

老朽レンガトンネルの酸性水を考慮した覆工補修について

JR 東日本(株) 正会員 北村 栄治 第一建設工業(株) 佐藤 英之
 ○片山 浩一 (株)熊谷組 正会員 森田 栄治
 正会員 森 康雄

1. はじめに

冠着トンネルは、長野県の主要地である松本と長野を結ぶ篠ノ井線の山間区間に位置し(図-1)、明治33年(経年111年)に建設された延長2,656mのレンガトンネルである(昭和48年電化、建築限界特認トンネル)。

本トンネルはレンガ覆工特有の劣化である目地切れをはじめ漏水や覆工表面の材料劣化が顕在化し、継続的に補修や詳細な変状調査(覆工ボーリング調査、覆工材料試験等)を行ってきたが、一部区間に酸性水の湧出などの環境の中で補修材料の再劣化が問題となっている。ここでは、これまでの補修履歴や現在の劣化状況を踏まえて酸性水に配慮した覆工の補修対策について検討し、施工を行った概要を述べる。



図-1 位置図

2. 補修材料の再劣化

トンネル覆工の変状に対して、今までH鋼支保工+鋼製内巻工や吹付けモルタルなどの対策工が継続的に施工されてきた。しかし、対策工に用いられた補修材料が劣化し健全度が再びAランクに区分され、変状発見の都度、発生主義的な補修が実施されている。

(1) 酸性水による劣化

最近の地表・地質踏査及び坑内・周辺の水文調査からトンネル内の湧水は部分的にpH3~4の強い酸性を呈しており、周辺地山からの酸性水の供給が変状原因の一部であることがわかった。この酸性水の影響により鋼製内巻工(ライナープレート、キーストンプレート)の腐食、目地モルタル・

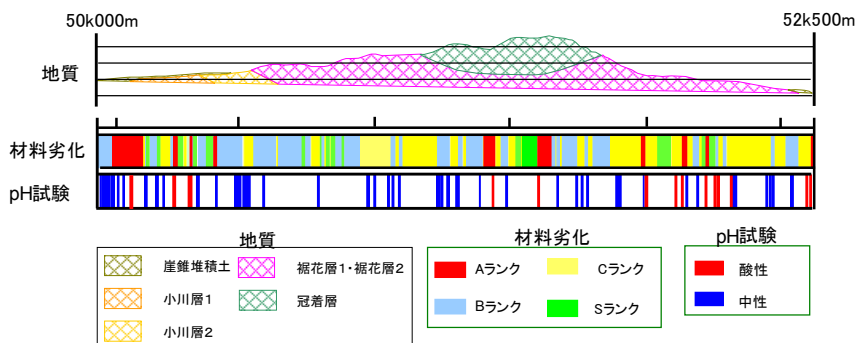


図-2 冠着トンネルの材料劣化と酸性水の状況

レンガ母体の劣化を引き起こし、さらに覆工に付着した煤煙とモルタル成分が酸性水により反応し生成されるエトリンガイト(膨張性物質)により吹付けモルタルが剥離・剥落を起こす。

図-2のように冠着トンネルの漏水のPH試験結果から、酸性水の存在が材料劣化に影響を与えることがわかる。

(2) 煤煙による目地の劣化

冠着トンネルは25/1000と急勾配であるためSL運行時に多くの煤煙が覆工に付着している。一般に煤煙には亜硫酸ガスや窒素酸化物が含まれるため、これらが漏水に溶解し硫酸や硝酸を生成し目地の劣化を促進させたと考えられる。

(3) 漏水・凍結融解による劣化

入口坑口付近の地山が崖錘堆積土及び沢部になっているため、トンネル内の漏水が多くなっていると考えられる。冬期は気温が氷点下になるため漏水が凍結する。トンネル入口付近に覆工表面の凍結融解による劣化対策として鋼製内巻工が施工されたが、継続的な漏水の影響で著しく腐食し断面欠損している。

3. 対策工法の検討

前項を踏まえ、酸性水により補修材料が再劣化することのないような工法を最優先に検討することにした。また、覆工の表面は劣化しているが地山のゆるみなどに起因する構造的な変状は見られないため、対策工の要求性能は、「酸性水に起因した覆工材料の劣化防止と剥離・剥落対策」を基本とし、レンガを薄層ではつり、良質な覆工材料に置き換える工法とした。

