

研究論文

ニットの編成テクニックを活用したCFRP用基材の開発

田中利幸*1

The Improvement of Knit-based CFRP

Toshiyuki TANAKA*1

Owari Textile Research Center*1.

インレイ及びプレーティングのニット編成テクニックを活用し、高付加価値なニット基材 CFRP を開発した。インレイのテクニックを用いて、炭素繊維を編成しながら横方向にも炭素繊維が挿入されたニット基材 CFRP を作成した。作成した CFRP は横方向の強度が向上し、異方性の小さい CFRP を製造することが可能となった。また、プレーティングのテクニックを用いて、炭素繊維とアラミド繊維が捻じれなく同時に編み込まれたニット基材 CFRP を作成した。アラミド繊維を加えることにより、耐衝撃性に優れた CFRP を製造することができた。

1. はじめに

織物、編物、組紐などのテキスタイルを基材とした炭素繊維複合材料 (CFRP) であるテキスタイルコンポジットが注目されている。テキスタイルコンポジットは自動化に適している、賦形性に優れるなどの利点があり、CFRP の生産性や性能向上が期待される¹⁾²⁾。

当センターではテキスタイルコンポジットのうち、編物 (ニット) を基材とした CFRP の開発に取り組んできた³⁾。ニットは繊維の屈曲が大きいため、炭素繊維のような剛性が高い材料では繊維の損傷が激しくなり、編成できないという問題があったが、他繊維でのカバリングにより炭素繊維の編成を可能とすることに成功した。さらに、カバリング糸として熱可塑性繊維を用いることで、カバリング糸をマトリクス材としたニット基材の熱可塑性 CFRP を製造することにも成功している。

これまでに開発したニット基材 CFRP はすべて平編みの組織で作成したものである。一方で、衣料用のニットにおいては多くの編成テクニックが存在する。この中には CFRP 基材作成に適用することで、CFRP の高機能化に有効であると考えられるものも多いが、これまでに研究された例がなく、ニット基材 CFRP の性能が十分に引き出されているとは言えない。本研究ではインレイ・プレーティングの技術を活用することで、付加価値の高いニット基材 CFRP を製造する技術について検討した。

インレイとは編組織に対して、別糸を挿入する技術である。炭素繊維を編成しながら同時に横方向にも炭素繊維を挿入することで、横方向の強度が向上し、異方性の小さい CFRP を製造することが可能となることが期待さ

れる。プレーティングは 2 種類の編糸を表裏に同時に編み分ける技術である。炭素繊維とアラミド繊維など複数の強化繊維をプレーティングで編成することで、簡易に 2 種類の強化繊維を複合化させることができる。

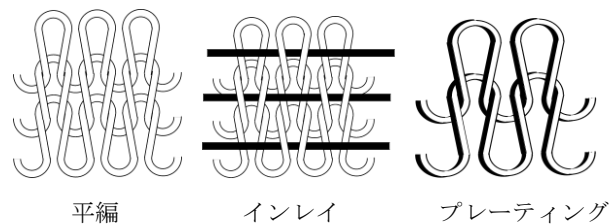


図1 ニットの組織

2. 実験方法

2.1 カバリング炭素繊維の作成

炭素繊維 (以下 CF 糸) には東レ (株) 製の T-300-1000(600D)を用いた。カバリング糸および引き揃え糸は、東レ (株) 製ナイロンウーリー加工糸 (50D) を用いた。カバリング CF 糸の調製には、意匠撚糸機トライツイスター ON-700NF-III (オゼキテクノ (株)) を用い、CF 糸と引き揃えのナイロンウーリー糸を、ナイロンウーリー糸でダブルカバリングする構造とした (図 2)。

ここで、カバリング及び引き揃えで用いたナイロン糸は、編成時には CF 糸を保護し、熱プレスして融解させた後には CFRP のマトリクス樹脂となるため、適正な番手 (炭素繊維/ナイロン質量比) を検討する必要がある。そこで、意匠撚糸機の送り速度とスピンドル回転数の調整、引き揃え糸の本数を増減させることでカバリング CF 糸の番手を調整し、1300D~1900D の試料を作

