

## 9 CFRTP の低コスト成形加工技術の開発 (第4報) CFRTP テープ自動積層装置の開発

西田 裕紀, 松葉 朗\*, 河野 洋輔, 藤井 敏男, 松永 尚徳, 山下 弘之  
松本 満則\*\*, 田島 良\*\*, 藤原 宗徳\*\*\*

Development of low-cost molding processing technology of CFRTP (4th Report)  
Development of automatic placement apparatus for CFRTP intermediate tapes

NISHIDA Hironori, MATSUBA Akira, KOUNO Yousuke, FUJII Toshio, MATSUNAGA Hisanori, YAMASHITA Hiroyuki  
MATSUMOTO Mitsunori, TAJIMA Ryo and FUJIWARA Munenori

A new placement apparatus for carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP) intermediate tapes has been developed by using machine-stitching with advanced embroidery technology, in order to reduce manufacturing costs due to improving the material yield ratio. This apparatus can feed and place the CFRTP tape at the desired position with the suitable fiber direction and length, thus extremely reducing the amount of the intermediate material waste.

As a result of three-point bending test, the flexural properties of unidirectional (UD) laminates laid up with the machine-stitched CF/PA6 tapes were almost the same as those with the conventional CF/PA6 sheets under the same fiber volume fraction. Furthermore, it is estimated that this machine-stitch material placement can decrease the waste and the cycle time for lay-up process by 50 % and 75 % respectively, as compared with those of the conventional sheet material lay-up.

キーワード：炭素繊維複合材料，熱可塑性樹脂，プレス成形，自動積層装置

### 1 結 言

近年、環境問題や石油価格高騰への対応策として、自動車の燃費向上およびエネルギー転換が求められており、車体・部品の軽量化が不可欠となっている。そこで、軽量化材料として、炭素繊維複合材料(CFRP)が注目され、自動車の車体や部品として採用される事例が見られるようになった。さらに成形速度やリサイクルの面から、熱可塑性炭素繊維複合材料(CFRTP)が開発され、その普及が期待されている。

広島県では、平成21年度からCFRTPの基材積層・成形・解析技術の開発や、部品試作などに取り組んできた<sup>1)~3)</sup>。本報告では、材料歩留りを向上させる基材積層技術<sup>4)</sup>を具現化した自動積層装置を開発し、それにより作製した一方向積層板の機械的特性やコスト削減効果について、従来のシート状基材積層法と比較検討した。

### 2 CFRTP テープ自動積層装置

#### 2.1 CFRTP テープ積層法

CFRTP 積層材のプレス成形において、**図1(a)**のように幅の狭いテープ状プリプレグを配向・積層した材料を使うことで、**図1(b)**のような幅の広いシート状プリプレグを用いる場合に比べ、廃棄部を大幅に削減でき、歩留りが向上する。しかし、幅の狭いテープを手動で積層するには非常に時間を要する。そこで、当センターは東海工業マシン(株)と共同で、テープ状プリプレグをマシンステッチにより工業用マシンを利用して積層していく手法を考案した。

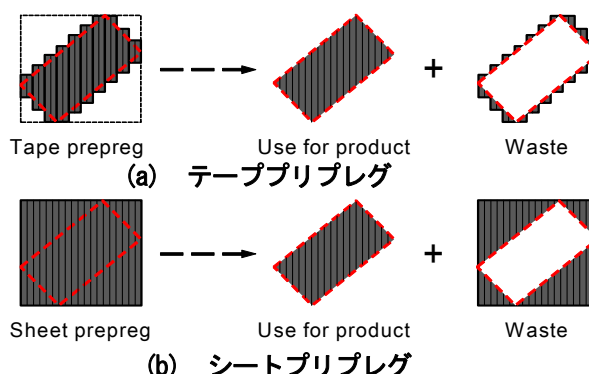


図1 テープとシートを用いた場合の廃材イメージ

#### 2.2 工業用マシンの特徴

工業用マシン(本縫いハンドル刺繍マシン)は、入力された刺繍柄データに基づき、生地(基布)を張った枠をXY方向に駆動しながらマシンステッチすることで、刺繍を施すことができる。さらに、ヒモや布製テープなどの素材を、針落ちの周囲360°の任意方向に供給しながら生地に縫い止めて、装飾を施す機能も有している(**図2**)。

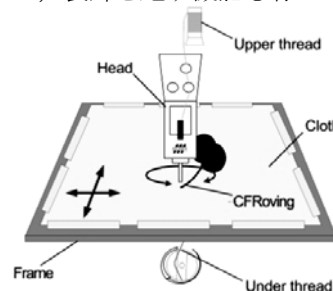


図2 本縫いハンドル刺繍マシン

\* 広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター

\*\* 東海工業マシン株式会社(愛知県春日井市牛山町1800番地)

\*\*\* タジマ工業株式会社(愛知県名古屋市中区白壁三丁目19番22号)

## 2.3 CFRTP テープ自動積層装置の開発

熱可塑性樹脂を含浸した CFRTP テープはヒモや布製テープに比べ硬く変形しにくいいため、専用供給装置を開発した。また、繊維強化複合材料の物性を維持するにはテープの直線配向が重要で、折返しや配向を変更する時は CFRTP テープを切断する必要があるためテープ専用切断装置も開発した。その他にも自動テープ積層に合わせた制御装置等を開発した。

