

瑞浪超深地層研究所における大深度のポストグラウチング技術 — 新技術を導入した設計，施工実績，湧水抑制効果の評価について —

辻 正邦^{1*}・小林 伸司²・佐藤 稔紀³・見掛 信一郎⁴

¹清水建設株式会社 土木技術本部 バックエンド技術部（〒104-8370 東京都中央京橋二丁目16-1）

²清水建設株式会社 土木技術本部 設計第一部 基盤設計グループ（同上）

³国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター 堆積岩地質環境研究グループ
（〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進432番）

⁴国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター 施設建設課
（〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内1-64）

*E-mail: tsujimas@shimz.co.jp

瑞浪超深地層研究所では，湧出する地下水とその排水処理費の低減および安全施工の観点から研究坑道掘削時に坑道周辺のプレグラウチングを実施している．特に大深度地下では，高水圧と低透水性岩盤といった既往の実績がほとんどない条件下であることから，グラウチング技術の開発を行いながら坑道掘削を進めてきた．深度500mの研究アクセス南坑道では，プレグラウチングを実施しながら掘削を行い，掘削完了後の一部区間を対象にポストグラウチングの設計施工を実施した．本論文では，最新技術を採用した当該のポストグラウチングの設計および施工実績の概要について紹介するとともに，一連のグラウチングによる大深度における湧水抑制効果の評価について報告する．

Key Words : rock grouting, post-excavation grouting, water inflow, deep underground, high pressure, colloidal silica grout, dynamic grouting, Mizunami Underground Research Laboratory

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は，高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の基盤となる深地層の科学的研究を行うため，岐阜県瑞浪市において花崗岩を主な対象とした瑞浪超深地層研究所を建設した¹⁾．本研究所は2本の立坑（主立坑，換気立坑）及び水平坑道で構成されており，平成26年2月に深度500mにおける掘削が完了した（図-1）．坑道掘削にあたっては，湧水の排水処理費軽減と安全施工の観点から，湧水抑制対策としてプレグラウチングを実施するとともに，注入材料や注入範囲等に関する技術開発を行ってきた²⁾³⁾．深度500m研究アクセス南坑道では先行ボーリング調査をもとにプレグラウチングの設計施工を実施した．その結果，合理的な掘削が可能となり，適用したグラウチング技術が3.5MPa以上の高水圧かつ低透水性岩盤といった既往実績がほとんどない条件下において有効であったと評価することができた⁴⁾⁵⁾⁶⁾．

深度500mの坑道掘削完了後に，さらなる湧水抑制を可能とする技術の実証を目的として，プレグラウチング

時の注入量が多く，ヘアークラックが密集し滴水等の湧水発生箇所が比較的多い区間を対象に，新技術を導入したポストグラウチングの設計施工を実施した⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾．

