

氏名	中川隆夫 なか がわ たか お
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第3号
学位授与の日付	昭和33年3月24日
学位授与の要件	工学研究科機械工学専攻・博士課程修了者 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文題目	金属材料の重複繰返応力に対する疲労強度に関する研究
	(主査)
論文調査委員	教授河本 実 教授平 修二 教授奥島啓式

### 論文内容の要旨

本論文は、金属材料の重複繰返応力に対する疲労強度の問題およびこれに関係の深い二、三の問題を取り扱ったもので、七つの章よりなっている。

第1章は、2段多重重複繰返応力を受ける場合の疲労強度につき研究したもので、このような場合は、實際上、多くの機械部分にみられるごとく、一定の大きさの繰返荷重が作用する上に、さらに、ピーク負荷として大きな繰返応力が周期的に作用する場合に相当するものである。実験は、高応力の低応力に対する応力比を種々変化させ、また、それぞれの応力における繰返数の割合をも種々変化させ、広い範囲にわたって行なっている。実験の結果は、従来の繰返数比積算法に基づいて計算した結果と比較し、この場合、実験結果が計算の結果と一般には一致せず、ことに、高応力時の繰返数が低応力時の繰返数に比し、いちじるしく小なるとき、その相違がはなはだしくなることを見出している。しかも、実験値は計算値よりも小なる側にくるため、従来の繰返数比積算法による疲労寿命の推定は危険側にあることを指摘し、計算値算出法の修正を試みている。すなわち、過去に受けた高応力または低応力の履歴が、以後に受ける低応力または高応力による疲労に影響をおよぼすとの考えより、応力修正係数なるものを導入し、新しい疲労寿命の計算式を提案している。この応力修正係数は応力条件によって相違するが、その差は比較的小さく、これを種々の応力条件の場合について求めており、一般に、2段多重重複繰返応力を受ける場合の疲労寿命算定に対する新しい一つの方法を与えたものである。

第2章は、繰返応力の大きさを試験の途中一度だけ変更するような重複繰返応力を受ける場合の問題を取り扱ったものである。このような応力は、実際の場合に、そのまま実現されることは比較的まれであるが、一般に、変動応力を受ける場合の疲労強度を考察するときの基礎となるべきものである。この場合、従来の繰返数比積算法に基づく計算値は、一般には、実験結果といちじるしく相違することを多数の実験結果より指摘している。なお、重複繰返応力に対する疲労寿命は疲労被害と関連させて考えるべきものとの論より、疲労被害について述べている。従来、疲労被害の判定には種々の方法が用いられているが、附

久限度におよぼす被害を対象としたフレンチの被害曲線が最も多く引用せられている。しかし、フレンチの被害曲線はその意味において妥当性を欠くものと論じ、疲労寿命におよぼす被害に準拠した新しい被害曲線を提案し、数種の鋼についてこの新しい被害曲線を求めている。この被害曲線は、従来のフレンチの被害曲線といちじるしく趣を異にし、繰返変動応力または重複繰返応力を受ける場合の疲労強度を考察する場合の有力なる基礎資料を与えるものであると思われる。

第3章は、前章におけると同様、2段重複繰返応力の場合を取り扱ったものであるが、前章においては、耐久限度以上の応力による被害を主として求めたのに対し、本章では、耐久限度以下の、いわゆる、過小応力を与えたときの疲労強度におよぼす影響を系統的に求めている。実験は、過小応力の大きさおよび繰返数を種々変化させたときの耐久限度および疲労寿命におよぼす影響を求め、過小応力繰返数の増大するにつれて疲労寿命は最初増大し、以後減小する傾向のあること、また、低応力に対する寿命の増加は高応力に対する寿命の増加よりも大なることなど、注目すべき結果を得ている。なお、過小応力繰返しの各段階における炭素鋼試験片の表面フェライト部の硬度を微小硬度計により測定し、疲労の進行にともない、硬度の増加すること、および、その増加の傾向は疲労寿命増加の傾向と類似していることなどを明らかにしている。

