

## V-9 コンクリートの引張破壊の進行に伴う A E 挙動

東北学院大学工学部 学生員 ○後藤 正裕  
 東北学院大学工学部 フェロ… 大塚 浩司  
 東北学院大学大学院 学生員 木村 聡  
 東北学院大学工学部 学生員 石原 裕晃

### 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群からなる破壊進行領域が存在す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に行われた研究は、X線造影撮影法を用いた研究や A E 法などを用いた研究などがある。それらの研究では、破壊進行領域の長さや幅に及ぼす骨材寸法や供試体寸法の影響等について報告がなされている。しかし、ひび割れ先端近傍の破壊は非常に複雑な現象であり、これまでの研究でその性状が十分に解明されたとは言えないと思われる。そこで本研究は、コンクリート内部の破壊性状を調べるのに有効な手法の一つである A E 法を用いてコンクリート内部に発生する A E の発生源を 3 次元位置標定により検出し、コンクリートの引張破壊進行領域の性状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、粗骨材として最大寸法が 10mm ( $d_{10}$ )、15mm ( $d_{15}$ ) および 20mm ( $d_{20}$ ) の砕石を使用した。配合は、コンクリートの目標強度 20N/mm<sup>2</sup> では、W/C を 68% とし、40N/mm<sup>2</sup> では 48%、60N/mm<sup>2</sup> では 33% とした。供試体はコンパクトテンション型供試体を使用した。図-1 は、供試体の寸法形状を、図-2 は、本実験で使用した実験装置の概要を示す。実験には万能試験機を使用し、引張載荷金具を取り付け、載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。載荷は、変位制御で行い、載荷速度は、供試体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。

A E 計測条件は、ディスクリレベルを載荷を行っていない状態で発生す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、計 70dB とした。また、位置標定に必要な弾性波速度は予備実験からコンクリートの目標強度 20N/mm<sup>2</sup> では 4000m/s、40N/mm<sup>2</sup> では 4800m/s、60N/mm<sup>2</sup> では 5000m/s とし、それぞれ解析に用いた。

### 3. 実験結果及び考察

図-3 は、コンクリートの目標強度 20N/mm<sup>2</sup>、40N/mm<sup>2</sup> および 60N/mm<sup>2</sup> で骨材最大寸法 20mm の各供試体の実験から得られた荷重・開口変位曲線を同時に示したものである。図中の各点は、3 次元位置標定結果の集計を行った点である。3 次元位置標定結果の集計は、ある荷重点から次

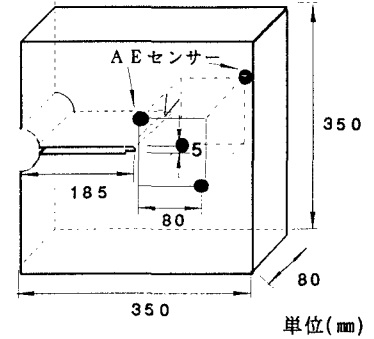


図-1 供試体寸法形状

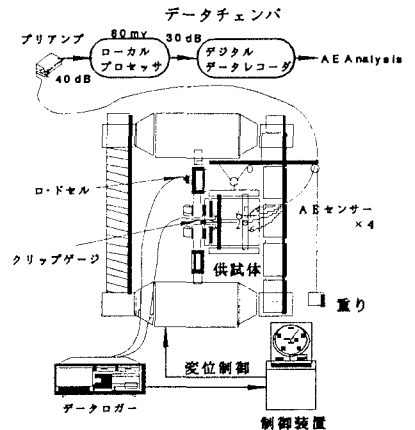


図-2 実験装置概要

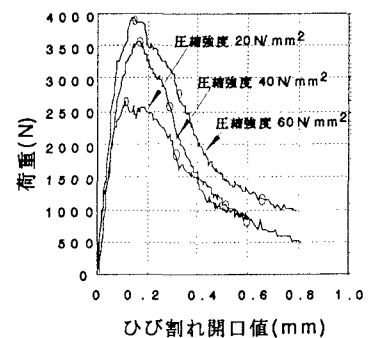


図-3 荷重-開口変位曲線

の荷重点間に発生したイベントについて行った。

図-4は、エネルギー段階別に分けたA Eイベント数と、A Eエネルギーの総和を百分率で示したものである。図中の網棒はA Eエネルギー総和の百分率を、白棒はA Eイベント数の百分率を示している。図よりA Eエネルギーが $1.0 \times 10^{-4} \text{ V}^2 \cdot \mu\text{S}$ 未満のものは、イベント数において、全体の76.2%を占めるのに対し、A Eエネルギーにおいては、全体の4.9%と微小である。このことより、A Eエネルギーが $1.0 \times 10^{-4} \text{ V}^2 \cdot \mu\text{S}$ 未満のイベントは、コンクリートの破壊形成にほとんど影響を及ぼさないA Eイベントと考えられる。

