

## 生分解性樹脂と天然繊維を用いた引抜き成形法による 熱可塑性複合シートの開発と評価

日大生産工(院) ○河添 由馬

日大生産工 平林 明子 日大生産工 邊 吾一

### 1. 緒言

樹脂を繊維で強化する繊維強化プラスチック (FRP) は、比強度や耐食性に優れているため各種構造部材に使われている。しかし、代表的な FRP である炭素繊維強化プラスチック CFRP や、ガラス繊維強化プラスチック GFRP は廃棄時の環境負荷が大きいという欠点がある。そこで、天然由来の材料を基材とした環境循環型複合材料 Green Composite (GC) の研究・開発が注目されている。

本研究では、天然繊維を強化材に、生分解性樹脂を母材に使用した、引抜き成形法による GC の開発<sup>1)</sup>を行ってきた。また、我々の引抜き材は母材が熱可塑性樹脂であるため、再溶融することで自由な形状変形が可能となる。したがって、この引抜き材を CFRP プリプレグ材 (中間基材) のように利用することができる。

本報告では、シート状に織られたリネン繊維を強化材とした 150mm 幅 GC 引抜き材 (プリプレグ材) の利用を目的として、積層材や円筒殻を作成し評価した。

### 2. 引抜き成形法

強化材として平織りにされたシート状のリネン織物を使用し、母材として PBS (Poly Butylene Succinate) (昭和電工) を使用した。引抜き成形機の概略図を Fig. 1 に示す。

まず、押出機のホッパー (Feeding hopper) に PBS を投入し、加熱溶融しながらクロスヘッドダイ (Cross head die with heater) の中に溶融樹脂を押し出す。強化材 (Fabric roll) を引取り機 (Pulling machine) でクロスヘッド内に引き込み、この中で強化材と溶融樹脂の含浸を行なう。樹脂を強化材に含浸させながら連続的に引取り機で引き出し、クロスヘッドダイと引取り機の間で引抜き材を空冷硬化させ、用途に応じて適切な長さに切断する。Fig. 2 にリネン織物の引抜き材 (PBS/LINEN) を示す。

### 3. 擬似等方性の評価

#### 3.1 試験片の作製

実際に引抜き材を中間基材として利用するた

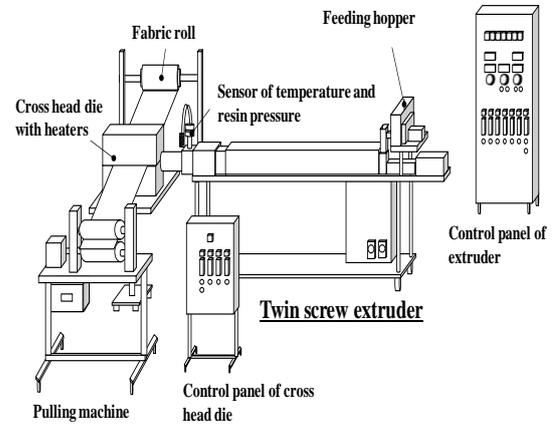


Fig. 1 Schematic diagram of pultrusion method



Fig. 2 Pultrusion composites of PBS/LINEN

め、擬似等方性の評価を行った。PBS/LINEN 引抜き材を、上から 0-90 度、 $\pm 45$  度、 $\pm 45$  度、0-90 度の順で金型 (幅 160mm、厚さ 2mm、長さ 300mm) 内に積層し、150°C の加熱圧縮機に挿入した。この温度下で 3 分間圧力 (1.5MPa) をかけながら溶融し、続いて 10.0MPa で圧縮しながら約 10 分かけて冷却し、積層材を作成した。

#### 3.2 引張り試験による強度評価

引張り試験は、JIS K 7164 に準拠して実施した。作成した板材の寸法を 120×15×2mm (標点間距離: 70mm) とし、引抜き方向に対して 0 度、 $\pm 45$  度、90 度でそれぞれ試験片を切断した。試験速度は 1 mm/min である。Table 1 に試験結果を示す。0 度、 $\pm 45$  度、90 度ともに、引張強さ、弾性率、破断ひずみは、ほぼ等しい値を示した。引抜き成形法により作製した PBS/LINEN 材 (繊維体積含有率: 39%) は、擬似等方性を示し、プリプレグ材と同様な中間基材として使用することが可能である。

