

## 低濃度岩盤注入工法に関する研究

藤田 一宏・竹本 憲充

### 1. はじめに

従来山岳トンネルにおける止水注入は、トンネル掘削を行う上で支障がない程度に湧水を抑制し、切羽の自立性等を改善することを目的に行われてきた。これら従来の止水注入は青函トンネルを始めてとして数多くの実績を有し、一定の技術が確立されている。

しかし、近年、環境問題に対する社会的注目度が高まる中で、山岳トンネルの施工においても、河川水、地表の湧水、地下水等の周辺水文環境への影響を抑制することを求められるケースが見られるようになってきた。このようなケースにおいては、より高い止水性能が必要となり、従来の止水注入では十分とは言えないのが現状である。このような現状を踏まえて、当研究所では清水建設（株）と共同で、山岳トンネル（岩盤）における止水注入の改良効果の向上を目的とした、低濃度岩盤注入の研究に取り組んでいる。

本報告は、低濃度岩盤注入の基礎実験の中間報告である。

### 2. 低濃度岩盤注入の概要

低濃度岩盤注入は、注入に用いる懸濁液の濃度を現行の最低濃度（1/10 程度）よりも大幅に薄くした懸濁液を用いる工法である。同工法は、懸濁液の濃度を 1/100 程度に下げることにより、現行の注入よりも微細な亀裂に対する注入材の充填性を改善し、また、現行の注入と併用することにより、岩盤全体の止水性をさらに向上させることを目的としたものである。

### 3. 低濃度岩盤注入実験

#### 3.1 低濃度懸濁液沈降試験

現行の注入の最低濃度は 1/10 であるが、実際の注入時には材料分離により、懸濁液の濃度は 1/10 よりも高濃度になっている可能性があり、微細亀裂への浸透性が妨げられると考えられる。そこで、低濃度懸濁液と現行の懸濁液の沈降試験を行った。

写真 - 1 は、細粒スラグ（ブレン値 6000c m<sup>3</sup>/g 級）の濃度（C/W）を 1/2, 1/10, 1/30, 1/50, 1/100, 1/250 とした懸濁液をメスシリンダー内で 60 分静置したものである。濃度 1/2 ~ 1/50 については、30 分後には凝集作用により全粒子が急速に沈降し、上部がほぼ清水となったが、1/100 以下の濃度では、写真に示すように、60 分を経過しても懸濁液全体に濁度が確保されている様子が、目視でも確認できる。さらに 3 時間経過した時点でも濁度の変化はほとんどみられなかった。これは、1/50 程度以上の濃度では、凝集作用により沈澱が急速に進むのに対し、1/100 以下の低濃度では懸濁液がコロイドの特性を有し、ブラウン運動により沈殿が生じにくくなるものと考えられる。この結果は、濃度 1/100 程度以下の低濃度懸濁液は孔内で長時間分散し、微細な亀裂に対する浸透性を長時間維持する可能性を示唆するものである。

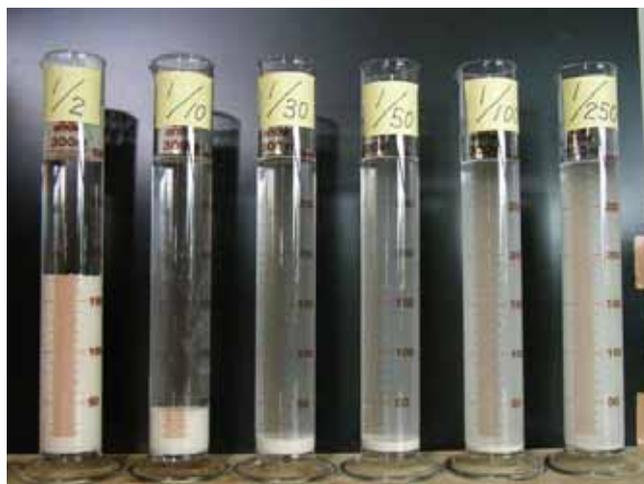


写真 - 1 懸濁液の沈降状況（60分経過後）

### 3.2 スリットモデル注入実験

#### (1) 概要

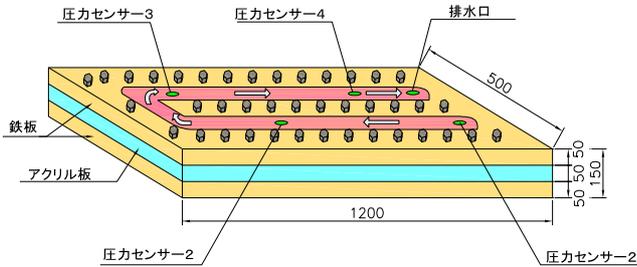
低濃度岩盤注入の岩盤の微細亀裂への浸透性を確認するために、岩盤の微細亀裂を模したスリットモデルを用いた注入試験を行った。図 - 1 に実験装置を示す。

