

橋梁振動と列車振動の同期計測

株式会社 BMC 正会員 ○貝戸清之 正会員 石井秀和 正会員 杉崎光一
東京大学 正会員 石井博典 正会員 北川慶祐 フェロー 藤野陽三

1. はじめに

鉄道構造物の効率的なヘルスマニタリング手法の構築を見据えると、営業列車を加振源とする振動モニタリングが有用な選択肢である。しかし、入力である列車側の振動と出力である橋梁側の振動とを、個別のシステムで、しかも同期させながら計測することは従来困難であった。そこで、本研究ではこの点を解決するために GPS 時計に着目し、列車が橋梁上を通過する際の橋梁振動と列車振動を双方のシステムで計測すると同時に、GPS 時計から発信される基準信号も併せて収録することで同期振動計測を試みた。

2. 計測概要

計測対象とした橋梁は、5 径間の単純上路プレートガーダー（1&5 連目スパン：16m、2, 3, 4 連目スパン：19m）である。計測の概要を図-1 に示す。橋梁側の計測は、1P 橋脚天端の鉛直・橋軸・橋軸直角方向の加速度、1 連目と 2 連目のスパン中央補剛材の鉛直方向の加速度、1 連目のレールジョイント直下の主桁上フランジの鉛直方向の加速度である。さらに、加速度計を設置したレールジョイント通過時点を同定するマーカー信号、GPS 時計の信号を収録した。一方で、列車側の計測は、列車最後尾の床上での鉛直・橋軸・橋軸直角方向の加速度、橋梁位置同定用のマーカー信号および GPS 信号である。以上、橋梁側 8ch、列車側 6ch の信号をサンプリング周波数 200[Hz] で計測した。また、橋梁側の計測時間は、列車の橋梁通過前後を含む 180 秒間とした。

3. 列車通過時の橋梁振動と列車振動の同期計測結果

(1) 同期計測結果の検証

GPS 時計（白山工業株式会社製）は、GPS 衛星から標準時を受信する時刻校正機能を備え、その後、時刻情報をパルス信号として出力する。今回の振動計測では、校正後の 2 台の GPS 時計を用いて、橋梁側と列車側で GPS 時計のパルス信号を収録した。その後、双方で計測されたパルス信号を重ね合わせることで時間的な同期を行った。一例として、同期後のレールジョイント直下の主桁上フランジの鉛直方向の加速度（橋梁側）および列車床上の橋軸方向の加速度（列車側）の時系列を図-2 に示す。橋梁側および列車側の時系列で、振幅が卓越している箇所はレールジョイントの影響と考えられるが、両者のこれらの位置が一致していることから本手法により高精度な同期計測が可能であることがわかる。

なお、レールジョイント直下の加速度の最大値が、列車のレールジョイント通過時であることを確認するために、列車前輪のレールジョイント通過時をマークした。その結果を同図（a）中に青矢印で示す。確認方法が目視で、入力が手動であったために図示したポイントは誤差を含むものと考えられるが、加速度最大値がレールジョイント通過と概ね一致していると言えよう。

(2) 伝達関数の算出

同期計測結果を用いて、列車の鉛直方向の加速度を入力、2 連目スパン中央の鉛直方向の加速度を出力として伝達関数を算出した。伝達関数の算出には、橋梁側の加速度時系列上で列車が載荷中と考えられる部分（振幅が卓越する 2 箇所のうち、前が前輪通過、後が後輪通過と考えられたので、その間の部分）だけを抽出し、列車側の加速度時系列に対しても同一区間を切り出した。

今回実施した 3 回の振動計測結果に対する 2 連目スパン中央の鉛直方向の加速度パワースペクトルを図-4、伝達関数を図-5 に示す。2 回目の計測では、列車の走行方向が異なっているためにパワースペクトルの形状が大きく異なる部分が 40[Hz] 付近に存在する。一方、伝達関数では定性的には再現性があると言える。ただし、この点を確認するには、同期振動計測を重ね、詳細な解析により別途検討していく必要がある。

