

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 シンハナート タンヤーラット

修士(工学)シンハナート・タンヤーラット提出の論文は、「Damping Characteristics of Carbon-Fiber Reinforced Composite Laminates(炭素繊維強化複合材料積層板の減衰特性)」と題し、本文6章及び付録3項から成っている。

炭素繊維などの補強材で強化された複合材料は、優れた比強度・比剛性を有し、航空宇宙分野をはじめとして様々な構造物に適用されている。この複合材料の基本的な力学特性のうち、強度や剛性は十分理解されつつあるが、減衰特性の詳細な把握はそれを必要とする適用分野が宇宙構造物や音響機器等に限られてきたこともあり、比較的少ない。しかし高性能複合材料の適用範囲が航空機から鉄道車両、自動車などに拡大するにつれ、本来の性能向上に加え騒音、振動の低減による快適性の向上を追及する必要性が増しており、そのために部材レベルでの受動的な振動減衰特性を、予め精度良く把握しておくことが不可欠になってきた。複合材料は通常複数の層を積層した積層板として使われるが、積層板の減衰特性を個々の構成層の特性に基いて予測しようという試みは少なく、また積層板に損傷が蓄積した場合の振動減衰挙動についても理解が進んでいない。本論文では、複合材料積層板の基本的な振動減衰特性について、板を構成する単層の一方方向強化材料の物性から古典積層理論を使って予測することの妥当性を実験的に検討している。また、層内き裂が生じた積層板を対象として、損傷の蓄積が積層板の減衰特性に与える影響についても、予測法を提案し解析と実験を行って検証している。

第1章では、単層板及び積層板の減衰特性の把握の必要性を指摘し、従来の解析的及び実験的な研究成果を詳細にまとめ、本論文の研究目的を述べている。

第2章では、まず片持ち積層はりの先端に重りを取り付けたモデルについて、曲げとねじりの連成を考慮した振動方程式を記述し、その基本解を得ている。さらに減衰特性の評価パラメータについて詳述し相互の関係を整理するとともに、本論文では1周期あたりのエネルギーの散逸量である減衰能 (specific damping capacity) で表すことを述べている。

第3章は実験方法の記述であり、材料として現在広く使われている炭素繊維強化エポキシ複合材料を用いること、片持ちはり試験片の形状、先端の重りの質量を決める手順などが示されている。また、試験片の固定方法が測定結果に与える影響について、機械的な固定、低融点合金による固定の場合の実験結果を比較し、ボルトの締め付けトルクまで考慮した試験条件の設定を行っている。実験は真空チャンバー内で行うことで、空気の粘性に起因する減衰の影響を取り除いている。

第4章では、第3章で示した試験条件での実験結果を詳述している。まず単層板の曲げ及びねじりの振動減衰試験を種々の試験片形状で行い、一方方向強化材料の基本減衰特性を振動数の関数として求めている。続いてクロスプライ積層板、擬似等方性積層板の

曲げ振動減衰試験を行い、その減衰特性を振動数と最大振幅の関数として求めるとともに、損傷が生じたクロスプライ積層板についても、蓄積した損傷の量を変えて同様の測定を行った結果を詳細にまとめている。その結果、 $[0_2/90_2]_S$ 試験片では損傷の蓄積に伴って減衰能が小さくなる一方、 $[90_2/0_2]_S$ 試験片では逆に損傷の存在が減衰能を大きくすることを発見している。

第5章では、第4章で求めた一方向強化材料の実験結果を使って、古典積層理論から積層板の減衰能を予測し、これらを積層板の実験結果と比較し、この手法の妥当性を検証している。損傷がない積層板については、クロスプライ積層、擬似等方性積層の場合とも、予測値は実験結果と極めて良い一致を示しており、古典積層理論に基く予測の妥当性を明らかにしている。また、擬似等方性積層板では予測精度を上げるためには曲げとねじりの連成を考慮する必要があることも見出している。一方、損傷を有するクロスプライ試験片では、 $[0_2/90_2]_S$ 、 $[90_2/0_2]_S$ ともに、解析的には損傷の蓄積に伴って減衰能が小さくなる結果を得ており、後者については実験結果との食い違いが見られたが、これについてはき裂面の接触による摩擦を考慮する必要があることを示唆している。

第6章は結論であり、本論文の成果をまとめるとともに、今後必要な研究の方向を示している。

以上要するに、本論文は複合材料積層板の減衰特性に関する詳細な実験を行い、それに対応した解析予測と比較し検討することで、積層板の減衰特性における簡便な予測手法の適用性を明らかにしたものであり、航空宇宙工学及び複合材料工学に貢献する所が大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。