

## 審査の結果の要旨

氏名 郭 啓濤

量産型の複雑形状部材に連続繊維強化複合材料を適用するには限界があることから、自動車や航空機等の超軽量（運動性能向上・低燃費）化、量産（低コスト）化、再利用性向上を目的として不連続 CFRTP（炭素繊維強化熱可塑性プラスチック）が近年活発に研究開発されている。しかしながら不連続 CFRTP は力学特性に大きなバラツキを持ち、CAE すなわちコンピューターによる事前の性能把握や適切な最適設計が困難であることが課題となっていて、現時点では、性能要求の低い部材への適用に限定されたり、金属部材とのハイブリッド化によるマルチマテリアルソリューションに回避したりと、構造全体の軽量化率をあまり向上できないばかりか電食や難リサイクル化などの新たな問題を派生させている。本論文は、炭素繊維テープの簿層化により基材の低コスト化と力学特性のバラツキ低減を達成した UT-CTT（薄層炭素繊維テープ強化熱可塑性プラスチック）を対象として、CAE を適用した破壊挙動のモデリングと最適化設計について検討を行ったものである。

第 1 章では、不連続 CFRTP および類似の材料に関して、これまでの世界の研究開発動向と、昨今の環境エネルギー問題や自動運転化などへの対応を踏まえた幅広い実用化に向けた現在の課題についてまとめ、本研究の位置づけとアプローチの新規性を整理している。

第 2 章では、曲率を持つ部材での繊維強化複合材料における特有の問題である層間破壊に関して、モード I とモード II の破壊挙動のモデル化をそれぞれ行っている。具体的には DCB 試験と ENF 試験を用いた破壊現象観察から UT-CTT の層間破壊プロセスが cohesive zone model (CZM) により実用上十分な精度で表現できることを示し、L 型試験片を用いて検証している。

第 3 章では、剛性部材でありかつ衝撃吸収能力も期待される中空梁が曲げ荷重を受ける場合を対象として、その破壊プロセスに及ぼす負荷速度の影響を論じている。具体的には、UT-CTT は破壊モード（引張、圧縮、層間）ごとに樹脂の影響度、すなわち負荷速度依存性が異なることから、これまで、複雑形状部材の衝撃破壊プロセスの予測が困難とされてきたが、クーポンで評価された各破壊モードでの破壊進展則の速度依存性の内外挿方法を詳細に検討することを通して、異なる負荷速度での破壊プロセスを数値シミュレーションで再現可能となることを示している。

第4章では、以上の検証結果を踏まえて、UT-CTTの特徴である板厚除変構造を用いることで、従来の板厚一定の積層型複合材料からさらにどこまで軽量化が可能となるかを検討している。すなわち、構造体としての剛性を保ちながら、層間剥離を回避し、耐荷重を最大にする最適設計、あるいは、剛性と強度の基準を満たしながら構造体を最軽量にする最適設計などを、2章3章の部材を用いて検討している。ここで示された極めて高い軽量化率は魅力的であり、これを実現するための新たな成形手法の開発が期待される。

第5章では、以上の結果を総括し、不連続CFRTPの実用化に際しての本論文の寄与とさらなる課題などが整理されている。

以上、本研究で開発された手法により明らかにされた不連続CFRTPの最適構造とその特性発現メカニズムに基づくことで、目的に応じた最適中間基材（樹脂種、繊維長、テープ厚さ、等）や最適製造法（金型設計、プロセスウィンドウ、等）に関する知見を得ることが可能となり、工学的寄与の非常に高い結果が得られていると言える。

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。