

東北大学工学部 学生員 ○森 稔英

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. まえがき

コンクリート内部の微視的破壊機構を、外部から直接観測することは不可能であるが、材料内の微視的クラックの発生にともなう放出されるA E波動を計測することにより、微視的破壊機構に関する種々の情報を得ることができる。本研究は、コンクリート破壊靱性試験におけるA E波を計測しモーメントテンソルの固有値解析を行うことにより、その微視的破壊機構を考察したものである。

2. A E波形解析概要

弾性体内の点 $\underline{x}'$ で、微小なクラックが発生しそのクラック面を F とすれば点 $\underline{x}$ における時刻 t での変位 $u_i(\underline{x}, t)$ は次式で表わされる。¹⁾

$$u_i(\underline{x}, t) = \int_F G_{i,p,q}(\underline{x}, \underline{x}'; t) m_{pq}(\underline{x}') * S(t) dS \quad (1)$$

ここで、 $G_{i,p,q}$ はグリーン関数 $G_{i,p}$ の $\underline{x}'$ に関する空間微分、 m_{pq} はモーメントテンソル、 $S(t)$ は発生源関数である。式(1)でグリーン関数に点音源近似を用いP波の到達時刻のみを考慮すれば次式ようになる。

$$u_i(\underline{x}) = B r_i r_p r_q m_{pq}(\underline{x}') / r \quad (2)$$

ここで、 B は定数、 r は点 $\underline{x}$ と点 $\underline{x}'$ との距離で r_i はその方向余弦である。P波の初動値が得られれば上式よりモーメントテンソル m_{pq} が求まり、その固有値解析を行えばクラック面の方向と食い違いの方向が決定できる。

3. 実験方法

実験は最大粒径10mm、水セメント比40%の配合で製作した60×40×12(cm)の二重片持ち梁のコンクリート供試体(リガメント長25cm)を使用した。破壊靱性試験では、ひずみ制御で載荷しながら巨視的クラック長を観察し、巨視的クラックの進展が大きくなる前に除荷しこれを繰り返した。センサーの配置は常に巨視的クラック先端がセンサーの囲む範囲内にあるようにし、8チャンネルによりA E波を計測した。

4. 結果および考察

微視的クラックに伴って発生したA E源を正面、平面、側面の3方向に投影した様子を描き、波形解析から得られたクラック面を直線、くい違い変位方向を矢印で表わし1回目の載荷(図-1の(a))と4回目の載荷(図-1の(b))の場合の例を図-3の(a)と(b)に示した。そして除荷したときの巨視的クラックの進展状況を正面図の左側に供試体の表側のクラック長、右側に裏側のクラック長を示した。また、図-4の(a)と(b)は微視的クラック面とくい違い変位方向のなす角度の頻度分布を10度毎に、最大を1.0とし、それに対する割合を表わしたものである。なお、2回目と3回目の載荷の結果についてはそれぞれデータ個数が7個、19個と統計として少ないので頻度分布は省略した。1回目の載荷(a)では表裏とも巨視的クラックは見えないが微視的クラックはノッチ先端の表付近で発生し、約45°と75°にピークをもつ頻度分布でくい違いが生じている。2回目の載荷で巨視的クラックが観察されるようになったが、

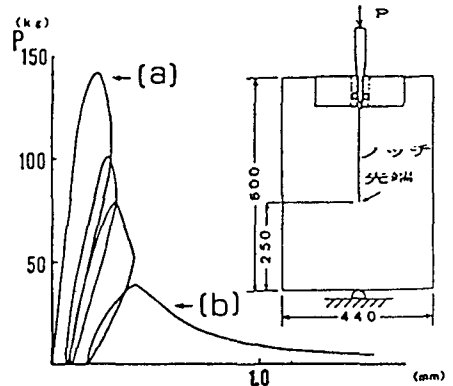


図-1 荷重-COD曲線と実験方法 (Crack Opening Displacement)

この場合のA Eはほとんど供試体内部で発生している。そして供試体の裏側だけ巨視的クラックが8cm進んだ3回目の载荷では巨視的クラック先端後部でA Eが発生しているが、これは内部より遅れて発生するA Eと先に生じたクラックの摩擦によるものと思われる。4回目の载荷(b)では徐々に表側と裏側の巨視的クラック長が等しくなり、急激な巨視的クラックの進展もなく安定している。1、2回目の载荷と比べるとA E発生範囲も広くなり微視的なクラック面とくい違い変位方向のなす角度は図-4(b)に示すように、約45°にピークをもつ頻度分布となっている。また、図-4(c)は第1回目から4回目までの256個のA E事象の波形解析結果を示したものである。

