

研究論文

芯鞘型複合繊維を使用した立体形状を有する FRP の開発

山内宏城*1、福田ゆか*1、馬場元太*2、坪内正志*2、大西功二*2

Development of FRP Using Sheath-core Conjugated Fiber

Hiroki YAMAUCHI*1, Yuka FUKUTA*1, Genta BABA*2, Masashi TSUBOUCHI*2
and Koji ONISHI*2

Owari Textile Research Center*1 Maruman-sangyou CO.,Ltd.*2

高融点の芯部と低融点の鞘部から成る熱可塑性の芯鞘型複合繊維を使用して、ニットを基材とした立体形状を有する FRP の製造技術を検討した。板状成形品において、編組織や編密度の違いが FRP の物性に及ぼす影響を確認した。芯鞘型複合繊維編地を熱プレスで立体形状に成形することで、柔軟性と保形性を両立させながら、通気性に優れたシートクッションを作製することができた。インレイの技法により両面編組織中に一般のポリエステル糸を挿入することで、圧縮時の触感は特に柔らかくなった。

1. はじめに

織物や編物、組紐などのテキスタイル製品を基材とした繊維強化プラスチック (FRP) であるテキスタイルコンポジットが注目され、その利活用に向けた取り組みが各所で進められている。テキスタイルコンポジットはテキスタイルが持つ優れた機能を付加できることや、自動化に適している、賦形性に優れるなどの利点があり、FRP 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 FRP の開発に取り組んできた³⁾⁴⁾。ニットは編目構造により伸縮性に富み、織物などに比べて賦形性に優れている。無縫製横編機のような高性能編機を用いることで編組織設計の幅も広がっており、目的の形状に合わせてニット基材を作製可能である。当センターでは、これまでに炭素繊維強化プラスチック (CFRP) において、立体形状を有するニット基材 FRP の作製に成功している⁵⁾。

近年では、高強度や軽量性などの優れた特性を持つ FRP の実用化への取り組みが進んでいる。しかし、繊維の剛性により成形品に柔軟性を付与することが難しいことや、繊維の取り扱いに注意が必要といった課題もある。マルチマテリアル化が進む中、軽量・柔軟で取り扱い性に優れる材料へのニーズも考えられる。

そこで、本研究では熱可塑性の芯鞘型複合繊維に着目し、軽量で一定の強度を持ちながら、柔軟で易加工性のニット基材 FRP の開発に取り組んだ。高融点の芯部と低融点の鞘部から成る芯鞘型複合繊維を編成し、融点差を利用して加熱することで、鞘部(外部)は熔融して

FRP のプラスチック母材となり、芯部(内部)はニット形状を維持した繊維強化材となる。また、メッシュ状とすることで成形品に通気性を付与することも可能である。本研究では、FRP の基材となるニットの編組織や編密度の違いが FRP の物性に及ぼす影響を板状成形品において確認した。次に、立体形状を有する FRP を作製し、柔軟性と保形性を両立させながら、通気性を有するニット基材 FRP のシートクッションへの利用を検討した。

2. 実験方法

2.1 芯鞘型複合繊維の編成

芯鞘型複合繊維にはユニチカ(株)製の MELSET® 560T48(以下、芯鞘糸)を用いた。芯鞘糸を無縫製横編機 MACH2S 12G((株)島精機製作所製)で編成した。編組織はパール編と両面編とし、ニット糸には芯鞘糸 2 本を引き揃えて用いた。両面編組織では、芯鞘糸の間に一般糸(以下、挿入糸)を挿入した編組織についても編成した。挿入糸には 333dtex のポリエステルマルチフィラメント糸 2 本を引き揃えて用いた。

