

X線CTによる花崗岩内単一亀裂の開口幅評価

熊本大学	正会員	○佐藤 晃
熊本大学		深堀 大介
大成建設(株)	正会員	文村 賢一
大成建設(株)	正会員	下茂 道人
核燃料サイクル開発機構	正会員	武部 篤治
核燃料サイクル開発機構		澤田 淳

1. はじめに

岩石亀裂中の開口幅の分布は、岩盤の水理・力学特性に影響することが知られている。著者らは、非破壊測定手法の一種である、X線CTによる花崗岩中の亀裂の開口幅分布の測定の可能性について検討を行ってきた。その結果、構成鉱物のCT値の違い（不均質性）が、測定精度に与える影響を除去する必要があることが明らかになった。本報では、画像間差分などのノイズ軽減処理と亀裂投影法⁽¹⁾を組み合わせた新たな亀裂開口幅測定手法の提案とその有効性についての検討結果について報告する。

2. X線CTによる亀裂開口幅評価手法

本研究では、菅原らが示した亀裂投影法⁽¹⁾に画像間差分の概念を適用した亀裂開口幅評価法⁽²⁾を用いる。すなわち、亀裂内部を異なる密度を有する物体で満たした状態でそれぞれX線CT撮影を実施し、画像間の差分（差画像）をとる。この手順により、岩石マトリクス部の不均質性の影響ならびにカップリングの影響が除去され、亀裂開口部分のみの情報を抽出することが可能である。この差画像データに対して画像投影法を適用することにより、亀裂の開口幅を評価する。なお、本方法の詳細については参考文献（2）を参照されたい。

3. 単一亀裂を有する花崗岩供試体

図1に示すように、一辺が10cmの花崗岩立方体供試体の中央に割裂によって人工単一亀裂を作成した。まず、作成した人工単一亀裂の上下面の表面形状をレーザー変位計により計測した。図2にレーザー変位計計測から得られた単一亀裂の開口幅分布本供試体ヒストグラムを示す。体の平均亀裂開口幅は0.500mm、中央値が0.375mmであった。測定後は図1に示すように上下面を再び一致させ、この立方体供試体を用いて人工単一亀裂に直交する断面でX線CTの撮影を実施した。

4. X線CTによる亀裂開口幅評価

撮影に用いたX線CTスキャナーは東芝製TOSCANER-23200（図3）で、管電圧300kV、断層撮影厚さ2mmと設定した。まず、試料の亀裂内部を水および空気ですそれぞれ満たした状態で10回ずつ撮影を実施した。それらの画像データをスタッキングした結果を図4に示す。この図から、花崗岩体内の亀裂位置や亀裂形状が明瞭に読み取れることがわかる。また、岩石マトリクス部には構成鉱物の密度分布に由来する不均質性が観察される。次に、亀裂内部を水で満たした場合と空気の場合で画像間差分法を適用した。その結果を図5に示す。この図では、図4で見られた岩石マトリクス部の不均質性は取り除かれていることがわかる。

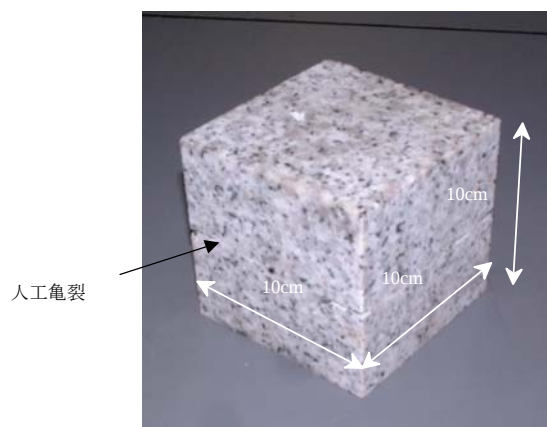


図1 単一亀裂を有する花崗岩立方体供試体

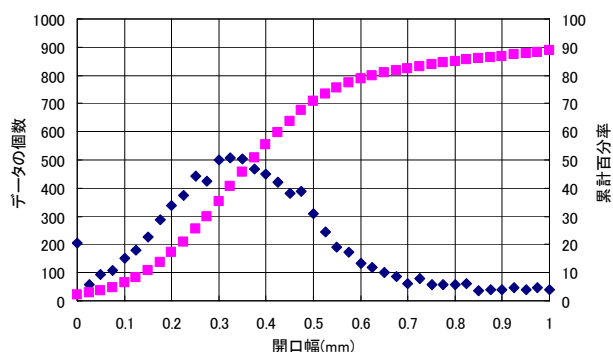


図2 レーザー変位計による開口幅分布測定結果

キーワード X線CT 亀裂投影法 画像間差分 開口亀裂

連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 Tel & Fax : 096-342-3694

さらに、図5の差画像データを用いてy軸方向について25ピクセルの移動平均を実施した。測線I上でのCT値の分布を図6に示す。この図に示すように、岩石マトリクス部においてCT値はほぼ0となり、亀裂開口部分のみの情報を抽出することができる。

図6で示したCT値の分布を用いて、亀裂開口幅評価法⁽²⁾により、亀裂開口幅分布を求めた。その結果を図7に示す。この図に示すように、亀裂開口幅 w_m は概ね $0.41\text{mm} < w_m < 0.53\text{mm}$ の範囲で分布していることが読み取れる。

