

超音波振動が RTM 成形の樹脂流動および含浸促進に及ぼす影響

Effect of Ultrasonic Vibration on Resin Flow and Impregnation in Resin Transfer Molding

和田 明浩 (Akihiro Wada)

FRP の製造方法として近年注目されている RTM (Resin Transfer Molding) 成形法は、樹脂含浸前のドライ繊維を成形型内にあらかじめ配置して型締めした後、注入口から液状樹脂を加圧注入して樹脂含浸させ、樹脂硬化後に脱型して成形品を得る手法である。本研究では、RTM 成形品の品質改善を目的として、超音波振動による樹脂流れのコントロールおよび繊維束への樹脂含浸促進を試みた。

はじめに成形型へ付与する超音波振動強度のコントロール手法の検討を行い、超音波振動が RTM 成形に及ぼす影響を定量的に評価できる環境を整えた。図 1 に超音波振動付与成形システムの概略を示す。本研究では共振型の超音波振動子を使用しているため、共振点からの周波数のわずかなずれにより振動強度が大きく変化する。従来はマニュアル操作により共振点探索をしていたため、振動強度を定量評価する際の誤差要因となっていた。そこで、共振点を自動追尾できる振動子駆動用コントローラを使用し、振動強度のコントロール精度を高めた。入力電圧と振動強度の校正曲線を取得した結果、図 2 に示すように振動強度が入力電圧に概ね比例する範囲を特定することができた。また、レーザドップラ振動計 (LDV) を用いたスキヤニングシステムを使用して RTM 成形型の振動状態の可視化を行った結果、振動子設置位置付近の局所的な加振が可能であることが確認された。

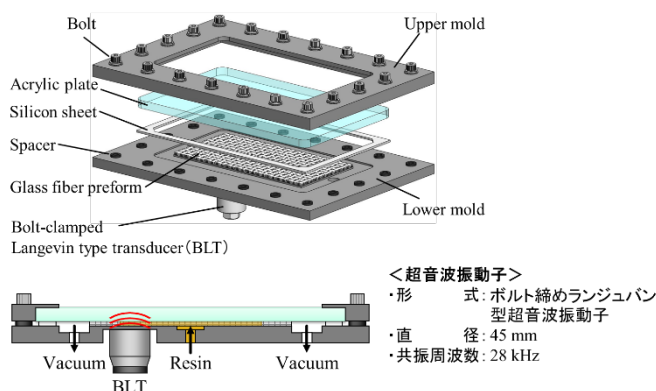


図 1 超音波振動付与成形システム

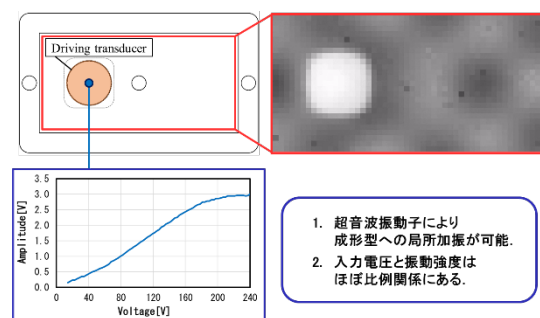


図 2 成形型の振動様式測定結果

新たな振動付与システムの有効性を確認するため、科学研究費補助金課題(21K03758)と同様の実験条件において振動付与 RTM 成形の再調査を実施した。その結果、成形型への超音波振動の付与は、図 3 に示すように局所的な樹脂流れを促進し、繊維束への樹脂

含浸状態の改善に寄与することを確認した。また、振動強度を高めることで樹脂流れが促進される傾向にあるが、過度な超音波振動の付与は強化繊維間の摩擦発熱を伴い、樹脂のゲル化を早めて樹脂流れの阻害要因になることもわかった。さらに、振動付与が可能な VaRTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding) 成形型を製作して、VaRTM 成形における超音波振動の影響を調査した。その結果、VaRTM 成形では RTM 成形と比較して繊維同士の密着度が高いため繊維の摩擦発熱の影響を受けやすく、超音波振動による樹脂流れの促進効果が現れにくいことがわかった。図 4 は RTM 成形品の破断面を比較した SEM 写真であるが、超音波振動付与成形品では繊維表面に付着した樹脂片が比較的多く観察されたことから、繊維／樹脂界面の接着強度向上が確認できた。

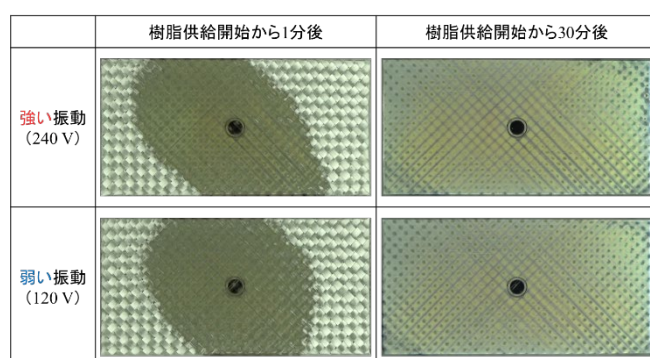


図 3 超音波振動による樹脂流れの変化

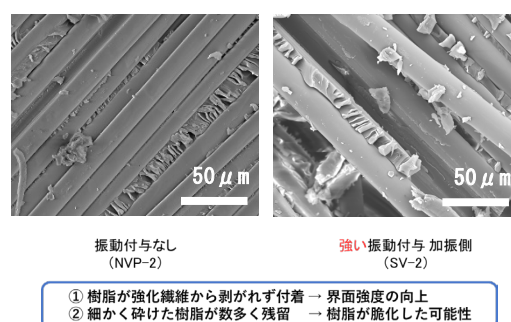


図 4 超音波振動による破壊様相変化

本研究では、繊維束への樹脂含浸状態を定量評価するための超音波計測手法の検討も行い、PLC (Programmable Logic Controller) を用いた多点計測システムを構築した。また、アクリルブロックを遅延材とする新たな超音波樹脂含浸モニタリング手法を提案し、VaRTM 成形においてフィルム上からの樹脂含浸モニタリングが可能であり、振動付与環境下でも本手法が適用可能であることを確認した。