

ベントナイトグラウトの亀裂への注入範囲と充填効果に関する研究

岡山大学	正会員	西垣 誠
岡山大学	正会員	小松 満
核燃料サイクル開発機構	正会員	見掛 信一郎
中国電力	正会員	○田岡 洋
岡山大学大学院	学生会員	中島 朋宏

1. はじめに

近年、多様な大深度地下空間の利用が検討されており、今後、研究開発が必要となる土木工学的な技術として、坑道掘削に伴って発生する、坑道周辺の高透水性ゾーンに対するグラウチングが挙げられる。特に地層処分にかかわる技術開発の基盤研究として、グラウト材に対しては時間的な安定性、自己修復性、難透水性が得られることが命題となる。そこで本研究では、天然割れ目充填材として長期安定性が期待されるベントナイトスラリー¹⁾に注目し、その注入特性の把握及び動的注入工法の適用性の評価を目的とした。本報告においては、高濃度のベントナイトスラリーが作成可能であるエタノールによって作成したエタノールベントナイトスラリー（以後 E/Be スラリーとする）を用い、平行平板亀裂モデルへの注入試験を行うことで、ベントナイトの注入可能な亀裂開口幅の範囲を把握し、動的注入工法による充填密度の増加を明確に示した。

2. ベントナイトの特性

使用したベントナイトはタイプ1($D_{85}=35\mu\text{m}$)、タイプ2($D_{85}=13\mu\text{m}$)の2種類である。それぞれの粒径加積曲線を図-1に示す。測定は、分散媒に実験で使用した60%エタノールを用いた湿式でのレーザー回折法によって行った。土粒子の密度は、双方 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ で、タイプ2については、乾式による分級を行い、粒径を調節したものである。

3. 試験装置

試験に用いた装置は、小型モデル(流路長=6cm、流路幅=1cm)と、長尺モデル(流路長=150cm、流路幅=2cm)の2種類である。双方、2枚の板で、所定厚さのスペーサを挟むことで、亀裂開口幅を得ている。亀裂モデルを図-2に示す。

4. ベントナイトスラリーの注入可能亀裂幅

小型モデルを用い、ベントナイトの種類と注入可能亀裂開口幅の関係の把握を行った。予備試験として、静的注入 $p=0.1\text{MPa}$ 、 0.3MPa 及び、動的注入(最大圧力 p =約 0.3MPa)で、所定亀裂開口幅及び所定配合比(重量比)での注入試験を行ったが、それらの注入状況に大きな変化が見られなかったため、すべて定圧条件($p=0.1\text{MPa}$)における試験を行った。注入不可能の判断は、注入孔において、目詰まりを生じることで、ベントナイトがまったく亀裂内へ注入できなかったものを注入不可とした。

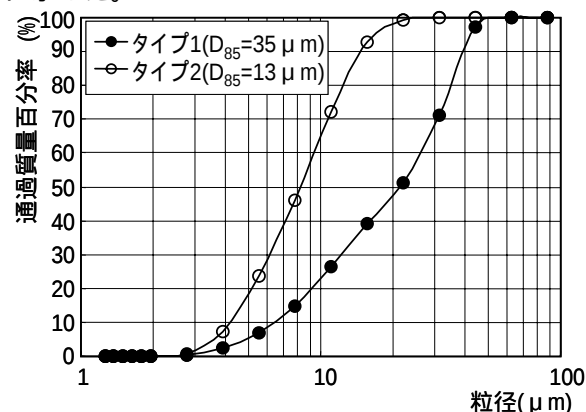


図-1 使用ベントナイトの粒径加積曲線

湿式、分散媒:60%エタノール

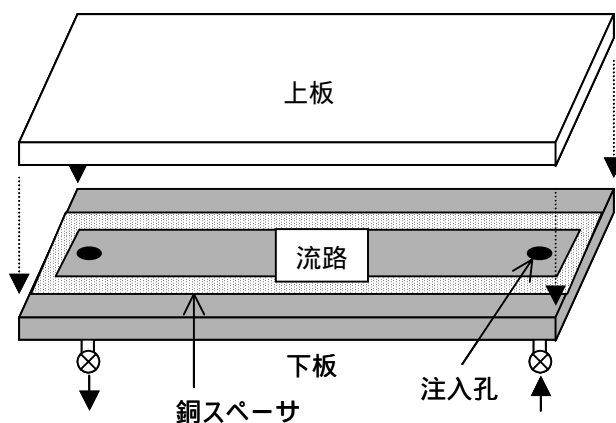


図-2 亀裂モデル

小型モデル(流路幅:1cm、流路長:6cm)

長尺モデル(流路幅:2cm、流路長:150cm)

キーワード ベントナイト、スラリー、動的注入

連絡先 〒700-8530 岡山県岡山市津島中3-1-1 岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科

E/Be スラリーの配合比及び回転粘度計より得た粘性の関係を図-3 に示す。回転粘度計での計測値は、参考値として扱う。結果より、タイプ2 ベントナイトを用いたとき、超微粒子セメントに分散材を添加して得られた、 $50 \mu\text{m}^2$ よりも微細な $20 \mu\text{m}$ までの亀裂に対して注入可能であることが分かった。

