

路線バスからの振動計測による橋梁モニタリングシステムの開発

山口大学大学院 学生会員 ○礪田聡史
構造計画研究所 正社員 矢部明人
山口大学大学院 フェロー会員 宮本文穂

1. はじめに

我が国では地方自治体が管理する中小スパン橋梁の高齢化が進んでいる。本研究では路線バスに加速度センサを取り付け、橋梁通過時の振動情報からその橋梁の性能低下をより簡易的に検知するシステムの開発している。これにより、老朽構造物の安全性能が急激に低下する加速期後期から劣化期初期への移行を検知することを目指している(図-1)。本論文では路線バスのバネ下振動データを用いた橋梁の振動特性抽出に関する実験手法とその結果を示す。この結果を受け、宇部市交通局の協力を得て実現した実証実験の結果を紹介する。

2. バスのバネ下振動データを用いた橋梁の振動特性抽出に関する実証実験

(1) 実験概要

まず、路線バスのバネ下鉛直振動と対象橋梁の鉛直振動の相似について、実橋梁と貸切りバスを用いた検証実験を行った(図-2)。実験対象は一般的な大型路線バスの全長が約 10m 程度であることから支間 20m 程度の短スパン RC 単純桁橋とした。バスのバネ下と橋梁の径間中央に加速度センサを設置した。バスの走行速度は 30km/h と 40km/h についてそれぞれ 3 回ずつ計測した。

(2) 橋梁振動とバスのバネ下振動の比較

対象橋梁の桁中央及び路線バスの後輪バネ下応答加速度の時刻歴波形の例を図-3 に示す。図中には路線バスの後輪が桁中央を通過した時刻を「桁中央通過時」として示した。この時刻において、おおよそ相似的な振動が現れることが確認できた。したがって、バスの後輪バネ下の桁中央付近の加速度応答からその橋梁のたわみ・挙動を推定できると考えられる。

(3) 車両走行シミュレーションによる検証

対象橋梁の構造変状が路線バスのバネ下振動へ及ぼす影響を検討する場合、健全時と劣化後の振動を比較する必要がある。しかし、実橋梁においては劣化後の計測は困難であることから、本研究ではサブストラクチャー法による車両走行シミュレーションを用いて比較検討した。シミュレーションによる検討では、複数の路面凹凸条件の下で、健全時及び劣化期初期程度の変状¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を想定した橋梁モデルを 2 タイプ作成し、たわ

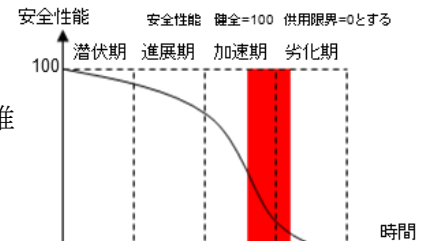


図-1 老朽化構造物の
変状急変リスクイメージ

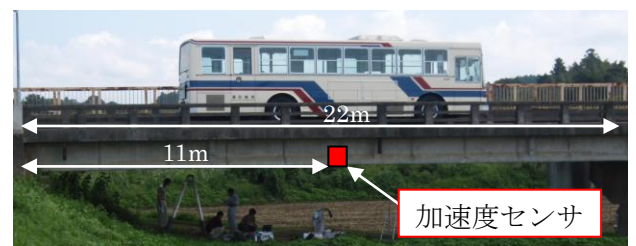


図-2 路線バスによる振動特性計測の様子

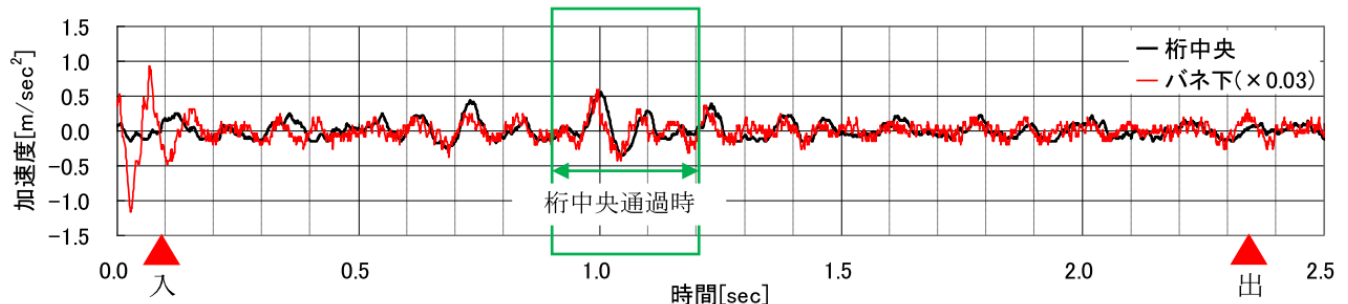


図-3 橋梁桁中央及び路線バスの後輪バネ下加速度応答の比較

表-1 たわみ特性値の平均値

速度 路面凹凸	健全 μa	劣化TypeA $\mu a'(A)$	劣化TypeB $\mu a'(B)$
30km/h VeryGood	-1.55	-2.17	-2.41
30km/h Good	-1.57	-2.19	-2.43
30km/h Average	-1.53	-2.15	-2.39
40km/h VeryGood	-1.56	-2.18	-2.42
40km/h Good	-1.6	-2.22	-2.46
40km/h Average	-1.54	-2.16	-2.4
平均	-1.56	-2.18	-2.42

