

RC スラブに埋設した光ファイバセンサを利用した走行車両の重量推定

鹿島建設(株) 正会員 ○露木健一郎 吉村雄一 藤原航太郎 今井道男 松崎和行
フェロー会員 川端淳一
関西電力(株) 山口善弘

1. はじめに

近年、レイリー散乱光を利用した高速・高精度な光ファイバセンシング¹⁾の登場により、地盤変状のモニタリングやコンクリートひび割れの予兆検知をはじめとして、様々な対象に光ファイバセンサが適用されている。そのうち、振動に伴う光ファイバのひずみ(長さ方向の伸縮)を分布状に高速で計測する DAS (Distributed Acoustic Sensing) は、掘削工事における地中振動の可視化²⁾や風力タービンのヘルスマニタリングへの適用を検討した³⁾事例が報告され、インフラの施工および維持管理の合理化に資する計測技術の一手法としてその有用性が高まっている。今回筆者らは、埋め込み容易で長期にわたり利用可能な本センサの利便性に着目し、RC スラブに埋設した光ファイバセンサを利用して振動分布計測を行い、走行車両の重量推定を試みたので報告する。

2. 計測概要

2.1 RC スラブへの光ファイバセンサの埋設

図-1 に RC スラブへ埋設した光ファイバセンサを示す。センサにはひずみ計測用センサケーブル(ニュープレクス社製:FN-SILL-3)を使用し、走行車両に直交する方向のスラブ下筋に沿って敷地内を縦横に配線した。その後コンクリートを打設して RC スラブへの光ファイバセンサの埋設を完了した。使用したファイバ長は伝送部も含めて 157m である。

2.2 走行車両の重量計測

予め計量を行ったコンクリートブロックと単管を積載貨物とし、3軸トラック(車両重量:12.7t, 車両総重量最大 24t)で、敷地内を(図-1 手前から奥側方向へ)走行した際のひずみデータを取得した。異なる積載重量下でひずみは計 59 回取得した。なお、計測器にはニュープレクス社製 NBX-S4000 を使用した。この計測器は周波数 1Hz~2.5kHz の振動を検知し、光ファイバに作用するひずみの分布を 0.2m の測点間隔で出力する。図-2 に示すように、車両が走行方向に直交する光ファイバセンサ上を通過した際には、RC スラブを介して埋設した光ファイバセンサに伝達するひずみが軸重に応じて変化することから、軸重に相当する波形のピーク 3 点の合計を出力して車両総重量との関係性を評価した。



図-1 RC スラブに対する光ファイバセンサの敷設状況

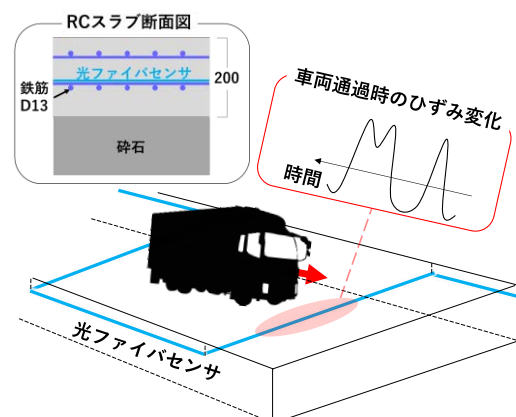


図-2 RC スラブ断面図および3軸トラック通過時のひずみ変化

キーワード 重量推定, 走行車両, 光ファイバセンサ, 振動計測

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

3. ひずみの測定結果

光ファイバセンサの配線図と車両走行時に得られた振動分布を図-3に示す。振動分布では、縦軸は計測器から光ファイバに沿った距離、横軸は時間を示し、光ファイバに作用するひずみを2Dコンター図として表示している。走行方向に直交するファイバの埋設位置A～B、C～D間において大きな引張・圧縮ひずみが生じ、同時に距離60～140mまで微小振動が及んでいる。車両近傍ではスラブが振動しており、軸間距離と各車軸の通過時間から走行速度が分かる。ひずみの顕著な点線枠部分を拡大すると左右の車輪は区別できないものの、車軸数とひずみ波形のピーク数が一致しており、各軸重のスラブ内光ファイバセンサへの伝達を確認できる。前者については左右の車輪間距離2.2mが計測器の空間分解能（異なる位置の振動に反応する範囲2.8m）よりも短いため左右の車輪から各々加わるひずみを分離できなかったものと考えられる。位置B～C間においては光ファイバセンサから3m弱隔てた経路を車両が走行する場合においてひずみが検知されており、センサ上から外れた範囲も含めて車両の動きを捉えられる可能性があることが判った。

