

瑞浪超深地層研究所深度 500m におけるポストグラウチング技術 (その4)

— 新しい技術の有効性評価 —

清水建設株式会社 正会員○辻 正邦 正会員 小林 伸司
 日本原子力研究開発機構 正会員 正会員 見掛 信一郎 正会員 佐藤 稔紀
 清水・鹿島・前田特定建設工事共同企業体 江口 慶多 正会員 栗田 和昭

瑞浪超深地層研究所では、深度 500m 研究アクセス南坑道掘削後にポストグラウチングを実施した。本稿では、適用した技術に係る改良効果に基づく有効性評価、施工前後の湧水抑制効果とその評価について報告する。

1. 透水性低減効果の評価

(1) 注入範囲の比較評価：プレグラウチング範囲の外側の改良⇔重複範囲の改良

各リングのチェック孔の平均ルジオン値をプレグラウチング範囲の外側範囲と重複範囲で比較した結果を図-1 に示す。No.1 リングは注入材料、No.2 リングは注入方式の異なる仕様を組み合わせたことから No.3 リング以降に着目すると、外側の方が重複範囲より透水性が低く改良効果が高いと言える。また、重複範囲の改良では注入次数の増加による透水性の低減効果が低かった。これは、表面リークが発生する孔などで当初の仕様で注入ができず、「パッカーの深部設置」「複合動的注入の制御」「短いゲルタイムに配合変更」(その3の3.(1)参照)などの処置により十分な止水ゾーンが形成できなかったことが要因として挙げられる。

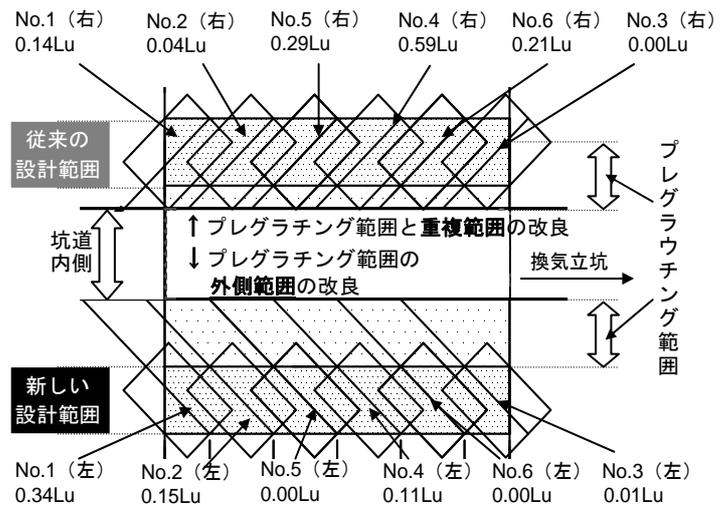


図-1 各リングのチェック孔の平均ルジオン値の比較

(2) 注入材料の比較評価：溶液型グラウト⇔超微粒子セメント

No.1 リングでは3次孔から溶液グラウトと超微粒子セメントを併用した。適用材料別の3次孔以降のルジオン値の比較を表-1 に示す。溶液型グラウトの適用箇所の方が超微粒子セメントのみで改良した箇所より最終ルジオン値が低くてルジオン値の低減効果が高く、溶液型グラウトの適用が有効であったと言える。更に、図-2 に示す超微粒子セメントの注入実績(ルジオン値と単位セメント注入量との相関図)によると、今回のポストグラウチングでは注入次数の増加によりルジオン値の分布が狭い範囲に推移することが判明した。すなわち、注入次数を増やしても 0.2Lu 程度以下の孔が出現する可能性は低く、超微粒子セメントの改良では孔数を増やしても止水効果が望めないことが示唆された。

表-1 注入材別のルジオン値の推移 (No.1 リング)

ルジオン値	超微粒子セメントのみ適用箇所	溶液型グラウト適用箇所
3次孔平均値	0.47Lu	0.34Lu
チェック孔平均値	0.42Lu	0.19Lu

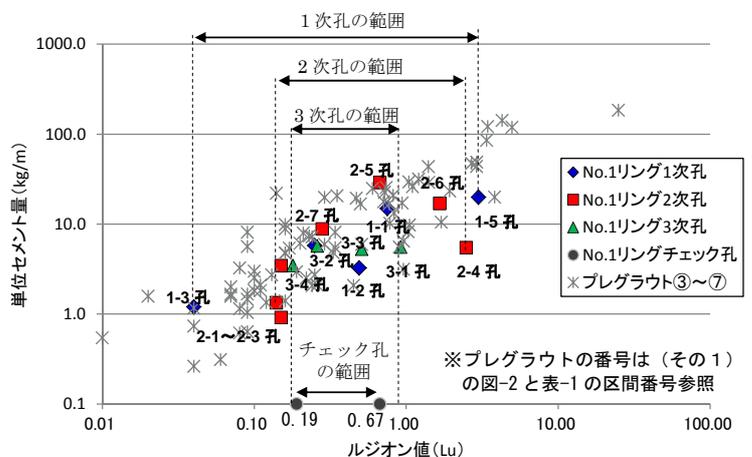


図-2 ポストおよびプレグラウチングにおける超微粒子セメントの注入実績：ルジオン値と単位セメント注入量との比較

キーワード ポストグラウチング, グラウト施工評価, 大深度, 高水圧, 溶液型グラウト, 複合動的注入
 連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設株式会社 TEL03-3561-3919 FAX03-3561-8673

