

A Eエネルギーに基づいたコンクリートの引張軟化過程の考察

福島高専 ○学生員 木村 孝範
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進行領域のモデル化や破壊力学パラメータの設定には、微視構造変化の累積過程を明かにすることが不可欠であると考えられる。A E手法は、破壊進行領域内で生じた個々の変化に対応した情報を検出できるため、微視構造の変化と関連づけて解明するのに適した方法である。

本研究では、8チャンネルA E計測装置を用いて、コンクリートの3点曲げ試験時の破壊進行領域のA E解析を行い、クラック別A Eエネルギーに基づいて、内部構造と引張軟化過程の関係について考察した。

2. 実験概要^[1]

水セメント比30%の高強度コンクリート供試体（20cm×10cm×90cm）の中央部に幅1mm、長さ2cmのノッチを入れ、履歴載荷方式による3点曲げ試験を行い、中央点のたわみ、ノッチ部の肩口開口変位（CMOD）、荷重、A E（8ch）を計測した。1～4chの検出波形については、ローカルプロセッサによって最大振幅や継続時間などのA Eパラメータ抽出を行っている。図-1に荷重～たわみ曲線を示す。図中、数字は載荷サイクル数を表している。

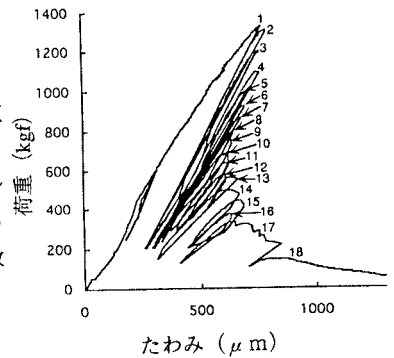


図-1 荷重～たわみ曲線

3. A Eエネルギーの定義

1 事象のA EエネルギーE_{AE}を、1～4chのA Eパラメータと位置標定結果に基づき、A E発生源をセンサーから垂直距離1cmの点に仮定したときの相対A Eエネルギーの平均として定義した。

$$E_{AE} = \frac{1}{n} \sum (V_{max,i} \cdot R_i / Q_i / K_i)^2 \cdot T_{dur}$$

ここに、 $V_{max,i}$ はA E波形の最大振幅、 R_i はセンサー番号*i*から破壊源までの距離、 Q_i は反射係数、 K_i はセンサーの相対感度で $K_1=1$ 、 T_{dur} はA E継続時間、 n はA Eをヒットしたチャンネル数を表している。

4. 結果および考察

図-2は、サイクル番号13の載荷過程で発生したA Eの3次元分布とA Eエネルギーの大きさを表したものである。

左図のXZ平面の記号**b**、**m**、**a**は、それぞれ破断面のボンドクラック、モルタルクラック、骨材クラックを表している。右図の2本の実線は、破断面をYZ平面へ投影したときの最大値と最小値をそれぞれ高さ方向に結んだものであり、全ての破断面はこの2本の実線内にあることを示している。また、円の直径は、A Eエネルギーの対数に対応しており、右図の太矢印は、このサイクル終了時に確認された可視ひびわれ先端位置を表している。

YZ平面におけるA E分布図より、ほとんどのA Eが最

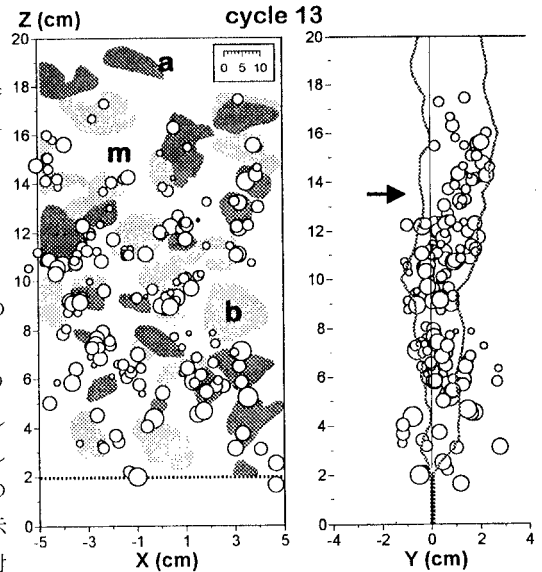


図-2 A E3次元分布とA Eエネルギー

終破断面の近傍から発生していたことが分かる。破壊進行領域先端部のマイクロクラッキングゾーンでは、A E発生位置はボンド部と骨材周囲のモルタル部に集中する傾向にある。逆に、高さ6 cm付近の可視びわれ領域では、モルタルや骨材自身の割れによる高エネルギーのA Eが多発しており、骨材のブリッジング機構が作用していることを表している。この領域では骨材の割れに対応した局所的なA Eの発生が16サイクルまで続き、その後完全な空白域となった。

