

斜面地形における鉄道トンネルの維持管理について

JR 東日本 正会員 ○宮崎 真弥 JR 東日本 正会員 高橋 武志
JR 東日本 正会員 小島 潤 JR 東日本 正会員 米原 慎

1. はじめに

斜面地形に位置するトンネルは、偏圧や地すべり等の影響によりトンネル覆工に外圧が作用し、内空断面の変形や、覆工のひび割れ等が確認される場合がある。このような場合、内空断面測定等を行い、トンネルの変形を監視し、状態により外力対策が必要になる。今回、3次元レーザースキャナーによる点群データを用いて、3次元でのトンネル全体の変形を可視化したことから、これまでの斜面地形に位置するトンネルの変状および対策事例を踏まえて、今後の維持管理方法を報告する。

2. 変状および対策事例

今回、3次元レーザースキャナーによって測定を行ったトンネルは、丘陵地帯が河川に接する位置に当たり、斜面の裾野を河川が流下している。最大土被りは30m程度の単線断面として、1920年代に建設された。供用後、外力の影響と思われる変状や修繕の記録はなかったが、1994年に外力の影響と考えられる天端部の軸方向の開口ひび割れや、斜め方向のせん断ひび割れが確認されたため、トータルステーションによる内空断面測定を開始した。1995年に可塑性グラウト材による裏込め注入を実施し、一時的に内空断面の変位は収束したが、1999年から最大12mm/年の内空断面の縮小を確認した。そのため、2001年に追加の裏込め注入工、自穿孔によるロックボルト工、ストラットと一体のセントル補強工、水抜き孔による排水対策等の外力対策を実施した(図-1)。当該トンネルは、図-2に示すようにトンネル山側から川側に押し出されたように変形し、ボーリング調査結果から、川側の泥岩と軽石質砂岩の境界付近で破碎部が確認され、地すべりに伴う偏圧が発生していると推測される。なお、地形判読結果から変状区間のトンネル上部斜面には崩壊地形が確認されている。

3. 外力対策後の維持管理

対策工事後は、内空断面測定を継続し、地中変位測定を開始した。内空断面測定は、対策工事に伴う一時的な変位を確認したが、それ以降は明瞭な変位傾向は確認されなかった(図-3)。地中変位測定では、川側の測定において、坑内から7m以深に変位が確認され、その後、安定していたが、東北地方太平洋沖地震後の2011年6月に前回から12mmの変位が確認された(図-4)。それ以降は、地中変位は確認されず、地震により一時的に斜面が滑動したものと判断した。一方、内空変位測定では、大きな変位は確認されなかった。対策工事後、内空変位測定の変位傾向が確認されていないことから、外力対策の効果が得られていると判断している。

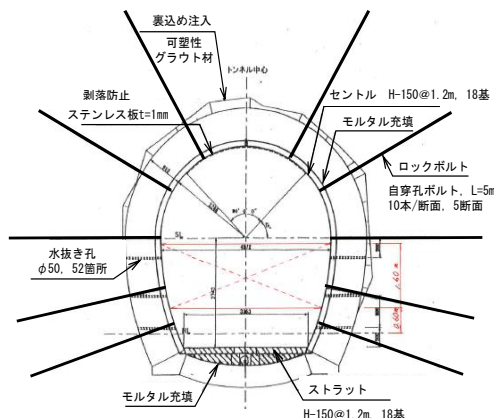


図-1 外力対策の状況

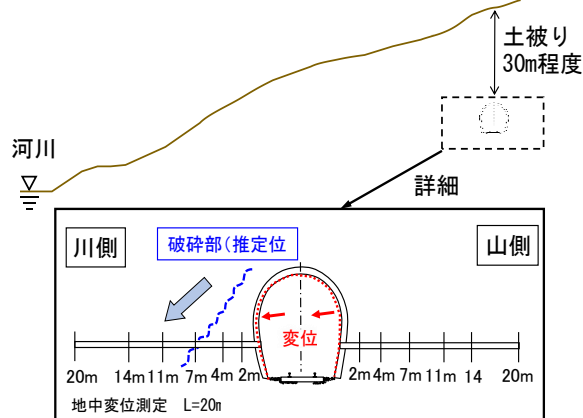


図-2 トンネルの変形状況

キーワード 鉄道, トンネル, 斜面地形, 3次元レーザースキャナー, 点群データ

連絡先 〒983-0853 宮城県仙台市宮城野区東六番丁31番2号 TEL 022-266-2397

また、トンネル上部の斜面踏査も実施し、地すべりの活発な滑動を示す明瞭なひび割れは確認されておらず、果樹園や水田等として利用されている。

これまでの維持管理より、トンネルの一部においては、内空断面の変位が安定していることは確認できたが、既対策区間以外や、トンネル全体の変位は確認できていなかったため、3次元レーザースキャナーによる点群データを活用し、トンネル全体の変位を確認した。

