

神戸大学工学部 フェロ・川谷 充 郎
 浦 港 大 学 校 正 員 金 哲 佑
 大阪大学大学院 フェロ・西村 宣 男

大阪大学大学院 学生員○下村 公一朗
 日本道路公団 正 員 安松 敏 雄

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。少数主桁橋は、床版支間が多主桁橋に比べて大きくなるため、床版の主桁に対する相対たわみが増加する。また、横構の省略等合理化設計に基づくブレーシングシステムの簡略化により橋軸まわりのねじり剛性が小さくなる。これら少数主桁橋の構造特性が橋梁の動的挙動に与える影響について検討した例はほとんどなく、さらに阪神大震災以降、支承部の構造としてゴム支承が多く用いられるようになったが、ゴム支承の鉛直方向の変形が走行荷重下の橋梁の振動にどのような影響を与えるかについては十分に検討されているとは言えない。本研究では、少数主桁橋の走行荷重による動的応答特性を解析的に明らかにするため、主桁応答、床版挙動だけでなく、ウェブの挙動および弾性支承化に起因する橋梁端部の振動にまで着目して、三次元解析を行う。実測値との比較により解析の妥当性を検証し、橋梁各部の加速度応答値から、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 ($R=1000\text{m}$)を描いているが、直線とする。応答着目位置として、床版中央、壁高欄上端、ウェブ等を設定し、それらを Fig. 1 に示す。走行車両は後輪タンデムのダンブトラックを 8 自由度振動系車両にモデル化し⁴⁾、左輪中心を G1 桁より内側 470mm の位置として走行する (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

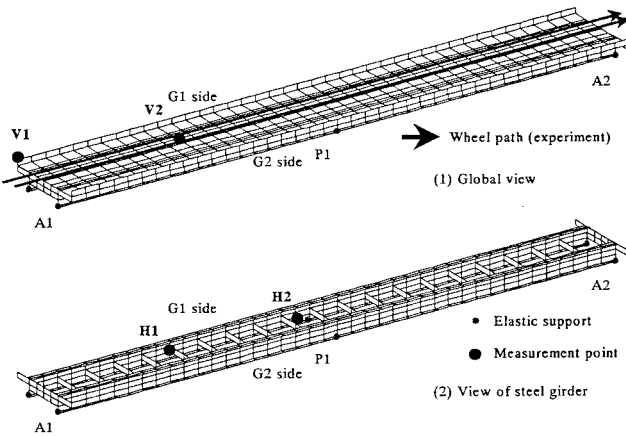


Fig. 1 Analytical model of bridge

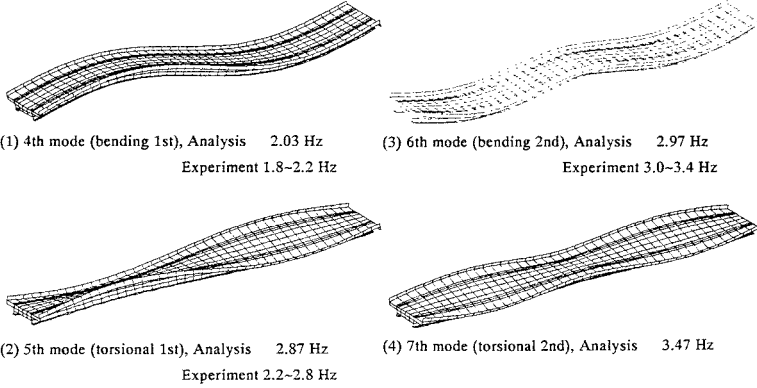


Fig. 2 Natural mode shapes and Natural frequencies of bridge

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。

3.2 橋梁の加速度応答 橋梁を A1~A2 方向に 196kN dump truck 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 径間中央の床版中央位置 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~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、床版中央の応答については、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 3.2 と同様に、A1~A2 方向に 196kN dump truck 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ない。15Hz 以上の高周波振動成分が卓越しており、床版のたわみ振動とウェブの面外方向振動の連成等、局所的な振動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.

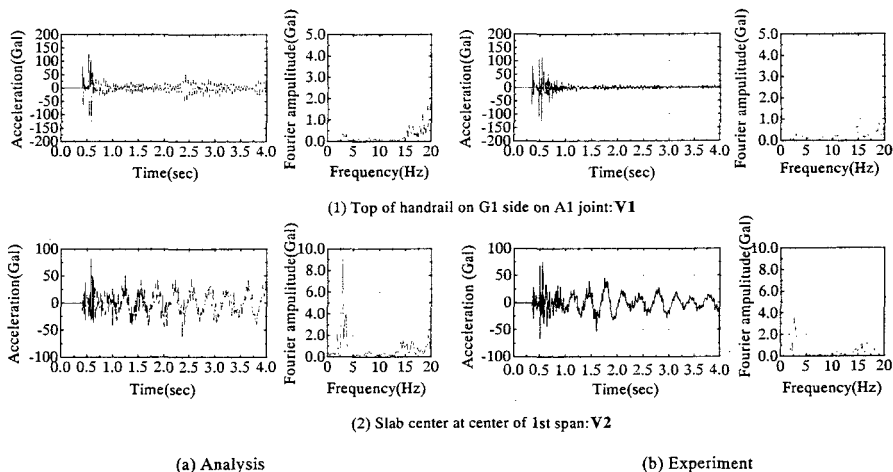


Fig. 3 Acceleration of bridge (single vehicle, speed 100km/h)

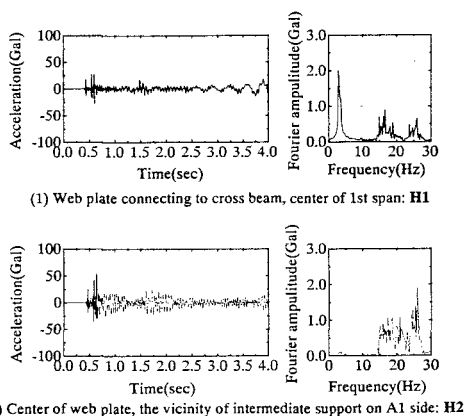


Fig. 4 Acceleration of web