*1 尾張繊維技術センター 素材開発室

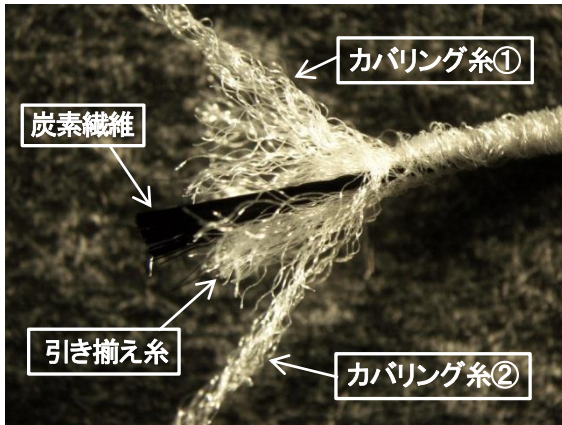


図2 カバリング CF 糸

成した。

2.2 カバリング炭素繊維の編成

2.2.1 インレイ

カバリング CF 糸を無縫製編み機 MACH2S (株島精機製作所) でインレイ糸を挿入しながら筒状に編成した。ニット糸には 1300D のカバリング CF 糸に 150D のナイロンマルチフィラメント糸を引き揃えで用いた。インレイ糸には 1200D のカバリング CF 糸を用いた。

2.2.2 プレーティング

1500D~1900D のカバリング CF 糸と 200D のアラミド繊維を試験筒編み機 NCR-EW (英光産業(株)製) を用いてプレーティングで編成した。編成には 5G~11G の編み釜を用いた。

2.3 熱プレスによる CFRP の成形

成形には、熱プレス機 (株東洋精機製作所製) を使用した。溶融温度 240℃、保持時間 5 分、加圧時温度 210℃、加圧力 5MPa とした。積層構成はプレーティングで編成したものは [(0/90)3] とした。インレイで編成したものは繊維軸方向に平行に 2 枚積層した。

2.4 性能評価

インレイ編成した CFRP の引張特性を評価した。繊維軸方向に対して 0°、45°、90° の三方向で幅 10mm の試験片を採取し、万能試験機オートグラフ AG-IS (株島津製作所製) を用いて初期試料長 40mm、試験速度 10mm/min で引張強度を測定した。

プレーティング編成した CFRP は落錘型衝撃試験機 CEAST 9350 型 (インストロン社製) により耐衝撃性を評価した。落下エネルギーは 10J 及び 25J とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 インレイによるニット基材 CFRP の製造

初めに無縫製編み機を用いて平編みの組織で編成及び成型を行った結果、ニット糸に使用する引き揃えのナイロンフィラメントは 150D を 3 本使用することで樹脂が

過不足なく充填された。

次に、インレイ糸を挿入しながらカバリング CF 糸を編成した (図 3)。挿入糸はニットの編目で前後から挟み込むことによって固定した。挟み込み部分での炭素繊維の屈曲を減らすために挟み込みの頻度を検討したところ、1×1、2×2 では編成可能であったが、3×3 以上では挿入糸が脱落し編成できなくなることが分かった。

これを成型したニット基材 CFRP を図 4 に示す。成型試験の結果、インレイ糸を挿入した場合には、CFRP 中の炭素繊維の含有率が上がるため、引き揃えのナイロンフィラメントは 150D を 1 本で最適な樹脂量となった。

