

III-659

地下岩盤試験場におけるき裂特性評価(その2)

3次元き裂マップと1次元相関距離について

(株)大林組 鈴木健一郎 土原 久哉
丸山 誠 平間 邦興

1. はじめに

岩盤の解析モデルを作成し、より精度の高い岩盤挙動予測を行うためには、き裂の分布特性を把握し、それに力学的および水理学的な応答を考慮して岩盤をモデル化する必要がある。

本報告は計測坑道において撮影された壁面展開写真の直線部(およそ35m)および切羽き裂観察図よりき裂を抽出して、3次元き裂分布を再現し、その分布の坑道方向における特性を解析した結果について考察したものである。

2. 壁面展開き裂マップの作成と3次元き裂マップへの変換

壁面展開写真は坑道1断面を重複して11枚の写真に記録した後、それらを貼り合わせて作成したものである。壁面展開写真よりき裂を抽出した。(その1)の図-1¹⁾参照)壁面展開き裂マップは平面の集合より作成されたものであるが、スプリングライン(1.5mレベル:図中の破線)で囲まれた範囲は直径5mの円弧を展開したものと仮定して2次元データを3次元に変換した。

座標の変換:壁面展開き裂マップより、各き裂の両端点 (X_1, Y_1) および (X_2, Y_2) と曲線の極値点 (X_3, Y_3) の3点をそれぞれ次のように変換し、 (X_1, Y_1, Z_1) 、 (X_2, Y_2, Z_2) および (X_3, Y_3, Z_3) を得る。ただし、交線長さが50cm以下のものは直線とし、 (X_3, Y_3, Z_3) は両端点の中点とした。法線方向:法線方向は次式より求める。き裂面の大きさ:き裂面は円とし、その直径Rは交線長さr(3点で構成される三角形の最大長辺の長さ)の $(1+e^2)^{1/2}$ 倍とした。ここでeは平均が $\pi/2$ となるような一様乱数とした。き裂面の中心:直径Rに対して、交線が弦となるように法線と垂直な方向に移動した点。以上から得られた情報に掘削毎の切羽のき裂観察図で得られた交線長さ、き裂の方向および切羽位置に関する情報を考慮して3次元のき裂マップを作成した。3次元き裂マップを用いて1m毎の掘削を実施し、掘削方向へのき裂密度の変化をもとに考察を進める。

3. 結果および考察

作成された3次元き裂マップより抽出した方向分布を図-1に示す。図はR坑道における直径50cm以上のき裂の法線方向である。N40E方向上に点の散らばりが見られるが、これは坑道軸方向に法線を持つ側壁に見られるき裂のものである。直接き裂の方向を計測した(その1)の図-2と比較すると方向の集中度は薄れる傾向にある。図-2に円盤直径の分布図を示す。計測による分布図に比べ短いき裂の頻度が高い。方向の分布が等方に近いのもこれらの短いき裂の寄与によるものと考えられる。以上の比較より壁面展開写真はおよそ試験場の岩盤のき裂分布特性を反映しているものとしてき裂の空間分布特性について考察を進める。

1m毎の切羽におけるクラックテンソルの11成分、22成分および第一不変量 F_0 の分布を図-3に示す。図-3(a)と(b)がそれぞれ坑道RおよびLである。図-4に図-3のスペクトル密度を、図-5にバリオグラムを示す。周波数0のスペクトル密度は積分寸法(INTEGRAL SCALE)に比例しており、バリオグラムから得られる停留距離は空間分布構造を特徴付けるもので相関距離(CORRELATION SCALE)と呼ばれるものである。これらの寸法より大きい距離を考えると、き裂の分布がランダムであると仮定できるので、空間的構造は統計的に均質であるとしてそれ以上の距離、すなわち領域において3次元のクラックテンソルを決定する。指数関数でバリオグラムを近似した場合は次式により相関距離を推定できる。²⁾

$$\lambda = \int_0^\infty R_{ff}(\xi) / \sigma_f^2 d\xi = \pi S_{ff}(0) / \sigma_f^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに $R_{ff}(\xi) = \sigma_f^2 \exp(-|\xi|/\lambda)$; 共分散関数、 $S_{ff}(\xi) = \sigma_f^2 \lambda / [(1 + (\lambda \xi)^2) \pi]$; スペク

トル密度関数である。(DL=8m,DR=17m) バリオグラムの形状とおよそ一致する。2つの坑道は35mの離間距離であるが、き裂分布特性の相関距離の意味では構造が多少異なる。両坑道のスペクトルではL坑道が0.15~0.45の間の周波数領域でほぼ一定のスペクトルとなっているが、R坑道では平均的に一定の勾配でスペクトルが低下している。バリオグラムではR坑道において、5m程度で定常的になると考えられるが、L坑道はR坑道に比べて長いレンジを持っている。壁面展開き裂マップを見てわかるように、これらの構造の差はき裂分布の偏りを良く表現するものである。

