

名古屋工業大学 正員 猪原 茂
名古屋工業大学 正員 長谷部 宣男

まえがき 無限板中にある長さ $2a$ のクラック両端から、逆対称に長さ b 、屈折角 $\alpha\pi$ のクラックが発生した図-1のモデルを考え、薄板の曲げ問題として解析を行なう。なお平面問題としての解析結果は、文献[1]で報告した。解法には、分数式の和で表わされる有理写像関数と複素応力関数を用いる。本報告では、 M_x ・ M_y ・ M_{xy} の3通りの荷重を考え、この時の各クラック長さ、各ポアソン比に対する応力分布とクラック先端の応力拡大係数を解析的に求める。

解法・応力拡大係数 有理写像関数の作り方、解法についての詳細は文献[1]、[2]に譲り、曲げ問題での応力拡大係数について簡単に述べる。

x 軸上にあるクラックの先端近傍での曲げモーメント m_x 、 m_y 、ねじりモーメント m_{xy} は、次式で与えられる[2]。

$$m_y + m_x = \frac{2}{\sqrt{2r}} (k_B \cos \frac{\theta}{2} - k_S \sin \frac{\theta}{2})$$

$$m_y - m_x + 2im_{xy} = \frac{1}{2(1+\nu)\sqrt{2r}} \left[\left\{ (7+\nu)k_B + i(5+3\nu)k_S \right\} e^{i\frac{\theta}{2}} + (1-\nu)(k_B - ik_S) e^{-i\frac{\theta}{2}} \right]$$

上式右边にある k_B 、 k_S をそれぞれ曲げ、ねじりに対する応力拡大係数と定義する。ただし、本報告図中の応力拡大係数として、次式のような無次元化を行なった値を用いる。

$$F_B + iF_S = \frac{3+\nu}{1+\nu} \frac{k_B + ik_S}{\begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{Bmatrix} \sqrt{a+b}}$$

解析結果 本解析では、無限遠方で一様な曲げモーメント M_x 、 M_y 及びねじりモーメント M_{xy} を加えた各荷重条件で、屈折角度を 90° 、 120° 、 150° と変化させて計算を行なった。図-2には、一例として屈折角度 150° 一様な曲げモーメント M_x を作用させた時の境界に沿う M_θ 分布を示す。図の下半分は屈折クラック発生前

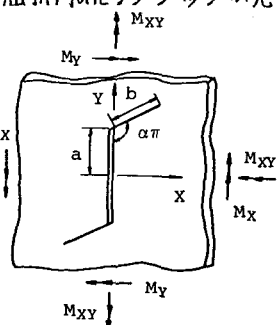


図-1 クラックモデル

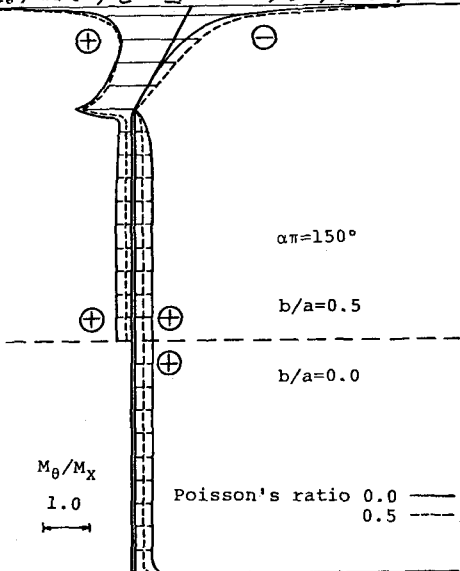


図-2 荷重 M_x による M_θ 分布

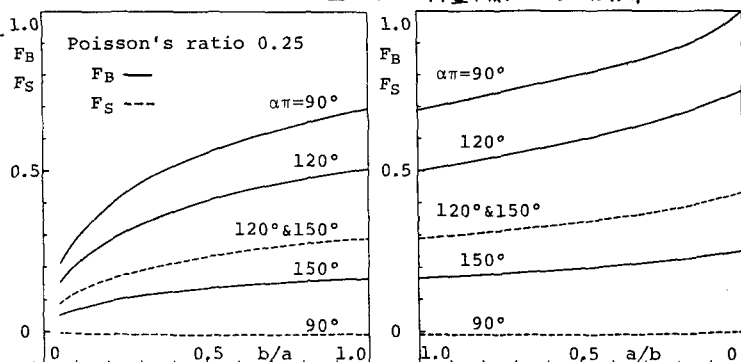


図-3 応力拡大係数 (荷重 M_y)

(クラック長さ比 $b/a=0$)，上半分は屈折クラック発生後 ($b/a=0.5$) の、ポアソン比 0, 0.5 に対する M_0 分布を示す。ただし、図中、モーメントの符号は、板表面に引張応力を生じさせるモーメントを正としている。屈折クラック発生前では、クラック先端で急激に正のまま応力集中しているが、発生後は、先端近傍で符号の逆転が生じている。

