

東京大学 正員 佐藤 尚次
東京大学 正員 西野 文雄

アジア工科大学 学生員 土井 良治
東京大学 正員 長谷川彰夫

1. はじめに 筆者らは、昨年¹⁾において、道路橋活荷重改善のための試みが、橋梁に発生する断面力や応力の実測にもとづいて行われることに疑問を呈した。また、車両重量のみの情報を用いても、運用のしかたを工夫することによって、断面力をよく表わしうる設計荷重モデルを作れることを、不等分布荷重モデルを例にとりて示した。

ところで、設計における安全性の照査式は次の形式で表わすことができる。²⁾

$$\nu S(s^*) / R(r^*) = \nu S^* / R^* \leq 1 \quad (1)$$

信頼性設計において重要なのは、 S^* 、 R^* のレベルでの超過確率であり、³⁾ また一般に

$$\Pr[S \geq S^*] \neq \Pr[s \geq s^*] \quad (2)$$

である。活荷重の設計モデル s^* を考える際に、荷重効果 S のデータにもとづいて考察が行われるのはこのような理由によるものと考えられる。しかし昨年の成果が示すように、荷重 s のデータに本質的に重要な性質が含まれていることは明らかである。本研究は S^* に及ぼす s の確率的性質の影響と構造形式(具体的には影響線形状)の影響を分離し、その上でより現実的な荷重モデルを提案する。

2. 構造特性の影響の分離 昨年と同様、橋梁上の渋滞荷重列を、車頭間隔 a を一定にとってモデル化する。スパン長を l とし、 $n = l/a$ として n が整数のときのみを考える。荷重 s を代表する量として、橋梁上の総車両重量 Z をとり、荷重効果 S として、位置 ξ ($0 \leq \xi \leq 1$)に発生する曲げモーメント $M(\xi)$ をとる。各車頭間の車両重量を W_i ($1 \leq i \leq n$)とすると、 Z 、 $M(\xi)$ は次のように表わされる。

$$Z = \sum W_i \quad (3)$$

$$M(\xi) = \sum C(\xi; i) W_i \quad (4)$$

ただし $C(\xi; i)$ は影響線関数である。均一な重みをつけて W_i を重ね合せた Z よりも、不均一な重みをつけた M の方が、0.1 確率変数としては変動係数が大きくなる。このことを具体的に例示するため、 C の関数として単純げたに対するものを選び、 W_i が対数正規分布に従うものとしてシミュレーション(反復回数 10^4)を行って、超過確率 $e = 10^{-3}$ に対応する特性値 Z^* 、 M^* を求め、この値の平均値からの隔たりを平均値で割って無次元化して、スパン長 n との関係を求めたものをFig.1に示す。無次元化を行ったため、図は Z^*/n が一樣

