

自動車荷重の軸重比に関する調査研究

大阪大学工学部 正会員 松井繁之
大阪大学工学部 森田浩和

大阪大学大学院 学生員〇合田研吾

1. はじめに 近年、自動車の大型化・高性能化に伴い過積載車が多数走行しており、橋梁の各部材では過酷な荷重状態にある。特に、輪荷重の影響を直接受ける床版や2次部材では、疲労の危機に曝されている。このような背景から大阪大学では4年前から床版クラック法¹⁾により活荷重調査を行ってきた。各機関でも総重量と軸重に関する軸重データが蓄積されているが、これまで車種別で総重量（荷物の積載状況を含む）と軸重比（各軸の軸重/総重量）についての考察は少ない。軸重比（軸重のバラツキ）は、衝撃の影響や車種、輸送物質、荷物の積載状態等のいくつかの要素によって変動する。これを車種毎に、定数化してしまうのは不合理である。よって、床版クラック法により測定した7橋梁（大阪大学で調査をした橋梁）の結果について、車種別に総重量とその軸重比のデータを分析し、その傾向を明確にした。軸重比のバラツキの重要性を強調する例として、床版と2次部材である横桁連結部におけるコネクションプレートに着目し、活荷重応答シミュレーションを行い、コネクションプレートのある着目点での応力度頻度分布について、実測値と軸重比を考慮していない場合および軸重比のバラツキを考慮した場合について比較を行い、後者が実測値とよい一致を示すことを明らかにした。

2. 軸重比の特性 一例として、図-1に後タンデム3軸車のタンデム軸合計に対しての軸重比-総重量相関図を示している。図中の直線は最小自乗法により求めた回帰直線を示している。相関図をみると、プロットのバラツキは大きい、平均軸重比と総重量の間には線形関係がある。次に相関直線と各プロットの差、つまり軸重比のバラツキ特性について検討するため、これに正規分布を適合させてみた。その結果図-2のように、正規分布をすることがわかった。図中AVは平均値、SDは標準偏差、DATAはデータ数、Rはプロット法による直線の相関係数を示している。同様のデータ整理をすべての車種のすべての軸で行ってみた。表-1は各車種別の平均軸重比関数で、表-2はバラツキの特徴を示したものである。プロット法による回帰直線である平均値特性の相関係数Rはすべての場合で0.9以上になっている。軸重比のバラツキは軸重比-総重量相関直線まわりで正規分布によく当てはまっているといえる。以上が各車種の各軸の軸重比特性である。これらの車種別軸重比（軸重のバラツキ）特性を考慮にいれて以下で、床版や2次部材に関する活荷重シミュレーションを行い、軸重比にバラツキをもたせる場合の重要性を強調したい。

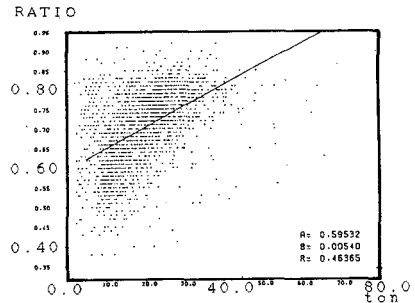


図-1 軸重比-総重量相関図

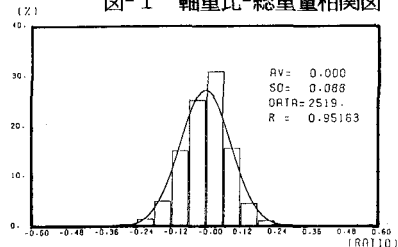


図-2 軸重比バラツキ分布

3. 横桁連結部コネクションプレートの応力度頻度 輪荷重が2次部材の疲労に大きな影響を及ぼすとの考えから、谷町高架橋で活荷重実測調査を行い、横桁連結部のコネクションプレートに着目し、応力度頻度を実測により求めた²⁾。この実測による応力度頻度を活荷重シミュレーションによって再現した。軸重比を車種ごとに一定とした場合と車種によって1台ごとに軸重にバラツキを与えた場合で活荷重シミュレーションを行った。求めた応力度の頻度を両対数グラフ上にプロットしたものを図-3に示す。各車

Shigeyuki MATSUI, Kengo GOUDA, Hirokazu MORITA

種で軸重比を一定にした場合のシミュレーション結果を図中■で示し、車種によって各軸ごとに軸重にバラツキを与えた場合のシミュレーションを図中□で示している。なお、実測によって得られた応力度の頻度を図中に▲でプロットしている。この結果より軸重のバラツキを考慮したときの方が、より実際に近づいており、軸重のバラツキの影響が大であるといえる。

4. 床版の疲労への影響 マイナーの疲労被害則を用いて、ある基準の荷重に換算したときの等価繰返し回数 N_{eq} の違いで評価できる。全く同じ自動車荷重列であっても、車種ごとに軸重比を一定とした場合と車種によって1台ごとに軸重比にバラツキを与えた場合とでは、 N_{eq} が大きく異なると思われる。3種類の交通荷重特性について計算した。タイプ1は、辰巳橋、タイプ2は、谷町高架橋、タイプ3は、7橋梁の平均値の実測荷重調査データと交通流データをもとに N_{eq} を求めている。その結果を表-3に示した。

