

熱可塑性CFRPの立体成形技術の確立(第5報)

— 立体成形可能な熱可塑性炭素繊維複合材料用セミプレグの開発 —

林 浩司

Development of CFRTP Three Dimensional Molding Technology (V)
- Development of CFRTP semi-preg fabric for three dimensional molding -

Koji HAYASHI

熱可塑性樹脂を使用した炭素繊維複合材料(CFRTP)は、比強度、比剛性に優れ、ハイサイクル、リサイクル等の観点から、自動車産業をはじめとした様々な産業用途で注目されている。しかしながら複雑な立体形状に成形する場合、広く使用されている織物を基材とする積層板は、賦形性に乏しく、立体成形時しわができるといった問題があった。そこで、本研究では、編み物(ニット生地)には生地に伸縮性があるため、立体成形用 CFRTP 積層板に適していると予想されることに着目し、炭素繊維を合成繊維(熱可塑性樹脂)でカバリングして、この糸を使用してニット生地を作製する技術の確立を検討した。その結果、カバリング中間材の作製条件、及びニット生地作製条件等を検討することで、炭素繊維の損傷を抑えてニット生地を作製できることがわかった。

1. はじめに

CFRP は、比強度等の物性が優れ、スポーツ、航空宇宙分野、圧力容器など各種用途で使用されており、近年、CFRP を自動車へ応用する試みが本格的に始まったところである^{1~3)}。

このような中、立体構造をもつ熱可塑性炭素繊維複合材料(CFRTP)に関する研究開発が行われているが、現在主に使用されている CFRTP 積層板は、織物を基材としているため生地に伸縮性がなく、複雑な形状に立体成形すると成形時にしわが入りやすいなどの問題があった。

そこでこの課題を解決するため、産業技術センター、及び岐阜県工業技術研究所では、共同で、これまでほとんど検討されていない、ニット生地を基材とする立体成形用 CFRTP の開発を検討している。昨年度は、炭素繊維を撚糸によるカバリング(カバリング中間材)、または、筒編み組織でカバリング(カバーニット中間材)することで炭素繊維を保護し、炭素繊維の編み物を作製することを検討した。その結果、カバーニット中間材は、カバリング中間材に比較して、炭素繊維のカバリング性、及び糸の柔軟性に優れ、編成性に優れるという利点があるものの、カバリング中間材に比べて生産性が低いという課題があることがわかった⁴⁾。そこで、H26 年度は、カバリング中間材に注目し、編成性向上のためのカバリング中間材の作製条件、編成条件等を検討した。

2. 実験

2. 1 試料

炭素繊維は東レ(株)製 3K(T300B 3000-50B(1782d))を使用した。カバリング糸は、ポリプロピレン(PP)マルチフィラメントを使用し、織度は、昨年度得られた結果をもとに適宜調整した。

2. 2 中間材の作製

意匠撚糸機(オゼキテクノ(株) トライスピ)を使用し、炭素繊維を芯糸として PP マルチフィラメントでダブルカバリングした。

2. 3 編成性の評価

筒編み試験機等を使用し、3~8 ゲージでニット生地の作製を検討した。炭素繊維の損傷程度を観察することで編成性を評価した。

2. 4 編成性の評価、物性評価

予め 190℃ に保温しておいた上型と下型の間(長さ: 200mm、幅: 20mm)に、厚さが1mmの CFRTP が得られるように調整した量の中間材をセットし、190℃、2MPa で 30 分間プレス成形した。圧力を保持したまま金型温度が 70℃ 以下になるまで冷却し、CFRTP(UD 材)を得た。

CFRTP(UD 材)を長さ 60mm に切断し、JIS K 7074 を準用して、支点間距離 40mm で 3 点曲げ試験を行った。移動速度は 2.66mm/min.とした(n=6)。

3. 結果及び考察

3. 1 中間材の作製

3. 1. 1 仮撚り加工、フィラメントカウントの影響

図1に、PP 繊維の仮撚り加工の有無を検討した結果を示す。同じ織度、同じカバリング数であっても、仮撚り加工糸を使用した方が、炭素繊維のカバリング性に優れていることがわかる。仮撚り加工糸はかさ高であるため、カバリングする面積が広いことが要因と考えられる。また、フィラメントカウント(繊維の本数)については、上記と同様、同じ織度、同じカバリング数であっても、フィラメントカウントが多い方がカバリングに優れていた。フィラメントカウントが多い方が、カバリング効率が低い。

