

長岡技術科学大学大学院 川村 裕雅

大学院 松本 幸次

工学部 林 健治

工学部 笹戸 松二

1. まえがき

J 積分値は、解析的には径路積分を用いて高精度で求めることができる。また、実験的にも多くの試験法が提案されておりその評価ができる。しかしながら、実験により J 積分値を求める場合、簡便式に頼っており、その値が十分信頼できるものであるかどうか検討する必要がある。三点曲げ試験やコンパクトテンション試験の場合、解析結果と実験結果がよく一致することが報告されているが、これは材料の破壊靱性を評価するものであり、部材の破壊靱性を評価することが可能である中央貫通切欠き材の場合の簡便式の信頼性について調べたものは、ほとんど見受けられない。そこで、本報告では、中央貫通切欠き材の簡便式の信頼性について弾塑性有限要素解析を行うことにより検討した結果を述べる。次に、全ひずみ理論の構成方程式について、塑性ヒカント係数をひずみ硬化率に置き変えるなどして全ひずみ理論の構成方程式とした文献があるが、これは理論的には正しいとは考えられない。そこで、厳密な構成方程式と上述のような簡便な構成方程式の比較を行いその有効性について検討した。

2. 全ひずみ理論とひずみ増分理論

図-1 に全ひずみ理論の簡便な構成方程式と、厳密な構成方程式の計算結果を示してある。これより、SM41C および HT80 の双方において、上述の構成方程式の計算結果が比較的良好に一致していることが解る。理論的には欠点の多い簡便な構成方程式でも、工学的には利用できると考えられる。次に、径路積分の径路独立性が、弾性体および全ひずみ理論に従う弾塑性体のみで保証されているにすぎないため厳密には全ひずみ理論による解析が必要である。しかし、一般に塑性変形においては応力とひずみの

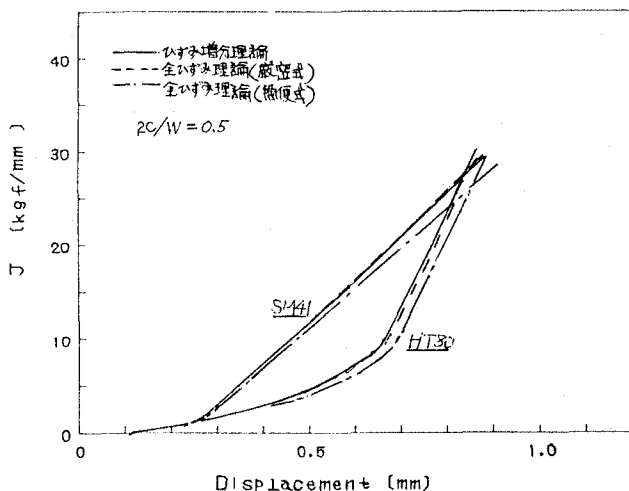


図-1 全ひずみ理論およびひずみ増分理論による計算値

間に 1 対 1 の対応はなく塑性変形の構成方程式としては、ひずみ増分理論が妥当である。そこで、図-1 にはひずみ増分理論による解析結果も併せて示した。これより、全ひずみ理論の厳密な構成方程式によって解析された結果と、ひずみ増分理論によって解析された結果が非常によく一致していることが解る。従って、以下の計算ではひずみ増分理論を用いた。

3. 中央貫通切欠き材における Rice の簡便式の有効性

図-2 は、SM41C について、径路積分と Rice の簡便式の比較を行ったものである。これより深い切欠きに対して提案された Rice の簡便式が中央貫通切欠き材に対しては、浅い切欠きについては当然として深い切欠きに対してもその評価が十分でないことが解る。また、浅い切欠きに対する簡便式も今回の研究対象となっているような硬化指数の小さな材料に対しては適用できない (HT80 についても同様の結果を得た)。従って、実験により、中央貫通切欠き材の、J 積分値を評価する場合には、浅い切欠き及び深い切欠きについての J 積分の簡便式を求める必要がある。

