

V-65

コンクリートの引張フラクチャープロセスゾーンの性状に関する研究

東北学院大学工学部 学生員 ○八木 智紀

東北学院大学工学部 フォロー会員 大塚 浩司

東北学院大学大学院 学生員 長谷川貴志

1. まえがき

コンクリート内部のフラクチャープロセスゾーンの性状を直接的、可視的に調べる研究は少なく、未だ十分に解明されていない。そこで本研究は、引張応力の作用下でコンクリートに生じるフラクチャープロセスゾーンのAE法およびX線造影撮影法を同時に同一供試体に適用することにより、非破壊的に検出し、その性状を解明することを目的としたものである。

2. 実験方法

実験で用いたセメントは、早強ポルトランドセメントである。細骨材として川砂、粗骨材は最大寸法 20mm の

砕石を使用した。コンクリートの配合は、目標強度が 20N/mm^2 、 40N/mm^2 、 60N/mm^2 および 80N/mm^2 の 4 種類を用意した。

図-1 は供試体形状を示したものである。実験には、寸法 $350 \times 350 \times 80\text{mm}$ のコンパクトテンション型供試体を使用し、各供試体には初期ひび割れを導くための幅 2mm のノッチを設けた。また、供試体には(a)に示すように AE 計測のためのセンサーを 6 個設置し、(b)に示すように X 線造影撮影のための造影剤注入孔を設けてある。

図-2 は実験装置概要を示したものである。載荷方法は、引張載荷装置から伝わる荷重がダイレクトに供試体に載荷されるように工夫してある。引張載荷装置に、ロードセルおよびクリップゲージを設置し、荷重とひび割れ開口変位をデータロガーにより測定した。AE 計測条件は、しきい値 45dB、増幅度はプリアンプで 40dB、センサーの共振周波数は 140kHz とした。X 線撮影条件は、出力 100kV、2mA、照射時間 1 分、焦点距離を 600mm とした。

3. 実験結果および考察

図-3 は圧縮強度 20N/mm^2 、 40N/mm^2 、 60N/mm^2 および 80N/mm^2 の実験結果から得られた、荷重-開口変位曲線を示している。最大荷重点 ($P_{\max}$)、最大荷重後 70% 荷重点 ($0.7P_{\max}$)、最大荷重後 30% 荷重点 ($0.3P_{\max}$)、および終局点で X 線造影撮影、AE3 次元位置標定結果の集計を行った。

