

三次元岩盤亀裂模型によるグラウト流動特性の検討

国土交通省土木研究所 ダム部ダム構造研究室
正会員○安田裕一，吉田等，佐々木隆，市原裕之，平山大輔

1. はじめに

近年、地質条件の良好でないサイトにダムを建設する事例が増加するにつれて止水処理に要する費用が増大化する傾向にあり、合理的なグラウチングの設計・施工技術の確立が強く望まれている。しかし、グラウチングは岩盤内に存在する多種多様な亀裂を対象とするため、その注入仕様は、過去の事例を参考にして経験的に決められているのが現状である。このようなことから、本研究は、高透水の亀裂性岩盤におけるグラウトミルクの流動特性を明らかにするために、三次元の岩盤亀裂網模型（以下、「亀裂模型」という）を用いて注入実験を行い、濃度及び注入圧力がグラウトの流動特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 実験装置

実験装置概要図を図 - 1 に示す。亀裂模型は内径 3 mm、長さ 100 mm のアクリル管を網目状に接続することにより 600 × 600 × 600 mm の立方体を作製し、岩盤内の亀裂を表現したものである。模型の中心部には注入口、6 面の各接点には流出口バルブを設置した。なお、実験は、上下面のバルブを閉じる条件で行った。

2.2 グラウト材料

一般的に、ダム基礎岩盤のグラウチングにはセメント水溶液が使用されている。しかし、本実験では亀裂模型を用いて繰り返し実験を行うため、水硬性のないメチルセルローズ系増粘剤水溶液をグラウト材料として用いた。表 - 1 にメチルセルローズ系増粘剤水溶液の粘度をセメント水溶液の粘度と比較を示す。なお、粘度は B 型回転粘度計を用いて測定した。

2.3 実験方法及び実験ケース

各ケースにおいて、1 分間の注入を 2 回実施した。注入圧力は、調圧タンクの圧力により管理し、注入量は材料タンクに設置した水位計から求めた。表 - 2 に実験ケースを示す。実験ケースは、グラウト材料の濃度 0.0 ～ 2.0%、注入圧力 20 ～ 500 kPa の範囲で設定した。

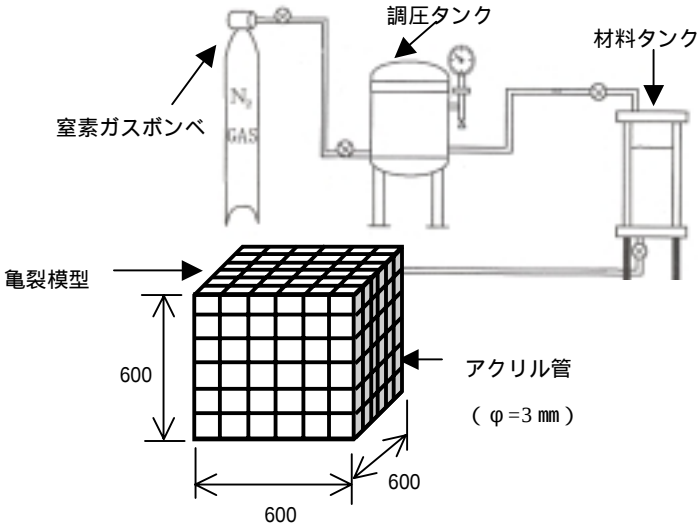


図 - 1 実験装置概要図

表 - 1 グラウトの粘度の比較

メチルセルローズ系 増粘剤水溶液		セメント水溶液	
濃度	粘度 (mPa・s)	配合	粘度 (mPa・s)
0	2	W/C=∞	2
0.5	7	W/C=4	5
1.0	16	W/C=2	13
2.5	170	W/C=1	165

表 - 2 実験ケース

グラウト材料	水およびメチルセルローズ系増粘剤水溶液
濃度 (%)	0 0.5 1.0 1.5 2.0
注入圧力 (kPa)	20 40 60 80 100 200 300 400 500

キーワード：亀裂性岩盤、グラウチング、模型実験

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市大字旭 1 番地 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-2688

