

# 路線バスによる中小橋梁モニタリングにおけるたわみ特性値の算出方法と健全度評価

山口大学大学院 学生会員 ○永田雅大 山口大学大学院 学生会員 磯田聡史  
 構造計画研究所 正会員 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

我が国では現在、橋梁の高齢化が進んでいるため、定期的に点検を行い、損傷を早期発見することが重要となる。本研究室では、路線バスの後輪バネ下に加速度センサを取り付け、橋梁を通過する時の振動情報からその橋梁の性能低下を検知するシステムの開発を進めている<sup>1)</sup>。これにより、老朽化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の検知を目指している。本研究では、宇部市交通局の協力のもとで実施した実証実験の結果について述べる。

## 2. 宇部市実証実験について

実際に運行している路線バスに加速度を設置し、実証実験を行った。その中で、特に各運行条件(天候, 対向車数, 速度, 乗客数)のたわみ特性値への影響を検証することを旨論んだ。実施期間は2010

表-1 蛇瀬橋のデータ

橋梁名	架設年	上部工形式			支間長(m)	橋長(m)
		径間番号				
ジャセパン 蛇瀬橋	1976年	1	PC床版橋-プレテン床版	18.0	85.0	
		2	PC床版橋-プレテン床版	16.0		
		3	PC床版橋-プレテン床版	18.0		
		4	PC床版橋-プレテン床版	14.0		
		5	PC床版橋-プレテン床版	19.0		

年12月から2011年11月の約1年間で、合計39日計測を行った<sup>2)</sup>。本論文では宇部市が管理している8橋のうち、PCプレテンション橋の蛇瀬橋を対象としてとりまとめた。蛇瀬橋の架設年などの諸元データを表-1にまとめて示す。また、蛇瀬橋の写真を図-1、使用した路線バスを図-2にそれぞれ示す。



図-1 蛇瀬橋



図-2 使用した路線バス

## 3. 実験結果

### (1) たわみ特性値の算出方法

路線バスが中小橋梁を通過した際の橋梁および路線バスバネ下の時々刻々のたわみの鉛直変位 $\delta_a(t)$ は、橋梁の剛性とバスの車両重量に依存する静的変位 $\delta_{sa}(t)$ の他、路面凹凸に起因し、平均値0のランダムガウス過程という統計的性質を持つ非定常振動成分、橋梁や車両といった運動方程式に支配される振動成分、運行条件の違いやデータ抽出処理方法の違いによる外乱因子 $\delta_x(t)$ の和として式(1)のように表すことができる。

$$\delta_a(t) = \delta_{sa}(t) + S_r(\Omega, t) + \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) \cdot e^{2\pi f t} df + \delta_x(t) \quad (1)$$

$S_r(\Omega, t)$ : 路面凹凸の密度関数  $\Omega$ : 路面空間周波数  $X(f)$ : フーリエ係数

本研究では外乱因子 $\delta_x(t)$ が何らかの統計的性質を有すると仮定し中心極限定理を利用してサンプル数Nを増やすことにより変状の有無の判定に影響しない程度にたわみ特性値が収束するか検討した。

本手法では、橋梁の構造変状を観測していく必要があるため、移動平均法でたわみ特性値を整理することにした。データ区間すなわちサンプル数Nを変化させた時のたわみ特性値の標準偏差を図-3に示す。

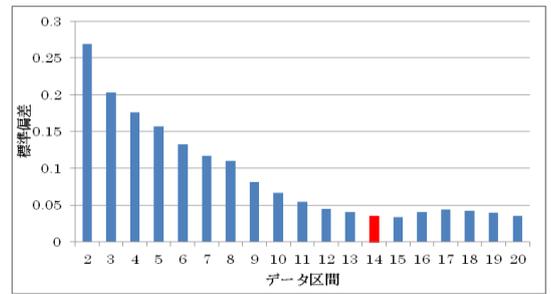


図-3 データ区間の違いによる標準偏差

データ区間を大きくするにつれ、たわみ特性値のばらつきは小さくなるが、ある程度のデータ区間を超えるとそれ以降は標準偏差に大きく変化が見られなくなる。したがって、様々な運行条件を含むたわみ特性値について、前述した中心極限定理が成り立っているといえる。今回はデータ区間を14として、たわみ特性値の推移を表すことにした。

