加速度センサ１台のみを用いた簡易な橋梁の変位応答の算出

東京都市大学　学生会員　○森近　翔伍　正会員　関屋　英彦
正会員　丸山　收　フェロー会員　三木　千壽
首都高速道路　正会員　平野　秀一

１．はじめに

鋼橋の維持管理において，活荷重による変位応答を計測することは重要である [1]．これまで著者らは，MEMS（Micro electro Mechanical Systems）加速度センサによる加速度データの計測から，変位応答を算出する手法を提案し，現場計測を通じ，その有用性を検証してきた．しかしながら，提案手法は変位計測を目的とした加速度センサの他に，積分範囲を決定するための加速度センサの設置が必要であり，施工性に課題が残っている．

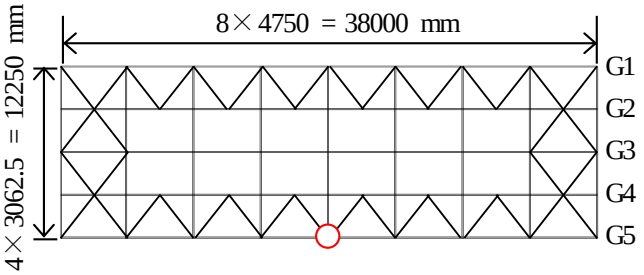
そこで，本研究では車両検知用の加速度センサを必要とせず，変位計測を目的とした加速度センサ１台のみを用いた変位応答の算出法について検討する．

２．試験概要

加速度センサ１台のみを用いた変位応答の算出法を検討するため，実橋梁にて計測を実施した．計測を実施した橋梁の平面図を**図-1(a)**に，断面図を**図-1(b)**に示す．試験橋梁は単支間 RC 床版合成 5 主桁プレートガーダー橋の支間長 38m であり，路肩･第一走行･第二走行･第三走行の構成である．試験は，交通規制を行わずに，通常の供用下で実施した．続いて，センサの設置状況を**図-2(a)**に，使用した MEMS 加速度センサの外形を**図-2(b)**に示す．また，使用した加速度センサの性能を**表-1** に示す．センサは，変位応答の算出を目的とした MEMS 加速度センサを G5 桁の橋軸中央部に設置した．サンプリングは 100Hz で計測を行った．また，精度検証を目的として，MEMS 加速度センサと同位置に接触式変位計を設置し，リファレンスとなる変位応答を計測した．接触変位計のサンプリングは 100Hz で実施した．

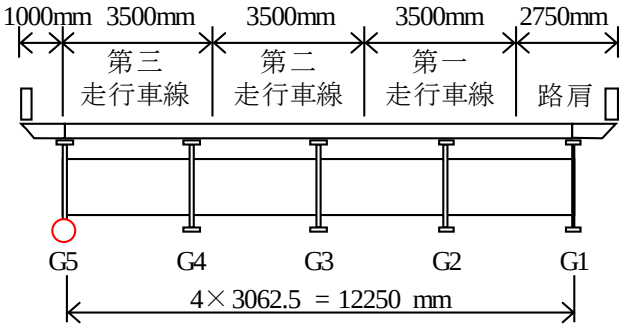
３．連続ウェーブレット変換による積分範囲の決定

自由振動仮定法 [2]では，車両通行による強制振動部を積分範囲，その前後の範囲を自由振動部とし，加速度データから変位応答を算出している．本研究では，車両検知用のセンサを使用せず，橋軸中央部に設置した加速



○ MEMS加速度センサ･接触変位計

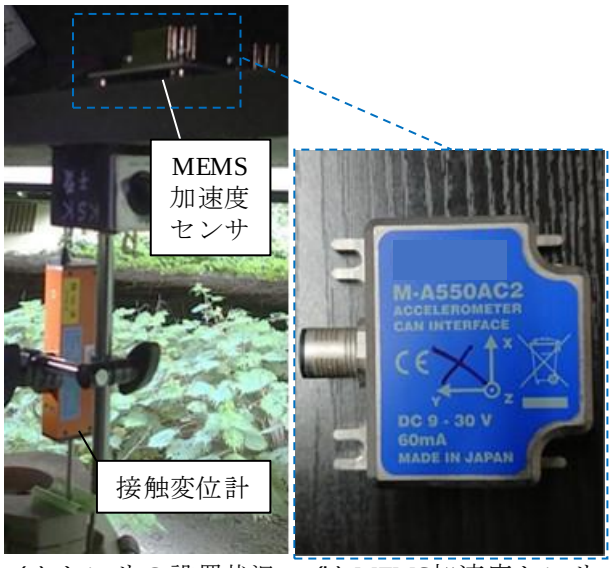
(a)　試験橋梁の平面図



○ MEMS加速度センサ･接触変位計

(b)　試験橋梁の断面図

図-1　試験橋梁の概要とセンサ設置位置



(a) センサの設置状況　(b) MEMS加速度センサ

図-2　センサの設置位置

キーワード　MEMS 加速度センサ，変位計測，連続ウェーブレット変換，自由振動仮定法
連絡先　〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL.03-5707-0104(代表) E-mail:g1891608@tcu.ac.jp

