

瑞浪超深地層研究所における湧水対策工の現状と課題

清水・鹿島・前田特定建設工事共同企業体 草野隆司 田村秀行 矢萩良二

清水建設（株） 正会員 牛田和仁 正会員 延藤 遵

日本原子力研究開発機構 正会員 ○黒田英高*) 正会員 原 雅人 正会員 竹内真司

正会員 松井裕哉 山本 勝 浅井秀明

1. はじめに

日本原子力研究開発機構が建設を進めている瑞浪超深地層研究所は、原子力政策大綱¹⁾に示された結晶質岩（花崗岩）を対象とする深地層の研究施設のひとつであり、深度約 1,000m の 2 本の立坑（主立坑と換気立坑）と複数の水平坑道群から成る研究坑道から構成される。本報では、これらの研究坑道掘削に伴う湧水対策工とその課題について換気立坑を中心に報告する。

2. 瑞浪超深地層研究所研究坑道建設の概要

研究所用地周辺の地形は標高 200m 程度の丘陵地であり、敷地内を普通河川の狭間川が流れている。この領域には中生代白亜紀の花崗岩体（土岐花崗岩）が基盤として広く分布し、これを新第三紀の堆積岩（瑞浪層群）が覆っている。立坑の掘削位置では、深度約 170m で堆積岩と花崗岩の境界が現れている。

研究坑道掘削に関しては、平成 15 年 7 月に立坑工事に着手し、坑口上部（深度約 10m まで）及び坑口下部（深度約 50m まで）を掘削した後、平成 17 年 2 月から櫓、スcafford（移動足場）等の掘削設備を用いた掘削を開始した。図 1 に研究坑道レイアウトのイメージを示す。研究坑道のレイアウトは研究上の必要性等に基づいて適宜変更される。主立坑（φ 6.5m）は地下深部への資材搬入や研究者のアクセスの主要ルートとしての機能を、換気立坑（φ 4.5m）は、研究坑道全体の換気の機能を主として担うものである。立坑掘削は、掘削サイクルと 1 回当りの発破対象深度を検討し、安全かつ最も効率の良い掘削サイクルとして、1.3m の発破掘削とブリーチ搬出を 2 回繰り返した後、2.6m の覆工コンクリートを打設するショートステップ工法を採用している。平成 17 年 10 月に立坑排水中のふっ素とほう素により、放流先の河川においてこれらの濃度が環境基準値を超過する問題が生じたため、立坑からの排水を停止し、掘削工事を一時休止した。その後、排水処理設備にふっ素とほう素の濃度を低減するための対策を講じて立坑掘削を再開した。



図 1 研究坑道の基本レイアウト

3. パイロットボーリング調査結果概要²⁾

研究坑道からの排水の適切な処理及び排水量の低減を図るため、平成 18 年 7 月～10 月に、主立坑深度 180m、換気立坑深度 191m の坑底から、深度約 520m までパイロットボーリング調査を実施した。その結果、主立坑付近は強い変質を伴う花崗岩と貫入岩で構成され、それらの透水性が低いことから、顕著な湧水が発生する可能性は低いことがわかった。一方、換気立坑付近は、変質が弱い硬質な花崗岩で構成され、特に低角度傾斜の割れ目が卓越する深度約 200～250m の範囲で大量の湧水が予測された。また、水質は、ふっ素、ほう素の濃度が環境基準値よりも高いため、適切な濃度低減処理を必要とすることが明らかになった。

4. プレグラウチングの施工³⁾

湧水の可能性と処理の必要性を勘案し、換気立坑の掘削にあたっては、湧水抑制対策としてプレグラウチン
キーワード 立坑、ショートステップ工法、グラウチング、湧水抑制、花崗岩

*) 現 清水建設（株）

連絡先 〒460-8580 名古屋市中区錦 1 丁目 3-7 清水建設株式会社 TEL 052-211-6936

グを行うこととした。本報では、花崗岩上部の割れ目頻度が高い部分の中でも、特に低角度の割れ目が集中し、大量の湧水が予想される深度200m付近の換気立坑と予備ステージ(図1参照)との接続部を対象として実施したプレグラウトの概要を述べる。

