

I-34

き裂付非均質材の進展挙動に関する検討

CRC（株） 正員 渡辺 隆之

1 はじめに 溶接部近傍では、材料が熱影響を受けかつ残留応力が存在するため、欠陥が生じ易い箇所として知られている。構造物の健全性を評価する場合、溶接部近傍に存在する欠陥の挙動を知ることが重要である。この様な点を考慮し、著者は、き裂付非均質材の停留き裂に関する破壊挙動について数値的な検討結果を報告している⁽¹⁾。本報では、き裂付非均質材の進展挙動に関する数値的な検討結果について報告する。

2 解析条件と解析方法 本研究では、CT試験片を用いて溶接部近傍の欠陥を想定し、HAZ部にき裂先端がある場合（H5Gモデル）とき裂先端が溶接線上に有る場合（F5Gモデル）について、き裂の進展挙動に関する基礎的な検討を行った。本研究では、残留応力を考慮していない。解析条件は、平面ひずみ条件を仮定し、降伏後の挙動は移動硬化則によって表現した。材料特性は、表1に示した通りである。有限要素モデルは、H5Gモデルのみを図1に示した。F5Gモデルは、H5Gと類似のモデルを用いた。非均質材に対する J と $\int$ 積分式は、次式を用いた^{(2),(3)}。

$$J = J_{\Gamma} - J_{\Gamma_s} \quad (1), \quad \int = \int_{\Omega} \sigma_{ij} \varepsilon_{ij,1} dA - \int_{\Gamma} T_{i,1} d\Gamma \quad (2)$$

J の右辺第2項目は材料境界での修正項である。 $\int$ 式の添字(1)は、 x 座標での微分を表わしている。き裂の進展方法は、実験より得られた $\delta - \Delta a$ 関係（図2）に従って、節点解放法を用いて進展させた。解析は、変位を制御する方法で行った。

3 解析結果 図3には荷重と荷重線変位の関係を示した。結果より、実験値と解析結果が良く一致している。図4、6には、 J 、 $\int$ 値とき裂の進展量（ Δa ）の関係を示した。両図では、実験より求めた J_{exp} と計算値 J_{path} の結果が良く一致することを示している。また、 $\int_{path}$ の値は、き裂が進展を開始した後一定値に近づくような傾向を示している。図5では、CTOA- Δa の関係を示した。CTOAもき裂が進展した後、一定値に近づく傾向を示している。図7は、 J 評価時の補正項の影響について示したものである。進展前は無視できるが、き裂が進展すると補正項の影響が表れてくることがわかる。

最後に、本研究は電力会社、原子力メーカー、米国NRC、マーチン・マリエッタ社(Subcontract no. 19X-SD561)からの資金援助の基に、(社)日本溶接協会のEPI小委員会で行われた研究成果の一部であることを付記する。

参考文献

- (1) 渡辺、土木学会45回講概集(1989), 240.
- (2) Chen, W. H., 5Th Int. Conf. SMIRT(1979), M9/4.
- (3) 青木、総合材料強度学講座：破壊強度学、オーム社(1985), 31.

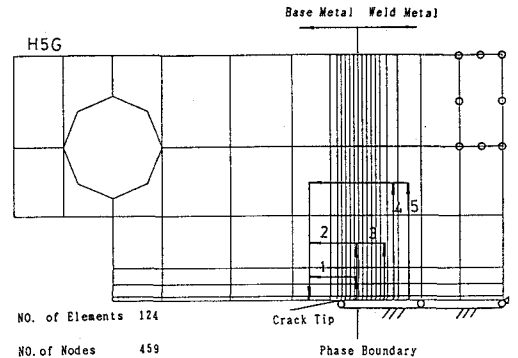


図1 CT試験片の有限要素分割と J 積分経路

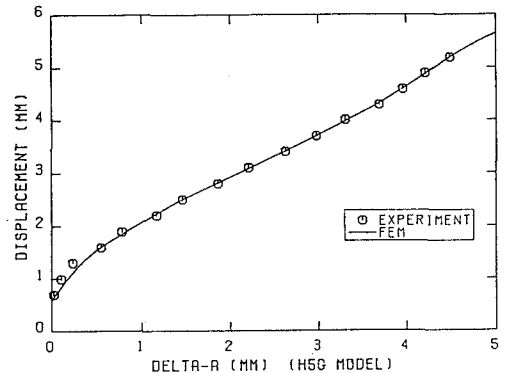


図2 実験より得られた $\delta - \Delta a$ 関係（H5G）

表1 材料特性

$$\begin{aligned} \sigma &\leq \sigma_{ys} & \varepsilon_e &= \sigma/E \\ \sigma &> \sigma_{ys} & \varepsilon &= \varepsilon_e + \varepsilon_{p0} + \\ & & & \{ (\sigma/F)^n - (\sigma_{ys}/F)^n \} \end{aligned}$$