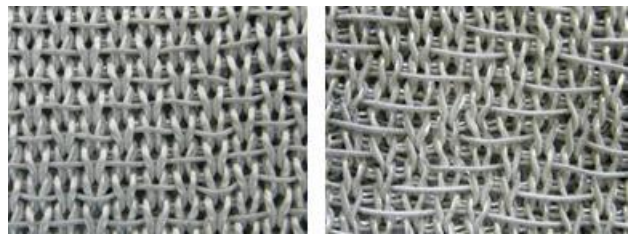


図3 インレイ糸を挿入しながら編成した CF 糸

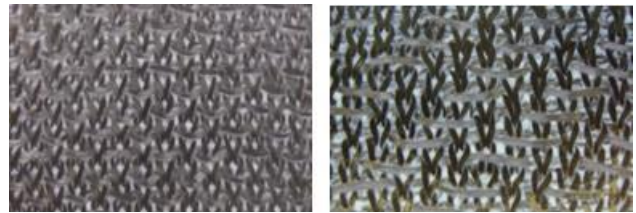


図4 インレイ糸が挿入されたニット基材 CFRP

成型した CFRP の引張強度を図 5 に示す。インレイ糸がない場合には 90° 方向の引張強度は 0° 方向の約 1/5 であったが、インレイ糸の導入によって、0° 方向と 90° 方向で引張強度がほぼ等しくなった。また、45° 方向の引張強度も向上した。一方、0° 方向の引張強度はインレイ糸なしの場合と比べてやや低下した。これはインレイ糸により 0° 方向の CF 糸が屈曲したことが原因であると考

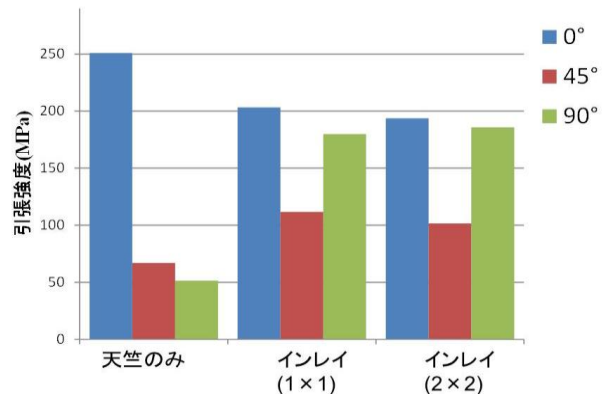


図5 ニット CFRP の引張強度

えられる。また、インレイ糸を挟み込むためにはループの目移しが必要となるため、ループ長が長くなり、編目密度が若干大きくなることも影響したものと考えられる。

3.2 プレーティングによるニット基材 CFRP の製造

試験筒編機を用いてカバリング CF 糸を編成した。カバリング CF 糸単独であれば、ゲージ数 11G~5G で 1500D~1900D まで編成可能であった。一方、アラミド繊維をプレーティングで引き揃えて編成する場合には全体の剛性が高くなるため、カバリング CF 糸単独に比べて編成可能なゲージは小さくなったが、ゲージ数 7G 以下とすることで、編成が可能であった。ゲージ数は大きいほど CFRP 中の炭素繊維の含有率が高くなり、強度が上がるため、今後の検討では 7G で編成した基材を使用することとした。7G でプレーティング編成したカバリング CF 糸/アラミド繊維を図 6 に示す。カバリング CF 糸を表目にした場合に比べ、アラミド繊維を表目にした場合の方がプレーティング性は良好であった。

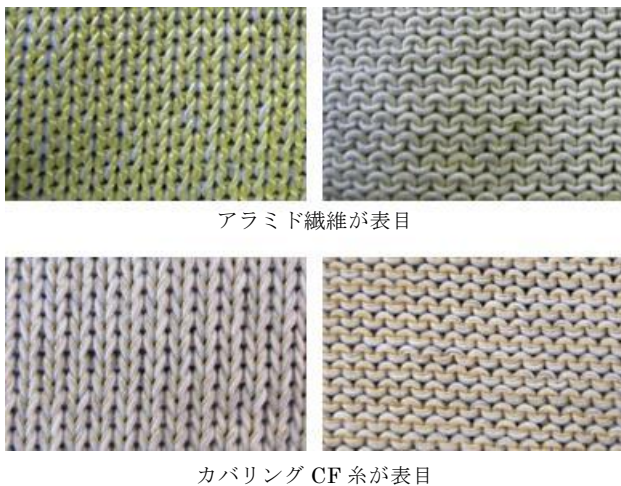


図 6 プレーティング編成した CF 糸/アラミド繊維

7G で編成したカバリング CF 糸を熱プレスを用いて成型した。カバリング CF 糸のみの場合には 1700D のカバリング CF を用いることで樹脂が過不足なく充填された。一方、アラミド繊維をプレーティング編成した場合には、アラミド繊維を含浸させる分の樹脂を増やす必要があるため、1900D のカバリング CF 糸を用いた場合に最適な樹脂量となった。

