may reduce the need for expensive sandwich lining systems, ICGGE-2003
- 2) 米田俊一, 中川浩二: 粒子径を変えた各種セメントグラウトの基礎的性質と浸透性比較, 土木学会論文集, No.462/VI-18, pp.101-110, 1993