学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	杉山 裕文
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	環情博甲第1896号
学位授与年月日	平成29年3月24日
学位授与の根拠	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条
学府・専攻名	環境情報学府 環境システム学専攻
学位論文題目	延性破壊に対する有限被覆法の開発
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 山田貴博 横浜国立大学 准教授 松井和己 横浜国立大学 教授 森下 信 横浜国立大学 教授 中野 健 横浜国立大学 准教授 澁谷忠弘 横浜国立大学 准教授 白石 俊彦

論文及び審査結果の要旨

本論文では、金属材料を対象として、不連続面の発生・進展により連続場から不連続場になった後に終局状態に至る一連の過程を取り扱える数値シミュレーションを扱っている。

応力解析の分野では、有限要素法(FEM)が広く用いられているが、この手法は連続体力学に基づく近似を採用しているため、破壊におけるき裂のような不連続な変位場を表現するためには、特別な技術を導入することが必要となる。本論文では、このような問題に対して、一般化有限要素法に分類される有限被覆法(FCM)を改良し、金属の代表的な破壊形態である延性破壊を表現できるシミュレーションに拡張している。

第1章では、本研究の背景と従来のき裂進展解析のための数値計算手法および延性破壊のモデルを概観し、本研究の位置付けと目的を述べている。

第2章では、本研究で扱う現象が塑性変形が卓越する領域で発生することから、塑性変形の非圧縮性を適切に近似可能な手法が必要であるが、従来の用いられてきた手法では体積ロッキングと呼ばれる現象により、適切な応力分布が得られず、き裂進展経路が適切に予測できないことを指摘している。このような現象を回避するものとして、変位を三角形1次要素で表し、1次要素を四つ組み合わせた領域で体積ひずみと圧力を定数として表す P1-iso-P2/P0 要素を導入した新しい有限被覆法を提案している。体積ロッキングを回避したことにより従来の手法に比べ応力の表現の能力が向上したことおよび不連続面の進展方向の違いについて確認した。さらに、古典的な J2 流れ則に基づく弾塑性解析へ拡張し弾塑性解析における有効性についても確認した。

第3章では、延性材料の変形過程では一様な変形の後に局所変形が発生することから、幾何学的非線形性を考慮することが必要であることを述べた後、第2章で提案した手法を有限変形問題に拡張している。また、数値計算例により手法の妥当性を確認している。

第4章では、破壊の発生や進展を表現する材料モデルに注目したとき、弾塑性構成則のみでは表現できない挙動があることを述べ、第3章までで提案した手法に損傷力学モデルを導入している。損傷力学モデルとしては延性破壊条件式に着目し、本研究では Lemaitre モデルを採用している。損傷モデルを導入することで、材料構成則レベルで応力のピークやその後の剛性低下が表現可能となり、延性破壊の発生から終局状態に至る一連のプロセスを表現できることを数値計算例より確認している。

第5章では、本研究で得られた知見をまとめ、結論を述べている。

本論文で得られた結果は、数値シミュレーションにおいて取り扱うことが困難であった延性破壊の現象に対する一つのアプローチを提示したものとして、学術的・工学的価値のあるものと判断される。したがって、論文審査委員全員は本論文が博士（工学）の学位を授与するに十分価値あるものと認めた。