路線バスを用いた中小橋梁モニタリングシステムの計測条件感度と長期計測結果の検討

山口大学　学生会員　○田中英哲　山口大学　学生会員　永田雅大
山口大学　正会員　江本久雄　山口大学　フェロー会員　宮本文穂

1. はじめに

我が国では現在，高度経済成長期に建設された多くの橋梁が高齢化を迎えている．そのため，定期的に点検を行い，損傷を早期発見し，適切な維持管理を行うことが重要となる．本研究室では，バスの後輪バネ下に加速度センサを設置し，橋梁を通過する際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おり（以下，バスモニタリングシステム）[1]，**図-1** に示すような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．

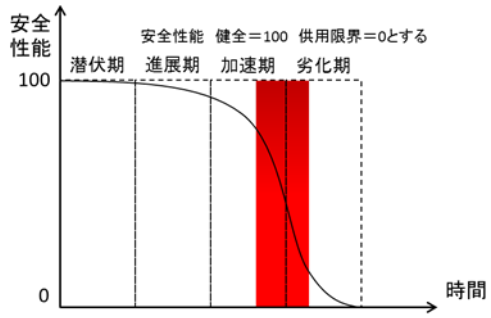

図-1　老朽化構造物の安全性能の経時変化の概念

2. 路線バスを用いた橋梁モニタリングシステムの概要

本システムは，路線バスの後輪バネ下に加速度センサを設置し，対象区間の橋梁を定期的に計測し，加速度データを収集する．次に，収集した加速度データからたわみ特性値[2]を算出する（**図-2**）．その結果を時系列で観察し，たわみ特性値の急激な低下または解析によって計算した判定ラインにたわみ特性値が達した時点で，早急に対策を実施するという手順である．また，たわみ特性値は移動平均法による 15 回分のデータの平均値を用いることで運行条件による外乱因子の影響をなくすような結果を示すことが既往の研究で判明している[2]．

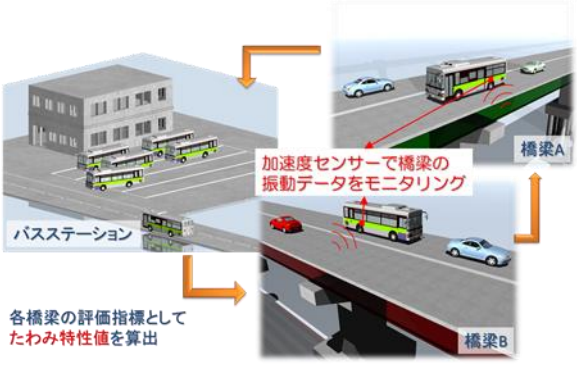

図-2　本システムの概要

3. 宇部市実証実験における長期計測結果

本システムにおける長期的な計測として宇部市実証実験を行っている．宇部市内で実際に運行中の路線バスを利用した実証実験であり，2010 年 12 月から現在まで約 3 年間に亘って実施している．本実験では運行条件による外乱因子の影響を調べるとともに，長期的な計測によるたわみ特性値の変化を観察することを目的としている．

図-3　バスの外観と加速度センサ設置状況

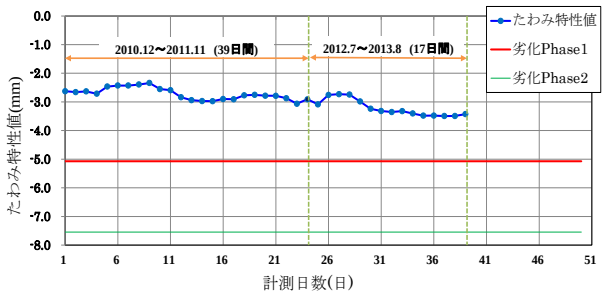

図-4　たわみ特性値の推移(新権代橋)

3. 1. 実験概要

本実験は，実運行中の路線バスの後輪バネ下部分に加速度センサを設置し，橋梁通過時の加速度応答からその橋梁のたわみを推定した．**図-3** にバスの外観，加速度センサ設置状況を示す．本研究での対象橋梁は一例として，路線バスルート上の，宇部市が管理している橋梁の 1 つである「新権代橋」とした．実験は，2010 年 12 月から 2013 年 8 月まで行っており，今後も定期的に長期計測を行っていく予定である．計測回数は 2010 年 12 月～2011 年 11 月の期間に 39 日間，2012 年 7 月～2013 年 8 月の期間に 17 日間の計 56 日間である．

キーワード　路線バス，加速度センサ，老朽化構造物，たわみ特性値，長期計測，人工的損傷
連絡先　〒755-8611　山口県宇部市常盤台 2-16-1　山口大学大学院　社会基盤メインテナンス工学研究室　TEL0836-85-9530