図2にグラウチングの概略図を示す。注入領域は、掘削により損傷を受ける領域の広さや接続部の形状等を考慮して掘削面より3m程度とした。注入孔削孔は立坑掘削作業時に用いるシャフトジャンボを使用して行った。注入材のリーク防止のため、立坑坑底部の岩盤改良により厚さ3mのカバーロックを設け、注入は、削孔→水押し試験→注入を繰り返して行うステージ注入(5m/ステージ)で中央内挿法による2次孔まで注入することを標準とした。注入圧は注入前の水押し試験で湧水圧を確認した上で、湧水圧+1MPaを標準とした。注入材は普通ポルトランドセメントに分散剤を混入したセメントミルクを使用した。施工場所の空間的制約により、複数孔同時注入が困難なため、1孔毎の単独注入とし、注入材は坑外で製造してキブルで坑内に搬入した。注入ポンプはスcafford上に設置し、搬入した注入材を圧送した。注入間隔は注入孔先端で3m以内の配置とし、2次孔までの注入完了後、チェック孔の削孔・水押し試験を実施し、改良効果を確認した。改良目標値は、数値解析に基づく湧水量予測と排水処理能力から2Lu以下と設定した。

前述のパイロットボーリング及び探り削孔による前方探査では、湧水圧約1MPa、湧水量40~100ℓ/分、ルジオン値17~230Lu程度であったが、グラウチングの結果、ルジオン値は平均1.11Luとなり、全孔(チェック孔を含め134孔)の約80%が改良目標値以下となった。なお、注入孔長1m当りの注入セメント量は最大314kg/m(1次孔)、平均13kg/mであった。

前述のパイロットボーリング及び探り削孔による前方探査では、湧水圧約1MPa、湧水量40~100ℓ/分、ルジオン値17~230Lu程度であったが、グラウチングの結果、ルジオン値は平均1.11Luとなり、全孔(チェック孔を含め134孔)の約80%が改良目標値以下となった。なお、注入孔長1m当りの注入セメント量は最大314kg/m(1次孔)、平均13kg/mであった。

5. 深度200m以深の湧水対策工

平成20年2月時点で、換気立坑は深度200mの水平坑道接続部及びボーリング横坑の施工を完了し、引き続き深度200mの坑底から深度220mまでのプレグラウチングを実施した。写真1に2007年9月現在の換気立坑深度200m坑底部の写真を示す。200m以深のプレグラウチングは、接続部での施工法に準じて実施するが、施工の効率化とコストダウンを目的として、坑内注入設備と使用パッカーを変更している。今後施工箇所が深くなるにつれ、立坑内運搬中に流動性の低下等が予想されるため、小型のユニット設備を製作し、施工箇所近傍にて注入材を練り混ぜるようにした。使用パッカーについては、従来養生時間を確保するために、セメント硬化を待って回収していたためゴム部の破損が多かった。そこで、パッカーを設置する岩盤が良好な場合は一部に使い捨て式のメカニカルパッカー(写真2)を使用しコストダウンを図っている。今後はさらに施工深度が大きくなることと、現在実施中の深度220mまでのプレグラウトの結果も考慮しつつ、引き続き施工の合理化を図っていく。

参考文献 1)原子力委員会：原子力政策大綱、原子力委員会(2005). 2)竹内他：瑞浪超深地層研究所における建設の現状と課題(その2)-パイロットボーリング調査結果の概要-、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集(2007). 3)原 他：瑞浪超深地層研究所における建設の現状と課題(その4)-瑞浪超深地層研究所における湧水抑制対策としてのプレグラウチング施工-、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集(2007).

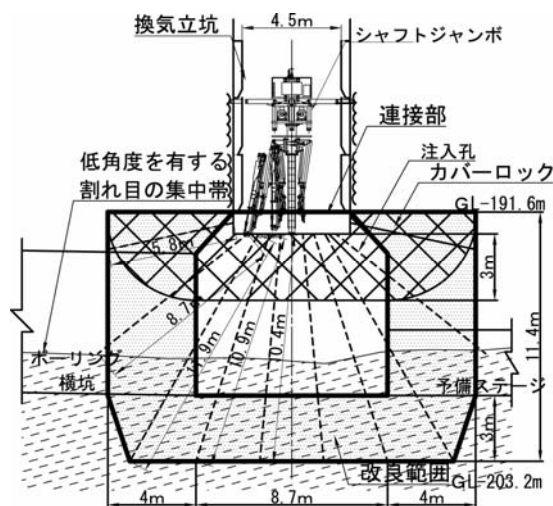


図2 プレグラウチング概略図



写真1 換気立坑深度200m坑底部(ボーリング横坑から深度200m予備ステージをのぞむ)



写真2 使い捨てパッカー