

荷重列としての自動車交通流の二、三の解析*

西 村 昭**

要 旨 道路橋の設計活荷重（等分布荷重，線荷重）を選定するための基礎荷重列としては，純間隔の密な自動車列を考える必要がある。これには，停止信号時に発生するものと，路面上の事故などによって生ずるきわめて長大な車列とがある。本研究はそれらの各場合につき車列長の分布，あるいは車列を構成する車種別のランの発生状況の確率論的解析法を示したもので，それらは実測結果に対比してきわめて満足しうるのであることを確認した。

1. 緒 言

自動車を対象とした道路橋設計活荷重は，橋梁工学分野における研究成果の蓄積，交通物の重量化などの客観情勢の変化に即応すべく，幾度かの改正を経て現在に至っているが，自動車荷重のばらつきと載荷状態の多様性によって，その設計活荷重選定の根拠にはなお問題となる点がある。そのことは直接的には橋の安全性の確保を困難にし，さらには構造解析，施工技術などの高度の発展を十分価値あるものとなしえないことにもなる。これに対し，この方面の研究は従来必ずしも十分ではなかったが，近時わが国をはじめ欧米においてようやく活発化してきた情勢にある^{1)~11)}。これらの研究が道路橋の設計活荷重研究の重要性・必要性を再確認せしめるために果たした役割は高く評価されるべきであるが，これらを以って設計活荷重問題がすべて解決されたと見るのは至って早計であり，より一層現実を直視しつつ，自動車重量の統計学的特性，載荷状態の確率的性質の両者に立脚した研究が要望される。

本研究はこのような観点から，特に自動車の載荷状態を明らかにするために行なったもので，市街地平面交差点に停止信号時に発生する車列，路面事故，工事などによって不定期に発生する長大車列を取扱った。これらを対象としたのは，ごく短スパン橋を除けば，自動車が荷重として橋におよぼす影響は，衝撃などの動的効果を加算した走行車群よりも，間隔密に停止しないしは徐行する自動車群の方が大であるという研究¹⁰⁾にもとづいている。従来の設計活荷重研究は走行状態の自動車群に出发するものが多いが，上述の意味からは，それは設計活荷重選定のための基礎載荷状態として不十分であろう。

* 神戸大学工学部研究報告（英文），No. 5(March 1958)，No. 7 (March 1960) に一部発表

** 正員 神戸大学助教授，工学部土木工学教室

2. 信号による停止自動車列長の確率法則

(1) 自動車車体と停止自動車占有長の分布

信号による停止自動車列長の確率法則を誘導するには，まず，車列間の自動車に前後の間隔を加味した占有長の分布に関する知識が必要となる。その基礎資料

の一例として，明石→岩屋間フェリーボートを利用した自動車¹²⁾の車体長（仕様書による）のばらつきを図-1に示した。これより明らかに，実際走行車の車体長は，4m程度の小型のものと，7m程度の中・大型のものとのが，きわめて顕著な卓越頻度を有する。これはフェリーボート利用車

についての調査結果であるが，この結果はまた一般路線におけるものとしても大過ないであろう。

この資料を参考にして，占有長の分布は，

以後の解析の便を考慮して近似的に次のように表わされる。すなわち，占有長母集団は有限個の種類の要素（占有長）より成ると考え，各要素の長さを短かいものから順次 $\varepsilon_1 a, \varepsilon_2 a, \dots, \varepsilon_m a$ とし，それぞれの相対頻度を h_1, h_2, \dots, h_m （ただし $\sum_{i=1}^m h_i = 1$ ）とすると，占有長 l の分布

図-1 明石→岩屋間フェリーボート利用車車体長分布 (昭 32.5.15~21)

