

# 車輛通行に伴う加速度データを用いた橋梁の変位モニタリングに関する検討

株式会社 TTES  
岐阜大学

正会員 ○梅川 雄太郎, 菅沼 久忠  
正会員 木下 幸治 学生会員 小野 友暉

## 1. はじめに

本稿は、全国に約 70 万以上あるとされる橋梁構造物に対する効率的な維持管理技術として、簡便な構造ヘルスマニタリング方法の検討を行ったものである。中小橋梁を多く抱える地方自治体では、財源、人材および技術不足等の課題があるため、最小限の費用、人員で可能な限り多くの橋梁を効率的かつ簡易な点検を可能にする手段に重点をおいた構造ヘルスマニタリング技術が必要とされている。

橋梁構造物において、変位量は道路橋示方書に定義される「たわみの許容値」に基づく使用限界評価に利用される重要な指標である。加えて、変位量は荷重と剛性の関係で表されることから、既知重量車輛通行時の変位量をモニタリングすることにより、簡便に橋梁構造物の劣化の傾向を把握することが可能であると期待される。

本検討では、計測機器の費用や現場での作業性を考慮し、試験車輛通行荷重による準静的な変位応答を、加速度データより算出する方法について検討・開発した。また、その算出方法の精度・誤差を評価した。対象とする変位応答の算出方法では、誰にでも簡易に利用できることを念頭に、全自動で変位算出を行うことができるアルゴリズムを API 化して開発を行った。

## 2. 加速度応答を用いた変位応答の算出方法

本検討では、変位量をモニタリングする手段として、加速度センサにより計測されたデータを 2 階積分し、車輛通行時の橋梁の変位応答を算出する手法を採用した。しかしながら、理論的に可能とされる 2 回積分による変位算出では、加速度セ

ンサ自身が持つ自己ノイズの影響により、大きな積分誤差が生じるため、加速度センサの性能および積分処理の工夫が重要となる<sup>1)</sup>。特に、車輛通行による変位応答は準静的な半波長応答であり、積分誤差と混在する変位応答を判別・処理することが難しい<sup>2)</sup>。

また、文献<sup>1)</sup>では複数の加速度センサを利用し、車輛検知から積分時の条件を与えることで変位応答算出する方法も提案されているが、本検討の主旨として、最小限の計測機器での実現を目標としているため、加速度センサは 1 個のみを使用して変位応答を算出できる手法を検討することとした。

変位の算出には、データの取得周波数のみを利用して、通過車輛の検出から、時刻歴上での統計値の変化から積分誤差の影響と変位に関わる波形を判別・補正する処理までを全自動で処理する手法<sup>3)</sup>を適用した。

## 3. 対象橋梁および計測・走行試験概要

対象橋梁および計測機器の設置位置を図 1 に示



図 2 試験車輛による走行試験の様子

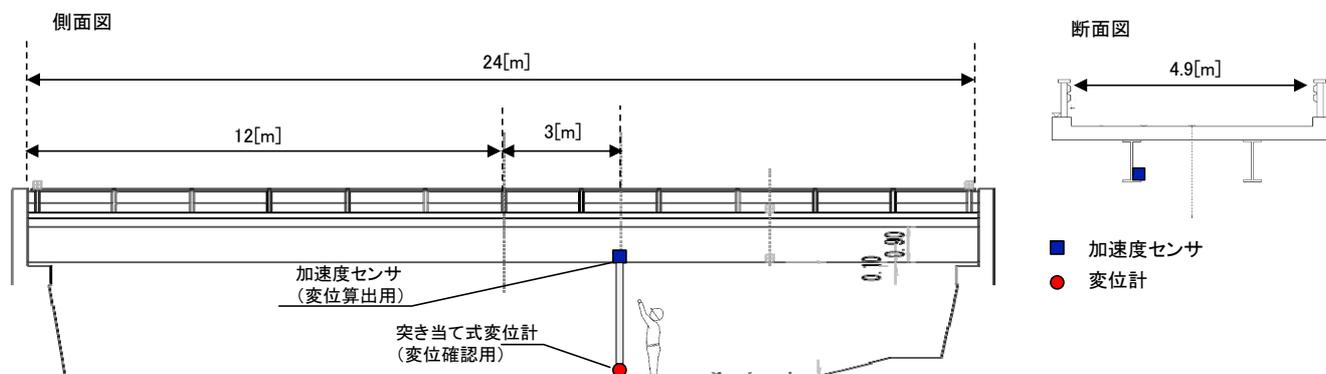


図 1 対象橋梁側面図、断面図および計測設置位置詳細

キーワード 構造ヘルスマニタリング、桁たわみ、使用限界、加速度計測、数値積分

連絡先 〒153-0051 東京都目黒区上目黒 3-30-8 (株)TTES TEL:03-5724-4011

す。対象橋梁は、1車線であり、支間長約24[m]、有効幅員4.9[m]の鋼単純H桁橋である。加速度センサは支間中央から約3[m]離れた主桁下フランジ上に設置した。また、加速度からの変位応答への算出精度の確認用として、同位置からロッドを地面まで伸ばし、その先端に突き当て式変位計を設置した。加速度センサと変位計は同じデータロガーに接続し、時刻同期を行っている。なお、データのサンプリング周波数は、100[Hz]とした。