## Development of FRTP Sheet Composed of Biodegradable Resin and Natural Fiber Fabrics by Using Pultrusion Method

Yuma KAWAZOE, Goichi BEN and Akiko HIRABAYASHI

Table. 1 Tensile test results of PBS/LINEN specimens

Direction	Tensile strength	Tensile modulus	Failure strain
	[MPa]	[GPa]	[%]
0° (Standard deviation)	53.48 (1.741)	2.19 (1.416)	3.65 (0.072)
45° (Standard deviation)	52.93 (1.034)	2.5 (0.868)	3.54 (0.233)
90° (Standard deviation)	52.71 (0.291)	2.17 (0.667)	3.85 (0.122)

#### 4. 引抜き材を用いた円筒殻の成形

##### 4.1 円筒殻の作成

引抜き成形法により作製したPBS/LINEN材を中間基材として利用するため、直径100mmのマンドレルを型とし、4plyの円筒殻の成形を行った。引抜き材を[±45°/0-90°]s 疑似等方に積層するため、引抜き材を0-90度、±45度それぞれ切り出す。1層目、最外層の±45度材は、樹脂が硬化している状態で型に巻き付け両端を固定する

(Fig.3(a))。2層目、3層目の0-90度材は、恒温機で樹脂を溶融させた状態で積層し、空冷硬化させ固定する (Fig.3(b))。

最外層の上からピールクロスを巻き、さらに真空圧をかける。170℃に設定した硬化炉で樹脂を溶融し再賦形する。Fig. 4に完成品を示す。

##### 4.2 軸圧縮試験による円筒殻の評価

軸圧縮試験により円筒殻の力学特性を評価した。円筒殻試験片はGFRPで端部を補強した。圧縮方法は平押し、試験速度は0.5 mm/minで行った。試験片寸法をTable. 2 に示す。また、それぞれの対角上の側面2箇所にひずみゲージを付けた。供試体は3本とした。

応力-ひずみ線図の一例としてFig. 5 に示すが、最大応力で座屈破壊を起こした。円筒殻は最外層または最内層の±45° 層の継ぎ目に沿って座屈した。Table. 3に座屈荷重、座屈応力と圧縮弾性率の平均値を示す。座屈応力についてチモシェンコの座屈式 (1) を使用し理論値を算出した。

$$\sigma_{cr} = \frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \times \frac{t}{r} \cong 0.6E \frac{t}{r} \quad (1)$$

$E$ : Young's modulus,  $\nu$ : Poisson's ratio  
 $t$ : Shell thickness,  $r$ : Radius

算出の結果、理論値 ( $\sigma_{cr}$ ) は、63.9 MPaとなり、Table. 3より座屈応力は19.8MPaであるので、理論値の31% の値となった。実際の円筒殻は

初期不整により座屈理論の応力の10~60% の荷重にしか耐えられない<sup>2)</sup>ことが分かっており、本供試体についても端部の切断制度などの初期不正による影響が高いと考えられる。

#### 5. 結言

1) 引抜き成形法によるシート状のGC材を成形することが可能である。

2) 引抜き成形法により作製した引抜き材をプリプレグ材のような中間基材として扱い、円筒殻を作製し、評価することが可能である。

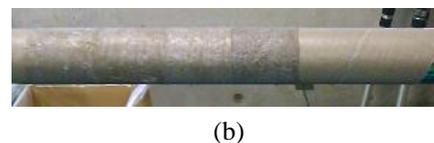
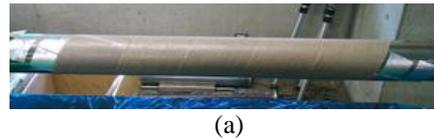


Fig. 3 Molding of cylindrical by PBS/LINEN



Fig. 4 A cylindrical shell PBS/LINEN

Table. 2 The shell dimensions.

Total length(mm)	118
Gage length(mm)	70
Outer diameter(mm)	107
Inner diameter(mm)	100
Shell thickness(mm)	3.5

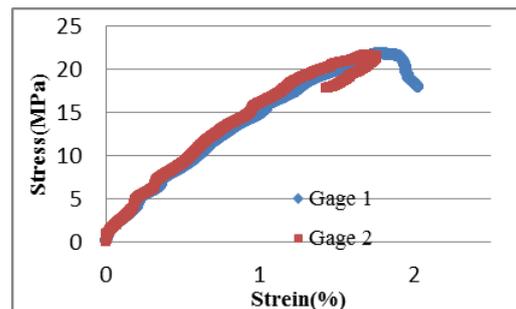


Fig. 5 Stress-strain curves of of compression test

Table. 3 The results of compression test

Buckling load (kN)	22.2
Buckling stress (MPa)	19.8
Young's modulus (MPa)	16.3

#### 参考文献

- (1) 邊吾一, 松田匠, 上野雄太, 日本複合材料学会誌, Vol. 36, No. 2 (2010), 41-47.
- (2) テモシェンコ, 座屈理論, コロナ社, p312