

ヘテロコア型光ファイバ加速度センサによる高架橋振動測定の実験的検証

創価大学 正会員 ○山崎 大志 渡辺 一弘
 株式会社コアシステムジャパン 佐々木 博幸
 アイセイ株式会社 岩佐 宏一 澤 健男

1. はじめに

近年、急速な老朽化が進む土木建造物を効率的に維持管理するために、センサを用いて土木建造物の健全性を計測する構造ヘルスマニタリング技術への注目が高まっている。一方で、長期にわたって激しい気温差や風雨、落雷等に晒される厳しい屋外環境において安定した計測を行なうためには、想定されるあらゆる外乱に対して頑健性をもつセンサデバイスが要求されるため、従来の電気式センサでは十分な性能が担保できない状況にある。これまで著者らは、電気センサに匹敵するコストでありながら、光ファイバセンサの優位性である耐電磁誘導性や耐腐食性を備えたヘテロコア型光ファイバセンサを応用し、数 Hz オーダーの低周波振動の計測に特化した加速度計を開発してきた¹⁾。本研究では、高架橋の径間中央部において走行車両が通過する際に生じる加速度の計測を行ない、橋梁の健全性診断における重要な評価指標である固有振動数、変位応答の測定性能を検証したので報告する。

2. ヘテロコア型光ファイバ加速度センサ

図-1 にヘテロコア型光ファイバ加速度センサの構成を示す。本センサは、外から印加された加速度情報を内部の光ファイバセンサが光損失量に変換し、光ファイバケーブルに接続された LED/PD 計測器によって光強度変化として計測する。加速度センサの共振周波数は 20 Hz であり、10 Hz 以下の周波数帯で 0.013 dB/ms^{-2} の感度を有する¹⁾。光ファイバケーブルには通信用シングルモードファイバを用いており、伝搬光の中心波長も 1310nm 帯域を採用しているため、光ファイバケーブルにおける伝送損失が小さく遠隔計測も可能である。

3. 試験概要

開発した光ファイバ加速度センサ（以下、提案センサ）を高架橋の橋桁に設置し、走行車両が通過したときの振動測定を行なった。図-2 に、提案センサおよび参照用に用意した加速度計（共和電業、ASQ-D-2、以下、参照用加速度計）・変位計（東京測器、CDP-25、以下、参照用変位計）の配置を示す。測定対象とする橋梁は径間長が 30 m 程度の単純鋼鈹桁であり、島田の式に基づくと橋梁の固有振動数は 4.2 Hz 程度と見積もることができる²⁾。提案センサと参照用加速度計は橋桁の径間中央部にクランプで固定しており、参照用変位計は径

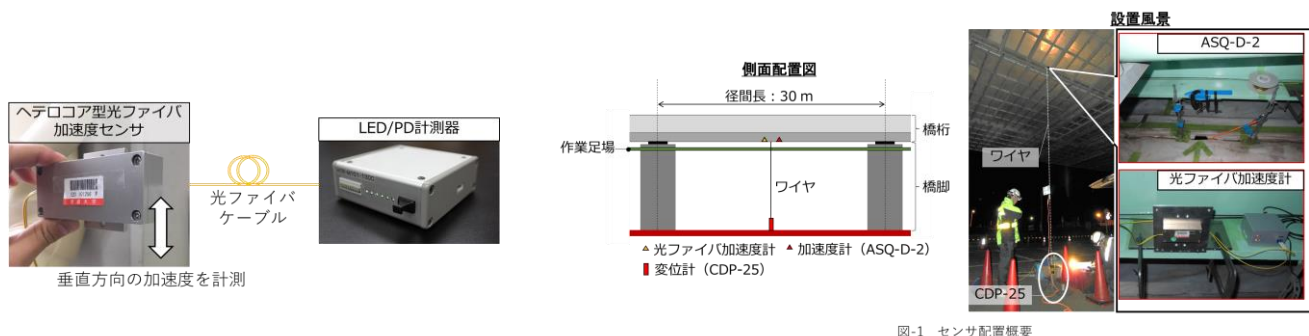


図-1 ヘテロコア型光ファイバ加速度計

図-2 センサ配置概要

キーワード 光ファイバセンサ, 加速度センサ, 振動測定, 橋梁

連絡先 〒192-8577 東京都八王子市丹木町 1-236 創価大学理工学部 TEL042-691-9400

間中央部直下の地上に設置し、橋桁からワイヤで垂らした錘の変位を測定した。本試験は走行車両数の少ない深夜に実施し、20t ダンプカーを 40 km/h、60 km/h、70 km/h でそれぞれ 3 回ずつ走行させた。また、各センサの計測レートは 100 Hz と設定した。

