

破壊力学パラメータの評価に関する考察

熊本大学工学部 学生会員 〇岩崎 英樹
正会員 友田 祐一
正会員 大津 政康

1. はじめに

コンクリートのひびわれ進展あるいは引張破壊の解明に関して破壊力学の適用が研究されている。しかし、金属分野で一般に採用されている線形破壊力学(L E F M)の適用は、コンクリートでは困難とされている¹⁾。それは、巨視的に完全に開口したひびわれの先端に、微細なひびわれが発生した破壊進行領域 (Fracture P rocess Zone) と呼ばれる非線形領域が存在するためである。そこで本研究では、L E F Mでの破壊力学パラメータ K_{Ic} と進行領域での破壊エネルギー G_f について実験的な決定法を考察する。

2. 実験方法とデータ解析

実験に使用した供試体は、モルタル 1 種類、コンクリート 2 種類 (寸法: 10cm*10cm*40cm) の梁供試体で、幅 1 mm のノッチを供試体中央部に位置するように設けた。ノッチを有する供試体の曲げ試験には、サーボ弁制御試験機を使用した 3 等分載荷試験を実施した。ここで変位の制御には、クリップゲージ出力のノッチ開口部の変位 (C M O D) を使用した。 実験によって得られた荷重-開口変位曲線 (図-1) の直線部分 (供試体が弾性変形を示す部分) から、式-1 によってヤング率 E を求め、さらにノッチ深さ比 ξ が増加したときの L E F M に基づいた開口変位 (C M O D) も図中 のように計算

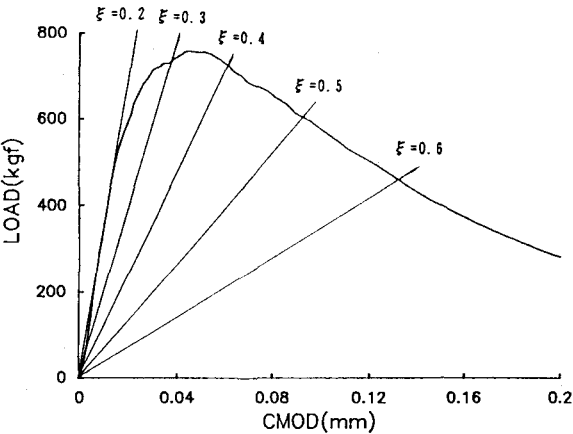


図-1 荷重-開口変位曲線

ることができる。このとき、式-2 により、弾性限界および最大荷重に対応する K_{Ic} も求めることができる。

$$E = \frac{4 \sigma a}{\delta} V(\xi) \quad (1)$$
$$K_{Ic} = \frac{3P(S-S_0)\sqrt{a}}{2BD^2} Y \quad (2)$$

$$V(\xi) = 0.8 - 1.7\xi + 2.4\xi^2 + \frac{0.66}{(1-\xi)^2}$$
$$Y = 1.99 - 2.47\xi + 12.97\xi^2 - 23.17\xi^3 + 24.80\xi^4$$

$$\sigma = \frac{6M}{D^2}$$

- ここに
- B : 供試体幅
D : 供試体高さ
P : 荷重
 δ : C M O D

S : 支点間距離
S₀ : 載荷点距離
a : ノッチ深さ
 ξ : a/D (ノッチ深さ比)

一方、破壊エネルギー G_F の値は、異なるノッチを持つ2種類の供試体の荷重-変位曲線（図-2）間の面積 ΔA を、リガメント面積で除することによって求めることができる。

3. 実験結果及び考察

表-1 は、弾性領域による K_{Ic} と最大荷重による K_{Ic} 、 $K_{Ic} = (G_F \cdot E)^{1/2}$ による値を比較したものである。この表から多少のばらつきはあるものの同じ材料では、 K_{Ic} の値は近い値を示していることがわかる。しかし、各々の算出方法においては、かなりのばらつきがみられる。これらの K_{Ic} の値による荷重-開口変位曲線をコンクリートの場合に描くと、例えば図-3 のようになる。したがって、 K_{Ic} を用いて解析する場合には、 G_F より決定された K_{Ic} がピーク荷重を過大評価する点を別にすれば、ほぼ全体挙動を与えることがわかる。

