

水力発電所導水路トンネル無巻立て部の風化防止対策の施工

東京発電株式会社 山本 高大 森 雄一郎
株式会社熊谷組 鈴木 孝昇 山屋 実 ○森 康雄

1. はじめに

水力発電所の導水路トンネルにおいて無巻立て部の風化防止としてプレミックスモルタル（ビニロン繊維配合）を吹付けたのでその施工について報告する。

2. 概要

水力発電所は山梨県南巨摩郡早川町に位置し、最大出力 12,000kW、有効落差 213.6m の水路式である。運用開始は昭和 52 (1977) 年 10 月、経年 39 年である。主な工事内容を表-1 に示す。
施工時期：平成 27 年 11 月 16 日～

平成 28 年 3 月 4 日

断水期間：平成 27 年 11 月 17 日～

平成 28 年 2 月 24 日

表-1 工事内容

工 種	内 容	数 量
土砂排除工	堆積土砂，岩盤水洗工で発生した土砂を坑外に搬出する	17m3
岩盤水洗工	モルタル吹付けの前に風化・劣化した表層部と表面に付着している泥を洗浄する	4,169m2
モルタル吹付け工	プレミックスモルタルを厚さ 2cm で吹付ける	4,169m2
リバウンド処理工	モルタル吹付けの際にリバウンドしたモルタルを坑外に搬出する	4m3
索道仮設工	吊り上げ最大荷重は 2t，延長 160m とする	1 式

3. 現況

(1) 地質状況

南アルプスに水源をもつ早川流域では、粘板岩（頁岩）等の堆積岩が分布し、糸魚川－静岡構造線の影響を受け動力変成によってはく離性（スレートせん開）が発達した地質になっている。良質なものは硯として使用できるほど硬いが、吸水、膨張により泥質化、軟弱化するものもある。

(2) トンネル

トンネルは基本的に無巻き（素掘り）であり、インバート（敷き）はコンクリートが打設されている。昭和 52 年運用開始後数回にわたり部分的に内巻き工（コンクリート）、支保工、側壁（コンクリート）＋パネル（レジンまたはコルゲート鋼板）により保全対策が行われている。また、平成 18 年には岩盤の風化が著しい箇所について風化の進行を防止するために表面にモルタルを吹付けている。

トンネルの断面形状は幌形で大きさは表-2 の通りである。

モルタル吹付け工は水路支線（1,753m）のうち 680m 施工する。

場所によって粘板岩（頁岩）の風化度が異なるが、表層は細片化、はく離しており、吸水して軟質化しているところも多く岩盤が崩落しているところも見られる。岩盤表面には流水中に浮遊しているヘドロが厚さ数 mm 付着している。湧水は滴下またはにじむ程度で、極めて少ない。

4. 施工

(1) 使用資機材

吹付け用の材料は、コンクリート構造物の断面修復材として開発されたプレミックスのポリマーセメントモルタル、リペアエース（(株) ファテック）を使用した。主な物性値を表-3 に示す。吹付け厚さは 2cm であったが、施工性を考慮して急結剤を併用した。急結剤の添加量は結合材（セメント＋膨張剤）の重量 5%
キーワード 導水路トンネル 素掘り 無巻き 風化防止 モルタル吹付け

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 TEL 03-3235-8646

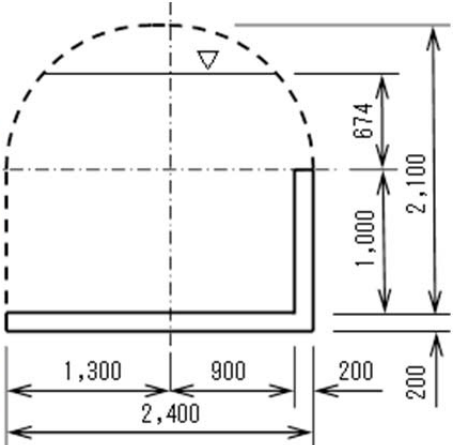


図-1 トンネル標準断面図

表-2 トンネルの断面

覆 工	幅	高さ
素掘り	2.4m	2.1m
内巻き工	1.63m	1.9m
側壁＋パネル	1.8m	2.1m

とした。施工に試用した機械の一覧を表-4に示す。

表-3 リペアエースの主な物性値

性能	項目	単位	試験値	規格値
力学特性	圧縮強度	N/mm ²	42.7	35
	接着強度	N/mm ²	1.7	1.5
フレッシュ性状	フロー値	mm	162	160±20
	単位容積質量	t/m ³	2.12	2.1±0.1
長さ変化		%	390	0.05

