

自動要素分割によりモデル化した 亀裂性岩盤のDEM解析

鳥取大学大学院 学生員 ○川崎 了
鳥取大学工学部 正 員 木山 英郎
鳥取大学工学部 正 員 藤村 尚
鳥取大学工学部 正 員 西村 強

1. はじめに

Cundallの提案した離散剛要素法 (Distinct Element Method, 以下DEMと略す) は、対象とする岩盤について割れ目で区切られた任意形状の岩盤ブロックをそれぞれ要素として解析することができる。したがって、シュミットネット等と与えられる割れ目データから、DEM解析用要素分割を簡単な操作で行い得る手法の開発が有用となる。このような観点から、本報告ではパーソナルコンピューター (以下パソコンと略す) の図形処理機能を利用した、割れ目データによる自動要素分割の一手法を述べるとともに、これを用いたパソコンによるDEM解析の簡単な適用例を報告する。

2. 自動要素分割の概要

2.1 割れ目の立方体表示

図-1に示すような、割れ目の入った立方体の岩盤モデルを考える。割れ目の、立方体の第1面, 第2面のx軸および第3面のz軸となす角を、それぞれ θ_1 , θ_2 , θ_3 とおく。これら3つの角の間には、次のような関係式が成立する。

$$\theta_3 = \tan^{-1}(-\tan \theta_1 / \tan \theta_2) \quad (1)$$

また、割れ目平面の方程式は、立方体の中心を原点とする座標系 (x, y, z) により次式で与えられる。

$$ax + by + cz = d$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここに、} a &= 1/\sqrt{1 + \tan^2(\theta_1 - \pi/2) + \tan^2(\theta_2 - \pi/2)}, \\ b &= \tan(\theta_1 - \pi/2)/\sqrt{1 + \tan^2(\theta_1 - \pi/2) + \tan^2(\theta_2 - \pi/2)}, \\ c &= \tan(\theta_2 - \pi/2)/\sqrt{1 + \tan^2(\theta_1 - \pi/2) + \tan^2(\theta_2 - \pi/2)} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

次に、図-2のシュミットネットと与えられるような、現場の割れ目データを立方体表示することを考える。たとえば、走行を ϕ_1 、傾斜を ϕ_2 とすれば、第1面の角 θ_1 、第2面の角 θ_2 は、それぞれ

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= -\tan^{-1}(\tan \phi_2 \cdot \sin \phi_1), \\ \theta_2 &= \phi_1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

となる。この時、式(2)のdは1つの割れ目群の割れ目本数および乱数によって決定される。式(3)を式(2)に代入し、割れ目平面の方程式である式(2)と立方体各面との交線の方程式を求めれば、図-3のような岩盤モデルが得られる。

2.2 裁断面

立方体表示された岩盤モデルの内部に不規則に存在する割れ目を2次元解析するために、立方体のある1つの平面で裁断し、その面に現れる割れ目を考える。裁断面は、たとえば図-4の四角形ABCDで示されるような平面である。この裁断面は、立方体の中心点を通り角 α で与えられるものとし、通常第2面に垂直な裁断面を仮定する。図-5は、図-3において $\alpha = 30^\circ$ の場合の裁断面を示している。この裁断面上の割れ目図がDEM解析における初期の要素分割を示し、それとともに必要な要素定数も自動計算される。

3. DEM解析への適用例

これまでの手順により得られた図-5の要素分割データをもとにして、パソコンによるDEM解析を行った。その解析結果を図-6に示す。これは、図(a)の状態に初期セットされた岩盤ブロックの集合体が、

重力の作用のもとでより安定な堆積状態に移行していく様子をシミュレートしたものであり、この程度の要素数のDEM解析に対しては、十分適用できることがわかる。大型の電子計算機によるDEM解析のための数百という多数要素への拡張が、今後の課題である。

