

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

清水建設(株) 正会員 ○沖原光信, 延藤 遵

(財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 中島 均, 朝野英一

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分では、緩衝材は定置後の極めて長期間に亘って地下水により流失しないことが求められている。しかしながら、我が国の複雑な地質条件や空洞掘削に伴う新たな亀裂の発生を想定すると、透水性の低い岩盤以外に緩衝材の定置する可能性は否定できない。このため、緩衝材周辺岩盤の透水性を低減し緩衝材の流失抑制を目的としたベントナイトグラウト技術は(図1参照)、緩衝材の品質確保上重要となる可能性がある。ただし、ベントナイトグラウトは、注入後に硬化しないため、地下水による流失が懸念され、可能な限り高濃度のスラリーを岩盤亀裂中に注入する必要がある。このため、高濃度スラリーを効率的に注入する方策として動的グラウト工法が研究^{1), 2)}されているが、効果的な加振方法は確立されていない。そこで、本研究では、スラリーの粘性特性による粘性低減効果への影響や、粘性低減に対して効果的な動的加振方法について室内試験により検討した。

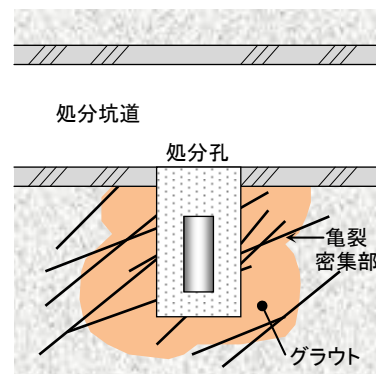


図1 ベントナイトグラウト適用例

2. 試験の概要

試験フローを図2に、使用したベントナイトおよび配合を表1に示す。試験方法は、円筒形容器に入れたグラウト材を振動台にて鉛直方向に加振させ、内径10mmの透過パイプを透過して吐出口から出るグラウト材の透過重量を電子秤にて測定し、単位時間当りの透過流量を計測することで見掛けの粘性を算定した。試験装置概念を図3に示す。なお、透過パイプの途中に設けた圧力センサーにて透過中のグラウトの圧力を測定した。予備試験のSTEP1においては、代表的な3配合(ベンゲルA-NaCl-液固比5, ベンゲルA-エタノール-液固比7, ベンゲルブライト11-純水-液固比2)に絞り込んで振動台での加振仕様(振動数・変位振幅)を変化させて試験を実施し、最も透過流量の大きくなる組合せを最適な加振仕様として選定した。次に、本試験のSTEP2において、STEP1で選定した加振仕様にて残りの全配合に対して試験を実施して、ベントナイトの種類と配合による影響を検討した。

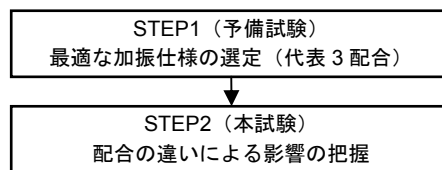


図2 試験フロー

表1 試験配合

種類	特徴	ベントナイト種類	溶媒の種類	液固比
Na型	天然普通粒径	クニゲルV1	純水	3~5種類の液固比
			NaCl4wt%	
		スーパークレイ	58%エタノール	
			純水	
	精製微小粒径	クニビアF	NaCl4wt%	
			58%エタノール	
Ca型	天然精製	ベンゲルA	NaCl4wt%	3~5種類の液固比
		クニボンド	58%エタノール	
			純水	

3. 試験結果

STEP1の試験結果を図4に示す。(a)図はベントナイトグラウトに作用させた振動数と変位振幅から算出した振動台の加振加速度と透過流量の関係である。3配合とも振動台加速度に比例して透過流量は大きくなる傾向を示したが、2配合において加速度 60m/s^2 以上($f=40\text{Hz}$, $D=0.9\text{mm}$)で、減少傾向を示した。よって、当研究で用いた試験装置においては、最も動的加振による粘性低減効果があるのは振動数 $f=40\text{Hz}$, 変位振幅 $D=0.9\text{mm}$ の組合せとし、STEP2で

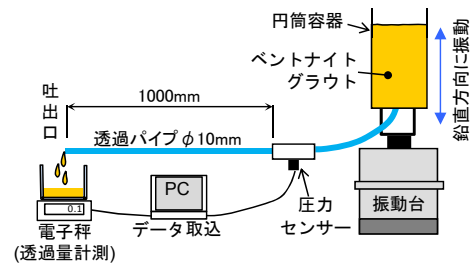


図3 試験装置概念図

用いる加振仕様を選定した。(b)図は、圧力振幅と透過流量の関係であり、振動台の加速度と同様に圧力振幅が大きくなると透過流量は大きくなる傾向を示した。(c)図は、圧力振幅と無加振時の透過流量に対する動的加振時の透過流量比(加振時流量/無加振時流量)であり、透過流量増加率が大きいほど、動的加振の効果が大いことを示している。ベントナイトグラ

キーワード: ベントナイトグラウト, 岩盤亀裂, 動的加振, 粘性低減

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

ウトは、圧力振幅が大きくなると(加速度が大きくなる)、透過流量増加率も大きくなる傾向を示した。また、比較のために低粘性の超微粒子セメント(水セメント比=1)、シリコンオイルおよび、水を行った結果、超微粒子セメントでは、加振によって若干流量が増加し、シリコンオイルおよび、水では流量増加は見られなかった((c)図中の青丸部)。

