

境界要素法による2次元クラック進展解析

岡山大学大学院

学生員○鍋野博章

オリエンタルコンサルタンツ

良元 正

岡山大学環境理工学部

正 員 廣瀬壮一

1. まえがき 現在、最も一般的な数値解析法として有限要素法が挙げられる。有限要素法が各種問題に対し高い汎用性を持つことは、広く知られている。しかし、有限要素法による解析において、良好な解を得るためには問題に適した要素分割を行う必要があり、多大な労力を必要とする。そこで、境界要素法を取り上げる。境界要素法では、境界上のみ要素を配置すればよいため、クラックの進展に伴う要素分割が容易に行え、扱う方程式系は小さくなる。

2. 解析対象 (社)日本コンクリート工学協会破壊力学の応用力学委員会により提案された共通解析問題 1 無筋コンクリートはりの曲げ破壊の解析問題(図1)と2アンカーボルトの引き抜き破壊の解析問題(図2)を対象とする。なお、材料定数についても同委員会の提案値を採用する。

3. 数値解析法 数値解析手法として、境界要素法を用いる。今回のき裂解析手法では、き裂を応力0の2つの境界が向かい合った理想的な数学モデルによってモデル化している。また、開発したBEMコードは種々の問題に対応できるように、完全結合、バネ結合、スライド、表面力規定、変位規定などの様々な境界条件を考慮することができる。破壊力学理論として、線形弾性破壊力学理論を用いる。応力拡大係数の算定には、変位法を用い、線形破壊の破壊条件としては、破壊靱性値 $K_{Ic} = \sqrt{EG_F}$ を用いる。すなわち、解析で求められた応力拡大係数を K とする時、 $K = K_{Ic}$ の条件より、荷重 P を逆算して求めた。

4. 解析結果 図3(a)に解析モデル1の変形図、図4(a)に荷重-変位曲線を示す。ここでの変位は、図1中のA点の変位である。比較のため、図3(b)と図4(b)にそれぞれFEMによって得られた変形図と荷重変位曲線を示す。BEMとFEMの結果を比較すると最大荷重はほぼ同レベルの結果が得られているものの、ピーク後の挙動に大きな差が見られる。すなわち、BEMについては、ピーク到達後、一度荷重が減少した後再び荷重が増加している、一方、FEMでは最大ピーク荷重を過ぎると荷重は単調減少をしている。現在のところ、いずれが正しい解を与えているかは、明らかではなく今後の解の精度のチェックが必要である。図5、図6は解析モデル2に対する変形図と荷重変位曲線を示したものである。解析モデル1の場合と同様各図の(a)がBEMによる結果であり、(b)がFEMによる結果である。クラックの進展経路ならびに最大荷重についてはBEMとFEMの結果がよく一致しているものの、ピーク荷重後の挙動に大きな差が見られる。

5. あとがき BEMとFEMの結果を比較した結果、クラック進展経路と最大荷重については両所がほぼ一致した、しかし、ピーク荷重後の挙動については大きな差が見られた。これについては今後、解の精度の

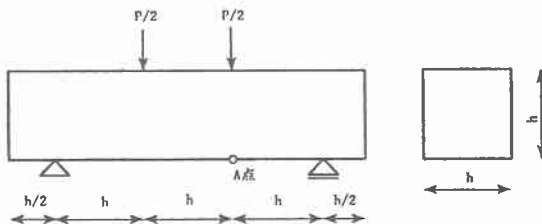


図1 解析モデル1

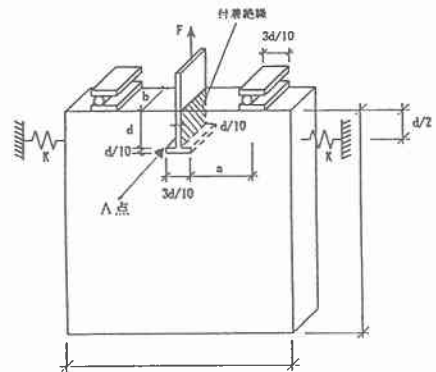


図2 解析モデル2

チェックを含めた更なる解析が必要であると考えられる。
また、現段階では、き裂が進展することにき裂先端要素
のデータを入力しているが、その際に多大な労力がかか
り、入力ミスも多くなる。そこで、今後、き裂要素の自
動生成が行えるようにすることが課題として挙げられる。

