Osaka University Knowledge Archive

Title	繊維強化複合材料の疲労寿命データ併合法と疲労寿命推定法に関する研究
Author(s)	向山, 和孝
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61740
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　向　山　和　孝　）	
論文題名	繊維強化複合材料の疲労寿命データ併合法と疲労寿命推定法に関する研究

論文内容の要旨

本論文は，一方向炭素繊維強化複合材料の疲労寿命データ併合法，一方向ガラス繊維強化複合材料の引張強度に基づく統計的疲労寿命推定法，ならびに損傷進展解析に基づくテキスタイル複合材料の疲労寿命推定法の提案に関する論文であり，全6章で構成した．

第1章は序論であり，研究背景および本研究の目的について記述した．

第2章では，分散分析表による*S*-*N*曲線と疲労試験データとの適合度検定法を応用することにより，*S*-*N*曲線モデル型に依存しない，かつ，様々な試験条件下で実施された疲労試験データの併合判定を可能とする併合判定法を提案した．提案手法を既存の一方向炭素繊維強化複合材料の疲労試験データに適用し，繊維配向角や環境温度が異なる試験条件下の疲労寿命データが併合可能であることを示した．さらに，併合データを用いて疲労強度分布および疲労寿命分布を評価し，疲労寿命分布はワイブル分布および対数正規分布に，疲労強度分布は正規確率紙および対数正規確率紙にそれぞれ従うことを確認した．

第3章では，一方向ガラス繊維強化複合材料の引張強度と*S*-*N*曲線回帰モデル（片対数直線回帰モデル）の回帰パラメータとの相関関係に着目し，引張強度から*S*-*N*曲線（片対数直線回帰モデル）を推定する手法を提案した．提案手法を一方向ガラス繊維強化複合材料の繊維方向の疲労試験データに適用し，対象材料の*S*-*N*曲線は引張強度から予測可能であることを示した．

第4章では，有限要素法と損傷力学に基づいた損傷進展解析法に疲労損傷モデルを導入したテキスタイル複合材料の疲労寿命分布推定法を提案した．疲労損傷モデルには一方向繊維強化複合材料の*S*-*N*曲線（両対数直線回帰モデル，Bastenaire型回帰モデル）および累積疲労損傷側であるMiner則を用いた．さらに，一方向繊維強化複合材料の*S*-*N*線図の疲労強度分布を考慮することによりテキスタイル複合材料の疲労寿命分布の推定も可能とした．

第5章では，第4章における提案手法を平織炭素繊維強化複合材料，平織ガラス繊維強化複合材料および縫合繊維強化複合材料に適用し，提案手法が各テキスタイル複合材料の疲労寿命の傾向，疲労寿命分布，損傷形態を予測できることを示した．

第6章では，各章で得られた研究成果と今後の展望をまとめ，結論とした．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　向　山　和　孝　）			
論文審査担当者		(職)	氏　名
	主 査	准教授	倉敷哲生
	副 査	教授	大村悦二
	副 査	教授	上西啓介
	副 査	准教授	森　裕章

論文審査の結果の要旨

環境・エネルギー問題への関心の高まりから、輸送機器分野では燃費向上と CO_2 排出量の削減のため、繊維強化複合材料を二次構造材から一次構造材として利用する動きが活発である。繊維強化複合材料を一次構造物として利用する場合、耐疲労信頼性設計が重要となり、設計時には中央 *S-N* 曲線、疲労寿命や疲労強度の分布特性を評価しておくことが必要となるが、これらの評価には疲労試験が求められ多くの時間と費用が必要となる。そのため、短期間でこれらの評価を可能とする手法が求められている。この対策として数値解析手法に基づく推定手法が考えられるが、既往の手法では疲労損傷モデルの構築に新規実験が必要となり、さらには疲労寿命分布の推定手法が十分に確立されていないことから、短期間で中央 *S-N* 曲線、疲労寿命や疲労強度の分布特性を評価するには不十分である。これらの点から、本論文では、耐疲労信頼性設計への援用を念頭に置いて、一方向繊維強化複合材料の疲労寿命データ併合法、引張強度に基づく *S-N* 曲線の簡易推定法、ならびに数値解析手法に基づいたテキスタイル複合材料の疲労寿命および疲労寿命分布の推定手法を提案し、それら提案手法の有効性を検討している。以下にその成果を要約する。

(1) 分散分析による *S-N* 曲線と疲労試験データの適合度検定法を応用した疲労寿命データ併合法を提案している。提案手法の特長は、*S-N* 曲線回帰モデル型に依存せず、かつ、様々な試験条件下で実施された疲労試験データの併合判定を可能とする点にある。提案手法を一方向炭素繊維強化複合材料の既存疲労試験データに適用し、試験条件の異なる疲労試験データの併合例を示し、検定を行って妥当性を示すとともに、分布特性の評価も行っている。

(2) 一方向ガラス繊維強化複合材料の引張強度からその材料の *S-N* 曲線を推定する手法を提案している。提案手法の特長は、一方向ガラス繊維強化複合材料の引張強度と *S-N* 曲線回帰モデルの回帰パラメータの相関関係に着目することにより、引張強度のみで一方向繊維強化複合材料の *S-N* 曲線を推定する点にある。提案手法を一方向ガラス繊維強化複合材料に適用し、提案手法の妥当性と有効性を検証している。

(3) 有限要素法に基づく損傷進展解析手法に疲労損傷モデルを導入したテキスタイル複合材料の疲労寿命推定法を提案している。提案手法の特長は、テキスタイル複合材料の微視的基本構造が一方向繊維強化複合材料であると捉え、疲労損傷モデルに一方向繊維強化複合材料の既存疲労試験データとその疲労強度分布、累積疲労損傷則の Miner 則を用いることで、テキスタイル複合材料の疲労寿命、疲労寿命分布および損傷形態を推定する点にある。提案手法をテキスタイル複合材料に適用し、提案手法の妥当性と有効性を検証している。

以上のように、本論文は、一方向性繊維強化複合材料の既存の *S-N* データを有効に活用し、かつ、引張強度のみで *S-N* 曲線を推定する手法とも組み合わせることにより、テキスタイル複合材料の疲労損傷モデルの構築に新規の疲労試験を必要とせず疲労寿命および分布特性の推定が可能となる成果を示したものである。繊維強化複合材料の疲労試験の長期化問題の解決に寄与するところが大きく、種々の強化形態を有するテキスタイル複合材料への適用の展開が期待できる。よって本論文は博士論文として価値があるものと認める。