

瑞浪超深地層研究所における研究と建設の現状と課題（その6）
－ 立坑掘削の施工実績－

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 山本 勝
(株)大林組 正会員 ○秋好 賢治 正会員 金田 勉
大林・大成・ハザマ特定建設工事共同企業体 野田 正利

1. はじめに

瑞浪超深地層研究所では、深度約1,000mの立坑2本と複数の水平坑道群から成る研究坑道の建設のうち、内径6.5mの主立坑をA工区（大林・大成・ハザマ JV）、内径4.5mの換気立坑をB工区（清水・鹿島・前田 JV）として進めている（図1）。本報では、超大深度立坑の急速施工を図るため大型設備を採用した主立坑一般部の施工計画と実績、坑壁崩落対策とその効果について報告する。

2. 施工計画と実績

(1) 施工法

主立坑は、深度51.5m以深の一般部（図1）において平均月進35mを目指し、かつ、種々の調査研究を行いながら安全に施工するという基本条件¹⁾に対して、「2ステップ方式のショートステップ工法（図2～3）」と「大型ズリ出し設備（表1）」を採用して工事を進めている。ただし、現状では施工深度が浅いため、ズリ及びコンクリートキブル運搬時間の短縮を図る「300m/min高速巻上運転」とズリキブル2函を用いてズリ運搬待ち時間の短縮を図る「替えキブル方式」の実施には至っていない。

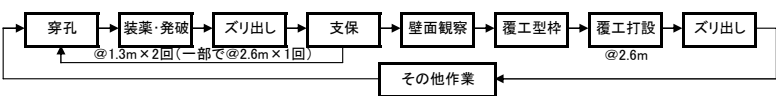


図2 施工手順

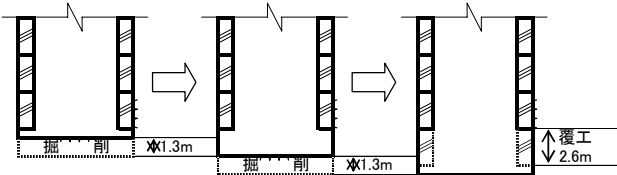


図3 2ステップ方式のショートステップ工法

(2) 地質状況

本研究坑道の設計は、地上からの物理探査およびサイト周辺のボーリング調査結果（主立坑から約120m離れている深度501mの試錐孔と約2km離れている深度1,011mの試錐孔）を用いて行っている¹⁾。主立坑掘削時の実際の地質は、深度170mまでの新第三紀の堆積岩では各地層境界位置の多少のズレや高角度（85度）断層と遭遇したものの、概ね当初設計と整合していた。一方、それ以深の花崗岩では当初B級地山の想定に反して、実際には断層を挟んで風化変質したD級地山であった（図1）。

