

AE波形解析によるモルタルの破壊挙動の研究

東北大学大学院 学生員 ○谷口哲也
東北大学工学部 正 員 佐武正雄
東北大学工学部 正 員 新聞 茂

1. 序論

コンクリートの破壊挙動を解析する事は工学的に重要な問題であるが、巨視的クラック先端近傍の破壊進行領域の微視的破壊機構などが未解明なため、まだ十分に明らかになっていない。コンクリート中の微視的破壊機構を外から直接観察する事は不可能である。本文は、巨視的クラックの進展にともなう材料内部に発生するAE波を計測し、その波形解析を行うことによりコンクリートの微視的破壊現象を考察したものである。

2. AE波形解析法

コンクリートのような脆性材料に荷重をかけたときに生じるAEは、微小亀裂の発生によるものと考えられる。均質な等方弾性体内の ξ 点において微小割れが発生し、変位の食い違い $[u_i(\xi, t)]$ が生じたときの x 点での検出波動は次の式で表される¹⁾。

$$u_n(x, t) = \nu_j [u_i(\xi, t)] C_{ijkl} * G_{nk,l}(x, t; \xi) \Delta A \\ = G_{nk,l}(x, t; \xi) m_{kl}(\xi) * s(t) \quad (1)$$

ここで、 ν_j はクラック面の法線ベクトルで C_{ijkl} は弾性定数、 ΔA はクラック面の面積、 G_{nk} はグリーン関数を表す。そして、式では空間微分以外の項を時間関数 $s(t)$ とその他の項としてモーメントテンソル m_{kl} にまとめている。さらに、(1)式でグリーン関数として無限弾性体の解を用い、P波(縦波)の到達時刻のみを考慮し、 m_{kl} の各成分の比のみを対称とすると次式のように表せる。

$$u_n(x) = B \gamma_l \gamma_k \gamma_n m_{kl}(\xi) / r \quad (2)$$

ここで、 B は定数、 r は点 x から点 ξ への距離であり、 γ_n はその方向余弦である。式(2)によれば、多チャンネルAE波形計測において3次元位置標定により各チャンネルの r および γ_n が得られていると、P波初動の振幅比を求めることによって m_{kl} の成分の比すなわちクラックの面の方向と食い違いの方向が決定できることがいえる。

3. 実験方法

実験は供試体として図-1に示すように10×10×40cmのモルタル供試体の中央に2cmの切り欠きを入れたものを用いた。配合は表-1に示す通りであり、骨材の最大粒径は2mmとした。また、材令は7日である。試験は支間長30cmの三点曲げ試験であり、応力制御で荷重しながら亀裂長を観察し、亀裂の進展が見られたとき除荷を行うということを繰り返しながらAE波を計測した。亀裂の進展は水で薄めた

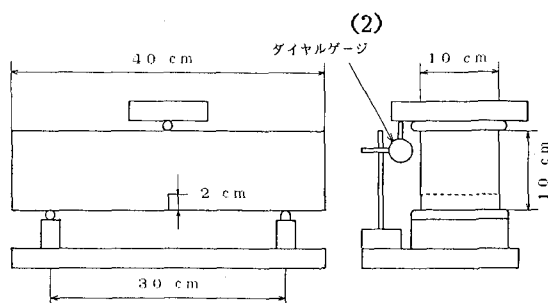


図-1 実験方法

W / C (%)	S / C (%)	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	S
50	200	318	636	1272

