

境界要素法による斜めき裂の解析とき裂進展に関する基礎的研究

大 成 建 設 正員○浦上 昇 徳島文理大学 正員 児嶋弘行
 徳島大学工学部 正員 沢田 勉

1. まえがき 本研究は、境界要素法によるき裂の解析に要素自動分割法を導入すると共に、矩形板中に存在するき裂の傾斜角とき裂の位置がき裂先端の応力拡大係数にどのような影響を及ぼすかを検討し、さらにき裂進展の自動追跡法についても基礎的な研究を行ったものである。

2. 要素自動分割法 境界要素法を用いて解析する場合には、解析対象を要素分割しなければならぬ。これを手計算で行うには、大変な労力を要する。そこで、解析対象のある基準点を用いて要素分割を自動的に行う要素自動分割法を導入する。要素分割においては、き裂先端付近では等比数列を用い、それ以外のところでは等間隔に要素分割を行う。き裂先端付近で等比数列を用いて要素分割を行うのは、き裂先端付近では他のところと比べて精度を要するからである。解析対象が二軸対称であるならば、1/4 領域のみを取り出してそれを解析すればよいので、1/4 領域のみを要素分割すればよい(図-1)。解析対象が非対称の場合には、領域分割法が適用できるように要素分割を行う(図-2)。よって、1/4 領域のみを解析する場合と領域分割法を用いて解析する場合とでは基準点の数が異なる。基準点としては、解析対象の四隅の点とき裂先端の点(図中の○)を用いる。また、図中の●は要素分割した点の例を表している。

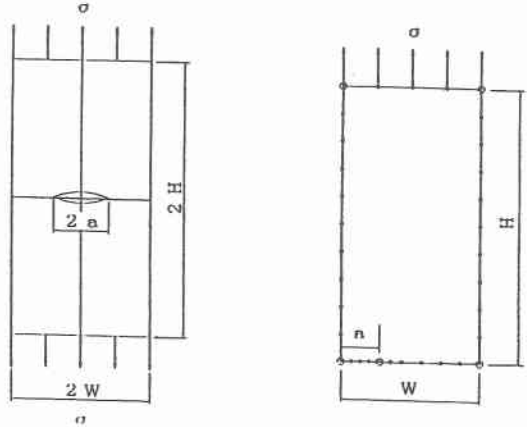


図-1 1/4 領域のみを解析する場合の要素分割

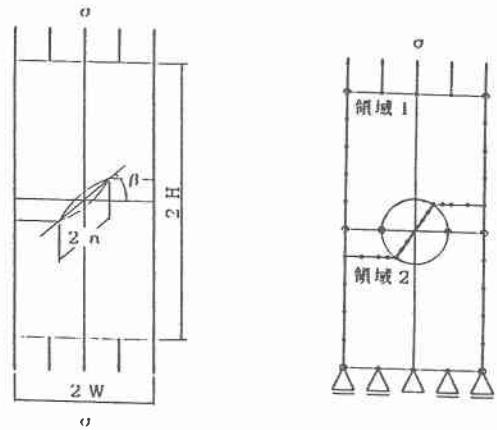


図-2 領域分割法を適用して
解析する場合の要素分割

3. 解析結果 境界要素法を適用して矩形板中に任意の位置・角度を持つき裂が存在するときのき裂先端の無次元応力拡大係数を計算する。まず、き裂の傾斜角と応力拡大係数の関係を調べるため、矩形板の中央に存在するき裂の角度を0度から180度まで15度ずつ変化させた場合を解析し、無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} を計算した。この場合の解析結果を図-3に示す。この図より、斜めき裂の角度 $\beta=90$ 度を境にして、無次元応力拡大係数 F_I は、左右対称の曲線となり、無次元応力拡大係数 F_{II} は、逆対称の曲線になっている。 F_{II} ではせん断力が90度境にして正負が逆になるためにこのような曲線となる。また、 F_I は、0度と180度のときに最大になり、90度のときに最小になっており、 F_{II} は、45度のときに最大になり、135度のときに最小になっている。次に、き裂の位置と応力拡大係数の関係を調べるために、矩形板の中央に存在する斜めき裂を水平方向(CASE A)、鉛直方向(CASE B)および斜め45度方向(CASE C)にそれぞれ移動した場合について、無次元応力拡大

