

III-347

岩盤における不連続面分布の定量化手法に関する研究

フジタ工業（株）（正） ○安田健司
 名古屋大学工学部（正） 京谷孝史
 名古屋大学工学部（正） 市川康明
 名古屋大学工学部（正） 川本眺万

1. はじめに

不連続面の空間的な幾何学特性（分布性状）を定量的に評価することは、岩盤の力学特性を評価するうえで非常に重要なことである。一般に岩盤には、特定の方向性を持った規則的な不連続面（不連続面群）が存在している。本研究では、このような規則性を利用し、岩盤に存在する不連続面群を見だし、不連続面群毎の空間的な分布性状を明らかにする。また、岩盤を形成する岩石が、節理系によって切り取られる形に特徴があることを考慮して、岩種と地質情報から、不連続面分布性状を推定する方法を提案する。

2. 不連続面定量化手法

2. 1 異なる3方向の表面情報が得られる場合

Fig.1 に示すように、3方向の異なる岩盤表面写真が得られたとする。Fig.2 に示すような、不連続面の卓越方向に沿った単位ベクトル ν をとれば、それぞれの観察面で得られる3つのベクトルが平面を形成するときの、共面条件は

$$\det(\nu_i^1, \nu_j^2, \nu_k^3) = 0 \quad (1)$$

であるが、各面で得られる卓越角にはばらつきがあるため、(1)式は必ずしも0とはならない。そこで、各面でそれぞれ 1, m, n個 (1 < m < n) の不連続面群が確認されたとすれば、対象とする岩盤には、1個の不連続面群が存在すると仮定し、すべての単位ベクトルの組み合わせについて、(1)式を計算し、値の小さい1個を不連続面群とみなす。

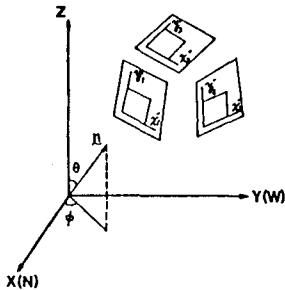


Fig.1 Global Coordinate and Local Coordinate

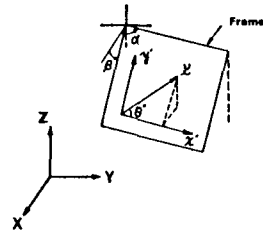


Fig.2 Strike and Dip of Frame & Unit Vector

不連続面の分布性状を決定するには不連続面の方向、大きさ、密度などを知る必要がある。今、不連続面の形状を直径 r の円盤と仮定し、密度については、不連続面の中心が体積 V の領域中に M 個あるとき、その密度 ρ を $\rho = M/V$ で表す。

卓越角のばらつきの下限值、および上限値 θ_{li} 、 θ_{ui} 、 ϕ_{li} 、 ϕ_{ui} 、が観察面データから得られると仮定すれば、 i 番目節理群の直径の平均値 μ_i 、 i 番目節理群の観察面での存在確率 p_i 、 ρ などの未知パラメータは、不連続面と観察面が交差する条件付き確率を用いることにより、表面観察から得られるデータ（節理の総数 M^k 、 i 番目節理群に属する節理数 M_i^k 、平均節理長 $\bar{L}_i$ 、など）を使って、

$$\mu_i = \frac{\pi}{2} \bar{L}_i \quad (2)$$

$$\begin{aligned} M^k &= \rho A \sum_{r=1}^N \int_0^r r g_i(r) dr \int_{\phi_{li}}^{\phi_{ui}} \int_{\theta_{li}}^{\theta_{ui}} \sqrt{1 - (\mathbf{n} \cdot \mathbf{m}_i)^2} \frac{p_i}{(\theta_{ui} - \theta_{li})(\phi_{ui} - \phi_{li})} d\theta d\phi \\ &= \rho A \sum_{r=1}^N \mu_i p_i \frac{1}{(\theta_{ui} - \theta_{li})(\phi_{ui} - \phi_{li})} \int_{\phi_{li}}^{\phi_{ui}} \int_{\theta_{li}}^{\theta_{ui}} \sqrt{1 - (\mathbf{n} \cdot \mathbf{m}_i)^2} d\theta d\phi \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{\Delta f^k}{\Delta f^k} = \frac{\mu_i p_i \frac{1}{(\theta_{ui} - \theta_u)(\phi_{ui} - \phi_u)} \int_{\phi_u}^{\phi_{ui}} \int_{\theta_u}^{\theta_{ui}} \sqrt{1 - (\mathbf{n} \cdot \mathbf{m}_i)^2} d\theta d\phi}{\sum_{i=1}^N \mu_i p_i \frac{1}{(\theta_{ui} - \theta_u)(\phi_{ui} - \phi_u)} \int_{\phi_u}^{\phi_{ui}} \int_{\theta_u}^{\theta_{ui}} \sqrt{1 - (\mathbf{n} \cdot \mathbf{m}_i)^2} d\theta d\phi} \quad (4)$$