試験車輛による走行試験では、図2のように、全重量約6.2[ton]の2軸ユニック車を試験車輛として、橋面上にて走行させ、その際の加速度および変位データを計測した。

### 5. 算出変位応答の誤差・精度評価

走行試験において、試験車輛通行に伴い発生する加速度から算出した変位(以下、加速度変位)および計測された変位(以下、計測変位)の計測結果および算出結果の例を図3に示す。計測変位と加速度変位で傾向が一致していることが確認できる。また、図4より、一般乗用車が通過した際に発生する微小な変位に対しても、加速度データから変位応答へと算出可能であることを確認した。

表1に各試験走行における加速度変位と計測変位を比較した結果を示す。最大変位値での算出誤差は各ケース0.1[mm]以内であり、また、算出精度(計測変位と加速度変位の誤差における標準偏差の3倍)については、0.5[mm]以内であると確認できた。以上の誤差・精度検証結果より、加速度データより算出した変位応答を利用し、使用限界を評価する際に十分な精度であることが確認できた。

### 6. まとめおよび今後の展望

橋梁の維持管理を最小限の費用で効率的に行う構造ヘルスマニタリングの開発として、車輛通行時の加速度データを用いた変位応答モニタリングに関する検討を行った。

- 1 計測点における加速度データより、車輛通行時発生する準静的な変位応答を全自動で算出する手法を検討した。
- 2 本検討において開発した手法を用いて、加速度データより算出した変位応答の精度は、変位の評価を行うには十分な精度であることを確認した。

加速度データを用いて、車輛通行荷重に対する変位応答を簡便に算出することが可能であることを確認した。今後は、本手法を多くの橋梁に適用

し、定期的に大量のデータを集約・分析することによって、橋梁の変位応答の経時的な変化および劣化との関係について明らかにしていきたい。それを目的に、本検討において開発された全自動変位算出アルゴリズムをAPIとして開発し、WEBサービスにて実装を試みている<sup>4)</sup>。

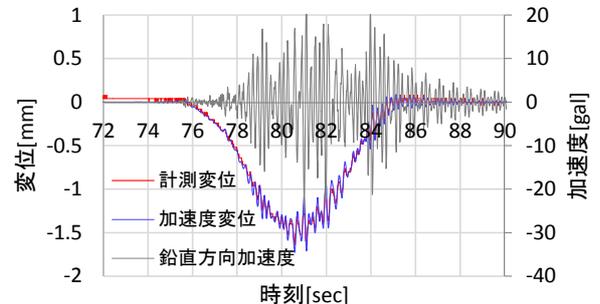


図3 算出した加速度変位と計測変位の比較(ユニック車)

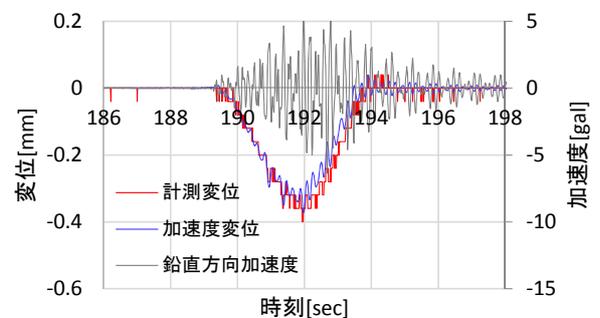


図4 算出した加速度変位と計測変位の比較(乗用車)

表1 算出した加速度変位と計測変位の比較・精度検証結果

Case	走行車輛	最大値		算出誤差 [mm]	算出精度 3σ [mm]
		計測変位 [mm]	加速度変位 [mm]		
1	ユニック車	1.60	1.64	0.04	0.20
2	ユニック車	1.68	1.62	0.06	0.24
3	ユニック車	1.64	1.74	0.10	0.25
4	ユニック車	1.76	1.75	0.01	0.30
5	ユニック車	1.52	1.52	0.00	0.29
6	ユニック車	1.56	1.58	0.02	0.42
7	ユニック車	1.68	1.71	0.03	0.34
8	ユニック車	1.80	1.90	0.10	0.22
9	ユニック車	1.64	1.73	0.09	0.10
10	ユニック車	1.72	1.77	0.05	0.20
11	ユニック車	1.72	1.79	0.07	0.19
12	乗用車	0.33	0.36	0.03	0.07
13	乗用車	0.29	0.32	0.03	0.08
14	乗用車	0.32	0.36	0.04	0.07

### 参考文献

- 1) 関屋ら:“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, 61-74, 2016.
- 2) 梅川ら:“Evaluation of Vehicular Induced Displacement by Using Wavelet Transformation from Wireless Acceleration Measurement”, IABSE Symposium Report, IABSE Workshop Helsinki 2015: Safety, Robustness and Condition Assessment of Structures.
- 3) 梅川ら:“加速度応答を用いた変位応答モニタリングに関する検討”, 土木学会西部支部沖繩会, 第6回技術研究発表会, 2017.
- 4) Infra Studio: <http://infra-studio.com/>