

博士学位論文審査要旨

2015年2月17日

論文題目： Study of improving interfacial strength between matrix and reinforcement for green composites(グリーンコンポジットのマトリックスと強化材の界面強度の向上に関する研究)

学位申請者： 南 基法

審査委員：

主査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 大窪 和也

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 藤井 透

副査： 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 教授 高木 均

要 旨：

産業活動における環境問題の考慮の必要性は益々大きくなっており、それに伴い、ジュートやケナフ、竹繊維に代表される汎用的な植物由来の天然繊維を用いる複合材料であるいわゆる「グリーンコンポジット」への関心は大きくなっている。実用的なグリーンコンポジットの開発を支配する主要因はその界面強度の改善にある。またその界面特性はグリーンコンポジットの吸水現象により低下する事も知られており、有効な改善技術が求められている。

本論文はこれらを解決するために、ジュート、ケナフ、竹繊維をグリーンコンポジットに利用するために必要な基本技術やその改善手法について明らかにした上で、予め樹脂を注入する新たな手法を提案し、その力学的な効果を明らかにしている。

本論文は全6章からなる。第1章は序論であり、材料を使う社会的な視点から、あるいは材料を開発する技術者の視点から見た環境問題の解決の必要性や、それを行うための研究の背景や研究動機が説明されている。また前述の天然繊維を複合材料の強化材に使う必要性や技術的な可能性が分析され、それをもとに研究目的を明確にしている。

第2章では本研究を行うための技術的な現状分析として、天然由来の繊維材料の特性の違い、およびそれを改善するための各種の処理方法の特徴が詳細にレビューされている。それらに加えて、過去の研究動向やそれらの不足点、または知見の展開の可能性が分析され、本論文の研究の基礎を構築している。

第3章では、工業利用される天然繊維のうちの一つの代表的な繊維であるジュート繊維を用い、同じく環境に優しい材料として知られてい天然由来のポリ乳酸を母材とする複合材料(グリーンコンポジット)を試作し、それに対しアルカリ処理法およびプラズマ処理法の各種の繊維表面または界面処理を行った場合の力学的な効果を、マイクロドロップ式の試験等により詳細に議論している。研究の結果、天然繊維に対してもアルカリ処理やプラズマ処理などの表面処理によりポリ乳酸の対する界面強度を向上できる事や、それを得るためには適切な処理条件が存在する事を示している。

第4章では、同じく天然由来の代表的な繊維であるケナフ繊維と竹繊維を用い、それを現在工業的に汎用されているポリプロピレン (PP) の母材に応用する場合の実用的な技術について議論している。その有効的な技術として本論文は、環境に比較的優しい材料であるPVA (Poly Vinyl Alcohol) を樹脂注入法 (Resin Impregnation) と呼ばれる特殊な方法を用いて天然繊維束の内部に注入する方法を応用する事を考案している。これにより汎用的なアルカリ処理法を行った場

合の問題点の一つである天然繊維の損傷を抑制しつつ、高い繊維強度と、グリーンコンポジットの優れた機械的特性の両者を得られる事を実験データから実証している。

第 5 章ではその樹脂注入法 (Resin Impregnation) をさらに竹繊維に応用する場合の吸水性について議論している。実験検討の結果、マレイン酸変性された MAPP を母材とするグリーンコンポジットに樹脂注入法 (Resin Impregnation) を応用すると、グリーンコンポジットの吸水率を低下させる効果も得られる事も示している。

このように本論文は天然繊維を複合材料、すなわち「グリーンコンポジット」に応用する際の数々の知見を提示し、かつその機械的特性や吸水特性を改善する新しい技術の確立を行っており、工学的のみならず、工業的にも価値ある成果を得ている。よって、本論文は、博士 (工学) (同志社大学) の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

総合試験結果の要旨

2015年2月17日

論文題目: Study of improving interfacial strength between matrix and reinforcement for green composites(グリーンコンポジットのマトリックスと強化材の界面強度の向上に関する研究)

学位申請者: 南 基法

審査委員:

主査: 同志社大学大学院理工学研究科 教授 大窪 和也

副査: 同志社大学大学院理工学研究科 教授 藤井 透

副査: 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 教授 高木 均

要 旨:

本論文提出者は、2012年2月に韓国の、「国立昌原大学大学院 メカトロニクス工学部 機械工学専攻 修士課程」を修了後、2012年4月に、同志社大学大学院 理工学研究科 博士課程（後期課程）に進学した。本論文提出者は、韓国での修士課程在籍時の修士論文研究から一貫して天然繊維の機械的特性の改善に関する研究を進めており、本学の博士課程に進学後には、本学の場でその研究を一層に進めた。