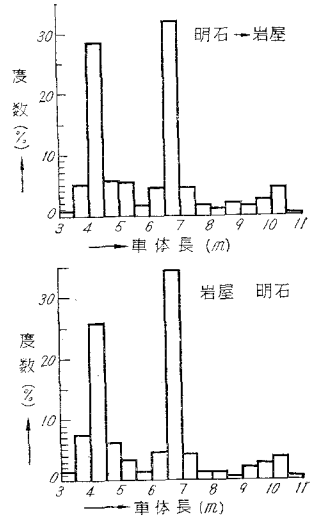


図-2 停止自動車占有長の分布関数

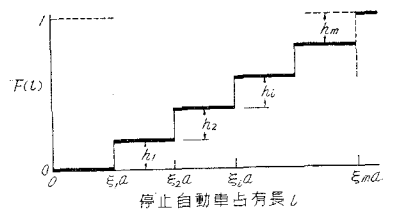
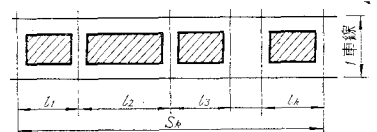


図-3 停止自動車列



関数は 図-2 のようになる。ここに a は単位占有長, ξ_i ($i=1, 2, \dots, m$) は正整数である。

(2) 停止自動車車列長の分布の基礎式

道路の1車線内に発生する停止自動車列を模型的に画けば 図-3 のようになる。ここに l_i ($i=1, 2, \dots, k$) は, k 台の自動車よりなる停止車列の第 i 番目の自動車占有長である。この場合 k と l_i とはそれぞれある分布法則に従う確率変数と考えられるから, 次式で表わされる車列長 S_k もまた確率変数となる。

$$S_k = l_1 + l_2 + \dots + l_k \dots\dots\dots(1)$$

ここで l_i は分布関数 $F(l)$ を有し, 離散変数 k の分布は

$$P(k=n) = g_n$$

で定まるものとする。これらより, S_k の分布関数は次のように求められる。

$$\begin{aligned} P(S_k \leq L) &= \sum_{n=0}^{\infty} P(k=n) P(l_1 + l_2 + \dots + l_n \leq L | k=n) \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} P(k=n) P(l_1 + l_2 + \dots + l_n \leq L) \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} g_n F^{n*}(L) \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

ただし, $F^{n*}(L)$ は $F(L)$ の n 個の重畳を表わす。

街路平面交差点において停止信号時に発生する周期的な自動車列を考えると, それを構成する車数 k の分布は, 均等でない交通流においては一般に Poisson 分布で表わしうる。すなわち, 式(2)において,

$$g = \lambda^n e^{-\lambda} / n! \equiv P(n; \lambda), \lambda: \text{平均値} \dots\dots\dots(3)$$

を用いると,

$$P(S_k \leq L) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!} F^{n*}(L) \dots\dots\dots(4)$$

となり, S_k の分布は定まる。

$F(l)$ の特性関数を $\varphi(t)$ とすれば, 式(4)の特性関数 $\psi(t)$ は次のようになる。

$$\psi(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!} \varphi^n(t) = e^{\lambda(\varphi(t)-1)} \dots\dots\dots(5)$$

そこで, $F(l)$ が $l=0, a, 2a, \dots, ja, \dots, ma$ において h_j ($j=0, 1, 2, \dots, m$) だけ飛躍しているものとする, $\varphi(t)$ は特性関数の定義に従って

$$\varphi(t) = \sum_{j=0}^m e^{itja} \cdot h_j \dots\dots\dots(6)$$

となる。式(6)を式(5)に代入して次式をうる。

$$\begin{aligned} \psi(t) &= \exp\left[\lambda \sum_{j=0}^m e^{itja} \cdot h_j - 1\right] \\ &= \prod_{j=0}^m \exp[\lambda h_j (e^{itja} - 1)] \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

これは Poisson 分布の特性関数の乗積の型であって, 各要素, 例えば $\exp[\lambda h_j (e^{itja} - 1)]$ は, $0, ja, 2ja, \dots, nja$, で飛躍し, nja なる値をとる確率が $e^{-\lambda h_j} (\lambda h_j)^n / n!$ であるような Poisson 分布にはかならない。

