

高レベル放射性廃棄物処分を対象としたベントナイトグラウトの適用性について

清水建設(株) 正会員 ○沖原光信, 正会員 延藤 遵
 (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 中島 均, 非会員 朝野英一

1. はじめに: 高レベル放射性廃棄物地層処分において、緩衝材定置位置の周辺岩盤の透水性を低減し、処分坑道や処分分孔等の緩衝材定置箇所への湧水量低減による緩衝材定置環境の確保と、定置直後の地下水による緩衝材の浸食抑制および、閉鎖後の緩衝材の岩盤亀裂への流失抑制による緩衝材密度の低下防止を図ることは、長期に亘る緩衝材の品質確保の上で重要であると考えられる。この対策技術として、天然材料であるベントナイトを用いたグラウト技術が現状では最も有望であると考えられている。しかしながら、ベントナイトグラウトは、注入後に硬化しないため地下水等により流失することが懸念されるため、高濃度・高粘性のベントナイトスラリーの浸透性を向上させて岩盤亀裂内に注入する必要がある。筆者らは、これまでに浸透性向上の方策として、微粒ベントナイトと動的加振に着目し、その適用可能性について研究してきた^{1),2)}。そこで、本研究においては、具体的な微粒化方法を検討し、微粒化と動的加振の浸透性に対する優位性を確認するために岩盤亀裂を模擬した平行平板装置を用いたベントナイトグラウト注入試験を実施した。さらに、水押し試験により注入後の流失抵抗性を確認することでベントナイトグラウトの適用性について検討した。

なお、本研究ではベントナイトグラウトへの要求性能として、 $100\mu\text{m}$ の微小亀裂への浸透性と動水勾配 100 の水圧に対する流失抵抗性を研究上の目安として設定している。

2. 簡易なベントナイト微粒化方法の検討(篩分け試験): 本研究の対象としたベントナイトは、クニゲル V1 (Na 型の天然普通粒径, 以下 V1 と称す) とクニボンド (Ca 型の天然普通粒径, 以下 KB と称す) である。本研究では実際の施工を考慮した簡易な微粒化方法として、振動篩を用いた分級を採用した。具体的には、絶乾状態のベントナイト 200g を振動篩に 5 分間程度かけることにより粗粒分を除去した。篩の目開き量としては、 $25\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m}$ の 3 種類とした。 $100\mu\text{m}$ の微小亀裂への浸透性を考慮すると、目開き量 $45\mu\text{m}$ 以下の篩を用いることが望ましい。試験の結果(図 1)、目開き量 $45\mu\text{m}$ の場合に V1 で 70% 程度、KB で 50% 程度の微粒分を採取できており、製造効率性から考えると目開き量 $45\mu\text{m}$ が現実的であると判断した。

3. 動的加振時の浸透性確認試験(動的注入試験): 目開き量 $45\mu\text{m}$ の振動篩により分級した微粒ベントナイトグラウトを平行平板(スリット長さ 1,030mm, スリット幅 30mm, スリット開口幅 $50, 75, 100, 150\mu\text{m}$) に動的注入することで微小亀裂への浸透性を確認することとした。図 2 に動的注入試験フローを、図 3 に試験概要を示す。試験方法は、 0.5MPa の静的圧力を作用させながら注入パイプを振動装置で鉛直方向に加振させて動的注入し、吐出口から出る透過グラウト量を計測することで浸透性の評価をした。検討手順としては、STEP1 で基本配合 (V1: 液固比 10.5, KB: 液固比 3) とスリット開口幅 ($100\mu\text{m}$) の組合せに対して、材料の粒径(普通・微小)と注入方法(静的・動的)の違いによる浸透性について調査し、最も浸透性の良いケースを以降の STEP2 試験における注入組

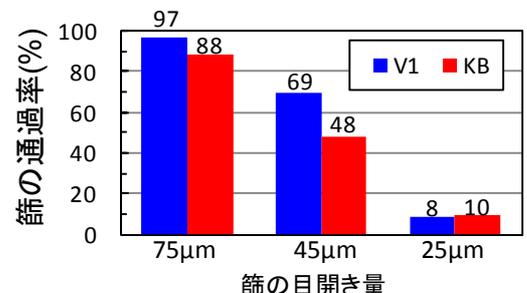


図 1 篩分け試験結果



図 2 動的注入試験のフロー

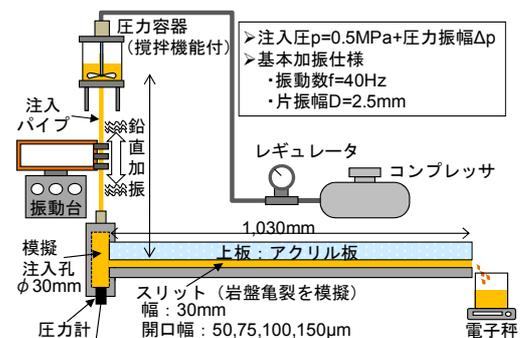


図 3 動的注入試験の概要

キーワード: 高レベル放射性廃棄物処分, ベントナイトグラウト, 動的注入, 微粒ベントナイト

連絡先: 〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目 2-3 シーバンス S 館, TEL: 03-5441-0594, FAX: 03-5441-0512

合せとして選定することとした。次にSTEP2において、液固比とスリット開口幅を変化させて同様の試験を実施し、浸透性への影響を検討した。

STEP1 試験の結果(図 4), V1, KB ともに「①微小粒径+動的注入」の場合が、最も浸透性に優れていたため、STEP2 試験の注入組合せに採用した。2 番目に浸透性に優れていたのは、「②微小粒径+静的注入」の場合であり、今回の試験では動的加振より微粒化の方が浸透性の向上効果が大きい結果となった。次に、STEP2 の試験ケースを表 1 に、図 5 に STEP2 の試験結果を示す。図 5 より、スリット開口幅と液固比に比例して透過グラウト量が増加していることがわかる。

