

移動走行荷重による振動モニタリングを活用した既存橋梁の健全度評価に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○友廣 郁也 山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩  
 山口大学大学院 学生会員 内藤 慎也

1. はじめに

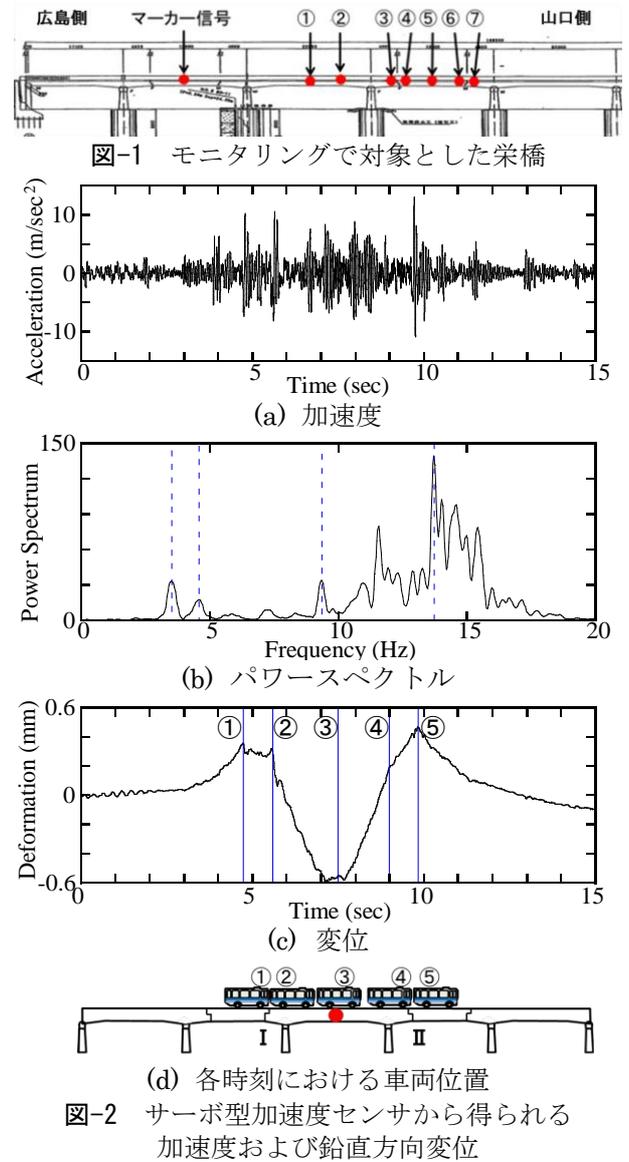
日本では高度経済成長期に多くの橋梁が建設され、橋梁構造物の維持管理が重要であるとされているが、橋梁構造物の検査・診断は、目視検査や打音検査のような特殊技能を要し、手間とコストがかかり対応が追いついていない。橋梁構造物の振動をモニタリングすることで構造物や構造部材の性能を評価する取り組みがなされてきた。しかし、橋梁振動を解析で再現することが難しいため、健全時に比べてどの程度劣化しているのか分からない。本研究では、振動モニタリングを行い、橋桁の固有振動数とたわみを解析で再現することで、剛性低下の程度同定を行った。

2. 振動モニタリングの橋梁選定の概要

本研究では、構造部材の劣化を有する既存の橋梁を対象に、移動走行荷重を用いた振動実験を実施した。図-1には対象橋梁を示すが、山口県玖珂郡和木町と広島県大竹市を結ぶ、国道二号線の小瀬川の河口付近に架橋された栄橋(1941年竣工)である。橋長168.29m、幅員11mの8径間連続高架橋で、5主桁を有するRCT形式の上部構造を7基のラーメン橋脚で支持している。第2、第4および第6径間にはゲルバー桁が配置されている。ゲルバー橋は、軟弱地盤に建設されている構造物として多数建設された経緯がある。現在でも我が国にも相当数の橋梁が存在するが、ゲルバーヒンジ部には雨水が浸入しやすく、ヒンジ部付近で損傷・劣化が発生しやすく、維持管理の対象となる橋梁も多い。また、連続高架橋であるため、橋梁支点部では負曲げが発生するため、桁中央だけでなく支点部での損傷にも着目する必要がある。本橋は、社会的な要望に応じて架け替え、撤去が決定したため、移動走行荷重を用いたモニタリングによる構造物の健全度評価研究の対象に選定した。

3. 橋梁上で計測した桁のたわみと損傷位置および損傷レベルの推定

本実験では橋梁の固有振動数及びバスが走行するこ



とによって生じる橋梁の変位を確認するために橋梁上で加速度の計測を行った。図-1には加速度センサの測定位置を示したが、橋梁の広島側にはスロープが設けられており、バスの振動が橋梁に衝撃を与えるため橋梁中央付近にサーボ型加速度センサを設置した。

バスが橋梁上を山口側から広島側へ走行した際に計測位置①で計測した加速度センサから得られた鉛直方向加速度を図-2(a)に、加速度のパワースペクトルを同図(b)に示す。3.55Hzから13.76Hz付近において卓越

キーワード：橋梁振動，振動モニタリング，維持管理，撤去橋梁

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学 工学部 社会建設工学 TEL 0836-85-9302

