

平成 16 年 3 月 25 日

機械・構造システム 工学専攻	学籍番号	973129
申請者氏名	中本 久志	

指導者教官氏名	本間 寛臣	教授
	上村 正雄	教授
	新家 光雄	教授
	関東 康祐	助教授

論文要旨 (博士)

論文題目	非均質材料における破壊パラメータの検討
------	---------------------

線形破壊力学は、均質材料のき裂問題に対して、 $1/\sqrt{r}$ の特異性がき裂先端前方の比較的広い範囲で成立することを前提として適用されている。さらに、 J 積分は弾塑性体のパラメータとして着実に定着し、弾塑性体中のき裂先端には HRR 特異場が存在することが知られている。しかしながら、そのような特異性によって支配される領域は、材料の非均質性によってき裂先端極近傍に限定されるか、もしくは消失することが予想される。材料の均質性を前提とした強度評価が非均質構造材にも適用可能であるか、という観点から多くの研究が行われているが、そのほとんどが弾性問題に限定されている。

そこで、本研究では弾性問題に加えて弾塑性問題における非均質材料の破壊挙動について調査し、非均質材料の破壊パラメータを検討した。材料の非均質性に関しては様々な問題が考えられるが、その中でも取り扱ったのは傾斜機能材料 (FGM) に代表されるような、材料内で機械的性質が連続的に変化する非均質材料である。まず、弾性問題における FGM の破壊挙動について有限要素法ならびに有限差分法を用いて解析を行った。この解析ではき裂先端極近傍の領域と少し離れた領域について応力・ひずみの特異性を調べ、材料非均質性がき裂先端前方の特異領域に与える影響を調査した。次に、非均質材料の弾塑性問題では、本間らによって実施された非均質材料の弾塑性破壊靱性試験を参考にして破壊パラメータを検討した。本間らによる実験では、鋼の塑性特性が温度による影響を受ける性質を利用し、材料に不均一温度場を与えることで材料定数が連続的に変化する非均質材料が模擬された。き裂先端は均質・非均質材とも延性・脆性遷移温度に設定された。そこで、非均質材料の弾塑性問題については、延性引裂き (ディンプル) 破壊が生じる場合と、ディンプルおよびへき開破壊が発生する可能性を持つ場合について検討した。そのために、ディンプルおよびへき開破壊条件を破壊靱性試験および数値解析により決定した。

その結果、弾性問題における FGM の破壊挙動は、均質材料で広く使用されている応力拡大係数では正確に評価できないことがわかった。なぜなら、 $1/\sqrt{r}$ の特異性により支配される領域はき裂先端の極近傍においてのみ存在し、き裂先端から少し離れた領域における応力・ひずみ分布は材料傾斜の影響を受けるためである。弾塑性問題における非均質材料の破壊挙動について、本間らによる試験結果に基づく解析では均質材と非均質材でき裂先端の応力三軸性に差が認められた。それを破壊パラメータとすることで非均質材料の破壊靱性の変動が説明された。また、ディンプル・へき開破壊が発生する可能性を持つ場合についてはポイド体積率をディンプル発生条件、塑性ひずみ・応力三軸性・最大主応力をへき開破壊条件と定めた。これらの条件を使用して非均質材料の破壊シミュレーションを行った結果、き裂前方広範囲における材料非均質性はき裂先端の応力・ひずみ場に影響を与え、破壊靱性を変化させることが判明した。

以上の結果、本研究で提案された破壊パラメータは、遷移温度領域下や非均質性が存在する材料の破壊挙動を調査する際に統一的に使用でき、それによって非均質材の破壊靱性の変動を予測できることが明らかとなった。