

○ 建設省土木研究所 正 佐森 伸博
正 金井 道夫

まえがき

活荷重の実態を明らかにすることは、近年問題となっている橋梁の活荷重によると思われる破損の原因を明らかにするためにも、また、橋梁の設計が限界状態設計法へ移行することを考慮して活荷重に対する適切な安全率を設定するためにも重要である。本研究は、国道上での多くの実態調査の結果にもとづいて、T荷重およびL荷重の実態と、それぞれの設計荷重に適用すべき適切な安全率について明らかにするものである。

1. T荷重に関する検討

T荷重の実態を明らかにするために、輪重分布を計測し、その特性を明らかにした。T荷重に対する安全率を検討するためには、さらに車両諸元、走行位置の分布なども考慮する必要があるが、輪重が支配的な要因であると考えられる。輪重について今回使用するデータは、国道上の全国93地点において昭和49～51年度までに測定したものでサンプル数は約300万である。表-1はこれらの集計値と累積確率を示したものである。また、これらのデータを正規確率紙にプロットした結果を図-1に示す。

図-1に示されたプロットは、輪重の値が小さいところではかなりの直線性を示しているが、輪重の値が大きい領域においては直線性を示さず、輪重分布を正規分布で置き換えて解析することは必ずしも妥当とは言えない。そこで輪重分布のような非対称な分布によくあてはまる分布をいくつか検討したところ、(1)式に示す分布形(正規分布の端部の分布形)が最も適合度が良いと判断されたのでこれを採用した。

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] & x \geq x_a \\ 0 & x < x_a \end{cases} \quad (1)$$

$$\alpha = 1 - \Phi\left(\frac{x_a - \mu}{\sigma}\right)$$

x_a : あてはめを始める輪重の値

$x_a = 4t$, $6t$, $8t$ 以上のデータについて(1)式をあてはめた結果を図-1に示す。なお、あてはめは最尤法により行なった。これにより $x_a = 8t$ とした場合がデータ端部の挙動を十分正確に表わしている。

図-1に示した $x_a = 8t$ の分布に対して極値理論を適用し、日交通量の関数として耐用年数間の最大輪重を推定した結果を表-2に示す。またこの結果から、2次モーメント法により輪荷重に対する荷重係数を求めると表-3のようになる。この値は、設計輪重 $8t$ および信頼性指標 $\beta = 3$ に対して求められたものであり、死荷重と活荷重の組み合わせを考える場合に適用できるものである。

2. L荷重に関する検討

設計活荷重 $L-20$ に対する検討は、大型車の割合の多い夜間の国道を対象に行なった。従来の研究より、衝撃を考えた走行状態に比べて、衝

表-1 輪重分布

重 荷	累積数	累積確率
0 - 1	1959513	0.7221
1 - 2	2260927	0.8332
2 - 3	2466885	0.9091
3 - 4	2579251	0.9505
4 - 5	2640448	0.9731
5 - 6	2676613	0.9864
6 - 7	2696425	0.9937
7 - 8	2706006	0.9972
8 - 9	2710482	0.9989
9 - 10	2712356	0.9996
10-12	2713258	0.9999
12-14	2713521	1.0000
14-	2713522	1.0000

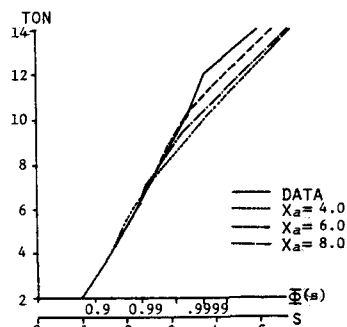


図-1 正規分布による推定

表-2 50年間にける最大輪重

日平均交通量	平均	標準偏差
100	13.73	0.460
1000	14.47	0.405
10000	15.13	0.358

表-3 荷重係数 (T荷重)

日平均交通量	荷重係数
100	1.81
1000	1.89
10000	1.97

撃を考えない完全渋滞時の方が断面力大きいことが判明しているので、完全渋滞時のみを検討の対象とし、最終的に得られる荷重係数は $(1+i)$ で除した。

今回、L荷重の検討に用いたデータは、昭和45～53年度に国道上で測定したもので、これをもとに自動車を16種類に分類し、5種類の車両混入率を定めたものが表-4である。これらの車両混入率と、40, 80, 120mの3種類の支間に対し各々10000個の自動車列荷重を作り、それによって単純げたに生ずる絶対最大曲げモーメントとL荷重によるそれとの比の分布形を検討した。表-5にその平均値と標準偏差を、図-2に支間80m、車両混入率Case-3の場合の分布形を示す。このように求めた分布を正規確率紙にプロットした結果(図-3)、正規分布に十分正確に従うことがわかった。

表-5に示した平均と標準偏差を持つ正規分布を用い、また1日当りの渋滞回数を1, 10, 100回として、橋梁の耐用年数間と考えられる50年間における渋滞回数をパラメーターとして極大値分布を計算すると表-6のようになる。また表-6には、T荷重の場合と同様にして求めたL荷重に対する荷重係数も示してある。

