

エタノール・ベントナイトスラリーによる原位置岩盤内注入試験

－ その1：注入試験条件、事後計測結果 －

清水建設(株) 正会員 白石 知成 正会員 岩佐 健吾

1. 目的

放射性廃棄物処分においては長期耐久性が求められることから、岩盤の遮水性改善に対して粘土系の材料によるグラウト工法の適用が望ましい。中島ら¹⁾はエタノール・ベントナイトスラリーの原位置での地表からの岩盤内注入試験を行い、従来の注入装置による施工が可能であること、セメントミルクと同等の遮水性改善効果があることを確認した。ここでは、既存の坑道内湧水亀裂に対するエタノール・ベントナイトスラリーの原位置注入試験条件および結果、その後の事後計測結果について報告する。

2. 原位置特性

原位置試験については、奥多摩工業(株)の三ツ又鉱山における石灰岩中の湧水亀裂を対象とした。

図-1に試験ヤードの概要図を示す。坑壁にて確認できる湧水量が約2(l/min)の亀裂に対するスラリーの注入を計画した(図-1中のA点が湧水ポイント)。なお、坑内でのエタノール使用のため換気設備を設置した。

図-2に注入孔として削孔した4本のボーリング孔配置と想定される亀裂位置を示す。単一亀裂を想定していたが、石灰岩特有の亀裂充てん物(方解石、粘土)の影響のため、No.1孔～No.3孔では想定した亀裂の連続性が確認されなかった(図-3にコア写真の例を示す。)。このため、透水試験時に湧水箇所との連続性が確認された湧水亀裂近傍のNo.4孔(止水目的)、透水試験時に表面からリークが見られたNo.3孔(坑壁近傍のゆるみ域(EDZ)への注入目的)、非常に透水性が小さい(1ルジオン以下)No.1孔、No.2孔(ベントナイトスラリーによるボーリング閉塞目的)に対して注入試験を実施した。

なお、湧水箇所については、スラリー流出を考慮し、表面処理(導水設備、透水シートの設置)を行った。

3. 使用材料、使用設備

ベントナイトはクニミネ工業社製クニゲルV1(国内産Naベントナイト、50%粒径10 μ m)、エタノールは、変成剤として硫酸アンモニウム0.8wt%、亜硫酸ナトリウム0.2wt%を混合した58wt%水溶液を用いた。

注入設備としては、通常のグラウトミキサー(縦型2槽)、グラウトポンプ(3連ピストンポンプ)を用いた。

スラリー濃度に関しては、液固比(エタノール:ベントナイト)=4:1、2:1、1.5:1を設定した。それぞれのスラリーの比重は1.15、1.22、1.34、乾燥密度は約0.2、0.4、0.5(Mg/m³)となる。

4. 注入試験条件および結果

a. No.4孔(湧水亀裂への注入)

先端部0.5m区間より最大注入圧力0.3MPaで液固比=4:1から段階的に濃度の濃いスラリーの注入を開始した。湧水箇所からスラリーが流出するものの液固比=2:1程度の注入時に湧水部、坑壁からのリークが止まり、一時的に止水することができた。ベントナイトの注入量は全体で約340kgであるが、湧水部からの流出量を把握できなかったため、岩盤中への注入量は特定できていない。また、翌日の段階で湧水部設備より湧水が発生していた。

b. No.3孔(ゆるみ領域への注入)

先端部1.0m区間より最大注入圧力1.0MPaで液固比=4:1および2:1を注入した。表面亀裂からのリークが観察されたが、濃いスラリーの注入時にはリーク量が減少したことから、ダメ押しと判断し、注入を終了した。

c. No.1,2孔(ボーリング孔閉塞確認)

それぞれ先端部6.0m、4.0m区間より最大注入圧力1.5MPaで液固比=4:1を注入した。ベントナイト注入量7.1kg、4.1kgの注入でダメ押しと判断し、注入を終了した(ボーリング孔内の充てんには十分な注入量と判断した)。

キーワード グラウト注入、湧水対策、ベントナイト、エタノール、スラリー、原位置試験

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

5. 事後計測項目、結果

湧水量の計測点および経時変化を図-4, 5に示す。注入直後において計測点Aでの湧水は一旦止まったものの、試験終了数時間後に湧水が再発生し注入前よりも増加する傾向が観測された。他の計測点 (B, D点) ではほとんど変化がないことから、湧水点Aでは水圧上昇に伴うパイピングにより水みち発生したこと、スラリー注入による効果で動水勾配が大きくなったことによることが想定される。