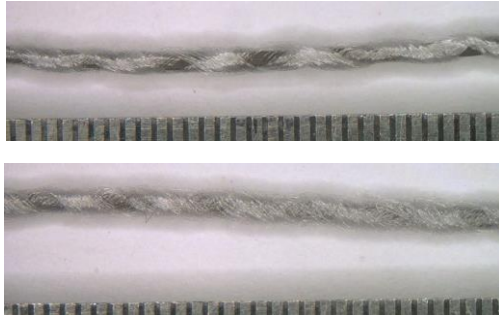


図1 生フィラメント及び仮撚り加工糸によるカバリング糸
(上:生フィラメント、下:仮撚り加工糸)

3. 1. 2 カバリング数の影響

図2に、仮撚り加工糸を使用して、カバリング数を 400、600、800T/M(1メートル当たりのカバリング回数)と変化させた時の中間材を示す。カバリング数を増やした方が炭素繊維のカバリング性が向上し、炭素繊維が表面から観察されなくなっているのがわかる。前項の結果とまとめると、炭素繊維を効率的にカバリングするには、フィラメントカウントの多い仮撚り加工糸を使用して、カバリング回数を増やすと良いことがわかった。これにより、炭素繊維とニット針等との接触機会が減少し、ニット生地作製において、炭素繊維の損傷が少なくなると思われる。

一方、カバリング性が向上すると、中間材は硬くなり、また、中間材の炭素繊維体積割合(Vf(%))も低下する。中間材が硬くなると、ループが形成しにくく生地が作製しにくくなるという問題がある。また、Vf(%)の低下は物性の低下を意味する。中間材作製条件の適切な調整が必要である。

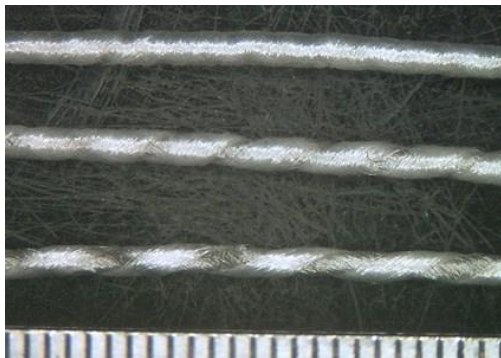


図2 仮撚り加工糸によるカバリング糸 (下から 400T/M (Vf47%)、600T/M(同 42%)、800T/M(同 37%))

3. 2 ニット生地の作製

3. 2. 1 ワックス処理の効果

図3に、カバリング糸表面にニットイングワックスを付与してニット生地を作製した結果を示す。ニットイングワックスは、一般に、糸に平滑性、柔軟性を与えるために使用されている。その結果、ワックス処理により、糸切れが大きく減少しニット生地が作製しやすくなることがわかった。編成時に発生する音も大きく減少しており、ワックス処理は、編み機、ニット針、及び中間材にかかる負荷を低下させる。

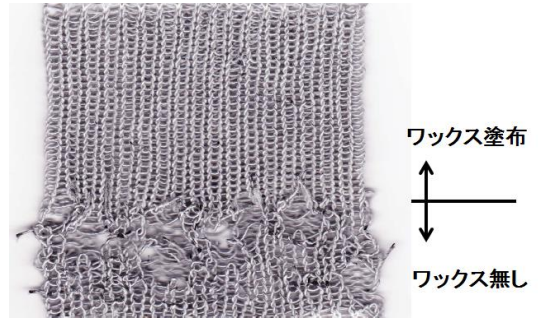


図3 ワックス処理したカバリング糸によるニット生地

3. 2. 2 編み組織、ゲージの影響

ニット生地の編み組織、ゲージを変えて編成性を評価した。結果を表1に、作製した生地の一列を図4~6に示す。No.4の生地は、一部糸切れがあるものの、度目の微調整により、糸切れなく編成は可能と思われる。3Kの炭素繊維を使用した中間材では、5~7ゲージ程度で編成するのが適当であることがわかった。