4. 計測結果

図-3 に、速度 60 km/h でダンプカーが走行した際に得られた各センサの測定結果を示す。ここで提案センサの測定値は、センサの共振による波形乱れを軽減するため、ローパスフィルタで 20 Hz 以上の周波数成分をカットした。更に時間積分により生じる異常な長周期ノイズを軽減するためにローカットフィルタを用いて 2 階積分を行ない、変位量を算出した。また参照用加速度計における変位は専用コンディショナで算出された変位出力値である。図-3(a) に示すように、提案センサにおける測定値は参照用加速度計の出力波形とよく一致しており、波形に見られる 3.4 Hz 程度の周期振動は、予め想定していた橋梁の固有振動数に比べて小さいが、橋梁の固有振動によるものと考えられる。

一方で、図-3(b) における変位波形を比較すると、参照用変位計において 3 mm 程の変位量が観測されたのに対し、提案センサでは 2 mm 程度の変位が得られた。図-3(c) から分かるように、2-5 Hz の周波数域において各スペクトルの形状は相似するものの、参照用変位計が示す変位振幅に対して加速度センサから算出した変位振幅が小さい。このような傾向は同様に実施した走行速度 40 km/h、70 km/h における測定結果においても同様であった。錘の変位による参照用変位計の挙動、提案センサの加速度をもとにした変位算出手法の特質などをさらに検討する必要があるが、提案する光ファイバ式センサは信頼性を担保できるものと判断できる。

5. まとめ

本報告では、ヘテロコア型光ファイバセンサを応用した低周波振動計測用の加速度センサを高架橋に設置し、車両走行時に橋中央部に生じる振動の測定性能を実証した。結果として、提案する加速度センサが従来の電気式加速度計と比べて十分に橋梁の振動波形を計測できることが確認された。今後は、光ファイバセンサの利点を生かした長期の振動モニタリング試験を実施するとともに、加速度センサの出力値から算出する変位と実測値を比較して変位換算式の補正を行なってゆく。

参考文献

- 1) H. Yamazaki, I. Kurose, M. Nishiyama, and K. Watanabe. "Pendulum type hetero-core fiber optic accelerometer for low-frequency vibration monitoring," *Sensors*, 18, p.2528 (2018).
- 2) 加藤雅史, 島田静雄. "橋梁実測振動特性の統計解析," 土木学会論文報告集, 第 311 号, pp. 48-58 (1981).

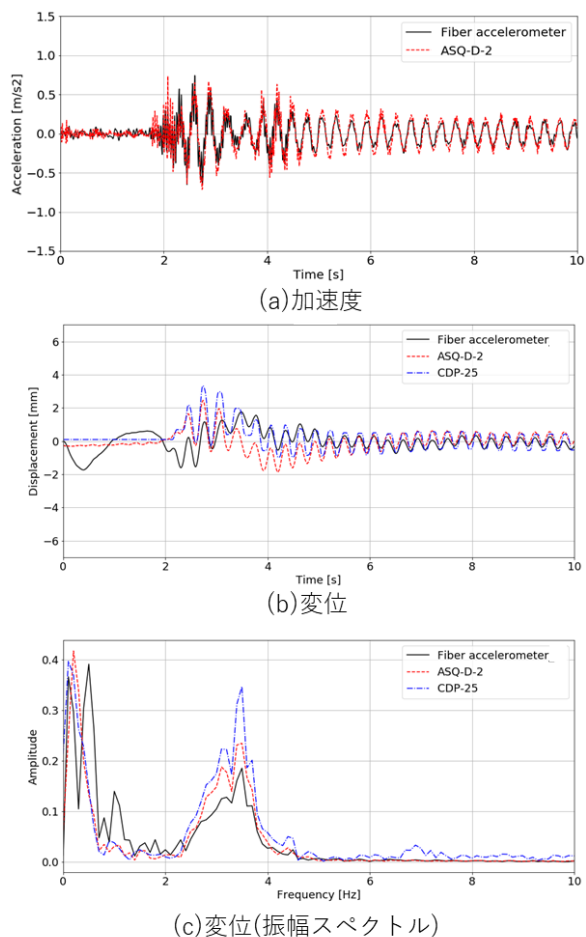


図-3 60 km/h 車両走行時における振動計測結果
(a: 加速度計の測定値, b: 加速度から算出された変位波形及び変位計の測定値, c: 変位波形の振幅スペクトル)