

成形工程における糸の力学的形状変化を考慮した織物複合材料の分離型マルチスケール解析*¹

A Decoupling Multiscale Analysis of Textile Composite Considering Deformation of Fiber Yarns During Weaving and Molding Processes

笹川 崇*²

Takashi Sasagawa

田中 真人*³

Masato Tanaka

伊藤 祐*⁴

Tasuku Ito

*¹ 日本複合材料学会誌, 50, 3 (2024) 86-98 *² (株)豊田中央研究所 サステナブルプロセス研究領域 *³ (株)豊田中央研究所 数理工学研究領域 *⁴ CMプロジェクト

要 旨

繊維系複合材料の機械的特性を正確に予測可能な新しいマルチスケールシミュレーション手法を提案する。本手法の重要な特徴は、製織および成形中における繊維束の変形を考慮して、代表体積要素を数値的に構築する点である。私たちは、乾燥状態における繊維束の力学的挙動をビーム要素およびソリッド要素を用いてモデル化する新しい手法を通じて、製織および成形中の繊維束の変形を精密に計算する方法を確立した。本手法の有効性は、炭素繊維複合材料の引張、圧縮、および曲げ試験を用いて得られた実験結果との比較によって検証された。この検証により、繊維束の変形を適切に考慮することで、複合材料の機械的特性を高い精度と信頼性で予測できることを示した。

キーワード: 織物複合材料、マルチスケール解析、非線形特性、ビームソリッドモデル

Abstract

A novel multiscale simulation scheme for textile composites is proposed, which accurately predicts their mechanical properties. A key aspect of our method is the numerical construction of their representative volume elements by considering the fiber yarn deformations during weaving and molding of textile composites. We found that fiber yarn deformations during weaving and molding can be precisely computed using a novel method for modeling dry yarn mechanical behaviors with beam and solid elements. We validated our proposed method by comparing its mechanical property predictions with the experimental results obtained from tensile, compression, and bending tests of carbon fiber composites. The validation demonstrated that our method can accurately and robustly predict the mechanical properties of a composite by considering fiber yarn deformations during weaving and molding.

Keywords: Textile composite, Multiscale simulation, Nonlinear mechanical properties, Beam solid model