

高速鉄道高架橋の列車走行時の地盤反力および解析の効率化

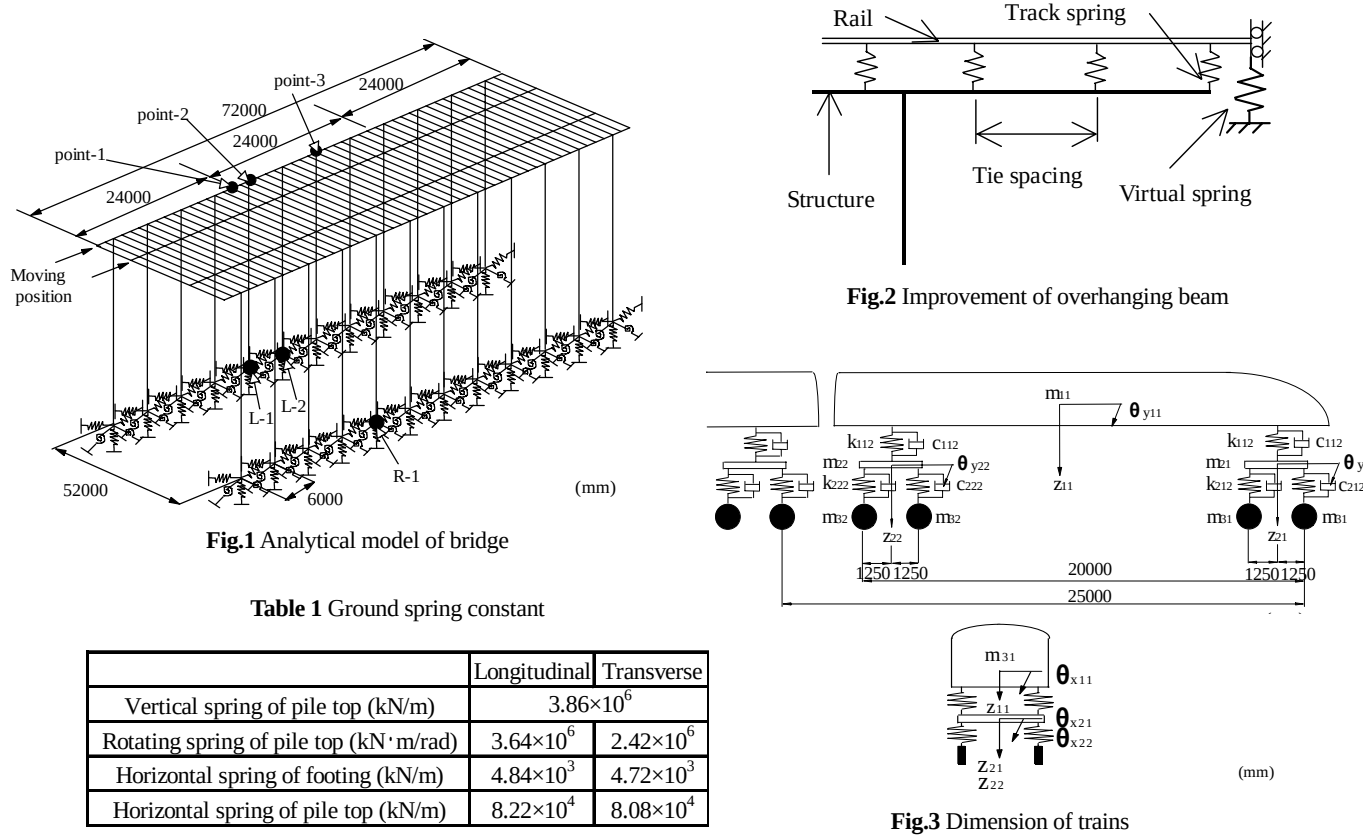
神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎 神戸大学大学院 学生員 何 興文
東海旅客鉄道（株） フェロー 関 雅樹 神戸大学工学部 学生員 ○曾布川 竜
（株）日建設シビル 正 員 西山 誠治

1. まえがき 高速鉄道高架橋において列車走行時の沿線振動について検討するためには、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。また、三連橋梁モデルを用いる解析は長時間の計算を要することから、一連橋梁モデルによる解析の効率化について検討する。

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-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(一連 24m)の三連(72m)について、Fig.1 に示すような有限要素にモデル化する（以下三連モデル）。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。また、解析の効率化のため、高架橋を一連のみ(24m)とする場合（以下一連モデル）、張出し部が自由端のため応答が過大となることから、Fig.2 に示すようにレール端部に二重節点を定義し、仮想支持ばねを設ける。ばね係数は橋梁各部の加速度応答が実測値に近づくよう調整し、鉛直方向のばね係数を 784MN/m とする。

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。軌道の鉛直方向のばね係数は 70MN/m とする。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。