と書ける。これらの式を連立させて解けば、未知パラメータが決定できる。

2. 2 地質情報を利用した不連続面分布性状の推定

実岩盤では、1方向の表面写真しか得られない場合も多いが、この場合、岩盤を構成する岩石の性質を利用し、不連続面分布性状を推定する。

岩石が、節理系によって切り取られるブロックの形は、おおよそ、Fig.3, Fig.4, に示すような四角柱、および六角柱である。このうち、玄武岩、安山岩などの塩基性火山岩、泥岩などの粒子の細かい堆積岩などは六角柱になる。従って、表面観察により角柱の1辺の長さ、高さ、面の走向・傾斜などを測定すれば、不連続面分布性状の推定が容易となる。

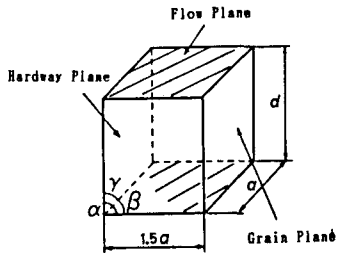


Fig.3 Basic Block of Acid Igneous Rock

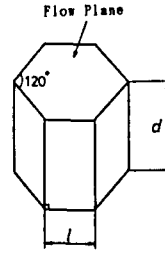


Fig.4 Basic Block of Alkali Igneous Rock

3. 岩盤への適用

分布性状のわかっている不連続面モデル ($\mu_i = 4.0$, $\rho = 0.4$) を計算機により3次元空間にランダムに発生させ、3つの切断面での不連続面との交線の分布状況 Fig.5 から、不連続面分布性状の推定を試み、Table.1 のような値を得た。

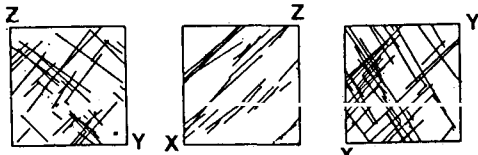


Fig.5 Distribution of Joint Set
oh Observation Plane

Table.1 Determination of Unknown Parameters

Observation Planes	X Plane	Y Plane	Z Plane
μ	$\mu = 4.001$ $\mu_x = 3.695$	$\mu = 4.104$	$\mu = 3.780$ $\mu_z = 5.840$
p	$p_1 = 0.584$ $p_2 = 0.416$	$p_1 = 1.00$	$p_1 = 0.697$ $p_2 = 0.303$
ρ	0.42	0.32	0.42

4. おわりに

異なる3方向の表面情報が得られた場合、不連続面群が明確に分離できる観察面で得られたデータを用いれば、かなりの精度で不連続面の分布性状が推定できることがわかった。また、1方向の表面情報しか得られない場合でも岩石の性質を知れば、ある程度、不連続面の分布性状を推定することが可能となる。ただし、この場合、広域かつ歴史的な地質情報が必要である。

今後は、法線ベクトルが正規分布、直径がポアソン分布を示す場合の未知パラメータの決定法について考えている必要があると思われる。

5. 参考文献

- 1) 黒田英高、百田博宣：観察面データを用いた岩盤内割れ目系の三次元分布性状の推定法について、土木学会第42回年次学術講演会、1986、pp.352~353
- 2) 三木幸蔵、古谷正和：土木技術者のための岩石・岩盤図鑑、鹿島出版会、1983