3. まとめ

T荷重に対する荷重係数は、表-3に示されるように最大2.0程度である。一方、表-6に示されるように、L荷重に対する荷重係数は、支間や渋滞回数 の仮定により1.2～1.8程度の間で変動する。これらの数値はT荷重に対する荷重係数と比較した場合若干低めであり、橋梁のL荷重に対する安全性は高いという従来の経験を裏付けしている。また表-6に示される荷重係数は、支間が長い場合に大きな値を示すが、支間が長い橋梁の全面にわたって渋滞が生じる確率は、支間の短い橋梁の場合と比べて小さいと考えられ、支間と渋滞回数との関係については別途検討が必要である。

以上に示した荷重係数の値は、いづれも輪重および自動車列荷重に対するものであり、解析誤差に対する安全率は含まれていない。さらにT荷重に対する荷重係数には、衝撃の影響を考慮していないが、これについても別途検討する必要がある。

また、合理的な荷重係数の値を規定するためには、渋滞回数や大型車の混入率などの関数として荷重係数の値を与えることが不可欠であると考えられ、これらの情報を安全率の中にいかに取り込んでいくかが今後の課題となろう。

表-4 自動車の分類および車両混入率

分類	車両諸元				車両混入率 (累積%)				
	重量 (t)	変動係数	長さ (m)	変動係数	case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
1	1.0	0.10	3.0	0.20	2.3	1.9	2.0	0.3	0.5
2	1.0	0.10	4.0	0.20	48.5	27.8	31.9	13.0	10.9
3	2.0	0.10	5.0	0.20	51.5	33.4	35.9	15.7	12.5
4	4.0	0.10	5.0	0.20	61.7	40.8	40.6	20.0	13.8
5	3.5	0.10	6.0	0.20	64.4	44.2	42.4	21.9	14.3
6	7.5	0.10	6.0	0.20	69.5	52.1	54.0	28.8	22.6
7	5.0	0.10	7.0	0.20	71.1	55.4	55.6	30.8	22.6
8	11.0	0.10	7.0	0.20	75.0	65.8	61.4	42.5	34.1
9	6.0	0.02	7.5	0.34	75.8	67.1	63.0	44.2	35.2
10	14.5	0.02	7.5	0.32	79.3	71.5	69.4	51.5	39.0
11	8.0	0.08	9.0	0.17	80.9	76.0	75.4	54.5	41.7
12	18.0	0.08	9.0	0.24	99.6	96.9	95.7	98.1	95.3
13	11.0	0.09	15.0	0.20	99.6	97.2	95.7	98.4	95.3
14	27.0	0.09	15.0	0.22	100.0	98.0	99.6	99.5	99.6
15	4.0	0.10	4.0	0.20	100.0	99.8	99.6	99.7	100.0
16	10.0	0.10	10.0	0.20	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表-5 自動車列による絶対最大曲げモーメントの平均と標準偏差 (L荷重との比)

車両混入率	支間40m		支間80m		支間120m	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
case-1	0.508	0.211	0.615	0.178	0.737	0.175
case-2	0.585	0.193	0.714	0.167	0.856	0.163
case-3	0.627	0.204	0.745	0.172	0.889	0.170
case-4	0.763	0.185	0.934	0.160	1.119	0.156
case-5	0.825	0.175	1.009	0.151	1.211	0.149

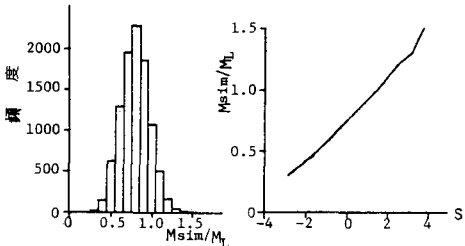


図-2 曲げモーメントの分布 図-3 正規確率紙

表-6 50年間における最大曲げモーメントの平均と標準偏差 (L荷重との比) および荷重係数 (L荷重)

車両混入率	渋滞回数 / 日	支間40m			支間80m			支間120m		
		平均	標準偏差	荷重係数	平均	標準偏差	荷重係数	平均	標準偏差	荷重係数
case-1	1	1.354	0.066	1.200	1.329	0.056	1.234	1.439	0.055	1.371
	10	1.462	0.059	1.279	1.420	0.050	1.303	1.528	0.049	1.441
	100	1.560	0.053	1.351	1.503	0.045	1.368	1.610	0.044	1.508
case-2	1	1.359	0.060	1.196	1.383	0.052	1.276	1.509	0.051	1.428
	10	1.458	0.054	1.267	1.469	0.047	1.341	1.593	0.045	1.494
	100	1.548	0.049	1.334	1.547	0.042	1.402	1.669	0.041	1.555
case-3	1	1.445	0.064	1.271	1.435	0.054	1.323	1.571	0.053	1.486
	10	1.550	0.057	1.347	1.523	0.048	1.390	1.658	0.047	1.555
	100	1.644	0.052	1.417	1.603	0.044	1.453	1.737	0.043	1.619
case-4	1	1.505	0.058	1.312	1.575	0.050	1.439	1.744	0.049	1.635
	10	1.600	0.052	1.380	1.658	0.045	1.502	1.825	0.043	1.698
	100	1.686	0.047	1.444	1.732	0.041	1.560	1.897	0.040	1.756
case-5	1	1.527	0.055	1.325	1.614	0.047	1.468	1.808	0.047	1.688
	10	1.616	0.049	1.390	1.692	0.042	1.528	1.885	0.041	1.749
	100	1.698	0.044	1.451	1.762	0.038	1.583	1.954	0.038	1.805