

# プレス成形技術・接合技術を活用した CFRP 製品の開発 (第1報)

仙石倫章\*、西垣康広\*、山田孝弘\*

Development of CFRP products utilizing press-forming technology and joining technology (I)

SENGOKU Tomoaki\*, NISHIGAKI Yasuhiro\* and YAMADA Takahiro\*

炭素繊維複合材料(以下、「CFRP」と表記)は軽量化部材として、様々な業界で製品化に向けた研究開発が行われているが、用途によって、材料コスト削減や更なる軽量化が求められている。そこで本研究では、CFRPの一部を軽量で安価なコア材と呼ばれる中間材料に置き換える CFRP サンドイッチ材の利用を検討した。本研究では、ナイロン6(以下、「PA6」と表記)をマトリックス樹脂に用いた CFRP をスキン材とし、PA6をマトリックス樹脂に用いたガラス繊維複合材料(以下、「GFRP」と表記)をコア材としたサンドイッチ材に着目した。ダイヤフラム成形による平板形状と曲面形状の成形を行い、CFRP サンドイッチ材の成形性を評価した。また、3点曲げ試験により物性評価を行い、X線CT観察により内部構造を観察した。

## 1. はじめに

軽量、高強度、高剛性等の特長をもつ CFRP は、金属材料の代替材料として様々な分野で開発が行われている。県内のプラスチック製造業からは安く CFRP 製品を作りたいという要望が多いが、製品化には生産性の低さや材料コストが高い等の課題がある。そこで、我々は CFRP の一部を安価で軽量の発泡体をコア材と呼ばれる中間材料に置き換える CFRP サンドイッチ材に着目し、これまでに CFRP と PET 発泡体による CFRP サンドイッチ材の成形条件の検討と物性評価を行ってきた<sup>1)</sup>。

本研究では、更なる成形サイクルの向上を目的とし、PET 発泡体よりもプレス成形時の賦形性が良く、圧縮強度が高い材料である、PA6 とガラス繊維による複合材料をコア材に使用した。スキン材には PA6 と炭素繊維織物による複合材料を使用し、ダイヤフラム成形機によるプレス成形条件の検討を行った。また、成形した CFRP サンドイッチ材について、3点曲げ試験による物性評価と X線CTによる内部構造観察を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 実験

### 2.1 材料

本研究で使用した材料を図1に示す。CFRP サンドイッチ材のスキン材には、炭素繊維クロスと PA6 の複合材料である CFRP 板(Bond-Laminates 製、TEPEX 202、0.25mm 厚)を用い、コア材にガラスの短繊維と PA6 の複合材料である GFRP 板(Bond-Laminates 製、TEPEX flowcore 102、2mm 厚)を用いた。

### 2.2 ダイヤフラム成形

CFRP サンドイッチ材はダイヤフラム成形機(Ring 製

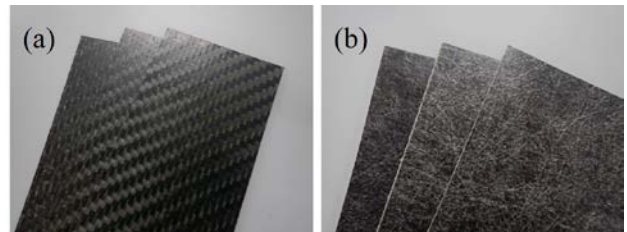


図1 材料:(a) TEPEX 202,0.25mm 厚,(b) TEPEX flowcore 102,2mm 厚

MEMBRA6)にて成形した。サンドイッチ材をシリコンゴムシートで挟みこみ、IR オープン(ヤマト製、DIR631)で250℃に予備加熱した。ダイヤフラム成形機の加圧力は0.5MPa、冷却時間は60秒とし平板形状用金型または、曲面形状用金型にて予備加熱したサンドイッチ材を成形した。金型はIR オープンで80℃に予備加熱した。

### 2.3 3点曲げ試験

成形した平板の CFRP サンドイッチ材を100×15mmに切り出して、万能試験機(Instron 製、5985型)により3点曲げ試験を行った。試験に使用した支点、圧子の半径はそれぞれ5mm、支点間距離は80mm、試験速度は4mm/minとし、試験片が破壊するまでの荷重と変位を測定し、破壊挙動を観察した。

### 2.4 X線CTによる内部構造観察

成形した CFRP サンドイッチ材は、マイクロフォーカス X線CT(東芝 IT コントロールシステム製、TOSCANER-32300μFD)と、解析ソフト(ポリウムグラフィック製、VGSTUDIO MAX)により内部構造観察を行った。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 ダイヤフラム成形

CFRP サンドイッチ材の成形結果を図2に示す。予備

\* 次世代技術部

加熱温度 250℃、プレス加圧力 0.5MPa、金型温度 80℃、冷却時間 60 秒の成形条件において、平板形状の成形品も曲面形状の成形品も表面に光沢があり良好であった。成形不良の場合は、スキン材とコア材が剥離しスキン材が浮き上がるが、本成形条件ではそのような剥離は観察されなかった。

