

道路橋の伸縮装置部に与える走行自動車の衝撃力

金沢工業大学 正会員 ○本田 秀行
金沢大学工学部 正会員 小坂 義雄

1. まえがき 道路橋の伸縮装置部付近は、路面の破損やオーバレイなどによって、かなり大きい段差が生じている場合が多い。そのような道路橋の伸縮装置部を自動車が走行すると、段差によって自動車に大きい衝撃が生じることがあり、一般路面よりも大きい性状を呈する。この自動車の衝撃力は、装置やその付近の路面に局所的にしかも瞬間的な接地力として作用するため、構架の動的応答問題、環境・公害問題、路面の維持管理の問題などを究明する場合の重要な因子となってくる。このような多岐にわたる研究分野での問題を検討する場合、まず伸縮装置部に生じる走行自動車の衝撃力の定量的把握が必須と思われる。

そこで、本研究は、著者らによる道路橋の路面性状に関する実態調査^{1,2)}によって得たデータを基に、走行自動車の動的応答を解析し、装置部を走行中に生じる自動車の動的輪荷重や輪荷重の衝撃効果を静的輪荷重に対する比に定義した動的係数などを求め、それらの動的特性に対する検討を行った。

2. 動的応答解析 図-1に自動車振動系のモデルを示す。自動車は、前・後輪相互の振動位相によって生じるピッキング振動を考慮した4自由度系とした。走行中の自動車が路面に与える動的輪荷重（動的付加荷重）に対して、下向きを正とすると、前・後輪部に生じる動的輪荷重 P_F と P_R は次式のようになる。

$$P_F = -(M_{SF} \ddot{z}_F + M_{TF} \ddot{z}_{TF}) \dots (1), \quad P_R = -(M_{SR} \ddot{z}_R + M_{TR} \ddot{z}_{TR}) \dots (2)$$

ここに、 $M_{SF} = (M_S l_F^2 + I) / l_F^2$, $M_{SR} = (M_S l_R^2 + I) / l_R^2$ である。

自動車の前・後輪部に生じる輪荷重の衝撃効果を静的輪荷重に対する動的輪荷重の比とした動的係数を次式で定義する。

$$i_F = P_F / g(M_{SF} + M_{TF}) \dots (3), \quad i_R = P_R / g(M_{SR} + M_{TR}) \dots (4)$$

表-1に走行自動車の諸元を示す。自動車はバネ上、バネ下周波数を変えた5種類の自動車を考えた。

走行路面としては、伸縮装置部3mの前に、自動車の通過振動の影響を除去するために50mのアプローチ路面（スペクトル密度 $S_r(\Omega) = 0.01\Omega^{-2}$ ）と、装置部の通過後に30mの橋面（スペクトル密度 $\Omega < 0.05: S_r(\Omega) = 0.0107\Omega^{-1.94}$, $\Omega \geq 0.05: S_r(\Omega) = 3.58$ ）の合計83mの路面を考えた。伸縮装置部凹凸データは、著者らが実測した407の装置部のデータを用いた。図-2 走行自動車の動的応答例

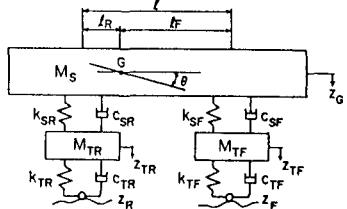


図-1 自動車モデル

表-1 走行自動車の諸元

Speed V=10 m/s	Vehicle weight 1800 kg (Sprung 166.6 kg, Unsprung of fore part=9.8 kg, Unsprung of back part=19.6 kg)					
	Front wheel	Rear wheel	Front wheel	Rear wheel	Front wheel	Rear wheel
Wheel spacing: l = 4 m (l_p=3.8 m, l_g=1.2 m)						
Pitching inertia: J = 49 kgm ²	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
Spring stiffness (kN/m)	$k_F = k_R$	$k_SF = k_SR$	$k_F = k_R$	$k_SF = k_SR$	$k_F = k_R$	$k_SF = k_SR$
	2685.2	4194.4	6034.8	8222.2	10746.8	
	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	
	$k_TF = k_TR$	$k_SF = k_SR$	$k_TF = k_TR$	$k_SF = k_SR$	$k_TF = k_TR$	$k_SF = k_SR$
	3484.0	6164.2	6872.8	7317.2	7742.0	
	11368.0	13338.2	13347.6	14386.4	15474.2	
Damping factor	$\xi_F = \xi_R$	24.5 kNm/rad	$\xi_TF = \xi_TR$	29.4 kNm/rad		

