

I-A 474 曲げ強度における直列モデルの妥当性に関する実験的研究

東北工業大学工学部 正会員 小出 英夫

1. まえがき

梁の曲げ強度に対して寸法効果が存在することは多くの研究者によって確認されており、確率論を用いた理論的研究もなされている。しかし、それらは主に断面形状の寸法効果を取り扱っており、梁長の影響は、耐力が独立と考えられる長さの梁の直列モデルで表現するにとどまっている。

本研究では、梁長が曲げ耐力に及ぼす影響を実験により確認し、既存の直列モデルの妥当性について検討した。実験では、梁長の影響のみが現れるよう、供試体すべての断面形状および曲げモーメント増加速度を同一とし、各種純曲げ区間長 L に対して曲げ破壊実験を行った。

2. 既往の直列モデルによる梁の曲げ強度評価

純曲げを受ける梁を、曲げ耐力が互いに独立と考えられるある一定の長さ λ の梁（以下、“要素”と呼ぶ）の連続したもの（直列モデル）と考える。各要素に同一の曲げモーメント m が作用し、各要素の曲げ耐力の確率分布が $P(\cdot)$ で同一であるならば、 n 個の要素からなる純曲げ区間（ $L = n \cdot \lambda$ ）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

供試体は、建設用断熱材（押出法ポリスチレンフォーム）を用い、断面は $h = 3.02\text{cm}$ 、 $b = 2.5\text{cm}$ （図-1）とした。 $L = 2, 5, 10, 20, 30, 40\text{cm}$ とし、 $20, 40\text{cm}$ は各50本、他は各100本の実験を行った。 $L = 2, 5, 10\text{cm}$ の実験は、梁長 50cm 供試体の2点荷重で行い、 $L = 20, 30, 40\text{cm}$ の実験では、図-1に示す荷重装置により曲げ荷重を直接与えたが、すべての実験において、曲げモーメントの増加速度は 0.26Ncm/s とした。なお、 $L = 20\text{cm}$ 以上の供試体は $L = 10\text{cm}$ 以下の供試体と材料のロットの違いから物性値が異なっていた。

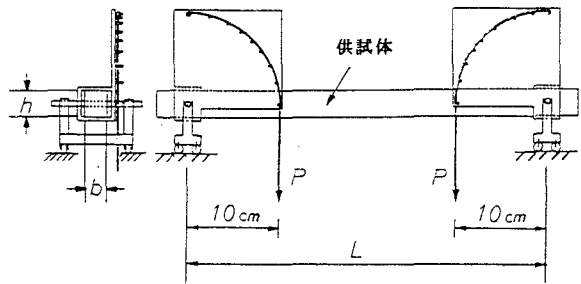


図-1 荷重装置および供試体図

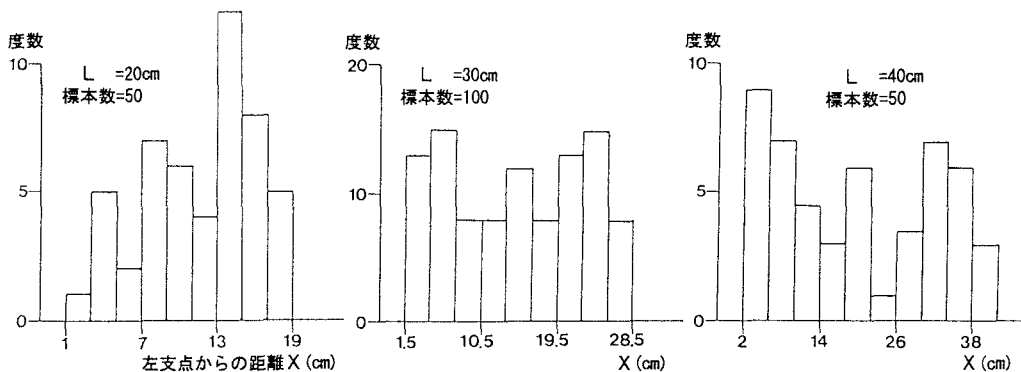


図-2 供試体破壊断面位置の分布

4. 実験結果

図-2に、 $L=20, 30, 40\text{cm}$ の実験における破断面の位置の頻度分布を示す。図より、純曲げ区間内のすべての断面で、均等ではないが曲げ破壊が発生していることがわかる。また、 $L=10\text{cm}$ 以下の実験においても破断面の位置はばらついており、梁中央に集中する等の現象は起きなかった。

図-3は、極値Ⅰ型最小値分布用確率紙(二重指数確率紙)であり、図中の実線は各 L における実験より得た、断面破断時の曲げモーメントの分布である。図より、 L が増大するに従い曲げ耐力のばらつきは小さい方へずれ、耐力の低下を示している。

