

I-172

確率論的考察に基づく許容応力度の割増し係数の評価

早稲田大学大学院 学生員 津野和宏
早稲田大学理工学部 正員 依田照彦

1. まえがき

土木構造物の設計においては、発生頻度の低い荷重同士を組み合わせる設計荷重とする場合、それらの荷重が同時に発生する確率は極めて低いので、安全性・信頼性のレベルを調整する意味で何等かの処置が施されている。現行の道路橋示方書では許容応力度の割増しを行うことにより荷重組合せ時の安全性レベルを調整している。割増し係数の値そのものは、理論的根拠に乏しいとは言うものの、長年の技術者の経験からも妥当な数値とされている。

本研究では、この割増し係数を確率論的立場から検討し、理論的裏付けに対する考察を行うことを目的とする。

2 解析方法

本研究では荷重組合せケースを、死荷重D＋活荷重L＋風荷重W に限定し、以下の仮定の下に、許容応力度の割増し係数を算出した。

- 1) 死荷重は常に一定値をとるものとする。
- 2) 各荷重の供用期間最大値は極値Ⅰ型分布に従うものとし、その設計用値は超過確率90%の値とする。
- 3) 使用する荷重の特性は表1の通りとする。

表1：荷重の特性

	変動係数	発生頻度	継続時間
死荷重D	一定値		
活荷重L	$V_L=0.15$	2回/日	2時間
風荷重W	$V_W=0.20$	1～4回/年	4～10時間

発生頻度から対象とする荷重が供用期間中に発生する回数がもたまるのでこれをNとすると、次式によって1回発生した場合の平均値がもたまる。

$$\mu_{x1} = \mu_{xn} - \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma_{xn} \cdot \ln(N) \tag{1}$$

$$\mu_{x1} = \frac{\mu_{xn}}{\ln(N) + 0.577215} \tag{2}$$

(μ_{x1} ：1回分の平均値， μ_{xn} ， σ_{xn} ：供用期間最大値の平均値および標準偏差)

ここに、式(1)は極値Ⅰ型の場合、式(2)は指数分布の場合である。(1)では標準偏差が保存され、(2)では平均値のみの関数となる。このようにして求められた1回分ずつの分布を数値積分によって合成すれば、LとWが1回同時発生した時の分布がもたまる。合成された分布の形状は極値Ⅰ型に極めて近いために極値Ⅰ型と見なし、次式のように平均値 μ_s 、標準偏差 σ_s を求めた。

$$\sigma_s = \frac{S_{0.9} - S_{0.5}}{1.46884} \tag{3}$$

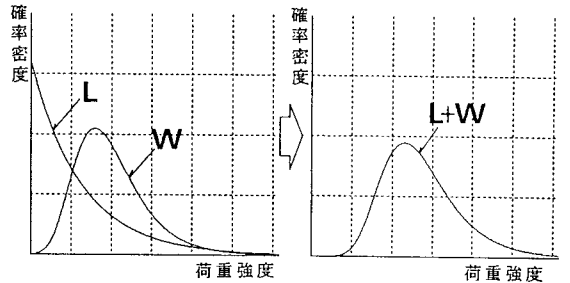


図1：荷重分布の合成

表2：供用期間中の同時発生回数

Wの 継続時間	Wの発生頻度		
	1回/年	2回/年	3回/年
4時間	25.000	50.000	100.000
6時間	29.167	58.333	116.667
8時間	41.667	83.333	166.667
10時間	50.000	100.000	200.000

$$\mu_s = S_{0.5} + 0.16428 \sigma_s \quad (4)$$

（ $S_{0.5}$, $S_{0.9}$: 50%, 90%超過確率値）

次に発生頻度と継続時間から、LとWが供用期間中に同時に発生する回数の期待値を求め、その結果を表2に示す。ここで、活荷重Lは午前7時～9時と午後5時～7時の1日2回、2時間づつ発生するものとした。この値より供用期間に同時に発生する回数が求まり、式(1)、(2)によって供用期間中の分布特性が求まる。これにLとWから同時発生回数を差し引いた分布を独立した（重なることの無い）荷重として合成すると、LとWの完全な組合せ荷重分布が求められる。この分布における超過確率90%の値を組合せ荷重の設計用値 S^* とすれば、割増し係数 α は次式によって定義できる。

$$\alpha = \frac{D^* + L^* + W^*}{D^* + S^*} \quad (D^*, L^*, W^* : \text{それぞれの荷重の設計値}) \quad (5)$$

