

独自製法の炭素短繊維を含有した 先進的ハイブリッドプリプレグを用いた CFRP 成形材の開発

○細田 直, 澤口 宗徳, 徳井 康之
ウイスカ株式会社 〒542-0081 大阪府中央区南船場 3-5-25

Development of Advanced Hybrid CFRP Material using Original Short-length Carbon Fiber

Nao Hosoda, Munenori Sawaguchi, and Yasuyuki Tokui
Whisca corporation

We produce an original short-length carbon fiber (trade name: Σ RF-006) by using superheated steam and have developed an advanced hybrid prepreg including the Σ RF-006 and a commercially available carbon fiber cloth. This prepreg was cured in an autoclave machine to obtain a hybrid CFRP. Izod impact strength of the hybrid CFRP was significantly increased, compared with that of a traditional CFRP which does not include the Σ RF-006.

Key words: Short-length carbon fiber, Superheated steam, Hybrid prepreg, Carbon fiber reinforced plastic, Impact strength, Thermosetting resin, Thermoplastic resin

1. 緒言

炭素繊維をマトリックス樹脂と組み合わせた炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は航空・宇宙分野からスポーツ分野など様々な領域で使用されており、今後もより幅広い用途展開が期待される材料である。

特に輸送分野では、軽量化による二酸化炭素排出量の削減 (燃費の向上) を目的として、自動車部品への CFRP の使用が盛んに検討されている¹⁾。用途拡大のためには CFRP のさらなる高性能化あるいは用途に応じた物性のコントロールが必須である。

一方、CFRP の使用がさらに加速すれば、成形端材あるいは使用期限内に使用されなかったプリプレグの増加が予想され、これら

の処理が課題となる。現在、CFRP の廃棄は埋め立て処理が行われているが、環境負荷を考慮し処理量が制限されつつある²⁾。

弊社では CFRP 成形端材を出発原料として独自製法により繊維表面に官能基が修飾された炭素短繊維 (製品名: Σ RF-006) を製造している。この炭素短繊維はポリアクリロニトリル (PAN) 繊維由来で高強度であるだけでなく、官能基に起因する表面活性に基づく樹脂との親和性に独自性を持つ^{3),4)}。

本講では、CFRP 端材を出発原料とした炭素短繊維 Σ RF-006 の製造方法とその特徴、および Σ RF-006 を含有したマトリックス樹脂 (エポキシ樹脂) と長繊維クロスのハイブリッドによる先進的なハイブリッドプリプレ

レグを用いた CFRP 成形材について紹介する。

2. 過熱水蒸気を利用した CFRP 端材を用いた炭素短繊維 Σ RF-006 の作製

弊社では、独自に開発した熱処理法を応用して CFRP 端材を出発原料とした炭素短繊維を製造し各用途に提供している。その熱処理法・製造方法と特徴を以下に示す⁴⁾。

センチ画のチップ状に粉砕した CFRP 端材を、樹脂成分の分解ガスで満たした炉内において、300-600 度の過熱水蒸気により自然分解した。この過程で炉内は無酸素・還元雰囲気であり、樹脂成分の分解と炭素繊維表面の化学修飾が同時に進行する。表面官能基について X 線光電子分光分析 (XPS) および FT-IR 測定により確認を行ったところ、炭素-酸素結合や炭素-窒素結合などの存在が確認された。その後、得られた炭素繊維を微粉砕することにより短繊維化を行い、ミルド形状の Σ RF-006 を得た。顕微鏡観察により平均繊維長を調べた。その結果、 Σ RF-006 の平均繊維長は 60 μ m、平均アスペクト比が 8.6 であった (Figure 1)。

また、本短繊維は前述の化学修飾・表面官能基により表面活性に優れるため、新たな表面処理やサイジング剤を必要とせず、様々な樹脂との複合化が可能である。ポリプロピレンや 6 ナイロン、ポリカーボネートなどの熱可塑性樹脂との複合化では射出成型など一般的な成形方法が適応でき、サイジング剤由来の金型腐食ガスが発生しないという利点も有している。更に得られた複合材料は、力学物性向上のみならず、短繊維であること及び表面活性に由来する樹脂との優れた濡れ性により、高い摺動特性や熱可

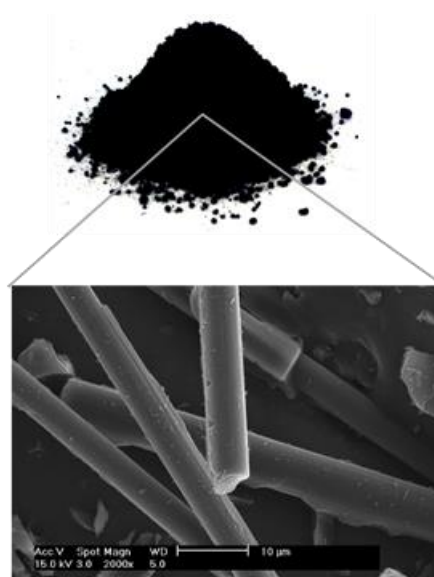


Figure 1. The shape of original short-length carbon fiber (Σ RF-006).

