

名古屋工業大学 学生員 上田 稔

名古屋工業大学 正 員 長谷部宜男

1. ま え が き

一般に、隅角部近傍の応力分布 σ は、隅角部先端からの距離を r とすると、

$$\sigma = k_r r^{m_1} + k_{r1} r^{m_2} + k_{r2} r^{m_3} + \dots \quad (1)$$

で表わされる¹⁾。ここに $m_1, m_2, \dots$ は隅角部角度によって決まる定数であり、 $k_r, k_{r1}, \dots$ は弾性体の形状および境界条件によって決まる値である。隅角部角度（非領域側）が 180° より小さい場合、 m_1 は1より小さい負の値であり（表-1）、式(1)の第1項は、応力が隅角部先端に近づくにつれ無限大になることを示す特異項である。 k_r はクラックの場合（隅角部角度 $=0^\circ$ ）の応力拡大係数に相当しており、一般の隅角部に対しても k_r を隅角部の強さを表す値と考えることができる。

そこで本論文では、矩形孔の一隅角部にクラックの発生した状態（図-1）の応力解析を行ない、クラック進展に伴う応力拡大係数（以下 k_r 値と呼ぶ）と図-1の A_2 点の強さ（以下 k_r 値と呼ぶ）の変化を、いくつかの隅角部角度に対して求め考察を行なう。

2. 解析方法

応力解析は分数式の和の有理写像関数と複素応力関数を用いる方法で行なった²⁾。クラックの場合 m_1 は -0.5 であるので、複素応力関数が求まれば k_r 値は解析的に求めることができる²⁾。しかし一般の隅角部の場合、 m_1 は無理数であるので（表-1）、 k_r 値を解析的に求めることは難しい。そこで k_r 値を以下のようにして求めた。

上述の解析方法により得た、隅角部先端 A_2 付近の応力分布の概略を示すと、図-2の実線のようにになる。有理写像関数を用いたため A_2 点は完全な角点となっていない。そのため A_2 点での応力は無限大とならず有限値をとる。しかし A_2 点の丸みは小さなものであるから、 A_2 点からある距離以上離れた r に対する応力分布は、 A_2 点が完全な角点である場合の応力分布を与えていると言える。つまり A_2 点が完全な角点である場合の応力分布の概略は、図-2の点線のようにになる。式(1)の両辺を r^{m_1} で除すと次式を得る。

$$\sigma r^{-m_1} = k_r + k_{r1} r^{m_2-m_1} + k_{r2} r^{m_3-m_1} + \dots \quad (2)$$

$r^{m_2-m_1}$ と σr^{-m_1} の関係を、図-2の実線で示される応力値を用いて示すと、図-3の実線のようにになる。BD部分は図-2のBD部分に対

表-1. m_1 の値

$\alpha\pi$	m_1
0°	-0.5
30°	-0.4986
60°	-0.4878
90°	-0.4555
120°	-0.3843
150°	-0.2480
180°	0.

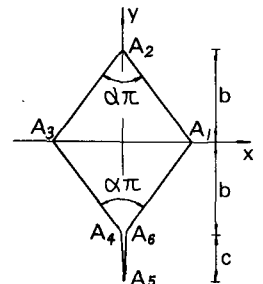
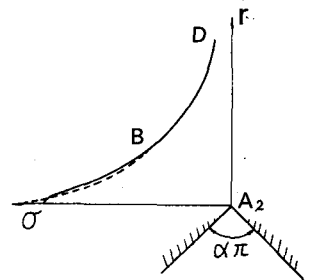
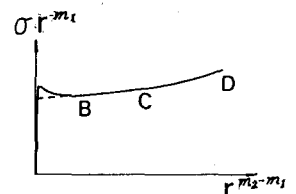


