

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎 大阪大学大学院 学生員 ○白 神 亮
 東海旅客鉄道(株) フェロー 関 雅 樹 神戸大学工学部 学生員 神 蘭 卓 海
 ㈱日建設計シビル 正 員 西 山 誠 治 大阪大学大学院 フェロー 西 村 宣 男

1. まえがき

高速鉄道高架橋の列車走行時の振動解析等、高周波数の振動が比較的大きい場合、車両モデルの影響が大きくなる。道路橋においても大型自動車のばね下を考慮する 8 自由度系車両を用いることにより精度の高い解析を行っている。本研究では、高速鉄道高架橋を対象として、2 種類の走行車両モデルの橋梁との連成を考慮した動的解析を実施し、車両モデルの違いが動的応答解析結果に与える影響について考察する。

2. 動的応答解析

2.1 解析手法 橋梁部分を有限要素でモデル化し、振動系である車両との連成振動の微分方程式をモード法により定式化し、Newmarks- β 法を用いて逐次積分をして動的応答を求める。

2.2 走行列車モデル 16 両編成列車の各車両を Fig.1 に示す平面の 2 自由度振動系とばね下も考慮する立体の 9 自由度振動系にモデル化する。走行車両 1 両についてそれらの構造諸元を Table 1 に示す。列車の走行速度は 270km/h とする。

2.3 橋梁モデル 対象橋梁は一般的な鉄筋コンクリートのラーメン高架橋(1 連 24m)の 3 連(72m)について、Fig.2 に示すような有限要素にモデル化する。すべて一節点 6 自由度を有する三次元はり要素である。質量は節点集中質量とし、橋梁部分の鉄筋コンクリートおよびバラストの質量、さらに軌道部分の質量を考慮する。橋軸直角方向について、両端の張出し部の質量は最外側の節点に付加する。橋軸方向端部は自由端の張出し構造となっている。

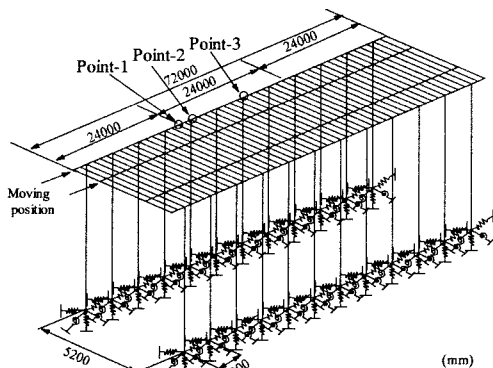
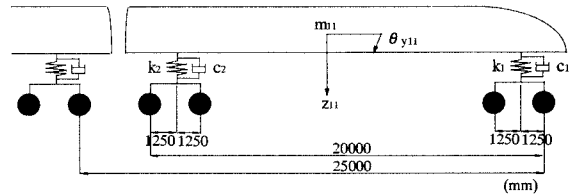
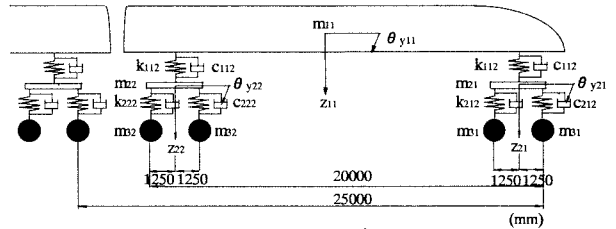


Fig.2 Analytical model of bridge



(1) 2-degree-of-freedom system



(2) 9-degree-of-freedom system

Fig.1 Dimension of vehicles

Table 1 Dynamic properties of moving vehicles

(1) 2-degree-of-freedom system

Total mass (t)	m	45.32
Spring constant k (N/m)	k_1, k_2	1.28×10^6
Damping coefficient c (N·s/m)	c_1, c_2	6.96×10^6
Natural frequency (Hz)	f	1.17

(2) 9-degree-of-freedom system

Mass (t)	m_{11}	32.818
	m_{21}, m_{22}	2.639
	m_{31}, m_{32}	0.9025
Spring constant k (N/m)	k_{11}, k_{12}	8.86×10^5
	k_{21}, k_{22}	2.42×10^6
Damping coefficient c (N·s/m)	c_{11}, c_{12}	4.32×10^4
	c_{21}, c_{22}	3.92×10^4
Natural frequency upper (Hz)	f_u	1.07
Natural frequency lower (Hz)	f_l	7.41

Table 2 Ground spring constant

	Longitudinal	Transverse
Vertical spring of pile top (kN/m)	3.86×10^6	
Rotating spring of pile top (kN·m/rad)	3.64×10^6	2.42×10^6
Horizontal spring of footing (kN/m)	4.84×10^3	4.72×10^3
Horizontal spring of pile top (kN/m)	8.22×10^4	8.08×10^4