本稿は，当該のポストグラウチング技術を取りまとめて紹介するとともに，一連のグラウチングによる大深度における湧水抑制効果について報告するものである．

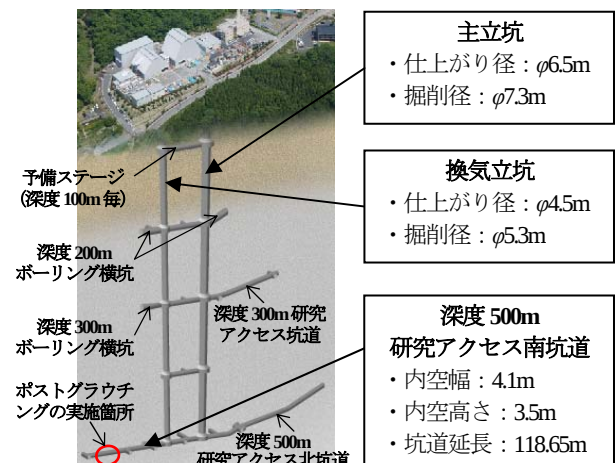


図-1 瑞浪超深地層研究所のレイアウト

2. 新しい技術を導入したポストグラウチング設計

(1) 対象坑道の地質およびプレグラウチング結果

深度500m研究アクセス南坑道では、掘削に先立ちボーリング調査を実施して電研式岩盤分類でB級、CH級、CM級の堅硬な花崗岩が認められた。B級区間では湧水が確認できず、CH級区間では湧水が確認でき地山透水係数を $2.1 \times 10^{-7} \text{m/sec}$ と推定し、CM級区間では明瞭な開口割れ目やヘアークラックの密集部とともに大量の湧水が確認でき透水係数を $2.3 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ と推定した（表-1）。本坑道に湧水抑制対策を実施せずに掘削した場合、CH級区間で約300L/分、CM級区間で約2,500L/分に及ぶ大量湧水の発生を予測した。同坑道全体の許容湧水量を300L/分と設定したことから、プレグラウチングを必要と判断し、超微粒子セメントを用いて合理的なプレグラウチングを実施した。掘削後は、一部の区間に少量の湧水や滴水が残るものの（図-2）、坑内の総湧水量が合計200～220L/分となり許容湧水量300L/分を満足した。また、チェック孔の透水性は総じて超微粒子セメントによる改良限界である0.2Lu（瑞浪での既往実績）以下となり、総湧水量から全改良範囲の平均的な透水係数を逆算したところ、同じく0.2Lu未達すなわち $2.6 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ 未達（表-1）であることが分かった。この値は、改良前のCM級区間より2桁、CH級区間より1桁低く、適用した大深度のプレグラウチング技術が高水圧と低透水性岩盤の条件下において有効であったといえる。

表-1 深度500m研究アクセス南坑道における地質概要
およびプレグラウチング効果の概要

岩盤分類	B級	CH級	CM級
区間延長	12m	54m	41m
先行ボーリング調査時の総湧水量	0L/分	163L/分	1,366L/分
推定した透水係数	-	$2.1 \times 10^{-7} \text{m/sec}$	$2.3 \times 10^{-6} \text{m/sec}$
プレグラウチングしない場合の予測湧水量	0L/分	約300L/分	約2,500L/分
実測湧水量	200～220L/分		
全グラウト改良範囲の理論上の平均透水係数（実測湧水量から逆算）	-	$2.6 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ 未達	

単位セメント

注入量：4,157kg

9,330kg

2,012kg

377kg

3,617kg

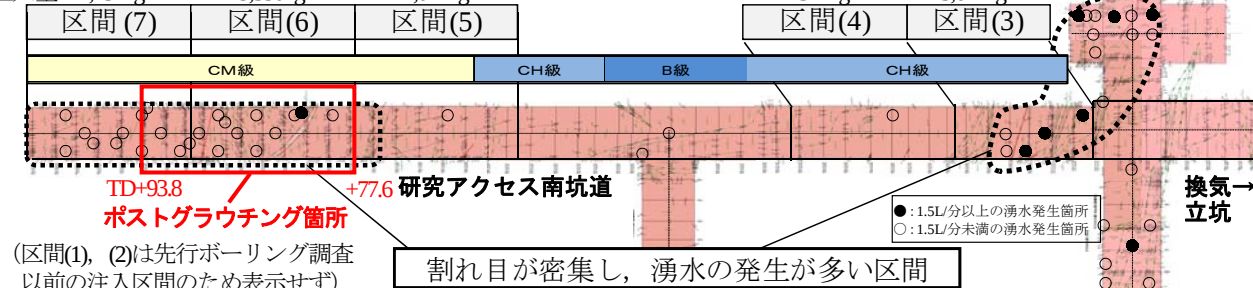


図-2 各プレグラウト区間のセメント注入量、湧水発生箇所（坑道底盤の地質スライス図に投影）、ポストグラウチング実施箇所

(2) ポストグラウチング箇所の選定

本坑道に適用したプレグラウチング技術は有効であったが、さらなる湧水抑制を可能とする技術の実証を目的としてポストグラウチングを計画した。

ポストグラウチングの施工位置として、プレグラウチング時のセメント注入量が最も多く、ヘアークラックが密集して滴水等の湧水発生箇所が比較的多いプレグラウチング区間(6)を覆う形となる、TD+77.6～93.8の16.2m区間を選定した（図-2）。

ポストグラウチングの施工前に計測した区間湧水量は35.3L/分であった。プレグラウチング時に適用した湧水量の予測式⁹⁾を用い、選定した16.2m区間における「プレグラウチング改良範囲の透水係数」を逆算すると、 $9.2 \times 10^{-9} \text{m/sec}$ (0.071Lu) となった。

