

# 道路橋の安全性に及ぼす自動車荷重の影響

正員 西村 昭\*

**要旨** 道路橋の安全性に及ぼす自動車荷重の影響は、荷重自身並びに載荷状態がはなはだしい変動を示すため、その把握はきわめて困難である。本文ではその変動要素の中特に小型車・大型車相対頻度の影響に注目し、それが安全性に及ぼす影響を 2, 3 の仮定に立つた部材応力頻度分布の計算結果に基づいて検討し、更に交通量による影響をもあわせ検討した。また部材応力頻度分布の計算過程と線荷重のそれとの類似性より、主桁設計線荷重についても検討し、最後に道路橋設計等級の決定についても言及した。

## 1. 緒言

構造物の安全性なる概念は、破壊または破損により、その安全な使用が不可能となる極限状態を前提として始めて意義がある。従つて構造物の安全性を数量的に表示する一つの方法として、破壊または破損の確率あるいはある特定応力に対する作用応力の超過確率を用いることが考えられる。道路橋の場合を考えると、主部材すなわちその破損が橋梁全体の破壊を招くような部材の破損を基準として安全性を判定する場合と、橋梁全体として破壊を招かない第 2 次的部材例えば床組等の破損を基準とする場合とが考えられるが、こゝでは一応後者の立場より、ある第 2 次的部材の作用応力が特定応力を超過する確率を以て安全性の判定を行うものとする。従つてこのような場合には注目部材に対する作用荷重の有効載荷範囲としては、橋軸方向及びその直角方向にきわめて限定された短区間のみを考えれば足りることになる。

道路橋の安全性に関係する要素は多数あるが、それらの中の主要部分を占め、かつ変動が著しく、その把握には確率論的方法の適用を必要とする自動車荷重について、それが道路橋の安全性に及ぼす影響を明らかにしておくことは、道路橋の設計合理化の見地からも大なる工学的意義を有するものと考えられる。移動荷重としての自動車荷重はある自動車重量母集団からの標本値と考えられるが、それはすべての道路において、あるいは同一路線上の異なる地点において同じ頻度分布を示すものでなく、異なる路線の場合にはその附近の地理的経済的環境、産業工業上の特質によつて異なる統計量を示す。また同一路線上でも観測地点を異にする場合は、その路線が通過する都市との相対的距離関係等によつても異なつてくることが想像されるが、それらは後掲の表-1によつても伺うことができる。本文ではかかる相違の要素として交通量及び小型車の大型車に対する交通量比すなわち相対頻度が変化する場合の 2 者を考えてみた。本文中の「相対頻度」は断わりない限りこの意味で使用されている。

従来、小型車すなわち 3 輪トラック、乗用車等は総重量において設計自動車荷重の約 1/3 程度であるから、それらが道路橋の安全性に及ぼす影響は軽視される傾向にあつた。しかし小型車相対頻度の増加は大型車、すなわちバス、トラック等のみによる橋面上同時載荷に干渉し、注目部分に大なる部材応力が生ずる確率を減じ、安全性の向上を来すことになる。その状況を明らかにするためには自動車の載荷状態に関する確率論的把握を必要とし、以下順次詳細を論じて行こうと思う。

## 2. 自動車存在確率

先に発表した論文<sup>1)</sup>において、任意の瞬間に道路上の有限長  $L$  内の任意区間  $l$  に  $m$  台の自動車が存在する確率  $B(m)$  は、2 項分布：

$$B(m) = q C_m \left(\frac{l}{L}\right)^m \left(1 - \frac{l}{L}\right)^{Q-m} \dots\dots\dots (1)$$

によつて与えられるとの仮定のもとに、道路橋の設計活荷重の決定法を考察したが、その後行つた実測によつて式 (1) は実測値にかなりよく近似することが明らかとなつた<sup>2)</sup>。従つて本文においても 1 車線内における自動車存在確率に対して式 (1) を用いるものとする。

