

フラクチャー ネットワーク モデルの生成法

岡山大学環境理工学部 正員 ○谷口健男
愛媛県 田口 真

1. はじめに

岩盤内の地下水流れや物質移動の数値シミュレーションを行うに際して、岩盤内に存在するフラクチャーの構成するネットワークだけを取り扱い有限要素モデルを作る方法がある。フラクチャーの数、その位置、大きさ、形状、傾斜角は岩盤によって異なり、その数は数千～数万、ときには数十万に達し、他の情報と同様に岩盤の履歴によることが知られ、これらの情報の多くは地質学者によって調査の上、統計処理されてその分布が与えられる。本研究では以上の考察より、フラクチャーの数はユーザ自身が設定するとし、位置、大きさ、形状、傾きは地質学者の与える分布に従うと仮定して、それらの情報からフラクチャーネットワークモデルを生成する方法を提案する。なお、本研究では簡単のためフラクチャーの形状は平面上の凸多角形（三角形、四辺形、五角形）と仮定する。

2. 入力データについて

本研究の目的は上記のような情報が与えられた場合、多くのフラクチャー面同士が交差してできるネットワークの有限要素モデルを精度良く作り上げる手法を提案するものである。必要な入力データはフラクチャーの個数と図1に示す分布の中心値と分散だけである。なお、岩盤内部のフラクチャーの配置が一様に設定できるように、図2に示すように対象領域を格子状に分割し、それぞれの直方体の内部の一点（フラクチャー面の重心位置）を乱数で決定する。同様に乱数を用い、フラクチャーの形状、大きさ、傾きを決定する。なお、地質学者から得る情報は、上の分布形を決める値（中心値と幅）である。

3. フラクチャーネットワークの生成法

上に示した方法で、フラクチャー数、フラクチャーの位置・形状・大きさ・二つの傾斜角が設定できる。これらの上を基にして、フラクチャーネットワークは次に示す3段階を経て生成される。

第一段階 全てのフラクチャー（多角形）を独立に作る。

第二段階 フラクチャー同士の交差による交点を求める。（交点と線分）

それぞれのフラクチャーは平面上に位置した多角形であり、それらが交差し合うことによって発生する交点と交線（フラクチャー線）を計算し、その情報を関連したフラクチャー面の情報に追加する。なお、以上の交差計算は誤差の発生を防ぐため、また高速演算のため3次元空間内で行っている。

第三段階 一つのフラクチャー面を取り出し、線分（フラクチャー線）を生成できるようにデローニー三角分割を適用し、そのフラクチャー面を三角形に分割する。この操作を全てのフラクチャー面に繰り返す。

なお、実際の有限要素モデルではこの後、個々のフラクチャー面上に適宜点を追加発生させ、既存の三角形をより細かな三角形に作り直す場合が多い。しかしながら、例えば数十万個のフラクチャー面を作り出すような場合では利用可能な電算機の容量等よりこの点追加が困難な場合も考えられ、その場合上の3段階でフラクチャー・ネットワークの有限要素モデル設定は終了する。

適用例を用いて上に示した手法を説明する。図2はフラクチャーの生成領域を示す。ここでは合計16個のフラクチャーを生成することを考え、領域を既に16個の小領域に分割している。それぞれの小領域内部に只一個のフラクチャー面を設定するために、乱数を発生させて、その重心位置 (x, y, z) 、面の形（三角形、四辺形、五角形のいずれか）、面の大きさ（同様に乱数を使用）、面の傾斜角 $(\phi$ と θ の二つの角度を分布と乱数を使用) を決定する。この結果得られたフラクチャーの状況を示したのが図3である。なお、この段階では単に16個のフラクチャーを設定できただけであって、フラクチャー同士の交差部の計算は行われていない。その後、上で決定されたフラクチャー面同士を交差させて、その交差線と交点を計算する。その結果を図4に示す。同図では個々のフラクチャー面を構成する多角形と面同士の交差で発生した交点と交線を図示している。個々のフラクチャー面上の点を用いて三角形分割した結果が図5に示す。なお、同図5では生成したフラクチャー面のうち1枚の面の三角形分割結果だけを示しているが、(a)はデータで作られた破面上の交線を、(b)は単なる三角形分割結果を、(c)は面上のフラク

チャー線を厳密に生成した結果を示す。このフラクチャー面の三角分割には2次元デローニー三角分割を利用している。図aとbを比べると、aに存在する破面が生成されていないが、c図においてはa図の中の6本の破面が全て生成されていることが理解できよう。

4. あとがき

ここでは様々な岩盤に応じたフラクチャーネットワークを作り上げることを目的としたデータ発生法とそれ得られたデータを用いた有限要素モデルの生成技術を提案した。今回の提案では主として理論的にそして確実に目的を達成できる手法を提案したが、今後はその生成に必要な演算時間を低減できることをも目指した手法の改良が必要と考える。

