

トンネル上部の河床陥没によるトンネル内への河川水流入とその対策について

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○阿部 雅俊
 東日本旅客鉄道（株） 正会員 竹内 照晶
 東日本旅客鉄道（株） 金子 建児

1. はじめに

トンネルの上部に川幅約 2.0mの支流河川を有するトンネルにおいて、河川の河床が陥没し、河川内の水がトンネル内に流入する事象が発生した。本稿では当事象の原因の推定と応急対策及び恒久対策に向けた取り組みについて報告する。

2. 概況

当該トンネルは、延長 1,463m で 1963 年に完成した。断面形状については側壁馬蹄形となっており覆工厚 45～60 cm で無筋コンクリート造となっている。

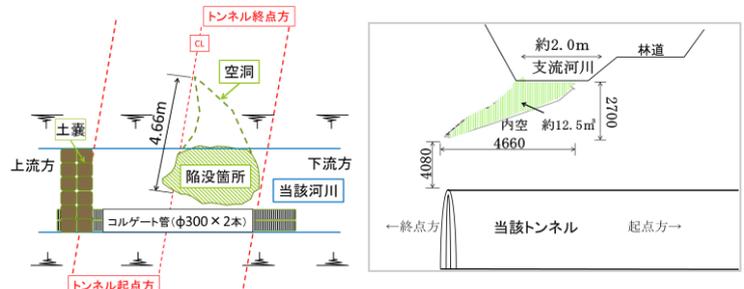
当該トンネルは 2004 年の新潟県中越地震により被害を受け、旅客等への被災はなかったがトンネル内の覆工にクラックが入り、スプリングラインやクラウンからコンクリート片の剥落が発生した。

復旧工事ではクラック注入や剥落が発生した箇所に対し覆工背面の空洞へ裏込め注入、ロックボルト工を施工している。今回事象が発生した箇所付近では地震発生後に漏水以外の目立った変状がみられておらず、裏込め注入やロックボルト工の施工は実施していない箇所であった。

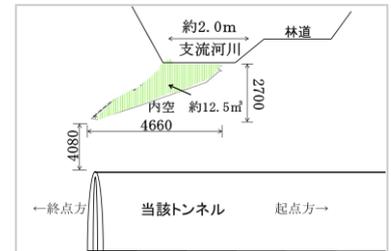
3. 変状概要

2018 年 10 月に A 市土木課より当該河川の護岸工事中に J R 線のトンネル上部付近に陥没を発見したとの情報があった。現場調査を実施したところ、陥没箇所 (1.7m×2.5m×2.7m) に当該河川の水が流入していた。

また、トンネル内から調査を実施したところ、当該河川との交差部付近にて多量の漏水を確認した。漏水が架線に滴下し、き電トリップ等による列車への影響が懸念されることから応急として、トンネル内への水の流入を抑えるために土嚢およびコルゲート管を用いて水の切り回しを実施した (図①) (図②)。



図① 水切り回し図 (平面図)

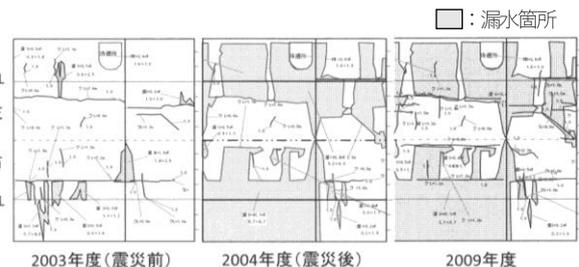


図② 陥没箇所とトンネルの位置関係

4. 詳細調査

後日、当該箇所についてトンネル内およびトンネル上部の詳細調査を実施した結果、トンネル内においては本事象に起因する変状や土砂体積等は見られなかった。しかし、新潟県中越地震発生前後のトンネル展開図を比較すると当該箇所の漏水が多くなっていることから、震災によって現在の水みちが形成された可能性がある (図③)。

また当該箇所の空洞内を調査したところ、地質は安山岩質溶岩および安山岩質角礫岩を主体とし、当該箇所付近では凝灰質な砂泥層が介在している。空洞は非常にもろい凝灰質な砂泥部に沿って広がっており、壁面の風化の状況から、空洞はかなり以前から存在していたと考えられる。



図③ トンネル展開図

5. 対策工

トンネル上部の空洞において内部の風化岩が岩塊として空洞内に落下し、衝撃でトンネル覆工を損傷させる可能性があるため、空洞の閉塞を行うこととした。

閉塞に用いる材料については、以下の条件を満たすものを選定した。①地下水の通水を阻害し、水みちを大きく変化させないよう、空洞周囲の微細な間隙を閉塞しないもの。②水が供給される環境内で施工するため、水による材料分

