

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 正会員 川谷充郎 神戸大学工学部 学生員 ○安里 智
日本道路公団 正会員 安松敏雄

1. はじめに 近年、合理化の観点から、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と考えられる。著者らは、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試みを始めている¹⁾。本研究では、さらに車両振動との関連を考察する。固有振動特性に関しては、実橋での実測値と比較して解析モデルの妥当性を確認する。橋梁の動的応答に関しては、主桁の動的変位と床版の主桁に対する相対たわみに着目し、その特性を評価・検討する。

2. 解析手法と解析モデル **2.1 橋梁モデル** 対象橋梁は支間長 53.0+53.0m、幅員 11.4m の非合成鋼 2 径間 P C 床版 2 主桁橋である。床版を板要素、主桁・横桁・壁高欄を梁要素として Fig.1 のようにモデル化する²⁾。総節点数は 189、すべて 1 節点あたり 6 自由度の平面モデルであり、支承部に関しては弾性支承モデルの固有振動数と相違が小さいため、鋼支承モデルとする。なお、第 2 径間目の床版応答に着目する場合、節点数を少なくするため、中間支点に関して対称なモデルを別途作成し、第 2 径間目の応答を調べる。床版コンクリートと鋼との弾性定数比は、 $n=6.7742$ [床版コンクリート $E_c=3.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ ($E_c=3.04 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$)、鋼 $E_s=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ($E_s=2.06 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$)] とする³⁾。質量は Lumped Mass として与え、各節点に振り分ける。床版は 31cm 厚の等方性床版であり、橋軸直角方向に非対称である。

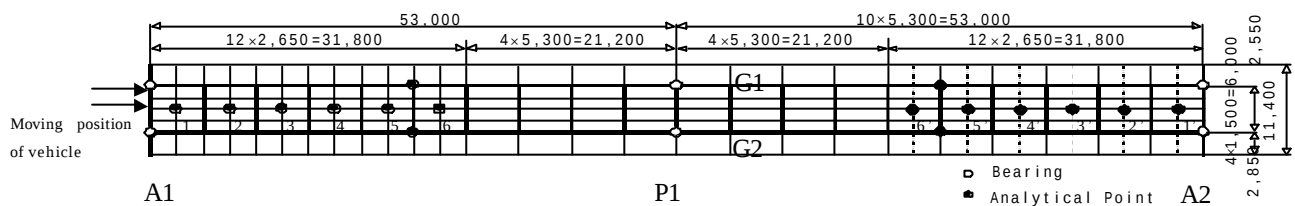


Fig.1 Analytical model of bridge

2.2 車両モデル 走行車両は後軸がタンデム軸のダンプトラックを、8 自由度系三次元システムとしてモデル化する²⁾。車両モデルの諸元は Table 1 に、車両走行位置は Fig.1 に示す。また、車両走行速度は 16.67m/s (60km/h)、22.22m/s (80km/h) とする。

2.3 路面凹凸モデル 路面凹凸は $S_{z0}(\Omega) = \alpha / (\Omega^n + \beta^{-n})$, $\alpha = 0.003$, $\beta = 0.02$, $n = 2.00$, および $\alpha = 0.003$, $\beta = 0.02$, $n = 2.50$ から発生させた路面凹凸波形を用いて解析を行う。

2.4 解析手法²⁾ 橋梁と走行荷重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's- β 法を用いて逐次積分して動的応答を求める。橋梁の減衰定数は 1 次振動および 2 次振動モードについて $h = 0.015$ である。また考慮するモード次数は予備計算において解が十分に収束する 80 次 ($f_{80} = 72.2\text{Hz}$) までとする。

3. 解析結果 **3.1 固有値解析結果** 橋梁モデルの固有値解析を行い、1 次から 4 次振動の固有振動数、モード図を求め、固有振動数の実測値⁴⁾とともに Fig.2 に示す。1 次たわみ振動に関して実測値 2.26 ~ 2.30Hz に対し解析値 2.23Hz、1 次ねじり振動に関して実測値 2.60 ~ 2.64Hz に対し解析値 2.55Hz である。これより固有値解析結果ではやや小さい値を取るものの、実測値に十分に近似しており、橋梁のモデル化が妥当であると言える。

