

氏名	住廣克巳 すみひろかつみ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第724号
学位授与の日付	昭和49年11月25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	金属材料の疲労試験装置と疲労被害に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 河本 実 教授 遠藤吉郎 教授 山田敏郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は金属材料の新しい疲労試験装置とそれを用いて行なった疲労試験結果ならびに疲労被害に関し種々の研究を行なったもので、緒論、3編および結論よりなっている。

緒論では金属材料の疲労に関する工学的諸問題を材料試験的に解決することの意義を述べ、本研究の内容の概略を記している。

第1編は新しい疲労試験機の試作およびそれによる試験結果に関する研究である。第1章ではクランク機構によりばねを介して強制振動させられた衝撃錘を利用して試験片を繰返し打撃するという新しい原理に基づく高速衝撃引張り疲労試験機を試作し、理論的考察および試験結果から次のことを明らかにしている。クランク半径およびクランク下死点において静止状態の衝撃錘と重錘との間隙を適当に定めることにより、クランク回転速度の増加に伴い衝撃エネルギーが単調に増加するクランク回転速度域を得ることができ、この回転速度域で疲労試験を行なうときは試験機の起動時に所定以上の衝撃エネルギーを試験片に与えることがなく、しかも試験機は十分安定した作動をする。ばね定数、振動系の質量を適当に定めて共振点を高めることにより高速衝撃疲労試験を行なうことが容易である。共振を利用しているので試験機寸法に比し衝撃エネルギーの大きな容量が得られる。さらにこの試験機を用いて4種類の大きさのころ入鎖について衝撃疲労試験を行ない、疲労試験結果のばらつきならびに疲労破壊の発生状態などについて考察している。第2章では試験片を保持する左右の回転軸の外わくを1対のアンギュラコンタクト型ラジアル玉軸受で支え、さらにこれに与えられる荷重の受部に1対のピボットを用いることにより点接触により力の伝達を行なわせるという従来にない方法に基いた均一曲げモーメント型回転曲げ疲労試験機を試作し、この試験機により疲労試験を行なうときには試験片は任意の方向になんらの拘束もなく自由にたわみうるので未知の拘束荷重が作用することなく正確な回転曲げ疲労試験が可能であることを指摘している。さらにこの試験機を用いて機械構造用炭素鋼について疲労試験を行ない次のことを明らかにしている。すなわち低疲労寿命領域においてはかなり大きな水平たわみを生じる。その疲労強度を水平たわみを拘束する従来の

試験機による結果と比較すると、疲労限度は等しいが、時間強度は小さくなりその傾向も指定の繰返し数が小さくなるほどいちじるしい。

第2編は真空焼なましと疲労被害に関する研究である。第1章では軟鋼、半硬鋼および硬鋼の回転曲げ疲労強度に及ぼす真空焼なましの影響について研究し、次のことを明らかにしている。表面加工層を有する場合の試験片の疲労強度と真空焼なましにより表面加工層を完全に除去した試験片の疲労強度とを比較すると、いずれの炭素鋼においても表面加工層は比較的大きい繰返し数に対する時間強度を増加させ、比較的小さい繰返し数に対する時間強度を減少させる傾向をもつ。650°Cで1hの真空低温焼なましを行なった試験片の疲労強度と真空完全焼なましにより表面加工層を完全に除去した試験片の疲労強度を比較することにより、真空低温焼なましによって表面加工層を結晶粒の成長を伴うことなく完全に除去するためには、焼なまし時間を1hにした場合焼なまし温度は軟鋼に対しては650°Cよりいくらか高い温度が、半硬鋼に対しては650°Cが、硬鋼に対しては650°Cよりかなり低い温度が適当であるとの結果を得ている。第2章では真空焼なましによる疲労被害の回復について研究し、次のことを明らかにしている。応力繰返し途中に再結晶温度で真空焼なましを行なう場合、その回数が多いほど破壊までの総繰返し数比は減少するという低炭素鋼についての試験結果、および1次応力による2次応力における疲労寿命に対する強化が認められる重複繰返し応力試験においても、1次応力を2次応力に切替えるときに再結晶温度で真空焼なましを行なうと2次応力繰返し数は2次応力における破壊繰返し数よりも減少するという半硬鋼についての試験結果より、従来用いられてきた周期的に再結晶温度まで真空焼なましを行なう方法は微視的亀裂発生の時期を判定するのに適当な方法でないことを指摘している。