(3) 新しい注入技術の概要

実績の少ない大深度の岩盤におけるポストグラウチングの設計にあたり、国内外の文献調査を実施した。その結果、ポストグラウチングはプレグラウチングより動水勾配が大きい条件で実施する必要があるため亀裂内部の未固結のグラウト材が湧水圧により流出しやすいこと、岩盤深部に浸透しにくいこと、表面リークが発生しやすいこと、さらには壁面に近いため安全上の観点から注入圧を上げられないこと（非効率）などの問題点が判明した。また、それと同時に有効と考えられる対策技術を抽出した⁹⁾。それらを踏まえ、本設計では効果的かつ効率的な施工および今後のグラウチング技術の高度化に資するため、抽出した中から止水性向上に向けて優先度が高いと判断した「注入範囲」「注入材料」「注入方式」に関する新しいグラウチング技術を採用した。以下に、それぞれの概要について示す。

a) 注入範囲：プレグラウチング範囲の外側範囲

先行ボーリング調査結果や坑道掘削時の壁面観察結果から対象範囲に特定の方に卓越した亀裂がみられないことから、ポストグラウト孔の削孔角度は既往知見¹⁰⁾に基づきプレグラウト孔と逆向きに孔壁に対して45°に設定した。また、注入範囲はプレグラウチング範囲の外側範囲を改良することを基本とした（図-3）。

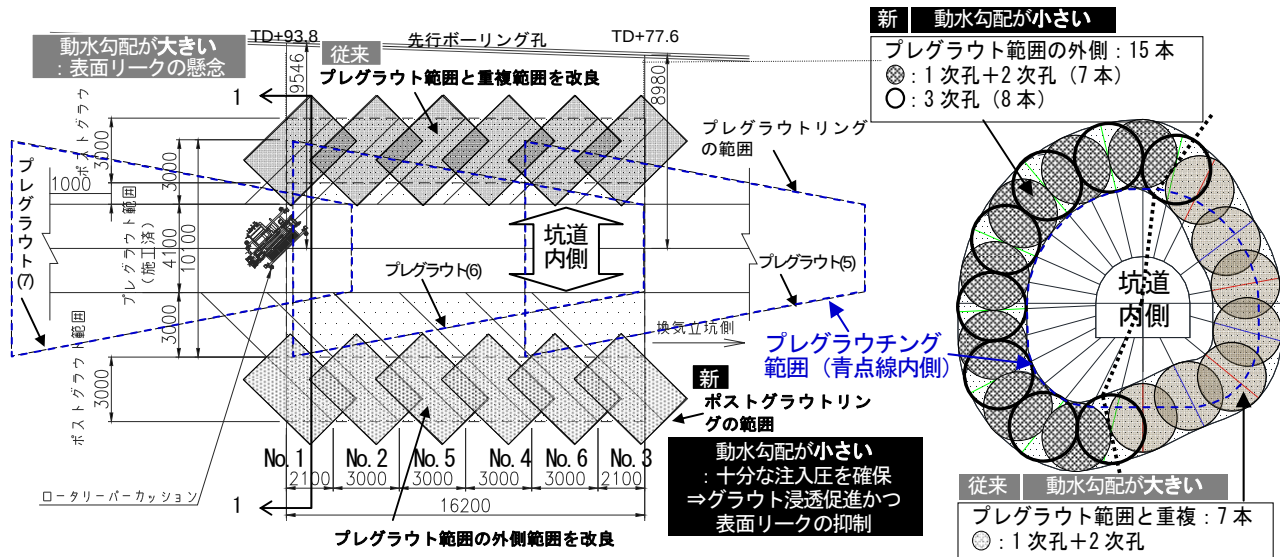


図-3 ポストグラウチングのリング配置図 (左：平面図, 右：横断面図 (1-1断面))

