

鹿島建設(株) 正員 ○入倉 英明
 名古屋工業大学 正員 長谷部宣男
 名古屋工業大学 正員 中村 卓次

【まえがき】 一様熱流を受ける孔を有する無限弾性板に対する外力境界値問題や変位境界値問題の解析は割合になされている。さらに、著者らは任意形状の孔を有する無限領域を単位円外に写像する分数式の和の形の有理写像関数と *dislocation* 法を用いて、一様熱流を受ける任意形状の孔を有する無限弾性板に対する混合境界値問題の一般解を導いている[1]。この混合境界値問題に対する解は、有理写像関数を適当に選ぶことにより任意の形状の孔に、さらに、変位境界と外力境界の接合点の座標を動かすことにより固定端の位置を自由に変えることができる。なお、解析には境界面からの熱の出入りはないものとしている。

【解析モデル】 無限板中に存在する剛体リングや熱を通さない性質を持つ剛体介在物等により変形を拘束された円孔を考える(図-1(a))。一様熱流は、 x 軸に沿って正の方向に作用するものとする。一様熱流の作用により A 点で法線方向応力が引張の最大となるので、ここから剥離が発生する可能性が高い。なおここで、“剥離する”とは変位拘束が解かれ自由境界になる状態をいう。そこで、この点から剥離が生じている場合を初期状態とし、角 θ で表される位置で剥離が生じているとき(図-1(b))に、さらにこの剥離が進展するのか、あるいは、剥離端からクラックが生ずる(図-1(c))のかを調べる。これにより、材料の破壊を防ぐために剥離とクラックのど

ちらに注意を払うべきかが判る。

なお、対称性より剥離は熱流の方向(x 軸)に対称に進展するものとし、クラックは円孔の法線方向に発生するものとする。

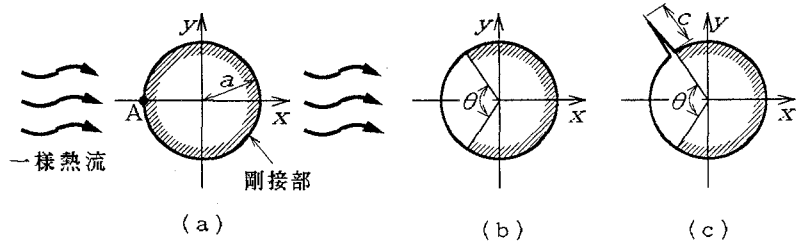


図-1 解析形状

【解析結果】 クラックの発生・進展に関わる指標として、クラック先端近傍の応力成分、応力拡大係数およびクラック発生直後のエネルギー解放率 E_c を用いる。剥離の発生・進展に関わる指標として、剥離先端近傍の応力成分および剥離進展に伴うエネルギー解放率 E_d を用いる。角 θ で表される剥離の位置における発生直後のクラック長 $c/a = 0.001$ および 0.0005 に対するエネルギー解放率 E_c を図-2 に示す。また、その剥離の E_d 値を図-3 に示している。エネルギー解放率により表されたクラックの進展に関する破壊靱性値を E_{c0} 、同じく剥離の進展に関する破壊靱性値を E_{d0} と表すと次のことが云える。

- (1) $E_c < E_{c0}$ かつ $E_d < E_{d0}$ の場合、剥離は進展せず、クラックも発生しない。
- (2) $E_c > E_{c0}$ かつ $E_d < E_{d0}$ の場合、剥離は進展せず、クラックが発生する。
- (3) $E_c < E_{c0}$ かつ $E_d > E_{d0}$ の場合、剥離が進展し、クラックは発生しない。
- (4) $E_c > E_{c0}$ かつ $E_d > E_{d0}$ の場合、剥離が進展する可能性も、クラックが発生する可能性もある。

上記(4)の場合には、実際には剥離とクラックのどちらかの現象が起きるであろう。その何れが起きるのかを判断するために、次式のエネルギー解放率の比および破壊靱性値の比を考える。

$$C_{dc} = \frac{E_d}{E_c} \quad C_{d0c} = \frac{E_{d0}}{E_{c0}}$$

C_{dc} 値を図-4 に示す。 C_{d0c} 値は図-4 中で横軸に平行な直線として表される。

ある初期剥離 θ で C_{dc} と C_{d0c} の大小関係より、次の場合が考えられる。

(イ) $C_{ac} < C_{ac0}$ の場合、剥離端からクラックが発生する。

(ロ) $C_{ac} > C_{ac0}$ の場合、剥離が進展する。

ただし、クラックの発生・進展条件として剥離先端近傍で接線方向応力成分 $\sigma_\theta > 0$ かつ $c/a \rightarrow 0$ としたときに応力拡大係数 > 0 でなければならない。剥離の進展条件として剥離先端近傍で法線方向応力成分 $\sigma_r > 0$ でなければならない。ある剥離の位置に対する無次元化した応力拡大係数 T_I 値と σ_θ 値をそれぞれ図-5, 6 に示している。なお、 σ_r 値については解析の結果剥離の位置によらず常に正であった。

