

1-15 非貫通き裂の疲労による進展特性と開閉挙動

大阪大学基礎工学部

 ○南坂 繁
 小寺沢良一

1. 緒言 貫通疲労き裂の進展速度と応力拡大係数との間に $\frac{da}{dN} = A(K)^m$ なる関係のあることは周知の事柄であるが、これが非貫通き裂にも適用できるかどうかという問題に関しては未だ明確な解答は得られていない。一方において、貫通疲労き裂の開閉現象 (Crack closure⁽¹⁾) に関する研究が盛んに行われ、これを基にした有効応力拡大係数幅がき裂進展の支配的因子であることが明らかにされている。ここでは非貫通き裂 (半橋内表面き裂を有する板の面外曲げ) と貫通き裂 (片側き裂を有する板の面内曲げ) の進展と開閉挙動に関する実験を行い、比較検討した。

2. 実験 試験材料は 2017-T3 アルミニウム合金で、試験機は 4kg-m シェンク式疲労試験機を用いた。非貫通き裂の実験は、Fig. 1 に示す試験片による面外曲げ疲労試験で、荷重は二段多重重複荷重とし、荷重変動時にできるピークマークからき裂の二次元的進展状態を把握した。貫通き裂の実験は Fig. 2 に示す試験片による面内曲げ試験で、荷重は一定振幅である。Crack closure の測定はコンプライアンス法⁽²⁾と表面の写真撮影による方法⁽³⁾とで行なった。

3. 応力拡大係数の計算 Shah, Kobayashi⁽⁴⁾ は半橋内表面き裂を有する板が純粋曲げを受ける時の応力拡大係数を重ね合わせ法で求めるに際して、その一成分である直線的に変化する圧力を受ける橋内き裂の Front surface magnification factor $M_{FL} = 1$ として計算しているが、この係数が実際には無視できない [$M_{FL} = 1.20$ ($\beta = 0$) $M_{FL} = 1.05 \sim 1.39$ ($\beta = 1$)], a, b は Fig. 3 参照) となつたので、これを考慮した計算を行なった。又 Shah, Kobayashi は $\beta = 90^\circ$ の点でのみ応力拡大係数を計算しているが、これを $\beta = 60^\circ, 30^\circ$ についても求めた。なお、表面 ($\beta = 0^\circ$) では Grandt, Sinclair の計算結果⁽⁵⁾を用いた。

4. 実験結果 Fig. 4~6 は、それぞれ応力比 $R = -1, 0, 0.4$ のときに、非貫通き裂の進展速度を応力拡大係数幅で整理したものと貫通き裂のそれとを比較したものである。 $R = -1, 0$ のときには、非貫通き裂の進展速度と応力拡大係数の関係は、貫通き裂のそれとは異なっている。

Fig. 7 は、Fig. 4~6 の結果をコンプライアンス法による

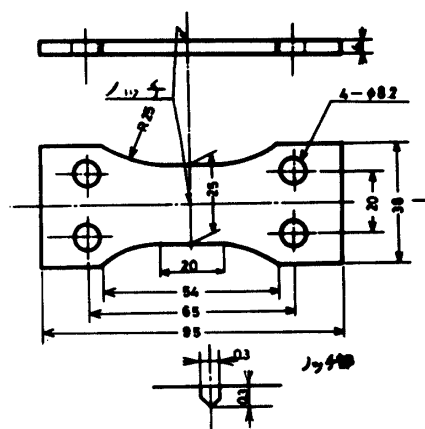


Fig. 1 非貫通き裂試験片 (面外曲げ)

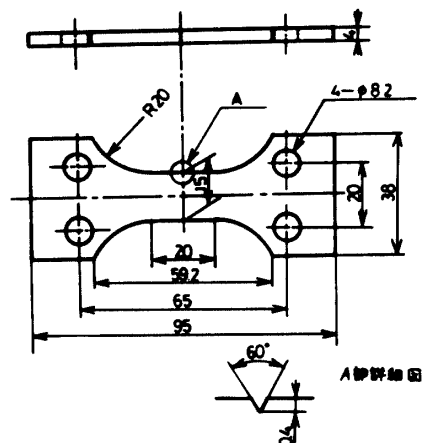


Fig. 2 貫通き裂試験片 (面内曲げ)

