

長岡技術科学大学大学院 学生員 松本 幸次

長岡技術科学大学工学部 正 員 林 健治

長岡技術科学大学工学部 正 員 笹戸 松二

1. まえがき

Riceによって提案された鋼素材の靱性評価法である J 積分¹⁾は、均質材、即ち、単一材に対する解析的評価法であり、溶接継手のような非均質材（複合材）に対して適用できない。非均質材の J 積分評価法には Chenによって開発された方法²⁾があり、弾性状態におけるその径路独立性及び解の妥当性が明らかにされた。また、宮本ら³⁾はChenの方法を多相材に適用し、その径路独立性を明らかにした。

本研究は、縦ビード溶接継手を対象とし、継手の弾塑性挙動に着目して、有限要素解析を実施し、非均質材である継手の弾塑性状態における J 積分の径路独立性を調べ、J 積分が溶接継手の破壊靱性評価法としても有効であることを明らかにするものである。

2. 非均質材の J 積分評価法

図-1に示すよにき裂を有するある材料中に斜線部の異種材料が存在する場合、Chenによって拡張された J 積分は次式で与えられる。

$$J = J_{\Gamma} = J_{\Gamma_k} - \sum_i J_{\Gamma_{si}} \quad (1)$$

ここに、 J_{Γ} 、 J_{Γ_k} 、 $J_{\Gamma_{si}}$ はそれぞれ径路 Γ 、 Γ_k 、 Γ_{si} で定義された径路積分である¹⁾。

式(1)の物理的意味は次の通りである。 J_{Γ} はき裂を進展させる力であるので、 J_{Γ_k} はき裂及び異種材料を移動させる力となっている。従って、 J_{Γ_k} から異種材料を移動させる力 $J_{\Gamma_{si}}$ を取り除けば、き裂を進展させる力のみを評価することができる²⁾。また、均質材では、 $J_{\Gamma_{si}}$ は閉じた径路の線積分であるので零となり、Riceによって定義された J 積分と一致する。従って、式(1)は非均質材にも適用できるように一般化された J 積分を与える。

次に、溶接継手のような相境界を有する場合の J 積分は、図-2を例にすると次式で与えられる³⁾。

$$J = J_{\Gamma_1} - J_{\Gamma_2} \quad (2)$$

3. 解析方法

平面応力条件下で一様引張応力を浮ける中央切欠き付縦ビード溶接継手の弾塑性解析をひずみ増分理論に基づく有限要素法により行った。供試体の寸法は、長さ600mm 板幅80mm、板厚12mm、ビード幅12mm、切欠き長さ16mmである。供試材には、図-3に示す相当応力-相当塑性ひずみの関係を用い、母材と溶接金属は共に等方硬化を仮定し、Mises の降伏条件を用いた。有限要素解析は図-4に示すように三角形定ひずみ要素を用い、対称性を考慮して供試体の1/4を分割し、要素数622 節点数358 要素の最小寸法は板幅の1/80として行なった。

積分径路は、相境界を含まない場合、Case 1、相境界を含み、相境界の寄与を取り除いた場合、Case 2 及び相境界の寄与を取り除かない場合、Case 3 についてそれぞれ10種類とした。

