

MEMS センサによる橋梁の変形挙動可視化システム

東京都市大学 ○学生会員 森近 翔伍
 東京都市大学 正会員 関屋 英彦
 東京都市大学 正会員 丸山 収

1. はじめに

鋼橋の維持管理を効率的に行うためには適切な補修補強が必要であり、特に活荷重により橋梁が繰り返し変形することで生じる部材損傷では、その原因となる部材の特定が重要である。そこで本研究では設置が非常に容易であり、かつ小型で安価な MEMS 加速度センサを用いた実験を実橋梁で行い、得られた計測結果をもとに車両が走行した際に生じる橋梁変形を可視化する手法について検討する。

2. 実橋梁における挙動把握実験

2015 年 7 月 29・30 日、供用中の実橋梁において MEMS 加速度センサを用いた実験を行った。実験対象とした橋梁は単支間 RC 床版合成 5 主桁プレートガーター橋の支間長 38m で、路肩・第一走行・第二走行・第三走行の構成である。図-1 に橋梁平面図、図-2 に橋梁横断面図を示す。実験に用いた MEMS 加速度センサ・接触式変位計の取り付け位置は、図-2 中に示す通りで主桁下フランジの 5 箇所と各主桁間隔の midpoint となる床版部の 4 箇所に設置した。橋梁応答の計測は、午前と午後の二回に分けて断続的に行った。

3. MEMS 加速度センサで計測した記録の変換

上記実験で得られた計測記録より、橋梁横断面における変形挙動の特定を試みた。橋梁の変形挙動を捉えるためには変位応答の情報が必要となる。変位応答は理論上、加速度記録を二階積分することによって算出される。しかしながら、数値積分を行う際の境界条件が不適切であると積分結果に誤差が生じるため、精度良く変位を求めることができない。この問題に対し関屋ら⁴⁾は、橋梁の自由振動に着目し、加速度記録から変位応答を算出する自由振動仮定法を提案している。この手法を用いることから、本研究では自由振動仮定法をもとに変位応答を求めた。なお、その時の積分範囲は、車両が対象橋梁へ進入してから退出するまでの時間とし、図-3 に示した車

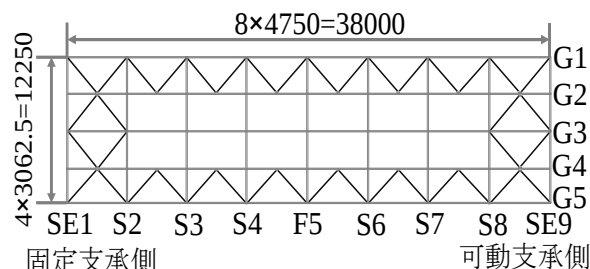


図-1 橋梁平面図

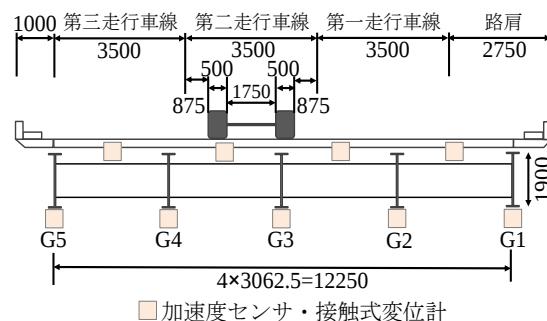


図-2 橋梁横断面図

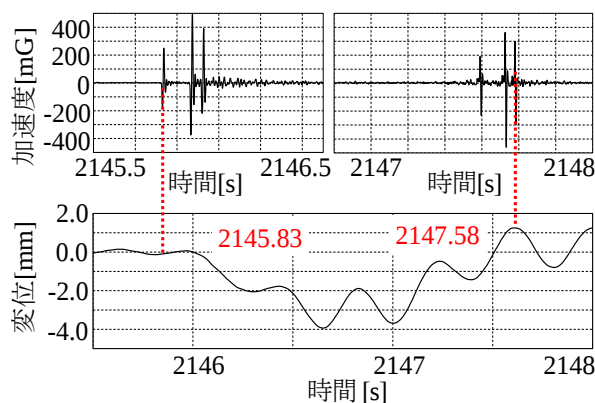


図-3 車両の入退出の検出

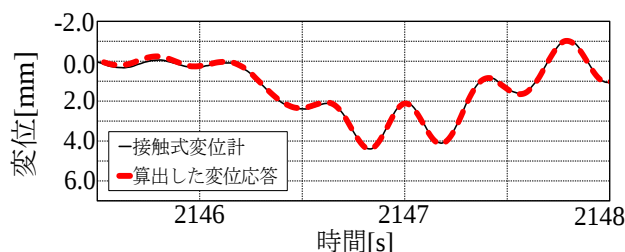


図-4 加速度から変位の算出

キーワード 橋梁の維持管理 疲労損傷 MEMS センサ 土木構造物モニタリング

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 E-mail:g1218091@tcu.ac.jp

両検出用として桁端部に設置したMEMS加速度センサの計測結果より積分時間を1.75秒とした。G4桁の主桁下フランジに設置した接触式変位計の変位記録と加速度記録から算出した変位応答を図-4に示す。算出した変位応答は、接触式変位計の計測結果とほぼ一致していることから精度よく算出できていると言える。

