

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－

鹿島建設(株) 正会員 ○小池胡楠 宮嶋保幸 野中隼人 今井道夫 平 陽平 フェロー会員 川端淳一
リテックエンジニアリング(株) 正会員 新保 宏 小柳津 悠 庄野 隼
ニューブレクス(株) 正会員 岸田欣増

1. はじめに

これに対し、光ファイバは長期耐久性に優れており、近年では分布型計測の高速化、高精度化が進んだことで、別途報告するトンネル維持管理への適用が期待されている。本稿では、既設トンネルの覆工表面への実装の実用化に向け、模擬トンネルを使用した設置検証を行い、実用的な作業時間での設置が確認できたので報告する。

2. 模擬トンネルの概要と光ファイバの設置箇所

図-1 に設置試験を実施した模擬トンネルの概要を示す。模擬トンネルは高さ 7.1m、幅 11.2m で、外周がキーストーン（波型鋼）からなり、覆工コンクリートが 2 重に打設されている。

光ファイバは、横断方向には 1 側線、縦断方向には、天端に 1 測点、SL 高さに 1 側線の 2 側線に設置した。

3. 試験に使用した光ファイバ

覆工表面への設置試験には、以下の 3 種類を使用し、施工性や設置速度について比較を行った。

- ① 光ファイバ芯線の保護が薄く、最もひずみ追従性が高い直径 0.9mm の「ノンハロ芯線」
- ② エンボス加工されたポリ塩化ビニルによって被覆しており、光ファイバをコンクリート中に設置する際に利用されている「エンボスケーブル」
- ③ 2 液式で接着効果が発揮される接着剤の 1 液が塗布された幅 20mm のテープの中にあらかじめ光ファイバが仕込まれた「テープ式光ファイバケーブル」

4. 設置方法

光ファイバの設置は、①位置出し、②設置箇所の清掃、③簡単に取り外しができるテープによる光ファイバの仮止め、④光ファイバの設置、の手順で行った。

光ファイバの設置は、ノンハロ芯線とエンボスケーブルについては、図-2 に示すように接着剤によって設置した。これは、接着剤を塗布した上から光ファイバを接着した後、光ファイバが確実に覆工の表面に接着するように、接着剤が光ファイバを覆うように筆で整形を行った。テープ式光ファイバケーブルについては、図-3 に示すように接着効果を発揮するために必要となるプライマー液を覆工表面に塗布し、テープ式光ファイバケーブルをローラーで覆工表面に密着させた。接着方式・テープ式ともに設置作業は 3 人で分担して行い、高所作業では図-4 に示すようにトンネル点検車のバケットに乗り込んで設置した。

キーワード 光ファイバ、維持管理、計測、設計

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 TEL 042-485-1111



図-1 光ファイバ設置位置

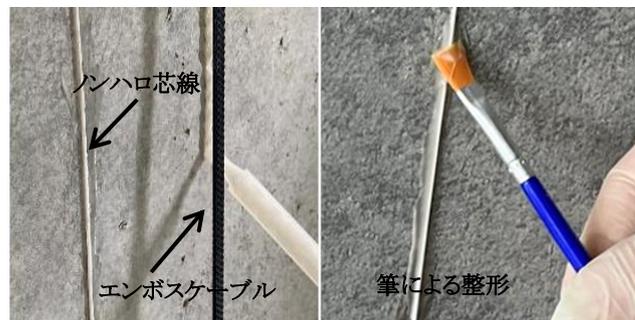


図-2 接着剤方式による設置



図-3 テープ式による設置

5. 光ファイバ設置に要した時間

表-1 に光ファイバの設置作業に要した時間を示す。ノンハロ芯線とエンボスケーブルは同時に設置を行っており、両者の設置時間に大きな差は見られなかったため、平均値を示している。接着剤方式とテープ式では、横断方向でテープ式の接着時間は接着剤方式に比べ 23% 短い時間での作業となった。また、1 日の作業時間を 6 時間とした場合、接着剤方式では、横断延長 20m に対して 1 日当たり 1.9 断面、テープ式では、2.5 断面の設置が可能であり、いずれの設置方式でも実用的な作業時間で設置が可能であることが確認できた。

一方、縦断方向への設置は接着剤方式、テープ式ともに横断方向に比べ、単位長さあたりの設置時間は短く、横断方向と縦断方向のいずれでも実用的な作業時間で設置可能であることが確認できた。

6. 光ファイバの種類の違いによる計測精度の比較

設置した光ファイバのひずみ計測精度を評価するため、図-5 に示すように横断測線の直上に土のうによって、最大 47t の載荷試験を実施した。

3 種類の光ファイバによって計測されたひずみの比較結果を図-6 に示す。比較は圧縮ひずみが最も大きく発生した横断測線の肩部のひずみ量を比較した。ノンハロ芯線で計測したひずみを基準とし、エンボスとテープ式によるひずみとの相関を確認したところ、それぞれ決定係数 $R^2 = 0.9944$, $R^2 = 0.9927$ となっており、いずれの光ファイバでも計測されるひずみが同等であることが確認された。

7. おわりに

実規模の模擬トンネルに対する光ファイバ設置試験を行った。試験には、3 種類のケーブルを使用し、いずれの光ファイバについても実用的な施工速度での設置が可能であること、計測精度の差異がないことを確認できた。

本研究は国土交通省の建設技術研究開発助成制度 (JPJ000094) の成果の一部である。実規模トンネルを対象とした設置試験においては、施工技術総合研究所殿に試験場をご提供頂き、多岐にわたるご協力とご助言を賜りました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 泉ら: 光ファイバ組込み式テープ材によるコンクリート部材のひび割れ幅計測, 第 77 回年次学術講演会, CS9-42, 2022.



図-4 トンネル点検車による高所への設置

表-1 設置作業時間

位置	延長 (m)	所要時間			
		接着剤方式		テープ式	
		ノンハロ芯線	エンボス		
横断	20	195 分*1 (1m あたり 9.8 分)		150 分 (7.5 分)	
縦断	天端	38	235 分 (1m あたり 6.2 分)	(設置無)	195 分 (5.1 分)
	SL	28	145 分 (1m あたり 5.2 分)	(設置無)	125 分 (4.5 分)

*1 ノンハロ芯線とエンボスケーブルの平均値



図-5 覆工への載荷

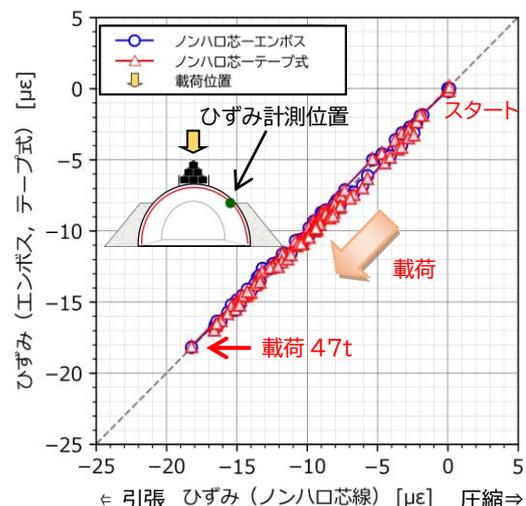


図-6 横断方向ひずみ比較