

コンクリートと自然石のフラクチャープロセスゾーン性状に関する研究

東北学院大学工学部 学 生 員 ○吉田 徹
東北学院大学工学部 フェロー会員 大塚 浩司
東北学院大学工学部 正 会 員 武田 三弘
東北学院大学大学院 学 生 員 斎藤 広忠

1. まえがき

コンクリート強度の増加に伴って、その引張り破壊時に発生するフラクチャープロセスゾーンの性状が変化することが明らかにされている。しかし、その性状は、非常に複雑であり、これを直接的、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。

本研究は、強度の異なるコンクリートと自然石とを用い、AE 法及び 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、引張応力の作用下で両者に生じるフラクチャープロセスゾーンを非破壊的に検出し、その性状を解明、比較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 の碎石を使用した。コンクリートの配合は、目標圧縮強度が 20、40、60、80、100、120N/mm² のコンクリートになるようにした。自然石は花崗岩の白御影石で圧縮強度 123N/mm²を使用した。

図-1 は供試体形状を示したものである。実験には、コンクリート、自然石共に寸法 175×175×80mm のコンパクトテンション型供試体を使用し、供試体には初期ひび割れを導くための幅 3mm 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)には X 線造影撮影のための造影剤注入方法を示す。

図-2 は実験装置概要を示したものである。荷重方法は、引張荷重装置に供試体を設置し、ロードセル及びクリップゲージを取り付け、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、焦点距離を 600mm とした。

3. 実験結果および考察

図-3 は実験結果より得られた荷重-開口変位曲線の一例を示している。最大荷重点(Pmax)、最大荷重後 70% 荷重点(0.7Pmax)、最大荷重後 30% 荷重点(0.3Pmax)、及び終局点で X 線造影撮影、AE 三次元位置標定結果の集計を行った。

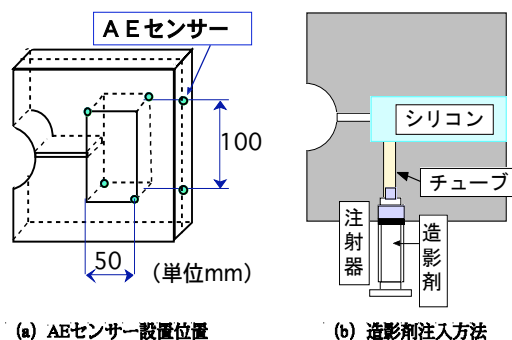


図-1 供試体形状

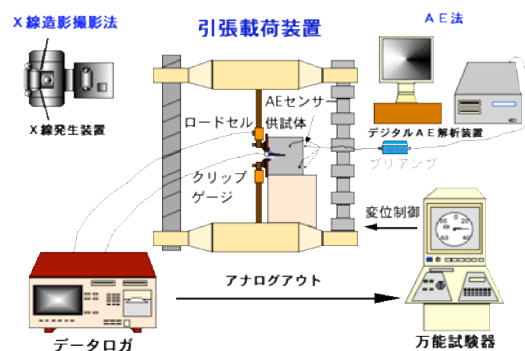


図-2 実験装置概要図

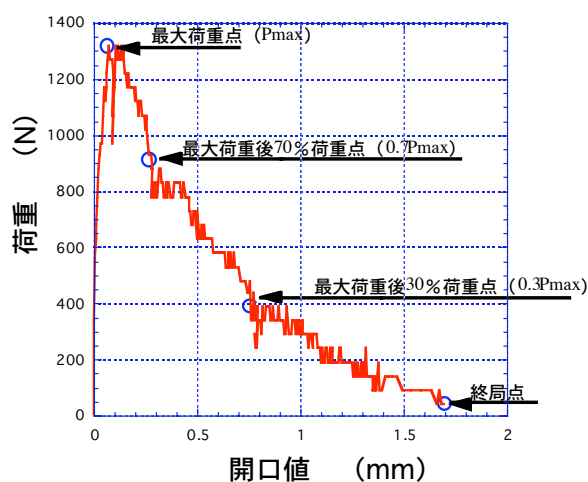


図-3 荷重-開口変位曲線

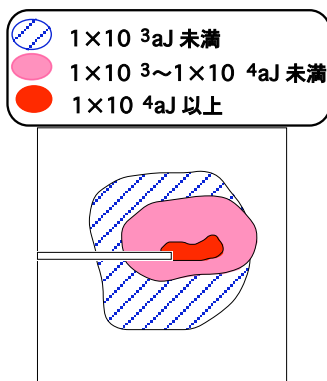
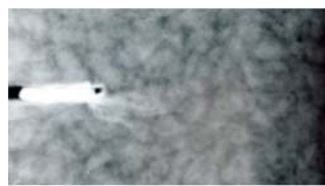
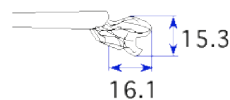