第3編は重複繰返し応力による疲労被害に関する研究である。第1章では回転曲げを受ける不銹鋼の疲労被害曲線について研究している。従来の耐久限度に対する被害曲線とは異なり、疲労寿命に対する被害曲線を求め、この曲線が2次応力のところで鋭い角をもち、1次応力が2次応力より高くても1次応力が2次応力における疲労寿命に対し被害ではなく強化を及ぼす1次応力繰返し数の領域の存在することを明らかにするとともに、疲労寿命に対する被害曲線は2次応力の近くを除けばFrenchの被害曲線に接近することを明らかにしている。第2章では両振り平面曲げを受ける軟鋼の板状試験片を用いて被害曲線を求め、定たわみ試験および定応力試験における疲労寿命に対する被害曲線が前章で求めた被害曲線と同様な性質を有することを明らかにしている。第3章では両振りねじり重複繰返し応力を受ける半硬鋼の疲労強度につき研究し次のことを明らかにしている。1次応力のある繰返し数だけ与えた材料を処女材料とみなし2次応力繰返し数比によって試験結果を判定すると、1次応力の大きさおよび1次応力繰返し数比の大きいかんに拘らずほとんどの場合において2次応力繰返し数比は1より小さく、しかもその傾向は1次応力繰返し数比の増加とともに著しくなる。1次応力のある繰返し数だけ与えた材料を処女材料とみなさず累積繰返し数比によって試験結果を判定すると、1次応力が2次応力より大なるときにはほとんどの場合において累積繰返し数比は1よりもわずかに小さくなり、1次応力が2次応力より小なるときはほとんどの場合において累積繰返し数比は1よりもわずかに大きくなる。したがっていずれの場合においても直線被害法則がほぼ成立することになり、試験結果のばらつきを考慮して安全率を定めればこの種の重複繰返し応力に対して直線被害法則による設計が可能であると論じている。第4章では片振りねじり重複繰返し

応力を受ける場合の半硬鋼の疲労強度につき研究し次のことを明らかにしている。1次応力のある繰返し数だけ与えた材料を処女材料とみなし2次応力繰返し数比によって試験結果を判定すると、1次応力が大なるときは1次応力繰返し数比の大きいかんにかかわらずほとんどの場合において2次応力繰返し数比は1より小さく、しかもその傾向は1次応力繰返し数比の増加とともに著しくなり、1次応力が小なるときには2次応力繰返し数比はほぼ1に近い場合が多い。1次応力のある繰返し数だけ与えた材料を処女材料とみなさず累積繰返し数比によって試験結果を判定すると、ほとんどの場合において累積繰返し数比は1よりもわずかに大きくなる。したがってこの種の重複繰返し応力に対しては直線被害法則による設計は安全側となる。両振りねじり重複繰返し応力試験の結果と比較することにより2次応力繰返し数比は平均応力により減少しないのみかむしろ増加する傾向にあることを明らかにしている。

結論では本研究の成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

金属材料の使用条件がますます苛酷になるに応じて提起される材料の疲労に関する工学的諸問題を材料試験的に解決する場合、問題に応じて新しい疲労試験装置を開発することはきわめて重要なことである。また金属材料の表面加工層の疲労強度に及ぼす影響や疲労被害に関する種々の性質を研究する場合に真空焼なまししがしばしば利用されるが、その利用の適否を確認しておくことも重要なことである。さらに実働応力に対する疲労強度の研究の一環として、重複繰返し応力による疲労被害に関し究明することもきわめて重要なことである。本論文はこれらの諸問題につき研究し、多くの新しい知見を加えたものと認められる。

