

有機繊維強化ポリプロピレンの力学特性に及ぼすカーボンナノファイバー分散効果

Effect of Carbon Nanofiber Dispersion on Mechanical Properties of Organic Fiber Reinforced Polypropylene

○小林 駿祐 (山形大), 高山 哲生

Shunsuke Kobayashi, Yamagata Univ.

Tetsuo Takayama, Yamagata Univ.

1. 緒言

繊維強化熱可塑性プラスチック(FRTP)は金属、セラミックよりも軽量、プラスチック単体よりも高強度、射出成形が可能という点から、自動車などの輸送機器部材などに使用され、燃費の改善などに貢献している。プラスチックの需要が増える中、世界中で海洋に流れているプラスチックごみが問題視されており、この問題の解決がSDGs(持続可能な開発目標)の目標の一つになっている。このような社会的背景から、これからの社会では、性能だけでなく、環境を考えた材料設計が要求される。現在、主にFRTPの繊維として用いられているガラス繊維や炭素繊維は、リサイクルが難しいという問題を抱えている。例えば、廃棄物を燃料とするサーマルリサイクルでは、繊維が主に残渣となり、これを埋立する必要が生じる。繰返し可能な方法でないからもSDGsにそぐわない。一方で、マテリアルリサイクルは廃棄物を資源として取扱う手法であるため、今後のプラスチックに必要な不可欠なリサイクル手法であり、これを可能とするFRTPの開発が望まれている。従来の繊維を用いたFRTPをマテリアルリサイクルすると繊維長の低下が生じ、これに伴う物性低下を引き起こす。そこで、本研究では高強度で柔軟であるという特徴を活かし、成形加工時に破損の可能性が低い有機繊維を用いた繊維強化プラスチックに注目した。有機繊維の中でもアラミド繊維は、高い強度や弾性率を有しており、防護材料や航空宇宙産業で使用されている。しかし、有機繊維を用いたFRTPにおいて、高強度なアラミド繊維を用いても、ガラス繊維分散と同等の補強効果は得られておらず、フィラーの添加による補強などにより、更なる高強度化が必要になる。本研究では成形工程での圧損が比較的小さいとされるカーボンナノファイバー(CNF)をアラミド繊維強化ポリプロピレンに分散させたFRTPを試作し、力学特性の評価を行った。

2. 実験方法

母材はポリプロピレン(PP, 日本ポリプロ製, ノバテックMA1B)を用いた。繊維アラミド繊維(AF, 帝人製, テクノラ, 繊維長1mm)を用いた。また、補強材として補強用カーボンナノファイバー(R-CNF, アルメディオ製)及び、導電用カーボンナノファイバー(C-CNF, アルメディオ製)を用いた。

本研究で検討する組成をTable1に示す。各補強材は1, 3, 5wt%として、二軸溶融押出混練機(井元製作所製, IMC0-00型)に充填し溶融混練を行った。混練温度を200℃, スクリュー回転数を75rpmとした。コールドカットペレタイザ(東洋精機製作所製)を用いてペレット化しマスターバッチとした。作製したペレットを超小型電動射出成形機(新興セルビック製, C.Mobile0813)に充填し、短冊状試験片を作製した。その際、金型の流路を変更することで、中央部にウエルドが形成されたサンプルも作製した。射出成形温度は230℃, 金型温度は50℃, 射出速度は30mm/minとした。作製したウエルド有りの短冊状試験片を用いてショートビームせん断試験を行い、界面せん断強さ(IFSS)を評価した。試験条件は、負荷速度を10mm/min, 支点間距離を10mmとした。

また、ウエルド無しの短冊状試験片を用いてシャルピー衝撃試験を行い、シャルピー衝撃強さを評価した。試験条件は、支点間距離が40mm, 負荷速度が2.91m/s, ノッチ深さが約1.0mm, 持上げ角度が150degとした。また、卓上引張圧縮試験機(A&D製, MCT-2150)を用いて、3点曲げ試験を行い、曲げ強さと曲げ弾性率の評価を行った。試験条件は、支点間距離が40mm, 負荷速度が10mm/minとした。

Table1 Material compositions.

PP	GF	AF	R-CNF	C-CNF
90	10	-	-	-
90	-	10	-	-
89,87,85	-	10	1,3,5	-
89,87,85	-	10	-	1,3,5

3. 実験結果および考察

図1に3点曲げ試験結果を示す。各図中の破線はPP/GF10wt%の同結果を示す。CNFの添加量が増えるにつれて、曲げ強さおよび曲げ弾性率が向上したことが確認できた。CNFの含有率が3wt%以上となることでPP/GF10wt%よりも高い曲げ特性となることが確認できた。また、曲げ強さに関してR-

CNF と C-CNF での差は僅かであった。曲げ弾性率に関しては C-CNF の方が R-CNF よりも補強効果が大きことが確認できた。

図 2 にシャルピー衝撃強さ試験結果を示す。PP/GF10wt%と比較すると PP/AF10wt%は高い衝撃強さを有することが確認できた。PP/AF に CNF を添加すると衝撃強さはやや増加する傾向を示した。

