

302 形状不連続部に切欠きを持つ材の応力・ひずみ挙動に関する解析的検討

大阪大学工学部

森田 厚史、Mohamed Saad El-Shennawy

南 二三吉、豊田 政男

Analysis of Stress-Strain Fields of Notched Specimen with Geometrical Discontinuity

by Atsushi Morita, Mohamed Saad El-Shennawy, Fumiyoshi Minami, Masao Toyoda

1.緒言 従来より切欠き材の破壊靱性値は試験片寸法の影響を大きく受けることが知られており、この原因として塑性拘束の影響による亀裂まわりの応力・ひずみ分布特性の差異が指摘されてきた。しかしこの塑性拘束の影響については定性的にしか議論されておらず本質的な問題はほとんど明らかにされていない。本研究は塑性拘束の影響の定量的評価を目的とし、その第一歩として形状不連続部に切欠きを持つ材を対象として、形状不連続の程度によって亀裂先端近傍の応力・ひずみ分布がどのように変化するかに注目した3次元弾塑性FEM解析を行う。

2.解析条件 Fig.1 に示すサイドグループ中央に長さ $a=10\text{mm}$ の両側切欠きを持つ材を対象として解析を行った。サイドグループ部の厚さを $h=15\text{mm}$ で一定とし、幅 d を 2、4、6、10mm と変化させた。材料の応力-ひずみ関係は $\bar{\sigma} = \sigma_y(\bar{\epsilon}_p / \alpha)^n$ の n 剰硬化則に従うものとし ($\bar{\sigma}$: 相当応力、 $\bar{\epsilon}_p$: 相当塑性ひずみ、 n : 加工硬化指数、 α : 材料定数)、降伏応力 $\sigma_y=300\text{MPa}$ 、引張強さ $\sigma_T=455\text{MPa}$ と設定した。FEM 解析においては、サイドグループ部を板厚方向に8層に分割し、亀裂先端近傍は最小要素寸法を $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ とした。また、比較のために厚さ15mmの両側切欠き付き平板($a=10\text{mm}$)についても解析した。

3.変形挙動の検討 Fig.2 に、ある一定のネット断面平均応力 ($\sigma_{\text{net}}=440\text{MPa}$) のときの相当塑性ひずみ分布を示す。ネット断面応力が一定であるにもかかわらず、亀裂まわりの高ひずみ領域は d が小さなものの方が小さくなっている。ネット断面降伏時の応力を比較したものが Fig.3 である。 d が小さくなると降伏応力が見かけ上上昇している。Fig.4は亀裂開口挙動を比較したもので同じネット断面平均応力では d が小さいほど開口量は小さくなっている。

4.応力分布特性の検討 Fig.5は $\sigma_{\text{net}}=440\text{MPa}$ のときの亀裂開口応力の分布を示している。 d が小さいほど全体に低い応力状態を呈している。ある一定のCTODレベル($\delta=0.1\text{mm}$)における亀裂まわりの応力分布を整理したものが Fig.6 である。Fig.5と比較すると異なった傾向が見られる。Fig.7には亀裂先端方向の応力多軸度の分布を示した。なお、本報では応力多軸度の指標として静水圧応力と相当応力の比を用いた。応力多軸度は d が小さくなるにつれ大きくなる傾向にある。次に亀裂先端近傍の応力と応力多軸度の最大値に注目し、それに及ぼすサイドグループ幅 d の影響を整理したものが Fig.8, Fig.9 である。応力多軸度は d が小さくなると大きくなっているが、開口応力に関しては d の影響は顕著に見られない。どのような力学的指標をもって塑性拘束の程度を評価すればよいか、今後さらに検討を重ねていく。

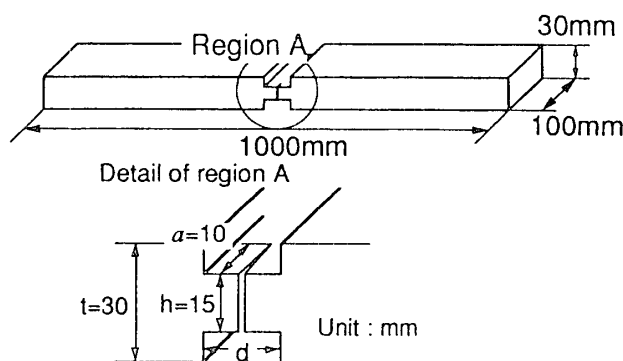


Fig.1 Shape of specimen

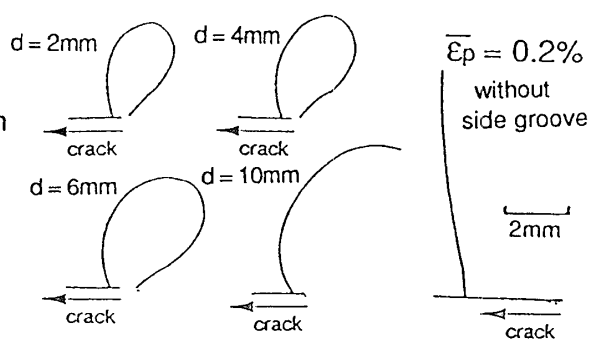
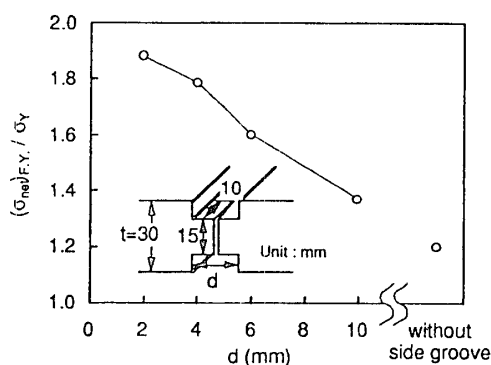

