

I-A 295

等価有義荷重を用いた自動車荷重の評価

北海学園大学工学部 正 員 当麻庄司

北海学園大学大学院 学生員 黒田保博

日本交通技術㈱ 正 員 森戸和宏

1、序論

構造物を設計する作業は、一般に次のように大きく2つに分けることができる。

(1) 構造物に作用する種々の荷重から設計に用いる荷重を決定する。

(2) 構造解析によりその荷重に対する構造物内の応力（内力あるいは荷重効果）を求める。

このようにして、求められた応力（荷重効果）を抵抗強度と比較して安全性を評価する。最近のコンピュータ技術の発達により(2)における構造解析は、非常に高度な解析も手軽に行えるようになった。このようなコンピュータ技術の発達による詳細な構造解析に比べ、(1)における設計荷重の決定に伴う曖昧さは高度な工学的判断ということで設計基準の策定者に委ねられる。現在設計荷重の取り方は確定的であり、その統計的な意味は設計基準の背後に隠れてしまっている。一定の基準による荷重の取り方と安全性の評価、すなわち確率的な手法が必要とされている。本論文において確率過程である作用荷重を簡便に取り扱う方法として港湾構造物において波の大きさを表すのに用いられている有義波高の概念を導入し、それにより求めた有義荷重に大型車の日台数の要素を考慮した道路橋の設計荷重の評価方法を検討するものとする。

2、有義荷重の提案

確率分布が正規分布である場合、その分布形状は平均値（1次モーメント）と分散（2次モーメント）の2つで表すことができる。これらの2つのパラメータで設計理論を組み立てた荷重抵抗係数設計法では、荷重や抵抗強度が正規分布をなす場合厳密に破壊確率と対応している。しかしこれらの確率過程は一般的に左右対称形の正規分布ではなく、非対称の分布形状を呈す。非対称の分布形状を表すためには平均値（1次モーメント）と分散（2次モーメント）の2つのパラメータの外にスキュー係数（3次モーメント）を導入しなければならないため複雑化する。

ここに簡単化を図るために有義荷重という概念を導入する¹⁾。古くからもっとも確率的な荷重を扱ってきた港湾構造物では、波の大きさを表すのに有義波高の概念を導入し、これを用いて許容応力度設計を行ってきた。有義波高とは、波高の確率分布から上位1/3の平均値と定義される。これと同様な考え方をとれば有義荷重 $S_{1/3}$ は次式のように定義される。

$$S_{1/3} = 3 \int_{S_0}^{\infty} s f_s(s) ds \quad (1)$$

ここに、 S_0 = 上位1/3の限界荷重値（すなわち、図1において S_0 より右側の面積は1/3であり $S_{1/3}$ はその重心値を表す）。このようにして定義された有義荷重を用いれば、この中に確率分布形状を表す先程の3つの要素はすべて間接的に取り入れられたことになる。有義荷重の概念は確率量の代表値としてよく確率分布の性状を1つのパラメータで表している。次に有義荷重の確率的な性質について検討する。

3、有義荷重の超過確率

今仮に構造物の抵抗値を確定値とすれば、破壊確率は荷重の確率分布と直接結びつくことになる。すなわち、有義荷重を設計荷重に選んだ場合その超過確率が破壊確率となるので、各種の確率分布形に対してそれ

