

多層構造炭素繊維織物による複合材料特性の研究

井澤 一郎*

小松 亮介**

袖長 吟治***

多層構造織組織を使った炭素繊維とポリプロピレン繊維の交織織物を開発し、この基布を使用し、複合材を作成し、含有率による複合材の物性変化試験を実施した。その結果、交織することによって比重の軽い複合材を作ることができ、炭素繊維強化プラスチックの欠点である衝撃強度も上げることができた。

1 はじめに

織物のたて糸とよこ糸の交錯状態を変化させて二重構造の織物を作製し、その織物を何層にも重ね、樹脂で固めた方法で作る繊維強化プラスチック(以下 FRP)の代表的なものに、炭素繊維(以下CF)の引張強さを利用した、炭素繊維強化プラスチック(以下 CFRP)がある。このCFRPは軽さと強度が要求される産業資材として幅広く使われているが、衝撃強度に弱い、原料コストが高い等の欠点がある。

本研究では、産業資材で使用されるポリプロピレン繊維(以下PP)の利用でこれらの課題が解決できるのではと考え、取り組んだ。

2 試験方法

複合材の基布をCF、PPの混用率を変えて作成し、次にその生地をたてよこ方向交互に6枚重ね合わせ、エポキシ樹脂を生地に浸透させ、熱と圧力で平板の複合材を作製し、その引張と衝撃強度試験を実施し、混用率による物性変化を調べた。

2.1 基布の作成

たて糸にCF、よこ糸にCF、PPの配列を変化させることで、5種類の混用率の異なる基布を作成した。織組織は両面平組織の多層構造とした。

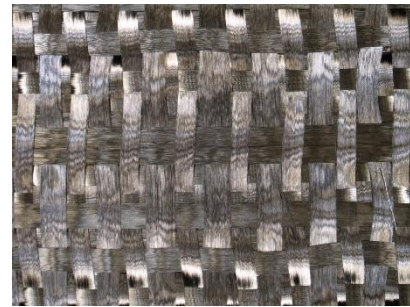


図1 試料A (基準)



図2 試料B (CF50% / PP50%)

表1 多層構造織物 設計条件

試料名	たて糸	よこ糸	混用率(%)		糸密度(本/cm)	
			CF	PP	たて方向	よこ方向
A(基準)		CF 3K	100.0	0.0		
B		PP 1800D	50.0	50.0		
C	CF 3K	CF 3K・PP 1800D(CF:PP=1:1)	75.0	25.0	10.6	10.6
D		CF 3K・PP 1800D(CF:PP=2:1)	83.3	16.7		
E		CF 3K・PP 1800D(CF:PP=1:2)	66.7	33.3		

CF:炭素繊維 3Kは1本の糸が3000本の細い糸(フィラメント)の集合を表す 太さ:1800D(デニール)相当
PP:ポリプロピレン繊維

2.2 複合材料の作成

試織した基布を厚さが約 2 mmになるように、また基布の方向性が出ないようにたてよこ方向交互に配置し、平板成形で複合材料を作成した。積層枚数、複合材に占める繊維含有率は表 2 のとおり。

成形は圧縮成形でテスター産業(株)製 TABLE TAPE TEST PRESS SA-303 を使用して圧力 50MPa、温度 100°Cの状態 で1時間 (100°C到達後)処理し、作成した(図 4)。

樹脂はエポキシ樹脂 DENATITE XNR 6815 (ナガセケムテックス(株))、硬化剤は DENATITE XNH 6815 (ナガセケムテックス(株))を使用した。

表2 多層構造織物の成形条件と複合材の密度

試料名	積層枚数	密度 (g/cm ³)	繊維含有率 (%)
A(基準)		1.501	75.7
B	6	1.074	73.0
C	たてよこ方向	1.259	72.9
D	交互に積層	1.357	73.2
E		1.228	72.4

2.3 複合材料の物性評価

作成した複合材料について引張試験、衝撃試験を実施した。引張試験には万能試験機(インストロン社 5982)、衝撃試験にはシャルピー衝撃試験機(株安田精機製作所)を使用した。試験条件は下記のとおり。