4. 橋梁断面変形の可視化

車両が第二走行車線を走行した時を対象として橋梁断面の変形を可視化することを試みた。対象とする時間は、主桁G4桁の上部にあるウェブギャップ板の応力が最大の時とし、図-5に示したウェブギャップ板でのひずみ波形より2146.77秒と設定した。

ウェブギャップ板とは、図-6に示す主桁と横桁の隙間に取り付けられた部材で、損傷(疲労き裂)が最も多い部材である。ウェブギャップ板での応力計測には、一軸ひずみゲージを使用し、ひずみゲージの設置方法は図-6に示す通りである。可視化には有限要素法(FEM)解析を用いた。

FEM解析による可視化では、FEM解析ソフトであるAbaqusを用いた。方法としては、橋梁断面モデルをシェル要素(板要素)で作成し、モデルを165949要素、165777節点に分割した。分割した解析モデルに対して表-1にまとめた加速度センサの計測記録から算出した変位記録を境界条件として解析を行った。図-7に橋梁を正面から見た正面図、図-8に橋梁を斜め上から見た斜視図を示す。これらの結果よりMEMS加速度センサで測定した計測結果をもとに橋梁変形の可視化が可能であることを確認できた。

5. 結論

加速度記録から変位記録への変換と算出した変位記録を基にした橋梁変形の視覚化より以下の知見が得られた。

- (a) 自由振動仮定法を用いて、測定した実橋梁の加速度記録を変位応答に変換したが、接触式変位計の変位記録とほぼ一致していることから精度よく算出できていることを確認出来た。
- (b) MEMS加速度センサで計測した結果をもとに橋梁変形の可視化が可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 関屋英彦ら：橋梁の加速度記録から変位応答算出を行う一方法，土木学会第70回年次学術講習会，2015.9.

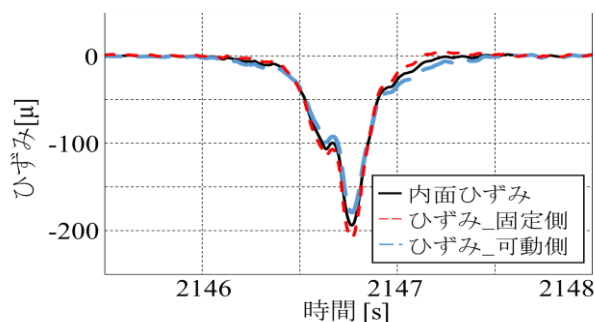


図-5 ウェブギャップ板に生じたひずみ記録

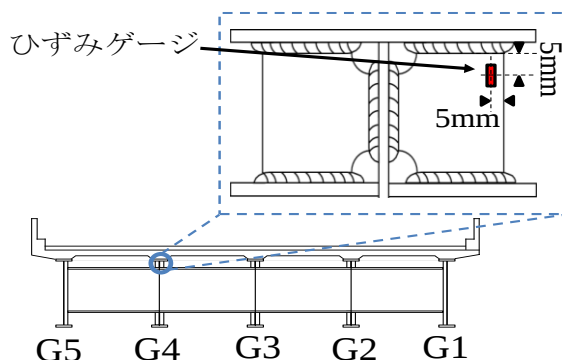


図-6 ウェブギャップ板

表-1 ウェブギャップ板の応力最大時の部材状況

変位 [mm]	主桁番号	G1	G2	G3	G4	G5
	下フランジ	-1.13	-1.53	-2.39	-2.23	-2.07
	床板		-1.33	-1.71	-2.70	-2.14

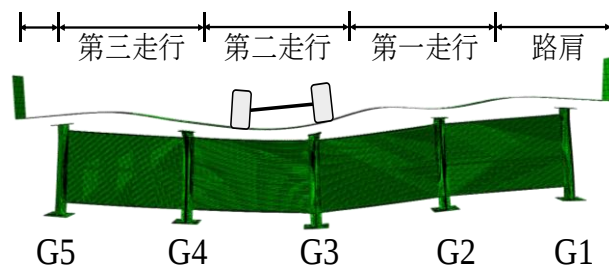


図-7 FEM解析による橋梁変形の可視化(正面図)

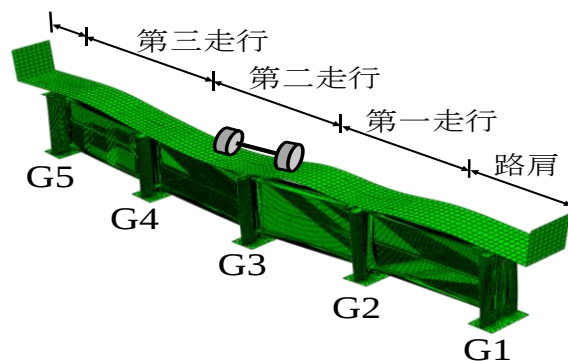


図-8 FEM解析による橋梁変形の可視化(斜視図)