2.2 熱プレスによる FRP の成形

2.2.1 板状成形品

成形には、熱プレス機((株)東洋精機製作所製)を使用した。加熱温度 180℃で 1 分間保持した後、加圧力 5MPa、保持時間 5 分で成形した。

2.2.2 立体成形品

成形には、恒温槽 DNE810(ヤマト科学(株)製)と熱プレス機 880×880(横井工業(株)製)を使用した。編成した芯鞘糸を恒温槽内に加熱温度 200℃で 5 分間保持した後、

*1 尾張繊維技術センター 素材開発室 *2 丸満産業株式会社

熱プレス機で金型温度 100℃、加圧力 30kN、保持時間 5分で成形した。

2.3 成形品の性能評価

2.3.1 板状成形品

破裂強さ、曲げ反発性、通気性を評価した。

破裂強さは精密万能試験機 AG-10kNIS((株)島津製作所製)を用い、JIS L 1096 B 法(定速伸長形法)に従って評価した。

曲げ反発性は、ガーレー剛軟度試験機 GAS-10((株)大栄科学精器製作所製)を用いて JIS L 1096 A 法(ガーレー法)に従い評価した。但し、試料サイズは試料長 89mm、試料幅 25mm とした。

通気性はフラジール型通気度試験機 AP-360SM((株)大栄科学精器製作所製)を用いて、JIS L 1096 A 法(フラジール形法)に準じて評価した。但し、試料サイズは直径約 80mm とした。

2.3.2 立体成形品

圧縮特性、通気性を評価した。圧縮特性は圧縮試験機 KES-G5(カトーテック(株)製)を用い、円形圧縮子面積 2cm²、圧縮変形速度 0.02mm/sec、最大圧縮荷重 100gf/cm² で評価した。通気性は通気性試験機 KES-F8-AP1(カトーテック(株)製)を用い、通気抵抗で評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1 ニット基材 FRP の作製

