

学位論文内容の要旨

本論文は金属疲労および金属の塑性変形による損傷を非破壊的試験法によって評価する新たな手法を提案している。

機械や構造物の破壊現象はそれらに対する負荷様式や使用環境等によって様々な破壊形態があるが、中でも疲労破壊は破壊事故のほとんどを占めている。しかし、疲労破壊現象のメカニズム自体はほとんど説明されてきているが、疲労破壊事故を未然に防止するには至っておらず依然として人命に関わる重大事故が発生しているのが現状である。このような背景から、疲労破壊事故を防止するには供用中の検査によって損傷の定量的評価や予寿命の推定を高精度に行うことが必要であり、社会的にも切望されている。これに対して既存の種々の非破壊的検査技術の高精度化あるいは新しい技術の研究開発が精力的に行われている。

一方、機械や構造物の破壊現象はそれらを構成している材料の微視的構造に密接に関係している。また、一般的に用いられている金属材料は多結晶体であるため、これらに繰返し負荷が作用した場合初期段階として転位の増殖と蓄積が起こり、また、転位の表面への移動によってエクストリュージョン、イントリュージョンが発生し、その後マイクロクラックへと進展して行く。さらには表面でのクラックの成長と連結を経て最終破壊に至る。したがって、疲労損傷の評価では表面近傍状態が極めて重要な要因であり、さらには表面微視構造の変化の前駆現象としての外力に対応した転位挙動を含めたミクロな現象を評価することが重要と考えられる。

そこで、本研究では材料表面の損傷を評価する新たな手法として、(1) Granato-Lücke の転位弦理論と超音波スペクトロスコピー法を併用し高サイクル引張—圧縮疲労と転動疲労の損傷を表面波の伝搬速度の高精度測定結果から可動転位ループ密度の変化を推定する方法を提案し、実験によって疲労進展に伴う可動転位ループ密度の変化との相関を調べ本手法の検証を行った。(2) 材料内部のミクロな破壊現象を評価できるアコースティック・エミッション (AE) 法によって高サイクルおよび低サイクル疲労における新たな寿命予測法を検討した。(3) レーザスペクル法及びフラクタル法によって金属表面の微視的構造変化を評価する新たな手法を提案し実験的に検証した。

論文審査結果の要旨

本邦において高度経済成長時代に設置された原子力発電所をはじめとする重化学プラント等々は既に本来の寿命に達しつつあるが、その更新のための新設は最近の経済環境の悪化や設置の受け入れに関わる住民感情の悪化により、極めて厳しい環境にあり、既存の設備をその当初の設計寿命を延命しながら運転している状況にある。したがって、その運転に当たっては十分な保守点検が必要不可欠であり、とりわけ機器の疲労損傷状況を非破壊的に評価し、その疲労余寿命を予測する評価方法の確立が強く望まれている。

本論文は、非破壊的疲労損傷評価法の確立を目的に(1)種々の周波数で伝搬させた超音波の音速変化からGranato-Luckeの転位弦理論に基づいた超音波スペクトロスコピー法で疲労損傷で増加する可動転位ループ密度を推定し、余寿命を予測する能動的な方法、(2) Acoustic Emission(AE)法において疲労損傷初期のAEイベント数の減少傾向から余寿命を予測する受動的な方法、(3)レーザスペックル法とフラクタル解析を用いて疲労による材料表面粗れとフラクタル次元との相関より疲労損傷を評価する非接触的方法の新たな提案とこれらの方法を総合的に統一する新知見を示している。

これら申請者によってもたらされた新提案と新知見は疲労損傷の非破壊的評価法の新たな発展に貢献するところ大なるものがある。

よって、申請者は、北見工業大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。