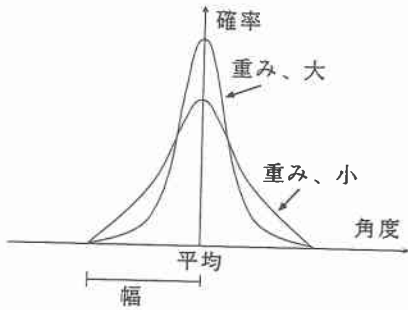


図1 データ生成の分布形

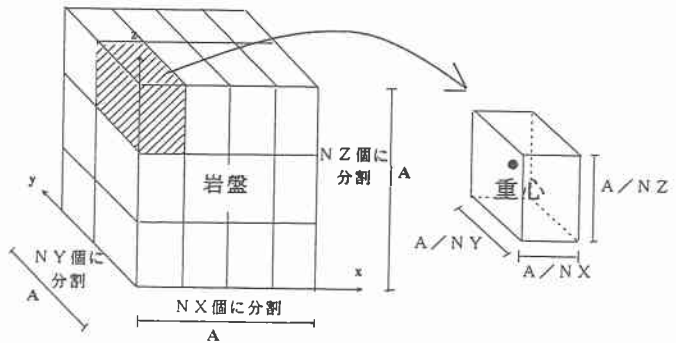


図2 破面生成の領域形状

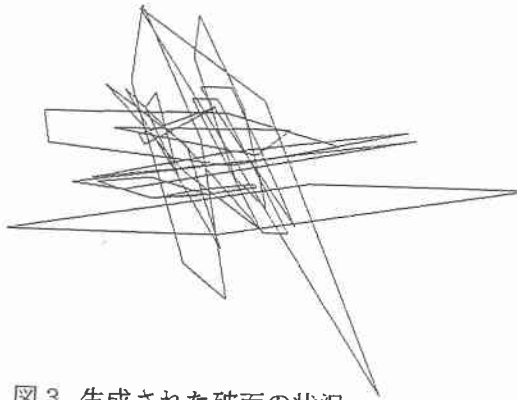


図3 生成された破面の状況

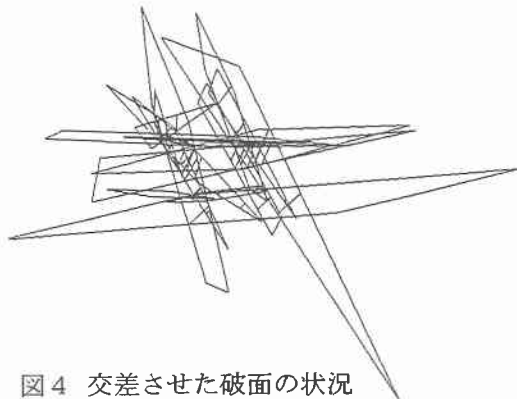
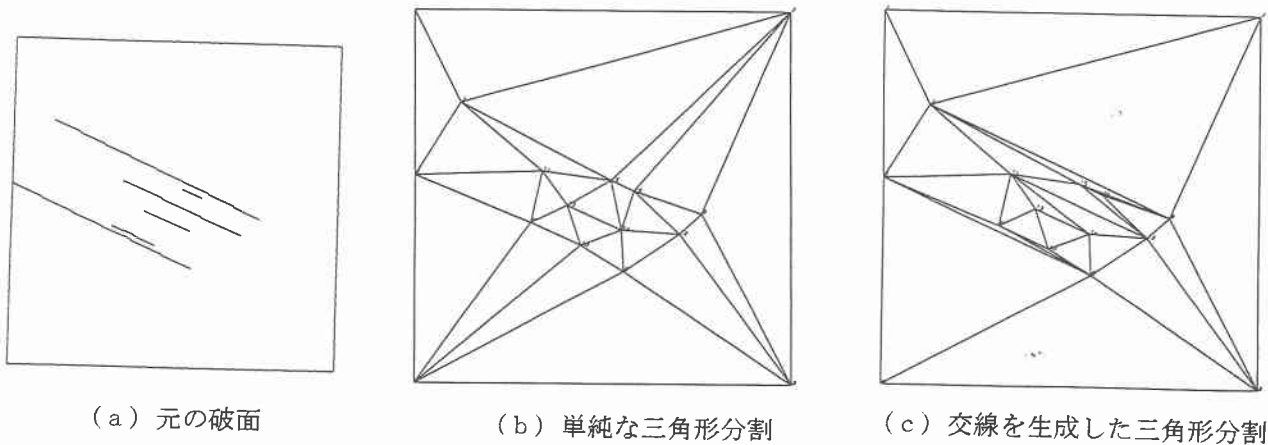


図4 交差させた破面の状況



(a) 元の破面

(b) 単純な三角形分割

(c) 交線を生成した三角形分割

図5 破面の三角分割結果