

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4）

－模擬トンネルにおける載荷による光ファイバの計測精度検証試験－

鹿島建設(株) 正会員 ○野中隼人 小池胡楠 宮嶋保幸 川端淳一
 リテックエンジニアリング(株) 正会員 新保 弘 大塚雄次郎
 (一財)先端建設技術センター 正会員 山本拓治
 ニューブレクス(株) 正会員 岸田欣増

1. はじめに

山岳トンネルでは、外力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、変状が顕在化するまで把握できず、その後の調査や対策工の検討にも多大な時間と労力を要することが課題であった。そこで筆者らは、長期安定性に優れた光ファイバ計測技術に着目し、応力履歴から迅速に変状を把握し対策工を選定する技術を確立することで、トンネル維持管理の生産性向上を目指している¹⁾。

本技術のトンネルでの実用化における課題として、実トンネルでの実装方法や計測性能に関する知見が乏しいことが挙げられる。そこで、本稿では実規模の模擬トンネルを用いて覆工表面に光ファイバを設置²⁾し、計測精度を確認する目的で載荷試験を実施したので、その結果を報告する。

2. 模擬トンネルにおける載荷試験の概要

実規模での光ファイバの計測精度を確認する目的で、内空の高さが7.1m、幅11.2mの実物大の模擬道路トンネルにて載荷試験を行った。図-1に、本試験で用いたセンサのレイアウトを示す。光ファイバは、接着剤により覆工表面の周方向への全面設置としたが、天端部付近に縦断方向の開口ひび割れが確認されたため、図-2示す横断治具を使用し、この箇所では光ファイバがひび割れを跨ぐように設置した。また、精度検証のため、天端、肩部2箇所、SL高さ2箇所にひずみゲージを設置し、ひび割れ箇所では開口量計測のためにパイゲージを設置し比較を行った。

図-3に載荷試験の状況を示す。光ファイバの設置断面を中心に、トンネルの上部に1tの土のうを最大47袋まで積載し、載荷過程では7段階、除荷過程は6段階に分けて計測を行った。

3. 載荷試験結果

(1) ひずみ計測結果

図-4にトンネル上に最大の47tを載荷した時の光ファイバ

キーワード トンネル、維持管理、光ファイバ、覆工、載荷試験

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

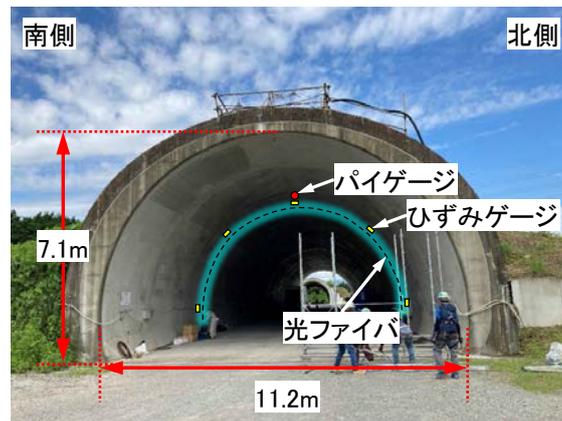


図-1 光ファイバ、従来センサのレイアウト



図-2 ひび割れ付近の光ファイバ設置状況



図-3 載荷試験の状況

イバとひずみゲージによる計測結果を示す。横軸は、トンネル脚部のうち南側（図-1 参照）を起点 0m としてトンネル周方向に沿って展開し、天端付近を 10m、脚部北側を 20m としている。この結果、光ファイバでは、天端部のひび割れ位置を除き全体に圧縮ひずみが生じており、肩部に最大の圧縮が発生している。これは、トンネル天端部に荷重した時の一般的な傾向と整合している。ひずみゲージでも同じ傾向であり、ひずみの値も概ね同等であることが確認できた。

図-5 にトンネル両肩部における荷重から除荷段階のひずみ計測結果を示す。光ファイバとひずみゲージ共に荷重が進むにつれて圧縮ひずみが増加し、除荷過程では徐々に圧縮ひずみが減少する傾向を示した。設置表面の不均質性などの影響により、光ファイバはひずみゲージと最大で $7\mu\epsilon$ 程度の誤差はあるものの、実際に評価する上では軽微であり、同等の精度で計測が可能であることを確認した。

(2) ひび割れ開口幅計測結果

図-6 に天端部のひび割れ位置における荷重過程のひずみ分布を光ファイバにより計測した結果を示す。ひび割れ位置を中心に引張ひずみが生じており、荷重が進むに従って、ひび割れが開口する挙動を捉えることができています。

