

名古屋工業大学 学生員 ○緒原 茂
名古屋工業大学 正員 長谷部 宣男

まえがき 初期クラックの進展は、必ずしも、直線的に進むとは限らず、分岐・曲折・屈折するものが多い。しかし、このような混合モード（モードⅠとⅡ）下の、クラックのせい性破壊に対するクリティシオンとしては、Erdogan, Sih による $\sigma_{\theta \max}^{(1)}$ 、及び Sih による $S_{\min}^{(2)}$ の二つが提案されているが、まだ定説はない。したがって、これらの現象を説明するためには、初期クラックが、何らかの原因により、微小に屈折した場合の厳密な応力分布と、応力拡大係数を求める事も有用な事であると思われる。そのために、図-1に示すような無限の長さを持つ初期クラックに、クラック長さ a の屈折クラックのあるモデルを考えた。荷重条件は、各荷重載荷点で、 x , y 方向に集中荷重 P , Q を載荷した場合を考えた。また解析方法は、等角写像法を用いて、有理型写像関数を作り、複素応力関数により、解いた。本報告では、境界に沿う緑応力分布と応力拡大係数の一解析例を示した。

写像関数 図-1に示す物理領域 (z 平面) を z 平面上の単位円上とその内部に写像する無理型写像関数は、Schwarz-Christoffel の公式から導かれ、それを収束の遅い項と、速い項に分離し、各々べき級数展開を行なうと、有限項で一致するように分数式の係数を決定した。分数式の和の形で表わされる有理型写像関数は、次式で与えられる。

$$z = \omega(\zeta) = \int \frac{(5+1)(5-e^{i\alpha})^{1/2}}{(5-1)^2(5-\zeta)^{-1/2}} d\zeta = K \sum_{k=1}^N \frac{E_k}{\zeta_k - \zeta} + C$$

ここで、複素定数 K , C は、図形の大さ及び位置に関する定数である。

なお、解法は省略する。(文献(3)を参照)

解析結果 本解析例では、屈折角度 θ を $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ と変化させた。

図-2は、屈折点 A , C に x 方向集中荷重 P ($=1.0$) を加えた時の境界に沿う緑応力分布図 (屈折角度 $\theta = 60^\circ$) を示す。

図-3, 4には、屈折角度 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ で各荷重載荷点に x , y 方向の集中荷重 P , Q を加えた時の応力拡大係数を示す。

なお、図中の応力拡大係数 K_1 , K_2 は、それぞれ微小な屈折クラック長さ a , そして屈折点 A (又は C) から荷重載荷点までの距離 l で無次元化したもので、次式で表わされる。

