

懸濁型グラウト材料による目詰まり特性の検討：高圧目詰まり試験

清水建設株式会社 正会員 ○延藤 遵

日本原子力研究開発機構 正会員 見掛 信一郎 正会員 佐藤 稔紀

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠 学生会員 Larry Pax Chegbeleh

1. はじめに

セメントスラリーやベントナイトスラリー等の懸濁型グラウト材料を微小亀裂（開口幅 $100\mu\text{m}$ 程度）に注入する場合には、グラウト注入孔と交差する亀裂入口や亀裂開口幅の減少部においてグラウト材が堆積する結果（以下、堆積物をフィルターケーキと称す）、グラウト材の浸透を阻害する目詰まり現象が発生する（図1）。このため、グラウトによる止水改良効果を高める上では、目詰まり現象の解明が大変重要となる。そこで、筆者らは室内試験により注入圧力と目詰まり現象の関係について検討を実施しており¹⁾、特に、注入圧力を高めることによる目詰まり抑制効果を調べるために高圧目詰まり試験を実施した。以下に、その結果を報告する。

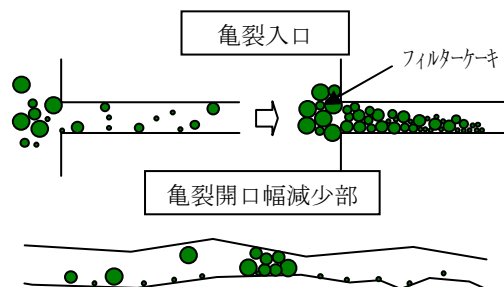


図1 目詰まり発生イメージ図

2. 高圧目詰まり試験装置

既報告¹⁾の試験においては、岩盤における亀裂の開口を模擬したスリットの方向とグラウト注入方向が同じ方向であったが、実際のグラウト注入状況では、岩盤亀裂とグラウト注入孔の方向は様々である。そこで、より実現象に近づけるためにスリットの方向とグラウト注入方向が直交する新しい試験装置を製作した（図2）。具体的には、4方向にスリット

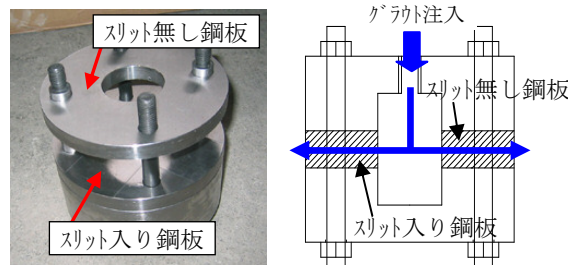


図2 高圧目詰まり試験装置

表1 試験配合

配合番号	セメント種類 ¹⁾	シカフーム/全粉体量	分散剤 ²⁾	水粉体比	粘性特性	
					見掛けの降伏値 (Pa)	せん断粘度 (mPa・s)
1	B	0%	無添加	1.6	0.2	2.8
2	B	0%	ポリカル1%	1.6	0.0	1.9
3	OP	0%	ポリカル1%	1.6	0.2	2.8
4	B	10%	無添加	1.6	2.2	6.2
5	B	0%	ポリカル1%	2.0	0.0	2.0
6	F	0%	ポリカル1%	1.0	0.0	5.0
7	F	10%	ポリカル1%	1.0	0.8	6.3
8	F	41%	ナフタリン2.5%	1.0	9.1	11.8
9	F	0%	ポリカル1%	1.6	0.0	2.7
10	F	10%	ポリカル1%	1.6	0.3	3.5
11	F	41%	ナフタリン2.5%	1.6	2.5	6.6
12	F	0%	ポリカル1%	2.0	0.0	2.2
13	F	10%	ポリカル1%	2.0	0.1	2.6
14	F	41%	ナフタリン2.5%	2.0	1.0	4.4
15	S	0%	ナフタリン0.7%	2.5	0.8	3.7

