

橋梁の加速度記録から変位応答算出を行う一方法

東京都市大学 正会員 ○関屋 英彦
 東京都市大学 正会員 木村健太郎
 東京都市大学 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

橋梁の維持管理を適切に行う上で、加速度センサを用いたヘルスマモニタリングによって得られる活荷重に対する変位応答は損傷箇所及び損傷原因の特定を可能にし、供用中の構造物の性能を知る上で非常に効果的である¹⁾。理論的には加速度記録を二階数値積分することによって、変位応答が算出される。しかしながら、測定した加速度記録に含まれる測定誤差が積分結果に大きく影響を及ぼすことが明らかになっている。さらに、供用中の橋梁は常に振動しており、積分時の境界条件が積分結果に大きく影響を及ぼすことが考えられる。そこで本研究では、橋梁の自由振動に着目することによって、数値積分の境界条件を算出する『自由振動仮定法』の提案を行う。そして、Parkら²⁾が提案している『初期速度推定法』と本提案手法を用いて、供用中の橋梁で計測した加速度記録から変位応答を算出し、比較検討を行った。

2. 自由振動仮定法を用いた変位応答算出

橋梁の自由振動を利用した自由振動仮定法の提案を行う。まず車両進入前および通過後の橋梁は自由振動していることに着目し、この自由振動から速度および変位の初期/末期条件を算出する。境界条件の算出手順を図-1に示す。

- 車両の進入および退出の検知を行い、自由振動区間と車両による強制振動区間に分ける。
- 加速度センサで計測した加速度記録に対してフーリエ変換を行い、時間領域のデータを周波数領域に変換する。
- 活荷重に対する応答の影響を除去するため、1.0Hz以下の低周波数帯および直流成分を取り除く。
- 逆フーリエ変換を行い、時間領域のデータに変換する。
- d)で得られた加速度記録の一階積分および二階積分を行うことによって橋梁の自由振動における速度および変位を算出する。

上記の手順によって得られた橋梁の自由振動における速度および変位を用いて、加速度記録を二階積分することにより、活荷重に対する応答を考慮した変位応答を算出することが出来る。この手法を用いることによって、積分時に必要な境界条件を得ることが出来、さらに、加速度センサの測定誤差が積分結果に与える影響を減少させることが出来ると思われる。