## 3. 相対頻度及び自動車重量頻度分布

交通量調査結果の一例として、昭和 28 年神戸市建設局道路課によつて実施された神戸市内各地点における実

\* 神戸大学助教授、工学部土木工学教室

測結果の一部を表示すれば表-1の通りである。調査は6月24~26日の3日間、7~19時の12時間にわたつて行われ、表の値はこの3日間の算術平均値を示す。1. 緒言において述べたように、相対頻度( $\alpha:\beta$ )は同一路線においても異なる観測地点に対して異なる値を示し、例えば1級国道2号線については $\alpha:\beta=47:53\sim 95:5$ の変動を示す。一方路線が異なる場合の $\alpha:\beta$ の変動も顕著であるが、一般的傾向として都市中心部に近い市街地においては小型車の相対頻度大であり、それを離れるに従つて相対頻度は小となる。例えば表-1中の○印で囲んだ観測点は市街地に属するものを示している。そこで市街地及びその他に対する $\alpha:\beta$ の平均値を求めてみるとそれぞれ76.5:23.5及び50.4:49.6となる。これは大型車による長距離輸送の有利性より当然の結果と言える。そこで本文においてはこれらの値を参考にして $\alpha:\beta=30:70\sim 70:30$ の範囲の値について、その安全性に及ぼす影響の検討を試みた。

表-1 神戸市内各地交通量調査結果

路線名	観測地点名	一般車				特殊車				$\alpha:\beta$
		小型	大型	小型	大型	小型	大型	小型	大型	
1級国道 2号線	○東灘区本山町中野	4 787	3 097	311	391	5 098	3 488	59	41	63:37
	○灘区塚の町3丁目	5 632	3 224	255	347	6 077	3 571	66	34	95:5
	○灘区北長瀬4丁目	7 176	3 435	224	330	7 400	3 765	95	5	85:15
	○生田区元町駅前	6 154	304	13	3	6 167	307	81	19	76:24
	○長田区南園2丁目	9 291	1 644	36	40	9 637	1 684	75	25	54:46
	○大瀬田7丁目	2 015	758	11	13	2 028	771	76	24	47:53
	○長田区南園2丁目	6 425	1 653	34	44	6 469	1 727	75	25	54:46
	○大瀬田7丁目	6 833	2 251	11	41	6 844	2 302	75	25	54:46
	○長田区南園2丁目	7 704	1 418	22	34	7 756	1 452	76	24	47:53
	○長田区南園2丁目	1 264	1 337	10	35	1 274	1 323	47	53	45:55
2級国道 明石堂線	○長田区南園2丁目	192	290	1		193	290	40	60	40:60
2級国道 堀江山成線	○長田区南園2丁目	192	165	2		194	165	48	52	64:36
県道 神戸豊岡線	○長田区南園2丁目	80	118			80	118	60	40	47:53
	○長田区南園2丁目	193	210	1		194	210	48	52	57:43
	○長田区南園2丁目	243	140	2	1	245	141	64	36	55:47
	○長田区南園2丁目	103	118	1	1	104	119	79	21	44:56
県道 神戸赤穂線	○長田区南園2丁目	76	56		2	76	58	85	15	80:20
	○長田区南園2丁目	90	78		1	90	79	85	15	80:20
	○長田区南園2丁目	52	66			52	66	85	15	80:20
県道 神戸赤穂線	○長田区南園2丁目	1 810	319	3	1	1 813	320	85	15	80:20
	○長田区南園2丁目	485	122			485	122	80	20	

\* 駐留車・保存車両除く

つきに重量頻度曲線は小型車と大型車とで相当の重量差があることを考慮してそれぞれに対するものを考えることにし、自動車諸元表を参考に次の Pearson 系第1型を用いることとした。すなわち小型車、大型車の総重量  $w$  の確率密度をそれぞれ  $\phi_s(w), \phi_l(w)$  とすると、

$$\phi_s(w) = A(w-0.8)^5(2.8-w)^5, A=1.3535, 0.8 \text{ ton} \leq w \leq 2.8 \text{ ton} \dots\dots\dots(2)$$

$$\phi_l(w) = A'(w-2.8)^5(22.8-w)^5, A'=1.4664 \times 10^{-13}, 2.8 \text{ ton} \leq w \leq 22.8 \text{ ton} \dots\dots\dots(3)^{1)}$$

いま小型車と大型車の生起相対頻度を  $\alpha, \beta$  (但し、 $\alpha+\beta=1$ ) とすると、両者を同時に考えた場合の  $w$  の確率密度  $\phi(w)$  は

$$\phi(w) = \alpha \phi_s(w) + \beta \phi_l(w) \dots\dots\dots(4)$$

となる。

4. 注目部材応力頻度分布

橋梁のある構造部分に注目すると、それに最悪の応力状態を生ずる荷重位置が各車線について1箇所定まる。この荷重位置を橋軸方向に長さ  $l$  の部分で代表せしめるものとする。  $n$  車線道路橋において第  $i$  車線の前記荷重位置に自動車の存在する確率は式(1)にて与えられる。緒言に述べた越行に従つて橋軸方向には各車線について1台の自動車のみの存在を考えると、注目部材応力頻度分布は表-2に示すような生起相対度数を有する荷重状態に対する各応力成分より成ると考えられる。但し表中の  $F$  は式(5)で与えられる。

