

熱可塑性エポキシ樹脂を用いた FRTP の衝撃特性

日大生産工(院) ○上田 翔也
日大生産工 平山 紀夫

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車体の軽量化の必要性から金属材料の代替品として、複合材料である繊維強化プラスチックの研究が盛んに行われている¹⁾。

繊維強化プラスチックを自動車材料に適用させる場合、衝突時に大変形が生じるため、耐衝撃特性の優れる材料を選定する必要がある。最近では、一般的に使用される熱硬化性樹脂と同等の機械的特性を持ち、架橋構造を有さない直鎖状のポリマーである熱可塑性エポキシ樹脂が開発され、この樹脂をマトリックスとするFRTPの研究が活発に行われている^{2),3)}。

しかしながら、自動車の衝突時に問題となるような衝撃領域での機械的特性については十分な評価がされていない。そこで、本研究では、熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとするCFRTPの衝撃特性を評価した。また、従来から使用される熱硬化性エポキシ樹脂をマトリックスとしたCFRP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

供試体は、CFRTPはナガセケムテックス(株)製の熱可塑性エポキシ樹脂(XNR6850A)を予めフィルム上に積層してある平織炭素繊維織物に含浸させ、熱プレスにより成形して作成した。比較対象であるCFRPも同様に酸無水系の熱硬化性エポキシ樹脂を用いて、予めフィルム上に積層してある平織炭素繊維織物に含浸させ、熱プレスにより成形したものを作成した。

3. 試験方法

3.1 圧縮試験

圧縮試験はJIS K 7076に準じて静的及び衝撃圧縮特性を評価した。成形品から全長80mm、幅12mmの短冊型に切り出し、両端にタブを接着剤(住友スリーエム、DP-460)にて接着させたものを試験体とした。標点間部の表裏に1mmのひずみゲージを貼り付け、試験時に生じた表裏のひずみ量の平均値を圧縮ひずみとした。また、表裏のひずみ量から試験時に座屈が生じていないことも同時に確認した。試験荷重は、治具内部に設置して

あるロードセル(日計電測、LC-100KN)にて測定した。

静的試験はオートグラフ(島津、AG-25TB)を用い、試験速度1mm/minで実施した。ひずみ速度は試験速度を標点間距離で除して算出した。一方、衝撃試験は自由落下式衝撃試験機を用い、試験時には予め治具に付けておいた印を高速度カメラ(PhantomV7.1)で撮影し、画像解析ソフト(Motion Analyzer)を用いて変位を測定することで、ひずみ速度を算出した。試験荷重は、静的試験と同様に治具内部に設置してあるロードセルにより測定した。

3.2 曲げ試験

静的曲げ試験はJIS K7074に準じて静的曲げ特性を評価した。成形品から全長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。

衝撃曲げ試験はJIS K7084に準じて衝撃曲げ特性を評価した。成形品から全長120mm、幅10mmの短冊型に切り出したものを試験体とし、支点間距離を100mmとした。試験機は自由落下式衝撃試験機を用いた。試験荷重は治具に設置してあるロードセルにより測定した。

4. 試験結果

4.1 圧縮試験

試験により得られたひずみ速度と圧縮強度及び破断ひずみの関係をFig.1とFig.2に示す。Fig.1から明らかのようにCFRTP、CFRP共にひずみ速度の増加に伴い圧縮強度が増加する傾向を示した。一方、Fig.2より破断ひずみの場合、CFRPはほぼ横ばいであるのに対し、CFRTPは増加する傾向を示した。

以上の結果より、CFRTPはCFRPと比較して高いエネルギー吸収特性を有していることが考えられる。(1)式よりCFRTP及びCFRPのひずみエネルギーを算出し、エネルギー吸収特性を比較した。

$$u = \int_0^{\varepsilon_{\max}} \sigma d\varepsilon \quad (1)$$

算出したひずみエネルギーとひずみ速度の関係をFig.3に示す。Fig.3よりCFRPはひずみ速度の増

Impact properties of Fiber-Reinforced-Thermoplastic
using thermoplastic epoxy resin

Shoya UEDA and Norio HIRAYAMA

加に伴い、ひずみエネルギーが減少する傾向が見られるのに対し、CFRTPはひずみ速度の増加に伴い、ひずみエネルギーが増加することからCFRPより優れた衝撃特性を有していることが確認された。

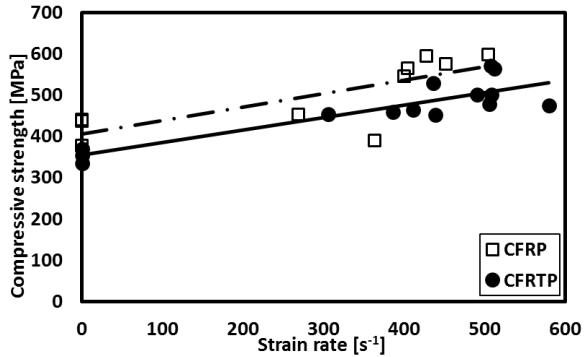


Fig.1 Relationship between compressive strength and strain rate of CFRTP and CFRP

