

## 一様熱流を受けるクラックを有する矩形孔の応力解析

名古屋工業大学	学生員	○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** 矩形孔を有する無限板が任意方向から一様熱流をうけ、両側に等長なクラックが発生した場合の熱弾性解析を行い、クラック発生前後で熱流分布、温度分布、および熱応力分布を求める。また、クラック先端での応力拡大係数、および縦せん断変形（ModeIII）の場合と同様にクラック先端では熱流に特異性が生ずることからその値についても考察する。

**解法** 解析方法は文献1)、2)に譲り、ここではその概略を述べる。fig. 1 の  $Z$ -plane に示すクラックを有する矩形孔を含む無限領域を  $\zeta$ -plane に示す単位円内に写像する写像関数は分数式の和の形の有理型関数で与えられる<sup>3)</sup>。これを用いて外力が存在せず、境界上で変位の拘束がない条件のもとで複素応力関数、温度に関する複素関数を求める<sup>1)</sup>。

熱流、温度、および熱応力は写像関数および応力関数を用いて求められ、さらに、応力拡大係数  $K_I$ ,  $K_{II}$  および、熱流の特異性を表す係数  $P_{III}$  も同様に各関数を用いて求められる<sup>1)</sup>。なお、解析に際しては、 $K_I$ ,  $K_{II}$ ,  $P_{III}$  値を次式に示すように無次元化した  $F_I$ ,  $F_{II}$ ,  $H_{III}$  値を用いた。 $c$  については  $c = a + b$  とする (fig. 1 参照)。

$$F_I + i F_{II} = \frac{k}{\alpha q G R} \frac{K_I + i K_{II}}{\sqrt{\pi(c/2)^3}}$$

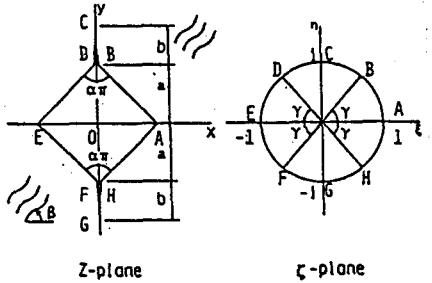


fig.1 A physical plane and a unit circle

$$H_{III} = \frac{k P_{III}}{q \sqrt{\pi(c/2)}}$$

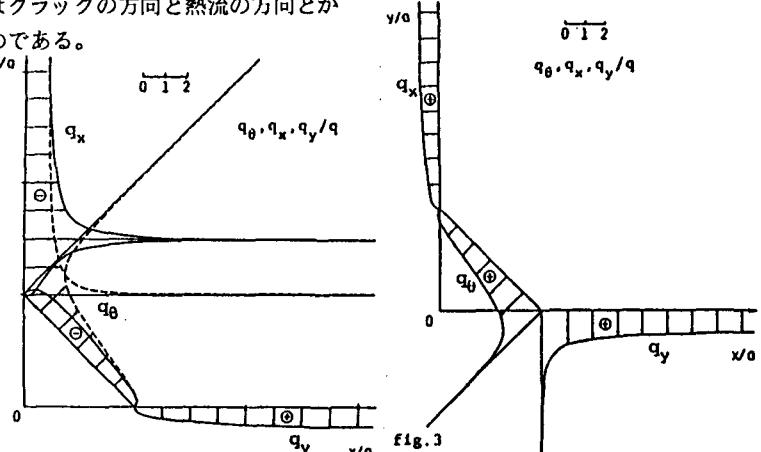
**解析結果** 応力関数によって任意方向から熱流を受ける場合の熱応力の解析が可能であるが、本報告では解析に際して熱流の方向が  $\beta = 0$  および  $\beta = \frac{\pi}{2}$  の結果を求めた ( $\beta$  は反時計回りを正)。なお、任意方向からの結果は、この両者の結果を重ね合わせることによって得られる。

隅角部の角度  $\alpha \pi = 90^\circ$  での熱流、温度、および熱応力の分布図を fig. 2 ~ 7 に示す。なお、対称性から  $1/4$  領域とする。図中の破線はクラック発生前を、実線は発生後 ( $b/a=0.5$ ) の状態を表す。熱流が  $\beta = 0$  のとき、クラック先端では応力が集中していることが判る。 $\beta = \frac{\pi}{2}$  のときには、クラック発生前後の熱流、温度分布の違いが小さいが、これはクラックの方向と熱流の方向が同じで熱流の乱れが小さいためである。

$\alpha \pi$  を変化させたときの  $F_I$ ,  $F_{II}$ ,  $H_{III}$  値とクラック長との関係をそれぞれ fig. 8 ~ 10 に示す。対称性から、 $\beta = 0$  の場合  $F_I = 0$ ,  $F_{II} = H_{III} = 0$  の場合  $F_{II} = H_{III} = 0$  である。

$a/b \rightarrow 0$  のときには無限長のクラックに相当し、 $F_I \rightarrow 0$ ,  $F_{II} \rightarrow -0.5$ ,  $H_{III} \rightarrow -1.0$  となり、既になされた研究結果に合致する<sup>1)</sup>。