表-2

載荷状態	場合数	生起確率	相対度数
全車線に自動車存在	1	$B(1)^n$	$B(1)^n/F = F_1$
$n-1$ 車線	$nC_1$	$B(1)^{n-1}B(0)$	$B(1)^{n-1}B(0)/F = F_2$
$n-2$ 車線	$nC_2$	$B(1)^{n-2}B(0)^2$	$B(1)^{n-2}B(0)^2/F = F_3$
...	...	...	...
2車線	$nC_{n-2}$	$B(1)^2B(0)^{n-2}$	$B(1)^2B(0)^{n-2}/F = F_n$
1車線	$nC_{n-1}$	$B(1)B(0)^{n-1}$	$B(1)B(0)^{n-1}/F = F_{n-1}$

$$F = {}_n C_{n-1} B(1)B(0)^{n-1} + {}_n C_{n-2} B(1)^2B(0)^{n-2} + \dots + {}_n C_2 B(1)^{n-2}B(0)^2 + {}_n C_1 B(1)^{n-1}B(0) + B(1)^n = \sum_{i=0}^{n-1} {}_n C_i B(1)^{n-i}B(0)^i \dots\dots\dots(5)$$

なおこゝに、各自動車は所定車線内のみを走行し、車線位置の相違による存在確率の変化はないものと仮定しておく。

かくして注目部材応力頻度分布は表-2の各場合における応力頻度分布を相対度数を加味して重畳することによつて得られる。すなわち第  $i$  車線の自動車  $w_i$  による部材応力を  $\alpha_i w_i$  とすると、独立偶然量  $\alpha_i w_i$  の和の分布を考えればよい。いま全車線の所定位置に自動車が存在する場合の注目部材応力を  $W$  とすると、

$$W = \sum_{i=1}^n \alpha_i w_i \dots\dots\dots(6)$$

となる。 $w_i$  の確率密度を  $\phi_i(w_i)$  とし、 $W_i = \alpha_i w_i$  (但し、 $i=2, 3, \dots, n$ ) とした場合、 $W, W_2, W_3, \dots, W_n$  の同時分布の確率密度を  $q(W, W_2, W_3, \dots, W_n)$  とすると、全車線に載荷の場合の  $W$  の確率密度  $q_n(W)$  は

たゞみこみ (convolution) を行えば式 (7) のようになる。

$$q_n(W) = \frac{1}{\prod_{i=1}^n \alpha_i} \int_{W_{2u}}^{W_{2o}} \int_{W_{3u}}^{W_{3o}} \dots \int_{W_{nu}}^{W_{no}} q(W_1, W_2, W_3, \dots, W_n) dW_2 dW_3 \dots dW_n$$

$$= \frac{1}{\prod_{i=1}^n \alpha_i} \int_{W_{2u}}^{W_{2o}} \int_{W_{3u}}^{W_{3o}} \dots \int_{W_{nu}}^{W_{no}} \phi_1\left(\frac{W_1}{\alpha_1}\right) \phi_2\left(\frac{W_2}{\alpha_2}\right) \dots \phi_n\left(\frac{W_n}{\alpha_n}\right) dW_2 dW_3 \dots dW_n \dots \dots \dots (7)$$

こゝに

$$w_i = \{W - (W_2 + W_3 + \dots + W_n)\} / \alpha_1, \quad W_{iu} \leq W_i \leq W_{io}$$

である。

同様にして  $n-1, n-2, \dots, 2, 1$  車線に自動車が存在する各場合の注目部材応力確率密度  $q_{n-1}(W), q_{n-2}(W), \dots, q_2(W), q_1(W)$ , が求められ、これらより注目部材応力確率密度  $q(W)$  を求めると次の通りである。

$$q(W) = F_n q_n(W) + F_{n-1} \Delta q_{n-1}(W) + \dots + F_2 \Delta q_2(W) + F_1 \Delta q_1(W) \dots \dots \dots (8)$$

上式中の  $\Delta$  は例えば第 2 項については  ${}_n C_{n-1}$  通りの各荷重状態の各々に対する  $q_{n-1}(W)$  の和を意味するものとする。 $q(W)$  がわかれば更に分布函数を求めることができ、これを用いることによつて橋梁の安全性に及ぼす相対頻度すなわち  $\alpha : \beta$  の影響、交通量  $Q$  の影響をも検討することができる。