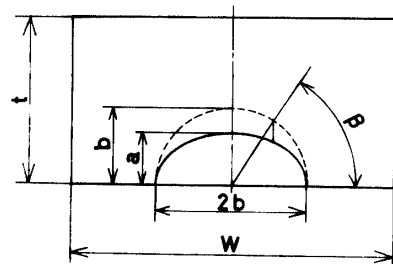


Fig. 3 半橋内表面き裂の記号

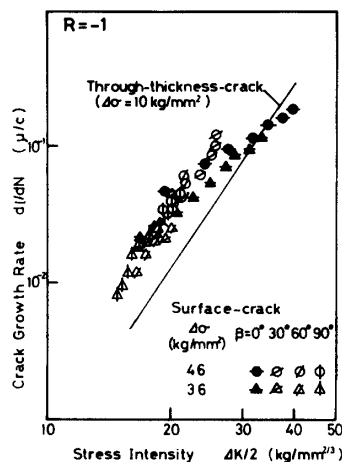


Fig. 4 $\frac{dN}{dN} - \Delta K$ 関係 ($R=-1$)

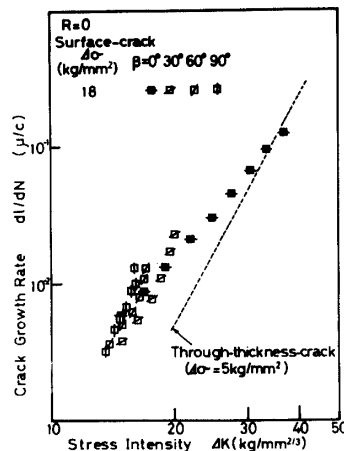


Fig. 5 $\frac{dN}{dN} - \Delta K$ 関係 ($R=0$)

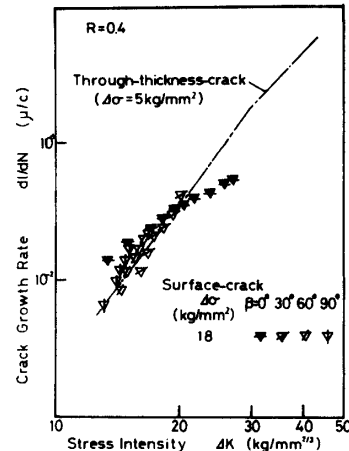


Fig. 6 $\frac{dN}{dN} - \Delta K$ 関係 ($R=0.4$)

Crack closure の測定から求めた有効応力拡大係数幅で整理し直したものであるが、応力比に關係なく非貫通き裂の結果と貫通き裂の結果とは、かなり近い値となっている。

非貫通き裂の表面 ($\beta=0^\circ$) での進展速度は、表面の写真撮影による Crack closure の測定から求めた有効応力拡大係数幅で整理した方が、一見合理的と考えられるが、コンプライアンス法から求めた有効応力拡大係数幅と表面の写真撮影による方法から求めたそれとは著しく異なるため、後者で表面での進展速度を整理すると、貫通き裂の結果と対応しなくなる。電子顕微鏡で破面の表面近傍を観察すると、表面に沿って内部と様相の異なる層が観察され、表面で観察される挙動はこの表面層の挙動であると考えられる。この層の幅はき裂進展速度が増すにつれて大きくなる。この層の幅が大きくなったときには、Fig. 7 に見られるように、コンプライアンス法から求めた有効応力拡大係数幅で整理した結果は貫通き裂の結果とは対応しなくなるようである。

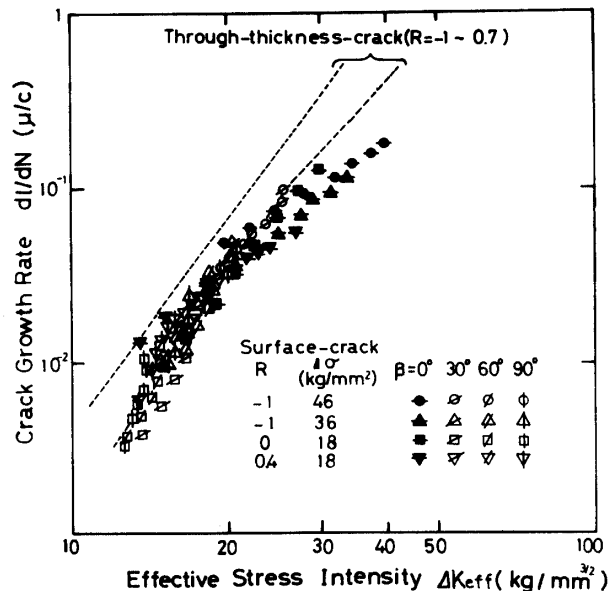


Fig. 7 $\frac{dN}{dN} - \Delta K_{eff}$ 関係

参考文献

- (1) Elber, W.; ASTM STP 486, 1971, P.230
- (2) 菊川, 他; 機講論 NO.750-1, 1975, P.23
- (3) 西谷, 他; 機講論 NO.750-1, 1975, P.13
- (4) Shah, R. C and Kobayashi, A. S.; ASTM STP 513, 1972, P.3
- (5) Grandt, A. F. and Sinclair, G. M.; ASTM STP 513, 1972, P.37