

V-54

A Eを用いたコンクリート部材におけるひびわれ進展の評価

熊本大学工学部
熊本大学工学部

学員 ○福永 靖雄
正員 大津 政康

1. はじめに

コンクリート部材のひびわれは、構造上重大な問題であり耐久性、使用性に大きな影響を与える。構造用材におけるひびわれの発生、進展の機構は、材料の破壊靱性（Fracture toughness）と大きく関連していると思われる。

ひびわれの進展の評価および診断に関しては、図-1に示すような3つの項目に関するデータを基に検討する方法を提案している。本報告では、第一項目の「ひびわれが発生する際の力学的条件を考察する」ために、コンクリート材料の破壊靱性値として応力拡大係数（以下 K_I ）を採用し、ノッチ付はりの破壊試験にアコースティック・エミッション（以下A E）法を用いてA Eが頻発する時の荷重値より境界要素法（以下B E M）で求められた K_I 値と従来の二次元弾性理論より求められた K_I 値と比較、検討したものである。

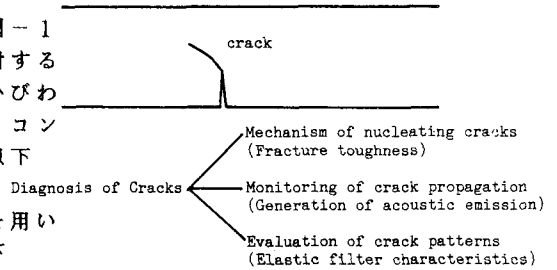


図-1 ひびわれ診断の手法

2. 実験概要および解析モデル

実験には、A Eコンクリート（A E）、鋼繊維コンクリート（S F R）、モルタルコンクリート（M O）の3種類の配合コンクリートを使用した。それぞれの配合と物性値を、表-1に示す。粗骨材の最大寸法20 mm、鋼繊維には、セン断ファイバー（0.5 × 0.5 × 30 mm）を体積混入率1%で使用し、S F R及びA E供試体には、A E剤をセメント重量の0.04%混和させた。供試体形状は、中央にノッチを有する大（L a r g e : 15 × 15 × 55 cm）小（S m a l l : 7.5 × 10 × 40 cm）の2種類の角柱供試体を用いた。ノッチには、頂角30°厚さ3 mm、長さ

表-1 供試体に用いた材料の配合と物性値

Specimen	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	σ_c (kg/cm ²)	σ_{te} (kg/cm ²)	ν	E (10^5 kg/cm ²)
A E	201	347	810	1083	376	35.4	0.22	3.13
Steel fiber reinforced	181	347	742	1072	380	42.7	0.20	3.27
Mortal	349	582	1164	—	373	36.0	0.24	2.59

1.5 cm、3 cm、6 cmの鋼板を用い打設時に供試体中央部に挿入することより人工的に設けた。実験方法及び装置の概要を図-2 a)に示す。供試体は、28日間恒温室にて水中養生を行った後に図のような三等分載荷試験を行い、実験中のノッチ開口変位と荷重は、A/D変換を行なった後にA E頻度は、G P - I Bによりそれぞれマイコンに a) 収録した。大供試体では、スパン長 $S = 45$ cm、小供試体では、スパン長 $S = 30$ cmとしたため、いずれの場合もスパン長は高さ比 S/W は、3となった。 $S/W = 3$ のノッチ付はりに対する限界応力拡大係数は、二次元弾性理論よりすでに求められている1)。

しかしながら、これらの式には、破壊靱性の際問題となるノッチ形状、寸法効果などに関する影響は考慮されていない。そこで、実験を行った個々の供試体についてB E Mを用いて解析することにした。図-2 b)に解析モデルを示す。解析では、モデルの対称性により右半分のみを対象とした。ここで、

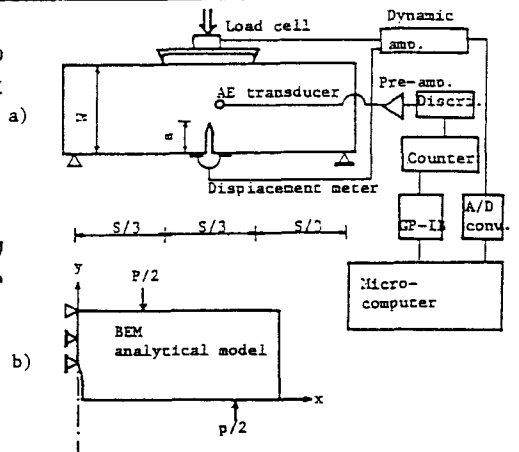


図-2 a) 実験装置 b) 解析モデル

BEMを採用した理由は、有限要素法とは異なり分割数に支配されずに精度良く K_I が評価できることが知られているからである。BEMとしては、モデルが混合境界値問題であることより直接法の定式化を採用し、 K_I は、内部応力から外挿法によって求めることにした。