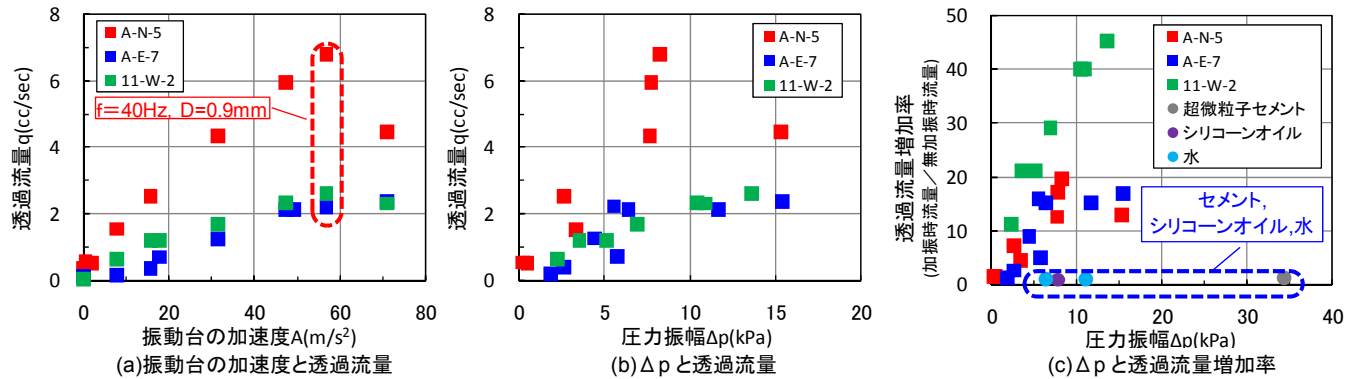


図4 STEP1 試験結果

STEP2 の試験結果をグラウト材の粘性(粘度, 降伏値)の観点で整理して図5に示す(加振仕様は、 $f=40Hz$, $D=0.9mm$, 加速度= $56.8m/s^2$)。図の横軸は粘性測定試験から得られた各配合の粘度 μ と降伏値 τ_y を、縦軸は透過流量増加率を示している。図より、ベントナイトの種類に拘わらず、粘性(粘度・降伏値)の高い配合ほど、透過流量増加率は大きくなり、動的加振の効果が大きくなることがわかる。

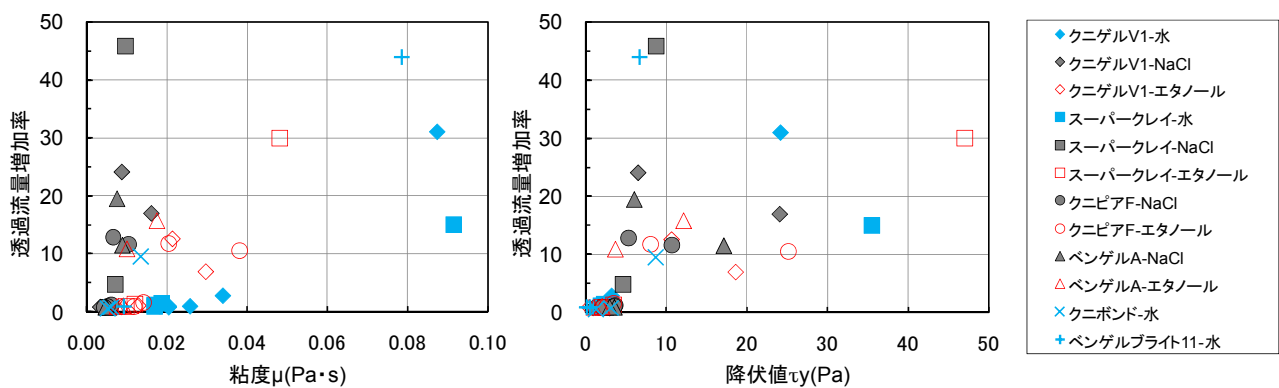


図5 STEP2 試験結果

3. まとめ

動的加振がベントナイトグラウトの見掛けの粘性に与える影響を調べるために、加振したグラウト材料が $\phi 10mm$ のパイプを通過する量を測定した結果、水やシリコンオイル等のニュートン流体に関しては、動的加振の効果は見られないが、非ニュートン流体であるベントナイトグラウトおよび、セメントグラウトでは流量の増加(すなわち、見掛けの粘性の低下)が確認され、特に粘性が高いほど粘性低減効果が高いことが判明した。また、加振する加速度(振動数、振幅に比例)を高めてスラリーに作用する圧力振幅を高めるほど、粘性低減効果が高いことが判明した。

4. おわりに

本研究により、動的加振により高粘性のベントナイトグラウトの透過流量を増加できることが判明した。今後は、グラウト材としての物理的安定性や止水性(充てん性, 透水係数)について検討が進められることが望まれる。

なお、本報告は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等委託費 処分システム工学要素技術高度化開発」の成果の一部であり、遠隔操作技術高度化開発のうち、定置後の緩衝材の品質を確保する要素技術の一つとして検討を実施したものである。

【参考文献】

- 1) Börjesson, L.: Rheological properties of cement and bentonite grouts with special reference to the use of dynamic injection, Grouting in Rock and Concrete, 1993.
- 2) 西垣 誠, 小松 満, 見掛 信一郎, 田岡 洋, 中島 朋宏: エタノールを用いたベントナイトスラリーの亀裂性岩盤へのグラウト効果, 土木学会論文集 No.764/III-67, 221-233, 2004.