5. 考察

図-3(a)の点線①は、 $L=2\text{cm}$ における実験値を2直線で近似したものである。点線②は、①を用い、式(1)より導いた $L=5\text{cm}$ の理論値($\lambda=2\text{cm}$, $n=2.5$)である。②と $L=5\text{cm}$ の実験値との比較から、耐力の小さい方(下側)では既存の直列モデルを仮定した時以上に耐力が低下しており、耐力の大きい方(上側)ではその逆(梁軸方向に 2cm の距離は断面耐力に相関が存在)を示した。点線③は、式(2)に示す新たな確率モデルを提案し、①より $L=5\text{cm}$ の理論値を求めたものである。

$$P_n(m) = 1 - \{1 - P(m)\}n^2 \quad \dots \text{式(2)}$$

③と $L=5\text{cm}$ の実験値との比較から、耐力の下側で実験値に近い値が安全側に導かれていることがわかる。

$\lambda=2\text{cm}$ は、互いに独立と考える要素長として短いと判断されたため、次に $\lambda=5\text{cm}$ を仮定した。図-3(b)の点線④は、 $L=5\text{cm}$ における実験値を2直線で近似したものである。点線⑤は、④を用い、式(1)より導いた $L=10\text{cm}$ の理論値($\lambda=5\text{cm}$, $n=2$)である。⑤と $L=10\text{cm}$ の実験値との比較から、耐力の下側では、なお既存の直列モデルを仮定した時以上に耐力低下が起きているが、耐力の上側では実験値と良く一致しており、 $\lambda=5\text{cm}$ は、独立と考えるに十分な長さであることがわかった。一方、耐力の下側を導くためのモデルとして式(2)を用い、④より $L=10\text{cm}$ の理論値を求めたものが、点線⑥である。実験値に大変良く適合していることがわかる。

図-3(c)の点線⑧、⑨は、 $L=20\text{cm}$ における実験値を直線で近似した点線⑦を用い、式(2)より導いた $L=30, 40\text{cm}$ の理論値($\lambda=20\text{cm}$, $n=1.5, 2$)である。式(2)に基づくモデル化により、非常に良く適合していることがわかる。

6. まとめ

梁の純曲げ区間長が、要素長 λ の n 倍の場合、設計上重要な耐力分布の下側は、 n 個ではなく n^2 個連なる直列モデルで導かれることがわかった。今後は、コンクリート等の土木構造材料でも実験、および理論的な解明を試みたい。

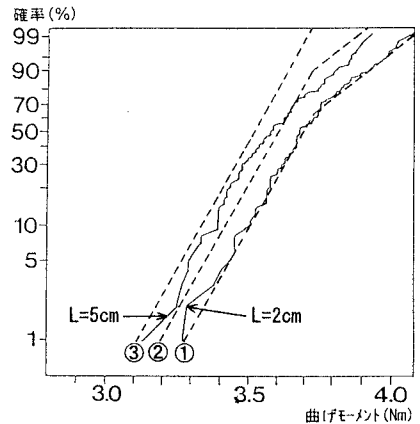


図-3(a) 実験値と理論値の比較
($L=2, 5\text{cm}$)

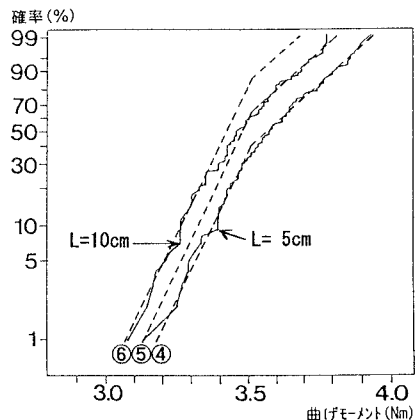


図-3(b) 実験値と理論値の比較
($L=5, 10\text{cm}$)

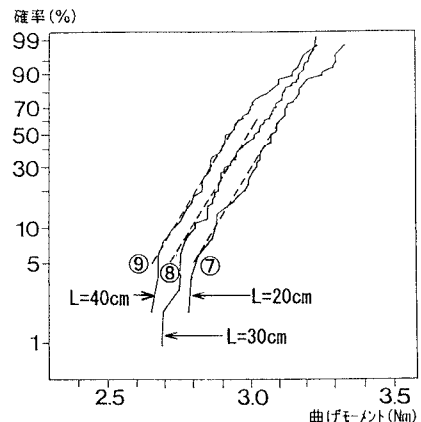


図-3(c) 実験値と理論値の比較
($L=20, 30, 40\text{cm}$)