

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、加藤良典*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, Yoshinori KATO*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、撚り加工糸の使用、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。インレイ編により、芯鞘型複合繊維の諸撚り糸を両面編組織中に挿入することで、FRP の曲げ反発性が向上することを確認した。芯鞘型複合繊維編地を熱成形で立体形状に成形して、大型でも保形性のある車両部品(ボンネット)を作製することができた。

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テキスタイルコンポジットが注目され、その利活用への取り組みが各所で進んでいる。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、自動化に適する、賦形性に優れるなどの利点がある^{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)~5)}。これまでに、熱可塑性の芯鞘型複合繊維を使用し、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 の開発を行い、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した⁶⁾。

本研究では、FRP の性能をさらに向上させる方法を探るため、芯鞘型複合繊維を撚糸加工した糸の使用を試みた。糸を編成してニットとし、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 として車両部品のボンネットを作製し、大型成形品への利用を検討した。

2. 実験方法

2.1 芯鞘型複合繊維の撚糸加工

芯鞘型複合繊維には MELSET®280T48(ユニチカ(株)製)(以下、芯鞘細糸)及び MELSET®560T48(ユニチカ(株)製)(以下、芯鞘太糸)を用いた。また、芯鞘細糸については、表 1 に示す諸撚り糸を作製し、編成に供した。撚糸加工にはリング撚糸機ツイストワインダ TW-D 型((株)カキノキインターナショナル製)を用いた。芯鞘細糸 2 本を引き揃えて Z 方向に加撚して双糸とし、さらに

双糸 2 本を引き揃えて S 方向に加撚して諸撚り糸とした。

2.2 芯鞘型複合繊維の編成

編成には無縫製横編機 MACH2S 12G((株)島精機製作所製)を用いた。編組織は両面編及び両面編組織の地糸間に別糸(以下、挿入糸)を挿入したインレイ編について編成した(表 2)。この中で、『芯鞘細糸 4 本』及び『芯鞘太糸 2 本』と表記したニット糸は、芯鞘細糸 4 本及び芯鞘太糸 2 本を引き揃えて使用した。

2.3 FRP の成形

2.3.1 板状成形品

成形には、熱プレス機 mini TEST PRESS-10((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。

2.3.2 立体成形品

成形には、ドライヤー FV310-81(白光(株)製)を使用した。編成したニットを型に沿わせながら、温度 230℃の熱風を当てて成形した。

2.4 板状成形品の性能評価

破裂強さ、曲げ反発性を評価した。

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。

表 1 撚り加工糸

撚り加工糸	織度 (dtex)	撚り数	
		上撚り数 (回/m)	下撚り数 (回/m)
諸撚り糸①	1130	S80	Z100
諸撚り糸②	1140	S240	Z300
諸撚り糸③	1160	S400	Z500

表 2 編成したニット

試料名	ニット糸	
	地糸 (両面編)	挿入糸 (インレイ編)
両面編①	芯鞘細糸 4 本	—
両面編②	芯鞘太糸 2 本	—
両面編③	諸撚り糸①1 本	—
両面編④	諸撚り糸②1 本	—
両面編⑤	諸撚り糸③1 本	—
インレイ編①	芯鞘細糸 4 本	芯鞘細糸 4 本
インレイ編②	芯鞘太糸 2 本	芯鞘太糸 2 本
インレイ編③	芯鞘太糸 2 本	諸撚り糸①1 本
インレイ編④	芯鞘太糸 2 本	諸撚り糸②1 本
インレイ編⑤	芯鞘太糸 2 本	諸撚り糸③1 本
インレイ編⑥	諸撚り糸①1 本	芯鞘太糸 2 本
インレイ編⑦	諸撚り糸②1 本	芯鞘太糸 2 本
インレイ編⑧	諸撚り糸③1 本	芯鞘太糸 2 本
インレイ編⑨	諸撚り糸①1 本	諸撚り糸①1 本
インレイ編⑩	諸撚り糸②1 本	諸撚り糸②1 本
インレイ編⑪	諸撚り糸③1 本	諸撚り糸③1 本