4. 実験によるJ積分評価法

ここでは、補正係数を使ってRiceの簡便式と径路積分との対応をとる。図-3はRiceの簡便式による値JR、その弾性成分 J_e 、塑性成分 J_p 、径路積分JP、の関係を示したものである。これより、ネット降伏後の径路積分とRiceの簡便式の誤差は、簡便式中の塑性成分の値が決定していることが解る。従って、Riceの簡便式の補正をする場合ネット降伏後の塑性成分を補正すればよいことが解る。ここで、ネット降伏後のJR、JPの挙動がほとんど線形で、かつJRは J_p とほぼ平行であることを考え合わせるとJPとJRの誤差は J_p をJP、JRの直線勾配の差の分だけ補正すればよいことが解る。

$$J_{ps} = \frac{JP_m}{JR_m} (J_p - J_{p(1.0)}) + J_{p(1.0)}$$

ここに

J_{ps} : 修正したRiceの簡便式の塑性成分

JP_m : 径路積分の直線部分の傾き

JR_m : Riceの簡便式の直線部分の傾き

$J_{p(1.0)}$: ネット応力比が1.0の時の J_p

ここで、 JP_m/JR_m の補正係数は、切欠き比に影響されず材料によってほぼ一定の値となり今回の研究の対象となったSM41C、HT80では、それぞれ1.6、1.4程度であった。表-1は、上式を用いて評価した実験値と径路積分との誤差を示したもので十分な精度で径路積分との対応がとれている。

5. おわりに

本報告は、簡便な全ひずみ理論式と厳密な全ひずみ理論式の解析結果の比較を行い簡便な全ひずみ理論式が工学的には利用できることを明らかにした。次に、中央貫通切欠き材の簡便式について、その塑性成分を補正することにより十分な精度で径路積分との対応がとれることを明らかにした。しかも、上式を使うことにより、中央貫通切欠き材の破壊靱性試験を行うにあたって、その切欠き比を任意に選ぶことができ非常に便利である。最後に、本実験に御助力いただいた長岡技術科学大学技官、高野一男氏に深く感謝の意を表します。参考文献

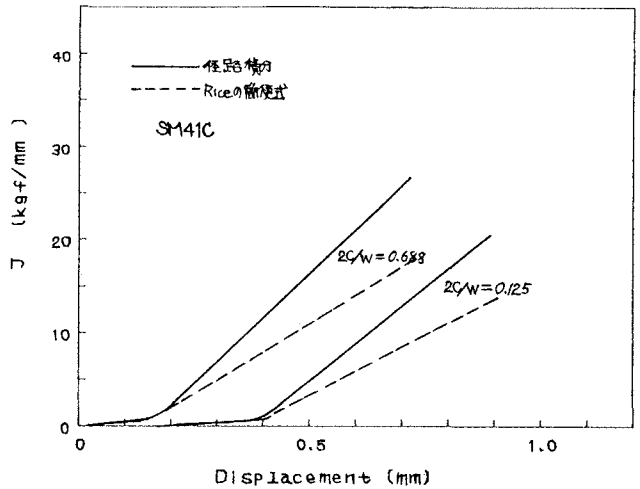


図-2 切欠き比の異なる場合の径路積分と簡便式の比較

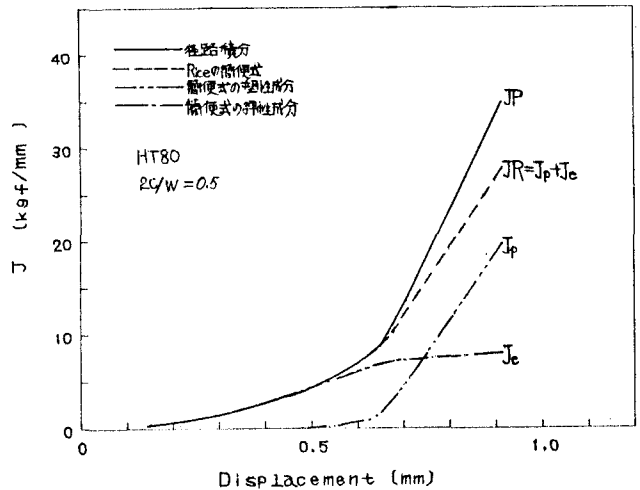


図-3 径路積分および簡便式の弾性成分と塑性成分

表-1 径路積分と実験値との誤差

2C/W	SM41C				2C/W	HT80			
	0.97	1.01	1.08	1.26		0.58	1.00	1.07	1.12
0.125	0(%)	4	7	—	0.125	0(%)	6	7	—
0.295	0	5	—	7	0.295	1	3	—	6
0.5	0	7	—	1	0.5	1	8	—	7
0.688	0	3	—	8	0.688	0	9	—	9

白鳥三郎、松下、数値破壊力学

山田：塑性・粘弾性