

第I部門

車両-橋梁連成系を考慮した高架橋地震応答解析

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎 神戸大学大学院 学生員 坂田 智基
 神戸大学大学院 正会員 金 哲佑 神戸大学大学院 学生員 岩下 謙司

1. 概要 道路橋を対象とした耐震性能に関する検討は多く行われている¹⁾。道路橋示方書における耐震規定では活荷重と地震荷重の同時発生確率は小さいため考慮しないものとしている²⁾。しかし、近年の都市高架橋では慢性的な交通渋滞状況にあることに加え、橋梁の地震応答に対して影響を及ぼす大型車両の混入率も高まっていることにより、耐震設計における活荷重の取り扱いの方向性を明らかにする必要があると考えられる。本研究では、モード法を用いる地震応答解析によりレベル1地震時に車両の存在が橋梁の地震応答に及ぼす影響について検討を行う。

2. 地震応答解析 地震時の車両-橋梁連成系では構造物基礎の運動が同位相である場合、基礎の加速度に比例する各質点の慣性力が外力として作用するものと考えればよい。

2.1 橋梁モデル Fig.1 に解析に用いる橋梁モデルを示す。対象橋梁は支間 35.0m、総幅員 15.4m (5 本主桁)、桁重量 692.9tf の鋼支承を有する単径間高架橋で、1 節点 6 自由度のはり要素を用い、高架橋および橋脚をモデル化する。本解析モデルは連続立体高架橋の 1 径間を想定するため隣径間の影響を考慮し、橋脚梁部に上部工重量の半分を付加させている。橋梁の減衰定数は、1 次、2 次モードについて $\eta=0.05$ を用いる。また、考慮するモード次数は 17 次 ($f_{17}=21.0\text{Hz}$) である。車両走行位置は G1 桁の内側位置を設定する。路面凹凸は都市内高速道路高架橋で実測されたもの³⁾を用いる。

2.2 固有値解析 Table 1 に固有値解析結果を示す。1~3 次は橋脚のモードが卓越しており、4 次は鉛直曲げ、5 次は橋軸回りのねじれとなっている。

2.3 車両モデル Fig.2 に車両モデルを示す。地震応答解析では橋軸直角方向の挙動が着目されるため、既往の研究で用いられている 8 自由度車両モデル³⁾を拡張し、車両本体ばね上のヨーイング、スウェイおよびばね下前後軸のスウェイを考慮した 12 自由度系車両モデルを用いる。その諸元と振動特性を Table 2 に示す。

2.4 入力地震波 Fig.3 に解析に用いる入力地震波とそのスペクトルを示す。ここでは部材の弾性域内での解析を行うため、設計の際に使用するレベル 1 地震動における I 種地盤のものを用い、それを橋軸直角方向に慣性力として全節点および車両に作用させる。本入力地震波モデルは観測波形を応答スペクトルに合うように振幅調整したものである。

3. 解析ケース 検討する解析ケースは次に示す 5 ケースである。
 CASE-1 (橋梁上に車両重量を考慮しない)、CASE-2 (車両 1 台; $v=5.71\text{km/h}$)、CASE-3 (車両 1 台; $v=60\text{km/h}$)、CASE-4 (車両 5 台; $v=5.71\text{km/h}$) である。

4. 解析結果 Fig.4 に支間中央における水平絶対加速度応答を示す。CASE-1 と比較すると、すべてのケースで最大値、RMS 値ともに若干小さくなっている。Figs.5,6 に車両本体ばね上の水平方向加速度を示す。CASE-3 において、橋上に滞在する時間は約 2.4 秒であるが、地震力の影響を受け

