

コンクリート梁長による曲げ耐力の寸法効果に関する実験的研究

東北工業大学大学院 学生員 ○吉田 和弘
東北工業大学工学部 正会員 小出 英夫

1. まえがき

本研究では、コンクリート梁の梁長による曲げ耐力の寸法効果を明らかにするため、梁長の異なる梁の曲げ破壊試験を多数行う。そして実験結果に基づき、既存の直列モデルの曲げ耐力における寸法効果への適用の有効性を検討した上で、この寸法効果を表現するのにより有効な新たな確率モデルを提案する。なお実験では、梁長の影響を確認しやすくするため、せん断スパンを一定とした4点曲げ試験を行い、その純曲げスパンの変化が曲げ耐力に及ぼす影響を調べた。

2. 梁長の曲げ耐力における寸法効果への直列モデルの適用

図-1に示す長さ L の梁に正の曲げモーメント M が作用しているとする。この梁を、断面耐力が互いに独立と考えられる断面間距離と等しい長さ λ の梁に分割し、それらが n 個連なったものとして考える。ここで、直列モデルは、これら n 個の長さ λ の梁において破壊へ至るメカニズムが独立に発生し、 n 個のうち少なくとも1個の長さ λ の梁が破壊することで長さ L の梁の破壊と見なすモデルである。図-1に示すように、長さ λ の各梁に同一の曲げモーメント $M=m$ が作用し、さらに各梁の曲げ耐力の確率分布関数が $P(m)$ で同一であるとすれば、純曲げスパン $L (= n \cdot \lambda)$ の曲げ耐力の確率分布関数 $P_n(m)$ は、式(1)で示される。

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

3. 実験概要

純曲げスパンの変化が曲げ耐力に及ぼす寸法効果について、実験によって確率論的な評価をするためには、同一条件において多くの供試体の曲げ試験を行う必要がある。断面 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 、せん断スパン 20 cm を一定とし、純曲げスパン $L = 20\text{ cm}$ 、 40 cm 、 60 cm の3種類の供試体、計約150本を用いた。荷重はクローズドループ型油圧サーボ試験機を用い、純曲げスパン内における曲げモーメントにおいて 2.4 N m/s の荷重制御で行い、支点・荷重点部にはテフロンシートをはさんだ。供試体は、コンクリート打設面が、正面となるように設置した。使用したコンクリートは、供試体の断面寸法を考慮し粗骨材最大寸法 20 mm とし、圧縮強度は 29.5 N/mm^2 であった。供試体は、すべて同一バッチのコンクリートで作成し、荷重直前まで同じ環境におき、供試体の並べ方も常に曲げスパンの異なる供試体を交互に配置した。各供試体の荷重試験に至るまでの時間のずれの影響を避けるため、材令28日に水中養生槽から取り出し30日以上乾燥させた後、曲げスパンの異なる供試体を1本ずつ交互に試験した。なお、対称に正しく4点荷重され、曲げスパンに純曲げが生じていると荷重-たわみ曲線より推定される実験結果のみを有効とし、以下の実験結果、考察等で取り扱う。

4. 実験結果

図-2は、実験より得られた $L = 20$ 、 40 、 60 cm における曲げ耐力の確率分布関数を正規確率紙上にそれぞれ表したものである。曲げスパン L が大きくなるほど、曲げ耐力の分布は全体的に小さい方にずれている。このことより、寸法効果があることは明らかである。

