

I-473

床版振動の測定と解析に関する考察

名古屋大学 正員 加藤 雅史
 前田建設工業（株） ○ 正員 加藤 育久
 名古屋高速道路公社 正員 前野 裕文

1. まえがき

RC 床版のひびわれによる損傷が多発し、その維持・管理が大きな社会問題となっている。従来、RC 床版の健全度の評価は目視を中心とした点検に基づいており、主観が入りやすい。そこで定量的かつ簡易な調査判定法の確立が望まれ、様々な研究がなされている。RC 床版の健全度調査手法の1つとして、振動測定を適用することも検討されているが、その実用化に際しては実橋における床版振動をいかに精度良く把握するかが第一の課題であると考えられる。そこで、本研究では、RC 床版の健全度調査に振動測定を適用するための基礎的な研究として、特に基本となる固有振動数、振動モードに着目し、1)床版振動の測定、データ解析法 2)床版振動の数値解析手法 について検討を加え、その具体的手法を提案する。

2. 測定方法および結果

今回測定を行なったのは、名古屋高速道路高速1号線千音寺出入路に架設されているオフ・ランプ部のS12R桁橋および本線上り線のS6U桁橋であるがここではS12R桁橋について述べる。S12R桁橋は支間34.94m 幅員5.5mの3主桁（主桁間隔2.25m）の単純活荷重合成桁橋であり、支間中央に分配横桁、約5.9m間隔で対傾構が配置されている。また床版は厚さ22cmのRC 床版で高さ1.23m、幅250mmの壁高欄を有しており、測定時は未舗装であった。加速度計は、図-1のA1~A9の位置の床版下面に設置した。測定項目としては、1)自動車のタイヤの落下による自由減衰振動 2)試験車（総重量20tonのダンプトラック）の走行による振動 3)常時微動 について測定を行ない、加振方法による適否も検討した。また、RC 床版のヤング率を算定するためにシュミットハンマーによるコンクリート強度試験も並行して行なった。各振動試験における振動データをスペクトル解析し、パワースペクトル計算結果より卓越振動数を、2測点データのクロススペクトル計算結果の位相差より振動モードを決定した。また、床版に取り付けた加速度計の振動データは桁の振動成分を多く含んでいると思われるので、床版の加速度計振動データから主桁上フランジに設置した加速度計振動データを差し引いた床版の相対的な振動データを求め、このデータについても同様なスペクトル解析を行ない生データのスペクトル解析結果と比較検討した。こうして求めた固有振動数および振動モードを図-2に示す。今回行なった測定およびその後のデータ解析を通して、床版の振動性状を明確に把握するための振動測定・データ解析法として次のような点が重要と考えられる。1)床版の振動性状、モード形を決定するためには橋軸方

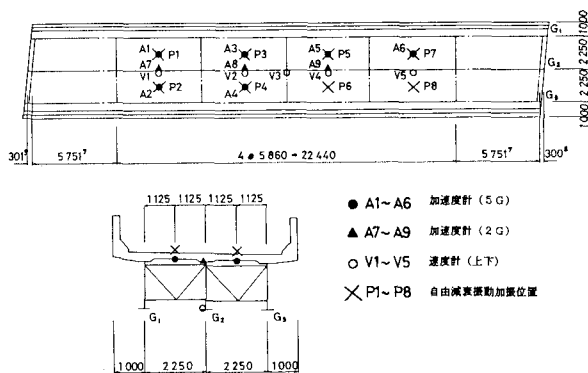


図-1 S12R桁橋の概要

桁1次	桁2次	床版1次	床版2次	床版3次
4.3Hz	21.4Hz	36.2Hz	39.0Hz	46.7Hz

図-2 S12R桁橋の固有振動数および振動モード

ススペクトル計算結果の位相差より振動モードを決定した。また、床版に取り付けた加速度計の振動データは桁の振動成分を多く含んでいると思われるので、床版の加速度計振動データから主桁上フランジに設置した加速度計振動データを差し引いた床版の相対的な振動データを求め、このデータについても同様なスペクトル解析を行ない生データのスペクトル解析結果と比較検討した。こうして求めた固有振動数および振動モードを図-2に示す。今回行なった測定およびその後のデータ解析を通して、床版の振動性状を明確に把握するための振動測定・データ解析法として次のような点が重要と考えられる。1)床版の振動性状、モード形を決定するためには橋軸方