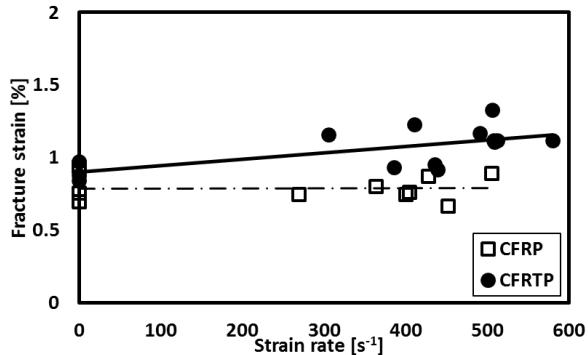


Fig.2 Relationship between fracture strain and strain rate of CFRTP and CFRP

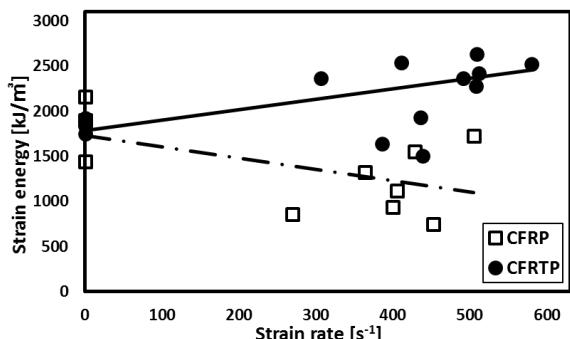
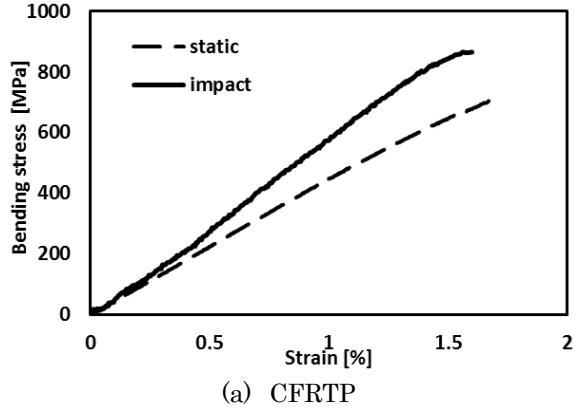


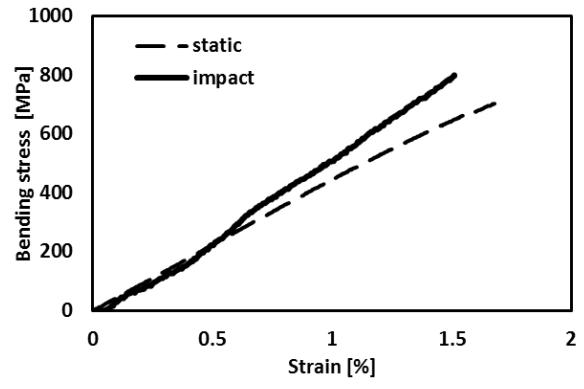
Fig.3 Relationship between strain energy and strain rate of CFRTP and CFRP

4.2 曲げ試験

試験により得られた代表的な応力-ひずみ線図を Fig.4 に示す。Fig.4 より CFRTP, CFRP 共に静的強度と比較して衝撃強度が高くなることがわかる。また、衝撃荷重により破壊をする際、CFRTP は引張側からの破壊であったのに対し、CFRP は層間剥離を伴う破壊となった。このことから熱可塑性エポキシ樹脂の破壊靭性値は熱硬化性エポキシ樹脂の破壊靭性値と比較して高いことが予想される。



(a) CFRTP



(b) CFRP

Fig.4 Stress-strain curve of CFRTP and CFRP for bending test

5. 結言

強化繊維に炭素繊維、母材樹脂に熱可塑性エポキシ樹脂及び熱硬化性エポキシ樹脂をマトリックスとしたCFRTP, CFRPの静的・衝撃下での圧縮試験及び三点曲げ試験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 圧縮試験において熱可塑性エポキシ樹脂を用いたCFRTPは衝撃域での破断ひずみが大きく、ひずみエネルギーが高いことから、CFRPと比較して衝撃特性に優れることが確認できた。
- 2) 衝撃三点曲げ試験ではCFRTP, CFRP共に静的特性と比較して強度が高くなることが確認された。また、CFRPは破壊時に層間剥離を伴い破壊することが確認された。

「参考文献」

- 1) 山藤家嗣, 炭素繊維の環境負荷性能とリサイクル, 土木学会平成20年度全国大会研究討論会, 2008, p.10-11
- 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, 強化プラスチックス, 50, 12, 2004, p.519-524
- 3) 谷口憲彦, 西脇剛史, 平山紀夫, 西田裕文, 川田宏之, 熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとする一方通行強化複合材料の衝撃引張り特性評価, 日本機械学会誌 (A編), 75, 758, 2009, p.1284-1289