離が発生しないもの。③材料を充填した際にトンネル覆工への荷重が増加すると、トンネルに変状を発生させる可能性があることから、材料の強度発現によるアーチ効果が期待できるもの。以上の3つの条件を満たせる材料として本工事では可塑性注入材を使用することとした。

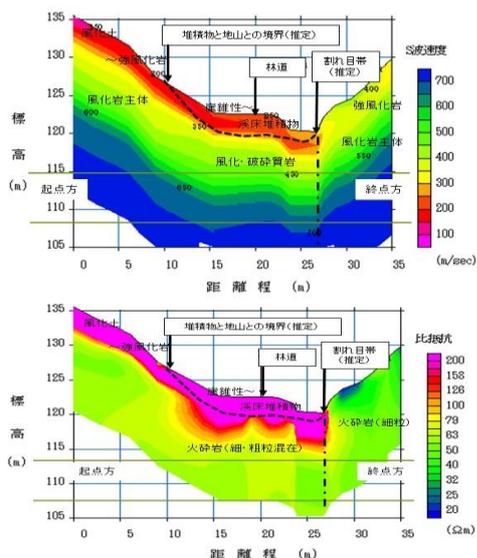
可塑性注入材の充填により空洞壁面の崩落の発生は防ぐことができたが、空洞周囲に大きな空隙が残存していた場合、再度陥没や漏水が発生する可能性があるため水の切り回しを継続して実施した。

6. 地質調査と恒久対策の計画

水の切り回しによる対策では豪雨等により河川の流量が増加した際に流失してしまう可能性があることから、恒久対策を計画することとした。

恒久対策の計画にあたり基礎地盤について詳細な調査を実施した。調査内容はボーリング、現場透水試験、高密度表面波探査、比抵抗2次元探査を行った。

線路縦断方向の比抵抗2次元探査とS波速度による解析結果を図④に、線路横断方向の比抵抗2次元探査とS波速度による解析結果を図⑤に示す。線路縦断方向の比抵抗およびS波速度のいずれでも谷部直下で凹状パターンが確認されたが、線路横断方向の比抵抗およびS波速度の結果では不明瞭な反応となった。



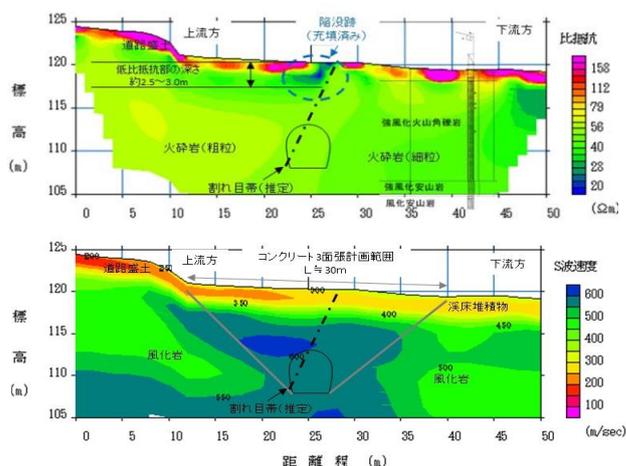
図④ 比抵抗とS波速度の解析結果(線路縦断)

この結果から、横断測線と平行または低角度で交差する割れ目帯などの地質不連続面が存在する可能性があると考え

えた。

トンネル周辺の地山は全体的にS波速度 $\geq 300 \sim 500$ m/sの良好な岩盤が分布していた。また、比抵抗2次元探査解析結果より、トンネル直上の河床に漏斗状(深さ約2.5m~3.0m)の低比抵抗部が存在するが、これは空洞内に注入した可塑性注入材および鉄筋によるものと考えられる。

トンネルや可塑性注入材の充填箇所の周囲に空洞とみられる特異な低速度部や高比抵抗部は確認されなかった。



図⑤ 比抵抗とS波速度の解析結果(線路横断)

以上より、河床に類似事象につながる空隙等は見られなかった。今後、割れ目帯に河川水が長期間に渡り流入することで新たに空洞が形成される可能性が考えられた。当該トンネル付近への恒久対策として、河川水や流下物から防護するためにコンクリート3面張護岸工を計画している。

コンクリート3面張護岸工の施工範囲はトンネル開削工事の影響範囲¹⁾を参考にし、トンネル脚部から45°の角度で立ち上げた範囲(トンネル中心から河川上流および下流へ各15m。合計30m)で今年度中の施工を計画している。

7. おわりに

2019年10月の台風19号の豪雨の影響により、当該河川の護岸等は被害を受けている箇所も見られた。幸い、可塑性注入材を充填した箇所には被害は見られなかったが今後も異常気象による豪雨で河床が被害を受ける可能性もあることから、関係箇所との協議の上速やかに施工していく。

<参考文献>

1) (財) 鉄道総合技術研究所: 既設トンネル近接施工対策マニュアル, 1995年1月