

連続的な引張応力下でのアルカリ処理が天然繊維強化 PLA 複合材料の 機械的特性に及ぼす影響

三林 誠治* 竹村 兼一** 松本 紘宜*** 加藤木 秀章*** 高木 均**** 藤井 透****

Effect of Continuous Alkaline Treatment under Tensile Stress on Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced PLA Composites

Seiji MITSUBAYASHI* Kenichi TAKEMURA** Koki Matsumoto*** Hideaki KATOJI*** Hitoshi TAKAGI*** Toru FUJII****

1. 緒言

近年、母材に生分解性樹脂、強化材に天然繊維を用いた 100%バイオマス由来の複合材料であるグリーンコンポジットは環境への負荷が大きいガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の代替可能な材料として期待されている^[1]。グリーンコンポジットは GFRP に比べて強度が低い欠点を有するが、天然繊維へのアルカリ処理や繰返し引張負荷により機械的特性を大きく改善できることが明らかにされている^[2]。

通常天然繊維は単糸や諸撚糸に紡績加工されたのちに市場に出回ることが多いが、それらへのアルカリ処理は非連続的であり生産性が低いのが現状である。そこで、著者らが開発した 3D プリンティング用グリーンコンポジットフィラメント製造装置^[3]に連続的な引張負荷処理とアルカリ処理の機構を導入し、天然繊維およびグリーンコンポジットの機械的特性の向上を目指した。しかしながら、天然繊維への連続的な引張応力下でのアルカリ処理が天然繊維や天然繊維強化 PLA 複合材料の機械的特性に及ぼす影響は詳細には明らかにされていない。

そこで本稿では、引張試験によりアルカリ処理を連続的な引張応力下で施した天然繊維およびグリーンコンポジットの機械的特性を従来の非連続的な引張応力下でアルカリ処理を施したそれらの機械的特性と比較し、連続的な引張応力下でのアルカリ処理の効果を評価した結果について報告する。

2. 実験方法

2. 1. 材料

強化材および母材にはそれぞれジュート糸(番手 7/1, トスコ株式会社), PLA (TERRAMAC, TE-2000, ユニチカ株式会社)を用い

た。

2. 2. アルカリ処理方法(非連続処理)

ジュート繊維をフックに引っ掛け、両端に重りを取り付けた。重りは 0.5kg (4.9N) のものを用いた。処理濃度は 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, および 10% の 6 条件とし、引張応力下のジュート繊維に刷毛でアルカリ水溶液を塗布しアルカリ処理を行った。10 分後、酢酸水溶液を塗布し中和処理を行った。10 分後、水道水で洗浄し室温で 24 時間乾燥させた。無負荷条件では重りを取り外して同様の処理を行った。

2. 3. アルカリ処理方法(連続処理)

本研究では図 1 に示すフィラメント製造装置^[3]を用いて引張応力下でアルカリ処理を行った。図中の④の位置にアルカリ処理と繊維の中和処理を行えるユニットを配置し、糸を搬送しながらアルカリ処理と中和処理を行った。なお、本ユニットは、PLA 樹脂に搬送される前の位置に配置され、⑥の赤外線ヒーターによって糸に含まれる水分除去できる装置構成になっている。本研究に限っては、天然繊維中に含まれる水分は PLA 樹脂の加水分解を引き起こす可能性があるために、撚糸へのアルカリ処理・中和処理後に、処理後の撚糸を真空乾燥機内で十分に乾燥させた(80℃, 24時間)。アルカリ処理中に作用する糸の張力を③の張力計を用いて計測し、本研究では張力を 8.0 N(撚糸の破断荷重に対して約 2%)とし処理を行った。

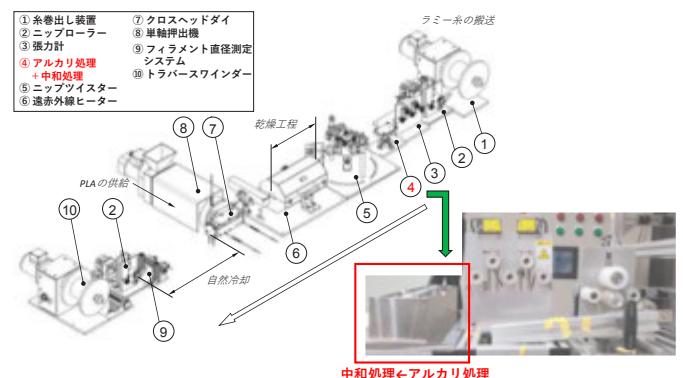


図 1. フィラメント製造装置とアルカリ処理ユニットの配置位置^[3]

*助教 機械工学科
Assistant Professor, Dept. of Mechanical Engineering

**教授 機械工学科
Professor, Dept. of Mechanical Engineering

***客員研究員 工学研究所
Guest Researcher, Research Institute for Engineering

****客員教授 工学研究所

Guest Professor, Research Institute for Engineering

また、アルカリ処理と中和処理（酢酸水溶液による）ユニットの詳細について図2に示す。少量のアルカリ水溶液および酢酸水溶液で処理が行うことができ、小型アイボルトに糸を引掛け、糸経路の長さをできるだけ確保（本研究では 610 mm）することで処理時間を確保した。本研究では糸の搬送速度を 18.3 mm/s とし、アルカリ処理および中和処理時間をともに約 33 秒とした。

