

建設省土木研究所 正員 水上幹之

建設省土木研究所 正員 永原 隆

建設省土木研究所 藤城 隆

1. まえがき

モータリゼーションによる道路交通量の急激な増加のため、既存の道路橋は苛酷な条件下にあり、その傷みも予想以上に激しいものとなっている。橋梁は道路構造物のうち、重要なインフラストラクチャーであり、適切な維持・補修を怠れば、道路交通上、将来に重大な支障をきたす恐れがある。供用中の道路橋の維持・補修費のうち大きなウェイトを占めているのは、自動車荷重を直接頻繁に受けている伸縮装置や床版などである。橋梁の作用する自動車荷重を考えた場合、静的荷重のみならずその動的荷重が問題となるが、道示では、衝撃係数として取り入れている。ここでは、主として、床版に関する自動車荷重である丁荷重について、一考察を行なうものである。

2. 研究方法

土木研究所では衝撃に関する研究を、実橋実験、数値計算、模型実験の面から実施しているが、いずれも、主桁に着目した（荷重に言い換えればし荷重）研究である。主桁は死荷重の割合が大きいため、変動成分である活荷重が道示で定められた設計値よりも多少大きくとも、疲労という面では影響が少ないうちに比べ、床版などは、活荷重の割合が大きいため、設計で考える際の自動車荷重はより重要である。床版は丁荷重で設計されるが、丁荷重を動的に捉えた場合、各輪重は変動しており（路面段差など）、その変動分が、道示の衝撃係数で置換可能かどうかは検討する必要があると思われる。床版に作用する自動車荷重を正確に把握するのは、現象が局所的なこともあり、非常に難しい。従って、本研究ではまず主桁に着目し、実橋実験と数値計算との比較を行なったうえで、シミュレーションにより、軸重の荷重時刻歴を求め、丁荷重に関して一考察をする。

3. 実橋実験

実橋は単純桁橋を選び、単独の大型ダンブトラックの積載状態、速度を変化させて走行実験を行なった。Fig-1に、本論文で対象とする橋梁（沼崎2橋）とトラックを示す。

4. 数値解析とその結果

振動形解析法を用い、換算質量、換算外力から連立方程式を組み立て、Runge-Kutta-Gill法の数値積分により時刻歴を求めた。

m_1 について (質量 m_1 に関する方程式を以下に示す。)

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{Z}_1 + C_1 (\dot{Z}_1 + \ell_1 \dot{\theta}_1 - \dot{Z}_2) + k_1 (Z_1 + \ell_1 \theta_1 - Z_2) \\
 + C_2 (\dot{Z}_1 - \ell_2 \dot{\theta}_1 + \ell_3 \dot{\theta}_2 - \dot{Z}_3) + k_2 (Z_1 - \ell_2 \theta_1 - \ell_3 \theta_2 - Z_3) \\
 + C_3 (\dot{Z}_1 - \ell_2 \dot{\theta}_1 - \ell_3 \dot{\theta}_2 - \dot{Z}_4) + k_3 (Z_1 - \ell_2 \theta_1 - \ell_3 \theta_2 - Z_4) = 0 \\
 J_1 \ddot{\theta}_1 + \ell_1 (C_1 (\dot{Z}_1 + \ell_1 \dot{\theta}_1 - \dot{Z}_2) + k_1 (Z_1 + \ell_1 \theta_1 - Z_2)) \\
 - k_2 (C_2 (\dot{Z}_1 - \ell_2 \dot{\theta}_1 + \ell_3 \dot{\theta}_2 - \dot{Z}_3) + k_2 (Z_1 - \ell_2 \theta_1 + \ell_3 \theta_2 - Z_3)) \\
 + C_3 (\dot{Z}_1 - \ell_2 \dot{\theta}_1 - \ell_3 \dot{\theta}_2 - \dot{Z}_4) + k_3 (Z_1 - \ell_2 \theta_1 - \ell_3 \theta_2 - Z_4) = 0
 \end{aligned}$$

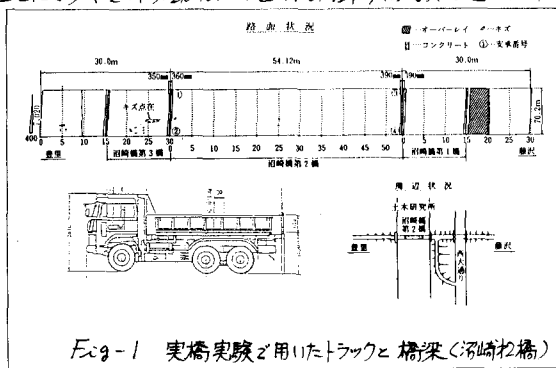


Fig-1 実橋実験で用いたトラックと橋梁(沼崎2橋)