第1編に述べている新しい疲労試験機の試作およびそれによる疲労試験に関する研究においては、まず新しい高速衝撃引張り疲労試験機を試作し、この試験機が試験片に所要な打撃を与えるとき以外の不要な打撃を伴わないこと、共振点を高めることにより高速衝撃疲労試験を行なうことが容易であること、および共振を利用している関係から試験機寸法に比して衝撃エネルギーの大きな容量が得られることなどの利点を有することを示し、従来の衝撃疲労試験機に比して、より広範な衝撃疲労に関する研究を可能にすることを明らかにしている。またこの試験機を用いて種々の試料の衝撃疲労強度を求めるとともに、破壊繰返し数のばらつきその他につき考察を加えており、それらは強度設計上寄与するところが少なくないと考えられる。さらに新しい考案になる均一モーメント型回転曲げ疲労試験機を試作している。この試験機においては従来のものと異なり試験片が上下方向のみならずなんらの拘束もなく自由に水平方向にもたわみうるものである。この試験機を用いて機械構造用炭素鋼について疲労試験を行ない、ことに低サイクル領域においてかなり大きな水平たわみが生じること、およびその水平たわみを拘束する従来の試験機による試験結果と比較すると、疲労限度は等しいが時間強度は小さくなることを明らかにし、これらの事実から塑性領域における正確な回転曲げ疲労強度を求めるためには、試作した新しい均一曲げモーメント型回転曲げ疲労試験機により疲労試験を行なうことが望ましいことを明らかにしている。

第2編に述べている真空焼なましによる疲労被害に関する研究においては、まず真空焼なましを利用して試験片の表面加工層が種々の機械構造用炭素鋼の回転曲げ疲労強度に及ぼす影響を研究し、表面加工層

の存在が比較的大きい繰返し数に対する時間強度を増加させ、比較的小さい繰返し数に対する時間強度を減少させることを明らかにしている。また表面加工層を除去するのに適当な真空低温焼なましの条件を明らかにしている。さらに周期的に再結晶温度で真空焼なましを行なう方法は微視的亀裂発生の時期を判定するのに適当な方法ではないことを明らかにし、これらはそれぞれの研究面において新しい知見を加えているものと認められる。

第3編に述べている重複繰返し応力による疲労被害に関する研究においては、従来の French の疲労被害曲線に対して、新しく疲労寿命に対する疲労被害曲線を提案し、回転曲げを受ける不銹鋼および平面曲げを受ける炭素鋼につき種々の疲労被害曲線を求め、それより一般に疲労寿命に対する疲労被害曲線は2次応力のところで鋭い角をもち、1次応力が2次応力より高くても1次応力が2次応力における疲労寿命に対し被害ではなく強化を及ぼす1次応力繰返し数の領域を有することを示すとともに、疲労寿命に対する疲労被害曲線は2次応力の近くを除けば French の疲労被害曲線に接近することを明らかにしている。また両振りねじり重複繰返し応力を受ける炭素鋼の疲労強度を求め、直線被害法則による設計がほぼ可能であることを明らかにしており、さらに片振りねじり重複繰返し応力を受ける炭素鋼に対しては直線被害法則による設計はむしろ安全側となることなどを求めている。また両振りねじり重複繰返し応力疲労試験の結果と片振りの場合の結果とを比較し、ねじりの場合疲労強度は平均応力の存在により減少しないのみかむしろ増加する傾向にあることなどを明らかにしている。これらの結果は従来ほとんど見られなかったねじり重複繰返し応力に対する疲労強度に関し新しい知見を加えたものと認められる。

以上を要するに、本論文は金属材料の疲労試験装置と疲労被害に関し、幾多の有益なる知見を加えたもので、学術上・工業上貢献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。