

III-242 岩質材料内での応力拡大係数の測定と数値計算

徳島大学工学部 正員 ○藤井 清司
 徳島大学大学院 学生員 中村 正将
 徳島大学大学院 学生員 本田 育大

1. まえがき 岩質材料の破壊機構を調べるために、供試体に複数の切欠きを設けて三点曲げ試験を行う。そして、それらの切欠き先端からき裂が発生・進展する時の状況をアコースティック・エミッション(以下AE)と開口変位により監視しつつ、き裂が発生した時、そこでの応力拡大係数(K値)を三方向ひずみゲージより求める。そして、その有効性を確かめた。また、この状態を境界要素法により計算しK値を求めたので、これらについて報告する。

2. 三点曲げ試験 岩質材料としては、材令一週間のセメントモルタル(重量配合比 水:普通ポルトランドセメント:細骨材=1:2:6)を用いる。試験体形状は高さ15cm、長さ64cm、厚さ7.5cmで、中央部に切欠きA:10mm, B, C:15mmを3箇所に配置している。それらの幅は1mmで、先端部は1mmのテーパ状である。載荷方法は、試験体中央への集中荷重とし、スパン長は60cmである。また、切欠き先端部に取りつけたクリップ・ゲージにより開口変位を測定し、それによる変位制御とする。ゲージ長6mmの三方向抵抗線ひずみゲージを各試験体に2枚貼り、その貼り付け位置は、ゲージ中央が切欠きA, B先端5mmの位置になるようにし、そこでの応力状態を知って応力拡大係数を求める。AE変換子は一辺10cmの直角二等辺三角形の頂点に取り付け、これにより、AE発生総数、振幅規模別頻度分布の負勾配(B値)、および、到達時間差を測定する。

3. 曲げ試験結果 荷重-開口変位関係では図-3のように3つのピークが観測できる。このことより、供試体内に設けた複数の切欠きが欠陥としての役割をはたしており、新たに次の切欠き先端からき裂が発生するまで荷重の増加がみられる。そして、第1番目のピーク時には切欠きAの先端からと、それぞれに対応してき裂が発生していることが、目視により観察できる。このことは、AE特性パラメータの1つである到達時間差の測定結果でも得られている。そして、第1、第2のピークに相当するひずみ値を三方向抵抗線ひずみゲージa, bより求め、それにより応力拡大係数を計算した結果は、図-4に示したように破壊規準放物線とよく一致している。このことより、三方向抵

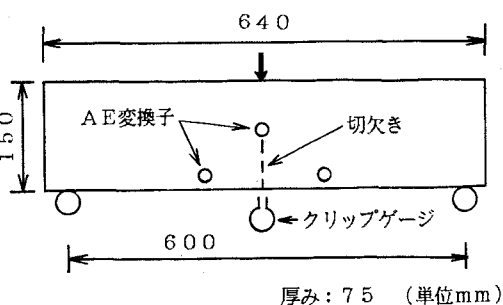


図-1 試験体

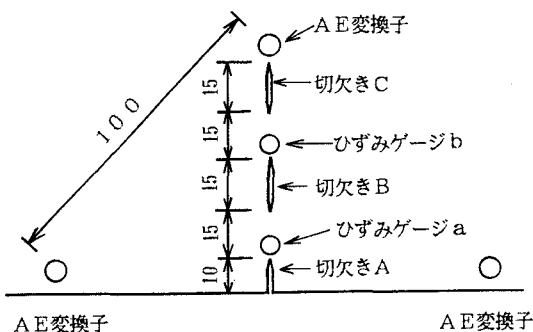


図-2 試験体切欠き部

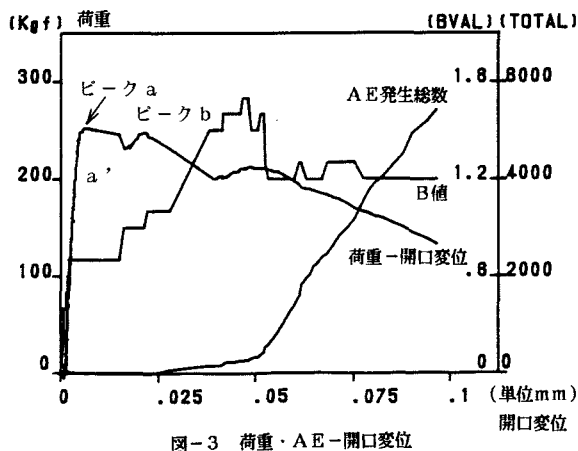


図-3 荷重・AE-開口変位

抗線ひずみゲージによって応力拡大係数を求めることが可能であることがわかる。A E発生総数・B値—開口変位の関係では、A E発生総数にいくつかの変曲点が観測でき、これらは荷重のピークとよく対応しており、また、B値においても特徴的な明らかな対応がみられる。発生総数が急増する変曲点は、3番目のピークに対応しており、この変曲点以降、荷重は増加しない。以上のことより、本実験のように、荷重に複数のピークが存在する場合には、A E計測は非常に有効であることがわかる。