3. 実験結果及び考察

3.1 ニット基材 FRP の作製

諸撚り糸を編成したニットを図 1 に示す。インレイ編組織では、タックで 2 つのゴム編組織中に挿入糸を止めている。

熱プレスを用いて、編成した諸撚り糸を成形した結果を図 2 に示す。

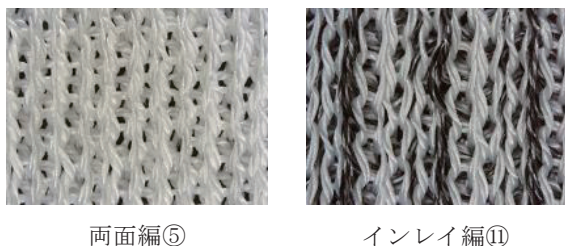


図 1 熱プレス前のニット

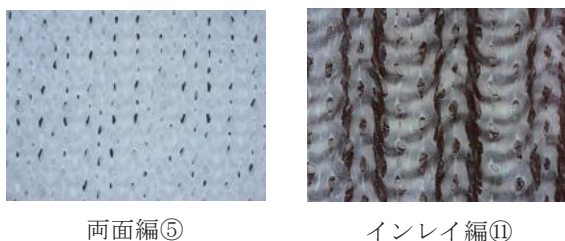


図 2 熱プレス後のニット

3.2 編組織とループ長の検討

3.2.1 板状成形品の破裂強さ

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。芯鞘細糸または芯鞘太糸を引き揃えたニットを成形した FRP について、ループ長が破裂強さに及ぼす影響を図 3 に、諸撚り糸を用いたニットを成形した FRP について、ループ長が破裂強さに及ぼす影響を図 4、図 5 に示す。両面編組織では、どの糸使いにおいてもループ長を短くすることで破裂強さは向上した。両面編組織とインレイ編組織との比較では、両面編組織がインレイ編組織よりも破裂強さは概ね強くなった。ニット糸を引き揃えた編組織(図 3)において、両面編組織間では両面編①が両面編②より破裂強さは強くなった。一方、インレイ編組織間ではインレイ編①とインレイ編②の破裂強さに大差はなかった。地糸に引き揃えた芯鞘太糸を用いたインレイ編組織(図 4)では、いずれも破裂強さに大差はなかった。地糸に諸撚り糸を用いた編組織(図 5)では、芯鞘太糸を引き揃えて挿入したインレイ編組織、諸撚り糸を挿入したインレイ編組織のどちらにおいても、地糸に撚り数の多い諸撚り糸を使用することで破裂強さは向上した。

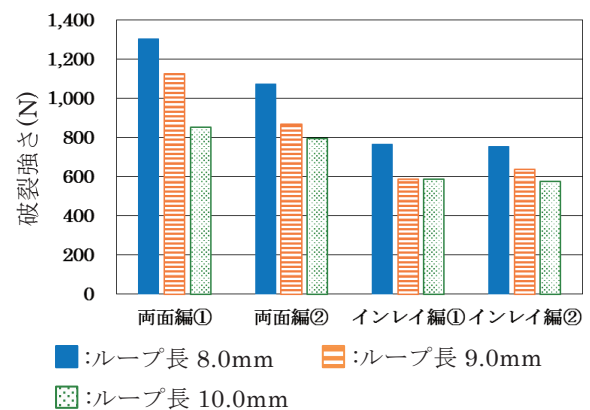


図 3 破裂強さ(ニット糸:引き揃え芯鞘糸)

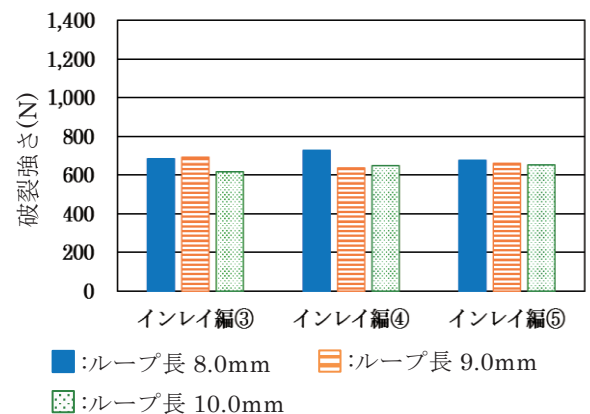


図 4 破裂強さ(地糸:芯鞘太糸 2 本)

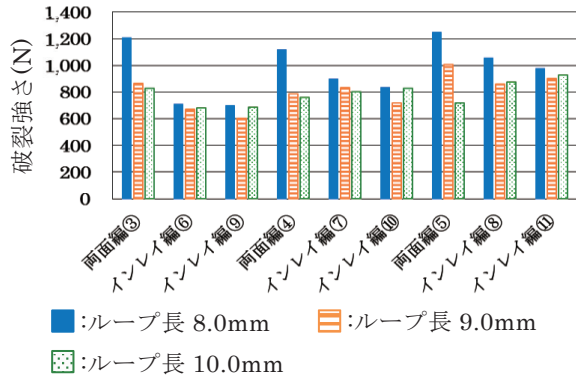


図5 破裂強さ(地糸:諸撚り糸)