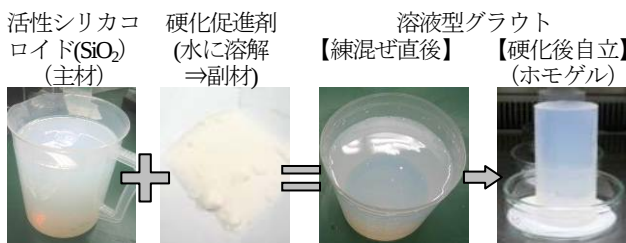


図-4 活性シリカコロイドを用いた溶液型グラウトの概要

これは、動水勾配の小さい外側を改良することで、十分な注入圧が確保でき、グラウト材の浸透促進と表面へのリーク抑制を両立させる設計思想である。さらに本工事では、断面内の右側半分（先行ボーリング孔側）は従来通りプレグラウチング範囲と重複する範囲を改良し、外側範囲と重複範囲のそれぞれの効果を比較評価できる仕様とした（図-3）。なお、本稿では同一断面の注入で形成する輪状の止水ゾーンをリングと定義する。今回はNo.1～6リングの連続6リングの設計である。

b) 注入材料：溶液型グラウト

プレグラウチングではセメント粒子が浸透できる亀裂を改良できたと評価したことから、ポストグラウチングではセメント粒子が浸透できない亀裂の改良を目的として、深度300mでの試験実績があり²⁾、浸透性および耐久性の高い活性シリカコロイドを用いた溶液型グラウト（パーマロックAT-30、シリカ濃度30wt%の高強度型）を採用した（図-4）。本材料は、硬化促進剤の調整により数分～数時間のゲルタイムの設定が可能である。

ポストグラウチングで設定する溶液型グラウトのゲルタイムは、リーク防止の観点から極力短いものが望ましい一方、十分な改良ゾーン形成（浸透距離確保）の観点からは長時間注入が可能な長いものが望ましい。このことから、北欧で採用されている溶液型グラウトのゲルタイムに依存する浸透理論¹²⁾を用いて各ゲルタイムにおける浸透距離を照査した。その結果、注入圧5MPa（湧水圧+1.5MPa）として「35分以上」のゲルタイムを設定す

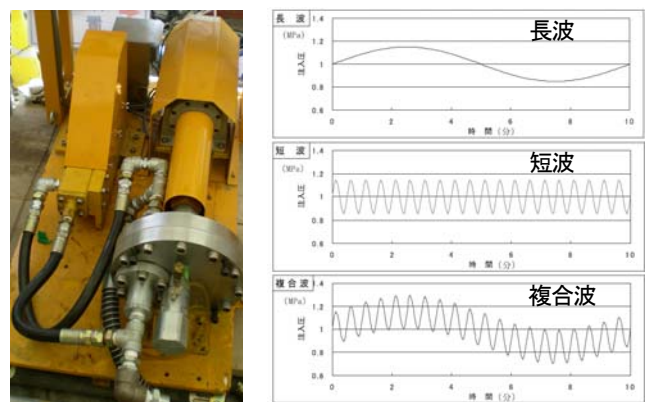


図-5 脈動発生装置 (左) および複合波の概念 (右)¹³⁾

れば、必要浸透距離を確保できることが分かった。ここで、必要浸透距離 (I_{req}) とは、当該の北欧の設計手法において、隣り合う注入孔同士（距離 d とする）からの浸透距離が安全側に半分以上ラップする浸透距離、すなわち $d \times 3/4$ である（例えば、 $d=3m$ の場合、両端より $I_{req}=d \times 3/4=2.25m$ 以上浸透すれば $1/2d$ にあたる $1.5m$ のラップ長を確保する設計）。以上のことから、本工事における溶液型グラウトの配合は、浸透性の観点からゲルタイムが120分配合を基本とし、リーク発生時などに順次ゲルタイムの短い配合に、最低35分まで切り替える方式とした。また、最初のリング（図-3のNo.1）は従来の超微粒子セメントを併用し、効果を比較評価できる仕様とした。

c) 注入方式：複合動的注入

複合動的注入は、注入ポンプに設置した動的周波数設定器により、脈動の到達範囲の延伸効果のある長波（0.5Hz以下）と注入材の分散効果のある短波（1～30Hz）を組み合わせた複合波を伝播させる注入手法である（図-5）。複合波の効果により、通常注入よりももちろん、短波または長波のみによる従来の単動的注入よりも浸透距離が長いことが実証されている¹³⁾。本施工でも、最も効果が期待できる複合動的注入を適用した。ただし、2番目のリング（図-3のNo.2）では通常注入と併

