

I-45

一様熱流を受ける矩形孔の剛補強部に発生したはく離

東急建設(株) 正会員 吉川 和夫
名古屋工業大学 正会員 長谷部 宣男
名古屋工業大学 正会員 中村 卓次

【まえがき】破壊力学におけるクラックおよびはく離に関する研究は、これまでに数多く行われている。しかし、温度の不均一性によって生じる熱応力を扱ったものは、等温弾性下の解析に比べて少ないようである。そこで、本研究では、一様熱流を受ける無限板中の矩形孔が剛に補強され、その一部がはく離した解析モデルを考え、応力分布、はく離先端での特異性を求め、簡単な考察を行う。解析には、孔を含む任意形状を単位円外に写像する関数と境界条件式を満足するように決められる単位円外で正則な複素応力関数を用いている。また、剛補強部を含む孔境界は熱流を通さず、剛体回転はしないものと仮定して解析をする。

【解析方法】図-1に示す Z -plane の矩形孔を含む無限弾性領域を ζ -plane の単位円に写像する分数式の和の形で表される有型写像関数と単位円外で正則な複素応力関数で表される境界条件式に L 上で $p_x = p_y = 0$ 、 M 上で $u = v = 0$ なる境界条件式のもと *dislocation* 法を用いて複素応力関数の一般解は得られる¹⁾。ここで、境界上において、変位が拘束されている部分を剛境界 M (補強部分)、その他の領域を自由境界 L と呼ぶ。つまり、 M 上の点が L 上になった状態をはく離した状態と考え、その点をはく離先端 α, β としている。なお、はく離は、 X 軸対称 ($\alpha = -\beta$) として解析する。

【解析結果】この複素応力関数の一般解を用いた解析例を図-2に示す。 $\kappa = 2$ (κ はポワソン比 ν の関数であり、平面応力状態で $\nu = 1/3$) の材料に一様熱流が X 軸となす角 $\delta\pi$ を 180° の方向つまり X 軸の正の方向から作用した場合をはく離先端を表す c/a を $0, 0.5, 1.0$ としたときの応力分布を示したものである。分布形は X 軸対称となるため $Y \leq 0$ の部分は省略している。 $c/a = 0$ の時つまりはく離発生前で、境界上の Z_A 近傍および対称軸上 Z_C 近傍で引張方向の応力集中が生じている。 $c/a = 1.0$ の時つまりはく離が Z_B, Z_D まで進展した状態では、境界上の Z_B, Z_D 近傍と対称軸上 Z_C 近傍で引張方向の応力集中が生じている。従って、応力分布から、対称性を考慮すると次のように推測される。

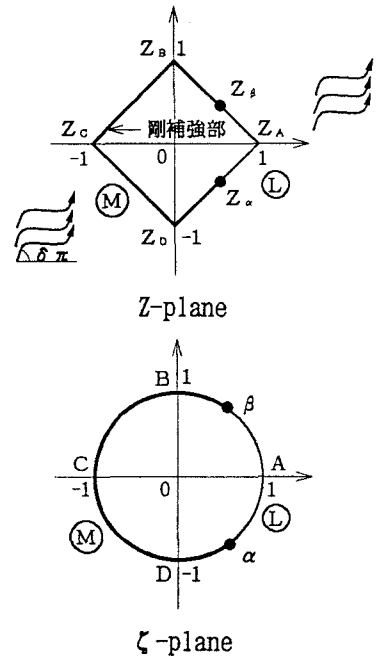


図-1 物理面と単位円

$\delta\pi = 180^\circ$ の時

$c/a = 0$ の状態	$\left\{ \begin{array}{l} Z_A \text{ から } Z_B, Z_D \text{ 方向へのはく離発生} \\ Z_B, Z_D \text{ から } Z_C \text{ 方向へのはく離発生} \\ Z_C \text{ からのクラック発生} \end{array} \right.$
$c/a = 1$ の状態	

そこで、はく離先端での特異性を文献2)の方法を用いて得られた結果を図-3に示す。この特異性値はクラック先端での応力拡大係数に相当している。この図は $\kappa=2$ の材料に熱流の方向を、 90° 、 135° 、 180° としたときの Z_B 側の特異性値をはく離先端を表すパラメーター c/a を $0 \leq c/a \leq 1$ (はく離先端が $X/a \geq 0$ に存在する場合)、 $1 \geq c/a$

