

二次製品を用いた水路トンネルの底盤修繕の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○家坂 佑希 川寄 淳
正会員 梶谷 宜弘 大湊 直樹

1. 概要

東日本旅客鉄道株式会社では、再生可能エネルギーの導入を積極的に推進しており、当社で使用する電力の約2割を自営の水力発電で賄っている。当社の水力発電所で管理する総延長約74kmの5条の水路トンネル(図-1)は、古いもので建設から約80年を経過しており、一部の区間で、底盤の中心から左右約1.5mの範囲で洗掘が発見された。またトンネルの継目箇所ですべて進行した洗掘が多く見受けられた(図-2)。底盤コンクリートの設計巻厚400mmに対し、洗掘の深さは概ね100mm程度にまで至っている箇所もある。水路トンネルの底盤表面の洗掘は、流水による影響の他、流水内に混入する礫の衝突が原因であると考えられる。底盤の洗掘の進行で、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。

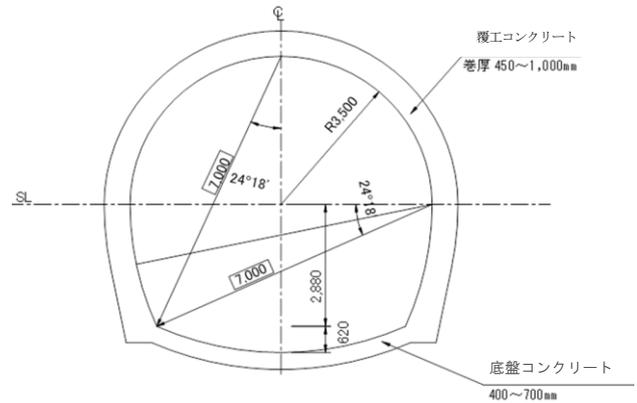


図-1 水路トンネル断面図

検査の結果、水路トンネルの底盤に重大な変状は現在見受けられないが、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。従来は水路トンネルの坑口付近を施工範囲として、洗掘を受けた底盤コンクリートを切削し、コンクリート打設を行い修繕してきた。修繕箇所は坑口の近傍であったことから、コンクリートの品質管理や工程管理に課題は無いと考えていたが、今後、施工範囲が坑口から離れるにつれコンクリートの運搬距離が伸び、品質の確保及び施工性の低下が課題となる。また労働人口や土木作業従事者の減少も踏まえ、現場作業の省力化施工にも取り組む必要がある。



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

本検討は将来的な水路トンネルの底盤修繕のため、品質が均一な二次製品による試験施工を実施したものであり、従来工法との施工性、所要人工及びコストを比較した。その結果について報告する。

2. 施工方法

水路トンネル底盤の修繕方法について、従来工法及び今回の試験施工の概要を述べる。

(1) 従来工法 (図-4)

洗掘された底盤コンクリートの取り壊しのために、図-3のツインヘッダーを用いて100mmの切削を行う。切削後はコンクリートガラを搬出及び切削後の底盤の清掃を行う。コンクリート打設では、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トン級生コン車にコンクリートを投入し、施工箇所へ運搬し打設する。コンクリートには剥離抵抗性の確保のため繊維材を投入する他、せん断ボルトの設置による既設のトンネル底盤との一体性を図っている。



図-3 ツインヘッダーによる切削状況

(2) 試験施工 (図-5)

二次製品のパネルの標準図を図-6に示す。パネルの厚さは25mmのため、ツインヘッダーによる切削厚は60mmとし、パネルと既設の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。パネルには元のトンネル断面に戻すための、高さ調整用のアンカーボルト(図-7)、また既設トンネルと一体性を向上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)

3. 比較検討

従来工法170m及びパネルを用いた試験施工30mの修繕を行った。施工箇所はいずれもトンネル坑口から約300mから500mの区間内であり、施工幅は3.5mとした。表-1に施工日数及びコストの比較結果を示す。コンクリート打設区間は、4トン級生コン車をトンネル坑口から1日に8往復行い、約14m³を打設した結果、日進量として約40m/日であった。二次製品のパネル区間は、トンネル内への材料搬入及びパネルの設置で2日、グラウト注入で1日であった。そのため日進量として約10m/日となった。コストについては、1m当たりのパネルの施工費は、コンクリート打設に比べ6倍となった。作業員の人数については、1日に必要な人数がパネルの方が半分以下となった。パネル区間30mの底盤の切削厚を100mmから60mmに縮小したが、今回の試験施工では、距離が短かったこともあり、工期短縮とはならなかった。



図-5 パネル設置完了 (試験施工)

4. 考察

従来工法の場合、トンネル内で最もコンクリートの運搬距離が長くなる箇所においては、日進量は約15m/日となる計算となり、パネルの日進量に近づくため、施工性に関するパネルの優位性が増加すると予想される。今後は施工箇所により、コンクリート打設とパネルの適用基準を定め、修繕計画を策定していく。所要人工については、パネルの方が約半分と有利であり、また左官仕上げ等の特殊な技能が不要のため、施工の省力化に繋がると考えられる。コストについては、上記の条件の箇所で行う場合、約1.7倍になるとの試算となった。パネルの施工コストは従来工法より大幅に増となるため、今後、施工サイクルやパネルの設置方法等でコストダウンを検討し実用性を高めたい。今回の試験施工の結果を踏まえ、さらに施工性やコストの改善に取り組んでいく。そして将来的な水路トンネルの維持管理に向け、新技術による省力化等を積極的に活用し、効率的な修繕を目指していく。

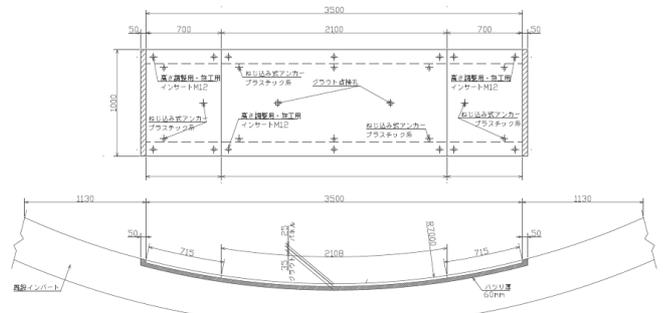


図-6 二次製品パネル標準図



図-7 パネル高さ調整 (試験施工)

表-1 従来工法と試験施工の比較

	従来工法(コンクリート)	試験施工(二次製品パネル)
修繕日数	40m/日	10m/日
所要人工	17人/日	8人/日
コスト比率	1	6