

RTM 成形による現場重合型 CFRTP の機械的特性の評価

日大生産工(院) ○杉田 勇史 日大生産工 平山 紀夫
金沢工業大 西田 裕文

1 緒言

近年, 自動車の燃費規制は日米欧だけでなく新興国でも強化の動きが進んでいる¹⁾. そのため, 自動車等の軽量化による燃費向上への取り組みが世界規模で行われている. 軽量化を図る1つの手法として, 比強度・比剛性に優れる炭素繊維強化樹脂 (CFRP) の適用事例が増えている. また, 最近では, 現場重合型熱可塑性樹脂をマトリックスとする炭素繊維強化熱可塑性樹脂 (CFRTP) の機械的特性に関する研究が活発に行われている²⁾.

しかしながら, 様々な種類の現場重合型熱可塑性樹脂をマトリックスとする CFRTP の材料特性を比較・評価した研究は行われていない. そこで本研究では, 自動車部材への適用を想定した数種類の現場重合型 CFRTP を RTM 成形により作製し, 静的及び動的曲げ試験を行った. その試験より得られた機械的特性について報告する.

2 供試体

2.1 マトリックス樹脂と強化材

FRTP のマトリックス樹脂として ϵ -カプロラクタムを重合させることによりできるポリアミド 6 (以下, PA6) とポリウレタン (第一工業製薬, H-6FP01) (以下, PU) を使用した.

一方, 強化材である炭素繊維には, 織り密度が縦 12.5/25mm, 横 12.5/25mm で厚さ 0.22mm の綾織炭素繊維織物 (東レ(株), C06347B) を使用し, 炭素繊維の表面剤が樹脂の重合阻害や接着不良を引き起こさないよう, 成形前に繊維をアセトンで洗浄し表面剤の除去を行った.

以上のマトリックス樹脂と強化材を使用し, PA6 をマトリックスとする CFRTP (以下, PA6-CFRTP) と PU をマトリックスとする CFRTP (以下, PU-CFRTP) を作成した.

2.2 成形方法

現場重合型熱可塑性樹脂は, 水分の影響により, 樹脂の重合阻害が発生する. そのため, CFRTP 板の成形には, 水分管理が可能で, 比較的簡便な真空ポンプシステムにより樹脂が注入できる VaRTM 法を用いた (Fig.1). 予め所定の温度に加熱した金型に繊維を積層し, 真空ポンプを用いて金型内部を減圧した. 樹脂は, 型内の圧力と大気圧の差を用いて注入し, 炭素繊維織物に含浸させた. 炭素繊維織物の積層枚数は 11 ply とし, 成形品の板厚は 3 mm とした.

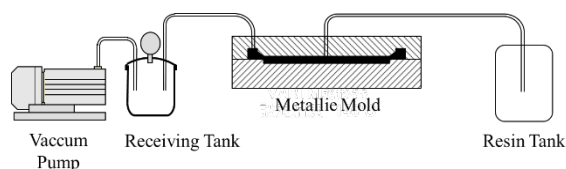


Fig.1 Schematic drawing of VaRTM system

3 試験方法

3.1 静的 3 点曲げ試験

静的曲げ特性は JIS K 7074 を参考に評価した. 板厚 3mm の成形品から全長 140mm, 幅 15mm の短冊形に切り出したものを試験体とし, 支点間距離は 120mm とした. 試験機は万能試験機 (島津, AG-25TB) を使用し, 試験速度は 8mm/min で行った.

3.2 動的 3 点曲げ試験

動的曲げ特性は JIS K 7084 を参考に評価した. 板厚 3mm の成形品から全長 120mm, 幅 10mm の短冊形に切り出したものを試験体とし, 支点間距離は 100mm とした. 試験機は自由落下式衝撃試験 (株式会社米倉製作所) を用いた. ひずみは支点間距離の中心部に貼り付けた 5mm のひずみゲージにより測定し, 試験荷重は治具内部に設置してあるロードセルにより測定した.

