

レンガトンネルにおける変状調査と対策工法の検討について

JR 東日本 正会員 ○川名 桂子
JR 東日本 正会員 江面 剛

JR 東日本において在来線のレンガトンネルの割合は約 3 割を占めており、経年 100 年を超えるこれらのトンネルが今も列車の運行を支えている。レンガトンネルにおいては、経年につれて多くの変状が報告され、その都度対策が施工されてきた。例えば、漏水対策としての導水樋、レンガ剥落対策としての吹付けモルタル・ネット工が挙げられる。近年、これら対策工自体の変状の進行が確認されており、将来の維持管理の観点から、レンガトンネルに対する恒久対策を検討する時期にあると考えられる。

本稿では、八王子支社管内にあるレンガトンネルの変状に対する調査結果より、対策案の検討に至る過程を述べる。

1. トンネルの概要

本トンネルは、中央線の山間部に位置する単線甲型レンガトンネルである。工事しゅん功は、明治 35 年であり経年 106 年、これまでの主な補修工事として、昭和 52~56 年にかけて漏水防止対策としてモルタル吹付け工、平成元年にはレンガ表層の剥落対策としてネット工、平成 7 年より同じくレンガ表層の剥落対策として Q ショット吹付工、平成 17 年には Q ショットモルタルの剥落による運行支障を起こし、その対策としてトリカルネット工の施工の履歴が挙げられる。

2. 変状概要

当該トンネルの変状については、レンガ目地部の風化や吹付けコンクリートの剥離などが全般的に見られるが、特に終点方 115m 区間における漏水(写真 1)と、その漏水に起因した凍結融解によるレンガ覆工表面の脆弱化による剥落、および吹付モルタルの劣化の進行が著しい。

冬季には峠の明かり区間にある坑口付近はしばしば氷点下を観測するため、側壁沿いに漏水が氷柱化する。氷柱の増大に伴い(写真 2)、営業線の運行維持のため、施設社員による緊急対応で狭小レンガトンネル内の建築限界を確保する必要があるが生じる。しかし一方で、氷柱落としを繰り返すことにより、表層のレンガを傷める状況にもある。



写真 1 インパートに滞水



写真 2 坑口付近側壁の氷柱

写真 3 吹付モルタルの剥離
ネット工による剥落対策

写真 4 吹付けモルタルの劣化

3. 変状調査および調査結果

本トンネルの現状を把握するために平成 20 年度に詳細な変状調査を行った。覆工背面調査では側壁部に空洞がある場所が確認され、今後漏水等の影響によりトンネル上部の緩みが進行していく可能性があること、また、レンガ覆工は漏水が多いものの、レンガそのものの強度は健全性が保たれているということが判明した。以下に調査の概要とその結果を述べる。

- ① 全般検査等における展開図作成：特に終点方 115m 区間に変状と漏水箇所が多い。
- ② トンネル付近地質調査：トンネルは砂岩・粘板岩に覆われているが、漏水の多い区間は上部が旧河道であり、河床堆積物が混在する粘土混じりの砂礫である。