芯鞘糸を無縫製横編機で編成したニットを図 1 に示す。挿入糸を挿入した両面編組織では、タックで 2つのゴム編組織中に挿入糸を止めている。

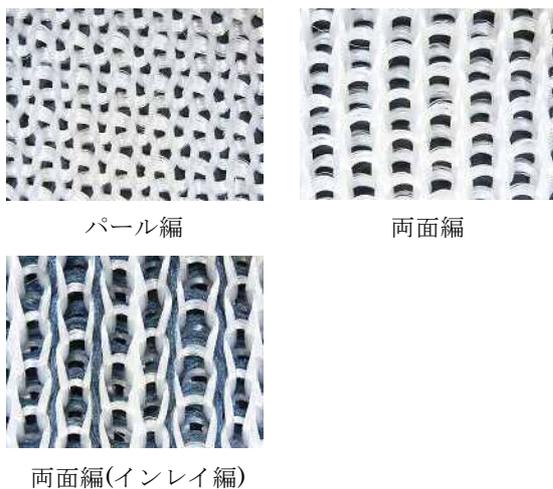


図 1 熱プレス前のニット

熱プレスを用いて、編成した芯鞘糸を成形した結果を図 2 に示す。挿入糸を挿入した両面編組織では、挿入糸は加熱成形時に熔融せず、結果、芯鞘糸同士の溶着を低

減することで FRP の柔軟性を向上させることを狙いとした。

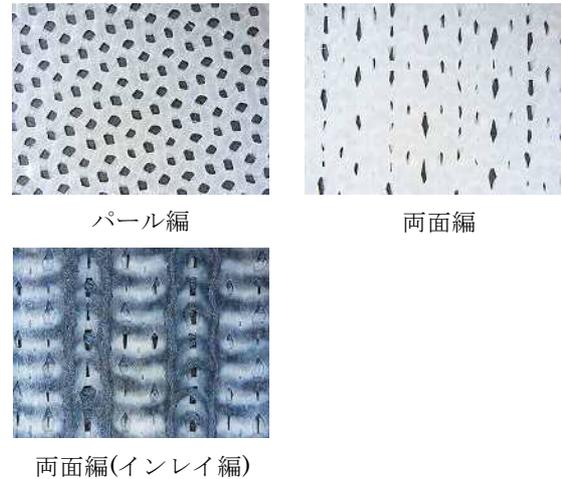


図 2 熱プレス後のニット

3.2 編組織とループ長の検討

板状に成形した FRP について、編組織やループ長の違いが FRP の物性に及ぼす影響を確認した。ループ長と破裂強さの関係を図 3 に示す。どの編組織においても、ループ長が短くなることで破裂強さは向上した。ニットはループ長を変更することにより、編密度を調整可能である。ループ長が短くなれば編組織は高密度となり、成形時に繊維同士が密に溶着されるため、破裂強さが向上したと考えられる。また、両面編組織に挿入糸を挿入することによる破裂強さの大きな低下はなかった。

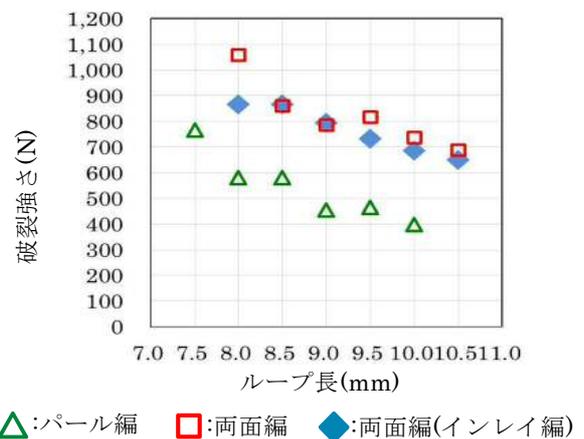


図 3 ループ長と破裂強さ

ループ長と曲げ反発性の関係を図 4 に示す。どの編組織においても、ループ長が短くなることでウェール方向、コース方向のどちらについても曲げ反発性は向上した。破裂強さと同様、ループ長が短くなることで編組織が高密度となった結果と考えられる。両面編組織はコース方向よりウェール方向の曲げ反発性が大きくなり、挿入糸を挿入することでその差は大きくなった。挿入糸は、表

目と裏目がコース方向に連続する2つのゴム編組織中にタックで止められており、ウェール方向よりもコース方向の曲げ反発性に寄与するものと考えたが、そのような結果とはならなかった。挿入糸のタックループが、ウェール方向の曲げ反発性の向上に寄与している可能性が考えられる。

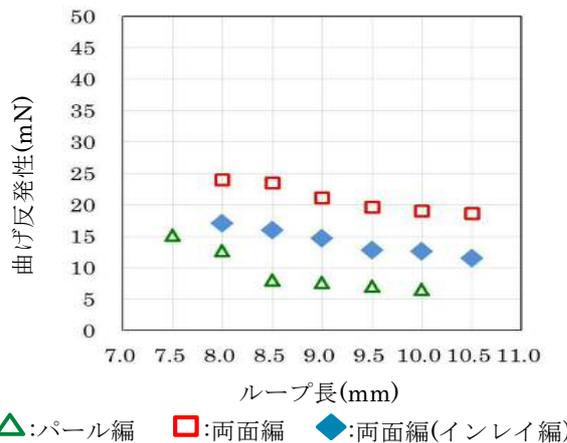
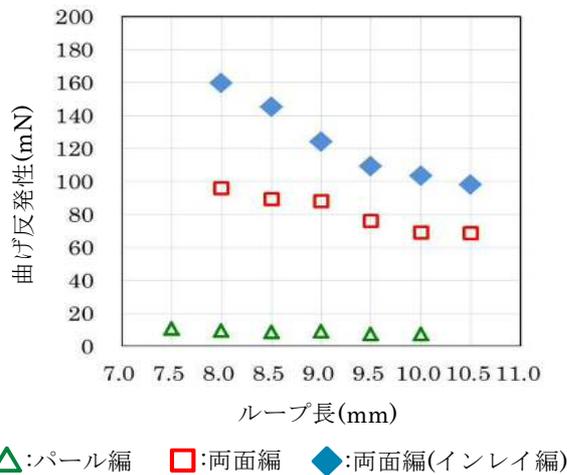