さて, 式(7)より S_k が L なる値となる確率 $P(S_k =$

$L)$ は容易に次のように導かれる。

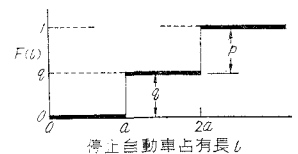
$$\begin{aligned} P(S_k=L) &= \sum_{a n_1 + 2 a n_2 + \dots + m a n_m = L} \\ &\times \frac{\lambda^{n_1+n_2+\dots+n_m} h_1^{n_1} h_2^{n_2} \dots h_m^{n_m}}{n_1! n_2! \dots n_m!} e^{-\lambda \sum_{i=1}^m h_i} \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

ここに求和は $a(n_1 + 2n_2 + \dots + mn_m) = L$ なる条件を満足する n_1, n_2, \dots, n_m について行なうものとする。ただし n_i は停止車列を構成する自動車中, 占有長 ia のものの台数を表わす。

式(8)は一般的な場合を説明するが, この式の計算は m が大となるにともない加速的に困難を増す。そこで実用面を考慮してこの式の簡略化を試みるため, 占有長の分布を次のように単純化して考える。すなわち, (1) で述べたように車体長は 4 m と 7 m の近傍でいちじるしく頻度が卓越しており, これに停止時の前後の余裕を見込んで占有長母集団は, 5 m, 10 m のように, 1:2 の長さの比を有する2要素よりなるものと考えうる。一般的に述べると, 停止自動車の占有長母集団は, a および $2a$ なる2種類の長さの要素よりなり, 大型車が $2a$, 小型車が a に対応するものとする。以上ではわが国での車体長調査結果が基礎となっているが, 同様の傾向はアメリカの例にも見られる。San Fransisco-Oakland Bay Bridge の Lower deck の利用車についての調査結果¹⁰⁾ によると, 車両は総重量平均値 4 604 lb. のものと 11 022 lb. 以上のものとに明瞭に分けることができ, それぞれについて平均車体長を求めると 4.5 m, および 8.8 m となることがわかる。この場合では Lower deck はトラックに対して開放されているため, 乗用車類は除外されるが, これをふくめるとしても結果にはあまり影響はないと考えてよい。結論として, この例からも前述のような占有長母集団を $a, 2a$ の2要素よりなるものとする考え方, およびこの a としては 5 m 程度を採用することは, 実際とあまり隔たりのない結果を与えるものと思われる。

大型車が全交通量(ただし, 三, 四輪, トレーラーなどの自動車類のみについて数える)中に占める割合, すなわち

図-4 停止自動車占有長の分布関数



のようになる。また

$$\psi(t) = \exp[\lambda \{q(e^{ita} - 1) + p(e^{2ita} - 1)\}] \dots\dots(9)$$

となり, また式(8)は

$$P(S_k=L) = \sum_{a n_1 + 2 a n_2 = L} \frac{\lambda^{n_1+n_2} q^{n_1} p^{n_2}}{n_1! n_2!} e^{-\lambda} \dots\dots(10)$$

となる。

(3) 停止自動車車列長の実測とその結果の考察

(a) 停止自動車車列長の実測 (2)において誘導した停止自動車車列長分布の確率法則の実際への適合性を見るために、昭和34年6月4日、午後3時25分～同5時30分の約2時間にわたり、神戸市長田区大橋5丁目交差点において、東行車線に停止信号時に発生する自動車車列長の観測を行なった。この観測地点における交通関係諸量は次のとおりである。

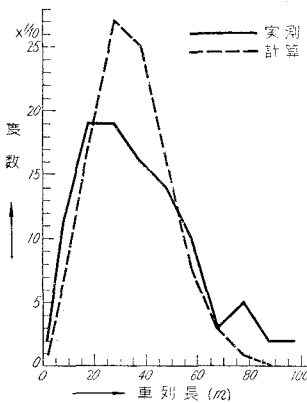
1時間交通量：東行 $Q=759$ (大型車 162; 小型車 597)
 西行 $Q=765$ (" 190; " 575)
 大型車相対交通量：東行 $p=0.213$
 西行 $p=0.248$

信号継続時間：赤 20"; 橙 5"; 緑 50"