(2)劣化判定基準の決定

本手法では、対象橋梁は現段階において、健全な状態に保たれているものとし、たわみ特性値  $\mu_a$ <sup>1)</sup>を求める。さらに、有限要素法の一つであるサブストラクチャー法を用いた走行振動シミュレーションにより、劣化状態におけるたわみ特性値  $\mu_a'$ を求める。この時の変化率  $\alpha$ を構造変状検知パラメータ<sup>1)</sup>として算出する。本研究では、構造変状として対象橋梁がPC橋梁であることに着目し、プレストレス力の低下を想定した<sup>3)</sup>。その結果、プレストレス力が50%低下するような損傷を生じた場合、たわみ特性値が1.96倍、90%低下するような損傷を生じた場合、たわみ特性値が1.96倍となることが分かった。これを参考にして、劣化判定基準を設けた(図-4)。継続的にたわみ特性値を計測していき、たわみ特性値が劣化判定基準に達した時点で橋梁に何らかの重大な構造変状が生じたと判断し、早期点検を行うこととする。また、現段階で対象橋梁が判定基準に対してどの程度劣化が進行しているのかを点検必要度として算出した(表-2)。点検必要度が100%に達する場合、図-4でたわみ特性値が劣化Type1の判定ラインに達するのと同じことを意味する。この点検必要度は、橋梁点検の優先順位決定に役立つことも期待できる。

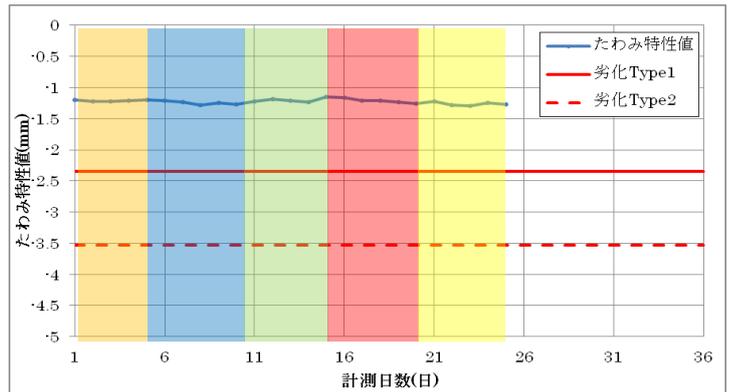


図-4 たわみ特性値の推移及び判定基準(蛇瀬橋 小→近)

表-2 蛇瀬橋の点検必要度

	点検必要度(%)				
	径間A	径間B	径間C	径間D	径間E
小→近	5	11	10	10	10
近→小	11	15	17	17	15

$$\text{点検必要度(}\%) = \frac{|\text{たわみ特性値の平均値} - \text{過去のたわみ特性値の最低値}|}{|\text{たわみ特性値の平均値} - \text{判定基準}|} \times 100 \quad (2)$$

4. まとめ

- 1)たわみ特性値の算出結果について、移動平均法を用いてデータのばらつきを軽減させた。おおよそ14個のたわみ特性値の平均値をとることによって、真の中央値に収束することがわかった。
- 2)走行振動シミュレーションを行い、たわみ特性値の変化における劣化判定基準を設けた。さらに、橋梁点検の優先順位を決めるために、点検必要度を算出した。

参考文献

- 1)矢部明人, 磯田聡史, 宮本文穂: たわみ特性値を利用した既存橋梁の変状検知手法の開発-解析的検討-, I-275, 2011.9.
- 2)宇部市: 世界初の橋梁モニタリングシステム実証実験について  
([http://www.city.ube.yamaguchi.jp/houdou/kigyuu\\_koutsuu/h22/monitoring.html](http://www.city.ube.yamaguchi.jp/houdou/kigyuu_koutsuu/h22/monitoring.html)).
- 3)国交省 国土技術政策総合研究所, (社) プレストレストコンクリート建設業協会: PC 道路橋の健全度評価の高度化に関する共同研究4章, ISSN1346-7328, 国総研資料, 第613号, 2010.10.