図-3, 4, 5には、それぞれ無限遠方で一様なモーメント M_y, M_{xy}, M_x を加えた時の、クラック先端の無次元化した応力拡大係数とクラック長さ比 $0 < b/a \leq 1, 1 \geq a/b \geq 0$ の関係を示す。なお、応力拡大係数のポアソン比による変化の割合は小さいので、ここでは各場合ともポアソン比 0.25 の時の値を示す。各荷重載荷とも、屈折クラックが長くなった場合 ($a/b \rightarrow 0$)，屈折部の影響が大きくなり、 x 軸と $(\alpha - \frac{1}{2})\pi$ の角度をなす長さ $2b$ の直線クラックの応力拡大係数に漸近する。逆に、屈折クラックが非常に短くなった場合 ($b/a \rightarrow 0$) には、得られた応力拡大係数の値にばらつきがある。

これは、屈折部の隅角部に丸味が付いたり、長さ $2a$ のクラック幅による影響がもわからない。また、各クラック長さに対する、ポアソン比による応力拡大係数の変化は小さく、両者はほぼ線形の関係にあるので、ポアソン比が 0.0 と 0.5 の時の応力拡大係数が求めれば、0.0 と 0.5 の間のポアソン比の場合のそれは、比例配分によって求められる。さらに、得られた 3 通りの荷重の応力拡大係数の値を用いて、任意の面外荷重が作用した時の応力拡大係数を計算することができる。

文献 [1] 猪原、長谷部、土木学会中部支部研究発表会 (昭和 53 年), 17,

[2] N. Hasebe, A.S.C.E., Vol. 104, No. EM6, 1978, 1433.

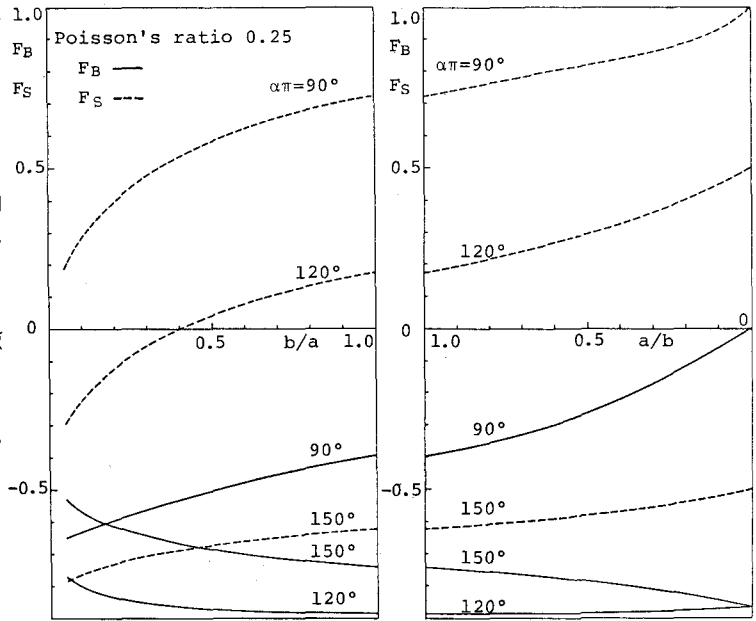


図-4 応力拡大係数 (荷重 M_y)

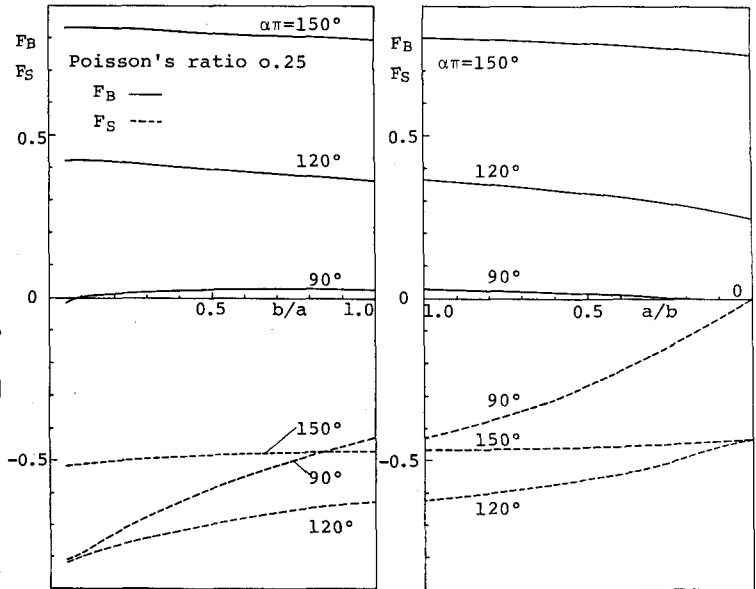


図-5 応力拡大係数 (荷重 M_x)