

氏名(本籍)	のう 納	しよ 所	たか 隆	よし 至	(岡山県)
学位の種類	工 学 博 士				
学位記番号	博 乙 第 469 号				
学位授与年月日	昭 和 63 年 7 月 31 日				
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当				
審査研究科	工 学 研 究 科				
学位論文題目	変動応力下の疲労およびクリープき裂伝ばに関する基礎的研究				
主査	筑波大学教授	工学博士	小寺	沢	良 一
副査	筑波大学教授	工学博士	園	部	泰 寿
副査	筑波大学教授	工学博士	奥	田	重 雄
副査	筑波大学教授	工学博士	大	塚	和 弘

論 文 の 要 旨

変動応力下の疲労およびクリープ破壊に関しては、通常、定常応力下で行った試験の結果を基にして線形加算則により寿命等の推定が行われ、多くの場合これで大きな誤りはない。しかし実際の機器構造物においては、大部分が疲労限、クリープ限等の下限界応力以下の過小応力で、時折過大応力の加わる場合がしばしばあり、この場合には、実際の寿命が線形加算則による推定値から大きくずれ、場合により1/100以下の短寿命になることが知られている。本論文は、破壊課程中のき裂発生と伝ばの中、き裂伝ばに注目し、この種の現象の破壊力学解析およびフラクトグラフィによる微視的破壊機構の解析を中心に行った研究をまとめたものである。

本論文の主要部分は、常温における疲労き裂伝ばに関する部分と高温におけるクリープ疲労き裂に関する部分に大別される。

常温における疲労き裂伝ばに関しては、負荷応力の大部分がき裂伝ば下限界応力 ΔK_{th} 以下の過小応力で、これに極めて少数回の過大応力が加わる間欠過大応力条件下における疲労き裂伝ばの加速を取扱っている。この種の変動応力条件下においては ΔK_{th} 以下の過小応力が疲労き裂伝ばに大きい影響を及ぼし、き裂伝ば速度が定常応力試験結果を基にした線形加算則による推定値の100倍以上にも達する場合のあることが知られている。本研究では、まず従来のこの種の研究が、主として回転曲げ試験により行われているため、き裂先端の応力拡大係数 K の正確な値が求まっていない点に着目し、正確な K 値が得られるコンピュータ制御油圧サーボ試験機による引張圧縮疲労試験を実施し、その結果について破壊力学的に厳密な解析を行っている。また、一般に疲労き裂伝ばに試験環境が大きい影響を及ぼす事実に鑑み、異なる環境中(湿潤空気、乾燥空気、窒素、真空中)におい

て変動応力試験を実施してき裂伝ば加速に及ぼす環境の影響を検討している。結果の中、特記すべき点として、實際上重要な過小応力が小さい場合に環境の影響が大きく、湿潤空気中において他の環境中に比し加速が小さいことを示し、これが破面の酸化物によるき裂閉口に起因することを破壊力学解析、フラクトグラフィ解析並びにオージェ電子分光法による破面酸化物厚さの測定により実証している。この他、上記のように定常応力下の試験結果を基にした線形加算による推定は不可能であるところから、間欠過大応力条件の中で最も基本的な過小応力1段、過大応力1段の2段変動応力試験の結果からより実際に近い多段変動応力下におけるき裂伝ば速度を推定する方法を検討し、この方法によれば線形加算則により実用上十分な精度で推定が可能であることを示している。

高温におけるクリープ-疲労き裂伝ばに関しては、上記と同様の間欠過大応力下におけるき裂伝ばの加速について解析を行うと共に、クリープ-疲労条件下におけるき裂伝ばに関する基本的問題でありながら、未だ明らかでないこの種の条件下において適用すべき破壊力学パラメータについて検討している。

間欠過大応力下におけるクリープ-疲労き裂伝ばの加速については、まず、この種の従来の研究が過大応力値が比較的大きく、応力負荷周期が短い短時間試験に偏っている点に着目し、より実際に近い過大応力値が比較的小さく周期の長い長時間試験を実施し、この場合にも過大応力負荷時間が極めて短い場合（1回10秒程度）には、顕著なき裂伝ば加速（数十秒程度）を生ずることを示している。次に、従来の試験が薄板試験片（板厚1.5mm）により行われているところから、より実際に近い厚板試験片（板厚6mm）についても試験を行い、同様の加速を生ずることを示すと共に、加速に及ぼす板厚の影響を吟味している。最後に、これらの結果に破壊力学解析並びにフラクトグラフィによる微視的破壊機構の検討を行い、き裂先端における組織回復に伴うクリープ変形の増加がき裂伝ば加速の原因であることを結論している。

クリープ-疲労条件下における破壊力学パラメータについては、疲労とクリープの種々の組合せ条件下においてき裂伝ば試験を実施し、一般に塑性変形が顕著な場合に適用されている破壊力学パラメータ、 J 積分の応力繰返しに伴う変化範囲 ΔJ により、異なる環境中における結果、異なる材料に関する結果および他の研究者による結果をも含めて、すべての実験結果との良好な相関を得ている。また、他の研究者によって試みられている ΔJ を疲労 J 積分範囲 ΔJ_f とクリープ J 積分範囲 ΔJ_c に分割して取扱う方法についても検討し、この種の分割が破壊力学的には不必要であること、並びにフラクトグラフィ的には、微視的破壊機構の疲労からクリープへの遷移と適用すべき破壊力学パラメータの疲労（ ΔJ_f ）からクリープ（ ΔJ_c ）への遷移が必ずしも対応せず、分割の物理的意義に疑問があることを指摘している。

審 査 の 要 旨

本研究の特色は、まず第一に実用上極めて重要であるにも拘らず、試験に長時間を要するため研究例が少く、解明が切望される、間欠過大応力下の疲労およびクリープき裂伝ば試験を実施し、

その結果について破壊力学解析およびフラクトグラフィによる微視的破壊機構の解析を行って貴重な成果を得ている点にある。

また、従来の同種の研究との関連からみると、コンピュータ制御引張圧縮疲労試験装置により、破壊力学的により厳密な条件下において試験および結果の解析を行った点、並びに、試験環境の影響の重要性に着目し、異なる環境中におけるき裂伝ば特性およびその微視的機構を解析し、重要な知見を得ている点が注目される。

高温試験に関しては、クリープと疲労が同時に生ずる複雑な条件であるため、いかなる破壊力学パラメータを採用すべきかすら未だ明確にされておらず、この点にも重要な一石を投じている。

よって、著者は工学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。