

12 自由度車両モデルを用いた曲線 2 主桁橋の振動性状評価

北海道大学大学院 ○学 生 員 野田泰英

北海道大学大学院 正 会 員 何 興文

北海道大学大学院 フェロー 林川俊郎

神戸大学大学院 フェロー 川谷充郎

北海道大学大学院 正 会 員 松本高志

1. まえがき

少数主桁橋は、近年の社会基盤施設の建設コスト縮減施策に適応するシンプルな橋梁形式であるが、本格的な曲線橋を対象とした研究事例が少く、開断面橋梁である為にねじり剛性が低いことが特に曲線形式における難点として挙げられる。更に近年都市部における交通荷重の大型化に伴い、道路橋の交通振動問題が取り沙汰され¹⁾²⁾、ねじり剛性の不足が過大な交通振動をもたらす可能性がある。そのため、本格的な曲線少数主桁橋における動的特性を解明し、場合によってねじり剛性を確保する対策が必要である。

上記問題の検討に当っては、実験による現象の解明は、長時間および多大なコストを要する上、多種多様な構造形式への検討は困難であるため、少数主桁橋一走行車両連成系における動的応答を高精度で再現できる解析的手法が望まれる。本研究では、曲線 2 主桁橋のねじり剛性を高める対応策を固有振動解析により提案した上で、ねじり剛性が橋梁交通振動応答に及ぼす影響を検討する。

2. 橋梁モデル

本研究では、一節点 6 自由度を有する三次元梁要素から成る、曲線 2 主桁橋モデルを用いる³⁾。橋梁上部構造について、図-1 に示す曲率 $R = 200 \text{ m}$ の一般的な断面を有する横桁直角中段配置のモデル(以下、基本モデル)と、横桁を斜めに配置したモデル(以下、斜め横桁モデル)を採択し、両者の振動特性を比較検討する。

3. 固有振動性状評価

固有振動解析により得られた、基本モデルと斜め横桁モデルの固有振動数を表-1 に示す。表-1 より鉛直 1 次振動 (f_{V1}) に関しては、基本モデルの 2.241 Hz に対し、斜め横桁モデルは 2.379 Hz と若干上昇している。これは横桁を斜めに配置することによる軸力の効果で、曲げ剛性が高まったためと考えられる。

斜め横桁モデルにおいて、ねじり一次振動数 (f_{T1}) が 4.908 Hz で、基本モデルの 3.460 Hz に対し高いねじり剛性を有している。ここで、道路橋耐風設計便覧によると、最大支間長 L の一般的な開断面を有する鋼橋の場合、 $f_{V1} [\text{Hz}] = 100/L$ 、 $f_{T1} [\text{Hz}] = 2f_{V1}$ という推定式が与えられるが⁴⁾、この推定式を最大支間長 50 m を有する本橋に適用すると、 $f_{V1} = 2.0 \text{ Hz}$ 、 $f_{T1} = 4.0 \text{ Hz}$ となり、表-1 に示した固有振動数比 f_{T1}/f_{V1} からは、斜め横桁モデルがこの推定値を満足する結果となっていることが分かる。

以上より、横桁を斜めに配置する方策は部材数も省力化されたまま経済性に寄与し、曲線少数主桁橋のねじり剛性を確保する対応策として、有効かつ現実的であると考えられる。

表-1 横桁配置の違いによる固有振動数比較

	$f_{V1} (\text{Hz})$	$f_{T1} (\text{Hz})$	f_{T1}/f_{V1}
基本モデル	2.241	3.460	1.544
斜め横桁モデル	2.379	4.908	2.063

表-2 最大変位、加速度最大値および RMS 値

橋梁形式	最大変位 (mm)	加速度(gal)	
		最大値	RMS
基本モデル	9.064	54.48	10.13
斜め横桁	6.257	45.31	8.663

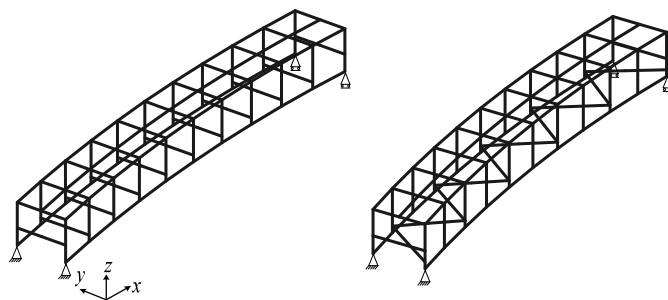


図-1 基本モデル(左)および斜め横桁モデル(右)

