

## 岩盤不連続面の分布評価と弾性波伝播特性

九州大学工学部 学生員 北山俊文

九州大学工学部 正員 江崎哲郎

国立環境研究所 正員 木村 強

### 1. はじめに

本研究では、岩盤内部に存在する不連続面分布を評価することを目的として、断続率とスキャンラインを横切る不連続面の数、平均不連続面長さおよびスキャンラインの方向との関係を検討し、不連続面群の卓越方向、密度を推定する方法を提案する。次に、スキャンラインとして弾性波の波線も利用できることを示す。

### 2. 断続率、不連続面密度および平均不連続面長さ

解析に用いた不連続面モデルは、緒方<sup>1)</sup>により提案された断続モデルであり、不連続面系を構成する複数組の不連続面群のうちのある一組の分布は、次の諸量で表すことができる。

- |  |  |
|--|--|
| 1) 平均不連続面方向 $\psi$ ,                   | 2) 平均不連続面間隔 $S$ (m), 不連続面密度 $1/S = \lambda$ (/m) |
| 3) 平均不連続面長さ $L$ (m)                    | 4) 固有不連続面間隔 $S_1$ (m)                            |
| 5) 断続率 $a = i/(L+i)$ $0 \leq a \leq 1$ | ( $i$ は相隣接する不連続面までの間隔)                           |

$\lambda$ を計測するためには相隣接する二本の不連続面が露出していないければならず、 $L$ の計測よりも困難である。そこで $a$ については次式の関係より求める。

$$a = 1 - (S_1 \cdot \lambda) \quad (1)$$

不連続面密度は、一次元状態では単位長さ当たりのスキャンラインを垂直に横切る不連続面数（一次元密度  $\lambda$ ）として、二次元状態では単位面積当たりに含まれる不連続面の数（二次元密度  $n$ ）として定義する。いま、長さ  $X, Y$  の矩形平面に、平均長さ  $L$  の不連続面が  $N$  個だけ平行に分布しているとする。このとき一次元密度と二次元密度関係は、

$$\lambda = n \cdot L \quad (2)$$

となる。(2)式により、断続モデルを使った数値シミュレーションプログラムの妥当性を検討した。その結果、この解析に用いたプログラムで発生させた不連続面は、(2)式に従うといえる。

### 3. スキャンラインの方向と不連続面密度の関係

連続的（すなわち  $a=0$ ）で方向の異なる不連続面群が  $M$  組あり、それがスキャンラインと直交するときの密度が  $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, M$ ) であるならば、スキャンラインを横切る不連続面の密度は次式のようになる。

$$\lambda_s = \sum (\lambda_i \cdot | \sin(\theta - \psi_i) |) \quad (3)$$

$\theta$  : スキャンラインの方向

$\psi_i$  :  $i$  番目の不連続面の走行方向  
 $\lambda_s$  の曲線は、スキャンラインが不連続面の走向方向と平行でないときは上に凸の曲線となり、スキャンラインが不連続面と一致する方向では下向きの尖部が生じる特徴がある。Fig. 1 および 2 は、1 組の不連続面群が  $90^\circ$  の方向を向いて分布しているとき、スキャ

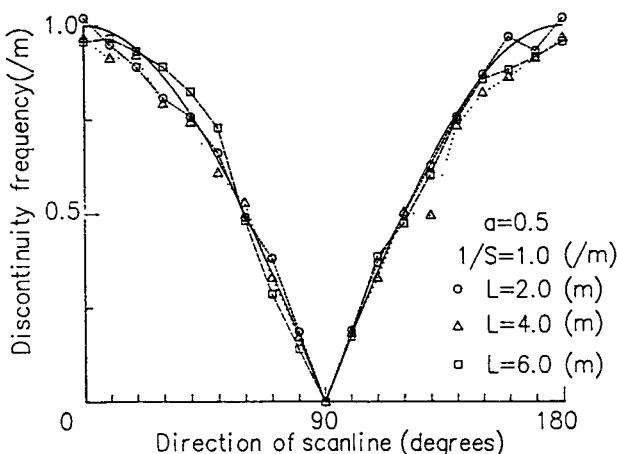


Fig. 1 The relation between discontinuity frequency ( $\lambda_s$ ) and direction of scanline ( $\theta$ ) for various trace length ( $L$ ).

