

供用から7年経過した橋梁の振動特性の変化に関する研究

Study on changes of the vibration characteristics of the bridge used for seven years

北見工業大学 正員 三上修一(Shuichi Mikami)
北見工業大学 正員 山崎智之(Tomoyuki Yamazaki)

北見工業大学 学生員 高木善之(Yoshiyuki Takagi)
北見工業大学 正員 坪田 豊(Yutaka Tsubota)
北見工業大学 フェロー 大島俊之(Toshiyuki Oshima)

1 まえがき

我が国の既設橋は2020年以降、老朽橋梁が急激に増加することから維持管理の重要性が注目されている。維持管理の効率的な実施のために橋梁などの構造物は損傷や劣化によって振動特性が変化を精度良く測定する手法の開発や常時微動によるモニタリングなどによって老朽橋の適切な補修を実施して橋梁の長寿命化に関する研究が報告されている¹⁻³⁾。著者らは、これまで橋梁の健全度モニタリングを目的に振動試験を実施している⁴⁾。健全な状態から損傷が進行する段階でどのように振動特性が変化するかを経年的にモニタリングすることは重要と考える。本論文では供用から7年経過した橋梁の損傷状態を調査し、その損傷状態と振動特性の変化について報告する。

2 計測概要

2.1 実験橋梁概要

本実験で対象とした橋梁は道道北見環状線東陵大橋である。本橋の構造形式は図1、図2に示すような3径間連続鋼板桁橋で橋長80.5m(1径間26.5m)総幅員18.8m(車道幅員11m)、縦断勾配4.2%の7主桁直線橋である。支点は反力分散型のゴム支承を用いている。この橋梁は、平成10年11月より供用が開始された。供用開始から1年後の平成11年11月に、本橋の維持管理のためのモニタリングを目的に振動実験を実施している。今回の実験はこの実験から6年後の劣化状況を目視による損傷点検と振動性状の変化を調査・実験した。

2.2 平成11年の実験概要

この実験では、本橋の初期データを得ることを目的として実施した。実験は平成11年11月に行われている。測定項目はG4桁及び床版張出部の各支間中央に設置した加速度計と変位計による応答とした。実験項目は、実験中の一般走行車両の制限をして、トラック(3軸車)を走行させて実験を行った。実験項目としてトラックと普通乗用車の併走、すれ違いの実験をして、走行時の加速度波形の比較を行っている。橋梁のA1とA2の両側に

赤外線センサを設置して進入車両をチェックして波形を自動的に測定するシステムを用いて24時間連続測定を行った。

2.3 目視点検による劣化状況

供用開始から7年経過した本橋に対して、平成17年6月7日に目視点検を実施した。本橋はG4とG5主桁の間に点検路が設置されているため、この部分だけは床版下面を近接目視で点検できる。この結果、床版下面には最大0.07mmから0.05mmのひび割れが発生しており、ひび割れ間隔は50cm以下の所も存在していることが分かった。また4%の縦断勾配の下り側(A1側)には主桁上フランジ付近から発生したひび割れから遊離石灰が発生している箇所があった。さらに、A1側の伸縮装置付近に遊離石灰が発達する様子が見られ、下り側の支点付近に腐食損傷が見られた。この他の損傷としては、支点付近の連結部に路面からの漏水による腐食が一部発生している。また南側に面した外桁の塗装が紫外線による劣化が顕著に表れている。A1橋台の支点付近では、大型車が伸縮装置を通過する度に段差音が発生している。

2.4 自動車交通量の状況

自動車交通量は、平成11年調査時点では、1日交通量が約1000台あり、大型車混入率は約30%であった。この間、国道39号線のバイパス道路としての整備が進み現在約2倍の交通量に増加している。現在の大型車交通量は約500台/日と推定される。

2.5 振動実験概要(平成17年)

