

審査の結果の要旨

氏名 ダース スカンタ

修士（工学） ダース スカンタ 提出の論文は「Design and development of polyaniline-based multifunctional structural composite materials（ポリアニリン系多機能構造用複合材料の設計と開発）」と題し、5章からなっており、英文でまとめられている。

航空宇宙・自動車・エネルギー分野をはじめとして、構造の軽量化の要求に応えるため、複合材構造の適用が拡がりつつある。従来のガラス繊維複合材料(GFRP)は絶縁性であり、炭素繊維複合材料(CFRP)もエポキシなどの絶縁性の樹脂と炭素繊維から成るため、金属構造に比べると導電性は劣り、また、複合材料の力学的特性・熱特性・電気特性は著しい異方性や不均質性を有する。そのため、電磁遮蔽性、耐雷性などの構造物の機能性に関しては、従来の金属構造に比べて劣ってしまうことから、複合材構造の機能性を向上させる必要がある。その解決策として金属やカーボンナノ粒子を用いた複合材料が提案されてきたが、成形性やコストの課題や修理等の運用面での課題を残したままである。

上述の課題を解決する方策として、成形性を有する導電性高分子を複合材に適用することで、複合材の導電性の向上を実現してきた。一方で、その導電性を実際の用途としてどのように活かすかの道筋は示されておらず、また従来の複合材構造の強度的なメリットを損なわない形での導電性高分子の利用方法が示されていなかった。本研究は、成形性を有する導電性樹脂を複合材料構造に適用することで、複合材料の各種機能性（センシング性、電磁遮蔽性、耐雷性）を実現することを目指し、導電性高分子を複合材料のマトリックスとして使用する手法、導電性高分子を複合材構造の塗膜として用いる方法について提案し、複合材構造の機能性を実験的に評価し、導電性高分子の成形プロセスの開発と機能性の設計指針を得ることを目指して研究を実施したものである。特に後者の手法は、従来複合材を補う形の利用提案であり、製造上・運用上のメリットも大きく、評価結果の価値が非常に高いものである。

第1章では、航空機などの複合材構造部材の高機能化が求められている現状を報告し、特に従来の複合材構造の導電性に関連した電磁遮蔽性や耐雷性に関する要求やその対策、これまでの研究開発状況をまとめている。本研究の意義・動機を明確にするとともに、論文構成を説明している。

第2章では、複合材構造にセンシング機能を付与するための材料開発及び評価結果をま

とめている。導電性高分子を複合材のマトリックスに適用する手法、及び複合材構造の塗膜として用いる方法について、成形プロセスを構築するとともに、導電性を利用したひずみセンシングの性能評価を実施している。準静的なひずみ計測のみならず、繰り返しひずみ計測、振動応答計測などへ適用できることを明らかにするとともに、温度変化を受けた場合の性能変化や限界範囲を実験的に明らかにしており、導電性高分子を用いた複合材構造によるひずみセンシングを実証すると共に適用範囲を示している。

第3章では導電性高分子を用いた複合材構造の電磁遮蔽性について実験評価を行っている。第2章で用いた材料を用い、導波管法によるXバンド帯の電磁遮蔽性能評価を実施し、反射・透過・吸収性能を算出し、他の電磁遮蔽材との比較を行っている。本研究は樹脂のみの系からなる素材であるにも関わらず、樹脂層単体で20dB以上の遮蔽性能を示し、軽量かつ高遮蔽性を有する構造部材が実現できることを明らかにしている。また、データ解析結果と理論モデルを比較することで、特に吸収性能が優れていることを示し、遮蔽メカニズムについて議論を行うと共に、必要な電磁遮蔽性能に対する導電性能や樹脂層厚みの設計手法について示している。

第4章では、特に複合材構造の塗膜として用いる方法について、GFRPやCFRPの表層に導電性高分子層を形成したサンプルを用い、耐雷性評価を行っている。製作した試験片について、SAE規格のA波形を模擬した大電流付与試験を行い、雷撃によるGFRPやCFRPの基板損傷を評価することで耐雷性能を議論している。厚さ0.5mm程度の導電性高分子層を表層に配置することで、GFRPやCFRPの雷撃損傷を劇的に低減できることを示し、雷撃後の強度性能低下もないことを実証した。また、従来の雷撃保護システム(LSP)として用いられている金属メッシュにかわる、軽量の導電塗膜として利用することの可能性を示しており、製造上・補修上のメリットが大きいことを述べ、新たな樹脂系LSPの実現の道筋を示している。

第5章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめ、導電性高分子を利用した複合材構造の高機能化に関する手法提案とその性能を示しながら、高機能複合材構造の今後の課題と展望を述べている。

以上要するに、本論文は、複合材構造の高機能化手法として、導電性高分子を複合材のマトリックスとして適用する手法、及び複合材構造の塗膜として用いる方法を提案し、それぞれに適した材料開発・成形プロセスを開発するとともに、ひずみセンシング性、電磁遮蔽性、耐雷性を評価することで、複合材構造の高機能化を実証し、新たな機能構造システムの設計方針や実現の道筋を示している点で、航空宇宙工学、及び複合材料工学上貢献するところが大きい。

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。