

## 1. はじめに

コンクリート材料の破壊過程は、局所的、微視的な破壊が集積され、連結されて主破壊に至る過程であると考えられる。この過程においては、いかに微小な破壊であっても、瞬時的に弾性エネルギーが解放されるため、過渡的な弾性波(AE)が放射される。それ故、AE現象には材料の破壊過程における内部構造、組織の変化に対応した多種多様な情報が内蔵されており、この諸特性と破壊過程との関係が明らかになれば、材料内部の微小破壊の成長過程やコンクリート構造物の破壊性状、程度などをAEの発生挙動より知ることが可能である。

本研究は、このような考えのもとに、コンクリート材料の破壊過程で検出されるAEの発生位置、発生機構、周波数特性などを総合的に検討することによって、AEの発生特性より破壊過程の判定を試みたものである。

## 2. 実験概要

実験の供試体には、次のような配合のコンクリートとモルタルを使用した。

コンクリート(水:セメント:砂:粗骨材=0.63:1:2.3:3.6, 粗骨材最大寸法 $10^{\text{mm}}$ , 圧縮強度 $35.6 \text{ kg/cm}^2$ )

モルタル(水:セメント:砂=0.6:1:2, 圧縮強度 $34.9 \text{ kg/cm}^2$ )

試験方法としては、一軸圧縮試験( $\phi 10^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}}$ ), 割裂試験( $\phi 15^{\text{cm}} \times 15^{\text{cm}}$ ), 単鉄筋はり曲げ試験( $10^{\text{cm}} \times 10^{\text{cm}} \times 40^{\text{cm}}$ , D10使用)を行った。

実験に際しては、900BA圧電素子(PZT-7,  $\phi 4^{\text{mm}} \times 2^{\text{mm}}$ )を変換子として用い、5チャンネルのAE計測システムを使用し、破壊源探査、周波数分析を同時に行うことを考慮して、全ての波形をデジタル・カセットテープに、一波形に対して1024 words, サンプリング間隔 $1 \mu\text{sec}$ で記憶させた。このAE計測に際しては、増幅度は60dB, 周波数帯は10kHz~300kHzに設定した。

## 3. データ処理および解析

カセットに記録されたAE波形は、計算機で処理し、五箇所検出された初動の到達時間差より破壊源探査を行い、破壊源の位置を求めた。また、地震学における発生機構とP波の方向の関係より初動の向きにも着目し、AEの発生機構を引張りクラックの開口によるもの(P波初動が全て同じ向き)とせん断靱位によるもの(P波初動が四象限モデルで示される)に分類することを試みた。さらに、検出された全てのAE波形のスペクトル分析を行い、周波数特性についても検討した。ここで、変換子900BAの周波数応答特性が問題となったため、予備実験により応答特性を求め、これによって得られたスペクトルの較正を行った。

## 4. 実験結果および考察

破壊源探査の結果、一軸圧縮試験では、破壊源は供試体内全体に分布し、割裂試験では、載荷軸を含む面の近傍に分布することが確かめられた。また、この探査点は、各供試体において破壊後のひびわれ面、破断切片とよく一致していることも認められた。そして、発生機構については、一軸圧縮、割裂とともに、荷重の初期段階ではクラックの開口による破壊現象が多く、荷重が増加する

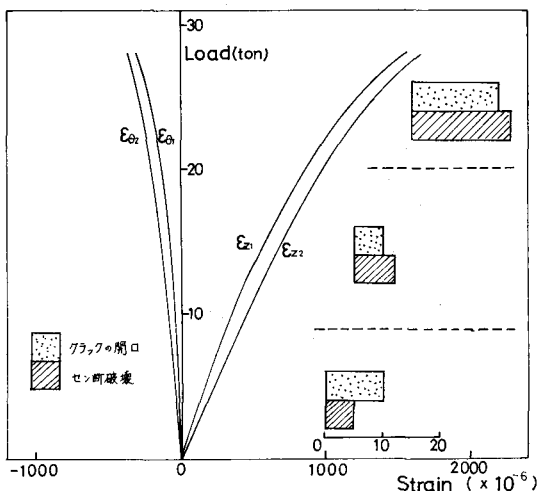


Fig. 1 荷重-ひずみ曲線と発生機構のヒストグラム

につれて、しだいにセン断による破壊現象が多くなることがわかった。例として、コンクリートの一軸圧縮試験における荷重-ひずみ曲線と検出されたA E波形より求めた破壊機構を示すヒストグラムをFig. 1に示す。このような終局破壊直前でセン断の多くなる傾向は、クラックの連結される過程に対応していると考えられる。

