

高速負荷可能な4連式回転曲げ疲労試験機の開発

山本, 泰三

<https://doi.org/10.15017/1931889>

出版情報：九州大学, 2017, 博士(工学), 課程博士
バージョン：
権利関係：

氏 名： 山 本 泰 三
論 文 名： 高速負荷可能な 4 連式回転曲げ疲労試験機の開発
区 分： 甲

論 文 内 容 の 要 旨

地球環境問題はいよいよ重大な局面を迎えており、CO₂ ガス排出を最小限に抑えるような金属材料の有効利用法の確立も新たな重要テーマになっている。この観点から、従来よりもはるかに長期間に渡り製品を有効利用するための基盤技術として、近年、繰返し数が 10⁸ 回を超える高サイクル疲労に関する研究が、国内外で盛んに進められている。この領域では二重 S-N 線図として表現される形態で破壊が起こる場合があり、二重 S-N 線図における短寿命領域は材料表面を起点とする表面破壊を生じるのに対し、長寿命領域では材料内部からの破壊であり、両者の破壊機構は異なることが知られつつあることから、さらに様々な条件下でデータを蓄積していく必要がある。

一方、疲労試験の結果は比較的大きなバラツキを示すことが知られていることから、信頼性の高い疲労試験結果を得るためには、より多くのデータを収集することが必要である。しかしながら現状の疲労試験でも試験打ち切りレベルの繰返し数は 10⁷ 回のオーダーであるため、多くの疲労試験データを得るためには、できるだけ短期間で試験を実施できる疲労試験機の開発が期待されている。これを実現できる試験機の 1 つとして超音波疲労試験機が開発されたが、超音波疲労試験機を用いた疲労試験の結果は、稼働中の実構造物が晒される負荷状況とは大きく異なることが指摘されている。超音波疲労試験データと従来手法による疲労試験データとの相違についての検証研究報告はあるものの、従来の手法で取得された実績ある S-N 曲線と等価な S-N 曲線を取得できるのか否かに関して継続的な検討が必要であるとの指摘もある。また、ほとんどの金属で高速負荷による試験片の発熱が生じるため、超音波疲労試験のように極めて高速の繰返し負荷がなされる試験では、試験片を素材特性が変化しない程度の温度上昇に抑えるために、実験中に継続して冷却する必要がある。冷却なしで疲労試験を行った場合、材種によっては数分で試験片が融点に達して溶解した事例もある。上述した超音波疲労試験機を用いた疲労試験の課題を考慮すると、高速かつ試験片の温度上昇が材質変化を及ぼさない程度に抑制できる負荷速度で、10⁸ 回オーダーの繰返し負荷を与える方法で疲労試験を実施することは、実構造物の長期信頼性保証の観点から重要である。

一方、このような疲労試験を通常の疲労試験機で実施する場合は、自ずと長期間を要するので、何らかの工夫が望まれる。この観点から、本研究では一度に複数の試験片が試験できる高速負荷可能な 4 連式回転曲げ疲労試験機の開発を行った。さらに、回転中の試験片の温度上昇をモニタリングできる機器を開発し、これを用いて疲労試験を実施することで、高速負荷時に懸念される試験片の発熱状況にも注意を払える、信頼性が高い疲労試験方法に資する提案を行った。

本論文は、7 章から構成されている。

第 1 章は緒論であり、繰返し数が 10⁸ 回を超える高サイクル領域の疲労に関する研究の現状や疲労試験機の現状を中心に、研究背景について説明している。

第 2 章は従来の疲労試験機として、電気油圧サーボ式疲労試験機、回転曲げ疲労試験機（両持ち式）、超音波疲労試験機、および多連式疲労試験機を説明し、各試験機のそれぞれ問題点を示した。

第 3 章では、従来の疲労データと整合性が取れる試験機として、著者らが開発した 4 連式回転曲

げ疲労試験機の開発について説明した。4連式にすることで従来の試験機よりも高効率に試験をすることが可能になったことを示した。しかしながら、 10^8 回オーダの繰返し負荷条件下での疲労強度評価に供する試験機としては、試験期間の短縮は必ずしも十分とは言えないこともある為、さらに負荷速度を高速にできる試験機の開発の必要性についても述べた。

因みに、開発した4連式回転曲げ疲労試験機に使われているモーターの性能自体は、さらに高速回転で運用することも可能であるが、超音波疲労試験機の問題点と同様に、高速負荷時の温度上昇を定量的に把握し、それをコントロールできなければ、いくら負荷速度を向上させることができて、適切な疲労試験機として活用することはできない。

そこで、第4章では、実績のある回転切削工具用の無線式温度監視システムを回転曲げ疲労試験機用に改良し、高速負荷時の塑性仕事に起因する局部温度上昇を定量的に把握する為の回転曲げ疲労試験機中の試験片温度をモニタリングできるシステム開発について言及した。

そして第5章では、高速回転させる為にも最も重要となる主軸ユニットの開発にも触れ、従来機との精度比較を行いながら、高速負荷可能な4連式回転曲げ疲労試験機の開発について説明した。

また、その疲労試験機にて、第4章で述べた無線式温度監視システムを活用し、アルミニウム材とマグネシウム材、そしてステンレス材においてJIS規格の速度制限を超える試験条件で、試験片の温度上昇について示した。

また第6章では、この度開発した無線式温度監視システムの用途展開として、高温環境ユニットの温度勾配を評価する機器として説明しており、その有用性を述べている。

第7章は結論であり、本研究の総括並びに今後の課題について言及した。