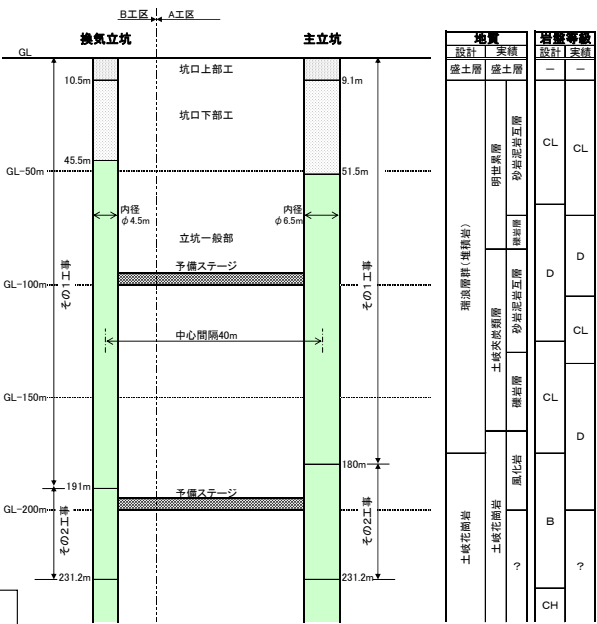


図1 研究坑道の構造と主立坑の地質状況

表1 主要機械設備

名称	規格	台数	備考
荷役 槽	高さ26m、ボックス型	1基	
穿孔	シャフトジャンボ	油圧式190kg級、3ブーム	1台 現状2ブーム使用中
ズリ出し	シャフトマッカー	バケット0.4m ³ 積	1台 スカフォード搭載
	ズリキブル	6m ³ (替キブル方式)	2函 現状1函使用中
	キブル付替装置	移動式クレーン、2.8t吊	1台 現状未使用
	キブル巻上機	1,500kW、256.93kN、300m/min	1台 現状80m/min運転中
型枠	スライドセントル	内径φ6.515m×L2.6m	1台
打設	コンクリートキブル	2.5m ³	
足場	スカフォード	内径φ6.1m、3段デッキ	1台

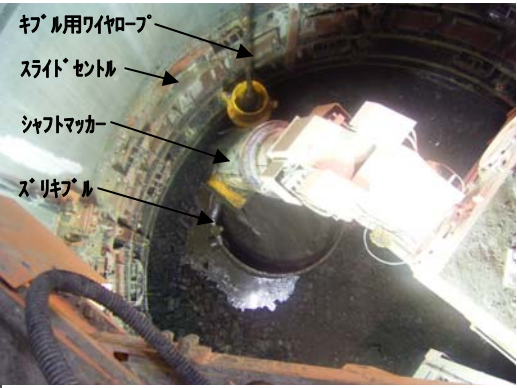


写真1 ズリ積込状況

キーワード 立坑，急速施工，ショートステップ工法，サイクルタイム，坑壁崩落，注入
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 (株)大林組 Tel.03-5769-1320 Fax.03-5769-1976

(3) 施工実績

主立坑一般部の掘削開始から掘削一時休止までの、深度 51.5m～172.4m 間における施工実績を分析した結果を表 2 と図 4～5 に示す。全体サイクルタイムは 3,588 分で、設計 (CL 級) 1,886 分に対して 190%であった。その内の 82%を占める主要作業 (毎サイクル作業) 2,940 分の他に、その他作業 (ランダムサイクル作業) が 444 分 (12%)、ロスタイム (不定期作業) が 204 分 (6%) を要した (表 2)。これら設計値に対する大幅な増加要因は、超大深度対応の長尺・大口径風管 2 本と給排水・給気管 7 本を安全に布設するためのスカフォード足場確保に手間取ったこと、狹隘な坑内で各種機械設備の点検整備に時間を要したことなどが挙げられる。主要作業の中では、当初設計で最も時間を要するズリ出し (写真 1) が実際でも 40%強を占めており設計値の 2 倍弱と増加している (図 4)。この要因は、ズリ出し時の安全確保のためズリキブル容量の 80%積込による運搬回数の増加、浅深度のため 80m/min での巻上運転による運搬時間の増加などが挙げられる。着工当初で作業不慣れのあった浅部を除くと、比較的地質の安定した砂岩泥岩互層の CL 級 (深度 103m～136m) 区間に比べて、礫岩層や D 級地山区間 (深度 135m 以深) ではサイクルタイムが大きいことから (図 5)、地質による影響も認められる。なお、最大月進は最初の予備ステージ完了後の深度 110m 付近で 23.2m/月 (2005 年 7 月度) であった。

3. 坑壁崩落対策と効果

深度 147m 付近の掘削時に、覆工前に高さ 2.6m の立坑壁面から奥行き最大 1.6m 程度の花崗岩巨礫が、断層沿いの低固結砂質マトリックスの流出とともに崩落した。切羽安定化対策を検討した結果、シリカレジン注入 (先受工: GFRP ボルト, L=3m@60cm, 設計 36kg/本, シャフトジャンボ削孔) を深度 152m 以深で実施した。その結果、余掘量に関連する余巻率 (= (実打設量-設計量)/設計量×100%) が無対策区間の 145%程度から 100%程度に低減したことから (図 6)、この注入により切羽安定化を図ることができたと言える。同時に、ズリ出し及び覆工打設の両作業時間の 10%低減にも寄与した (図 5)。