ンラインの方向の違いによる不連続面密度の変化を示しており（このとき、それぞれ平均不連続面長さ、断続率をパラメータとしている）、実線は(3)式による理論曲線である。これらの図には平均不連続面長、断続率に関係なく、スキャンラインが $90^\circ$ の方向において明瞭な下向きの尖部が現れている。また、Fig. 3は3組の不連続面群が分布しているとき（それぞれの走向は $30^\circ$ 、 $100^\circ$ 、 $150^\circ$ ）の不連続面密度の変化である。Fig. 1、2、3のいずれも(3)式で近似できると考えられる。

#### 4. 弹性波と不連続面密度

上述のことは、壁面での不連続面観察に基づいて検討されるが、我々が本当に知りたいのは岩盤内部の情報である。したがって、ここでは弾性波速度を利用することによって岩盤内部の不連続面の分布を評価することを考える。

弾性波が、一つの不連続面を通過することによって生じる時間遅れを $\Delta t$ とする。この時間遅れは、波線が不連続面と交差する角度とは無関係で、不連続面の剛性に依存することが指摘されているが、ここではその依存性は無視する。また、弾性波の遅れは不連続面数に比例することがわかっている<sup>2)</sup>。このとき波線の単位長さ当たりの弾性波の時間遅れ $\Delta T$ は次式を用いて表すことができる。

$$\Delta T = \Delta t \cdot \sum (\lambda_i \cdot |\sin(\theta - \psi_i)|) \quad (4)$$

波線方向 $\theta$ に関する $\Delta T$ の変化は、スキャンラインの方向と不連続面密度の場合と同じように、卓越する不連続面群と波線方向が一致するときに $\Delta T - \theta$ 曲線において下向きの尖部が生じる。この関係を利用して弾性波速度試験により得られたデータをもとに不連続面の卓越方向を求めることができる。

#### 5.まとめ

断続率および平均不連続面長さが変化しても、スキャンライン方向の不連続面密度は(3)式に従うことがわかった。また、弾性波の遅れが不連続面の数に比例することを考慮すれば、岩盤表面だけでなく岩盤内部の不連続面の情報を得ることを示した。

#### 参考文献

1)緒方正慶：応用地質、Vol.19, pp.12-20(1978)

2)木村強ほか：第8回岩の国内シンポジウム講演論文集、pp.61-66(1990)

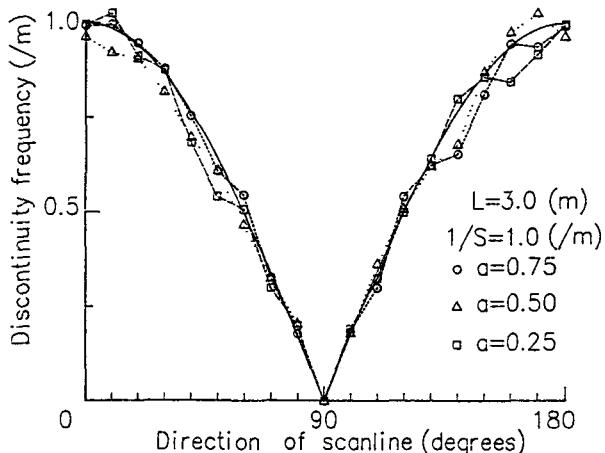


Fig.2 The relation between discontinuity frequency( $\lambda_s$ ) and direction of scanline( $\theta$ ) for various inpersistence( $a$ ).

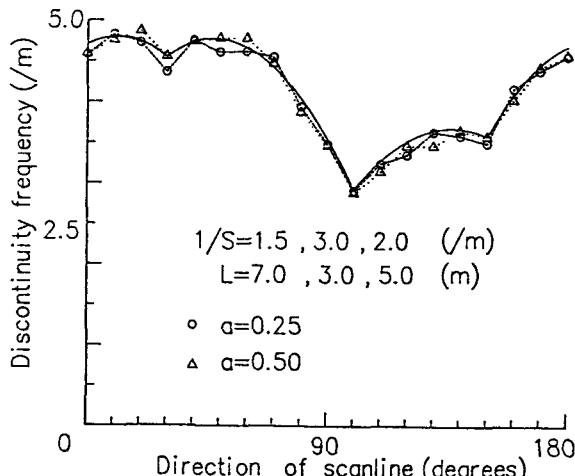


Fig.3 The relation between discontinuity frequency ( $\lambda_s$ ) and direction of scanline( $\theta$ ) for various inpersistence( $a$ ) of three discontinuity sets.