

A E 3次元位置標定を用いたコンクリートの 引張破壊進行領域の性状に関する実験的研究

東北学院大学大学院 学生員○栗田 隆行
東北学院大学工学部 正 員 大塚 浩司
東北学院大学工学部 学生員 阿部 寛

1. まえがき

コンクリートが破壊する際、そのひび割れ先端近傍には多数の微細ひび割れが生じている破壊進行領域の存在していることが知られている。この破壊進行領域についてこれまで行われた研究は、コンクリート表面におけるものが多く、コンクリート内部における研究については、X線造影撮影法を用いた研究[1]やA E法を用いた研究[2]などがある。これらの研究では、破壊進行領域の幅や長さによらず骨材寸法や供試体寸法の影響などについて明らかにされている。しかし、複雑な現象であり、破壊進行領域の性状は十分に解明されたとは言えない。

そこで本研究は、コンクリートの引張破壊進行領域の性状を明らかにすることを目的とし、コンクリート内部に生じるA Eの発生源を3次元位置標定により検出し、荷重の増加に伴うその発生位置や発生領域の変化などの挙動を実験的に調べたものである。

2. 実験概要

本実験で使用したセメントは、早強ポルトランドセメントである、細骨材として川砂を、粗骨材は最大寸法10mmの砕石を使用した。配合はW/Cを50%、S/aを48%としている。供試体寸法形状を図-1に示す。実験供試体はコンパクトテンション型供試体を使用し、寸法は350×350×80mmであり、初期ひび割れを導くための幅5mm、長さ185mmのノッチを設けてある。供試体は打設後24時間で脱型し、7日間水中養生を行い、A Eセンサーを取り付けるため24時間、温度20℃湿度50%の恒温恒湿室中で乾燥させた後に実験に用いた。なお、供試体は同じ条件で6体行った。

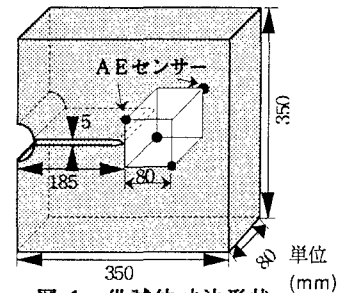


図-1 供試体寸法形状

本実験で使用した実験装置の概要を図-2に示す。载荷には万能試験機を使用し、引張载荷金具を取り付けてある。载荷はひずみ制御で行い、その際の载荷速度は、ノッチ部に取り付けたクリップゲージの開口変位が、毎分0.05mm開く速度に自動制御した。また、A E計測のためのセンサーの配置は図-1に示すとおりであり、一辺が80mmの立方体を囲むように、片面2個、両面4個のセンサー(共振周波数140KHz)を供試体表面に取り付けた。A E計測条件は、弾性波速度を予備実験より3600m/sec、ディスクリレベルは、载荷を行っていない状態で発生している雑音を分離できる最低限の値として80mV、増幅度はプリアンプで40dB、メインアンプで30dB、合計70dBとした。また、载荷金具に取り付けたロードセルより荷重を、ノッチ部に取り付けたクリップゲージより開口変位を測定した。

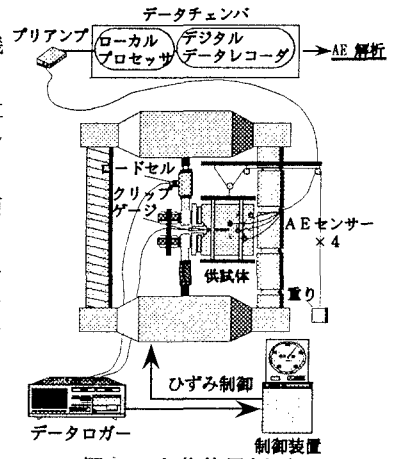
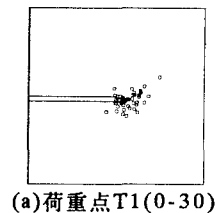


図-2 実験装置概要

3. 実験結果および考察

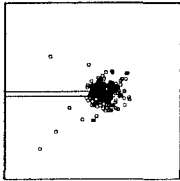
図-3は、実験により得られた荷重-ひび割れ開口変位曲線を示している。図中の曲線上の各点(T1~T5)は、A E 3次元位置標定結果の集計を行った点である。この場合の3次元位置標定結果の集計は、ある荷重段階から次の荷重段階までに発生したイベントについて行っている。以後、解析に用いる3次元位置標定結果は、累積ではなく全て各荷重点間に集計された結果である。

図-4(a)から(e)は、各荷重点において集計されたA E 3次元位置標定結果を示す供試体正面図である。最大荷重付近のものについては、平面



(a)荷重点T1(0-30)