4. 境界要素法によるK値計算 ここでは、複数切欠きを含む試験体の三点曲げ試験と、載荷荷重に対して傾斜した切欠きを含む長方形板の一軸圧縮試験に対して、境界要素法を用いて解析を行い、き裂先端部でのK値を求める。境界要素法では、次に示す方法で解析を行う。

(1)境界要素として、2次のアイソパラメトリック要素を用いる。つまり3節点の直線要素を使用する。

(2)き裂先端に隣接したき裂表面要素には、必要に応じて中間接点を1/4ずらした特異要素を用いる。

(3)き裂面を境界として解析する試験体を2領域に分割し、領域分割法に基づき両者を結合することにより解析を行う。

(4)応力拡大係数の決定には、き裂の左右両面の相対変位による変位外挿法を用いる。ここで変位外挿法とは、き裂先端近傍での直接解の精度低下をさけて、周囲の節点値からの変位を用いてK値を求め、き裂先端に外挿する手法である。

以上の方法を用いて、複数切欠きを含む試験体の三点曲げ試験においては、試験時に得られた荷重—切欠き開口変位曲線のピーク荷重をそれぞれの切欠き部での最大破壊荷重値として、切欠き先端部のK値を求める。そして、三方向ひずみゲージにより求まる実験値との比較を行う。また、傾斜切欠きを含む長方形板試験では、K値を求め、そのK値に対応する載荷荷重を決定し、その解析値と実験値との比較を行う。この長方形板試験体では、鉛直載荷軸に対する切欠き傾斜角度が20°、30°、40°の三種類の試験体を解析し、それぞれの試験体番号をCH-20、CH-30、CH-40とする。

5. 計算結果 複数切欠きを含む試験体の解析結果 切欠きAの先端部、および、切欠きB先端部におけるK値の解析値は、実験値に比べて少し高い値となった。この件に関してはさらに、検討を必要とする。

切欠きを含む長方形板試験体結果 各試験体の切欠き先端部におけるK値、そのK値に対応する初期き裂発生荷重値、最大破壊荷重値と実験値を表に示す。解析値である初期き裂発生荷重値、最大破壊荷重値は、実験値と比較すると、ほぼ等しい値を得ている。しかし、モードII変形が卓越するCH-30、CH-40の試験体では若干の精度低下がみられる。

参考文献 *）藤井他；曲げ試験に・・・、第43回年次Ⅲ、1988。 **）藤井他；岩質材料の・・・、第44回年次Ⅲ、1989。

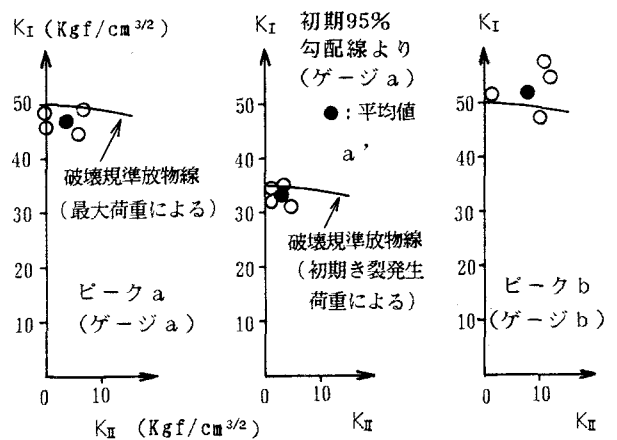


図-4 ひずみゲージによる測定K値

表-1 最大破壊荷重値に対する解析値

試験体	実験値 (kgf)	解析値 (kgf)	解析値 K_I (Kg/cm ^{3/2})	解析値 K_{II} (Kg/cm ^{3/2})
CH-20	2,980	3,000	15.3	64.1
CH-30	2,470	2,150	3.8	70.3
CH-40	2,780	2,380	2.1	71.3

表-2 初期き裂発生荷重値に対する解析値

試験体	実験値 (kgf)	解析値 (kgf)	解析値 K_I (Kg/cm ^{3/2})	解析値 K_{II} (Kg/cm ^{3/2})
CH-20	2,340	2,240	11.4	47.8
CH-30	1,700	1,600	2.8	52.3
CH-40	1,590	1,760	1.6	52.8