

III-250

切欠きを有する円盤供試体での破壊様式の違いによるAE発生特性

徳島大学 工学部 正員 藤井清司  
 大阪府 正員 藤本秀一  
 徳島大学大学院（飛鳥建設）正員 〇塩谷智基

1. はじめに 土木構造物において破壊は、宿命的に遭遇する最も大きな問題である。脆性材料の破壊はクラックやその他の欠陥の発生・成長・合体などにより生じることが多く、微視的組織や微視的破壊機構の影響を強く受け、その解明には様々な試みがなされている。アコースティック・エミッション（略してAE）には破壊に関する様々な情報が含まれていると考えられ、肉眼では観察できないものに有効であると考えられる。AE法を現場で適用するにあたり、破壊様式が異なることにより、AEの発生も異なれば大きな問題となる。しかし破壊様式の異なる状態でのAE測定結果の報告はまだ少ないのが現状である。本研究は破壊様式が異なる状態でのAE測定を報告したものである。

2. 実験方法 従来より、切欠きを有する円盤供試体を用いて圧裂引張試験をおこなっている。この供試体の長所として内部応力状態が比較的安定して、容易に単独のモードI、モードIIの破壊そして様々な混合モード状態での破壊を生じさせることができ、AE法の基礎研究に適していると考えられる。载荷中のき裂の進展の影響がAEパラメータにどのようにあらわれてくるかを調べている。供試体の材料はモルタルを用いている。重量配合比は、水：普通ポルトランドセメント：細骨材 = 1：2：6である。材令は一週間の水中養生をおこなったものを用いている。

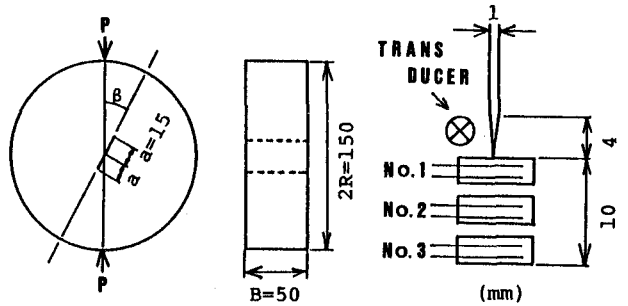


図1 供試体の形状

供試体の形状は図1に示されているものを用いている。内部の欠陥として、切欠きは厚さ1mm、長さ3cm、両端部4mmの部分はテーパ状になっている。荷重軸からの切欠きの傾き $\beta$ は $0^\circ$ 、 $6^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $28^\circ$ の4種類をおこなっている。このうち $\beta = 0^\circ$ はモードI、 $28^\circ$ はモードIIのみの単独の変形を生じる。き裂の進展状況を知るために、き裂が進展していくと考えられる方向にひずみゲージを図1のように3枚貼り付ける。ひずみゲージの番号は切欠きに近いものから番号1、2、3としている。AE測定の設定は、AE変換子は共振周波数は140KHzであり、計測にあたりWINDOWを55dB～80dBとした。

3. 実験結果および考察 本報告では载荷時に作用した応力と変位、3枚のひずみゲージの値によるき裂の進展を調べ、AE測定ではAE累積数とB値について調べている。B値とは、Gutenberg - Richter式、 $(\log N = \alpha - B \log A)$   $N$ :地震総数  $A$ :振幅  $\alpha$ ,  $B$ :定数)の定数 $B$ のことである。この式はAEの発生様式にもよく適用することが知られてきている。この $B$ 値の値は増加すれば破壊規模が小さくなり、また $B$ 値が減少すると破壊規模が大きくなることを示すことが可能であり、破壊規模を知る上で有効であると考えられる。切欠き角度による応力拡大係数の比、 $K_{II}/K_I$ の値は、切欠き角度 $0^\circ$ 、 $6^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $28^\circ$ のそれぞれとき0.00、0.50、2.86、 $\infty$ である。よって切欠き角度 $\beta = 0^\circ$ ではモードI、 $\beta = 28^\circ$ ではモードIIの単独の変形状態である。紙面の都合上切欠き角度 $0^\circ$ と $28^\circ$ を中心に説明をおこなう。測定結果は図2、3に示している。全ての供試体での共通点を説明する。AE累積数の曲線はとところどころで急増している。B値は载荷初期で増加を示し、载荷終期ではほぼ一定値をしめしているものが多い。変位計による変位はほぼ直線状に増加していて、AEの発生とはあまり対応していない。次にひずみゲージの値の増加による、き裂進展に注目している。応力-ひずみ曲線の途中でわずかに階段状に増加しているところがみうけられる。その