この地点では、交通容量に比して交通量が大きいため、交通流の無作為性がかなり疑わしく、(2)の諸式の基礎をなす停止車数のばらつきの Poisson 分布による置きかえは必ずしも実情と一致しないことになろう。それにもかかわらず、観測に好都合であったこと、並びに混雑する街路での停止車列発生状況を知りうるることなどによって、あえてこの地点で観測した。

車列長の測定には車道に接して歩道にならんでいる固定物件、例えば電柱、交通標識類、街路樹、ベンチなどを利用して、それらに対する車列最後尾車後縁の相対的位置より判定した。従って測定誤差は比較的大であったと考えられるが、車列長を5~10mくらいの間隔で級別して統計するにはこれで十分であろう。観測ヒストグラムは図-5のとおりである。

図-5 停止自動車車列長さ数分布



(b) 実測結果の考察 かくしてえられた実測結果に式(10)による理論曲線をあてはめる問題を考える。式(10)において p および q は交通流の観測によってえられ、 λ もまた停止車数のばらつきを観測してえられる。ただ a はなんらかの手段によって決定すべきパラメータである。停止車占有長を図-4のように仮定しているわけであるから、 a を実測により直接的に定めることはできない。この場合は次のように積率を用いて定められる。式(9)の特性関数を利用して S_k の平均値を求めると、

$$E(S_k) = \lambda(aq + 2ap) \dots\dots\dots(11)$$

となり、この $E(S_k)$ の代りに観測平均停止車列長 \bar{S}_k を用いるものとする、式(11)より

$$a = \bar{S}_k / \lambda(1+p) \dots\dots\dots(12)$$

となる。実測値： $\bar{S}_k=35.2$ m, $\lambda=5.77$, $p=0.213$ を用いると

$$a = \frac{35.2}{5.77 \times 1.213} = 5.03 \approx 5 \text{ m} \dots\dots\dots(13)$$

となる。以上の諸値を式(10)に用いて理論度数がえられるが、図-5はこれを図示したもので、観測分布との不一致の傾向は理論分布の方がモードがやや大であり、ひずみ度が小となっているようである。ここで階級値を a の倍数にとって統計し直して χ^2 検定を適用することも考えられるが、測定数が必ずしも十分でなく、そこまで厳密な検定を行なう意義はないように考える。結局、大略ではあるが、この程度の適合がえられるならば、式(10)を今後、停止車列に関連した工学上の諸問題を解くのに利用することは許されるものと思う。

3. Run による自動車交通流解析

(1) 概説

run とは一般的には前後に異なった事象を有する一連の同一事象であると定義される。またこのとき run にふくまれる要素の数を run の長さとして定義する。

道路構造物の設計活荷重を選定するにさいしては、一般にはその構造物が担う荷重状態の中で、構造物に最も不都合な応力を生ぜしめるような載荷状態を選ぶ必要がある。この意味から普通程度以上のスパンを有する道路橋主部材では、輪荷重よりもその総重量、しかも複数個の総重量の同時載荷を考える必要がある。従って、この場合部材応力の面からすれば、総重量が比較的大なるもの、従って大型車のみが相連接して載荷する場合がより不都合な載荷状態を与えることになる。

このように大型車のみが相連なる状態が生起する様子を知っておくことは、道路橋設計活荷重を選定する上で重要な意義を有するわけで、本節では交通流を大型車と小型車とが at random に混合されて生じたものと考えて、そこに発生する大型車あるいは小型車のみよりなる run の確率法則を明らかにする。

run に関する研究の歴史はすでに古く、研究成果も多数見受けられ、主として non parametric test に応用されている。しかしここではそのような従来なされてきた研究^{(13)~(16)}とは別に、run の度数分布、およびある長さ以上の run の発生度数を端的に表現する確率法則の誘導と実測結果との適合状況とを重点的に論ずる。

(2) run の期待度数分布

ある路線の1車線あたりの交通量を考えている時間につき Q 、相対交通量を大、小型車につきそれぞれ p , q とし、1車線に考えている時間内に発生する交通流は、大型車・小型車の2要素よりなる2項母集団からの標本列と考える。従って、長さ i の大型車 run の発生する