第4章は、2段3重重複繰返応力に対する疲労強度、すなわち、疲労寿命の途中において一度、ある繰返数だけピーク負荷として、高応力が作用する場合の疲労強度を求めたものである。実験は、高応力の繰返数およびその高応力の繰返しを与える時期を種々変えた場合について行ない、高応力を与える時期が早いほど疲労寿命が減少すること、また、高応力と低応力との差が非常に小さいときは、特異な現象があらわれることなどの結果を得ており、これらの結果を、第2章に述べた新しい疲労被害曲線を用いることにより説明し得ることを示している。

第5章は、疲労強度におよぼす応力波形の影響を取り扱ったもので、この種の研究は、實際上、重要であると思われるにもかかわらず、繰返応力を受ける場合については従来ほとんど見られないものである。試験機としては、カム装置により種々の応力波形を与え得るごとくしたものを試作し、両振繰返応力を受ける場合のほか、部分両振繰返応力を受ける場合についても実験している。実験は、軟鋼について曲げ繰返応力を与えた場合について行ない、両振りおよび部分両振りのいかににかかわらず、正弦波繰返応力の場合が最も長い寿命を与えるという結果を得ている。実際の機械部分の受ける繰返応力の波形は、必ずしも、常に正弦波であるとは限らないから、本実験の結果は、實際上重要な意義をもつものと思われる。なお、本実験の結果を、応力波形と弾性履歴線図との関連により説明せんと試みている。

第6章では、疲労破壊の電子顕微鏡観察による研究結果について述べている。まず、重複繰返応力に対する疲労強度の考察においては、疲労進行の過程における材料の変化の様子を知ることが重要で、その目的に、分解能の大なる電子顕微鏡による観察の有利なることを述べている。実験は、軟鋼の板状試験片に両振平面曲げ繰返応力を与えた場合について行なっている。電子顕微鏡観察は、疲労のきわめて初期から破断直前までの種々の段階および破断後について行ない、破断面付近の試験片表面が疲労の進行とともに変化する状態を調べている。その結果、試験片表面が疲労の進行にともない粗になって行く状態、疲労による亀裂は、破壊までの繰返数の95%に及んでも認められないこと、あるいは、破断面と亀裂との関係

など、注目すべき結果を得ている。

第7章では、疲労試験結果を統計的に取り扱う一つの方法を提案している。一般に、疲労試験結果は、ばらつきのはなはだしいもので、したがって、これを統計的に取り扱う方法は、従来から種々提案されているのであるが、それらはいずれも、同一応力段階にて多数の試験片について試験しなければならない。しかも、疲労強度を求めるには、普通、多くの応力段階にて試験することを必要とするから、結局、きわめて多数の試験片について疲労試験を行なわなければならない。ここに提案している方法は、この欠点を除去するため、異なる応力段階にて行なわれた疲労試験結果をもあわせ、全体として統計的に疲労強度を求めんとするものである。疲労試験は、1本の試験片についてさえも、普通、長い時間を要するものであるから、きわめて多数の試験片について試験することは、實際上困難をとまなう場合が多いと思われる、ここに提案し、求めているごとき方法は、実用上有効なるものと思われる。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、金属材料が重複繰返応力を受ける場合の耐久限度および時間強度を明らかにすることを目的とし、2段多重重複、2段2重重複および2段3重重複等の繰返応力を受ける場合の疲労強度を広範囲に求め、これらの結果が、従来の繰返数比積算法に基づいて求めた計算結果と一致しないことを指摘し、実験結果に合致する計算方法を樹立するため、疲労履歴を考えることにより応力修正係数を導入すること、および、新しい疲労被害曲線を考えること等により、重複繰返応力に対する疲労試験結果を説明し、それらの疲労強度判定に対する一つの方法を与えたものである。なお、これらの問題と密接な関係にある疲労試験結果の統計的処理、疲労破壊過程の電子顕微鏡観察による考察、ならびに、疲労強度に及ぼす応力波形の影響等についても、新しい知見を加えたもので、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

---

#### 〔主論文公表誌名〕

- Technical Reports of the Engineering Research, Institut Kyoto University, Vol. 8 (1958), No. 1.
- Proceedings of the First Japan Congress on Testing Materials, (1958)
- Proceedings of the Second Japan Congress on Testing Materials, (1959)
- Memoirs of the Faculty of Engineerings, Kyoto University, Vol. 18 (1956), No. 1.
- 材料試験 第4巻(昭. 30)第19号
- 日本機械学会論文集(近刊予定)

#### 〔参 考 論 文〕

な し