

氏 名	ちょう きょう ZHANG HUIYAO
学位(専攻分野)	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 甲 第 1 0 5 2 号
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	Optimum Design Methodology of Multiple Design Parameters for Laminated Composite Materials using Discrete Optimum Method (離散的最適化手法を用いた複合材料積層板の最適化手法)
審 査 委 員	(主査)教授 横山敦士 教授 桑原教彰 教授 佐久間淳

## 論文内容の要旨

本研究は複合材料積層板を対象とし、その力学的特性を考慮した最適設計法の確立を目的として、複合材料積層板特有の設計問題に適用可能な離散的最適化手法の提案を行っている。複合材料積層板の積層構成に対して、最適設計を可能とする最適化手法を遺伝的アルゴリズムおよびニューラルネットワークを用いて開発している。新たに開発した遺伝的アルゴリズムを用いることで複合材料を用いた構造設計特有の設計パラメータの増加や連成問題に対して効率的に最適解を得ることができることを示している。さらに、多目的最適化に対しても本手法を拡張することで対応が可能であることも提示している。本論文は以上の研究成果をまとめたものである。

本論文は 3 章および緒論と結論から構成され、以下に各章の概要を示す。

第 1 章では、複合材料積層板の設計問題についての現状の調査および整理を行い、古典積層板理論による剛性予測法ならびに強度予測法を用いた強度設計手法においてその設計変数の多さが最適設計問題への課題であることを述べている。また、多様な最適化手法の開発動向を調査し、その手法の比較を行って複合材料積層板の最適設計問題に対して、各種最適化手法の適用の良否について述べている。以上の結果を基にして複合材料積層板の広範な設計領域における最適化問題において、離散的最適化手法の適用が重要であることを示している。

第 2 章では、複合材料積層板の最適設計問題に対して遺伝的アルゴリズムの適用の可能性について検討を行っている。複合材料積層板においては設計変数が層数等、離散的な数値を取り、数理的な最適化手法が適応困難な場合がある。このため離散的な最適化手法の一つである遺伝的アルゴリズムは複合材料積層板の最適化手法として有力であることを示している。また、遺伝的アルゴリズムのパラメータを最適化過程において自動的に修正していく手法を提案し、その有効性を示している。

第 3 章では、第 2 章で提案した遺伝的アルゴリズムを多目的設計問題へ展開するための手法の提案を行っている。複合材料積層板においては均質材料に比較して繊維配向、層数等、設計変数の数が多くなり、設計領域が広範になる問題がある。このため、複合材料積層板の多目的最適設計への適用が困難であった。そこで本章において、遺伝的アルゴリズムに高速非優越ソートア

プローチ手法を組み合わせる手法の提案を行い、複合材料積層板の最適設計問題への適用を試み、本手法の有効性を確認している。

第4章では、前章までに明らかとなった最適化技術の知見をもとに、古典的積層板理論による剛性予測及び強度予測手法についてニューラルネットワークを用いた予測手法の導入による代替アルゴリズムを開発し、最適化手法の高速化の効果についての検証を行っている。本手法を導入することにより複合材料積層板の最適設計が大幅に高速化できることを確認している。

第5章では、本研究で提案したアルゴリズム及びその数値実験の結果を総括している。本技術の適用により、複合材料積層板の多様な最適化問題ならびに多目的最適化問題の計算が可能となる。また、複合材料積層板の強度予測法の導入による従来の設計時間の大幅な短縮が可能であることを指摘し、本論文における結びとしている。

## 論文審査の結果の要旨

複合材料の特長は軽量かつ高強度であるが、それとは別に材料自身を設計できるテーラードマテリアルであるという特長がある。繊維複合材料では繊維とマトリックスの組み合わせ、繊維の含有率、繊維の形態、繊維の配向角、そして積層材料ではその積層順序などを変化させることにより、できあがる複合材料の特性は著しく異なる。このため、構造材料として複合材料を使用する際には多数の設計値を予め設定する最適設計が必要となる。このように多様な力学的特性を実現できる材料であるが、設計できるが故に多数の設計パラメータが存在し、またパラメータが連続的な数値を取るのではなく離散的な数値を取るパラメータも多数存在している。このような複合材料特有の設計問題が本材料の最適設計にあたっての障害となっている。

本研究は複合材料積層板を対象とし、最適設計法の確立を目的として、設計パラメータが多い、離散的な設計変数が多数存在している等の複合材料積層板特有の設計問題に適用可能な最適化手法の提案を行っている。複合材料積層板の積層構成設計に対して、最適設計を可能とする最適化手法を遺伝的アルゴリズムおよびニューラルネットワークを用いて開発している。新たに開発した遺伝的アルゴリズムを用いることで複合材料を用いた構造設計特有の設計変数の増加や離散的設計変数に対して効率的に最適解を得ることができると示されている。さらに、多目的最適化に対しても本手法を拡張することで計算が可能で、さらに最適計算の高速化も可能であることを示している。

本論文で得られた複合材料積層板の最適設計手法は、本材料が航空機部品、自動車部品のみならず多様な工業部材として使用されていく上での重要な設計技術を与えるものとして工学的な価値が高いと評価された。

本研究をまとめるに当たり基礎となったレフェリー制のある3報の論文を下記に示す。

- (1) Huiyao Zhang, Atsushi Yokoyam, Predicting Strength Ratio of Laminated Composite Material with Evolutionary Artificial Neural Network, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 6, 2021, pp.11-18

- (2) Huiyao Zhang, Atsushi Yokoyam, A Technique doe Constrained Optimization of Closs-ply Laminates using a New Variant of Genetic Algorithm, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 6, 2021, pp.760-766
- (3) Huiyao Zhang, Atsushi Yokoyam, Optimum Design of Laminated Composites for Minimum Thickness by a Variant of Genetic Algorithm, Journal of Textile Engineering, Accepted

上記3編は申請者が筆頭著者である。また、いずれの論文においても、既発表の論文との重複をチェックし、二重投稿等の研究者倫理に反する行為がないことを確認した。以上の結果より、本論文の内容には十分な新規性と独創性ならびに高い学術的な価値があることを全審査員が認めた。