【引張試験】

試料サイズ 幅 15 mm × 長さ 100 mm

チャック間隔 50 mm

引張速度 3 mm/min

【衝撃試験】

試料サイズ 幅 10 mm × 長さ 80 mm

ノッチ長 2 mm

持ち上げ角度 150°

3 試験結果

3.1 複合材料の物性

まず複合材の比重であるが、比重の軽いPP(比重0.91)を使用したことで、非常に軽い複合材となった(図 3)。

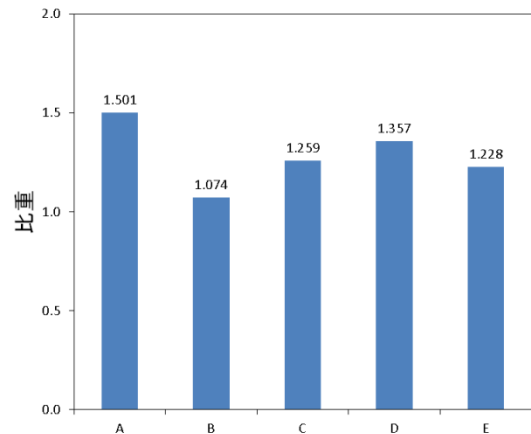


図3 作成した複合材の比重

引張試験結果は図 4 のとおりである。試料 A に対して 50%PPを混用した試料 B は約 1/4 の強度にとどまる。ただ比重が軽いために、単位グラムあたりに換算するとその差は約 1/2.8 に縮まる。また CF 混用率と引張強度の関係は図 5 のとおりであり、引張強度は CF 含有量に比例して増加することがわかった。

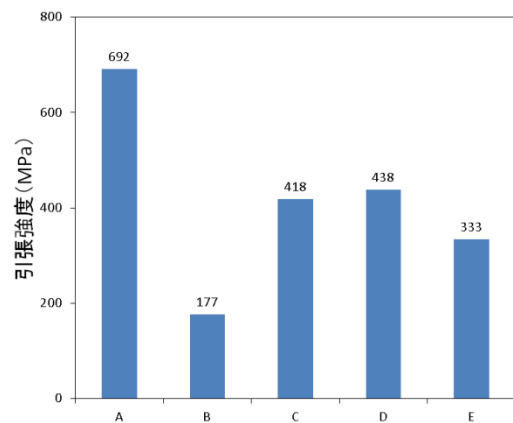


図4 作成した複合材の引張強度

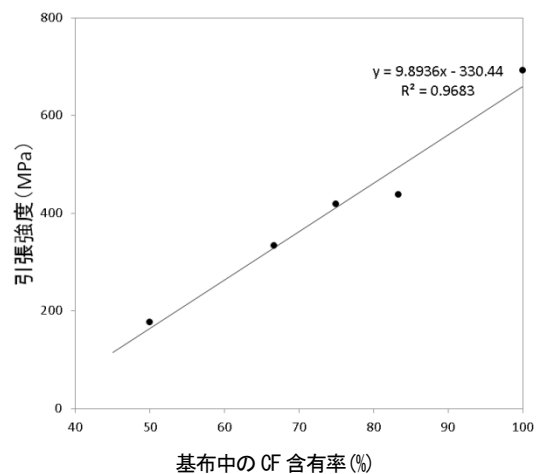


図5 CF含有率と引張強度の関係

衝撃試験結果は図 6 のとおりである。試料 A に対して 50%PP を混用した試料 B は約 1.7 倍の強度を持つことがわかった。さらに比重が軽いため、単位重さあたりの強度は約 2.4 倍になる。PP 混用率と衝撃強度の関係は図 7 のとおりであり、PP 含有量に比例して衝撃強度が増加することがわかった。

