

I-254

き裂の伝播解析のための要素自動分割法

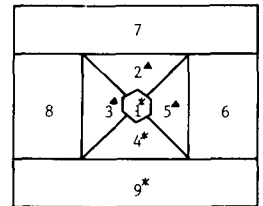
岡山大学 大学院 学生員
岡山大学 工学部 正 員
川田工業株式会社

鶴海 康雄
谷口 健男
木村 透

1 まえがき 近年、構造解析の分野では計算機の高度な発展を背景とし、有限要素法が幅広く用いられるようになった。しかし、大規模モデルを解析する場合、節点数・要素数が増加し、その入力データは膨大なものとなるので、多くの労力と時間を費すばかりでなくデータ作成時および入力時にミスを引き起こす危険性が高まる。特に、き裂の伝播解析においては、き裂の進展に伴い解析対象の形状変化に応じた複数回の要素分割を行うため、このような危険性を排除するとともにコスト低減を目指して自動的な要素分割が必要となる。また、実際の構造物は近似的なモデルの解析とその対象とするのが一般的であり、その解析モデルは2次元で充分である。したがって、本研究においては、複雑な形状を有する二次元連続体を単純な形状ともし、幾つかの部分形に分割した場合のクラック先端を含む1つの部分系について、入力データ量の削減、省時間化を目的として、き裂伝播解析を有限要素法を用いて行う際に必要な入力データを計算機で自動的に行う要素自動分割法の開発を行う。

2 分割法の考え方 二次元連続体のき裂の伝播解析を有限要素法で行う場合、クラック先端部での応力解析がその主なものになる。したがって、クラック先端部近傍領域での要素分割は慎重かつ適切に行う必要があり、要素の大きさを小さくし分割パターンを一定とすることが望ましい。一方クラック先端部近傍領域を除く周辺部分での解析は、さほど神経質になる必要はなく、解析を効率的に行うために比較的大きな要素で分割を行う。そして、この2つの領域の間に要素数の大きさや節点数の違いを漸次変化させ、両者をうまく結びつける緩和領域を設ける。以上のように、解析対象となる部分系をさらに数個の部分系に分けて要素分割を進める。(図.1)

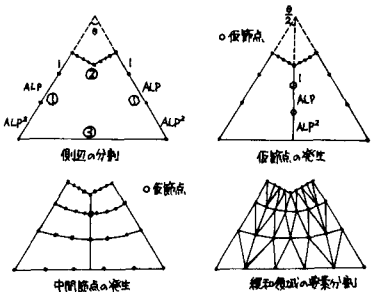
i) クラック先端部近傍領域の分割 クラック先端部近傍領域は応力集中が発生し、十分な解析精度を得るために1辺長が0.5~20mmの6節点の三角形アイソパラメトリック要素を用いる。このアイソパラメトリック要素領域はある程度の大きさにと、ておき、クラック進展量が微小ならばアイソパラメトリック要素内をクラックが進展していくようにする。そしてアイソパラメトリック要素より1回り小さい領域を考え、その領域よりクラック先端が外に進展すると、アイソパラメトリック要素を移動してその中心にクラック先端がくるようにする。



*: クラックを有する部分系
▲: クラックの進展に伴いクラックが1/3可能性のある部分系

図1. モデルの部分系分割

ii) 緩和領域の分割 側辺上にある節点数を上辺上にある節点数と下辺上にある節点数との差を2倍の数として求める。側辺上にある節点数は緩和領域を形成する4つの部分形全てに共通なので、各部分形で求めらした側辺上にある節点数のうち最大のもを緩和領域での側辺上にある節点数とする。次に側辺を上1:ALP, 2:ALP², ... と分割できるように節点を置く。このALPは緩和領域の要素を徐々に大きくしていくための重みである。次に側辺をそれぞれ延長した2本の直線の成す角を求め、その角の二等分線とを求める。その直線の緩和領域内にある線分上に1:ALP, 2:ALP², ... と分割するように仮節点を置く。次に、対応する側辺上の2節点と仮節点を結び円または直線と求め、その円または直線上に分割数に応じて節点を等分割になるように発生させる。このようにして分割を行う。(図.2.)



①: 側辺 ②: 上辺 ③: 下辺

図2. 緩和領域の要素分割

ところで、クラック先端部近傍領域はクラック進展に伴い移動するので、この緩和領域を固定しておくとし、クラック進行量が多くなるにつれて緩和領域内に不適当に至んだ要素が出てくる恐れがある。したがって、要

素形状の歪があまり大きくなると、緩和領域のほぼ中央にクラック先端近傍領域がくるように緩和領域を移動する。(図.3.)

