

弾性支承を有する鋼 2 主桁橋の走行荷重下の三次元動的応答解析

神戸大学工学部 藤井 川谷 充郎 大阪大学大学院 学生員 〇下村 公一朗
 浦項大学校 正員 金 哲 佑 日本道路公団 正員 安松 敏雄
 (株) エース 正員 河田 直樹 大阪大学大学院 藤井 西村 宣男

1. まえがき 近年、鋼道路橋の設計、製作、架設の合理化、省力化の観点から、少数主桁橋の建設が進められている。しかし、その構造特性が橋梁の動的挙動に与える影響¹⁾について検討した例はほとんどない。そこで、本研究では、少数主桁橋の走行荷重下の動的応答特性を解析的に明らかにするため、主桁のみならず、床版、ウェブ等、局所的な振動にまで着目し三次元解析を行う。橋梁各部の加速度応答から、2 主桁化および弾性支承化の橋梁の動的応答特性に及ぼす影響について評価する。

2. 動的応答解析手法 対象橋梁は支間 53.0+53.0m、幅員 11.4m の 2 径間連続 PC 床版 2 主桁橋である。本橋梁の下部構造は橋軸直角方向の剛性が高いため、上部構造のみをモデル化する²⁾。床版、主桁、横桁および壁高欄を平面シェル要素、その他補剛材等は梁要素でモデル化する。Fig. 1 に解析モデルを示す。支承構造として二重節点を定義し、その節点間に各方向および回転に対するばね定数を設定する。また、各要素の断面諸元算定において、本橋は非合成桁橋であるが実際には合成桁橋に近い挙動を示すことを考慮し合成桁として扱う³⁾。床版は 31cm 厚の等方性床版とする。質量は回転慣性質量を考慮して整合質量にモデル化し、アスファルト舗装等の橋面死荷重も詳細に考慮する。橋梁の対数減衰率は実測値に従い、1 次、2 次振動に対してそれぞれ $\delta = 0.045$, $\delta = 0.040$ とする。本橋の平面線形はやや曲線($R=1000m$)を描いているが、直線とする。応答着目位置として、床版、壁高欄上端、ウェブ等を設定し、それらを Fig. 1 に示す。走行車両は走行試験車両および一般的な後輪タンデムの大型トラック(以下、それぞれ **VEH-EX**, **VEH-1**)を 8 自由度振動系車両にモデル化する⁴⁾。車両のばね上およびばね下振動の卓越振動数を Table 1 に示す。走行位置としては、試験走行位置および G1 桁外側位置を設定する(Fig. 1 参照)。路面凹凸は実測値に基づいたシミュレーション波形を用い、継手部の段差には実測値を用いる。モード法による橋梁と車両の連成振動の微分方程式を Newmark's- β 法により逐次積分し応答を求める。

3. 解析結果と実測結果の比較

3.1 固有値解析 2. に示した解析モデルに対する固有値解析結果として、主桁の曲げおよびねじれの振動モード形状を現地走行試験により得られた固有振動数の実測値とともに Fig. 2 に示す。曲げ振動、ねじれ振動ともに、固有振動数は実測値と比較的一致しており、解析モデルの妥当性が確認できる。また、床版の曲げ振動は 7~8Hz 付近、ウェブの面外方向振動は 13~14Hz で現れ始め、弾性支承は 14Hz 付近で鉛直方向に振動し始める。

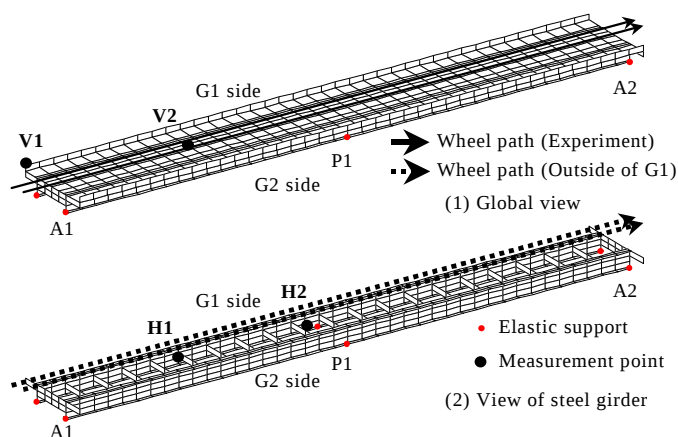


Fig. 1 Analytical model of bridge

Table 1 Typical frequency characteristics of vehicle models (Speed 100km/h, unit: Hz)

