

工学論文

[1104] コンクリートの曲げ強度の推定に関する破壊力学的検討

正会員○加藤英徳（岐阜大学土木工学科）
 正会員 内田裕市（岐阜大学土木工学科）
 正会員 六郷恵哲（岐阜大学土木工学科）
 正会員 小柳 治（岐阜大学土木工学科）

1. まえがき

コンクリートの曲げ強度には、供試体断面の寸法および形状によって見かけの値が異なる寸法効果や形状効果が存在する。これらの現象を説明するには、引張軟化特性を組み込んだコンクリートの破壊力学的手法が有用である。本論文では、破壊力学的手法を用いた数値解析に基づいて、曲げ強度を推定する式を提案する。また、各種コンクリートに対する提案した推定式の適合性についても検討する。

2. 曲げ強度の推定式

コンクリートの曲げ強度の解析には、引張軟化特性を組み込んだ有限要素法を用いた。コンクリートの引張軟化曲線は、図-1に示す1/4モデルを用いた。3等分点荷重を受けるはり供試体（荷重スパンは、はり供試体高さの3倍）を対象とし、スパン中央に下縁から上縁まで仮想ひびわれを設けた。はり高さ d 、コンクリートの引張強度 f_t 、破壊エネルギー G_F 、弾性係数 E_c をパラメータとして数値解析を行った結果をもとに、曲げ強度 f_r の推定式として正方形断面および円形断面のはりについて次のような曲げ強度の推定式を提案する。ここに、 α 、 β は解析結果から定まる定数である。

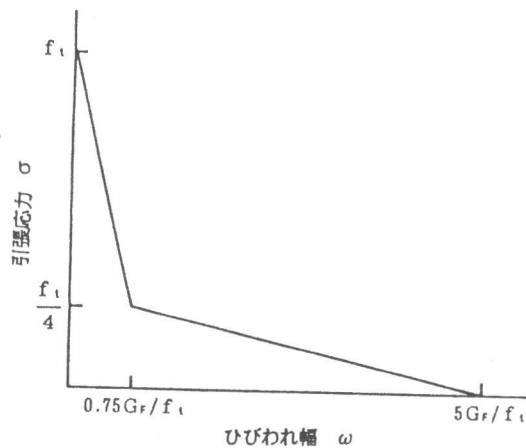


図-1 引張軟化曲線の1/4モデル

$$\frac{f_r}{f_t} = 1 + \frac{1}{\alpha + \beta(d/l_{ch})} \tag{1}$$

ただし、この式の適用範囲は $d/l_{ch} \geq 0.1$ である。 l_{ch} は特性長さ ($= E_c G_F / f_t^2$) である。正方形断面の場合には、 $\alpha = 0.85$ 、 $\beta = 4.5$ であり、円形断面の場合には、 $\alpha = 0.74$ 、 $\beta = 2.3$ である。

3. 供試体の寸法が異なる場合の曲げ強度

式(1)の推定精度を検討するために、寸法を変化させたはり供試体（はり高さ d は、5cm、10cm、20cm、30cm、40cm）の曲げ荷重試験を行った。荷重スパンは、供試体高さの3倍とした。なお、試験時のコンクリートの圧縮強度、弾性係数および割裂引張強度は、それぞれ 336 kgf/cm^2 、 $2.8 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ および 28.5 kgf/cm^2 であった。図-2ならびに図-3には、正方形断面ならびに円形断面の供試体の実験結果および式(1)による推定曲線を示してある。正方形断面については供試体高さが

10cm以上の場合には、推定された曲げ強度は、実験結果によく一致している。したがって、正方形断面については通常のコンクリートの曲げ強度の寸法効果を式(1)で表すことができる。円形断面については、正方形断面の場合ほどには実験結果と推定値が一致しないが、直径10cmの供試体の実験結果を除けば、式(1)によりある程度曲げ強度を概算することができる。

