

## 通信用光ファイバを用いた DAS による現場内の振動状況把握に向けた取組み

鹿島建設(株) 正会員 吉村雄一 ○今井道男 坂根英之 佐川恭一 永谷英基  
フェロー会員 川端淳一

### 1. はじめに

Distributed Acoustic Sensing (DAS : 振動分布計測) は、光ファイバセンサを用いた計測技術のひとつで、光ファイバ全長にわたって、光ファイバに加わる伸縮の様子を最大数 kHz 以上の高いサンプリング周波数で得られる技術である。長距離での計測が可能なおえ、非常に高感度であることから、近年、資源探査やセキュリティなどの分野を中心に研究開発が盛んである。本報では、現場内の通信用光ファイバを利用した DAS により、ベルコンの効率的な点検、重機のリアルタイムな安全管理や歩掛把握を目的に、実際の施工現場で振動計測を試みたので報告する。

### 2. 通信用光ファイバを用いた振動分布計測

#### (1) 振動分布計測 (DAS)

光ファイバ内に光を入射すると、光の波長よりも小さい粒子によって散乱(レイリー散乱光)が生じ、そのうちの一部は後方散乱光として、入射端に帰還する。DAS では、光ファイバ内で全長にわたって生じる後方散乱光を利用し、すべての場所における振動を長期間にわたり連続的に計測する(図-1)。光ファイバに振動が加わると、それに応じて後方散乱光の位相や強度が変化するため、その信号を解析することによって、すべての場所での振動状態を動的に計測できる。本取組みで用いた DAS の仕様を表-1 に示す。

#### (2) 通信用光ファイバ

通信用途で敷設された光ファイバケーブルは、通常数 10 芯以上の多芯の光ファイバから構成されており、多くの場合、その中には通信で使用されていない光ファイバが含まれる。こうした光ファイバは、通信用の光が透過していないことからダークファイバと呼ばれている。ダークファイバは、構造物との一体性は確保されていないものの、既存の通信用光ネットワークを活用できることから、交通流の把握や通信設備の健全性評価などへの適用が試みられている<sup>1)2)</sup>。本取組みでもダークファイバを利用して計測を行う。

### 3. トンネル施工現場での振動計測試験

#### (1) 試験方法

トンネル施工現場の壁面上部には、カメラ画像の転送用途などで通信用光ケーブルが設置されている。この通信用光ケーブルを用いて DAS による振動計測試験を実施した。試験のイメージを図-2 に示す。具体的には、ズリ出しベルコン(写真-1)や重機(フォークリフト)走行に伴う振動を計測した。

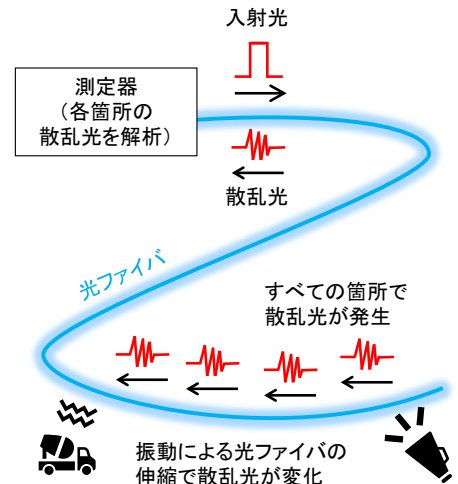


図-1 DAS のイメージ

表-1 本取組みで使用した DAS の仕様

項目	仕様
計測距離	2km
サンプリング間隔	0.4m
空間分解能	24m
使用ファイバ	シングルモードファイバ

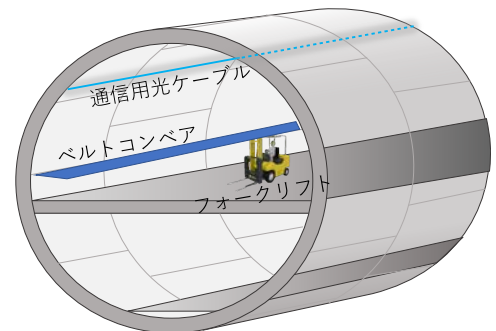


図-2 振動計測試験のイメージ



写真-1 ズリ出しベルコン

キーワード : 光ファイバセンサ, 振動計測, レイリー散乱, 工事振動

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

## (2) ベルコン運転時の振動計測結果

ズリ出しベルコン運転時に得られた 300 秒間の振動計測結果を図-3 に示す。任意の 4 箇所得られた振動波形を周波数解析した結果である。このとき、ベルコン速度から算出されるベルトを支えるキャリアローラーの振動数は 8.35Hz であった。振幅にはばらつきがあるが、すべての箇所得られた 8.35Hz とその高調波成分を確認できたことから、周波数解析によりこれ以外の卓越周波数の有無等を解析することにより、異音検知などによる監視が可能となる。DAS によれば、数 km を越えるようなベルコン全長にわたってすべての箇所得られた結果が得られるため、効率的なベルコンの点検作業が実現できる。