3．2．実験結果

図-4 に 2010 年～2013 年までの 58 日間の計測データより求めた，「新権代橋」復路のたわみ特性値の経時推移を示す．図-4 はデータ区間 15 回分のデータを移動平均法で表したものであり，たわみ特性値の 1 つの点が 15 回分の平均値を表している．また，走行振動シミュレーション [3]によって劣化判定基準の策定を行っており，赤い線で示している．たわみ特性値の推移において，たわみ特性値の最低値が少し低下していることが分かる．しかし，急激な変化は見られず，しかも劣化判定基準にも達していないため，重大な損傷は生じていないと考えられる．

4．人工的な損傷導入がたわみ特性値に与える影響

本システムにおけるたわみ特性値の感度を調べるため，撤去橋梁を用い，人工的損傷（高欄撤去）がたわみ特性値に与える影響についての検討を行った．

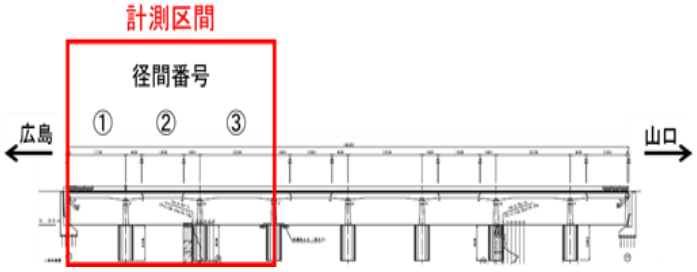

図-5　対象橋梁の一般図

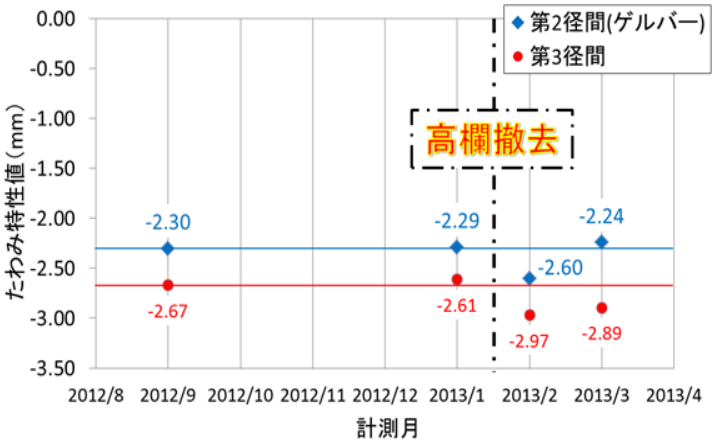

図-6　高欄撤去によるたわみ特性値の変化

4．1．　実験概要

本実験では，重量約 15t の観光バスに加速度センサを設置し，架け替えのために撤去される橋梁を対象として実施した．対象橋梁は，図-5 に示すような国交省管轄の橋長 168.29m，8 径間，ゲルバーRC-T 桁橋である．計測は季節の変化，高欄の有無等を考慮して，それぞれ 2012 年の 9 月，2013 年の 1 月，2 月，3 月の計 4 回実施した．

4．2．　実験結果

計 4 回の計測結果から算出した 15 回分のたわみ特性値の平均値を図-6 に示す．図-6 より，コンクリート製高欄の撤去は第 2 回計測と第 3 回計測の間に行われており，高欄撤去前後のたわみ特性値を比較する．解析によって得られた，高覧撤去による橋全体の曲げ剛性の低下は 5%程度であった．まず，第 3 径間について，高欄撤去後の 2 つのたわみ特性値（-2.97，-2.89）は撤去前のたわみ特性値（-2.67，-2.61）に比べ，約 1 割低下している．これは，橋全体の曲げ剛性の低下がたわみ特性値に影響を与えたためである．しかし，ゲルバー構造を含む第 2 径間では，第 4 回計測のたわみ特性値（-2.24）は高欄撤去前のたわみ特性値より大きな値となっている．これは第 2 径間がゲルバー構造を含む径間であり，ゲルバー構造がたわみ特性値に何らかの影響があると考えられる．よって，ゲルバー構造について検討を続けていく必要がある．

5．まとめ

1)長期的な計測として，実際に運行中のバスを使用して約 3 年に亘って実証実験を行った．長期的な計測によってたわみ特性値の推移を観察したが，急激な変化は見られず，今後も長期にわたって計測を継続していく必要があると考えられる．

2)撤去橋梁を用いた実証実験では，人工的損傷（高欄撤去）によるたわみ特性値への影響に関する検討を行った．第 3 径間の結果より，橋全体の曲げ剛性の低下に対して，たわみ特性値は十分な感度であったと言える．しかし，ゲルバー構造を含む第 2 径間では，たわみ特性値への影響は見られず，今後も検討していく必要がある．

参考文献

1) 矢部明人，礒田聡史，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-，土木学会第 66 回年次学術講演会，I-275，2011.9.　2) 矢部明人，礒田聡史，永田雅大，宮本文穂：路線バスを利用した中小橋梁モニタリングシステムの実証実験，土木学会第 67 回年次学術講演会，pp.463-464，VI-232，2012.9.　3) 矢部明人：サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物の動的相互作用解析手法の開発，土木学会第 61 回年次学術講演会，pp.845-846，2006.9.