

岩盤の亀裂分布の画像処理解析法

鹿島建設(株) 正会員 ○戸邊勇人, 宮嶋保幸, 白鷺 卓, 山本拓治

1. はじめに

山岳トンネルの工事において適切な施工を行うためには, 正確かつ迅速な切羽評価が重要である. 切羽評価では, 岩盤の強度, 風化変質の程度, 亀裂の卓越方向・間隔などの要素を点数化する場合に, 観察者の違いによる誤差(個人差)が生じることがある. そのため, 定量的な解析手法の開発が必要である.

切羽評価の要素のうち, 岩盤の強度については, 点载荷試験や打球探査などの原位置試験により定量化が可能である. また, 風化変質の程度については, 色調分析とX線回折分析を用いた定量的測定法が実現されつつある.

これらに対し, 岩盤の亀裂の解析については, レーザ測量や写真測量による手法が存在しており, 十分な精度も有しているが, 計測時間の長さに問題がある. すなわち, レーザや写真による測量は, 亀裂の形状や方向を1筋ごとに解析するため, 数10分~数時間もの時間を要する. 一方, フラクタル解析により, 亀裂の複雑性を迅速に解析する手法も提案されているが¹⁾, 亀裂の卓越方向を把握する目的には適用できなかった.

そこで, 筆者らは, 亀裂の卓越方法や間隔といった直感的に理解しやすい特徴を, 現場で即時に把握するための解析法を開発した. 本稿ではその概要を説明する.

2. 亀裂の抽出

2.1 亀裂の抽出

岩盤には, 節理・片理・劈開・層理などの亀裂が内在している. 亀裂は, 力学的な弱面であるため, 掘削時に分離しやすい. そのため, 掘削直後の切羽では, 亀裂面が凹凸をもった筋をなしている. 切羽の照明は, 凸部に当たりやすく凹部に当たりにくいため, 亀裂は, 切羽写真では輝度の差の大きい部分として発現しやすい.

この性質を利用し, 切羽写真において, 大きく輝度の変化する部分を白い画素, それ以外を黒い画素に区分すると, 亀裂は白色の線状構造として抽出される(図-1).

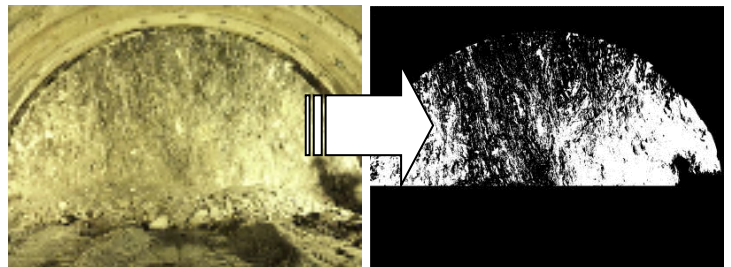


図-1 切羽写真から亀裂を抽出

2.2 亀裂の連結率と平均間隔の計算

画像化した亀裂は, 以下に示す解析法により, 連続性を定量化する.

説明の簡単のため, 1辺20ピクセルの亀裂画像の例を示す(図-2). 画像全体をみた場合, 上端から下端まで連続した亀裂が存在していない(図-2左).

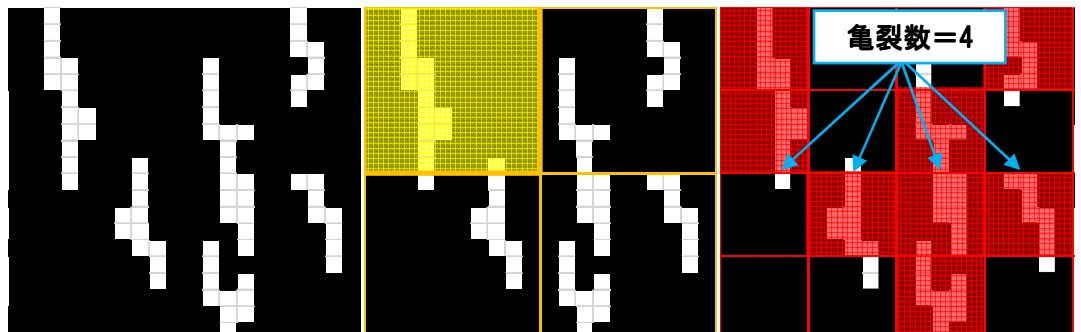


図-2 連結率の計算法

左: 20 ピクセル 中: 10 ピクセル 右: 5 ピクセルで画像を分割

キーワード 切羽評価, 亀裂, 画像処理, 定量化

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 岩盤・地下水グループ TEL042-489-6594

次に、この画像を1辺10ピクセルの画像に分割してみると、4つの枠のうち黄色の網掛けをした1つの枠にのみ、枠の上下両端に連続した亀裂が存在する（図-2中）。このことから、当該画像において、1筋以上の亀裂が10ピクセルの範囲に連続している割合は1/4と近似的に見なすことができる。同様に、画像を5ピクセルに分割した場合には、16枠中、赤色の網掛けをした8枠において、上下端に連続した亀裂が確認されるため、 $8/16=1/2$ の割合で亀裂が連続していると見なせる（図-2右）。この割合を「連結率」と定義すると、20ピクセルの連結率=0、10ピクセルの連結率=0.25、5ピクセルの連結率=0.5と定量化できる。