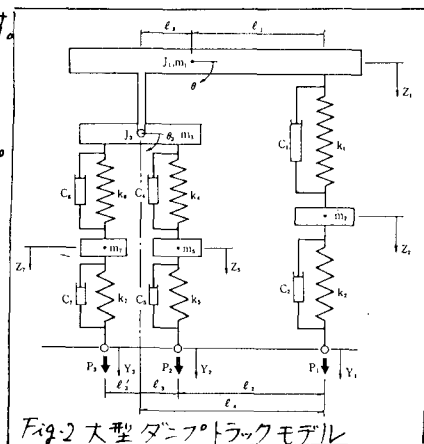


Fig-2 大型ダンブトラックモデル

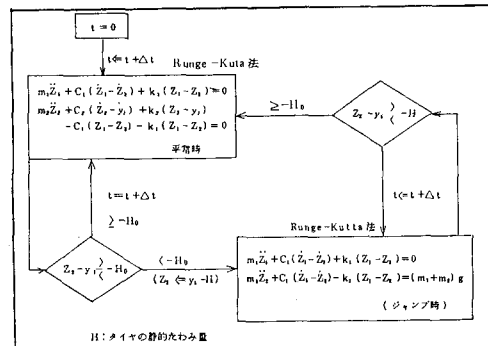


Fig-3 ジャンプ時の運動方程式 (2自由度の場合)

数値解析モデルは Fig-2 に示す如く 6 自由度系とし、高速走行時のジャンプを考慮可能となるように Fig-3 に示す フロートで対応した。路面凹凸は横断プロファイルで測定した 波形を波形読み取り装置で単デジタル化した。(5mm/4Hz デジタル化) 原波形と平滑化した波形(デジタルフィルタを用いて不要な周波数を カットして得た波形)を Fig-4 に示す。平滑化することにより最大凹 凸値が 24.87mm → 18.07mm に減少しているのがわかる。Fig-5 に主桁 (スパン中央点) の動的たわみの時刻歴を示す。走行速度は 55km/h 実験値と計算値を比べた場合、弱干位相がズレているようであるが、 比較的良好一致を示している。Table-2 に路面凹凸別に衝撃係数を 示す。平滑波形を用いた方が当然のことながら実験値により適合する ようである。5. 軸重の時刻歴についての考察 実橋実験では 各車軸に加速度計を取り付け、実際の動軸重を測定可能にしてある が、ここでは計算結果をもとに考察する。路面波形の影響は軸重の場合 顕著であり、原波形と平滑波形では相当異なる。たがいはずれも 3~4 倍 近い動軸重が路面に加わっていることになり、衝撃係数 数の最大値である 0.4 を大幅に上回っているのがわかる。(Fig-6, 7 参照) 6. T 荷重に関する考察 5. で述べたように軸重が少なくなると計算上は大きく 変動しているのがわかった。道示では衝撃係数に関し て、L 区別なく同じ式を用いているが、T 荷重と L 荷重は 本来、性質が異なる点であり、スパンが長くなるにつれて 減衰すると T 荷重に適用するにも疑問がある。