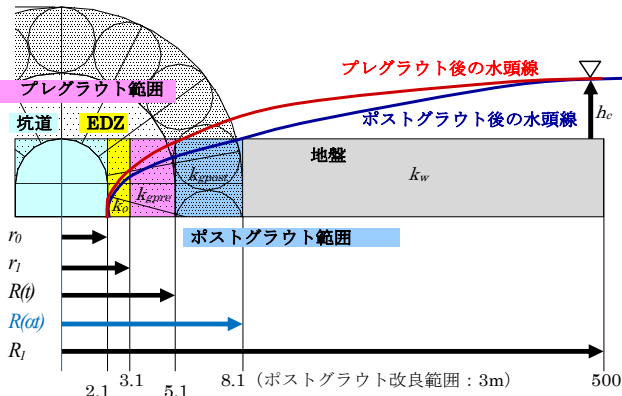


図-6 ポストグラウチングの湧水量予測の考え方

用して適用効果を比較評価できる仕様とした。

(3) ポストグラウチング後の湧水量予測

これまで適用してきた湧水量の予測式⁹⁾をポストグラウチング用に展開した下式を用い、諸条件に基づき施工後の湧水量を予測した。なお、外側範囲注入と重複範囲注入の2種類のケースを算定し、その平均値を予測湧水量として算出した。その結果、全て溶液型グラウトを注入した場合で対象区間(16.2m)の湧水量が35.3L/分より約40%(約14L/分)減少して21.4L/分になると推定した。

$$Q_1 = \frac{2\pi L(-h_0(t) + h_c)}{\ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right) + \frac{\ln\left(\frac{R(t)}{r_1}\right)}{k_{pre}} + \frac{\ln\left(\frac{R(\alpha t)}{r_1}\right)}{k_{post}} + \frac{\ln\left(\frac{R_1}{R(\alpha t)}\right)}{k_w}} \quad (1)$$

ここに、 Q_1 : 湧水量(m^3/sec)、 L : 区間長(m)、 $-h_0(t) + h_c$: 水頭低下量(m)、 r_0 : 坑道掘削半径(m)、 r_1 : 緩み領域半径(m)、 $R(t)$: プレグラウチング範囲半径(m)、 $R(\alpha t)$: ポストグラウチング範囲半径(m)、 R_1 : 影響圏半径(m)、 k_0 : 緩み領域の透水係数(m/sec)、 k_w : 地山透水係数(m/sec)、 k_{pre} : プレグラウチング範囲透水係数(m/sec)、 k_{post} : ポストグラウチング範囲透水係数(m/sec)とする(図-6)。

3. 施工実績と新技術の有効性評価

(1) 施工実績の概要

No.1~2リングは前述の通り溶液型グラウトおよび複合動的注入の比較評価ができる仕様確認リングとし、残りNo.3~6リングは標準リングとした。さらに、標準リングの施工順序は新リングが完了リングを内挿するよう設定した(図-3)。リングあたりの規定孔数は3次孔とチェック孔を含めて26本、全6リングで計156本とした。

削孔実績は、No.5リング以降は2次孔の透水性が低く3次孔が省略できたことから、設計の156本より減少して141本となった。そのうち、湧水量がない場合は注入を省略したため注入実績は93本となり、溶液型グラウトの総注入量は20,493Lとなった。

