

岡山大学大学院 学生員 ○ 福岡 康文  
 岡山大学工学部 正員 谷口 健男  
 パシフィックコンサルタンツ 竺原 弘  
 ハノーバー大学 W. Zielke

1. まえがき 3次元体の解析モデルの作成は一般に困難である。しかし、き裂性岩盤内の流れの解析を行なう場合、対象となるき裂性岩盤は図-1のように複数個の任意2次元平面の組み合わせにより表現される。この2次元平面領域それぞれについて要素分割を行い、それらを組み合わせれば必要とする解析モデルが作成できる。本研究では、2次元の要素分割法であるデラウニー三角分割法<sup>1)</sup>を基本とし、き裂性岩盤内の流れ解析のための要素生成法を提案する。

2. 2次元領域の四辺形分割 き裂性岩盤モデルを構成する各平面は、2次元領域として扱われる。それを要素分割する際の要求項目は次のようなものである。

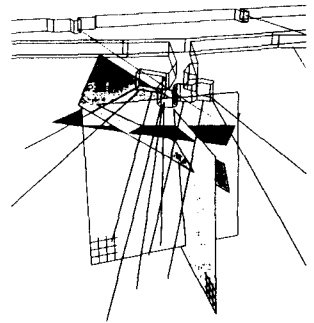
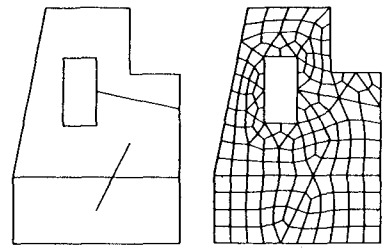


図-1 き裂性岩盤

- (1) 境界形状は任意である。(内部境界を持っても良い)
- (2) 複数個の境界を持っても良い。
- (3) 破壊面、き裂線といった1次元要素を同時に生成できる。
- (4) 四辺形要素に分割できる。
- (1), (2)については修正デラウニー法<sup>2)</sup>で可能となっている。(3)
- (4)については、参考文献3を参照されたい。図-2で任意2次元領域の四辺形分割例を示す。(a)に示すように2つの外部境界、1つの内部境界、2つのき裂線で構成されており、(b)はその四辺形分割例である。

3. 3次元領域の有限要素モデル生成 上で述べたように、ここで言う3次元モデルとは3次元空間内に複数の平面領域が組み合わさったものであり、個々の面を取り出せば2次元領域として扱うことができる。今、2次元平面領域をき裂面と考え、組み合わさった2つのき裂面の関係を簡単に説明する。図-3(a)に示すように2つのき裂面が交差する場合、必ず1つのき裂線を共有する。言い換えれば、き裂面1とき裂面2とはき裂線Aの情報だけで結び付いていることとなる。そのため、新たに①き裂面数②各き裂面内のき裂線数の情報が必要となる。また、2次元では外部境界上の節点は時計回りに、内部境界上の節点は反時計回りに入力することによって領域を認識している。3次元内に置かれた1つの平面においても表・裏を定義し、その表面を分割する。この3次元領域の要素分割の流れは以下のようなになる。

- (1) データの入力
- (2) き裂面の座標変換: 3次元座標をX-Y平面(画面)上の座標に変換する。
- (3) 粗い要素分割: 入力された節点のみで三角分割を行なう。同時にき裂線を生成する。
- (4) 細かい要素分割: き裂面内に任意に節点発生することで各き裂面内の節点数、要素数を操作する。
- (5) 分割された面の逆変換: X-Y座標を3次元座標に戻す。
- (6) 三角形を四辺形に変換 (参考文献3参照)
- (7) 要素形状の修正: ラプラシアン法により要素形状を修正する。
- (8) データの出力



(a) (b)  
 節点数 192 要素数 163

図-2 任意2次元領域の四辺形分割

上記の、(2)～(5)の作業をN回(N:き裂面数)繰り返しモデルを作成する。

4. 適用事例 図-3は(a)のような2つのき裂面の要素分割の過程を示している。(b)は三角形分割したもので、(c)は四辺形分割したものである(要素形状修正後)。(d)はき裂面1、(e)はき裂面2の要素分割を個別に示している。太線がき裂線である。

