

コンクリートの破壊力学パラメータに関する考察

熊本大学工学部 学生員 ○坂本 哲也

熊本大学大学院 Ali H. Chahrour

熊本大学工学部 正 員 大津 政康

1. はじめに

コンクリートの破壊機構および引張破壊を考慮した限界状態設計の検討において、破壊力学の適用が近年重要な研究テーマとなっている。これには、幾つかの破壊力学パラメータが提案されているが、実際の設計などに際してどのようなパラメータが有効であるのか、また、そのパラメータをどのように実験的に決定すればよいのかなどについては、まだ研究中であると考えられる。そこで、ノッチ付き供試体の曲げ試験により、限界応力拡大係数および引張軟化モデルを決定する方法について検討を行った。

2. 実験概要

試験に用いたのは、A Eコンクリートと30mmの鋼短繊維を総体積の1%と3%混入した繊維補強コンクリートである。それらの配合と材令28日で求めた力学的特性を表1および表2に示す。これらを用いて10 cm X 10 cm X 40 cmの角柱供試体を打設し、その折りに中心部に幅1mmのプラスチック板を挿入することにより、人工的なひびわれ(ノッチ)を設けた。ノッチ深さは、2 cm、4 cmである。

曲げ試験は、コンピュータ制御のサーボ試験機を用い、クリップゲージによるひびわれ開口変位を制御変数として変位制御試験を行った。このときひびわれ先端でのA E頻度計数も実施した。実験での計測装置の概要は図1のようになる。

表1 コンクリートの配合表

	単 位 量 (kg/m ³)				水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)
	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G					
A E	169	375	703	1160	45	41	13.3	2.6	20
SFR1%	169	375	692	1142	45	41	2.3	4.6	20
SFR3%	169	375	671	1107	45	41	0.7	4.3	20

3. 引張軟化モデル

引張軟化モデルとはひびわれ先端に形成される破壊プロセス領域という、応力伝達が存在する微小ひびわれ領域の数学的モデルであり、最も簡単な直線モデルを仮定すれば図2のようになる。直線モデルの下面積は破壊エネルギー G_f と呼ばれるひびわれ進展で消費されるエネルギーである。変位軸との切片は限界開口変位と呼ばれるが、これは実験的に決定するのは困難といえる。

また、ひびわれ進展の開始時

表2 力学的特性

	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	ヤング率 (kg/cm ²)	ポアソン比
A E	370.5	32.57	3.00×10^4	0.21
SFR1%	439.1	40.21	3.29×10^4	0.20
SFR3%	515.7	76.02	2.81×10^4	0.21

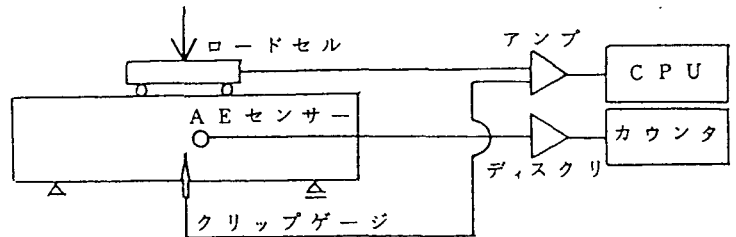


図1 実験装置の概要

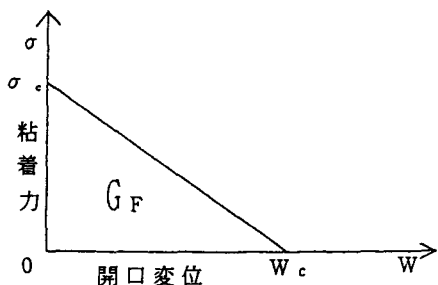


図2 引張軟化モデル

におけるひびわれ先端の応力の特異性から決定される応力拡大係数の限界値は K_{Ic} と名付けられている。本研究ではこれらの値を実験的に簡単に得られる方法を検討する。

4. 結果および考察

実験で求められたAEコンクリートの2 cmと4 cmのノッチ深さの曲げ試験での荷重-開口変位曲線の例を図3に示す。この結果よりLiの方法¹⁾を参考にしてノッチ深さの異なる曲線の面積の差をリガメント面積の差で割ることにより破壊エネルギー G_F を決定した。次に、ひびわれ開始応力(図2の σ 。)を決定するために荷重-AE頻度曲線を求めた。AEコンクリートでの例を図4に示す。これより破壊荷重の80%程度よりAEが頻発することがわかる。これはひびわれ進展開始に対応してAEが検出されたと見ることができる。そこで、梁をノッチの深さを除いたはり高さの単純梁として引張線の曲げ応力が、表2に求められている引張強度に達する荷重を P_{AE} として求めれば、図4に記入しているようにAE頻発荷重とよく対応する。このことは、図2における限界粘着力 σ が引張強度と考えてもよいことを意味している。そこで、荷重-開口変位曲線より決定された G_F と引張強度から図2の限界開口変位 W_c を求めた。

全ての配合における決定された値を表3に示す。ここでは、 P_{AE} より決定された K_{Ic} も示してある。これより、鋼繊維の補強により破壊エネルギーおよび限界開口変位が非常に増加することがわかる。これは明らかに破壊靱性の増加に対応している。

なお、これらのパラメータを用いたBEM解析の結果については当日発表を行う。

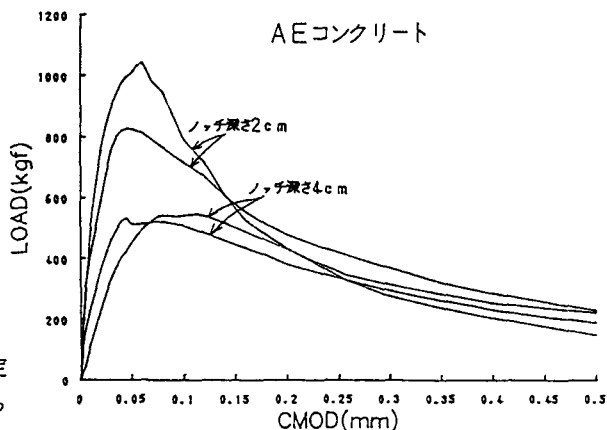


図3 荷重-開口変位曲線

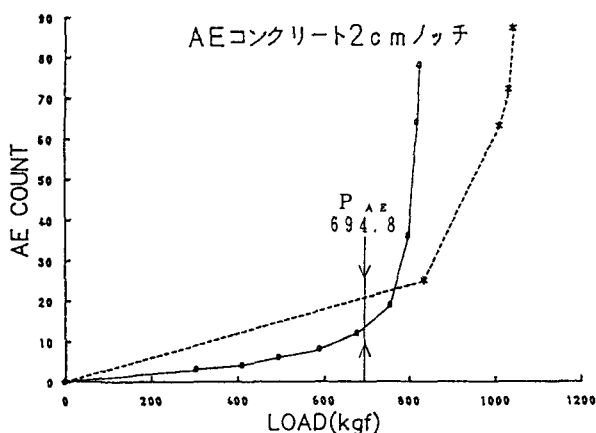


図4 荷重-AE頻度曲線

表3 破壊力学パラメータ

	破壊エネルギー G_F (kg/cm ²)	限界開口変位 W_c (cm)	限界応力破壊係数 K_{Ic} (kg/cm ²)
AE	0.254	0.0156	53.69
SFR1%	2.41	0.1198	66.54
SFR3%	7.80	0.2025	125.3

参考文献1) V. C. Li and R. J. Ward, Fracture Toughness and Fracture Energy, Balkema, 1989, 183-195.