

I-105 き裂付非均質材の破壊挙動に関する検討

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。そこでこれら構造物の健全性を評価する上で、溶接部近傍に存在する欠陥の挙動を知ることは重要である。また、最近では、き裂付複合材構造あるいは界面き裂等について、破壊力学的に検討する試みも数多く行なわれている。この様な点を考慮し、本報では、き裂付非均質材の破壊挙動に関する基礎的かつ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 本報では、図1に示したようなCT試験片を用いて、溶接部を想定したパラメータ・スタディを実施した。解析条件は、表1に示した通りであり、平面ひずみ条件を用いた弾塑性解析を行なった。材料特性は、表2に示す通りである。有限要素分割、境界条件およびJ積分経路は、図2に示した。非均質材に対するJ積分式は、次式を用いた^{(1)・(2)}。

$$J = J_{\Gamma} - J_{\Gamma_s} \quad (1)$$

ここで、上式の右辺第1項目はRiceによって定義されたJ積分、第2項目は材料境界を囲むJの修正項である。

3 解析結果 得られた結果として、図3には荷重と荷重線変位の関係を示した。図中、ケース1と他のケースでは、明らかに異なる挙動を示している。図4には、J積分と荷重線変位の関係を示した。図中JPは全積分経路の平均値を示しており、JMは次のようなMerkle-Cortenの簡便J評価式の値を示している。

$$J = 2 A f(\alpha) / b B \quad (2)$$

ここで、 $f(\alpha) = 1 + \alpha / (1 + \alpha^2)$, $\beta = 2a/b$, $\alpha = \sqrt{(\beta^2 + 2\beta + 2) - (\beta + 1)}$, B = 板厚, $A = \int P d\delta$ 。図より明らかなように、JPとJMの値は、均質材では

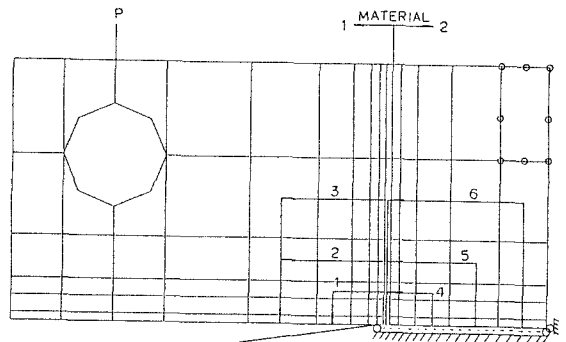


図2 有限要素分割、境界条件、J積分経路

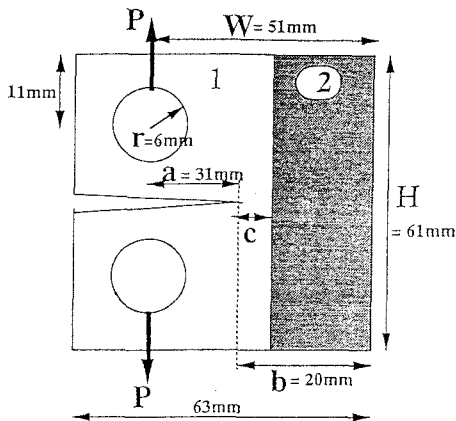


図1 CT試験片

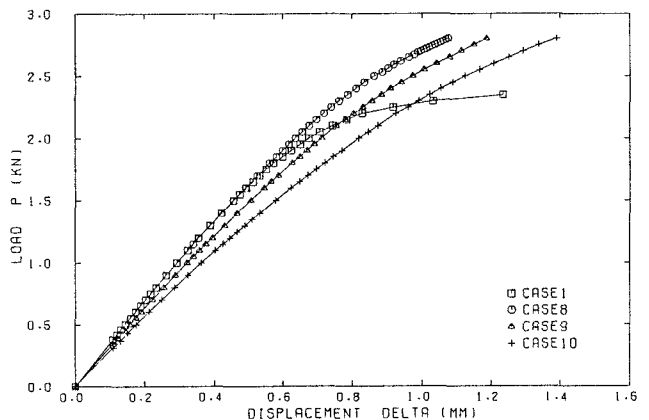


図3 荷重と荷重線変位の関係

良く一致しているが非均質材になると少しずつ異なる挙動を示していることが分かる。図5には、ケース10のJ積分の経路独立性の一例を示した。図中7番目の経路の値は、平均値を示している。図より、非常によい経路独立性を示していることが分かる。なお、本報は日本溶接協会EPIプログラムの一環として計算した結果をまとめたものである。

