

コンクリートの破壊エネルギーと引張ひずみ軟化曲線

岐阜大学工学部 正会員 小柳 治 六郷恵西

岐阜大学大学院 学生員 ○岩佐正徳 鈴木泰生

1. まえがき 最近、コンクリート構造物中のひび割れの形成及び進展の数値シミュレーションに、コンクリートの引張ひずみ軟化曲線や破壊エネルギーの値が用いられるようになってきた。LiらはJ積分法によって切欠きはりの曲げ試験から引張ひずみ軟化曲線を求める方法を提案している[1]。本研究では、曲げを受けるコンクリート切欠きはりの荷重変位曲線の数値シミュレーションを行い、切欠き長さの差及び開口変位の計測点を変化させ、Liらの試験方法について検討した。

2. Liらの方法の概要 寸法・配合などは全く同一で、切欠きの長さのみをわずか(5mm程度)に変化させたコンクリート供試体の曲げ試験を行い、荷重と載荷点変位及び切欠き先端の開口変位を計測する。切欠き長さが異なる2種類の供試体の荷重載荷点変位曲線(図-1(a))間の面積 $A(\delta)$ を、投影破断面積の差 $(B \cdot a)$ で除して、載荷点変位 δ の関数として式(1)で表される $J(\delta)$ が得られる。ここで、 a は切欠き長さの差、 B は供試体の幅である。切欠き長さが異なる2種類の供試体の開口変位の平均値を $w(\delta)$ とすると、 $J(\delta)$ と開口変位 $w(\delta)$ との関係は図-1(b)のようになり、図-1(b)の $J-w$ 曲線の傾きが図-1(c)のように引張ひずみ軟化曲線となる。すなわち、引張応力 $\sigma(w)$ は式(2)で表される。

$$J(\delta) = \frac{A(\delta)}{B \cdot a} \quad \text{----- (1)} \quad \sigma(w) = \frac{dJ(w)}{dw} \quad \text{----- (2)}$$

3. 本研究の概要 シミュレーションの対象とする供試体の寸法は10x10x84(スパン80)cmとし、中央集中載荷とする。入力する引張ひずみ軟化曲線は圧縮強度583(kgf/cm²)のプレーンコンクリートの円筒引張試験[2]の結果($G_F=0.144$ (kgf/cm))をもとに、図-2に示す折れ点の応力を引張強度の1/10と1/4とした2種類の2直線モデルA、Bを用いた。さらに、切欠きの長さで開口変位の計測点との組合せによるシミュレーションの条件を表-1に示す。Aモデルを用いたシリーズ(a)では切欠き長さの差を変化させ、

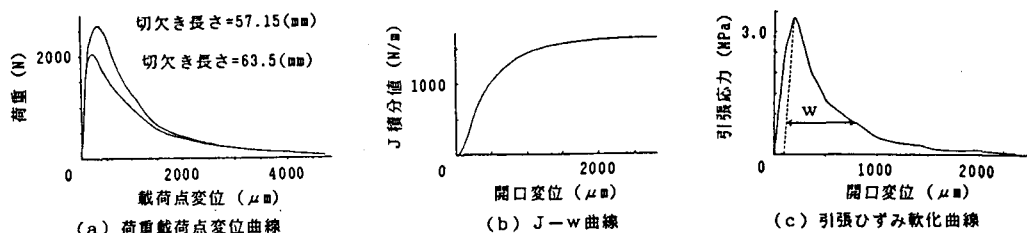


図-1 Liらの方法[1]

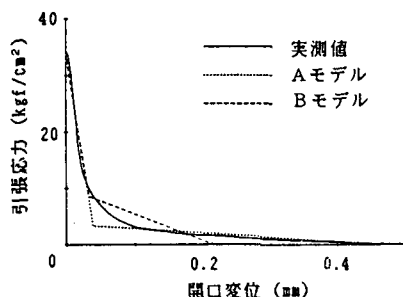


図-2 引張ひずみ軟化曲線のモデル

表-1 シミュレーション条件

シリーズ	切欠き長さ (cm)	開口変位の計測点	ひずみ軟化曲線
a-05	4.0-4.5	$\delta_1 - \delta_2$	Aモデル
a-10	4.0-5.0	"	"
a-20	4.0-6.0	"	"
b-2	4.0-5.0	$\delta_1 - \delta_2$	Bモデル
b-3	"	$\delta_1 - \delta_3$	"
b-4	"	δ_4	"

