

画像解析による花崗岩のマイクロクラック分布特性および浸透モデルに関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○菊池 研

宇都宮大学 正会員 清木 隆文

1. 目的と背景

近年、硬質岩盤内に地下発電所、石油備蓄タンク、高レベル放射性廃棄物地層処分場等の施設の利用検定等が急速に進んでいる。これらの土木構造物の建設にあたっては、硬質岩盤の工学的な性質を正確に把握し、設計・施工を行う必要がある。これら土木構造物の基礎となる硬質岩盤は岩石そのものの強度が大きく透水性が低いので、その工学的性質は岩盤内に存在する不連続面の性質に強く影響される。不連続面については様々なものがあるが、硬質岩盤内で支配的に分布するのが節理である。そこで本研究は、岩盤の節理分布の統計的な特性および浸透流解析モデル化手法を花崗岩供試体のマイクロクラックに応用し、花崗岩の水理特性を推定する事を目的とする。花崗岩の表面画像よりマイクロクラックの幾何学情報（走向、傾斜等）を抽出し、マイクロクラックの分布性状を統計的に処理し、浸透流モデルを作成する。

2. 研究方法

2.1 クラックデータの測定について

花崗岩の画像は X 線 CT 装置により断面画像を 1mm 間隔で連続的に撮影し、CT 値をグレースケールで映像化したものを用いる。撮影した X 線 CT 画像は TIFF ファイルで保存されているため、MEDIA CYBERNETICS 社 Image-Pro を用いて 8bit のグレースケールに変換し、bmp ファイルに保存する。CT 画像はグレースケールに変換することで、すべての

ピクセルは 0~255 までの整数で表現することで、容易に扱う事が可能となる。グレースケールに変換された花崗岩は、おおまかに黒=雲母、灰=石英、白=長石と表現でき、肉眼による判別も容易である。しかし微視的には、解像度に依存して同一ピクセル内に異なる鉱物が混在する場合など、ピクセルは当然その中間を持って与えられる。このピクセルをどちらの鉱物と判断するかは非常に困難なところであり、今回は階調に閾値を設けることによってこの三つの鉱物を判別することにした。

$$0 \leq \text{雲母} \leq \text{閾値 1} < \text{石英} \leq \text{閾値 2} < \text{長石} \leq 255 \quad (1)$$

次に 3 つの鉱物として色抽出した画像を鉱物同士の境界を抜き出すのに Adobe 社 Photoshop の輪郭検出を用いて境界をトレースした画像(図 - 1)を作成する。この画像よりスキャンライン法を用いてクラックの走向、長さを測定する。スキャンライン法とは調査面に有限長の線分を設定し(図 - 2)、それと交差するマイクロクラックについて幾何情報を抽出する方法である。また傾斜については Image Pro のラインプロファイルを用いて測定した(図 - 3)。まず対象画像、対象画像と奥行き方向に 1mm 間隔にある画像を用意し、スキャンラインを引いた箇所にラインを引く。ライン上の鉱物の数値がグラフに表示されるので、2 つのグラフから境界のズレの長さを測定し、その値から傾斜を算出した。

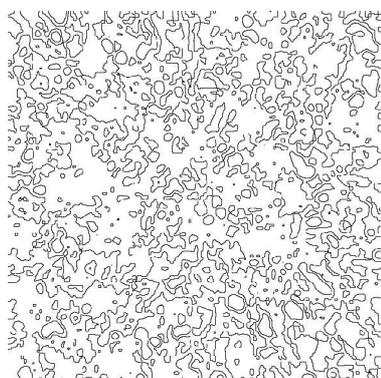


図 - 1 境界をトレースした画像

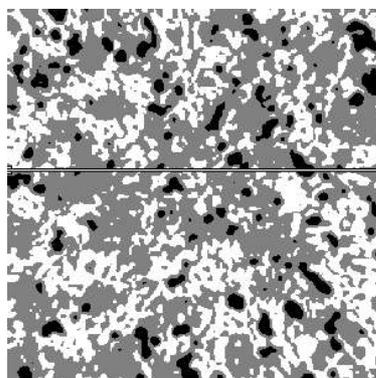


図 - 2 傾斜測定ラインの設定

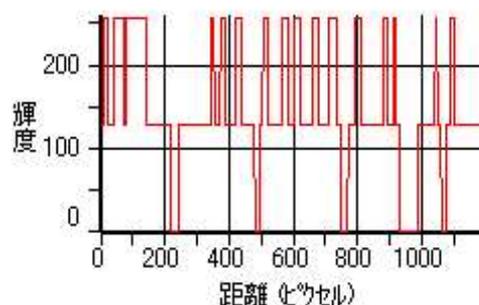


図 - 3 ラインプロファイル

キーワード: 花崗岩・クラック・モデル・浸透流・マイクロクラック

連絡先: 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科地域施設学研究室 tel028-689-6218(fax 共通)