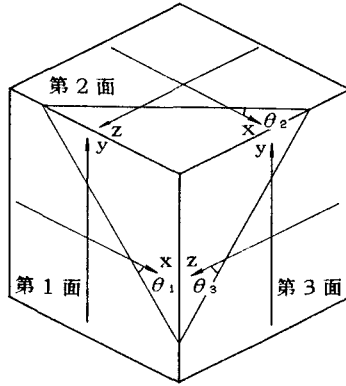


図-1 割れ目の立方体表示

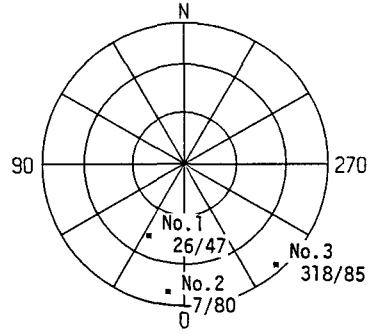


図-2 シュミットネット

- No.1
- - - No.2
- · - No.3

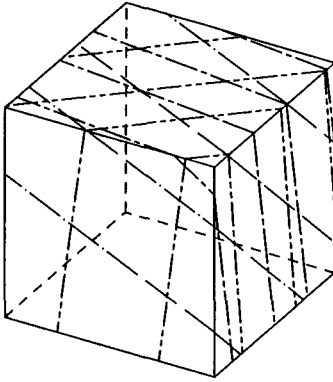


図-3 岩盤モデル

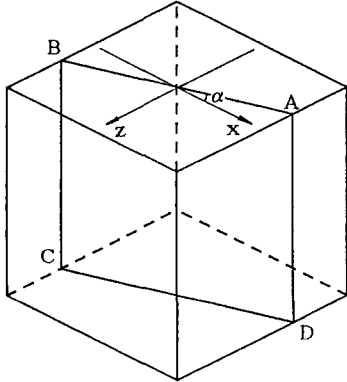


図-4 裁断面

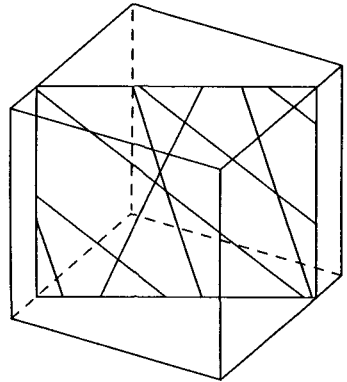


図-5 裁断面上の割れ目

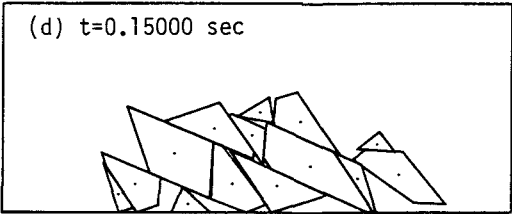
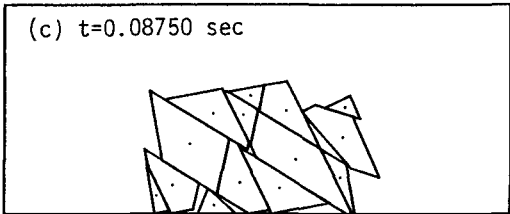
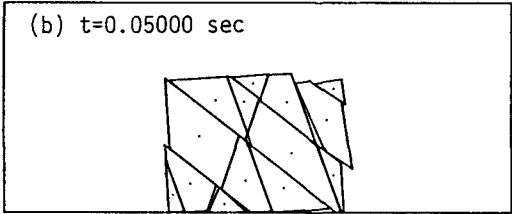
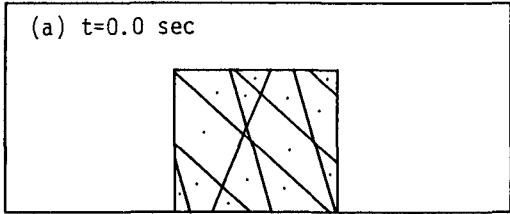


図-6 岩盤ブロックのDEM解析