

## 二次製品パネルを用いた水路トンネルにおける底盤修繕の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○竹内 洋介  
正会員 川崎 淳  
正会員 岡澤 亮太

### 1. 概要

当社が保有する信濃川発電所（新潟県十日町市及び小千谷市）には、総延長約70kmとなる計5条の水路トンネル（図-1）があり、古いもので建設から約80年を経過している。その水路トンネルにおいて、底盤の中心付近や特に継目箇所において進行した洗掘（図-2）が多く見受けられている。洗掘の深さは底盤コンクリートの巻厚400mmに対し、概ね100mm程度にまで至っている箇所もあり、洗掘の進行により底盤を貫通した場合、漏水による地山の吸出しに繋がる可能性もあるため、致命的な変状につながる前に計画的な底盤修繕の実施が必要である。総延長から考えると仮に100年周期で修繕しようとした場合、年間約700m施工する必要がある。従来は洗掘を受けた底盤コンクリートを取り壊し、生コン打設を行い修繕してきたが、労働人口や土木作業従事者の減少、トンネル漏水によるコンクリート品質の低下を踏まえ、現場作業の省力化、安定した品質を確保した施工に取り組む必要がある。本試行では、将来を見据えた水路トンネルの底盤修繕のために、品質が均一な二次製品パネルによる底盤修繕を実施したものであり、従来工法との施工性、所要人工、コスト、品質を比較したものである。

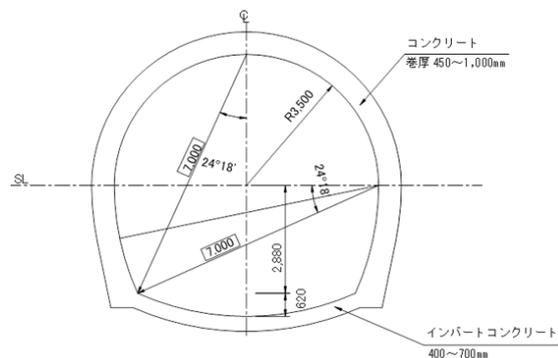


図-1 3,4期水路トンネル断面図



図-2 3期水路トンネル継目部の洗掘  
（幅150mm、延長6,000mm、深さ50mm）

### 2. 現状の把握

従来工法では、洗掘された底盤コンクリートを図-3のツインヘッダーを用いて100mmの切削を行い、ガラを搬出および底盤の清掃を行った後にせん断ボルトを設置（2箇所/m<sup>2</sup>）し、コンクリートを打設する。コンクリートの打設では、トンネル外のコンクリートポンプ車からトンネル内の4トン級生コン車に生コンクリートを投入し、施工箇所へ運搬、打設を行う。

従来工法では大きく3つの課題がある。1つ目は、1日当りの所要人工が19人程度必要（図-4）なこと。2つ目は、修繕箇所の仮締切りを行っても、地山からの漏水、湧水が多く、生コン打設には適さない作業環境となっていること。3つ目は、修繕箇所がトンネル坑口から遠いと、コンクリートの輸送時間や打設間隔が長くなり品質、施工速度が低下することが挙げられる。



図-3 ツインヘッダーによる切削状況

### 3. 二次製品パネルを用いた底盤修繕工法の施行

上記の課題を解決する工法として、二次製品パネルを用いた底盤修繕工法（パネル工法）の検討、試行を実施した。二次製

キーワード 水路トンネル、底盤、洗掘、摩耗、二次製品

連絡先 〒947-0012 新潟県小千谷市山本316番地 エネルギー管理センター 信濃川発電所 TEL0258-82-4531

品パネルの標準図を図-5に示す。パネル厚さは25mm（端部35mm）のため、ツインヘッダーによる切削厚は60mmとし、パネルと底盤との隙間にはグラウト注入を施した。パネルの構造は幅3.5m、延長1.0m、中央パネル及び左右の端部パネルの3枚で構成されている。パネルには高さ調整用のアンカーボルト、また既設トンネルと一体化させるためのアンカーボルトを設置した。パネルを設置後、端部パネルの左右からグラウトを注入し、点検孔からのリークにより充填の確認を行った。



