

コンクリートの破壊靱性特性の考察

熊本大学工学部 学生会員 ○納富 康之
熊本大学大学院 非会員 ウディンファリド
熊本大学大学院 非会員 石原口 一人
熊本大学大学院 正会員 大津 政康

1. はじめに

近年、構造解析技術が進歩し、コンクリート構造物の終局状態での安定性を検証、照査することが可能となりつつある。コンクリートの破壊現象の発生機構を解明し、さらに定量的に予測することは重要な課題である。コンクリート構造物の維持・管理の際の点検とも関連して、早急に機構解明が必要となるのがひび割れ進展機構の解明と考えられる。そこで、本研究では、アコースティック・エミッション法と破壊力学を適用して、コンクリートの破壊靱性特性の考察を行った。

2. 実験概要

図-1のような、10×40×5 cmの角柱に、中心ノッチ(5 cm、7 cm)を有する供試体を作製した。ノッチはダイヤモンドカッターで幅 1mmのノッチを入れた。実験で用いたコンクリートの配合を表-1に、水中養生 28 日材令での材料特性を表-2に示す。BEM 解析に必要な解析パラメータである限界応力拡大係数 K_{Ic} を決定するため、図-2に示すような 3 点曲げ試験を行った。ロードセルから荷重を、クリップゲージで開口変位を測定した。A E センサを図の位置に取り付け、A E 発生挙動を調べた。

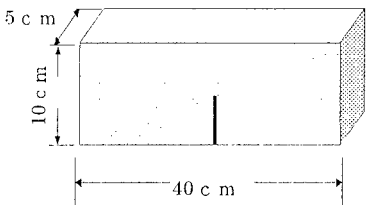


図-1 実験供試体図

3. 解析手法

既往の研究¹⁾で限界応力拡大係数の決定に適用されている式(1)を、本研究においても適用した。

$$K_{Ic} = (P_Q S / BW^{3/2}) \times \frac{3\xi^{1/2} [1.99 - \xi(1 - \xi)(2.15 - 3.93\xi + 2.7\xi^2)]}{2 \times (1 + 2\xi)(1 - \xi)^{3/2}} \quad (1)$$

B : 試験片厚さ S : スパン W : 試験片幅 a : ノッチ深さ
 $\xi : a / W$ P_Q : 破壊発生時の荷重

荷重 P_Q の決定には A E 測定結果を用い、荷重と総 A E 発生数の関係にレートプロセス理論²⁾を適用し P_Q を決定した。

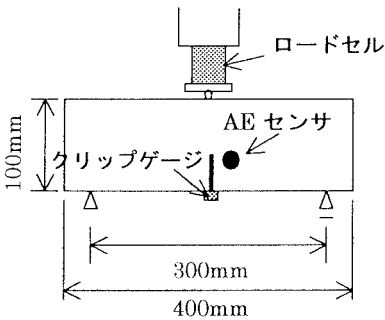


図-2 3 点曲げ試験

表-1 コンクリートの配合表

G m a x (mm)	W : C (%)	s / a (%)	単位量(k g / m ³)				混和剤 (c c)	スランブ値 (c m)	空気量 (%)
			W	C	S	G			
20	50	48	162	853	1072	97	5	5	5

表-2 コンクリートの材料特性

引張強度(M P a)	圧縮強度(M P a)	弾性係数(G P a)	ポアソン比
50.5	4.13	34.6	0.22

4. 結果及び考察

3 点曲げ試験によって得られた荷重と総 A E 発生数の関係を図-3、4 に示す。それぞれの荷重を最大荷重で割った値を $V=P/P_{MAX}$ とし、 $V=V_{MAX}$ における接線と水平軸との交点の V' の値に P_{MAX} を掛けたものを P_Q とした。図より P_Q を決定し、式(1)より K_{Ic} を求めたところ、実験に用いた供試体の K_{Ic} は 5 cm ノッチ、7 cm ノッチ供試体でそれぞれ 0.83、0.72(MPa・m^{1/2}) となった。決定した K_{Ic} の評価に関しては、式(2)を適用し有効性を検討した。その結果、式(2)はいずれの供試体でも満たすことが明らかになった。

$$a \geq \left[\frac{K_{Ic}}{\sigma_t} \right]^2 \quad (2)$$

ここで a : ノッチ深さ (0.05, 0.07m)

