

東北工業大学工学部 正員 小出 英夫

## 1. まえがき

設計における確率論的な取り扱い、様々な不確実さを論理的に取り入れることが可能となる。よって、構造物の機能と経済性のバランスを最適なものとし、かつその安全性を合理的に定めることができる。

本研究では、曲げを受ける梁の耐力分布に関して、梁をある区間(λ)ごとの各要素に分割し、各要素の曲げ耐力は互いに独立(非相関)であると仮定して導く既存の解析手法が実際に適応可能であるか否かを、実験により検証した。

## 2. 一般に考えられている梁の確率論的評価手法

曲げを受ける梁は、耐力が互いに独立であると考えられる各要素(例えば、図-1の梁の破線間を1つの要素とする)に分割したモデルに置換される。各要素に同一の曲げモーメント $M=m$ が作用し、各要素の曲げ耐力の確率分布は $P(\cdot)$ で同一であるとする、n個の要素からなる梁の耐力分布 $P_n(m)$ は、次式で示される。

$$P_n(m) = 1 - \{1 - P(m)\}^n \quad \dots \text{式(1)}$$

## 3. 実験概要

梁の曲げ耐力が、同一の曲げモーメントが作用する純曲げ区間長の違いによりどのように変化するかについて、実験により検証する。載荷図を図-2に示す。供試体である梁は、建設用断熱材(押出法ポリスチレンフォーム)を用いて、 $L=50\text{cm}$ 、 $h=3.02\text{cm}$ 、 $b=2.50\text{cm}$ とし、 $s=2\text{cm}$ 、 $5\text{cm}$ 、 $10\text{cm}$ 、 $15\text{cm}$ 、 $20\text{cm}$ で100本づつ破壊実験を行う。載荷方法は、純曲げ区間の曲げモーメントの増加速度(以下、載荷速度と呼ぶ)が同一となるようにする( $26.0\text{gf}\cdot\text{cm/s}$ )。また、載荷速度の違いが曲げ耐力の分布の変化にどのように影響を及ぼすのかについても、実験により検証する。 $s=2\text{cm}$ とし、載荷速度は $26.0\text{gf}\cdot\text{cm/s}$ の $(5/7)$ と $(5/9)$ の $18.6\text{gf}\cdot\text{cm/s}$ 、 $14.5\text{gf}\cdot\text{cm/s}$ とし、同じく100本づつ破壊実験を行う。

## 4. 実験結果

図-3は、 $s$ による曲げ耐力の平均値と標準偏差の変化を示したものである。また図-4は、載荷速度による同様の变化を示したものである。なお、すべての実験において、供試体は純曲げ区間内で曲げ破壊した。図-5、6は、 $s=2\text{cm}$ 、 $5\text{cm}$ 、 $10\text{cm}$ 、 $15\text{cm}$ 、 $20\text{cm}$ におけるそれぞれ100個の曲げ耐力の実験値を、正規確率紙及び二重指数確率紙上にプロットしたものである。また、図中の破線の①は、 $s=2\text{cm}$ の実験より得られた平均値と標準偏差を用いてあてはめられた正規分布、極値I型最小値分布の分布関数を示す。なお、極値I型最小値分布については、 $1-P(m)$ が二重指数確率紙上で直線となるため、それに従いプロットした。

$s=2\text{cm}$ にあてはめられた分布関数①を要素1個分の曲げ耐力と仮定し、2.で述べた既存の評価手法の式(1)より、 $2\lambda$ (要素2個分)、 $3\lambda$ (要素3個分)、 $5\lambda$ (要素5個分)、 $10\lambda$ (要素10個分)に相当する梁の耐力分布を求めた。導かれた耐力分布をそれぞれ図-5、6に②、③、④、⑤として示す。

## 5. 結論

図-3より、純曲げ区間長 $s$ の変化による曲げ耐力の分布は、その平均値が $s$ の増加に伴いほぼ直線的に減少していくことが

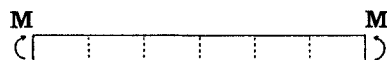


図-1 梁部材の要素への分割

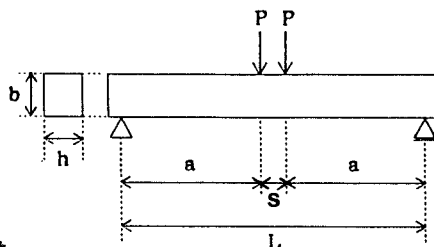


図-2 載荷図

わかる。また標準偏差は  $s=2\sim 15\text{cm}$  ではほぼ一定値となり、 $s$  が長くなるに従い曲げ耐力の分布は、ばらつきの大きさは変わらず平均値のみがずれるという、確率分布上では水平移動を示すことがわかる。このことは、図-5の正規確率紙及び、図-6の二重指数確率紙上にプロットされた実験値からも明かである。

