

コンクリート材料の破壊機構とAE発生源に関する考察

京都大学工学部 正員 丹羽義次
 京都大学工学部 正員 大津政康
 日本電信電話公社 正員 ○奥田和男

1. はじめに

アコースティック・エミッション(AE)現象は、破壊過程において多種多様な情報を内蔵しており、従来の研究においては、このAEパラメータを、個々に破壊過程と関連させて検討がなされてきた。しかし、AEの発生機構との関連については、不明な部分が多く、今後AE法を活用する場合の基礎資料として、発生源に関する研究は急務であると考えられる。本報告は、AEの破壊源探査法をコンクリート材料の破壊実験に適用し、破壊源の位置と破壊形式、さらに周波数特性等の面から、コンクリート材料の破壊過程とAE発生源の機構について考察を加えたものである。その際、AE変換子の周波数応答特性が問題となるので、実験および数値解析両面から検討を行なった。

2. AE変換子の較正法

AE波を周波数分析する時に問題となる、変換子の周波数応答特性を知るため、実験・数値解析両面から検討した。

実験では、PZT圧電素子(905S, 900BA)

と互いに組み合わせて貼り合わせ、周

波数可変、一定電圧の波を入力した場合と、ステップ波を入力した時の出力を比較し、圧電素子を一自由度の縦振動子と仮定した場合、変換子の周波数応答関数 $|W(f_k)|$ が、次式で表わせることを確かめた。

$$|W(f_k)| \equiv \left| \frac{a_k(t)}{e_k(t)} \right| \approx |i2\pi f_k A(f_k)|$$

Fig.1に結果を示す。

数値解析においては、900BA AE変換子を軸対称問題と考え、圧電効果を考慮に入れた有限要素解析により、共振周波数および共振モードを求めた。

3. 実験概要

実験としては、コンクリート(水:セメント:砂:粗骨材=0.625:1.0:2.26:3.6)、モルタル(水:セメント:砂=0.6:1.0:2.0)を用い、一軸圧縮試験($\phi 10^m \times 20^m$)、割裂試験($\phi 15^m \times 15^m$)、単鉄筋はり曲げ試験($10^m \times 10^m \times 40^m$, D10使用)を行なった。AE計測に際しては、供試体に900BA($\phi 4^m \times 2^m$)の変換子を5つ装着し、増幅度は60dB、周波数帯は10kHz~300kHzに設定し、検出されたAE波形はウェーブメモリーを介してデジタルカセットに収録した。このとき、一波形のサンプリング間隔は1 μ secに設定した。

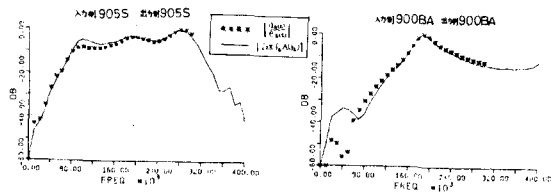


Fig. 1 AE変換子の周波数応答特性

$\left| \frac{a_k(t)}{e_k(t)} \right|$: 電圧一定、周波数 f_k のSin波を入力した時の入力電圧に対する出力電圧の比

$A(f_k)$: ステップ波を入力した時の出力 $a(t)$ をフーリエ変換したもの

4. 実験結果および考察

カセットに収録されたA/E波形のデータは、計算機で処理し、縦波初動の到達時間差および初動の向きを読みとり、破壊源探查を行なった。このとき、鉄筋はりについては異方は速度と考慮に入れた。地震学における発生機構の研究より、破壊源でセン断破壊が生じた場合、4象限モデルにより正負の変位を示し、クラックの開口による破壊が生じた場合、全方向で同じ向きを示すことが知られている。これを実験に適用し、5箇所より検出されたA/E波形の向きのそろいから、A/E発生源でどのような破壊が生じているかを分類した。さらに、A/E発生源の周波数特性を知るために、A/E波形を周波数分析し、A/E変換子の周波数応答特性を校正することにより、原波形のスペクトルを求めた。

例として、Fig.2に、割製試験の破壊源探查図を3段階に分けて示す。Fig.3は、同供試体の荷重-ひずみ曲線および破壊機構を示すヒストグラムである。そして、Fig.2の破壊源1に対する周波数分析結果をFig.4に示した。

本研究において得られた結果と総括すると、破壊源探查において得られた探查点は、破壊後のひびわれ面、破断切片とよく一致し、一軸圧縮試験、割製試験では、初期段階でクラックの開口によって生じる微小破壊が多く、しだいにセン断による破壊が卓越する、またA/Eのスペクトルは、A/E発生源からの距離、供試体のひびわれ状況等、A/E波の減衰効果に大きく左右されることがわかった。また、割製試験では、セン断による破壊現象が引張クラックの開口による破壊に比べて、高周波成分の割合が多いことが認められた。

その他の詳細については、当日発表を行なう。

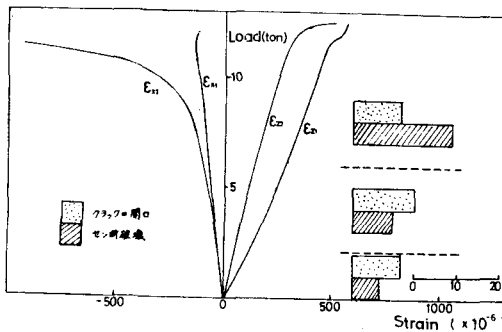


Fig. 3 荷重-ひずみ曲線および破壊機構を示すヒストグラム(コンクリート割製試験)

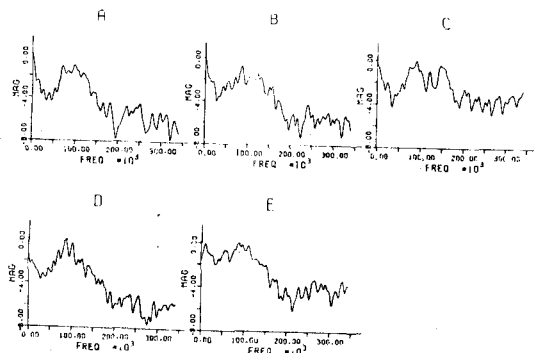


Fig. 4 周波数分析図(破壊源1) 破壊荷重の62%で検出

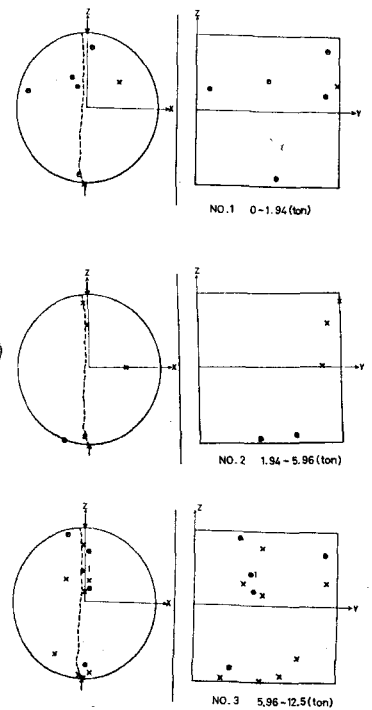


Fig. 2 破壊源探查図
(コンクリート割製試験)

● クラックの開口 × セン断