

ナノファイバーを塗布した複合材料の開発と機械的特性評価

日大生産工(院) ○小林 ゆり 日大生産工 邊 吾一 日大生産工 坂田 憲泰

1 緒言

ナノファイバーは繊維直径がナノサイズオーダーからサブミクロンオーダーの $1\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ 、長さが繊維直径の100倍以上のファイバー状物質であり、主に構成する物質は高分子材料である。ナノファイバーには、超分子配列効果、超比表面積効果、ナノサイズ効果の3つの固有の効果が付与される。繊維強化プラスチック (Fiber Reinforced Plastics, FRP) は、ガラス繊維や炭素繊維を強化材として、不飽和ポリエステルやエポキシをマトリックスとした複合材料である。マトリックス中の強化材の補強効果は界面での力の伝達があつて機能するため、強化材とマトリックスの界面強さは重要な役割を果たしている。この界面強さが低い場合に、FRPの繊維と樹脂の界面にナノファイバーを応用することで、前述の3大効果により繊維と樹脂の界面強さの向上が期待できる。そこで本研究では、ポリ乳酸 (Poly Lactic Acid, PLA)、ポリアミド6 (Poly Amide 6, PA6)、ポリエーテルサルフォン (Poly Ether Sulphone, PES)、トリアセチルセルロース (Tri Acetyl Cellulose, TAC) の4種類の樹脂を材料としたナノファイバーを創製し、それらを界面強さが低いといわれるケナフ繊維と植物由来の不飽和ポリエステル (UP) を用いたグリーンコンポジットに応用した。さらに、ナノファイバーがグリーンコンポジットの引張特性に与える影響を静的引張試験により評価した結果を報告する。

2 ナノファイバーの創製

2.1 エレクトロスピンニング法

本研究では、エレクトロスピンニング法 (ES法) を用いてナノファイバーを創製した。ES法は基本的に溶液紡糸法であり、プラスの高電圧を印したポリマー溶液をマイナスに帯電させた上に飛ばす過程でポリマー溶液を繊維化させる方法である (Fig.1)。

2.2 ナノファイバーの塗布条件

ES法でナノファイバーを創製する場合、ポリマー溶液を作製する必要があるが、特にその濃度が重要となる。濃度が低すぎるとファイバー化せずビーズと呼ばれる粒子状の物質が生成され、濃度が高すぎるとファイバー化はするがファイバー径が大きくなるため、Table 1 に示す条件を

最適創製条件とした。ただし、PESではより樹脂に電圧を印加させるためにNaClを添加し湿度を90%以上に設定し、TACでは湿度の調整のみとした。創製したナノファイバーをFig.2に示す。

3 ナノファイバーを応用した複合材料の作製

FRPの構成材料は繊維に天然繊維であるケナフ織物 (旭織物) を用い、樹脂に植物由来の不飽和ポリエステルであるBIOMUP (日本ユピカ) を用いた。FRPの繊維と樹脂の界面にナノファイバーを挿入するために以下の手順で成形した。① ES装置のターゲット部分に直接ケナフ繊維を巻きつけ繊維の片面にナノファイバーを塗布。塗布後 50°C で12時間真空乾燥。② 寸法 $300\times 300\times 2\text{mm}$ の金型内にナノファイバーを塗布した面を向い合せにした2枚のケナフ繊維を積層し、樹脂を含浸。③ 金型全体をフィルムで密封し、ホットプレスで圧力 3MPa 、室温で3時間の条件で成形。成形品はナノファイバーを塗布していない「Non nanofiber」ナノファイバーを塗布した「PLA nanofiber」「PA6 nanofiber」「PES nanofiber」「TAC nanofiber」の5種類とした。成形品の繊維体積含有率は20%で、ナノファイバーの塗布量は $0.19\text{wt}\%$ から $1.0\text{wt}\%$ であった。

4 試験方法及び結果

4.1 静的引張試験

成形品の評価はJIS K 7164に準拠し、静的引張試験を行った。試験片寸法は長さ 250mm 、幅 25mm 、厚さ 2mm とし、評点間距離 150mm となるように両端に同じ材料のタブを接着した。試験片は各条件

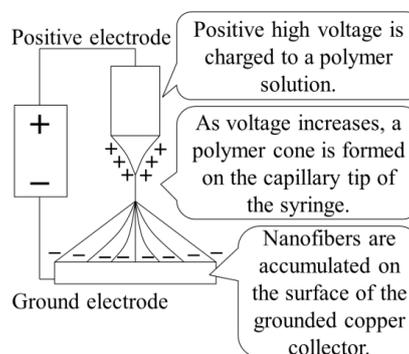


Fig.1 Principle of electrospinning

Fabrication and Evaluation of Mechanical Properties of FRP Coated with Nanofibers

Yuri KOBAYASHI, Goichi BEN and Kazuhiro SAKATA

Table 1 Electro spinning conditions

Material	PLA	PA6	PES	TAC
Solvent	Chloroform Acetone	Formic Acid	N,N-dimethylformamide	Dichloromethane N,N-dimethylformamide
Additive	-----	-----	NaCl	-----
Concentration (wt%)	10	20	22	8
Temperature (°C)	30	30	50	50
Humidity (%)	20~30	20~30	90~	90~
Target speed (m/min)	7	7	7	7
Traverse speed (cm/min)	25	25	25	25
Syringe speed (mm/min)	0.08	0.08	0.08	0.08
Distance to target (cm)	16	16	8	8
Voltage (kV)	16	20	16	14

で5本とし、試験速度は1mm/minとした。試験結果の代表的な応力-ひずみ線図をFig.3に示す。Fig.3よりナノファイバーを界面に挿入することで全ての試験片で引張強さが向上しており、最も効果があった試験片は「TAC nanofiber」で「Non nanofiber」と比較すると引張強さが38%向上した。

4.2 破断面観察

4.1節の静的引張試験により破断した試験片から最もナノファイバーの効果が表れた「TAC nanofibers」の破断面を観察した画像をFig.4に示す。Fig.4 (a)のナノファイバーを塗布していない部分のケナフ繊維表面には樹脂がほとんど付着していないのに対し、(b)のナノファイバー層にあるケナフ繊維表面には樹脂が多く付着していることからナノファイバーが界面に挿入されることで繊維と樹脂の接着性を向上させていることが考えられる。

5 結言

- 1) エレクトロスピンニング装置を用いたPLA, PA6, PES, TACの最適なナノファイバーの創製条件を示した。
- 2) 創製したナノファイバーをケナフ繊維と植物由来のUPからなるグリーンコンポジットの界面に挿入することで引張強さが向上した。

「参考文献」

- 1) Yuri Kobayashi, Goichi Ben and Kazuhiro Sakata: Mechanical properties of Kenaf Composites Coated with Several Nanofibers, Proceedings of the 8th Australasian Conference on COMPOSITE Materials (ACCM-8), 6-8 November 2012, Kuala Lumpur, Malaysia.

