

高速鉄道高架橋の枕木増設による振動軽減対策

神戸大学工学部 正 員 川谷 充 郎
 東海旅客鉄道(株) フェロー 関 雅 樹
 (株)日建設 正 員 西山 誠 治

大阪大学大学院 学生員 ○白 神 亮
 大阪大学大学院 学生員 下 村 公一朗
 大阪大学大学院 フェロー 西 村 宣 男

1. まえがき 環境振動に対する意識の高まりから、高速鉄道高架橋において振動軽減対策が必要となってきた。これらの対策は、鉄道事業者の用地内で完結するのが望ましく、土構造部分では路盤下地盤への注入により、地盤の周波数特性を変化させ成果が得られている^{1),2),3)}。今回、高架橋を対象として枕木増設により、振動特性の高周波数側へのシフト、軌道変形の減少による応答値の低減等を目的とした対策を試行している。一方、この対策工の検証には、走行列車と構造物の連成解析が有効である。従来、単純支持桁における連成解析は検討されてきたが⁴⁾⁵⁾、ラーメン高架橋を対象とした連成解析は行われていないのが現状である。そこで、新幹線ラーメン高架橋を対象として、走行車両との連成を考慮した動的解析を実施し、解析手法の妥当性を検証するとともに、枕木増設の影響についても検討することを目的とする。

2. 動的応答解析 2.1 橋梁モデル 対象橋梁は新幹線の一般的なラーメン高架橋であり、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梁要素である。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。橋軸方向端部は自由端である。実構造物ではレールおよびバラストは隣接する高架橋と連続であるが、この部分の影響についてはレール端部を弾性支持することで考慮する。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。

2.2 走行列車モデル 16 両編成列車の各車両を前輪、後輪ともに 2 軸を有する 2 自由度振動系にモデル化する。走行車両 1 両についてその構造諸元を Table 2 に、またその寸法を Fig.2 に示す。列車の走行速度は 270km/h とし、走行位置は下り線の線路の中心位置である橋脚の中心から 500mm の位置とする。

2.3 軌道モデル 列車が走行する軌道のモデルは、枕木の間隔を増設前の 0.58m と、増設後の 0.53m とする 2 つのモデルを考える。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。

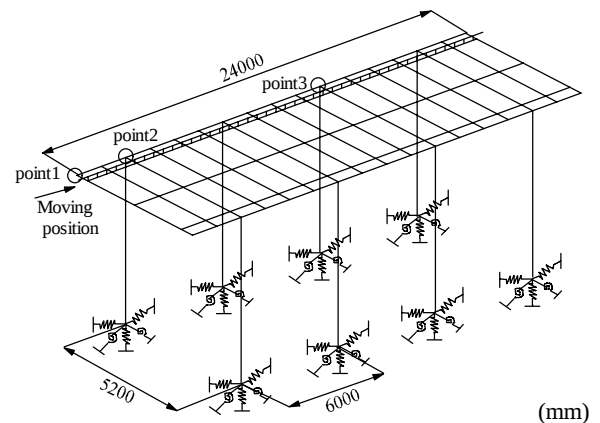


Fig.1 Analytical model of bridge

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

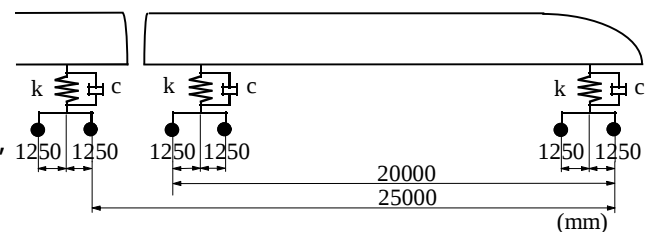


Fig.2 Dimension of vehicles

Table 2 Dynamic properties of moving vehicles

Total mass (t)	45.32
Mass moment of inertia ($t \cdot m^2$)	3.14×10^3
Spring constant k (N/m)	1.28×10^6
Damping coefficient c (N·s/m)	6.96×10^6

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)	140

キーワード：鉄道高架橋，新幹線車両，橋梁交通振動，枕木増設

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, Phone:078-803-6278, Fax:078-803-6069