振動実験は11月13、14日の2日間に渡って行った。橋梁には、図1、2のような加速度計を設置した。設置位置は点検路近くのG4主桁の各径間の中央点である。この橋梁は縦断勾配が4%あり水平方向の振動モードも考えられることや、事前の目視点検で床版ひび割れが発生していることから損傷の比較的大きなA1側の加速度計として3軸型を用いることにした。また床版にも加速度計を設置して床版の劣化による加速度応答の変化を測定する項目を追加している。

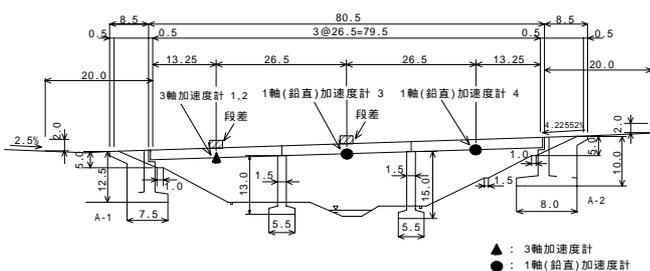


図1 東陵大橋側面図

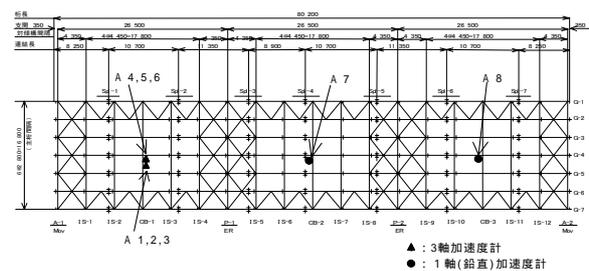


図2 東陵大橋骨組図とセンサ配置図

走行試験には車体重量 20t (前輪 5t, 後輪 15t) の 3 軸トラックを用いた。大型トラックによる走行試験は朝 4 時から 6 時までの一般車両の少ない時間帯に、一般車両の走行を制限して実施した。トラックの走行速度を 50km/h と一定速度で走行させてこの時の橋梁の振動を測定した。走行状態は、図 1 に示すように走行路面上に 25mm×100mm 断面の板を段差として路面上に 2 力所設けて走行する段差走行試験 (以下、上りを US, 下りを DS と呼ぶ) と、段差のない通常走行試験 (以下、上りを UF, 下りを DF と呼ぶ) の 2 種類を行った。

3 有限要素法による橋梁の振動特性解析

本橋の振動特性を検討するために、汎用非線形有限要素プログラム Marc を用いて解析を行った。モデルは厚肉シェル要素を用い要素数 2001 要素、節点数 1841 節点とした。解析では支持条件を弾性支点として解析を行い、固有振動数と固有モードを用いて実験結果との比較を行うことにする。解析結果を表 1 に示す。表中の固定は各支点を単純支持した場合である。

4 振動実験結果

解析は通常走行試験と段差走行試験のそれぞれ 6 回の実験結果を用いて、フーリエスペクトル解析を行い振動特性について検討した。また、フーリエスペクトルから得られた卓越周波数に着目してバンドパスフィルターを通して非線形最小 2 乗法による曲線適合を行って減衰定数を計算し、減衰特性についても検討した。これらの実験から得られた振動特性と平成 11 年度に実施した実験結果と比較する。

表 2 は加速度計の鉛直方向のセンサ A3,A6,A7,A8 の解析結果を 1 次卓越振動数と減衰定数の平均値としてまとめたものである。これによると 1 次卓越振動数はどのセンサも約 4.1Hz 付近にあり、減衰定数は 0.0075 から 0.012 になった。この卓越振動数は数値解析の結果より曲げ 1 次の振動数に相当している。この振動数を比較すると、図 3 と図 4 の比較から、6 年前の振動数より若干低くなっていることが分かる。