Table 1 Dynamic properties of model vehicle

Total Weight		19.47tf (190.81kN)
Axel Weight	Front	4.88tf (47.82kN)
	Rear	14.59tf (142.98kN)
Natural Frequency	Front	3.0Hz
	Rear	3.0Hz
Logarithmic Decrement	Front	0.66
	Rear	0.33
Wheel Distance (right-left)	Front	2.05m
	Rear	1.86m
Axel Distance	Front-Rear(F)	3.33m
	Front-Rear(R)	4.65m

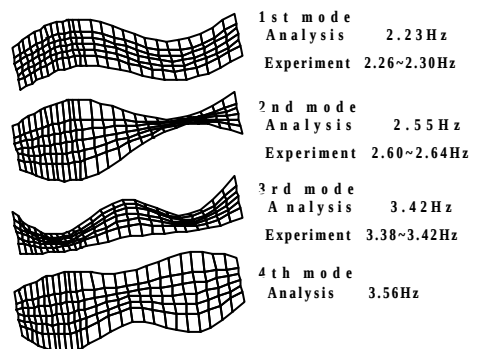


Fig.2 Natural frequencies

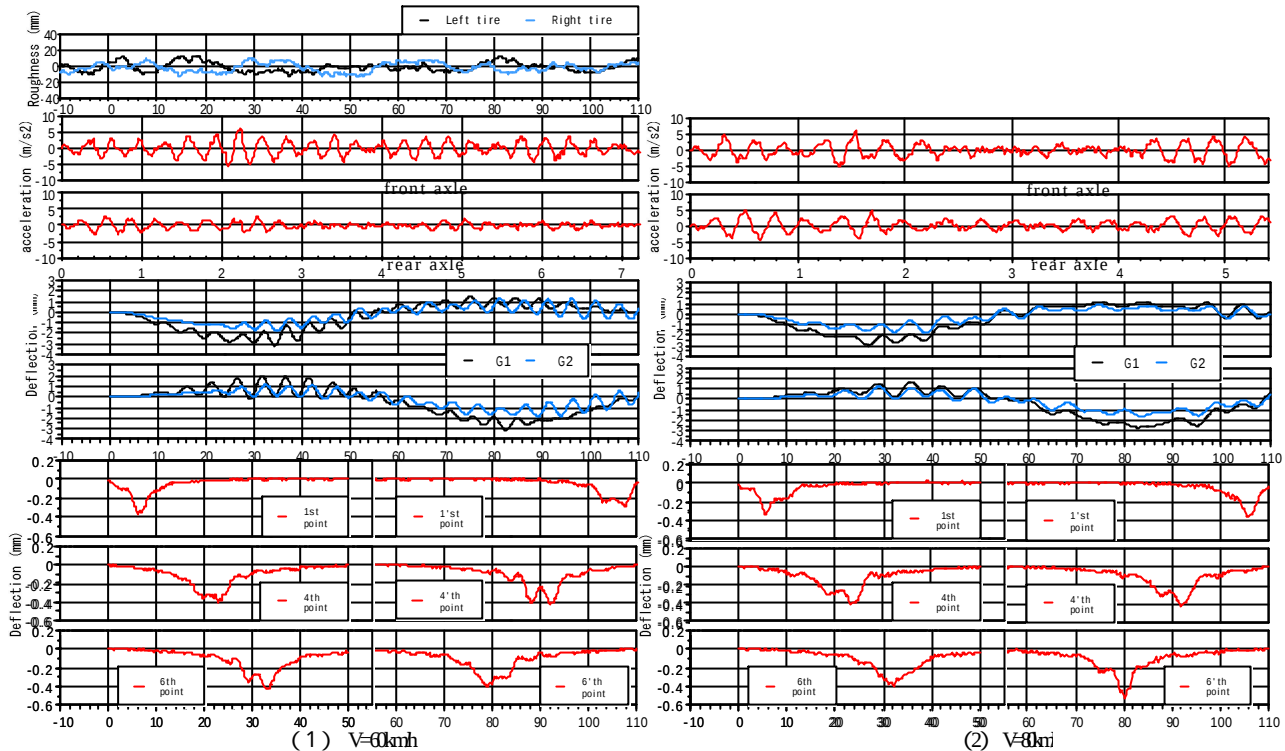


Fig.3 Roadway roughness profile and dynamic response (Vehicle's acceleration, Dynamic deflection of girders, and Relative deflection of slabs, roughness parameter $\alpha = 0.003$, $\beta = 0.02$, $n=2.00$)