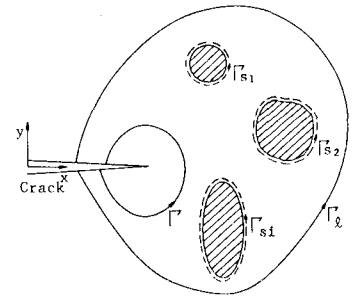


図-1 非均質材の J 積分

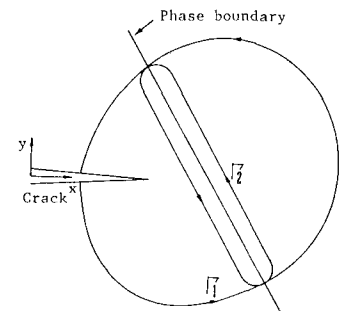


図-2 相境界を有する部材の J 積分

4. 解析結果

図-5に鋼素材と溶接継手の荷重と荷重線変位の関係を示す。 継手ではビード部の剛性が高いため、全断面降伏近傍の高負荷段階になると、継手の方が剛な挙動を示す。 図-6は各荷重段階におけるJ積分の径路によるばらつきを調べたものであり、図-7は10通りの径路におけるJ値を平均したものと荷重線変位の関係を示す。 ネット応力比 α が1.09を越えると、Case1,2,3共に径路毎のばらつきが若干見受けられるがそれぞれの10通りの径路の平均値はほぼ妥当なものと思われる。 また、Case1,2は各荷重段階及び各径路に渡って良好に一致しており、非均質材のJ積分評価法が妥当なものであることが明らかである。 なお、Case3は他と比較して高負荷段階になると過小評価となり、通常のJ積分を継手に対して適用することには問題がある。

本研究に対して、昭和59年度文部省科学研究費補助金(奨励A)の交付を受けた。 文献省略。

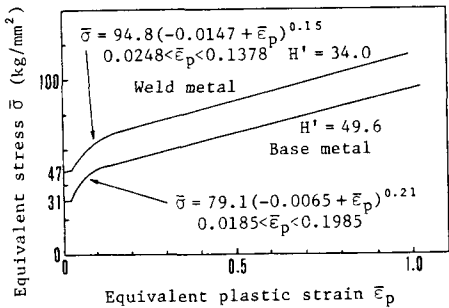


図-3 相当応力-相当塑性ひずみ曲線

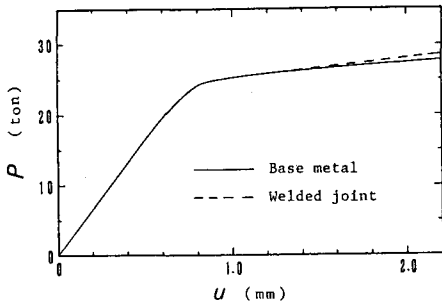


図-5 荷重-荷重線変位

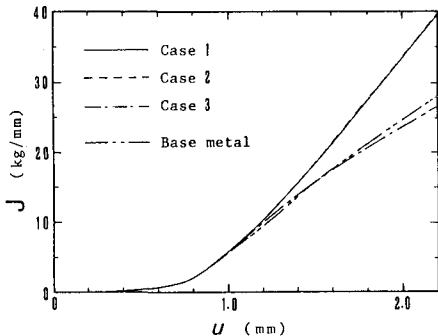


図-7 J-荷重線変位

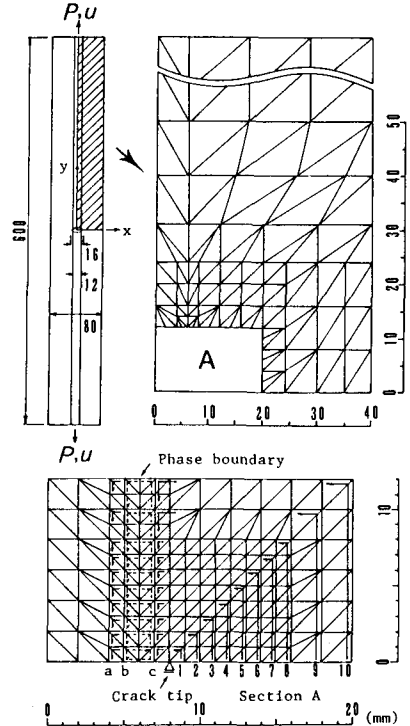


図-4 解析対象と要素分割

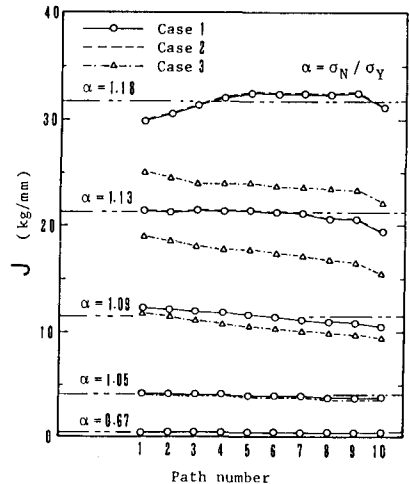


図-6 J積分の径路独立性