図と側面図も示した。



(b)荷重点T2(30-70)

AEは、最大荷重の30%時 (c)荷重点T3(70-PAEK) から既にノッチ先端付近に発生しており、その領域は、荷重の増加に伴って次第にノッチ先端部から広がり、最大荷重を過ぎて最大荷重の70%まで荷重が降下した点までは、かなり密集した領域を形成している。しかし、それを過ぎると発生領域はばらつきが生じ、かなり大きく広がる傾向が見られた。

図-5および図-6は、AEイベント個々のエネルギーの大きさについて検討を行った結果を表している。AEエネルギーは、弾性波の振幅の大きさと持続時間によって表すことができるが、ここでは簡単のために振幅の大小によって区分した。図-5は、荷重段階が0%から最大荷重までの間に発生したAE領域を、エネルギーの大きさで4段階に分け、その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。この等高線状の模式図は、外側から順にエネルギー区分が0.7V以下のもの、次に0.7から2.24Vまで、さらに2.24Vから5.1V未満まで、最内側は5.1V(最大値)をそれぞれ表している。この図に見られるように、イベントの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。

図-6は、エネルギーの区分が最大のもの(5.1V)について、荷重段階の進展に伴うそれぞれのAE発生領域の最外側領域をトレースし、重ね合わせた模式図である。荷重の推移に伴って、AE発生領域はノッチの前方方向に進展することが分かった。しかし、最大荷重の30%荷重降下点から70%荷重降下点以降においては、ばらつきが生じ、少数ではあるがかなりの広い範囲に高エネルギーのAE発生が見られた。

4.まとめ

AE 3次元位置標定を用いて、コンクリート内部に発生するAEの発生挙動を調べた結果、実験の範囲内で次のことが言える。

- (1) AEは、最大荷重の30%時から既にノッチ先端付近に集中して発生しており、その領域は、最大荷重点を過ぎて最大荷重の70%まで除荷した段階までは、かなり密集した領域を形成している。しかし、それを過ぎると発生領域にはばらつきが生じ、かなり大きく広がる傾向が見られた。
- (2) AEイベント個々のエネルギーの大きさの分布を調べた結果、イベントの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ことが分かった。また、エネルギーの最も大きなイベント群の発生する領域は、荷重の段階が進むにつれて、ノッチ先端部から前方方向に進展することが分かった。

参考文献

- [1] KOTUKA : SIZE EFFECT IN FRACTURE PROCES ZONE OF CONCRETE, Size Effect in Concrete Structures, E & SPON, pp.47-56, 1994
- [2] 新関茂, 岸野佑次, 飯沼将之, 森隆宏 : 3次元AE位置標定によるコンクリート梁内の破壊進行領域の長さとの幅の解析, 構造工学論文集, Vol.41A, pp.541-547, 1995.3

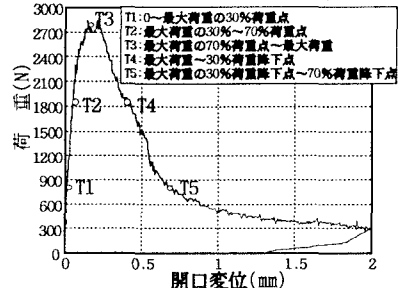
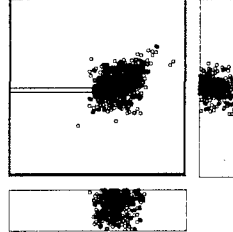
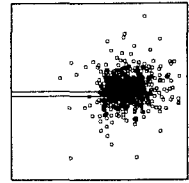


図-3 荷重-ひび割れ開口変位曲線



(d)荷重点T4(PAEK-70)



(e)荷重点T5(70-30)

図-4 AE 3次元位置標定結果

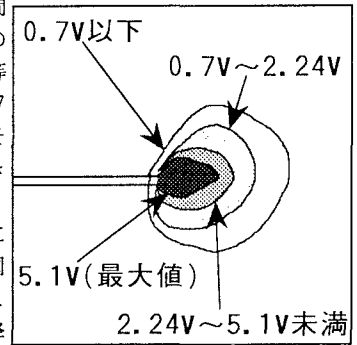


図-5 エネルギー毎の分布 (0-PEAK)

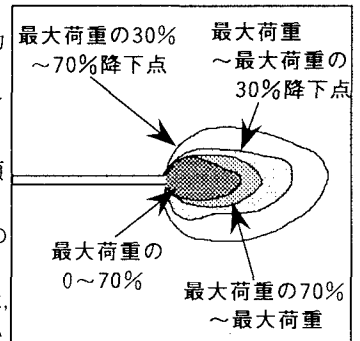


図-6 荷重段階毎の分布 (振幅5.1V)