キーワード 漏水, 覆工剥落防止, 2次覆工

連絡先 〒192-0073 東京都八王子市寺町 61 JR 東日本 八王子土木技術センター TEL:042-621-1291

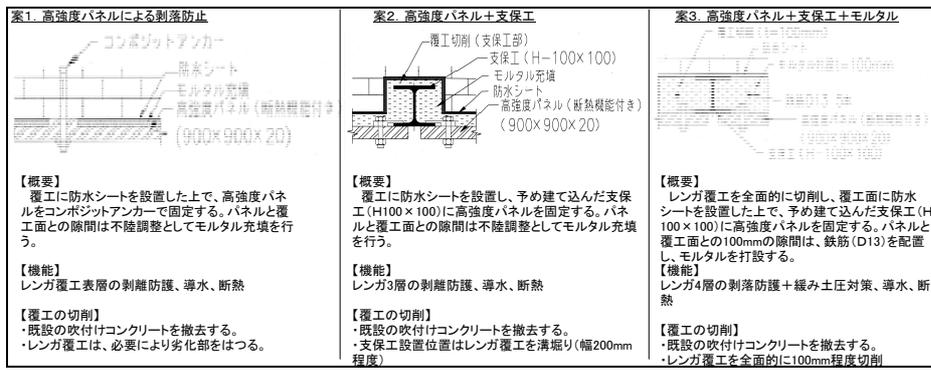


図 1 覆工の剥落防止対策工案



写真 5 レンガコア

- ③ トンネル湧水の分析：吹付けコンクリートやレンガの劣化要因と考えられる硫化イオン濃度は、検出限界以下の 47ppm, pH は 7.98 である.
- ④ トンネル湧水量調査：通年湧水があり、概ね 7~10m³/h である.
- ⑤ トンネル内空測定（時系列調査）：内空断面は季節により伸縮が微小変動するが、変形の進行は見られない。ただし、狭小断面のため建築限界に対して余裕がない。
- ⑥ レンガ採取および圧縮強度調査：変状の多い（湧水の多い）区間のレンガ強度は約 30N/mm², 吸水率は 15% を有し、レンガ本体は劣化していない（写真 5）。表層の劣化は氷柱の叩き落とし等による外的要因によるものと凍結融解の繰返しによるものである。また、漏水の少ない区間は、貧配合のレンガを使用しており、地質状況を加味した施工を当時行っていたことが分かった。
- ⑦ トンネル背面空洞調査：側壁背面に最大 300mm 程度の空洞が認められた。

4. 変状対策の基本方針

以上のように、レンガ強度に問題がなく背面空洞も小規模であると推測されるため、本トンネルの変状対策は、覆工表面をコンクリート版で処理し、覆工の劣化およびトンネル内への漏水を防止および断熱するとともに、裏込め注入で坑口付近の地山緩み防止と覆工の安定を図ることとする。終点方 115m 区間における恒久対策として、(i) 漏水対策、(ii) 凍結対策、(iii) 表層レンガおよびモルタルの剥落対策、(iv) 内空断面の拡幅、(v) 裏込め注入の 5 つを基本方針と定めた。

5. 対策案の検討

トンネルの漏水対策、覆工剥落防護対策として、①高強度パネル、②高強度パネル+支保工、③高強度パネル+支保工+モルタル打設、の 3 つの工法を検討する(図 1)。

また、上記の工法を実施するためにレンガ覆工表面の切削が必要となるが、覆工本体に影響を与えず安全で効率的な施工方法が必要であるため、コンクリートを切削する工法のうち母材に与える影響が少ない工法を採用する。さらに、覆工背面の空洞を充填し、覆工と背面地山との一体化を図る目的で JETMS 工法による裏込め注入を検討している。

本トンネルのような狭小レンガトンネルにおける上記覆工変状対策、漏水対策は事例がなく、一般的な施工方法が確立していないため、実施工前に、各工法の安全性、効率性を十分確認することが必要である。今回、廃線レンガトンネルにて上記工法の試験施工を行い、各工程が適切であるかを確認したい。また、各工程に要する時間や工事機械の能力等施工性を把握し、問題点や改善点の抽出を図り、本トンネルでの本施工に反映させることとする。

6. おわりに

老朽化した構造物に対して過去の経験や知恵を活かし、さらに新たな技術により、長寿命化を図り次代に引き継いでいくことが、メンテナンス土木の醍醐味であり、やりがいである。実施工までに試験施工や検討項目の再調査など、課題は多岐に渡るが、データの蓄積を地道に行い、将来への計画に備えたい。

参考文献

- ・ 鉄道総研教育講座 トンネル維持管理の基本/財団法人 鉄道総合技術研究所
- ・ 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)▷ トンネル/財団法人 鉄道総合技術研究所