

氏 名	戸 梶 恵 郎 と かじ けい ろう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第1264号
学位授与の日付	昭 和 55 年 1 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	大応力および過小応力を含む変動応力下の金属材料の疲労 に関する実験的研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 山 田 敏 郎 教 授 遠 藤 吉 郎 教 授 大 矢 根 守 哉

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は変動荷重に対する鉄鋼材料の疲労強度を明らかにするために、大応力および過小応力からなる応力パターンならびに荷重型式が種々の炭素鋼の疲労強度に及ぼす影響について、系統的に行なった実験的研究結果をまとめたものであって、序論、結論および3編、8章からなっている。

まず序論においては、変動荷重に対する疲労寿命予測法に関する現状および本研究の意義を述べている。

第1編では、基礎的問題に関する研究結果を述べている。すなわち、第1章では応力繰返しに先立って1回だけ大応力が加わる場合について、0.33% C 炭素鋼に対し、回転曲げ、引張圧縮の両荷重下の実験を行ない、後者ではこの予応力は下降伏点の場合を除いて疲労強度を上昇させるに對し、前者では多くの場合疲労強度を低下させること、かつ下降伏点予応力における疲労強度低下の原因はその負荷によって生じるひずみ分布の不均一であることを明らかにしている。

第2章では、回転曲げおよび繰返しねじり荷重下で0.33% C 炭素鋼に対し過大応力の二段二重重複疲労試験を行ない、熱処理の如何にかかわらず、回転曲げでは応力上昇のパターンで（応力繰返し数比の和） $\Sigma(n/N) > 1$ となり、応力下降のパターンでは $\Sigma(n/N) < 1$ となるが、繰返しねじりの場合は $\Sigma(n/N) \gg 1$ となり、荷重型式により全く挙動が異なるという結果を示している。また、回転曲げと繰返しねじりとを組合せた実験を行ない、回転曲げから繰返しねじりに変動した場合は $\Sigma(n/N) \gg 1$ となり、その逆の場合は $\Sigma(n/N) \approx 1$ となることを示している。

第4章では、第3章と同一の実験を引張圧縮荷重に対して行ない、大応力が1回だけ加わる場合は疲労寿命はその影響を受けず、周期的に加わる場合には回転曲げの場合と同様に疲労限度近傍から短寿命になってゆくことを示し、これらの現象を大応力の負荷によるひずみ分布の不均一やすべり線および微視き裂の開口等の局所的な事象が原因であるとして説明している。また $\Sigma(n/N)$ の値が著しく小さくなっており、特に下降伏点に相当する大応力の場合は、共に単独では破壊しない応力の組合わせにおいても破壊が生じることを示し、これは長寿命を必要とする機械設計において特に注意を必要とする事項であることを指摘している。

第5章では、3種類の切欠き試験片を用い、引張圧縮荷重下で大応力が加わる場合について実験を行ない、き裂の発生、その進展挙動を調査し、電子顕微鏡による解析を行ない、応力拡大係数による整理が可能であることを明らかにし、大応力の大きさ、その頻度、応力の加わる時期等がき裂の発生、その進展速度に与える影響を明らかにしている。

第Ⅲ編は、過小応力の影響に関する研究結果である。すなわち、第6章ではひずみ時効能の異なる2種類の炭素鋼平滑材を用い、ひずみ時効能と疲労限度、硬度変化、停留き裂の関係を明らかにし、平滑試験片でも停留き裂が生じ、かつ、ひずみ時効能の大なる材料程停留き裂の長さが大であること、および低い応力でも発生することを示している。また、回転曲げにおける被害曲線はき裂の発生曲線とよく一致し、繰返しねじりではその挙動がひずみ時効能によって左右されることを見出している。

第7章では、過小応力の効果について実験を行ない、過小応力効果はひずみ時効能の低い材料では認められず、ひずみ時効能の高い材料では顕著に認められること、コーキング効果（過小応力による疲労限度の上昇）は両者にみられ、特に繰返しねじりにおいてはひずみ時効能の低い材料でも、70 μ m程度のき裂が存在するときに最も強いコーキング効果を示し、これは変動荷重下で過小応力の評価を行なう上で重要な事項であることを指摘している。

