

各種形式道路橋の車両走行応答振動の卓越振動数に関する検討

鹿児島高専 学 村田 友樹
正 内谷 保

1. まえがき

道路橋には多くの異なった形式橋梁が用いられているが、道路橋の車両走行による動的応答特性としては個々の形式道路橋を対象として、主として設計衝撃係数の検討を目的としたたわみや曲げモーメントの動的応答特性（動的増幅率）および使用性の検討を目的とした加速度応答や速度応答特性について検討されており、異なる形式道路橋間の車両走行に伴う応答振動特性に対する比較検討はほとんど行われていない。しかし、各種形式道路橋の車両走行による応答振動はそれぞれの形式によって固有の振動をしているものと考えられるとともに、道路橋の形式や使用材料によってはこの応答振動が周辺の家屋や住民に悪影響を及ぼす事例も報告されており、各種形式道路橋の車両走行に伴う応答振動特性を検討しておくことは意味のあることと考えられる。

本報告は、各種形式道路橋を対象として車両走行による加速度応答解析を行い、その応答振動の卓越振動数に関する検討を行ったものである。

2. 解析モデル

解析の対象とした道路橋は図-1に示すような3橋で、TYPE-1は単純鋼桁橋¹⁾、TYPE-2は多径間PC桁橋(4径間のみ対象)²⁾、TYPE-3は斜張橋とラーメン橋が連続した複合構造形式PC橋³⁾である。これらの橋梁を多質点系の平面骨組構造にモデル化し、その上を図-2に示すような1自由度のバネ-質量系にモデル化された車両が走行する場合の加速度応答を求め、その応答波形からフーリエ変換により卓越振動数を求める。車両重量は1台走行の場合は $P_0=245\text{kN}(25\text{tf})$ とし、複数台走行の場合は $245\text{kN}(25\text{tf})$ 車1台とその前後に14m間隔で $187.5\text{kN}(18.75\text{tf})$ 車が並んだ連行車両列を考える。

各車両の固有振動数 f_0 および減衰定数 h_0 は大型車両の

平均的な値である $f_0=3.0\text{Hz}$ 、 $h_0=0.03$ を用いる。

路面凹凸は文献4)を参考にして、極良、良、普通の3通りを対象とし、それぞれの路面状態に対してモンテカルロ法により得られた100個のサンプル波形を用いる。橋梁の応答振動は車両-橋梁系の連立微分方程式をニューマーク β 法($\beta=1/4$)を用いて逐次積分することにより求める。なお、応答の着目点は各橋梁とも図-1中の●印で示した点とする。

3. 解析結果

表-1は各タイプにおける鉛直モードに対応した4次までの振動数を示す。表中、TYPE-2の1次振動数は4径間すべての桁が同一方向に変位する鉛直モードに対応しており、TYPE-3における3次振動数は

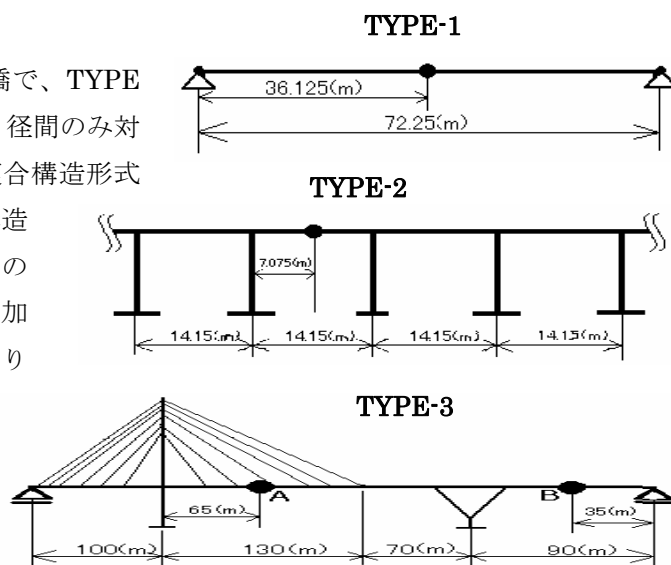


図-1 橋梁の解析モデル

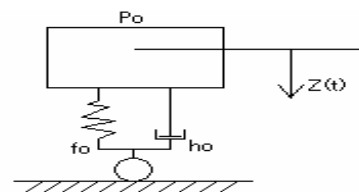


図-2 車両の解析モデル

表-1 固有振動数 (Hz)

	1次	2次	3次	4次
TYPE-1	1.41	5.64	12.6	15.41
TYPE-2	8.59(8.6)	8.77	9.09	9.47
TYPE-3	0.58(0.66)	1.06(1.11)	1.23(1.33)	1.68(1.92)

着目点 A が大きく鉛直変位するモードに、4 次振動数は着目点 B が大きく鉛直変位するモードにそれぞれ対応している。なお、TYPE-2 と TYPE-3 は実橋における振動試験が実施されており、表中の () 内の値はその測定値を示す。