## 3 積層板の作製と機械的特性評価

### 3.1 積層板の作製方法

本実験に用いた中間材料は、PA6 をマトリックスとした一方方向 (UD) 炭素繊維強化複合材料 (CF/PA6) 基材である。幅 300mm シートを用いる従来法に対し、テープ積層法では 50mm 幅に切断したテープ基材を用いた。

開発したテープ自動積層装置を用いて、固定用の PA6 フィルムの上に UD テープを 8 層積層した。その積層体をフィルムが内側に配置されるよう 2 つ重ね合わせ、合計 16 層の積層体とした。これと比較するため従来のシート積層法による積層体製作では、PA6 フィルムやステッチ糸を使用せず、切り出したシート材を 16 層重ねた積層体とした。

作製したそれぞれの積層体を 250°C の金型で 300 秒間、3MPa でプレス成形することで積層板を作製し、ダイヤモンドカッターで、三点曲げ試験、繊維体積率 ( $V_f$ ) 測定用の試験片を切り出し、各種試験へ供した。

### 3.2 試験結果および考察

三点曲げ試験と  $V_f$  の測定結果を表 1 に示す。

表 1 機械的特性

	曲げ弾性率	曲げ強度	$V_f$ ☆
テープ	101GPa	1620MPa	53%
シート	116GPa	1720MPa	58%

☆織造法 (JISK7075準拠)

炭素繊維密度 - 1.8 PA6 密度 - 1.14 として計算

テープ積層法では、テープ固定用のフィルムや糸の影響で、シート積層に比べて  $V_f$  が 5% 低くなっており、曲げ弾性率および曲げ強度も同様に低下している。そこで、

この曲げ弾性率  $E$  および曲げ強度  $\sigma_U$  の各実験値について、シート積層板の実験値  $E^{\text{sheet}}$  および  $\sigma_U^{\text{sheet}}$  によりそれぞれ基準化し、 $V_f$  で整理した結果を図 3 に示す。

図 3 において破線は、任意の  $V_f$  におけるシート積層板の曲げ弾性率と曲げ強度を複合則で推定した値である。テープ積層法の曲げ弾性率および曲げ強度は共にほぼ破線上にあることから、テープ積層法とシート積層法の値の違いは  $V_f$  によるところが大きいと思われる。

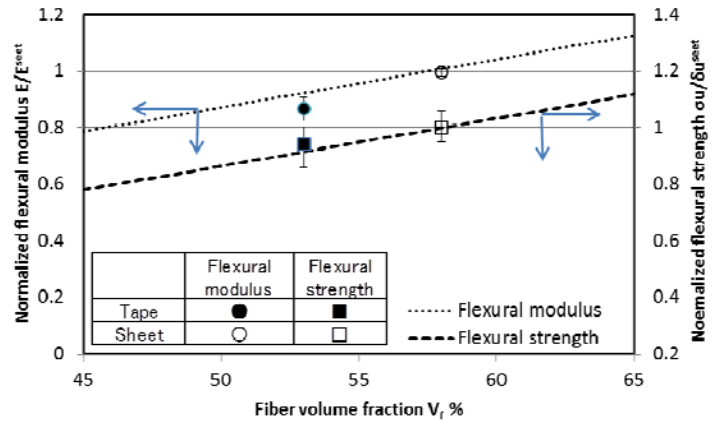


図 3 シート積層板実験値で基準化した曲げ弾性率および曲げ強度と  $V_f$  の関係

## 4 材料歩留りと積層時間

トランスバースメンバーの試作<sup>2)</sup>を想定し、テープ積層法とシート積層法の材料歩留りと積層時間を比較した。

### 4.1 材料歩留り

CFRTP テープおよびシートの基材使用重量と試作品重量および歩留まりを表 2 に示す。

廃材量を 50% 削減でき、材料歩留りを向上できた。

表 2 基材使用重量と試作品重量

	基材使用重量	試作品重量	廃材量	歩留り
テープ	2.2Kg	0.9Kg	1.3Kg	42%
シート	3.5Kg	0.9Kg	2.6Kg	26%

### 4.2 積層時間

開発したテープ自動積層装置は、ステッチ速度が最大 7.2m/分、テープ切断時間が 21 秒である。トランスバースメンバーの試作に必要な積層基材をテープ積層するためには、テープ総長さが 143m、テープカット回数が 317 回必要であるため、テープ積層法による積層時間は 130 分となる。シート積層法では 480 分かかるため、積層時間は約 75% 短縮できた。(結言省略)

## 文 献

- 1) 松永他, CFRTP 解析技術の確立と機械的特性に与える成形条件の影響の考察, 西部工業技術センター研究報告, No. 54 (2011), 1-4
- 2) 松永他, トランスバースメンバーの開発・試作, 西部工業技術センター研究報告, No. 55 (2012), 5-8
- 3) 松永他, CFRTP のプレスシミュレーション, 西部工業技術センター研究報告, No. 56 (2013), 1-4
- 4) 特開 2011-207198

## 謝 辞

本研究の一部は(公財)新技術開発財団の新技術開発助成(第 90 回)を受けて行いました。記して謝意を表します。