図-4は内部境界を持つ任意領域の分割例である。

図-5は4つのき裂面が交差する対象の分割例である。

5. あとがき 3次元では2次元と比較して境界周辺やき裂線周辺に好ましくない形状の四辺形要素が多く存在する。また、各き裂面における要素形状の良否の差が大きい。これは領域内部への適切な節点配置がなされていないからであり、き裂線を考慮した節点発生が必要であることを示している。

3次元の場合要素分割のための入力データの作成が困難である。ここでは簡単のためにき裂面を100M×100Mの正方形とし、き裂面数、水平面上において北との方向とき裂がなす角度、水平面とき裂面がなす角度、正方形平面の重心の移動距離の情報からき裂面を決定し、き裂線を発生する。しかし、この方法では任意領域や内部境界の生成は行えない。

今後の課題としては、以上に示したようなより形状の良い要素生成のための節点配置法、入力データ作成法、そしてき裂面が曲面である場合の分割法の開発などが挙げられる。

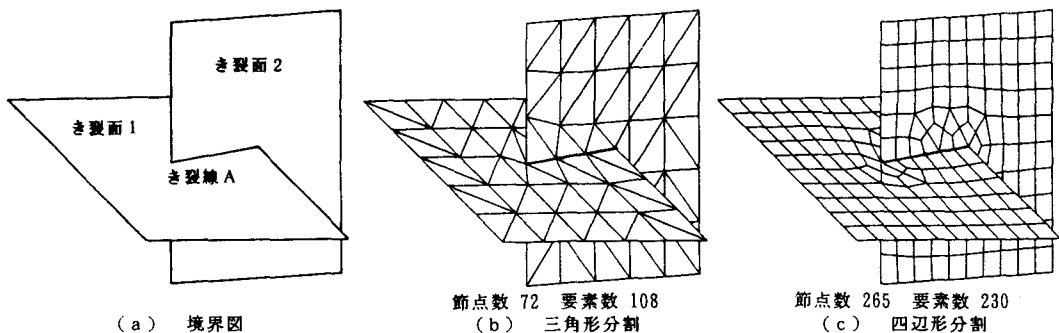


図-3 要素分割の流れ

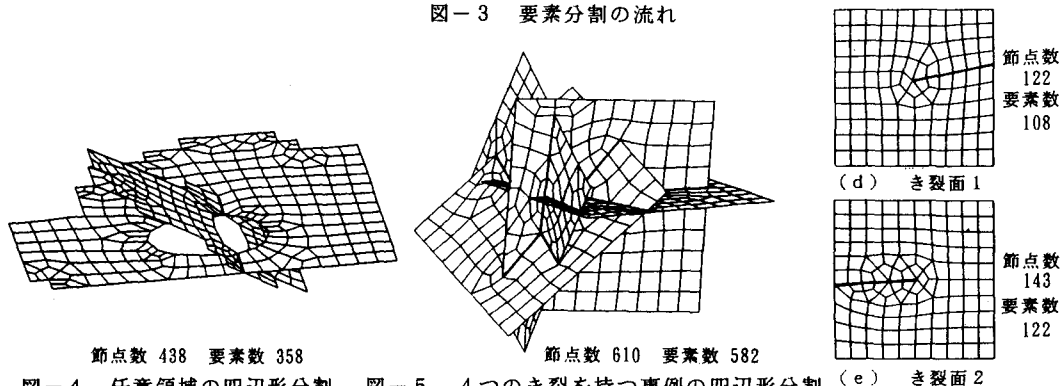


図-4 任意領域の四辺形分割

図-5 4つのき裂を持つ事例の四辺形分割

《参考文献》

- 1) S. W. Sloan, "A fast algorithm for computing Delaunay triangulations in the plane", Advances in Engineering Software, Vol. 9, No. 1, pp34-55, 1987
- 2) 谷口健男、太田親、"直線辺で構成される任意2次元領域へのデラウニー三角分割の適用"、土木学会論文集, No. 432/1-16, pp69-77, 1991
- 3) 谷口健男、福岡康文、"任意2次元領域の四辺形分割"、構造工学論文集, Vol. 38A, pp311-316, 1992