

III-381

地質不連続面の直径分布について

埼玉大学工学部	学員	○	山崎雅直
埼玉大学工学部	正員		小田匡寛
埼玉大学工学部	正員		岩下和義

1. 目的

岩盤には、大小様々な地質不連続面（クラックと呼ぶ）が存在し、その水理力学的性質はよく知られているように、クラックの幾何学的特徴に決定的に左右される。クラックの調査に関して、様々な工夫がなされているが、いずれにせよ、露頭や横坑調査のように一次元（線的な）や、二次元の（面的な）調査の資料を用いて、クラックの三次元の情報を引き出す以外に方法はない。本研究は、一次元や二次元調査から得られたデータから三次元情報に変換する一般的手法を開発することを目的としているが、本論では特に、クラックと露頭面との交線長さ（トレース長さと呼ぶ）に注目して、その長さの分布からクラックの直径分布に変換する方法を検討した。

2. 解析方法

今、クラックを直径Rの円盤で近似し、F(R)でその密度関数を示すことにする。簡単な幾何統計学の応用から、F(R)は、二次元断面で観察されるトレース長さrの密度関数f(r)と次の関係にあることが導かれる。

$$f(r) = 2r \int_r^{R_{\max}} \frac{F(R)dR}{\sqrt{R^2 - r^2}} \quad (1)$$

ただし、 $R_{\max}$ はクラックの最大直径とする。今、野外で計測可能なf(r)から未知の量であるF(R)を推定する問題を考える。この変換の問題は、金谷によって既に詳しく論じられており、ここでは、彼の論文中的方法4を採用し実際の計算を行なった。変換の精度とサンプリングの領域(LxL)との関係を明らかにするために以下の数値実験を行なった。

(1) まず、統計的に均質なクラックモデルを作るために、一辺1000mの立方領域にクラックをランダムに発生させる。その中から任意に一辺100mの立方領域を取り出す。その領域には、直径の確率密度F(R)を指数分布($F(R)=0.2\exp(-0.2R)$)とする合計49527本のクラックがランダムに発生させられる。(2) 次に、一辺をLとする任意の正方形断面で切断し、トレース長さの密度関数f(r)を決定する。(ただし、断面は、三つの座標軸x, y, zに直交していて、それぞれx-plane, y-plane, z-planeと呼ぶ。)(3) このようにf(r)を、変換公式に代入して近似的にクラックの直径分布F'(R)を求める。(4) もちろん、この変換の精度は、切断面（露頭面）の大きさに依存するが、今、変換に伴う誤差の大きさを次式で評価する。

$$ER = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{F(a_i) - F'(a_i)\}^2} \quad (2)$$

但し、 a_i はあらかじめ定めた分点（等分点）における直径の値である。（ここでは、ヒストグラムの刻み幅は0.5mとしている。nは、分点の個数である。n=50とする）従って、 $F(a_i) - F'(a_i)$ は最初に与えられた関数の値と推定値の差を表している。(5) サンプリング領域の大きさについて誤差との関係について数値実験の結果から検討し、必要なサンプリング領域の大きさについて検討する。

3. 解析結果

結果を要約すれば以下の通りである。(1) トレース長さの分布からクラックの直径分布に変換できる。そし

て、発生させたクラックの直径分布の形より切断面上のトレース長さの分布の形は、切断面の方向に依存しない。(2)図1のように切断面の断面積の大きさ($L \times L$)と、それに対する残差ERとの関係図を示している。露頭面の断面積を大きく取ればそれだけ残差も小さくなり、露頭面を無限に大きく取れば、残差は0に近づく。許容残差を0.04とすれば、少なくとも一辺の長さ L が平均クラック長さの10倍の露頭を必要とする。(3)図2に示すスウェーデンのストリッパー鉱山から取られたトレース長さの頻度分布を用いて同様の逆変換を行い、図3のクラックの直径分布 $F'(R)$ を求めた。図2では、横軸にトレース長さ、縦軸にその分布 $f(r)$ を示していて、図3では、横軸にクラックの直径、縦軸にその分布 $F'(R)$ を示している。直径分布はほぼ指数分布と見なせる。(ただし、ヒストグラムの刻み幅は0.2mとしている。)

4. 結論

地質不連続面について得られた情報(ここでは二次元情報であるが)より、幾何統計学を応用してクラックの直径分布に変換する事が出来る。しかし、その信頼性を確保するためには、十分なサンプリング領域(少なくとも平均クラック長さの10倍程度)が必要である。

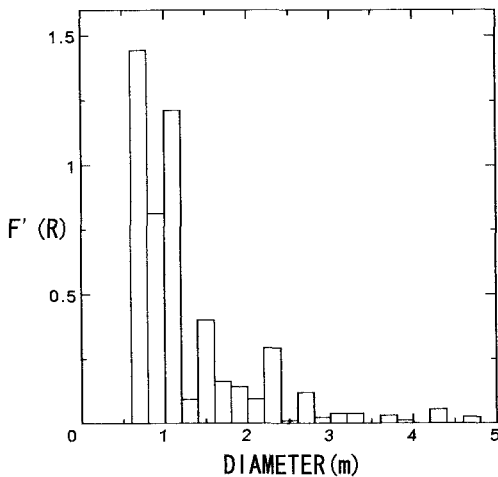


図3

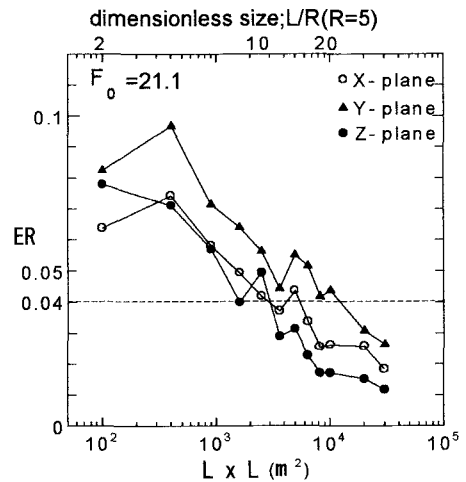


図1

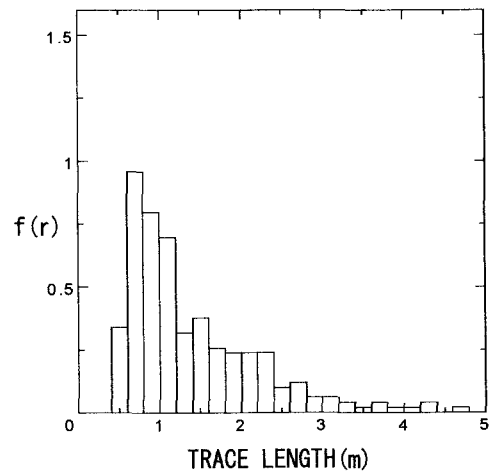


図2

5. 参考文献

- 1) 金谷健一, 石川修.: ステレオロジーにより粒形分布を求める数値解法の研究, 粉体工学会誌, Vol. 21, No. 3, (1984)
- 2) A. Rouleau, and J. E. Gale.: Statistical Characterization of the Fracture System in the Stripa Granite, Sweden, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 22, No. 6, PP. 353-367, (1985)