ニットはループ長を短くすると高密度な編組織となる。このため、成形時に繊維同士が密に溶着されて破裂強さは向上するものと考えられる。両面編組織ではループ長を短くすることで破裂強さの向上を確認できた。両面編①が両面編②より破裂強さが強いのは、芯鞘型複合繊維のフィラメント本数が多い(芯鞘太糸2本が96本に対し、芯鞘細糸4本は192本)ことが影響していると考えられる。両面編組織中に挿入糸を入れたインレイ編組織では、ループ長を短くすることで必ずしも破裂強さの向上を確認できなかった。また、両面編組織と比べて破裂強さは概ね低下した。どちらも挿入糸の影響が考えられるが、特に後者では地糸の作る2つのゴム編組織の溶着を挿入糸が阻害したことが考えられる。インレイ編①とインレイ編②の破裂強さに大差はなく、インレイ編組織ではフィラメント本数が破裂強さに及ぼす影響は小さい。また、挿入糸に引き揃えた芯鞘糸、諸撚り糸のどちらを用いても破裂強さは概ね大差なく、挿入糸の撚りの有無が破裂強さに及ぼす影響も小さい。インレイ編組織では、地糸に芯鞘糸を引き揃えて用いるよりも撚り数の多い諸撚り糸を用いることが破裂強さにおいて優位となった。撚糸加工で繊維は結束し、撚り数が多ければその程度は大きくなる。撚り数の多い諸撚り糸を地糸とすることで、2つのゴム編組織はより強く結束された繊維で作られる。インレイ編組織では、ゴム編組織間の溶着を挿入糸が阻害しても、ゴム編組織内で繊維が強く結束して溶着していることが破裂強さに有利に影響していることが考えられる。しかし以上は推測の域であり、さらなる検証が必要である。

3.2.2 板状成形品の曲げ反発性

芯鞘細糸または芯鞘太糸を引き揃えて編成したニットを成形したFRPについて、ループ長が曲げ反発性に及ぼす影響を図6に、諸撚り糸を用いて編成したニットを成形したFRPについて、ループ長が曲げ反発性に及ぼす影響を図7、図8に示す。どの糸使いの編組織におい

ても、ループ長を短くすることでウェール、コースのどちらの方向についても曲げ反発性は向上した。両面編組織、インレイ編組織のどちらにおいても、コース方向よりウェール方向の曲げ反発性が大きくなった。インレイ編組織では、両面編組織と比較して曲げ反発性が概ね大きくなる傾向がみられた。地糸に芯鞘太糸を引き揃えて用いたインレイ編組織(図7)では、挿入した諸撚り糸の撚り数の増加にともないウェール、コースのどちらの方向についても曲げ反発性が概ね向上する傾向がみられた。地糸に諸撚り糸を用いた編組織(図8)では、引き揃えた芯鞘太糸を挿入するよりも諸撚り糸を挿入することで、ウェール、コースの両方向ともに曲げ反発性が大きくなった。また、諸撚り糸を挿入したインレイ編組織の間では、撚り数の多い諸撚り糸を用いることでウェール、コースの両方向ともに曲げ反発性が向上した。

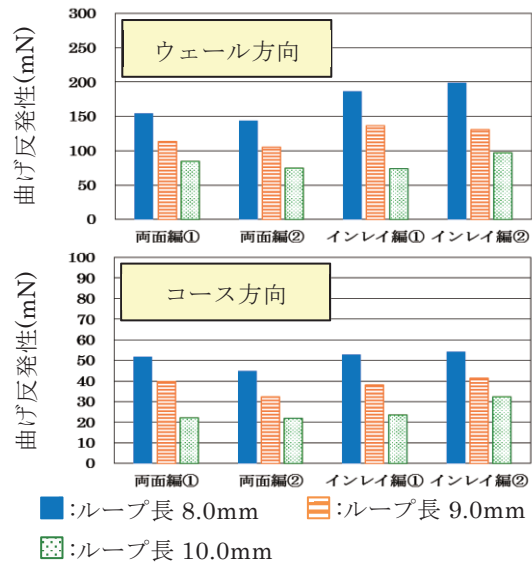


図6 曲げ反発性(ニット糸:引き揃え芯鞘糸)

