

2-26

切欠平板の引張りにおける全面降伏前後の切欠先端開口変位, 切欠先端へ二み量およびJ積分の相互関係

京都大学工学部 平 修二 神戸製鋼社中研 横幕俊典
 京都大学工学部 田中啓介 京都大学大学院 中川幸長

1 緒言

7075-T6 アルミニウム合金, 3%Si-Fe および 0.04%C 鋼の3種材料の種々の板厚の切欠き平板を引張試験した場合の, 切欠先端開口変位(NOD), 切欠先端へ二み量(NTC)およびJ積分を実験的に測定した。これらの実験結果を理論解析解と比較検討することによりJ積分の推定法, およびJ積分, NODとNTCの相互関係に関して考察した。これらの相互関係は巨視的な破壊の規準を決定する上で重要な役割を果す。

2 実験方法

2.1 材料および試験片 3種材料の熱処理後の機械的性質を Table I に示す。試験片

形状は片側切欠 (SEN), 両側切欠 (DEN) および小型引張 (CT) 試験

片で, 切欠長さ a , 板厚 t , 板幅 W および切欠半径 ρ を種々のとした。

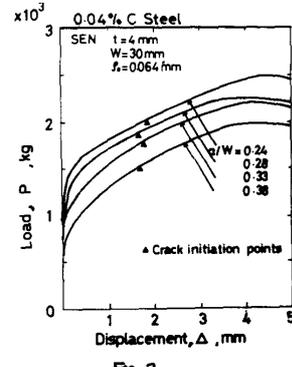
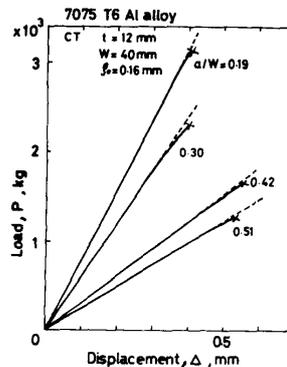
2.2 J積分の測定 種々の寸法長さの試験片の荷重 (P) - 変位 (Δ) 線図の下の面積よりポテンシャルエネルギー $U(a, \Delta)$ を測定し, 次に U vs Δ 線図を Δ 1/3 までとて描きこの曲線の傾きより $J = -\frac{1}{t} \left(\frac{\partial U}{\partial a} \right)$ で J を測定した。試験片が線型弾性 のとき, コアライナス $C(a)$ とは応力拡大係数 $K(a)$ より計算され得る。

2.3 NODの測定 切欠先端近傍の未変形直線部を切欠先端より外をられた値より初期の切欠幅を引いた値を NOD, ϕ , と定めた。

2.4 NTCの測定 DTF を用いた J-積分コンテナーを製作し, 切欠先端近傍に設定した測定圧子により試験中連続記録した。また試験終了時表面へ二み量リカーフを測定した。

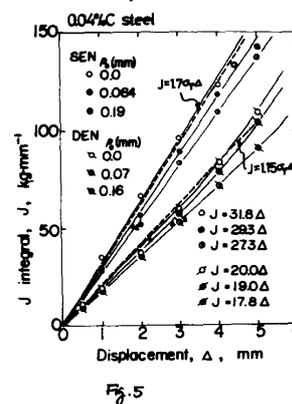
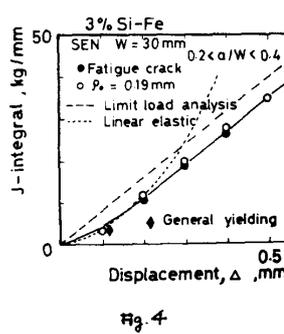
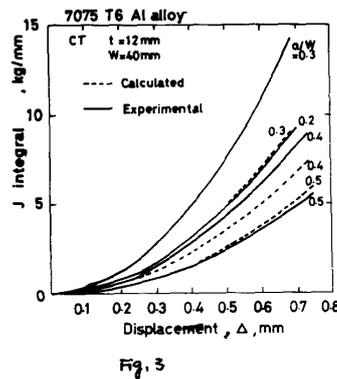
Table I Mech. prop.

Properties Materials	σ_f (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	E_t (%)	n Value
7075-T6 (mm)	55.0	63.3	10.0	0.077
7075-T6 (mm)	57.2	63.1	6.8	0.078
3% Si-Fe	45.7	61.5	42.1	0.188
0.04%C St	18.3	29.8	48.6	0.242



3 実験結果

P vs Δ 線図の例を Figs. 1, 2 に示す。7075 T6, 3% Si-Fe, 0.04%C 鋼とちがって後述の破断モードを示す。7075-T6 の J vs Δ 線図 (Fig. 3) 及び実験曲線の非線型弾



性コンプライアンス法とかなりよい一致を示す。3%Si鋼 (Fig. 4) では弾性の J_e と限界荷重解 J_L との和

$$(1) \begin{cases} J = J_e(\Delta) & \Delta < \Delta_L \\ = J_e(\Delta_L) + J_L(\Delta - \Delta_L) & \Delta \geq \Delta_L \end{cases}$$

で表示される。0.04% C 鋼では J_e 成分はほとんど無視される (Fig. 5)。

J と ϕ_e の関係は面外せん断変形を対しては $E_s = -\delta_z/t$ と E_s を定めると

$$(2) J = \left\{ \sigma_f / [C(n+1)t^n] \right\} \phi_e^{n+1}$$

となるが、0.04% C 鋼に対しては $J = \sigma_f \phi_e$ より実験曲線に近い。(Fig. 6 と 7 を参照)。他向は鉄鋼鋼一致。

NTC, δ_z , は 7075-T6 では J と線形関係となる (Fig. 8)。一方 3%Si 鋼と 0.04% C 鋼に対しては δ_z は ϕ_e と線形関係にある。 J vs δ_z 関係は改訂をうける。

$$(3) \delta_z = 0.88 \phi_e \quad (4) J = \left\{ \alpha \sigma_f / [C(n+1)0.88^n] \right\} \delta_z^{n+1}$$

ここで $n=0$ のときは一般的に J は $\beta \sigma_f \delta_z$ と等しい。 Fig. 8 7075 T6 の場合と一致する。

4 考察

4.1 J 種分の一本の試験片の P vs Δ 曲線は α と β とした推定線型弾性体では K 値よりコンプライアンス法で求められる。加工硬化と弾性変形試験片に対しては限界荷重解析による P_L vs $\Delta_p = (\Delta - \Delta_e)$ から求めた J_L vs Δ_p と同一値を有する点で弾性を J_e と接続すればよい (Fig. 4)。 P vs Δ 線図は Fig. 11 で示されるように近似される。 P_0 は P_L に直接的に影響する。

4.2 J , ϕ_e , δ_z の相互関係 ϕ_e は全面降伏以後では BCSモデル解で Fig. 13 と 14 に示すように与えられる。全面降伏を越えた後 Δ に対しては ϕ_e 比例的に増大する。右図中の BCSモデル解は板の有限幅 W の効果は、筆者らが提案した有効応力近似に近似的に与え解を示している。

式 (4) における α の値が β の値は、切欠先端部の板厚内部での 3 軸応力および表面の Δ による板厚の減少の影響による 2 次元変形モデルの降伏応力の修正係数である。

5 結言 (省略)

参考文献 (省略)

