

氏 名	後 藤 穂 積 ごとう ほつみ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 967 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	金属のフレット疲労に関する基礎的研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 遠 藤 吉 郎 教 授 森 美 郎 教 授 山 田 敏 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はフレット疲労の機構に関する理論的ならびに実験的研究をまとめたものであって、緒論、結論のほか7章よりなっている。

緒論においては、フレット疲労はフレット摩耗の発生場所が起点となって生じるが、両者の挙動には必ずしも関係がなく、また現象的には腐食疲労と似た点が多いが、機構が異なることより、フレット疲労について基礎的な研究が必要であることを述べ、本研究を推進する目的を明らかにしている。

第1章では、フレット疲労過程においてもっとも重要な因子である接線力の発生原因とその変化挙動を追求している。フレットの試験状態を簡単なばね系でおきかえることにより、接線力とすべり振幅の関係を解析し、解析結果を実験結果と比較、考察するとともに、接線力の繰返し速度依存性をも調べている。

第2章では、接触面およびその近傍におけるフレットによる接線応力と繰返し応力の組合せで得られる最大繰返しせん断応力を弾性力学的に求め、曲げとねじりにおけるフレットの効果の差や、フレット疲労の被害の及ぶ深さを考察している。

第3章は、炭素鋼のフレット疲労における速度効果を試験した結果である。低速ほど疲労強さの低下が著しく、これを腐食疲労の挙動と比較しながら、その原因を追求し、第1章で得られた知見を用いることにより、フレット疲労の機構を考察している。フレット疲労被害は寿命のはじめの20～25%の繰返し数で飽和し、かつこの被害はフレットと繰返し応力が共存するときに著しいこと、また低速ほど被害が大きいことなどを明らかにしている。

フレット疲労被害層の深さやその程度を知り、これが試験条件によりいかに変化するかを求めることにより、フレット疲労の機構、とくに第2章で述べた応力解析の当否を明らかにすることができる。第4章では、炭素鋼を用いて被害層深さを測定し、これを最大繰返しせん断応力の分布と比較する

ことによって、被害層深さが接線力の大きさに依存することを知り、接線力の影響をさらに明らかにしている。

第5章は異種材料が組合されたときの曲げ、およびねじりフレッティング疲れ試験の結果を述べたものである。フレッティングによる疲れ強さの低下率は材料の組合せによって定まる接線応力によって規定され、最大繰返しせん断応力により疲れき裂が発生すると考えた第2章の計算結果とよく対応する。しかし、アルミニウム合金は環境の影響を大きく受けるため、実験結果は計算結果からはずれてさらに強度低下が大きいことを知った。

しかし、フレッティング疲れの全寿命はほとんどき裂進展期で占められるので、さらにき裂進展について研究する必要がある。

第6章では、簡単な光弾性モデルによって、接線力によるき裂先端の応力集中とき裂進展方向に考察を加えたのち、炭素鋼のフレッティング疲れにおけるき裂進展を実験的に測定している。これによって、接線力が応力状態に効果をもつ深さの範囲内でのき裂進展と、効果を及ぼさなくなった深さでのき裂進展に差のあることを、破壊力学的知見などを用いて知り、前者の挙動と、後者への転移点の重要性を明らかにしている。

第7章はフレッティング疲れに及ぼす環境の影響を調べ、フレッティング疲れの機構を一層明らかにしたものである。環境は接線力に影響を及ぼすが、き裂の進展に及ぼす影響が無視できない。炭素鋼では、水蒸気は効果がなく、酸素がき裂の発生と進展を早めている。一方アルミニウム合金では、酸素が効果がなく、水蒸気がき裂の発生と進展を著しく増大させ、表面層の軟化や合金元素の移動が生じていることを明らかにし、このような環境に敏感な材料では接線力による応力状態よりも環境のほうが大きい効果をもつことがあり得ることを述べている。

結論は以上の研究の総括であって、フレッティング疲れにおける接線力の挙動の重要性と、それをもとにしたフレッティング疲れの機構を明らかにし、この知見によってフレッティングをうける機械要素や構造物の疲れ寿命の向上が期待されることを述べている。

論文審査の結果の要旨

機械要素や構造物にはその結合部に接線応力をもった状態で、相対的な微小振幅の繰返しすべり運動をうける場合が多く、その部分にはフレッティング摩耗と呼ばれる表面損傷がしばしば発生する。このような部材に外部荷重による繰返し応力が同時に作用するとき、フレッティング摩耗の発生場所が疲れ破壊の起点となり、疲れ強さが著しく低下する。これをフレッティング疲れといい、その疲れ強さは大気中の平滑材疲れ強さの $1/2 \sim 1/3$ 、あるいはそれ以下にも低下する。フレッティング摩耗については多くの研究がみられるが、フレッティング疲れはその影響因子の多様性のため、まだ十分にその機構が解明されていない。

本論文はフレッティング疲れの機構に関する理論的ならびに実験的研究をまとめたものであって、フレッティング部における接線力の発生原因とその変化挙動、それらに影響を及ぼす諸因子の考察、フレッティング疲れき裂の発生と進展の機構、および環境のこれらに及ぼす影響について論じたもので、得られた

主な結果は以下のようである。

(1) すべり振幅 Δy の小さいとき、接触面の一部が弾性的に固着し、接線力 T は Δy に比例する。 Δy がある値より大きくなると、巨視的すべりを生じ、 T は繰返し初期にピークを示したのち一定の値におちつく。その値は Δy にかかわらないが、接触面内の酸化摩耗粉による摩擦低減効果をうけて繰返し速度の速いとき小さくなる。

(2) フレッシング疲れ強さは繰返し速度が遅いほど低くなり、また曲げではねじりにおけるより低下率が高い。接触面上のフレッシングによる接線応力と繰返し応力の組合せである最大繰返しせん断応力が材料の許容値に達したとき疲れき裂を生じるとするとき、この結果がよく説明される。

(3) 種々の異種材料の組合せによるフレッシング疲れ強さも、その組合せに特有な接線力の大きさによって知り得る。

(4) フレッシング疲れき裂は全寿命の早期に発生し、その被害は寿命の20～25%で飽和する。ほとんどの寿命は疲れき裂の進展期で占められている。き裂深さを対数にとって繰返し数に対して示すと、き裂進展曲線は初期の立上りの直線部分と折れ曲がり点以後の直線部分に分けられる。初期の進展期はき裂先端に集中した接線応力と繰返し応力の組合せによっており、折れ曲がり点のき裂深さは組合せ応力がき裂進展に寄与する最大深さを示している。このときの繰返し数はフレッシング疲れ被害の飽和する繰返し数と一致している。これ以後のき裂進展は単なるき裂材のそれであって、これよりまたき裂の停留条件が知り得る。

(5) 一般の炭素鋼のフレッシング疲れき裂の発生と進展は環境中の酸素によって促進されているが、環境に敏感なアルミニウム合金では水蒸気がき裂の発生と進展を著しく増大させる。また水蒸気と機械的応力の相乗作用により、表面層にて材料の軟化や合金元素の移動が生じ、このためき裂の発生と進展がさらに促進される。このような環境に敏感な材料では、接線力による応力状態よりも環境のほうが効果が大きくなり、先に述べた応力解析の結果よりはずれることがあり得る。

これを要するに、本論文は従来系統的に調べられていなかったフレッシング疲れの機構を、その発生より進展にわたって究明し、フレッシングをうける部材の疲れ寿命の向上について重要な知見を得たものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。