

高速成型用 FRP 及び FRTP の曲げ特性評価

日大生産工(院) ○石田 亘 日大生産工 邊 吾一
日大生産工 坂田 憲泰

1. 緒言

繊維強化プラスチック(FRP)は、軽量化を目的とした金属代替材料として幅広い分野で使用されている。FRP のマトリックスである熱硬化性樹脂は、いったん硬化すると分子が架橋構造をとり、加熱しても再熔融することができないため、リサイクルやリユースが困難である。一方、熱可塑性樹脂をマトリックスとした繊維強化熱可塑性プラスチック(FRTP)は、架橋構造を持たない直鎖状の高分子マトリックスであるため、加熱により再熔融を行うことができ、二次賦型が可能である。そのため、リサイクルやリユースが可能となり、環境負荷の少ない材料として自動車部材への応用が検討されている。

本研究では、幅広い分野で FRTP を適用するためにガラス繊維とカーボン繊維の層間ハイブリッド材を補強材とし、マトリックスとして現場重合型ポリアミド 6 を用いたハイブリッド FRTP (以下、HFRTTP) を成形するとともに最近開発された速硬化型エポキシ樹脂をマトリックスとしたハイブリッド FRP (以下、HFRP) を成形し、両者の曲げ特性を比較した結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 供試体

本研究で使用した現場重合型ポリアミド 6 は、アニオン重合触媒として ϵ -カプロラクタム・ナトリウム塩、

重合活性剤としてヘキサメチレンジイソシアネートをそれぞれ用いて、モノマーの ϵ -カプロラクタムを重合させることによって得た。重合時のモノマー融液の粘度は 110℃で 3~4 mPa・s と低く、ゲル化時間は 1 分以内であった。エポキシには、速硬化型エポキシ樹脂(憐ナガセケムテックス, HICY-11)を用い、主剤と硬化剤を 100 : 20 の割合で混合することにより得た。混合後の粘度は、40℃で 750 mPa・s, 60℃で 130 mPa・s となっており、ゲル化時間は約 6 分であった。強化繊維には、ガラス繊維織物(WEA22F-BX)と炭素繊維織物 CO6347B)を用いた。ガラス繊維織物は、織り密度が縦 20 本/25 mm, 横 20 本/ 25mm の平織クロスで、目付け質量は 215 g/m², 厚さは 0.21 mm である。炭素繊維織物は、織り密度が縦 12.5 本/25 mm, 横 12.5 本/25 mm の綾織クロスで、目付け質量は 198 g/m², 厚さは 0.22 mm である。

2.2 成型

ϵ -カプロラクタムのアニオン触媒は、空気中の水分により触媒能が失活し、重合が阻害される可能性がある。そのため成形は、密閉された型内で行うため、水分管理が可能で、比較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(Fig.1)を用いた^{1),2)}。HFRTTP の成形では、成形を開始する前に、金型を 140℃に加熱し、真空ポンプを用いて金型内部を大気圧から -90kPa 減圧を行った。次に、乾燥機で原料 A(主剤+活性剤)と原料 B(主剤+促進剤)を 110℃に加熱し、

Evaluation of flexural properties of FRP and FRTP for high speed fabrication

Wataru ISHIDA, Goichi BEN and Kazuhiro SAKATA

溶融を行った。溶融後、原料 A と原料 B を素早く混合してモノマー融液とし、140℃に加熱した金型内部へ注入した。成形後の HFRTTP は内側に平織ガラスクロス を 10 ply、外側に綾織炭素繊維クロス を 2 ply ずつ用いた計 14 ply で構成された対称積層材で、板厚が 3 mm、 V_f は平均で 42 % となった。HFRP は HFRTTP と同じ積層構成、成形工程とし、金型温度と樹脂温度のみ、それぞれ 80℃ と 50℃ に変更した。 V_f は HFRTTP と同じ 42 % となった。両成形品ともボイドやひけ等の不良は観察されなかったが、速硬化型エポキシの方が現場重合型ポリアミド 6 より粘度が高いため、樹脂の含浸領域は HFRP の方が小さくなった。

