

熱可塑性エポキシ樹脂を用いた中間材料の開発

日大生産工(院) 梶 大地 日大生産工 平山 紀夫
金沢工業大学 西田 裕文

1 緒言

近年、CO₂排出の低減や燃費向上を目的とする自動車や航空機の軽量化の必要性から比強度、比剛性に優れた炭素繊維強化プラスチックの研究が盛んに行われている¹⁾。

最近では一般的な熱硬化性エポキシ樹脂と同等の機械的特性を持ちながら、直鎖上に重合する熱可塑性エポキシ樹脂が開発され、この樹脂を母材とする炭素繊維強化熱可塑性プラスチック (CFRTP) の研究が活発に行われている^{2),3)}。しかしながら、その成形はHLU法(Hand Lay Up method)による手作業で行うため生産性が低く、一定の品質の成形品を得ることが難しいのが現状である。

そこで、本研究では、この熱可塑性エポキシ樹脂を使用した CFRTP の生産性の向上及び品質の安定化を目的としたシート状の中間材料(プリプレグ)の開発を行い、そのプリプレグを用いて成形した CFRTP (以下、P-CFRTP) の機械的特性を評価した。また HLU 法によって成形した CFRTP (以下、H-CFRTP) も同様の試験を行い、機械的特性の比較を行った。

2 供試体

母材樹脂にはナガセケムテックス(株)製の熱可塑性エポキシ樹脂を使用し、強化繊維に東レ(株)製の平織炭素繊維織物CO6343を使用した。

初めに110℃のオイルバス内で主剤と硬化剤を混合した直後の熱可塑性エポキシ樹脂をステンレス製の容器に空け、空冷させてエポキシ樹脂オリゴマーを作製した。そして、作製したエポキシ樹脂オリゴマーを粉砕機用いてパウダー状にした。得られた熱可塑性エポキシ樹脂のパウダーを予めフィルム上に積層してある平織炭素繊維織物に120℃のホットプレートを用いて加熱・含侵させてプリプレグを作製した。このプリプレグを任意の枚数積層し、熱

プレスにより樹脂の重合を再開させP-CFRTPを成形した。

またH-CFRTPは、同様の樹脂を空冷させずに予めフィルム上に積層してある平織炭素繊維織物に手作業で含侵させ、熱プレスにより成形した。

3 実験方法

3. 1 曲げ試験

成形したP-CFRTPとH-CFRTPの機械的特性を評価するために、JIS K 7074に準じた曲げ試験を行った。成形品から長さ100mm、幅15mmの短冊型に切り出したものを試験体とし、支点間距離は80mmとした。試験機はオートグラフ(島津, AG-25TB)を用い、試験速度は5mm/minで実施した。

3. 2 断面観察

成形品内部のボイドの残存状態を評価するために、曲げ試験を行った試験体に対し、光学顕微鏡による断面観察を行った。

4 実験結果

4. 1 曲げ試験

曲げ試験により得られた曲げ強度、破断ひずみ、曲げ弾性係数を Table 1 に示す。また曲げ試験により得られた代表的な応力-ひずみ線図を Fig.1 に示す。Fig.1 に示すようにP-CFRTP は H-CFRTP と比較すると、曲げ強度及び破断ひずみが低い値となった。また、P-CFRTP には負荷応力が増加するにつれ、連続した破折音が発生していることを確認した。このことから、試験片内部で部分的な破壊が生じていることが考えられ、それらの破壊が破断の起点となり、H-CFRTP よりも低い応力で破断に至ったと予想される。

4. 2 断面観察

光学顕微鏡による断面観察の結果の一部を Fig.2 に示す。Fig.2 (a)の P-CFRTP は Fig.2 (b)の H-CFRTP と比較すると、繊維束にまで

Development of intermediate material using thermoplastic epoxy resin

Daichi KAJI, Norio HIRAYAMA and Hirohumi NISHIDA

樹脂が含浸していることが確認された。

その一方、H-CFRTPの繊維束にはボイド残存していることが確認された。H-CFRTPは、炭素繊維織物を必要枚数積層させた後、ローラーを用いてまとめて含浸させるのに対し、P-CFRTPは炭素繊維織物一枚ごとにローラーによる含浸を行ったプリプレグを用いて成形しているため、繊維束まで含浸したと予想される。