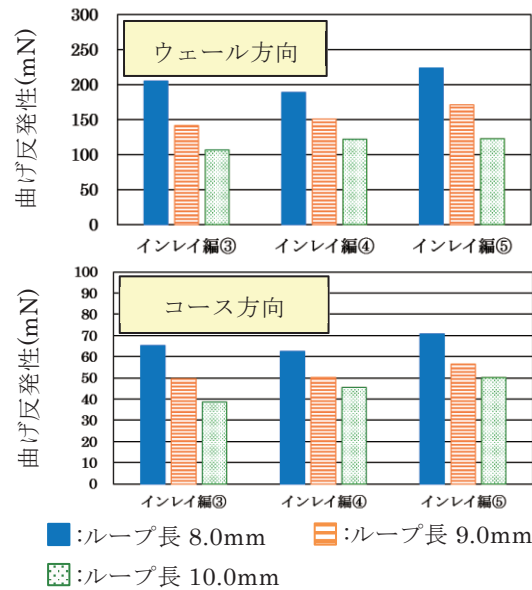


図7 曲げ反発性(地糸:芯鞘太糸2本)

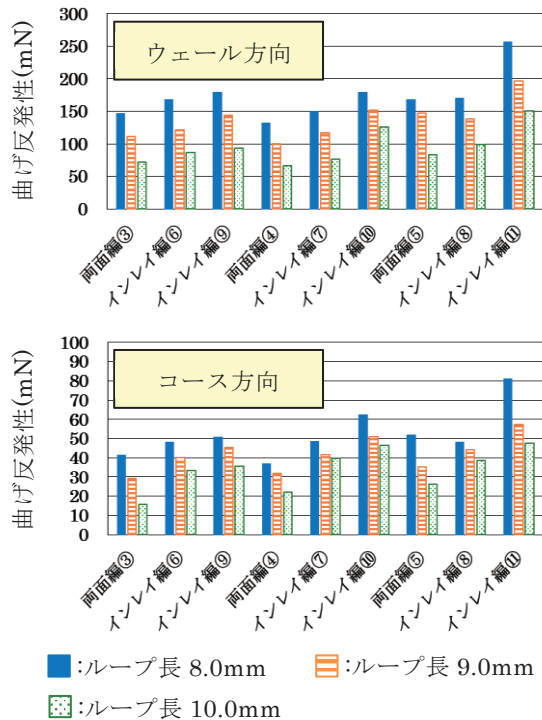


図 8 曲げ反発性(地糸:諸撚り糸)

ループ長が短くなることで曲げ反発性が向上したことは、編組織が高密度となったことが一因に考えられる。両面編組織、インレイ編組織ともに、ウェール方向に連続した地糸のループ構造が曲げ反発性に大きく影響していると考えられる。インレイ編組織が両面編組織よりも曲げ反発性が概ね大きくなったことは、挿入糸の存在が曲げ反発性に影響することを示唆している。インレイ編組織では2つのゴム編組織中に挿入糸をタックで止めているが、挿入糸が作る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ことも考えられる。インレイ編組織では、挿入糸に芯鞘糸を引き揃えて用いるよりも撚り数の多い諸撚り糸を用いることが曲げ反発性において優位となった。加撚による繊維の結束と溶着が影響を及ぼしたと考えられるが、さらに検証が必要である。

3.3 立体成形品の作製

芯鞘型複合繊維編地を基材とした FRP の実用化に向けた事例として、車両部品であるボンネット形状で大型の立体成形品を試作した。

試作用に作製した型を図 9 に示す。この型を用いて編成したニット基材を型の形状に沿わせながらドライヤーで加熱して成形した。大型の成形品でも形状を保つためには曲げや圧縮に対する反発性が必要であると考え、ニット基材の編組織は曲げ反発性が最大となったインレイ

編⑪のループ長 8.0mm とした。成形したボンネットを図 10 に示す。成形品はボンネットの複雑な立体形状を表現できており、大型でも保形性のある成形品を作製することができた。今後、さらに性能評価を進めたい。



図 9 作製した型

図 10 ボンネット

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 熱可塑性の芯鞘型複合繊維を用いたニット基材 FRP について、撚り加工糸の使用、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で確認した。インレイ編組織では、地糸に撚り数の多い撚り加工糸を用いることが破裂強さにおいて優位であり、挿入糸に撚り数の多い撚り加工糸を用いることが曲げ反発性において優位であった。
- (2) 芯鞘型複合繊維を曲げ反発性が優位なインレイ編組織で編成し、立体形状に成形した。大型でも保形性のある車両部品(ボンネット)を作製することができた。
- (3) 編組織設計や編成条件、成形加工法とその条件に加え、使用する糸の設計やその製造条件の検討が必要である。引き続き本技術の実用化への検証を進める。

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: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **5**, 138(2016)
- 6) 山内宏城, 福田ゆか, 馬場元太, 坪内正志, 大西功二: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **7**, 56(2018)