1) B: 高炉セメント, OP: 普通ポルトランドセメント, F: 超微粒子セメント, S: 懸濁型特殊シリカ

2) ポリカル: ポリカルボン酸系分散剤、ナフタリン: ナフタリン系分散剤

3. 試験方法及び試験結果

表1に示す配合に対して、①低圧加圧試験（1.0MPaの一定圧を载荷）、②高圧加圧試験（1.0MPaから5.0MPaまで1.0MPa刻みで段階的に昇圧（昇圧速度は1.0MPa/分）し、各圧力を2分間保持。5.0MPa载荷時には流量がほぼ0になるか目標通過グラウト量に達するまで注入を継続）の2種類の試験を実施した。表1には、Anton Paar社製粘弾性測定装置（図3）により測定した流動曲線を基に、ビンガム流体と仮定して算定した見掛けの降伏値とせん断粘度を併せて示す。

まず低圧加圧試験において4種類のスリット開口幅に対するグラウト通過重量、目詰まりの発生状況を確認した。半径3mmのディスク状の亀裂を想定し、亀裂内がグラウト材料中の粉体により完全に充填されるグラウト量を目標通過グラウト量と設定した。その結果、低圧加圧試験において目標通過グラウト量を満足した配合とスリット幅の組合せは、配合番号9・スリット幅 $100\mu\text{m}$ （目標通過グラウト量：9,704g）のみであった。配

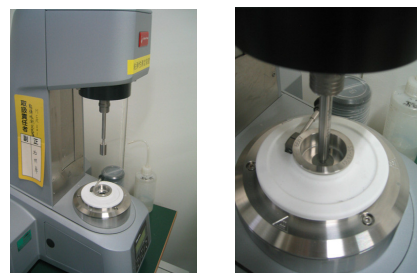


図3 粘弾性測定装置

キーワード: 放射性廃棄物処分, グラウト, 目詰まり, 高圧注入, 試験方法

連絡先: 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館, TEL: 03-5441-0594, FAX: 03-5441-0510

合番号9の各スリットに対するグラウト通過量の経時変化を図4に示す。このケースにおいて、試験終了後に試験装置を分解したところ、フィルターケーキ中に、明瞭なグラウト通過跡が見られた(図5中赤丸部)。次に、高圧加圧試験を実施した結果、全体的にグラウト通過量が大きく増大し、超微粒子セメントの場合には目標グラウト量を通過するケースが存在した(表2)。同一条件下における低圧加圧時と高圧加圧時におけるグラウト通過比率(=通過グラウト量/目標通過グラウト量)を図6に示す。図6より、粒径が大きい高炉セメント(比表面積 $3,850\text{cm}^2/\text{g}$)や普通ポルトランドセメント(比表面積 $3,300\text{cm}^2/\text{g}$)に対しては圧力を上げた効果は小さいが、粒径が小さい超微粒子セメント(比表面積 $10,250\text{cm}^2/\text{g}$)に対してはグラウト通過量が大幅に増加したことがわかる。例えば、配合番号9・スリット幅 $50\mu\text{m}$ のケースでは低圧加圧時にはグラウト通過比率は10%であったが、高圧加圧時には100%以上となっている。このケースにおける単位時間当りのグラウト通過量の経時変化を図7に、フィルターケーキの状況を図8左図に示す。同図より、フィルターケーキ中に、パイプ状のグラウト通過跡が残っていることがわかる(赤丸部)。また、通過したグラウト材料の密度を測定した結果、注入グラウト材料の約98%であり、

亀裂入口でほとんど濾過されていない結果となった。一方、目標量通過しなかった組合せ(例えば、配合番号10・スリット幅 $50\mu\text{m}$)においては、均一なフィルターケーキがスリット上に形成されていた(図8右図)。このように、低圧状態では目詰まりが発生したケースにおいても、注入圧力を高めることにより、フィルターケーキを部分的に破壊し(図9)、所定のグラウト量を注入可能となることが判明した。ただし、シリカフェウムを混入した場合は、混入量にほぼ比例して見掛けの降伏値とせん断粘度が増加し、目詰まりが発生しやすい結果となった。

4. まとめ

今回実施した試験の結果、亀裂開口幅に対して十分に粒径の小さいセメント材料を使用した場合は、低圧で目詰まりが生じていても、注入圧力を高めることによりある程度注入可能であることが確認できた。今後も、グラウト技術の止水効果を高めるためにグラウト注入方法について研究を継続する予定である。

