

III-309

岩盤内割れ目系の三次元分布性状推定手法の検討

清水建設(株) 大崎研究室 正員 黒田 英高
同 上 正員 百田 博宣

1. はじめに

岩盤中には多数の割れ目が三次元的に分布している。しかし、実際には三次元的な情報を直接得ることは困難であり、岩盤露頭等でのデータを用いることが多い。本研究は露頭観察面等の二次元平面で得られた割れ目に関する情報から、三次元空間における割れ目系の幾何学的分布性状を推定する既提案の手法¹⁾について、その妥当性を検討するものである。

2. 岩盤内割れ目系の三次元分布性状推定手法

割れ目の形状を円盤と仮定し、三次元空間中における割れ目系の幾何学的分布性状が、割れ目の方向性、直径、開口幅の確率密度関数の積で表現できるとする。一般に、露頭等の観察面で得られる割れ目に関する情報は観察面上の割れ目トレースの数 M^k 、長さ L 、開口幅 t 、割れ目の方向 (θ, ϕ) 等であるが、割れ目系と観察面とが交わる条件付確率を考えると、これらの観察面データと各確率密度関数に含まれるパラメータとの間には式(1)~(4)のような関係が導かれる。この関係を用いることにより、観察面データ $(M^k, M^{ki}, \bar{L}_i, \bar{t}_i, \bar{t}_i^2)$ から割れ目系の三次元分布性状に関するパラメータ $(\rho, p_i, \mu_i, \alpha_i, b_i)$ を推定することができる。ここで、割れ目系は方向性によって N 個のグループに分類されるとし、方向性についてはグループ内で一様分布、直径については指数分布、開口幅については直径と相関性を持つと仮定する。

$$M^k = A_k \rho \sum_{i=1}^N \mu_i p_i F_i(\theta, \phi), \text{ ここで } F_i(\theta, \phi) = \frac{1}{(\theta_{ei} - \theta_{si})(\phi_{ei} - \phi_{si})} \int_{\phi_{si}}^{\phi_{ei}} \int_{\theta_{si}}^{\theta_{ei}} \sqrt{1 - (\underline{n} \cdot \underline{m}_k)} d\theta d\phi \dots (1)$$

$$\Phi_i = \frac{M^{ki}}{M^k} = \frac{\mu_i p_i F_i(\theta, \phi)}{\sum_{i=1}^N \mu_i p_i F_i(\theta, \phi)} \dots (2) \quad \bar{t}_i = 2\mu_i \alpha_i, \quad \bar{t}_i^2 = 2\mu_i^2 (3\alpha_i^2 + b_i^2) \dots (3) \quad \bar{L}_i = \frac{\pi}{2} \mu_i \dots (4)$$

(—は平均値を示す)

ただし、 $\theta_{si}, \theta_{ei}, \phi_{si}, \phi_{ei}$: i グループの割れ目方向の範囲、 μ_i : 割れ目直径の平均値(指数分布)

p_i : 全割れ目に対する i グループ割れ目の占める割合、 ρ : 割れ目中心の分布密度

α_i, b_i : 開口幅と直径の相関性に関する定数、 t_i : 観察面上の i グループの割れ目の開口幅

A_k : 観察面の面積、 $\underline{m}_k$: 観察面に立てた単位法線ベクトル

$\underline{n}$: 割れ目中心に立てた単位法線ベクトル

M^{ki} : 観察面上の i グループの割れ目トレースの数

L_i : 観察面上の i グループの割れ目トレースの長さ

3. 推定手法の検討方法

割れ目系母集団のパラメータ μ_i, p_i, ρ 等を仮定して、三次元空間中の割れ目系の分布性状が明らかな単純な仮想空間を設定し、ある断面において観察される L_i, M^{ki}, M^k 等を求める。次に上記の関係式を用いて仮定したパラメータを推定することによって手法の妥当性を検討する。いま、簡単のために一つ一つの割れ目の方向は各グループ内で全て同一の場合を考える。また、空間中の割れ目の傾斜は全て鉛直とし、観察面として水平観察面を考える。このとき、 $(\underline{n} \cdot \underline{m}_k) = 0$ となり、上式(1)~(4)のうち、式(1)、(2)はそれぞれ式(5)、(6)のように簡略化される。

