

V-48

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実験的研究

東北学院大学大学院 学生会員 ○遠藤 博一
東北学院大学工学部 FELLOW-会員 大塚 浩司

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。本研究は、圧縮強度 80N/mm^2 程度のコンクリートと自然石を用い、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、目標強度 80N/mm^2 とした。自然石は花崗岩の白御影石を使用し、圧縮試験結果は 123N/mm^2 であった。

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、白御影石共に寸法 $175 \times 175 \times 80\text{mm}$ 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。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、ロードセル及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 、焦点距離を 600mm 、コンクリートでは照射時間を 30 秒、自然石では 15 秒とした。

3. 実験結果および考察

図-3 は圧縮強度 80N/mm^2 のコンクリートと白御影石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 ($0.7P_{\text{max}}$)、最大荷重後 30% 荷重点 ($0.3P_{\text{max}}$)、及び終局点で 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} までは発生した 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

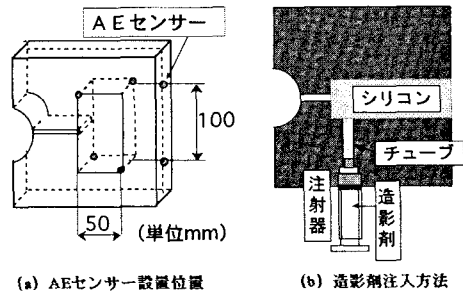


図-1 供試体形状

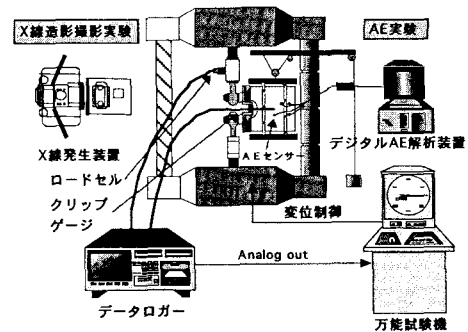


図-2 実験装置概要図

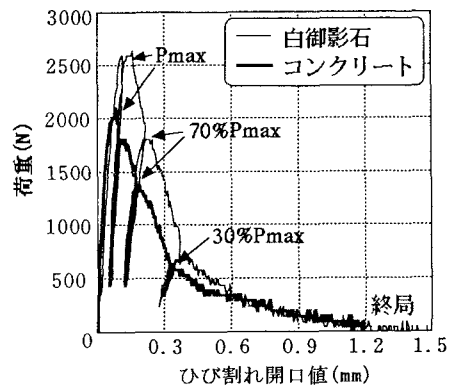


図-3 荷重-開口変位曲線

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 1.0×10^3 aJ 未満、 1.0×10^3 aJ 以上 1.0×10^4 aJ 未満、 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及び幅を求め、コンクリート及び白御影石のフラクチャプロセスゾーンの性状を調べた。

図-5 は、撮影されたコンクリートの X 線フィルムの一例である。このフィルムからひび割れ及びひび割れ周辺近傍の雲状領域をトレースし、フラクチャプロセスゾーンの長さおよび幅を求め、コンクリート及び白御影石のフラクチャプロセスゾーンの性状を調べた。

図-6 は、最大荷重 (Pmax) 時におけるコンクリート及び白御影石の X 線フィルム及び 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正面図、側面図、上面図に示したものである。両者のフラクチャプロセスゾーンを比較すると、圧縮強度 80 N/mm^2 のコンクリートに比べ、圧縮強度 123 N/mm^2 の白御影石のほうがフラクチャプロセスゾーンの長さ、幅共に小さくなる傾向が見られた。

コンクリートには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し、荷重段階が大きくなるまで、ひび割れが発生せず、フラクチャプロセスゾーンの発生が抑えられる傾向がある。また、より圧縮強度の高い白御影石はさらにフラクチャプロセスゾーンの発生が抑えられたと考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲内で次の事が言える。

- 1) コンクリート及び白御影石において、X 線造影撮影法、AE 法を同一供試体に同時に用い、フラクチャ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、フラクチャプロセスゾーンの進展傾向は、よく似ているものが得られた。
- 2) コンクリートと圧縮強度 123 N/mm^2 の白御影石のフラクチャプロセスゾーンの性状を比較すると、圧縮強度 80 N/mm^2 のコンクリートに比べ、圧縮強度の高い白御影石のほうがフラクチャプロセスゾーンの長さ、幅共に小さくなる傾向が見られた。これは、人工の石であるコンクリートが高強度になることにより、その内部性状が自然石に近づいたのではないと思われる。

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 15 年度大塚研究室 佐藤陽子、渡邊国志の協力を受けた。ここに謝意を表する。

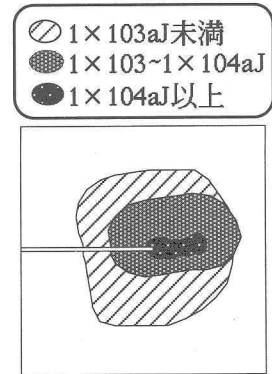


図-4 AE エネルギー 性状

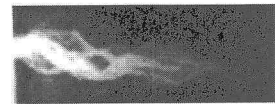


図-5 X 線フィルム

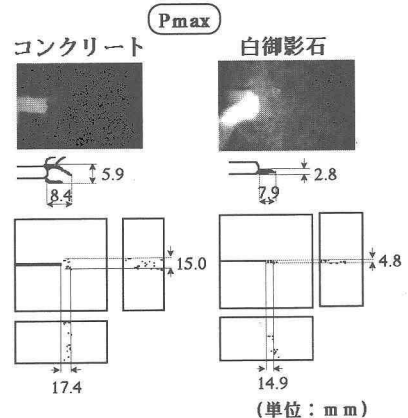


図-6 AE 有効発生領域および X 線フィルムトレース図