確率 $p(r_i)$ は

$$P(r_i) = p^i \dots\dots\dots (14)$$

で与えられる。ただし、 r_i は Q の中で長さ i の大型車 run の発生度数を表わす。整数部分を記号 [] で表わし、 $[Q/i] = n_i$ とすると、 Q が十分大きい場合には r_i は近似的に次式のようなになる。

$$r_i = in_i p^i - \sum_{j=i+1}^Q (j-i+1)r_j, \dots\dots (15)$$

$$i=1, 2, \dots, Q; j=i+1, i+2, \dots, Q$$

式(15)において第1項の in_i は、 Q なる長さの標本列の長さ i による等分割の総数を表わし、第2項は、長さ $i+1$ 以上の run の数に対する補正項で、例えば $i+1$ の長さの run を i の長さで分割すると二とおりのやり方が可能であるように、第1項の in_i 中には長さ $i+1$ 以上の run に対する分割数もふくまれているからである。

式(15)では r_i は直接求められないが、式(15)の関係を用いて $r_i - 2r_{i+1} + r_{i+2}$ なる和をとって見ると結局次式がえられる。

$$r_i = in_i p^i - 2(i+1)n_{i+1} p^{i+1} + (i+2)n_{i+2} p^{i+2} \dots\dots (16)$$

$$i=1, 2, \dots, Q$$

式(16)によって、交通量と大型車相対交通量が与えられ、長さ i の run の生起期待度数を求めることができる。なお、 Q が十分大きいときは in_i 、 $(i+1)n_{i+1}$ 、 $(i+2)n_{i+2}$ などはすべて近似的に Q に等しいと見てよく、

$$r_i \approx Q p^i (1-p)^2 = Q p^i q^2, i=1, 2, \dots, Q \dots\dots (16)'$$

となる。

式(16)より大型車の run の総数 R_h は

$$R_h = \sum_{i=1}^Q r_i = n_i p - 2n_i p^2 \approx Q p q \dots\dots (17)$$

となる。また大型車、小型車の run の総数 R は、 Q が十分大きいときは次のようになる。

$$R \approx 2 R_h \approx 2 Q p q \dots\dots (18)$$

次に長さ j 以上の大型車 run の交通量 Q 間での発生期待度は、式(16)より次のようになる。

$$r(i \geq j) = \sum_{i=j}^Q r_i \approx j n_j p^j - (j+1) n_{j+1} p^{j+1} \dots (19)$$

また、 Q が十分大きいときは次式を用いればよい。

$$r(i \geq j) \approx Q p^j q \dots\dots (19)'$$

ついでに大型車 run の平均長さ \bar{i} を求めると、

$$\bar{i} = \frac{1}{R_h} \sum_{i=1}^Q i r_i \approx 1/q \dots\dots (20)$$

となる。

(3) run の実測とその結果の考察

(a) 実測の概要 run の実測は、走行自動車の距離・時間間隔などとは無関係に、路線に直角に想定した断面を通過する自動車車種を進行方向別に順次記録すればよい。このような記録にもとづいて大型車・小型車の run の長さ別に集計すれば度数分布がえられる。実測は①大

表-1 run の観測度数分布
(京都・三条大橋, 昭 33.12.24)

run の長さ (i)	東 行					西 行				
	大型車		小型車		Σr_i	大型車		小型車		Σr_i
	r_i	ir_i	r_i	ir_i		r_i	ir_i	r_i	ir_i	
1	125	125	16	16	141	149	149	22	22	171
2	17	34	17	34	34	22	44	15	30	37
3	6	18	14	42	20	5	15	24	72	29
4	2	8	16	64	18			18	72	18
5			12	60	12			8	40	8
6			8	48	8			11	66	11
7			3	21	3			6	42	6
8			9	72	9			10	80	10
9			5	45	5			9	81	9
10			6	60	6			8	80	8
11			6	66	6			6	66	6
12			5	60	5			4	48	4
13			9	117	9			2	26	2
14			4	56	4			5	70	5
15			4	60	4			6	90	6
16			1	16	1			4	64	4
17			2	34	2			3	51	3
18			2	36	2			2	36	2
19			1	20	1			2	38	2
20			1	21	1					
21			1	21	1			1	22	1
22			3	66	3					
23			1	23	1					
24			1	24	1			1	24	1
25			1	25	1			3	75	3
26			1	26	1					
27								2	54	2
28								1	28	1
29								1	29	1
41								1	41	1
44			1	44	1					
計	150	185	149	1156	299	177	208	175	1347	251
	交通量 1341 ($p=0.138$)					交通量 1555 ($p=0.134$)				

