

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 —

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

1. 湧水抑制対策の概要

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進めるために、岐阜県瑞浪市において瑞浪超深地層研究所を建設している¹⁾ (図-1)。同研究坑道を構成する2本の立坑(主立坑および換気立坑)は深度500mまで到達し、平成26年2月に深度500mステージの掘削が完了している。

本研究所の坑道掘削においては、先行ボーリング(坑道掘削に先立ち実施)により掘削範囲の地質環境を把握したうえで施工した(図-1)。地表から深度170m付近まで堆積岩、それ以深は花崗岩であり、特に換気立坑側の200m以深では主にB級やCH級の良好な花崗岩が分布し、透水性割れ目が存在する区間において大量湧水が発生する条件であった(最大湧水圧約4MPa, 最大湧水量約1,700ℓ/分)。また、地下水には自然由来のふっ素とほう素が環境基準を上回る濃度で含まれているため、岐阜県および瑞浪市との協定に基づき、排出基準値ではなく環境基準値以下になるように処理をした上で近傍の河川に放出している。この処理の負担軽減と安全な施工の観点から、図-1に示す箇所においてプレグラウチング(坑道掘削に先立ち実施するグラウチング)を実施し研究坑道を掘削した。

深度500m研究アクセス南坑道の掘削にあたっては、先行ボーリングをもとに湧水抑制対策が必要と判断し、プレグラウチングの設計を実施した。さらにこの実施箇所を対象に、ポストグラウチングを実施した。ポストグラウチングは、プレグラウチングとの組合せにより、高水圧、低透水性岩盤の条件下でさらに湧水抑制を可能とする技術の実証を目的としている。本報告では、プレグラウチングの概要について説明し、後続の(その2)～(その4)においてポストグラウチングについて報告する。

2. プレグラウチング

(1) 先行ボーリング調査結果

深度500m研究アクセス南坑道の掘削に先立ち実施した先行ボーリングの割れ目情報とプレグラウチング実施箇所を図-2に示す(図中の区間(3)～(9))。岩質は電研式岩盤分類でB級、CH級、CM級であり、堅硬な比較的割れ目の少ない花崗岩である。ただし、図-2の区間(5)～(7)は明瞭な開口割れ目密集部とヘアークラック密集部が分布し、割れ目密度(1mあたりの割れ目本数)が10以上の区間となり、多量の湧水が発生した。同図では、先行ボーリングで観測された割れ目を坑道の計画位置まで延長して割れ目分布を予測した。この割れ目分布と先行ボーリング時の湧水量からCM級及びCH級区間において、坑道掘削に先立ちグラウチングが必要であると判断した。



図-1 研究坑道レイアウト

キーワード グ라우チング設計技術, 大深度, 高水圧, 湧水抑制

連絡先 〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内1-64 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター TEL:0572-66-2244

