

V-364 コンクリートの曲げ強度に関する一考察

岐阜大学 学生員○加藤英徳

岐阜大学 正会員 内田裕市

岐阜大学 正会員 六郷恵哲

1. はじめに

ひびわれの進展にともなうコンクリートの破壊現象を検討するために、最近、破壊力学的な手法が用いられるようになってきた。ここでは、その一つとして、コンクリートの曲げ強度について破壊力学的な手法を用い解析的に検討した結果を報告する。

2. 目的および解析方法

コンクリートの曲げ強度試験は引張強度を求めるための間接試験と一般に考えられており、通常のコンクリートの場合、曲げ強度は純引張強度の1.6～2倍程度となることが知られている。このように曲げ強度が引張強度よりも高い原因として、コンクリートは引張においても弾塑性的性質を示すためと従来考えられてきた[1]。最近、この原因を説明するために破壊力学的な手法が用いられ、曲げ強度に対してコンクリートの引張軟化特性が関与していることが明らかにされてきた。ここでは、曲げ強度に影響を与える因子として引張強度、破壊エネルギーおよび弾性係数をとりあげ、解析によりそれぞれが、どの程度影響しているのかを検討することにした。なお、この他にも曲げ強度に対して影響を与える要因として載荷速度や乾湿状態などの試験条件のほか、引張軟化曲線の形状と供試体寸法などが考えられる。引張軟化曲線の形状に関しては、種々のモデルが提案されているが、ここでは図-1に示す曲線モデル[2]を用いた。載荷スパンが30cmで3等分点曲げを受ける $10 \times 10 \times 40$ cmの標準曲げ供試体のみを対象とした。解析には仮想ひびわれモデルを組み込んだ有限要素法を用いた。

3. 解析結果

引張強度 f_t 、破壊エネルギー G_f 、弾性係数 E_c を、それぞれ変化させたときの曲げ強度 f_b を図-2～4に示す。なお、曲げ強度 f_b は通常と同じく最大曲げモーメント M を供試体の断面係数 w で除して求めた（ $f_b = M/w$ ）。図-2は f_t を変化させた場合のものである。 f_b は f_t より大きくその比 f_b/f_t は f_t が小さい場合ほど大きい。図-3には G_f を変動させたときの f_b を示す。 G_f の増加にともなう、 f_b は増加しているが、 G_f が大きくなるにしたがって曲げ強度の増加率は小さくなっていく。また、普通コンクリートの場合、破壊エネルギー G_f は、 $0.1 \sim 0.15$ (kgf/cm)程度であり、 G_f が 0.05 (kg/cm)変化しても標準曲げ供試体の曲げ強度は、 $3 \sim 5$ (kgf/cm²)程度しか変動しない。図-4に E_c を変動させた場合の f_b を示す。 E_c の増加により曲げ強度は増加している。弾性係数が変動する範囲は、普通強度コンクリートの場合で $200000 \sim 300000$ (kgf/cm²)程度であり、曲げ強度の変動は $3 \sim 5$ (kgf/cm²)と小さいが、弾性係数 E_c が曲げ強度に対して影響している。

曲げ強度 f_b を引張強度 f_t 、破壊エネルギー G_f 、弾性係数 E_c の関数として解析結果を回帰分析し、次のような式を得た。

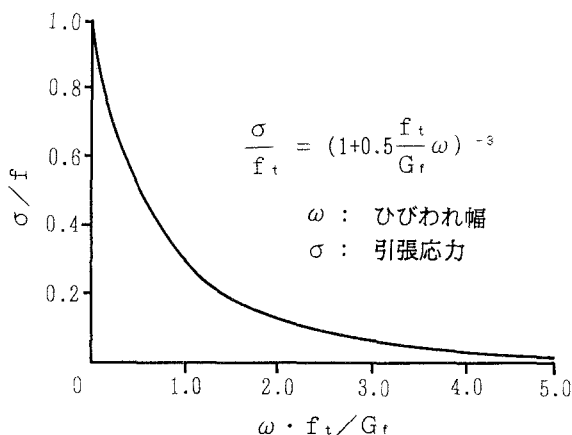


図-1 引張軟化曲線のモデル

$$f_b = 0.652 f_t^{0.625} G_f^{0.190} E_c^{0.193} \quad (f_t, f_b, E_c: \text{kgf/cm}^2, G_f: \text{kgf/cm}) \quad (1)$$

図-5に、各種コンクリートの曲げ強度について実験値[2]と回帰式(1)による推定値(f_t , E_c , G_f の実験値[2]を使用)との関係を示す。高強度コンクリートや軽量コンクリートを含む各種コンクリートについて式(1)によって推定した曲げ強度の値は、実験値よりもいづれも1~2割小さくなった。この原因についてはさらに検討する必要がある。