表-2 run の観測度数分布
(神戸・大橋5丁目, 昭 34.6.4)

run の長さ (i)	東 行					西 行				
	大型車		小型車		Σr_i	大型車		小型車		Σr_i
	r_i	ir_i	r_i	ir_i		r_i	ir_i	r_i	ir_i	
1	206	206	68	68	274	196	196	67	67	263
2	48	96	46	92	94	51	102	45	90	96
3	5	15	28	84	33	17	51	45	135	62
4	2	8	23	92	25	4	16	22	83	26
5			20	100	20	1	5	19	95	20
6			13	78	13	1	6	14	84	15
7			11	77	11			19	133	19
8			13	104	13			7	56	7
9			7	63	7			8	72	8
10			5	50	5			4	40	4
11			4	44	4			10	110	10
12			4	48	4			4	43	4
13			6	78	6			1	13	1
14			3	42	3					
15			2	30	2			1	15	1
16			1	16	1					
17			1	17	1					
18								3	54	3
19								1	19	1
20			2	40	2					
21			1	21	1					
22										
23			1	33	1					
24								1	24	1
25										
35			1	35	1					
計	261	325	260	1202	521	270	376	271	1143	541
	交通量 1527 ($p=0.213$)					交通量 1519 ($p=0.248$)				

津市逢坂山検問所(国道1号線), ②京都市四条大橋, ③同三条大橋, および④神戸市長田区大橋5丁目(国道2号線)の4地点において行なった。これらの中で①, ④は都市間連絡路線の性格を有し、長距離輸送車、従って大

型車が卓越し、②、③は市街地路線で小型車が卓越する。結論的には式(16)〔または式(16)′〕の実測値との適合度はきわめて優秀であり、逢坂山で適合度の劣るものもあったが、それは路線上の観測地点近傍に道路工事が施工中であったことによる車種混合の無作為性の欠如、および観測地点の地理的条件に原因するとして十分説明される¹⁷⁾。ここでは観測結果から代表的に③、④を選んで詳述するものとする。

(b) 実測結果 表-1 および 表-2 はそれぞれ三条大橋、神戸市大橋5丁目における run の観測結果を表示したものである。

(c) 実測結果の考察 式(16)′による計算結果と実測結果との適合度を検討する。大型車の run のみを採り上げることにして、大型車 run の理論値と実測値を対比し

表-3 大型車 run 分布の理論値と実測値の比較

	京都・三条大橋				神戸・大橋5丁目			
	東行		西行		東行		西行	
	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値
r_1	125	141	149	156	206	201	196	212
r_2	17	17	22	21	48	43	51	53
r_3	6	2.6	5	2.79	5	9.2	17	13
r_4	2	0.36		0.37	2	1.9	4	3.2
r_5		0.05		0.05		0.4	1	0.8
r_6				0.01		0.09	1	0.2
r_7						0.02		0.05
r_8								0.01

て示せば表-3 のようであり、

図-6 はこれを図示したものである。図中、折線が理論値を示す。

表-3 および 図-6 のように、理論・実測両値間の一致はかなり満足しうるものであることがわかる。

Wishart および Hirshfeld¹⁸⁾ によると、2要素(各生起確率 p, q) よりなる 2項母集団から Q 個の標本を順次抽出する場合、両要素の run の

図-6 (a) 大型車 run の度数分布 (京都・三条大橋、昭.33.12.24)