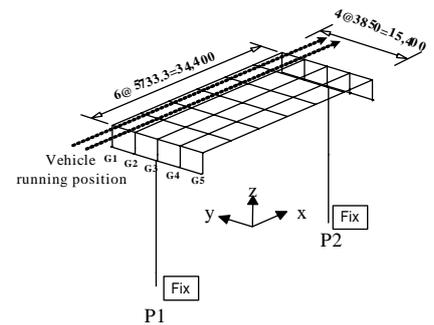


Fig.1 Analytical bridge model

Table 1 Natural frequency of bridge

Mode No.	Mode pattern	Frequency (Hz)
1		Pier bending 1st T1/ 1.662Hz
2		Pier bending 2nd T1/ 2.050Hz
3		Pier bending 3rd T2/ 2.291Hz
4		Vertical bending 1st / 3.224Hz
5		Torsion 1st / 4.903Hz

* T1; Same phase, T2; Reverse phase

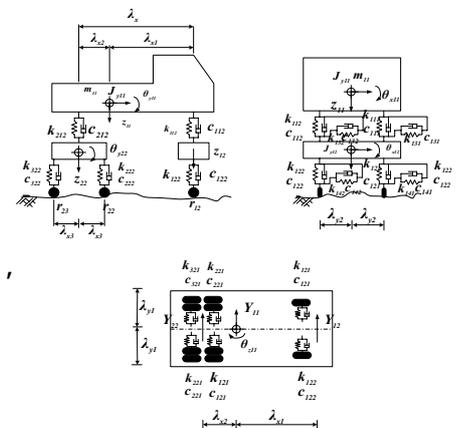


Fig.2 12-DOFs vehicle model

Table 2 Properties of vehicle

Total weight (tf)		19.87
Axle weight (tf)	Front	5.09
	Rear	14.78
Natural frequency (Hz)	Front	1.9
	Body sway	2.6
	Rear	3.2
Logarithmic decrement	Front	0.66
	Rear	0.33
Wheel distance (Right-Left) (m)	Front	2.05
	Rear	1.86
Axle distance (m)	Front-Rear (Front)	3.35
	Rear (Front)-Rear (Rear)	1.3

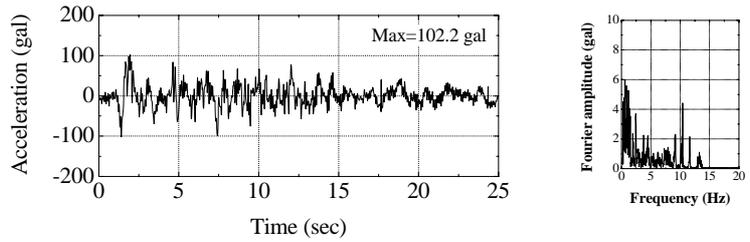


Fig.3 L.v.1 ground motion of stiff soil sites (Group I) from JSHB

て応答が大きくなっていることが分かる。特に、車両が橋上を走行している3秒間に着目すると最大値、RMS値が大きくなっている。

次にCASE-2,4を比較すると最大値ではCASE-2の方が9%程度大きい、RMS値ではCASE-4の方が4%程度大きくなっている。

5.まとめ 本研究では、レベル1地震動を対象として車両の有無が橋梁および車両応答に対してどのような影響を及ぼすのかについて、車両水平方向振動系を考慮した12自由度系車両モデルを用いて検討した。今回の解析結果では、地震時に車両走行を考慮した場合、橋梁応答に大きな差異は見られなかったが、他の地震波での検討を要する。