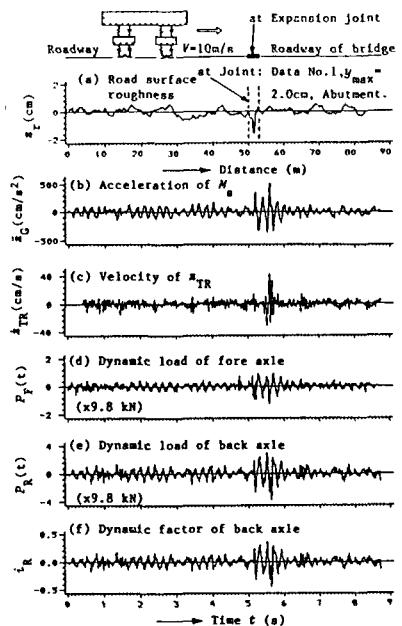


図-2は、走行自動車の動的応答例である。図中の(a)は走行路面、(b)はバネ上質量の加速度、(c)は後輪バネ下質量の速度、(d)と(e)は自動車片側に対する前・後輪部の動的輪荷変、(f)は自動車片側に対する後輪部の動的係数であり、静的輪荷重はT-20荷重の後輪荷重に準拠して8tを基準としている。この図から、各動的応答量とも装置部を走行中にかなり大きい性状を呈していることが認められる。

3. 伸縮装置部での衝撃力 図-3は装置部の最大凹凸値 y_{max} と装置部を走行中に後輪部に生じた最大動的輪荷重 $P_{R,max}$ との関係を示している。装置の設置位置が橋台上で大きい値となっているが、両者の相関($P=0.53$)は弱いことが認められる。

伸縮装置部を走行中に自動車に生じた各動的応答量の表-2で最大値を示したのが表-2である。橋台での応答は橋脚上より大きく、標準偏差も大きい傾向を示している。いま、計算全体での $P_{R,max}$ の平均値は2.61tで、またその動的係数 $i_{R,max}$ は0.318の値を得た。

図-4は、その $P_{R,max}$ の度数分布を示したものである。図中の破線は橋台と橋脚分を含めた全体度数に対する正規分布であり、また実線はその対数正規分布である。 $P_{R,max}$ の分布は正規分布よりも対数正規分布に近いようである。いま、中央値を求めると2.45tで、変動係数は36.9%の値を得た。

装置部を走行中に後輪部に生じた最大動的係数 $i_{R,max}$ の生起確率を求めたのが図-2である。0.318は正規分布での平均値で、0.3は対数正規分布での中央値である。また、ハッキングした範囲0.37~0.4は道路橋床版の設計時に用いられている衝撃係数($i=20/(50+L)$)の式が採用されており、具体的には示方書に記載されており(年)の適用範囲を示している。衝撃係数の最大値0.4(例えば主桁間長 $L=0$)の場合でも正起確率は80%で、20%は超過することになる。0.318~0.669の各値は0.318に標準偏差 $\sigma=0.117$ をそれぞれ1, 2, 3倍プラスした値を示している。

参考文献 ①本田・城戸・梶川・小堀: 大木学会論文報告集第315号, ②本田・梶川・小堀: 大木学会論文報告集第324号。

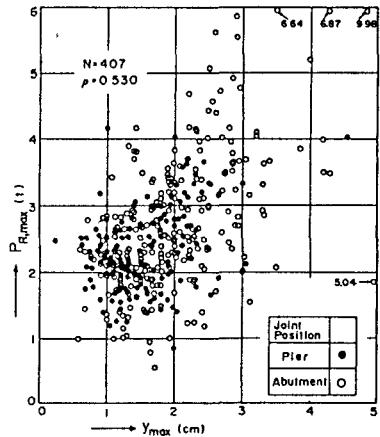


図-3 y_{max} と $P_{R,max}$ の関係
伸縮装置部を走行中に自動車に生じた各動的応答量の最大値

	$P_{F,max}$ (t)	$P_{R,max}$ (t)	$i_{F,max}$	$i_{R,max}$	$s_{TF,max}$ (cm/s)	$s_{TR,max}$ (cm/s)
Pier (N=155)	1.274 0.451	2.403 0.615	0.647 0.229	0.293 0.075	22.411 8.878	23.847 11.406
Abutment (N=252)	1.614 0.721	2.738 1.106	0.820 0.366	0.333 0.135	28.414 13.909	28.502 12.586
Total (N=407)	1.484 0.652	2.610 0.963	0.754 0.332	0.318 0.117	26.128 12.571	26.729 12.345

Upper: Mean Value, Lower: Standard Deviation,
 $1 t = 9.8 \text{ kN}$

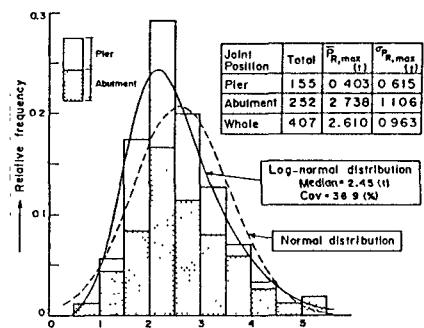


図-4 $P_{R,max}$ の度数分布

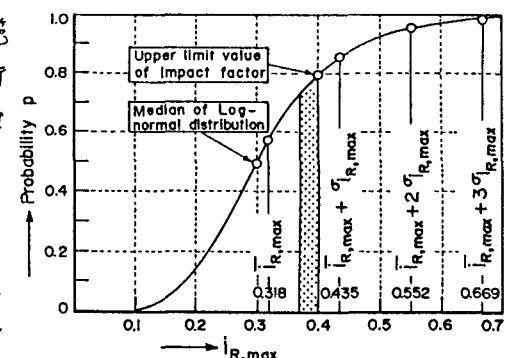


図-5 $i_{R,max}$ の生起確率