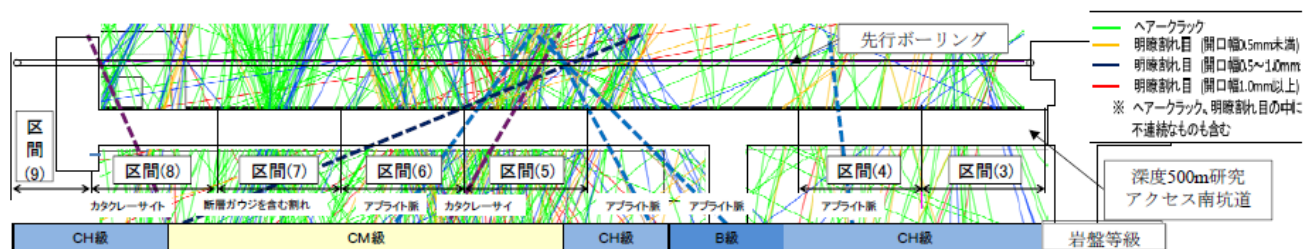


図-2 先行ボーリングの調査結果とプレグラウティング実施箇所（区間(3)～(9)）

(2) プレグラウティング設計

グラウティング孔は、湧水量予測で想定した坑道外側3mの範囲を改良できるよう配置し、削孔区間長は16m、3mのカバロック（または注入ラップ）を確保して注入区間長は13mとした（図-3）。グラウト材料については、湧水量低減効果の高い超微粒子セメントを標準とした。ただし、先行ボーリング結果では開口幅4mm以上の割れ目が数本存在し、それらが交差すると想定される区間については、材料の粒径と浸透性能を考慮して普通ポルトランドセメントとした。配合については、各注入孔の水押し試験結果（ルジオン値）に応じた配合から開始し、規定量到達毎に高濃度配合に切り替える配合切替方式とした。注入管理圧については湧水压+1MPaとし、高湧水压（先行ボーリングにおいて3.2～3.6MPa）を考慮して、使用機械は高圧仕様とした。

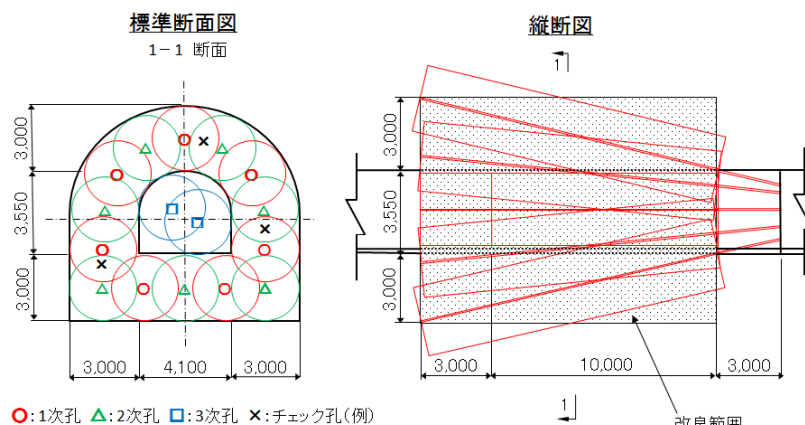


図-3 プレグラウティング孔の配置例

(3) プレグラウティング実績

プレグラウティング実績概要を表-1に示す。なお、区間(9)は探り削孔で湧水が確認された2孔のみの注入であったため、注入結果を割愛した。区間毎のセメント注入量は、ヘアークラックと明瞭な開口割れ目が密集・混在する区間(6)が最も多く（約9.3t）、その後施工した区間(7)（約4.2t）、横坑交差部近傍の区間(3)（約3.6t）の順に多い結果となった。適用したプレグラウティングは、高水压と低透水性岩盤の条件下において有効であり、効率的に坑道掘削を進めることができた。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、セメント注入量が多くヘアークラックが密集しており滴水等の湧水発生箇所が比較的多い区間(6)を対象にポストグラウティングを実施することとした。

表-1 プレグラウティング区間の注入結果（区間(6)：ポストグラウティング実施箇所）

注入区間	区間(8)	区間(7)	区間(6)	区間(5)	区間(4)	区間(3)
割れ目の概要	明瞭割れ目あり	ヘアークラック密集	明瞭割れ目密集 ヘアークラックも密集	明瞭割れ目密集 ヘアークラックあり	明瞭割れ目あり	明瞭割れ目あり
岩盤等級	CH級～CM級	CM級	CM級	CM級～CH級	CH級	CH級
探り削孔時の湧水量	最大31L/分	最大95L/分	最大60L/分	最大80L/分	(探り削孔なし)	(探り削孔なし)
注入セメントの種類 (チェック孔前の) 最終次数孔	超微粒子 3次孔	超微粒子 3次孔	超微粒子 4次孔	普通ポルトランド 4次孔	超微粒子 3次孔	超微粒子 4次孔
注入孔数	21孔	19孔	25孔	24孔	19孔	23孔
注入量	4,474L	11,998L	22,843L	9,437L	1,637L	12,390L
セメント量	600kg	4,157kg	9,330kg	2,012kg	377kg	3,617kg

参考文献 1) 東濃地科学研究ユニット：超深地層研究所地層科学研究基本計画，日本原子力研究開発機構，JAEA-Review2010-016，2010。