

III-251

AEによるき裂進展の計測と破壊力学を用いたき裂進展解析

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
 神戸市役所 原 正太郎

1. まえがき 岩質材料の破壊機構を調べるために、供試体に切欠きおよびスリットを設けて曲げ試験を行う。そして、アコースティック・エミッション

(以下AEと略す)と開口変位により切欠き先端からき裂が発生・進展する状況を監視し、き裂が発生した時、そこでの応力拡大係数を三方向ひずみゲージより求め、その有効性を確かめる。また、この状態を有限要素法により解析したので、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、材令が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。供試体形状は高さ15cm、長さ64cm、厚み7.5cmで、中央部の切欠きの種類を変え、3種類とする。切欠き幅は1mmでその先端部は4mmのテーパー状である。載荷方法は、供試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より開口変位を測定する。ゲージ長6mmの三方向ひずみゲージは各供試体に2枚貼り、その貼り付け位置は、ゲージ中央が切欠きおよびスリット先端5mmの位置になるように貼り付け、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 図-3には実験開始時からのAE特性パラメーター開口変位試験結果を、図-4には荷重値が最大値を示した時点からの時間による結果を示す。図-4においてはAE発生総数は荷重値が最大値を示した時点をとしている。TypeCは内部欠陥が多く、それに対応した荷重のピークが存在するはずであるが、連続的な破壊の進行と考えられるき裂進展により、明確に荷重のピークをとらえにくく、開口変位による表示である図-3からは破壊の起こった時点特定す

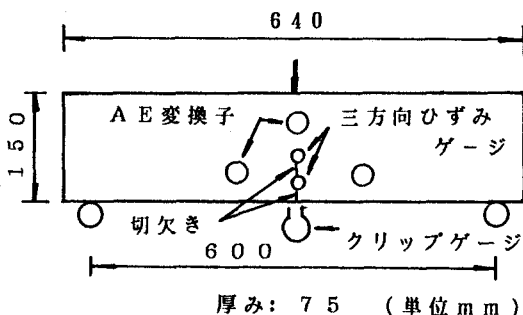


図-1 試験体

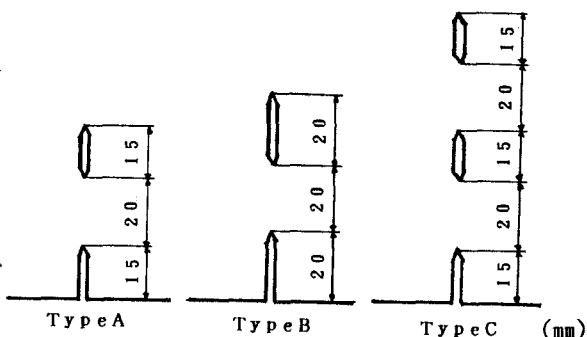


図-2 試験体中央部の切欠き

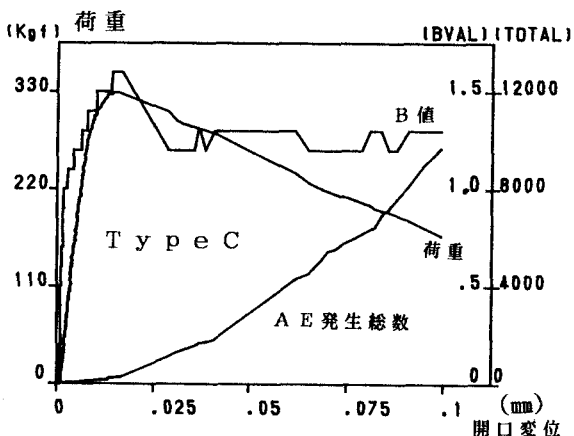


図-3 荷重・AE-開口変位

ることが困難な場合がある。そこで、横軸

(TOTAL)に時間を取った表示を行うことにより3回の破壊を見いだすことができる。それは図-4において荷重値が減少しているところであり、それによってき裂の発生した時点