図-7 には光ファイバにより計測されたひずみ量から換算した開口量とパイゲージによる開口量の比較結果を示す。荷重過程、除荷過程共に概ね一致しており、光ファイバによりパイゲージと同程度の精度で計測が可能であることが確認できた。

5. まとめ

実規模トンネルの覆工表面に設置した光ファイバの計測精度を把握するため荷重試験を実施した。光ファイバで計測したひずみや換算した開口量は従来センサと整合し、概ね同等の計測性能を有することが確認できた。

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。本試験では、施工技術総合研究所殿に試験場を提供して戴き、多岐にわたるご協力とご助言を賜った。ここに深謝の意を表す。

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）
- 2) 小池ら：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3）－模擬トンネルにおける覆工表面への光ファイバ設置試験－，土木学会第78回年次学術講演会，2023。（投稿中）

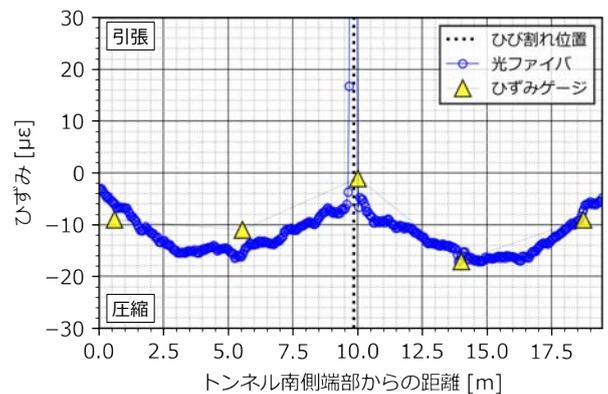


図-4 ひずみ分布計測結果（荷重 47t）

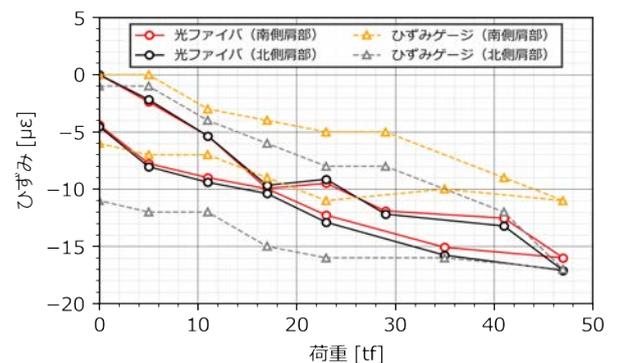


図-5 各段階でのひずみ計測結果の比較

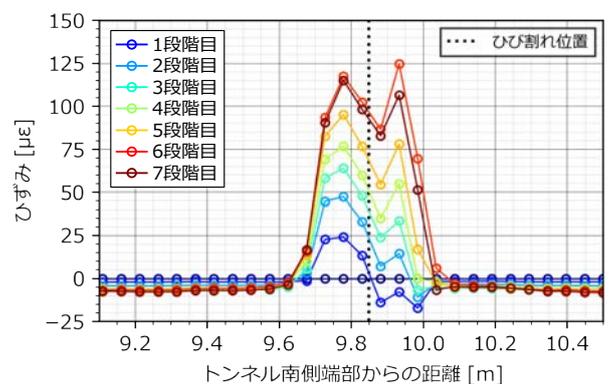


図-6 ひび割れ付近の光ファイバ計測結果

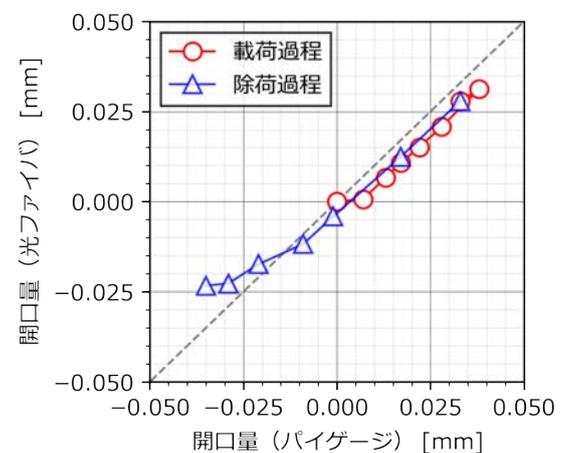


図-7 ひび割れ開口量計測結果の比較