京都工芸繊維大学

氏　　名	でみりちゃん　おずぐる DEMIRCAN OZGUR
学位(専攻分野)	博　士（学術）
学位記番号	博甲第 670 号
学位授与の日付	平成 25 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　先端ﾌｧｲﾌﾞﾛ科学専攻
学位論文題目	MANUFACTURING, MODELING AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF INNOVATIVE BIAXIAL WEFT KNITTED COMPOSITES （二軸挿入よこ編物複合材料の作製および力学的特性）
審査委員	(主査)教授　濱田泰以 教授　西村寛之 教授　鋤柄佐千子 岐阜大学工学部機械システム工学科教授　仲井朝美

論文内容の要旨

編物複合材料は、強化繊維がループ構造を有しており、また繊維体積含有率が低いため、低い力学的特性を示すと考えられている。しかし、高いエネルギー吸収性や非常に優れた賦形性といった性能が要求された場合、編物複合材料を使用することでこの条件を満たすことが可能となる。この編物複合材料の低いとされている力学的特性を改善するため、二軸挿入よこ編物複合材料を提案した。本研究の目的は、複合材料の強化基材として高い力学的特性を有し、かつ、near-net-shape を実現する編物の作製技術を確立することにある。

第 3 章では、アラミド繊維（以下 AR）およびガラス繊維（以下 GF）といった様々な繊維によって構成された二軸挿入よこ編物を強化形態とした熱硬化性複合材料の力学的特性について検討した。本章で示した AR-AR-AR とは、たて糸、よこ糸、編糸の順に AR、AR、AR で構成されている二軸挿入よこ編物のことである。AR-AR-AR を用いて作製した試験片および AR-GF-AR を用いて作製した試験片の引張試験結果より、アラミド繊維をよこ糸として用いた AR-AR-AR は、ガラス繊維をよこ糸として用いた AR-GF-AR と比較して、繊維およびマトリックスの間で高い接着性を有していることがわかった。AR-AR-AR はもっとも高い引張強度を示し、AR-GF-AR はもっとも高い曲げ強度を示した。衝撃試験結果より、よこ糸およびたて糸を GF とした GF-GF-AR は、トランスバースクラックの数が多く、さらに層間はく離長さが長く、高い衝撃特性を有していることがわかった。

第 4 章では、編糸および挿入糸の種類が、二軸挿入よこ編物複合材料の引張および曲げ特性に及ぼす影響について、実験および数値解析により検討した。その結果、有限要素法を用いた解析結果および実験結果はよい一致を示し、三次元はり要素を用いた織構造モデルの有効性を確認した。

第 5 章では、二軸挿入よこ編物の賦形性を検討するため、三次元の半球構造を有する二軸挿入よこ編物複合材料を作製し、平面上の編物から成形した複合材料と、ドーム形状を有する編物から作製した複合材料とを比較した。その結果、ドーム形状を有する編物から作製した二軸挿入よこ編物複合材料においては、フランジ部表面にごくわずかなしわが観察されたのみであった。こ

のことから、二軸挿入よこ編物複合材料は高い賦形性を有していることがわかった。

第 6 章では、強化繊維近傍に樹脂繊維が配置された中間材料である混繊糸を用いた熱可塑性複合材料の成形に焦点をあてた。AR および PA66 繊維で構成された混繊糸は、編機を用いた製編が困難であった。この問題を解決するため、混繊糸に撚り加工をおこなう、エポキシ樹脂を用いて表面処理をおこなう、といった二つの観点から検討した。その結果、力学的特性が最大値を示す最適な撚り数、および、最適な表面処理濃度が得られた。最適な撚り数に達するまでは、混繊糸に施す撚り数を増加させることで、混繊糸の引張強度が増加し、複合材料の引張強度も増加した。また、混繊糸に処理するエポキシ樹脂の量を増加させることで、繊維／マトリックスの界面特性が改善されることがあきらかとなった。

第 7 章では、二軸挿入よこ編物熱可塑性複合材料において、編糸をアラミド繊維および PA66 に変化させた場合の力学的特性について検討した。PA66 を編糸とした場合、強化基材中の PA66 繊維は溶融し、繊維体積含有率は高くなった。AR を編糸とした複合材料の引張試験後の試験片表面において、繊維およびマトリックスのき裂が観察された。そして、PA66 を編糸としたときの複合材料は、AR を編糸としたときの複合材料と比較して、高い引張特性および曲げ特性を有していることがあきらかとなった。