成型した CFRP 単層板を図 7 に示す。表目のアラミド繊維は成型時の圧力及び樹脂の流動によって、炭素繊維の両サイドにややズれるものの、断面観察からはほぼプレーティング性は保たれていることが分かった。

積層して成型した CFRP の衝撃試験の結果を図 8 及び図 9 に示す。落下エネルギー 10J の場合、CF のみでは落錘子が貫通したのに対し、アラミド繊維をプレーテ

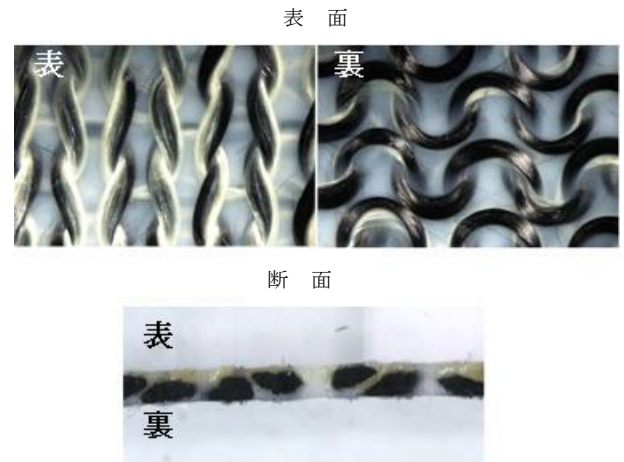


図 7 成型した CF 糸/アラミド繊維

ィングすることで貫通を防ぐことができた。落下エネルギー 25J ではプレーティングあり、なしいずれの場合も落錘子が貫通したが、最大衝撃強度、衝撃吸収エネルギーではアラミド繊維をプレーティングしたものが CF のみに比べて高い値を示し、CFRP の耐衝撃性を向上させることができた。

	CF 糸のみ	CF 糸/アラミド繊維
10J		
25J		

図 8 衝撃試験後のサンプル外観

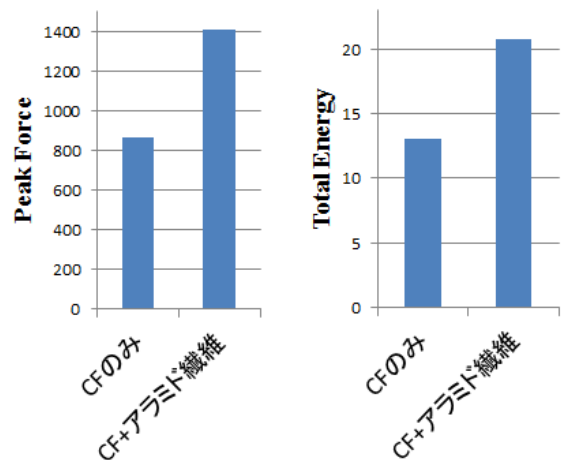


図 9 衝撃試験結果

4. 結び

インレイ・プレーティングのニット編成テクニックを活用したニット基材 CFRP を作成した。

炭素繊維を編成すると同時にインレイを用いて横方向にも炭素繊維を挿入することで、たて方向とよこ方向で強度の等しいニット基材 CFRP を作成することができた。また、炭素繊維にアラミド繊維をプレーティングすることで、耐衝撃性に優れたニット基材 CFRP を開発することができた。

本研究で使用した 1K の炭素繊維は高価であるため、ニット基材 CFRP の普及のためには、コスト面で有利な 3K の炭素繊維でのサンプル作製が求められる。しかしながら、3K の炭素繊維を用いたカバリング糸は剛性が高く、編成が困難である。今後、カバリング条件の最適化、樹脂コーティング、編成張力の調整などを行うことで、3K の炭素繊維でのニット基材 CFRP 製造技術を検討する。

付記

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構平成 25 年度研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) フィージビリティスタディ【FS】ステージ探索タイプとして実施した。

謝辞

試作にあたりトレステック(株)の佐々木様にご協力いただいたことに感謝します。

文献

- 1) 飯塚健治：染色研究, **55**(1), 8-15(2011)
- 2) 濱田泰似, 仲井朝美, 杉本健一：繊維と工業, **60**(6), 78(2004)
- 3) 茶谷, 福田, 池口：あいち産業科学技術総合センター研究報告, **1**, 90(2012)