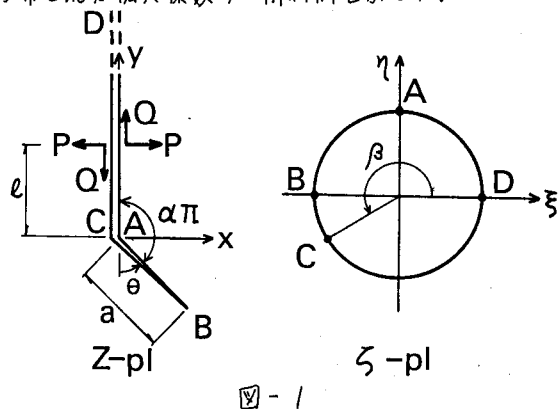


図-1

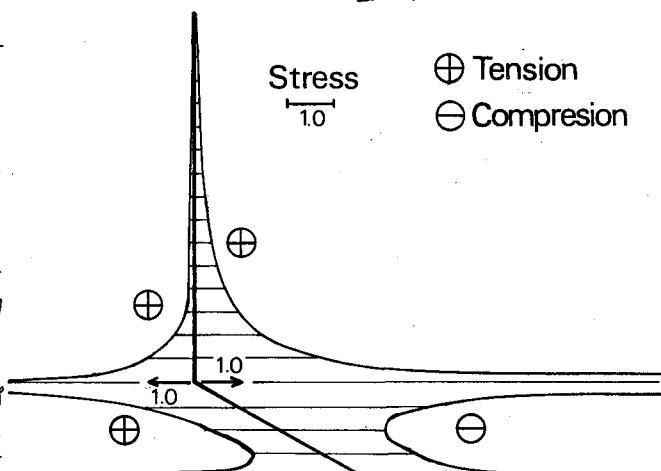


図-2 集中荷重 P による緑応力分布

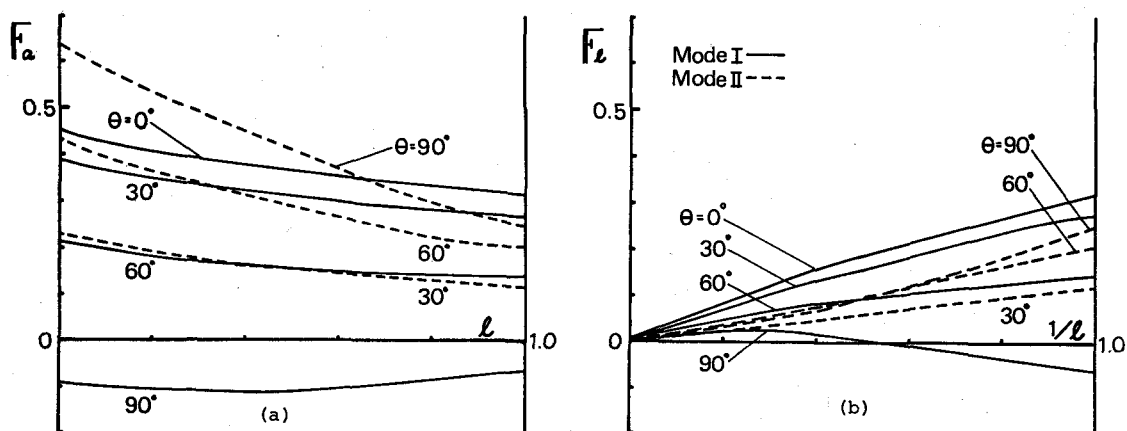


図-3 荷重Pによる応力拡大係数

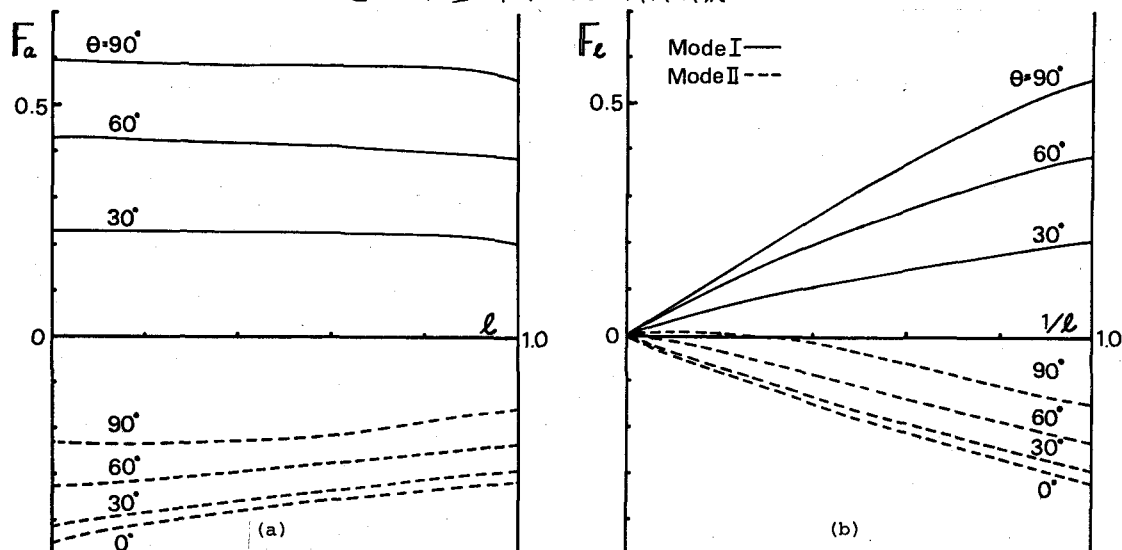


図-4 荷重Qによる応力拡大係数

$$F_a = \frac{K}{\left\{ \frac{P}{Q} \right\} \sqrt{\pi a}}, \quad F_{II} = \frac{K}{\left\{ \frac{P}{Q} \right\} \sqrt{\pi l}}$$

図-3から、載荷点までの距離 l を一定にして、 x 方向荷重 P を加えた場合、モードIの応力拡大係数は、屈折角度 θ が 0° から 30° の間で変化が小さいのが分る。逆に、モードIIのそれは、 θ が 60° から 90° の間で変化が小さい。しかし、図-4から、同様にして y 方向荷重 Q を加えた場合は、モードIIは 0° から 30° の間で変化の割合が小さい。また l を一定にして、屈折角度 θ の 0° から 90° の範囲での変化に注目した場合、モードIは、 x 方向荷重ではしだいに減少するが、 y 方向荷重では増加する。モードIIに関しては、 x 、 y 方向荷重ともに増加することが分る。

本報告では、図-1のクラックモデルを表わす有理型写像関数で、集中荷重を載荷した場合の解析例を示したが、他の荷重条件、例えば分布荷重の場合にも、解析は可能である。

文献

- (1) F. Erdogan, G.C. Sih, Trans. ASME, J. Basic Eng., 85 (1963), p. 519
- (2) G.C. Sih (ed.), Methods of Analysis and Solutions of Crack Problems, Noordhoff, Leyden, 1973, p. 1
- (3) N. Hasebe, J. Iida, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 10 (1978), p. 773