一般に車線数が増加するにつれて式 (7) 従つて式 (8) の計算は容易ではない。しかるに緒言に述べたように第 2 次的部材の破損による安全性判定の立場をとる場合には、注目部分と応力上密接な関連を有する 2, 3 の車線について考えれば十分な場合が多く、また実際の走行状態から推して 2 車線以上の幅員を有する場合でも事実上 2 車線とみなされる走行状態を示す橋梁が多く、この意味で以下 2 車線橋梁について論ずることとする。

前述の諸式を  $n=2$  として書き直せば次の通りである。

$$\left. \begin{aligned} \text{相対頻度 } F_i : \quad & F_2 = B(1)^2 / F \\ & F_1 = B(1)B(0) / F \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

但し、 $F = 2 B(1)B(0) + B(1)^2 \dots \dots \dots (5)'$

$$\begin{aligned} \text{2車線同時載荷による部材応力 } W : \quad & W = \alpha_1 w_1 + \alpha_2 w_2 \dots \dots \dots (6)' \\ & = W_1 + W_2 \end{aligned}$$

$W$  の確率密度  $q_2(W)$  は、各車線についての重量頻度分布に差はないものと仮定して、

$$q_2(W) = \frac{1}{\alpha_1 \alpha_2} \int_{W_{2u}}^{W_{2o}} \phi\left(\frac{W - W_2}{\alpha_1}\right) \phi\left(\frac{W_2}{\alpha_2}\right) dW_2 \dots \dots \dots (7)'$$

一方  $W_1, W_2$  の確率密度をそれぞれ  $q_{11}(W_1), q_{12}(W_2)$  とすると、各 1 車線のみに載荷した場合の作用応力確率密度は、

$$\left. \begin{aligned} q_{11}(W_1) &= 1/\alpha_1 \cdot \phi(W_1/\alpha_1) \\ q_{12}(W_2) &= 1/\alpha_2 \cdot \phi(W_2/\alpha_2) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)''$$

となる。従つて注目部材応力確率密度  $q(W)$  は式 (7)'' の  $W$  の suffix を省略して、

$$\begin{aligned} q(W) &= F_2 q_2(W) + F_1 \{q_{11}(W) + q_{12}(W)\} \dots \dots \dots (8)' \\ &= \frac{B(1)^2}{F} \frac{1}{\alpha_1 \alpha_2} \int_{W_{2u}}^{W_{2o}} \phi\left(\frac{W - W_2}{\alpha_1}\right) \phi\left(\frac{W_2}{\alpha_2}\right) dW_2 \\ &\quad + \frac{B(1)B(0)}{F} \left\{ \frac{1}{\alpha_1} \phi\left(\frac{W}{\alpha_1}\right) + \frac{1}{\alpha_2} \phi\left(\frac{W}{\alpha_2}\right) \right\} \end{aligned}$$

となる。

**5. 相対頻度及び交通量の安全性に及ぼす影響**

以上述べた式 (1)~(4), (9), (5)', (7)', (7)'' 及び式 (8)' を用いて標記の  $\alpha : \beta$  及び交通量  $Q$  の安全性に及ぼす影響を計算例を用いて明らかにしよう。

(1)  $\alpha, \beta$  の値は 3. に述べたようにこゝでは一応、 $\alpha=0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3$  に対し、それぞれ  $\beta=0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$  の値を用いて計算した。

(2)  $\alpha_1, \alpha_2$  の値は実験応力解析により各構造部分について決定しなければならないが、こゝでは定性的は据を目的としているわけであるから、一例として  $\alpha_1=3/4 d; \alpha_2=1/4 d$  の場合を考える。たゞし  $d$  は 1 車線幅を表わし、こゝでは新示方書案<sup>1)</sup> に従い  $d=2.75 \text{ m}$  とする。この  $\alpha_1, \alpha_2$  はスパン  $2d$  の単純バリの各車線中央

部に集中自動車荷重を減荷した場合の支点反力と等価な満載線荷重強度を求めるために自動車荷重に乗すべき係数に相当する。このような  $\alpha$  の値を用いることは、新示方書案に採用された主桁設計のための設計線荷重に関する一資料を提供し、また dimension を異にするのみで前述の部材応力算定と全く同じ方法によつてゐるわけであるから、安全性判定の目的にもかのうものであることは明らかである。