キーワード：レンガトンネル、剥落対策、酸性水、補修、内巻工、支保工

〒380-0935 長野県長野市中御所 1-8-13 JR 東日本長野支社長野土木技術センター TEL026-224-3378

- ① 地山からの酸性水対策として、はつり後に残存するレンガと補修覆工材料の間に防水シートによる遮断層を設け、排水ドレーンにより酸性水が補修覆工材料に触れることがなく、路盤排水に流れる構造とした。
- ② 覆工材料は支保工と内巻工の併用とした。支保工は耐酸性に優れるエポキシ樹脂塗装を施したH鋼(H-100)とし、内巻工は埋設型枠として超高強度繊維補強コンクリート(94cm×66cm×2cm)を用い、無収縮モルタルを充填した。各材料の寸法、材質はフレーム計算及び応力計算により必要断面力から決定した。また、経済性・施工時間(24:00～3:30)・施工期間中の安全性を考慮し、1日の作業サイクルをはつりから支保工及び埋設型枠設置(はつり面からのレンガ落下防止)までを終了させる作業フロー(図-3)とした。施工時間及び経済性の観点から補修範囲を直接、列車保安に影響のある上部半断面の補修とした(図-4)。

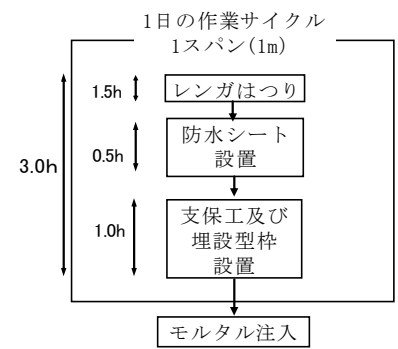


図-3 作業フロー

4. 施工記録

施工箇所はトンネル入口から約400m(50k400m)の位置であり、覆工に酸性水が滲み、目地切れ及びレンガ剥離・剥落が著しく維持管理に苦慮している箇所である。対策工履歴として平成10年ごろにガラス繊維補強モルタル(GFRM)が漏水対策として施工されたが、剥離し、平成19年にははつり落としを実施している。

(1)準備工：詳細な断面測定(レーザー式トンネル断面測定器、ノンプリズム光波測距儀)により、補修材料が現況の内空断面を侵さないように、水平架台の設置位置と支保工の半径を設定した。また、水平から約60°の位置を試験削孔してレンガが財産図面通り4層であることを確認した。

(2)本施工：はつりの境界にハンドカッターで施工目地を入れ、はつりを開始し水平架台を設置した。次に、支保工設置箇所のはつりを行ったところ、クラウン部でレンガが2層しか積まれていない箇所があり、はつり作業により部分的に覆工が開口し、地山が露出した(写-1)。安全確保のため、はつり深さをレンガ1層に抑えるよう、前後の内空断面から特認寸法の抵触量を勘案し、支保工の設置高さを変更した。また、崩落を防止するための養生を行いながらの施工としたために、当初計画していた施工日数が大幅に延びた。

施工後は、排水ドレーンからの排水が確認でき、有害な酸性水が直接、補修された覆工に触れない構造とすることができた。またレンガ覆工よりも強固な部材へと置き換えることができ、覆工の一体性が回復し剥離・剥落の危険性が無くなったと考える(写-2)。

5. おわりに

冠着トンネルにおいて酸性水の漏水がある箇所のLCCを意識した抜本的対策工の確立という課題に対して覆工補修工法の検討と施工を行い、一定の成果が見られたが、課題も明確になった。今後は、補修材料の構造、施工方法、施工機械等について再検討し今後、類似箇所への本工法の適用に向け努力する。

また、各変状に見合った対策工を選択することで合理的で経済的な老朽構造物の延命、維持管理の労力軽減に寄与できると考える。

参考文献 新線路 老朽レンガトンネルの変状と維持管理 JR 東日本(株) 竹村禎修

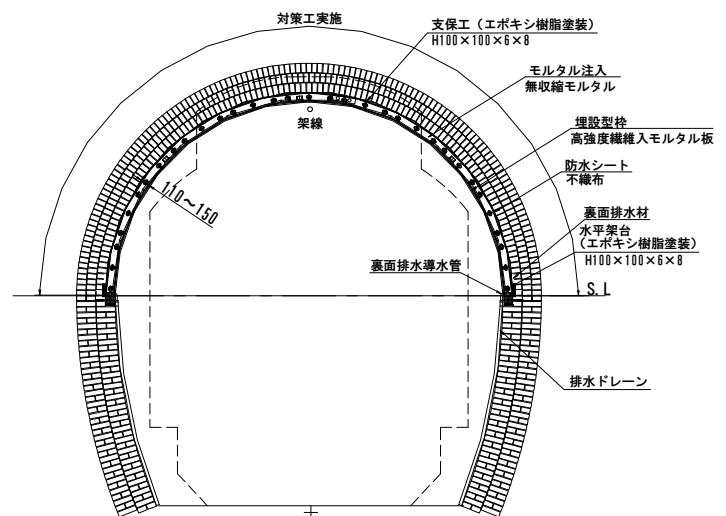


図-4 標準断面図



写-1



写-2