図-3 は、各タイプにおける各路面凹凸に対する車両の走行速度と卓越振動数の関係を示したものである。なお、この場合の車両台数は 1 台である。これらの図からわかるように、各タイプとも走行速度がかなり小さい 10km/h 付近ではほぼ 2~3Hz 前後の卓越振動数で振動するようである。このことより車両がゆっくりした速度で走行する場合、橋梁は形式に関係なくほぼ車両の固有振動数に近い振動数で振動していると考えられる。このことは TYPE-2 および 3 の測定値からも伺える。これに対して、速度が大きくなると一般に卓越振動数は大きくなる傾向を示し、走行速度が 40km/h 以上になると各タイプとも走行速度に関係なくほぼ一定の卓越振動数をもった応答振動をするようである。この傾向は TYPE-2 および 3 の測定値からも伺える。そして、TYPE-1 や TYPE-3 の着目点 A (斜張橋部) のように比較的ゆれやすい橋や位置では車両の固有振動数に近い振動数が卓越した振動を、剛性が高くゆれにくいような TYPE-2 や TYPE-3 の着目点 B (ラーメン部) では橋梁の固有振動数に近い振動数が卓越した振動をするようである。なお、路面の良否が卓越振動数に及ぼす影響は、この解析結果を見る限りにおいてほとんど見受けられない。このことは、路面の改良を行っても卓越振動数には大きな変化は見られないことを示唆しているといえよう。

図-4 は、車両台数を変化させた場合の卓越振動数への影響を示したものである。この場合の路面凹凸は普通の状態を想定している。これらの図を見る限りにおいては、車両台数が応答振動の卓越振動数に及ぼす影響は極めて小さいことがわかる。このことより、車両間の連成が橋梁の応答振動の卓越振動数に及ぼす影響は比較的小さいことが伺われる。

4. あとがき

形式の異なった 3 タイプの道路橋を対象として、車両走行による応答振動の卓越振動数の検討を行った結果、上述のような知見が得られた。要約すると、道路橋は形式に関係なく車両が通常の走行速度 (40~60km/h) で走行する場合はほぼ一定の卓越振動数で振動し、その値は形式によって固有のものを有するようである。

【参考文献】

- 1) 内容：ケーブルトラス橋の車両走行による動的応答特性の検討、土木構造・材料論文集、第 17 号、p.33-38、2001
- 2) 内容・水田・橋本：パイプアーチ補強が桁の車両走行応答に及ぼす効果について、土木構造・材料論文集、第 20 号、p.65-70、2004
- 3) 内容・水田・瓜生：斜張橋とラーメン橋が連続した複合構造形式 PC 橋の車両走行による応答特性の検討、構造工学論文集、Vol.47A、p.461-468、2001
- 4) 本田・城戸・梶川・小堀：道路橋の路面凹凸のパワースペクトル密度に関する研究、土木学会論文報告集、第 315 号、p.149-155、1981

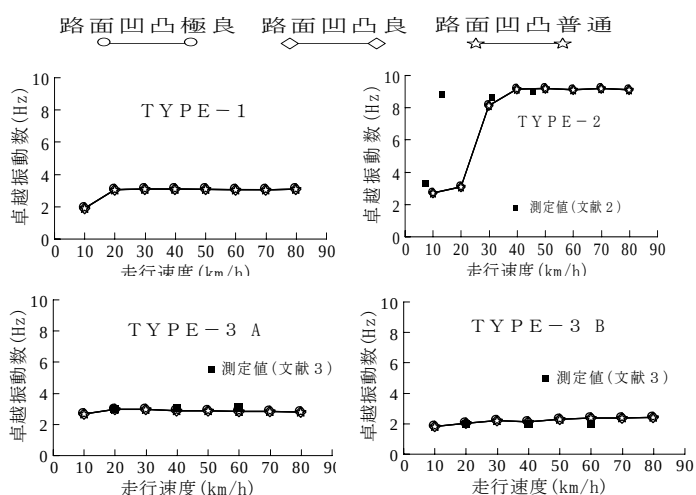


図-3 走行速度と卓越振動数

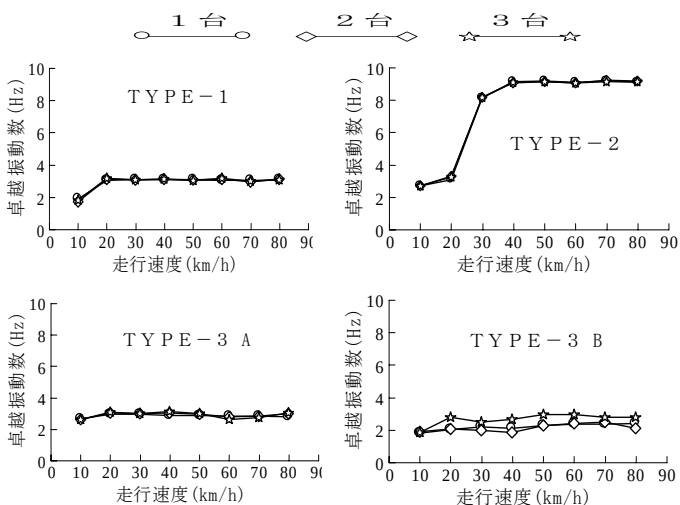


図-4 車両台数の影響