

氏名(本籍)	柳 <sup>やなぎ</sup> 田 <sup>だ</sup> 信義 <sup>のぶよし</sup> (群馬県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第1,394号
学位授与年月日	平成7年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	切欠き材の弾塑性挙動と微視的破壊機構の解析
主査	筑波大学教授 工学博士 郷田国夫
副査	筑波大学教授 工学博士 斉藤正克
副査	筑波大学助教授 工学博士 寺本徳郎
副査	筑波大学助教授 工学博士 渡部修
副査	筑波大学副学長 Ph. D. 古賀達蔵

## 論 文 の 要 旨

繰返し荷重を受ける部材の低サイクル疲労を評価するため、切欠き部のように構造物の断面が急変する応力集中部で正確に弾塑性変形挙動を推定することが必要とされている。また切欠き底から発生するき裂進展を評価するため、材料を構成する個々の原子の運動を追跡する分子動力学法により転位の生成・移動をともなう延性破壊やへき開面に沿ってき裂が進展する脆性破壊の微視的破壊機構の検討が行われている。本研究は、有限要素法により切欠き底の応力ひずみ挙動を精度良く予測できることを実証し、分子動力学法により原子レベルの破壊機構及び臨海応力拡大係数との対応関係を明らかにしたものである。

第1章「序論」では、切欠き部の弾塑性挙動を詳細に把握することの意義、原子レベルでの微視的破壊機構を解析する意義について述べるとともに、既往の研究を概観している。

第2章「弾塑性構成式」では、有限要素法による弾塑性解析が材料の応力とひずみの関係を規定する構成式に大きく依存するため、有限要素法による解析に先立ち、構成式の方法を提案している。繰返し塑性を表現できる内部時間論構成式を用い、任意塑性ひずみサイクルから材料定数を決定する方法を示し、12Cr鋼の単軸応力-ひずみ曲線の実験結果を良好に近似できることを示している。

第3章「切欠き材の弾塑性解析」では、中央部に切欠きを持つ試験体の有限要素解析を行い、切欠き底の応力ひずみ挙動の実験結果との比較から、解析法の信頼性を実証している。試験体は12Cr鋼であり、応力集中度率が4と10の2種類の幾何形状、片振りの面内引張り荷重での漸増型荷重と一定型荷重の2種類の荷重条件について、多軸応力場の実験結果を計算結果は良好に近似できることを検証している。

第4章「分子動力学法」では、分子動力学法の理論を概説している。原子間ポテンシャル、運動方程式、及び数値積分法や計算時間の短縮アルゴリズムなどについて述べている。

第5章「 $\alpha$ 鉄単結晶のき裂進展解析1（温度調節と負荷速度の影響）」では、体心立方格子の $\alpha$ 鉄単結晶に面内開口型変形を加えたとき、分子動力学法の温度調節の影響及び負荷速度の影響について論じている。運動方程式を直接解く手法のほかに、温度調節を考慮した手法としてスケーリング法、能勢の方法などがあるが、系の温度分布やエネルギー授受から直接法が適切であることを示した。負荷速度の影響では負荷速度が遅いほどき裂先端から転位が生成しやすく、延性的な傾向を示すことを明らかにしている。

第6章「 $\alpha$ 鉄単結晶のとき裂進展解析2（格子方位の影響）」では、体心立方結晶の主要すべり方向を面内に含む代表的な2種類の格子方位に、面内開口変形を与えた場合の破壊様式の相違とその評価について論じたものである。一つの格子方位では温度に依らずき裂が脆性的に進展するのに対し、もう一つの格子方位では30Kでは脆性破壊、300Kでは延性破壊を示したが、破壊力学における延性・脆性臨界応力拡大係数で定性的に評価できることを示した。

第7章「結論」では第2章から第6章までで得られた研究成果をまとめるとともに今後の展望を示している。

## 審 査 の 要 旨

繰り返し荷重下の構造解析の信頼性を実証したこと、及び分子動力学におけるき裂進展と破壊力学との対応関係を明らかにしたことなどの点で、本論文は高く評価できる。また構成式、有限要素法、分子動力学に関しても十分な知識を有していることを示す論文である。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。