(A) 母材

$$E = 206 \text{ GPa}, \quad \nu = 0.3$$

$$\varepsilon_p \leq 0.02153 \text{ のとき}$$

$$n = 2, F = 500 \text{ Mpa}, \sigma_{ys} = 550 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{p0} = 0.$$

$$\varepsilon_p > 0.02153 \text{ のとき}$$

$$n = 10, F = 850 \text{ Mpa}, \sigma_{ys} = 555 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{p0} = 0.02153$$

(B) 溶接材

$$E = 175.1 \text{ GPa}, \quad \varepsilon = 0.3$$

$$n = 8, F = 950 \text{ Mpa}, \sigma_{ys} = 550 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{p0} = 0.$$

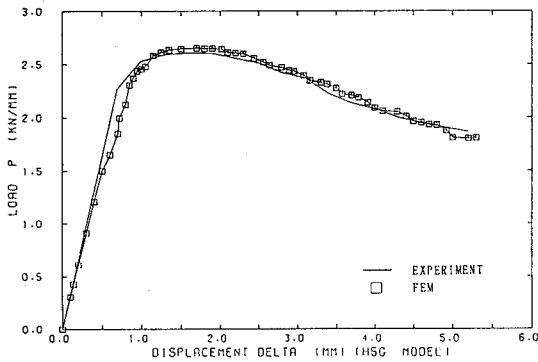


図3 荷重と荷重線変位の関係
(H5G)

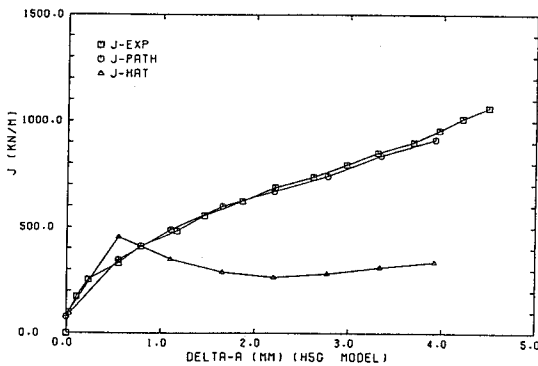


図4 J path, J experiment, $\hat{J}$ path
と Δa の関係 (H5G)

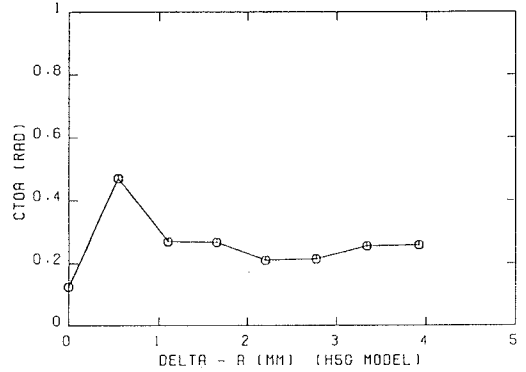


図5 CTOD- Δa の関係
(H5G)

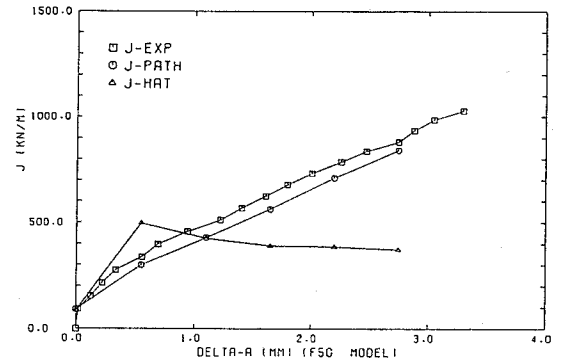


図6 J path, J experiment, $\hat{J}$ path
と Δa の関係 (F5G)

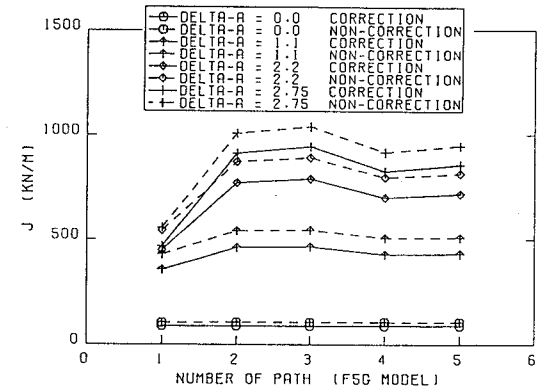


図7 J 積分の経路独立性と補正項
の効果 (F5G)