$$M^k = A_k \rho \sum_{i=1}^N \mu_i p_i \dots (5)$$

$$\Phi_i = \frac{M^{ki}}{M^k} = \frac{\mu_i p_i}{\sum_{i=1}^N \mu_i p_i} \dots (6)$$

なお、ここで取り扱っている観察面上の割れ目トレースとは、トレースが観察面の枠外まで延びている場合は、枠外の長さまで含めたトレース全長のことである。

割れ目系の発生に用いたパラメータを表-2に示す。仮想空間の生成領域は図-1に示すように1辺16mの立方体である。方向性については簡単のため(NS/90,EW/90)の2方向のみとし、観察面はこの仮想空間を水平に10×10mの大きさに切り出したものを考える。

4. 三次元割れ目系推定手法の検討結果

観察面データとして、図-1に示すように $z = -4.0, -2.0, 0.0, 2.0, 4.0$ m の5断面において $\bar{L}_i$ 、 M^{ki} 、 M^k を測定した。その結果を表-1に示す。これらの平均値から式(4)~(6)を用いて μ_i 、 p_i 、 ρ を算定した結果を表-2に示す。推定結果は概ね妥当と言えよう。また、観察面 $z = 0.0$ mでの割れ目トレースの様子を図-1に示す。

表-1 観察面データ

	$\bar{L}_1$ (m)	$\bar{L}_2$ (m)	M^{k1}	M^{k2}	M^k
$z = 4.0$ m	0.573	1.008	74	86	160
$z = 2.0$ m	0.500	1.101	84	92	176
$z = 0.0$ m	0.506	1.190	77	107	184
$z = -2.0$ m	0.439	1.073	93	97	190
$z = -4.0$ m	0.502	1.029	76	98	174
平均値	0.504	1.080	80.8	96	176.8

表-2 割れ目系発生に用いた仮定と推定値

	μ_1 (m)	μ_2 (m)	p_1	p_2	ρ (個/m ³)
割れ目系発生に用いた値	0.3	0.7	0.7	0.3	4.0
式(4)~(6)による推定値	0.321	0.688	0.64	0.36	3.91

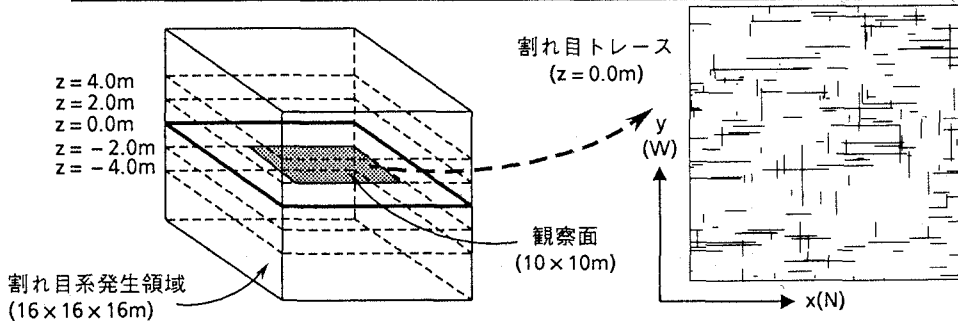


図-1 割れ目系発生領域と観察面の割れ目トレース

5. おわりに

三次元割れ目系分布性状推定手法の妥当性が単純な割れ目系を設定した仮想空間への適用によって確認された。今後は実データへの適用について検討していきたい。

参考文献

- 1) 黒田, 百田: 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回年次学術講演会梗概集, pp.352~353, 1987.