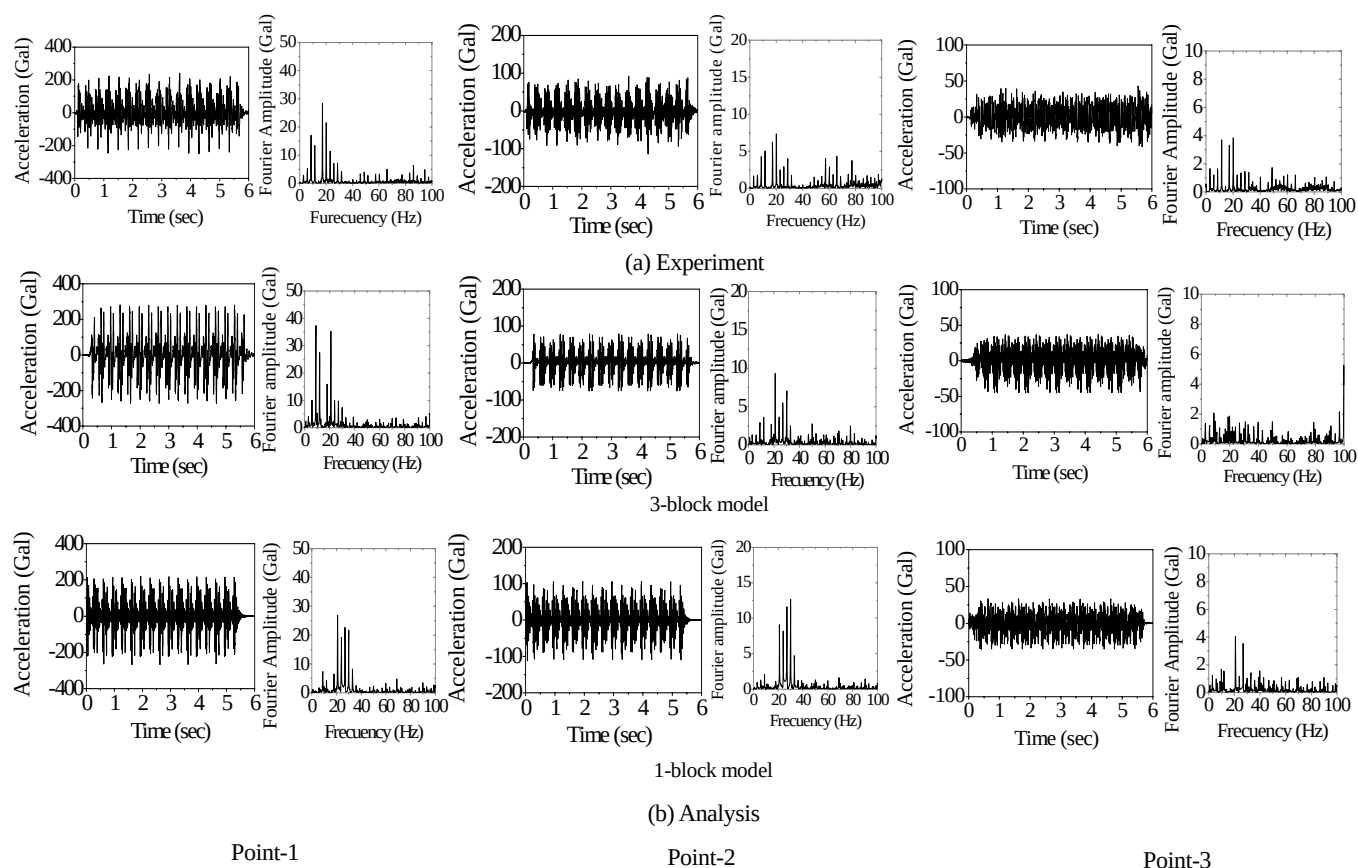


Fig.4 Acceleration of Bridge

2.4 走行列車モデル 16両編成列車の各車両を Fig.3 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。一車両質量を 39.901 t とし、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.4 に示す。三連モデルと一連モデル共に、実測値とほぼ類似した結果が得られている。

3.3 地盤反力 解析結果を Fig.5 に示す。ここで、一連モデルにおいて、レール端部の仮想支持ばねに反力が分散すると考えられるため、反力の静的応答値の比により補正を行っている。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、本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。また、一連モデルを用いても実測値に近い結果が得られることができ、解析の効率化が可能になった。

参考文献

- 1) 川谷充郎・白神亮・関雅樹・神蘭卓海・西山誠治・西村宣男：高速鉄道高架橋の交通振動解析に及ぼす車両モデルの影響，土木学会第 57 回年次学術講演会，I-553，2002.9.

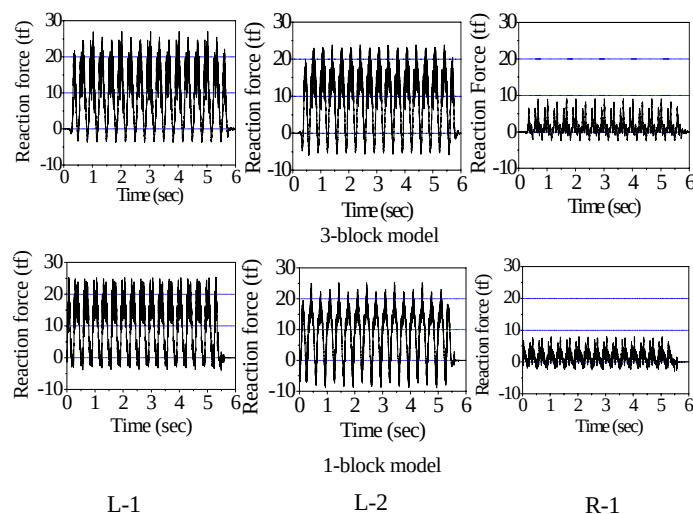


Fig.5 Reaction force of piers