5 劣化状況の検討

振動数の低下の原因として、橋梁自体の目視による劣化は顕著な損傷が見られていないことから、この橋梁に使われているすべりゴム支承や反力分散ゴム支承の特性

表 1 固有振動数の比較

支持方法	解析	
	固定	弾性
曲げ一次(Hz)	3.96	4.18
ねじり一次(Hz)	4.97	4.80
曲げ二次(Hz)	4.98	5.30

表 2 固有振動数と減衰定数の平均値

	A3		A6		A7		A8	
	f3	h3	f6	h6	f7	h7	f8	h8
UF	4.117	0.011	4.110	0.012	4.134	0.012	4.131	0.010
DF	4.095	0.012	4.090	0.010	4.077	0.008	4.080	0.010
US	4.060	0.008	4.063	0.009	4.065	0.009	4.066	0.008
DS	4.082	0.009	4.093	0.010	4.096	0.011	4.180	0.009

hx: 減衰定数 UF: 上り段差なし US: 上り段差あり

fx: 固有振動数(Hz) DF: 下り段差なし DS: 下り段差あり

が変化していることが考えられる。有限要素法による解析結果では支持条件を単純固定とした場合と、弾性支持にした場合では曲げ 1 次の固有振動数は約 2Hz の低下が見られる。このため、ゴムの弾性特性が初期状態に比べて硬化していることも一つの原因として考えられる。床版 (A6 の加速度) と主桁 (A3 の加速度) の振動特性は表 2 の比較からほぼ同じであり、床版に発生するこの程度のひび割れによる劣化では直接振動特性の変化には結びついていない。このため、継続的に劣化状況を調査して、劣化状況の変化に合わせて振動モニタリングを実施する必要がある。

6 まとめ

供用開始から 7 年という比較的短期間の振動特性の変化と目視点検による劣化について検討した。その結果、床版に幅は小さいがひび割れが発生しており、遊離石灰が見られる状況を確認した。この損傷の影響による振動特性の変化はほとんど見られていない。今後、軽度の損傷に影響が顕著に現れる高次の振動特性を検討する必要があると考える。実験データの整理に協力頂いた池田貴大君 (北見工業大学学生) にこの場を借りて感謝します。なお、本研究は平成 17 年度日本学術振興会科学研究補助金 (代表大島俊之) の補助を受けて行われました。

参考文献

- 岡林隆敏, 奥松俊博, 中宮義貴: 高精度自動振動数推定システムによる構造物損傷の検知に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.479-490, 2005.3.
- 水草浩一, 小幡卓司, 林川俊郎, 佐藤浩一, 及川昭夫: 振動モニタリングデータを用いた鋼橋の損傷同定に関する一考察, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 56 号(A), pp.186-189, 2000.2
- 秋山惇, 岸徳光, 佐藤昌志, 池田憲二, 高橋朋代: 常時微動計測を用いた石狩川河口橋の振動特性評価, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 57 号(A), pp.116-119, 2001.2
- 高田直之, 大島俊之, 山崎智之, M.S.ラーマン, 田中秀秋, 斉藤隆行: 橋梁振動のリモートモニタリングシステムの検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 56 号(A), pp.186-189, 2000.2

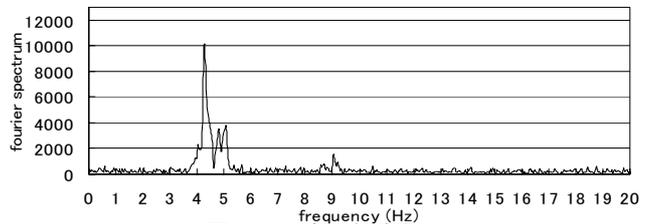


図 3 H11 年の加速度(A3)

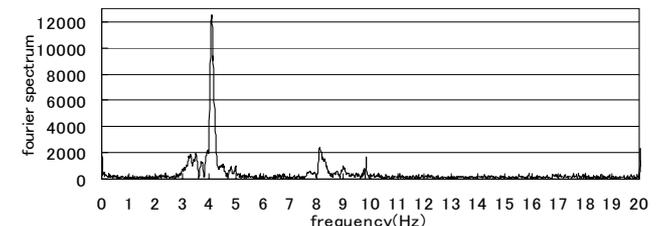


図 4 H17 年の加速度(A3)