第8章では、過小応力を含む二段多重重複疲労試験をS10C、S30C、S45Cの炭素鋼平滑材に対して、回転曲げ、繰返しねじりについて行ない、過小応力の影響を明らかにしている。すなわち、き裂発生および破断までの寿命に及ぼす過小応力の影響は、負荷型式および材質にかかわらず1ブロックの繰返し数が短くなるに従って大きく、すなわち寿命が短くなり、その程度は強度の大なる材料程大であって、過小応力はき裂の発生よりもむしろき裂の進展過程に対して大きく影響を及ぼすことを示している。また、過大応力におけるき裂進展挙動には加速現象と減速現象の2様式が観察され、前者は主に回転曲げ、強度の大なる材料および1ブロックの繰返し数の短い場合に、後者は繰返しねじり、強度の低い材料および1ブロックの繰返し数の長い場合に生じることを明らかにしている。さらに、平滑材においても、き裂進展期間が寿命の大半を占めること等の重要な知見を提供している。

結論では、以上の結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

機械や構造物の信頼性を高め、より合理的な設計を行なうためには、変動荷重に対する金属材料の疲労強度のより精確な推定を行なう必要がある。本論文は変動荷重に対する炭素鋼の疲労強度を明らかにするために、大応力、過小応力およびその組合せによる応力パターンが回転曲げ・引張圧縮・繰返しねじりの負荷型式ごとに疲労強度に及ぼす影響について、系統的に実験的研究を行なった結果をまとめたもので、主な成果は次のとおりである。

(1) 応力繰返しに先立ち1回だけ大応力が加わる場合、疲労強度は繰返し応力が引張圧縮のときは上昇し、回転曲げのときは低下する。ただし、大応力が下降伏点の場合は何れも疲労強度が低下する。これはひずみ分布の不均一によるものである。

(2) 過大応力からなる二段二重疲労試験においては、回転曲げで応力上昇のパターンでは $\Sigma(n/N) > 1$

となり、応力下降のパターンでは $\Sigma(n/N) < 1$ となるが、繰返しねじりに対しては何れの場合も $(\Sigma n/N) \geq 1$ となる。また、回転曲げから繰返しねじりに変動したときには $\Sigma(n/N) \geq 1$ となり、その逆の場合は $\Sigma(n/N) = 1$ となる。

(3) 寿命の途中で1回だけ大応力が加わる場合、回転曲げではその後の疲労寿命が減少し、引張圧縮のときはその後の疲労寿命にほとんど影響が現われない。大応力が周期的に加わる場合は、回転曲げでは何れの大応力も疲労寿命を減少させ、疲労限度近傍から特に短寿命になる。引張圧縮のときは、それが疲労限度以上の範囲では処女材よりも寿命が延びるが、疲労限度近傍から下は短寿命になる。特に大応力が下降伏点の場合には著しく疲労寿命が短くなる。

(4) 切欠材において、切欠底の一部に塑性変形を生ずるような予応力を加えると、その後の疲労強度の変化は殆んど無いが、切欠き部断面全体が塑性変形するような予応力を加えると寿命はかなり増大する。き裂発生後に大応力が1回加わる場合、あるいは途中で2回以上または周期的に加わる場合は、負荷後の繰返し応力においてき裂進展の遅延現象が生ずる。なお、き裂の進展速度は応力拡大係数を用いて整理することができる。

(5) ひずみ時効能と明確な疲労限度の存在とは直接の関連は認められない。が、停留き裂はひずみ時効能の高い材料の方が長く、しかも低い応力まで存在する。被害曲線は主としてき裂の発生曲線と一致する。

(6) 過小応力による強化の効果はひずみ時効能の低い材料では認められない。コーキング効果は何れの材料にもみられる。特に繰返しねじりにおいては、 $70\mu\text{m}$ 程度のき裂が存在するときに大きなコーキング効果が発生する。

(7) 二段多重重複荷重に対しては、き裂発生および破断までの寿命に及ぼす過小応力の影響は、負荷型式および材質にかかわらず1ブロックの繰返し数が短くなるに従って大きく、すなわち寿命が短くなり、その程度は強度の大なる材料程大である。なお、過小応力はき裂の発生に至る寿命よりもむしろき裂の進展過程の寿命に対して大きく影響を及ぼす。また、過大応力におけるき裂進展挙動には加速現象と減速現象の2様式がみられる。平滑材においても、き裂進展期間が寿命の大半を占める。

以上要するに本研究は、変動荷重に対する疲労強度について系統的な実験的研究により多くの重要な知見を与え、疲労寿命設計に対し貴重な資料を提供したものであり、学術上ならびに工業上寄与するところ少なくない。

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。