

現場重合型ウレタン樹脂をマトリックスとする FRTP の 機械的特性に関する研究

日大生産工（院） ○杉山 颯 日大生産工 平山 紀夫 染宮 聖人
日大生産工 坂田 憲泰 第一工業製薬(株) 塩路 雄大 北川 貴士

1. 緒言

近年、環境問題への意識の高まりにより、自動車をはじめとする輸送機の軽量化が要求されており、比強度・比剛性に優れた繊維強化プラスチック（以下、FRP）を構造部材に適用する研究開発が活発に行われている。特に、熱可塑性樹脂をマトリックスとする繊維強化熱可塑性プラスチック（以下、FRTP）は、マトリックスである熱可塑性樹脂が再熔融可能であることから二次加工やリサイクル性に優れており、注目されている。

著者らは、初期状態が低粘度のモノマーの状態の現場重合型熱可塑性ウレタン樹脂（以下、PU樹脂）を用いて¹⁾、一方向ガラス繊維プリプレグを連続的に成形する成形方法を提案し、そのプリプレグで作製したFRTPの機械的特性を評価した。しかしながら、熱可塑性樹脂は温度によって、機械的特性が大幅に変化する粘弾性材料であるため²⁾、長期的な荷重が加わる構造部材にFRTPを適用する場合、そのクリープ挙動を評価する必要がある。

そこで本研究では、PU樹脂をマトリックスとするガラス繊維強化熱可塑性プラスチック（以下、PU-GFRTP）の高温下におけるクリープ特性について評価する。本報告では、雰囲気温度が40℃、60℃、80℃の計3水準の曲げクリープ試験を実施し、各温度におけるPU-GFRTPのクリープ挙動について調査した。

2. 成形方法

2.1 供試体

PU-GFRTPの成形にはガラス転移温度が172℃の PU樹脂（第一工業製薬(株)製、

H-6FP17）を用いた。また、強化繊維にはガラス繊維ロービング（日東紡績(株)製、RS110QL-483AS）を使用した。

2.2 PUプリプレグの成形

PUプリプレグの成形は、Fig.1に示す連続引抜成形装置を用いた。

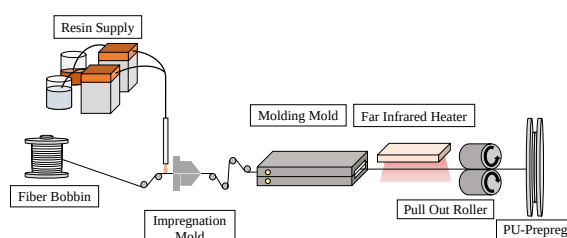


Fig.1 Schematic diagram of continuous molding machine.

PU樹脂はA剤とB剤の二液を適切な配合比で混合させて供給する必要があるため、定量送液ポンプを用いて送液し、スタティックミキサーを用いて混合、繊維に滴下した。このとき、ガラス繊維とPU樹脂の供給量は、繊維体積含有率が60%となるように調整した。また、含浸用金型で余分な樹脂を落とし、丸棒でガラス繊維に張力を与えることで、さらにPU樹脂をガラス繊維内部まで含浸させた。最後に、25℃～120℃の温度分布になるように加熱した成型用金型と遠赤外線ヒーターを通過させることで、PU樹脂を重合させ、幅3～4mm、厚さ0.2mm～0.3mmのPUプリプレグを成形した。さらに、成形したPUプリプレグを十分硬化させるため、乾燥炉で120℃一時間のアフターキュアを行った。

Study on Mechanical Properties of Fiber Reinforced Thermoplastics with *In-situ* Polymerized Polyurethane Resin as the Matrix

Hayate SUGIYAMA, Norio HIRAYAMA, Masato SOMEMIYA,
Kazuhiro SAKATA, Yudai SHIOJI and Takashi KITAGAWA

2.3 PU-GFRTPの作製

PU-GFRTPはフィラメントワインディング装置を用いて、平板状のマンドレルに一方向に巻き付けた。その後、Table1に示す成形条件でプレス成形を行った。

Table1 Molding conditions.

