第 部門

数値シミュレーションを用いた橋梁交通振動の再現に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部	学生員	北垣	啓
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	北田	俊行
京都大学大学院工学研究科	正会員	杉浦	邦征

<u>1. 研究背景および目的</u>

橋梁上を車両が走行すると,路面の凹凸により走 行車両の振動が励起され,橋梁上部構造に振動が発 生する.この振動は一般に橋梁交通振動と呼ばれて いる.近年,橋梁交通振動問題は都市内高架橋を中 心に交通量の増加および車両の大型化による周辺 地盤の振動,振動使用性,および部材の疲労損傷と いったあらゆる分野に問題が拡大している.

そこで,本研究では,弾塑性有限変位プログラム EPASS/USSP¹⁾を用い,走行車両の動的応答に着目し, 橋梁の加速度応答について,計測値と解析値の比較 を行うことにより,シミュレーション解析の適用性 について検討する.

2. 現地振動実験および計測方法

対象とする橋梁は,図-1 に示す(独)土木研究所 の試験橋梁(4 本主桁,支間長 30m)である.代表断 面の断面図を図-2 に示す.なお,図中には,主桁番 号,解析で設定した車両走行位置も併記した.現地 振動実験では,対象橋梁の10m 手前から100kNの車 両を速度20km/h と速度40km/h で走行させた.計測 項目は,主桁,, およびのL/4およびL/2地 点の下フランジの鉛直方向加速度であり,ひずみ式 加速度計を用いて計測した.

3. 解析モデル

車両走行による動的応答解析では,路面凹凸を考 慮した車両 橋梁系の運動方程式をニューマーク の 法により遂次積分して応答値を求めた.なお,



図-1 試験橋梁の側面図

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀



図-2 試験橋梁の断面図(単位 mm)

逐次積分においては,時間間隔 0.001 秒, =1/4 とした.モデルは主桁,横桁,および床版は板要素, 対傾構および横構は梁要素でモデル化している.車 両モデルでは左右の車輪位置での横断勾配差や路 面凹凸の差に伴う車両の挙動をも考慮できるよう に,前後・左右の車輪接地力を評価できる三次元 8 自由度の振動モデルを用いた.動的応答解析で,用 いる路面凹凸については,路面のプロファイルは, ISO(Draft)に基づいてモデル化を行った.走行位置は 図-2 の矢印に示すとおりである.

4. 計測値と解析値の比較

4.1 固有振動数

計測で得られた鉛直1次,鉛直2次,ねじれ1次 の固有振動数,ならびに,固有値解析から得られた 固有振動数の比較を表-1に示す.固有値解析によっ て得られた固有振動数は,計測結果とよく一致して いる.

表-1 固有振動数の比較

固有振動モード	計測値 (Hz)	解析値 (Hz)	解析値/計測 値
鉛直1次	3.17	3.18	1.00
鉛直 2 次	11.80	10.82	0.92
ねじれ1次	4.60	4.34	0.94

Kei KITAGAKI, Takashi YAMAGUCHI, Toshiyuki KITADA, Masahide MATSUMURA and Kunitomo SUGIURA

4.2 車両走行時の橋梁の振動特性

試験車両が20km/hで走行したときの主桁 のL/4 地点とL/2 地点の加速度応答波形を図-3,図-4,そ れらの周波数分析結果を図-5,図-6 にそれぞれ示 す.さらに,速度20km/hおよび速度40km/hの場合 の最大応答加速度の比較を表-2および表-3に示す.



主桁

38

29

22

15

表-3 最大応答加速度の比較 (速度40km単位 Gal)

主桁	L/4 地点(Gal)		L/2 地点(Gal)	
	計測値	解析值	計測値	解析值
主桁	59	43	39	45
主桁	63	29	42	26

計測値と解析値との速度 20km/h の加速度波形を 比較すると,解析値は計測値の応答加速度の振幅量 とほぼ一致している.また周波数分析結果の解析値 と計測値の比較では,両者ともに,3~5Hz および 11~13Hz で周波数が卓越していることがわかる.こ れより,L/4 地点ではねじれ1次モードおよび鉛直 2次モード付近が主に励起しており,また,L/2 地 点では,ねじれ1次モード付近で主に励起されてい る.3~5Hz の卓越振動数においては,計測値に比べ て,解析値は計測値と誤差10%となった.速度20km の最大応答加速度に関しては主桁 では,1%の誤差 で収まった.

<u>5. まとめ</u>

- 固有値解析の結果から、本研究で用いた橋梁の 解析モデルは妥当であることが確かめられた。
- 2) 橋梁の鉛直加速度応答および周波数分析結果より本解析モデルを用いた解析により鉛直方向の 挙動をほぼ再現できた。
- 3) ただし、最大応答加速度については車両の走行 位置付近の応答は再現できたものの走行位置と 離れた主桁の応答については異なる結果となっ た.したがって、さらなる精度向上のために床 版および横桁等のモデル化の検討が必要である.
- また,車両のバネ定数・減衰定数および路面の
 凹凸の検討も重要であることを明らかにした.

参考文献

- EPASS/USSP 研究会:EPASS/USSP ユーザーズ・マ ニュアル,入力編, Ver.1.0, JIP テクノサイエンス (株), 2006,10,25.
- 小林義和:道路橋交通振動のシミュレーション解 析および不規則振動解析による評価,大阪大学大 学院工学研究科,博士論文,2000,1
- 構造工学委員会: 交通荷重による橋梁振動に関 する研究の現状と課題, 土木学会, 1994,1

謝辞

解析においては JIP テクノサイエンス(株)の狩野正 人氏,計測ではニチゾウテックの小林義和氏にご協力 いただいた.ここに記して深く御礼申し上げます.