

7年経過した橋梁の振動特性の変化に関する研究

北見工業大学 学生員 ○池田貴大

北見工業大学 正 員 三上修一

北見工業大学 正 員 山崎智之

北見工業大学 正 員 坪田 豊

北見工業大学 フェロー 大島俊之

1.はじめに

近年、構造物のライフサイクルコストの低減が社会的問題となっている。そのためには維持管理の強化と必要に応じた補修を行うことにより、橋梁構造物の長寿命化を目指すことが非常に重要な課題になるものと考えられる。また振動等のモニタリングにより橋梁の健全度診断を行い維持管理に役立てる研究が進められている。

橋梁に損傷などによる劣化が進展すると、損傷により剛性が低下し固有振動数が低下する。また損傷部材の減衰定数は増加すると考えられている。本研究では7年供用した東陵大橋を対象とし、7年という短期間の点検による劣化について検討した。すなわち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の有効性について検討した。

2. 橋梁振動実験概要

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り、構造形式は3径間連続鋼鈑桁で橋長80.5m(1径間26.5m)幅員18.0m(車道幅員11m)、4.2%勾配の7主桁直線橋である。支点は橋脚に反力分散型のゴム支承を、橋台にすべりゴム支承を用いている。

この橋梁は平成 10 年 12 月より供用開始されている。供用開始後 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。図 1 に示すようにこの橋梁に加速度計を各 4 カ所に設置した。試験車両の重量は 20 t である。

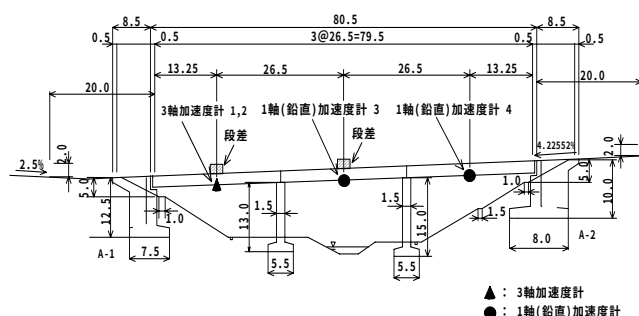


図 1 東陵大橋側面図

3.目視点検による損傷状況

本橋は G4 と G5 の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わかった。また 4.2%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。比較的、A1 側にひびわれ、遊離石灰の損傷が見られる。そ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。A1 橋台の支点付近では、上り車線に限ってだが大型車が伸縮装置を通過する度に段差音が発生するようになっている。この点検結果より、A1 側の損傷に着目した測定を実施することにした。

4.解析手法と解析結果

平成 11 年の振動実験¹⁾と同様の通常走行実験と段差走行実験を各 6 回実施し、振動データをフーリエスペクトル解析した。着目した振動数は曲げ 1 次モードの固有振動数領域に当たる 4 Hz 付近である。

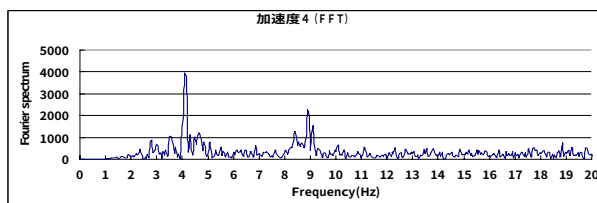


図2 平成11年通常走行実験フーリエスペクトル

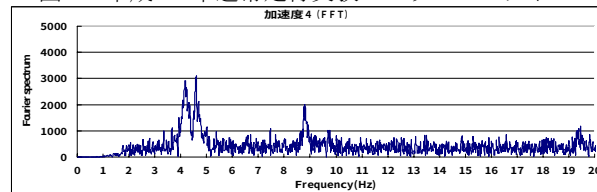


図4 平成11年段差走行実験フーリエスペクトル

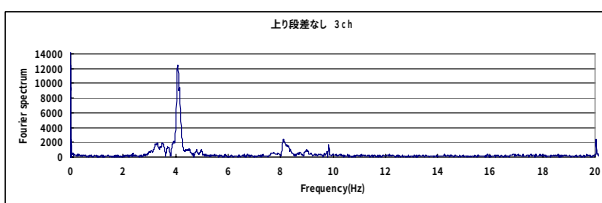


図3 平成17年通常走行実験フーリエスペクトル

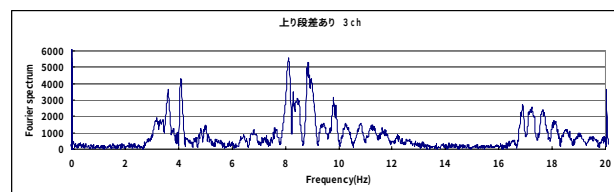


図5 平成17年段差走行実験フーリエスペクトル

キーワード 橋梁振動実験, 卓越振動数, 有限要素法, 振動モード

連絡先 : 〒090-8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学 Tel. 0157-26-9488 Fax. 0157-23-9408

i) 図2, 図3は同じ条件下の実験のフーリエスペクトル解析の結果である。

卓越振動数を比較すると、平成11年は4.2Hz付近に卓越しているのに対し、平成17年では4.1Hz付近に卓越しているのがわかる。曲げ1次モードの卓越振動数が減少したことがわかる。

ii) 図6は平成17年度の床版と主桁の段差実験のフーリエスペクトルの比較である。

図2, 図3の通常走行実験のフーリエスペクトルの結果と図4, 図5の段差走行実験結果の比較により、8~10Hzの卓越振動数は車両振動の影響²³⁾が大きく現れたものであり、図6の13Hz付近の床版の卓越振動数は車両振動の影響とは異なり、床版が持つ卓越振動数と考えられる。今後床版では13Hz付近を注目することにより、床版の損傷などによる劣化が及ぼす振動特性の変化を観察できる可能性がある。また、段差を設置しない実験の比較は載せていないが、フーリエスペクトルはほぼ一致する。

