

覆工に亀裂が生じたブロック積みトンネルの変状対策の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○荒川 友里
正会員 小松 朗
正会員 西山 秀紀

1. はじめに

当トンネルは経年約 100 年、延長約 330m の鉄道トンネルである。地震により、トンネル内約 60m にわたり覆工の変形や目地切れが発生した。その中でも特に変状が大きかった 10m 間に対し応急対策としてアラミド繊維シートによるはく落対策の実施した。その後、個別検査や定期検査により変状に進行性がないことを確認していたが、次の大きな地震等により外力が加わった際に、変状が進行し内空断面を縮小させる恐れがあることから、各種調査を行い覆工の変形に対して対策を検討したため報告する。

2. 各種調査

対策工選定にあたり、変状発生原因の特定と地山の状態を把握する目的で、トンネル坑内およびトンネル上部の斜面のそれぞれから詳細調査を行った。

(1) トンネル上部のボーリング調査（すべり想定線の確認、地下水位の把握）

トンネル上部の斜面から 3 か所のボーリング調査を行ったところ、固結度の低い地山であることが分かった。また、コア観察の結果、鏡面などは確認されず明確なすべり面はないことや、地下水位については、トンネルより低い位置に存在することが確認された（図-1）。

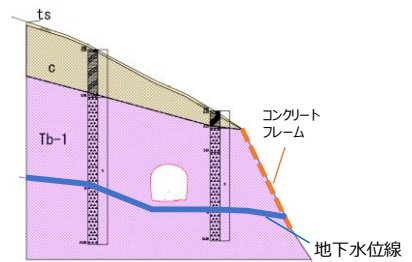


図-1 地山の状態

(2) トンネル現況調査（覆工厚の確認）

トンネル側壁部～アーチ部について、覆工の実厚さを削孔等により 10 箇所確認したところ、設計値に対し小さい箇所が 6 箇所あった。当トンネルの図面は国鉄時代に民鉄から買収した際に作成されているため建設時の設計の詳細が不明であり、調査結果から覆工厚に規則性がないことから、トンネル全長にわたり覆工厚が薄い箇所が存在する可能性が考えられた。

(3) 覆工背面空洞調査・坑内ボーリング調査（覆工背面の状態の確認、地山性状の把握）

変形発生箇所付近にて電磁波レーダー探査により覆工背面の空洞を調査したところ、矢板工法にて建設されているにもかかわらず調査範囲には空洞がほとんどないことから、土砂の 2 次的な移動によるゆるみ領域の存在が推定された。また、トンネル坑内で変形箇所のボーリング調査をした結果、固結度の低い粘土が確認された。これは、地震時に覆工背面に堆積したと考えられる。

(4) 結果総括

覆工背面や上部の斜面の状態から、上部の斜面には明確なすべり面はなく、地下水位もトンネルより低い位置にあることが確認され、覆工には定常的な外力は発生していないと推定される。よって、地震時にかかった外力により変状が発生したと考えられる。これより、次の地震等の大きな外力に対する更なる変状進行による内空断面の縮小を防ぐ対策工が必要と考えた。

3. 対策工の決定

調査結果を踏まえた対策工として、①覆工改築、②地山の安定化、③内部補強が考えられた。①は覆工のア

キーワード ブロック積みトンネル 内部補強 セントル 盤下げ 建築限界

連絡先 〒380-0927 長野市栗田源田窪 992-6 東日本旅客鉄道（株）長野土木設備技術センター 026-474-0826

一チ形を抜本的に構成し直すことが出来るが、2 (3) より覆工厚が薄いことが予想され、覆工面をはつことでのトンネル構造の不安定化が懸念された. ②について、トンネル覆工背面にゆるみのある土砂が堆積しており、安定化のための薬液注入は効果が得られない可能性があり、トンネル自体の変形を防止する当初の目的に対しては、達成されない可能性がある. ③については、建設年次が古く現在の基準では断面積が小さいトンネルであるため、建築限界に対する余裕量の確保には補強方法の検討が必要であるが、内側からアーチ形で支えることで正しい力の伝達を期待できる. よって、対策工は③を採用することとし、側壁部～アーチ部の内巻きセメントルによる内部補強工として計画することとした.

4. 内部補強（内巻きセメントル）

(1) 課題

- 対策に際し、以下の課題が挙げられた.
- ① 断面積の小さいトンネルにおいて、対策後の建築限界に対する余裕量を確保する必要がある.
 - ② 覆工をはつらずに一つひとつのブロックと内巻きセメントルを接触させる.

(2) 解決策

① 盤下げの実施（表-1）

今回、トンネル内空断面を確保することが求められており、H-100 より小さい鋼材の使用は経済性や施工性から難しいため、H-100 を採用することとした.

ただし、H-100 を建て込んだ場合、アーチ部での建築限界外の余裕量の確保が難しいため、軌道のレベルを下げることで解決を図った.

表-1 内巻きセメントルの設置方法

	【案1】鋼材 サイズダウン	【案2】覆工内建て込み	【案3】盤下げ
イメージ			
メリット	建築限界外余裕量の縮小量が少ない	建築限界外余裕量の縮小量が少ない	排水経路の改善による噴泥防止・軌道状態悪化防止
デメリット	鋼材数の増加 材料が特注になる	覆工厚減少による 更なる不安定化	軌道を含めた対策が必要

② コマ材の設置（表-2）

内巻きセメントルは覆工面に作用した力をセメントルが受けることで更なる変状進行を防ぐものである. しかし、本トンネルはアーチが変形しており一定曲率でなく、コンクリートブロック表面に凹凸があるため、アーチ型の H 鋼を設置するだけでは覆工面と接触しない. よって、セメントルと覆工間に間詰材を設置することとした.

表-2 間詰方法

	全ねじ式	袋詰めモルタル	コマ材
イメージ			
施工性	◎ 隙間の幅によらない	△ 隙間に追従しない恐れ	△ 製作施工に精度が求められる
維持管理	○ 検査時にゆるみ確認	△ 経年劣化によるはく落	○ 検査時にゆるみ確認
構造	× 押し抜きの可能性	× 袋の横ずれの可能性	○ セメントルへ力が伝達される
総合評価	△	×	○

間詰材として、表-2 の 3 案について検討した. 棒状部材による支持は押し抜きの懸念があり、袋詰めモルタルの設置は外力が作用した際にずれが生じる可能性が懸念された. よって、H 鋼を加工したコマ材をセメントルに設置し、コンクリートブロックがコマ材に接触する構造とした. また、コマ材を覆工に接触させるため、点群データによる測量・設計を実施し、現場作業での調整を極力削減できるようにした.

5. まとめ

変状の発生したブロック積みトンネルにおいて各種調査を行い、トンネル変状発生原因を推定し、内巻きセメントルにより補強を行うための間詰方法や断面の小さいトンネルにおける鋼材設置方法について詳細な検討を行った. なお、当トンネルにおいては、上記検討による対策工を施工済みである.

建設年次の古いトンネルの中には、ブロック積みの断面の小さいトンネルが数多く存在するため、今後の維持管理上で同様の変状が発生した際には参考事例となると考える.