

橋梁モニタリングのための低周波加速度センサを用いた試験車両走行時の変位解析

能美防災(株) 正会員 ○皆川翔輝 井関晃広 遠藤義英 山岸貴俊
前田建設工業(株) 正会員 松尾健二

1. 序論

橋梁の老朽化問題の顕在化に伴い、維持管理の必要性が叫ばれている。この状況に対し著者らは、近年、高精度化が著しいMEMS型低周波3軸加速度センサを用いて、橋梁へセンサを設置し、交通流の計測により健全度を評価するモニタリングシステムの研究開発を行っている[1,2]。本報では、実橋に対する長期計測を実施し、期間中に行った複数回の車両走行試験による強制振動の解析結果および考察を報告する。

2. 加速度計測システムと分析可能な物理量

モニタリングに用いる自社製作センサは、重力加速度を含む低周波3軸加速度(周波数範囲: DC~20 Hz, 分解能: 0.06 μ G)を計測できるよう高精度化されており、重力方向の計算による「傾き」、時間軸方向の2階積分による「活荷重変位」、周波数軸への直交変換による「周波数スペクトル」の異なる3つの物理量を算出できる。また、複数センサの時間同期計測が可能であり、多点間の厳密な同時刻の各物理量を算出でき、振動モード解析等も行える。

3. 試験概要と加速度センサの配置

図1、表1に、モニタリングを行った富山県富山市内の橋梁の外観および諸元を示す。車両走行試験は、総重量20tの車両を用いて行い、2018/3、2018/8、2018/10、2019/1の計4回の各試験にて橋梁上を5往復走行した。その際、車速を30 km/hに維持し、左車線上を直進走行した。加速度センサは、図2のように桁底面に7つ、欄干に1つ配置した。なお、本試験の往復走行では、図2の左岸側から右岸側へと走行する方向を順方向、折り返す方向を逆方向と定義する。

4. 試験車両走行時の加速度解析

表2に計4回の試験車両走行時における環境条件の記録を示す。気温[$^{\circ}$ C]については、計5往復の車両走行を含む1時間における平均値を算出した[3]。

本報では代表例として、順方向の車両走行試験(計20回=4回 \times 5往復)における活荷重変位[mm]の解析結果を用いて説明する。まず、試験車両走行時の活荷重変位を俯瞰できるように、各センサ毎の変位の平均値を算出した。図3に、平均活荷重変位の大きさに対応する直径を持つ円を図2上に描画したものを示す。円のスケールは、センサNo.2の直径で1.35 mm程度の変位を表している。No.6の設置位置を中心として車両通過領域に近いほど値が大きくなることを確認できる。



図1 実橋の外観

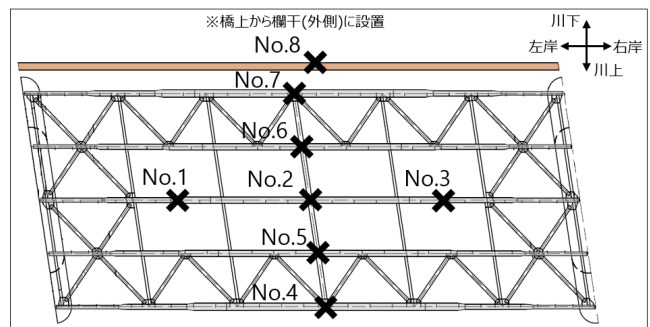


図2 加速度センサの配置

表1 実橋の諸元

項目	諸元
所在地	富山県富山市
構造形式	鋼桁橋
竣工年	昭和47年
橋長	88.0 m
支間長	28.7 m
総幅員	14.8 m
適用示方書	昭和39年道示
設計荷重量	TL-20 (S31)

表2 試験車両走行時の環境条件

実施月	2018/3	2018/8	2018/10	2019/1
気温[$^{\circ}$ C]	5.1	26.0	11.9	0.2
天候	雨	曇	雨	雪

次に、各試験毎の橋軸および橋軸直角方向における平均活荷重変位を、それぞれ図4、図5に示す。No.8は桁下面に設置したNo.7の近傍の欄干に設置したが、両センサは同傾向の値を示した。既報では桁直上の橋上面設置のセンサとの比較を示したが[1]、本報でも同様の結果が得られた。全体的な傾向として、各回の5往復での走行は安定しており、変位のばらつきが小さい。その一方で、気温変化に伴う活荷重変位の増減が観察できるが、天候が雪であった2019/1の試験のみ、No.7, 8が増加、No.1~6が減少傾向にある。活荷重変位の変化は桁の疲労損傷に関連する指標ではあるが、試験時の環境条件もまた、計測結果に影響を与える。以下、環境条件の影響を考察した。