しかし、Fig.2 (a)に示すようにP-CFRTPには層間にクラックが発生していることがわかる。曲げ試験時の破折音はこのクラックによるものと考えられる。このクラックの発生原因としてP-CFRTPの母材樹脂の分子量が低いことが考えられる。

そこで、両CFRTPに対し、重量平均分子量(Mw)の計測を行った。計測の結果、P-CFRTPの分子量は約60000、H-CFRTPの分子量は約130000であり、P-CFRTPの分子量はH-CFRTPの分子量の約半分程度の値であった。このことから、P-CFRTPはH-CFRTPと比較して、脆性的であり、クラックが生じやすく、曲げ試験において破断ひずみが低くなったと考えられる。

5 結言

熱可塑性エポキシ樹脂を使用して作製したプリプレグを用いて成形したP-CFRTP及びハンドレイアップ法によるH-CFRTPに対し曲げ試験、断面観察を行い、以下の知見を得た。

- 1) 曲げ試験においてP-CFRTPは破断ひずみが低く、H-CFRTPと比較して曲げ特性が低いことが確認された。
- 2) 断面観察においてP-CFRTPはH-CFRTPと比較して繊維束まで含浸していることが確認された。しかし、P-CFRTPの分子量は低く、層間にクラックが発生してしまっていることが確認された。
- 3) 今後の課題として、P-CFRTPの分子量を伸ばすこと及びプリプレグの連続生産が挙げられる。

<参考文献>

- 1) 須賀 康雄, PAN系炭素繊維の現状と将来, 第30回複合材料セミナー, (2017).
- 2) 平山紀夫, 友光直樹, 西田裕文, 菅克司, 熱溶融エポキシ樹脂を使用したFRPの開発, 強化プラスチック, 50, 12, 2004, p519-524

- 3) 西田裕文, 熱可塑性エポキシ樹脂及びそれを用いた連続繊維強化熱可塑性プラスチックの開発, 日本接着学会誌, 51, 12, 2015, p 516-523

Table 1 Bending test results.

Specimen	Bending strength [MPa]	Failure strain [%]	Young's modulus [GPa]
P-CFRTP	584	1.49	46.2
H-CFRTP	660	1.56	46.2

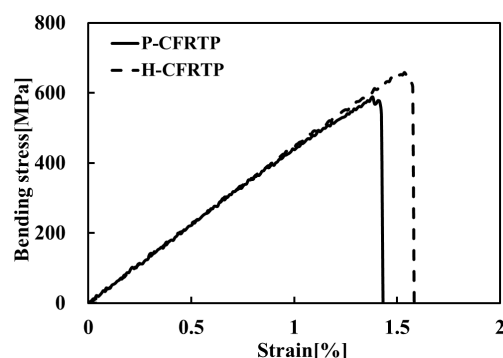
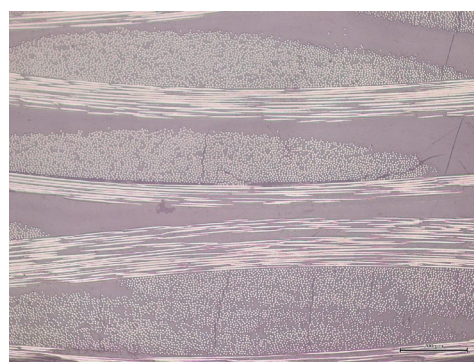
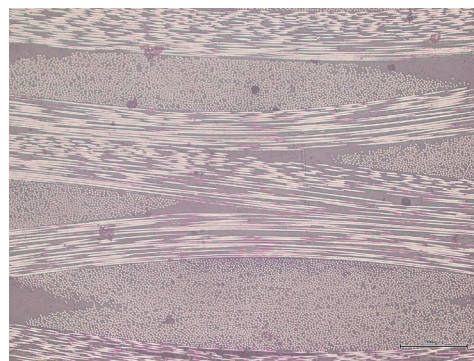


Fig.1 Stress-strain curve of P-CFRTP and H-CFRTP.



(a) P-CFRTP



(b) H-CFRTP

Fig.2 Cross section of P-CFRTP and H-CFRTP after fracture.