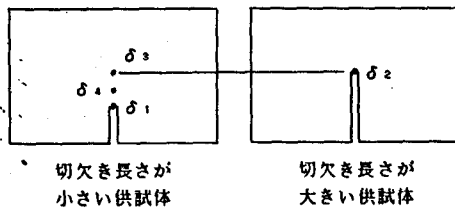


図-3 開口変位の計測点

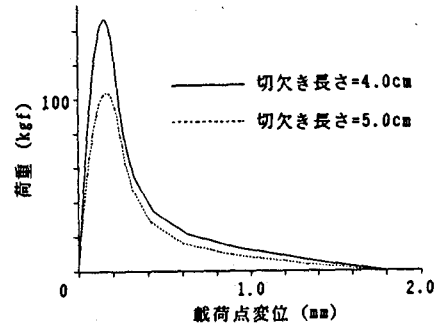
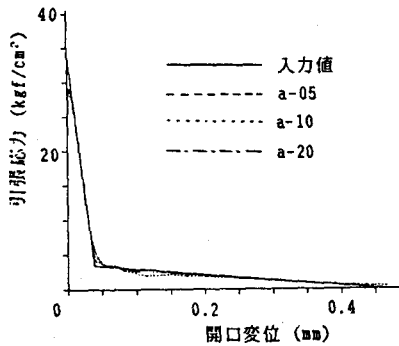
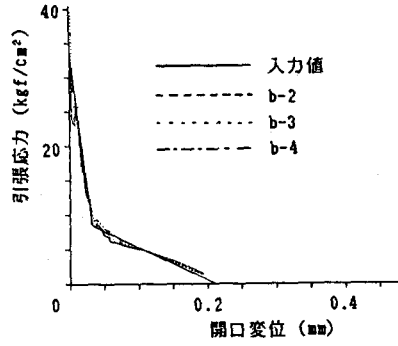


図-4 荷重載荷点変位曲線



(a) シリーズ(a)



(b) シリーズ(b)

図-5 引張ひずみ軟化曲線の計算値

開口変位の値は図-3に示す2種類の供試体の切欠き先端の開口変位の平均値($\delta = (\delta_1 + \delta_2)/2$)とした。シリーズ(b)では開口変位の計測点を変化させた。すなわち、図-3に示すように開口変位の計測点は δ_2 の代わりに δ_3 を用いる方法と、 δ_4 (δ_2 と δ_3 の計測点の中間の点の開口変位)をそのまま用いる方法について検討した。

4. 結果と考察 荷重変位曲線の一例を図-4に示す。シリーズ(a)の結果を図-5(a)に示す。切欠き長さの差を0.5、1.0、2.0(cm)と変化させても、得られた引張ひずみ軟化曲線の形状にはあまり大きな差はみられず、曲線のピーク以降は入力した引張ひずみ軟化曲線とほぼ一致した。シリーズ(b)の結果を図-5(b)に示す。同様に得られた引張ひずみ軟化曲線の形状は開口変位の計測点にかかわらず、入力した引張ひずみ軟化曲線とほぼ一致した。これらよりJ積分によるLiらの方法によって引張ひずみ軟化曲線の概略が推定できることが確認された。Liらは得られた引張ひずみ軟化曲線の立ち上がりからピークまでを、弾性変形によるものとして除外することを提案しているが、むしろピーク以降の曲線を延長した方がよいのではないかと考えられる。

5. あとがき Liらが提案しているJ積分を用いた引張ひずみ軟化曲線の推定法を、切欠きはり供試体の曲げ荷重変位曲線のシミュレーション結果によって検討し、この方法によって引張ひずみ軟化曲線の概略が推定できることを確認した。このシミュレーションによる検討結果をもとに、切欠き長さを5cmと4cmとして、それぞれの切欠き先端で開口変位を計測する切欠きはりの曲げ載荷実験を計画しており、当日その実験結果を発表する予定である。

<参考文献> [1] V.C.Li and R.J.Ward; International Workshop on Fracture Toughness and Fracture Energy, Sendai, 1988 Oct., pp.139~156.

[2] K.Rokugo, M.Iwasa, T.Suzuki and W.Koyanagi; ibid, pp.128~138.