TypeA: 全主桁下フランジ全領域にわたり剥離が生じた場合

TypeB: バス通過直下の主桁1本について、桁中央曲げ降伏が生じた場合

表-2 バネ下実測データから

算出したたわみ特性値

速度	健全		
30km/h	-0.4568	-0.5327	-0.4524
40km/h	-0.3078	-0.3793	-0.5495
平均	-0.4464		

表-3 バネ下実測データから算出

したたわみ特性値(宇部市橋梁 A)

2010/12/1①	2010/12/1②	2010/12/2①
-4.24	-2.53	-0.47
2010/12/2②	2010/12/21①	2010/12/21②
-3.94	-1.76	-1.77
たわみ特性値の平均		
-2.45		

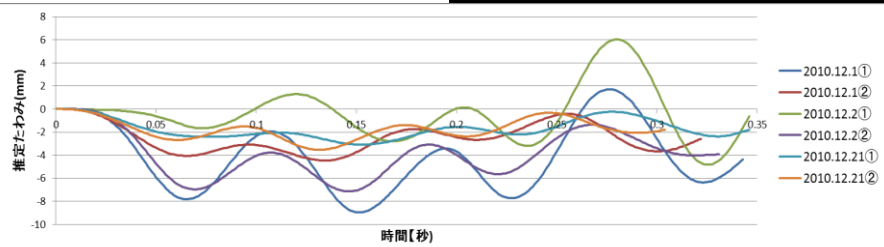


図-4 バネ下実測データより求めた推定たわみの例(橋梁 A)

み特性値⁵⁾と路面凹凸及び劣化の状態の関係について考察した。シミュレーションにより求めたたわみ特性値の平均値を表-1に示す。各状態におけるたわみ特性値の平均値のばらつきが小さいことから、路面凹凸や速度が異なる場合でも一定のたわみ特性値を求めることができるといえる。構造変状検知パラメータ($\alpha = \mu a' / \mu a$)²⁾は劣化 TypeA を想定する場合 $\alpha = 1.40$ 、TypeB を想定する場合 $\alpha = 1.55$ となる。

(4) 実測データからのたわみ特性値の算出

次に、バネ下実測データから算出したたわみ特性値を表-2に示す。この6回の計測の平均値-0.4464を健全時のたわみ特性値とする。シミュレーション結果による劣化 TypeA を1つの監視基準としたとき、たわみ特性値が-0.625mm($=0.4464 \times 1.40$)を下回った場合、何らかの構造変状が発生したと判断することができる。

3. 路線バスからの振動計測による橋梁モニタリング

以上の結果より、本手法の有効性が示され、昨年末より運行中の路線バスに加速度センサを設置し、宇部市の橋梁計8橋を対象として計測を行っている。対象橋梁通過時には天候、速度、乗車人数、対向車数などの運行条件を記録している。バネ下実測データから求めた宇部市の橋梁Aの推定たわみ及びたわみ特性値を図-4、表-3に示す。測定結果のばらつきが大きいことがわかる。これには、運行条件の違いが大きく影響していることが考えられる。

4. まとめ

本研究では路線バスを利用した新たな橋梁モニタリング手法の実証実験の結果を示し、評価方法を検討した。その結果、たわみ特性値の変化から橋梁の構造変状を検知できる可能性を示した。一方で、実測データから算出したたわみ特性値はばらつきが大きいことが確認された。これには運行条件の違いが大きく影響していると考えられる。今後は計測回数を増やし、運行の条件が結果に与える影響を整理してたわみ特性値のばらつきが小さくなるように検討する必要がある。

【謝辞】本研究では、貸切りバスを利用するなどして基礎実験を進めてきた。昨年末より運行中の路線バスによる実験の趣旨にご賛同いただいた、宇部市土木建築部 谷信幸氏、宇部市交通局 古谷信弘氏へ御礼申し上げます。

【参考文献】1)国土交通省：平成18年度国土交通白書<<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h18/index.html>>，2006。2)土木学会メンテナンス工学連合小委員会：社会基盤メンテナンス工学，東京大学出版，2004。3)Calgaro, J.A. and Lacroix, R.：橋の診断と補修，山海堂，2002。4)土木学会コンクリート委員会：2001年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]制定資料，2001.1。5)路線バスを利用した中小橋梁の変状検知システム，インフラ維持管理の最新技術セミナー，構造計画研究所，2010.11.22。