(3) 注入方式の比較評価：複合動的注入⇔静的注入

静的注入と複合動的注入を比較した No. 2 リングにおいてチェック孔の平均ルジオン値を比較し、静的注入の場合 (0.15Lu) より複合動的注入の場合 (0.04Lu) の方が低いことから複合動的注入が有効であった。更に、図-3 に示すルジオン値と溶液型グラウトの単位注入量の相関図によると、複合動的注入適用時は 0.10Lu 以下の低ルジオン領域において十分な注入量が確認できる。このため、浸透距離の増加すなわち改良効果の向上に有効であったと言える。

2. 湧水抑制効果の評価

図-4 に示す通り今回のポストグラウチングによる湧水量の低減率は 68% であり (その 2) で示した事前予測の 40% より大きい値となった。この要因として、溶液型グラウトによる改良効果が十分に高かったこと、複合動的注入の導入により浸透距離が理論解析より向上したこと、リングを内挿する順番で施工したことが効果的であったこと、理論式による湧水予測が安全側に算出される可能性があること、などが挙げられる。

また、対象区間の湧水量が減少した一方で、対象区間外の湧水量は合計で 9.1L/分増加した。この原因として今回の施工により、対象区間外へ地下水が回り込んだことが考えられる。更に、端部の No. 1 リングに滴水が比較的多く残ったことから、連続するポストグラウトリングを施工する時は、端部のカバーロック注入や水みちが途切れる区間まで施工区間を延長 (リングの追加) することが今後の対策として考えられる。

3. まとめ

深度 500m の研究アクセス坑道では、先行ボーリング調査に基づいて設計したプレグラウチングを実施し、その一部の区間において新しい技術「プレグラウチング範囲の外側の改良」「溶液型グラウト」「複合動的注入」を取り入れたポストグラウチングを設計施工した。これらの新技術は有効性が高く、課題が多く湧水抑制が難しいとされるポストグラウチング工事において湧水量を 7 割近く低減できたことは大きな成果である (施工区間長 16.2m あたり 35.3L/min→11.3L/min)。今回のポストグラウチングは、比較評価のリングを設けてリング内の注入範囲を変えるなどの検討を実施する設計施工であった。このため、全てのリングで最適な仕様を実施した場合や、プレグラウチングから溶液型グラウト・複合動的注入を適用した場合は、更なる改良の余地があったと考えられる。今後は、湧水量予測技術 (理論解析) の高度化も含めて、引続き大深度における湧水抑制対策の技術開発を行う予定である。

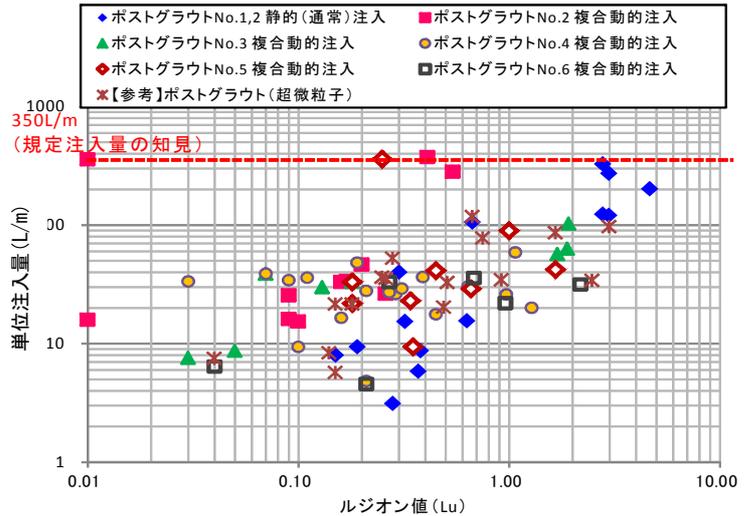


図-3 深度 500m のポストグラウチングにおける溶液型グラウトの注入実績：ルジオン値と単位注入量の比較

計測日時	区間湧水量 (L/分)			区間 A~C 合計湧水量 (L/分)	備考
	区間 A 【奥側】	区間 B 【施工対象区間】	区間 C 【換気立坑側】		
H.26.7.11 (金) ~H.26.7.14 (月)	36.1	35.3	27.6	99.0	施工開始前の週末
H.26.9.26 (金) ~H.26.9.29 (月)	38.5	11.3	34.3	84.1	施工終了後の週末
施工前後の増減	+2.4 (+7%)	-24.0 (-68%)	+6.7 (+24%)	-14.9 (-15%)	区間 B 以外では +9.1L/分

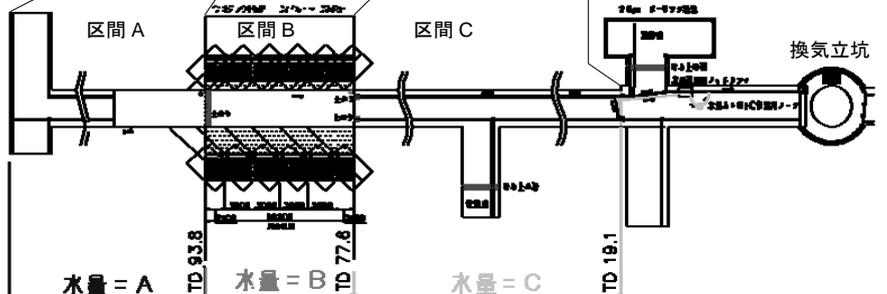


図-4 ポストグラウト工事による区間湧水量の変化