

光ファイバセンサを用いたコンクリートの充填挙動モニタリングに関する一検討

鹿島建設(株) 正会員 ○水野 健 取達 剛 今井道男 川端淳一 中村真人 山野泰明 松本修治

1. はじめに

トンネルの覆工コンクリートやフルサンドイッチ型ケーソンのような狭隘部へのコンクリート施工は、比較的ランプの大きいコンクリートを吹上げ工法や片押し工法によって施工するのが一般的である。このような施工において、コンクリート打込み後の背面側の充填状況は目視で確認することができず、充填検知センサや RI 試験器による充填検知手法¹⁾が用いられてきた。しかし、これらの測定器の多くは、設置した点での局所的な充填状況しか検知できない技術であった。また、硬化後に背面空洞を検知する電磁波レーダ²⁾技術もあるが、現状では施工時におけるリアルタイムな管理には適用が困難である。

これらの課題に対し、筆者らはひずみの変化を線的、かつリアルタイムに捉えることのできる光ファイバセンサを用いたコンクリートの充填挙動モニタリング手法について検討を行っている。本稿では、覆工コンクリートの天端アーチ部を模擬した施工実験において、光ファイバセンサの適用性を検討したので、その結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体の概要

本検討で用いた試験体の概要を図-1 に示す。試験体は、トンネル内空の天端アーチ部を模擬した既設構造体（トンネル模擬構造体と称す）と、セメントを模擬した鋼製型枠から成る。覆工厚を 400mm として、表-1 および表-2 に示すコンクリートを打ち込んで充填状況の計測を行った。打込みは図-1 に示す打設口 1 箇所からの片押しとし、1.5m おきに中央部、両肩部の 3 箇所に設けた開口部から、Φ40mm の高周波バイブレータ 2 本を使用して締固めを行った。打込み速度は 20m³/h、最長流動距離は 11.0m である。

なお、本試験体は側面に木製型枠を使用しているため、圧入圧による加圧脱水が生じ、実際の施工よりも肩部に充填不良が発生しやすくなっている。また、硬化後に充填状況が確認できるよう、トンネル模擬構造体と覆工コンクリート部分の境界面には縁を切るためのシート（縁切りシートと称す）を挿入し、滑車によって覆工コンクリート部分のみを引き出せるようにした。

2.2 計測方法

光ファイバセンサの設置方法は図-1 に示すように、コンクリートの流動方向と平行に 2 系統（No.1：中央部、No.2：肩部）とした。使用した光ファイバセンサを写真-1 に示す。光ファイバセンサは縁切りシートに、写真-2 のように養生テープを用いて固定した。計測はレイリー散乱光³⁾を用いて行い、5 秒間隔で 2 チャンネル分を同時に計測した。

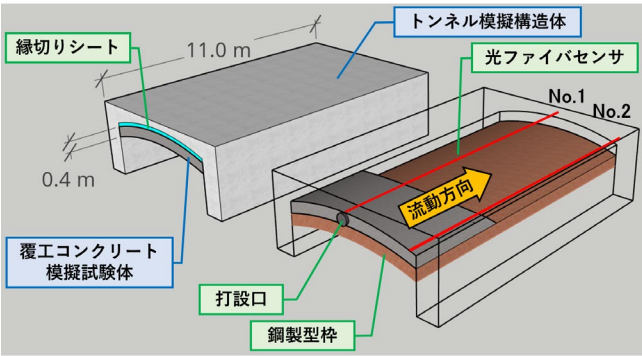


図-1 試験体の概要

表-1 使用材料

材料	記号	摘 要
水	W	地下水
セメント	BB	高炉セメント B 種、密度 3.04g/cm ³
細骨材	S1	砕砂、表乾密度 2.63g/cm ³ 、粗粒率 3.10
	S2	山砂、表乾密度 2.59g/cm ³ 、粗粒率 1.70
粗骨材	G	砕石、表乾密度 2.65g/cm ³ 、実積率 59.0%
混和剤	Ad	AE 減水剤（標準形 I 種）

表-2 配合表

G _{max} (mm)	W/C (%)	SL (cm)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
					W	BB	S1	S2	G	Ad
20	57.5	15	4.5	48.8	171	298	571	307	931	2.98

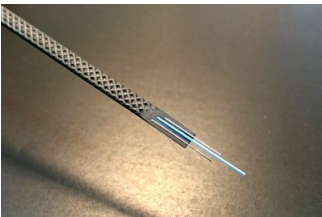


写真-1 光ファイバセンサ



写真-2 固定方法

キーワード：光ファイバセンサ、充填検知、モニタリング、トンネル覆工コンクリート

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 TEL 042-489-8218

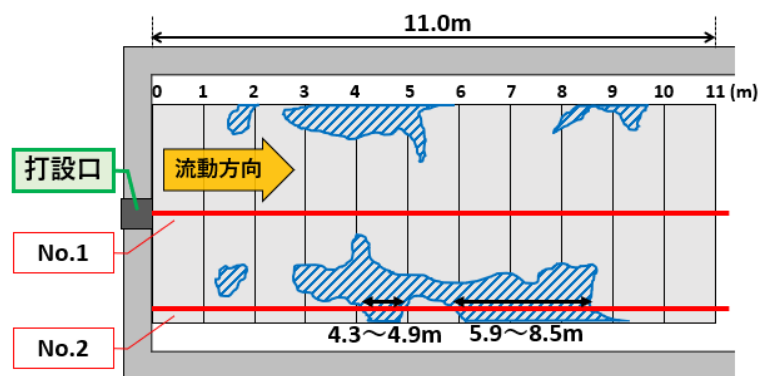


図-2 充填状況

3. 実験結果

3.1 充填状況

硬化後に覆工コンクリートを引き出し、目視により充填状況を確認した結果を図-2に示す。図中の斜線部は充填不良の部分である。No.1 上には充填不良の箇所がなく、No.2 上では打設口側の棲を起点として4.3m～4.9mと5.9m～8.5m付近の位置に充填不良が生じていた。