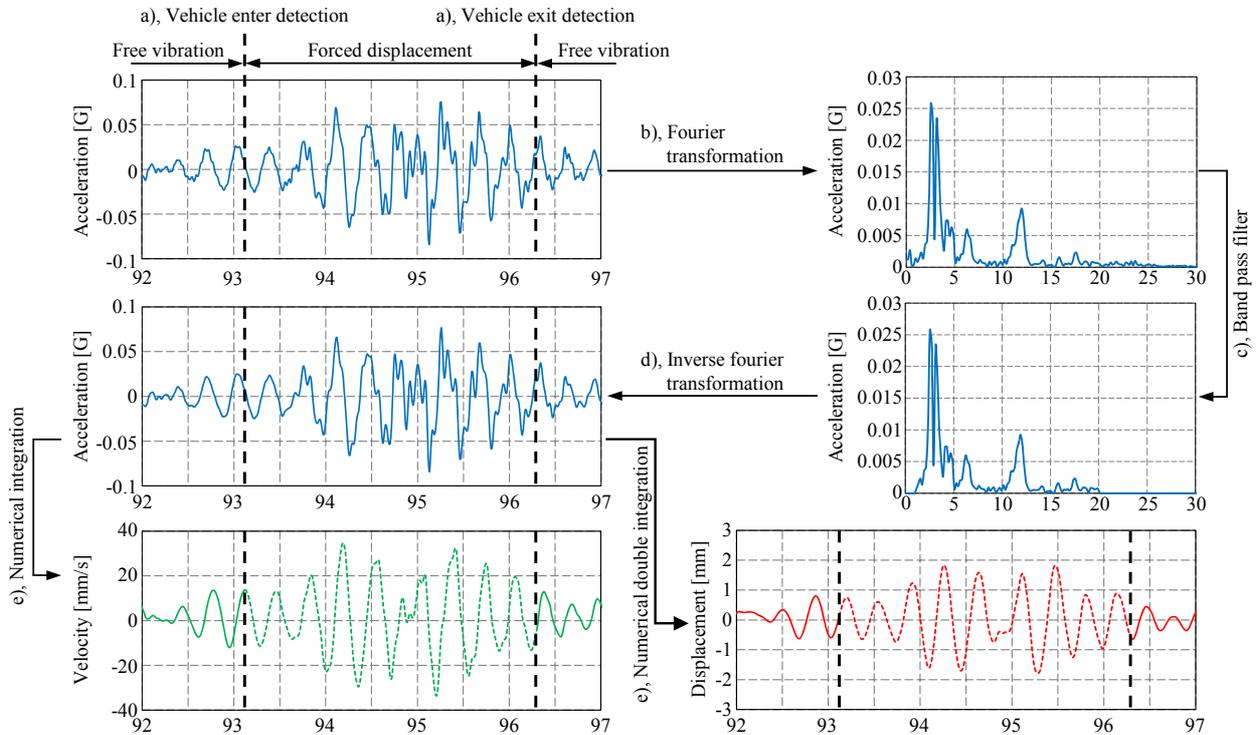


図-1 境界条件算出フロー

キーワード ヘルスマモニタリング, 自由振動仮定法, 加速度センサ, 測定誤差

連絡先 〒158-0082 東京都世田谷区等々力 8-15-1 東京都市大学 総合研究所 TEL 03-5706-3693

3. 実橋梁における実証実験

自由振動仮定法または初期速度推定法を用いた変位応答算出結果の比較検討を行うため、**図-2**に示す橋梁にて測定を行った。本実験で用いた

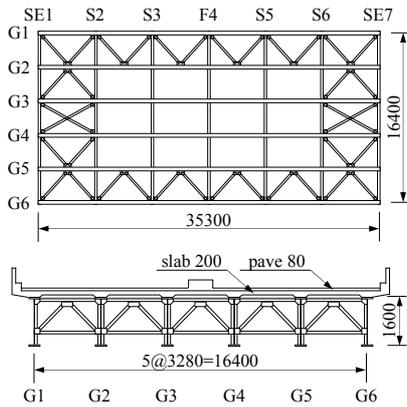


図-2 試験橋梁の上面図, 断面図

加速度センサの仕様を**表-1**に示す。加速度センサ設置状況およびレーザー変位計ターゲットの設置状況を**図-3**に示す。加速度センサによっては、垂直方向と水平方向の感度が異なることに注意し、全ての加速度センサの水平方向が重力方向となるように設置している。**図-4**に加速度センサE, Fおよびサーボ式加速度センサを用いて得られた変位応答算出結果を示す。**図-4**の加速度センサEおよびサーボ式加速度センサの算出結果より、自由振動仮定法を用いて得られた変位応答結果が初期速度仮定法を用いて得られた変位応答結果に比べて、レーザー変位計結果に近づく結果となり、測定誤差の影響が補正されていることが分かる。そして、ノイズレベルが高い加速度センサの算出結果に対し、補正の効果が大きくなることが確認出来、本提案手法の有効性を確認することが出来た。

しかしながら、ノイズレベルが他と比較して大きな加速度センサF, Gの変位応答算出結果はレーザー変位計で計測した波形と大きく異なり、低周波数帯の成分を含む結果となった。

4. まとめ

橋梁の自由振動に着目することによって、加速度記録から変位応答を算出する自由振動仮定法の提案を行った。供用中の橋梁における実証実験を行った結果、本提案手法を用いることによって、測定誤差の影響を減少し、精度良く変位応答を算出出来る可能性を示した。しかしながら、ノイズレベルが比較的高い加速度センサでは、低周波数帯の成分を含む結果となるため、用途に合った適切なセンサ選定を行う必要がある事が明らかとなった。

謝辞：本研究は文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(A)課題番号 25249063)により実施したものである。ここに記して謝意を示す。

参考文献

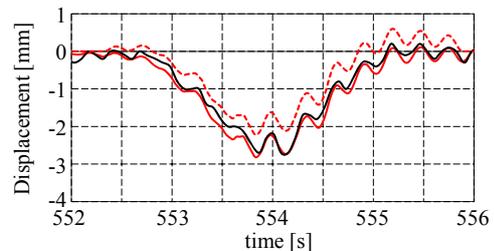
- 1) 館石和雄, 竹之内博之, 三木千壽: 鋼橋部材交差部に生じる局部応力の発生メカニズムと要因分析, 土木学会論文集, No.507/I-30, pp.109-119, 1995.
- 2) Ki-Tae Park, Sang-Hyo Kim, Heung-Suk Park, Kyu-Wan Lee: The determination of bridge displacement using measured acceleration, *Engineering Structures*, Vol.27, pp.371-378, 2005.

表-1 加速度センサの仕様

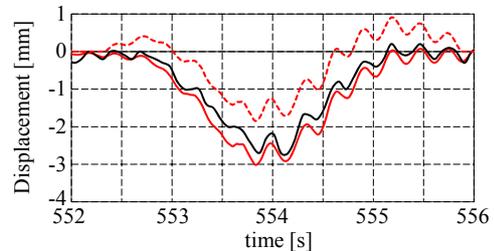
Accelerometer	Acceleration Range [G]	Frequency Bandwidth [Hz]	Sampling Frequency [Hz]	Sensitivity [μG]	Noise Density [$\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$]
A	± 5.0	0.1 ~ 20	100	1.0	10
B	± 2.0	0.1 ~ 50	200	20	0.65
C	± 2.0	0.1 ~ 100	200	76	—
D	± 5.0	0.1 ~ 330	153.75	3.8×10^{-3}	55
E	± 2.0	0.1 ~ 20	100	0.6	—
F	± 16.0	0.1 ~ 260	100	488	400
G	± 2.0	0.1 ~ 500	100	60	400
Servo Type	± 2.0	0.1 ~ 20	100	0.5	—



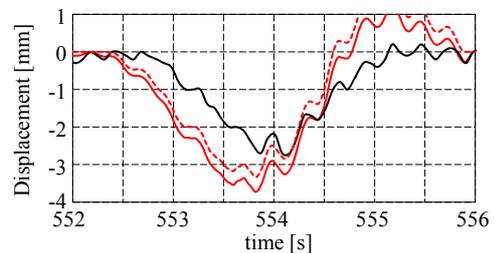
図-3 加速度センサおよびレーザー変位計ターゲット設置状況



(a) サーボ式加速度センサ



(b) 加速度センサE



(c) 加速度センサF

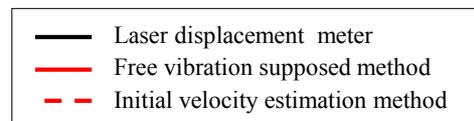


図-4 変位応答算出結果