(3) 交通状態に関する諸量 式 (1) によつて  $B(m)$  を計算する場合に必要な諸量を次のように与える。すなわち、 $t=1/10$  hr;  $\bar{v}=25$  km/hr とすると、 $L=\bar{v}t=2500$  m.  $l=10$  m とすると  $p=l/L=0.004$  となる。一方  $Q$  として  $t$  時間に対する交通量 5, 10, 15, 20 に選ぶ。

ついでに式 (2), (3) による各重量確率密度を表示すれば 表-3 の通りである。

表-3 自動車重量確率密度

小 型 車				大 型 車			
$W$ (ton)	$\phi$ ( $W$ )						
0.80	2.80	0	2.8	22.8	0	4.8	20.8
0.85	2.75	0.000000	2.9	22.7	0.000319	6.8	18.8
0.90	2.70	.0002011	3.0	22.6	.000414	6.9	18.7
0.95	2.65	.0013369	3.1	22.5	.000529	7.0	18.6
1.00	2.60	.0049106	3.2	22.4	.000667	7.1	18.5
1.05	2.55	.0130170	3.3	22.3	.000833	7.2	18.4
1.10	2.50	.0280202	3.4	22.2	.001028	7.3	18.3
1.15	2.45	.0521651	3.5	22.1	.001257	7.4	18.2
1.20	2.40	.0872007	3.6	22.0	.001523	7.5	18.1
1.25	2.35	.1340729	3.7	21.9	.001830	7.6	18.0
1.30	2.30	.1927198	3.8	21.8	.002181	7.7	17.9
1.35	2.25	.2677832	3.9	21.7	.002580	7.8	17.8
1.40	2.20	.3396391	4.0	21.6	.003032	7.9	17.7
1.45	2.15	.4225281	4.1	21.5	.003540	8.0	17.6
1.50	2.10	.5067896	4.2	21.4	.004108	8.1	17.5
1.55	2.05	.5831340	4.3	21.3	.004740	8.2	17.4
1.60	2.00	.6621801	4.4	21.2	.005439	8.3	17.3
1.65	1.95	.7247159	4.5	21.1	.006210	8.4	17.2
1.70	1.90	.7723174	4.6	21.0	.007056	8.5	17.1
1.75	1.85	.8080184	4.7	20.9	.007980	8.6	17.0
1.80	1.80	.8321195	4.8	20.8	.008986	8.7	16.9
					.010076	8.8	16.8
					.011254	8.9	16.7
					.012522	9.0	16.6
					.013881	9.1	16.5
					.015335	9.2	16.4
					.016885	9.3	16.3
					.018531	9.4	16.2
					.020275	9.5	16.1
					.022117	9.6	16.0
					.024058	9.7	15.9
					.026097	9.8	15.8
					.028234	9.9	15.7
					.030466	10.0	15.6
					.032793	10.1	15.5
					.035213	10.2	15.4
					.037723	10.3	15.3
					.040321	10.4	15.2
					.043002	10.5	15.1
					.045764	10.6	15.0
					.048602	10.7	14.9
					.051511	10.8	14.8
					.054488	10.9	14.7
					.057531	11.0	14.6
					.060641	11.1	14.5
					.063817	11.2	14.4
					.067059	11.3	14.3
					.070367	11.4	14.2
					.073741	11.5	14.1
					.077181	11.6	14.0
					.080687	11.7	13.9
					.084259	11.8	13.8
					.087897	11.9	13.7
					.091599	12.0	13.6
					.095366	12.1	13.5
					.099197	12.2	13.4
					.103092	12.3	13.3
					.107051	12.4	13.2
					.111074	12.5	13.1
					.115161	12.6	13.0
					.119312	12.7	12.9
					.123527	12.8	12.8
					.127805	12.9	12.7
					.132146	13.0	12.6
					.136549	13.1	12.5
					.141014	13.2	12.4
					.145541	13.3	12.3
					.150130	13.4	12.2
					.154781	13.5	12.1
					.159494	13.6	12.0
					.164268	13.7	11.9
					.169103	13.8	11.8
					.173999	13.9	11.7
					.178955	14.0	11.6
					.183971	14.1	11.5
					.189047	14.2	11.4
					.194183	14.3	11.3
					.199379	14.4	11.2
					.204635	14.5	11.1
					.209951	14.6	11.0
					.215327	14.7	10.9
					.220763	14.8	10.8
					.226259	14.9	10.7
					.231815	15.0	10.6
					.237431	15.1	10.5
					.243107	15.2	10.4
					.248843	15.3	10.3
					.254639	15.4	10.2
					.260495	15.5	10.1
					.266411	15.6	10.0
					.272387	15.7	9.9
					.278423	15.8	9.8
					.284519	15.9	9.7
					.290675	16.0	9.6
					.296891	16.1	9.5
					.303167	16.2	9.4
					.309503	16.3	9.3
					.315899	16.4	9.2
					.322355	16.5	9.1
					.328871	16.6	9.0
					.335447	16.7	8.9
					.342083	16.8	8.8
					.348779	16.9	8.7
					.355535	17.0	8.6
					.362351	17.1	8.5
					.369227	17.2	8.4
					.376163	17.3	8.3
					.383159	17.4	8.2
					.390215	17.5	8.1
					.397331	17.6	8.0
					.404507	17.7	7.9
					.411743	17.8	7.8
					.419039	17.9	7.7
					.426395	18.0	7.6
					.433811	18.1	7.5
					.441287	18.2	7.4
					.448823	18.3	7.3
					.456419	18.4	7.2
					.464075	18.5	7.1
					.471791	18.6	7.0
					.479567	18.7	6.9
					.487403	18.8	6.8
					.495299	18.9	6.7
					.503255	19.0	6.6
					.511271	19.1	6.5
					.519347	19.2	6.4
					.527483	19.3	6.3
					.535679	19.4	6.2
					.543935	19.5	6.1
					.552251	19.6	6.0
					.560627	19.7	5.9
					.569063	19.8	5.8
					.577559	19.9	5.7
					.586115	20.0	5.6

