

神戸大学工学部 正員 西村 昭
建設省北陸地建 正員 〇羽原 伸
近代設計コンサルタント 正員 伊丹 太

1. まえがき

現行設計示方書には、本来確率統計的性質を有するものに対して、経験則に基づいて、未定論的に取扱われているものが多い。ここでは、道路橋において、交通渋滞状態に注目して、活荷重による静的な断面力の発生状況を確率統計論的に把握し、現行のL-20荷重体系の合理性を論じようとするものである。特に、きわめて稀に生ずるような過大な断面力の発生確率の推定を試み、影響線特性(載荷長・形状)の相違による影響についても合わせて検討する。

2. 解析手法

自動車列荷重は、不規則なものであり、その不規則性は、個々の車軸重量の変動と、載荷長内に配列される台数の乱れによるものと考えられる。車軸重量は、従来の研究により有限分布に従うものとし、モンテカルロ法により、自動車列を作り出して、橋梁上での渋滞状態を再現する。車列は、車道中央に一列に並ぶものとし、自動車荷重は、車輛占有長中点に集中作用するものと仮定する。影響線特性としては、実際に考えられる種々の断面力(応力)の影響線のモデル化として、載荷長(50~300m)、尖りの異なる形状として図-1のように設定した。発生断面力 S_0 は、車重 Σ と、載荷位置での影響線縦距 h とより、

$$S_0 = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot h_i \quad (k: \text{載荷台数}) \quad (1)$$

として求める。また、 S_0 の評価基準値として、L-20荷重による設計断面力 S_d を求め、 S_0/S_d により比較を行う。

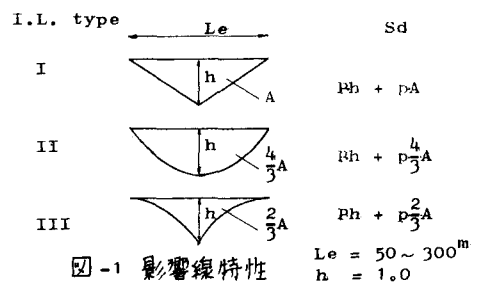
まず、車重分布の原始母集団からの抽出(D_0)により、 S_0 の平均的傾向をとらえる。次に、設計に際し重要な意味を持つのは、大型車列が発生し、これが、最も不利な状態に載荷された場合に生じる過大な断面力であることに注目して、 S_0 の上限付近の情報を得るために次のような手法を用いる。車重分布に下限値を設け、これ以下も打切った大きな車重値のみの分布を用いて、前述のシミュレーションを行う(D_t)。ここで求められる S_0 の発生確率は、分布打ち切りに関する補正、大型車列の発生に関する補正を施すことにより、推定できる。下限値を α とした打ち切り分布から抽出した i 個の標本の構成する分布の確率密度関数 $f_i(\alpha)$ は、

$$f_i(\alpha) = H(\alpha - \alpha_0) f_0(\alpha) [1 - F_0(\alpha_0)]^i \quad (2)$$

である。ここで、 $H(\alpha)$ はUnit Step function, $f_0(\alpha)$, $F_0(\alpha)$ は、原始母集団の確率密度関数、確率分布関数である。したがって、補正係数は、 $[1 - F_0(\alpha_0)]^i$ となる。

3. 結果および考察

D_0 より求められた S_0 の分布性状は、ほぼ正規分布をなし載荷長 L_e の増大と共に、適合性は良好になる。図-2に、 S_0 の平均値 μ 、標準偏差 σ を示す。 μ は、 L_e に比例して増大するが、 σ の増加は緩く、変動係数は減少して行く。影響線形状の影響は、尖り方の鋭いものほど、 S_0 の変動が大きく表われている。 S_0/S_d と L_e の関係を図-3に示す。 $\mu + 2\sigma$, $\mu + 3\sigma$ 値は、 $L \geq 150$ mで、ほぼ横ばいとなっており、設計荷重の低減の効果と考えられる。



次に、 D_t によるデータを加えて、過大な S_o の分布性状について検討する。率重分布の打ち切りに関する補正を施して、 S_o の超過確率を図-4に示す。 D_o からのデータによる S_o の正規分布確率は、上限部において、やや過大な値となるが、安全側の上限值として有効性があると考えられる。

設計断面力 (S_d)、120% S_d を超過する確率 (P_e) について、 L_e と共に図-5に示す。 S_d を超過する確率については、 L_e に伴って、150m程度まで漸増し、それ以上で漸減している。120% S_d の超過確率については、 L_e の増大に伴い P_e は半調減少の傾向を示す。同一橋梁内においても、断面力によっては支間長 L と載荷長 l_e の異なる場合があり、 L により活荷重強度の低減を規定している現行設計荷重体系には、不均衡がある。

影響線形状の相違が、超過確率 P_e に及ぼす影響を $L_e = 50, 100, 200$ m について図-6に示す。 $L_e = 50$ m では、 S_d を超過する確率で、I: 2.5×10^{-4} , II: 4×10^{-3} , III: 2×10^{-6} とかなりの差が認められ、尖りの鋭い形状での P_e が、大きくなる傾向がある。この意味で、不静定構造物における設計に際しては、何らかの配慮が必要となることがある。

参考文献 小西一郎他; 構造物の安全性・信頼性, P.P.1~189.昭51-10.