5. あとがき

コンクリートの破壊靱性試験における巨視的クラックは平均としては引張りモードであるが、微視的破壊は、载荷初期の段階では図-4(a)に示したように引張りモードに近い微視的クラックも多発するが、全体としては図-4(c)に示すように引張りとせん断の混合モードの微視的破壊の発生頻度が非常に多いことが明らかになった。

なお、本研究の実験は東北大学工学部建築学科の三橋助教授と野村助手と共に行ったものであることを付記します。

<参考文献> 丹羽義次, 大津正康

アコースティック・エミッションの特性と理論, 森北出版, 1988 pp.89-97

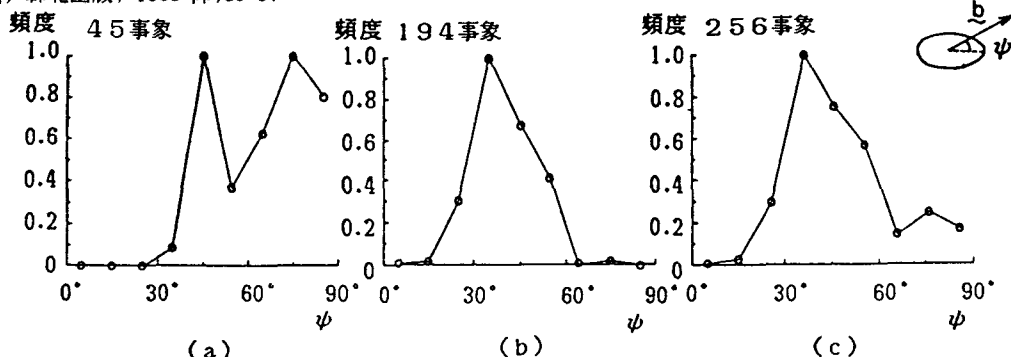
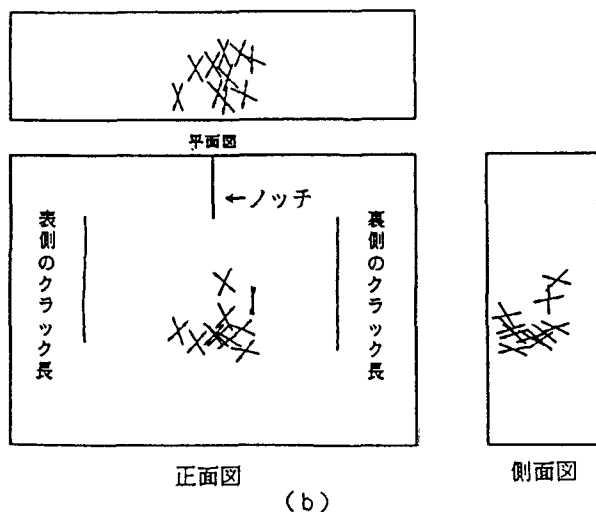
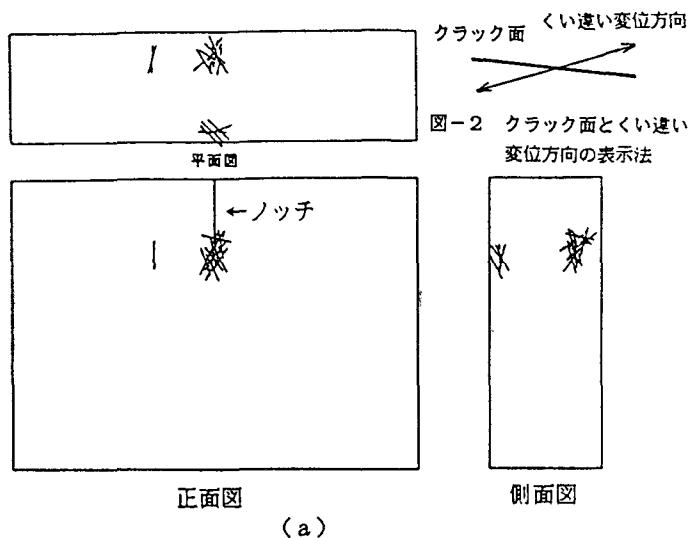


図-4 クラック面と食い違い変位 b のなす角の頻度分布