キーワード 曲線少数主桁橋, 交通振動解析, 固有振動解析

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 工学研究院 TEL 011-706-6172

4. 交通振動解析および応答評価

有限要素法および D'Alembert の原理に基づき、車両一橋梁連成振動方程式を求める³⁾。本研究では大型ダンプトラックを図-2 に示す 12 自由度質点ばね振動系にモデル化し、橋梁との連成振動微分方程式を Newmark's β 法により求める。60 km/h の速度で一台走行とし、出力は走行レーン側における橋桁中央部の鉛直時刻歴応答とする。

表-2 に最大鉛直変位および鉛直加速度の最大値と二乗平均値 (RMS 値) を、図-3 に各橋梁モデルの鉛直加速度波形およびフーリエスペクトルを示す。図-3 と表-2 により、変位、加速度ともに基本モデルは斜め横桁モデルより大きな値をとることが確認できる。これは、基本モデルのねじり剛性の低さにより出現する低次のねじり振動モードが、鉛直方向の橋梁振動に影響を及ぼしたためと考えられる。この現象は、図-3 において基本モデルのねじり一次振動数である 3.460 Hz 付近での周波数成分が、斜め横桁モデルのねじり一次振動数である 4.908 Hz 付近よりも卓越していることから推察できる。

5. あとがき

本研究では、曲線 2 主桁橋の固有振動解析を実施し、ねじり剛性を高める対応策の効果を確認した。また、12 自由度三次元モデルを用いた車両と橋梁との連成振動解析手法を構築し、ねじり剛性の向上が走行車両による橋梁振動応答に及ぼす影響を検討した。連成振動解析結果により、曲線少数主桁橋のねじり剛性を確保することが、車両走行による橋梁振動の軽減にも効果的である可能性を示唆した。その結果として、橋梁部材の疲労や環境振動といった諸問題の軽減に繋がる可能性があると考ええる。

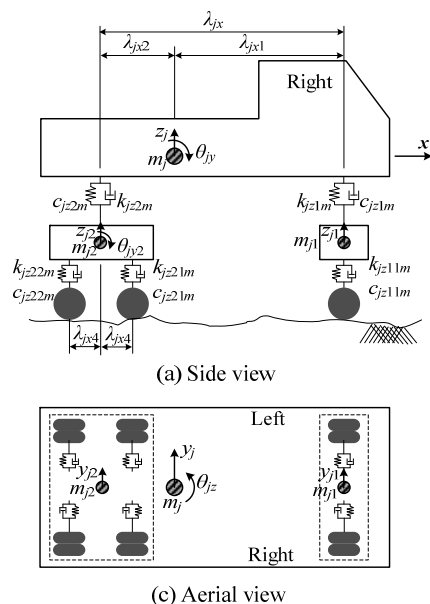


図-2 12 自由度走行車両モデル

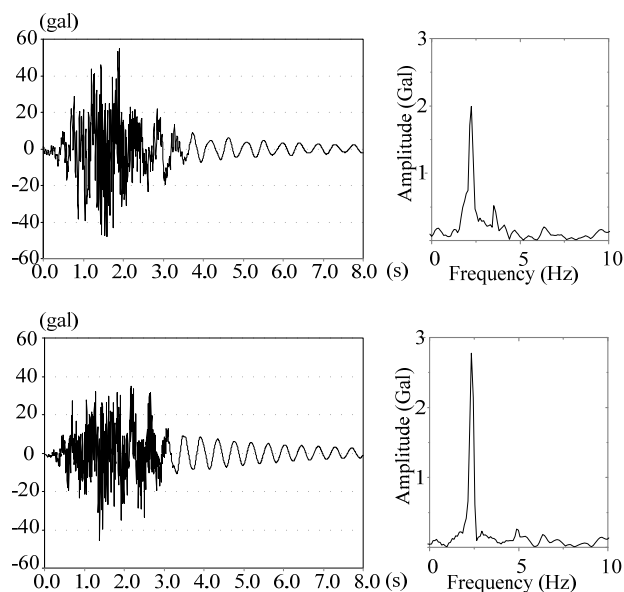


図-3 鉛直加速度とフーリエスペクトル

参考文献

- 1) 川谷充郎, 小林義和, 高森和恵: 新活荷重に対する各種短支間桁橋の不規則振動解析による衝撃係数, 構造工学論文集, Vol.42A, pp.763-768, 1996. 3.
- 2) 濱田洋, 川谷充郎, 古田均, 南莊淳: 道路橋の疲労解析における活荷重の動的影響, 土木学会第 49 回年次学術講演会概要集, I-227, 1994.9.
- 3) 野田泰英, 何興文, 林川俊郎, 川谷充郎, 松本高志: 曲線少数主桁橋と走行車両との連成振動解析手法の開発, 土木学会北海道支部年次技術研究発表会論文報告集, 第 65 号, A-10, 2009.1.
- 4) 日本道路協会: 道路橋耐風設計便覧, 1991.7.