

第 5 号様式

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	山王丸 将吾
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目 連続体損傷力学を用いた延性破壊に関する研究 (Study on the ductile fracture using continuum damage mechanics)			
論文審査担当者			
主 査	助 教	田中 智行	
審査委員	教 授	岡澤 重信 (山梨大学大学院総合研究部)	
審査委員	教 授	北村 充	
審査委員	教 授	藤本 由紀夫	
〔論文審査の要旨〕			
<p>機械構造物の重要な強度保証要件の 1 つに、定格負荷よりも比較的大きな非日常的負荷に対する極低サイクル疲労破壊が挙げられる。近年の計算資源の充実に伴い、この強度設計を行うにあたり試作回数や開発コストの削減を達成するために、数値計算による破壊予測が有効な手段となる。この破壊予測のための材料モデルの提案と、効率的な数値計算のための積分手法の開発に関する研究を行っている。以下に本論文の要旨を示す。</p> <p>第 1 章では本研究に取り組むに至った工学的背景、既存の研究に対する位置づけ、研究目的、概要について記載している。</p> <p>第 2 章では本研究で用いている数値計算の基礎事項として、有限変形理論、動解析理論、弾塑性モデルの積分手法の違いについて記載している。</p> <p>第 3 章では極低サイクル疲労破壊を表現する材料モデルとして、分割背応力モデルによる複合硬化則と連続体損傷力学の基礎理論について触れている。また本研究で提案している材料モデルとして、これらの両モデルを連成したモデルを示す。またこのモデルを効率的に解くための応力積分として後退形 Euler 積分による定式化について述べている。同時に優れた残差力収束性を得るために、この応力積分法と厳密に整合した Consistent 接線剛性も提案している。さらに材料モデルをより実現象に近づけるために静水圧依存型へのモデル拡張や、Unilateral 効果のモデルの考慮も行っている。</p> <p>第 4 章ではこのモデルの各材料定数を半自動的に同定するための材料同定システムについて述べている。その手法は単軸負荷試験により得られた応力ひずみ曲線、疲労</p>			

寿命特性を計算結果とフィッティングさせるものであり、試行回数削減のために遺伝的アルゴリズムを用いている。また 1 回の試行計算時間の削減のために単軸負荷に特化した積分計算手法を提案している。ADC12-F 材を例に材料定数の同定計算を行ったところ、試行回数に対して実験と数値計算との差異が減少し実験結果と良く一致する材料定数を求めることができています。

第 5 章では第 3 章で示した損傷弾塑性モデルを用いて、き裂発生およびき裂進展を含む延性破壊シミュレーションを行い実験結果と比較することで、モデルの妥当性を調べています。まず Mode I 初期き裂進展問題を扱い、従来の破壊力学では評価することのできないシャリップ破壊も含めて本損傷モデルで表現できることが示されています。また Mode I と Mode II の混合モード初期き裂進展も表現されています。そして初期き裂を含まない円柱圧縮や薄板球面衝突の破壊問題を取り扱い、き裂の発生やき裂進展の振る舞いが、実験と定性的に良く一致するき裂形状が表現されています。さらに極低サイクル疲労破壊の問題を取り扱い、円柱のノッチ径違いによる結果を実験と数値計算で比較しており、初期き裂発生までのサイクル数や破壊起点が実験結果と良く一致しています。以上のように様々な破壊問題を解くことで、本研究にて取り扱っている損傷モデルで 1 回負荷による破壊から極低サイクル疲労破壊までの幅広い延性破壊現象を表現できることが示されています。

第 6 章では本論文で得られた知見を総括しています。また本研究に関連する今後の課題についても示しています。

本論文は機械構造物の破壊強度予測として有効なモデルであり、極低サイクル疲労破壊を取り扱う様々な業界（電子はんだ業界、造船業界、自動車業界、原子力業界など）への貢献が期待できます。

よって審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。