図-4に車両総重量とひずみの関係を示す。位置A-B間の中間点における波形のピーク（引張ひずみ側）3点の合計を出力し、車両総重量との関係を評価した。両者の間に一定の相関が確認され、RCスラブに埋設した光ファイバセンサを利用した走行車両の重量推定への可能性が確認できた。

4. まとめ

RCスラブに埋設した光ファイバセンサを用いて車両走行時の振動計測を行い走行車両の重量推定を実施した。その結果、車両総重量とひずみの間で相関($R^2=0.84$)が得られ、RCスラブに埋設した光ファイバセンサによる車重推定への可能性を確認した。

参考文献

- 1)今井道男, 青鹿弘行, 吉村雄一, 川端淳一, 永谷英基, 新保弘, 新井淳一, 早坂洋太, 小柳津悠, 岸田欣増, 山内良昭: レイリー散乱光を用いた分布型光ファイバセンサの基礎検討, 第76回土木学会年次学術講演会概要集, CS9-50, 2021.
- 2)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: DASによる建設振動の計測に関する検討, 第76回土木学会年次学術講演会概要集, CS9-51, 2021.
- 3)Petel G Hubbard et al.: Dynamic structural health monitoring of a model wind turbine tower using distributed acoustic sensing (DAS), Journal of Civil Structural Health Monitoring, vol 11, p.833-849 2021.

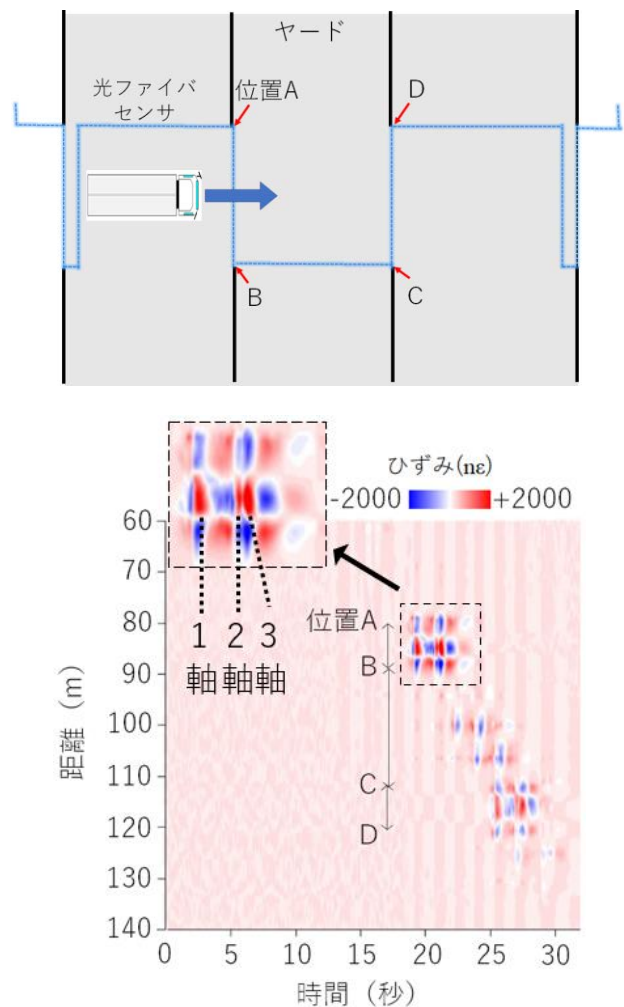


図-3 光ファイバセンサ配線図(上)と車両走行時における振動分布(下)

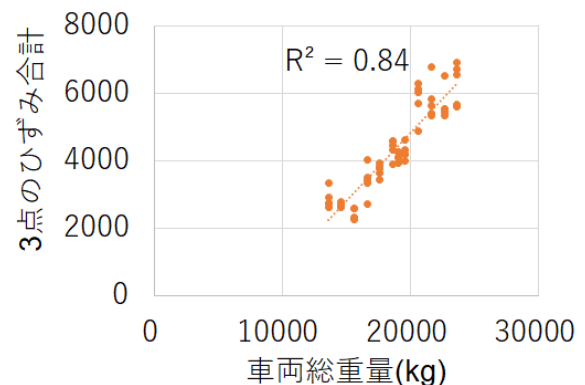


図-4 車両総重量とひずみの関係