Type	Bouncing of vehicle body	Tramp of front axle	Tramp of rear axle
VEH-EX	3.00	8.54	9.75
VEH-1	3.30	16.35	19.16

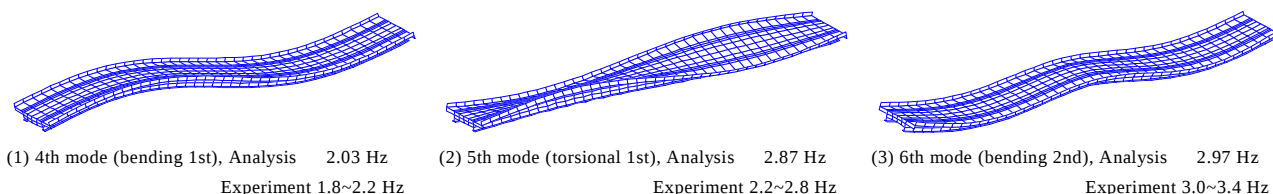


Fig. 2 Natural mode shapes and Natural frequencies of bridge

キーワード: 2 主桁橋, 橋梁交通振動, 三次元解析, ウェブの加速度応答

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

3.2 橋梁の加速度応答

A1~A2 方向に **VEH-EX** が走行速度 100km/h で単一走行する場合について、

A1 joint 部 G1 側の壁高欄

上端 **V1** および第 1 径間中

央の床版 L/4 点 **V2** にお

ける鉛直方向加速度応答お

よびそのフーリエ振幅の解

析結果(200 次モードまで

考慮, $f_{200}=30.541\text{Hz}$)を実

測結果とともに Fig. 3 に示

す(Fig. 1 参照). 解析, 実

測ともに, 車両の橋梁進入時における伸縮継手部段差通過による衝撃的な起振の影響が大きく見られる. 壁高欄上端では特に顕著にその影響が現れている. フーリエ振幅における 15Hz 程度の振動成分が卓越しており, 端部床版および弾性支承等の局所的な振動の影響が大きい. 一方, 床版 L/4 点の応答については, 3Hz 付近の振動成分が卓越しており, 床版自身の曲げ振動の影響に比較し, 主桁全体の曲げ振動およびねじれ振動の影響が大きく現れているものと考えられる. また, 今回 2 主桁化により懸念された 10Hz 以下の低周波数域での床版の鉛直方向振動成分は実測, 解析どちらにおいても見られない. 実測結果, 解析結果ともに同様の結果を示しており, 解析の妥当性を確認できる.

4. 合理化桁ウェブの動的応答特性 A1~A2 方向に **VEH-EX** が走行速度 100km/h で単一走行する場合について, 第 1 径間中央の横桁結合部におけるウェブ **H1**, 中間支点近傍のウェブプレート中央 **H2** の面外方向振動加速度およびそのフーリエ振幅の解析結果を Fig. 4 に示す. 横桁との結合部におけるウェブの面外方向振動については, 3Hz 付近の振動が卓越しており, ウェブ自身の振動に比較し, 主桁全体の振動の影響が大きい. 横構省略により断面のねじり剛性が低下し, 主桁のねじり振動の影響が大きくなる. 一方, ウェブプレート中央の応答には, 主桁全体の振動による影響はほとんど見られず, 15Hz 以上の高周波振動成分が卓越している. そこで, 高周波成分についてさらに調べるため, **VEH-EX** に比較し, 高いばね下振動数成分を有する走行車両 **VEH-1** が, 走行試験位置および G1 桁外側位置を走行する場合の **H2** の面外方向振動加速度およびそのフーリエ振幅の解析結果を Fig. 5 に示す. ばね下振動数が大きくなることにより, 応答が増幅されている. また, G1 桁の内側を走行する場合の応答が大きくなっており, 2 主桁化による床版のたわみの増加によるウェブの面外方向振動への影響が大きいと考えられる.