$F_I$ ,  $F_{II}$ ,  $H_{III}$  値は何れも fig. 2 Heat flux distribution for  $\beta=0$

fig.2 Heat flux distribution for  $\beta=0$

'クラック長が短いほど矩形孔の $\alpha\pi$ の影響が大きい。これは、C値を一定にしているために、 $\alpha\pi$ が大きくなるほど熱流が $\beta=0$ では流れにくく、 $\beta=\pi/2$ では流れやすくなるためであり、従って、 $F_I$ 値は遮る熱流が多いほど、 $F_{II}$ 値は熱流が流れやすいほど値の大きさが大きくなると思われる。 $H_{III}$ 値は他に比べて $\alpha\pi$ の影響は小さい。任意方向からの熱流に対する応力拡大係数は $\beta=0$ と $\pi/2$ の解を重ね合わせればよいので、任意方向の熱流に対して $K_I$ 値は極値をもつと考えられ、このためクラック長が変化していくとき、あるクラック長で破壊非性値 $K_{IC} > K_I$ となればその時点でクラックの進展は停止する。さらに、 $K_{IC} > K_I$ なる材料を用いれば、なんらかの理由でクラックが存在してもそれが進展することはない。しかし、破壊非性値は一般に温度に依存するので温度分布を知ることが重要になってくる。また、熱流の大きさによって材料の特性が変化するような場合に $P_{II}$ 値がその指標としての意味を持ってくるのではないかと考えられ、熱流とこれらの性質との知見が必要となる。

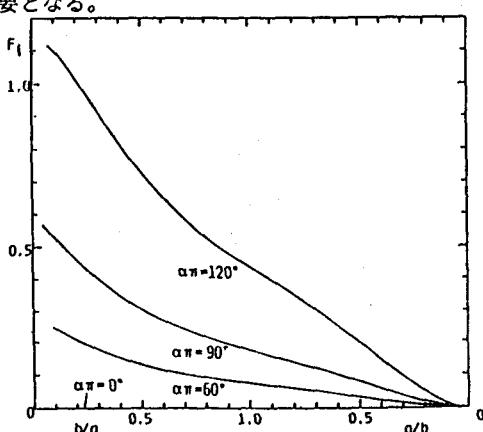
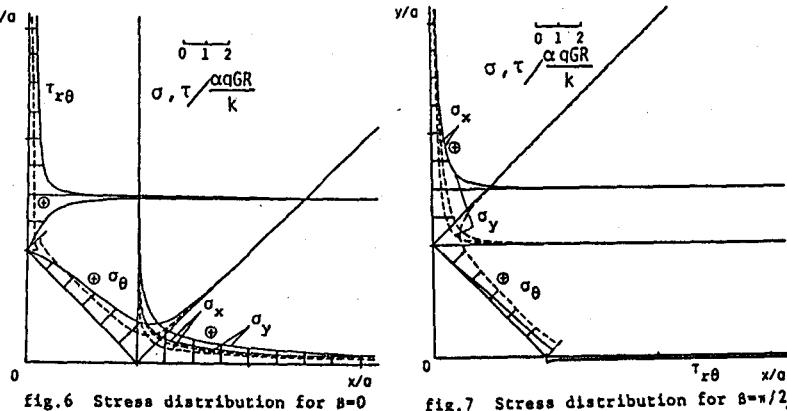
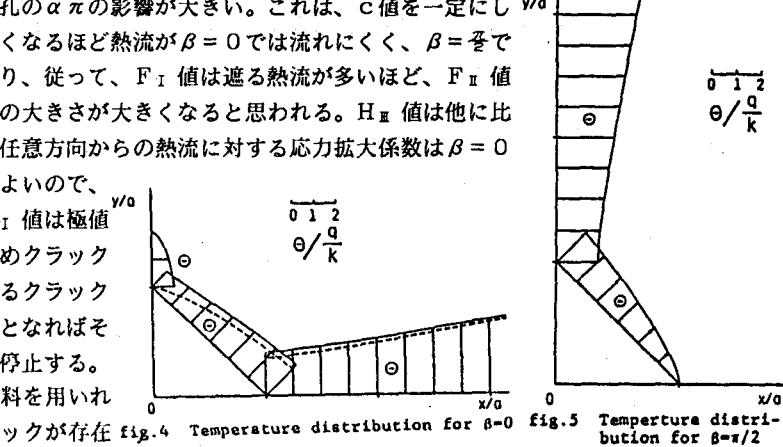
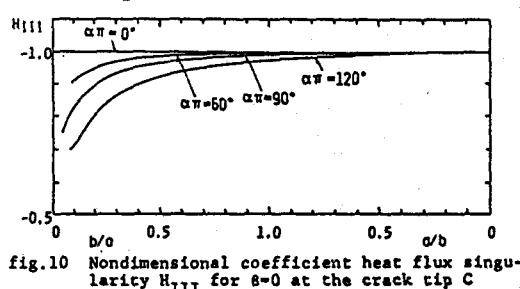
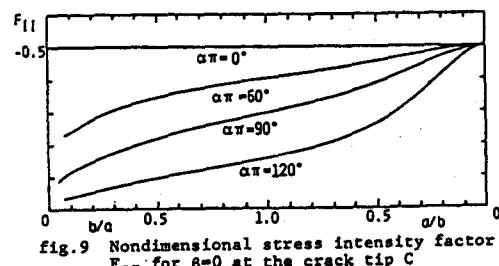


fig.8 Nondimensional stress intensity factor  $F_I$  for  $\beta=\pi/2$  at the crack tip C



### 《参考文献》

- 1) N.Hasebe et al. EM112, p31, ASCE, 1986
- 2) N.Hasebe et al. J.Thermal Stress, 1988
- 3) 飯田ら, 年講 I , p246, 1987