塑性樹脂の寸法安定性 (線膨張の制御) に寄与する。

3. ハイブリッドプリプレグを用いた CFRP 成形材の開発

Σ RF-006 をエポキシ樹脂に分散させ、市販の炭素長繊維クロスを含浸し、短繊維と長繊維のハイブリッドによるプリプレグを得た。このハイブリッドプリプレグを積層しオートクレーブを用いて硬化反応を行うことにより、CFRP 成形材を作製した。

本 CFRP の力学的特性を調べるため、3 点曲げ試験及び Izod 衝撃性試験を行った。その結果、 Σ RF-006 を未添加のサンプルと比較して、3 点曲げ試験では最大強度および弾性率に変化は見られなかった。一方、Izod 耐衝撃性試験では、 Σ RF-006 を添加した場合に衝撃強度が著しく上昇した (Figure 2 (A)、(B))。また耐衝撃性試験後のサンプル断面の SEM 観察を行ったところ、 Σ RF-006 が層間の樹脂部分に存在していることが明らか

となった (Figure 3)。以上の結果から、CFRP 材のマトリックス樹脂部分に Σ RF-006 がランダムに存在するため層間強度が上がり、衝撃強度向上に寄与したと考えている。また、長繊維クロスの種類を変更して成形した場合にも同様の結果が得られ、 Σ RF-006

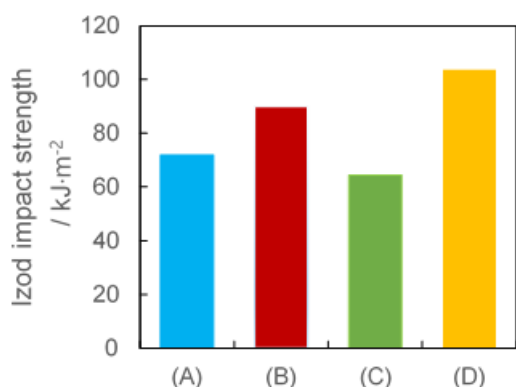


Figure 2. Izod impact strength of traditional CFRP (A, C) and hybrid CFRP (B, D); (A, B): same type of carbon cloth, (C,D): another type of carbon cloth.

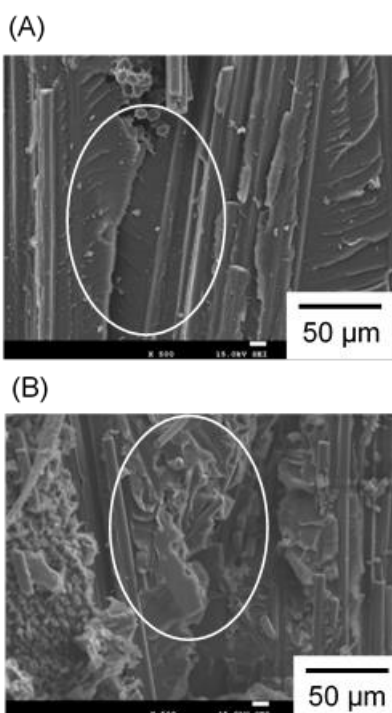


Figure 3. SEM images of fracture surface of CFRP after izod impact test; (A) traditional CFRP and (B) hybrid CFRP.

を添加することで長繊維クロス種に依存せず、CFRP の耐衝撃性が向上することが見出された (Figure 2 (C), (D))。

4. 結言

過熱水蒸気による自然分解を応用した独自製法により、CFRP 端材を出発原材料として炭素短繊維 Σ RF-006 を開発した。 Σ RF-006 は製法に由来する化学修飾により表面活性に優れ、容易に樹脂と複合化が可能で、力学物性向上のみならず寸法安定性等の機能を発揮する優れた補強材である。

Σ RF-006 と長繊維クロスを合わせて先進的なハイブリッドプリプレグを開発した。本ハイブリッドプリプレグを用いた CFRP 成形材の Izod 耐衝撃性試験の結果、衝撃強度が著しく向上することが明らかとなった。更に本手法は長繊維クロスの種類によらず、一般的な成形手法が適応可能で、CFRP 材の物性向上手法として有用である。

参考文献

- 1) 長塚渉、松尾剛、村上岳、平野博之、不連続繊維分散系 CFRTF の曲弾性率における温度依存性予測、日本接着学会誌、41、3、75-84、2015.
- 2) 大窪和也、藤井透、永田章大、廃棄された CFRP からリサイクルする再生炭素繊維の抽出条件—射出成型品に利用するための最適抽出温度条件—、日本接着学会誌、65、8、580-585、2016.
- 3) 徳井康之、繊維強化複合材料を原料にした炭素繊維の特徴と活用方法、プラスチックエージ、55、9、86-87、2009.
- 4) 森本琢郎、徳井康之、公開特許、特開2013-87269(P2013-87269A)、2013.