スリットモデルは厚さ 50 mm の鉄板表面に水平幅 80mm、深さ 60 μm の溝を掘込み微細亀裂をモデル化した。注入延長（注入口中心～排水口中心）は 1985 mm である。懸濁液のスリット内への浸入状況を観察できるように、スリットと同一形状の開口部を設けた。溝の中央には、50mm おきに幅 12mm、長さ 50mm、厚さ 60 μm のスペーサを配置し、全区間においてほぼ 60 μm のスリット幅が確保されるようにした。また、試験中の注入状況の観察以外に、スリット内の圧力分布を計測できるように、スリット経路に約 60cm ピツ

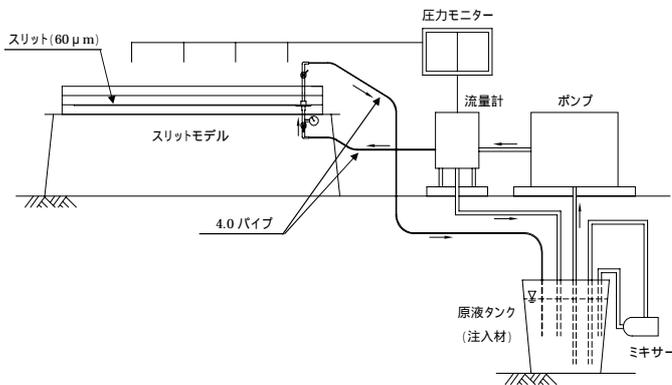
チで圧力計を設置した。なお、今回の基礎実験では、前項で示した細粒スラグ（以降 S60 と称す）を注入材として使用した。

(2) 実験結果

濃度が 1/10 と 1/100 の S60 の懸濁液についてスリ



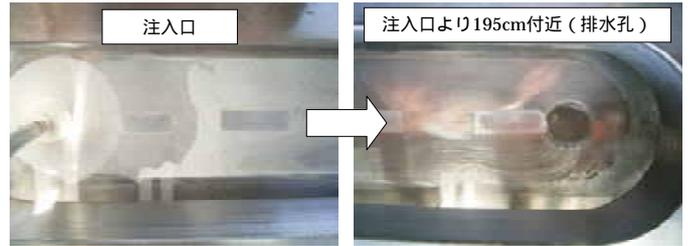
[スリットモデル]



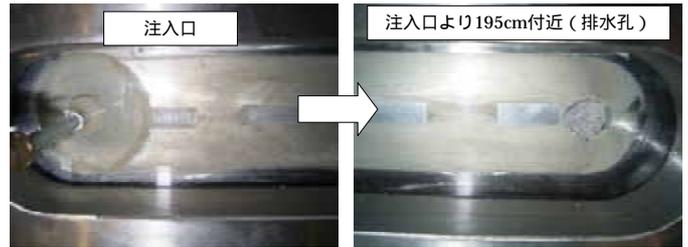
[注入システム]

図 - 1 注入試験装置

ットモデルへの浸透性を比較した。写真 - 2 に実験結果の一例として、S60 を 0.6Mpa で注入した結果を示す。写真より、高濃度 (1/10) の注入では、40 分の注入時間を経ても、排水口付近では、筋状に材料の流れた跡がみられるのみであるが、低濃度 (1/100) では、注入開始から 10 分ですでに材料が排水口に達しており、スリットのほぼ全幅にわたって材料が行き渡っていることがわかる。さらに、低濃度グラウトの止水性を確認するため、注入圧力よりも高い 0.75Mpa にて排水口から水を逆注入した結果、注入口からの排水は無く、安定した止水効果が得られていることが確認された。



(a) 40 分経過後 (濃度 : 1/10)



(b) 10 分経過後 (濃度 : 1/100)

写真 - 2 注入状況の比較 (注入材 : S60)

4. まとめ

沈降試験により、低濃度の懸濁液が材料分離しにくく、安定した濃度で注入を行える可能性があることが確認された。また、スリットモデル注入実験により、現行の注入よりも低濃度注入の方が、微細亀裂への注入材の浸透性が優れることを確認した。

以上のように、今回の基礎実験により、岩盤注入の止水性の向上について低濃度注入の有効性の一端が確認された。今後はさらに研究を重ね、より適切な注入圧、注入材等を把握し、低濃度注入の基本仕様の設定を行うとともに、実現場での試験施工を行い、実際の岩盤における有効性を確認したい。

[著者紹介]

藤田 一宏 (ふじた かずひろ)  
 社団法人日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所 研究第一部 研究課長

竹本 憲充 (たけもと のりみつ)  
 社団法人日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所 研究第三部 研究員