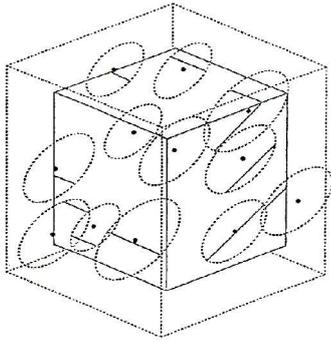


図 - 4 3次元モデル概念図

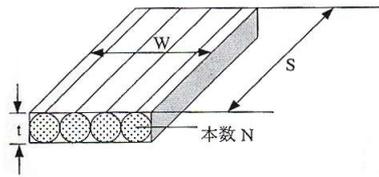


図 - 5 複数並列パイプモデル

2.2 解析の手順について

(1)3次元の節理分布モデル化¹⁾

解析モデルの基本となる3次元のマイクロクラック分布を節理と同等に考え、クラックの方向性、半径、3次元密度、挟在物の測定結果をもとに、3次元のマイクロクラック分布モデルを作成する。

(2)節理の空間的連結性の把握

岩石における浸透流の主たる浸透経路は岩質部分ではなくマイクロクラックであり、これらの連結部を経由して流れが生じている。したがって、このような流れを3次元的に捉えるためには、3次元的な連結を把握する必要がある。その際、ここで1つのマイクロクラックを有限平面(円盤)として表現する(図-4)。したがってマイクロクラックの連結部(交線)は、幾何学的に求められる線分となる。

(3)流路の認識

マイクロクラックの連結性に関する情報から、浸透流に関与しない節理の削除を行い、領域内の流れの流路を認識する。

(4)水理モデル及び条件設定

上記のように設定した3次元節理分布モデルを解析対象とし、ここでは流路要素のモデル化を行い単純な1次元管路のネットワークモデルを作成する。本解析では、各流路要素内の流れのモデルについて「複数並列パイプモデル」を採用している。流路要素が広がりを持つために図-5に示すような円管の集合体としての複数の並列パイプを考えている。この

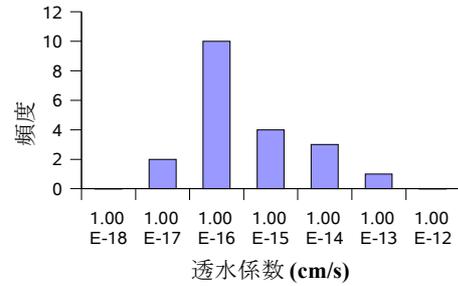


図 - 6 開口幅 1μm 時のヒストグラム

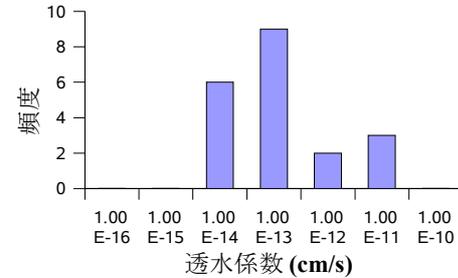


図 - 7 開口幅 10μm 時のヒストグラム

場合、 j 番目の流路要素での透水係数 K_j (cm/s) は次式で表される。

$$K_j = \frac{g t_j^2}{32 \nu}$$

t_j : 流路要素 j の開口幅 (cm)

g : 重力加速度 (cm/s²)

ν : 動粘性係数 (cm²/s)

3. 解析結果と考察

本研究では、解析結果を実際の試験の結果を比較する一つのパラメータとして、平均透水係数を用いた。ここに、平均透水係数とは、流出面における全流量から平均流速を算出し、動水勾配で除した値を意味する²⁾。それぞれの数値の中で、透水係数に影響する要因は、開口幅やトレース長、走向などが考えられる。3次元モデルは、マイクロクラックを確率的に発生させるため、結果にばらつきが出る。そのため、それぞれの解析条件について20ケースずつ解析を行う。今回の解析では、クラック開口幅を変更させ検討した。図-6に1μm、図-7に10μmと設定し、透水係数のヒストグラムを示す。以後、下限節理長を変化させた解析、花崗岩の間隙率と透水係数との関連についても考察を進める。

参考文献

- 1) 菊地宏吉・水戸義忠・本田眞：節理分布性状の確率統計的モデルに関する研究(その2)：応用地質 33巻5号 p19-30,1992.
- 2) 木村進：岩盤節理浸透流れの管路モデル化に関する研究：第30回関東支部技術研究発表会講演概要集 CD-ROM,III-42,2003.