

新潟県中越沖地震における JR 信越線鉄道トンネルの復旧工事

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○中島 純也
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 西川 雅規
 東日本旅客鉄道株式会社 伊部 秀之
 東日本旅客鉄道株式会社 田口 芳範

1. はじめに

2007年7月16日10時13分頃、新潟県上中越沖(北緯37度33.4分、東経138度36.5分)を震源とするM6.8の中越沖地震が発生し、新潟県柏崎市、刈羽村などで震度6強を記録した。JR東日本においても信越線や越後線で軌道をはじめ多くの土木構造物に被害が発生した。信越線米山・青海川間に位置する第一米山トンネルや第二米山トンネルでは圧ざやせん断破壊が発生し、第三笠島トンネルでは坑門部で補強していた既変状箇所開口亀裂がさらに進行した。本文では、以上の3トンネルの復旧工事の概要について述べる。

2. 第一米山トンネル復旧工事概要

第一米山トンネルでは、圧ざやせん断破壊が24k569m～686mおよび25k316m～327mの計128m区間で発生した。復旧工事は、損傷範囲の覆工打設ブロックに前後1スパンを補修対象範囲に加え、補修範囲を24k558m～697m、25k306m～338mの計171mとした。基本復旧パターンを(図-1)とし、各損傷箇所の状況に見合った復旧パターンを設けた。ここでは一番被害の大きかった復旧箇所について述べる。復旧順序は①先行ボルト、②コンクリート取壊し、③断面修復(コンクリート吹付け)、④剥落防止工、⑤パターンボルト、⑥裏込注入、⑦ロックボルト頭部処理という順で行った。

復旧作業は、オンレール作業によることを基本としたが、軌陸車に載せることのできないドリルジャンボなどの大型機械は、自らの駆動を鉄輪に伝えレールの上を走行できる『自走台車』を採用した。(写真-1)

①先行ボルト：損傷を受け、不安定になっている覆工コンクリートは、取壊し時に大きな塊として抜け落ちる危険性があり、二次災害が懸念されたため、前段の作業として、天端付近に最大で4本/断面のロックボルト(自穿孔φ32)計231本打設した。

②コンクリート取壊し：自走台車に搭載した油圧ブレーカ(0.45m³)により、取壊しを行った。矢板工法で施工されたトンネルであったため、覆工コンクリートと地山の間空隙が確認されたが、ロックボルトの打設状態から、地山自体の自立性に問題はないと考えられた。(別途、地上からのボーリングも行った。)

③断面修復：背面空隙が予想より大きかったことから、断面修復に際してはステンレスメッシュ(50mmメッシュ、線径3.2mm)をアンカーボルト(M16, SUS304)で固定した上で、63m²(吹付総量：24m³)の吹付けコンクリートを施工した。また、先行ボルトの削孔状況、コンクリート取壊し時の結果から、裏込注入量が当初想定量を大幅に超えることが判明した。

④剥落防止工：修復された覆工コンクリート内面については、アーチ部の既変状あるいは補修状況に応じてアラミド繊維貼付による剥落防止工(AAA工法,886m²)を行った。なお、25k306m～338m間については、既変状箇所でも漏水も多く、AAA工法自体の施工が困難であったため、ステンレスメッシュ(60.1m²：20mmメッシュ、線径2.6mm)による剥落防止工を施工した。

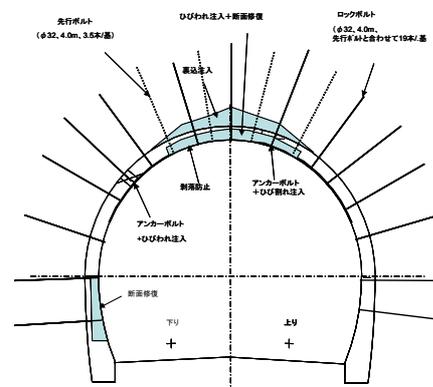


図-1 復旧基本パターン図



写真-1 自走台車

キーワード 鉄道トンネル, トンネル復旧, 新潟県中越沖地震

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町6-26 東日本旅客鉄道(株)上信越工事事務所 TEL027-324-9361

⑤パターンボルト：既設支保工の間（@1.2m）に打設する必要があるため、事前に行った電磁波探査の結果から、ロックボルト打設位置を決めて明示し、効率的に多くのロックボルトを打設した。ドリルジャンボは、作業の進捗に合わせ、2ブームホイールジャンボ：90kg級を2台投入し、昼夜2方作業で、平均100本/日の施工を行い、最終的には、2382本の施工を行った（写真-2）。