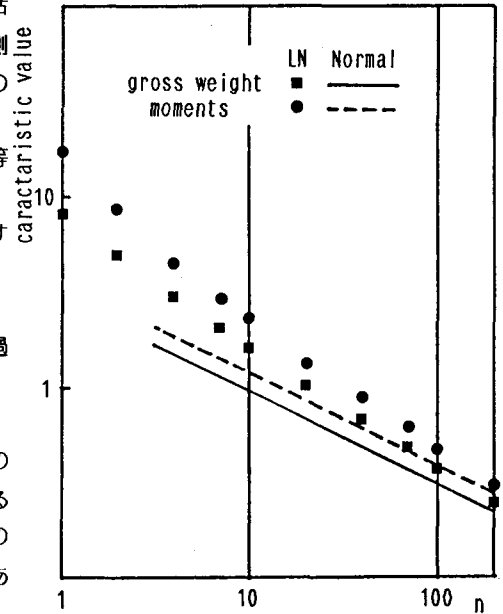


Fig.1 Convergence of Z^* & M^*

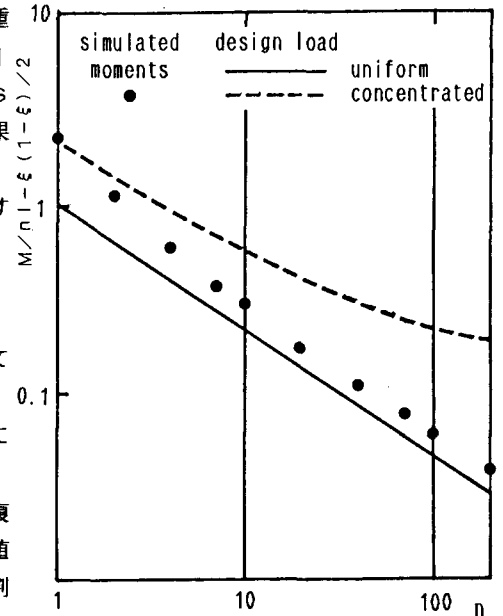


Fig.2 Simulated Moments & Moments calculated from Design Load

に載荷されたときに $\xi = 0.5$ に発生するモーメント

$$M(Z^*) = (\sum C(0.5; i)) (\sum W_i)^* / n \quad (5)$$

$$\text{と} \quad M^* = (\sum C(0.5; i) W_i)^* \quad (6)$$

とを対比させたものと解釈することもできる。図中実線と破線で示したのは、 W_i が、同じ平均と分散をもつ正規分布に従うと仮定して理論的に求めた特性値であり、中心極限定理により上記の Z^* 、 M^* はこれらの直線に漸近する。これらの漸近線の差は式 (3)、(4) の Z と M の変動係数の差が現われたもので、これは解析的に示すことができる。(式は省略) Fig.1 からわかるように、 Z^* と M^* は、 $n > 10$ 程度の範囲ではほぼ平行となり、その差はほぼ漸近線の差に等しい。即ち、この差が構造物(影響線)を媒介させたときの影響であり、解析的に求められる量である。昨年の論文で、単純げたのモーメントの実測から定めた設計荷重をそのままトラス等に適用できる保証はないと述べたが、構造形式により漸近線がどう異なるかを考慮すれば、この問題は解決されるといえる。

3. 設計活荷重の提案 Fig.1での $Z^* / n - 1$ と n との関係に線形回帰を施して $Z^* / n - 1 = A \cdot n^B$ (7)

とすると、 $A = 7.87$ 、 $B = -0.67$ を得た。式 (7) で

得られる Z^* を等分布載荷したときの設計曲げモーメント $M(Z^*)$ とシミュレーションによる発生曲げモーメント M^* とを比較すると Fig.2 のようになる。図では Z^* のすべてを照査点 $\xi = 0.5$ 上の集中荷重として載荷したときに生じる曲げモーメントも破線で示した。前節で示した通り、一様分布荷重によるモーメントはシミュレーション値を下回り、また活荷重の載荷位置が断面力に大きく影響する $n \leq 10$ の範囲では、その差は更に大きくなる。これに対しては、等分布荷重を一定の割合で割り増すか、または Z^* の超過確率 e を小さくするという方法が考えられる。ここでは後者を取り、設計曲げモーメントで超過確率 10^{-3} を得るための Z^* の超過確率は、単純げたで $e = 1.8 \times 10^{-4}$ を得た。また着目点に集中荷重を載荷させることにより、 n が小さい範囲での設計断面力を増大させることができるが、この荷重値は n が増大しても増さないものとする。以上のようにして得られた設計荷重は、

$$\text{集中荷重} : p = 0.32(A+1) = 4.4$$

$$\text{等分布荷重} : q = (Z^* - p) / L = (13n^{(-0.72)} - 4.4 / n + 1) / a \quad (8)$$

$$(A = 13.0, B = -0.72)$$

と表される。Fig.3に式 (8) の設計荷重によるモーメントを示す。この図より安全でかつ整合性に優れた設計荷重であることがわかる。せん断力についても全く同様な結果が得られた。

更に、文献 (4) のデータを用いて現行の L 荷重を確率的に位置づけ、Fig.3に破線で表した。この結果得られた知見は次の通りである。

- (1) $n \leq 20$ では、シミュレーション値をかなり下回り、危険側となる。
- (2) 逆に $n \geq 100$ では、過度に安全な設計荷重となっている。
- (3) スパン長の短い橋梁ほど設計における活荷重の影響が大きいことを考えると、(1)、(2) の傾向は好ましくない。

文献 1) 佐藤他、第38回年講、I-201、2) 西野他、橋梁と基礎、58年12月号~59年1月号、

3) 井上他、第37回年講、I-36、4) 阪神高速道路活荷重実態調査、昭和58年10月

