

I-71

A E波形解析によるモルタルの微視的破壊機構の考察

鹿島建設 正 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

コンクリート系材料の微視的破壊挙動を解析することは工学的に重要な課題であるが、このような材料の中部を外部から直接観察することは不可能であるため、微視的破壊機構は、まだ十分解明されていない。しかしながら、材料の微視的破壊に伴って発生するA E波動は、破壊源の種々の情報を包含していると考えられる。本文は、破壊靱性試験中の巨視的なクラックの形成に伴って発生するA E波を計測し、その波形の解析を行うことによりモルタルの微視的破壊機構を考察したものである。

2. A E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A E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 x 点において微小割れが発生し、変位の食い違い $[u_i(x, t)]$ 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⁾。

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

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。

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

ここで、 B は定数、 r は点 x から点 x 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A E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。

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に示すとうりであり、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、応力制御で載荷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A E波を計測した。亀裂の進展は水で薄めた

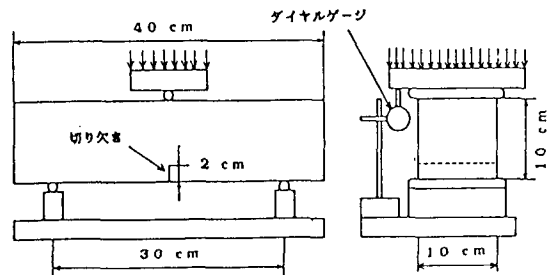


図-1 実験方法

表-1 配合表

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

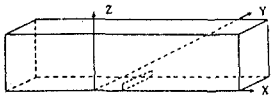


図-2 座標軸の設定

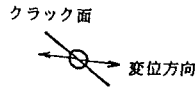


図-3 クラックの表示法

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

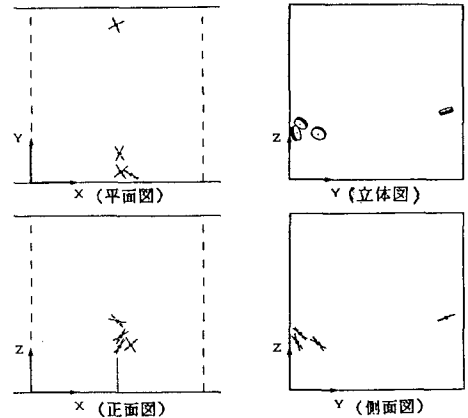
亀裂進展に伴って発生したAEの波形解析を行った結果を図-2のような座標軸を設定し正面図、平面図、側面図にして図-4に示す。正面図、平面図は切り欠きを中心に10cmの幅の部分を描き、クラック面と食い違いの方向をそれぞれの面から透視した様子を図-3のように直線と矢印によって表した。そして、側面図にはクラック面を円盤に模式化し、立体的に表した。また、正面図には正面から観察したクラックの位置を実線、背面のクラックの位置を正面と同じ長さにして破線により表している。なお、計測されたデータのうち波形解析により結果が得られるものは、10~20%であった。切り欠きから主亀裂が延びる段階(a)では、微小クラックの発生は表面近くで、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い、中央部では平面歪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、微小破壊は殆どI型和II型またはIII型の混合型で起きていると考えられる。

5. 結論

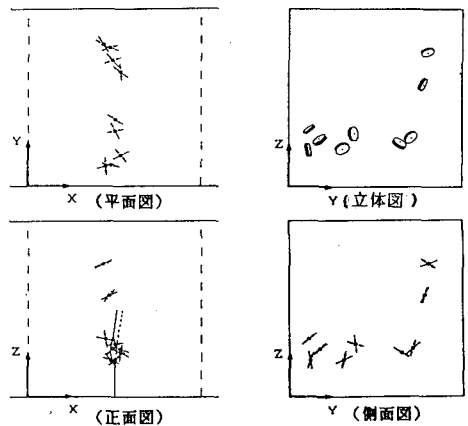
AE波形解析を用いて、モルタルの破壊靱性試験時の微視的破壊挙動の検討を行った。ここで行ったような破壊靱性試験では、巨視的なクラックは明らかに引張応力によるI型で形成されているが、AE波形解析の結果によれば、微視的クラックは殆どI型和II型またはIII型の混合型の破壊によって形成されていると考えられる。

参考文献

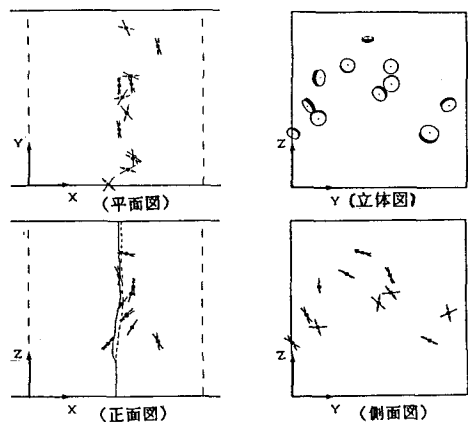
- 1) Ohtu, M.: Materials Evaluation, Vol.45; 1987, pp.1069-1075



(a) 亀裂進展長: 0.0 cm



(b) 亀裂進展長: 3.0 cm



(c) 亀裂進展長: 8.0

図-4 波形解析結果