

山岳トンネル維持管理のための光ファイバによるインバートおよび覆工コンクリート応力計測

国土交通省 山形河川国道事務所 坂本力

鹿島建設(株) 正会員 上南 隆 佐々木栄治 ○黒川紗季 野中隼人 宮嶋保幸

1. はじめに

分布型光ファイバ計測技術は、光ファイバケーブルに沿って連続的に温度やひずみ、振動などの物理変化を高精度に捉えることができる。広域かつ網羅的に常時計測が可能という利点から、従来のセンサなどと比較し革新的な計測技術である。さらに、電気式センサと比較し故障率が低く、長期耐久性に優れるため、施工時のみでなく維持管理にも活用できることが期待される。そこで、光ファイバの山岳トンネル維持管理への有効性を検証するため、インバートコンクリートおよび覆工コンクリートの応力計測を実トンネル現場にて実施した。

2. 山岳トンネルにおける維持管理

山岳トンネルでは、供用後においても地山の劣化や近接施工、地震などによる外力の影響で、構造物に変状が発生する場合がある(図-1)。特に路盤の下や設備の裏などは目視点検できないため、5年に1度の頻度で維持管理点検が実施され、ここで路盤の隆起など顕著な異常が確認されてはじめて詳細な調査を実施する。この調査は、変状が進行してからの対応となるため大がかりとなり、対策までに数か月から1年程度の時間を要する。仮に、変状が発生する前より構造物を常時計測すれば早期に予兆を検知し、設計までの時間短縮が期待される。しかしながら、従来の計測機器は電気式のため長期挙動が不安定で維持管理には不向きであった。これに対し、長期耐久性に優れる光ファイバを用いることで、構造物の常時モニタリングが可能となり、変状などの異常を検知した際、対策までの時間を大幅に削減し合理的な設計が実現されることが期待される(図-2)。

3. 光ファイバによるインバートおよび覆工コンクリート応力計測

光ファイバの山岳トンネル維持管理への適用性を検証するため、国道47号岩清水トンネルにおいてインバートコンクリートおよび覆工コンクリートの応力計測を試行した。図-3に計測レイアウトを示す。本トンネルの施工場所である山形県最上郡戸沢村は積雪・寒冷地帯に位置するため、特に環境の影響を受けやすい坑口付近を計測断面に選定した。当計測断面は、インバート・覆工の両者に鉄筋が配筋されており、コンクリートのひずみを正確に把握できるように、鉄筋に沿わせて光ファイバケーブル(以下、光ケーブル)を設置し、その後コ