3.2 主桁の動的応答 G1 桁および G2 桁の第 1 支間中央部および第 2 支間中央部における動的変位を Fig.3 に示す。動的成分に関しては G1 桁および G2 桁共に、走行車両速度が 60 km/h のときに、速度 80 km/h のときと比較して振幅が大きく、周波数 3.5Hz 程度の振動が卓越している。たわみ 2 次振動とねじり 2 次振動が連成した 3 次モード、4 次モードが顕著に表れている。

3.3 床版の相対変位 床版の主桁に対する相対変位を Fig.3 に示す。床版の変形が影響を受ける荷重範囲は橋軸方向に狭く、床版相対変位も局部的なものとなっている。走行車両速度が 60km/h のときと比較して、走行車両速度 80km/h のとき車両後輪の応答加速度が大きくなり、床版の相対変位も大きくなっている。

3.4 路面凹凸の相違による影響 路面凹凸パラメータを変化させ長波長の成分の大きい場合を Fig.4 に示す。Fig.3(2)の場合に比べて主桁応答および床版相対変位が大きく、路面凹凸の影響の大きいことが分る。

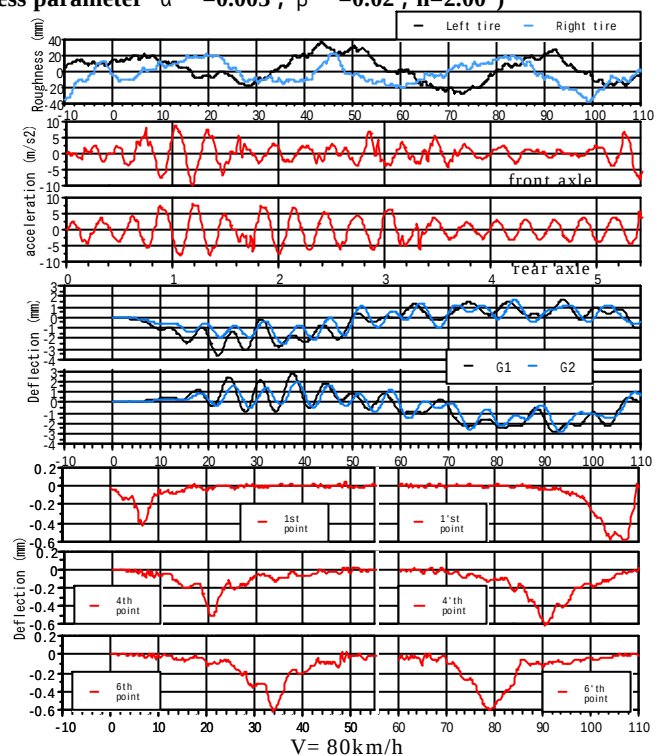


Fig.4 Roadway roughness profile and dynamic response (roughness parameter $\alpha = 0.003$, $\beta = 0.02$, $n=2.50$)

参考文献)

- 1) 川谷充郎, 安松敏雄, 川木秀昭, 織田敏彰, 下村公一朗: 2 主桁橋の走行荷重による三次元動的応答解析, 鋼構造年次論文報告集, Vol.7, pp.533-540, 1999.11.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.