大係数 F_I 、 F_{II} を計算する。ここで、斜めき裂の角度 β は15度から75度まで15度ずつ変化させて解析を行ったが、紙面の都合上、き裂の角度 β を45度として解析した場合を例としている。この場合の解析結果を図-4に示す。この図より、斜めき裂を水平方向(CASE A)に移動した場合、無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} は共に、矩形板の縁に近づくにつれて自由縁の影響を強く受けて変化の割合が大きくなっている。ここで、き裂左先端の方がき裂右先端より大きくなっているのは、移動方向を水平左方向にしたためにき裂左先端が自由縁の影響を強く受けたためである。次に、斜めき裂を鉛直方向(CASE B)に移動した場合、無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} は共に、CASE Aに比べて立ち上がりの緩やかな曲線を描いている。また、解析している斜めき裂が右上りのき裂であり、移動方向を鉛直上方向にしたためにき裂右先端の方がき裂左先端よりも自由縁の影響を強く受けて変化の割合が大きくなっている。そして、斜めき裂を斜め45度方向(CASE C)に移動した場合、CASE Aの場合と比較してみると、この両者はほとんど一致する。このことより、CASE CはCASE Bの影響をほとんど受けていないということが明らかである。例として角度 β を45度とした場合を示したが、 β を15度から75度まで15度ずつ変化させた場合にも同様な解析結果が得られる。斜めき裂の角度 β が45度越えた場合には、無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} で F_{II} のほうが F_I よりも大きくなっている。

また、図-4より、き裂が矩形板の端に近づいた場合、 $D/W=0.6$ (CASE A、CASE Cの場合、CASE Bでは $D'/W=0.7$) ぐらいまでは、無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} は共にほとんど変化がなく一定となっている。CASE Bの場合の様にき裂を鉛直方向に移動させた場合には、矩形板の端にかなり近づかなければ無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} は、ほとんど変化がない。これは、板の長さ方向のき裂が板の端にほど近づかない限りさほど重要視する必要がないことを示している。

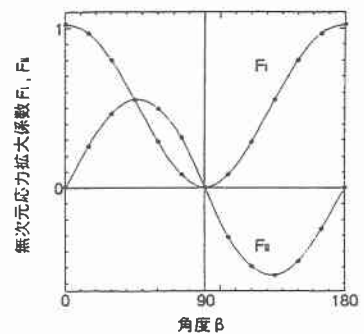


図-3 無次元応力拡大係数
 F_I 、 F_{II} の変化

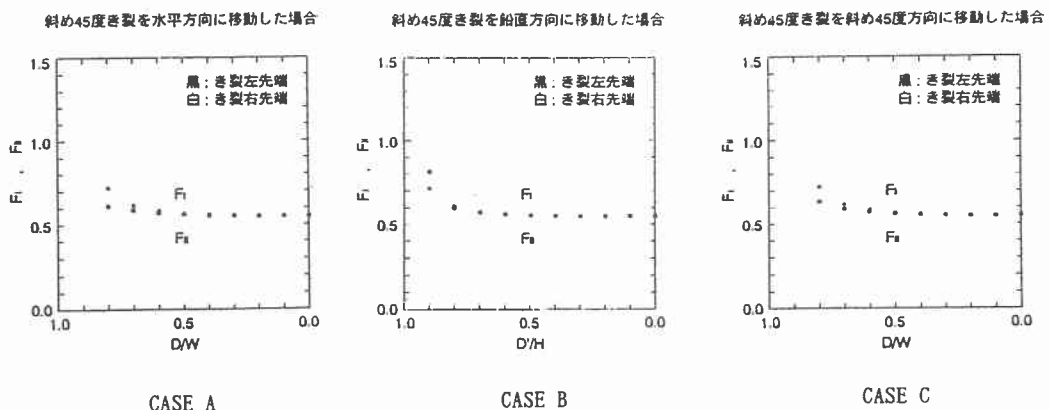


図-4 き裂の移動に伴う無次元応力拡大係数 F_I 、 F_{II} の変化

5. あとがき 今回は、境界要素法を適用してき裂先端の応力拡大係数の解析を行う際に要素自動分割法を用いて要素分割を行った。き裂進展の自動追跡にはこの要素自動分割法を適用して、き裂が進展した場合に進展した新たなき裂長を下に再度要素分割し、そのき裂先端の応力拡大係数を解析して破壊靱性値と比較することによって、き裂進展の検討を行うが、これについては講演会当日に言及することにする。