(②/①) の値は、大型車混入率の高いタイプ1やタイプ3ではそれぞれ約146倍、約32倍となっており、谷町高架橋のような都市内交通路線のタイプ2では8倍となっている。床版の疲労には軸重比のバラツキが大きな要因になっているといえる。

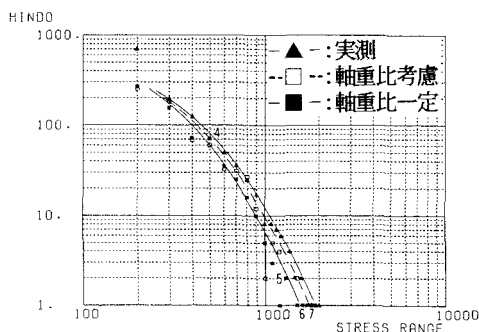


図-3 シミュレーションによる応力度頻度

表-1 平均軸重比関数の係数

軸	車種	2軸	後タンデム 3軸車	前タンデム 3軸車	タンクロー り型4軸車	セミトレー ラ4軸車	セミトレー ラ5軸車	セミトレー ラ6軸車
1軸目		0.52913 -0.01165 0.45584	0.40812 -0.00554 0.49897	0.30228 -0.00202 0.23018	0.28228 -0.00162 0.20308	0.30727 -0.00347 0.60681	0.21815 -0.00174 0.47692	0.24290 -0.00217 0.71757
2軸目		0.46990 0.01167 0.45648	0.34203 0.00318 0.34640	0.30002 -0.00017 0.01864	0.19013 0.00134 0.15273	0.32325 -0.00003 0.00621	0.20624 0.00013 0.04521	0.32700 -0.00084 0.63504
3軸目			0.25388 0.00223 0.26864	0.38915 0.00208 0.15510	0.24117 0.00098 0.14323	0.18225 0.00194 0.29574	0.17275 0.00117 0.38324	0.21608 -0.00087 0.48636
4軸目					0.28803 -0.00032 0.06223	0.18370 0.00191 0.39076	0.20594 0.00051 0.15278	0.10567 -0.00118 0.71761
5軸目		Y = A + B * X					0.40740 0.00004 0.00805	0.08681 0.00143 0.87230
6軸目		係数合 相関係数						0.12227 0.00127 0.77005

表-2 軸重比バラツキ分布の特性値

軸	車種	2軸	後タンデム 3軸車	前タンデム 3軸車	タンクロー り型4軸車	セミトレー ラ4軸車	セミトレー ラ5軸車	セミトレー ラ6軸車
1軸目		0.0000 0.9997 0.9997	0.0000 0.0000 0.9995	0.0000 0.0000 0.9995	0.0000 0.0000 0.9882	0.0000 0.0000 0.9886	0.0000 0.0000 0.9886	0.0000 0.0000 0.9883
2軸目		0.0000 0.1002 0.9997	0.0000 0.0773 0.971	0.0000 0.0000 0.9866	0.0000 0.0000 0.9500	0.0000 0.0000 0.9859	0.0000 0.0000 0.945	0.0000 0.0000 0.984
3軸目			0.0000 0.0000 0.9880	0.0000 0.0000 0.1001	0.0000 0.0000 0.9991	0.0000 0.0000 0.993	0.0000 0.0000 0.981	0.0000 0.0000 0.988
4軸目					0.0000 0.0000 0.9900	0.0000 0.0000 0.987	0.0000 0.0000 0.995	0.0000 0.0000 0.989
5軸目							0.0000 0.0000 0.9997	0.0000 0.0000 0.988
6軸目		平均値 標準偏差 相関係数						0.0000 0.0000 0.983

表-3 等価繰返し回数 N_{eq}

タイプ	タイプ1 (辰巳橋)	タイプ2 (谷町高架橋)	タイプ3 (7橋梁)
車種で軸重比一定の場合 (①)	295	1.055	272.6
車種で1台ごとに軸重比を与えた時 (②)	43142	8.110	8752.5
(②) / (①)	146	7.685	32.1

$$N_{eq} = \int_0^P \left(\frac{P}{P_0} \right)^m P(P) dp$$

P : 任意の輪荷重
 P_0 : 基本輪荷重 (ここでは $P_0 = 10.0$ とした)
 $P(P)$: 輪荷重に関する確率密度関数
 m : log-log表示されたS-N曲線の傾きの絶対値 ($m = 12.76$)

<<参考文献>>

- 1) 松井ら : RC床版のひび割れの開閉量による輪荷重の測定に関する研究 構造工学論文集VOL.35A 1989-3
- 2) 関西道路研究会 道路調査研究委員会 : 疲労小委員会報告書 1989-3 P.113~P.125