

ポロノイ分割によりモデル化した亀裂性岩盤のDEM解析

鳥取大学 正 ○藤村 尚 正 木山 英郎
正 西村 強 学 祝 昌克

1. はじめに

岩盤には、断層、節理、層理から顕微鏡下のクラックまで、さまざまに分断、ブロック化した不連続面が必ずと言っていいほど存在し、岩盤の強度・変形特性は岩石ブロックの特性と、それを取り囲む割れ目の特性によって支配される。このような不連続性岩盤の動的崩壊過程を解析する方法として開発されたCundallの離散剛要素法（DEM）は、割れ目で区切られた岩石ブロックをそれぞれ要素として解析できることが特徴の1つである。そこで今回は、この解析モデルを適用する岩盤のモデル化に、幾何学的平面分割法の1つであるポロノイモデルを用いることにした。

本報告は、ポロノイ分割を用いて岩盤をモデル化し、DEM解析による岩盤の挙動解析への適用性についてのべる。

2. ポロノイ分割手法

いま、図-1のような平面に数個の核が配置されたとする。各点について近接する点を結ぶと図-2に示すような三角形網ができる。これをドロネイ三角形網といい、この三角形の外接円の中心を結ぶと、図-3のようなポロノイ多角形ができる。

ここでは、以下のような3種類の核の配置を採り挙げた。核は、+印で示し、いずれも大きさの同じ正方形の領域内に同数を配置した。図-4に示した核の配置は完全ランダム分布とよばれる。この分布は、各点が互いに他の点とは無関係に、そして平面のどの場所にも同じ確率で置かれたときに実現される点の空間分布である。空間分布の様式が完全ランダム分布から偏っているときには、便宜的に規則型の分布か、集中型の分布に分類される。すなわち、図-5は、配置された核を中心とする近傍域内には他の点が入らないよう