3 解析結果及び結論

死荷重Dの全荷重に対する占有率を20～40%とし、活荷重Lと風荷重Wの平均値の比率を変化させてそれぞれの割増し係数 α を計算した。結果を図3に示す。風荷重Wは、一度発生した後再び活荷重がピークを持つことは無いであろうとの判断から、継続時間を10時間までとした。また風荷重の発生頻度は年1回～4回としたが、計算結果によれば α の値にほとんど影響を及ぼしていない。

現行の道路橋示方書に定められている値は、今回の荷重組合せケース（ $D + L + W$ ）の場合には、 $\alpha = 1.25$ である。死荷重の割合が40%程度まで、活荷重と風荷重の比が1対1に近ければ現行の許容応力度の割増し係数は安全側の値を与えていると思われる。しかしながら、今回の計算では限られた範囲内でのパラメータを使用しているため、割増し係数の妥当性を吟味するにはさらに解析例を増加させる必要がある。

参考文献

- 1) 伊藤学；亀田弘行；黒田勝彦；藤野陽三：土木建築のための確率統計の応用、（株）丸善、昭和63年。
- 2) P. トークリステンセン；M. J. ベイカー；室津義定 監訳：構造信頼性理論と応用、

Springer-Verlag東京、昭和61年。

- 3) 杉山俊幸：許容応力度の割増し係数に関する確率論的考察、第40回年次講演会概要集I-312、1981

- 4) 麻生真也：信頼性理論にもとづく許容応力度の割増し係数の評価、第43回年次講演会概要集I-265、1988

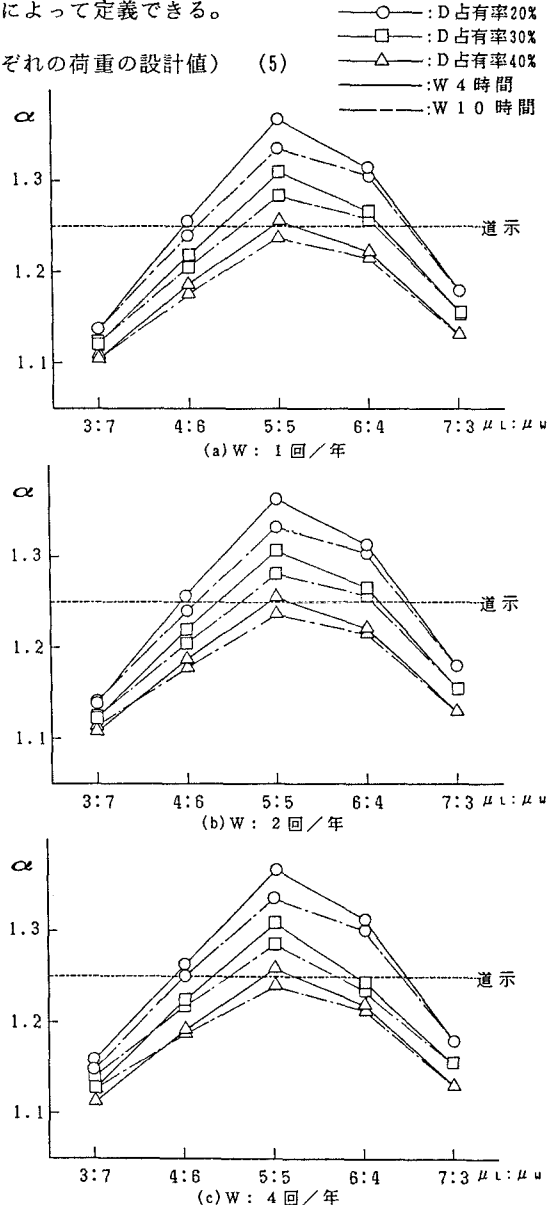


図3：割増し係数と荷重の関係