向に相当数、また主桁をはさんで反対側の床版にも加速度計を設置する 2)後のデータ処理のことも考慮に入れて主桁上にも加速度計を設置する 3)測定方法としては自由減衰振動が適している 4)車両走行時振動においては、車両や桁の低次の固有振動数が卓越するため、あらかじめ床版の固有振動数を予想して、ハイパスフィルタを用いてこれらを除去する 5)床版の振動より桁の振動を差し引いたデータをスペクトル解析すると床版の固有振動数をより明確に把握できる。

3. 数値解析

従来、実橋におけるRC床版の振動解析を厳密に数値解析的に求めた例はほとんどなく、健全時の固有振動数を求める際には2辺単純支持無限縁版の理論式が用いられている。しかし、この理論式は床版の周囲の状態を無視しており、必ずしも実橋には適していないと考えられる。そこで今回は、理論式に加えて 1)平板理論に基づくFEM解析 2)ビーム質点系モデルによる解析 の2種の解析手法を用いて振動解析を行なった。その際、分割は主桁、ハンチ、壁高欄の位置を考慮して決定した。解析結果を表-1に示す。このように、全橋床版を対象とした解析では高次モードまで正確に得ることができるが、要素分割の増加に伴い計算機の使用容量が増し、計算時間も非常に長くなる。また、床版にひびわれ等の損傷が生じた場合には対象とする床版のパネル毎に固有振動数が変化することも実測例から考えられる。そこで床版の一部を対象として数値解析した場合の実用性を見るために部分床版の解析として 1)幅員方向全スパン、橋軸方向3パネル(橋軸方向に全橋の1/2)を対象とした版解析 2)幅員方向全スパン、橋軸方向1パネルを対象とした版解析 3)幅員方向全スパン、橋軸方向には単位長さを考えたビーム質点系解析 の3種類で検討した(表-1)。1)、2)の結果より、必要とするモード数により、切り出す長さを適宜変化させることができることがわかる。また、3)については実測値よりやや高めの値となっているが、これは壁高欄等の剛性評価の違いにより差が生じたものと思われる。そこで図-3のような構造をもつ橋梁モデルを考えて、1)理論式による値 2)板理論による解析 3)梁理論による解析 の3手法によって床版スパン(主桁間隔)、主桁本数を変化させて解析を行ないそれぞれの手法の有効性を比較した。結果を図-4に示す。以上のような解析により、次のようなことが提案できる。1)床版の振動性状を高次モードまで把握するには、幅員方向全スパン、ハンチ部の剛性も考慮した全橋についての板理論に基づく解析は有効である。2)必要とするモード数によっては橋軸方向の切り出す長さを適宜かえることができる。3)地覆程度の構造であれば、梁理論による解析も有効である。4)理論式は床版スパンが大きい等限られた場合にのみ適用できる。

4. あとがき

本研究では、床版の振動測定およびその数値解析についての様々な提案を行なったが、今後の課題としては、1)壁高欄、地覆、ハンチ部の剛性の正確な評価、2)床版がアスファルト舗装を有する場合の舗装の剛性評価、3)損傷を受けた床版に対する適用等の検討が必要であろう。最後に振動測定、数値解析について御指導いただいた名古屋大学島田静雄教授、山田健太郎助教授に厚く御礼申し上げます。

表-1 S12R桁の固有振動数解析結果

	1 次	2 次	3 次
実 測 値	36.2 Hz	39.0 Hz	46.7 Hz
板	全橋床版 34.22 Hz	37.93 Hz	46.26 Hz
理	3パネル 34.20 Hz	38.26 Hz	
論	1パネル 34.55 Hz		
梁 理 論	38.85 Hz		

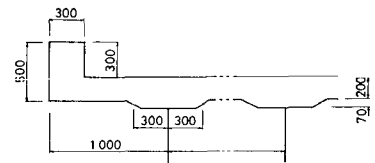


図-3 標準的な橋梁床版モデル

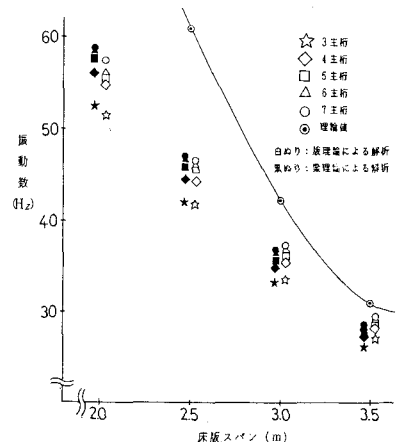


図-4 標準的な橋梁床版の固有振動数の比較