

V-19

コンクリート破壊進行領域における A E エネルギーの時間依存性挙動

福島高専 ○学生員 鈴木 隆裕
福島高専 正会員 山ノ内正司

1. はじめに

コンクリートの破壊において引張軟化曲線下の面積で定義される破壊エネルギー G_F はひび割れに対する抵抗能力を表す指標ではあるが、ピーク後の挙動においてひび割れがどれだけ急激に進むのかを表すものではなく、これまで、特性長 l_m 、無次元化ぜい性数 SE 、ぜい性化指標 BRI などのぜい性度に対応したパラメータが提案されている^[1]。

ところで、コンクリートにあるレベルまで荷重を作用させると荷重を一定にしても、コンクリート内に蓄えられたひずみエネルギーが既存の欠陥やクラックに局部的に吸収・逸散され、さらにそれが近傍の欠陥やクラックの成長を促し、最終的には臨界状態に達し不安定な高速破壊が生じる。破壊進行領域が臨界状態へ向かう過程においてエネルギー吸収速度が速いほど、あるいは領域の成長速度が速いほどぜい性度の高いコンクリートであると考えられる。

本研究は、微視破壊の時間発展的な成長過程からぜい性度に関する有効な知見を得ることを目的に、一定荷重を与えたコンクリートばりの3点曲げ試験を行い、A E 法により破壊進行領域の時間依存性挙動を考察したものである。

2. 実験方法

水セメント比 60%、最大粗骨材寸法 20mm の普通ポルトランドセメントを用い、寸法 200mm×100mm×900mm のコンクリートばりを作成した。8 個の A E センサーを図-1 のように配置し、A E 波形はサンプリングタイム 0.2 μ sec、波形長 1kw で記録し、1～4 チャンネルの検出波形についてはローカルプロセッサにより A E パラメータを抽出している。載荷方式は、最大耐力点の約 95% と推測される荷重を一定に保ち続け、A E の発生状況により不安定破壊直前に除荷するものとした。以後これを制御可能なレベルまで繰り返した。2 秒間隔で荷重（感度 1.25kgf）、載荷点たわみ、肩口開口変位 CMOD（感度 1/1000mm）を記録した。実験終了後、破断面を 5mm 間隔でダイヤルゲージによって測定した。

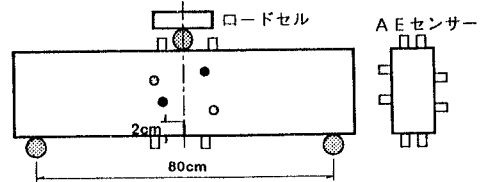


図-1 供試体寸法およびセンサー配置位置

3. 結果および考察

この実験で得られた荷重～たわみ～開口変位曲線を図-2 に表す。図-3 および図-4 は、1 回目の一定荷重（ $P=1000\text{kgf}$ ）を載荷した時と 11 回目の一定荷重（ $P=595\text{kgf}$ ）を載荷した時について、それぞれ結果をまとめたものである。A は時間の経過に伴う CMOD と A E 発生源の高さ方向の座標および A E エネルギー^[2]の変化を、B と C は 3 次元 A E 源分布を表したもので、円の中心が発生源位置に、円の直径は A E エネルギーの対数に対応している。A の上段に示した CMOD の時間変化は、変位速度一定と見なすことができる定常状態から加速的な状態へ遷移していることがわかる。いずれの図も、この限界点を境に A E 源を灰色で表している。

1 回目の載荷時（図-3）の定常状態において引き続き発生する A E 間に相関性はなく、また空間的にあまり偏り

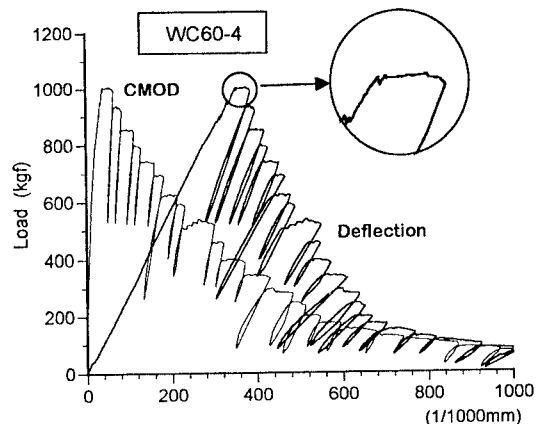


図-2 荷重～たわみ～開口変位曲線

なく分布しているのに対して、限界点を過ぎると、A E発生源はZ=5cm付近に見られるように急激に集中し始め、いくつかのクラスターを形成するようになる。特に高エネルギーのA Eが、破壊進行領域先端部に集中する傾向にある。なお、この時、可視ひび割れは確認されていなかった。