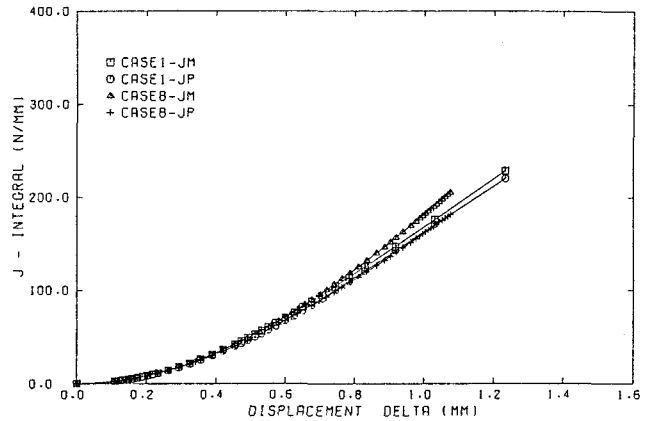


図4(a) J積分と荷重線変位の関係

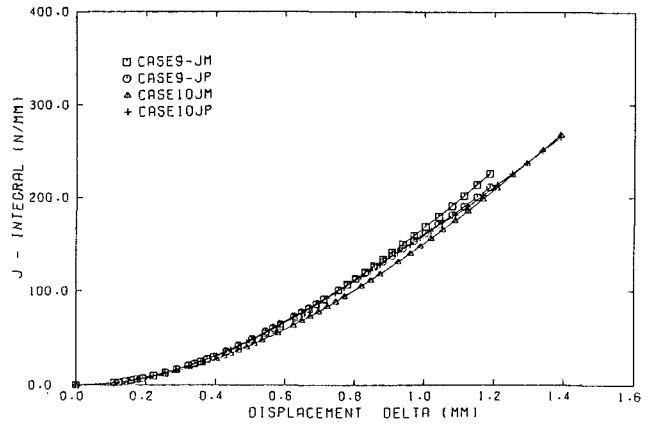


図4(b) J積分と荷重線変位の関係

表1 解析条件

CASE	C/b	E2/E1	σ_{y2}/σ_{y1}
1	-	1	1
8	0.075	1	80/55
9	0.075	0.85	80/55
10	0.075	0.70	80/55

表2 材料特性

$\sigma \leq \sigma_{ys} \quad \epsilon_e = \sigma / E$
 $\sigma > \sigma_{ys} \quad \epsilon = \epsilon_e + \epsilon_{pl} + \{ (\sigma / F)^n - (\sigma_{ys} / F)^n \}$
 $n = 2, F = 500 \text{ Mpa} \quad (\epsilon_p \leq 0.02153)$
 $n = 10, F = 850 \text{ Mpa} \quad (\epsilon_p > 0.02153)$
 $\epsilon_{pl} = 0.02153$
 YOUNG'S MODULUS $E = 206 \text{ Gpa}$
 POISSON'S RATIO $\nu = 0.3$
 YIELD STRESS $\sigma_{ys} = 550 \text{ Mpa}$

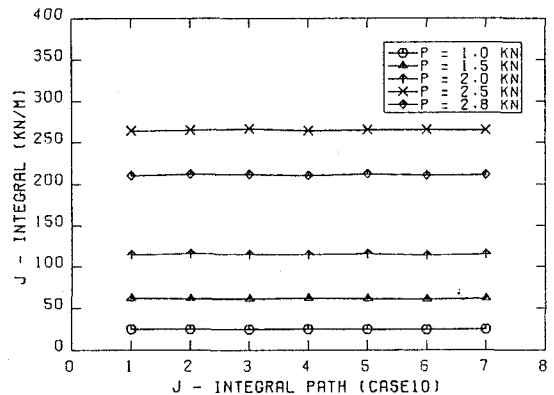


図5 J積分の経路独立性の一例 (Case 10)

参考文献

- (1) Chen, W. H., 5Th Int. Conf. SMIRT(1979), M9/4.
- (2) Miyamoto, H. and Kikuchi, M., Num. Meth. Fract. Mech. (1980), 359.