

# 丹後織物技術を活用した FRP の作製及び物性評価

徳本 幸紘\*  
井澤 一郎\*\*  
荻野 宏子\*\*\*  
宮下 千津代\*\*\*  
袖長 吟治\*\*\*\*

丹後織物産地にある異種類の繊維を交織、交撚する技術を活用し、シルクとポリエチレン糸を複合した織物を製織した。この織物からホットプレス法によりシルクを強化材、ポリエチレンを母材とした FRP を作製し、引張特性を評価した。

## 1 はじめに

京都府織物・機械金属振興センターでは、丹後地域における新産業の創出・育成を目的に平成 25 年度に FRP 試作研究会を立ち上げ、産地企業における FRP 製品の開発を推進している。この取組の中では、「丹後ちりめん」に代表される当産地らしくシルクを強化材とした FRP 製品<sup>1)</sup>の開発研究を行っている。成形方法としては、少ない設備投資で様々な形状が製品化できる VaRTM 法<sup>2)</sup>で試作を行ってきた。しかし企業において事業化を進める際、VaRTM 法は人的作業が多いうえ成形サイクルが長いため、生産性の面で大きな課題となっている。

そこで本研究では、VaRTM 法と比べ生産性が高いホットプレス法<sup>3)</sup>を採用することとした。また従来からある FRP 製品と差別化するため、当産地にある異種類の繊維を複合する技術を FRP 作製に活用した。具体的には、シルクとポリエチレン糸をそれぞれたて糸及びよこ糸に配列して製織する(以下、交織)か、または糸の段階で撚り合わせて製織する(以下、交撚)ことにより複合した。

複合方法、混用率、織物組織を変えて製織した織物をホットプレス機で加熱・加圧し、シルクを強化材、ポリエチレンを母材とした FRP を作製し、引張特性を評価した。

## 2 試験方法

### 2.1 シルクとポリエチレン糸を複合した織物の製織

シルクとポリエチレン糸を用いて複合方法(交織、交撚)、混用率、織物組織を変えて 19 種類の織物を製織した。製織条件を表 1、織物組織を図 1 に示す。

本研究ではポリエチレン糸を次に続くホットプレス加工で熔融させて FRP の母材とするため、織物としてはシルクのみが残る。このシルク織物の糸密度は、交織または交撚でも同じになるように設定した。また織物組織も同様に、交織または交撚でもポリエチレン糸の熔融後にシルク織物が平、4 枚綾、5 枚朱子となるように設定した。

表 1 シルクとポリエチレン糸の製織条件

| 複合方法 | シルクの混用率 | 使用する糸の名称          | 撚糸形態及び織度  | たて及びよこ糸        |                  | 織物組織                       |
|------|---------|-------------------|---|----------------|------------------|----------------------------|
|      |         |                   |   | 配列順            | 糸密度<br>カバーファクター  |                            |
| 交織   | 49%     | ① シルク<br>② ポリエチレン | 21中×9本 諸撚糸<br>150D×1本 片撚糸   | ①, ②<br>(1本交互) | 21.1本/cm<br>8.9  | 図1-(A)<br>図1-(B)<br>図1-(C) |
|      | 32%     | ① シルク<br>② ポリエチレン | 21中×9本 諸撚糸<br>150D×2本 片撚糸   | ①, ②<br>(1本交互) | 21.1本/cm<br>10.4 | 図1-(A)<br>図1-(B)<br>図1-(C) |
|      | 24%     | ① シルク<br>② ポリエチレン | 21中×9本 諸撚糸<br>150D×3本 片撚糸   | ①, ②<br>(1本交互) | 21.1本/cm<br>12.7 | 図1-(A)<br>図1-(B)<br>図1-(C) |
| 交撚   | 49%     | シルク/ポリエチレン 交撚糸    | S300t/m <sup>2</sup> { (芯糸)シルク 21中×9本 諸撚糸<br>(巻付糸)ポリエチレン150D×1本 片撚糸 | —              | 10.6本/cm<br>6.3  | 平<br>4枚綾<br>5枚朱子           |
|      | 32%     | シルク/ポリエチレン 交撚糸    | S300t/m <sup>2</sup> { (芯糸)シルク 21中×9本 諸撚糸<br>(巻付糸)ポリエチレン150D×2本 片撚糸 | —              | 10.6本/cm<br>7.7  | 平<br>4枚綾<br>5枚朱子           |
|      | 24%     | シルク/ポリエチレン 交撚糸    | S300t/m <sup>2</sup> { (芯糸)シルク 21中×9本 諸撚糸<br>(巻付糸)ポリエチレン150D×3本 片撚糸 | —              | 10.6本/cm<br>9.0  | 平<br>4枚綾<br>5枚朱子           |
| —    | 0%      | ポリエチレン            | 150D×1本 片撚糸   | —              | 15.8本/cm<br>6.8  | 平                          |