本論文の主たる内容は、Elastomers and composites, Advanced Composite Materials, Advanced Materials Research, Agricultural Sciencesなどの主要な専門雑誌に少なくとも4編の学術論文（本論文提出者の論文掲載数はこれらを含めて合計7編）として掲載されており、十分な評価を受けている。また本論文提出者はこれらの内容を、専門の国際会議や国内会議において多数発表しており、同じく高い評価を得ている。

2015年1月31日15時より約2時間にわたり学術講演会が行われ、各種の質疑応答が行われた結果、提出者の説明により十分な理解が得られた。また講演会終了後、審査委員により学位論文に関連した諸問題につき口頭試問を実施した結果、十分な学力を有することが確認できた。なお、提出者は本論文を英語で執筆しており、英語によるその他の論文発表や学会で発表を行っていることから、十分な語学力を有しているものと認められる。よって、総合試験の結果は合格であると認める。

博士學位論文要旨

論文題目： Study of improving interfacial strength between matrix and reinforcement for green composites(グリーンコンポジットのマトリックスと強化材の界面強度の向上に関する研究)

氏名： 南基法

要旨：

Recently, in the industrial field, there has been a lot of consideration for not only the development of the field itself but also for the environment. Therefore, the attention of the wide industry on the green composites was increased, however, the development of stable materials has yet to be elucidated and there are a lot of challenges that need to be solved. It is important to overcome the challenges of Green composite materials industry.

Previous research has shown that the interfacial shear strength is the key problem associated to composite properties. In particular, the interfacial strength between natural fiber and matrix is poor and unstable due to hydrophilic and hydrophobic problems between fiber and matrix and thus the fiber surface condition is not stable. In order to alter this characteristic, a previous study proposed the use of coupling agent and surface treatment.

The trend of the study for fiber analysis of natural fiber reinforced composite changed several times, because of accessibility and affordability reasons. Jute and kenaf are the most common resources in natural fiber reinforced composite so they were used to evaluate the effect of treatment methods. Bamboo fiber is a traditional material in Asia that has nice mechanical properties for composites. However, recently most of bamboo application has been replaced by plastic material so there is less competition on the market.

In this study, plasma polymerization and resin impregnation were used for the modification of kenaf, jute and bamboo fiber. The fibers were used for reinforced composites with polypropylene and poly lactic acid. Fiber tensile test, micro drop let test and micro scoop were used for fiber and tensile test and 3point bending test and water absorption test were used for composites.

Previous alkali treatment can modified adhesive strength between fiber and matrix but it

can cause damage on fiber.

The plasma polymerization does not require water for treatment. In this study, plasma polymerization method charged acrylic acid at room temperature and room pressure. However, without alkali treatment, plasma polymerization damaged kenaf fiber and composite properties were not increased significantly, showing that when it is chopped for short fiber, the coated surface can be broken. So plasma polymerization is not very effective in this study. Therefore, fiber has to be chopped prior using plasma polymerization.

The resin impregnation method is enhanced fiber using low viscosity resin. In this study, polyvinyl alcohol (PVA) and phenolic resin were used for impregnation. This method fills up rumen and coated fiber surface, therefore, it reduces water absorption and changes fiber surface characteristic. PVA and Phenolic resin impregnation methods successfully increase fiber tensile strength. But phenolic resin impregnated fiber decreased interfacial shear strength, as when resin impregnation was used for fiber, it fixed the damages on fiber surface but the contact surface area was also decreased. So in the composites PVA impregnated composite can increase mechanical properties but phenolic resin impregnated fiber reinforced composite cannot. PVA impregnated bamboo fiber reinforced composite has higher mechanical properties, although, with this case it can also increase water absorption ratio too. Therefore in this study, maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) were used for coupling agent with resin impregnation method. With MAPP the mechanical properties are similar with untreated, however, water absorption test showed that resin impregnated fiber reinforced composites have low absorption ratio than untreated. Especially PVA impregnated fiber was significantly decreased compared to without MAPP. Resin impregnation method is therefore a good material for MAPP/PP composites when considering reducing water absorption.

In conclusion, plasma polymerization is good for fiber modification but it is hard to handle for chopped fiber reinforced composites by injection molding technic. Resin impregnation method increased fiber tensile strength, however, phenolic resin impregnated method can decrease interfacial shear strength. Thus, PVA impregnated bamboo fiber reinforced composite has increased mechanical properties but phenolic resin impregnated bamboo fiber has not. With MAPP and resin impregnation method water absorption ratio is reduced. It can be used to solve the challenge of natural fiber reinforced composites.