Fig.2 Distribution of equivalent plastic strain at the same net stress level ($\sigma_{net} = 1.47\sigma_y$)


Fig.3 Effect of side groove width d on net section yield stress

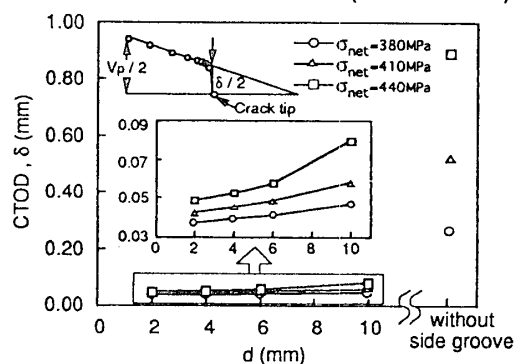


Fig.4 Effect of side groove width d on CTOD

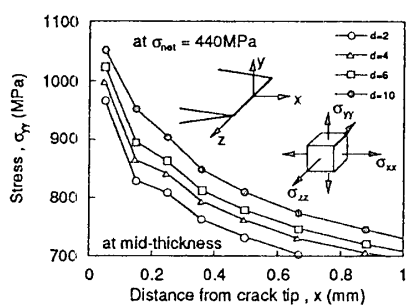
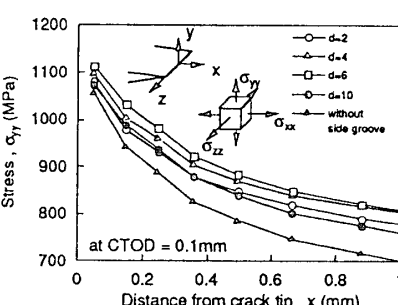

Fig.5 Stress distribution at the same net stress level ($\sigma_{net} = 1.47\sigma_y$)


Fig.6 Stress distribution at CTOD = 0.1mm

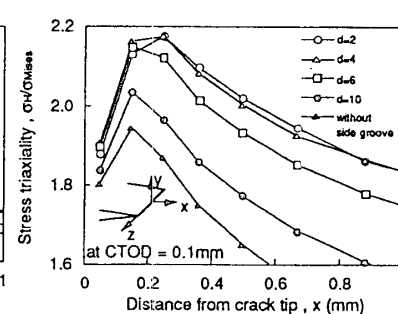


Fig.7 Distribution of stress triaxiality at CTOD = 0.1mm

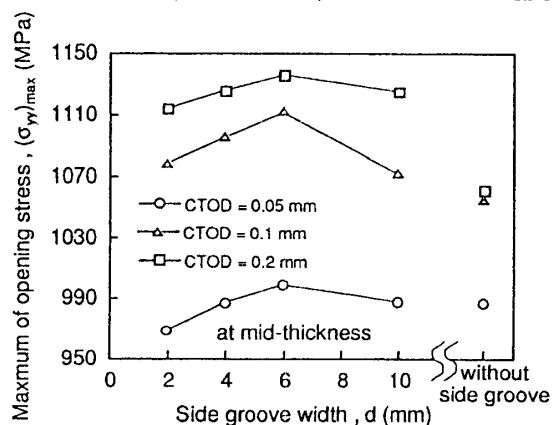
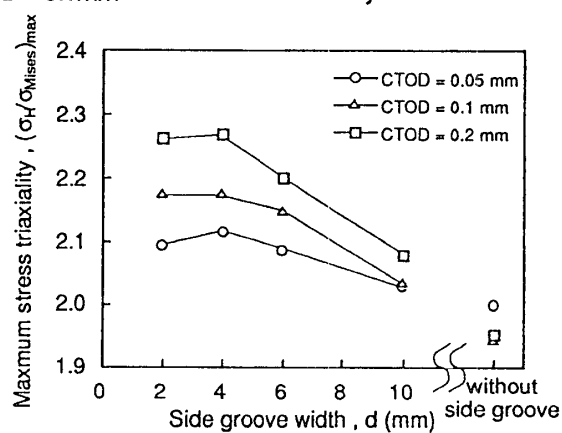

Fig.8 Effect of side groove width on maximum of σ_y


Fig.9 Effect of side groove width on maximum of stress triaxiality

論 1

環状局部加熱・冷却による管の縮径現象

—環状局部加熱による重層管製造技術の開発に関する研究（その1）—

川崎重工業㈱

荒木 俊光

山田 猛

松村 裕之

東 京 大 学

野本 敏治

〔溶接学会論文集 Vol.11 No.3 号に掲載〕