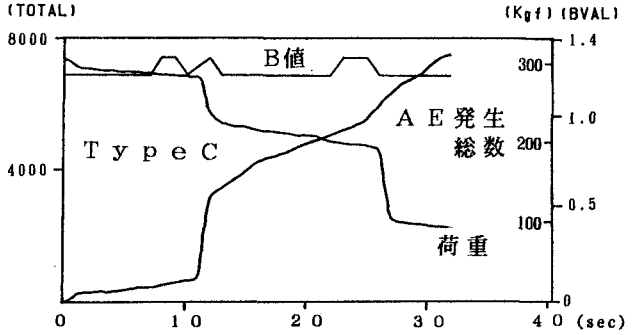


図-4 荷重・A E - 時間

を特定できる。B値は、荷重が激減する直前に一旦増加し、荷重の激減と共に低下している。このことは、TypeA, Bにもみられることである。このことより逐次的な破壊が起こるに当たって、まず直前に微小クラックが多数生成することにより振幅の小さなAEの発生が多くなり、それによっていったんB値が増加し、その微小クラックが成長することによって耐荷力を急激に失い、その時に振幅の大きなAEが多数発生することによりB値が再び低下するためと考えられる。位置評定においては、載荷を始めてから完全に破壊するまでに得られた到達時間差のすべてについて位置評定を行い、き裂の進展を追跡する。TypeCの結果をみるとTypeA, Bと同じく切欠き上部部にAEの発生が集中している。そして、荷重の大きなものは下方にそして上方に行くに従って荷重が小さくなっている。これはき裂の進展にともなって荷重が減少していることを示している。

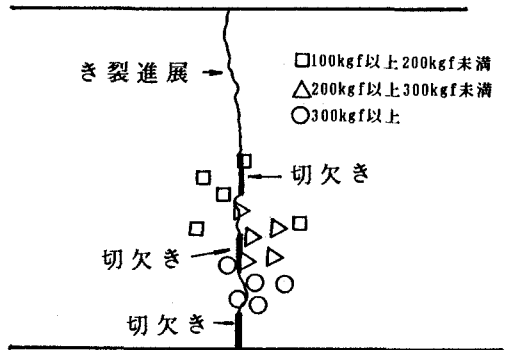


図-5 Type C の A E 位置評定

以上のことより、岩質材料のように、荷重に複数のピークが存在する時には、AE計測は非常に有効であることがわかる。また、TypeCのき裂発生時に相当するひずみ値を三方向ひずみゲージより求め、それにより応力拡大係数を計算した結果、図-6に示したように破壊規準放物線とよく一致し、 K_I 単独モードの破壊であることを示している。このことより、三方向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。

4. 有限要素法によるき裂進展解析 ここでは複数の切欠きを有するぜい性モデルに対して、き裂進展解析を有限要素法によって行い、き裂の生じた要素を自動的に再分割することによって、新しい要素境界としてき裂を表現する手法を用いている。き裂の進展を解析する場合には、参考文献1)に示されている方法を用いる。実験で得られた結果、すなわち曲げモーメント荷重下におけるぜい性材料の破壊挙動を、破壊力学的手法でシミュレートできるか否かの検証を試みる。

5. 解析結果 き裂の進展経路は供試体中央を載荷点方向にほぼ実験結果と同様に進んでいる。TypeA, Bは一度き裂が進展し、それが一旦停止する。そして、その進展方向、その時の破壊荷重も350kgf程度であり実験結果とほぼ一致している。しかし、計算結果を詳しくみると、実験では K_I 単独モードの破壊であるのに、計算結果の K_{II} 値は実験値に比べ少し大きい値を持つ。TypeCは連続的なき裂の進展がみられ、実験結果とも一致している。

参考文献 1) 藤井他; 切欠きを有..., 第41回年次Ⅲ, 1986. 2) 藤井他; 岩質材料内..., 第45回年次Ⅲ, 1990.

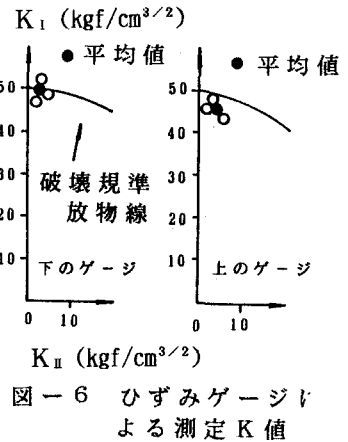


図-6 ひずみゲージによる測定 K 値