4. 3次元レーザースキャナーを用いた状態監視

3次元レーザースキャナーと慣性計測装置(IMU)を用いて、対象トンネル全延長(L=394m)を測定した。専用台車に搭載し、3~5km/hの速度で測定した。トンネル坑口付近とトンネル中間部に重ね合わせの精度を向上させる基準点を設置した。

図-5に示すように3次元でトンネル全体の状態を可視化することができた。図-6では、トンネルの施工目地を境界に断面が川側にずれている状態や、剥落対策のために設置したステンレス板がねじれている状態が3次元データとして可視化された。

今後の状態監視方法としては、測定データの基準点を用いて、重ね合わせることで、前回データとの差分比較を行っていく。トンネル全体を確認し、既対策区間以外の変形箇所の抽出や、変形箇所の形態を確認していく。前回データと比較し、変形が確認された場合は、変形箇所の断面を詳細に確認し、CADにより変位量を算出する。その際、従来のトータルステーションによる内空断面測定と同等の精度で算出できる。その他、建築限界も同時に測定でき、支障量や余裕量を任意の色分けで表示できる。支障箇所や余裕量が小さい範囲を3次元で確認できることから、トンネル内の状況を把握しやすくなる。また、対策工法を検討する際の可視化資料として活用できると考える。

内空変位測定、水準測量、建築限界測定等のトンネルに係る測定を同時に取得できることから、効率的にトンネルの維持管理に関わる情報を取得することができる。

5. まとめ

偏圧や地すべり等の影響を受けるトンネルは、全体的な視点と局所的な視点の双方で状態を確認しなければならない。そのため、3次元点群データを活用することで、高度かつ効果的にトンネルの情報を取得することができる。今後も新技術を導入し、適切な維持管理に努め、鉄道の安全輸送を実現していく。

参考文献

- 1) 朝倉俊弘:山岳トンネルの変状メカニズムとその対策に関する研究, 京都大学, 1996. 12
- 2) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) トンネル, 鉄道総合技術研究所編, 2007. 1

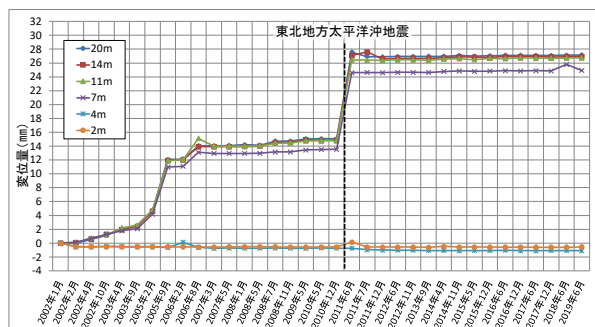


図-3 地中変位測定結果

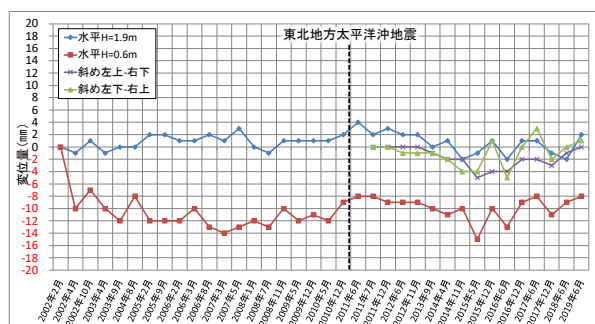


図-4 内空変位測定結果

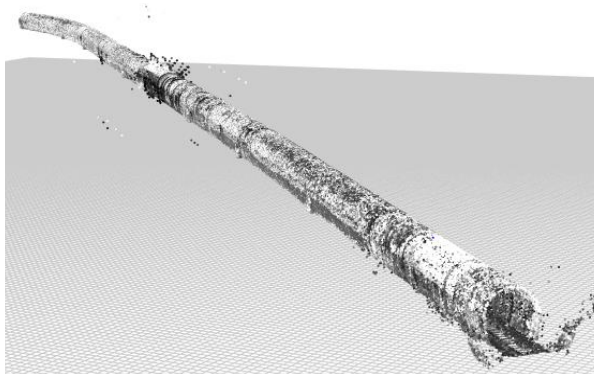


図-5 3次元によるトンネル全体の可視化

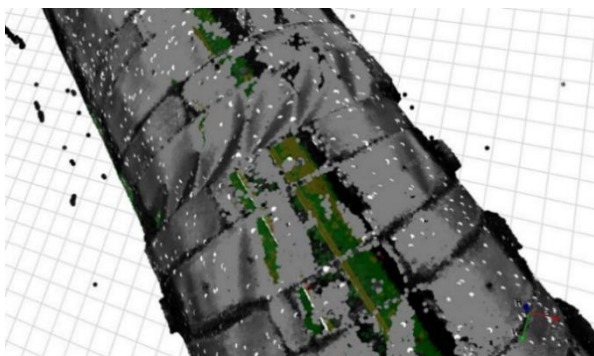


図-6 3次元によるトンネル変位の可視化