

移動走行荷重を用いたモニタリングによる橋梁の損傷評価に関する基礎的研究

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
構造計画研究所	正会員	矢部 明人

1. はじめに

現在、全国には橋長 15m 以上の橋梁に限っても 15 万橋もの橋梁が建設されている。そのうちの 4 万橋が建設から 50 年が経過しようとしているため、それらの橋梁に関しては維持管理が急務である。逼迫する財政状況と国民の公共事業投資への厳しい監視の目もあり、財源の確保が難しい状況にある。財源の確保を始めとした制約条件の中で効率よく維持管理を行うためには、予防保全による橋梁の長寿命化を図ることが求められている。本研究では移動走行荷重を用いた構造解析による損傷検知手法の開発に関する基礎的研究を行う。

2. 解析対象橋梁の概要

対象構造物は、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を対象とした。栄橋の側面図を図-1に示す。上部構造は上下2車線の5主桁を有するRCT桁橋であり、合計7基のラーメン橋脚によって支持されている。なお、中間部には複数のゲルバーヒンジ構造を有している。ゲルバーを用いた橋梁は止水対策が行われていても、施工不良等によってヒンジ部から水が浸入し、損傷・劣化が進展するために、維持管理の対象となる事が多い。また、2006年にカナダのデラコンコルド橋がゲルバーヒンジ部の損傷によって掛け違い部から上部構造が崩落し、落橋したという被害事例もあることから、複数のゲルバーヒンジを有する栄橋を対象構造物に選定した。栄橋は図-1に示したように8径間連続の高架橋であるが対称性を有していることから、中央部の三径間だけ取り出し図-2に示すようにはり要素でモデル化した。部材の剛性については設計時の断面諸元を参考に算出している。

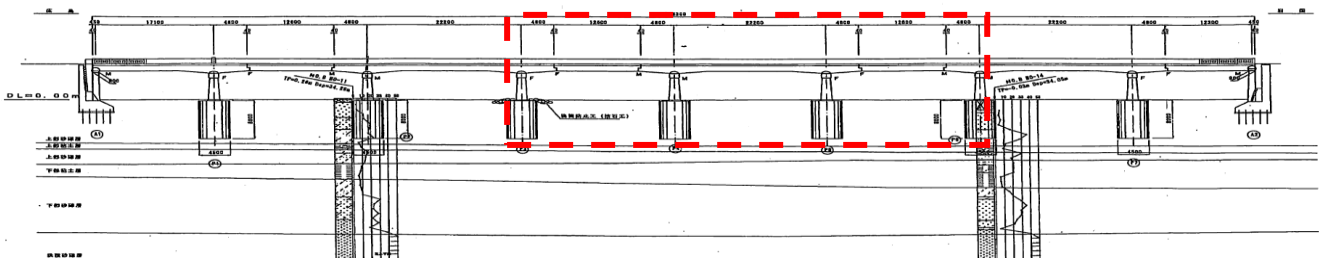


図-1 栄橋側面図

3. 移動走行荷重による桁のたわみの評価

本研究では橋梁の損傷位置を把握することを目的に実橋梁構造物を対象にして、車輛走行実験の再現解析を行った。移動走行荷重による振動解析においては構造物と車輛の相互作用を考慮することのできる構造解析ソフト DALIA((株)構造計画研究所)を用いた。図-3には車両が時速 18km で上部構造上を走行する際の、車軸位置での車輛の鉛直方向加速度を示すが、高い振動数成分の応答が見られる以外には目立った特徴はない。この加速度を時間に関

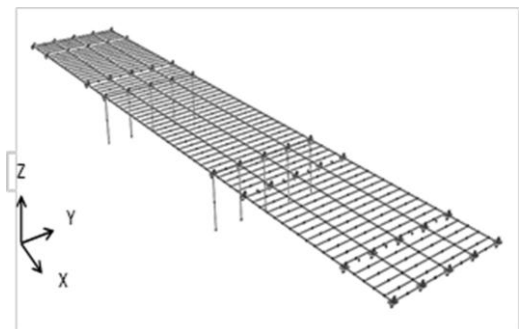


図-2 解析モデル

して二階積分したものが図-4に示す鉛直方向の変位である。タイヤの変形が小さくないと仮定すると、車軸位置での鉛直方向変位は上部構造の鉛直方向変位と等しくなる。車輛が第1径間ヒンジ部、第2径間中央および第3径間のヒンジ部をそれぞれ通過する際に桁のたわみが大きくなるため、それぞれ 3.48 秒、6.66 秒および 9.84 秒において上部構造の鉛直方向変位が極小となる。ただし、ここで求められる鉛直方向変位には路

キーワード：維持管理・移動走行荷重・モニタリング・橋梁構造物・上部構造・たわみ

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学 工学部 社会建設工学科 TEL 0836-21-9302

面の凹凸による車輛の振動成分が含まれるために、鉛直方向変位は滑らかな曲線とはならない。実験では車輛が橋梁に進入する際の初期条件の違いにより、毎回異なる鉛直方向変位が得られるが、試行回数が増加するにつれてこの鉛直方向変位の平均は徐々に収束し（中央極限定理）、図-4 に示した車輛の振動が除去された滑らかな鉛直方向変位が得られる。解析では路面の凹凸の条件を変える事でこれを再現した。なお、ここで得られる上部構造の鉛直方向変位は車輛の重量を任意の位置に載荷した場合の桁のたわみである。