参考文献

1) 見掛信一郎・佐藤稔紀・延藤遵・秋田哲志・西垣誠：グラウトの高圧注入試験による目詰まり特性の把握 瑞浪超深地層研究所におけるグラウト研究(その2)、第61回土木学会年次学術講演会(2006)

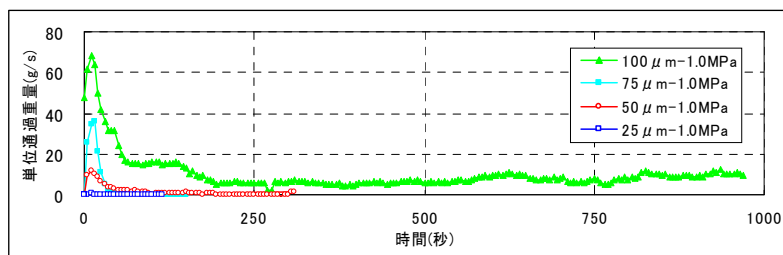


図4 グラウト通過重量の経時変化(低圧、配合番号9)

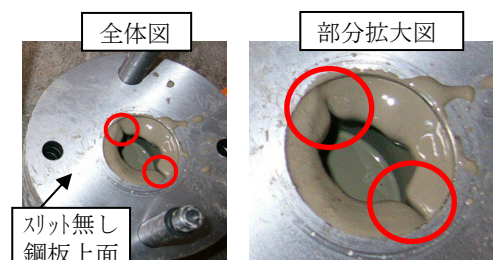


図5 フィルターケーキ(低圧試験)
(配合番号9・スリット幅 $100\mu\text{m}$)

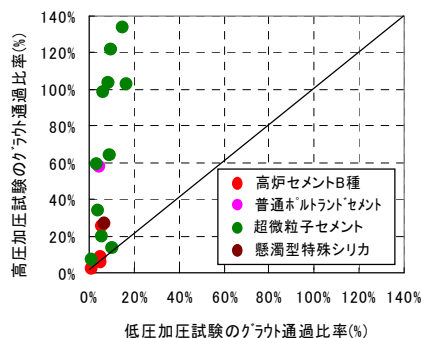


図6 通過比率の比較

表2 目標グラウト量が通過したケース

配合番号	セメント種類	シリカフェウムスラリー添加量	水粉体比	通過した最小スリット幅
6	超微粒子セメント	0%	1.0	$75\mu\text{m}$
7		10%	1.0	$150\mu\text{m}$
9		0%	1.6	$50\mu\text{m}$
10		10%	1.6	$100\mu\text{m}$

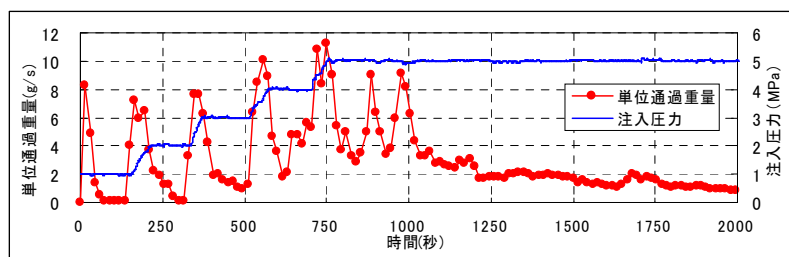


図7 グラウト通過重量の経時変化(高圧、配合番号9・スリット幅 $50\mu\text{m}$)

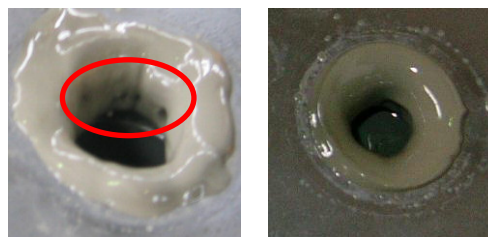


図8 フィルターケーキの状況

(左図: 配合番号9・スリット幅 $50\mu\text{m}$ 、
右図: 配合番号10・スリット幅 $50\mu\text{m}$)

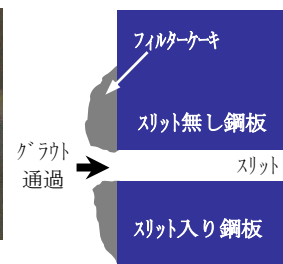


図9 フィルターケーキ状況
(概念図)