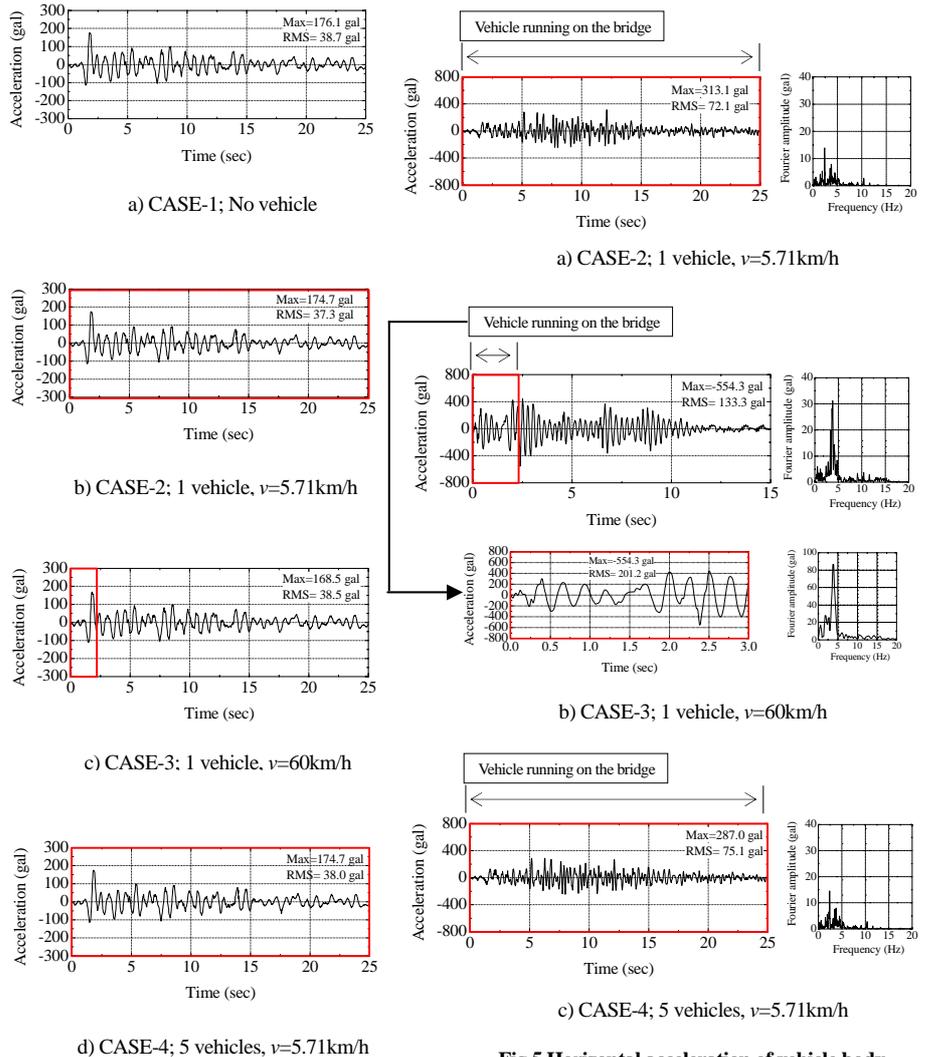


Fig.4 Horizontal absolute acceleration of bridge

Fig.5 Horizontal acceleration of vehicle body

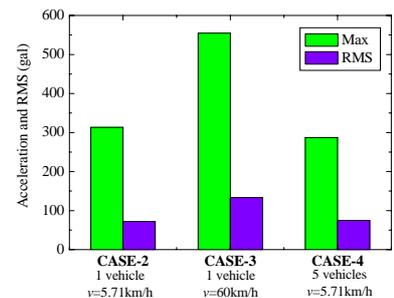


Fig.6 Comparison of vehicle body behavior (Horizontal acceleration of vehicle body)

参考文献

1. 亀田弘行, 室野剛隆, 南莊淳, 佐々木伸幸: 橋梁-車両連成系による道路橋の地震応答特性, 土木学会論文集, No.626/I-48, pp.93-106, 1999.7.
2. 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 耐震設計編, 2002.3.
3. Kawatani, M., Kobayashi, Y. and Kawaki, H.: Influence of Elastomeric Bearings on Traffic-Induced Vibration of Highway Bridges, 5th TRB International Bridge Engineering Conference, Tampa, USA, pp.76-82 (Paper No.580125), 2000.4.