4. 注入後の水押し試験(流失抵抗性試験): 亀裂内に注入したグラウトの地下水圧に対する流失抵抗性を調査するために水押し試験を実施した。試験方法としては、スリット内にグラウトを注入後、12 時間程度静置してから反対側の吐出口から水が透過するまで水圧を 0.1MPa ずつ(5 分間隔)昇圧しながら作用させた(図 6)。

試験結果を図 7 に示す。図のプロットは、各スリット開口幅に対する水が透過する直前の圧力である流失抵抗圧 p_{re} と、その圧に相当する限界動水勾配 i_{max} を示している。試験の結果、スリット開口幅 100 μ m において、要求性能の目安として設定した動水勾配 100 を満足するケースは V1 では液固比 11.5, KB では液固比 3 であった。同スリット開口幅に対しては、液固比と流失抵抗圧(限界動水勾配)の間には明確な傾向は確認出来なかった。また、動的注入時に目詰まりが生じなかったケース(スリット開口幅 100 μ m に対する KB[液固比 4], スリット開口幅 150 μ m に対する KB[液固比 2.5])では流失抵抗性が小さい。すなわち、大きな抵抗性を得るためには、目詰まりが生じるまで高濃度のグラウトを注入する必要があると言える。

5. まとめ: 本研究の結果、ベントナイト材料の微粒化と動的注入を組み合わせることにより、微小亀裂への浸透性を大幅に向上出来ることがわかった。さらに、目詰まりが生じるまで注入することでベントナイトグラウトの地下水圧に対する流失抵抗性を測定した結果、地下深部におけるグラウトに適用可能となるベントナイトグラウトの仕様が提示出来た(表 2)。ここで、本試験で岩盤亀裂を模擬した試験供試体は、実際の岩盤に比べて表面粗度の低いアクリル板と鋼製受板で構成した平行平板を使用しており、保守的な試験条件である。このため、表 2 に提示した仕様の他にも適用可能な組合せが存在する可能性があると考えられる。

研究の実施にあたっては茨城大学の小峯教授に貴重なアドバイスを頂きました。ここに記して謝意を表します。なお、本報告は、経済産業省からの委託による「高レベル放射性廃棄物処分関連: 処分システム工学要素技術高度化開発」の成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 沖原光信, 延藤遵, 中島均, 朝野英一: 様々なベントナイトのグラウト材料としての可能性検討, 日本原子力学会 2009 秋の大会, 2009.09,
- 2) 沖原光信, 延藤遵, 中島均, 朝野英一: 動的加振によるベントナイトグラウトの粘性低減効果の確認試験, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.09

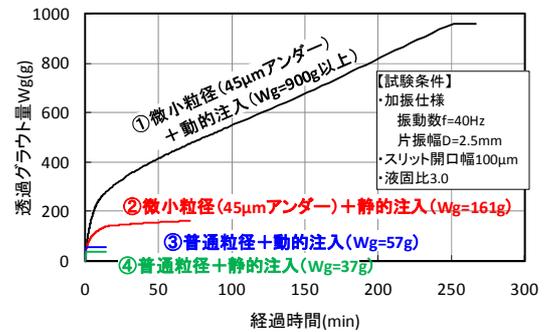


図 4 STEP1 試験結果の一例(KB)

表 1 STEP2 試験ケース

材料	V1				KB			
	微小粒径(45 μ mアンダー)							
液固比	8.5	9.5	10.5	11.5	2	2.5	3	4
スリット開口幅	50 μ m			○				○
	75 μ m			○	○		○	○
	100 μ m		○	○	○		○	○
	150 μ m	○	○	○		○	○	○

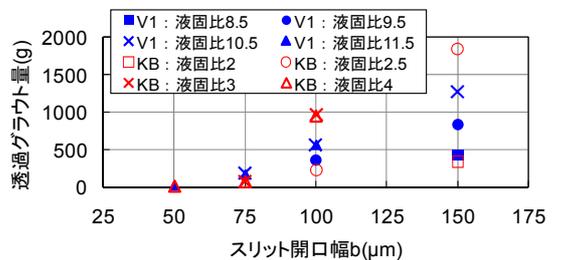


図 5 STEP2: スリット開口幅と透過グラウト量



図 6 流失抵抗性試験の概要

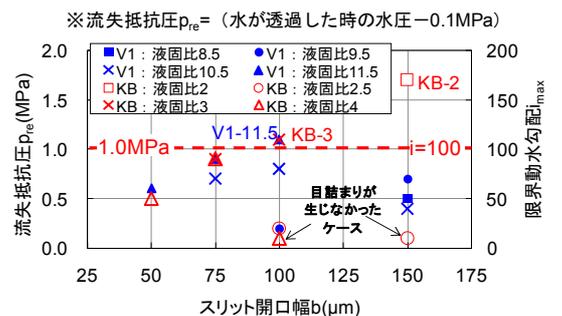


図 7 流失抵抗性試験結果

表 2 要求性能に対するグラウトの仕様

要求性能の目安	亀裂開口幅	100 μ m	
	動水勾配	100	
ベントナイトグラウトの仕様	材料	V1 (Na型)	KB (Ca型)
	分級	微小粒径(45 μ mアンダー)	
	微粒化方法	振動篩分け	
	液固比	11.5	3
地下水抵抗性	注入方法	動的注入 (f=40Hz, D=2.5mm)	
	流失抵抗圧	1.1MPa	
	限界動水勾配	110	