第Ⅰ部門　　短支間道路桁橋の不規則振動解析による新活荷重に対する衝撃係数

大阪大学工学部　正　員　川谷充郎　㈱ニチゾウテック　正　員　小林義和
大阪大学大学院　学生員　○高森和恵

1．まえがき　道路橋の強度設計において，自動車走行による動的影響は衝撃として扱われ，衝撃係数を用いて活荷重を割り増すことにより考慮されている。現行の道路橋示方書において，鋼橋の衝撃係数については，昭和14年に改訂されて以来，算定式　i＝20/(50+L)（L：支間長）が用いられている。著者らは，路面凹凸を考慮した非定常連成不規則振動解析結果に基づいて，L-20荷重に対する衝撃係数について検討を行ってきた[1),2)]。ところで，平成5年11月，建設省は物流の高度化や国際化に対応するための措置の一環として，道路橋設計自動車荷重を20tfから25tfに改訂した。本研究では，文献3)と同様の手法を用いて，新しいL-25荷重に対する衝撃係数について検討する。

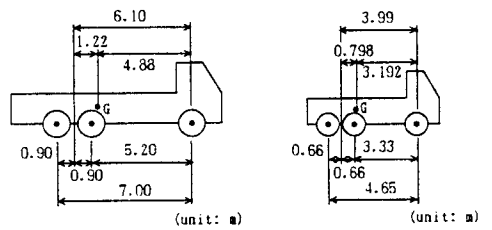
2．解析手法[3)]　本解析法は，路面凹凸を有する桁橋と走行荷重に関する連成振動の微分方程式から，状態ベクトル表示を用いた状態方程式を誘導し，線形微分方程式の理論より得られるこの解過程を用いて，直接，応答の共分散行列を求めるものである。これより得られる2乗平均値応答σは，路面平滑走行時の動的応答からの偏差に関するものである。衝撃係数を評価する際，路面平滑走行時の動的増分$M_{i,d\,max}$（静的応答が最大となる時刻を含む動的応答の1サイクル区間における路面平滑走行時の動的増分の絶対最大値）は比較的小さいが，連行荷重の場合には2乗平均値応答が小さくなるため，相対的にこの影響を無視できない[4)]。ここでは，すべての場合について，衝撃係数を曲げモーメントに関して次式で評価する。

$$i = \{\sigma_M(t_{Ms}, l/2)+M_{i,d\,max}\}/M_{s,max} \qquad (1)$$

ここに，t_{Ms}は静的曲げモーメントが最大となる時刻を表す。

Table 1　Structural properties of model bridges

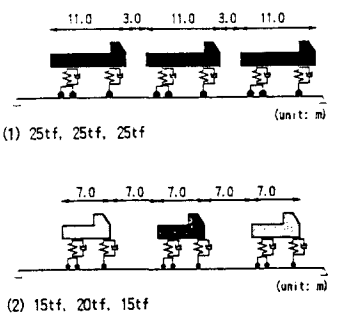
Span length (m)	Type	Moment of inertia of area (m⁴)	Weight per unit length (tf/m)	Natural frequency (Hz)
10	H-shape steel	0.0161	5.170	12.556
15	H-shape steel	0.0229	5.245	6.619
20	H-shape steel	0.0298	5.320	4.214
20	Composite	0.0296	2.420	6.227
25	Composite	0.0641	3.893	4.625
30	Composite	0.0986	5.365	3.394
35	Composite	0.1180	4.406	3.011
40	Composite	0.1375	3.446	2.813
45	Composite	0.1818	4.043	2.359



(1) 25tf　　(2) 20tf, 15tf

Fig. 1　Dimension of moving vehicles

3．解析モデル　(1)橋梁　橋梁モデルの構造諸元をTable 1に示す[2)]。(2)走行車両　前輪1軸および後輪2軸を有する2自由度系モデルとする。車両モデルの構造諸元をTable 2に，その寸法をFig. 1に示す。連行荷重列はL荷重に相当する荷重列として考えられているように，車頭間隔14mで配置した（Fig. 2）。(3)路面凹凸　路面凹凸パワースペ



(1) 25tf, 25tf, 25tf

(2) 15tf, 20tf, 15tf

Fig. 2　Series of moving vehicles

Table 2　Dynamic properties of moving vehicles

					① 25.0	② 25.0
Total weight	(tf)	25.0	20.0	15.0	25.0	25.0
Mass moment of inertia	(tf·m²)	148.84	50.94	38.21	63.68	63.68
Spring constant k_{v1}	(tf/m)	181.28	145.02	108.77	181.28	145.02
k_{v2}	(tf/m)	725.11	580.09	435.07	725.11	580.09
Damping coefficient c_{v1}	(tf·s/m)	0.577	0.462	0.346	0.577	0.516
c_{v2}	(tf·s/m)	2.308	1.847	1.385	2.308	2.064
Natural frequency	(Hz)	3.0	3.0	3.0	3.0	2.68
Damping constant		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Mitsuo KAWATANI, Yoshikazu KOBAYASHI and Kazue TAKAMORI

クトル密度$S_{z0}(\Omega)$は波数Ωの指数関数として，$S_{z0}(\Omega)=\alpha/(\Omega^n+\beta^n)$によりモデル化する。各パラメーター値は，$\alpha$=0.0098cm²/(c/m)，$\beta$=0.08 c/m，n=2.5の値とした[5]。この路面凹凸パワースペクトル密度をISO評価基準と共にFig. 3に示す。