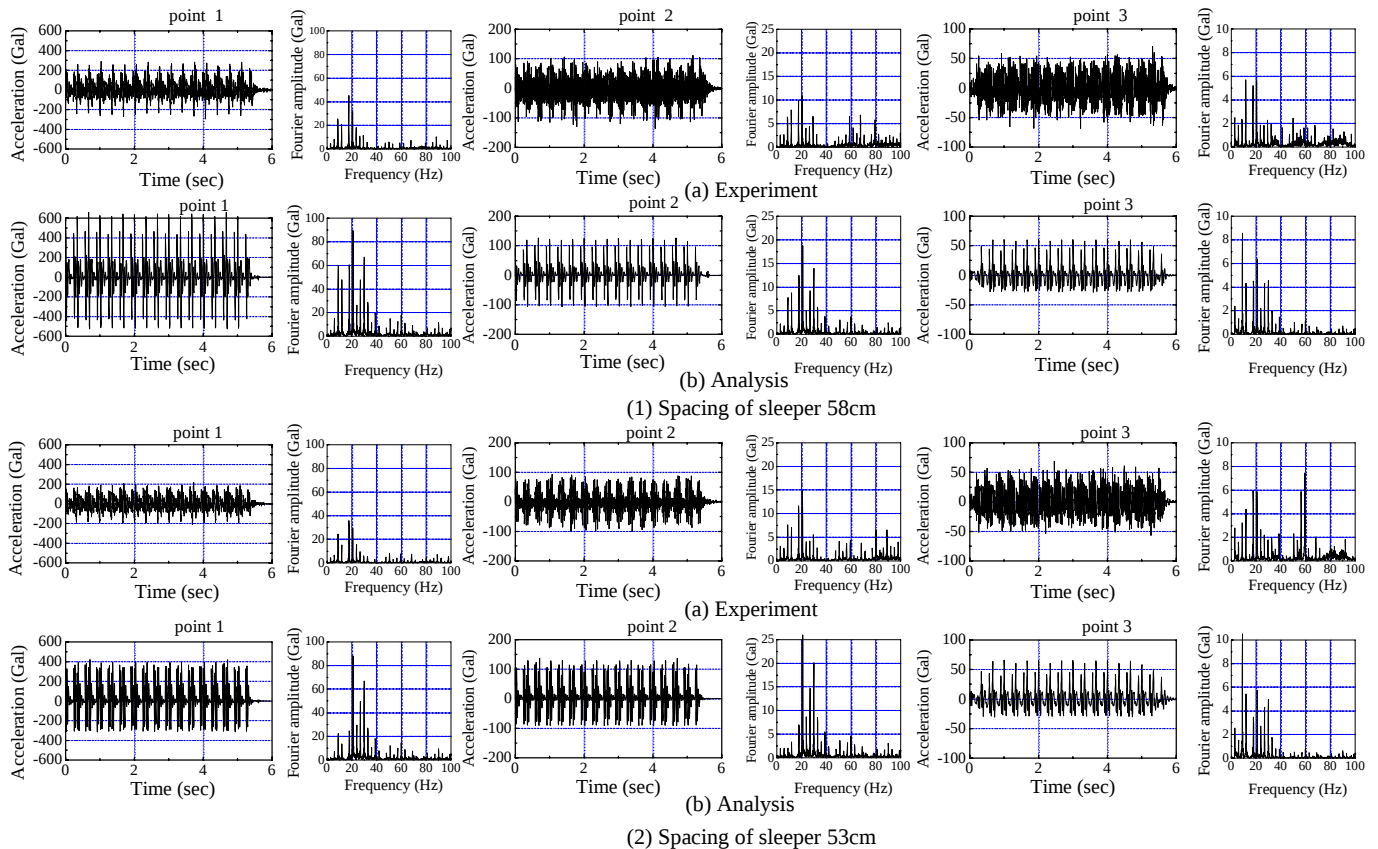


Fig.3 Response of bridge

3. 解析結果 3.1 固有値解析 橋梁モデルについての固有値解析結果は、1次から3次モードまでは橋梁が水平方向に動くモードである。また、4次、5次モード($f_4=12.7\text{Hz}$, $f_5=12.8\text{Hz}$)で曲げの振動が卓越している。解析時に考慮する橋梁の振動次数は、加速度の応答の収束を考慮して35次($f_{35}=28.7\text{Hz}$)までとする。

3.2 動的応答解析 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。枕木増設前後の鉛直方向の加速度波形とフーリエスペクトルを、point1(張出し部)、point2(第1柱)、point3(第3柱)についてFig.3に示す。鉛直方向の応答については、実測値と解析値の波形はよく類似しており、解析は実測波形をよく表現できている。またフーリエスペクトルについても地盤振動に影響の大きい10Hzおよび20Hz付近が卓越しており、解析は周波数特性も表現できている。ただ、高周波数の成分は解析では小さくなっている。

3.3 枕木増設の影響 実測値、解析値ともに枕木増設の前後で、加速度応答波形の概形は、ほぼ同じであるが、最大加速度については、point1(張出し部)、point2(第1柱)では増設後小さくなっており、増設の効果がある。一方point3(第3柱)では絶対値が小さいため、それほど枕木増設の効果は評価できない。フーリエスペクトルについては、実測値、解析値ともに低周波領域では卓越振動やピーク値の変化は小さい。今後、柱下端の応答値にも着目し地盤振動の評価を行う必要がある。解析では、張出し部の応答や高周波数の部分の表現について課題を残しており、構造物の2連モデルの採用や軌道構造および列車モデル等の精査を行う必要がある。これらの課題を解決し、有効な振動低減工を検討する予定である。

参考文献

- 1) 関雅樹・大上卓司・徳丸哲義・青柳幸穂: 鉄道振動の発生と伝播に関する一考察, 鉄道連合シンポジウム(J-rail'96), 1996.
- 2) 斎藤一・関雅樹・青柳幸穂・徳丸哲義: 薬液注入による地盤振動特性の変化, 土木学会第51回年次学術講演会, -265, 1996.9.
- 3) Masaki Seki, Yoichi Inoue and Yasukuni Naganuma: "Reduction of subgrade vibration and track maintenance for Tokaido Shinkansen", WCRR'97, Vol.E, 1997.
- 4) 松浦章夫: 高速鉄道における橋桁の動的応答に関する研究, 鉄道技術研究報告, No.1074, 1987.3
- 5) 松浦章夫: 高速鉄道における橋桁の動的挙動に関する研究, 土木学会論文報告集, No.256, pp.35-47, 1976.12