

模型桁車両走行実験における橋梁振動特性推定と異常診断

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎
神戸大学大学院 学生員 尾崎 隆弥

京都大学大学院 正会員 金 哲佑
京都大学大学院 学生員 ○伊勢本 遼

1. はじめに

我が国の橋梁ストックの中で、高度経済成長期に建設された多くは老朽化を迎えている。通常、構造物においては、部材の損傷や劣化はその質量、減衰や剛性等の材料特性、固有振動数、減衰比や振動モード等の動特性の変動として現れることから、振動モニタリングによる構造物の健全度評価は有効であると報告されている¹⁾。

構造物の振動モニタリングにおいて構造物の加振は重要であるが、加振装置による加振は効率的ではない。そのため、常時振動に着目しており、特に中小支間橋梁の場合は交通荷重が重要な加振源である。一方、橋梁の交通振動は非定常振動であり、推定振動特性は車両-橋梁連成系の推定振動特性であることから、連成系の推定振動特性による異常診断の可能性を確認する必要がある。本研究では、模型桁に2パターンの損傷を与えた模型車両走行実験を行い、交通振動データによる橋梁の異常診断の可能性を検討する。走行車両タイプや走行速度を変え、それらを合わせ総合的に評価する。振動特性の推定はARモデルを用いる。

2. 実験概要

2.1 対象橋梁 実験に使用する模型橋梁は、Fig. 1に示すようなH型鋼桁である。構造諸元をTable 1に掲げる。橋梁に与える損傷は、Damage section Iとして、橋梁L/4-L/2間の左右のフランジに等間隔に3箇所スリットによる損傷とDamage section IIとして、3L/4-L間の左右フランジの下を最大で20.0mm斜めに削り取る。損傷による曲げ剛性の変化は、Damage section Iにおいて11%、Damage section IIにおいて23%低下している。損傷シナリオとして、模型橋梁がDamage section Iのみ持つ場合(D1)、Damage section IとDamage section IIともに持つ場合(D2)の2シナリオとする。

2.2 走行シナリオ 模型橋梁の健全時、および損傷時それぞれにおいて、車両走行による振動計測を行う。観測点として、模型桁でのL/4、L/2、3/4 Lの3点に加速度計を設置する。サンプリング間隔は100Hzとする。実橋梁における交通振動実験を想定して、走行シナリオとしてTable 2に示すように、速度を0.93m/s(支間長40m規模の桁橋において、20km/hに相当)と1.63m/s(支間長40m規模の桁橋において、40km/hに相当)の2ケースとし、橋梁健全時と損傷シナリオD1、D2それぞれ6シナリオを各3回計測する。

3. 実験結果
模型橋梁の健全時、損傷シナリオD1、D2それぞれにおける橋梁L/4点から得られた応答と、そのフ

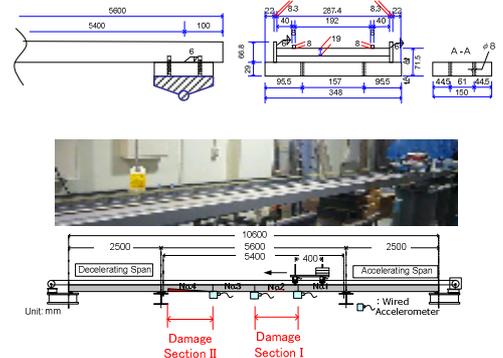


Fig. 1 Experimental girder

Table 1 Structural properties of model girder

Span length	540 (cm)
Young's modulus	2.1×10^5 (N/cm ²)
Unit weight	7.8×10^2 (N/cm ³)
Area of section	66.97 (cm ²)
Moment of inertia of Area	57.66 (cm ⁴)

Table 2 Scenarios of laboratory moving vehicle test

Scenario(I: Intact, D1: Damage scenario 1, D2: Damage scenario 2)	Type of moving vehicle	speed
I-1, D1-1, D2-1	V1(M=21.6kg, f=2.93Hz)	S1=0.93m/s
I-2, D1-2, D2-2	V1(M=21.6kg, f=2.93Hz)	S2=1.63m/s
I-3, D1-3, D2-3	V2(M=21.6kg, f=3.76Hz)	S1=0.93m/s
I-4, D1-4, D2-4	V2(M=21.6kg, f=3.76Hz)	S2=1.63m/s
I-5, D1-5, D2-5	V3(M=25.8kg, f=3.03Hz)	S1=0.93m/s
I-6, D1-6, D2-6	V3(M=25.8kg, f=3.03Hz)	S2=1.63m/s

キーワード ヘルスモニタリング, ARモデル, 振動モニタリング, 模型桁車両走行実験

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学研究科 市民工学専攻 Phone 078-803-6383

第 64 回土木学会年次学術講演会 講演概要 (2010 年 9 月)

ーリエスペクトルを Fig. 2 に示す。

AR モデルを用い、振動数、および減衰定数を推定する。AR モデルによる推定結果のうち 健全時、損傷シナリオ D1、D2 とも比較的安定的に得られた 1 次および 5 次の推定振動数、減衰定数に着目する。推定振動数および減衰定数の推定結果の平均値をそれぞれ Table 3, Table 4 に示す。フーリエスペクトル結果同様、10Hz~20Hz における卓越振動数および減衰定数は D1, D2 ときのみに見られるものがある。3Hz 近傍および 25Hz 近傍の卓越振動数は損傷の程度につれ低下する傾向が見られる。

