

# プレス成形技術・接合技術を活用した CFRP 製品の開発（第2報）

栗田貴明\*、西垣康広\*、山田孝弘\*

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

KURITA Takaaki\*, 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進められているが、材料コストの削減、生産性の向上、更なる軽量化が課題となっている。そこで本研究では、安価で軽量、生産性の高い CFRP サンドイッチ材に着目し、作製方法を検討した。熱硬化性 CFRP を用いた CFRP サンドイッチ材をオートクレーブ成形法と熱プレス成形法でそれぞれ作製し、3点曲げ試験による物性評価を行った。その結果、熱プレス成形品とオートクレーブ成形品において、曲げ強度が同程度の CFRP サンドイッチ材を作製できた。

### 1. はじめに

CFRP は、軽量、高強度、高剛性といった特徴を有することから、様々な業界で製品化に向けた研究開発が進められている。しかしその一方で、製品化の生産性の低さや材料コストが高いといった課題がある。生産性の向上という点においては、脱オートクレーブ成形を目指す動きが盛んであり、オートクレーブ成形法に代わる成形法の開発が進められている。

当センターでは、これまでに CFRP と PET 発泡体から成る CFRP サンドイッチ材をオートクレーブ成形で作製し、成形条件の検討と物性評価を行ってきた。<sup>1)2)</sup>

本研究では、熱硬化性 CFRP を用いた CFRP サンドイッチ材を熱プレス成形で作製することを検討し、脱オートクレーブ化による生産性の向上を目的とした。スキン材には熱硬化性 CFRP、コア材には PET 発泡体を使用した。熱プレス成形を用いることで、熱硬化性 CFRP の内部にボイドが発生することによる強度の低下が懸念されるため、オートクレーブ成形と熱プレス成形で作製したサンドイッチ材について、3点曲げ試験による物性評価を行い、曲げ強度の比較を行った。また、X線CTにより内部構造観察を行った。

### 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、炭素繊維クロスとエポキシ樹脂の複合材料である熱硬化性 CFRP プリプレグ（三菱ケミカル製、TR3523 381GMX）を用い、コア材には PET 発泡体（3A Composites 製、AIREX T92.60）を用いた。コア材の厚みは 5mm、CFRP プリプレグの積層数は 2 ply

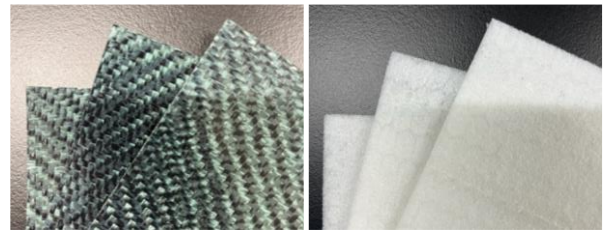


図1 CFRP サンドイッチ材用の材料：(a)CFRP プリプレグ、(b)PET 発泡体

(0.4mm) とし、成形法の違いによる強度の比較を行うため、次の2種類の CFRP サンドイッチ材を作製した。

- I. オートクレーブ成形品（CFRP / AIREX / CFRP）  
（以下、CFRP サンドイッチ材Iと表記）
- II. 熱プレス成形品（CFRP / AIREX / CFRP）  
（以下、CFRP サンドイッチ材IIと表記）

#### 2.2 3点曲げ試験

成形した CFRP サンドイッチ材を 100×15 mm に切り出した後、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および圧子の半径はそれぞれ 5 mm、支点間距離は 80 mm、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。

#### 2.3 X線CTによる内部構造観察

CFRP サンドイッチ材I、IIを、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）により内部構造を測定し、解析ソフト（ボリュームグラフィック製、VGSTUDIO MAX）を用いて内部構造評価を行った。

\* 次世代技術部

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 曲げ強度および曲げ弾性率

3点曲げ試験結果から算出したそれぞれのCFRPサンドイッチ材の曲げ強度を図2に示す。CFRPサンドイッチ材I、IIの曲げ強度はそれぞれ13.95 MPa、19.64 MPaとなった。CFRPサンドイッチ材IIの方が、CFRPサンドイッチ材Iよりも曲げ強度が高いことが分かった。これは、CFRPサンドイッチ材Iの作製においてオートクレーブ成形時に、コア材が長時間高温に晒され、コア材が熱により劣化したためだと考えられる。

次にCFRPサンドイッチ材の曲げ弾性率を図3に示す。CFRPサンドイッチ材IIの曲げ弾性率がCFRPサンドイッチ材Iの約1.1倍であることから、熱プレス成形を用いてもオートクレーブ成形と同程度の物性を有するCFRPサンドイッチ材が作製可能なことが分かった。

