

京都大学工学部 正 員 大津 政康

" " 丹羽 義次

" " 小林 昭一

1. はじめに

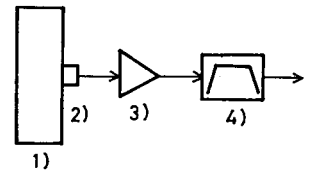
材料とか構造物が破壊を生じる際に、その系内から瞬間的に弾性エネルギーは開放されるが、このような過程において発生する応力波(弾性波)が、アコースティックエミッション(AE)と定義される。従って、様々な材料の破壊時に生じる可聴音もAEの一様であるが、一般にAEと言えば、系内の微小破壊者を意味している。

このAE現象を検出し、利用する技術は、AE法と呼ばれ、従来の既得欠陥の有無を調べる非破壊検査法に対して、何らかの応用の加わった状態で使用する、いわば動的な非破壊検査法として注目をあびつつあり、これによる破壊度の検討、破壊過程の追跡、構造物の健全度の診断などへの工学的应用が期待されている。

本研究は、今後のAEの応用への基礎的な研究として、AEの諸特性について検討を加え、いくつかの実験結果を報告したものである。

2. AEの諸特性

AE現象は、最も簡単には、Fig-1のような装置で検出する。これは、供試体内で生じた応力波が、系内を伝播し、その境界でピックアップにより電気信号に変換され、増幅器で増幅され検出されるのであり、フィルターは、雑音の除去ならびに必要な周波数帯を得るためのものである。このようにして検出された波は、P波、S波、多重反射などの成分をもち、数Hz~数MHzにおよぶ周波数帯をもっていると考えられるが、特徴的に非常に減衰が早く継続時間は、高々数 μsec であり、そのため突発的に発生する。したがってこの発生の頻度、さらに一つ一つの波形についての振幅、周波数さらにエネルギーなどが、このようなAEのパラメーターとして考えられる。このような種々のパラメーターの検出に際しては、検出装置の感度、S/N比、周波数特性などが問題となるが、それ以外に、供試体の寸法、形状、材料の均一度、ゼイ性度、異方性、強度、履歴、材料内部の応力波の減衰特性、さらには載荷方法、載荷速度、破壊形態などに影響され、ピックアップの定着位置も関係する。また微小信号を検出している故の雑音の除去も問題であり、事実kHz以下のAEは、このため現在のところ検出不可能な状況である。



1) Specimen 2) Pick-up
3) Amplifier 4) Filter

Fig-1

上述のようなAEの種々のパラメーターは、構造物ならびに材料の不連続性の程度および様相に関する間接的な表現を与えているが、もう一つのAEの特性として、いくつかの検出箇所からの記録は、正確な破壊源の位置を示すことが出来る。このようなAEの諸特性は、材料内部の破壊時の挙動を解明するための有効な手法として様々な工学的分野に適用しようと考えられるが、以下それについての実験結果を報告することにする。

3. 実験結果および考察

3.1. AE頻度の発生特性

AE頻度は、材料内部の微小破壊と一対一に対応するように検出され、その発生挙動は、圧縮試験では、載荷の初期から発生し、終局荷重の50%あたりから漸次増加して、破壊直前に急激に増加して破壊に至る。曲げ、および割裂では、この破壊直前の増加が非常に顕著にみられる。またクリープ実験では、累積頻度とクリープひずみがよく一致しており、さらに、この累積頻度は、圧縮強度の50%以上のダイレイタントな領域では、体積ひずみとよく対応している。また、比較的応力下の不均質な材料では、オイザー効果(最大履歴応力に至るまで、

