

(株) 神戸製鋼所 中央研究所 藤田 達 ○水田 篤男
津田 統 大砂 寛

1) 数値計算との比較; 前報で導いた不安定破壊条件を検証するため有限要素法により、J 値、G 値、COD を求めて比較を行った。亀裂長さ試片幅比 0.02~0.1 の両側亀裂試片形状を 300 要素に分割し、微小増分理論(山田)を適用した。各歪増分は 0.2% 以下あるいは降伏応力の 1/10 以下に選り、応力-歪関係は σ_y 以下で $\sigma = E\epsilon$ 、それ以上で $\sigma = k\epsilon^n$ とし、 $n = 0.2635$ につき計算を行った。得られた結果を $\ln \epsilon_f - \ln a_0$ 関係の勾配

n	理論値 ($= -1/(1+n)$)	J 積分による値	COD 理論値	G 値による結果
0.2635	-0.7915	-0.86	-0.85	-0.75

であらわし右表に示す。

なお計算の過程において弾性範囲では、上記各数値が線型破壊力学の理論値 $-1/2$ に等しいことを確認している。

表1 $\ln \epsilon_f - \ln a_0$ 関係の勾配

2) 実験との比較; 0.80% C 焼準材(ヤング率 20500 kg/mm²、 $\sigma_{0.2} = 44.5$ kg/mm²、真応力-対数歪標準の加工硬化指数 $n = 0.31$ 、 $\sigma_B = 91.9$ kg/mm²、伸び 12.9% ……120mmGL、絞り 20.7%) により 7mm 厚さ、46~100mm 幅、220mm 標点間の両側亀裂付板試片を作成し、引張試験を実施した。鋸歯による亀裂厚さは 0.2mm、深さは 0.2~3.2mm で、不安定破壊発生時の一様歪 ϵ_f は、亀裂から約 80mm 遠方の中央部で塑性ゲージにより測定した。

試験結果は横軸に亀裂長さの対数、縦軸に破断時の一様歪の対数をとり図1に示した。結果として、

- ① 亀裂長さ 0.2~1mm 間では、勾配が理論値 -0.76 とよく一致している。($n = 0.31$)
- ② " 1~8mm 間の勾配は、約 -1.0 で降伏伸び、試片幅の影響で理論値より大となる。
- ③ " 8mm 以上、一様歪が $\sigma_{0.2}/E$ 以下では、線型破壊力学の理論値 -0.5 とほぼ一致する。

3) 考察; 本理論によれば通常の引張試験の絞り値、今回の塑性不安定破壊、既知の脆性破壊にわたり材料の延性についての統一的な物理的解釈が可能となる。すなわち図中の黒丸は絞り値より求めた限界対数歪で、これに相当する亀裂長さは 0.03~0.04mm であり、ほぼ介在物の大きさに合致している。

また脆性破壊との関係は無限幅板で過剰な降伏歪がないとした場合、降伏点を折点とし、それ以上で勾配が $-1/(1+n)$ 、以下では $-1/2$ となり両者を結合しうる。

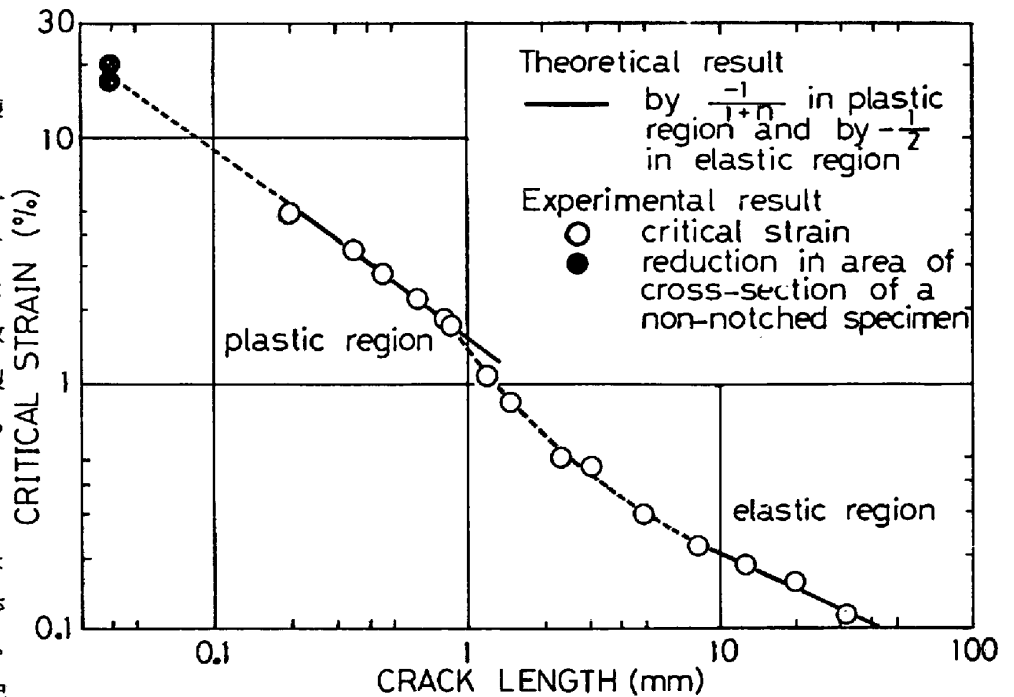


図1 塑性不安定破壊発生時の亀裂長さ a_0 と一様歪 ϵ_f との関係