Table 3 Property of railway

Area (m ²)	7.75×10^{-3}
Mass (t/m)	0.0608
Moment of inertia (m ⁴)	3.09×10^{-5}
Spring constant of track (MN/m)	70

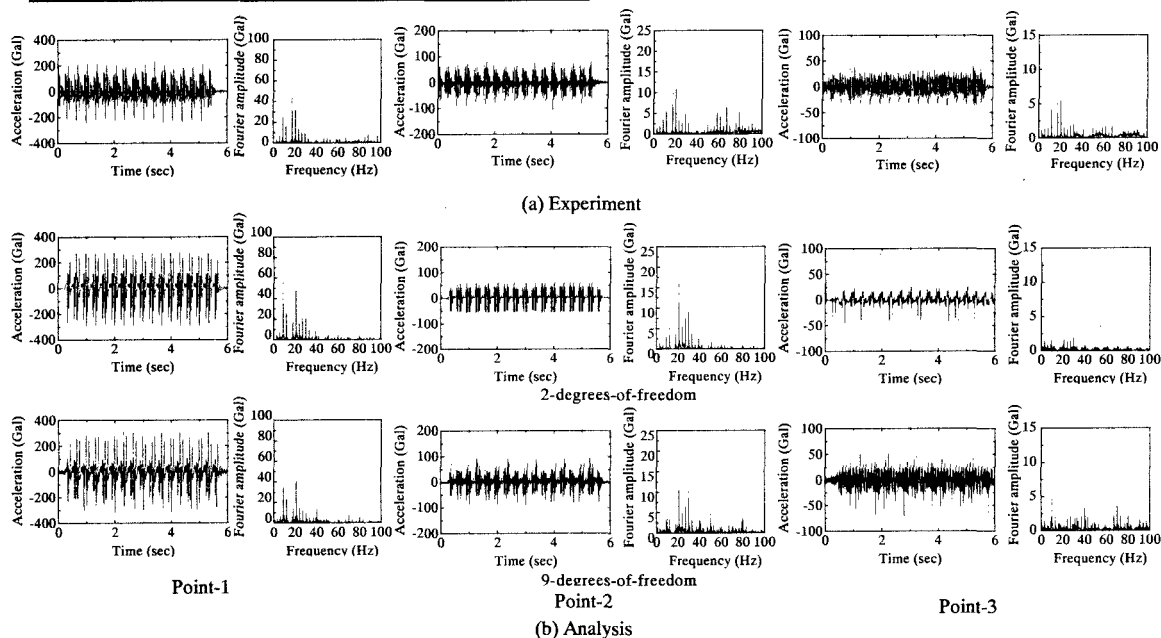


Fig.3 Acceleration of Bridge

橋脚下端部は、地盤の影響を考慮するために二重節点を定義し、地盤ばねを設ける。地盤ばねの値を Table 2 に示す。

2.4 軌道モデル レールは一節点6自由度を有する三次元はり要素とする。軌道支持部の構造として、枕木位置下端に二重節点を定義し、鉛直方向にばねを設ける。軌道のばね係数を Table 3 に示す。ばね係数は、輪重とレールの上下変位の比で求めた値を用いる。レールの軌道狂いについては高低狂いのみ考慮する。

3. 解析結果

3.1 固有値解析 固有値解析の結果は、2Hz 付近で水平方向の振動が卓越し、12Hz～16Hz で鉛直振動が卓越する。解析時に考慮する固有振動モード次数は軌道部分の振動が卓越するモードを考慮して 769 次($f = 300\text{Hz}$)とする。

3.2 実測値との比較 下り線を列車が速度 270km/h で走行する場合について考察する。実測値と解析値の鉛直方向の加速度波形とフーリエスペクトルを、Point-1(張出し構造部)、Point-2(第 1 柱)、Point-3(第 3 柱)について Fig.3 に示す。実測値と解析値とも 100Hz のローパスフィルタをかけて比較する。相対的に高周波数の振動が小さい Point-1(張出し構造部)では 2 自由度振動系、9 自由度振動系で加速度応答に大きな差は無いが、相対的に高周波数の振動が大きい Point-2(第 1 柱)、Point-3(第 3 柱)では加速度応答に差があり、ばね下も考慮されている 9 自由度振動系のほうがより実測値に近い値を示している。

4. まとめ 高速鉄道高架橋の列車走行時の振動解析等、高周波数の振動が比較的大きい場合、車両モデルの違いにより加速度応答が変化し、十分な解析精度を得るためには、ばね下も考慮しているモデルで解析を行う必要があることが分かる。

参考文献

- 1) 川谷充郎・山田靖則・嶽下裕一：三次元車両モデルによる桁橋の動的応答解析，土木学会論文集，No.584/I-42, pp.79-86, 1998.1.