

エタノール・ベントナイトスラリーによる模擬トンネル目詰まり確認試験（その2）

清水建設（株）技術研究所 正会員 ○白石 知成

1. はじめに

筆者は、長期耐久性を有するグラウト材料としてのエタノールベントナイトスラリーの適用性評価のため、室内での模擬割れ目に対する注入試験を実施した。¹⁾ 本材料はエタノールが岩盤内へ拡散消失することによって材料の粘度が増加する現象をグラウト材として活用するものである。よりリアルな試験装置にするため、岩石材料を考慮できるように改良した。ここでは改良した試験装置による注入試験結果およびスラリーの適用性向上のための注入方法に関する知見について報告する。

2. 試験の目的

本試験の目的を以下に示す。

- ① トンネルと直交する模擬割れ目に対するグラウト材としての止水性能の確認
- ② 効果的な注入方法に対する知見の取得

3. 試験装置の改良

前報告では図-1に示すような透明塩ビ板2枚による模擬割れ目へのスラリー注入試験を実施した。

しかし、スラリーの粘度増大が不十分なために生じたと考えられる水みちが発生した。主な原因としては、塩ビ板のみによる割れ目であり、エタノールの拡散消失効果が不十分であったためであると考えられた。実際には岩盤基質部への拡散が卓越すると考えられるため、試験条件として適切ではなかったと言える。

改良型試験装置では、岩盤へのエタノールの拡散現象を考慮するために図-2に示すように塩ビ板の間に厚さ2cmの砂岩（来待砂岩）を設置することとした。

砂岩は重量の関係から4枚の石板を組み合わせ接着することにより塩ビ板内に設置した。これにより、模擬割れ目は上面塩ビ板と岩石との隙間として設定することができるようになった。

割れ目開口幅については、0.2~0.4mm程度である。岩石の凹凸の影響により、厳密な平行平板モデルではない。これは注入したスラリーの岩盤へのエタノール濃度拡散によるスラリーの粘性上昇、止水性能についての確認を主な目的とした設定である。

4. 注入試験および結果

a. 流水中でのスラリー注入試験（単一孔注入の場合）

模擬トンネルでの真空ポンプによる吸引圧力を0.02~0.06MPaに維持した状態で、模擬割れ目内に流動場を形成した場合において、単一孔からのスラリー注入では局所的な水みちの発生により、スラリーが模擬トンネルから流出してしまう現象が確認された。（図-3：試験装置の全体図については前報告¹⁾参照）

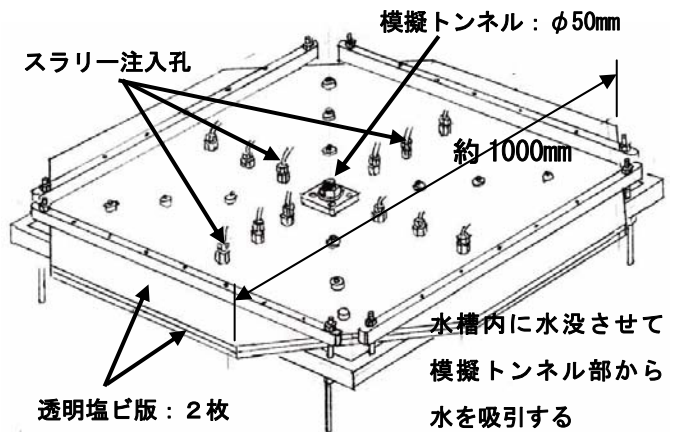


図-1 模擬トンネル目詰まり試験装置

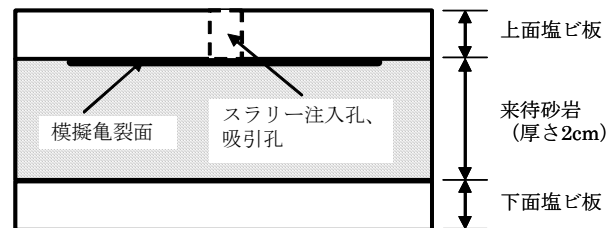
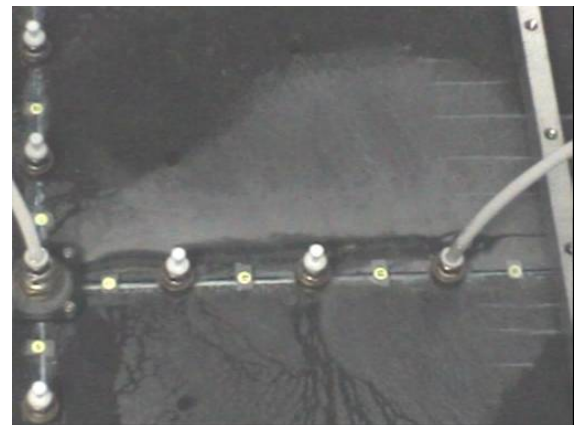


図-2 試験装置断面図

図-3 スラリーの流亡現象（単一注入）
（液固比=2:1スラリー使用）

キーワード グラウト、湧水対策、ベントナイト、エタノール、スラリー、室内試験

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL(03)3820-8428

b. 流水中でのスラリー注入試験（複数孔注入の場合）

複数孔から同時にスラリーの注入を行った場合、単一孔注入と同様に局所的な水みちからの流出が発生するものの、水みち以外の水の流動が緩慢な領域にはスラリーが滞留し、ほとんど流出しないことがわかった。（図-4）

