

光ファイバによる振動分布計測技術を用いた走行車両の重量推定

鹿島建設(株) 正会員 ○那須郁香 吉村雄一 永谷英基 今井道男
熱海インフラマネジメント合同会社 正会員 田中宏幸

1. はじめに

自動車道路の交通状況や路面状態の異常は、道路管理者の定期的なパトロールによる目視確認やカメラ監視、ドライバーの苦情等によって把握しているが、情報の正確性やリアルタイム性に欠けることが課題であった。特に、道路の健全性を評価するためには走行車両の重量測定が有効であるが、トラックスケールなどの車両重量計を道路内に設置するのは困難である。そこで、筆者らは光ファイバセンシング技術の一つである Distributed Acoustic Sensing (以下、DAS：振動分布計測) を用いた走行車両の重量推定に取り組んでいる。道路構造物は長大な線形構造物であることから、安価で長距離に敷設の可能な光ファイバセンサの親和性は高い¹⁾。本稿では、供用中の道路に敷設した光ファイバの計測結果を用いて走行車両重量の推定を試みたので、その結果を報告する。

2. 振動分布計測 (DAS) の概要

DAS は、光ファイバ内に光を入射する際に発生する散乱光の中で分解能の高いレイリー散乱光を用いることで、光ファイバの全ての場所における振動を連続的に計測する方法である (図-1)²⁾。光ファイバに振動が加わると、それに応じてレイリー散乱光の位相や強度が変化するため、その変化を解析することで動ひずみを計測できる。今回はサンプリング周期 500 Hz での動的計測を行った。

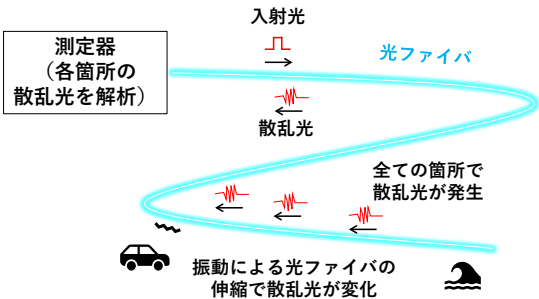


図-1 DAS のイメージ

3. 計測概要

図-2 に道路での計測レイアウトを示す。今回は料金所を始点とした路肩の区画線 65 m に敷設した光ファイバによる DAS 計測で動ひずみを計測した。写真-1 に示すとおり、表-1 の光ファイバを接着剤で区画線上に貼付固定し、表面をテープで防護した。併せて、料金所屋上に取り付けたカメラで車両の走行状況を確認し (写真-2)、DAS 計測データと照合することで走行車種を判定した。

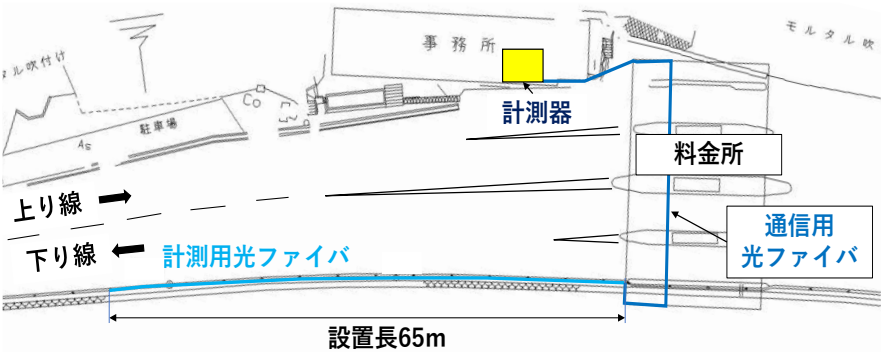


図-2 計測レイアウト



写真-1 貼り付け状況



写真-2 カメラによる交通状況確認

表-1 使用した光ファイバ

計測項目	ひずみ
被覆材質	オレフィン系エストラマー
断面寸法	4.3mm(W)×1.7mm(H)
写真	

4. 計測結果

(1) 振動分布による交通流の判定

図-3 に車両通行時の振動分布を示す。振動分布の縦軸は料金所からの距離、横軸は時間を示し、光ファイバに作用する動ひずみを 2D コンター図で示している。図-3 に示すとおり、25 秒間の計測時間において、距離 0~65 m にかけて大きな圧縮・引張ひずみが交互に発生する挙動が 2 回生じており、乗用車 2 台が連続して走行したことが窺えた。併せて、料金所屋上に取り付けたカメラ映像によると、光ファイバ貼り付け部付近を乗用車 2 台が通行したことが確認できた。なお、距離と走行時間から、乗用車の平均走行速度を計算したところ、1 台目が時速 32 km、2 台目が時速 33 km であった。