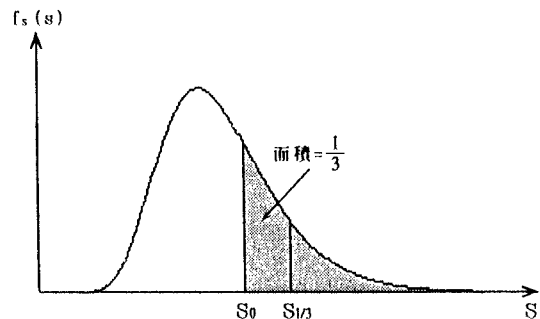


図1 有義荷重の定義

を求めてみると表1のようになる。これによると、正規分布と第一種極値分布の場合は変動係数に関わらず超過確率はそれぞれ 13.77%と 12.59%で一定になる。その他の分布形の場合は少しばらつきがあるものの超過確率は約 11～14%となっており、その範囲はそれほど大きくない。このことは有義荷重を設計荷重として用いることの妥当性を示している。このように有義荷重の超過確率が分布形に依存せずほぼ一定になる性質を利用して、構造物に作用する荷重の変化を把握することができる。たとえば道路橋の場合時代とともに交通量が増加しているが、それと同時に橋の安全性も低下していることになる。そのような安全性の低下の程度を自動車荷重の実測値から求めた有義荷重の変化を追跡することによって定量的に評価することができる。

4、自動車台数を考慮した等価有義荷重

ここまでの有義荷重の中には自動車台数の要素が考慮されていない。そこで図1の分布の面積 1/3 における自動車台数を $N_{1/3}$ とし、有義荷重と自動車台数の積である次の量を考える。

$$E_{1/3} = S_{1/3} \cdot N_{1/3} \quad (2)$$

ここで、繰り返し荷重が作用する場合の疲労設計の概念、例えば S-N 曲線（応力-繰り返し回数曲線）の関係を導入するのが合理的である。しかしここでは簡単のために、自動車台数を考慮した等価有義荷重を、式(2)で示した $E_{1/3}$ が一定である、と仮定して求めることにする。例えば $E_{1/3}=1,000\text{tf} \cdot \text{台}$ 、 $E_{1/3}=2,000\text{tf} \cdot \text{台}$ 、 $E_{1/3}=4,000\text{tf} \cdot \text{台}$ である交通量をもつ橋があるとし、それらをプロットすると図2のようになる。ここで仮に日台数 100 台で線引きするとそれぞれの橋の荷重は図2に示すように $(S_{1/3})_{Eq}=10\text{tf}$ 、 20tf 、 40tf となり、この値が 100 台相当の等価有義荷重となる。このようにすると道路橋がもっている交通量の特性を考慮して、安全性を評価する相対的な基準となり得る量である有義荷重 $(S_{1/3})_{Eq}$ を得ることができる。

5、結語

ここで示した有義荷重の概念は現実には作用する自動車荷重を統計的に反映することのできる簡便な指標となる。また等価有義荷重を用いると、各橋梁間に作用する自動車荷重の相違を知ることができ、そのことからそれらの橋の安全性を相対的に評価することができる。なおここでは式(2)で示した $E_{1/3}$ ＝一定という仮定により等価有義荷重を求めているが、この式の妥当性については検討の余地がある。いずれにしても本論文で試みているように、各橋梁に作用する自動車荷重の確率過程をある一定の基準のもとに簡便に定めることができればその意義は大きい。

参考文献

- 1) 当麻、森戸：「有義荷重法による構造設計の提案」、土木学会北海道支部論文報告集 1995. 2.

表1 各分布形による有義荷重の超過確率

変動係数 分布形	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
正規分布	13.77				
対数正規分布	13.46	13.14	12.83	12.52	12.22
第Ⅰ種極値分布	12.59				
第Ⅱ種極値分布	12.10	11.64	11.23	10.87	10.58
第Ⅲ種極値分布	14.44	14.25	14.03	13.78	13.54

単位：%

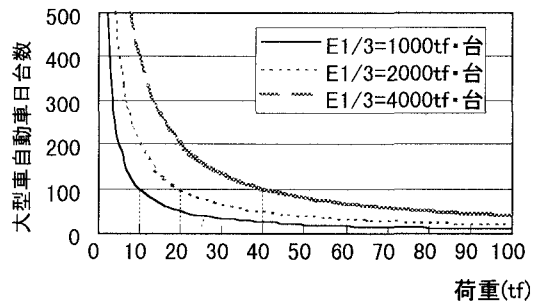


図2 荷重-台数曲線