図-1. 解析領域

図-2. A_2 点近傍の応力分布の概略図-3. $r^{m_2-m_1}$ と σr^{-m_1} の関係の概略

応し、BC部分はほぼ直線である。一方式(2)から考えるに、右辺第3項以下を無視しうるほど r が小さくなれば、 $r^{m_2-m_1}$ と σr^{m_1} はほぼ直線的関係となるはずである。よって k_r 値は図-3 BC部分の延長(点線で示す)と縦軸の交点の値として求めることができる。そこで式(2)の右辺第2項または第3項までとった式に、図-3のBCまたはBD部分の適当な r と σ を代入して得られる2元または3元の連立方程式を解いて k_r 値が求められる。

3. 解析結果

上述のようにして求めた k_r 値、 k_r 値が対応する値となるように無次元化した値 $k_r/(P\sqrt{2\pi b})$ 、 $k_r/(P\sqrt{b})$ を、クラック長さ c/b に対して示したのが図-4(X軸方向一様引張り)、図-5(Y軸方向一様引張り)である。 $\alpha\pi=180^\circ$ のときはT型クラックになり、この場合は図中に示す無次元化の値をプロットしてある。

X軸方向一様引張りの場合(図-4)、 k_r 値はクラックが短いとスリットの場合($\alpha\pi=0^\circ$)より小さく、 $\alpha\pi$ が大きい程小さい。しかしある程度のクラック長さになるとこの逆となり、さらに長くなるに従って $\alpha\pi=0^\circ$ の場合に近づいていく。このことより、 k_r 値はクラックが短い場合は隅角部角度に関係する応力集中(つまり m 値)に、ある程度長いクラックの場合はクラック先端の変形のしやすさに強く影響を受けていると言える。クラックの進展に伴い k_r 値、 k_r 値はともに大きくなるが、 k_r 値の増加の割合よりも k_r 値の増加の割合の方が大きい。したがってクラックの進展とともに隅角部 A_2 の危険度がより大きくなることがわかる。そして k_r 値によりその程度を知ることができる。

Y軸方向一様引張りの場合(図-5)、クラックの進展に伴い k_r 値は極値に達し以後0に近づいていくが、 k_r 値は増加する。このことより、Y軸方向一様引張りの場合もクラックが進展するなり隅角部 A_2 の危険度は増加していると言える。

4. 結論

k_r 値は隅角部の強さを表す値として用いることができる。開き角を無視することができないようなクラックに対しては、応力拡大係数よりもこの k_r 値がよりよい指標として用いられるかもしれない。矩形孔隅角部に発生したクラックの応力拡大係数を求め、隅角部角度の影響、クラック長による変化を調べた。

<参考文献>

- 1) M.L.Williams, J.Appl.Mech.74,526(1952) 2) N.Hasebe and J.Iida, Engng.Frac.Mech.10,773(1978).

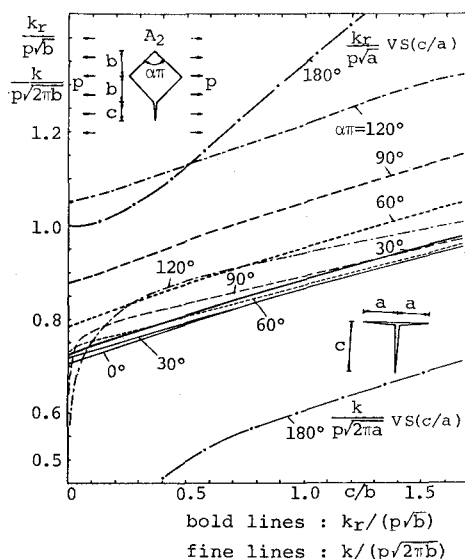


図-4. 無次元化した k_r 値、 k_r 値

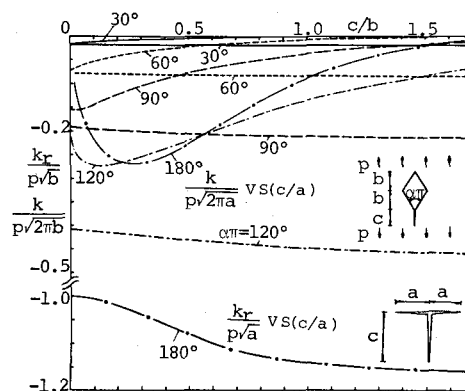


図-5. 無次元化した k_r 値、 k_r 値