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

| 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㈱ | フェロー | 関 雅樹 | 神戸大学大学院 | 学生員 | 神 薗 | 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 車両走行時の橋梁の振動解析結果は車両モデルの影響を受ける場合が多く,車両モデルとしては平面モデル,立体モデル¹⁾,ばね下の有無等で区別することができる.本研究では,高速鉄道高架橋を対象として,3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.

<u>2.1 解析手法</u> 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,平面でばね下も考慮する6自由度振 動系と立体の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.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.車両走行 位置は立体車両モデルの場合は Fig.2 で示す位置とし、平面車 両モデルの場合はその中心位置とする.

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.

 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 frquency (Hz) | f | 1.17 |





(2) 9-degree-of-freedom system

Fig.1 Dimension of vehicles



(2) 9-degree-of-freedom system

| m ₁₁ | 32.818 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| m ₂₁ ,m ₂₂ | 2.639 |
| m ₃₁ ,m ₃₂ | 0.9025 |
| k ₁₁ ,k ₁₂ | 8.86×10 ⁵ |
| k ₂₁ ,k ₂₂ | 2.42×10^{6} |
| c ₁₁ ,c ₁₂ | 4.32×10 ⁴ |
| c_{21}, c_{22} | 3.92×10 ⁴ |
| f_u | 1.07 |
| f_l | 7.41 |
| | $\begin{array}{c} m_{11} \\ m_{21},m_{22} \\ m_{31},m_{32} \\ k_{11},k_{12} \\ k_{21},k_{22} \\ c_{11},c_{12} \\ c_{21},c_{22} \\ f_u \\ f_l \end{array}$ |

キーワード:高速鉄道高架橋 列車車両モデル 橋梁交通振動 動的応答解析 連絡先:〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 Phone:078-803-6278, Fax:078-803-6069

土木学会第57回年次学術講演会(平成14年9月)



<u>3.1 固有値解析</u> 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÷300Hz)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, 6, 9 各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,ばね下を考慮していない 2 自由度振 動系よりばね下を考慮している 6 自由度振動系および 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.6 自由度系と 9 自由度振動系では結果に大きな差は見られないが, Point-1(張出し構造部)では高周波数領域 において立体モデルの 9 自由度振動系の方が実測値に近い.

<u>4.まとめ</u> 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,立体でばね下も考慮している車両モデルで解析を行うほうがより十分な解析 精度を得ることができることがわかる.

参考文献

 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.