3. 実験結果

3.1 注入圧力と注入流量の関係

図 - 3 にグラウトの注入圧力と注入流量の関係を示す。図によると、同一の注入圧力では、濃度が低くなるほど粘性が低くなるので注入流量は大きくなり、水の場合では注入流量は注入圧力の約 0.5 乗に比例していることから、流れは乱流であると考えられる。それに対して、濃度が 1.5% 以上になると注入流量は注入圧力にほぼ正比例しており、流れは層流であると考えられる。また、濃度 0.5、1.0% の場合では、注入流量は、それぞれ注入圧力の約 0.64、0.75 乗に比例しており、濃度が高くなるほど層流に近づく結果となった。

3.2 濃度と注入粉体量の関係

前節より、同一の注入圧力では、注入流量は濃度が低くなるほど大きくなることが確認されたが、亀裂性岩盤の止水処理という観点からすれば、注入粉体量が多いほど、効果的なグラウチングであると評価できる。グラウトの濃度と注入粉体量の関係を示した図 - 4 によると、注入圧力が一定の場合に濃度と注入粉体量は凸型曲線で近似でき、グラウトの濃度が一定の場合、注入圧力が高いほど注入粉体量が多くなった。また、各注入圧力において、濃度と注入粉体量の関係を近似式で表した結果、最も注入粉体量が多くなる濃度（効果的注入濃度）が存在することがわかった。

3.3 注入圧力と効果的注入濃度の関係

図 - 5 に注入圧力と効果的注入濃度の関係を示す。図によると注入圧力と効果的注入濃度は直線で近似でき、注入圧力に比例して効果的注入濃度が高くなる結果となった。

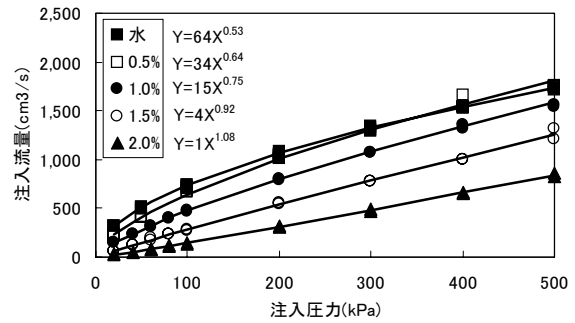


図 - 3 注入圧力と注入流量の関係

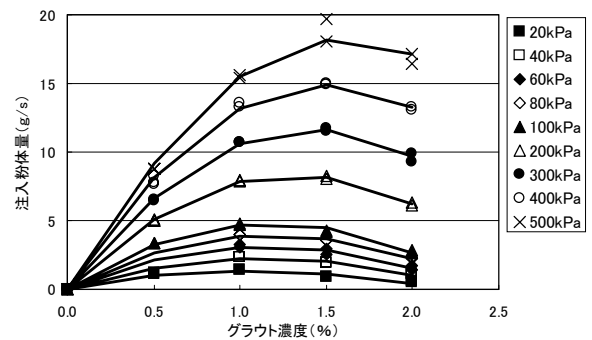


図 - 4 濃度と注入粉体量の関係

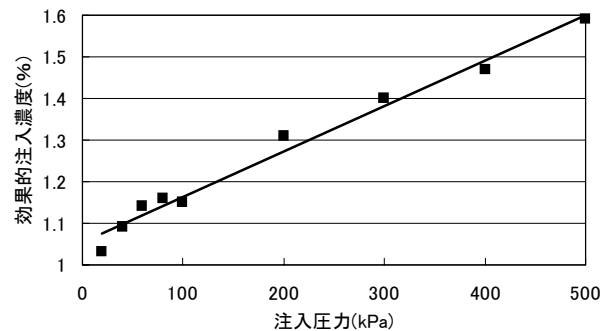


図 - 5 注入圧力と効果的注入濃度の関係

4. まとめ

本実験では、三次元の岩盤亀裂網模型にグラウトを注入し、濃度及び注入圧力がグラウトの流動特性に及ぼす影響について実験的検討を行った。以下に得られた結果をとりまとめる。

- 1) 同一の注入圧力では、グラウトの濃度が高くなるほど流れは層流に近づくき、濃度が低くなるほど流れは乱流に近づく。
- 2) 同一の注入圧力では、グラウトの濃度と注入粉体量は凸型曲線で近似でき、各注入圧力ごとに注入粉体量が最大となる濃度（効果的注入濃度）が存在する。
- 3) 注入圧力と効果的注入濃度は直線で近似でき、注入圧力に比例して効果的注入濃度が高くなる。

今後は、圧力、流量の分布データから、濃度及び注入圧力がグラウトの流動特性に及ぼす影響について検討を進めていく予定である。