CF/GF ハイブリッド FRP の曲げ特性

日大生産工(院) 〇塚田 裕雅 日大生産工 坂田 憲泰

1. 緒言

繊維強化プラスチック (FRP) は航空宇宙分野を中心 に、自動車分野、スポーツ分野などで幅広く使用され ている. 強化材に炭素繊維(CF)を用いた炭素繊維強 化プラスチック (CFRP) は、金属材料と比較して比強 度と比弾性率に優れる.しかし、炭素繊維は生産性が 少なく、高価なため量産車への適用に向けては課題が ある.一方,ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の 強化材であるガラス繊維(GF)は、炭素繊維と比較す ると比強度と比弾性率は低くなるが, 生産量は多く, 機械的特性と価格のバランスが取れた材料である.ま た、強度に対してひずみ速度の依存性があり、高速領 域においては炭素繊維と同等の強度になることが報告 されている¹⁾. このように, FRPの強化材には一長一短 の特徴があるが、適用する部品の応力分布を考慮して 強化材を使用すれば,安価で高強度なハイブリッド FRPを成形することができる.本研究では,ハイブリッ ドFRPのマトリックス樹脂が曲げ特性と衝撃吸収エネ ルギーに与える影響を確認するために、汎用エポキシ 樹脂と高靱性エポキシ樹脂を用いてハイブリッドFRP を成形し、静的三点曲げ試験と衝撃三点曲げ試験を行 った結果について報告する.

2. 使用材料

本研究では、安価で高い曲げ特性と衝撃特性を有す るハイブリッドFRPを開発するために、厚さ方向に炭 素繊維層とガラス繊維層を積層する層間ハイブリッド FRPの成形を行った.上下の表面層には高強度で高弾 性率な炭素繊維織物を各2枚、コア層には安価で衝撃特 性に優れるガラス繊維織物を10枚用いた. 炭素繊維織 物は綾織で,縦糸織密度が12.5本/25mm,横糸織密度が 12.5本/25mmで、1枚の厚さが0.22mm、目付質量は 198g/m²となっている. ガラス繊維織物は平織で, 縦糸 織密度が19本/25mm, 横糸織密度が18本/25mmで, 1枚 の厚さが0.21mm, 目付質量は200g/m²となっている. マ トリックス樹脂には、一般的なエポキシ樹脂(ナガセ ケムテックス)と高靭性型エポキシ樹脂(ナガセケム テックス)を用いた.両エポキシ樹脂の引張試験にお ける応力 - ひずみ線図を図1に示すが, 高靱性エポキシ 樹脂はひずみ5%においても未破断だったため、線図は 5%までの結果となっている.

3. 成形方法

CF/GFハイブリッドFRPの成形には、繊維への樹脂含 浸が比較的容易に行うことができ、少量の副資材で成 形が可能な図2のVaRTM法を用いた.はじめに,あらか じめ切断しておいた炭素繊維織物を下側の成形型上に 2枚置き,その上にガラス繊維織物を10枚,炭素繊維織 物を2枚置いた.次に,金型をマトリックス樹脂の硬化 温度(汎用エポキシ樹脂:85℃,高靭性エポキシ樹脂: 95℃)まで昇温し,金型内部を真空ポンプで60kPaまで 減圧した.樹脂の注入口は中央一箇所,吸引口は端部 に一箇所とした.硬化時間は汎用エポキシ樹脂が4時間, 高靱性エポキシ樹脂が50分である.



図1 マトリックス樹脂の応力-ひずみ線図



図2 VaRTM 法の概要

4. 実験方法

4.1 静的三点曲げ試験

静的三点曲げ試験はJIS K 7071に準じて行った. 試験 片の寸法は,幅15 mm,長さ100 mmで,支点間距離80 mm,厚さ3 mmとなっている. 試験片本数は各5本とした.

4.2 衝撃三点曲げ試験

衝撃三点曲げ試験には自由落下式の衝撃曲げ試験機 を用い,JIS K7084に準じて行った,試験片の寸法は幅 10 mm,厚さ3 mm,長さ100 mmで,支点間距離80 mm 厚さ3 mmとなっている.試験片本数は各5本とした.落 錘子の質量は2.5 kgで,落下高さは1mとした.ひずみは 試験片の下部に取り付けたひずみゲージで測定し,荷 重は試験片支持部に内蔵されているロードセルで測定 した.破壊様相の観察は高速度カメラ(Phantom VEO 710S,ノビテック)で行い,サンプルレートは9500fps

Bending properties of CF/GF Hybrid FRP Yuga TSUKADA,Kazuhiro SAKATA とした.また,吸収エネルギーは応力-ひずみ線図の面 積を積分することで求めた.

5. 実験結果

5.1 静的三点曲げ試験

静的三点曲げ試験の代表的な応力-ひずみ線図を図3 に示す.初期の傾きは高靭性エポキシ樹脂をマトリッ クスとするハイブリッドFRP(T-HFRP)の方が汎用エ ポキシ樹脂をマトリックスとするハイブリッドFRP (N-HFRP)より小さくなっているが、これはFig.1のマ トリックス樹脂の弾性率の影響と考えられる.T-HFRP とN-HFRPの試験終了後の側面写真を図4に示す.T-HFRPとN-HFRPの破壊箇所は同じで、両者とも引張側 のCFRPとなった.そのため、両ハイブリッドFRPの最 大曲げ応力に差が生じなかったと考えられる.





5.2 衝撃三点曲げ試験

衝撃三点曲げ試験の代表的な応力-ひずみ線図を図5 に、高速度カメラで撮影したT-HFRPとN-HFRPの破壊 様相を図6に示す.また、T-HFRPとN-HFRPの吸収エネ ルギーの比較を図7に示す.T-HFRPは引張側のCFRPで の破壊となったのに対し、N-HFRPでは圧縮側での層間 はく離を伴う破壊となった.そのため、最大曲げ応力 はT-HFRPの方が高くなり、吸収エネルギーもT-HFRP の方が15%高くなったと考えられる.

6. 結言

汎用エポキシと高靭性エポキシ樹脂を用いたCF/GF ハイブリッドFRPの静的三点曲げ試験と衝撃三点曲げ 試験を行った結果,静的三点曲げ試験では両者に明確 な差を確認することができなかった.一方,衝撃三点 曲げ試験においては,汎用エポキシ樹脂と高靭性エポ キシ樹脂を用いたCF/GFハイブリッドFRPで破壊形態 に差が生じ,高靭性エポキシ樹脂を用いた方がエネル ギー吸収量が大きくなることが確認できた.



図5 応力-ひずみ線図



(a) T-HFRP



(b) N-HFRP

図6 衝撃三点曲げ試験における破壊様相



参考文献

 谷口憲彦,荒尾与史彦,西脇剛史,平山紀夫,中 村幸一,川田宏之,ガラス繊維の衝撃引張り特性 に関する実験的検討,日本複合材料学会誌,38, 4,137-143 (2012)

謝 辞

末筆ながら、本研究の遂行にご協力とご助言をいただ いたナガセケムテックス株式会社の高馬俊浩様と若松 洋輔様に深く感謝の意を表します.