Mechanical Properties of In-Situ Polymerization CFRTP with RTM Molding

Tsuyoshi SUGITA, Norio HIRAYAMA and Hirofumi NISIDA

4 試験結果

4.1 静的曲げ特性

PA6-CFRTP 及び PU-CFRTP の静的及び動的試験により得られた曲げ強度、弾性係数、破断ひずみをまとめて Table 1 に示す。また、静的試験の応力-ひずみ線図を Fig.2 に示す。この図から明らかなように、PU-CFRTP は PA6-CFRTP に比べ、弾性係数はほぼ同じであるが、曲げ強度は 30%程度低く、破断ひずみは 17%程度低い。

また、静的試験後の PU-CFRTP の破断面を Fig.4 に示す。この図より明らかなように、PU-CFRTP は引張側で破壊する前に圧縮側で座屈が起こり破壊したことが確認できる。一般的に、FRP の曲げ試験では引張側からき裂が進展し破壊するが、引張側で破壊する以前に圧縮側で破壊したため PU-CFRTP の曲げ強度及び破断ひずみは PA6-CFRTP に比べ低い値を示したと推測する。

4.2 動的曲げ特性

動的試験により得られた PA6-CFRTP 及び PU-CFRTP の動的な応力-ひずみ線図を Fig.3 に示す。この図から明らかなように、動的曲げ特性においても PU-CFRTP に比べ PA6-CFRTP の方が優れていることが確認された。また、Table 1 より PA6-CFRTP, PU-CFRTP 共に、静的特性と比較して動的曲げ強度及び弾性係数が高くなっていることも確認できる。

5 結言

現場重合型熱可塑性樹脂である PA6 と PU をマトリックスとする CFRTP の静的及び動的領域での曲げ特性の評価を行い、以下の結論を得た。

- 1) 静的曲げ試験の結果から、PU-CFRTP は PA6-CFRTP よりも静的特性が低いことが確認された。PU は圧縮側で破壊したため、と推測できる。
- 2) 動的曲げ試験の結果から、PU-CFRTP は PA6-CFRTP よりも動的特性が低いことが確認された。
- 3) 動的曲げ試験において、PA6-CFRTP, PU-CFRTP 共に、静的特性と比較して動的曲げ強度及び弾性係数が高くなることが確認された。

「参考文献」

- 1) 西野浩介, 世界で強化される自動車燃費規制とその影響
- 2) 中村幸一, 平山紀夫, 西田裕文, 現場重合型ポリアミド6をマトリックスとする FRTP の機械的特性, 日本複合材料学会誌, 35, 5 (2009), 195-202

Table 1 Mechanical properties of CFRTP

		PA6-CFRTP		PU-CFRTP	
		Static	Dynamic	Static	Dynamic
Bending strength	MPa	555	666	387	510
Modulus	GPa	38.7	49.3	38.0	41.0
Fracture strain	%	1.55	1.58	1.28	1.40

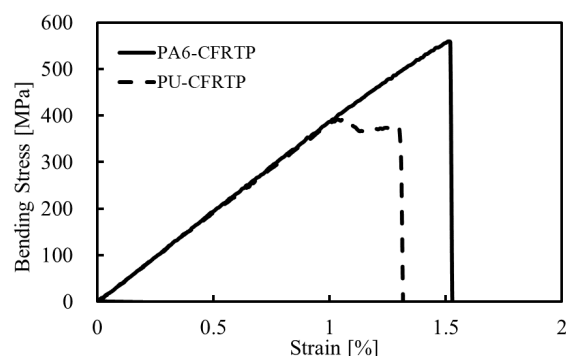


Fig.2 Stress-strain curve of static bending test

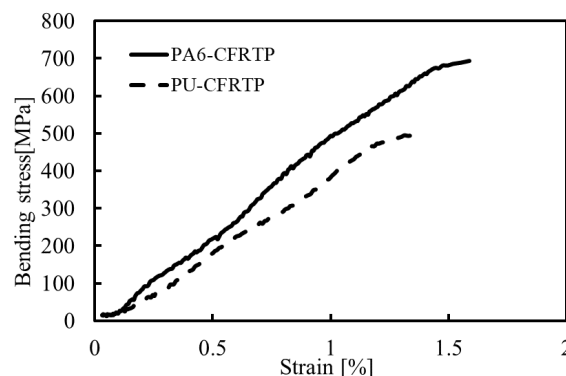


Fig.3 Stress-strain curve of dynamic bending test

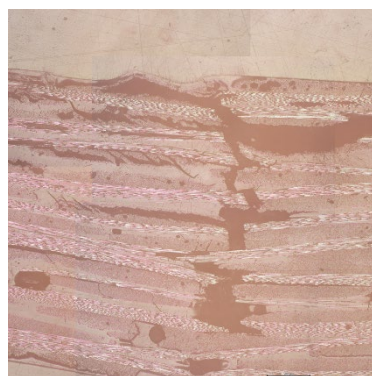


Fig.4 Fracture surface of PU-CFRTP after static bending test