© Japan Society of Civil Engineers

度センサの計測データから，車両通行による強制振動区間の推定を試みる．具体的には，連続ウェーブレット変換を活用し，強制振動区間の同定を試みた．周波数の変化点を正確に検知することを目的とし，連続ウェーブレット変換は，bump wavelet[3)]を使用した．橋軸中央部に設置した加速度データの時刻歴応答を**図-3(a)**に，連続ウェーブレット変換の結果を**図-3(b)**に示す．**図-3(b)**より，10Hz 以上の高周波数帯において，車両走行による車両応答が要因と考えられる応答の変化を3089.33 秒から 3091.90 秒の 2.57 秒間で確認できる．この時間を積分区間として，変位応答の算出を試みる．

4．変位応答の算出結果

図-3(b)の解析結果より決定した積分区間にて数値積分を行い，変位応答の算出を試みた．加速度データから算出した変位応答の結果と接触式変位計で計測した変位応答の結果を**図-4** に示す．加速度のデータから算出した変位応答は，接触式変位計で計測した変位応答と良い一致を示しており，加速度センサ 1 台のみを用いて，橋梁の変位応答の算出ができることを確認した．

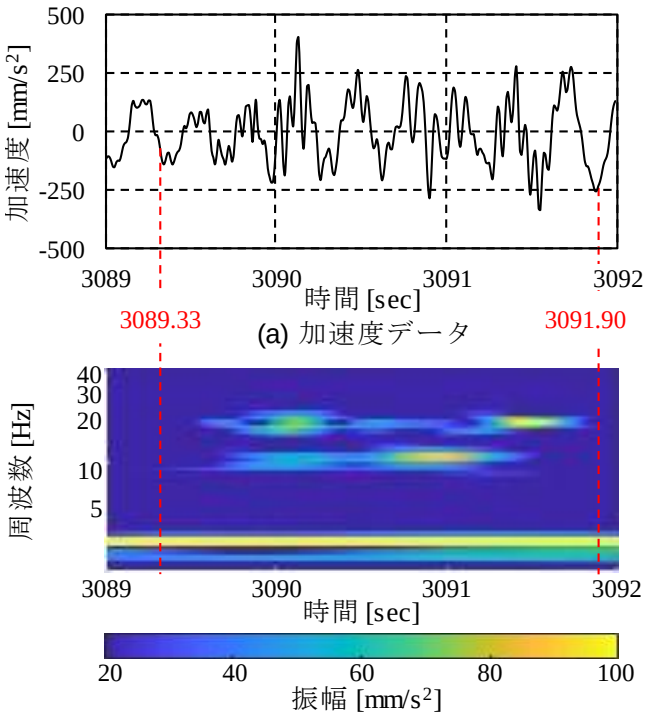
5．まとめ

本研究では，MEMS 加速度センサを活用した変位計測の施工性の向上を目的として，橋軸中央部に設置した加速度センサ 1 台のみを用いて変位応答の算出を試みた．橋軸中央部の加速度データを周波数解析することによって，車両走行により生じたと考えられる高周波数帯の応答の変化を確認した．そして，高周波数帯の応答を検知した区間を積分区間とし，加速度データから変位応答を算出した結果は，接触式変位計で計測した変位応答と良い一致を示した．

謝辞：本研究は，JSPS 科研費 JP17K14717 の助成を受けたものです．本研究の実橋梁実験は，東京都市大学と首都高速道路株式会社，首都高技術株式会社，一般財団法人首都高速道路技術センターとの共同研究「首都高における構造物診断の高度化に関する研究・開発」の一環として実施したものである．関係各位に謝意を表します．

表-1　加速度センサの性能

計測範囲 [G]	分解能 [μG]	周波数帯域 [Hz]	自己ノイズ [μGrms/√Hz]
±5.0	1.0	DC-20	0.8



(b) 周波数解析結果

図-3　積分範囲の決定

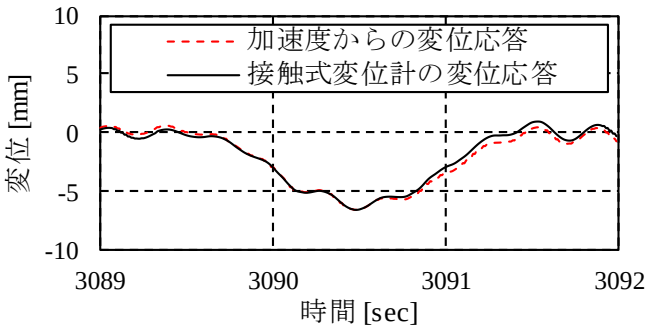


図-4　変位算出の結果

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，pp109-119，1995.

2) 関屋英彦，横関耕一，木村健太郎，小西拓洋，三木千壽：橋梁の加速度記録を用いた変位応答算出法の提案，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.72，No.1，pp61-74，2016.

3) Vialatte, F., Sole, J., Dauwels, J., Maurice, M., and Cichocki, A. (2009), Bump time-frequency toolbox: A toolbox for time-frequency oscillatory bursts extraction in electrophysiological signals. BMC Neuroscience, 10:46, 1-12.

© Japan Society of Civil Engineers