

山梨大学大学院 学生員 久保田 浩

山梨大学工学部 正会員 杉山 俊幸

山梨大学工学部 正会員 深沢 泰晴

1. はじめに

車両が橋梁上を走行すると、路面の凹凸や車両の加速・減速、橋梁のたわみなど種々の理由により車両—橋梁系の連成振動が生じ、橋梁に動的な応答が発生する。この影響は一般に静荷重による応答よりも大きく、橋梁設計ではこれら活荷重の動的影響を衝撃と称し、衝撃係数を導入して衝撃の度合を表している。現行の道路橋示方書¹⁾では、支間長、構造特性など各構造物の実態を考慮し、かつ諸外国の規定をも参考にして橋種別に衝撃係数の算定式を定めている。しかし、これら衝撃係数の値は経験的に設定されたものと考えられ、その妥当性について実態に即したより合理的で明確な再検討が望まれている。

そこで本研究では、自動車荷重条件（走行速度、車両振動特性）、路面平坦性などの値を細かく変化させて数値計算を行い、これらの要因が衝撃係数に及ぼす影響を定量的に把握することを試みる。また、橋梁前方の路面凹凸によって生じている車両の振動が衝撃係数に及ぼす影響についての考察も加える。

2. 橋梁、車両、路面凹凸のモデル化

橋梁—車両の連成系の振動方程式をたて、数値積分法によりスパン中央点の動的応答を求めるために、橋梁、車両、路面凹凸を以下のようにモデル化して考える。

①橋梁のモデル化：橋梁諸元を支間長、単位長さ当りの質量、曲げ剛性で代表させた等断面分布質量系と仮定する。橋梁諸元は文献2)に基づき表-1の値を用いる。なお、伸縮装置通過時の衝撃は考慮していない。

②車両のモデル化：実際の車両を最も忠実にモデル化していると考えられる4自由度系とし、図-1のように仮定する。走行速度は40, 60, 80, 100, 120(km/hr)と変化させ、車両の諸元は文献2)に基づき表-2の値を用いる。

③路面凹凸のモデル化：路面凹凸は、実橋面の凹凸状況を測定した実測値と、ランダム波のシミュレーションにより作成した路面凹凸を用いる。後者の路面凹凸高は

$$z_0(x) = \sum_{k=1}^N \sqrt{2} S_{z_0}(\omega_k) \cdot (A_k \cos \omega_k x + B_k \sin \omega_k x) \quad (1)$$

を用いて計算する。ここに、 $S_{z_0}(\omega_k)$ ：路面凹凸のパワー・スペクトル、 ω ：路面凹凸の空間円振動数(rad/m)、 A_k, B_k ：(0, 1)区間の正規乱数、 N ：十分大きな正整数である。

表-1 橋梁の諸元

橋種	鋼 桁 橋
ヤング率 (kg/cm)	2.1×10^6
減衰率	0.02
支間長 (m)	30
単位長さ当りの重量 (kg/m)	10,730
曲げ剛性 (kg·cm ²)	4.14×10^{13}
備 考	活荷重剛性桁橋

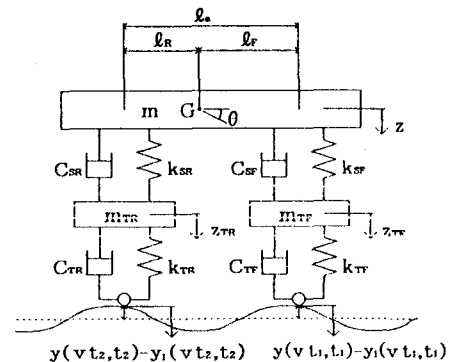


図-1 車両—橋梁の振動系

表-2 自動車の諸元

走行速度 v	40, 60, 80, 100, 120 km/hr
自動車総荷重	20 ton
ばね上部: m	17 ton
ばね下部前部: m _{1v}	0.7 ton
ばね下部後部: m _{1v}	2.3 ton
車軸間隔: L _s	3.85 m (L _r =2.84 m L _k =1.01 m)
ばね上極慣性モーメント: G	408200 kg·cm·sec ²
ばね定数 (kg/cm)	減衰係数 (kg·sec/cm)
前輪懸架部	k _{sr} =1500 C _{sr} =17
前輪タイヤ部	k _{tr} =2200 C _{tr} =2
後輪懸架部	k _{sr} =12000 C _{sr} =140
後輪タイヤ部	k _{tr} =8800 C _{tr} =7