参考文献

- 1) 日本道路公団試験研究所, 橋梁研究室:平成 9 年度 鋼少数主桁橋の交通振動特性に関する検討報告書, 1998.3.
- 2) 高橋昭一・志村勉・橋吉宏・小西哲司:PC 床版 2 主桁橋「ホロナイ川橋」の設計および解析・試験検討, 橋梁と基礎, Vol.30, No.2, pp.23-30, 1996.2.
- 3) 橋吉宏・高橋昭一・山中治・吉岡昭彦・牛島祥貴・辻角学:PC 床版 2 主桁橋「ホロナイ川橋」の載荷試験, 土木学会第 51 回年次学術講演会概要集, I-A341, 1996.9.
- 4) 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.

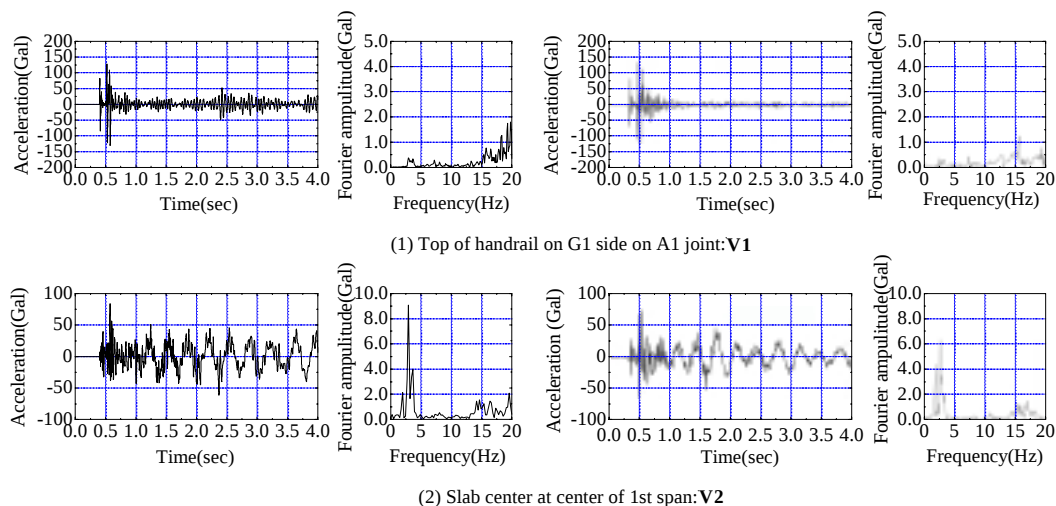


Fig. 3 Acceleration of bridge (single vehicle, speed 100km/h)

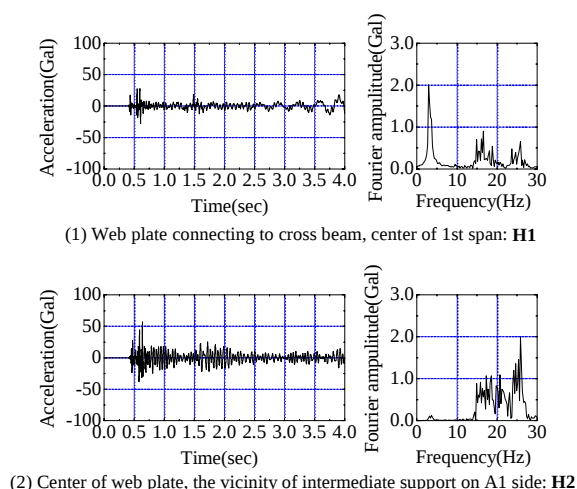


Fig. 4 Acceleration of web (Moving vehicle: **VEH-EX**)

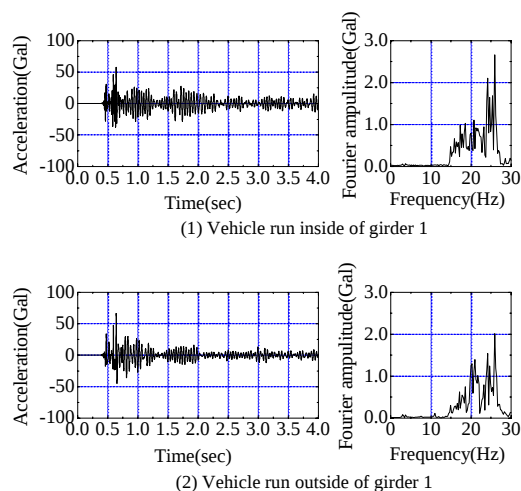


Fig. 5 Acceleration of web plate (Moving vehicle: **VEH-1**) (Vicinity of intermediate support on A1 side: **H2**)