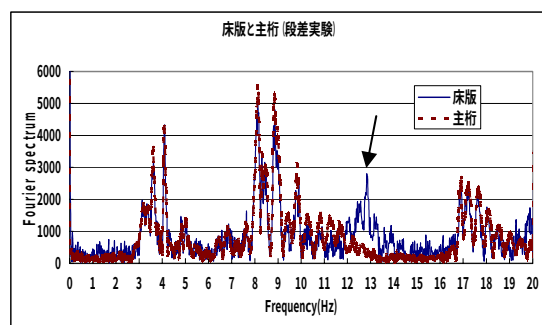


図6 床版と主桁の比較

表1 部材の物性値

	床版	鋼材
弾性係数	28kN/mm ²	210kN/mm ²
ポアソン比	0.2	0.3
単位質量	0.27t/m ³	0.8t/m ³

表2 解析値の比較

モード	曲げ1次	ねじれ 逆対称1次	16Hz
実験値	4.11Hz	5Hz	—
健全時	4.36Hz	5.06Hz	16.6Hz
劣化時	4.31Hz	5.21Hz	16.2Hz

5. 床版劣化による卓越振動数の検討

本研究では本橋の振動特性と劣化の関係を検討するために汎用構造解析プログラム MARC による解析を行っている。本橋を、床版・主桁に4節点厚肉シェル要素、対傾構にはり要素を用いて、節点数 5446 個、要素数 5358 個としている。支持条件を弾性支点として解析を行い、固有振動モード解析を行った。健全なモデルの部材の物性値を表1に表す。

i) 実験値と有限要素法による解析値の比較

実験値と有限要素法による解析値の比較を表2に示す。逆対称1次モード(図8)ではさほど差が出ていないが、曲げ1次モード(図7)では約0.2Hzの違いがある。この原因として現状のモデルの物性値の設定が実橋と異なっていると考えられ、今後検討しなければならない。

ii) 劣化モデルによる卓越振動数の比較

図6に示す13Hz付近の床版の卓越振動数は、曲げ1次モードでの実験値と解析値の違いを考慮すると、対応するモードは16Hzと考えられる。モード形状は図9に示す。

このモードに着目し、劣化モデルとして今回の目視点検で比較的ひび割れが発生している床版のA1側の径間を弾性係数15kN/mm²に設定し仮想劣化させた。表2に示す通り、健全時から劣化時に約0.4Hz減少し、劣化が進行すれば卓越振動数が減少することが言える。

現状では、簡単なモデルであることから、今後、実橋における弾性定数などの考慮を検討すること、床版のひび割れの詳細なモデル化を検討することが必要である。

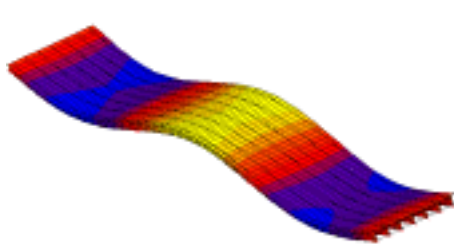


図7 曲げ1次モード

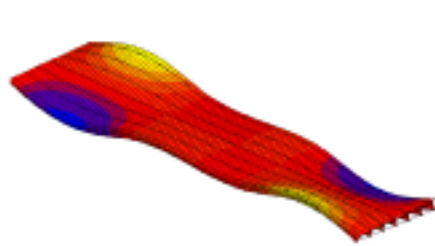


図8 ねじれ逆対称1次モード

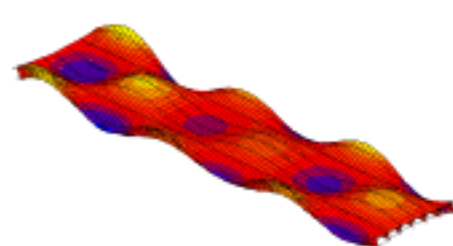


図9 床版の振動モード

6. まとめ

供用開始から7年という比較的短期間で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、床版には比較的小さなひび割れがあり、遊離石灰がみられる状況である。平成11年の実験結果から比べると振動特性の変化は若干変化するが、損傷と振動特性の変化の関係については今後の有限要素法による詳細なモデルを作成し検討しなければならない。このため、継続的に劣化の進行状況を調査し、劣化状況に合わせて健全度診断を実施する必要がある。

<参考文献>

- 1) 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), pp186-189, 2000.2
- 2) 梶川康男, 深田宰史, 林下貴彦, 山田健太郎, 小塩達也: サスペンション構造が異なった車両走行による高架橋の振動特性, 土木学会論文集, pp413-420, Vol.50A 2004.3
- 3) 玉越隆史, 中洲啓太, 石尾真理, 中谷昌一: 大型車の振動特性が橋梁に及ぼす影響に関する研究(I), 国土技術政策総合研究所資料 第179号 2004年5月