

【213】

氏名	柴田俊忍 しば た とし のぶ
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第81号
学位授与の日付	昭和40年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科機械工学専攻
学位論文題目	実働荷重による金属材料の疲れに関する基礎的研究
論文調査委員	(主査) 教授 河本 実 教授 平 修二 教授 大矢根守哉

論文内容の要旨

本論文は実働荷重による金属材料の疲れ強さおよび疲れ過程における材料の挙動について基礎的な実験を行ない、その結果につき考察するとともに、これに関連した諸問題につき論じたもので、緒論、3部8章、結論よりなっている。

第1部は疲れの進行に伴なう材料の巨視的変形挙動について論じたもので、次の3章よりなっている。

第1章は炭素鋼の定応力および定ひずみねじり疲れ試験において、疲れの進行に伴なうひずみ応力振幅の変化の挙動を明らかにしたものである。疲れの進行に伴なって材料は必ずしも軟化あるいは硬化と一方的に進行するものではなく、疲れの進行に伴なって軟化・硬化・平衡の順にひずみあるいは応力振幅が変化することならびにヒステリシスループの変化の挙動をも明らかにしている。

第2章は疲れバウシinger効果につき研究したものである。疲れバウシinger効果とは従来のバウシinger効果と異なり片振り繰返し応力が反復される場合の変形抵抗挙動を指すもので、実験は黄銅につき繰返しねじり応力を与えた場合について行なっている。実験の結果より反復繰返し応力における変形抵抗挙動は静繰返し試験や重複クリープ試験における変形抵抗挙動とは異なったものであることを示し、その相異につき論じている。

第3章は二段二重重複繰返し応力を試験片に与えた場合、疲れの進行に伴なって弾性限度、残留ひずみ、ヒステリシスループの形状と面積、塑性ひずみ振幅がいかに変化するか、また一次応力の繰返し二次応力の下における疲れき裂の進行に及ぼす影響などについて研究している。その結果より、一次応力の繰返しを受けた試験片の二次応力の下におけるこれらの諸性質は処女材のそれとは全く異なったものであることを明らかにしており、僅かに塑性ひずみ振幅の変化の二次応力繰返し中の平均的な値が、疲れ寿命の増減と比例していることを示している。実働荷重に対する疲れ強さを考える場合一定応力振幅の疲れ試験の結果は比較の対象として使われるべきものとしての意義を有するが、実働荷重下における疲れ強さはきわめて複雑なものでさらに深く追求されるべきものであると述べている。

第2部は実働荷重の基本的な場合として応力波形の疲れ強さに及ぼす影響ならびに種々のプログラム荷重の下における疲れ強さにつき論じたもので第4章から第6章までの3章よりなっている。

第4章は応力波形が疲れ強さに及ぼす影響に関して研究したもので、まずこの研究を遂行するために試作した複調和応力繰返し疲れ試験機について述べ、ついで種々の応力波形と疲れ強さとの関係を平面曲げ、ねじりおよび引張圧縮の場合につき求めるとともに、応力波形により疲れの進行に伴う応力振幅の変化の挙動について論じている。最大応力の大きさと二次応力波の大きさととの関係のいかんによって疲れ寿命がいちじるしく大きくなる場合が現われ、二次応力波が二段二重重複荷重の際のコーキング効果あるいは過小応力効果と同様の影響を示す場合のあることを明らかにしている。

第5章は炭素鋼を用いて切欠き材の二段多重および平滑材の三段多重重複回転曲げにおける疲れ強さ、ならびに多段多重重複回転曲げ疲れ試験における疲れ強さおよびたわみ挙動について論じたものである。切欠き材の場合には平滑材とほぼ定性的に同じ疲れ強さ挙動を示すが、定量的には切欠き材のほうが破壊までの累積繰返し数比の値は大きくなる傾向のあることを明らかにしている。また二段多重重複の場合と三段多重重複の場合に対する結果を比較し、両者が示す疲れ寿命の傾向にはあまり大きな差はないが、三段多重重複の場合のほうが破壊までの累積繰返し数比の値は大きくなる傾向のあることなどを明らかにしている。また本章においてはこれらの研究を行なうために試作した多段多重重複繰返し応力疲れ試験機についても述べている。

第6章は実働荷重下の疲れ試験を行なうに当たり、実働荷重条件と疲れ強さの挙動との法則性を明らかにするための基礎的プログラム試験の方法について考察している。

第3部は長方形断面と円形断面のねじり疲れ強さならびに薄い箔中に存在するらせん転位周辺の応力分布について研究したものである。

第7章は円形断面および長辺と短辺との比の異なる種々の長方形断面を有する試験片につきねじり疲れ試験を実施し、疲れき裂の発生および破壊までの疲れ寿命が断面形状によっていかに変化するかについて研究したものである。その結果、疲れ強さに及ぼす断面の形状の影響は静的な降伏点に及ぼす影響ときわめて類似していることを明らかにし、また試験片に疲れき裂が発生する繰返し数は断面上で弾性的に計算した応力値がその断面に生ずる最大応力の0.9倍以上となる部分の面積の全断面積に対する比に反比例していることを示している。

第8章は等方性の結晶の薄い箔中にらせん転位が存在するときの転位周辺の応力分布を計算した結果を示している。バーガース・ベクトルの方向を軸とした円筒座標において、無限物体では唯一つの応力成分が存在するのに対して、薄い箔の場合には二つの応力成分が生ずることを示し、これらの応力成分の分布を明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

実働荷重下の金属材料の疲れの問題は機械や構造物の設計ならびに安全上重要な問題であり多くの研究者がこの解明に当たっている。

しかし従来行なわれている実働荷重下の金属材料の疲れに関する研究の多くは、応力頻度を基にしたプ

プログラム荷重により荷重履歴と破断までの繰返し数との関係を求め設計資料を得ることに止っているうらみがあり、実働荷重下に材料が示す挙動と疲れ破断との関係を明らかにする本質的な研究において不十分と思われる。本研究はこのような情勢に即して、主として荷重履歴による材料の変形抵抗挙動を明らかにし、これより金属材料の実働荷重下の疲れの現象を解明せんとしたものである。

まず、実働荷重として最も単純なプログラム荷重を選び、重複片振り繰返し荷重あるいは二段二重重複繰返し荷重の下における疲れ強さおよび疲れ変形挙動を求め、ことに二次応力下における疲れ変形挙動に及ぼす一次応力の影響などにつき究明し、材料が変動荷重あるいは重複繰返し荷重を受けるときの疲れ強さや変形挙動と一定応力振幅の繰返しを受けるときのそれらとの相異を論じるとともに今後の研究の進むべき方向とも示している。次に繰返し荷重における応力波形が疲れ強さに及ぼす影響、平滑および切欠き材の二段多重重複繰返し荷重の下における疲れ強さ、あるいは二段多重と三段多重重複繰返し荷重の下における疲れ強さおよびそれらとの比較など、実働荷重下での疲れ強さおよび疲れの進行に伴う巨視的変形挙動に関する多くの研究を行ない、それらの結果を論ずるとともに幾多の基礎的かつ重要な資料を提供している。

なお、応力分布やそれと疲れ強さとの関連についても考察を加えているほか、上述の実働荷重に対する実験を実施するに必要な二、三の疲れ試験機を設計試作しており、これらは今後とも実働荷重による疲れ現象の研究に寄与するものである。

以上のように、本論文は金属材料の実働荷重下における疲れ現象を主として材料が示す変形抵抗挙動に基づいて基礎的立場から解明したもので、学術上、工業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られる。