

光ファイバ計測技術によるトンネル維持管理の生産性向上に関する研究（その2）

ー建設中トンネルの覆工・インバートへの光ファイバ実装試験ー

鹿島建設(株) 正会員 ○福田博之 中西祐輔 池上栄志 野中隼人 川端淳一
西日本高速道路(株) 正会員 前田佳克 畔津伸彦
リテックエンジニアリング(株) 正会員 大塚雄次郎 小柳津悠 新保 弘

1. はじめに

山岳トンネルでは、外力の影響により供用後に構造物に変状が生じ、対策が必要となる場合がある。トンネルの維持管理では5年に1度の目視点検が標準的であるが、路盤下など目視できない箇所では路盤隆起のような顕著な異常に進行するまで変状を把握できない、また、変状の進行性や要因を調査して対策工を検討するのに時間を要する、といった課題があった。これらに対し筆者らは、応力履歴から迅速に変状の程度や要因を把握して対策工を選定することを目指し、長期安定性に優れる光ファイバ計測技術に着目し、この計測技術のトンネル維持管理の長期監視技術としての実用化を図っている¹⁾。

建設段階で覆工やインバートに光ファイバを実装した場合、初期からの応力履歴を把握でき、供用後も断面力による健全性評価が可能である一方で、新設トンネルへの実装事例は極めて少ないことから実用化には至っていない。そこで、本稿では維持管理段階での活用を見据えた覆工とインバートへの光ファイバの実装方法を検討し、建設中のトンネルで実証試験を実施したので報告する。

2. 新設トンネルにおける光ファイバ実装試験の概要

維持管理段階での計測を見据えた新設トンネルへの実装方法の確立に向けて、①建設中の工事工程への影響が小さいセンサ設置方法、②建設中から供用後での活用が可能な配線方法の検討を進めている。そこで、現在建設中の新名神高速道路宇治田原トンネルにおいて実現性検証のための実証試験を行った。

図-1に設置断面のレイアウトを示す。本試験では、覆工およびインバートの断面力の評価を可能とすることを目的として、断面内の地山側と内空側の2深度に、それぞれ温度計測用、ひずみ計測用の光ファイバを設置した。

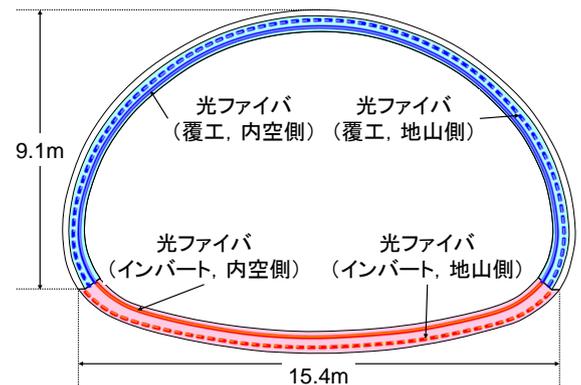


図-1 光ファイバのレイアウト

3. 覆工およびインバートコンクリートへの光ファイバ実装

コンクリート内部に光ファイバを直接埋設する場合、設置時にたわみや緊張が生じることや、打設時に押出されるなど、所定の位置に正しく設置できないことが懸念された。そのため、光ファイバをガイドとなる鉄筋に沿わせることで、正確な位置に設置できるようにした。図-2にインバートへの光ファイバの設置状況を、図-3に覆工への設置状況を示す。いずれも断線等の不具合は無く設置が完了した。インバートへの設置は3人体制で実施し、1測線当たりの光ファイバの設置時間は2~3時間程度であった。また、覆工については4人体制で実施し、1測線当たりの設置時間は5~6時間程度であった。部材への設置後に必要となる光ファイバの配線作業等は、補強鉄筋の組立てなどの通常作業と並行して実施できるため、光ファイバの設置に関わる作業が現場工程に及ぼす影響は軽微であることが確認された。



図-2 インバートへの光ファイバ設置状況

キーワード トンネル, 維持管理, 光ファイバ, 覆工, インバート

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-485-1111

4. 建設中から供用後までの活用を見据えた光ファイバ配線

覆工のコンクリート打設後は、トンネル壁面の全面が閉合されるため、事前に光ファイバの出口を確保しておく必要がある。一方で、建設中や供用後の設備等への干渉を避ける必要があるため、図-4のように光ファイバを引き出すための箱抜きをインバート肩部に設置した。これにより、任意の位置で路盤下から内空側に光ファイバを取り出すことが可能となる。