G_F については、去年のデータ²⁾ では供試体の寸法によってかなり差があり、破壊エネルギーがリガメントのみで消費されたとは考えにくい。そこで、 G_F の寸法効果をフラクタル

理論に基づいて考えてみると（式-3）のようになり、図-4 のように G_F と b との両対数のグラフの傾き d を求めることにより、破壊進行領域が $2 + d$ 次元的な広がりを持つことが認められた。

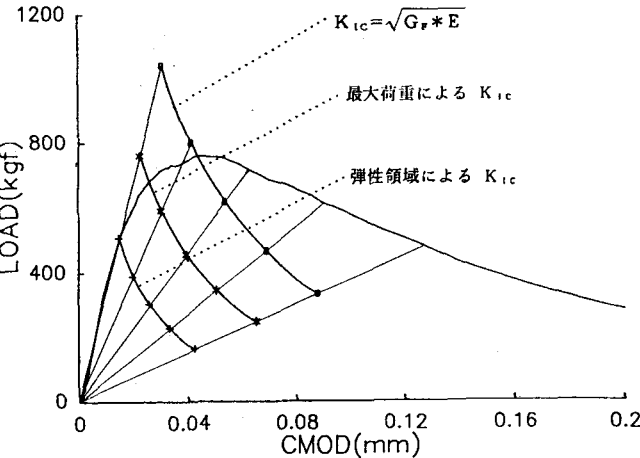


図-3 荷重-開口変位曲線

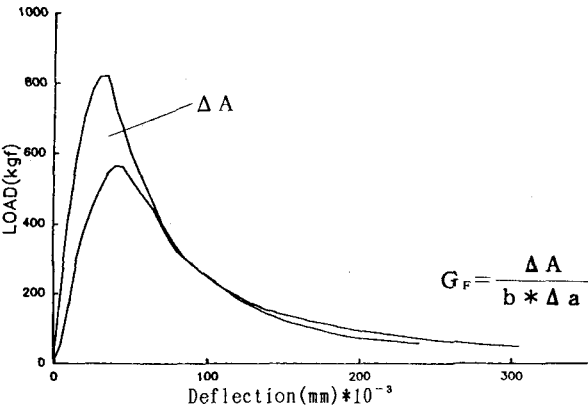


図-2 荷重-変位曲線

表-1 K_{Ic} の値の比較

		弾性領域による K_{Ic}	$K_{Ic} = (G_F \cdot E)^{1/2}$	最大荷重による K_{Ic}
モルタル	2cm	23.73	77.06	45.63
	4cm	20.66	86.69	41.73
コンクリート W/C=30	2cm	43.05	96.88	61.05
	4cm	38.77	110.88	68.23
コンクリート W/C=45	2cm	39.98	82.43	60.85
	4cm	41.73	101.56	67.03

$$G_F^{(1)} = \frac{E_1}{b_1^2}, \quad G_F^{(2)} = \frac{E_2}{b_2^2}$$

$$G_F^* = \frac{E_1}{b_1^{2+d}} = \frac{E_2}{b_2^{2+d}}$$

$$\ln \frac{G_F^{(2)}}{G_F^{(1)}} = d * \ln \frac{b_2}{b_1} \quad (3)$$

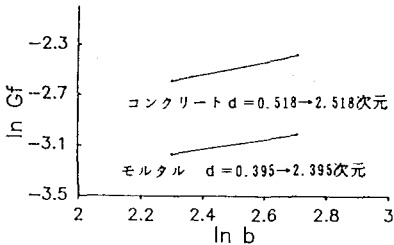


図-4 G_F の寸法効果

参考文献 1) コンクリート構造物の破壊力学に関するコロキウム委員会報告
2) 岡崎亮男, コンクリートの破壊力学パラメータの同定に関する研究, 熊本大学卒業論文, 1992