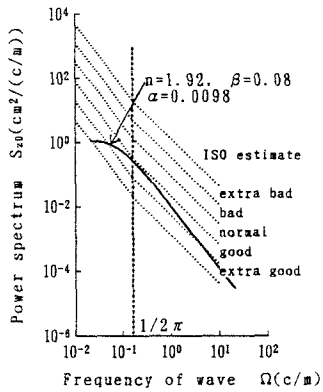


Fig. 3 Power spectrum of roadway roughness

4．解析結果 (1)2乗平均値応答　解析時に考慮する橋梁の振動次数は3次とし，車両の走行速度は10.0m/sとした。スパン長30mの場合の，スパン中央における曲げモーメントの無次元化応答$\sigma_M/M_{s,max}$をFig. 4に示す。ここで，軸間距離および車両重量の増加の影響を見るため，20tf車の寸法のまま25tfの重量を有する場合を解析した。①は車両の固有振動数をf_v=3.0 Hzに保持するようばね定数を大きくしてあり，②はばね定数を20tf車のままにしたものである（Table 2参照）。20tfに比べて①，②の応答は小さくなっており，静的応答の増加の影響が強く表れている。さらに，①，②に比べて25tf車による無次元化応答値の方が小さくなっており，軸間距離の長くなった影響が大きい。(2)衝撃係数　式(1)により得られる衝撃係数を，道路橋示方書の衝撃係数規定とともにFig. 5に示し，L-20に対する場合とL-25に対する場合とを比較した。スパン長30mの付近で衝撃係数が大きくなっているが，これは車両の固有振動数f_v=3.0Hzと近い固有振動数を有する橋梁が，車両と共振したためである。全体的にL-20に対する場合に比べてL-25に対する場合の方が衝撃係数が小さい値になっており，静的応答ほど動的応答は増加しないことがわかる。また，単一走行の場合よりも連行走行の方が衝撃係数の値は小さいが，スパン長30mのL-20に対する場合を除いて，静的応答と動的応答を加えた値は連行の方が大きくなる（Table 3参照）。道路橋示方書の衝撃係数規定を上回っているのは，スパン長30m付近の橋梁である。

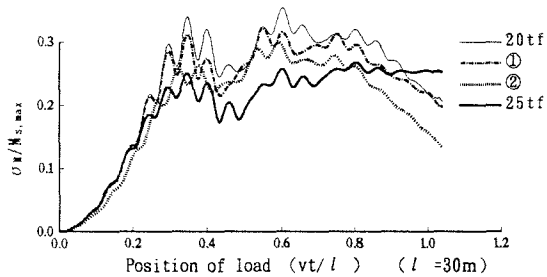


Fig. 4 R.M.S. value of random response of bending moment

Table 3 Maximum of bending moment (L-20 equivalent)

Span length (m)		$M_{s,max}$ (tfm)	i	$M_{s,max}+M_{d,max}$(tfm)
30	single	131.4	0.3742	180.6
	series	150.1	0.1724	176.0
35	single	154.4	0.3260	204.7
	series	202.3	0.2278	248.4
40	single	177.3	0.2539	222.3
	series	262.1	0.2251	321.1
45	single	200.1	0.2088	241.9
	series	324.1	0.1611	376.3

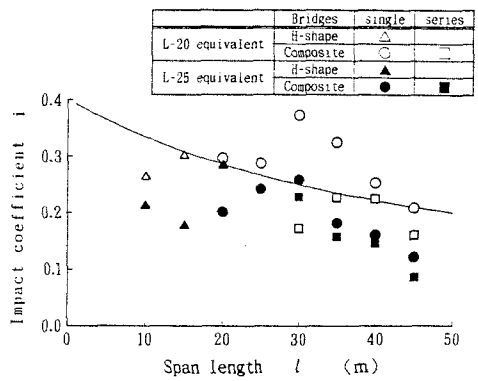


Fig. 5 Impact coefficients

【参考文献】

1）川谷充郎・嶋田玲志：桁橋の自動車走行による不規則振動と衝撃係数，土木学会論文集，第398号／I-10，pp.303-309，1988.10.

2）Kawatani, M. and Fukumoto, Y.: Dynamic Response and Impact of Steel Bridges under Moving Vehicles Compared with Concrete Bridges, The Third Pacific Structural Steel Conference, PSSC, Oct.26-28, 1992, Tokyo, Japan, pp.129-134.

3）Kawatani, M. and Komatsu, S.: Nonstationary Random Response of Highway Bridges under a Series of Moving Vehicles, Structural Eng./Earthquake Eng. Vol.5, No.2, 285s-292s, Oct., 1988 (Proc. of JSCE No.398/I-10).

4）川谷充郎・嶋田玲志・田邊祐之：桁橋の走行車両による不規則応答に基づく衝撃係数の評価法，構造工学論文集，Vol.35A，pp.741-748，1989.3.

5）Honda, H., Kajikawa, Y. and Kobori, T.: Spectra of Road Surface Roughness on Bridges, J. of Struct. Div., Proc. of ASCE, Vol.108, No.ST9, pp.1956-1966, September, 1982.