\*技術支援課 主任、\*\*技術支援課 主任研究員、\*\*\*技術支援課 主査、\*\*\*\*技術支援課 嘱託

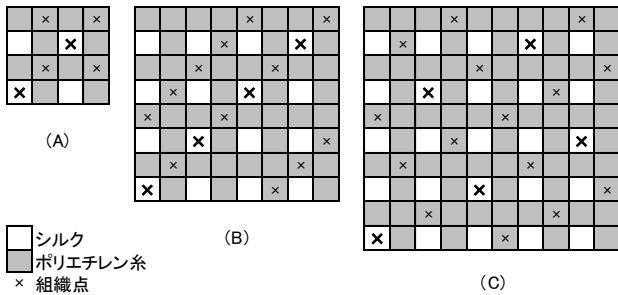


図1 織物組織

## 2.2 織物に含まれるシルクのクリンプ量の測定

2.1 で得た織物のたて及びよこ方向 100.0mm 間に含まれるシルクのクリンプ量を測定した。

## 2.3 ホットプレス加工による FRP の作製

2.1 で得た織物を 15cm 角に切り出し、 $0^\circ$  方向に 12 層積層した。ホットプレス機 (テスター産業株式会社) により  $140^\circ\text{C}$ 、6MPa で 10 分間保持した。冷却しながら  $130^\circ\text{C}$  時に 50MPa に加圧し、その後常温まで冷却した。

## 2.4 FRP の引張強度の測定

作製した FRP について織物のたて及びよこ方向から試験片を切り出し、引張強度を測定した。試験機は万能材料試験機 (INSTRON, 5982) を用い、試験片の幅 15mm、長さ 150mm、チャック間距離 50mm、引張速度 5mm/分とした。

## 3 結果及び考察

### 3.1 織物に含まれるシルクのクリンプ量

織物に含まれるシルクのクリンプ量について測定した結果を、表 2 に示す。

本研究ではシルク 21 中×9 本に対しポリエチレン糸 150D の合糸数を 1、2、3 本と変え、これらを同じ糸密度で織物を製織している。そのためシルクを同程度の太さのポリエチレン糸 150D×1 本と複合したとき、シルクのクリンプが最も小さくなることがわかった。

### 3.2 FRP の引張強度

FRP の引張強度を測定した結果を、表 3 及び図 2~4 に示す。

シルクとポリエチレン糸を複合することにより、シルクを強化材としたプラスチックが得られ、シルクの混用率

が大きいほど、引張強度が上がるということがわかった。

複合方法としては、交撚より交織した織物から作製した FRP の方が、引張強度が上がるということがわかった。3.1 の結果より、シルクのクリンプ量は交織または交撚でも同程度である。しかしカバーファクター<sup>4)</sup>は交織の方が大きく、強化材となるシルクがたて及びよこ方向により直線的に配列するためであると考えられる。

また織物組織に着目すると平、4 枚綾、5 枚朱子の順にクリンプ量の大きさに差があったが、引張強度の大きさに相関が見られなかった。弾性率が高く伸度が小さい炭素繊維においては、クリンプ量が大きいと複合材料の引張強度を下げるということが報告されている<sup>5)</sup>。しかしシルクは弾性率が低くかつ伸度が大きいため、本研究で製織した織物に含まれる程度のクリンプ量の差では、FRP の引張強度に影響を与えなかったと考えられる。

表 2 織物を含むシルクのクリンプ量

| 複合方法 | シルクの混用率 | シルクのクリンプ量(mm) |     |     |     |      |     |
|------|---------|---------------|-----|-----|-----|------|-----|
|      |         | 平             |     | 4枚綾 |     | 5枚朱子 |     |
|      |         | たて            | よこ  | たて  | よこ  | たて   | よこ  |
| 交織   | 49%     | 4.0           | 5.5 | 4.0 | 4.0 | 3.0  | 3.5 |
|      | 32%     | 6.0           | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 4.0  | 4.0 |
|      | 24%     | 10.0          | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0  | 5.0 |
| 交撚   | 49%     | 4.5           | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 4.0  | 3.0 |
|      | 32%     | 5.5           | 4.5 | 4.0 | 3.0 | 3.0  | 3.0 |
|      | 24%     | 7.0           | 6.0 | 5.0 | 5.0 | 3.5  | 4.5 |

