

「経年100年をこえるレンガトンネルの変状原因推定」

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 田中 淳一
北村 栄治
竹村 禎修

1. 冠着トンネルの概要

JR 篠ノ井線冠着トンネルは長野県北部に位置し、標高 1,000m を越える山稜を横切る形で明治 33 年に建設された経年 108 年、全長 2,656m、レンガ覆工の単線非電化断面トンネルである(図-1)。冠着トンネルは非電化断面トンネルとして建設されたが、昭和 48 年の篠ノ井線電化に伴い、電化断面に改築することなく特殊な架線支持方式を採用し、長野市、松本市、名古屋、東京圏を結ぶ長野県の交通の動脈として活用されている。

一方で冠着トンネルの周辺地には河床堆積物や土石流堆積物で被覆された透水性が高く、かつ集水地形を呈している部分があり、これまでトンネル内の漏水対策に苦慮してきた。また、経年 100 年を越えてレンガの目地切れや煉瓦の材質劣化等の問題も発生してきている。

本稿では、冠着トンネルの変状実態と変状原因の推定、今後の対策工選定に対する課題について検討の報告をする。

2. 冠着トンネルの現状

(1) 現在までの変状対策工

冠着トンネルは、今日まで漏水・目地切れ等の変状が激しく、多くの変状対策を行ってきた。変状対策は主に漏水対策として行われ、大きく分けるとキーストンプレート・ライナープレート・吹付けモルタルである。昭和 47 年に吹付けモルタルが施工されているが、その後、その吹付けモルタルも劣化し漏水がみられるようになったことと、未施工箇所についても目地切れや漏水がひどく、両坑口では漏水によるつららが発生し、レール上には結氷ができる状況が発生した(写-1)。そのため昭和 61 年から平成 4 年にかけて、キーストンプレート・ライナープレートなどの鋼製材料により覆工改良を行った。その後も未対策箇所からさらなる漏水が見られるため、ガラス繊維補強モルタルや鋼繊維補強モルタルなどの吹付けモルタルが施工されてきた。図-2 に全体図を示す。



図-1 位置図



写-1 結氷

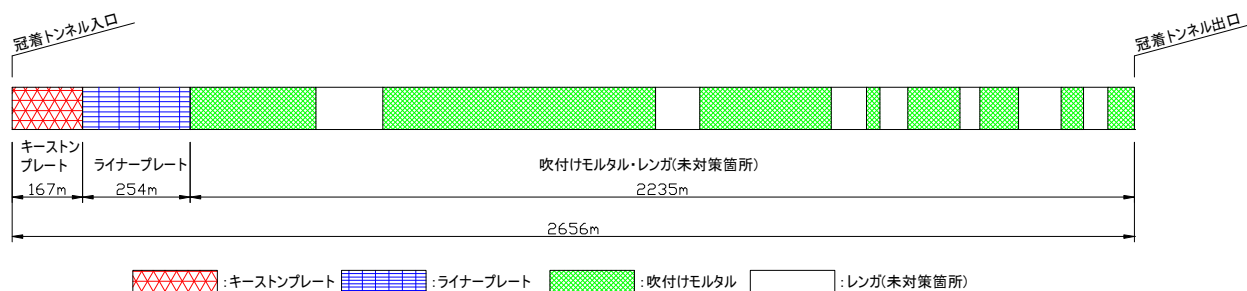


図-2 冠着トンネル全体図

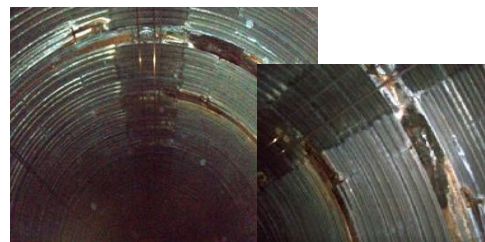
キーワード：レンガトンネル，吹付けモルタル，酸性水

〒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

(2) 冠着トンネルに見られる主な変状と原因

①キーストンプレート・ライナープレートの腐食

キーストンプレート・ライナープレートの施工区間では、キーストンプレート・ライナープレートの腐食が進行し、欠食に至った箇所も見られた。この区間は集水地形に加え、土被りが浅く透水性の高い地質であるため漏水が目立つ。そのため、乾湿を繰り返すことにより腐食が発生・進行したと考えられる。また、この付近の土質を調査した所、地山内に硫黄成分が確認され、このことから、地山内に黄鉄鉱が含まれていると考えられ、この黄鉄鉱が風化により酸化して硫酸を生成し、地下水が酸性水となるためそのため、キーストンプレート・ライナープレートの腐食が進行したものと思われる。



写-2 ライナープレート腐食箇所

③ガラス繊維補強モルタル吹付け部の浮き

ガラス繊維補強モルタル吹付け部において打音検査時に濁音が確認され、吹付けモルタルに浮きが発生してきている。原因としては、覆工の洗浄が不十分であったこと。また、浮きが発生している箇所についてみるとエトリンガイトが認められた(写-3)。このことより、硫酸がモルタル中の水酸化カルシウムと反応し硫酸カルシウム(二水石膏)を生成し、硫酸カルシウムはセメント中の未水和のアルミン酸三石灰と反応しエトリンガイトとなり、エトリンガイト生成時の膨張圧により吹付けモルタルが浮いてきているのだと考えられる。



写-3 エトリンガイト

I. 吹付けモルタル中の水酸化カルシウムと地下水(酸性水)とが反応して二水石膏を生成する。



II. 吹付けモルタル中の未水和アルミン酸三石灰と二水石膏が反応してエトリンガイトを生成し膨張する。



④レンガ部及び吹付けモルタルはつり落とし後のレンガの目地切れ

吹付けモルタル部に浮きが点在していたため、全面的にはつり落としを施工した。そのため、付着強度の高い箇所もはつり落とし、レンガ覆工の欠損などが見られる箇所が存在する。未対策レンガ部における目地切れ原因としては、上述したように地山内に含まれていると思われる黄鉄鉱が酸化することにより酸性水となり、この酸性水が目地を溶出させていると考えられる(写-4)。



写-4 レンガ覆工状態

3. まとめ

本トンネルの対策工の選定にあたっては、下記の特状を考慮したうえで施工性、経済性、対策の効果の持続性等を考慮して検討を行う必要がある。現在のところ、酸性水による腐食の恐れのない樹脂系材料による補修や、防水シートを併用したセメント系材料による補修等が検討されているが、長期の耐久性に対して確実な対策となるか問題点が残る。今後は、漏水防止の根本的対策に至る工法を決定するために、さらに現状の把握と調査に努め、歴史的構造物と言っても過言ではない冠着トンネルの機能回復と耐久性向上をはかっていきたい。

- ・ 特別認可を受けている狭小断面であるため、これ以上断面寸法を小さくする工法は選定できない(図-3)
- ・ 作業車の離載線場所から坑口までの距離が長く、トンネル延長も長いいため長大間合いの確保が困難(実作業時間約2時間30分程度)

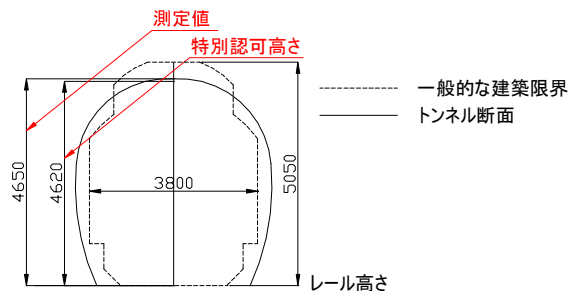


図-3 冠着トンネル断面