図-4 コンクリート打設状況(従来工法)

4. 比較検討

従来工法とパネル工法の比較結果を表-1に示す。従来工法は、せん断ボルトの設置からコンクリート打設まで、パネル工法は、パネル据付からグラウト注入までの比較とした。パネル工法についての検討は2017年度にも試験的に30mと短い曲線区間で実施<sup>1)</sup>していたため、施工性及びコストに関して、多くの課題を残す結果となった。その結果を受け、2018年度は、施工方法を見直し、予めパネルをトンネル内に仮置きすることで、作業を中断することが無いようにした。また、パネル据付とグラウト注入を同時に実施することで、1日当りの施工量を改善することを目指した(図-6)。

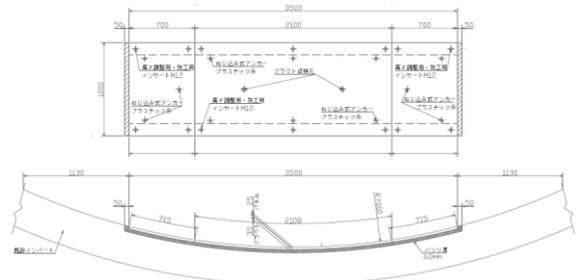


図-5 二次製品パネル標準図

施工方法の見直しを行った結果、1日当り施工量は21.4m/日と大きく改善し、わずかながら従来工法を上回る結果となった。これにより養生期間を考慮すると、パネル工法のほうが限られた断水期間でより多くの施工が可能になると考えられる。また、コスト比率についても、施工性の向上により、多少改善されていることが分かる。しかし、従来工法と比べると二次製品パネルの材料費や、グラウト注入材である無収縮モルタルの価格が高く、課題となっている。品質では圧縮強度から、すりへり係数を算出すると、パネル工法では約2.7倍のすりへり耐性があると推定される。また、今回の施工ではトンネル坑口付近での比較となったが、トンネル内での運搬距離が長くなればなるほど、従来工法では施工性、コンクリートの品質が低下することがあるが、パネル工法では、一定の品質を維持することができると思われる。

表-1 従来工法とパネル工法の比較

| 項目               | 2017年度施工                            | 2017年度施工                            | 2018年度施工                            |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                  | 従来工法 (170m)                         | パネル工法 (30m)                         | パネル工法 (150m)                        |
| 施工性<br>(1日当り施工量) | 21.3m/日                             | 7.5m/日                              | 21.4m/日                             |
| 所要人工<br>(日最大人工)  | 19人                                 | 9人                                  | 15人                                 |
| コスト比率            | 1                                   | 6                                   | 5                                   |
| 品質<br>(圧縮強度)     | 40N/mm <sup>2</sup>                 | 100N/mm <sup>2</sup>                | 100N/mm <sup>2</sup>                |
| すり減り係数           | 720mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> | 260mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> | 260mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> |

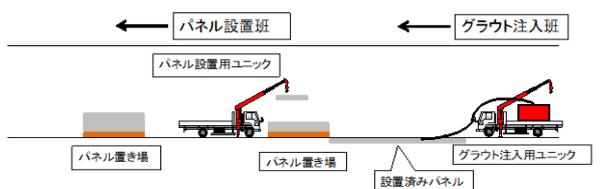


図-6 2018年度パネル工法施工イメージ

5. 考察

今回パネル施工の施工方法の見直しにより、施工性を大きく改善することができた。パネル工法では、すり減り耐性が高いこと、安定した品質を得られることから将来を見据えたライフサイクルコストの面でも有利になることが期待できる。今後施工したパネルについて、すり減り進行具合の追跡調査を行う予定である。また、パネル材料や、工場制作費について、コスト低減の余地がある。今後はパネル製作費やグラウト注入材の見直し、施工速度向上のために新技術投入による切削の効率化に取り組んでいく。

参考文献

1) 家坂佑季、川崎淳 他：二次製品を用いた水路トンネルの底盤修繕の検討，第73回年次学術講演会