

アクロン大学（アメリカ合衆国） 研修報告書

CFRP とセルロースナノファイバーの複合化による環境にやさしい材料の開発

先進理工系科学研究科 輸送環境システムプログラム 氏名 篠原優次郎

1. はじめに

本研究では 2024 年 10 月 25 日から 12 月 2 日までの間、アクロン大学において実施した研究について報告する。

2. 共同研究課題の決定

CFRP とは炭素繊維と樹脂の複合材料のことで、鉄よりも軽量にもかかわらず、高い引張強度・剛性をもつという特徴があります。そのため近年では航空機や自動車のボディ、風力発電の羽などに軽量化を目的として多くの製品で使用されてきています。しかし、CFRP は製造過程において大量の CO₂ を排出するという課題があります。これは樹脂を炭素繊維に含浸する過程で、高温かつ高压下で製造するため多くのエネルギーを消費するためです。脱炭素社会の今、環境に優しい製造方法の開発が必要不可欠となってきています。

そこで、現在私は、電気を流すことで炭素繊維に樹脂を付着させて CFRP を製造する電着樹脂含浸法を用いた製造に関する研究を行っています。この電着技術は、車の塗装などにも使われている技術で、均一な付着や複雑な形状にも適用可能、そして、CO₂ の排出が少ないといった特長があります。加えて、電着時に植物から作られるセルロースナノファイバーを添加することによって高弾性、高強度であり、環境に優しい材料の開発を行うことが研究目的となっています。

3. 共同研究スケジュール

2024 年 10 月 25 日 出国

2024 年 10 月 25 日～12 月 2 日 アクロン大学

2024 年 12 月 2 日～12 月 3 日 帰国

4. 共同研究派遣先の概要

大学名：アクロン大学

所在地：アメリカ合衆国オハイオ州

指導教員：K. T. Tan 教授

5. 共同研究の内容

5.1 概要

本共同研究では、広島大学で電着樹脂含浸法により作成した CFRP の試験片をアクロン大学へ持参し、衝撃特性に関する実験、測定を行いました。CFRP は高弾性・高強度といった特長がありますが、衝撃特性は金属などに比べると低いことが課題の一つで、航空機におけるバードストライクや整備中の工具の落下などによる衝撃による強度低下が問題視されています。そのため電着樹脂含浸法によって作成し、セルロースナノファイバーを添加した CFRP の衝撃特性を測定するため今回の派遣に至りました。

5.2 実験手法

今回は衝撃特性測定には、落錘式衝撃試験（図1）と衝撃試験後圧縮試験（図2）を採用しました。

落錘式衝撃試験はインパクターを試験片に対して落とし、材料が損傷させる試験です。インパクターの質量と落下速度を変更することで任意の衝撃エネルギーで試験することが可能です。今回は炭素繊維シートに樹脂のみを電着したものと、樹脂＋セルロースナノファイバーを電着したものを3, 6, 9, 12, 20Jの衝撃エネルギーで行い比較しました。

衝撃試験後圧縮試験は、衝撃試験を行った後にどれほど圧縮荷重に耐えることができるかを測定する試験であり衝撃による強度低下を確認することが目的です。



図1 落錘式衝撃試験機



図2 衝撃試験後圧縮試験機

5.3 実験結果

（1）落錘式衝撃試験

落錘式衝撃試験の衝撃吸収率の結果を図3に示す。樹脂のみと樹脂＋セルロースナノファイバーの電着による比較を行っている。エネルギー値が3, 20Jにおいては片方しか行っていないが比較はできないが、樹脂のみの試験片のほうが吸収率は低い傾向にある。また、吸収率が100%のデータはインパクターが試験片を貫通したことを意味している。衝撃吸収率が高いことは衝撃力を変形や破壊に変換していることを意味しており、吸収率が低いほうが変形や破壊が少ないことを意味している。

そして衝撃試験におけるファーストピークの荷重を図4に示しています。ファーストピークの荷重は試験片のはじめの破壊（層間剥離など）、つまり弾性変形ではなくなったことを意味する点であり、その時の荷重で比較を行った。図4からファーストピークにおける荷重も変位もセルロースナノファイバー添加により低下したという結果になりました。荷重に関しては約18%低下しました。

（2）衝撃試験後圧縮試験

衝撃試験後圧縮試験の結果を図5, 6に示す。図5は樹脂のみの試験片、図6は樹脂とセルロースナノファイバーを電着した試験片の結果である。両者を比較すると、最大荷重は樹脂のみのほうが高く、衝撃エネルギーによる最大荷重のばらつきは比較的小さいことがわかる。また、最大荷重における変位にばらつきがあるのは、圧縮試験の治具と試験片がうまく接触していないことによることが原因だと考えられる。

