

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

アコースティックエミッション(AE)現象は、現在、非破壊試験法や破壊予知の手段への適用を中心に実用化への研究が進められているが、岩質材料の破壊過程を追跡し、材料内部の、その過程での構造的変化を推察する可能性も、最近注目されるようになってきた。なかでも、AE法による破壊源探査技術は、従来、除荷後の供試体の切断面あるいは切片の観察によってしか追跡できなかった材料内部の微小破壊の成長過程を、供試体表面からの観測により、立体的に把握できる有効な手法と考えられる。

本研究は、コンクリートの一軸圧縮下における微小破壊の成長過程の追跡に、この技術を適用しようと試みたものであり、供試体内の微小破壊発生位置を検討し、その成長過程について考察したものである。

2. 実験概要

実験には、碎石コンクリート(セメント:豊浦砂:碎石:水=1:2.0:2.9:0.63, 圧縮強度 435 kg/cm^2)と軽量コンクリート(セメント:豊浦砂:軽量粗骨材:水=1:2.0:1.5:0.57, 圧縮強度 382 kg/cm^2)の2種類について $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}$ の角柱供試体を用い、サーボ制御方式の剛性試験機により載荷を行なった。AE検出には、図1に示すような位置にピックアップを配置し計測を行なった。ここにFは、縦波速度の検討ならびに精度チェック用の入力ピックアップである。なお、計測装置および破壊源探査の方法については、別報を参照されたい。

3. 実験結果および考察

図1にも示したように5点からのAE検出を行なったが、現実には、立ち上りの判別し難い波形などが存在したため、破壊源決定には、4点あるいは5点での時間差により計算を行ない、2点以上で立ち上りの判別し難い波形となった現象は除外した。また、一軸圧縮下では、破壊過程の進行につれて、縦波速度に異方性が現われ、その速度の値も変動することが知られている。このため我々の破壊源探査法のように、系全体が一樣な縦波速度であると考えた場合には、その微小破壊発生位置に大きな誤差が生じる可能性がある。このため、碎石コンクリートの実験では、F点から入力した 50 KHz の方形波に対し、その各点への到達時間差に差異が生じるあたりで、実験を打ち切った。この実験での縦波速度は 4300 m/s であり、精度チェックの結果からは、誤差は 6 mm 以内であった。

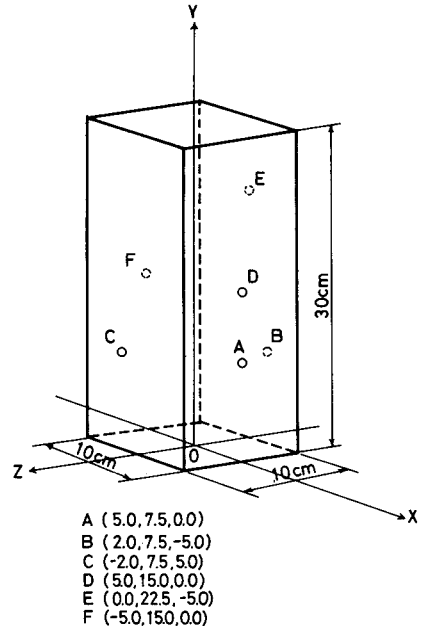


図1 ピックアップ配置図

この碎石コンクリートの実験では、118個の現象を検出し、波形の立ち上り判別可能な54個の現象について計算を行ない、計算誤差の大きいものおよび解が供試体内に存在しないもの5個を除き、49点の破壊源が決定できた。この破壊源探査の結果からは、載荷の初期には、微小破壊は、載荷面および、端面から供試体の1/2程度奥の領域に円錐状に発生することが認められ、これより一軸圧縮時には、載荷の初期にAEが多発することが知られているが、これが端面の影響であることが確かめられた。この後、載荷の進行につれて、破壊源は、供試

