

大規模な地震を想定したトンネル修繕工法と施工

東日本旅客鉄道株式会社 仙台支社 正会員 ○井上 英一

1. はじめに

平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震によって、多くの構造物が大規模な被害を受けた。この時の地震と同程度の地震発生を想定し、既設トンネルの大規模な被害を防止する対策を実施することとした。

対策を実施したトンネルは、延長11,215m、最大土かぶり高が100mを超える山岳トンネルである(写真-1)。地質のほとんどが破碎された凝灰岩および凝灰角礫岩で占められており、地下水によって粘土化した地層が介在している。掘削は底導先進上半工法を基本とし、一部の区間でサイロット工法が採用されている。また、トンネルの中心線を横断する大小の断層破碎帯が存在し、集中湧水の原因となっている¹⁾。



写真-1 トンネル坑口の状況

今回、対策を実施する区間の抽出と工法の選定、保守用車を用いた効率的な施工方法について報告する。

2. 被害原因の推定と対象区間の抽出

新潟県中越地震で大規模な被害を受けた箇所は、震源断層に近い範囲に集中していたため、地震発生の可能性が高いと考えられる活断層²⁾を基に同程度の範囲を対象区間とした。さらに、地山の岩区分や支保工のパターン、設計覆工厚と電磁波レーダによる探査結果(図-1)から対象区間を絞り込んだ。

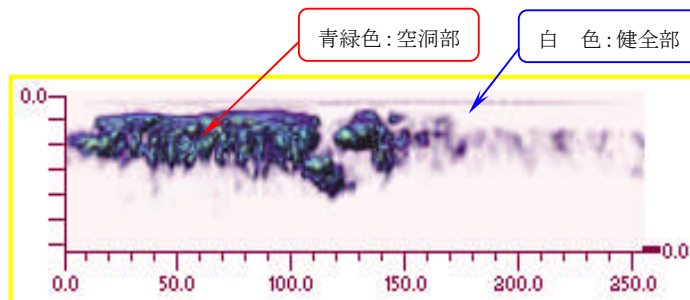


図-1 電磁波レーダ画像(覆工コンクリート断面)

また、トンネル建設時に異常出水などのトラブルが発生した区間を追加することとした。

3. 工法の選定と修繕計画

修繕工法の策定は、覆工に作用する土圧を分散させることと、大規模なコンクリートの落下および小規模な剥落を防止することを目的とした。なお、対策工は、以下の3工法とした。

- ① 裏込め注入工
- ② ロックボルト工
- ③ 内面補強工(シート工)

工 法	①裏込め注入工	②ロックボルト工	③内面補強工
略 図			
適用箇所	背面に空隙があり、かつ土被りの浅い箇所	インバートがない箇所	覆工(アーチ部)の補強が必要な箇所

図-2 トンネルの修繕工法および適用箇所

工法と適用箇所を図-2に示す。

修繕計画は、覆工の背面空洞や亀裂の状態によって対策箇所を分類し、それぞれの目的に応じた工法を適用する計画とした。裏込め注入工では、背面空洞域の地下水による分離や流出を防ぐため、可塑性注入材を使用する方針とした。また、ロックボルト工ではボルト1本あたりの引抜き耐力を100kN、縦断方向の打設間隔を1mとした場合のアーチ部横断方向の打設本数は4本である。内面補強工は、トンネル内で紫外線劣化が無いことと高圧電線からの誘導電流の影響を考慮し、絶縁性の高いアラミド繊維を使用することとした。

キーワード：地震、トンネル、保守用車、ロックボルト、品質管理

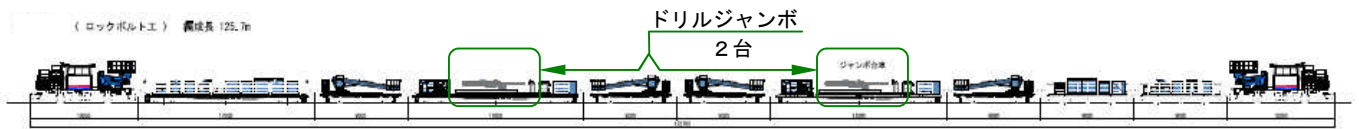
連絡先：〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目1-1 TEL 022-266-9636 FAX 022-214-7512

施工にあたっては、注入プラントやドリルジャンボなどの大型機材を保守用台車に積載し、最寄りの保守基地から現地まで移動して作業する計画とした。

4. 機械編成と施工方法

(1) 施工機械と保守用車編成

施工機械の編成は、①裏込め注入工②ロックボルト工③内面補強工（シート工）に対応させるため、それぞれの作業に特化した3パターンで組成することとした。ロックボルト工の保守用車編成を図－3に示す。



図－3 ロックボルト工の施工編成

多くの大型機材を一編成により運搬が可能で、かつ現地での作業がしやすい配列とした。保守基地の状況を写真－2に、保守用車の編成長を表－1に示す。

長大な保守用車編成（3 編成）を保守基地に留置すると、既存の収容能力を超えてしまうため、予め保守基地線を 200m 延伸する工事を行った。また、台車に積載したドリルジャンボ（写真－3）は、支持部分が前後にスライドする構造となっている。このため、編成全体の移動を伴わずに小移動ができ、他の作業に影響しない利点がある。



写真－2 保守基地（延伸後）

表－1 保守用車の編成長

編成種別	編成長 (m)
①裏込め注入工	106.7
②ロックボルト工	125.7
③内面補強工	83.7
計	316.1



写真－3 ロックボルトの施工

(2) ロックボルトの施工と品質管理³⁾

ロックボルトの打設前に裏込め注入を実施することとした。また、ボルト長は地山に 3m 以上の定着が取れるように、覆工コンクリートの厚さを考慮して 4m を基本としている。

施工中および施工後の品質管理事項を以下に示す。

- ① 定着材の充填確認（覆工面の口元で定着材のリークを確認）
 - ② 引抜き試験（100kN/本以上の引抜き耐力を有すること）（写真－4）
 - ③ プレストレスの導入（50kN/本以上のプレストレスを導入）
- 営業線での施工となるため、これらを満足することを条件とした。



写真－4 引抜き試験

5. まとめ

既設トンネルは、覆工背面の空洞域が拡大するなど、経年による環境変化を伴っている。このため、修繕計画にあたっては、建設時の資料と併せて現況を詳細に把握することが必須である。

今回の調査では、目視のほか、覆工表面画像や電磁波レーダ画像を用いて現況把握を実施した。また、施工については、現地の作業に合わせて施工機械の編成を見直すなどの改善を図って行く必要がある。

これまでの施工結果を踏まえ、今後、さらに効率的な施工方法を確立して行きたい。

参考文献¹⁾

- 1) 日本国有鉄道 仙台新幹線工事局：東北新幹線工事誌 黒川・有壁間，1983.03
- 2) 東京大学出版会 活断層研究会：新編 日本の活断層 分布図と資料，1991.03
- 3) 財団法人 鉄道総合技術研究所：変状トンネル対策工設計マニュアル，1998.02