図6で示したCT値の分布をy軸方向にスタッキングすることにより、解析領域内（図5）での平均的な亀裂の開口幅の評価が可能である。本画像データから得られた平均亀裂開口幅は $w_{\text{mean}}=0.46\text{mm}$ であった。この結果は、本花崗岩試料作成後の寸法の増分、すなわち人工単一亀裂開口により増加した平均的な亀裂開口幅（0.50mm）とほぼ等しく、X線CT画像データから平均的な亀裂開口幅を精度良く評価可能で

あることが分かる。

5. まとめ

本研究ではX線CTの画像データを用いて、花崗岩供試体中に存在する人工単一亀裂の開口幅評価を試みた。画像データの分析方法については、亀裂開口幅評価法⁽²⁾、すなわち亀裂投影法に画像間差分法を取り入れた方法を採用した。その結果、表面が滑らかでない割裂亀裂についてもX線CTデータから平均的な亀裂開口幅を精度よく評価可能であることを示した。今後、移動平均等のデータ処理が測定精度に与える影響や開口幅の測定限界の確認など、より詳細な検討を行なう予定である。

参考文献

- (1) 菅原ら, 資源と素材, 114, 12, p.881 (1998).
- (2) A.Sato et al., X-ray CT for Geomaterials – Soils, Concrete, Rocks -, p.247 (2003).

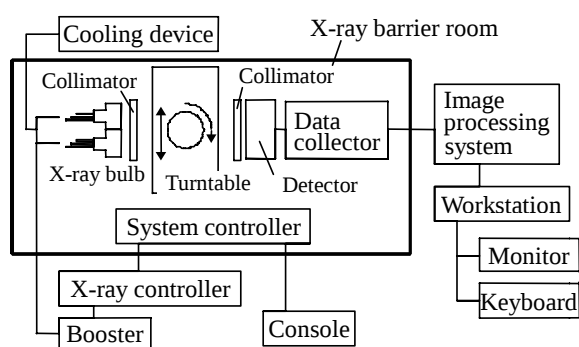


図3 X線CTスキャナー構成図

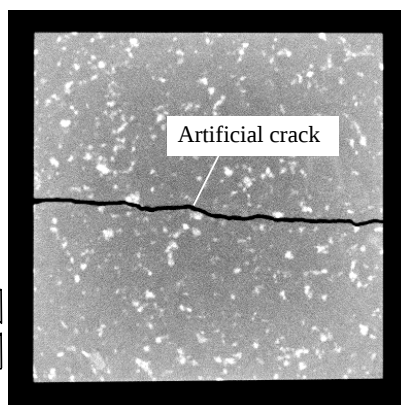


図4 亀裂を含む断面のX線CT画像

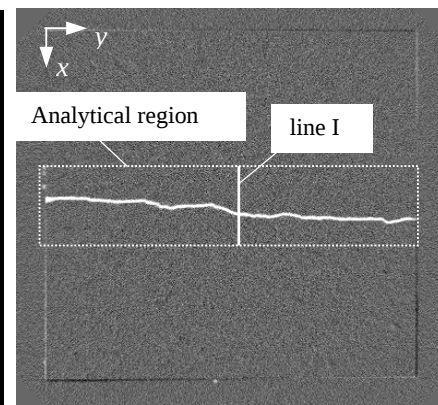


図5 画像間差分により抽出された亀裂情報

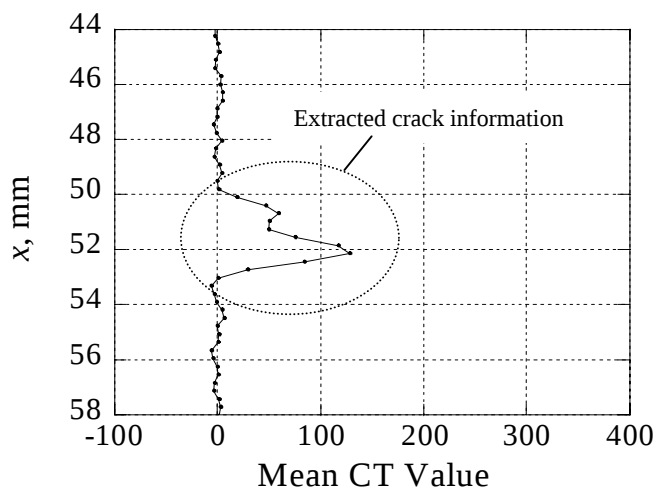


図6 測線I上（図5）のCT値分布

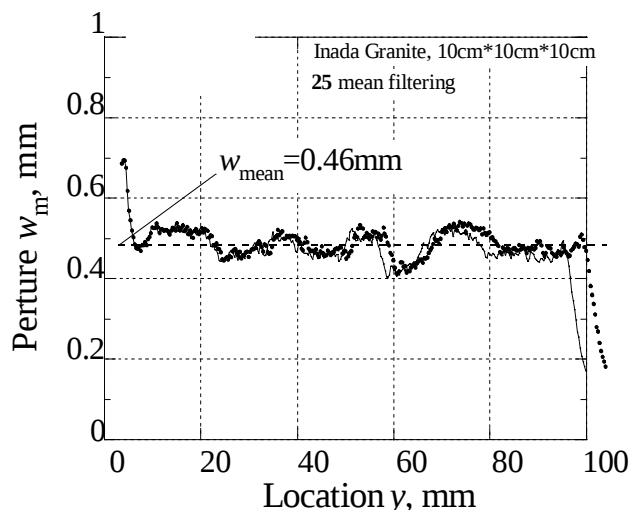


図7 亀裂開口幅評価結果(25ピクセル移動平均)