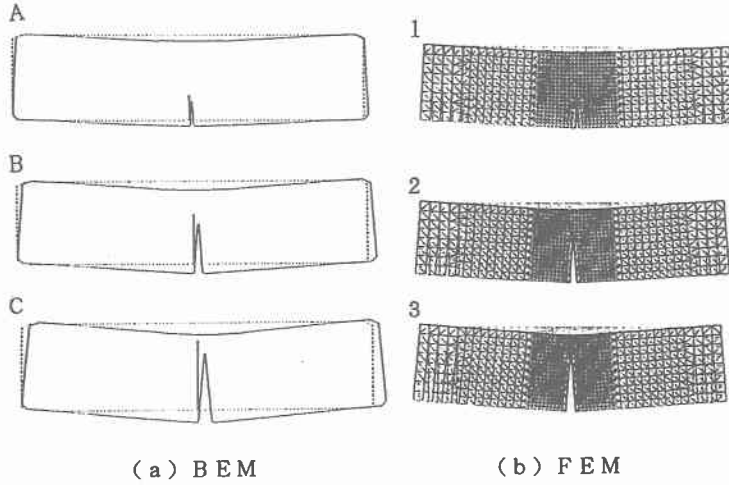


図3 変形図

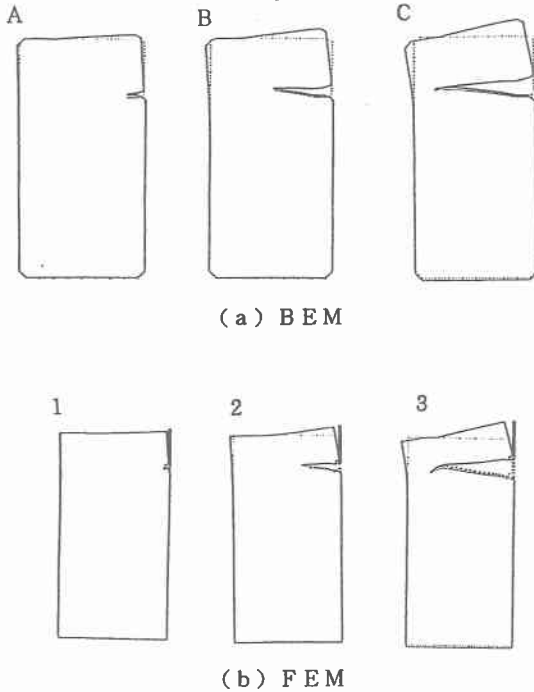
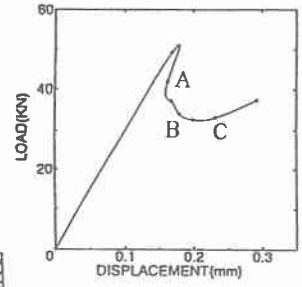
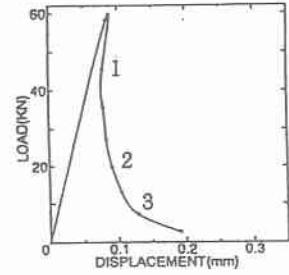


図5 変形図

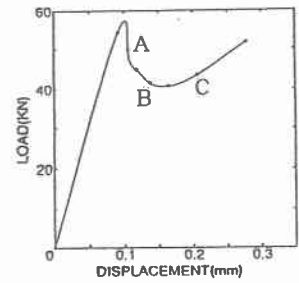


(a) BEM

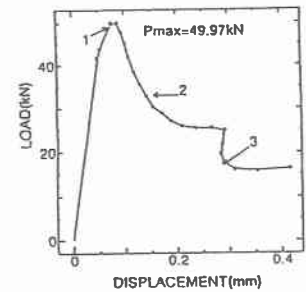


(b) FEM

図4 荷重-変位曲線



(a) BEM



(b) FEM

図6 荷重-変位曲線