

亀裂性岩盤モデルにおけるグラウトの流動特性に関する検討

建設省土木研究所 ダム構造研究室

正会員 齊藤 正明, 永山 功, 新高 庸介, 佐々木 隆

1. はじめに

ダムの建設にあたっては、基礎岩盤の遮水性を改良するためにグラウチングが実施される。しかし、グラウチングの仕様は過去の施工事例に基づいて試行錯誤的に決定されているのが現状であり、対象とする岩盤に適したグラウチングの仕様を合理的に決定する手法の確立が望まれている。本論文は、岩盤内の亀裂網をモデル化した模型を用いて、岩盤内の亀裂を流れるグラウトの流動特性について検討した結果をとりまとめたものである。

2. 実験概要

図-1に実験に用いた岩盤の亀裂模型の平面図を示す。この模型は、2枚の亚克力板の間に一辺100mmの亚克力板100枚を並べ、平均幅0.3mmの亀裂を格子状に配したものである。また、図-2に実験装置を示す。

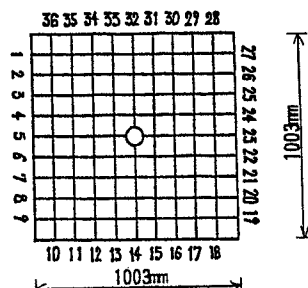


図-1 亀裂模型の平面図

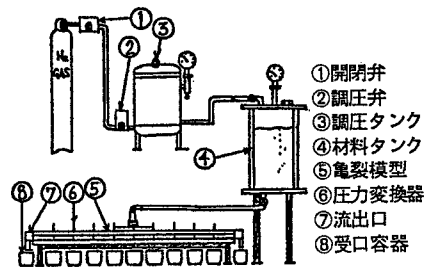


図-2 実験装置

本実験では、実験の再現性を重視して、グラウト材料として硬化性のないメチルセルロース（MC）系増粘剤の水溶液を使用した。実験ケースを表-1に示す。また、格子状の亀裂の交差部に圧力変換器を取り付け、亀裂内の圧力分布を測定した。なお、実験中の温度はほぼ一定であったため、温度によるグラウトの粘性の変化は考慮しなかった。

表-1 実験ケース

グラウト材料	水およびメチルセルロース系増粘剤水溶液
濃度	0.0, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 2.0, 2.5%
注入圧力	0.2~5.0 kgf/cm ²

3. 実験結果

3.1. 注入圧力とグラウトの総流量の関係

水および種々の濃度のグラウトについて、注入圧力とグラウトの総流量の関係を図-3に示す。濃いグラウトほど総流量が小さくなっているのは当然の結果であるが、図によれば、濃いグラウトほど注入圧力と総流量の関係を表すグラフの勾配が急になっている。これは、薄いグラウトでは流れが乱流状態となって圧力勾配が流速の2乗に比例するのにに対し、濃いグラウトでは流れが層流状態となって圧力勾配が流速の1乗に比例するためと考えられる。

次に、注入口での注入圧力を1とした亀裂模型内の圧力分布を図-4に示す。図によれば、薄いグラウトでは注入口付近での圧力変化が著しいのに対して、濃いグラウトでは注入口から離れた点まで圧力が伝播している。これも、層流と乱流の流れの違いによるものと考えられる。

3.2. 濃度と総流量の関係

種々の注入圧力について、グラウトの濃度と総流量の関係を図-5に示す。図によれば、注入圧力が低い場合には、グラウトの濃度が高くなるにつれて総流量が小さくなっているが、注入圧力が高い場合には、あ

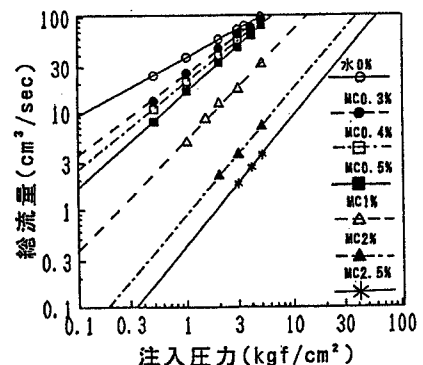


図-3 注入圧力と総流量の関係

る濃度の範囲内では、グラウトの濃度によらずグラウトの総注入量はほぼ一定となっている。これは、乱流状態ではグラウトの粘性がグラウトの流速に大きく寄与しないためと考えられる。