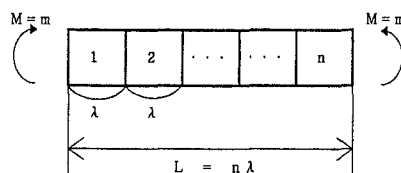


図-1 直列モデル

5. 考察

純曲げスパンが最小である $L = 20 \text{ cm}$ を 2. で述べた長さ λ と仮定する。図-3の基準値Aの枠は、実験誤差を考慮して $L = 20 \text{ cm}$ の確率10%~90%の実験値が含まれるように仮定した枠である。点線で示した理論値Bの枠は、 $L = 20 \text{ cm}$ の実験結果である基準値Aの枠を用いて、式(1)の直列モデルから導いた $L = 40 \text{ cm}$ の曲げ耐力の理論値の範囲を示している。図より、実験値の方が理論値Bの枠より曲げ耐力が小さく、直列モデルを仮定したとき以上に寸法効果による影響が大きいことがわかる。同様に、図-4の $L = 60 \text{ cm}$ の理論値Dの枠は、式(1)・基準値Aの枠から導いたものであるが、やはり、実験値の方が小さい。以上の結果より梁長の曲げ耐力における寸法効果を評価するためには、従来提案されていた直列モデルは不適當であると考えられる。そこで、理論的意味付けはしていないが実験値との適合性を考慮し、新たに式(2)のモデルを提案する。

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

図-3の $L = 40 \text{ cm}$ の理論値Cの枠は、 $q = 1.4$ とし、式(2)・ $L = 20 \text{ cm}$ の基準値の枠Aより導いたものである。また、図-4の $L = 60 \text{ cm}$ の理論値Eの枠は、同じく $q = 1.4$ とし、式(2)・基準値Aの枠より導いたものであり、ともに、実験値と比較して良い一致が認められる。

6. まとめ

本研究の結果、曲げスパンの増大に伴う曲げ耐力の著しい低下が確認され、その低下は、式(1)に示す既存の直列モデルでは表せず、本研究で対象とした供試体については、式(1)以上に耐力の低下を表現する式(2)の確率モデルがより有効であることがわかった。なお、式(2)における q の値は、著者らの既往の実験結果から、断面寸法（断面寸法が大きい程、 q の値は小さくなる）等の供試体形状や、ヤング係数等の材料物性と関係があるものと予想されるが、今後、式(2)の理論的意味づけを確立していく過程で明らかにしていきたい。

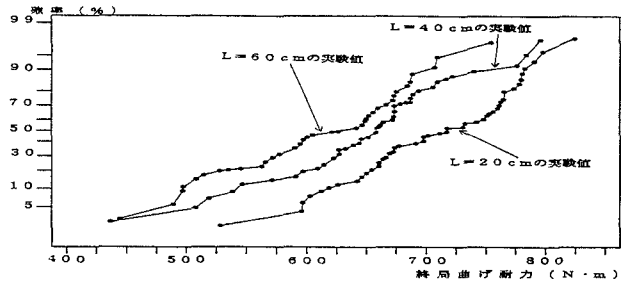


図-2 実験値より得た曲げ耐力の確率分布関数

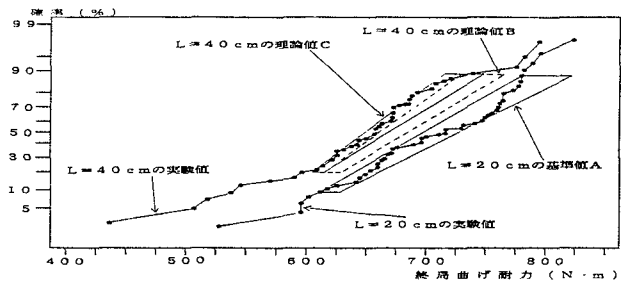


図-3 実験値と理論値の比較 ($L = 40 \text{ cm}$)

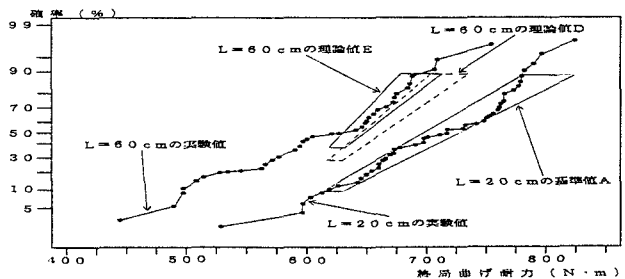


図-4 実験値と理論値の比較 ($L = 60 \text{ cm}$)