このような引張軟化過程と内部構造との関係を考察するために、クラック別の単位面積あたりの累積A Eエネルギーの変化を高さ一定領域(幅2cm)ごとにまとめたものが図-3である。A E発生源の同定は、破断面を5mm メッシュに区切り、クラックの種類をデジタル化することによって行っている。図中の記号 *a/m*、*m/b*、*a/b*は、例えば、*a/m* は、骨材クラックとモルタルクラックが混在した要素であることを意味している。

上段 ($Z_c=15\text{cm}$) と中段 ($Z_c=6\text{cm}$) の図から、引張軟化初期においては、ボンド部やモルタル部の微小破壊が卓越し、その後、このA Eエネルギーが漸増する傾向を示すのに対して、骨材の割れに関係したA Eは数サイクル遅れて活性化し、その後は段階的な急増傾向を示す。また、中段 ($Z_c=6\text{cm}$) と下段 ($Z_c=2\text{cm}$) の図から、ボンド部のエネルギー解放は、モルタルや骨材と比べていち早く終了していること、及びクラック別最終累積A Eエネルギー比は、おおむね、

ボンド：モルタル：骨材 = (1～5)：(10～50)：(100～500)

の関係にあることが分かった。

以上より、引張軟化過程におけるクラック別A Eエネルギーの発生過程は、図-4のように表すことができるものと考えられる。

5. まとめ

コンクリートの破壊進行領域のA E解析の結果、次のことが明らかになった。

- (1) 引張軟化初期においてはボンド部と骨材周囲のモルタル部のマイクロクラッキングが卓越し、軟化後期では骨材のブリッジング機構が支配的である。
- (2) 引張軟化過程の進行に伴うボンド部やモルタル部のA Eエネルギーが漸増傾向を示すのに対して、骨材の割れに関係したA Eエネルギーは段階的な急増傾向を示す。
- (3) クラック別最終累積A Eエネルギー比は、ボンド：モルタル：骨材 = (1～5)：(10～50)：(100～500)である。

累積A EエネルギーとCMODの関係は引張軟化則に対応したものであるから、今後、累積A Eエネルギーによる引張軟化則の推定方法を検討したいと考えている。

参考文献

- [1] 太田 裕晴、山ノ内 正司：コンクリート破壊進行領域の3次元A E解析、平成8年度土木学会東北支部技術研究発表講演概要, pp.558-589, 1997

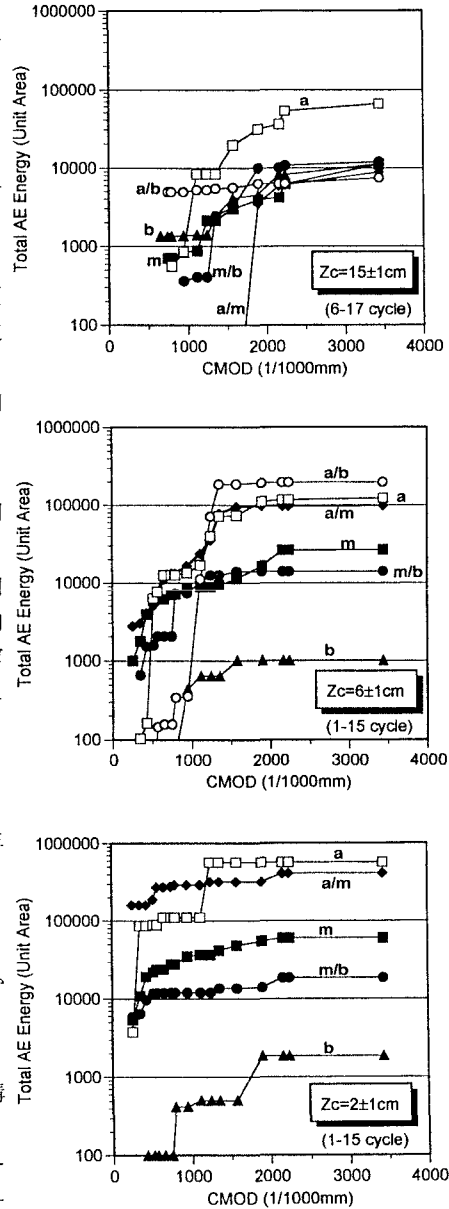


図-3 クラック別A Eエネルギー

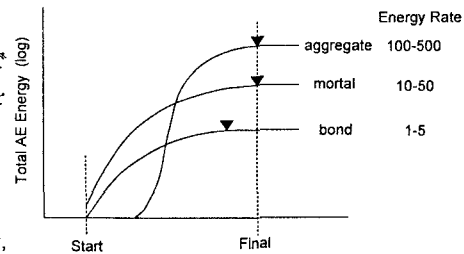


図-4 A Eエネルギー発生過程の概念図