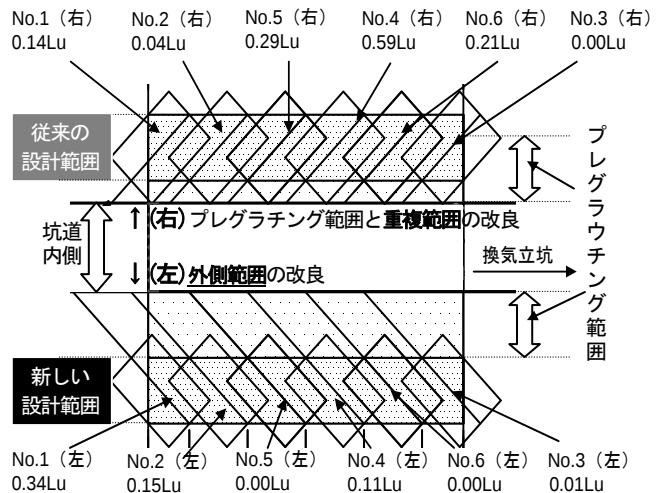


図-7 各リングにおける最終ルジオン値(チェック孔)の平均



図-8 大量湧水のグラウト孔の溶液型グラウトによる止水結果

以上の具体的な注入仕様、主な施工機械、注入実績については、既往文献⁹⁾を参照されたい。

(2) 新しい技術の有効性

a) 注入範囲: プレグラウチング範囲の外側の有効性

プレグラウチング範囲の外側範囲の注入時は、壁面リークがほとんど発生せず良好な施工結果であったが、プレグラウチングと重複範囲の注入時は、注入前の水押し試験から壁面へ大量の注水リークが発生する孔が認められた。その際は、グラウトパッカーの設置位置の深部への変更、複合動的注入の制御、短いゲルタイムの配合に変更などの対策を実施することでリークのない施工が可能となった。すなわち、従来の重複する範囲はグラウトの浸透効果を弱める処置が必要であったため、十分な改良効果が望めなかったといえる。

また、各リングにおけるチェック孔の平均ルジオン値を注入範囲で区分して比較評価したところ(図-7)、標準リングのNo.3リング以降に着目すれば新設計の方が明らかにルジオン値が小さく、改良効果が高いといえる。

以上のことから、注入範囲として今回適用したプレグラウチング範囲の外側が有効であった。

b) 注入材料: 溶液型グラウトの有効性

超微粒子セメントを併用したNo.1リングに滴水、特に注入孔からの自孔リークが多かったのに対してNo.2リング以降は滴水が比較的少なく溶液型グラウトが有効であ

った。また、湧水量が数L/分程度のグラウト孔が多いなか1孔のみで130L/分の大量湧水の孔が出現したが、溶液型グラウトのみの注入により完全に止水することができた(図-8)。ただし、規定注入量到達による終了基準では当該孔が止水できず、ダメ押し注入による終了基準が必要であった。後者の終了基準ではゲル化寸前まで亀裂内部に注入するためグラウト材の流出防止に有効であったと推察できる。このように溶液型グラウトは透水性の低い孔だけでなく高い孔まで有用であった。なお、透水性の低い孔では注入量が少なく材料廃棄率が多くなった。

材料の比較評価(No.1リング)では、超微粒子セメントのみ適用した箇所(No.1リング上部)がチェック孔の平均値で0.4Lu以下に低減できなかったのに対して3次孔に溶液型グラウトを適用した箇所(No.1リング下部)は0.19Luまで低下した。

以上のことから、注入材料として今回適用した溶液型グラウトが有効であった。

c) 注入方式：複合動的注入の有効性

注入方式の比較評価(No.2リング)では、チェック孔の平均ルジオン値で比較したところ、通常注入の範囲0.15Lu(下部)より複合動的注入を適用した範囲0.04Lu(上部)の方が低い透水性にまで改良できた。さらに、本注入の採用により、注入流量がない場合や流量が急増時に現場で設定を変えることで安定した注入が可能となった。すなわち、未適用時に浸透できない微細亀裂への浸透が可能となり、リークが発生時には即座に制御できたため、本手法の操作性が高いことが判明した。

以上のことから、注入方式として複合動的注入は今回の条件下で止水に有効であったとともに、現場の適用性に優れていた。

4. 湧水抑制効果の評価

(1) ポストグラウチングの評価

ポストグラウチング後の施工区間における湧水低減量は24.0L/分(68%減)となった(図-9)。これは、2.(3)に示した予測の約14L/分(約40%減)を超える低減効果である。この要因として、溶液型グラウトの改良効果が想定以上に高かったこと、複合動的注入により浸透距離が理論解析より向上したこと、リングを内挿する施工順序が効果的であったこと、理論式による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、計測した区間湧水量からポストグラウチング範囲の透水性を逆算すると $3.7 \times 10^{-9} \text{m/sec}$ (0.0281Lu, 図-9)となった。