2.3 3 点曲げ試験

成形した HFRTTP と HFRP の曲げ特性を評価するために、JIS K 7017 に準じて 3 点曲げ試験を行った。試験片寸法は、厚さ $t=3$ (mm)、幅 $b=15$ (mm)、長さ $l=100$ (mm) で、支点間距離は 80 (mm) とし、試験片本数は各 5 本とした。

3. 実験結果

Fig.2 に代表的な HFRTTP と HFRP の応力-ひずみ線図を比較した結果を示す。HFRTTP の曲げ強度の平均値 (594 MPa) は、HFRP の曲げ強度の平均値 (597 MPa) と概ね一致した。一方、HFRTTP の破断ひずみの平均値 (1.68 %) は、HFRP の破断ひずみの平均値 (1.57 %) より大きくなり、HFRTTP が高いエネルギー吸収性を有していることが確認された。HFRP では、圧縮側の CFRP 層が破壊した直後に引張側の CFRP 層が破壊し、試験片全体の破壊となった。一方、HFRTTP では圧縮側の CFRTP 層が破壊した後、応力は急激に低下するが、現場重合型ポリアミド 6 の方が速硬化型エポキシ樹脂より破壊じん性値が高いため、HFRP のように試験片の全体破壊には至らなかったと考えられる。圧縮側の CFRTP 層の破壊後、GFRTTP 層と引張側の CFRTP 層で耐荷するため剛性は低下し、最終的に引張側の CFRTP

層での破壊となった。

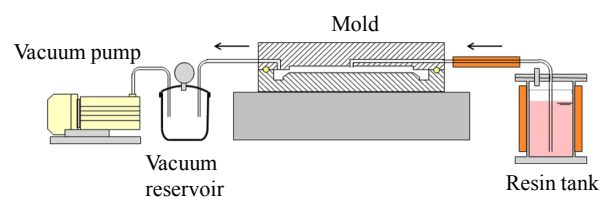


Fig.1 Schematic view of VaRTM.

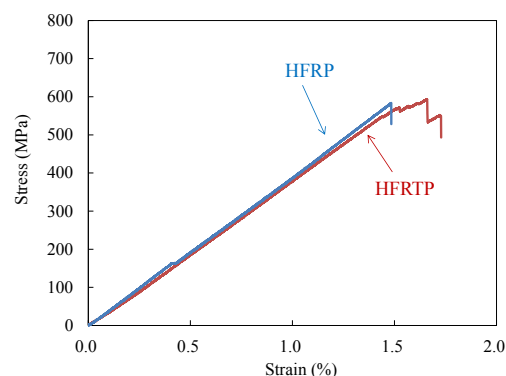


Fig.2 Comparison between the HFRTTP and the HFRP specimens on stress-strain curves.

4. 結言

- (1) 現場重合型ポリアミド 6 のゲル化時間は 1 分以内、速硬化型エポキシ樹脂のゲル化時間は約 6 分となり、現場重合型ポリアミド 6 は速硬化型エポキシ樹脂に比べ短時間で成形が可能なが確認された。
- (2) HFRTTP の曲げ強さは HFRP と概ね一致したが、破断ひずみは HFRTTP の方が大きくなり、HFRTTP が高いエネルギー吸収性を有していることが確認された。

参考文献

- 1) K.SAKATA, G.BEN and H.NISHIDA : Comparison of mechanical properties between FRTTP using in-situ polymerizing ϵ -caprolactam and FRP using fast curable epoxy resin, Proceedings of the 19th international conference on composite materials, 2013(Canada), USB.
- 2) 邊吾一, 大関輝, 他 5 名 : カーボン織物と現場重合熱可塑性樹脂を用いた CFRTP の機械的特性と成形条件, 日本複合材料学会誌, 39, 4(2013), 127-134.