3.2 計測結果

図-3にNo.1の光ファイバセンサによるひずみの測定結果のうち、打込み開始から0, 30, 60, 90分後の結果を、図-4にNo.2の結果を示す。

No.1については、打込みが進むにつれて、ひずみの発生範囲がコンクリートの流動方向に広がっていることが確認できた。その速度は概ね打込み速度と一致しており、今回使用した光ファイバセンサは温度変化や物理作用によって生じるひずみを検知することができることから、コンクリートの充填挙動を検知できているといえる。また、全ての範囲においてひずみが計測されており、充填不良の箇所が無いという、目視による結果と一致した。

一方、No.2については、打込みとともにひずみの発生範囲がコンクリートの流動方向に広がっているものの、ひずみをほとんど検知しない箇所を確認することができた。目視による結果と比較すると、充填不良の位置と距離が一致しており、光ファイバセンサによって充填不良の検知が可能であることが分かった。

4. まとめ

トンネルの覆工コンクリート施工時に光ファイバセンサを設置することで、コンクリートの充填挙動を全線にわたってモニタリングできる可能性が示唆された。今後は、光ファイバセンサで計測されたひずみに関して、充填完了を判断する閾値について検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 安藤慎一郎ら：トンネル覆工コンクリート充填検知手法へのRI水分計の適用性検討，土木学会年次学術講演会論文集，第65回，V-579，pp.1157-1158，2010。
- 2) 前原聡ら：トンネル覆工コンクリートの背面空洞充填工法の施工管理方法に関する検討，東急建設技術研究所報，No.44，pp.15-18，2018。
- 3) 岸田欣増ら：SMFにおけるひずみと温度が識別できるハイブリッド分布測定システムの開発，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.112，No.403，pp.37-42，2013。

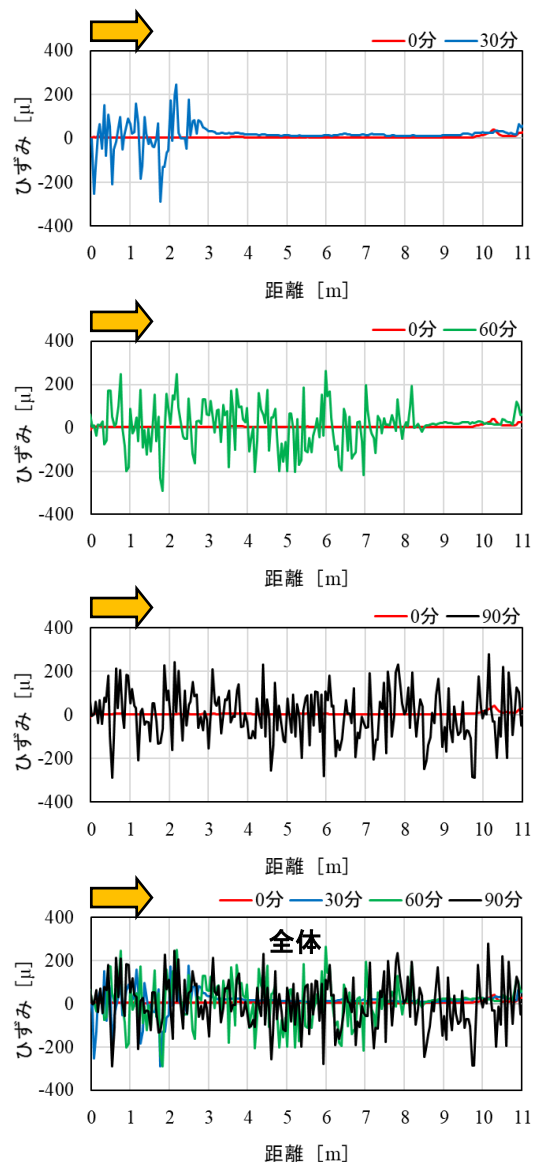


図-3 No.1におけるひずみの経時変化

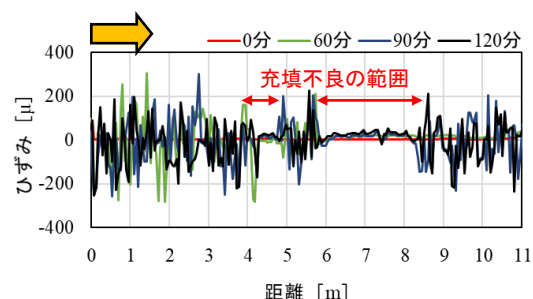


図-4 No.2におけるひずみの経時変化