

膨潤性地山を貫く鉄道トンネルで発生した盤膨れについて

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○畠中 優
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 鈴木 和也
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 佐藤 大輔

1. はじめに

米坂線は山形県の米沢と新潟県の村上を結ぶ路線であるが、1981 年頃から盤膨れが確認されているトンネルが存在する。

本稿では対策工検討にあたり、内空変位計測、過去の対策工施工履歴や地質調査結果の整理と合わせ、当該箇所の試掘調査を実施したので、その内容を報告する。

2. 対象トンネルについて

2.1 諸元

トンネルの諸元を表 1 に示す。

表 1 トンネル諸元

延長	1,279m
取得年月	1931(昭和6)年8月 経年87年
断面形式	単線 新中間型 全長の22% 計277mにインバート有
構造	アーチ部:コンクリートブロック造 側壁部:コンクリート造
巻圧	23cm~64cm
土被り	最大277m
地質	泥岩・頁岩・凝灰岩
線形	直線

2.2 維持管理について

本トンネルでは盤膨れの他、風化劣化や剥離剥落、漏水等の変状が発生している。対策工として、高密度ポリエチレン製ネットによる剥離剥落対策や導水機能付きトンネル剥落対策工法¹⁾による漏水対策等を行っている。また、法令に定められた検査に加え、モルタル片の叩き落しを年 1 回、鉛直・垂直方向の内空変位の測定を年 2 回実施している。

3. 変状の状況

3.1 内空変位計測結果

トンネル鉛直方向の内空変位を把握するため、1993

年 7 月から測定を行っている(図 1, 2)。内空変位測定点は延長 550m の区間 104 箇所に設置され、これまで計 20 回測定を実施してきた。2018 年 12 月には測定不能な箇所を除く 94 箇所に対して測定を実施した。25 年間で最も縮小量が大きく、盤膨れが確認されている変状箇所(以下 A 地点)(トンネル入口から 856m の位置)(写真 1)では、累積縮小量は 215.3mm であり、近年では年平均 17mm 程度縮小が継続している。なお、2017 年度に一部の測点において、盤膨れの影響により路盤上の中央排水路蓋上に設置した測定ピン防護管が傾き(写真 2)、測定不能となった。

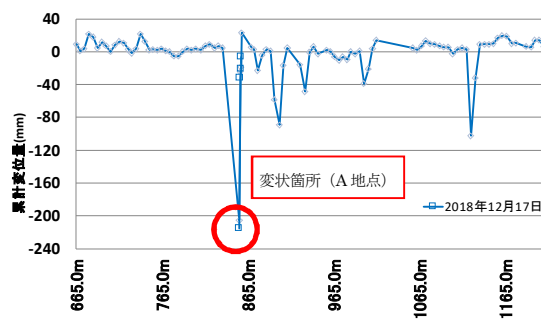


図 1 鉛直方向の内空変位量(横軸はトンネル入口からの距離)

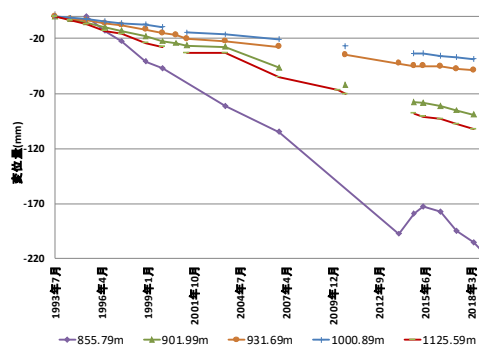


図 2 鉛直方向の内空変位量の経時変化



写真 1 盤膨れ



写真 2 測定ピン防護管傾斜

キーワード トンネル、盤膨れ、維持管理

連絡先 〒950-0086 新潟市中央区花園 1-1-4 東日本旅客鉄道(株)新潟土木技術センター TEL025-248-5262

3.2 トンネルの地質について

当該トンネルの地質を図3に示す。なお、地質図は産業技術総合研究所のシームレス地質図を利用した。図1に示す内空変位量と地質の関係性を見ると、内空変位が大きい箇所の地質は緑色凝灰岩、黒色泥岩および灰色凝灰岩であることがわかり、塑性圧の発生しやすい地山条件に該当していることがわかる。