(4) 計算結果 上記諸量を用い、数値積分によつて式 (8)' より  $W$  に対する確率密度を求め、更に台形公式を適用して  $0.1$  t/m 刻みの  $W$  に対する超過確率  $P^*$  を算定図示すれば 図-1~5 がえられる。ただしこれらは実際に必要とみなされる超過確率の小さな部分すなわち大体  $P^*=1 \times 10^{-1}$  以下の範囲につき図示したものである。これらを使って相対頻度及び交通量が安全性に及ぼす影響を検討してみよう。

図-1~5 線荷重と超過確率の関係

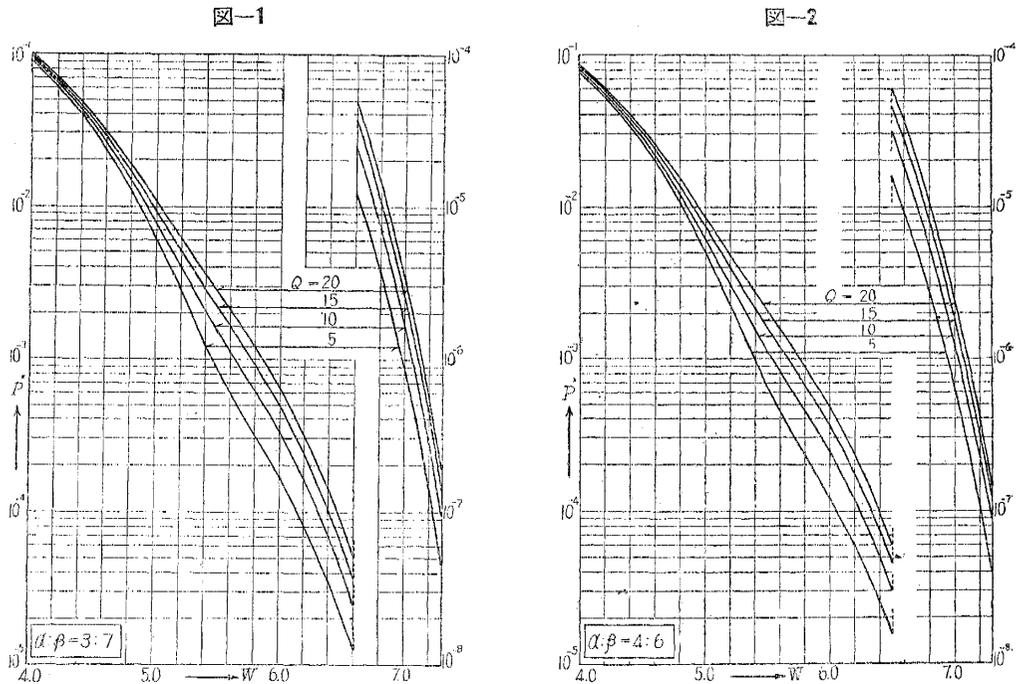


図-3

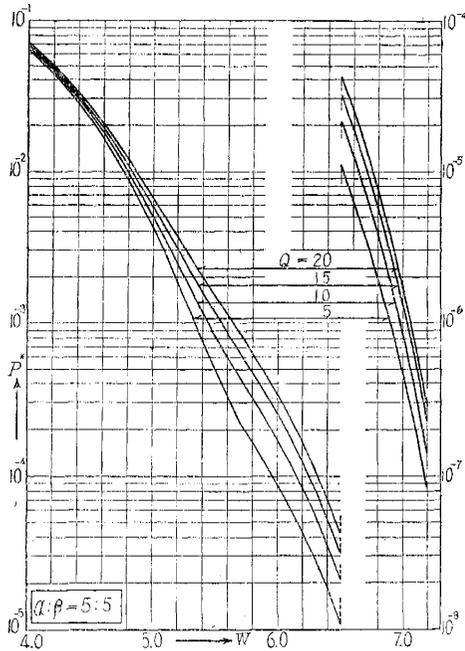
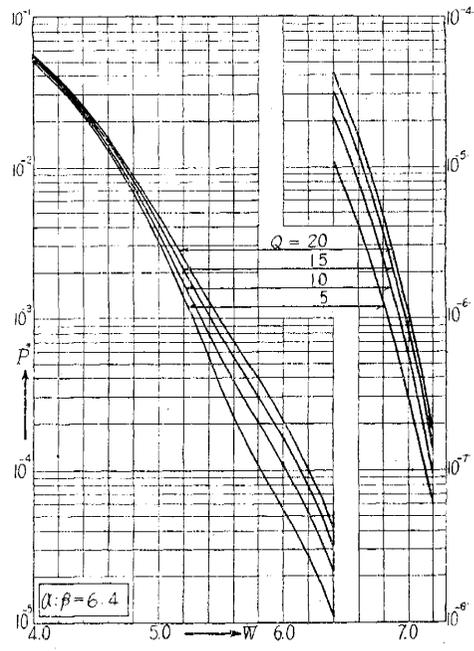


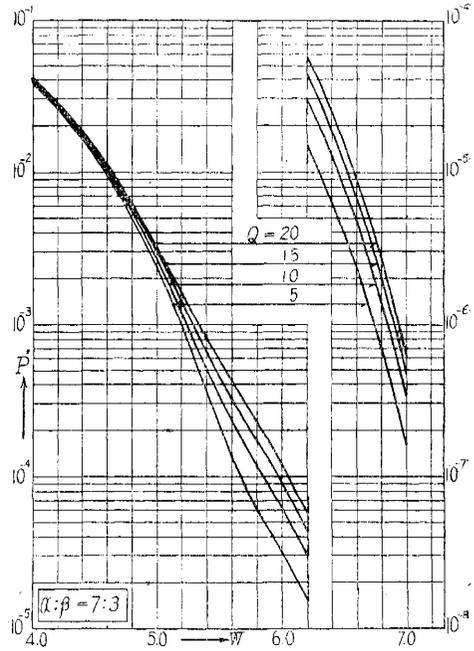
図-4



(5) 相対頻度及び交通量と安全性との関係 相対頻度及び交通量の影響の検討を容易にするために  $P^* = 5 \times 10^{-7}$ ,  $1 \times 10^{-6}$ ,  $1 \times 10^{-5}$ ,  $1 \times 10^{-4}$  及び  $1 \times 10^{-3}$  に対する  $W$  を各  $Q$  に対して求めて図示すれば 図-6 の通りである。これによると一般に  $P^*$  の小なる範囲においては  $\alpha : \beta$  及び  $Q$  による  $W$  の変化従つて安全性の変化は少ないことがわかる。すなわち  $\alpha : \beta$  の影響は各  $P^*$  に対する曲線群相互間の間隔の大小として現われ、 $Q$  の影響は曲線の勾配で判定される。従つて前者は概観して  $P^* = 1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$  附近で大で、 $P^*$  を指定した場合は  $\alpha : \beta = 7 : 3$  と  $6 : 4$  との間で他に比して大なる影響が見出される。一方後者については  $P^*$  が大の場合、計算例では大体  $P^* = 1 \times 10^{-3}$  の場合を除き、 $Q$  が小なる範囲において  $Q$  による影響が大きいことが判る。

次に  $\alpha : \beta$  及び  $Q$  による  $P^*$  の変動の模様を明らかにするため、 $W = 4.0, 5.0, 6.0$  及び  $7.0 \text{ t/m}$  の各々に対して図示すれば 図-7 の通りである。