表-4 使用機械

使用機械	仕様
モルタルミキサ	ダマカットミキサ（容量 75L, 200v）
モルタル圧送ポンプ	スクイーズ式, 最大吐出量 45L/分
ホッパ	容量 90L
急結剤圧送ポンプ	スクイーズ式, 最大吐出圧力 20MPa
コンプレッサ	エンジン駆動, 吐出圧力 0.7MPa

（2）仮設備

1）坑外仮設

坑内への出入口は施工範囲の 400m 下流にある既設横坑とし、横坑出口部に作業用構台を設置した。この構台と溪流を挟んだ対岸の作業ヤードの間に索道を設置し、資機材を運搬した。最大吊り上げ荷重は 2t、高低差 28m、水平距離 156m である。作業ヤードから溪流を横断して作業構台まで安全通路を整備した。急傾斜部には親綱を敷設し、索道交差部にはゲートを設けて通行者の安全を確保した。

2）坑内仮設

換気は横坑出口の構台に換気ファンを設置して風管で空気を坑内に送り上流から排気する方式を採用した。照明は 20m ごとに蛍光灯を設置し、作業用通路としての照度を確保した。照明用の電源は構台に設置した発電機から供給した。モルタル吹付け工に使用する機械に供給する電気は発電機を現場付近に設置し確保した。坑内の資機材の運搬にはバッテリーカー（積載荷重 1t）を使用した。

（3）施工状況

坑外では最低気温は氷点下になることが多かった。坑内温度は換気の影響で場所によって異なるが、平均的に 15～20℃の範囲内で材料の練り上がり温度も同程度で、モルタルのフレッシュ性状が大きく変動することなく施工できた。使用機器の移動回数を少なくするためにモルタル圧送ホース（内径 1.5 インチ）延長は 40～50m と長めにした。施工状況を表-5に示す。当初計画では日施工量は 150m²/日の予定であった。吹付け開始直後は稼働率が低かったため、後半は遅れを挽回すべく 2 交代で施工を行った。施工中に、降雪（除雪作業）により 1 日、降雨による溪流増水、林道法面の土砂崩れにより 2 日間作業が中断したこともあり、通水が当初の計画より 4 日遅れた。

表-5 施工状況

期間	日平均施工量 (m ²)	状況
1 月 25 日～30 日	90	急結剤の添加量調整、ノズルの閉塞、圧送ホースの破裂により稼働率低下
2 月 1 日～2 月 6 日	180	1 交代（8:00～17:00）
2 月 8 日～2 月 18 日	300	2 交代（7:00～14:00, 13:00～20:00）

表-6 強度試験結果(単位：N/mm²)

試験名称	材齢	数値
ブルアウト試験	3 時間	0.6
	1 日	7.0
圧縮強度試験	7 日	24.7
	28 日	33.5

（4）品質管理

フロー試験は 1 日 2 回行った。フロー値は規格値（160±20mm）の範囲を超えることなく、水量の管理は適切であったと判断される。強度確認として、ブルアウト試験、圧縮強度試験を行った。結果を表-6に示す。吹付け厚さの管理はトンネル延長で 50m ごとに 1 断面あたり 3 ヶ所（左右の側壁、天端）に検測ピンを打設して吹付け厚さを測定した。

5. おわりに

はく離性（スレートせん開）が発達した地質につくられたトンネルの無巻き部の岩盤表面に厚さ 2cm でモルタルを 4,169m² 吹付け、地山の肌落ちもなく安定化が図れ、対策の有効性を確認できた。また、吹付けモルタルのリバウンドは想定より若干多めであったが、はく落することなく施工性は良好であった。