3. 結果および考察

解析では、図-2b)のモデルの境界を60程度に分割し、各境界条件は、図-2b)に示すとりとした。その条件を用いて積分方程式を解き、境界上の変位、作用力を決定した。直接法に基づいた定式化では境界上の応力を決定することは困難である。そのため応力拡大係数の決定には、決定された境界上の変位、作用力より内部応力を求め K_I の定義に従い内点を境界に近づけて境界上に外挿する方法を採用した2)。内部応力を求める点は、ノッチ先端よりX軸に平行に8点とった。そのようにして、決定した K_I の例を図-3に示す。

本実験より得られた結果を図-4に示す。図の実線は、実際に実験で得られた破壊荷重を用い二次元弾性理論より求められた限界応力拡大係数(以下 K_{Ic})を示し、破線は、AE頻発時の荷重からBEMを用いて解析した値である。図において、SFR供試体の K_{Ic} 値がかなり変動していることがわかる。これは、二次元弾性理論の式ではノッチ深さは高さ比(a/W)や、荷重項が大きくなると、実際の試験条件との差が大きくなるためであると思われる。この図において二次元弾性理論より求められた K_{Ic} 値とAE頻発時荷重よりBEMを用い解析した K_{Ic} 値とを比較すると後者の方が変動が少なく、ノッチ深さに依存しなく求められていることがわかる。

これらの結果よりAE頻発時荷重よりBEMを用い解析した K_{Ic} 値は、ノッチ深さの変化に対してかなり安定しており破壊靱性を評価する際の材料定数と考えられるのではないと思われる。

その他の結果、詳細については、当日発表予定である。

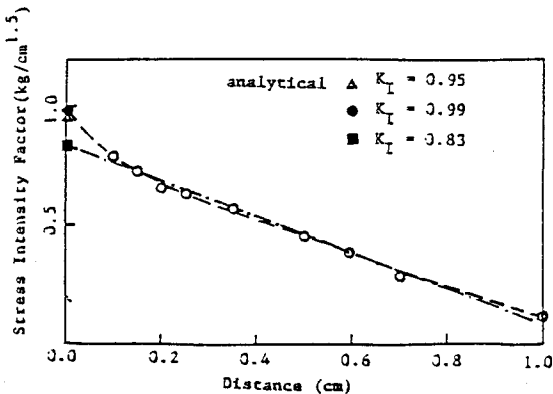


図-3 スリットモデルにおける K_I の分布

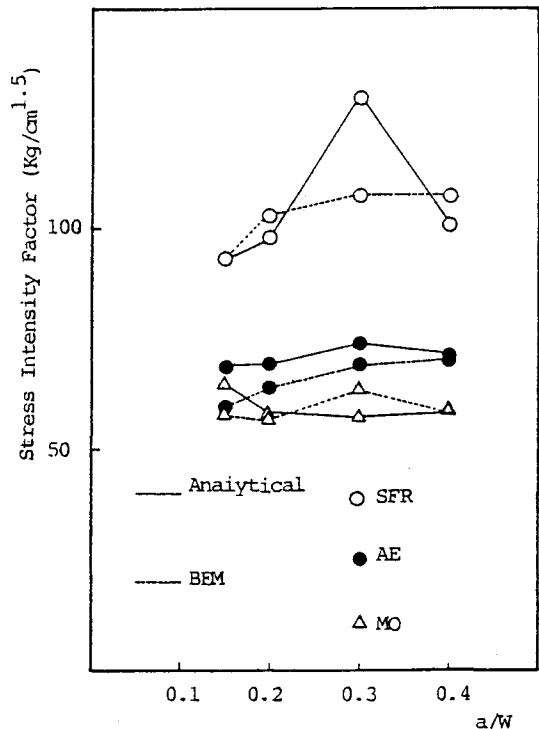


図-4 限界応力拡大係数 K_{Ic} 値

参考文献

- 1) C.G. Go et al, ASCE, EM, Vol 110, No4, 1984, pp692-632
- 2) M. Ohtsu and Y. Fukunaga, Memoirs of Fac. Eng., Kumamoto Univ. 31, (1) 1986