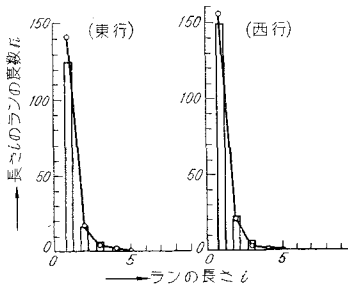
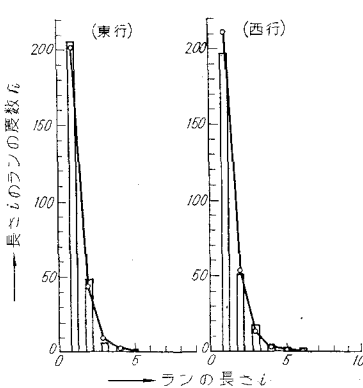


図-6 (b) 大型車 run の度数分布 (神戸・長田・大橋5丁目、昭.34.6.4)



総数を R とすると、

$$x = \frac{R - 2Qpq}{2\sqrt{Qpq(1-3pq)}}$$

なる x は正規分布 $N(0, 1)$ に漸近する。実測値を用いて上式による x を求めると、

三条大橋 東行: -0.884 ; 西行: -0.456

大橋5丁目 東行: $+0.401$; 西行: -1.145

となり、交通流における車種構成の無作為性は有意水準をかなり高くとっても捨てられない。しいていえば、大橋5丁目西行では負値がかなり大きいことから、無作為的である場合に比して run 総数が少ないことを意味し、それは隣接地点に交差点信号が存在するためと考えられる。すなわち、滞留車群が解放された場合に、起動が容易であり、かつ走行速度も大である小型車が大型車を追越すことが容易に発生し、十分な混合が車種間に生ずる以前に観測地点に達するからである。

結論的には、式(16)または式(16)′は、交通流の無作為性がいたって疑わしい場合をのぞけば、run の度数分布を十分満足しうる精度で与えるものと判定される。

4. 結 語

自動車交通流には確率論的処理の対象となる問題が多数ふくまれているが、ここでは道路橋設計活荷重選定のための基礎となる載荷状態を代表する2つの場合、すなわち、街路にて停止信号時に発生する停止車列長の分布、および重量大なる大型車のみよりなる run の発生状況を明らかにし、おのおのについて実測を行なって実際の適合を検討し、満足しうる結果をえた。

この中で特に大型車 run の解析結果は、長大スパン橋の設計活荷重選定にさいし、きわめて高い利用価値を有するものと信じている¹⁷⁾。その問題については次の機会に譲りたい。

本研究の実施にさいしては京大 小西一郎教授、同岩井重久教授より御指導御鞭撻を賜った。ここに深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 田原保二: 交通量と車輛間隔の確率論, 第2回日本道路会議論文集, pp. 471-473 (昭.29)
- 2) Sven O. Asplund: Probabilities of Traffic Loads on Bridges, Proc. ASCE, Vol. 81, Separate No. 585 (Jan. 1955)
- 3) I. Konishi & M. Shinozuka: Stochastic Study on Uniform Live Load in the Design of Highway Bridges, Tech. Report of Engg. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 6, No. 2, Report No. 28 (Feb. 1956)
- 4) 小西一郎, 篠塚正宣: 道路橋活荷重に関する確率論的考察, 日本工学会大会講演会 (昭.31-5月)
- 5) 小西一郎, 篠塚正宣: 道路橋活荷重に関する確率論的考察(II), 土木学会第12回年次講演会概要集, pp. 179-180 (昭.32-6月)
- 6) 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, No. 35, pp. 15-20 (昭.31-6月)