また、この画像を横方向にみると、中央部で4本の亀裂を横断することから、亀裂の間隔は、（画像のサイズ）/（亀裂本数）=20/4=5ピクセルと算出できる（図-2右）。これを多くの位置で測定し平均することにより、切羽の亀裂の平均間隔が算出できる。

2.3 最大連結率を示す角度の検出

連結率は、上下方向に着目して解析している。そのため、連続性・間隔ともに同等で、方向のみ異なる複数の亀裂画像を解析すると、最も多くの亀裂が垂直方向を向いている場合に、最大の連結率が算出される。

このことを利用して、亀裂の卓越方向が検出できる。すなわち、切羽画像を任意に回転させながら亀裂の連結率を測定すると、画像全体の亀裂が、最も多く垂直に近い方向になったときに、連結率が最大になると考えられる。このとき、画像の回転角を反転した方向が、切羽画像における亀裂の卓越方向となる。

実際の切羽画像を解析した例を図-3に示す。任意の位置から抜き出した画像を回転させると、右に20°回転したときに最大の連結率を示した。そのため、抜き出した部分の亀裂は、この回転角を反転した、左に20°の方向に卓越していると判定される。

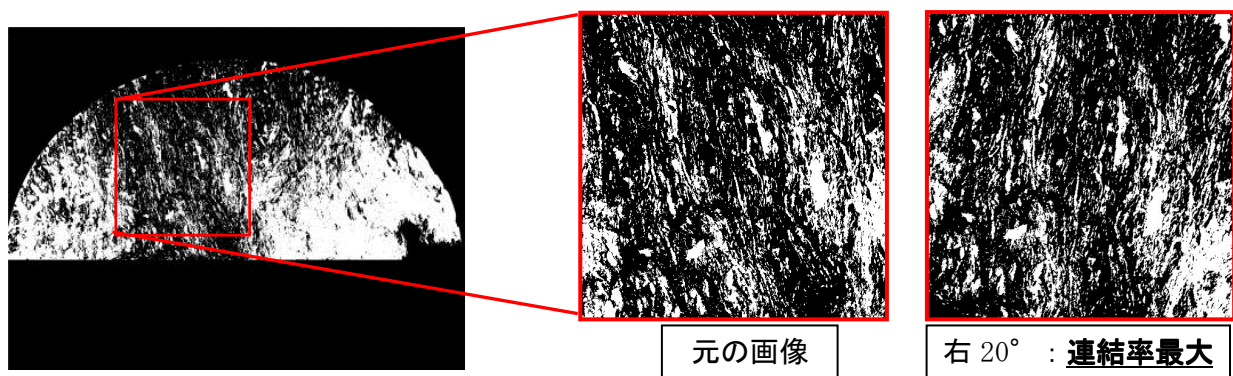


図-3 切羽画像の回転による亀裂卓越方向の算出

3. 実際の現場への適用

この解析法を、実際の切羽に適用した結果を図-4に示す。この解析では切羽を8つの領域（1辺約3m）に分割し、各領域における亀裂の卓越方向を算出した。

その結果、この切羽の亀裂は0～20°の方向に卓越しており、一部で165°の方向を示すことが、定量的に算出された。また、平均の亀裂間隔は約15cmであった。

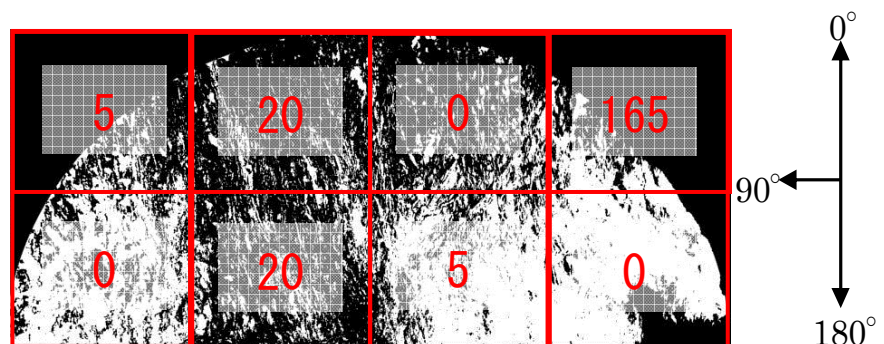


図-4 切羽画像の測定例

図中の数字：亀裂卓越方向

参考文献

- 1) 宇田川：トンネル切羽画像のフラクタル解析による地質評価手法の開発, 応用地質, 第48巻, 第3号, p. 116-125, 2007