体の端面から内部へと進展していくことが認められた。

次に軽量コンクリートの実験では、その後の微小破壊の成長過程をも検討するため圧縮強度の9割程度まで載荷を行なった。この荷重-変位曲線を図2に示す。図中曲線上にプロットした点が破壊源の決定されたものである。この図のように領域をI, II, IIIに分類し、各領域で、検出された波形の到達順から大きな発生位置を求め、その個数をヒストグラムに表わしてある。ここで、a)破壊源の決定できたもの、b)計算誤差の大きいものおよび解が供試体内に存在しないもの、c)計算から除外したもの、それぞれの個数を表わしている。この図から、供試体上部で生じたと思われる現象については、発生位置の決定困難なものが多く、これはピックアップを下部に3点、上部に1点配置した影響であると考えられる。このように破壊形態によっては、ピックアップの配置にも十分な考慮が必要であることが認められた。

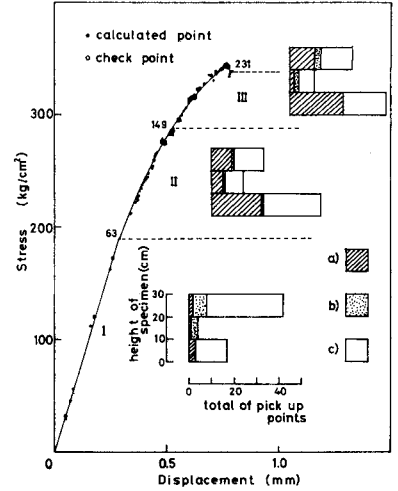


図2 荷重-変位曲線

この実験では、図2からもわかるように、かなり終局付近まで載荷したために、前述した縦波速度の問題が生じると考えられる。そこで今回は、縦波速度の異方性については、考慮しないとして、等方な平均速度として縦波速度を求めた。この結果、速度は4100m/sから3600m/sまで変動した。この場合のF点からの入力による波形からの計算結果を表1に示す。表中における誤差は、F点からの距離誤差を表わしている。これより、今回求めた破壊源位置の誤差は、上述のような仮定のもとでも10mm程度であると考える。実験では、231個の現象を検出し、79点の破壊源位置を決定したが、この領域II, IIIにおける微小破壊発生位置を図3に示す。図からわかるように、領域IIでは、碎石コンクリートの結果と同じように微小破壊は、端面から内部へと進展し、系内全体に発生している。領域IIIについては、ここでの微小破壊の発生形態をわかりやすくするために、発生領域で白丸と黒丸に区別してプロットした。この図から、この供試体の実験後に観察された最終破壊面付近に集中して、領域IIIに至ると微小破壊が発生していることが認められる。

このようにして、破壊源調査によって一軸圧縮下の微小破壊の成長過程が追跡された。

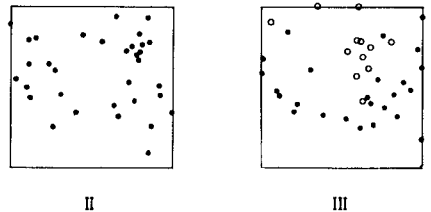
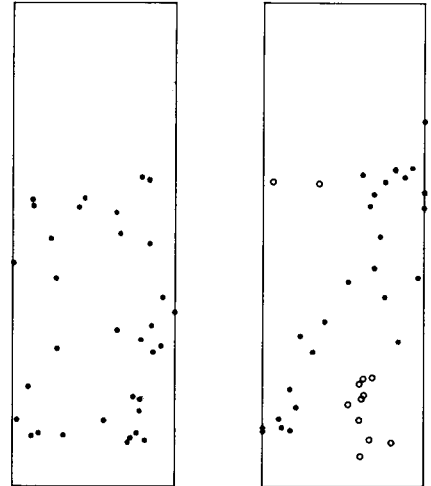


図3 微小破壊源の位置

番号	応力(kg/cm²)	(X, Y, Z)座標 (cm)	縦波速度 (m/s)	誤差 (mm)
1	32	(-4.9, 14.9, 0.6)	4100	6.2
2	120	(-4.8, 14.2, -0.6)	4100	10.2
3	175	(-4.8, 14.5, -0.1)	4100	5.5
4	236	(-4.8, 14.5, -0.9)	4100	10.5
5	260	(-4.8, 14.4, -0.5)	4000	8.1
6	324	(-5.2, 14.7, -0.1)	3900	3.7
7	334	(-5.1, 14.9, -0.6)	3600	6.2

表1 精度チェックの結果

最後に、本実験の遂行にあたり、土木材料学研究室の大郷恵哲氏に御援助いただいたことを付記し、感謝の意を表します。