健全時、損傷シナリオ D1, D2 の推定振動数、減衰定数の推定結果をそれぞれ Fig. 3, Fig. 4 に示す。ここに○は低速走行のとき (S1=0.93m/s), □は高速走行のとき (S2=1.63m/s)の推定結果を示している。図より、推定振動数と減衰定数ともに、損傷の程度によって平均値やばらつきに変化がみられる。また、推定振動数に比べ減衰定数のほうが損傷による変化が明確であることが分かる。車両の高速走行によって、1 次の推定振動数のばらつきが大きくなる。これは高速走行により車両振動が増加し、その影響が推定振動数に現れる結果と考える。

4. まとめ

本研究では、2 パターンの損傷を与えた模型桁を用いて模型車両走行実験を行い、交通振動データによる橋梁の異常診断の可能性を検討した。

推定結果のうち、健全のとき、損傷のときともに安定的に推定できた 1 次および 5 次の推定振動数と減衰定数に着目すると、損傷の程度によって、振動特性の平均値やばらつきに変化がみられる。推定振動数に比べ減衰定数のほうが損傷による変化が明確であることが分かる。さらに車両の高速走行によって、1 次の推定振動数のばらつきが大きくなる。これは高速走行により車両振動が増加し、その影響が推定振動数に現れる結果と考える。

以上より、交通振動データから推定した車両-橋梁連成系の振動数および減衰定数の変化に着目したヘルスマonitoringの可能性が考える。今後の課題として、推定結果の統計的分析による定性および定量的異常診断の可能性を検討する予定である。

【参考文献】 1) W. Doebling, et.al.: Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in Their Vibration Characteristics: A Literature Review, Los Alamos National Laboratory report LA-13070-MS, 1996.

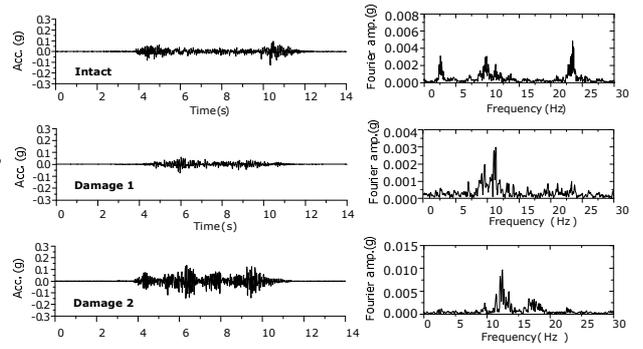


Fig. 2 Responses of experimental girder

Table 3 Mean of identified frequencies.

	Intact	Damage1	Damage2
1st	2.98	2.68	2.39
2nd	9.58	10.75	12.79
3rd	11.88	14.14	17.09
4th	-	19.12	18.52
5th	23.54	23.37	22.59

Table 4 Mean of identified damping constant

	Intact	Damage1	Damage2
1st	0.0846	0.2508	0.2513
2nd	0.0290	0.0546	0.0307
3rd	0.0674	0.0620	0.0287
4th	-	0.0291	0.0325
5th	0.0079	0.0298	0.0342

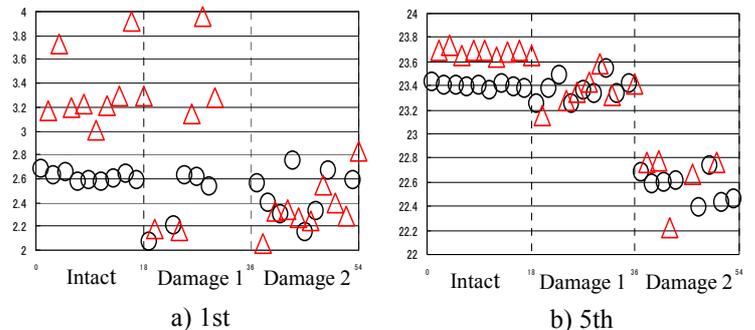


Fig. 3 Variation of estimated frequencies due to damages.

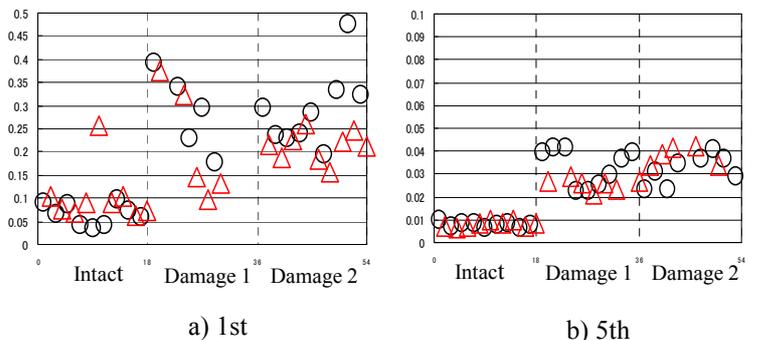


Fig. 4 Variation of estimated damping constants due to damages.