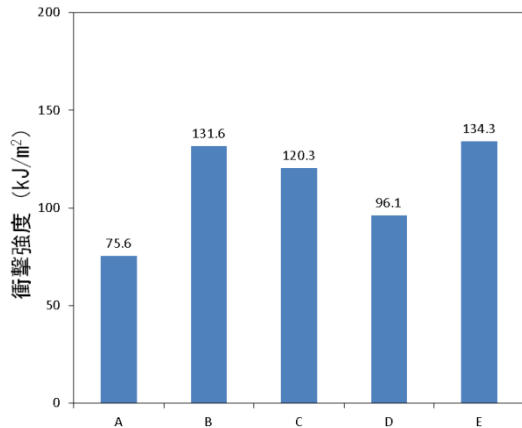


図 6 作成した複合材の衝撃強度

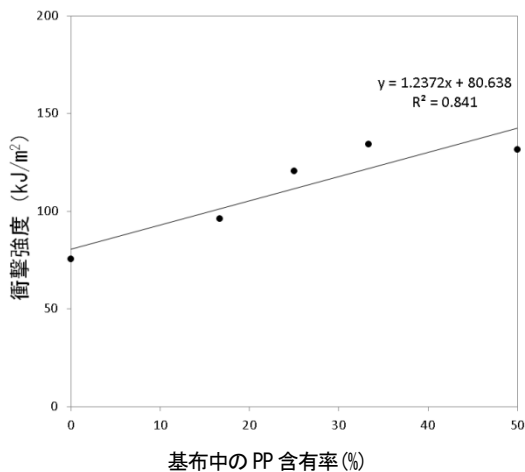


図 7 PP 含有率と衝撃強度の関係

衝撃試験後の試料の状態は図 8、9 のとおりである。試料 A は完全に破断しているが、試料 B は破断しておらず、衝撃に対する強さがわかる。



図 8 衝撃試験後の試料 (試料 A)

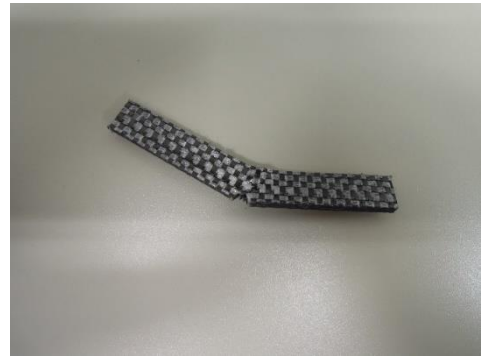


図 9 衝撃試験後の試料 (試料 B)

3.2 意匠性

CF 織物は黒色でジャカードによる組織変化では紋様の表現力に乏しいが、紋意匠組織である多層構造織物の色系と交織することによって、紋様を表現でき(図 10)、意匠性のある FRP の製造に繋げることができる。

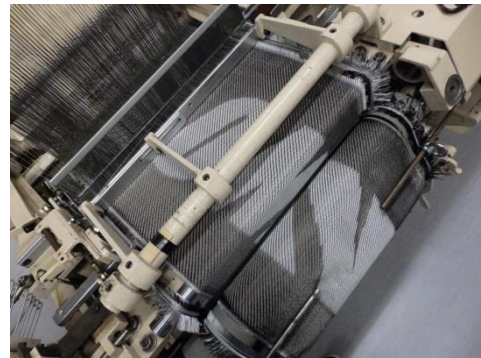


図 10 意匠性交織織物

4 まとめ

- 1) CFRP の欠点である衝撃強度を上げるためには PP との交織織物が有効である。
- 2) 織物設計段階で混合割合の制御により、要求される引張、衝撃強度に対応した複合材の製造に繋げることができる。
- 3) ポリプロピレン繊維は炭素繊維の約 6 分の 1 の価格であり、引張強さは劣るが、コスト、軽さの面で優位性がある。
- 4) 1 枚当たり繊維密度の高い多層構造織物を使用することで、成形時の生地を重ね合わす手間が軽減できる。
- 5) 和装で使用される組織である、紋意匠組織を利用することによって、意匠性のある複合材の製造が可能となる。

今後は提案できる複合材料基布のバリエーションを増やし、産業資材分野へ進出する織物企業へのサポートに繋げていきたい。

参考文献

- 1) 炭素繊維 複合化時代への挑戦, 繊維社 (2013)