4. おわりに

これまで掘削完了した主立坑一般部の施工実績を分析した結果、長尺物の配管作業、各種大型機械設備の坑内点検整備、湧水处理などに予想以上の時間を要したことが判明した (表 2)。また、主立坑底深度 180m から実施した長さ 340m 鉛直パイロットボーリング調査結果より、当初想定した B 級花崗岩は認められず、一部区間を除いて CL～D 級の変質花崗岩を主体に脆弱な地山が続くと推定される。今後とも、施工上の工夫・改善を鋭意行って作業サイクルの短縮を図りつつ、安全に工事を進めていく方針である。

参考文献

1) 今津雅紀, 佐藤稔紀, 坂巻昌工: 地下 1,000m の立坑工事に着手ー瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事ー, トンネルと地下, Vol. 35, No. 6, pp31-42 (2004). 2) 久慈雅栄, 佐藤稔紀, 見掛信一郎, 玉井 猛, 黒田英高: 瑞浪超深地層研究所建設の現状と立坑掘削における岩盤分類法について, 応用地質学会研究発表会講演論文集, pp355-358 (2005).

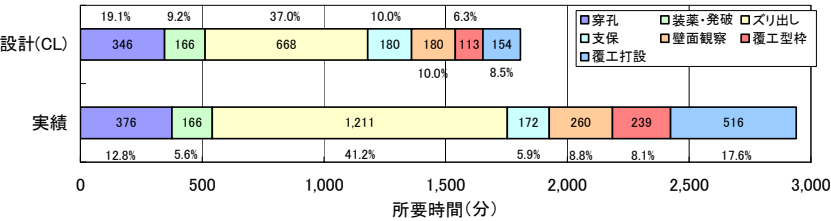


図 4 主要作業サイクルタイムの平均値

表 2 サイクルタイムの平均値

作業種別		作業時間(分)		比率 (%)
		設計(CL)	実績	
主要作業(毎サイクル作業)		1,807	2,940	163
その他作業 (ランダム サイクル作業)	風管配管	0	165	∞
	計測	12	80	667
	点検整備	0	123	∞
	ウォーターリング	7	25	357
	湧水处理	0	20	∞
	セントルワイヤ盛替	0	31	∞
	小計	19	444	2,337
ロスタイム (不定期作業)	故障修理	60	198	—
	見学他サイクル調整		6	—
	小計	60	204	340
合計		1,886	3,588	190
その他作業	注入	0	274	∞

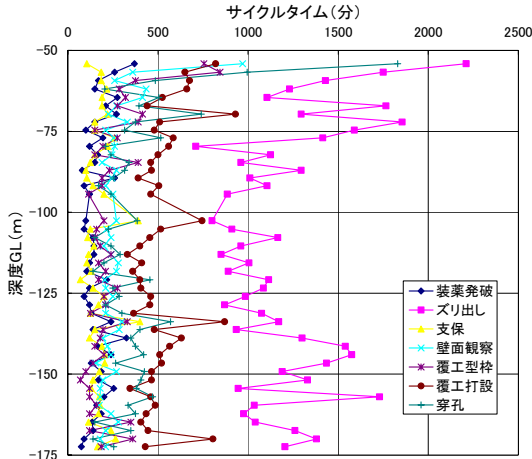


図 5 主要作業サイクルタイムの推移

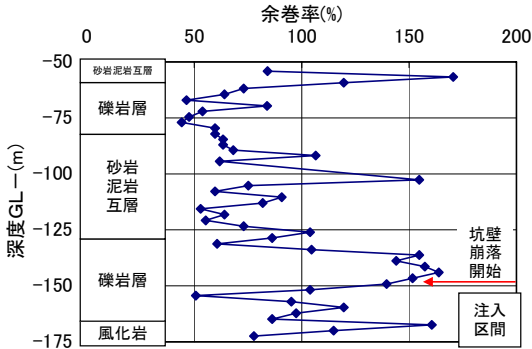


図 6 余巻率の推移²⁾