

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎
 東海旅客鉄道(株) フェロー 関 雅樹
 (株) 日建設計シビル 正 員 西山 誠治

神戸大学大学院 学生員 ○何 興文
 神戸大学工学部 学生員 曾布川 竜

1. まえがき 高速鉄道高架橋の周辺に建物が隣接して立地する地域では、地盤条件によっては列車通過時の沿線振動対策を検討する必要がある。列車通過時の高架橋振動による沿線地盤振動のメカニズムを解明するために、走行列車と高架橋との連成振動を解析し、橋脚下端の地盤反力を正確に求めることが必要である。本研究では、9自由度系走行車両モデルの橋梁との連成振動解析を実施し、高架橋の振動を実測値と比較しつつ¹⁾、地盤反力を評価する。

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、Newmark's- β 法を用いて逐次積分をして動的応答を求める。

2.2 橋梁モデル 対象橋梁は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.1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。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 1に示す。

Table 1 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 2 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

Table 3 Dynamic properties of moving vehicles

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

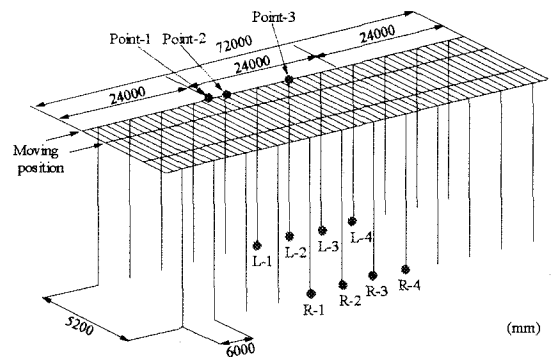


Fig.1 Analytical model of bridge

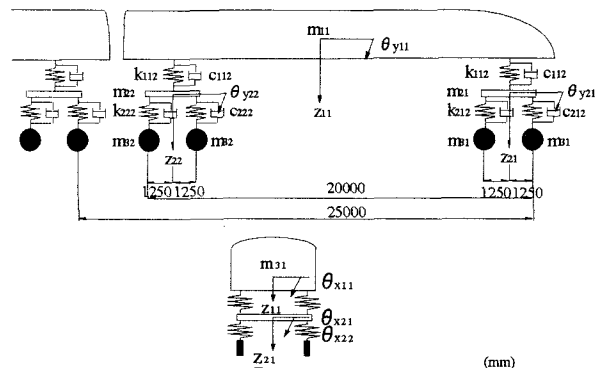
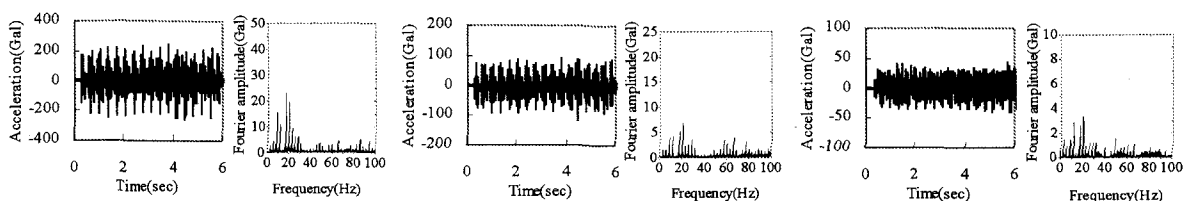
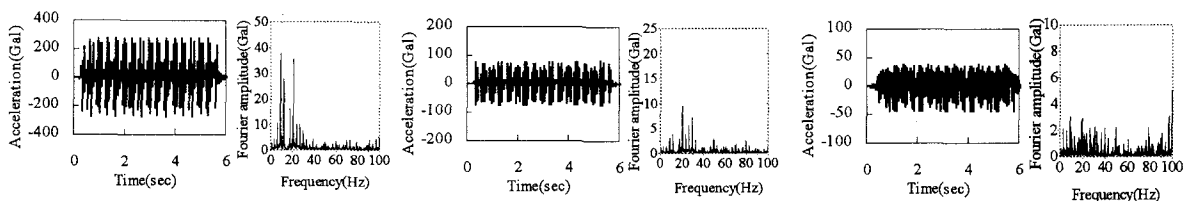


Fig.2 Dimension of vehicles



(a) Experiment

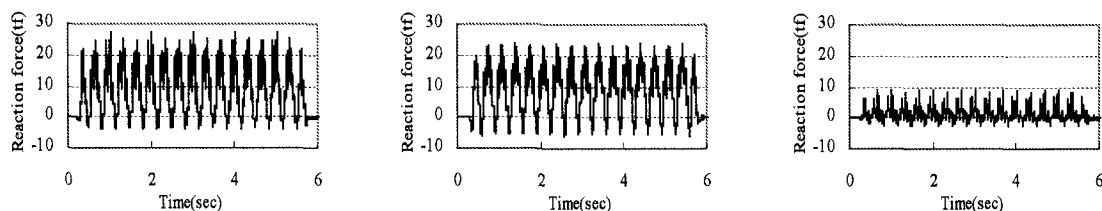


Point-1

Point-2

Point-3

Fig.3 Acceleration of Bridge



L-1

L-2

R-1

Fig.4 Reaction force of piers

2.3 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 2** に示す。レール踏面の軌道狂いについては高低狂いのみ考慮する。

2.4 走行列車モデル 16 両編成列車の各車両を **Fig.2** に示す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 3** に示す。列車の走行速度は 270km/h とする。

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高周波を考慮して 277 次($f=102\text{Hz}$)とする。

3.2 実測値との比較 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。Point-3 において両方のフーリエスペクトルは多少異なるが、Point-1 と Point-2 では解析結果と実測値とよく合うことがわかる。

3.3 地盤反力 地盤反力の計算は車輪の接地力と橋梁の慣性力を考慮して影響値を用いて行うものとする。その解析結果を **Fig.4** に示す。L-1 と R-1 より一車両の重さ 39.901 t に動的作用を加え、他の柱の支持も考えて妥当な応答結果であると考えられる。橋脚 L-1 において張り出し部の加速度応答が大きいことより、反力応答もパネル中央部分の橋脚 (L-2) より若干大きいことが分かる。

4. まとめ 9 自由度車両モデルと橋との連成振動解析結果の加速度を実測値と比較検討することより、解析の妥当性が分かり、さらにここで求めた地盤反力を地盤振動解析に用いることができる。

参考文献

- 1) 川谷充郎・白神亮・関雅樹・神蘭卓海・西山誠治・西村宜男：高速鉄道高架橋の列車走行時の振動解析に車両モデルが与える影響，平成 14 年度土木学会関西支部年次学術講演会，I-71，2002.5。