

熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスに用いた FRTP の衝撃特性の評価

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 排出の低減を目的とする自動車軽量化やエネルギー消費の観点から金属材料の代替として複合材料に注目が集まっている¹⁾。複合材料を自動車部材に適用する場合、衝突時に大変形・衝撃破壊を起こすことを考慮する必要があり、衝撃特性が優れた材料を選択する必要がある。

最近では、架橋構造を有さない直線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した FRTP の衝撃引張り特性の研究が活発に行われている²⁾。この研究報告によれば、熱可塑性エポキシ樹脂は優れた衝撃特性を有していることが確認されている。しかし、自動車の衝突時に生じる衝撃圧縮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した CFRTTP ランダムシート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 ランダムシートの試験を行ない、機械的特性の比較検討を行なった。

2. 実験方法

2.1 供試体

CFRTTP はナガセケムテックス製の熱可塑性エポキシ樹脂を用いて、開繊させた炭素繊維をランダムに配置し、熱プレスにより成形したものを用いた。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、開繊させた炭素繊維をランダムに配置し、熱プレスにより成形したものを供試体とした。

CFRTTP 及び CFRP の成形品を図1、図2に示す。

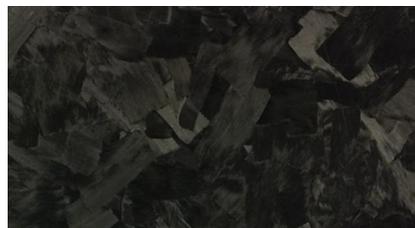


図1 CFRTTPランダムシート



図2 CFRPランダムシート

3. 圧縮試験

3.1 試験方法

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。試験片形状を図3に示す。各試験本数は3本とし、成形品から全長80mm、幅12mmの短冊型試験片に切り出し、両端にタブを接着剤（住友スリーエフ、DP-460）にて接着させた。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、治具内部に設置したロードセル（日計電測、LC-100KN）を用いて測定した。

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、衝撃試験は空圧式衝撃圧縮試験機を用い、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し、ひずみ速度を算出した。

Evaluating the Impact Properties of Fiber-Reinforced-Thermoplastic with Thermoplastic Epoxy Resin

Shoya UEDA, Norio HIRAYAMA

3.2 試験結果

各試験片の圧縮強度、圧縮弾性係数、破断ひずみを表1に、静的試験から得た応力-ひずみ線図を図4、衝撃試験から得た応力-ひずみ線図を図5に示す。表1から明らかなように静的試験では、圧縮弾性係数はCFRTPと比較してCFRPが約9%高い結果となり、圧縮強度はCFRTPとCFRPにほとんど差は見られなかった。しかしながら、破断ひずみはCFRTPがCFRPと比較して約22%高い結果となった。このことから、静的試験ではCFRTPがCFRPと比較してひずみエネルギーが高いことが予想される。また、衝撃試験においても初期立ち上がりはCFRTPよりもCFRPが高く、破断時の圧縮強度に関しては静的試験と同様にCFRTP、CFRPにほとんど差は見られず、破断ひずみに関しては、CFRTPが約14%高い結果となった。したがって、衝撃試験においてもCFRTPはCFRPと比較してひずみエネルギーが高いことが予想される。

そこで、次式より算出したひずみエネルギーを表2に示す。

$$u = \int_0^{\epsilon_{\max}} \sigma d\epsilon$$

静的試験では、CFRTPのひずみエネルギーがCFRPのひずみエネルギーと比較して約32%高い結果となった。衝撃試験でも同様に、CFRTPのひずみエネルギーがCFRPのひずみエネルギーより約7.1%高い結果となった。

4. 結言

ランダムに配向した炭素繊維と熱可塑性エポキシ樹脂及び熱硬化性エポキシ樹脂を用いたCFRTP、CFRPランダムシート of 静的・衝撃圧縮試験を行ない、以下の知見を得た。

- 1) 熱可塑性エポキシ樹脂を用いたCFRTPはCFRPと比較して静的及び衝撃試験の両方で圧縮強度に大きな差はないが、破断ひずみが大きくなり、ひずみエネルギーが高いことから衝撃特性の優位性が確認された。
- 2) CFRTP、CFRPともに静的試験に比較して衝撃試験では非線形挙動を示すことが確認された。

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) 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向繊維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

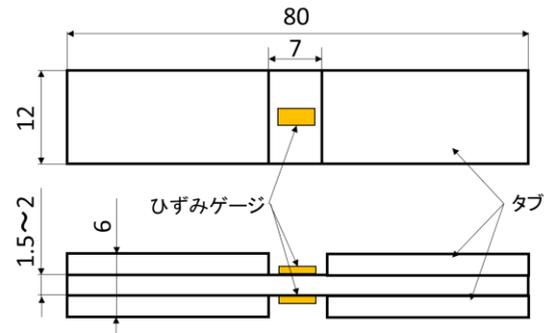


図3 試験片形状

表1 CFRTP及びCFRPの機械的特性

	CFRTP		CFRP	
	static	340s ⁻¹	static	340s ⁻¹
Compressive strength MPa	251	432	246	434
Young's modulus GPa	20.2	-	22.2	-
Fracture strain %	1.48	2.01	1.15	1.72

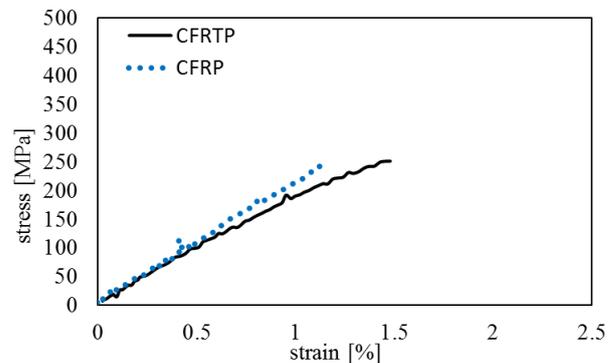


図4 静的試験の応力-ひずみ線図

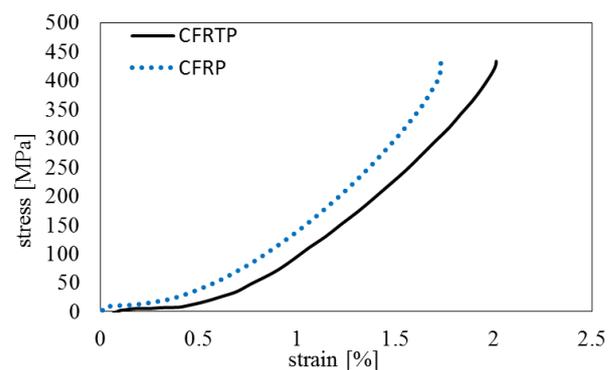


図5 衝撃試験の応力-ひずみ線図

表2 CFRTP及びCFRPのひずみエネルギー

	CFRTP		CFRP	
	static	340s ⁻¹	static	340s ⁻¹
Absorbed strain energy kJ/m ³	2069	2734	1414	2539