

### 3次元節理分布と影響範囲に関する数値実験

(株)大林組 鈴木 健一郎  
 同上 桑原 徹  
 同上 土原 久哉  
 同上 平間 邦興

1. はじめに

岩盤中の節理の分布は3次元であるが、現状での調査は幾つかの2次元断面に限られる。3次的に節理分布を捉えるためには直交3方向の情報が必要となるが、施工中には切羽での情報が主となる。切羽における節理情報の迅速な取り込みについては研究が進んでいるが、観測断面に制限があるという短所及び連続した情報が得られるという長所を生かし、その情報を有効に利用していく手法については検討の余地が残されている。

切羽で得られる節理情報を計測データなどと合せ有効利用することにより、地山全体の挙動や地質の変化を推定する事が可能となる。本研究では、節理分布が既知である地山を掘削した場合の切羽に現われる節理の交線情報と3次元の節理分布の関係、ここでは切羽の節理密度の影響範囲と節理の平均長さ（節理を円盤とした場合の平均直径）の関係について数値実験により考察するものである。

2. 実験

地山は50m\*50m\*50mの立方体である。節理分布は等方的で、その諸条件は表-1に示す通りである。

表-1 節理の発生条件

節理の形状	節理中心の分布	節理の直径分布	節理の方向分布	節理の個数
円板	節理中心の座標(x, y, z)は、0~50までの乱数	直径分布の確率密度関数は指数関数 $f(d) = d_m \exp(-d/d_m)$ である。d <sub>m</sub> は平均直径。但し、1m以上とする。	傾斜は 0~π 傾斜方向は 0~2π の一様乱数	節理密度 $(\sum d^3/V)$ が所定の値になるまでに発生された数。

表-1に示した条件により作成した地山の節理分布モデルを図-1に示す。次に、yz面内の中心に直径10mの半円状の空洞をx方向に掘削することを考える。従って、yz平面のx=1, 2, 3, ..., 50における各断面の節理の交線分布を空洞断面内において観測することになる。図-2にその断面の一例を示す。実験ケースは次の2ケースである。

case 1 節理の平均直径を一定(8m)とした場合、節理密度の変化 ( $F_0^{(3)} = 6, 9, 12, 15, 18$ )に伴う影響範囲の変化を調べる。

case 2 節理密度を一定 ( $F_0^{(3)} = 12, d_m = 4$  のとき6, 9, 12)とした場合、節理の平均直径 ( $d_m = 4, 6, 8, 10$ )と影響範囲との関係を調べる。

切羽という地山の局所的な情報の空間的な分布を解析するために、地盤統計学におけるバリオグラムを用いた。距離hだけ離れた2つの切羽において観測された2次元の節理密度 ( $\sum d^2/S$ )の差の分散がその2切羽の位置によらず一定であるとし、次式で

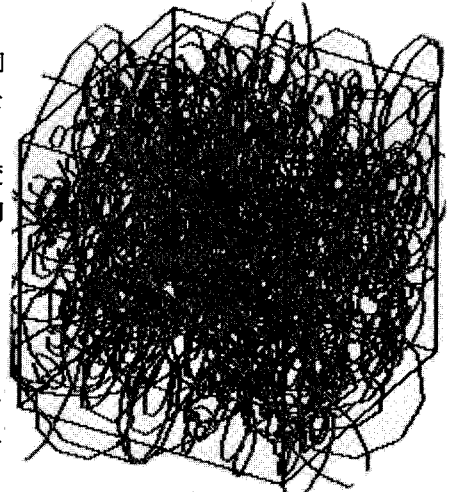


図-1 地山の節理分布モデル

示すバリオグラムを求め、モデル地山での切羽の節理密度の距離に対する相関性を表わす。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [F_o(x_i) - F_o(x_i+h)]^2$$

$F_o(x_i)$  ,  $F_o(x_i+h)$  ;  $x=x_i$  及び  $x=x_i+h$  の地点での  
切羽における2次元節理密度

バリオグラムから、準定常状態に至る距離、Range (影響範囲) を求め、節理の平均直径と比較を行なう。以上の手順は全てパーソナルコンピュータにより行なった。

### 3. 実験結果及び考察

バリオグラムの典型的な例を図-3に示す。図は3次元の節理密度  $F_o^{(3)} = 12$  で、節理の平均直径  $d_m = 8$  のものである。横軸には2地点間の距離が取られているが、距離が大きくなるに従ってデータの数が減少し、最後の点では1つのデータによる点になることを考慮し、30m程度までの傾向で考えるものとした。この場合の影響範囲 (Range) は7mである。

