

供用中の高速道路におけるトンネル覆工のリニューアル技術の開発

鉄建建設(株) 正会員 ○舟橋孝仁 瀧本博文 西脇敬一 岩城圭介 植中靖二 須志田藤雄 林忠男
鉄建建設(株)名古屋支店 大西春信
中日本高速道路(株)金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 正会員 鈴木俊雄

1. はじめに

矢板工法により建設された高速道路トンネルの覆工は、老朽化によりひび割れや漏水が発生しており、トンネルの機能が低下している。また、寒冷地においては、その漏水がつららとなるため、一般車両への落下リスクを回避するためのつらら落とし作業が発生している。今後、トンネルの機能を回復後、その機能を長期に亘り維持し、さらには維持管理の効率化へ繋げていくためには、対策後の長期耐久性を確保できる覆工リニューアル技術の構築が望まれる。

NEXCO 中日本金沢支社では、一般交通を供用しながら、矢板工法により構築された覆工のリニューアルする技術（以下、覆工再生工）の検討を進めてきた（図-1 参照）。覆工再生工は、既設覆工を

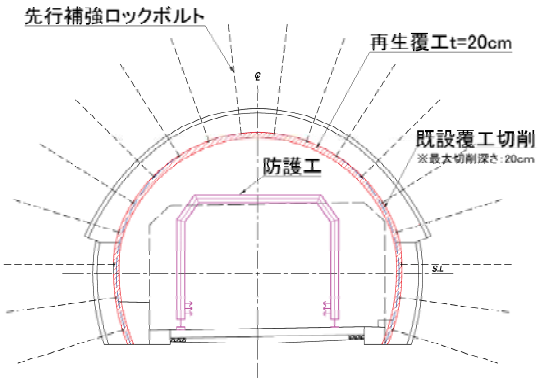


図-1 覆工再生工の概念図

ロックボルトにより先行補強し、その後、既設覆工の切削、防水工を施し、新たな覆工を構築する工法である¹⁾。

そこで筆者らは、覆工再生工の施工性および実現性等を検証するために、覆工再生工に関する技術開発を進めてきた。本技術開発では、既設覆工の切削方法（以下、覆工切削工）、一般交通の安全および作業員の安全を確保するための防護工、新たに構築する覆工のコンクリート（以下、再生覆工コンクリート）について、開発を行った。本稿は、覆工再生工に関する技術開発成果について報告するものである。

2. 技術開発に求められる要求事項

技術開発に求められる要求事項の一例を表-1 に示す。覆工再生工は一般交通を供用しながらの施工を前提とするため、防護工と既設覆工との間の狭隘な空間での作業が必要であるとともに、一般車両および作業員に対する安全確保も必須である。また、再生覆工コンクリートでは、長距離の圧送性および圧送後に最小覆工厚さ 20cm の狭隘空間へ打ち込み、充填が可能なワーカビリティなどの品質が必要である。

表-1 技術開発に求められる要求事項の一例

	要求事項
覆工切削工	切削ヤード幅(1.7m)、最遠切削高さ(6.8m)、切削深さ(20cm)、切削覆工コンクリート圧縮強度(30N/mm ²)、作業時間(連続作業可能)、切削能力、作業環境、覆工コンクリートの残存部に覆工構造の安定性を損なうような損傷を与えない
防護工	防護工で確保する一般車両用の内空幅5250mm以上・内空高さ4500mm以上、一連の作業区間は連続した防護機能を有する、防護工内部の明るさ(平均路面輝度2.3cd/m ²)、防護台車移動時の高さ(4700mm以下)、1夜間で延長30m以上の防護工を移動/設置/撤去、一般交通の供用下で移動可能、防護工内を走行する一般車両の走行を阻害しない、衝突条件Aの作用に対して防護工が作業空間を阻害しない
再生覆工コンクリート	長距離(最大850m)運搬、現場打ち、繊維補強コンクリート、最小覆工厚さ20cm、圧縮強度36N/mm ²

3. 各技術開発の概要

3.1 覆工切削工

覆工の切削には、切削箇所以外のコンクリートへの影響がほとんどなく、限られた施工スペース内で施工可能な、ウォータージェット工法（以下、WJ）を採用した。

実証実験では、写真-1 に示す壁状のコンクリート試験体に対し連続的に WJ 切削を行い（最遠切削高さ 8m）、狭隘な切削ヤードにおいて深さ 20cm の切削、所要の切削能力（切削量、切削時間等）等を確認し要求事項を満足す