図-5



### 6. 設計線荷重に関する考察

設計線荷重の確率論的決定法に関してはすでに発表<sup>1)</sup>した通りであるが、それはむしろ近似法とも言うべきもので、厳密には前述の方法によつて決定すべきである。従つてまた設計線荷重に与える  $\alpha : \beta$  あるいは  $Q$  の影響等は、5. (5) の記述がそのまま適用される。そこでここでは設計線荷重に関連して橋梁等級について考察してみる。

図-6 を見れば判るように、小型車の相対頻度の増加に伴ない  $W$  は低下傾向を示し、また交通量増大に伴ない  $W$  は増加傾向を示す。従つて市街地における  $\alpha$  の増大； $Q$  の増大なる2つの性質は  $W$  に対し利害相反する傾向を与え、一方市街地外における  $\alpha$ ,  $Q$  の減少によつても同様の傾向を与え、結果として市街地とそれ以外の地域

等の分類によつては、超過確率を等しくする  $W$  に差がほとんど現われないことになる。従つて  $Q$  が増大する場合の  $W$  の増加傾向は  $\alpha : \beta$  が一定の場合、あるいは  $\alpha$  が減少する傾向にある場合に特に注意する必要があることになる。

従つて道路橋設計等級決定のための、直観的に重要視され勝ちな市街地か否か、交通量の多少等の要素はそれのみでは何等決め手となるものではないことが判る。この設計等級決定に関しては更に広範な実測資料に基づいた検討を試みるつもりである。

7. 結言

自動車荷重が道路橋の安全性に及ぼす影響のうち、小型車・大型車相対頻度  $\alpha : \beta$  及び交通量  $Q$  の影響に関し、重量頻度分布を大小2群の Pearson 系第1型曲線より成るものとして検討した結果を総括すれば次の通りである。

- i) 一般に超過確率  $P^*$  のきわめて小なる範囲(大略  $5 \times 10^{-7}$  以下)においては  $\alpha : \beta$  及び  $Q$  が安全性に及ぼす影響は小である。
- ii)  $\alpha : \beta$  の影響が大きく現われるのは  $P^* = 1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$  附近で、 $Q$  の影響は  $P^* = 1 \times 10^{-3}$  の場合を除き  $Q$  の小なる程大きい。

次に同様の考察を設計線荷重について行い。

iii) i), ii) は設計線荷重の場合も全く同様に当てはまり、

iv)  $\alpha : \beta$  及び  $Q$  の影響は相互に打消し合う傾向にあり、橋梁等級の決定はその路線の架橋地点が市街地か否か、交通量の多少等の直観的に重要視され勝ちな要素のみによつてはなし得ない。

以上の結論は重量頻度曲線の仮定に立つた1計算例より導かれたものであるが、定性的に大勢をは握する意味で価値を失わないものと考えらる。

なお本研究には自動車走行に伴う動的諸影響について言及しなかつたが、この点に関しては今後の研究にまかしたいと思う。

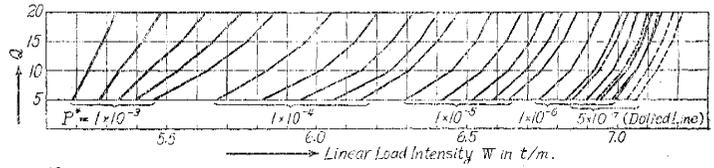
最後に本研究を行うに当つては京大教授小西一郎博士及び本学畑中元弘博士より不断の御指導御激励を仰ぎ、神戸市建設局道路課松本幸憲氏よりは資料を御提供願つた。また本研究には昭和30年度文部省科学研究助成補助金を受けた。こゝに各位に深厚の謝意を表する次第である。

参考文献その他

- 1) 西村 昭：鋼道路橋設計活荷重に関する一考察，土木学会関西支部講演会，昭30.11月  
西村 昭：鋼道路橋設計活荷重に関する考察，土木学会論文集，35号，昭31.6月
- 2) A. Nishimura: Probabilities of Vehicle-Existence in Finite Length of Lane and Its Application to Highway Bridge Design, Memoirs of the Fac. Engg. Kobe Univ. No.3, March 1956.
- 3) 大型車重量分布の確率密度推定の経緯は上記1)にて詳しく述べ、更にその超過確率表を表示した。
- 4) 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書案解説(第3次原案)，昭30.8月

(昭.31.6.16)

図-6 線荷重と交通量，相対頻度の関係



Note: Each curve of a group corresponding to each one of case of  $\alpha : \beta = 7:3 ; 6:4 ; 5:5 ; 4:6 ; 3:7$  from the left to the right.

図-7 交通量，相対頻度と超過確率の関係

