

衝撃振動試験を用いた高速道路供用下における実橋 RC 床版の固有振動数評価

株式会社福山コンサルタント 正会員 ○宮村 正樹

株式会社福山コンサルタント 米永 義明

岩手大学工学部社会環境工学科 正会員 岩崎 正二

岩手大学工学部社会環境工学科 正会員 出戸 秀明

東日本高速道路株式会社 正会員 加藤 哲

株式会社ネクスコ・エンジニアリング 東北 光岡 達之

1. はじめに

東北地方を始めとする積雪寒冷地では、凍結防止剤の散布に伴う塩害や凍害との複合劣化の影響により、RC 床版の砂利化が顕在化しており、深刻な問題となっている。しかし、橋梁目視点検では外観性状によって床版の損傷程度を推定するのみで、定量的に損傷状況を評価できているとは言い難い。

本研究では、高速道路供用下における橋梁 2 橋の RC 床版を対象に、重錘落下による衝撃振動試験および一般走行車両の通行荷重による動たわみ測定を実施し、それらの実測結果を用いて橋梁全体系および床版部分系の固有振動数の評価方法について検討する。

2. 測定概要

(1) 衝撃振動試験

衝撃振動試験とは、構造物に衝撃荷重を与えて、その応答から構造物の周波数応答関数を算出し、この関数の振幅の卓越と位相差から構造物の固有振動数を把握する試験である。本研究では、表-1 に示す東北自動車道花巻～紫波間に位置する橋梁 2 橋を対象とした。

なお、速度計センサの設置位置および重錘打撃位置は、橋梁全体系の 1～3 次モードと床版部分系の振動モードが測定可能な位置とし、図-1 のように設定した。測定に用いた衝撃加振装置は重さ 400N の重錘とし、50cm 程度の高さから落下させた。衝撃振動試験の測定状況を写真-1 に示す。また、計測にはサーボ型速度計を使用し、測定周波数は 0.2～150Hz である。

(2) 動たわみ測定

動たわみ測定とは、レーザードップラ変位計のレーザ光を床版とその直近の主桁に貼付した反射ミラーを当て、一般走行車両の通過時の主桁と床版のたわみの絶対変位を測定するとともに、両者の差分から床版

表-1 対象橋梁の諸元

橋 梁 名	耳取川橋	滝名川橋
橋 長	37.0 m	73.0 m
上 部 工 形 式	鋼単純合成桁	鋼 2 径間連続非合成桁
床 版 厚 さ	250 mm	230 mm
床 版 支 間	3500 mm	3050 mm
設計基準強度	30.0(N/mm ²)	24.0(N/mm ²)
日 交 通 量	11,584 台/日	12,614 台/日

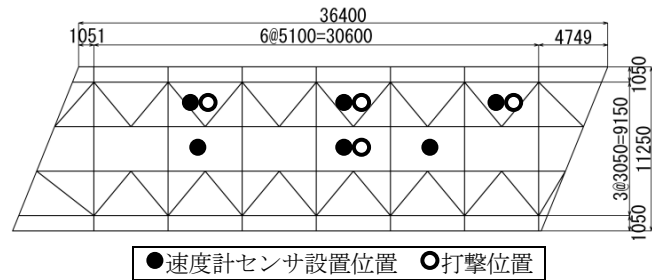


図-1 速度計センサ設置位置および重錘打撃位置



写真-1 衝撃振動試験測定状況

の相対たわみ量を算定する試験である。

なお、計測位置は最大たわみ量が発生する位置とし、橋軸方向は支間 1/2 付近、直角方向は走行車線の床版支間中央とした。また、測定周波数は 500Hz とした。

3. 衝撃振動試験による結果と考察

(1) 衝撃振動試験の測定結果

衝撃振動試験から得られる振幅スペクトルおよび位相差スペクトルの一例として、耳取川橋における支間

キーワード：RC 床版，衝撃振動試験，動たわみ測定，固有振動数，高速道路供用下

連絡先（宮城県仙台市青葉区二日町 13-17・022-262-5250・022-262-0379）

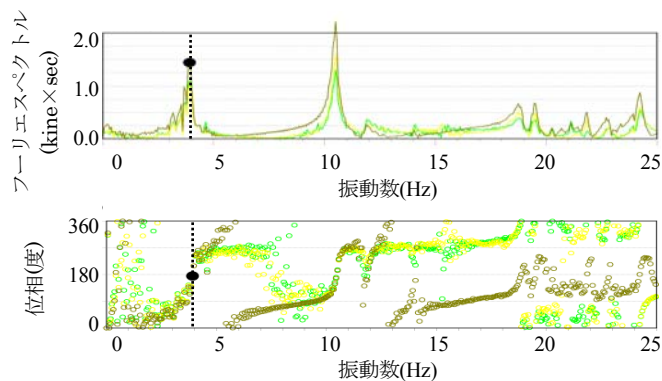


図-2 衝撃振動試験結果(耳取川橋, 全体系 1 次)