7. 今後の課題 インパル的な荷重が床版に 与えるダメージのメカニズムを究明 する必要がある。

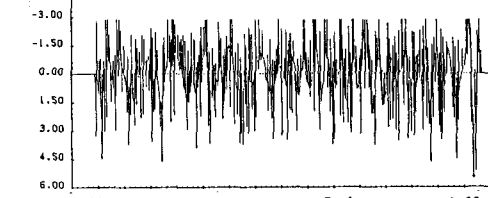


Fig-6 原波形の場合

Table-1 計算で用いたパラメータ

記号	名 称	数 値	単 位
M ₁	ばね上質量(積載量は含む。トラネオンサスは除く)	1.6840	kgf・S ² /mm
M ₂	前軸ばね下質量(タイヤ左右2個分)	0.0719	kgf・S ² /mm
M ₃	トラネオンサスバネ質量(軸左右合計して)	0.0420	kgf・S ² /mm
M ₄	後軸前側ばね下質量(タイヤ左右2×2=4個分)	0.1191	kgf・S ² /mm
M ₅	後軸後側ばね下質量(タイヤ左右2×2=4個分)	0.1085	kgf・S ² /mm
J ₁	ばね上質量の重心軸まわり慣性モーメント	積載量によって重心高が変わるので、ここでは省略する	
J ₂	前軸ばねの軸左右合計しての慣性モーメント	7800	kgf・S ⁴ ・mm
K ₁	前軸ばねの軸左右合計しての定数	62	kgf/mm * 1
K ₂	前軸タイヤばねの軸左右合計しての定数	220	kgf/mm
K ₃	後軸前側ばねの軸左右合計しての定数	215	kgf/mm * 1
K ₄	後軸前側タイヤばねの軸左右合計しての定数	440	kgf/mm
K ₅	後軸後側ばねの軸左右合計しての定数	215	kgf/mm * 1
K ₆	後軸後側タイヤばねの軸左右合計しての定数	440	kgf/mm
C ₁	前軸ダンピング(軸左右合計して)	4.5	kgf・S/mm
C ₂	前軸タイヤダンピング(タイヤ左右2個分)	0.52	kgf・S/mm * 2
C ₃	後軸前側ダンピング(軸左右合計して)	2.4	kgf・S/mm * 2
C ₄	後軸前側タイヤダンピング(タイヤ左右2×2=4個分)	1.0	kgf・S/mm * 2
C ₅	後軸後側ダンピング(軸左右合計して)	2.4	kgf・S/mm * 2
C ₆	後軸後側タイヤダンピング(タイヤ左右2×2=4個分)	1.0	kgf・S/mm * 2
L ₁	前軸より重心までの距離	2.877mm	L ₂ 後前軸よりトラネオン中心までの距離 650mm
L ₃	トラネオン中心から重心までの距離	973mm	L ₄ 後後軸よりトラネオン中心までの距離 650mm

* 1 取組むの前後は定数を示す。(軸)は左右を、L、R、(2)は2箇所を見分ける
* 2 取組むの前後は2箇所で見分ける。10Hの前後の距離(後軸より2箇所を大きく変化する)

*1 ばねのばねばね定数を示す(動ばね定数は、A₀×(2~3)倍を見込む)
 *2 ばねの取付点と支持点間の距離(前軸は、ショックアブソーバ(減衰器)も付く)
 *3 起点位置は路面の凹凸になる10Hz付近の周波数(高周波より大きく減衰する)

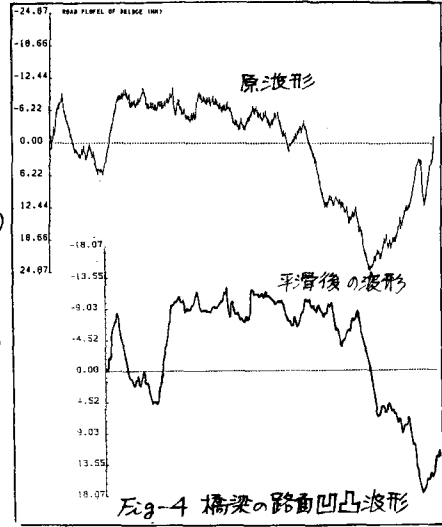


Fig-4 橋梁の路面凹凸波形

Table-2 計算結果(衝撃係数)

着目箇所	実験値	原波形	平滑波形
スパン中央点(たわみ)	0.048	0.074	0.067
前側後軸(荷重)	—	2.910	1.878

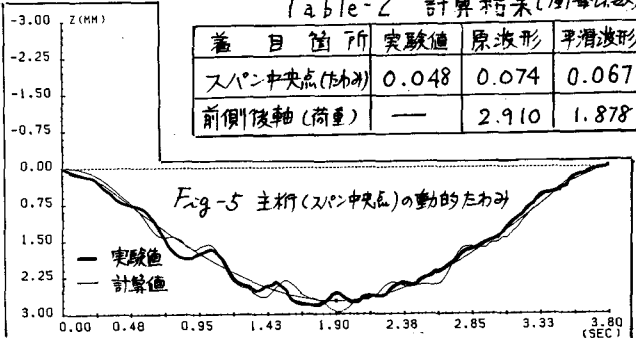


Fig-5 主桁(スパン中央点)の動的たわみ

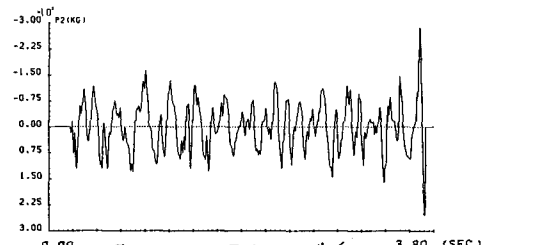


Fig-7 平滑波形の場合