

論文審査の結果の要旨

氏 名 シーヴォラ ユホ タパニ

修士（科学）シーヴォラ ユホ タパニ 提出の論文は、「Indentation Response and Damage Monitoring of Foam-Core Sandwich Structures（フォームコアサンドイッチ構造の押し込み挙動と損傷モニタリング）」と題し、英文で書かれ7章及び補遺より構成される。

カーボン繊維強化プラスチック(CFRP)は、軽量高強度の航空宇宙機用構造材料としての実用化が進められているが、構造設計は従来からのものを踏襲しており、必ずしも CFRP の特性を十分に生かした軽量化は達成されていない。一方、高分子発泡フォームをコア材として用い、CFRP 表皮を貼ったフォームコアサンドイッチ構造は軽量化のメリットが高く注目されているが、押し込みや衝撃荷重などの表皮垂直方向負荷によりコア自体やコア・表皮間に損傷が生じがちであり、かつ除荷後に表面からは内部損傷がほとんど識別できない恐れがある。さらにフォームコアの温湿度効果も危惧される。本研究は、押し込み荷重を受ける CFRP 表皮フォームコアサンドイッチ構造の温湿度効果を考慮した損傷発生・進展挙動を実験的・解析的に明らかにするとともに、光ファイバセンサ分布ひずみ計測による損傷モニタリング手法の提案と実証を行うことを目的としている。

第1章は「序論」であり、研究の背景についてまとめ、CFRP 表皮フォームコアサンドイッチ構造の特徴と現状での問題点、損傷モニタリングの必要性について述べるとともに、本研究の目的と論文の構成について述べている。

第2章は「PMI フォームの負荷応答」であり、PMI (polymethacrylimide) フォーム材の単軸圧縮負荷・引張負荷時の応答特性（応力-ひずみ線図）を様々な温度・湿度環境下で実験的に求め、応力-ひずみ線図の実験式を構築するとともに、ミクロ損傷の詳細観察による損傷挙動の物理的意味を明らかにしている。

第3章は「サンドイッチ構造の負荷応答」であり、CFRP 表皮フォームコアサンドイッチ梁の押し込み負荷・除荷応答（負荷-変位線図）を様々な温度・湿度環境下で実験的に求めている。また、負荷中・除荷後の表皮の押し込み深さを計測している。

第4章は「押し込み挙動の有限要素解析」であり、第2章で実験的に求めた PMI フォームの負荷応答特性を組み込んだサンドイッチ梁押し込み挙動の弾塑性有限要素(FEM)解析を行い、負荷-変位線図、表皮の押し込み深さを求め、第3章で計測した実験結果との比較を行っている。また、負荷中・除荷後の CFRP 表皮フォームコア境界接着層の梁長手方向のひずみ分布を計算し、コア自体やコア・表皮間剥離損傷の大きさと範囲を検出できる可能性を示唆している。

第5章は「押し込み挙動の改良モデル」であり、押し込み負荷後の除荷挙動を正確に解析できる新しい弾塑性モデルを提案し、それを組み込んだ FEM 解析を行い、除荷過程中的負荷-変位線図や除荷後の押し込み深さの実験値により一致する FEM 解析が可能であることを示している。

第6章は「表皮フォームコアサンドイッチ構造のモニタリング」であり、CFRP 表皮フォームコア境界接着層に埋め込んだ光ファイバを用いた、梁長手方向の高精度ひずみ分布計測手法を提案している。また、mm オーダーの梁長手方向分解能の高精度ひずみ分布計測を行い、コア自体やコア・表皮間剥離損傷の大きさと範囲を検出できることを実証している。さらに、様々な温度・

湿度環境下でも検出可能であること、負荷中のフォームコア材の応力緩和現象により、ひずみが減少すること、及び、これにより損傷検出には限界があることを明らかにしている。また、より実用に近いサンドイッチパネル構造にも適当して、その実用性の実証にも成功している。

第7章は「結論」であり、本論文で得られた結果を総括するとともに、今後の展望についても述べている。

本研究は、押し込み荷重を受ける CFRP 表皮フォームコアサンドイッチ構造の温湿度効果を考慮した損傷発生・進展挙動を実験的・解析的に明らかにするとともに、光ファイバセンサ分布ひずみ計測による損傷モニタリング手法の提案と実証を行っており、その実用的な適用も期待される。これらの研究成果は、先端エネルギー工学、とくに、次世代複合材構造工学の発展に大いに寄与する有益な知見を与えている。

なお、本論文の第3章と第6章は水口 周 氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となつて実験・解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 本文 1,777 字