模型橋梁交通振動データを用いた損傷推定

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎 京都大学大学院 正会員 金 哲佑

1. 研究の目的 供用中の道路橋の交通による常時振動データは橋梁の損 傷推定に欠かせない重要なデータである.著者らは短支間道路橋を対象と し、時間領域での走行車両による橋梁の動的応答を用いて、橋梁の損傷度 を推定する方法の有効性を検討してきた¹⁾⁻³⁾.また,計測の省力化を目的 に,間接的に橋梁の固有振動数を推定する手法として,橋梁上を走行する 車両の振動応答から橋梁の固有振動数を抽出する試み⁴⁻⁷⁾がなされてい る.本研究では,路面状況を考慮した模型橋梁車両走行装置を用いて,車 両-橋梁連成振動メカニズムを活かした損傷推定手法の有効性と車両応答 を用いた橋梁の固有振動数抽出の可能性を検討している.

2. 模型桁車両走行実験 模型橋梁車両走行装置を Fig.1 に示す. 模型橋梁 は支間長 5.4m の I 型断面の鋼桁である. 車両は路面凹凸を再現したレー ル上を走行する.実験に使用する模型車両を Fig.2 および Table 1 に示す. 自由振動実験により得られた橋梁1,2,3次固有振動数はそれぞれ,2.66Hz, 10.6Hz, 23.8Hz である. 桁 L/4, L/2, 3L/4 点に加速度計と変位計を, 車両 ばね上振動計測として車体デッキ前後に,車両ばね下振動計測として車両 前軸上に加速度計を設置する.橋梁に与える損傷について、3L/8-L/2間の フランジ下を 5mm 削り取る. 損傷による曲げ剛性の変化は、静的たわみ から算出すると6%低下している.

3. 橋梁交通振動データを用いた損傷推定 橋梁剛性の変化を推定する指 標として,損傷前後の要素剛性比である要素剛性指標 (ESI: Element Stiffness Index) $X_e = (K_{be})_d / (K_{be})_i を導入する. ここで, (K_{be})_i および(K_{be})_d$ はそれぞれ e 要素の損傷前後の剛性を示す.

車両 V1 が S1 で走行したときの,損傷前後における橋梁加速度応答を それぞれ Figs. 3,4 に示す. 健全時に比べて,損傷個所通過時の応答が大 きくなっていることを確認できる.

健全度評価手法により求められた走行シナリオごとの ESI を Fig. 5 に示 す. 全走行シナリオにおいて,損傷を与えた要素 No.2の ESI 値が最も低 下している.よって、車両種類や車両速度にかかわらず損傷位置の把握と 損傷度の検出が可能であることがわかる.

4. 車両応答を用いた橋梁振動数抽出 車両 V1 が S1 で走行したときの, 損傷前後における車両前軸ばね上の加速度応答 FFT 結果,および前軸ば ね上・ばね下加速度応答 Wavelet 変換結果をそれぞれ Figs. 6,7 に示す. FFT 結果(Fig. 6(a), 7(a)参照)において,橋梁固有1次振動数,車両固有振動 数を確認出来ない. また, 車両前軸ばね上 (Fig. 6(b), 7(b)参照)・後軸ばね 上(図省略)Wavelet 結果において、2.5Hz 付近に橋梁1次振動数と考えら れる振動数を確認でき、3~4Hz 付近に強く振動数を確認できることから

神戸大学大学院 学生員 〇利波 立秋



Fig. 1 Experimental girder.



Fig. 2 Vehicle model with data acquisition system.

Table 1 Property of model vehicles	
Vehicle type	Speed
V1=21.6kg ,2.93Hz	S1=0.93m/s
	S2=1.16m/s
	S3=1.63m/s
V2=21.6kg ,3.61Hz	S1=0.93m/s
	S2=1.16m/s
	S3=1.63m/s
V3=25.8kg ,2.83Hz (2.93Hz)	S1=0.93m/s
	S2=1.16m/s
	S3=1.63m/s



 $\neq - \nabla - \mathcal{V}$ Bridge health monitoring, Laboratory experiment, Vehicle vibration, Damage identification

〒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 連絡先

車両振動数と考えられる. 前軸ばね下においては, ばね上に比べて確認しにくい. 振動数抽出に関して Wavelet 変換においては定性的な判断が可能である. 損傷による変化として, ばね上については Wavelet 係数の変化, ばね下 については, 時刻歴における Wavelet 変換の変化を確認できる. しかし, 明確に変化を捉えることは難しい結果と なった.

5. 結論と今後の展望 本研究では、走行車両による橋梁の動的応答を用いて、橋梁の損傷度を推定する方法の有効性、また、橋梁上を走行する車両の振動応答から橋梁の固有振動数抽出の可能性を検討した.損傷推定に関して、車両種類や車両速度にかかわらず、模型橋梁の損傷位置の把握が可能である.振動数抽出に関して、車両応答に橋梁振動数を確認することが出来る.損傷による変化をFFT, Wavelet 変換からとらえることが可能であるが、明確に変化を捉えるのは難しい結果となった.

模型桁にさらに損傷を加えて引き続き走行実験を行い,損傷推定に関しては,どの損傷レベルまで推定が可能か, 振動数抽出に関しては,橋梁振動数の最適抽出条件を検討する.

【参考文献】

 C.W. Kim and M. Kawatani: Pseudo-static approach for damage identification of bridges based on coupling vibration with a moving vehicle, Structure and Infrastructure Engineering, Vol.4, No.5, pp.371-379, 2008.

 金 哲佑,川谷充郎:単一車両走行による橋梁振動データを用いた橋梁の健全度評価,鋼構造論 文集,第15巻,第58号, pp.37-46, 2008.
3)川谷 充郎,金 哲佑,藤本 達貴:車両走行加振による動的応答を用いた橋梁損傷推定の模型

 川谷 尤郎, 金 舀佔, 藤本 達貢:単両走行加振による動的応答を用いた儒架損傷推定の模型 実験, 土木学会第 64 回年次学術講演会概要集, I-118, pp. 235-236, 2009.9.
4) C.W.Ling, and C.W.Lin, and Y.B.Yang: Use of a passing vehicle to scan the fundamental bridge

frequencies: An experimental verification, Engineering Structures, Vol.27, pp.1865-1878, 2005.

 Y.Oshima, T.Yamaguchi, Y.Kobayashi and K.Sugiura: Eigenfrequency estimation for bridges using the response of a passing vehicle with excitation system, Bridge Maintenance, Safety, Management, Health Monitoring and Informatics, IABMAS2008, pp. 3030-3037, 2008.

6) F. Cerdal, J.Garrett, J. Bielak, R. Bhagavatula & J. Kovačević: Exploring indirect vehicle-bridge interaction for bridge SHM, The 5th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS2010), 2010.7.

7)川谷 充郎,金 哲佑,利波 立秋:走行車両応答を用いた橋梁固有振動数把握の可能性検討, 土木学会第 64 回年次学術講演会概要集, I-122, pp. 243-244, 2009.9.







Fig. 5 Identified damage location and severity of the girder with damage at ELEM. No.2.





(b) Wavelet at Front-sprung

(c) Wavelet at Front-unsprung

Fig. 6 Fourier spectrum and wavelet translations of experimental vehicle under intact girder (a) FFT at Front-sprung, (b) wavelet at Front-sprung, and (c) wavelet at Front-unsprung



Fig. 7 Fourier spectrum and wavelet translations of experimental vehicle under damaged girder (a) FFT at Front-sprung, (b) wavelet at Front-sprung, and (c) wavelet at Front-unsprung