

|             |  |
|-------------|--|
| 氏 名         | にしもと ひろゆき<br><b>西本 博之</b>                                    |
| 学位(専攻分野)    | 博 士 ( 学 術 )  |
| 学 位 記 番 号   | 博 甲 第 565 号  |
| 学位授与の日付     | 平成 22 年 3 月 25 日   |
| 学位授与の要件     | 学位規則第 4 条第 1 項該当   |
| 研究科・専 攻     | 工芸科学研究科 先端ファイブロ科学専攻  |
| 学 位 論 文 題 目 | <b>組物複合材料の繊維配向予測に関する研究</b>                                   |
| 審 査 委 員     | (主査)教授 濱田泰以<br>教授 鋤柄佐千子<br>教授 浦川 宏<br>准教授 仲井朝美<br>名誉教授 前川善一郎 |

### 論文内容の要旨

テキスタイルコンポジットのプリフォーム作製技術の一つとして組物技術が優れている点は、組物複合材料が繊維の切断部や継目の存在しないシームレス構造が実現できることであり、これにより力学的特性に優れた構造物の作製が可能であることである。また、組物技術は機械化・自動化が進められ、組物複合材料の力学的特性を決定する繊維配向角度（組角度）を自由に設定できることから、例えば、個々の身体能力に応じたテーラーメイドのゴルフシャフトやアイスホッケー スティックなどのスポーツ用品への応用が期待される。この実用化を促進させるためには、組物の繊維配向を予測するためのモデルの精度向上が重要である。

本論文では、現行の繊維配向予測方法に改良を加えるため、組物複合材料の主要な設計パラメータである組角度に着目し、丸打組機にて作製する組物の組角度の初期値から設定値への遷移速度を考慮した予測方法を考案し、本手法の有効性を示唆した。本論文は、以下に示す全 6 章で構成されている。

第 1 章では、組物複合材料の特徴、作製機構等の本論文の基盤技術と、本論文の主題である組物の繊維配向予測に関する課題について概説した。

第 2 章では、例えば組角度が  $30^\circ$  から  $45^\circ$  となるように、丸打組機のマンドレルの移動速度をステップ状に変化させ、組角度が設定値に達するまでの時間的な遅れ（ステップ応答特性）を考慮した組角度予測モデルを確立した。組糸がマンドレルに接触するポイントを組成点と定義すると、組成点の遷移速度はガイドリングから組成点までの距離に比例することを解明した。

第 3 章では、組物の形状を円柱から角柱に変えた場合の繊維配向予測モデルを確立した。その一例として、マンドレルの断面形状が長方形の場合、長辺側の組角度は短辺側の組角度よりも大きくなる特性があり、この組角度を予測するための近似式を提示した。組糸が長さの異なる各面を横断するたびに組角度がステップ状に増減するため、第 2 章で解明したステップ応答特性が発生していると仮定し、これを角柱状組物の組角度予測式に適用した。

第 4 章では、ガイドリングの形状を円形から橢円形に変更した場合の、円柱状組物の繊維配向予測モデルを確立した。橢円形のガイドリングを使用することにより、繊維配向分布を長手方向ではなく、円周方向に変化できることを示し、そのメカニズムを解明した。ガイドリングの役割

が単なるガイドリングではなく、その半径が、組成点または組角度の初期値から設定値への遷移速度を決定する重要な因子であることを踏まえ、半径が一定でない橢円形のリングを作製し、円柱状組物の円周方向に沿って組角度を変化させることに成功した。

第5章では、マンドレルの断面形状が長方形で、組成円の形状が橢円形の場合の組物の纖維配向の特性を解明した。第3章で、マンドレルの断面形状が長方形の場合、長辺側の組角度は短辺側の組角度よりも大きくなる特性を示したが、マンドレルの長方形断面の長辺と、組成橢円の長軸を垂直に配置することにより、長方形の長辺側と短辺側の組角度の大小を逆転させることができるとなることを示した。

第6章では、第2章から第5章で述べた纖維配向予測モデルを一般化し、複雑形状を有する組物に対する纖維配向予測式を示した。応用事例として、長手方向に太さが変化する円錐マンドレルを用いた場合の組角度予測モデルへの適用方法を示した。

これら一連の研究により、丸打組機にて作製される二次元組物複合材料における組成点の初期値から設定値への遷移速度が解明され、非定常状態における組角度の導出も可能にした。組成点および組角度の初期値から設定値への遷移速度を正確に把握することは、組角度の予測精度を向上させる。これにより、組物複合材料の力学的特性の設計精度の向上が期待でき、組物技術の機械化・自動化の推進にも寄与すると考える。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、丸打組機にて作製する二次元構造を有する丸打組物の纖維配向角度（組角度）を予測するための新たな手法を考案していることが大きな特徴である。現行の纖維配向予測方法に改良を加えるため、実際の組角度が設定値に達するまでに生じる時間的な遅れが、組糸を供給しているガイドリングの半径によって決定されることを本論文において初めて解明した。これにより、組糸がマンドレルに接触するポイントは、ガイドリングから組成点までの距離に比例した速度で移動することを微分方程式により示した。

さらに、形状を円形から橢円形に変更したガイドリングを考案し、従来の丸打組機では実現できなかった纖維配向を実現させたことは、今後の複合材料の基材としての組物の発展に寄与すると考えられる。

本論文の内容は次の5報に報告されており、そのうち申請者を筆頭著者とするものは5報である。

1. H. Nishimoto, A. Ohtani, A. Nakai, H. Hamada, "Design of fiber orientation and mechanical properties of rectangular braided composite pipe", Proceedings of 10th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition, PMC-3-1, pp.1-6 (2007)
2. H. Nishimoto, A. Ohtani, A. Nakai, H. Hamada, "Generation for circumferential stiffness distribution on cylindrical braided composite pipe", Recent Advances in Textile Composites, pp.471-480 (2008)
3. H. Nishimoto, A. Ohtani, A. Nakai, H. Hamada, "Prediction method for temporal change in fiber orientation on cylindrical braided performs", Textile Research Journal (印刷中)
4. H. Nishimoto, A. Ohtani, A. Nakai, H. Hamada, "Generation and prediction methods for

circumferential distribution of braiding angle on cylindrical tubular braided fabrics”, Journal of Materials: Design and Applications (印刷中)

5. H. Nishimoto, A. Ohtani, A. Nakai, H. Hamada, “A creating ellipse inverting the magnitude relation of braiding angles on each side of a rectangular braided fabric”, Textile Research Journal (投稿中)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。