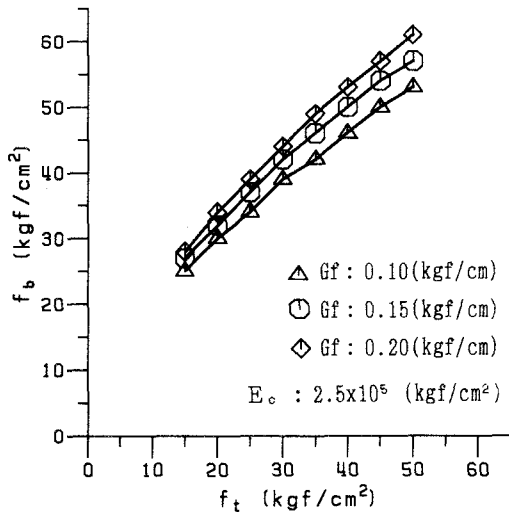


図-2 引張強度と曲げ強度の関係

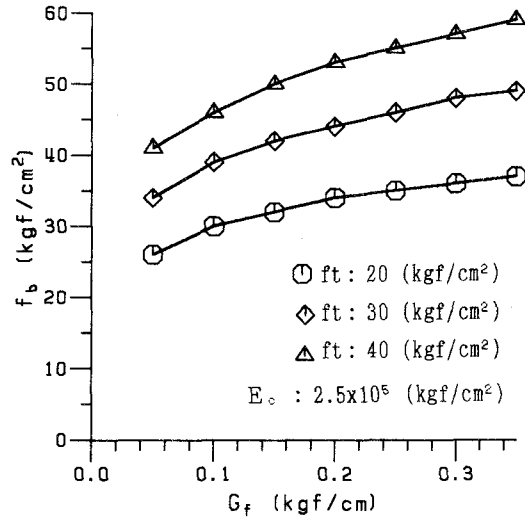


図-3 破壊エネルギーと曲げ強度の関係

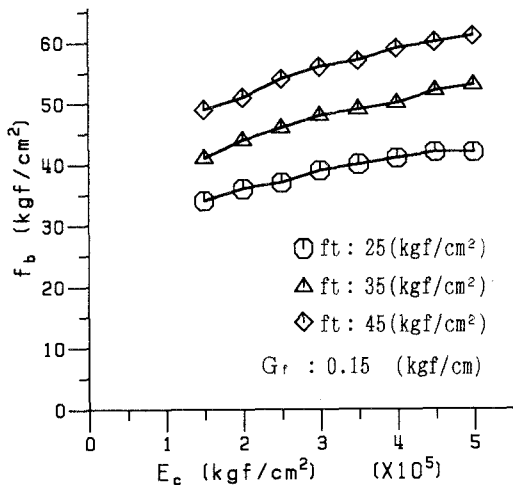


図-4 弾性係数と曲げ強度の関係

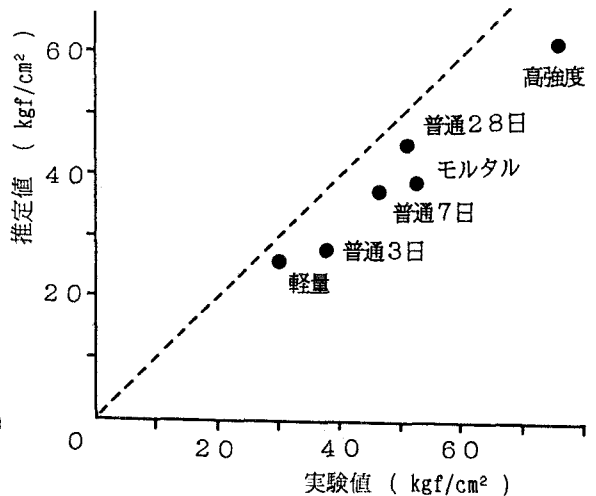


図-5 曲げ強度の実験値と推定値

4. まとめ

本研究では、引張強度、破壊エネルギーおよび弾性係数などのコンクリートの基本的な材料特性がコンクリートの曲げ強度に及ぼす影響を数値解析により定量的に明らかにするとともに、これらの関係式を示した。

参考文献 [1]岡田 清、六車 照編：コンクリート工学ハンドブック，p.399，1981。

[2]六郷恵哲、加藤英徳、内田裕市、小柳 治：コンクリートの引張軟化特性に関する検討、第44回セメント技術大会講演集，1990。