(2) 走行車両の重量推定

図-4(a)に大型車両(車重約 10 t)、図-4(b)にバイク 2 台(車重約 200 kg)と乗用車 2 台(車重約 1.6 t)が走行した際の料金所からの距離が 7 m 地点における動ひずみの時系列グラフを示す。図-4 に示すように、光ファイバの敷設位置を車両が通行すると動ひずみが圧縮側と引張側に交互に発生し、通過後に徐々に動ひずみの絶対量が小さくなる現象が確認された。動ひずみの振幅で比較すると、大型車は $\pm 1500 \text{ n}\epsilon$ 、バイクは $\pm 200 \text{ n}\epsilon$ 、乗用車は $\pm 600 \text{ n}\epsilon$ であり、車両重量と動ひずみに相関があることが確認できた。さらに、

図-4(b)に示すような同じ車種が続けて走行する場合の車両台数の判別イメージを図-5 に示す。2 台目の車両が光ファイバ位置に差し掛かる際に発生する急激な振動で発生する周波数の高い波形が、1 台目の車両による振動で発生した動ひずみが減衰した波形に重なっていると推察されるため、波形を高周波と低周波に分解することで走行車両台数を判別できる可能性があると考える。

5. おわりに

供用中の道路の区画線上に接着剤と保護テープを用いて光ファイバを簡易的に敷設し、DAS による走行車両の判定を試みたところ、走行車両の交通流、速度、車種に応じた車両重量を評価できた。今後は光ファイバの検知範囲や反対車線を走行する車両から発生する振動の影響など、実際の道路環境を加味した上で、光ファイバを用いた自動車道路監視システムの構築を進めていく。

参考文献

- 1) 露木ら、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、土木学会第 77 回年次学術講演会、VI927、2022. 2) 今井ら、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り組み、土木学会第 77 回年次学術講演会、CS9-53、2022.

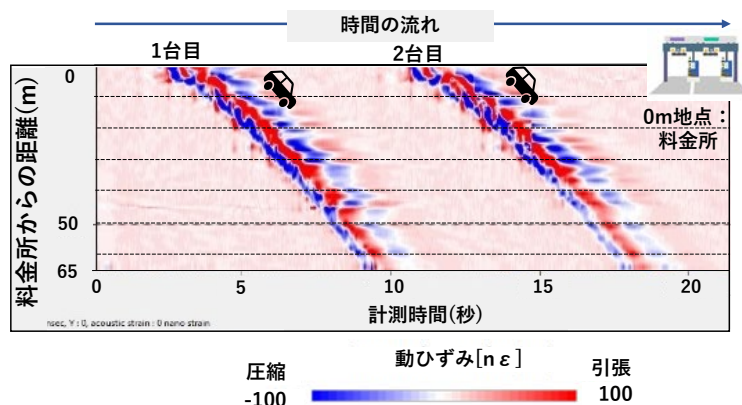
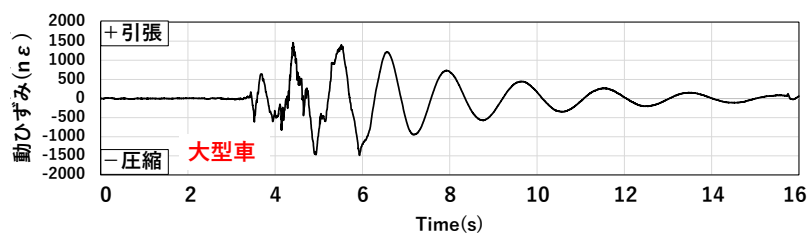
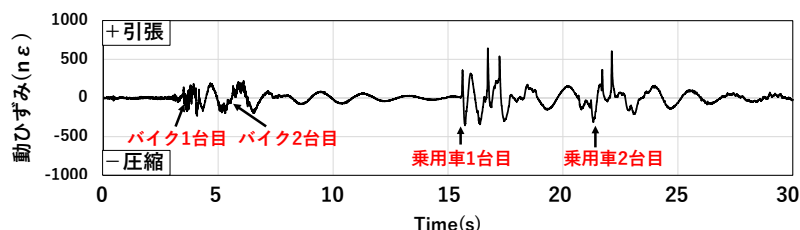


図-3 車両通行時の振動分布



(a) 大型車両



(b) バイク 2 台 + 乗用車 2 台

図-4 距離 7m 地点における動ひずみの時系列グラフ

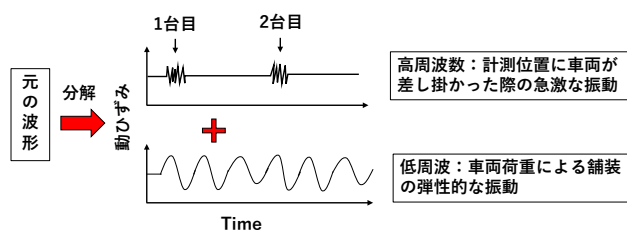


図-5 走行車両判別イメージ