#### 3.2 曲げ試験における破壊挙動

3点曲げ試験結果後のCFRPサンドイッチ材IおよびIIの側面写真を図4にそれぞれ示す。図4(a)(b)から、CFRPサンドイッチ材Iはコア材の破壊が確認され、CFRPサンドイッチ材IIはスキン材に亀裂が生じており、スキン材の破壊が確認された。この結果から、CFRPサンドイッチ材IとIIでは破壊モードが異なることが分かった。これは、前述したように、オートクレーブ成形時におけるコア材の熱劣化が原因だと考えられる。このコア材の劣化については、低温硬化タイプのCFRPプリプレグを使用することでオートクレーブ成形時の成形温度を下げることで改善が可能である。

#### 3.3 X線CTによる内部構造観察

CFRPサンドイッチ材IおよびCFRPサンドイッチ材IIのX線CT断面画像を図5に示す。どちらにもスキン材内部にボイドが発生していることが分かった。これは、コア材の変形を抑制するために、成形圧力を下げたため、スキン材への圧力が不十分であったことが原因だと考えられる。このボイドの発生を抑制することで、曲げ強度の向上が期待できる。

### 4. まとめ

CFRPサンドイッチ材の生産性向上を目指し、熱プレス成形により熱硬化性CFRPとPET発泡体を用いたサンドイッチ材の作製を行った。その結果、オートクレーブ成形したCFRPサンドイッチ材と同程度の曲げ強度を有するCFRPサンドイッチ材を作製することができた。スキン材内部にボイドが発生するという課題が残っているため、今後検討していく。

#### 【参考文献】

- 1) 仙石ら,岐阜県工業技術研究所研究報告 No.7, pp55-58,2019
- 2) 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

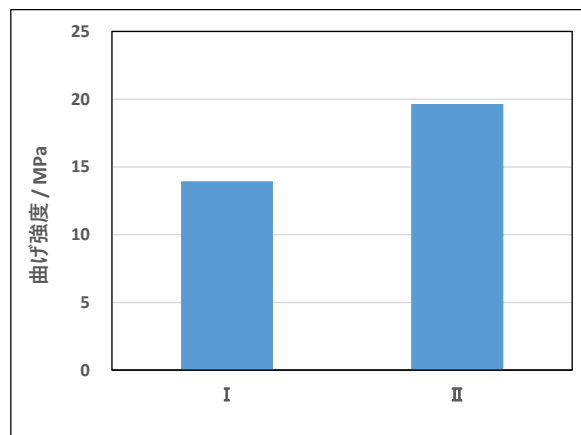


図2 CFRPサンドイッチ材の曲げ強度

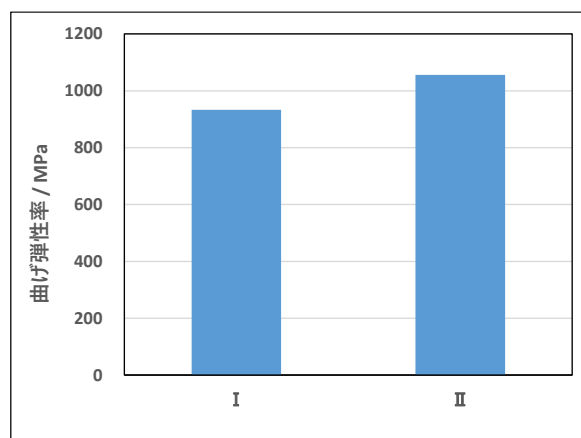


図3 CFRPサンドイッチ材の曲げ弾性率

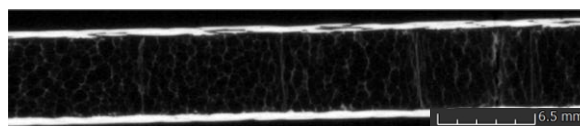


(a) CFRPサンドイッチ材I

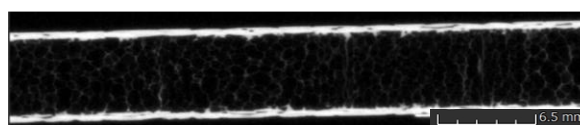


(b) CFRPサンドイッチ材II

図4 曲げ試験後の試験片側面写真



(a) CFRPサンドイッチ材I



(b) CFRPサンドイッチ材II

図5 CFRPサンドイッチ材のX線CT断面画像