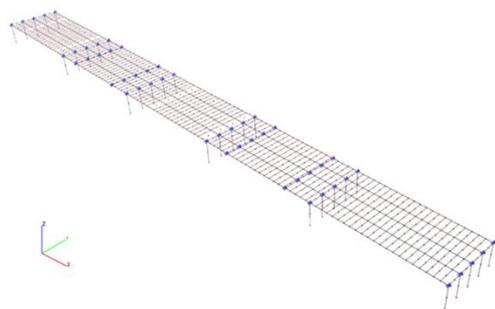


図-3 解析で用いる橋梁モデル

表-1 橋梁の鉛直方向振動における固有振動数

モード	実験値 (Hz)	解析値 (Hz)	
		健全時	30%剛性低下時
鉛直 1 次	3.55	4.10	3.52
鉛直 2 次		4.54	
鉛直 3 次	4.60	4.85	4.23
鉛直 4 次	9.40	9.51	9.68
鉛直 5 次		11.5	

表-2 損傷位置の違いによって変わる固有振動数

モード	実験値 (Hz)	解析値 (Hz)	
		1/4 区間を健全としたケース	1/2 区間を健全としたケース
鉛直 1 次	3.55	3.61	3.72
鉛直 3 次	4.60	4.31	4.49
鉛直 4 次	9.40	9.44	9.79

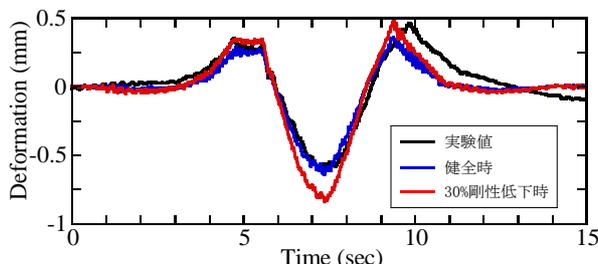


図-4 剛性を一様に 30%低下させたときの橋梁中央部の変位

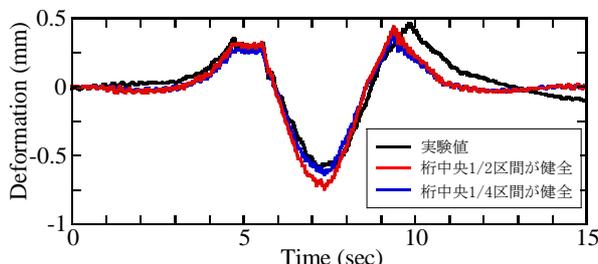


図-5 橋梁中央部を健全としたときの橋梁中央部の変位

する振動数成分が観測された。別途実施している車両の振動実験から 13.76Hz が車両の固有振動数であることが分かっているため、3.55Hz、4.60Hz、9.40Hz が

橋梁固有の振動数であることが分かる。また、図-2 (b) には、加速度応答を 2 階積分し、0.1Hz のハイパスフィルターで補正を行って算出した鉛直方向変位を示す。時刻 5 秒から 10 秒にかけて逆メキシカンハット型の特徴的な変位となっている。同図 (d) にはこの時間帯の車両の位置を示すが、径間の中央位置での桁の変形挙動と観測された鉛直変位の正負や特徴が整合していることが分かる。

#### 4. 走行シミュレーションによる損傷位置および損傷レベルの同定

実験結果の再現解析を行うことで、本橋の劣化損傷度の評価を試みる。本橋を実験で加速度を測定した周辺の 5 径間を対象に、はり要素を用いて図-3 に示す解析モデルを作成し、車両走行時の振動解析を行った。なお、建設当時の設計で想定した状態を健全時と考え、主桁を表す梁要素に与える曲げ剛性は、構造諸元とコンクリートの設計強度から算出した。

健全時を想定した解析モデルを用いた場合の橋梁の固有振動数を表-1 に、桁中央位置での桁の鉛直方向変位の時刻歴応答を示す。実験結果と比較して 1 次固有振動数が 15%程度高くなっていることから、設計で期待したレベルよりも曲げ剛性が低下していると判断される。30%程度剛性を低下させて解析を行うと固有振動数の一致度は改善されるが、逆に図-4 に示した様に桁のたわみ（橋梁中央部での変位）が 40%程度大きくなってしまふ。このことから、橋桁が一樣に損傷を受けているのではなく、部分的に損傷が発生、剛性低下が生じたと考えられる。本橋は不静定構造であり、中央径間については、支点部で死荷重による曲げモーメントが卓越する。支点部で桁が損傷していると想定し、損傷部位を支点部に集中（健全な区間を長く）して行くと、表-1 に示したように固有振動数は実験結果より高くなり最大 5%程度誤差を生じるが、図-5 に示す様に、橋梁中央部でのたわみが実験結果に近づき、誤差は 6.7%にまで低減し良好な一致度となる。

#### 5. まとめ

本研究では、移動走行荷重による振動モニタリングを活用した既存橋梁の健全度評価を行った。多径間連続橋を対象とした振動モニタリングの場合においても、モニタリングによる振動数および桁のたわみ測定と再現解析を行うことで、桁の損傷レベルと損傷部位がある程度のレベルで評価可能であることが分かった。