一方、11 回目の載荷時(図-4)では可視ひび割れ先端位置は高さ10.5cmにあり、破壊進行領域の長さはA E発生源分布から12cmに達していたことがわかる。A E分布状況は広範囲にわたっており、定常状態では破壊進行領域の後方に高エネルギーのA Eを中心いくつかのクラスターが形成されているのに対して、限界点後では一回目と同様に破壊進行領域先端部に高エネルギーのA Eが集中している。

以上より、限界点以降の破壊過程は、破壊進行領域先端部に高エネルギーのA Eが集中する不安定破壊の核形成過程であると考えられる。このことは、不安定破壊が引張軟化則の初期状態と深く関わっていることを示唆している。

図-5にA E源分布の相関積分 $C(r)$ と距離 r の関係を示す。ここに、 $C(r) \sim r^D$ 、 $C(r) = 2Nr / (N(N-1))$ 、 N : A E源数、 Nr : 2点間の距離が r 以下になるA E源のペアの数である^[3]。定常状態では両者とも広範囲に渡ってフラクタル性を持ち、またフラクタル次元は1回目よりも11 回目の方が小さくなっている。これは破壊進行領域の後方で微視破壊の相互作用が高まっていることを表している。一方、限界点後のフラクタル性は $r=1.5\text{cm}$ を境に構造が変化している。特に1 回目の載荷時では、 $r>1.5\text{cm}$ の領域のフラクタル次元が1以下になっており、A Eが線状の分布構造に変ったことを示している。

最後に、本研究は1997 年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)によるものであることを付記する。

参考文献

- [1] 三橋博三: コンクリート工学論文集、第6巻、第1号、1995、pp.81~88 [2] 木村孝範、山ノ内正司: 平成8年度土木学会東北支部技術研究発表講演概要、1998 [3] 勝山邦久編著: A E技術の応用、1994、pp.135~171、アイビーシー

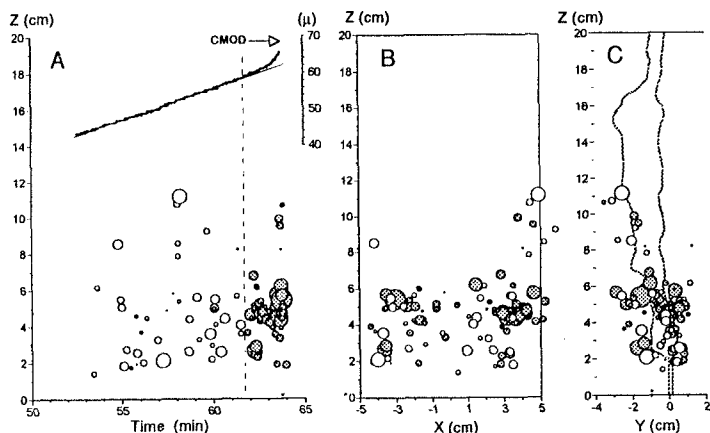


図-3 A E 源の時間的・空間的分布 (Stage 1)

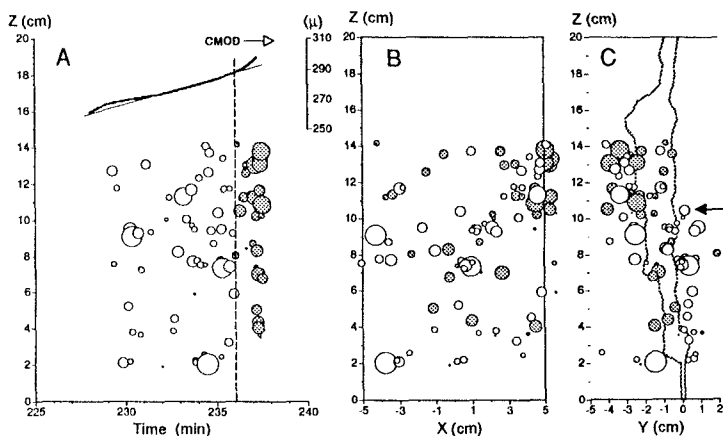


図-4 A E 源の時間的・空間的分布 (Stage 11)

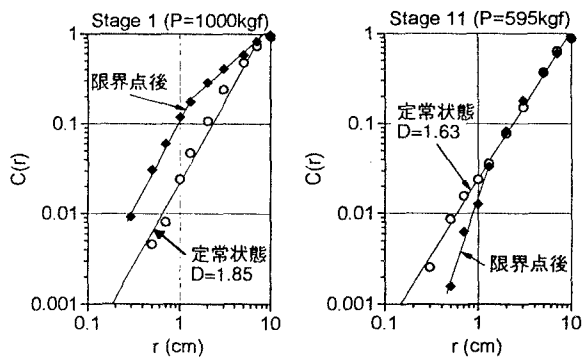


図-5 A E 源分布のフラクタル特性