

DAS による建設振動の計測に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○吉村雄一 坂根英之 大林信彦 今井道男
青鹿弘行 中島拓巳 永谷英基 川端淳一

1. はじめに

建設工事で生じる振動や騒音の計測は、周辺環境に配慮した施工はもとより建設作業における異常やトラブルの検知を行う上で重要な手段であり、高い精度を有する振動計測技術は施工品質や安全性の向上に大いに役立つものと考えられる。光ファイバを用いて振動を計測する DAS (Distributed Acoustic Sensing: 分布型音響センシング) は長さ 50km にわたる振動分布を 0.2m 間隔で高密度に出力することが可能であり、近年では海底ケーブルを利用した地震探査¹⁾や既設ファイバを使用した道路・交通の監視²⁾、弾性波探査³⁾に適用した事例が報告されている。筆者らは優れた計測性能を示す本手法に着目し、インフラ施工管理への DAS の適用を試みるべくシールドマシンの掘削時における振動計測を実施した。

2. DAS (分布型音響センシング)

DAS の計測イメージを図-1 に示す。計測器から光ファイバにパルス光を一定周期で繰返し入力し、光ファイバに加わる振動に応じて変化する後方散乱光の位相検出により振動を計測する⁴⁾。伝搬距離によって異なる光の往復時間を測定して位置情報を取得し、各位置の計測信号に対して数～2.5kHz の周波数範囲でサンプリングを行うことで光ファイバに沿った振動分布が出力される。表-1 に本計測における DAS の仕様を示す。

3. シールドマシンによる掘削作業における振動計測

(1) 計測概要

掘削作業における振動計測の概要図を図-2 に示す。掘削箇所から 1m 隔てた上部の水平孔内に VP 管 (内径 40mm) を挿入し、振動センサ部となる長さ約 30m の光ファイバを発進立坑部の口元で固定しての管内 (未充填) に設置した⁵⁾。伝送用ファイバを中継して計測器に接続し計測を行った。測定時間は 30 秒に設定し、シールドマシン掘削作業時および停止時における水平孔内の光ファイバに作用する振動分布を計測した。

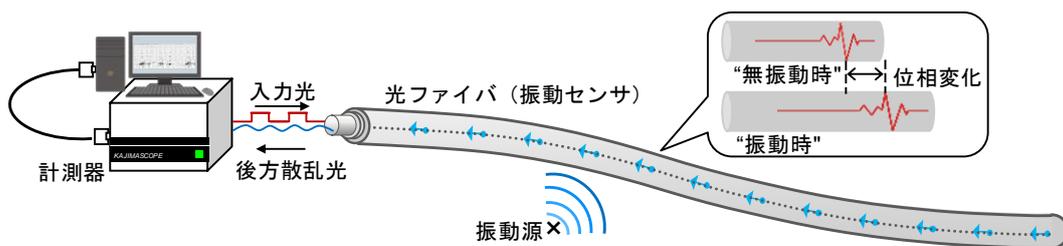


図-1 DAS 計測イメージ

表-1 DAS 計測仕様

光ファイバ長 (m)	50～50k
発光波長 (nm)	1550 ± 0.01
周波数範囲 (Hz)	1～2.5k
サンプリング間隔 (m)	0.2

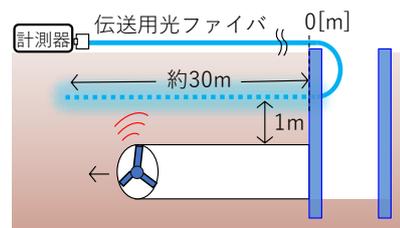


図-2 シールドマシン掘削作業における振動計測

キーワード 光ファイバセンサ, DAS, 振動分布, 施工管理

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 042-489-8207

(2) 結果

水平孔内に設置した光ファイバについてシールドマシンの掘削時および停止時に計測した振動分布を図-3に示す。縦軸は水平孔入口を 0m とした光ファイバ位置, 横軸は時間を示し, 光ファイバに加わるサブナノ単位の動的ひずみをコンター表示している。この時点でシールドマシンの先端は 25.8~29.8m 位置にあり, 図-3(a)において顕著な振動を示す光ファイバ位置 (25m 付近) と概ね一致していることが確認された。図-3(a), (b)より掘削時に振動分布が変化し, 位置 25m 付近にて低周波振動が作用し, また掘削によらず継続する微振動が同一箇所 (位置 1,4,12m 付近) で観測された。シールドマシン以外の工事振動や光ファイバの敷設状況の差による振動への感度の違いがその原因と考えられる。

