

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	温度変動に基づく疲労限度迅速推定法の信頼性向上に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	河合亮悟
Author(English)	Ryogo Kawai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10785号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井上 裕嗣,中村 春夫,轟 章,齊藤 卓志,阪口 基己
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10785号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械制御システム	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学） （Engineering）
学生氏名： Student's Name	河合 亮悟		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	井上 裕嗣	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	阪口 基己	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

実製品の疲労設計にかかる期間を短くかつ低コストにするために、実製品の疲労限度を迅速評価可能な手法の確立が求められている。この課題を解決するための一つの手法として、温度変動に基づく疲労限度迅速推定法が注目されている。この手法は、短時間かつ低コストで疲労限度が評価できるだけでなく、赤外線サーモグラフィを用いることによって疲労損傷の顕著な箇所を検出できることから、特に実製品への適用が期待されている。これまでに、疲労限度迅速推定法について、種々の材料への適用、温度上昇のメカニズムの解明、データ処理手法の検討など様々な研究が行われてきた。しかしながら、実製品への適用を図るうえで不可欠な、応力集中部への適用可能性についてはまだ十分に検討されていない。

本論文では、繰返し負荷に伴う温度変動に基づく疲労限度迅速推定法の信頼性向上を目的として、特に応力集中部に対する適用を念頭において、まず、通常用いられている温度変動の特徴量である「平均温度上昇量」と「温度の第二高調波振幅」に着目し、熱伝導が温度変動および疲労限度推定に及ぼす影響を実験と解析の両面から検討した。そして、温度の第二高調波振幅の発生原因を定量的に解明するとともに、その増加傾向を的確かつ客観的に抽出するためのデータ処理手法の開発を図った。

第 1 章「緒論」では、繰返し負荷に伴う温度変動に基づく限度迅速推定法の重要性と研究動向についてまとめ、現状の課題を明らかにし、本論文の目的を示した。

第 2 章「平均温度上昇量と温度の第二高調波振幅の適用可能性」では、平均温度上昇量と温度の第二高調波振幅を熱型赤外線カメラと量子型赤外線カメラで計測し、それぞれの組合せによる疲労限度迅速推定法の応力集中部に対する適用可能性について検討した。その結果、まず、今回の実験の範囲では、熱型赤外線カメラによる温度の第二高調波振幅の測定は困難であることを示した。また、平均温度上昇量に基づく疲労限度迅速推定法は、熱伝導の影響を強く受けるため、疲労限度が過大に推定されることを示した。続いて、平均温度上昇量は熱伝導の影響を受けるため、平均温度上昇量に基づいて疲労限度を評価する場合には、周囲環境に留意し、安定した環境下で推定を行うべきであることを示した。さらに、温度の第二高調波振幅は熱伝導の影響を受けにくいため、応力集中部を有する場合についても疲労限度を精度良く推定可能であることを示した。

第 3 章「疲労限度迅速推定法に与える熱伝導の影響」では、試験片内部で発生する熱伝導が平均温度上昇量と温度の第二高調波振幅に基づく疲労限度推定に及ぼす影響について、有限要素解析により評価した。その結果、まず、平均温度上昇量は加振周波数の大きさによらず、熱伝導の影響を強く受け、疲労限度を過大に推定することを示した。また、応力集中部を有する構造物の疲労限度を評価する際には、温度の第二高調波振幅を用いるのが適切であり、その際の加振周波数は十分に高くする必要があることを示した。

第 4 章「温度の第二高調波の発生原因」では、疲労限度以下の繰返し負荷で発生する温度の第二高調波振幅の発生原因について、内部摩擦によるエネルギー散逸、疲労試験機特性、赤外線カメラの光電流の非線形性、デジタル計測に伴う量子化誤差、赤外線カメラ計測視野内での試験片の動きの 5 つの因子に着目し、定量的に評価した。その結果、まず、疲労限度以下の荷重振幅では、温度の第二高調波振幅のうち疲労試験機特性に起因する成分が大部分を占める場合があることを示した。また、温度の第二高調波振幅に基づいて疲労限度を推定する際には、材料の損傷に伴うエネルギー散逸以外に起因する成分が含まれていることに注意する必要があるが、それらの要因のほとんどは荷重振幅の 2 乗に比例することから、材料の損傷によるエネルギー散逸に起因する温度の第二高調波振幅の増加傾向は的確に抽出可能であることを示した。

第 5 章「疲労限度迅速推定のためのデータ処理手法」では、第 2 章から第 4 章までに得られた結果を踏まえ、疲労限度迅速推定法の一連のデータ処理手法の確立を図った。その結果、(1) 温度の基本波振幅に対する第二高調波振幅の比に着目して赤外線画像内のピクセルを選択し、(2) 自由度調整済み決定係数に基づいて疲労限度推定に用いるデータの上限を決定し、(3) 温度の第二高調波振幅の上昇傾向を適切に表現する近似関数（疲労限度以下：定数項を付加した 2 次関数、疲労限度以上：疲労限度以下の関数に 1 次関数を加えた関数）を用いれば、測定データのみに基づいて客観的に疲労限度を推定することが可能となる上に、従来手法よりも高精度に疲労限度が評価できることを示した。

第 6 章「結論」では、各章で得られた成果を総括して本論文で得られた結論を示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	機械制御システム	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of (Engineering)
学生氏名 : Student's Name	河合 亮悟		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	井上 裕嗣
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	阪口 基己

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The technique of rapid evaluation of fatigue limit using infrared thermography has been paid attention during the past 30 years. This technique is beneficial because it makes possible to detect the fatigue damage point within the real products. In this technique, fatigue limit is determined based on the temperature evolution with the load amplitude. Two methods are known for quantifying the temperature evolution. One is the mean temperature rise associated with cyclic loading and the other is the second harmonic amplitude of temperature variation during cyclic loading.

Although many researches about the thermographic technique using these two methods has been performed, the applicability for the real products has not been verified sufficiently yet. In this thesis, in order to improve the reliability of the thermographic technique, first, the effect of heat conduction on the thermographic technique was evaluated by both experiment and analysis. Second, the source of the second harmonic amplitude was investigated quantitatively. Finally, the data processing method for the thermographic technique which is able to detect the fatigue limit accurately and objectively was considered.

From the results of this thesis, the following conclusions are obtained. First, due to heat conduction, fatigue limit of objects with high stress concentration parts should be evaluated by the second harmonic amplitude with high loading frequency instead of mean temperature rise. Second, the second harmonic amplitude is caused not only by energy dissipation due to fatigue damage of material but also by other factors especially loading equipment. Finally, a series of data processing technique including methods selecting appropriate pixel in infrared image, omitting inappropriate data by applying the adjusted R-squared concept and using fitting curves representing the increasing behavior of the second harmonic amplitude can evaluate the fatigue limit more accurately than the conventional method without any human judgement.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).