4. おわりに

本試験場全体の3次元のき裂分布特性として、3次元のクラックテンソルは50cm以上のき裂を対象として次式のように決定された。

$$F_{ij} = \begin{pmatrix} 0.88 & 0.10 & -0.12 \\ & 0.88 & -0.02 \\ & & 1.19 \end{pmatrix}$$

【参考文献】1)土原他；“神岡実験場における岩盤き裂特性評価（その1）”、第48回土木学会年次講演会概要集
2)L.W.Gelhar, “Stochastic Analysis of flow in heterogeneous porous media”, Fundamentals of Transport Phenomena in porous Media, Martinus Nijhoff Publishers, pp637 to 717, 1984

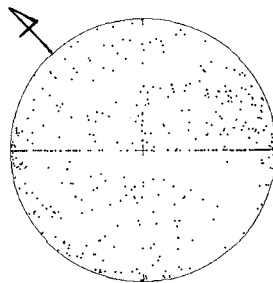


図-1 方向分布

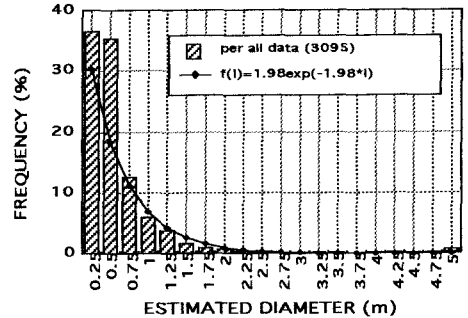


図-2 直径分布

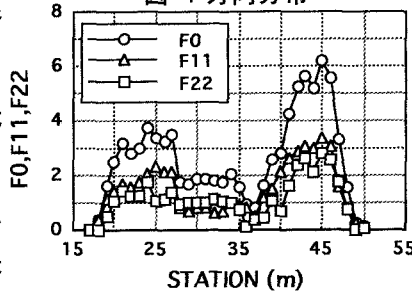


図-3(a) R坑道のFij分布

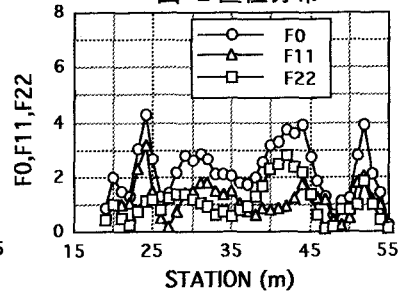


図-3(b) L坑道のFij分布

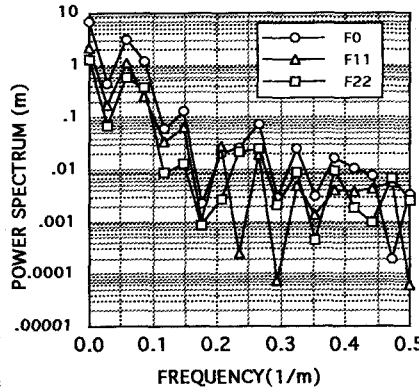


図-4(a) R坑道のスペクトル

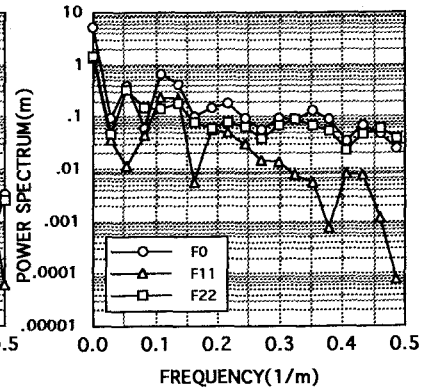


図-4(b) L坑道のスペクトル

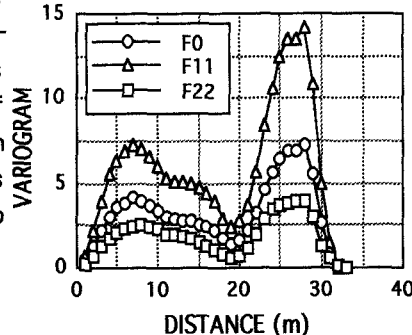


図-5(a) R坑道のバリオグラム

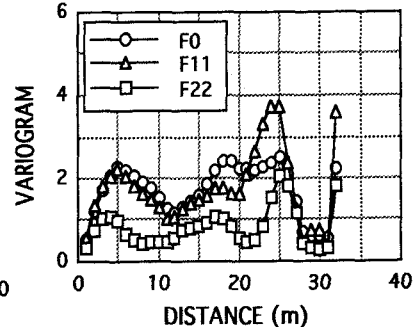


図-5(b) L坑道のバリオグラム