4. 車輛再現解析による損傷位置の同定

梁橋の損傷状況を把握するために 3 章で詳述した移動走行荷重による載荷実験が予定されているが、実験のブラインド解析も兼ねて再現解析を行った。

実際の構造部材には、何らかの損傷および劣化が存在する。鉄筋コンクリート部材の損傷および劣化は、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋の露出および腐食、コアコンクリートの剥離等によって進展し、剛性低下や塑性変形の増大に影響を及ぼす。ここでは、部材の損傷を剛性の低下としてモデル化した。ある程度損傷および劣化が進展すると、弾性領域内であっても剛性が著しく低下することがある。既往の研究を参考に剛性を初期剛性の 1/3 に低減させた。損傷位置の違いが桁のたわみに与える影響を評価し、損傷位置の特定化が可能かどうかを検討するために、第 2 径間中央部および第 1 径間のヒンジ部に損傷を仮定した場合について解析を行った。なお、損傷を仮定する部材は桁中央点およびヒンジを挟む 2 部材 (2m 区間) とした。

図-5 には損傷位置の違いを考慮した場合の、任意の位置における上部構造の鉛直方向変位（たわみ）を示す。損傷部位が限定的であるために、第 2 径間中央部に損傷を設けた場合には健全時とのたわみに若干の違いが見られるが、その差はあまり小さくなく、第 1 径間ヒンジ部に損傷を設けた場合にはほとんど差が見られない。このため、損傷の有無による影響を分かりやすくするために、健全時の桁のたわみとの差分を取ると図-6 に示すようになる。第 2 径間中央部に損傷を設けた場合には、図-6 の (a) に示したように、車輛が第 2 径間中央部に到達する際に桁のたわみの差分が最大となる。一方、第 1 径間ヒンジ部に損傷を設けた場合には同図の (b) に示したように、車輛がヒンジ部に達する際に桁のたわみの健全時からの差分が最大となっている。以上の事から、健全時のたわみと比較することによって、損傷位置・損傷部材の特定が可能であることが分かる。

5. 結論

- 1) 上部構造上を走行する車輛で観測される加速度を二階積分することで任意の位置での桁のたわみが求まる。また複数回の走行試験を行う事で車輛自体の振動を取り除いた桁のたわみを得る事ができる。
- 2) 健全時の桁のたわみとの差分を評価指標とすることで損傷位置の特定化が可能であることが示唆された。

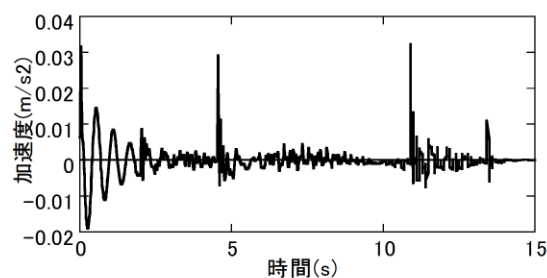


図-3 路面状態が良好な場合の桁の加速度

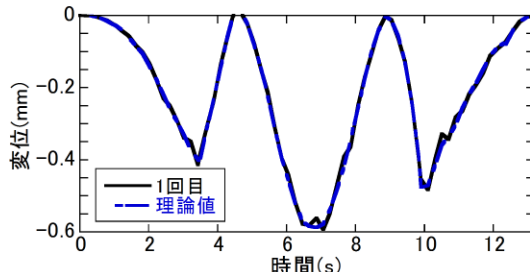


図-4 走行車両により検知した桁のたわみ

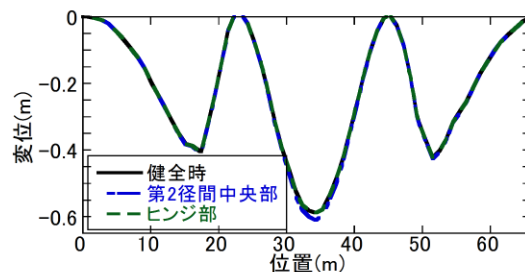
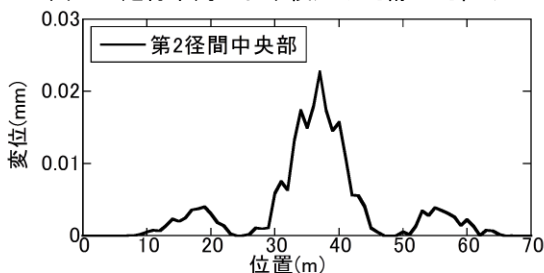
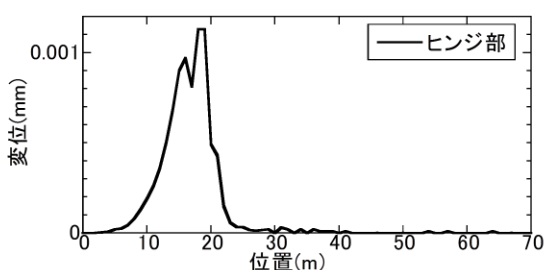


図-5 走行車両により検知した桁のたわみ



(a) 第二径間中央部の桁たわみの差分



(b) ヒンジ部での桁のたわみの差分

図-6 上部構造に損傷がある場合の桁のたわみ