4. まとめ

シールドマシンの掘削作業における振動計測にDASを適用し, 掘削箇所から 1m 隔てた水平孔内に設置した光ファイバの振動分布を出力した。結果, 掘削作業や掘削位置により変化する振動分布が確認され, 建設機械の動作や周囲に及ぼす振動影響を評価する計測手法としてインフラ施工管理における DAS の適性を確認した。DASによる振動分布計測を通じて地中の状態可視化や定量評価が期待でき, 今後適用分野の開拓とともに計測対象に応じたデータ分析および実装方法の最適化を行っていく計画である。

参考文献

- 1)木村ら: 海底光ファイバーケーブルと DAS テクノロジーを使った海底地震と波の同時観測, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SCG65-01, 2018
- 2)Glenn A. Wellbrock et al.: First Field Trial of Sensing Vehicle Speed, Density, and Road Conditions by Using Fiber Carrying High Speed Data, Optical Fiber Communication Conference 2019, paper Th4C.7, March 2019
- 3)栗原ら: 光ファイバによる分布型音響センシング(DAS)の弾性波探査への適用, 第75回土木学会年次学術講演会 概要集, III-428, 2020
- 4)S.Wang et al.: Distributed fiber-optic vibration sensing based on phase extraction from time-gated digital OFDR,” Optics Express, vol.23, no.26, pp.33301–33309, 2015
- 5)永谷ら: 光ファイバを用いた3D地中変位計測技術その2-現場計測-, 第76回土木学会年次学術講演会概要集,2021, 投稿中

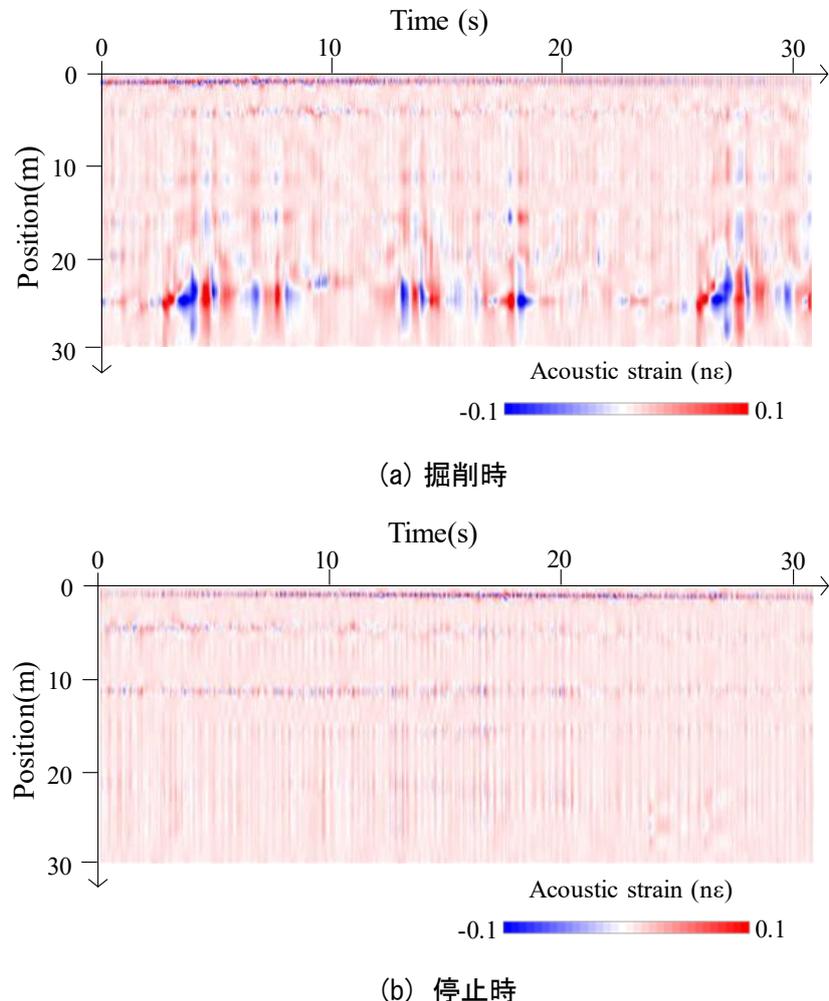


図-3 シールドマシン掘削/停止時における振動分布