キーワード 同期計測、橋梁、列車、GPS、振動モニタリング

連絡先：〒261-7125 千葉市美浜区中瀬 2-6 WBG マリブウエスト 25 階、TEL:043-297-0207、FAX:043-297-0208

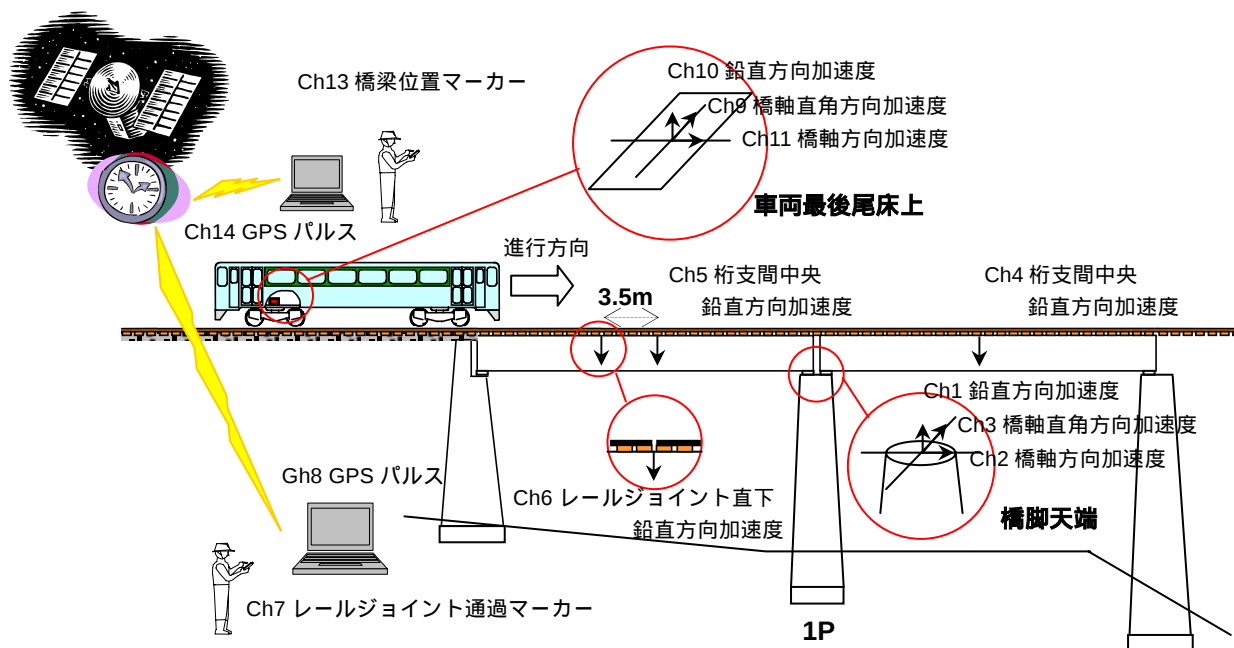
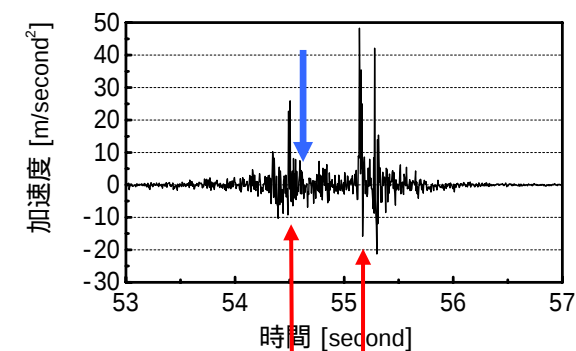
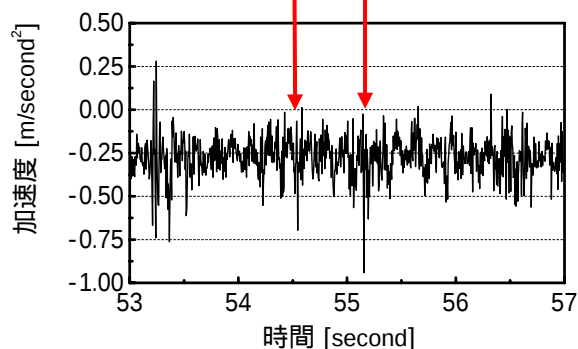


図-1. 橋梁振動と列車振動の同期計測の概要

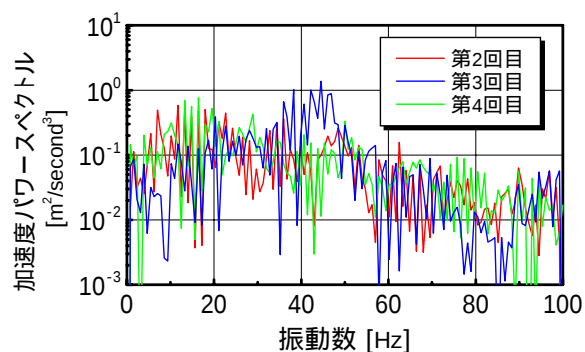
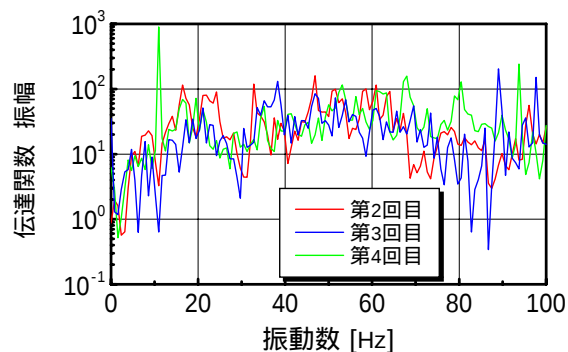


(a) レールジョイント直下の主桁上フランジの鉛直方向



(b) 列車床上の橋軸方向

図-2. 加速度の同期計測結果

(a) パワースペクトル
(2連目スパン中央の鉛直方向)

(b) 伝達関数

図-3. パワースペクトルと伝達関数の再現性

4. まとめ

本研究では、営業列車を用いたヘルスマモニタリング手法の構築を目指し、GPS 時計を用いて、橋梁振動と列車振動の同期計測を試みた。フィールド試験の結果、両者の同期は高精度に実現できることを確認した。さらに、同期後の列車振動を入力、橋梁振動を出力とする伝達関数を算出し、3 回の計測結果から伝達関数の再現性を定性的にとらえた。

なお、本研究は鉄道建設・運輸施設整備支援機構の「運輸分野における基礎的研究制度」の助成によるものである。ここに記して謝意を表す。