施工区間の湧水量が減少した一方で、区間外は合計で9.1L/分増加した。この原因として、本施工により区間外へ地下水が回り込んだことが考えられる。さらに、端部

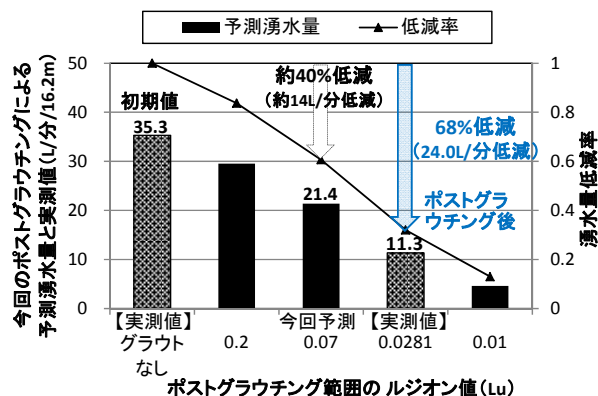


図-9 改良目標に応じた湧水量予測および今回の実測値



図-10 ポストグラウチング完了直後の全景 (No.6リング付近よりNo.1リング側を望む)

のNo.1リングに滴水が比較的多く残ったことから、今後のポストグラウチングでは、端部のカバーロック注入または水みちが途切れる区間まで施工区間の延長(リングの追加延長)が対策として有効であると考えられる。

(2) 一連のグラウチングの評価

今回のポストグラウチングでは、仕様確認リングを設けるなど、技術開発および実証をしながらの設計施工であったことから、最適な設計施工を実施すれば本工事の水準以上に湧水抑制が可能といえる。すなわち、今回新しく導入した外側範囲の改良を断面全周に実施した場合や、溶液型グラウトをプレグラウチングから適用した場合などは、更なる湧水抑制効果が期待できる。

また、No.5とNo.6リングの外側改良範囲では最終のルジオン値がいずれも0.00Lu(図-7)であり、ルジオン試験では計測困難な透水性に改良できたといえる。したがって、溶液型グラウトと複合動的注入を採用すれば $0.01 \text{Lu} = 1.3 \times 10^{-9} \text{m/sec}$ を大きく下回る $10^{-9} \sim 10^{-10} \text{m/sec}$ 程度までに改良される可能性がある。参考までに、今回と同条件のプレグラウチングにおいて注入範囲が $1 \times 10^{-9} \sim 10^{-10} \text{m/sec}$ (0.008~0.001Lu)まで改良されたと仮定すると、坑道掘削後の湧水量は理論上0.24~0.02L/分/m、すなわち24~2L/min/100mと試算できた。最新技術の導入により、プレグラウチングでどれだけ湧水抑制が可能かを実証し、把握することが今後の課題である。我が国の岩盤において24~2L/min/100mの下限にまで改良することができたなら、北欧の処分坑道における厳しい許容湧水量、数

L/min/100mと同水準の水密性を達成したことになる。

以上のように、今回適用した一連のグラウチング技術は湧水抑制に有効であり、今後さらなる抑制が可能であることが示唆された。

5. おわりに

今回の報告結果を以下にまとめる（表-2参照）。

- ・ 深度500mにおいてプレグラウチングを実施し、十分な改良効果と湧水抑制効果を確認した。
- ・ 次に、その一部区間において新しい注入範囲設定（従来の外側）や新しい注入技術「溶液型グラウト」「複合動的注入」を採用したポストグラウチングを実施し、それぞれの有効性を確認した。
- ・ 一連のグラウチング技術により、全くの無対策時の想定 5,930L/分/100m（17.70Lu）から 70L/分/100m（0.0281Lu）までの湧水抑制を達成した。
- ・ 仮にポストグラウチングの最終リングと同等程度の透水性（0.008～0.001Lu）までにプレグラウチングで改良できていたとすると、理論上は24～2L/分/100mにまで湧水が抑制された可能性がある。