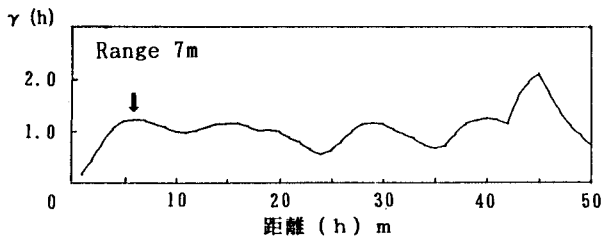


図-3 バリオグラム

図-4にcase 1の結果を示した。縦軸にはバリオグラムから得られた影響範囲を、横軸には地山モデルの3次元節理密度を取っている。図中の破線は平均節理直径である。影響範囲は節理密度とは無関係にバラ付いており、そのバラ付きは節理密度が小さいほど大きい。およそ傾向として8m~10mの範囲、即ち節理の平均直径の値に収束しそうである。これらのバラ付きの原因は切羽という観測断面が節理の平均直径に比べて十分な大きさを持たないためと考えられる。

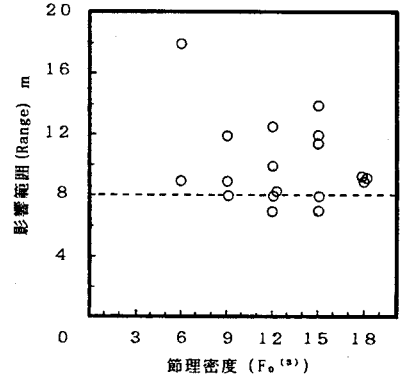


図-4 節理密度と影響範囲の関係

節理の平均直径と影響範囲との関係については図-5にまとめた。図の縦軸には影響範囲を、横軸には節理の平均直径を取っている。図中、○印は節理密度が12のもの、●印はそれ以外の節理密度のもの (case 1の結果を含む) であり、破線は影響範囲と節理の平均直径が等しいとした場合の関係である。この場合もバラ付きはあるが、傾向としては節理の平均直径の増加とともに影響範囲も増加しており、破線の関係はその下限値を与えるものと考えられる。

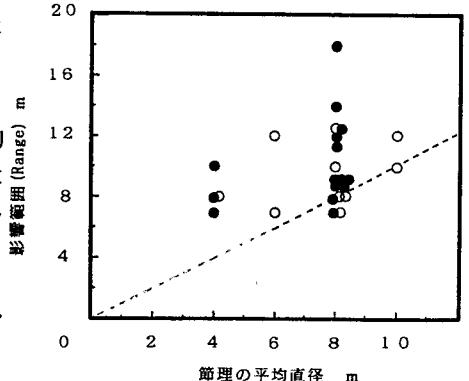


図-5 平均節理長さ と 影響範囲の関係

### 4. まとめ

節理分布が等方的であるモデル地山において、切羽で連続的に得られる2次元の節理密度の影響範囲の意味を数値実験により調べた結果、3次元の節理の平均的な大きさ (円板で仮定した場合の直径) に依存することが確認された。

### 【参考文献】

A. G. Journel and CH. J. Huijbregts; "Mining Geostatistics" (1978) ACADEMIC PRESS

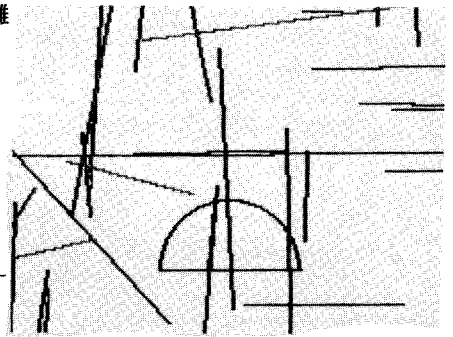


図-2 x=30 mにおける断面