σ_t : 実験供試体の引張強度 (50.5 MPa)

そこで、図-5、6 に 5 cm、7 cm のノッチ付き供試体における荷重と開口変位の関係を示す。それぞれの供試体の BEM シミュレーション解析結果は、実線で描かれた実験結果によく一致した値を示している。したがって、荷重と開口変位の関係は、レートプロセス解析を適用して決定した K_{Ic} による BEM シミュレーション解析で、予測が十分に可能であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、中心ノッチ付き供試体の 3 点曲げ試験結果に、レートプロセス解析を適用し決定した限界応力拡大係数 K_{Ic} を用いて、BEM 解析によりひび割れ進展をシミュレーションした。その結果、以下のようなことが分かった。

- (1) 限界応力拡大係数 K_{Ic} の決定にレートプロセス解析を適用し、定量的な K_{Ic} の決定ができる。
- (2) K_{Ic} を用いた BEM 解析の結果と、ノッチ付き供試体における荷重と開口変位の関係に一致が見られ、妥当な K_{Ic} の値を得ることが確認できたと考えられる。

参考文献

1) 紙永祐紀, 大津政康: AE 法と BEM 解析による混合モードのひび割れ進展機構に関する考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.21, No.3, 139 - 144, 1999

2) 大津政康, 時任哲郎, 藤岡泰作: A E 法と損傷力学に基づいたコンクリートの劣化度評価, セメントコンクリート論文集, No51, pp.198 - 203, 1997

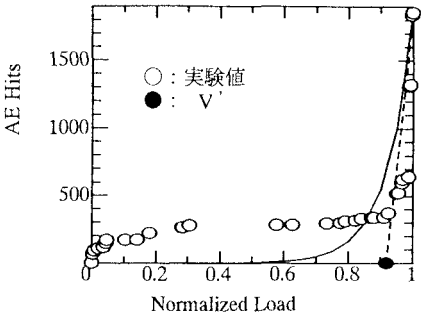


図-3 荷重と総 A E 発生数関係 (5 cm ノッチ)

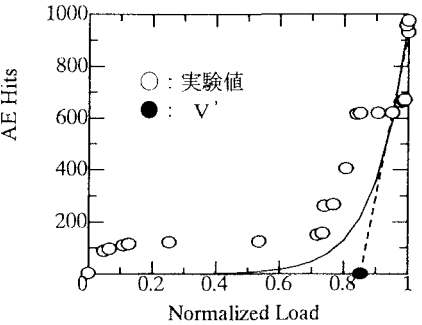


図-4 荷重と総 A E 発生数関係 (7 cm ノッチ)

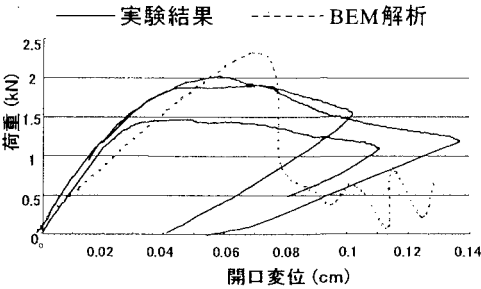


図-5 荷重-開口変位関係 (5 cm ノッチ)

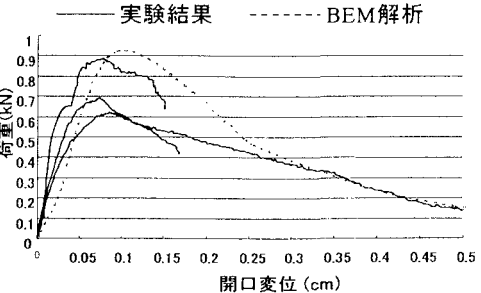


図-6 荷重-開口変位関係 (7 cm ノッチ)