

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 岡部 洋二

修士（工学）岡部 洋二 提出の論文は、「超音波による長繊維強化複合材料の機械的特性評価に関する研究」と題し、7章よりなる。

複合材料は航空宇宙分野を始め、幅広い領域で応用されるようになってきており、構成要素の巨視的または微視的な物性値を正確に把握する必要がある。しかし、異方性材のすべての弾性係数を静的試験で測定することは困難である。本研究では、長繊維強化複合材料について、巨視的または局所的な領域における機械的特性を、超音波伝播特性から同定する手法を確立することを目的としている。とくに、異方性の強い複合材料の全弾性係数を局所領域においてすべて同定可能にすることは極めて有用である。また、バルク材だけではなく、反射率の周波数依存性を生かして薄膜の弾性係数の同定手法を確立する。とくに、減衰の大きな高分子薄膜にも適用可能になれば、層間に樹脂層を有する複合材料積層板のすべての構成材料を定量的に評価可能となり、力学的挙動の解析に大きく貢献できる。

第1章は「序論」であり、超音波による巨視的な材料評価と局所領域での材料評価に関して、従来の評価手法を概説し、本研究で用いる手法の有用性について述べるとともに、本研究の目的と構成を述べている。

第2章は「機械的特性の同定手法」であり、異方性のある材料に対する、巨視的な領域での全弾性係数と粘性係数、および局所的な領域での全弾性係数を得るための、本論文で提案している測定方法と同定手法について説明している。本研究で最も特徴的な点は、試験片の局所領域で超音波反射率を測定し、その反射率の入射角や周波数への依存性を利用しながら、入射平面と剛性マトリックス成分の関係を効果的に利用することで、多数の剛性マトリックス成分を分割して同定し、それにより異方性材料についても精度良く弾性係数を求められるようになったことである。

第3章は「長繊維強化複合材料の巨視的な機械的特性の評価」であり、水浸二回透過法を炭素繊維強化プラスチック（CFRP）一方向材に適用し、面外等方性と仮定した上での巨視的な弾性係数および粘性係数に及ぼす吸湿の効果を定量的に評価している。その結果、吸湿率が大きくなるほど弾性率は低下し、ポアソン比は増加し、マトリックス樹脂が吸湿によって軟化すること、また粘性係数については、2成分のみ適切な値が得られ、どちらも吸湿率が大きくなるほど増大し、吸湿によってマトリックス樹脂の粘弾性効果が大きくなることを明らかにしている。また、吸湿が平衡状態に達する前までの範囲では、弾性率、ポアソン比、粘性係数ともに可

逆的变化であることを示している。

第4章は「長繊維強化複合材料の局所的領域における全弾性係数の評価」であり、長繊維強化複合材料の表面における、局所領域での全弾性係数の定量的な評価手法を、超音波反射率測定に基づいて確立している。対象とする複合材料はセラミック基複合材料（CMC）一方向材で、超音波スペクトラム顕微鏡を用い、試験片表面の局所領域（表面上で直径約 1mm の円形、深さ方向には約 0.15mm）において超音波反射率を測定している。その位相から適切な情報を抽出して、面外等方性と仮定した上での全弾性係数の同定を行う 2 種類の方法を提案し、その収束性と精度を議論している。

第5章は「直交異方性高分子薄膜の全弾性係数の評価」であり、2 軸延伸によって作成された異方性を有する厚さ 12 ミクロンの高分子薄膜に対し、直交異方性としての全弾性係数を同定する手法を確立している。前章では、試験材料がほぼ均質なバルク材であったため、反射率の周波数依存性が弱く、特定の周波数成分のみを用いていたが、反射率の周波数依存性を利用すれば、長さの次元を持った固体の情報をよりの確に得ることができる。そこで、反射率の入射角と周波数への依存性を生かし、厚さという長さの次元を持った薄膜の全弾性係数の同定を試み、これに成功している。

第6章は「層間靱性強化 CFRP の全弾性係数の評価」であり、前章の薄膜の定量評価法を応用することによって、層間樹脂層をもつ CFRP 板の定量評価を行っている。これは、一層が約 160 ミクロンの CFRP 積層板の各層間に約 30 ミクロンの樹脂層が形成されたもので、CFRP 層の全弾性係数と樹脂層のヤング率、ポアソン比、密度、厚さを同定し、全物性が特定の範囲内に収束することを示している。

第7章は「結言」であり、本研究で得られた結果をまとめるとともに、今後の課題と展望について述べている。

以上要するに、本論文は、異方性を有する複合材料の巨視的または局所的な領域における弾性的特性を、超音波伝播特性から同定する手法を提案し、またバルク材だけではなく、薄いフィルム状や層状の材料、さらに減衰の大きな材料に対しても適用できる方法として確立しており、複合構造・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。