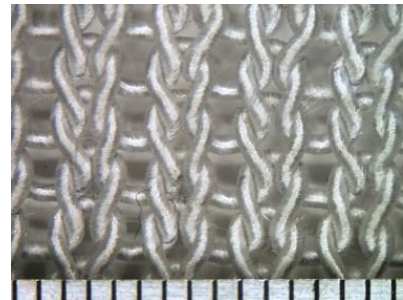


図4 ニット生地 No.2



図5 ニット生地 No.3

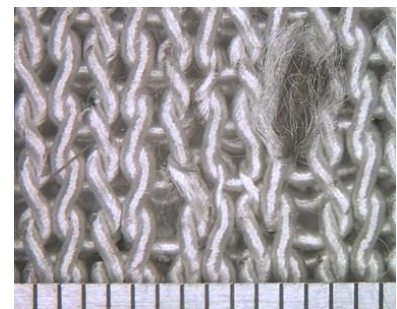


図6 ニット生地 No.4

| No. | 中間材料 | | 編機 | | | 編成性 | 備考 |
|-----|--------------|-------|---------------|------|------|-----|--------|
| | カバリング回数(T/M) | Vf(%) | 機種 | ゲージ | 組織 | | |
| 1 | 800 | 37.3 | 丸編み機 | 3ゲージ | 天竺 | ○ | |
| 2 | 800 | 37.3 | 横編み機 | 5ゲージ | 天竺 | ○ | |
| 3 | 800 | 37.3 | 横編み機 | 5ゲージ | フライス | ○ | |
| 4 | 500 | 48.0 | 丸編み機(プリントン編機) | 7ゲージ | 天竺 | △~○ | シンカー無し |
| 5 | 800 | 37.3 | 丸編み機 | 8ゲージ | 天竺 | △ | |

3. 2. 3 ワックス処理による物性変化

CFRTPの物性は、炭素繊維とマトリックス樹脂の接着状態によるところが大きい。3.2.1項において、カバリング糸の表面にニッティングワックスを処理すると編成性が大きく向上することが明らかとなっており、ワックスが炭素繊維とマトリックス樹脂(PP樹脂)との接着性に及ぼす影響を調査した。なお、炭素繊維には収束剤(サイジング剤)、合成繊維には紡糸油剤が付着している。図7に曲げ応力の試験結果を示す。ニッティングワックスで処理しても、曲げ応力に変化がないことがわかる(曲げ弾性率についても同様に変化はみられなかった)。ニッティングワックスの付与は、CFRTPの物性に悪影響を及ぼすことなく、ニット生地の作製を容易にするため、立体成型用ニット生地の作製に非常に有効な手段である。

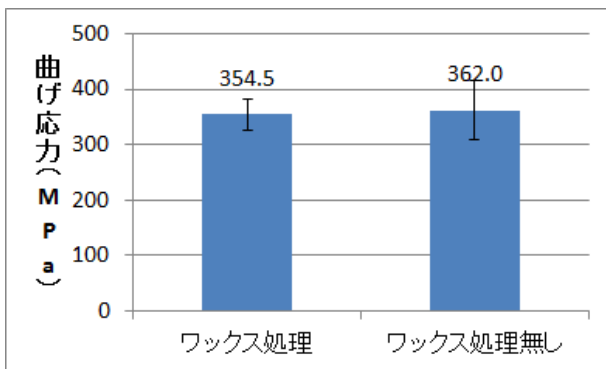


図7 ワックス処理による物性変化

4. まとめ

立体成形可能な CFRTP セミプレグを開発することを目的に、炭素繊維をPP繊維でカバリングしてニット生地を作製する検討を行った。

その結果、炭素繊維を効率的にカバリングするためには、フィラメントカウントの多い仮撚り加工糸を使用して、カバリング回数を増やすことが有効であることがわかった。また、3Kの炭素繊維を使用してニット生地を作製するためには、5~7ゲージの編み機が適当であることが分かった。ニッティングワックスを処理することで、物性に悪影響を及ぼすことなく、ニット生地を容易に作製できるようになることがわかった。

【謝 辞】

本研究を実施するにあたり、ご指導ご助言いただきました岐阜大学仲井朝美教授に感謝いたします。ニット生地作製に当たり適切なアドバイスをいただきましたミワマサニット(株)三輪芳元様に感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 井塚淑夫, 炭素繊維複合化時代への挑戦, 繊維社, 2012.
- 2) 【EU】自動車のCO2排出量を規制する規則, 国立国会図書館調査及び立法考査局.
- 3) 例えば, サステナブルハイパーコンポジット技術の開発, NEDO, http://www.nedo.go.jp/activities/EF_00038.html.
- 4) 林ら, 岐阜県産業技術センター研究報告 No.8, PP21-23, 2014.