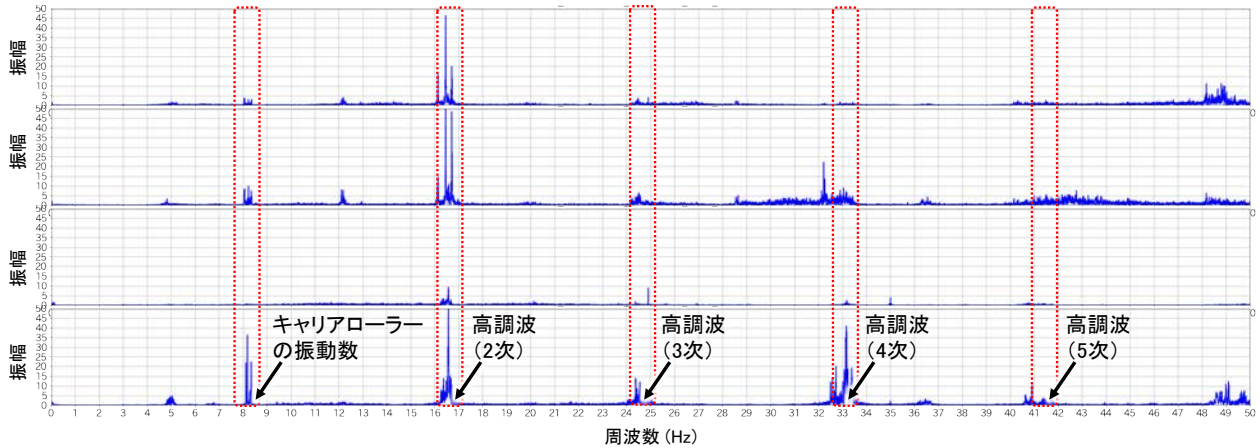


図-3 ズリ出しベルコンの振動計測結果

## (3) 重機走行時の振動計測結果

床版上をフォークリフトが往復走行した際の結果を図-4 に示す。縦軸が時間を、横軸が光ファイバ上の位置を、コンター色が振動の大小を表している。重機の移動に伴い、振動発生箇所が移動している様子を確認できた。結果から得られた重機の走行速度は、それぞれ時速約 17.5km であった。

## 4. おわりに

DAS は非常に高感度であることから、既存の光通信ネットワークのうちダークファイバを用いた計測が実現できる。今回、トンネル施工现场に設置された通信用の光ケーブルを用いた DAS による振動計測試験から、ベルコンや重機の振動を検知できることが確認できた。ダークファイバは、構造物との一体性が確保されていないためひずみの定量評価が困難であること、様々な振動情報から有意な情報を抽出する必要があること、など実用化に向けては課題があるものの、DAS により既設光ケーブルを活用できる可能性を示せた。今後、実運用に必要なシステム化に向けて、振動計測データのリアルタイム処理方法の検討などを進める。

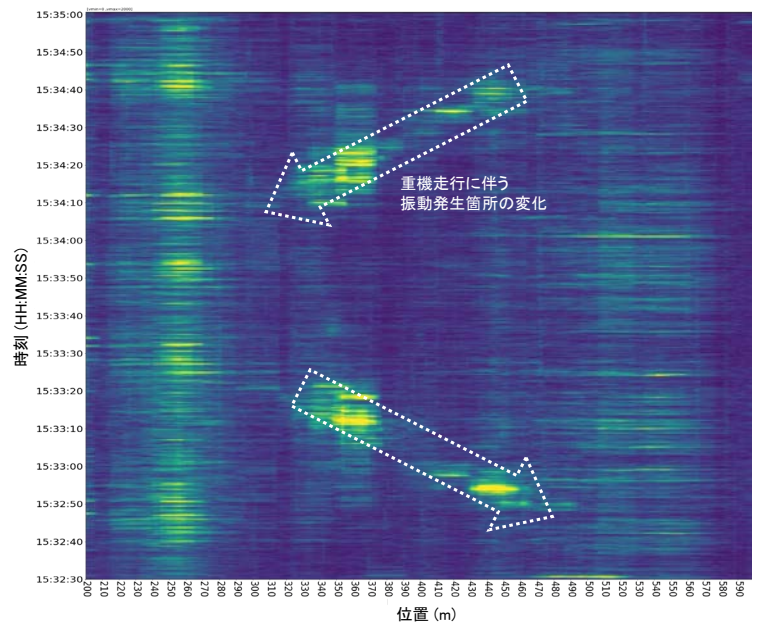


図-4 フォークリフト走行時の振動分布計測結果

## 参考文献

- 1) Wellbrock, G., and T. Xia. et. Al., "First Field Trial of Sensing Vehicle Speed, Density, and Road Conditions by using Fiber Carrying High Speed Data," in Proc. of IEEE/OSA OFC, Th4C 7 (2019).
- 2) 吉村雄一ほか, "ベルトコンベアの異状検知への DAS の適用," 土木学会第 77 回年次学術講演会 (2022).