5. ベントナイトスラリーの動的注入試験

長尺モデルに対して、亀裂内にある程度のベントナイトの注入は可能であるが、連続的な注入は出来ず、開口部で目詰まりが生じるケース(ベントナイト：タイプ1，E/Be=1.5/1，亀裂開口幅=100 μm)において、静的注入とグラウト材に 7Hz の脈度を与えながら注入を行う動的注入での試験を行った。ピストン変位より算出した、注入流量と累積注入量の経時的变化を図-4 に示す。静的注入と比較して動的注入は、目詰まりすることなく累積流量が経時的に増加している。このとき、注入後の亀裂内よりベントナイトをサンプリングし、その重量を浸潤長さで除した、単位浸潤長さ当りのベントナイト重量を測定し、さらにベントナイトの密度を用いて間隙比を算出した。表-1 に動的及び静的注入による充填後間隙比の比較を示す。結果より、動的注入では、より高密度で充填されていることがわかる。

6. 考察

本報で得られた知見を以下に示す。

- (1) 分級を行い、粒径を調節したベントナイトを用いた E/Be スラリーは、超微粒子セメントに分散材を添加したものよりも微細な亀裂 ($20 \mu\text{m}$) へ注入可能である。
- (2) 動的注入工法は、注入量の増加のみならず、ベントナイト粒子の揺動により目詰まりを解消させる効果があることを確認した。この効果により亀裂内への注入材料の充填密度を増加させることが可能であると考えられる。

7. 今後の課題

地層処分が沿岸地域で行われる場合は地下水の塩分濃度が高い環境条件が考えられ、E/Be スラリーのエタノール濃度の低下が生じて、膨潤せず、難透水性が発揮されない可能性がある。よって、注入時の間隙比をさらに低下させる方法、さらに、エタノールが廃棄体周辺環境に及ぼす影響についても検討が必要である。

8. 参考文献

- 1) Lennart Borgesson, Roland Pusch, Anders Fredrikson, Harald Hokmark, Ola Karnland and Torbjorn Sanden : Final Report of the Rock Sealing Project, *STRIPA Project Technical Report 91-34*, SKB, Stockholm, 1991.
- 2) 西垣誠, 小松満, 山本浩志, 見掛信一郎: 亀裂性岩盤におけるグラウトの浸透特性と目詰まり特性に関する研究, 土木学会論文集 No.715/ -60, pp.311-321, 2002.

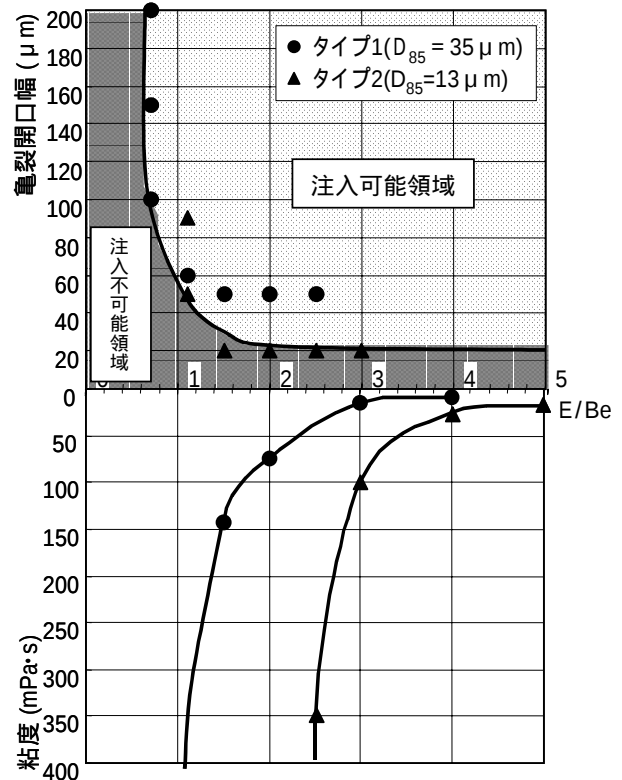


図-3 配合比と亀裂開口幅及び粘性の関係

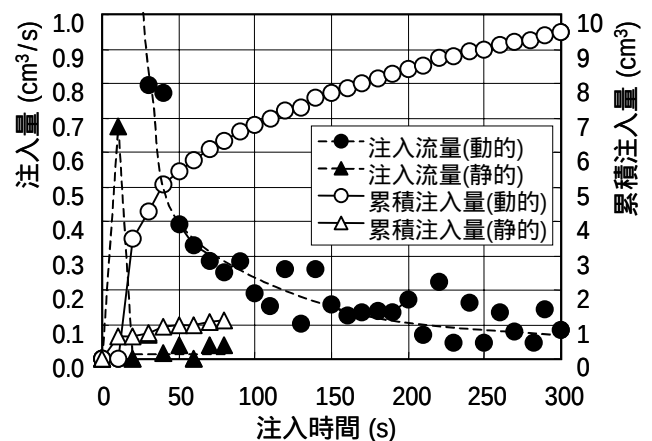


図-4 注入流量及び累積注入量の経時的变化

表-1 動的注入と静的注入による
充填後間隙比の比較

e_d (動的)	e_s (静的)	e_d/e_s
3.48	6.07	0.57