3.3. 個々の亀裂の流量特性

個々の亀裂出口におけるグラウトの流量を総流量で除した値をその亀裂の流量比と定義し、薄いグラウトと濃いグラウトのそれぞれに対して、流量比が大きい亀裂、流量比が中程度の亀裂、流量比が小さい亀裂における注入圧力と流量比の関係を整理した結果が図-6である。図によれば、薄いグラウトの場合、流量比が大きい亀裂では注入圧力の増加とともに流量比が小さくなり、流量比が小さい亀裂では注入圧力の増加とともに流量比がわずかに大きくなっている。一方、濃いグラウトの場合、流量比の大きさは注入圧力にかかわらずほぼ一定となっている。これは、薄いグラウトの場合、注入圧力の増加によって、流量比が大きい亀裂内のグラウトの流れが層流から乱流に変化するためと考えられる。

3.4. 出口閉塞による流量の変化

模型中の36個の亀裂出口を流量の多いものから順に閉塞していった場合のグラウト総流量の変化を図-7に示す。図中、縦軸は閉塞後の総流量の測定値、横軸は閉塞前の個々の亀裂出口の流量から単純和として求めた総流量、すなわち、亀裂出口の閉塞が他の亀裂出口の流量に影響を及ぼさないと仮定した場合の総流量（計算流量）である。図によれば、亀裂出口を閉塞してもその流量の大部分は他の亀裂出口に再配分され、当初の総流量の約50%相当の亀裂を閉塞するまでは総流量に大きな変化は生じていない。なお、薄いグラウトを高圧で注入した場合と濃いグラウトを低圧で注入した場合は、総流量の変化率が異なっているが、これは流れが層流か乱流かの違いによるものと考えられる。

4. まとめ

グラウチングの施工効率を高めるためには、岩盤を壊さない範囲内で、短時間に多くのグラウトを注入する必要がある。今回の実験によれば、①亀裂中のグラウトの流れは、その濃度と流速によって層流状態と乱流状態に区別され、それぞれ異なる注入特性を示すこと、②濃いグラウトでも注入圧力を高めれば薄いグラウトと同様な流量で注入できることが確認できた。また、亀裂の閉塞に伴うグラウト流量の変化に関する知見も得られた。

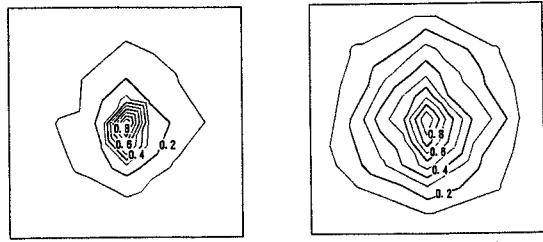


図-4 亀裂模型内の圧力分布

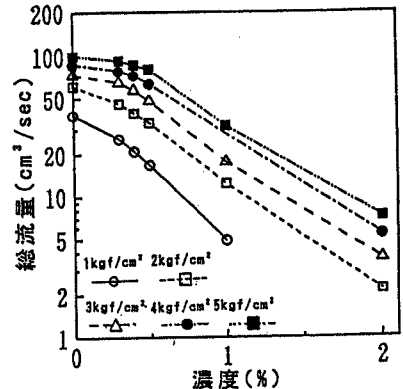


図-5 グラウト濃度と総流量の関係

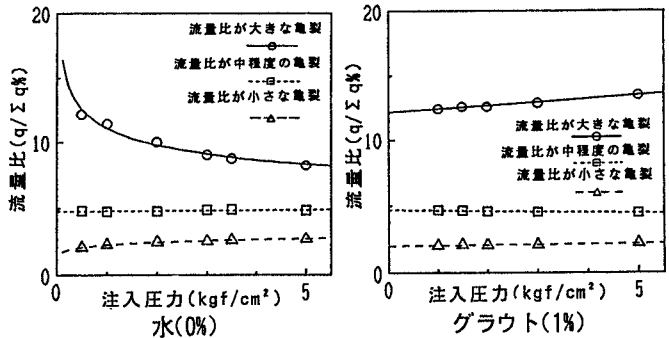


図-6 注入圧力と各亀裂出口の流量比の関係

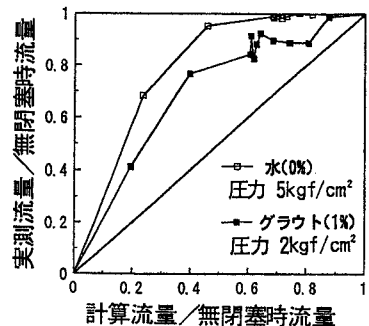


図-7 出口閉塞による総流量の変化