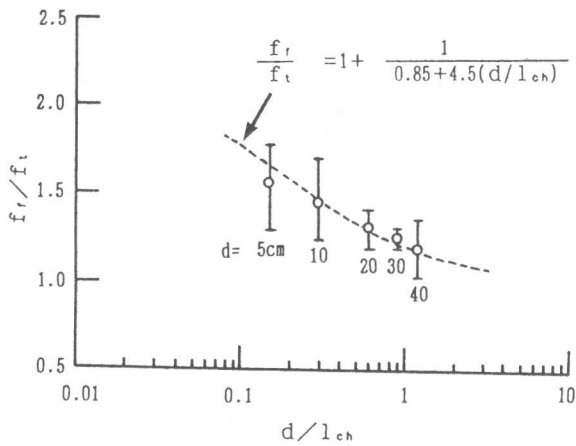


図-2 実験結果（正方形断面）

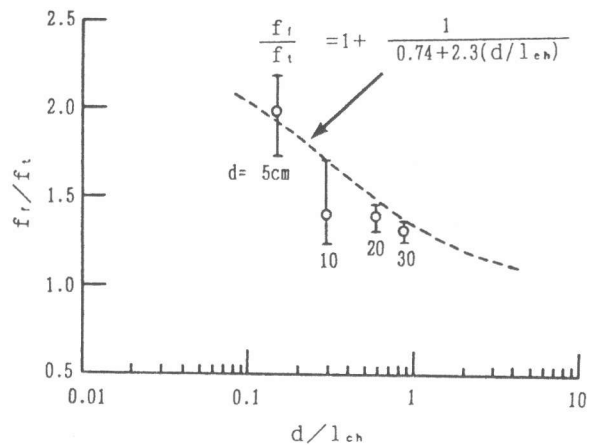


図-3 実験結果（円形断面）

4. 各種コンクリートの曲げ強度

合計10種類のコンクリートについて、強度試験及び破壊エネルギーを求める試験を行った結果をもとに、曲げ強度の推定式(1)が各種コンクリートに対してどの程度有効であるか検討した。各種コンクリートは、普通コンクリートで材令がそれぞれ3日(P03)、7日(P07)、28日(P28)のもの、軽量コンクリート(LWC)、混入率1%の鋼繊維補強コンクリート(SFRC)、レジンコンクリート(REC)ならびにアルカリ骨材反応前(BAR)と反応後(AAR)のコンクリートである。図-4に各種コンクリートの f_r/f_t と d/l_{eh} の関係を式(1)とともに示す。

曲げ強度の推定値は、SFRCとAARとP03を除いて実験結果に近い値となった。

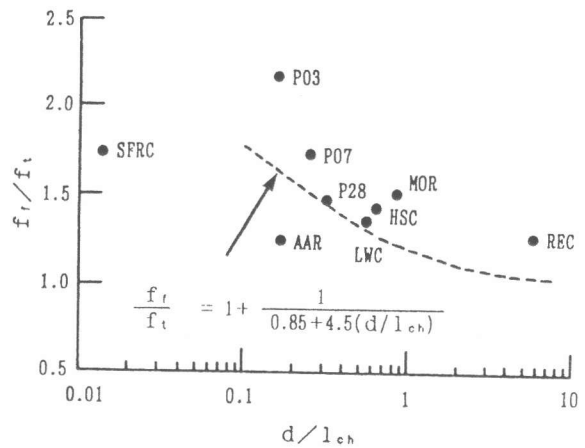


図-4 各種コンクリートの実験結果

5. まとめ

コンクリートの曲げ強度の寸法効果ならびに断面形状効果について検討し、以下の結果を得た。
 (1)本研究で提案した式による曲げ強度の推定値は、正方形断面の場合、はり高さが10cm以上の供試体の実験値にはよく一致した。

(2)材令1週ならびに4週の普通コンクリート、高強度コンクリート、軽量コンクリート、モルタルならびにレジンコンクリートについては、曲げ強度の値を提案した推定式により推定することができた。

[本論文は、「コンクリート工学論文集」、Vol.3, No.1, pp.57~63, 1992.1に掲載されたものである。]