ることを確認した。また、切削後の試験体よりコアを採取し、蛍光エポキシ樹脂含浸法²⁾によりはく離・はく落を生じさせる有害なマイクロクラックは生じていないことを確認した。さらに、WJによる切削方法について、切削装置の連続動作性能や安全性、切削殻の排出方法等の施工の実現性が確認できた。

3.2 防護工

防護工は、一般車両および作業員の安全確保はさることながら、防護工の運搬、設置、連結、移動等をスピーディーに行うことができ、一連の覆工再生工の施工が連続的、円滑に行える構造であることが必要である。そこで、防護工は台車構造とし、脚部を跳ね上げた状態でトレーラー運搬が可能であり、坑内では軌条上を移動、設置時には防護工台車を上下左右に設置位置を調整可能な装置を使用することで、運搬から設置までの時間短縮が図れるものとした。また防護工台車の連結方法もピン構造とし連結時間の短縮、連結部の防護により連続的な防護機能を有した防護工とした。

実証実験では、実物大の防護工台車を設計・製作し、決められたヤード範囲での組立、解体、運搬、設置、連結および自走等の一連の作業を確認し、作業のサイクルタイムを取得した。開発した跳ね上げ構造の防護台車は、運搬から設置、解体から搬出までの作業時間の短縮に大きく寄与するものとなった。防護工台車の全景を写真-2に示す。

3.3 再生覆工コンクリート

再生覆工コンクリートは、打設作業の省力化にも寄与する自己充填性を有する高流動繊維補強コンクリートを採用した。最大 850m の長距離圧送後のコンクリートの品質、とくに、ワーカビリティの確保については、新たに開発したレミキサー一体型ポンプユニット（写真-3）を配置して中継することで、圧送に伴うコンクリートの性状低下を再練りまたは流動化により回復させるものとした。

実証実験では長距離圧送試験により圧送性、圧送に伴う性状の変化および流動化による性状回復方法等を確認し、長距離圧送後もレミキサーによる流動化によって所定の品質、ワーカビリティに回復させることが可能であることを確認した。また、模擬トンネル打設実験（写真-4）では、コンクリートが狭隘な巻厚空間の隅々に流動して充填され、密実な再生覆工を構築できた。

4. おわりに

覆工再生工における、覆工切削工、防護工および再生覆工コンクリートの技術開発を実施し、実証実験により技術開発に求められる要求事項の確認、施工方法等の検証を行った。その結果、開発技術はすべての要求事項を満たし、これらの技術が覆工再生工技術として有用であり、且つ、実現性を有することを実証することができた。今後は得られた知見を基に更なる改善を図る次第である。

参考文献

- 1) 中日本高速道路(株)金沢支社：供用下における矢板工法トンネル覆工再生工に関する手引き(案)，2020。
- 2) 渡邊他：打撃工法によるハツリ処理で生じた微細ひび割れの定量的評価方法と打継ぎ界面の付着強度に関する研究，コンクリート工学年次論文集 Vol.35, pp.775-780, 2013。



写真-1 覆工切削工の実証実験

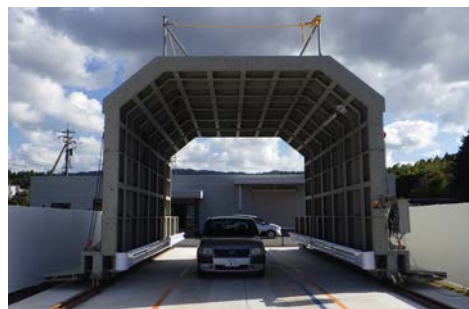


写真-2 防護工台車

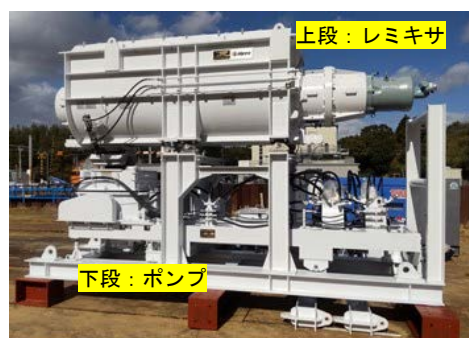


写真-3 レミキサー一体型ポンプユニット



写真-4 模擬トンネル打設実験