写真-2 ロックボルト打設状況

⑥裏込注入：地山と鋼製支保工、補強ボルト、覆工コンクリートとを一体化させ、アーチ構造を再形成させるため、ある程度の強度が必要であり、モルタルを注入した。



写真-3 復旧完了状況①

⑦ロックボルト頭部処理：剥落防止工で貼り付けたシートの剥がれ防止及び覆工変位の抑制効果を期待し、ロックボルトのナットを使用して、FRP板を格子状に設置した。また、海岸部に近く、錆の発生、列車通過時のロックボルトのナット部の緩みが懸念されたため、アクリル樹脂系接着剤を塗布し防錆・緩み止め処置とした。（写真-3）



写真-4 復旧完了状況②

3. 第二米山トンネル復旧工事概要

第二米山トンネルの26k183m～193m間では両アーチ肩部にクラックが発生しており、エポキシ樹脂を注入するとともに、ひび割れから1m程度離れた箇所にロックボルトを打設した（写真-4）。27k156m～184m間では、アーチ部には全く損傷はなく、せめ部より下の側壁部のみ損傷していることから、覆工コンクリートと地山との間に空隙があることが懸念されたため、コア削孔調査を行った。調査の結果、地山とコンクリートが密着していることが確認されたことから、裏込注入は行わず、損傷箇所の取壊しおよび断面修復（無収縮モルタル）を行った。

4. 第三笠島トンネル復旧工事概要

第三笠島トンネルは上下線別の単線トンネルであり、被害は上り線の直江津方坑口部の坑門コンクリートの開口亀裂、抱きコンクリートおよび擁壁コンクリートのひび割れおよび内空変状であった。上部の斜面が地すべりを起こしていたことから、5本の地質調査ボーリングを行ったが、地すべりは、表層部のみであり、すべり面と考えられる揉まれた部分や亀裂は認められなかった。坑門コンクリートの開口亀裂部には、ステンレス板を貼り、無収縮モルタルを打設した（図-2）。上下線間の抱きコンクリートと擁壁コンクリートに一部ずれが生じた箇所には、アンカーボルト D38×2本、D22×8本により、ずれたコンクリートブロックを健全部に固定することとした（図-3）。トンネル側壁下部にひび割れが生じ、内空側に折れ込んだ箇所は、側壁と抱きコンクリートをアンカーボルトで縫い付けた。（図-4）

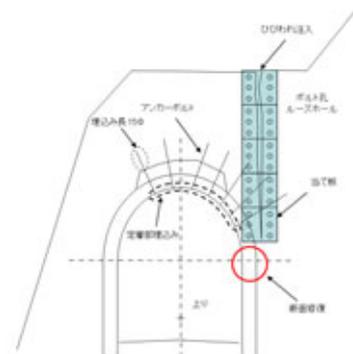


図-2 坑門部開口亀裂部

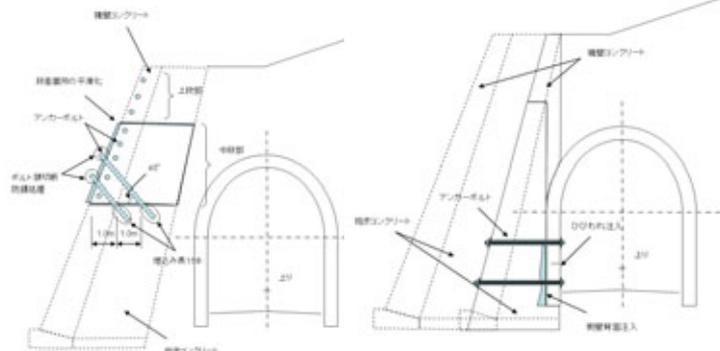


図-3 擁壁・抱きコンクリート変状部

図-4 側壁折込変状部

5. まとめ

今回の地震で発生した被害は、中越地震時に設置された中越地震検討会に示された大規模被害の発生しうる距離、地質、構造の3条件に該当しており、矢板工法で施工されたトンネルにおいて地震時の被害として一般的に生じる可能性のある範囲であった。そのため、中越地震の経験を生かし、復旧方針を速やかに決定し、軌道・信号・通信・電力との連携により、地震発生後59日で運転再開することができた。