表-1 配合表

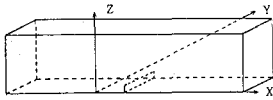


図-2 座標軸の設定

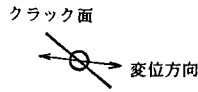


図-3 クラックの表示法

減水剤を注射器で亀裂に注入しながら測微鏡により行った。なお、AE計測器のチャンネル数は8chである。

4. 結果および考察

亀裂進展に伴って発生したAEの波形解析を行った結果を図-2のような座標軸を設定し正面図、平面図、側面図にして図-4に示す。正面図、平面図は切り欠きを中心に10cmの幅の部分を描き、クラック面と食い違いの方向をそれぞれの面から透視した様子を図-3のように直線と矢印によって表した。そして、側面図にはクラック面を円盤に模式化し、立体的に表した。また、正面図には正面から観察したクラックの位置を実線、背面のクラックの位置を正面と同じ長さにして破線により表している。なお、計測されたデータのうち波形解析により結果が得られるものは、10~20%であった。切り欠きから主亀裂が延びる段階(a)では、微小クラックの発生は表面近くで、しかも切り欠き先端より上部で生じていることがわかる。また、表面から観察される主亀裂がある程度進展した段階(b)でも、表面近くでは主亀裂先端上部で微小クラックが生じ、中央部ではそれより下部で生じている。次に、供試体が破壊する亀裂進展の終盤の段階(c)では、中央部において微小破壊が遅れて発生している様子がうかがえる。この様な傾向は、表面近くでは平面応力に近く、中央部では平面応力状態に近いことによるものと考えられ、破壊進行領域は金属においていわれている塑性域と類似したの広がりをもつことがわかる。また、これらの微小クラックのクラック面と変位方向のなす角度は45度以内のものがほとんどであり、微小破壊は主に剪断によって起きていると考えられる。

5. 結論

AE波形解析を用い、モルタルの破壊進行の挙動について検討を行った。その結果、表面近くと中央部とではその挙動が異なり3次元的な取り扱いが必要であることがわかった。しかし、まだAE波形解析の手法は開発段階にありその確立を目指し検討を進め、モルタルの破壊進行の挙動の解析に応用したいと考えている。

参考文献

1) 大津政康: アコースティック・エミッションの波形解析理論とモーメントテンサー解に関する考察, 材料, Vol. 36, No. 408, 1987

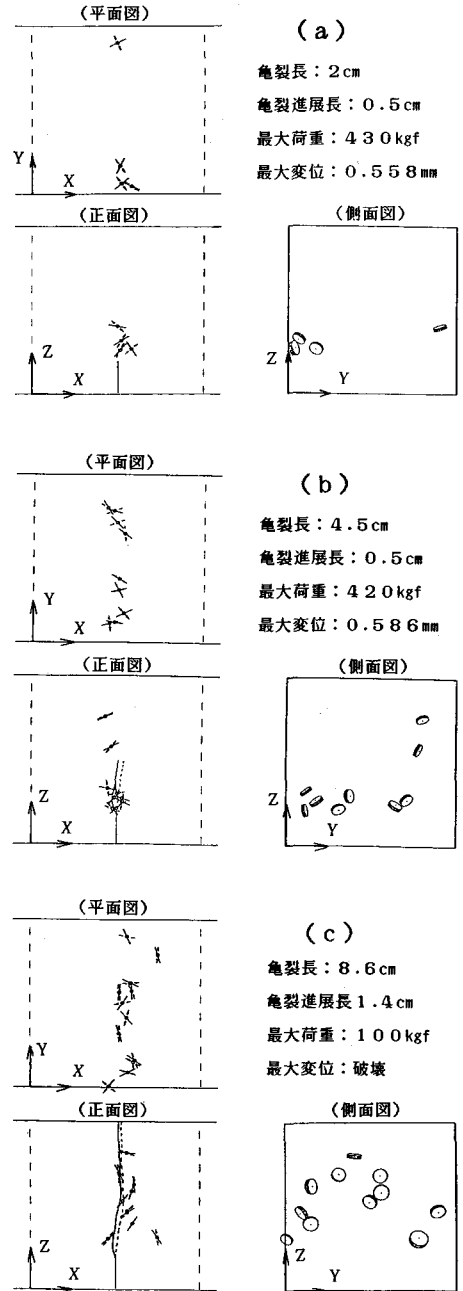


図-4 実験結果