湧水中のエタノール濃度に関しては、No. 4 孔の注入時、注入直後においてもリーク材料のエタノール濃度は約 17%であり、地下水との混合により希釈したと考えられる。No. 3 孔の注入時に表面からリークしたスラリーは 50%以上であり、地下水による希釈はなくほぼ注入材料 (58%濃度) が直接リークしていると考えられる。なお、湧水箇所A点では注入翌日の段階で 0.1%、以降は 0.01%未満のエタノール濃度しか観測されなかった (他の湧水箇所B, D点では、注入中においてもエタノール濃度 0.01%未満であった)。

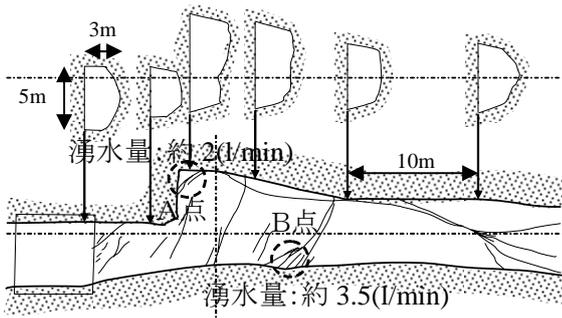


図-1 試験ヤードの概要図 (平面、断面、亀裂分布)



図-3 コア写真の例 (No.2孔の一部)

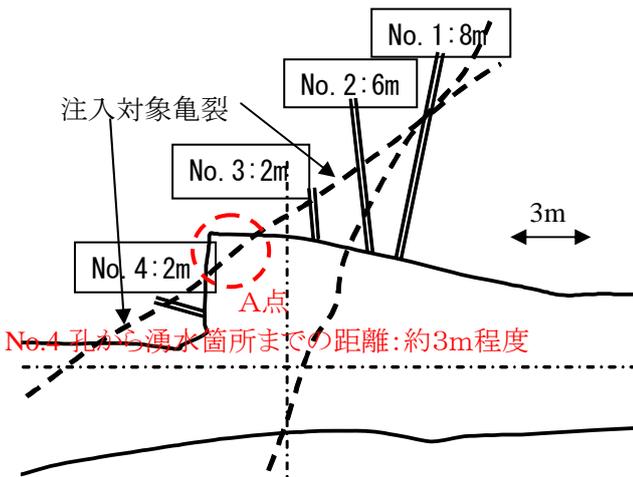


図-2 注入孔配置平面図

表-1 ボーリング数量

孔名	孔口レベル (m)	延長 (m)	角度 (°)	水平方向長 (m)
No.1	0.33	8.00	- 15	7.73
No.2	1.53	6.00	+ 15	5.80
No.3	1.58	2.00	+ 15	1.93
No.4	2.04	2.00	+ 25	1.81

※掘削孔径: φ66 (コア径: φ50)

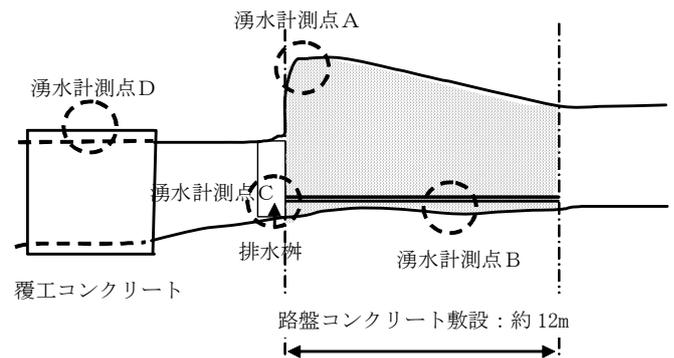


図-4 湧水計測点平面図

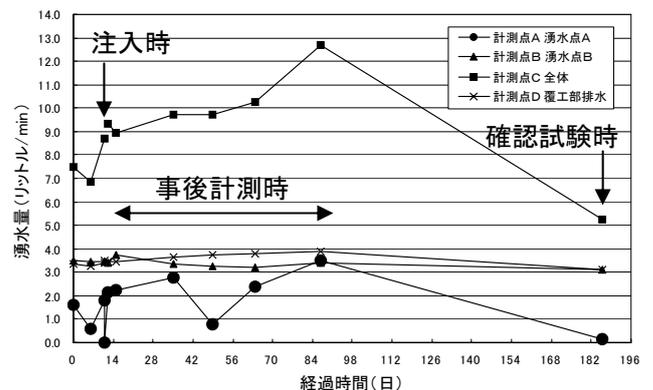


図-5 湧水量の経時変化図

参考文献

- 1) 中島、浅田ら：エタノール／ベントナイトスラリーの岩盤亀裂注入現場実験，第 38 回地盤工学研究発表会，591, G-07, 2003 年 7 月
- 2) 岩佐、白石：エタノール・ベントナイトスラリーによる原位置岩盤内注入試験－その 2：確認試験結果－，平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会，2006 年 3 月