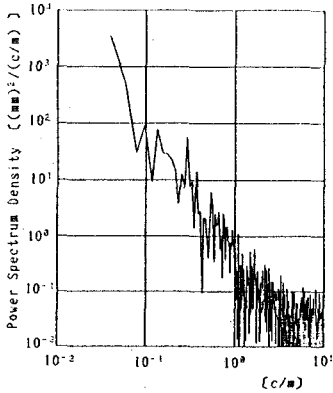


図-2 実測凹凸のパワー・スペクトル図

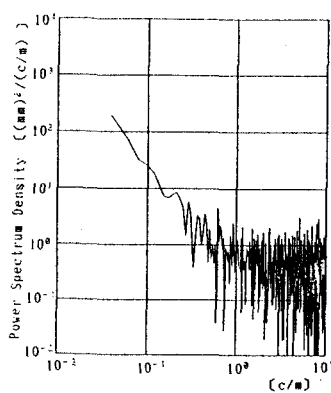


図-3 シミュレーション凹凸のパワー・スペクトル図

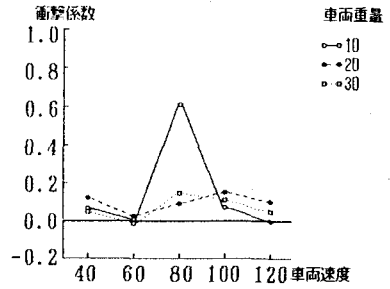


図-4 実測凹凸を用いた場合の衝撃係数
(車両を支点上からスタート)

3. 計算結果および考察

本研究ではRunge-Kutta-Gill法を用いて応答の数値計算を行う。図-2には実橋の路面凹凸のパワー・スペクトル図を、図-3には(1)式によりシミュレートした路面凹凸のパワー・スペクトル図を描いた。これを見ると、周波数の高い部分ではシミュレートした路面凹凸の方がパワー・スペクトルが大きくなっているが、それ以外ではほぼ一致している。図-2に示すようなスペクトルの路面凹凸を持つ橋梁上を、車両が走行した際の衝撃係数を図-4、図-5に示す。図-4は車両を支間長 30 [m] の橋梁の支点上からスタートさせたときの衝撃係数を、横軸に車両速度をとり車両重量別にプロットした図である。これを見ると、80 [km/h] もしくは 100 [km/h] の時に衝撃係数が最大となっていることが分かる。図-5は車両を橋梁の手前 20 [m] からスタートさせ、橋梁に入る際にすでに車両が振動した状態での衝撃係数を示した。図-4と比較すると全体的に衝撃係数値は大きくなっていること、最大値をとる時の車両速度が異なってくること等が分かる。すなわち、橋梁前方の路面凹凸も考慮に入れて解析する必要があることを図-5は示唆している。

図-6には、シミュレートした路面凹凸を用いたときの衝撃係数を示した。図-3からも分かるように、凹凸状況が実橋の路面凹凸より悪いため衝撃係数も大きくなっている。また、車両重量が小さくなるほど衝撃係数は大きくなる傾向にある。

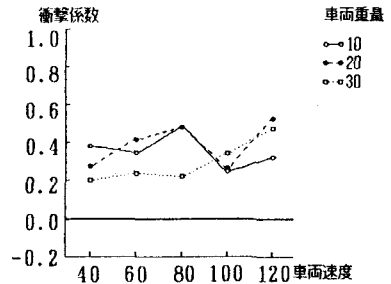


図-5 実測凹凸を用いた場合の衝撃係数
(車両を橋梁の手前からスタート)

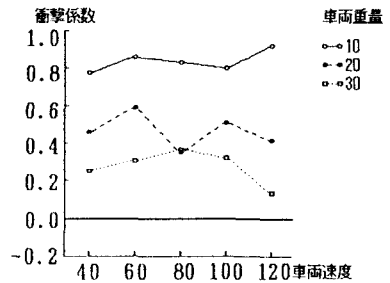


図-6 シミュレーション凹凸を用いた場合の衝撃係数
(車両を支点上からスタート)

(参考文献)

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，1980年
- 2) 横山功一・井上純三・藤城 隆・永原 隆：橋梁の設計動荷重に関する試験調査報告書，土木研究所資料，第2258号，1985年12月