

熊本地震被害を受けた立野トンネル復旧工事

九州旅客鉄道（株）正会員 西金 佑一郎 神川 孝洋

JR 九州コンサルタンツ（株）正会員 村上 昌彦 挟間 裕 永渕 関

（株）熊谷組 正会員○大本 晋士郎 松本 大輔 佐藤 久也

1. 目的

立野トンネルは豊肥本線立野駅～赤水駅間（熊本県南阿蘇村）にある延長 218m の単線鉄道トンネル（非電化）である。2016 年 4 月の熊本地震で大規模な斜面崩壊が発生した阿蘇大橋地区に約 700m と隣接しており、立野トンネルも地震により躯体に大きな被害を受けた。立野トンネルを含む不通区間は急こう配山間部でルート変更は不可能と判断され、不通区間の復旧において立野トンネルの補修・補強が必須となった。そのため 2017 年より九州旅客鉄道豊肥本線復旧事務所により、立野トンネルを含む不通区間の復旧工事が進んでいる。本報告では地震被害を受けた立野トンネルの復旧工事について記す。

2. 被害状況

立野トンネルは 1918 年竣工の鉄道トンネルで 100 年以上経過している。天端はレンガ、側壁はコンクリートから成り、熊本地震により以下の大きな被害を受けた。

(1) 終点側坑門および坑口（写真-1, 写真-2）：

天端中央、SL 付近に大きなき裂とずれが発生した。地震により斜面が川側へ移動したことに伴い、坑門のコンクリート塊がずれたと考えられる。



写真-1 坑門被害状況



写真-2 坑口被害状況

(2) 覆工剥落（写真-3）：SL より上、天端付近のレンガに剥落が発生した。経年劣化の影響とともに、地震動が作用したためと考えられる。



写真-3 覆工剥落

3. 対策工・計画の概要

損傷、劣化診断を基に 3 つのランクの対策工を実施した。

対策工①：地震影響がなく覆工の経年劣化がある

→ 樹脂ネットによる剥落防止工を実施（延長 138m）

対策工②：地震による覆工ひび割れ・剥落が顕著→ 内面補強工「T3 パネル工法」¹⁾を導入（延長 70m）

対策工③：終点側坑門、坑口で天端中央、SL 付近に大きなき裂とずれが発生→ 既設坑門は壊さずウイング式 RC 面壁を前面に追加構築。坑口の覆工撤去縫い返し、インバートを追加し坑口強化（10m 区間）

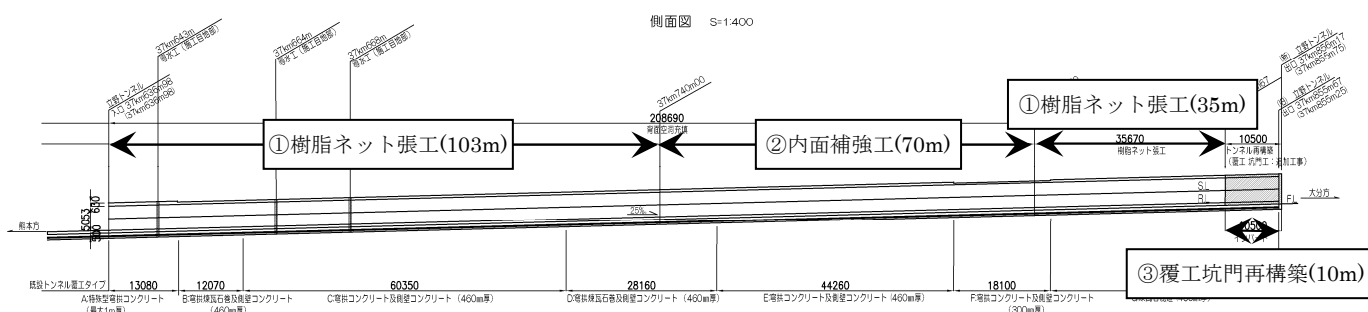


図-1 トンネル対策工一覧（側面図）

キーワード 地震, トンネル, 坑門, 内面補強, 補修

連絡先 〒160-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 （株）熊谷組 技術本部 TEL 03-3235-8975

トンネル断面について3D レーザー測量で現形状把握を行い、建築限界との干渉に注意し内面補強工の選定計画を実施した。また築100年のため覆工背面が空洞化している可能性があり、電磁波レーダーで覆工背面の空洞調査を実施した。空洞が推定されたため、内面補強工に先立ち空洞充填工(346m³)を実施した。



写真-4 Tカッター



写真-5 T形支保工設置完了

4. 施工の概要

対策工②、③に的を絞り記述する。

(1) 対策工②：内面補強工に新技術「T3 パネル工法」¹⁾を適用した。一般的な剥落防止工(対策工①：樹脂ネット)は薄型であるが小規模剥落が対象で、一方、大きな耐荷力の補強工法は内巻工などがあるが巻厚は10 cm以上となり、断面の狭小化を避けたい鉄道トンネルに収めるには、はつりなど大規模な施工が必要となる。今回採用した T3 パネル工法は、耐荷力が 8kN/m² (覆工厚 40 cm相当)と一般的な剥落防止工より高く、また最小施工厚さは 3 cmと内巻工よりも断面に対する影響を抑えることが出来る。T3 パネル工法の構造は、既設覆工に切削した溝に T 形支保工を嵌め、強度の高いパネルを差し込むものである。溝の切削が施工上の要点で、直線精度が悪いと T 形支保工が嵌められず、また上半の溝切削は上向き作業であり人力施工では不可能であることから、溝(15 mm幅)を正確に切削するために開発した施工機械「T カッター」を使用した(写真-4)。T 形支保工設置状況を写真-5 に、完了状況を写真-6 に示す。T カッターにより T 形支保工設置の省力・迅速・高精度化を実現し、補強厚さは既設覆工面から平均 4.5 cm増しに抑えた。



写真-6 内面補強工完了

(2) 対策工②：坑口縫い返しは覆工天端にクラックが入った 10m 区間を対象とし、インバートを追加した閉合断面で再構築することとした。また終点側坑門の再構築では地山に影響を与えないように既設坑門を壊さず、ウイング式 RC 面壁を前面に追加構築することとした。土被りが小さく地山が緩んでいる可能性があるため、安全に施工するため補助工法に AGF によるウレタン固結と鋼管の先受けが必要と判断し実施した。施工の要点として、坑門表面から AGF を施工した後(写真-7)、1 m ずつ覆工を撤去し、支保工設置、吹付を行った(写真-8)。この施工に際し A 計測でトンネル内部、地山に変状が発生しないことを確認しつつ安全に留意した。坑口は RC コンクリートで、打設にはセントルを用いた。写真-9 に再構築した坑口を示す。

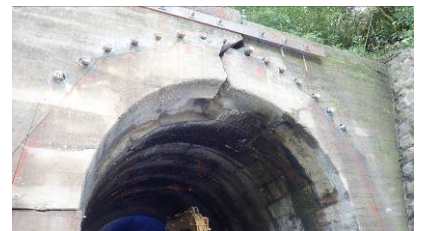


写真-7 AGF による補助工



写真-8 坑口縫い返し



写真-9 坑口完了

5. まとめ

地震被害を受けた立野トンネルの復旧工事として、T3 パネル工法による内面補強工、坑口付近の覆工再構築を実施した。今後、2020 年度内での豊肥本線の運行再開に向け、国交省や熊本県と連携し復旧工事を全力で行っていく。

参考文献

1) 大本晋士郎他：薄型パネルを用いたトンネル補修工の開発，土木学会第 69 回年次学術講演会，VI-112，2014，9