5. 環境条件に関する考察

図6は、2018/8および2019/1の車両走行試験の様子を撮影した写真である。赤線はタイヤ左端の軌跡を示し、2019/1の白線は積雪で隠れた路側帯を補ったものである。2つを比較すると、2019/8では路側帯と車両間に十分な距離があるのに対し、2019/1ではほとんど距離がなく、No.7, 8により近い位置を走行しているのが分かる。これは、運転者が積雪により道路橋上の白線を把握できず、発生した轍に沿って走行したためと推察される。

6. 結論

実橋を用いて、環境条件の異なる計4回の車両走行試験を行い、低周波3軸加速度計測システムにより強制振動の解析を行った結果、下記の知見が得られた。

- 欄干設置の加速度センサと近傍桁設置の加速度センサでは、同傾向の振動特性が得られた。よりアクセスし易い場所へのセンサ設置での性能発揮が期待できる。
- 車両走行位置の違いが、活荷重変位に影響を及ぼすことが判明した。車両走行試験時には、走行位置をパラメータとして検討する必要がある。

謝辞：本研究は、モニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究であり、内閣府の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である。

参考文献

- [1] 皆川翔輝, 遠藤義英, 中野主久, 長澤正浩, 山岸貴俊, 中津井邦喜, 杉谷真司: コンクリート桁橋におけるモニタリング技術活用の検討(その2)低周波加速度解析による力学的挙動の評価土木学会第72回年次学術講演会概要集, CS14-021, pp41-42, 2017.
- [2] 皆川翔輝, 遠藤義英, 山岸貴俊, 小原孝之, 廣江亜紀子, 松尾健二, 山口岳思: 撤去桁の疲労載荷試験におけるモニタリング技術検証(その3)低周波3軸加速度の多点同期計測による疲労損傷解析, 土木学会第73回年次学術講演会概要集, CS9-010, pp19-20, 2018.
- [3] 気象庁ホームページ—各種データ・資料—過去の気象データ検索: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2019年3月13日閲覧.

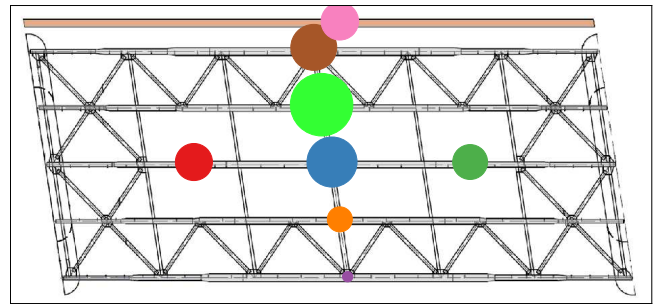


図3 順方向走行時の平均活荷重変位 (No.2 直径: 約 1.35 mm)

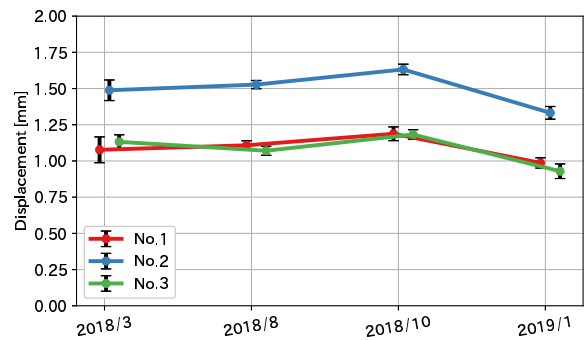


図4 橋軸方向設置センサの平均活荷重変位

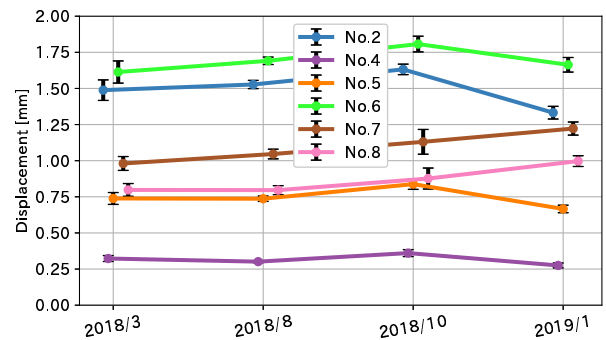


図5 橋軸直角方向設置センサの平均活荷重変位



図6 試験車両走行位置の比較 (上: 2018/08, 下: 2019/01)