表-2 衝撃振動試験に基づく固有振動数

橋梁名	固有振動数(Hz)			
	全体 1 次	全体 2 次	全体 3 次	床版 1 次
耳取川橋	3.9	9.6	20.8	42.0
滝名川橋	3.0	11.7	21.0	45.0

表-3 梁理論に基づく計算固有振動数

橋梁名	境界条件	固有振動数(Hz)		
		全体 1 次	全体 2 次	全体 3 次
耳取川橋	ヒンジ-ヒンジ	3.9	15.6	35.1
	固定-固定	3.9	10.8	21.8
滝名川橋	ヒンジ-ヒンジ	3.0	12.0	27.0
	固定-固定	3.0	8.3	16.2

中央打撃時 (1 次モード卓越) の試験結果を図-2 に示す。なお、振幅スペクトルのピークは複数存在するため、固有振動数の特定は打撃箇所の位相角度が 180 度となる値を基本とし、振幅スペクトルは参考として位置付けた。固有振動数の読み取り結果を表-2 に示す。

このように、高速道路の供用下においても、衝撃振動試験により床版部分系の固有振動数の把握が可能であり、床版の固有振動数は主桁の固有振動数の周波数帯域より高い 40Hz 付近に存在した。

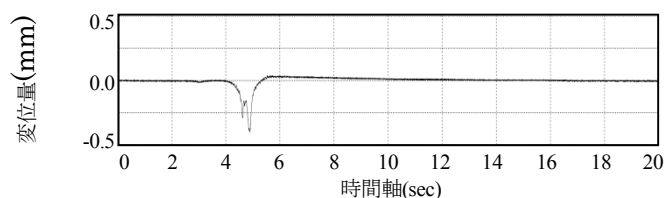
(2)橋梁全体系の固有振動数の評価

式(1)に示す Bernoulli-Euler 梁の非減衰自由振動の方程式¹⁾に基づく固有振動数の算定結果を表-3 に示す。

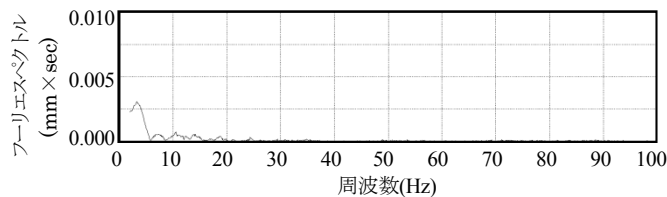
$$P_i = \left(\frac{\lambda_i}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (1)$$

ここで、 P_i : i 次の固有振動数(Hz), λ_i : 無次元係数(ヒンジ: $\lambda_i = i\pi$, 固定: $\lambda_i = (2i+1)\pi/2$), l : 支間長(m)である。なお、 EI , ρA は 1 次の固有振動数を説明可能な値とし、その値を用いて 2~3 次の固有振動数を算定した。

その結果、表-2 に示す実測固有振動数は、境界条件を両端固定とした固有振動数に近似していた。対象橋梁は何れも斜角が入っており、橋軸直角方向周りの回転拘束が生じていることが原因と考えられる。



(1)床版相対変位波形(大型車通過時)



(2)振幅スペクトル図

図-3 動たわみ測定結果(耳取川橋)

4. 動たわみ測定による結果と考察

動たわみ測定から得られる床版の相対変位波形および振幅スペクトルの一例として、耳取川橋における測定結果を図-3 に示す。

図-3 に示すように、一般走行車両の通行荷重により発生する床版のたわみに着目した周波数分析結果では、0Hz 付近の振幅スペクトルが卓越する傾向が見られた。そのため、橋梁全体系 1 次モードの固有振動数の推定は可能であったが、橋梁全体系 2 次および 3 次モードや床版部分系の固有振動数までは把握できなかった。

5. まとめ

高速道路供用下の実橋 RC 床版を対象に衝撃振動試験と動たわみ測定を実施して、固有振動数の評価方法について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

(1)衝撃振動試験により、高速道路供用下における橋梁全体系および床版部分系の固有振動数の把握が可能である。なお、床版の 1 次固有振動数は 40Hz 付近に存在する。

(2)対象橋梁の固有振動数は、非減衰自由振動の方程式に基づく両端固定梁の固有振動数と近似した。実橋には斜角が入っているため、橋軸直角方向周りの回転拘束が生じていることが原因と考えられる。

(3)一般走行車両の通行荷重により発生する床版たわみの周波数分析結果から、床版部分系の固有振動数は把握できなかった。

以上の検討により、衝撃振動試験を用いることで、高速道路供用下における床版の固有振動数を把握することが明らかとなり、有用な知見と考えられる。

【参考文献】

1) 小坪清真：土木振動学，森北出版，1973。