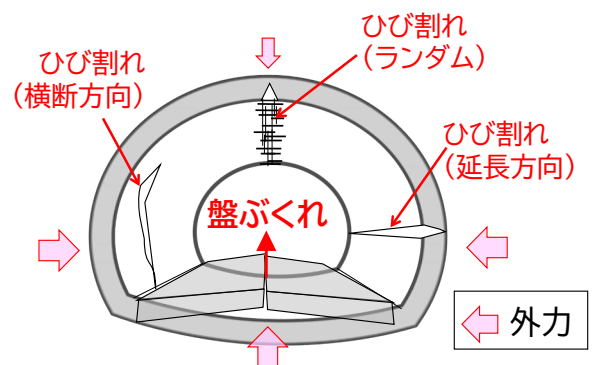


図-1 岩盤の劣化による外力の増大と変状

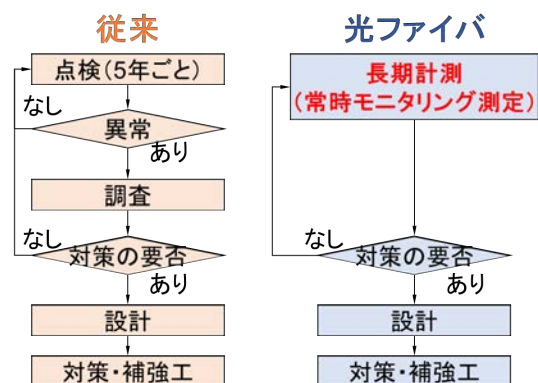


図-2 現状の維持管理フローと光ファイバを用いた維持管理フロー案

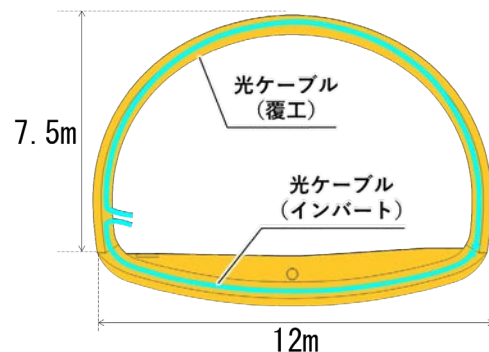


図-3 計測レイアウト

キーワード：山岳トンネル、維持管理、インバート、盤ぶくれ、応力計測、光ファイバ

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

ンクリートを打設することでコンクリート内に光ケーブルを埋設した。鉄筋への光ケーブル配線の様子を写真-1に示す。ここで、光ファイバ計測は温度とひずみの両者に反応するため、ひずみ計測用の光ファイバケーブルと温度専用ケーブルの2種類を併用して設置し、データ解析時に温度補正を行った(表-1)。

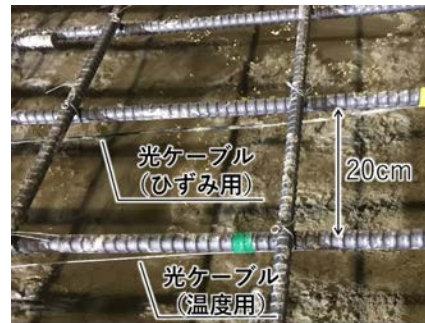


写真-1 光ケーブル設置状況

4. 試験結果

コンクリート打設後の状態を初期値として、その1か月後のインバートおよび覆工コンクリートの状態を計測した。計測設定はデータ間隔5cm、空間分解能を10cmとし、得られたひずみデータはコンクリートの弾性係数(25,800MPaと仮定)を乗じて応力に換算した。

応力分布の結果を図-4および図-5に示す。はじめにインバートコンクリートの応力分布結果について、周長5m地点の中央付近でわずかに応力が発生しているものの、全体として非常に微小な変化であることが確認された。また、覆工コンクリートの応力分布結果については、周長17.5m付近において局所的なひずみの発生が確認されたが、光ケーブルの端部処理や鉄筋へくり付けたことによるノイズの影響が原因として挙げられる。今後もデータを取得し、今回ひずみが発生した位置のコンクリートの状態を継続的にモニタリングしていく必要があると考える。一方で、全体を通して大きな応力変化は認められず、これによりインバートおよび覆工コンクリート両者の健全性が示されたと考える。

5. おわりに

山岳トンネルにおいて、長期にわたり顕在化・継続する盤ぶくれは重要な維持管理の課題のひとつである。その解決策として、長期モニタリングが可能な光ファイバ計測が有効であり、その試行として、インバートおよび覆工コンクリートの応力計測を実施した。今回の計測結果からは、最大でも1MPa弱と顕著な応力の発生は確認されなかったものの、構造物に沿って応力を連続的に計測できることが確認された。今後も引き続きデータを蓄積し、光ファイバ計測の長期モニタリングの安定性を検証していく所存である。

参考文献

- 1) 日本道路協会, 道路トンネル維持管理便覧(本体工編) 令和2年度版, 日本道路協会, 2020.

表-1 使用した光ケーブル



	光ケーブル①	光ケーブル②
計測項目	温度, ひずみ	温度のみ
被覆材質	オレフィン系エラストマー	ステンレス
断面寸法	4.3mm(W) × 1.7mm(H)	外径φ2mm
全体写真		



図-4 応力分布結果 (インバート)

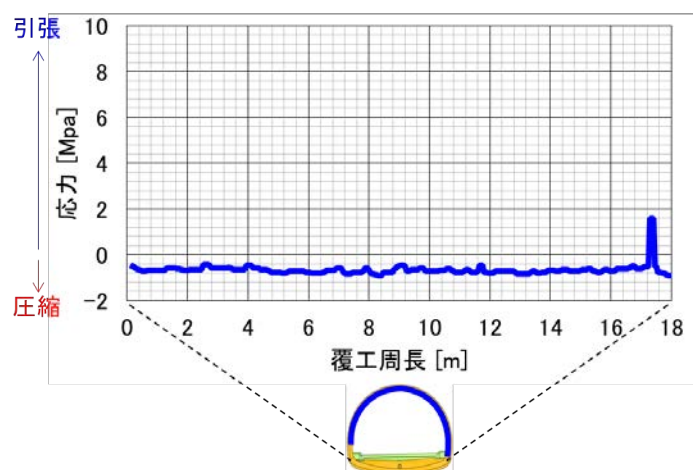


図-5 応力分布結果 (覆工)