結果として、セルロースナノファイバー添加により衝撃特性は低下することがわかりました。予想とは反する結果となりましたが、このような結果になった要因としては電着の際にセルロースナノファイバーがうまく分散されていないことや、製作の際に使用する機器を変更したことなどが考えられる。帰国後、この原因究明を行っている。今後は強度向上できるようなセルロースナノファイバーの添加方法の検討、製造条件の見直しなどを行っていき再度衝撃特性に関する試験を行う予定です。また、解析による層間剥離の進展の様子の観察や実験値との比較も行おうと考えています。

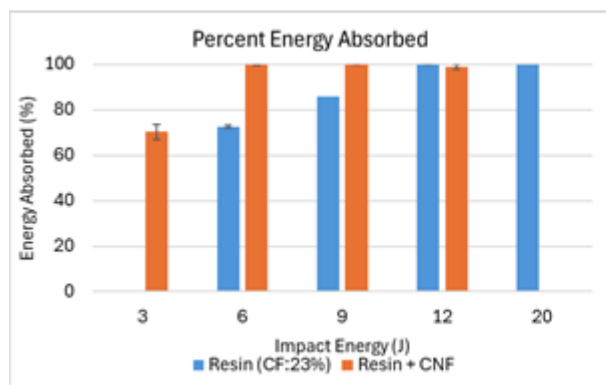


図3 衝撃吸収率

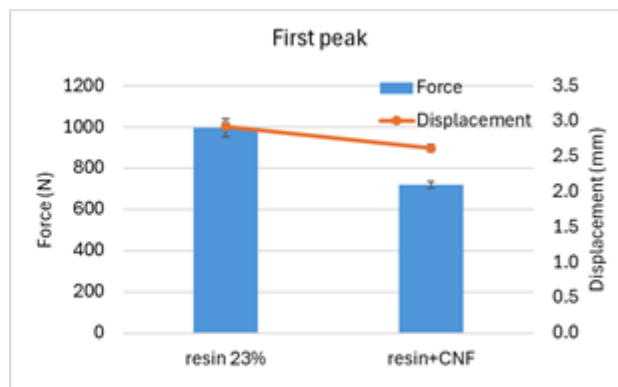


図4 ファーストピーク値比較

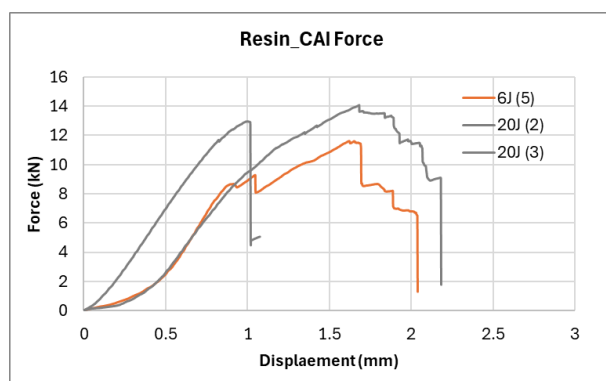


図5 圧縮試験（樹脂のみ）

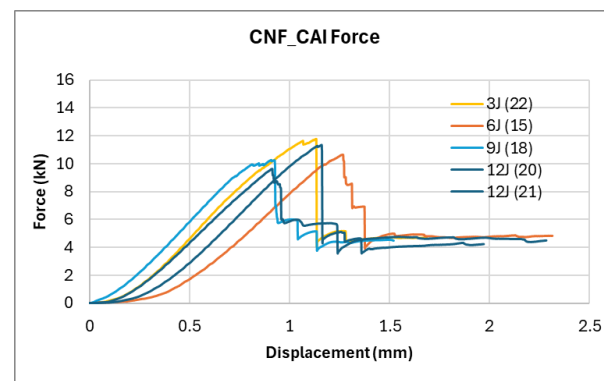


図6 圧縮試験（樹脂+CNF）

6. まとめ

衝撃特性に関する試験により以下のことが明らかとなった。

1. 落錘式衝撃試験においてファーストピークの荷重がセルロースナノファイバー添加により約18%低下した。
 2. 衝撃試験後圧縮試験においてセルロースナノファイバー添加により最大荷重は低下した。
- 以上のように、セルロースナノファイバー添加により衝撃特性は低下することがわかりました。

7. 謝辞

留学期間中、本研究についてご指導してくださったアクロン大学の K.T Tan 教授, Fikry 助教をはじめ、同研究室の学生の皆様に厚くお礼申し上げます。さらに、このような貴重な経験のためにサポートいただいた片桐教授、海外共同研究プログラムの先生方及び国際事業担当の皆様にも心から御礼申し上げます。