次に、図-5、6より、 $s$  を変化させた実験値と、既存の評価手法により導かれた図中の②、③、④、⑤を比較する。仮に独立と考えられる要素の長さ  $\lambda$  を  $2\text{cm}$  とし、既存の評価手法が成立するとすれば、 $s=5\text{cm}$  ( $2.5\lambda$ ) の曲げ耐力は  $2\lambda$  (②) と  $3\lambda$  (③) の中央に、 $10\text{cm}$  は  $5\lambda$  (④) に、 $20\text{cm}$  は  $10\lambda$  (⑤) に相当する。図-5より、要素1個分の曲げ耐力に正規分布を当てはめた場合は、上記の仮定が当てはまらないことがわかる。一方、図-6より極値I型最小値分布を当てはめた場合は、 $s=15$ 、 $20\text{cm}$  の場合を除いてほぼ成立することがわかる。このことから、曲げ耐力の分布には極値I型最小値分布の当てはめが有効であり、また  $5\lambda$  程度まで、既存の評価手法が成立することがわかった。

一方、図-4より、載荷速度の増加に伴い、曲げ耐力の平均値はほぼ直線的に増加し、標準偏差はあまり変化しないことがわかる。このことから、載荷速度の曲げ耐力に及ぼす影響は無視できず、 $s$  を変化させた実験において、同一の載荷速度で行ったことは、有意義であったと考えられる。

謝辞：本研究は文部省科学研究費奨励研究（A）の補助により行われました。関係各位に深く感謝致します。

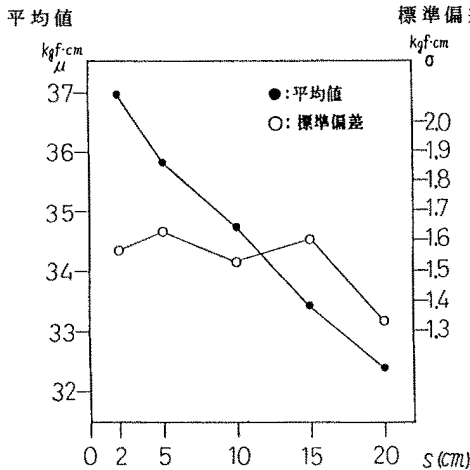


図-3  $s$  による曲げ耐力の平均値と

標準偏差の変化

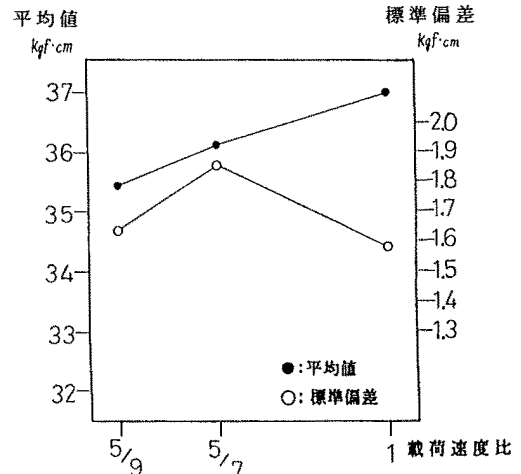


図-4 載荷速度による曲げ耐力の平均値と

標準偏差の変化

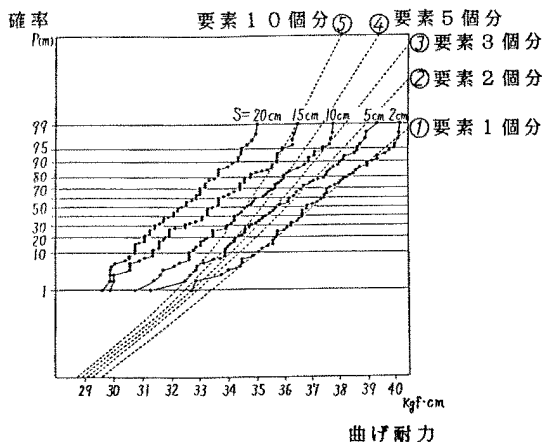


図-5 正規確率紙上での実験値と理論値

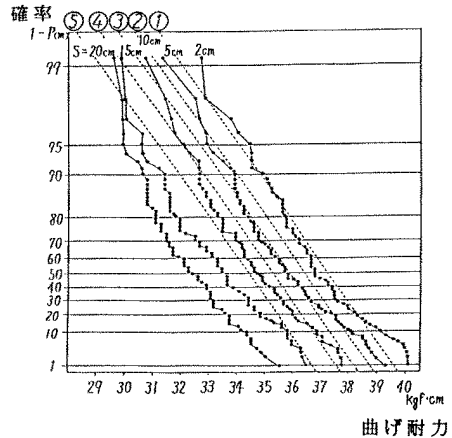


図-6 二重指数確率紙上での実験値と理論値