表 3 FRP の引張強度

| 複合方法 | シルクの混用率 | 引張強度 (MPa) |       |       |       |       |       |
|------|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |         | 平          |       | 4枚綾   |       | 5枚朱子  |       |
|      |         | たて         | よこ    | たて    | よこ    | たて    | よこ    |
| 交織   | 49%     | 93.5       | 102.4 | 103.9 | 99.7  | 103.3 | 107.6 |
|      | 32%     | 75.2       | 80.2  | 78.5  | 76.3  | 75.8  | 74.1  |
|      | 24%     | 62.0       | 62.1  | 62.2  | 62.2  | 60.6  | 58.8  |
| 交撚   | 49%     | 89.3       | 97.5  | 101.0 | 100.3 | 94.4  | 97.3  |
|      | 32%     | 74.1       | 72.2  | 76.2  | 72.5  | 71.3  | 71.7  |
|      | 24%     | 60.0       | 60.9  | 56.4  | 60.7  | 58.2  | 57.7  |
| —    | 0%      | 9.6        | 9.6   | —     | —     | —     | —     |

## 4 まとめ

- 1) シルクとポリエチレン糸を複合した織物から、ホットプレス加工によりシルクを強化材、ポリエチレンを母材とした FRP が得られた。
- 2) シルクの混用率が大きいほど、FRP の引張強度が上がるということがわかった。

- 3) 複合方法としては交撚より交織の方が、FRP の引張強度が大きいことがわかった。織物のカバーファクターの大きさが影響したと考えられる。
- 4) シルク織物を強化材としたFRPでは、織物組織と引張強度の大きさに相関が見られなかった。

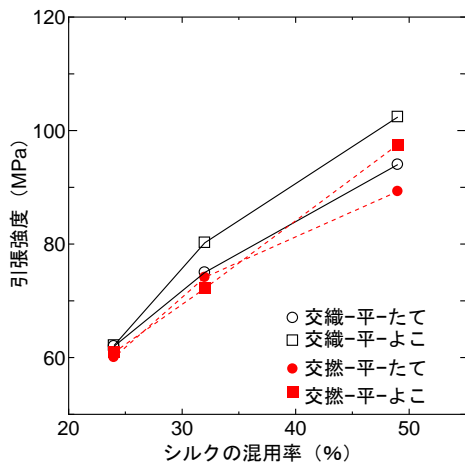


図 2 FRP の引張強度(平)

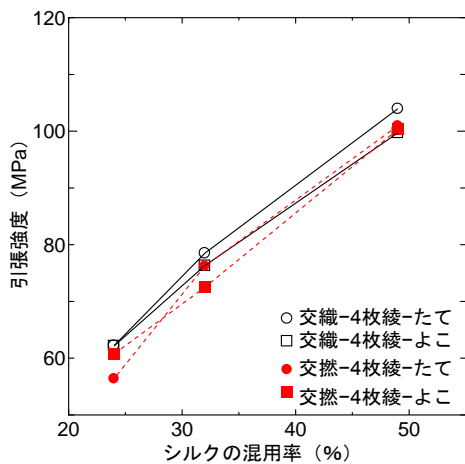


図 3 FRP の引張強度(4 枚綾)

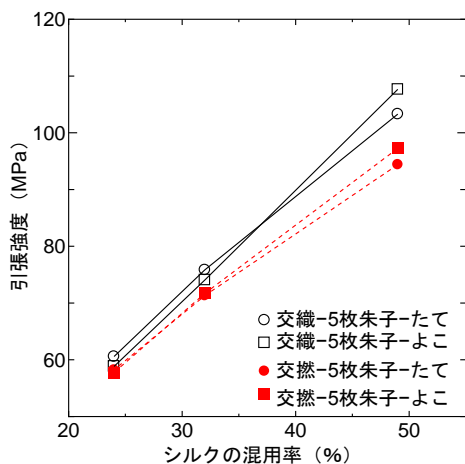


図 4 FRP の引張強度(5 枚朱子)

## 5 参考文献

- 1) 木村照夫ら(2010)「シルク織物複合材料の成形品特性におよぼすセリシンの効果」,『成形加工』2010年第22号 pp.251-258,一般社団法人プラスチック成形加工学会.
- 2), 3) 井塚淑夫(2012)『炭素繊維—複合化時代への挑戦』繊維社.
- 4) 丹後織物工業組合(1981)『丹後織物指導書』丹後織物工業組合.
- 5) 前川 善一郎ら(1992)「炭素繊維三軸織物強化複合材料の引張特性」,『繊維学会誌』第48号 pp.52-58,繊維学会.