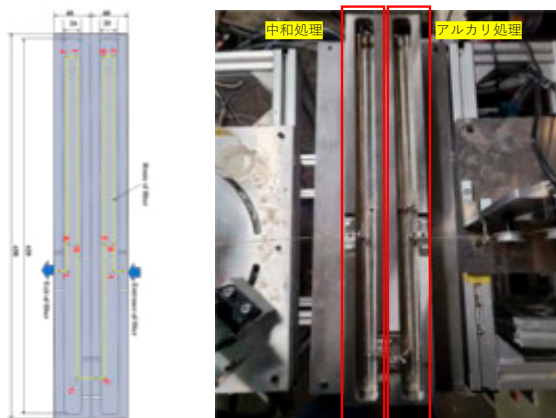


図 2. アルカリ処理と中和処理ユニットの詳細^[3]

3. 実験結果

3. 1. 非連続処理下における引張負荷とアルカリ処理の効果

図3にジュート糸の機械的特性の結果を示す。NaOHの濃度の増加に伴い、引張強さとヤング率は低下する傾向が見られた。これらの傾向は既報の傾向^[1]と一致した。また、引張負荷を施した場合には、いずれの機械的特性も、アルカリ処理を施した撚糸に対して増加傾向にあることが判明し、引張負荷下での処理が重要であることが分かった。

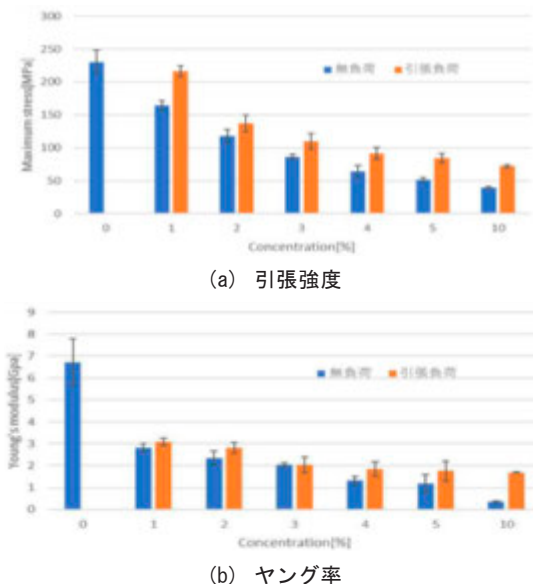


図 3. 非連続処理によるジュート糸の機械的特性

図4にジュート/PLA 複合材料の機械的特性の結果を示す。各種処理によって撚糸の機械的性質が低下したにもかかわらず、ジュート糸/PLA 複合材料の引張強さを向上させることができる可能性が示された。これらはアルカリ処理による繊維と樹脂間の界面接着性の

向上による結果であると推察される。

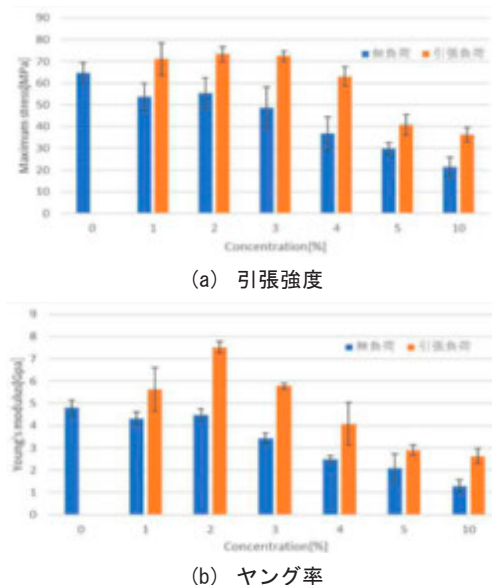


図 4. 非連続処理によるジュート糸/PLA の機械的特性

3. 2. 連続処理下における引張負荷とアルカリ処理の効果

図5に NaOH 濃度が 2%の条件の非連続処理下および連続処理下におけるジュート糸/PLA フィラメントの機械的特性を比較した結果を示す。いずれの条件においても未処理のものに比べて引張強度が改善する傾向が見られた。一方で、非連続処理に比べて連続処理下における強度が低くなり、連続処理の課題が浮き彫りになった。

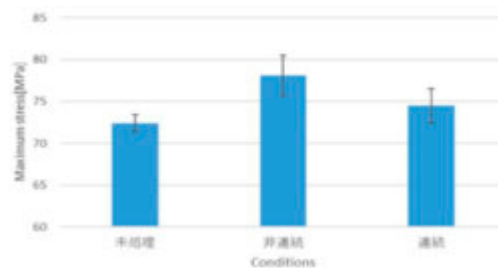


図 5. 連続処理によるジュート糸/PLA フィラメントの機械的特性

4. おわりに

本研究では連続的な引張応力下でのアルカリ処理によりグリーンコンポジットの機械的性質を向上できることを明らかにした。引き続き引張負荷とアルカリ処理の連続処理によるグリーンコンポジットの高性能化を目指したいと考えている。

参考文献

- [1] 高木均, グリーンコンポジット～循環型社会の実現に不可欠なバイオマス材料～, 日本機械学会誌, 110 (1059), 50 (2007).
- [2] 土井貴文, 伊藤昌弘, 加治岳士, 中村理恵, 合田公一, 大木順司, 繰返し引張負荷によるラミー麻繊維及びラミー麻糸グリーンコンポジットの特性改善, 日本複合材料学会誌, 35 (2), 56-63 (2009).
- [3] 松本紘宜, 竹村兼一, 加藤木秀章, 高木均, 藤井透, 天然繊維の高性能化を目指した連続処理プロセスの開発, 神奈川大学工学研究, (6), 70-71 (2023).