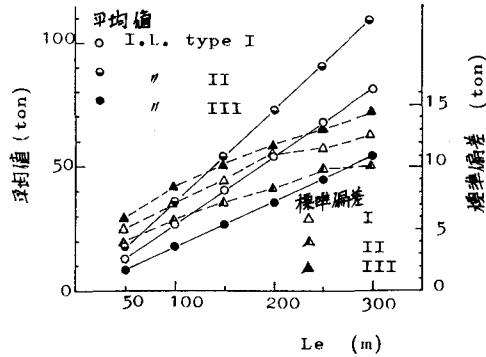


図-2 S_o の平均値および標準偏差

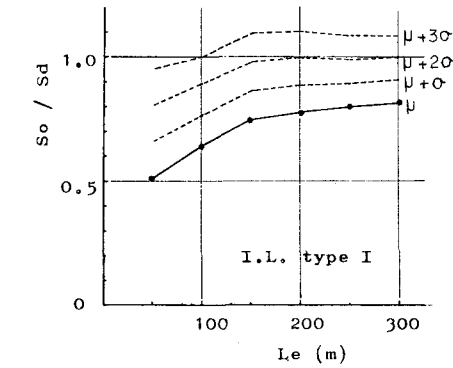


図-3 載荷長と S_o/S_d の平均的傾向

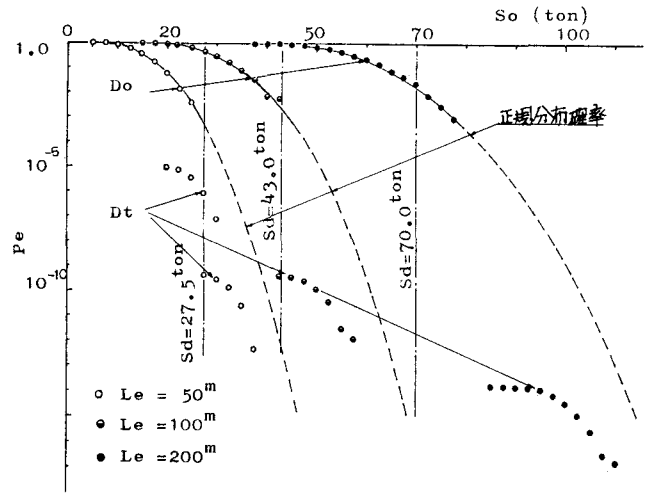


図-4 S_o の超過確率分布 (I.L. type I)

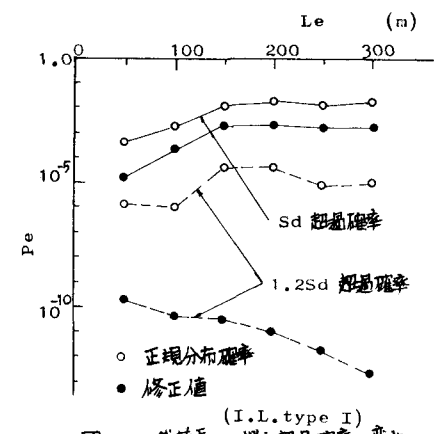


図-5 載荷長に伴う超過確率の変化 (I.L. type I)

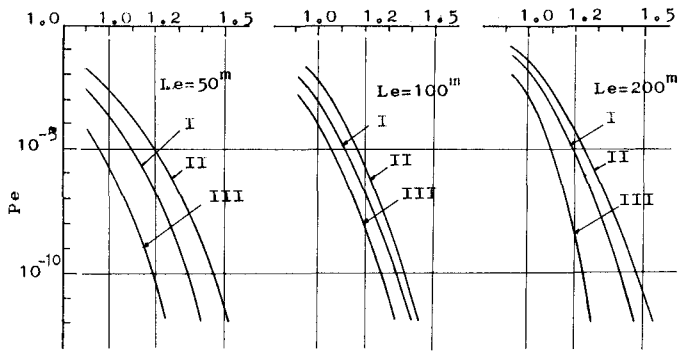


図-6 影響線形状の相違と超過確率