

金沢大学土木工学科 正会員 小堀為雄

金沢大学 大学院 専生員 初宿廣幸

1. まえがき

現在、道路橋の設計活荷重は主げたの設計に対して、幅員及び橋軸方向の低減率を規定したL-20荷重が採用されている。このL-20荷重は現在及び将来の自動車荷重の増大、走行時の渋滞状態等を考慮した最大値的な性質をもつものであり、現行の許容応力度設計法では、このL-20荷重を超過する分に対して材料強度の公称値を安全率で低減した許容応力で補っている。従って本研究では荷重の代表的統計量から得られる荷重作用(モーメント、せん断力等)、及び材料強度をある特定の確率密度関数に仮定し、破壊確率を規定した場合、許容応力度設計法におけるL-20荷重がどのような荷重状態に相当するかを検討し、さらに疲労に対する活荷重の変動の影響を検討するものである。

2. 計算手順

道路橋の活荷重は他の構造物とちがって移動荷重であるため、荷重作用に対する取り扱いが困難であり観測データも不足しているため、本研究では実際の交通量測定から得られる活荷重の平均値、分散をもとにした荷重作用の平均値、分散を用いることにする。すなわち活荷重変数 W に対し

$$E(W_k) = \bar{W} \quad V(W_k) = V_W$$

とした場合荷重作用 S の平均値、分散は次式で示される。

$$E(S) = \frac{K}{n} \bar{W} \sum_{i=1}^n a_i \quad V(S) = \frac{K}{n} V_W \sum_{i=1}^n a_i^2 + \frac{K(n-K)}{n^2} \bar{W}^2 \sum_{i=1}^n a_i^2 \quad (1)$$

式中 a_i はスパン長 l を n 等分した場合の細分間隔 l/n の影響係数であり、 K は載荷台数を示す。

次に破壊確率 P_f と現行安全率 η の関係を古典的信頼性理論から求めてみる。古典的信頼性理論によれば抵抗 R 及び荷重作用 S にそれぞれ正規分布を仮定すると次式が導かれる。

$$\bar{R} = \bar{S} \frac{1 - C_f^2 k_f^2}{1 - \sqrt{1 - C_f^2 k_f^2} (1 - C_f k_f)} \quad (2)$$

式中 $\bar{R}, \bar{S}, k_f$ は R, S の平均値及び変動係数であり $\Phi(P_f) = -C_f$ 、 $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ である。

一方許容応力度設計法では必要断面係数 $W = S^*/f_a$ であり現行安全率 $\eta = f_y/f_a$ であるから(2)式は次のようにも表わせる。

$$\frac{\bar{R}}{\bar{S}} = \frac{\eta S^*}{\bar{S} (1 - C_f k_f)} = \frac{\bar{f} W}{\bar{S}} \quad (3)$$

式中 $\bar{f}, k_f$ は材料強度の平均値、変動係数、 S^* は設計荷重作用である。従って上記(1),(2),(3)式より現行L-20荷重に対応する荷重状態が示される。最後に疲労に対する活荷重変動の影響をマイナーの法則と積率母関数より導くと次式で示される。

$$\frac{N}{N_S} \int_0^{\infty} S^\theta f(S) dS = \frac{N}{N_S} \phi^0(0)$$

式中 θ は $S-N$ 曲線の傾きであり N は平均応力 $\bar{S}$ に対する疲労寿命である。今 S に正規分布を仮定すれば積率母関数 $\phi(\theta) = \text{EXP}(\bar{S}\theta + \frac{\sigma^2 \theta^2}{2})$ となる。

3. 計算結果及び考察

計算では死荷重と活荷重のみを考え、荷重作用として単純ばり中点のモーメントをとることにする。又死荷重の平均値、変動係数はスパン長に対し一定で $\bar{D}=2.2\%$ 、 $V_D=0.05$ とし、載荷率 $H_w=0.4$ とする。図-1 では活荷重統計量から得られるモーメント変動がスパン長に対し減少関数となっている。図-1 と図-4 より明らかなように活荷重状態が同じなら疲労に対する影響は短スパンの方が大きいと思われる。又図-2 と図-3 は $\bar{D}=10^{-6}$ とした場合で図-2 は現在及び将来の自動車荷重の増大等により現行許容応力度を下げなければならないことを示し、図-3 は L-20 荷重に対する限界荷重を活荷重の代表的統計量で示したもので同じ荷重状態に対し L-20 荷重の橋軸方向低減率が妥当なものと思われる。

図-1 荷重変動とモーメント変動

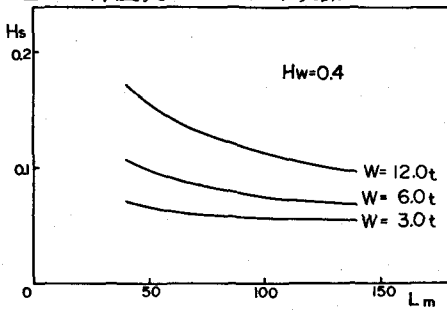


図-2 材料安全率と活荷重統計量

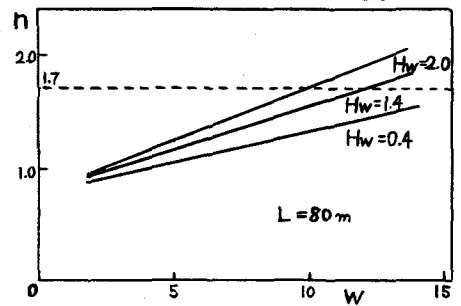


図-3 L-20 荷重に対する荷重状態

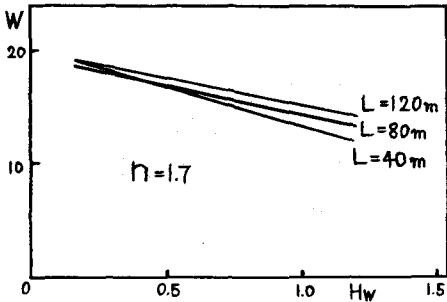
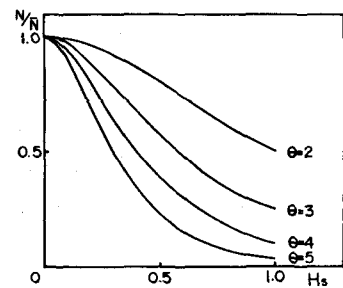


図-4 疲労に対する荷重変動の影響



4. あとがき

本研究では荷重平均、分散、載荷率及び破壊確率を規定した場合の L-20 荷重に相当する荷重状態を許容応力度設計法に従って示した。しかしながらこれらの規定条件はスパン長に対し同じ値ではなく、荷重作用の分布関数も荷重の確率密度関数により影響を受けるため今後検討されなければならない問題点であろう。

参考文献) 中川建治「はりの静的ランダム荷重に対する応答の確率統計的研究」

2) 西山, 秋本「構造物の設計における確率論的方法」, 土木技術 28巻5号。

3) Ang, A.H.S., Amin, M. 「Safety Factors and Probability in Structural Design」 ASCE, 1969

4) Freudenthal 「The Analysis of Structural Safety」 ASCE, 1966