将来の我が国における高レベル放射性廃棄物の地層処分場の処分坑道では、北欧の数L/分/100mと同様に厳しい許容湧水量が設定される可能性がある。最新技術の導入により、プレグラウチングでどれだけ湧水抑制が可能かを実証し、把握することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構：超深地層研究所地層科学研究基本計画，JAEA-Review 2010-016，2010。
- 2) 延藤遵ほか：瑞浪超深地層研究所深度 300m における耐久性に優れた溶液型グラウトの試験施工，第 40 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.179-184，2011。
- 3) 見掛信一郎ほか：グラウチングの注入範囲設定に関する浸透力を考慮した評価理論の構築，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol.70，No.1，pp.33-43，2014。

表-2 ポストグラウチングの施工区間における各段階におけるグラウチング効果の概要（予測と実測値）

段階	透水係数 (ルジオン値)	区間 湧水量	備考
先行ボーリング調査【実測値】	2.3×10 ⁻⁶ m/sec (17.70Lu)	3,330 L/分/100m	CM 級区間 1,366L/分/41m
未対策で坑道掘削時の予測		5,930 L/分/100m	2,430L/分/41m
プレグラウチング時の予測	2.6×10 ⁻⁸ m/sec (0.20Lu)	580 L/分/100m	超微粒子セメントの適用
プレグラウチング後【実測値】	9.2×10 ⁻⁹ m/sec (0.071Lu)	218 L/分/100m	35.3L/分/16.2m
ポストグラウチング時の予測	9.1×10 ⁻⁹ m/sec (0.070Lu)	132 L/分/100m	溶液型適用により約 40%減少 21.4L/分/16.2m
ポストグラウチング【実測値】	3.7×10 ⁻⁹ m/sec (0.0281Lu)	70 L/分/100m	68%減少 11.3L/分/16.2m
(参考) 新技術を用いた場合のプレグラウチング時	1.0×10 ⁻⁹ ～ 10 ⁻¹⁰ m/sec (0.008～ 0.001Lu)	24～2 L/分/100m	本工事の最終リングと同等程度までに全範囲を改良できた場合

- 4) 小林伸司ほか：瑞浪超深地層研究所の深度 500m におけるグラウト技術（その 1），土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集，IV-163，2014。
- 5) 辻正邦ほか：瑞浪超深地層研究所深度 500m におけるグラウチング技術（その 2），土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集，IV-164，2014。
- 6) 辻正邦ほか：瑞浪超深地層研究所における大深度下でのグラウト設計と施工実績および改良効果の評価，第 43 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.7-12，2015。
- 7) 見掛信一郎ほか：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 1）— 湧水抑制対策の概要 —，土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集，IV-665，2015。
- 8) 小林伸司ほか：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 2）— 止水性向上を目的とした新技術を採用した設計および湧水量予測 —，土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集，IV-666，2015。
- 9) 栗田和昭ほか：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 3）— ポストグラウチング仕様，注入実績概要，新しい技術の施工性 —，土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集，IV-667，2015。
- 10) 辻正邦ほか：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 —，土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集，IV-668，2015。
- 11) Brantbeger ほか：Underground Design Forsmark, Layout D2 Grouting, SKB report, R-08-114, pp.53-54, 2009。
- 12) J. Funebag : Grouting of Fractured Rock with Silica Sol - Grouting design based on penetration length-, Chalmers University of Technology, 2007。
- 13) 横澤ほか：トンネル補助工法に適用する複合動的注入の研究，建設の施工企画 (712), pp.75-77, 2009。

POST-EXCAVATION GROUTING NEW DESIGN, RESULTS AND EVALUATION OF A GALLERY AT GREAT DEPTH IN MIZUNAMI UNDERGROUND RESEARCH LABORATORY

Masakuni TSUJI, Shinji KOBAYASHI, Toshinori SATO, and Shin-ichiro MIKAKE

Pre-excavation grouting of shafts and galleries has been conducted during the construction of Mizunami Underground Research Laboratory in the aspect of safe works and reducing the discharge treatment of the water inflow. The grouting methodology has been simultaneously studied and developed as there is less experience of grouting in low conductive rock with high water pressure, especially in Japan.

After excavating GL.-500m gallery on the ventilation shaft side, a post-excavation grouting campaign was performed on a 16-meter section of the pre-grouted area. Three new options for the grouting design were adopted and found to be effective with sufficiently decreasing the water inflow into the gallery.