【参考文献】 [1] 入倉，長谷部，中村，“一様熱流を受ける孔を有する無限板の混合境界値問題”，第39回応用力学連合講演会講演予稿集，1989

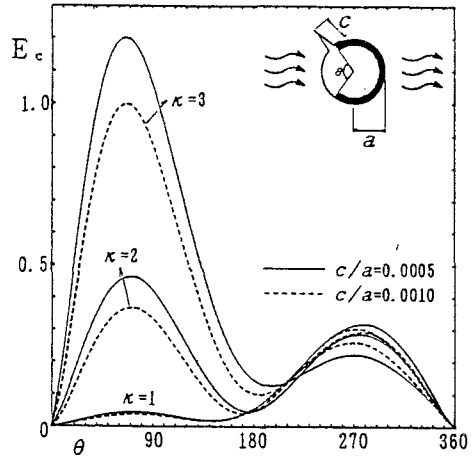


図-2 クラック進展によるエネルギー解放率

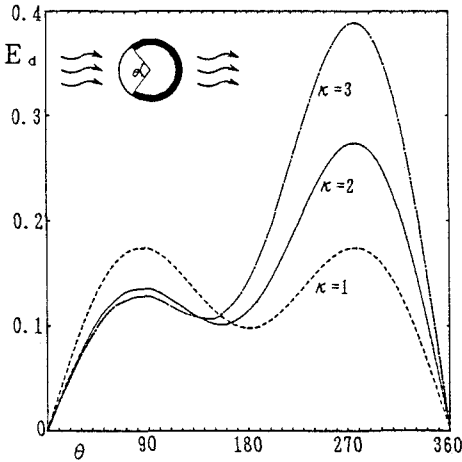


図-3 剥離進展によるエネルギー解放率

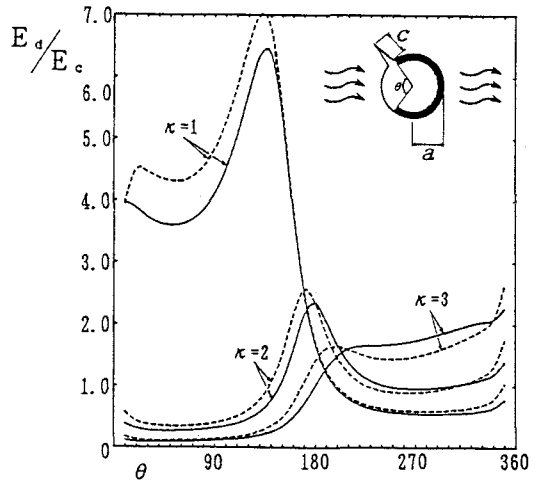


図-4 エネルギー解放率の比

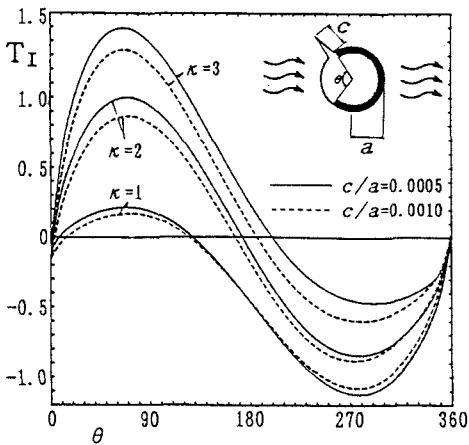


図-5 無次元化した応力拡大係数

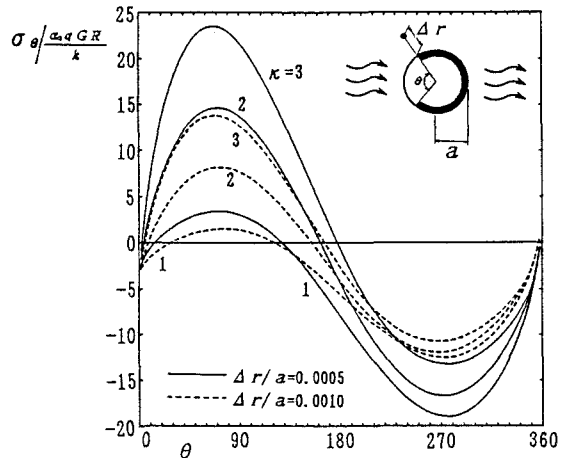


図-6 剥離先端近傍の σ_θ 値