そこで本研究においては、A Eエネルギーが総和の95%に相当するE2以上のA Eイベント領域を、コンクリートの破壊形成に影響を及ぼすA E有効発生領域と定義した。

図-5は、コンクリートの目標強度 $20\text{N}/\text{mm}^2$ で骨材寸法 $10\text{mm}$ 、 $15\text{mm}$ および $20\text{mm}$ の各供試体で実験を行った際の実験開始から最大荷重点までに発生したA EイベントとA E有効発生領域を示したものである。図中のA Eイベントの密集した領域を線で囲みA E有効発生領域とし、それよりA E有効発生領域長さ及び幅を求めた。この図(a)、(b)および(c)より骨材最大寸法が大きくなると、A E有効発生領域長さは短くなり、逆に幅は広くなる傾向が見られた。これは、骨材最大寸法が大きくなると、ひび割れが骨材を大きく迂回して進展するためだと思われる。

コンクリートの目標強度 $20\text{N}/\text{mm}^2$ 、 $40\text{N}/\text{mm}^2$ および $60\text{N}/\text{mm}^2$ で骨材寸法 $20\text{mm}$ の各供試体で実験を行った際の実験開始から最大荷重点までのA E有効発生領域を測定した結果、コンクリートの圧縮強度が強くなるとA E有効発生領域長さは長くなり、幅は若干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強くなると、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だと思われる。

#### 4.まとめ

A E 3次元位置標定を用いて、コンクリート内部に発生するA Eの発生挙動を調べ、全A Eイベントエネルギーの総和の95%に相当するA Eイベント群からなる領域を、A E有効発生領域と定義した場合に次のことが言える。

(1) 実験開始から最大荷重点までにおいて供試体寸法一定で、骨材最大寸法を大きくすると、A E有効発生領域長さは短くなり、逆に幅は広くなる傾向が見られた。これは、骨材最大寸法が大きくなると、ひび割れが骨材を大きく迂回して進展するためだと思われる。

(2) 実験開始から最大荷重点までにおいて供試体寸法一定で、コンクリートの圧縮強度が大きくなるとA E有効発生領域長さは長くなり、幅は若干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強くなると、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だと思われる。

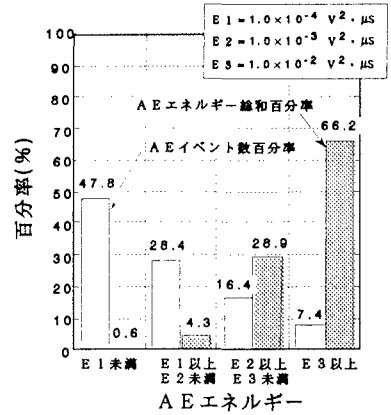
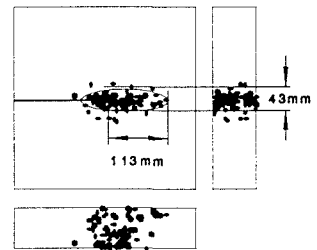
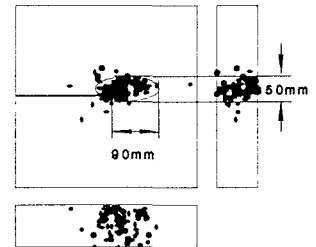


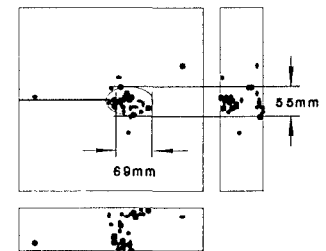
図-4 A E エネルギー



(a) 骨材最大寸法10 mm



(b) 骨材最大寸法15 mm



(c) 骨材最大寸法20 mm

図-5 A E 有効発生領域