一般的に、建設後には監査廊下部に設備用の電線や通信線を配線するための多孔陶管が設置される。箱抜きから引き出した計測用の光ファイバを多孔陶管内の通信用光ファイバと繋げることで、地上に出ることなく坑口まで配線することができる。図-5に維持管理段階での光ファイバのレイアウトイメージを示す。複数断面での計測が必要な場合にも、断面間を連結することで1台の計測器でトンネル全体管理が可能となる。今回実証した実装方法を組み合わせることで、建設中から供用後まで継続した光ファイバの活用が可能になることを示した。

5. 光ファイバによるコンクリート打設後計測

インバートに設置した光ファイバを用いて、コンクリート打設後の温度とひずみを計測した。図-6にインバート左車線側（後行施工側）の中央部での計測結果を示す。打設後から約2日間は急激に温度が上昇し、最大で18°C程度の温度上昇確認された。また、コンクリートは熱膨張により約50 $\mu\epsilon$ 程度の圧縮ひずみが生じた。ピーク後は温度が緩やかに低下し、収縮に伴う引張ひずみが生じている。このように、コンクリート打設後の膨張・収縮挙動を光ファイバで良好に捉えられることが確認された。また、これらの挙動は地山側、内空側の光ファイバでも同様に確認された。

5. まとめ

建設中のトンネルにおいて、覆工およびインバートへの光ファイバの実装試験を行った。いずれも、工事工程に大きな影響を及ぼすことなく設置できることを確認した。また、建設中だけでなく供用後も計測できる光ファイバの配線方法を実証した。今後も、引き続き設置した光ファイバで計測を行い、長期健全性の評価に活用できることを確認していく。

本研究は、国土交通省の建設技術研究開発助成制度（JPJ000094）成果の一部である。

参考文献

- 1) 宮嶋ら：光ファイバ計測技術によるトンネル維持管理の生産性向上に関する研究（その1）－研究概要－，土木学会第78回年次学術講演会，2023。（投稿中）



図-3 覆工への光ファイバ設置状況

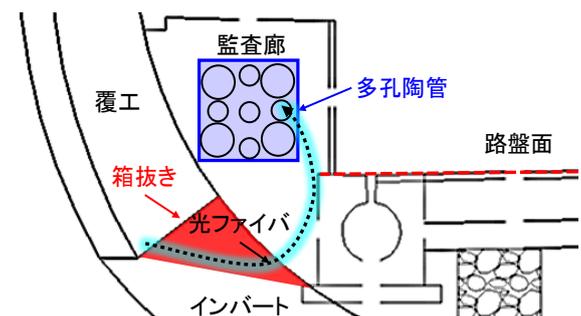


図-4 箱抜きでの光ファイバ取出し(断面図)

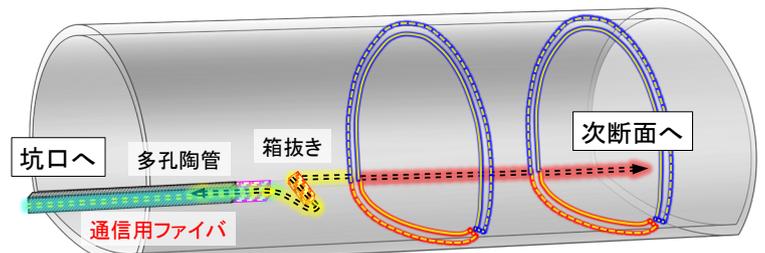


図-5 維持管理段階での光ファイバレイアウトイメージ

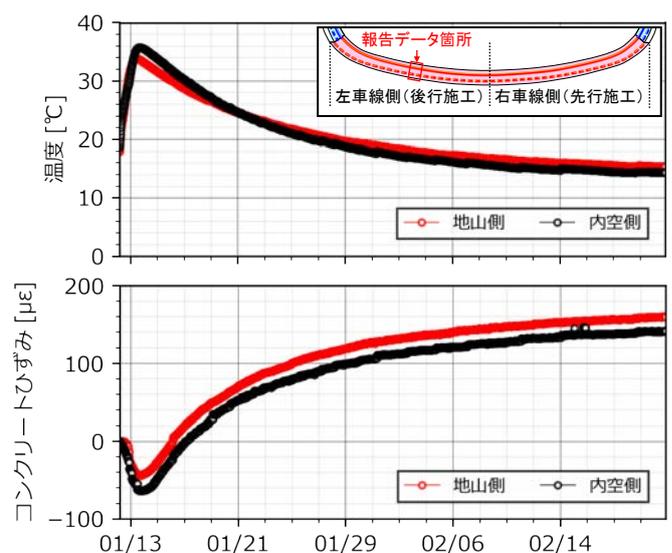


図-6 インバートコンクリート打設後の光ファイバ計測結果例（左車線側中央部）