

炭素繊維マット強化熱可塑性樹脂の挙動解析とモデル化に関する研究

著者	長塚 渉
学位授与年月日	2016-12-16
URL	http://doi.org/10.15083/00075042

審査の結果の要旨

氏名 長塚 渉

本論文は、様々な量産型工業製品として用いられることが想定される炭素繊維強化熱可塑性樹脂 (CFRTP) について、その品質保証の基礎となる力学挙動のモデル化を試みたものである。具体的には、様々な環境下で部材特性を変動させる要因となるマトリックス樹脂の粘弾性特性に着目し、特に曲げ挙動における面外特性の影響度についてモデル化を試み、試験片のサイズや、マトリックス樹脂を様々に変更して当該モデルの汎用性を検証したものである。

第1章では、従来の炭素繊維強化熱硬化性樹脂 (CFRTS) の成形サイクルやリサイクル性を改善すべく開発途上にある CFRTP、中でも単繊維にまで解繊された CF で構成される等方性マットを強化材として用いた CMT (Carbon fiber Mat reinforced Thermoplastics) を研究対象とした背景を解説するとともに、関連する研究を幅広く分析し、本論文で明らかにすべき点とそこに至るアプローチについて論じている。

第2章ではまず、CMT のマトリックスとして想定される樹脂に対して、温度・ひずみ速度依存性を動的粘弾性評価により明らかにしている。また、実測が難しいひずみ速度域の弾性率については時間温度換算則を用いて算出を試み、温度と速度の依存性が相互に換算可能である事を明らかにしている。

第3章では、CF の効果を最も強く受ける CMT 板の面内力学特性に対し、工業的に利用しやすいよう、従来の一方向連続繊維強化材を説明するスラブモデルを不連続繊維強化材に適用した縦弾性モデルを構築している。具体的には、不連続繊維を用いる場合、連続繊維に比べて強度 (剛性) の利用率が低下することから、繊維長や繊維の分散状態による剛性低下を表現する形状係数すなわち実質的なマット強化材の剛性利用率を導入し、実験によりその妥当性を検証している。

第4章では、面外せん断弾性率の測定手法の提案と、その温度依存性を表現できる理論モデルの構築を行っている。理論モデルの構築に必要な面外せん断特性の従来の評価法は CMT の分析においては精度上の問題があったため、ひずみゲージを用いてせん断ひずみが測定できるよう、十分なせん断ひずみ分布領域が一樣に得られる新規試験法を開発し、面外せん断弾性率がマトリックス樹脂特性を反映して顕著な温度依存性を示すことを明らかにしている。また、面外せん断弾性率においても形状係数を付加した簡易な温度依存モデルを構築し、実験値と良好な一致を確認している。以上、当該理論モデルを用いること

で樹脂の弾性率から CMT の面外せん断弾性率を予測することが可能になり、部材設計におけるせん断挙動やその温度依存性の影響を考慮する上で有用なモデルといえる。

第 5 章では、既述の縦弾性率と面外せん断弾性率にマトリックス樹脂の粘弾性挙動を導入し、ティモシェンコの梁の理論に組み込むことで曲げ弾性率予測式を作成し、温度・ひずみ速度依存性の実験によりこの理論式の妥当性を確認している。以上の結果から、過大評価される恐れがあった曲げ挙動について、面外特性を正しく考慮することにより予測精度の向上が見込まれる。

第 6 章では、構築してきたモデルの汎用性を明らかにすべく、まず、試験片（部材）の寸法効果への対応を想定し、曲げスパンを変更した曲げ試験を実施し、スパンが変化してもモデルが十分適用可能である事が示されている。また、マトリックス樹脂を変更した場合の検証として、理論モデルに種々のマトリックス樹脂の粘弾性特性を代入することで、その CFRTP の曲げ弾性率の温度依存傾向が高精度に予測可能である（ただし、形状係数の値は樹脂毎に変化する）ことが示され、各種マトリックス樹脂の長所短所が論じられている。

第 7 章では、各章の結言をまとめ本論文全体として得られた知見をまとめている。

以上、量産型部材への CFRTP 適用拡大を目的とし、特に CMT の力学特性発現メカニズムの解明とモデル化について詳細に検討した結果、樹脂の粘弾性特性と CMT における樹脂ごとの形状係数から部材の曲げ弾性率の温度とひずみ速度の依存性が精度良く予測できることを理論と実験から初めて明らかにしており、工学的寄与の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。