### 3. 2 曲げ応力および曲げ弾性率

3点曲げ試験結果から算出した CFRP サンドイッチ材と、TEPEX flowcore 102 (以下フローコアと表記) 単体の曲げ応力を図 3 に示す。曲げ応力は 404.17MPa (CFRP サンドイッチ材)、294.18MPa (フローコア) であった。3点曲げ試験結果から算出した CFRP サンドイッチ材とフローコアの曲げ弾性率を図 4 に示す。曲げ弾性率は 29.95GPa (CFRP サンドイッチ材)、15.19GPa (フローコア) であった。CFRP サンドイッチ材はフローコア単体と比較すると曲げ応力が 1.4 倍となり、曲げ弾性率が 2.0 倍になることがわかった。

3点曲げ試験後の CFRP サンドイッチ材の破壊様相を目視観察すると、引張応力がかかるスキン材が破壊し、コア材は破壊していなかったため、スキン材の引張破壊が支配的であることがわかった。

### 3. 3 X線CTによる内部構造観察

ダイヤフラム成形した CFRP サンドイッチ材の X線 CT 断面画像を図 5 に示す。スキン材とコア材の接合界面は良好であることがわかった。サンドイッチ材のスキン材内部にはボイドが観察されなかった。また、コア材の内部にも大きなボイドは観察されず、内部構造は良好であった。

## 4. まとめ

PA6 をマトリックス樹脂に用いた CFRP をスキン材に、PA6 をマトリックス樹脂に用いた GFRP をコア材とした CFRP サンドイッチ材について、ダイヤフラム成形により平板形状と、曲面形状を良好に成形することができた。X線 CT による内部構造観察により、スキン材とコア材の接合界面も良好であった。

3点曲げ試験により CFRP サンドイッチ材はフローコア単体と比較すると曲げ応力が 1.4 倍に、曲げ弾性率が 2.0 倍になることがわかった。

### 【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学工学部の仲井教授に、ご指導・ご助言いただきましたことに深く感謝いたします。

### 【参考文献】

- 1) 仙石ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.1, pp73-74,2020
- 2) 仙石ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.2, pp75-76,2021

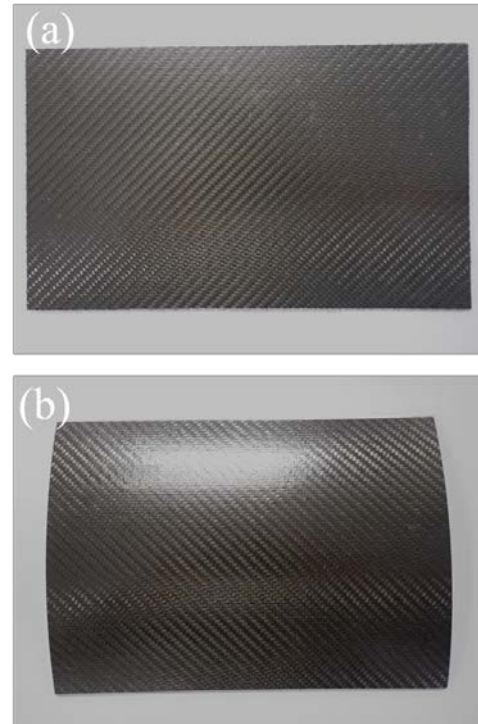


図 2 ダイヤフラム成形品 (a): 平板形状, (b): 曲面形状

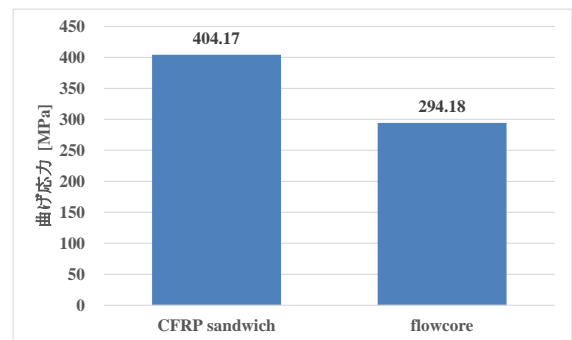


図 3 CFRP サンドイッチ材とフローコアの曲げ応力

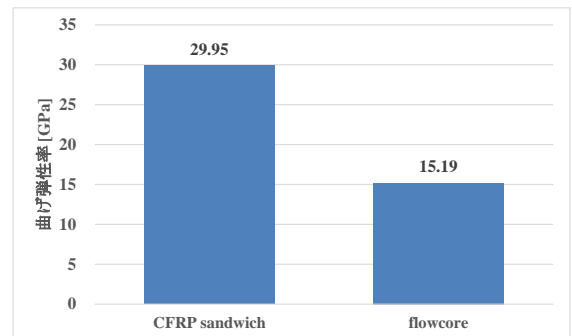


図 4 CFRP サンドイッチ材とフローコアの曲げ弾性率

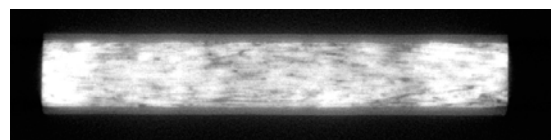


図 5 CFRP サンドイッチ材の X線 CT 断面画像