図-4 は、 $P_{\max}$ までに発生した AE 領域を AE エネルギー

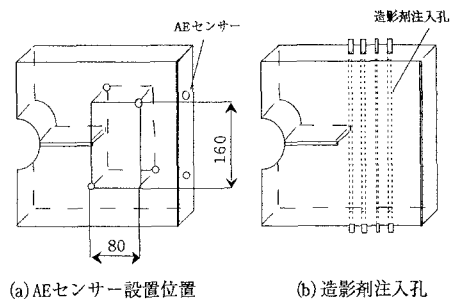


図-1 供試体形状

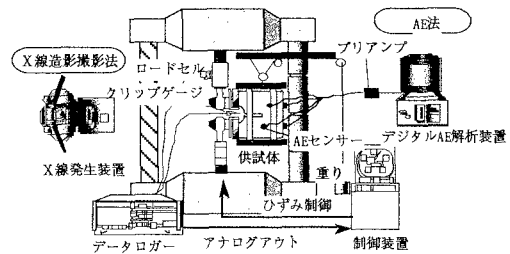


図-2 実験装置概要図

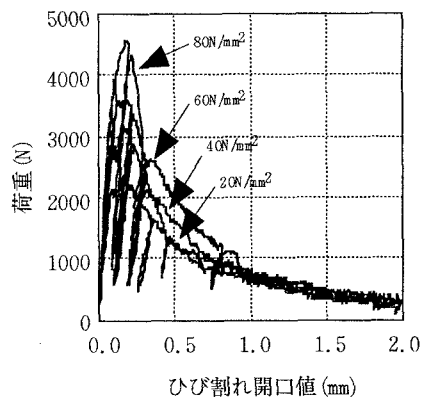


図-3 荷重-開口変位曲線

一の大きさを3段階に分け、それぞれの最外側領域のトレース図を模式的に示し、重ね合わせたものである。ここで、AEエネルギーは、AE波形バケットの持続時間にわたって信号電圧の2乗を積分して規格抵抗値で除する結果で、単位はaJである。この等高線状の模式図は、外側から順にエネルギーの大きさが 1.0×10^3 aJ未滿、 1.0×10^3 aJ以上 1.0×10^4 aJ未滿、 1.0×10^4 aJ以上を表している。この図に見られるようにAEイベントはエネルギーが大きくなるほど、ノッチ先端部の狭い範囲に集中する傾向がある。そこで本研究では、エネルギーが低いAEイベントは、コンクリートの破壊に直接関係しないものと考え、エネルギー総和の95%に相当するAEイベントをコンクリートの破壊形成に影響を及ぼすAEイベントと定義した。AEイベント集合の外側を線で結んだ領域をAE有効発生領域とし、このAE有効発生領域の長さおよび幅を求め、コンクリートの圧縮強度の違いによる影響を調べた。

図-5は、撮影されたX線フィルムの一例である。このフィルムからひび割れおよびひび割れ周辺近傍の雲状領域をトレースし、フラクチャープロセスゾーンの長さおよび幅を求め、コンクリートの圧縮強度の違いによる影響を調べた。

図-6は、最大荷重における圧縮強度 20N/mm^2 、 40N/mm^2 、 60N/mm^2 および 80N/mm^2 のAEイベントとAE有効発生領域の一例およびX線フィルムトレース図の一例を示したものである。それぞれのAE有効発生領域とフラクチャープロセスゾーンを比較すると、 20 、 40 、 60N/mm^2 と圧縮強度が大きくなるとAE有効発生領域およびフラクチャープロセスゾーン共に長さは長く、幅は狭くなる傾向が見られた。しかし、 60N/mm^2 から 80N/mm^2 では長さは逆に減少し、幅は、 $20 \sim 60\text{N/mm}^2$ と同様に狭くなった。

4. まとめ

本実験の範囲内で次の事が言える。

- 1) 従来では、別々でしか行えなかったX線造影撮影法、AE法を同一供試体に同時に使い、フラクチャープロセスゾーンを非破壊的に検出することができた。また、両実験方法ともに、圧縮強度の違いがフラクチャープロセスゾーンの性状に及ぼす影響は、非常に似ていた。
- 2) コンクリートの圧縮強度が 20 、 40 、 60N/mm^2 と大きくなるとフラクチャープロセスゾーン長さは長く、幅は狭くなる傾向が見られた。これは、コンクリートの圧縮強度が大きくなると、骨材とセメントペーストとの付着強度も強くなり、骨材を迂回していたひび割れが骨材を貫通して進展するようになったためであると考えられる。しかし、 80N/mm^2 では長さは逆に減少し、幅は、 $20 \sim 60\text{N/mm}^2$ と同様に減少した。これは、コンクリートの圧縮強度が 80N/mm^2 程度以上になると、コンクリートの物性が変わり、より高強度低靱性となって、荷重段階が大きくなるまで、ひび割れが発生せず、 $P_{\max}$ までは破壊プロセスゾーンの発生が抑えられたためと思われる。

5. 謝辞

本実験に際し、東北学院大学工学部土木工学科平成14年度大塚研究室 佐々木好伸、鐵慎司の協力を受けた。ここに謝意を表する。

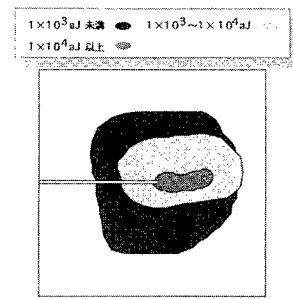


図-4 AEエネルギー性状



図-5 X線フィルム

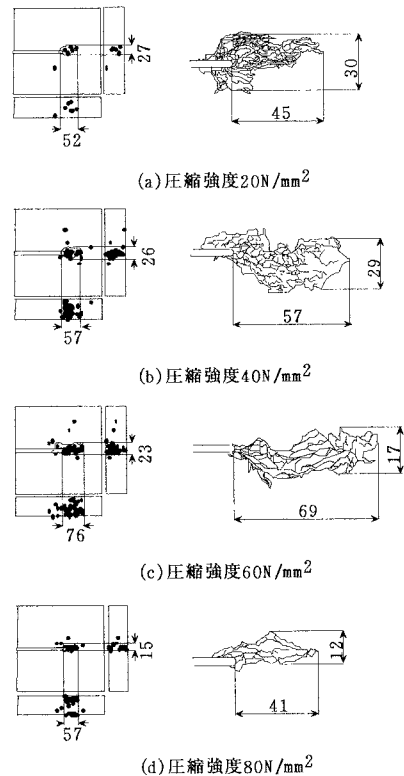


図-6 AE有効発生領域およびX線フィルムトレース図