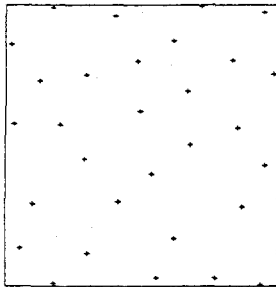


図-1 核の配置

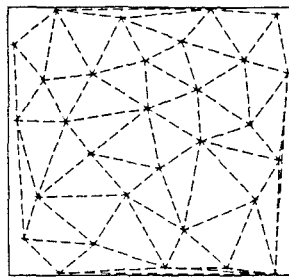


図-2 ドロネイ三角形

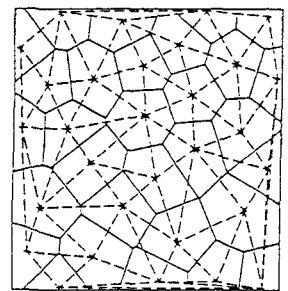


図-3 ポロノイ多角形

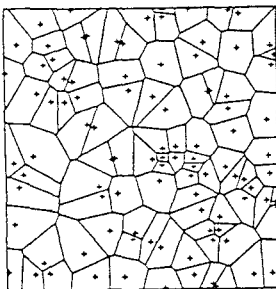


図-4 完全ランダム型配置

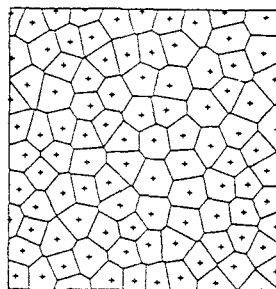


図-5 規則型配置

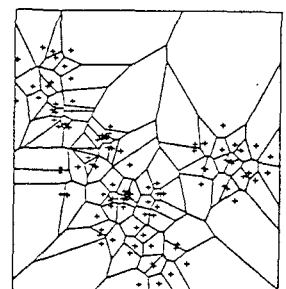


図-6 集中型配置

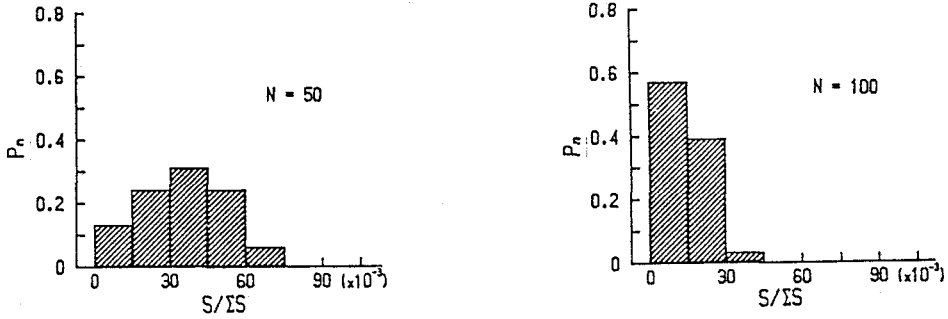


図-7 完全ランダム型配置による面積比の頻度分布

に核を逐次決定してゆくものであり、これが規則型分布である。図-6は、集中型分布と呼び、初めに数個の核を独立ランダムに置き、つづいてそれらの点を中心とする一定半径の円内にいくつかの点をやはり独立ランダムに配置するものである。それぞれのパターンにはボロノイ多角形分割が施されており、多角形分割パターンと点配置の特徴がうかがわれる。この点に関して、各パターンにおいて、個々のボロノイ多角形の面積や角数について調べた結果を図-7、-8に示す。図-7は完全ランダム配置において、核の数 N を50個と100個としたときの各々のボロノイ多角形の面積 S の頻度分布を示しており、核の数 N の大きさによって S の頻度分布が異なる。一方、図-8は、完全ランダム配置における、多角形の角数 n の頻度分布を示したもので、角数 $n=6$ にピークをもつ傾向がみられる。このことは、他の2つのパターンでも共通してみられている。

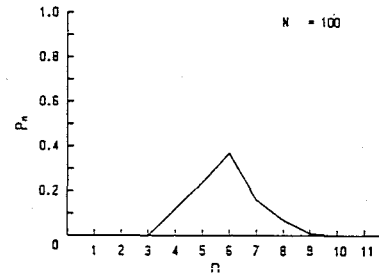
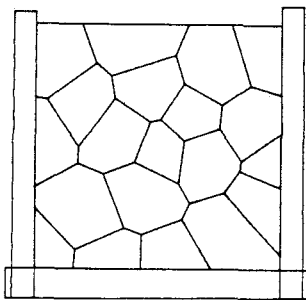


図-8 完全ランダム型配置による角数の頻度分布

3. DEM解析への適用例

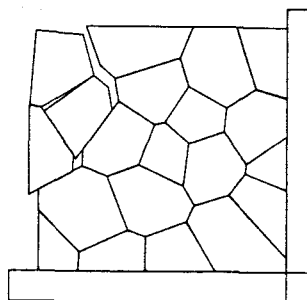
以上のようなボロノイ分割手法を用いて規則型分布で得られた図-9の要素分割(要素数20)に続けて、パソコンによるDEM解析を行った。その結果を図-10に示す。

この解析は、水平基盤上の切土掘削を想定した安定解析である。基盤と山側ならびに谷側にはそれぞれ固定ブロックで置き換えられたものを用いる。なお、接触定数は $Kn/\rho g=3.85 \times 10^4 \text{ cm}^2$ 、 $\eta n/\rho g=1.2 \times 10 \text{ cm}^2 \cdot s$ 、 $\Delta t=1 \times 10^{-5} \text{ s}$ とした。谷側のブロックを取り去り、時間の経過とともにブロックが破壊していく様子をシミュレートした。その結果は、ほぼ満足できるものであり、ボロノイ分割によって得られたモデルがDEM解析に対し十分適用できることがわかった。

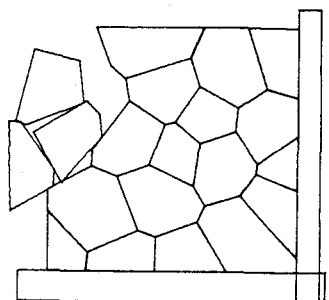


$T = 0 \text{ (SEC)}$

図-9 要素分割図



$T = .05 \text{ (SEC)}$



$T = .1 \text{ (SEC)}$ — 1 (cm)

図-10 DEM解析図