これらより、スラリーがある程度滞留し、エタノールの拡散消失効果により粘性が上昇すれば、亀裂内のスラリーのせん断抵抗が増すため、スラリー自体は流出しにくくなるはずである。

c. スラリー粘性上昇確認試験

スラリー中からのエタノールの拡散消失（水との置換）による粘性上昇、せん断抵抗性の上昇を確認するために、あらかじめ模擬亀裂内にスラリー（液固比=2:1、ベントナイト密度：約 $0.4\text{Mg}/\text{cm}^3$ ）を注入し、水没させたまま1週間放置した後に模擬トンネルから真空ポンプによる吸引（吸引圧力:0.02～0.06MPa）を行う試験を実施した。（図-5, 6）

本試験より以下のことがわかった。

- ①前報告とは異なり、放置期間中にスラリー内にスラリーの固相液相分離による水みちの発生はなかった。岩石へのエタノールの拡散消失の効果であると考えられる。
- ②吸引圧力が0.06MPa程度で水みちが発生し、スラリーの流出現象が確認された。流水中での注入試験との比較から、スラリーの粘性上昇によるせん断抵抗の増加を確認できたと考えられる。

試験後、模擬亀裂からスラリーを回収し、エタノール濃度を計測したところ、初期濃度58wt%であったエタノール濃度は約10wt%まで低下していた。液固比は初期の2:1が約3:1程度となっており、ベントナイト密度は低下した。この原因は、エタノールと水の置換に伴う吸水膨潤によるものと考えられる。

5. 試験結果の考察

本試験結果より、岩盤基質部へのエタノールの拡散によりエタノール濃度が低下すること、エタノール濃度低下によりスラリーの粘性が上昇し、せん断抵抗が増加するものの、ベントナイト密度は低下することがわかった。

実施工条件を考慮すると本試験で使用したベントナイト密度のスラリーはせん断抵抗性が小さい。グラウト材としての低透水性、せん断強度を期待するにはスラリーのベントナイト密度上昇を促進できる注入方法が必要であると言える。

6. 実際のグラウト注入施工を考慮した今後の課題

実施工への適用性を考慮すると、スラリー密度上昇のための施工方法の設定（初期スラリー密度が高い条件での注入装置開発、注入後の岩盤内スラリーの密度上昇のための施工方法開発）が本研究の課題である。

参考文献

- 1) 白石：エタノール・ベントナイトスラリーによる模擬トンネル目詰まり確認試験，土木学会第60回年次学術講演会，3-313，平成17年9月．

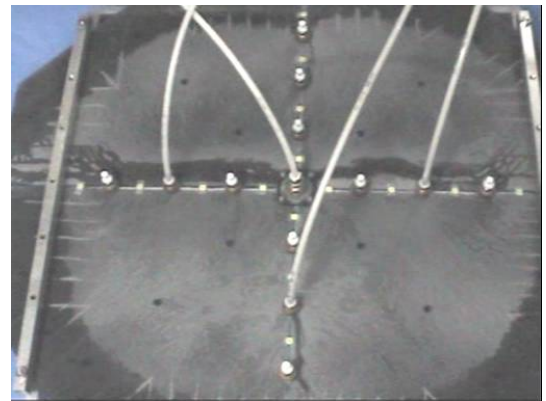


図-4 スラリーの流亡現象（複数注入）
（液固比=2:1スラリー使用）

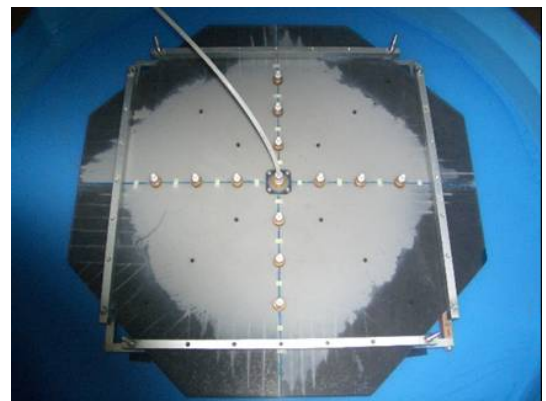


図-5 スラリー注入後の状況
（液固比=2:1スラリー使用）

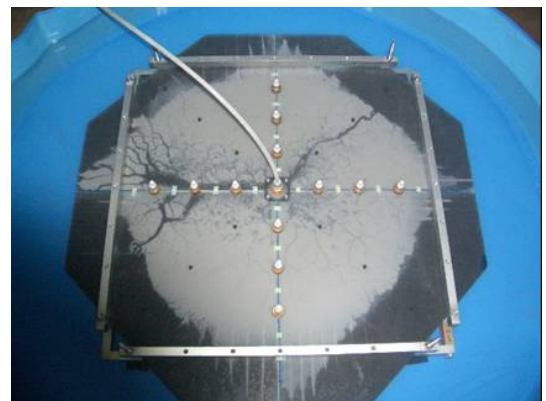


図-6 吸引中のスラリー状況
（水みち発生状況）