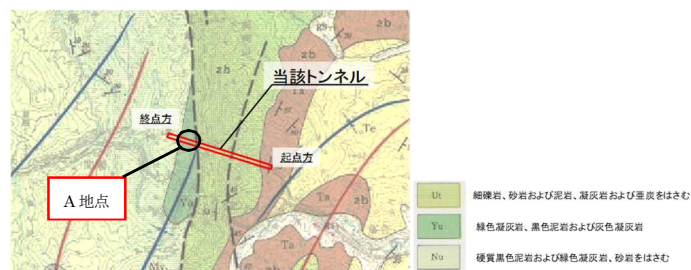


図3 当該トンネルの位置と地質の関係

3.3 過去のボーリング調査

1989年に対策工検討のため、A地点の付近において水平2箇所と垂直1箇所のボーリング調査を行った。垂直1箇所の地質断面図を図4に示す。結果は以下の通りであった。

- ・ボーリングで確認した地質は、第三中新世に生成された湯小屋層の泥岩と凝灰岩で、全般に硬質であるが、亀裂が多い。凝灰岩はモンモリロナイトを多量に混入した膨潤性の高い岩盤である。
- ・バラスト下の地山は何れも不良で、粘土化を伴う風化軟質部が深い位置(5.3m以上)まで及んでいる。
- ・バラストは0.8~1.0mとかなり厚く、バラスト中には粘土を多く混入している。

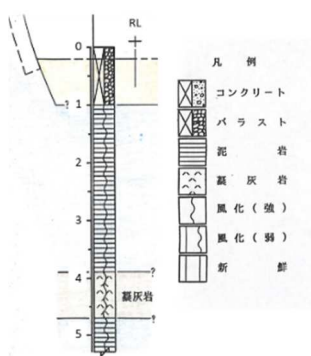


図4 地質断面図

3.4 過去の対策工

1994年にトンネル入口から851m~865mの位置において、側壁にロックボルト工と中央排水路据え直しを行った。ロックボルト工は長さ5mのものを1m間隔で計78本施工した。対策工施工に伴いその効果確認のため、トンネル入口から856mの位置で1995年より内空変位の計測を行っている。対策工前後の記録が残っていないが、1995年3月から2018年5月までの水平方

向の累計縮小量は13.4mm(0.6mm/年)であり、その後覆工面に新たなひび割れ等の変状は発生していない。しかし、鉛直方向においては、1995年3月から2018年12月までの累計縮小量は215.3mm(9.4mm/年)であり、縮小傾向の継続が確認されている。近年、縮小量が顕著に増加しているため、何らかの対策が必要である。

4. 掘削調査について

盤膨れが発生しているA地点は、図面ではインバートが設置されている区間であるが、盤膨れにより破損し、その機能が失われている可能性がある。インバートの状態を確認するために掘削調査を行った。盤膨れ発生箇所のA地点とインバート設置区間端部のB地点、インバート設置区間中間部のC地点の計3箇所で掘削を行った。なお、図面よりスプリングラインからインバートまでの鉛直距離を算出し掘削深さを管理した。掘削調査の結果、C地点ではインバートと思われる層を確認したが、A地点では掘削開始時から泥岩が粘土化した粘性土が出土し、インバートは確認できなかった。そのため、A地点ではインバートは図面通りに設置されていないことが考えられる。

5. 対策工の検討

盤膨れは地山の塑性圧と吸水膨張が原因と考えられることから、対策工は地山地盤の置換えやインバート設置を検討している。盤膨れに影響している地質の深さや範囲が不明であることから、今後更なるボーリング調査を行う予定としている。また、写真2に示したように測定ピン防護管が傾斜していることから、1994年に据え直しを行った中央排水路が破損していることが考えられる。地山の地質は高い膨潤性があることから、排水経路の確保が重要であるため、中央排水路の据え直しも検討している。

6. おわりに

本報告では、膨潤性地山を貫く鉄道トンネルで発生した盤膨れについての調査結果を述べた。今後ボーリング調査を行い、対策工の検討を深度化していく。

参考文献

- 1) 栗林健一, 浅田章一, 古川武英: 導水機能付きトンネル剥落対策工法の検討, 日本鉄道施設協会誌 Vol.53, No.9, pp.52-54, 2015.9