≥ 0 (はく離先端が $X/a \leq 0$ に存在する場合)とした時の結果である。この3ケースの場合は、はく離発生直後で、 F_b 値が単調増加を示すことから、はく離の進行が考えられる。しかし、徐々に F_b 値が単調減少しはじめることから、はく離が、ある長さで停止する可能性も考えられる。また、 $\delta\pi = 135^\circ, 180^\circ$ の時には、初期はく離が 0.9 を越えていると一旦はく離が進展すると止まることなく隅角部まで進行するものと考えられる。隅角部 Z_B 、 Z_D まではく離が進行した後の $\delta\pi = 90^\circ$ の場合には Z_C 方向へのはく離の進展の可能性は小さいようである。また、 $\delta\pi = 135^\circ, 180^\circ$ の時には一旦はく離が発生するとある長さ

で進行するが、徐々に単調減少することからある長さで止まる可能性が考えられる。

【まとめ】無限板中に存在する矩形孔が剛に補強された時に、 X 軸対称なはく離が生じた場合を一樣熱流下で解析を行い、はく離に関する考察を行った。

- 【参考文献】1) Hasebe, N. and Irikura, H. and Nakamura, T., J. Appl. Mech. (print).
2) Hasebe, N. Tsutsui, S. and Nakamura, T., J. Appl. Mech. 55, 574-579(1988).

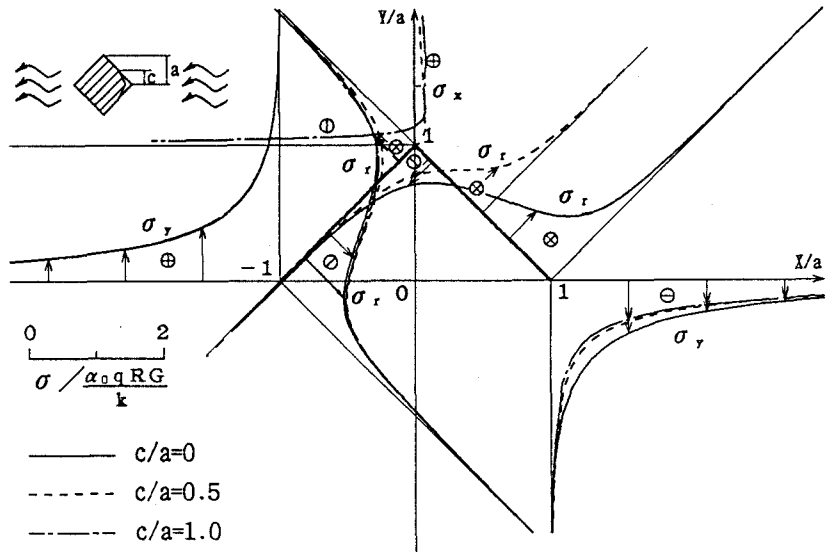


図-2 応力分布 ($\kappa=2$, $\delta\pi=180^\circ$)

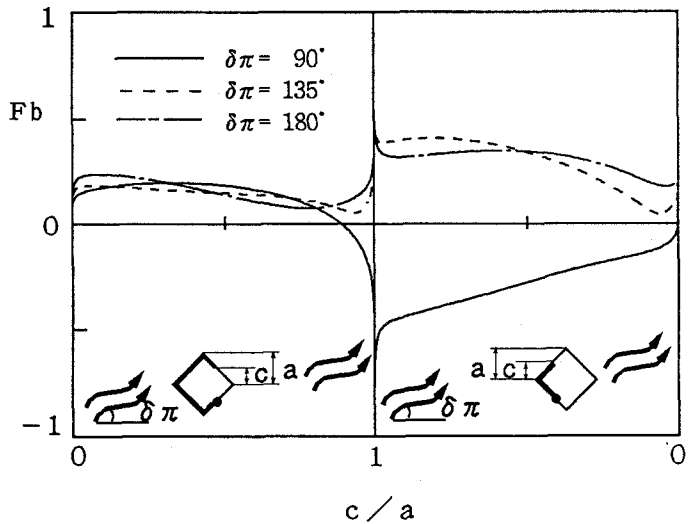


図-3 はく離先端 Z_B の特異性値
[$\kappa=2$]