第 8 章では、二軸挿入よこ編物複合材料の力学的特性を改善するため、編物の構造を変化させ、最適な作製条件について検討した。ループ長を短くし、インターロック構造を採用することにより、繊維体積含有率が増加した。このことから、編物におけるループ形状は、力学的特性の向上に寄与したといえる。

本研究の成果により、複合材料の強化基材として高い力学的特性を有し、かつ、near-net-shape を実現する編物の作製技術を確立した。

論文審査の結果の要旨

複合材料の強化形態として有益であるよこ編物の特長のひとつは、その高い伸縮性であり、複雑形状への賦形性に優れる。一方で、編物は繊維がループ形状を有するため繊維配向が直線ではない点、繊維体積含有率が低い点から、力学的特性が低いという問題点を有しており、実用化されているものはまだ少ないのが現状である。本研究では、この編物複合材料の低いとされている力学的特性を改善するため、二軸挿入よこ編物複合材料を新たに提案した。その結果、複合材料の強化基材として高い力学的特性を有し、かつ、near-net-shape を実現する編物の作製技術、設計技術を確立した。

これらの研究成果により、織物・組物・たて編物といった従来のテキスタイル加工技術では実現が不可能であった、変形性能と力学的特性の両方を併せ持つ新規テキスタイル加工技術を確立したことは、工業的に意義がある。さらに、よこ編物技術を用いることにより小ロット・多品種の製品への対応が可能となり、最低限の資源を使用した地球にやさしい強化形態作製を可能にしたことは、環境負荷軽減という観点からも評価できる。

本論文の内容は次の 10 報に報告されている。

1. Effect of Stitch and Biaxial Yarn Types on Impact Properties of Biaxial Weft Knitted Textile

Composites
Ozgur Demircan, Tatsuya Kosui, Shinsuke Ashibe, Yohji Hamada, Asami Nakai
Science and Engineering of Composite Materials, in press

2. BENDING AND IMPACT PROPERTIES OF BIAXIAL WEFT KNITTED COMPOSITES
O. Demircan, A. R. Torun, T. Kosui, A. Nakai, H. Hamada
Proceedings of the ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, 3, pp. 223-231 (2011)

3. Effect of Stitch and Reinforcement Yarn Types on Tensile Properties of Biaxial Weft Knitted Composites
Ozgur Demircan, Ahmet Refah Torun, Tatsuya Kosui and Asami Nakai
Proceedings of 12 th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition, PMC (Polymer matrix composites)-1-4 (2011)

4. Effect of Stitch and Biaxial Yarn Types on Tensile and Bending Properties of Biaxial Weft Knitted Composites
Ozgur Demircan, Shinsuke Ashibe, Tatsuya Kosui, Asami Nakai, *Applied Composite Materials*, (Submitted)

5. BENDING PROPERTIES AND FINITE ELEMENT MODELING OF BIAXIAL WEFT KNITTED COMPOSITES
O. Demircan, Y. Hamada, T. Kosui, A. Nakai, H. Hamada
Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Houston /Texas USA, 9-16 November (2012)

6. Bending Properties and Finite Element Modeling of Biaxial Weft Knitted Composites
O. Demircan, Y. Hamada, T. Kosui, A. Nakai, H. Hamada, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, (Submitted)

7. Tensile Properties and Finite Element Modeling of Biaxial Weft Knitted Composites
O. Demircan, K. Sakoda, A. Nakai, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, (Submitted)

8. Development of 3-D hemispherical biaxial weft knitted thermoset composites
O. Demircan, T. Kosui, S. Ashibe, A. Nakai, *Advanced Composites Letters*, (Submitted)

9. Effects of Surface Treatment and Twisting on Tensile Properties of Aramid Unidirectional Thermoplastic Composites
O. Demircan, S. Ashibe, T. Kosui, A. Nakai, *Composite Interfaces*, (Submitted)

10. Effect of Stitch Yarn Types on Tensile and Impact Properties of Biaxial Weft Knitted Thermoplastic Composites
O. Demircan, S. Ashibe, T. Kosui, A. Nakai, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, (Submitted)

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。