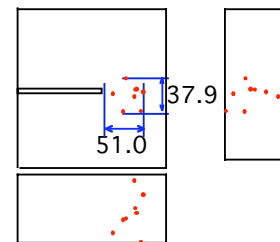
図-4 AE エネルギー性状



(a) X 線フィルム



(b) X 線トレース図



(c) AE 有効発生領域

図-5 圧縮強度 20 N/mm^2 コンクリート供試体 X 線フィルム、X 線トレース図、AE 有効発生領域 (Pmax 時)

図-4 は、Pmax までに発生した AE 領域を AE エネルギーの大きさに 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 波形パ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 $1.0 \times 10^3 \text{ aJ}$ 未満、 $1.0 \times 10^3 \text{ aJ}$ 以上 $1.0 \times 10^4 \text{ aJ}$ 未満、 $1.0 \times 10^4 \text{ aJ}$ 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、長さ及び幅を求め、コンクリート及び自然石のフラクチャープロセスゾーン性状を調べた。

図-5 は、最大荷重 (Pmax) 時における圧縮強度 20 N/mm^2 のコンクリート供試体における X 線フィルム、X 線フィルムトレース図、AE イベントと AE 有効発生領域の一例を示したものである。

図-6 はフラクチャープロセスゾーン長さ及び幅と圧縮強度との関係を表したグラフである。Pmax 時において強度の異なる、コンクリートと自然石とのフラクチャープロセスゾーンを比較すると、コンクリートが高強度化する程、フラクチャープロセスゾーンの長さ、幅共に自然石のフラクチャープロセスゾーンに近づく傾向が見られた。しかし、自然石と同程度の強度を持つ圧縮強度 120 N/mm^2 のコンクリートでも、自然石と全く同じフラクチャープロセスゾーン性状にはならなかった。

4.まとめ

本実験の範囲内で次の事が言える。

Pmax 時において、コンクリートのフラクチャープロセスゾーン性状は、コンクリートの圧縮強度が大きくなる程、自然石のそれに近づく傾向を示したが、コンクリートの圧縮強度を自然石と同程度の強度としても自然石のそれと同じにはならなかった。この理由として、マイクロクラックは高強度となっても、骨材とモルタルとの付着性状や打設時に発生する空隙などの影響を受けるためだと考えられる。

謝辞

本実験の実施に際し、東北学院大学工学土木工学科 18 年度大塚・武田研究室生、庄子祐大氏の協力を受けた。ここに謝意を表する。

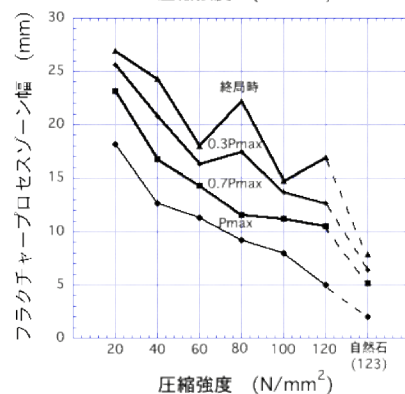
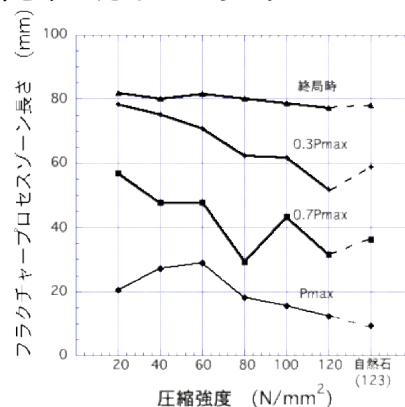


図-6 長さ及び幅と圧縮強度の関係グラフ