図4 ループ長と曲げ反発性
(上:ウェール方向、下:コース方向)

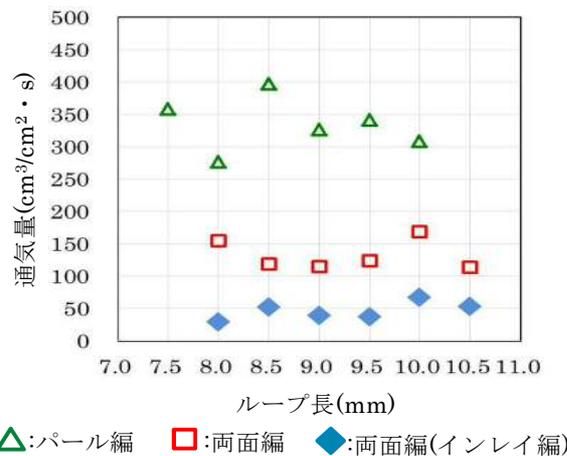


図5 ループ長と通気性

ループ長と通気性の関係を図5に示す。通気性には成形品の単位面積当たりの空隙の数や大きさが影響していると考えられる。編組織が高密度となれば繊維間の空隙部が減少し、結果として成形品の通気性も低下する傾向にあると考えたが、そのような傾向は確認されなかった。また、両面編組織中に挿入糸を挿入することで通気性が低下したが、これは挿入糸が編組織中の空隙部を埋めた結果によるものと考えられる。

3.3 シートクッションの作製

芯鞘型複合繊維編地を基材としたFRPの利点である柔軟性や通気性を活かしながら、実用化に向けた検証を行うためにシートクッション形状で立体成形品を試作した。

試作用に作製した金型を用いて、編成した芯鞘糸を熱プレスで成形した。シートクッションの構成を図6に示す。ニット基材のループ長はパール編組織で8.0mm、挿入糸を挿入した両面編組織で10.5mmとした。クッション材は図6に示す基本構造を連続して配列したものとした。成形した結果(クッション材)を図7に示す。成形したクッション材と表皮材を図6のように組み合わせて縁取りテープと共に縫製し、シートクッション(図8)を作製した。

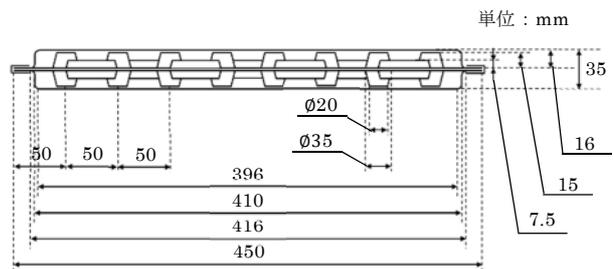
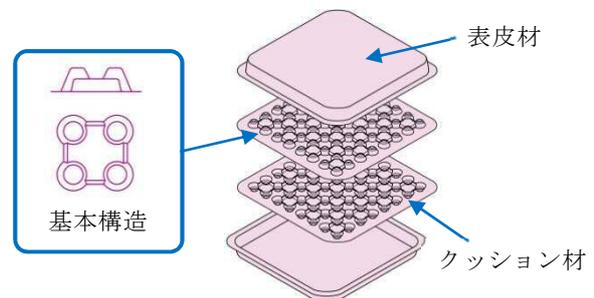