Item	Total layer [ply]		Pressure [MPa]	Temperature [°C]	Time [min]
	2mm	3mm			
GFRTP	10	15	10.7	200	10

3. 試験方法

3.1 静的三点曲げ試験

作製したPU-GFRTPの機械的特性を評価するために、JIS K7017 に準拠した静的三点曲げ試験を実施した。試験片寸法は全長60 mm、幅20 mm、高さ2 mm とした。また、試験機には株式会社島津製作所製オートグラフを使用した。

3.2 クリープ試験

高温雰囲気下におけるPU-GFRTPのクリープ挙動を評価するために、JIS K 7116に準じた曲げクリープ試験を実施した。クリープ試験機は東伸工業(株)製シングル型クリープ試験機を使用した。試験片寸法は全長80mm、幅15mm、高さ3mmとし、試験時間は100時間、試験温度は40°C、60°C、80°Cの3水準とした。また、試験片に与える応力は静的三点曲げ試験で得られた破断応力の30%の値とした。

4. 試験結果

4.1 静的三点曲げ試験の結果

静的三点曲げ試験により得られた応力ひずみ線図をFig.2に示す。Fig.2に示すように、PU-GFRTPの曲げ強度は1562MPaであった。複合則から算出した繊維体積含有率が60%におけるGFRTPの曲げ強度は約1600MPaであることから、作製したPU-GFRTPは高い曲げ強度を有していることがわかった。

4.2 クリープ試験結果

クリープ試験によって得られた各温度におけるクリープ曲線をFig.3に示す。Fig.3に示すように、雰囲気温度40°Cにおける100時間後のクリープひずみは0.06%、60°Cでは0.08%、

80°Cでは0.2%程度であった。PU-GFRTPの破断ひずみが2%程度であることを考慮すると、PU-GFRTPは80°Cまでの温度雰囲気下であれば、十分な耐クリープ性を有していると思われる。

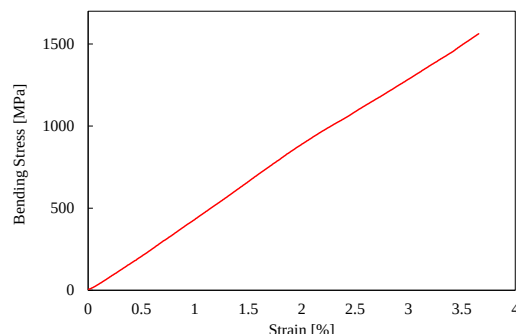


Fig.2 Stress-strain curve of static bending tests

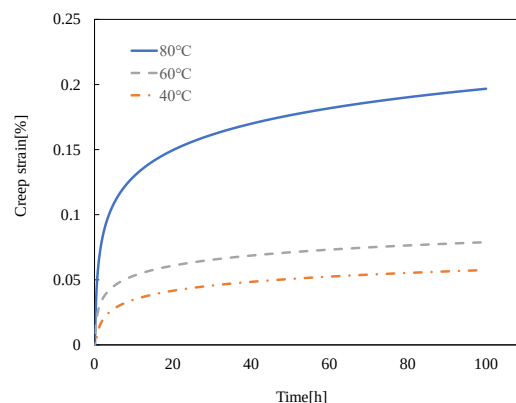


Fig.3 Relationship between creep strain and time.

5. 結言

本研究では、雰囲気温度が40°C、60°C、80°Cの計3水準の曲げクリープ試験を実施し、各温度におけるPU-GFRTPのクリープ特性を評価した。その結果、試作したPU-GFRTP は80°Cまでの温度雰囲気下であれば、十分な耐クリープ性を有していることが確認できた。

参考文献

- 1) 平山紀夫, 西田裕文, 杉田勇史, 鶴澤潔, 山田欣範, 竹川淳, 強化プラスチック, Vol.66, No.11(2020), pp.519-526.
- 2) 宮野靖, 笠森正人, 平桜康晴, 日本複合材料学会誌, Vol.19, No.1(1993), pp20-25.