部分がき裂の急激な進展によるひずみゲージの値の増加だと考えられる。そのき裂の進展が見られたところは、結果の図にその荷重のところに破線を引いてA E累積数、B値の対応を調べている。また、始めてひずみゲージの値に変化が見られたところでは、破線の上にゲージの番号を表示し、き裂の進み具合を表示する。これらをもとに、き裂の進展とA Eの発生状況とを対比させている。このき裂の進展とA E測定の対応が、モードIとモードIIの単独モード破壊の間で違いがみうけられる。

モードIの破壊である切欠き角度 $0^\circ$ の供試体では、き裂の進展が見られるところではA Eの微少な急増、もしくはB値の増減がみられ、よくA Eと対応している。き裂の進展と同時にA Eが発生していることがわかる。また3枚のひずみゲージによるき裂進展の様子は、順次ひずみゲージに変化が現れ、き裂が進展していくことがわかる。載荷荷重が大きくなってはじめて3番のひずみゲージに変化が現れるので、き裂の進展が遅いことがわかる。しかし切欠き角度が $28^\circ$ に近づくにしたが、載荷初期から中期におけるひずみゲージの値の増加とA Eの挙動は切欠き角度 $0^\circ$ のときと比べ対応性がかなり低くなっている。A Eが増加した後にゲージの値が増加しているようである。せん断破壊であるモードIIではせん断変形の際、微細なき裂が多数発生する。このときA Eが多数発生すると考えられる。その後この微細なき裂同士がつながり、き裂面の形成がなされ破壊に至っているのだと考えられる。ひずみゲージの値からき裂が進展したと考えられるとき、A Eが多数観察されなかったのはそのためであると考えられる。そのうえB値が増加しつづけていることより破壊規模は小さいことがわかる。また3枚のひずみゲージによるき裂の進展の様子は、載荷荷重が小さいときにすでに3番目のひずみゲージにまでき裂が進展していることがわかる。よってき裂が発生するときは、長いき裂が発生し、かつ破壊規模の小さいことがA Eとひずみゲージから推測される。この $28^\circ$ の供試体は切欠き先端のき裂の進展は、荷重増加と共に載荷点の方向に伸びていくため、破壊様式が混合モードとなり、モードI単独破壊に近づいてくる。載荷終期ではモードIの破壊が卓越してくるため、 $0^\circ$ の供試体でA Eとゲージの値の増加の対応が良好であると同様に、載荷初期に比べA Eとき裂の進展はよく対応している。

4. おわりに 複数のひずみゲージを張り付けることにより、き裂の進展を知ることができる。円盤供試体の場合、モードIが主である破壊様式の破壊では、き裂の進展およびき裂の開きに対してA Eの発生、B値がよく対応しているが、モードIIが卓越してくるとき裂の開きには対応していないことがわかる。測定結果よりモードIIの破壊様式では先に微細なせん断き裂が発生し、それらがつながりき裂の発生すなわち破壊に至っていると推測される。A E法を破壊予知に利用するさい、モードIよりもモードIIでの破壊様式では非常に早くから予知ができることになる。今後他のせん断試験でA E測定による検証が必要と思われる。

参考文献：藤井清司，他：混合モード( $K_I$ 、 $K_{II}$ )下…，第19回岩盤力学シンポジウム論文集，1987。

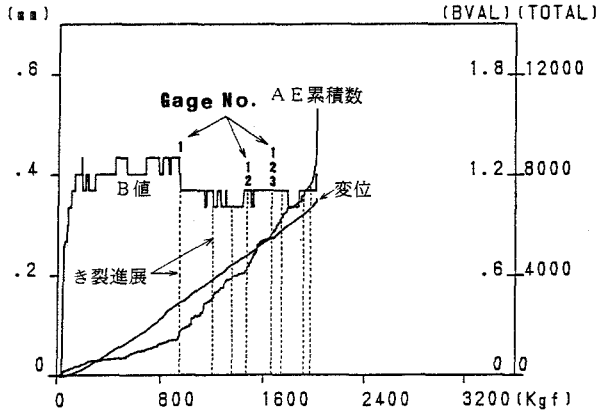


図2 モードIを主とする破壊様式での測定結果

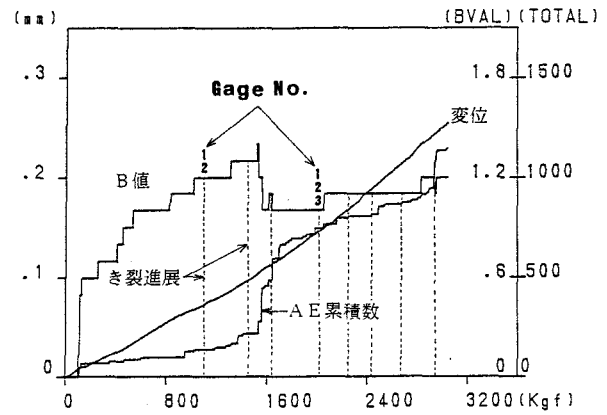


図3 モードIIを主とする破壊様式での測定結果