この歪の基準としては、緩和領域の周囲の4点とクラック先端を結んでできる4つの角(図.4.)の大きさで判断する。この角度のうち一つでも許容量を越えるようなら緩和領域を移動する。

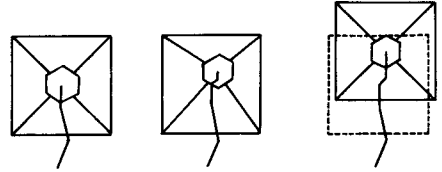


図.3. 緩和領域の移動

iii) 外周辺領域の分割

外周辺領域は応力の変化もそれほど

激しくないと考えらるるので、一様かつ粗い要素分割を行う。まず、モデル全体を利用者によって入力された分割数により一様に分割する。そしてクラック先端部近傍領域と緩和領域は前述の方法で分割を行い、それ以外の外周辺領域は最初の分割をそのまま残しておく。

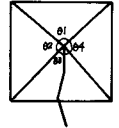


図.4.

iv) 進展後のクラック形状の表現

クラック形状設定頂点との距離が一番短い節点を、

クラック形状設定頂点上に移動し、要素-節点関係を修正する。次に、クラック形状設定頂点を結んでできる線分上に近いの節点を移動させる。この線分上に移動させる節点の数は、クラック形状設定頂点から次のクラック形状設定頂点を結んでできる経路のうち、最短の経路上にある節点数より求める。そしてこのクラック上に移動した節点と同じ座標値を持つ節点をもう一つずつ発生させ、ここで再び要素-節点関係を修正する。(図.5.)

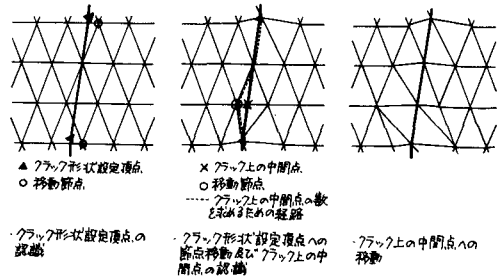


図.5. 節点移動例

v) 各部分系間の対応

要素分割は部分系ごとに行

っていくが、境界上の節点はどちらの部分系にも属する。そこで、要素分割を行う順番により各部分系の位置認識を行い、要素分割を終えた後、他の部分系と共有する線素上の節点に関しては節点番号を記憶しておく。そして

その境界と共有する部分系の要素分割時に、記憶しておいた節点番号をその共有する節点に付ける。

3. 分割法とその例

今まで述べた要素自動分割法を用いて、実際に要素分割を行、た例を図6~8.に示す。

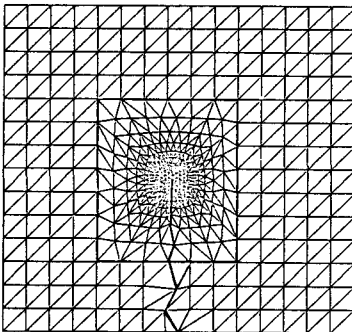


図.6. 三角形アイソパラメトリック要素を用いた要素分割例

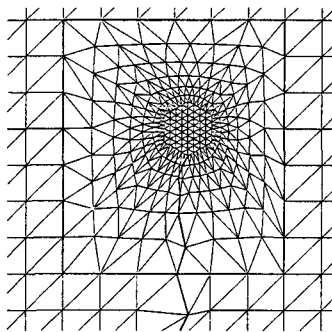


図.7. アイソパラメトリック要素が移動した場合の要素分割例

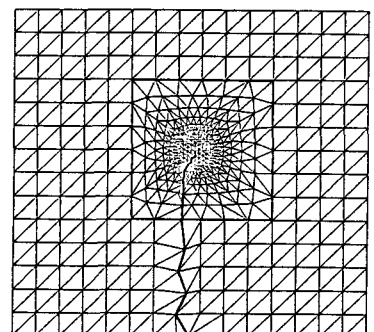


図.8. 緩和領域が移動した場合の要素分割例

4. あとがき

本研究は、汎用性と自動化とを満足するような、き裂の伝播解析のための要素自動分割法の開発を行った。自動化については、クラックが対象とするモデルの境界付近を除く適切な範囲内を進行するならば、クラック進展に伴う要素分割が可能であり、その目的をある程度満足できたものと考えらるが、汎用については必ずしも高いものとはいえない。しかし、汎用性と自動化は互に相入れない相反的な性質のものであり、双方を同時に満足させることは極めて難しい問題である。要素自動分割法は、その利用者の目的により性格が大きく変わるものであり、一つのプログラムで様々なニーズに答えるのではなく、幾つかの性格の異なる要素自動分割法を用意し、それらの中から利用者の目的によって選択してもらうのが妥当であると考えらる。