図 3 にショートビームせん断試験により求めた界面せん断強さを示す。PP/AF に CNF を添加する事により、界面せん断強さが増加することが確認できた。R-CNF と C-CNF での差は僅かであった。

FRTP において、その衝撃強さは界面せん断強さと引抜け長さに依存することが報告されている²⁾。繊維長が臨界繊維長よりも短い場合、その引抜け長さは残存繊維長に依存することも報告されている。PP/AF10wt%の界面せん断強さは PP/GF10wt%よりも小さいにも関わらず、衝撃強さが高く得られた理由についてはアラミド繊維の方が成形工程で受ける圧損が少ないために残存繊維長がガラス繊維よりも長くなったためと推察される。CNF の分散により界面せん断強さが向上した理由については、CNF の方が繊維のサイズが小さいために AF の極近傍に CNF が分散して界面相互作用力を高めていることが考えられる。具体的には毛管力や分子間力に該当する繊維間相互作用力が強く働いたことが界面せん断強さ増加の要因となったと考えられる。

以上までの結果より、PP/AF に CNF を適量分散させることで PP/GF よりも高い力学特性を有する FRTP となることがわかった。

4. 結 言

アラミド繊維強化ポリプロピレンにカーボンナノファイバーを分散させる事で、力学特性の改善が確認でき、繊維の量が同程度であるガラス繊維強化ポリプロピレンと同等以上となった。

謝 辞

本研究で使用した 2 種類のカーボンナノファイバーはアルメディオ社より提供を受けた。

参考文献

- 1) Jiang Quang, Tetsuo Takayama: 日本複合材料学会誌, **48(1)**, 2-9, (2022)
- 2) Jiang Quang, Tetsuo Takayama, Akihiro Nishioka: Procedia Structural Integrity, **45**, 117-124, (2023)

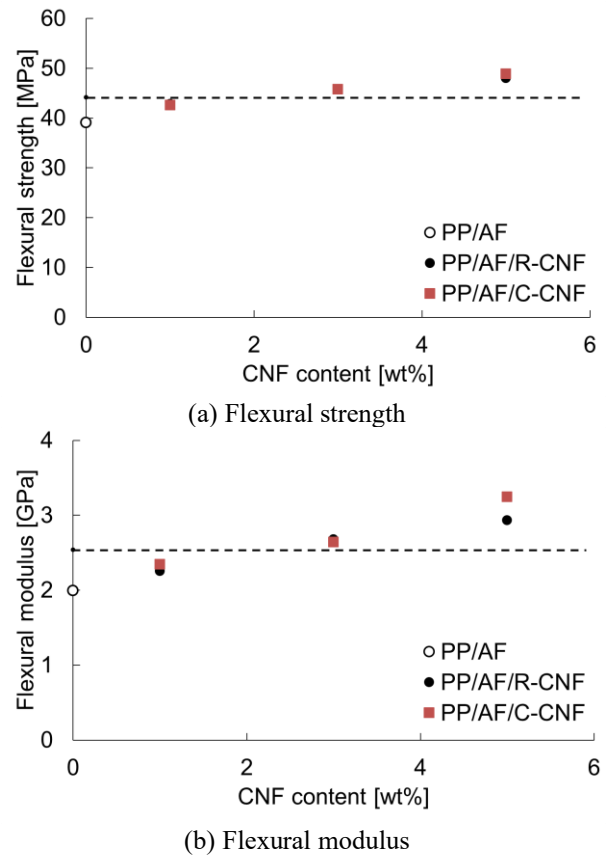


Fig.1 CNF content dependences on the flexural properties of PP/AF composites.

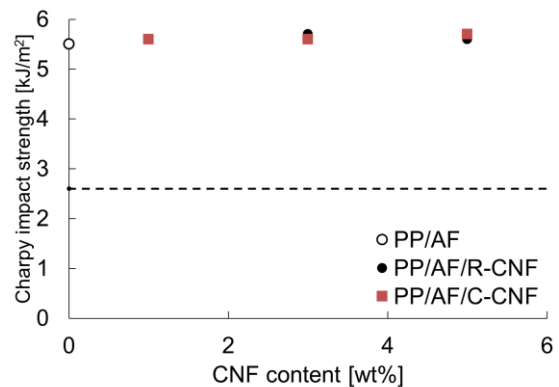


Fig.2 CNF content dependences on the Charpy impact strength of PP/AF composites.

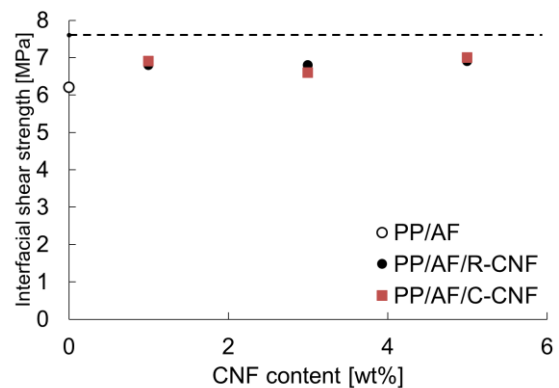


Fig.3 CNF content dependences on the interfacial shear strength of PP/AF composites.