- 7) 西村 昭：道路橋の安全性に及ぼす自動車荷重の影響，土木学会論文集，No. 43, pp. 23-28 (昭 32-2 月)
- 8) 川崎偉志夫：道路橋の荷重について，“鋼橋設計方書とプレストレスト コンクリート指針”，土木学会，pp. 79-92 (昭 30-8 月)
- 9) S. Mitchell & G.F. Borrmann：Vehicle Loads and Highway Bridge Design, Proc. ASCE, Vol. 83, No. ST4, Paper No. 1302 (July 1957)
- 10) R.J. Ivy, T.V. Lin, S. Mitchell, R.C. Raab, V.J. Richey, and C.F. Scheffey：Live Loading for Long Span Highway Bridges, Proc. ASCE, Vol. 79, Separate No. 198 (June 1953)
- 11) H.K. Stephenson：Highway Bridge Live Loads Based on Laws of Chance, Proc. ASCE, Vol. 83, No. ST4, Paper No. 1314 (July 1957)
- 12) 「日本道路公団大阪支社：明石岩屋フェリーボート乗船申込票」による。
- 13) A. Wald & J. Wolfowitz：On a Test Whether Two Samples Are from the Same Population, Ann. Math. Stat., Vol. 11, pp. 147-162 (1940)
- 14) F. Mosteller：Note on an Application of Runs to Quality Control Charts, Ann. Math. Stat., Vol. 12, pp. 228-232 (1941)
- 15) F.S. Swed & C. Eisenhart：Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives, Ann. Math. Stat., Vol. 14, pp. 66-87 (1943)
- 16) J. Wolfowitz：On the Theory of Runs with Some Applications to Quality Control, Ann. Math. Stat., Vol. 14, pp. 280-288 (1943)
- 17) A. Nishimura：Design Live Load of Long-Span Highway Bridges Based on the Runs of Vehicles' Memoirs of the Faculty of Engg., No. 7, Kobe Univ., pp 1-15 (March 1960)
- 18) A.M. Mood：The Distribution Theory of Runs, Ann. Math. Stat., Vol. 11, pp. 367-392 (1940)

(原稿受付：1960.10.5)

論文集第69号・別冊案内

(3-1) 基礎の変形がアーチダムの応力におよぼす影響について

B5判 28 ページ 林 正夫 著 定価 150 円 (千 10 円)

(3-2) 広巾員開水路の定常流

B5判 18 ページ 井田至春 著 定価 100 円 (千 10 円)

(3-3) 変断面連続桁橋の立体応力解析

B5判 34 ページ 小松定夫 著 定価 200 円 (千 10 円)

EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES, EARTE STRUCTURES AND FOUNDATION IN JAPAN.

体 裁 B5判英文9ポイント一段組。本文 110 ページ，写真4ページ，折込付図(震害表・震害地図)1枚，表紙和紙使用，本文真珠アルトン紙使用，上製本

頒 価 800 円 (千 30 円) 国外価格 3 \$ (送料，手数料込み)

軽量形鋼の正しい使い方と設計・施工のよりどころを斯界権威者が詳細に解説した!

軽量形鋼建築便覧

3 月下旬発売

八幡製鉄株式会社・八幡エコンスチール株式会社

軽量形鋼建築便覧編集委員会編

編集委員長 東大教授 工博 仲 威 雄

委員

九州大学 助教授
清水建設 KK
原子力部長
東大助教授 工博
京都工業繊維大学
教授 工博

五十嵐定義
大 築 志 夫
加 藤 勉
高 原 道 夫

早稲田大学
助 教 授 工博
都立大学 助教授
東京工業大学
助 教 授 工博
京都大学 教授 工博

谷 資 信
長 倉 康 彦
藤 本 盛 久
横 尾 義 貴

軽量形鋼は生産開始後、数年にして月産約1万トン、数十品種におよぶ活況を呈し、形鋼を主要耐力部材とする建築構造は、現在わが国建築界に一つの分野を確立するに至っている。

この形鋼は1945年以後、アメリカで建築構造用に発達したものであるが、わが国の建築事情に適合させてゆくためには、外国の例をそのまま利用することはできないし、独自の研究・調査・開発・宣伝などが必要で、しかもそれらの実行は容易なことではなかった。にもかかわらず、いま実用面で急速な伸展をみたのは関係者の格別な努力と需要供給の時期がマッチしたためであろう。

本書は、学説を掲げたり、理論の展開とか、文献の考証とかは一切避けて、執筆者が自らの設計・実験・経験上から引き出した結論・結果だけを示し、現場に直ぐ役立つような設計例を豊富に入れた便覧である。

A5判・上製函入・730頁 定価 1,500円
折込設計図例47枚、色刷6枚

総合図書目録送呈

東京都港区赤坂溜池町5 振替東京10番 電話(481)8581 技 報 堂