発生数が減少する現象)がみられ、これは最大履歴応力の方向に依存し、除荷後の時間経過に伴って不明瞭となる。このような現象は、岩質材料のみでなく鉄筋コンクリート構造物にも見られるが、鉄筋コンクリート構造物でのAE頻度の発生挙動は、鉄筋の効果が大きく影響し、はりの曲げ試験では、セン断破壊、曲げ破壊によって異なる発生挙動を示す。ここで、SRC供試体の屋外におけるねじり試験結果の一例をFig-2に示す。このようにAEはひびわれ発生前(ひびわれ発生荷重5.5ton)、大変形を生じる直前(この際の荷重10.0ton)において頻発していることが観察される。ここにおける載荷初期のAEの静止期間と、その後の発生挙動からも、AEは、その系内の安定状態が何らかの外部からの要因によって破られないうちで発生しないことが認められた。したがって、これらの結果から、AEは、材料の構造的に不安定な箇所から発生することが示され、その発生頻度を、材料および構造物内で過去の履歴によって生じた微小破壊が、その後の系内の応力再分配などにより安定化を生じているかどうかの指標として、つまり構造物の健全度の診断器として応用する可能性が示されたと考えられる。

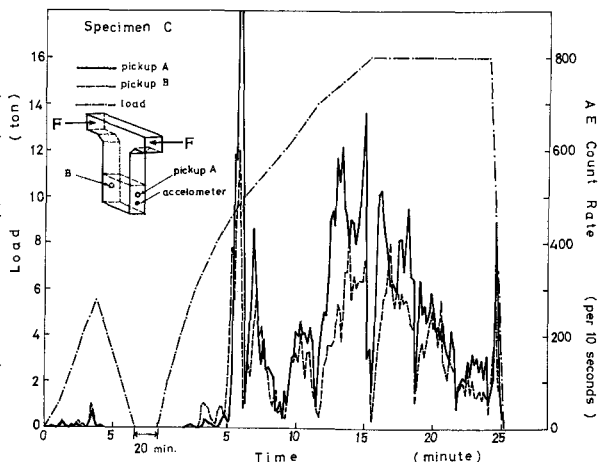


Fig-2 AE頻度と荷重曲線

ひ. AEの振幅とその頻度の関係

AEの振幅は、ピックアップにより電気信号に変換されて検出されるため、系内における微小破壊の規模とピックアップの感度の直線性、装置の増幅率との関係から、検出される振幅は、相対的な評価とならざるを得ないが、この微小破壊現象の最大振幅とその頻度については、地震学における、地震の規模とその頻度に関する、石本飯田式、Gutenberg-Richter式とよばれる統計則でよく説明されると言われている。この統計則とは、最大振幅とその累積頻度を両対数でプロットすれば、直線関係にあるというものであるが、岩質材料の破壊で考えれば、ある大きさのクラックの発生あるいは、その成長過程で生じる応力波の振幅は、そこに生じている破壊の大きさに固有のものであり、それぞれの振幅の頻度は、材質および破壊のモードによって決定されると考えられる。

このようなことを検討するために、コンクリート、モルタルなどが種々の破壊過程で発生する規模別頻度分布を求めたが、その一例をFig-3に示す。これは、コンクリートの曲げ(BCR)と圧縮(CRC)試験の結果であり、頻度は振幅に対する確率量に変換してある。曲線上の数字は終局荷重に対する百分率である。これより、この分布は上に凸な曲線となり、圧縮ではその過程でほとんど変化しないのに比して曲げでは、終局に向かうにつれて急激に上方に変化することが見られ、破壊形態に固有な挙動を示すことが明らかになった。その他の結果、詳細については、当日発表を行う。

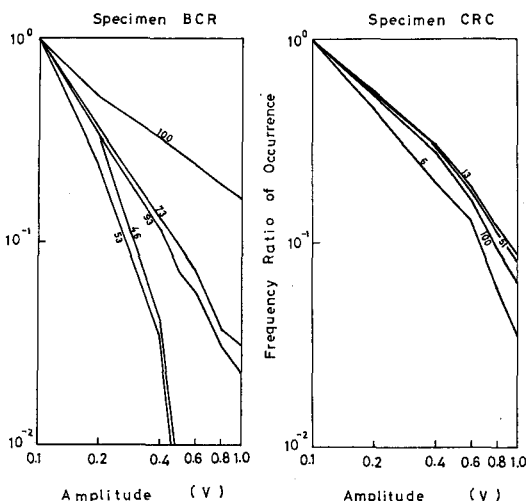


Fig-3 AEの規模別頻度分布曲線

またAEによる破壊源位置の決定により、材料、構造物内部の破壊過程の正確な追跡も可能であるが、それについては、別報で報告したので参照されたい。