単鉄筋はりの曲げ試験でも、探査点とひびわれ面は、よく一致していることが認められた。この破壊過程では、曲げ破壊とセン断破壊という二つの破壊形態によりA Eの発生頻度分布が異なることが知られていたが、クラックの開口およびセン断による破壊現象の割合も、かなり異なることが明らかになった。そして、鉄筋の降伏後は、セン断による破壊現象が多く生じることが認められた。これは、鉄筋との付着部からA Eが発生するためと考えられたが、精度良く求めた探査点が少なく、明確にはできなかった。

破壊源の位置と検出されたA E波形に関する全体的な考察からは、A E波形のスペクトルは破壊源からの距離が短いほど、入射角が垂直に近いほど、高周波成分が多く存在することが明らかになった。

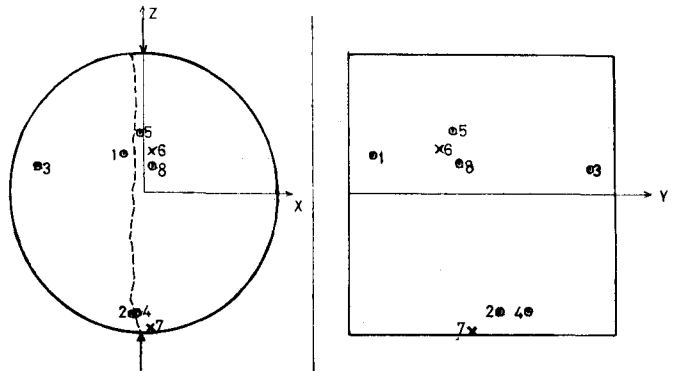


Fig. 2 破壊源探査図 (● クラックの開口, × セン断破壊)

また、破壊機構との関連では、クラックの開口によるA E波形のスペクトルは、顕著なピークを持つが、セン断によって生じたA E波形は、平坦なスペクトルを持つことが認められた。例として、コンクリートの割裂試験における破壊源探査図をFig. 2に示す。図中の探査点は、1から8までそれぞれ、破壊荷重の12%, 15%, 15.5%, 19%, 62%, 77%, 80%, 96%の段階で検出されたものであり、それをクラックの開口とセン断によるものに分類して示してある。この探査点に対処して、供試体側面に設置した同じ変換子より検出されたA E波形のスペクトルの例をFig. 3に示す。ここで、縦軸は、ピーク値で正規化した対数の値を表している。変換子は、破壊源5から最も近い位置にあるため、Fig. 3 a)とb)を比較すれば、a)に比べ、b)のスペクトルの高周波成分が多くなっていることがわかる。さらに、Fig. 3 a)とc)を比較すれば、破壊源は、ほぼ同じ位置にありながら、a)では顕著なピークが存在するが、c)では非常に平坦なスペクトルとなっていることがわかる。

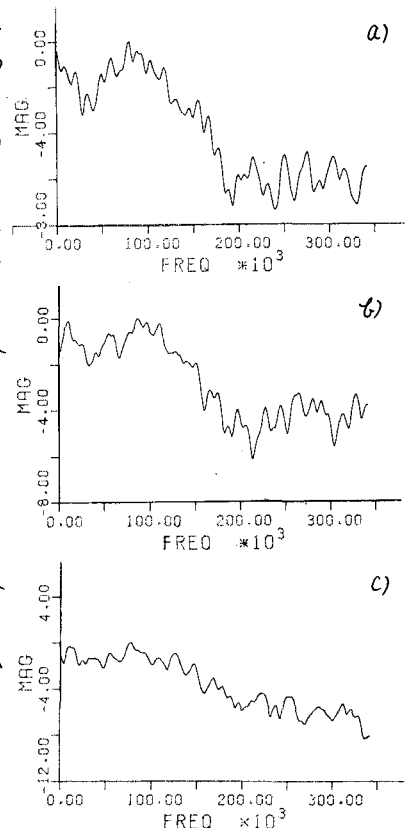


Fig. 3 A E波形のスペクトル

a)破壊源2, b)破壊源5, c)破壊源7

単鉄筋はりの曲げ試験では、破壊の進行に伴い、検出されたA E波形のスペクトルの高周波成分の減少が生じ、特に、曲げ破壊を生じた供試体で著しかった。これは、ひびわれの影響による波動伝播での減衰効果が表れたものと考えられる。

## 5. あとがき

本研究の遂行に際して、昭和54年度吉田研究奨励金を授与されましたことに謹んで謝意を表わします。

## 参考文献

- 1) 大津政康他, 第34回土木学会年講, 第5部 (1979)