図6 シートクッションの構成と断面構造



図7 成形したクッション材

作製したシートクッションについて、市販のウレタン製シートクッション(以下、市販品)を比較品とした物性評価を行った。図9に圧縮特性の測定結果を示す。試作品は市販品と比較して圧縮かたさが柔らかく、触感はソフトであり、挿入糸を挿入した両面編組織ではその傾向が特に大きかった。試作品では圧縮時に変曲点(パール編組織2.6mm、挿入糸を挿入した両面編組織3.8mm)が見られたが、これはクッション材の基本構造の形状が二段になっていることが寄与しているものと推察する。また、挿入糸を挿入した両面編組織ではヒステリシスが大きく、圧縮荷重を除いても元の位置までは回復しなかった。これは編組織の寄与が大きいと考えられる。耐久性が懸念されるため、検証を進める。

表1に通気性の測定結果を示す。試作品はどちらも市販品と比較して通気抵抗が小さく、通気性が格段に優れていることが分かった。

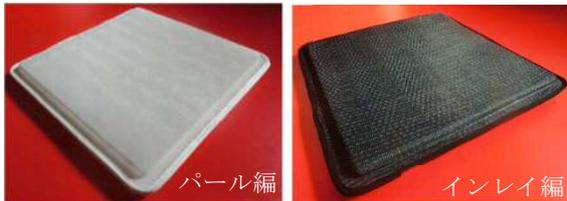


図8 作製したシートクッション

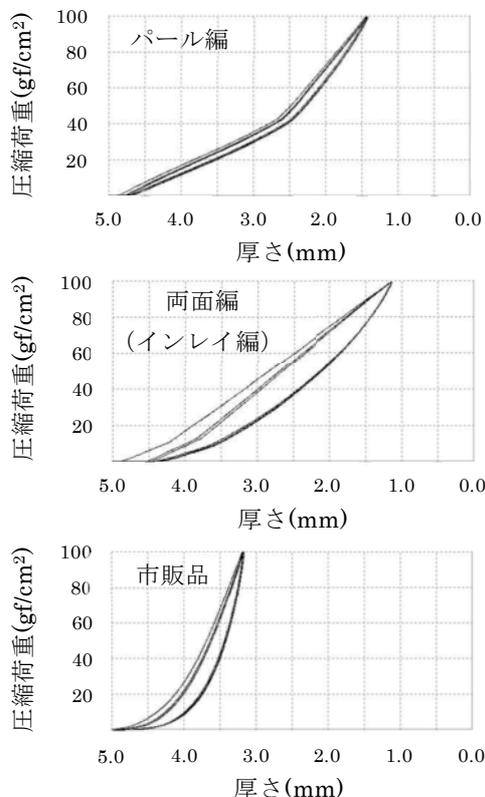


図9 シートクッションの圧縮特性

表1 シートクッションの通気性

項目	パール編	両面編 (インレイ編)	市販品
通気抵抗値 (Pa・s/cm)	0.026	0.064	25.1

4. 結び

本研究では、熱可塑性の芯鞘型複合繊維を用いて立体形状を有するニット基材 FRP の製造技術を検討した。

板状成形品において、ニットの編組織や編密度の違いが FRP の物性に及ぼす影響を確認した。芯鞘型複合繊維をパール編、挿入糸を挿入した両面編の両組織で編成し、熱プレスで立体形状に成形することで、柔軟性と保形性を両立させながら、通気性に優れたシートクッションを作製することができた。特に、挿入糸を挿入した両面編組織のニットで作製したシートクッションでは、圧縮に対する触感が柔らかくなった。

芯鞘型複合繊維ニットを基材とした FRP は、軽量、柔軟で易加工な成形品の製造に資することができる。ニットの編組織設計や編成条件、成形加工法とその条件などを引き続き検討し、本技術の実用化への検証を進める。

付記

本研究の一部は、丸満産業(株)が(公財)科学技術交流財団の平成28年度育成試験の助成を受けて実施し、当センターが技術支援を行った内容である。

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) 茶谷悦司, 福田ゆか, 池口達治: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 1, 90(2012)
- 4) 田中利幸: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 3, 88(2014)
- 5) 田中利幸, 堀公子, 坂崎克秋, 佐々木敏哉, 佐々木哲哉: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 5, 138(2016)