

【学位論文審査の要旨】

本学位申請論文に関して、公聴会および2回の審査会を開催し、論文の内容に関する慎重な審査を行った。審査結果について以下のように報告する。

現在、繊維をプラスチックで固めた繊維強化複合材は、航空宇宙分野のみならず一般産業にも広がり、様々な所に使われている。特に航空宇宙分野における構造には、軽量かつ高剛性、高強度である CFRP (炭素繊維強化複合材) 構造が不可欠となっている。これらの複合材構造は、ほとんどが薄いプリプレグを二次元に積層した積層板と呼ばれるものであり、最大の問題点は、堅いものを落とす等の衝撃荷重を受けると、プリプレグどうしの層間が剥がれ (層間剥離)、圧縮荷重を受けた時の強度が著しく低下することである。これを CAI (Compression after Impact) 強度といい、CAI 強度を改善するための効果的な方法の一つに縫合技術がある。これは、層間あるいは厚さ方向に繊維束を通し、繊維を三次元化することにより層間剥離を抑制するものである。

本論文の研究目的は、先進複合材の耐衝撃損傷性を高めるためのベクトラン縫合 CFRP 積層板のモード II 層間剥離特性を把握することにある。縫合密度、縫合糸の太さの影響を含め、縫合糸の架橋特性、微視的および巨視的な損傷メカニズムを総合的に検討し解明している。

本論文によって得られた成果を以下にまとめる。

(1) TENF (Tabbed End Notched Flexure) 試験の結果より、モード II 層間破壊靱性は、高密度縫合では無縫合に比べ大きく向上すること、中密度縫合では、局所繊維体積含有率増加による面内層自身の靱性低下が縫合効果を相殺することを明らかにした。また、縫合糸の太さについては、縫合糸自身が面内糸の蛇行を誘起することから、縫合密度より効果が小さいことを解明した。

(2) 縫合糸単体の剪断変形特性を把握するため、縫合糸一本を含む IS (Interlaminar Shear) 試験を新たに開発した。モード II でのエネルギー吸収は、縫合糸の面内層からの剥離、面内層への貫入、縫合糸の変形と破断により起こり、層間で破断することからモード I と異なり引抜時の摩擦が寄与しないことを解明した。

(3) 結合力要素と IS 試験による縫合糸特性を模擬した非線形バネ要素を用いた TENF 試験での有限要素法解析を新たに提案し、縫合糸近傍の微視的挙動を把握するとともに、実験結果を精度良く予測した。また、改良型試験法である 4ENF (Four Point End Notched Flexure) 試験についてタブの有無を含め解析を行い、縫合複合材への適用が可能であることを明らかにした。

以上のように、本論文は、縫合 CFRP 積層板のモード II 層間剥離特性を解明し、縫合技術が層間剥離の抑制に極めて有効であることを示した。従って、本研究は縫合技術を用いた実用構造部材の設計、製作に大きく寄与することが期待される。また、積層板以外

の複合材構造へも本成果は応用可能であり、その工業的価値は極めて大きい。よって本論文は、博士(工学)の学位を授与するに値するものと認められる。

(最終試験又は試験の結果)

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上で論文発表を行い、質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。