

FRP サンドイッチ材の成形技術に関する研究（第3報）

仙石倫章*、西垣康広*、山田孝弘*

Study of the forming technique of Fiber Reinforced Plastic sandwich panels (III)

SENGOKU Tomoaki*, NISHIGAKI Yasuhiro* and YAMADA Takahiro*

繊維強化プラスチック（以下、「FRP」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、FRP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FRP サンドイッチ材の利用を検討した。本年度は、ポリプロピレン（以下、「PP」と表記）をマトリックス樹脂に用いたFRPをスキン材とし、ポリエチレンテレフタレート（以下、「PET」と表記）発泡体をコア材としたサンドイッチ材に着目した。スキン材とコア材の界面接合強度を向上させるため、スキン材とコア材の界面にPPフィルムを挿入することを検討し、4点曲げ試験とX線CT観察により評価した。

1. はじめに

FRPは軽量化部材として、多様な製品に利用されている。特に、炭素繊維複合材料（以下、「CFRP」と表記）は、軽量・高強度な材料として、次世代自動車や航空機部品等に利用されている。しかしながら、材料コストの高さが普及の壁となっており、材料コストの削減が求められているとともに、更なる軽量化も要望されている。

そこで、本研究では、FRPの一部を安価で軽量なコア材と呼ばれる中間材料に置き換えるFRP サンドイッチ材に着目し、これまでに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¹⁾。

本年度は、更なる材料コストの削減と一般製品への展開を目指し、汎用樹脂であるPPをマトリックス樹脂として用いたFRP板をスキン材とし、PET発泡体をコア材としたサンドイッチ材の成形と物性評価を行なった。今回、スキン材とコア材の界面接合強度の向上を目的とし、PPフィルムを界面に挿入したFRP サンドイッチ材を熱プレス成形し、4点曲げ試験による物性評価、X線CTによる内部構造観察を実施したので、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。FRP サンドイッチ材のスキン材には、ガラス繊維クロスとPP樹脂の複合材料であるFRP板（Bond-Laminates製、TEPEX 104、0.25mm厚）を用い、コア材にはPET発泡体（3A Composites製、Airex T92.80、5mm厚）を用いた。また、FRP サンドイッチ材のコア材とスキン材の間にはPPフィルム（ヤマトエストラロン（株）製、PP耐候N、0.2mm厚）を挿入し、熱プレス（井元製作所製、IMC-1A46-A）

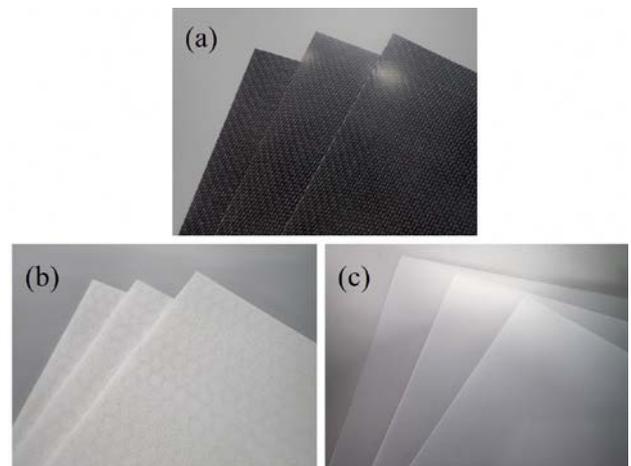


図1 材料：(a) TEPEX 104 0.25mm厚、(b) PET発泡体、(c) PPフィルム

成形を行い、板材を作製した。比較としてPPフィルムを挿入しないFRP サンドイッチ材も成形した。FRP サンドイッチ材の切断はダイヤモンドソー（ラクソー製、ME-400）を使用して所定のサイズに切断した。

2.2 4点曲げ試験

成形したFRP サンドイッチ材をそれぞれ260×15mmに切り出して、万能試験機（Instron製、5985型）により4点曲げ試験を行った。試験に使用した支点、圧子の半径は5mm、支点間距離は240mm、圧子間距離は80mm、試験速度は5mm/minとし、負荷部の局所破壊を防ぐため、圧子の下にシリコンゴムを挿入した。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

成形したFRP 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（ボリュームグラフィック製、VGSTUDIO MAX）により内部構造観察を行った。

* 次世代技術部

3. 結果及び考察

3.1 曲げ応力および曲げ弾性率

4点曲げ試験結果から算出したそれぞれの FRP サンドイッチ材の曲げ応力を図2に示す。曲げ応力は10.8MPa (PPフィルム無)、24.9MPa (PPフィルム有) となった。4点曲げ試験結果から算出したそれぞれの FRP サンドイッチ材の曲げ弾性率を図3に示す。曲げ弾性率は3.6GPa (PPフィルム無)、4.5GPa (PPフィルム有) となった。PPフィルムを挿入することで曲げ応力が2.3倍に、曲げ弾性率が1.3倍になることがわかった。

3.2 曲げ試験における破壊挙動

曲げ試験後の側面写真を図4に示す。PPフィルムを挿入していない FRP サンドイッチ材 (図4 (a)) はスキン材とコア材の界面で破壊していることがわかった。一方 PPフィルムを挿入した FRP サンドイッチ材 (図4 (b)) は、コア材の座屈により破壊していることがわかった。PPフィルムを挿入することで、FRP サンドイッチ材の界面の接合強度が向上したため、界面破壊ではなくコア材の圧縮破壊が起こったと考えられる。このため、FRP サンドイッチ材の更なる曲げ強度向上には、コア材の圧縮特性を向上させる必要があると考えられる。

3.3 X線CTによる内部構造観察

熱プレス成形した FRP サンドイッチ材の X線CT 写真を図5に示す。PPフィルムを挿入していない FRP サンドイッチ材 (図5 (a)) は、熔融したスキン材のマトリックス樹脂がコア材の表面孔にほとんど入り込んでいないことが観察できる。一方、PPフィルムを挿入した FRP サンドイッチ材 (図5 (b)) は、コア材とスキン材の界面全体において樹脂がコア材の表面孔に入り込んでいることがわかる。このことから、PPフィルムを挿入することで、十分な量の熔融した PP樹脂がコア材の表面孔に入り込み、アンカー効果により界面の接合強度が向上したと考えられる。

4. まとめ

PPをマトリックス樹脂とした FRP 板をスキン材に、PET発泡体をコア材に用いた FRP サンドイッチ材について、スキン材とコア材の界面に PPフィルムを挿入して熱プレス成形を行うと、スキン材とコア材の界面接合強度が向上し、曲げ応力は2.3倍になり、曲げ弾性率が1.3倍になった。また、曲げ試験の破壊挙動はスキン材とコア材の界面破壊からコア材の圧縮破壊が支配的となる事がわかった。

【謝辞】

本研究の一部は、一般財団法人越山科学技術振興財団の研究補助金により実施しました。また、岐阜大学工学部仲井教授、名合特任教授に、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。

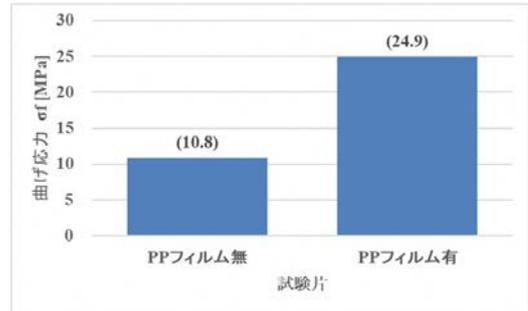


図2 各 FRP サンドイッチ材の曲げ応力

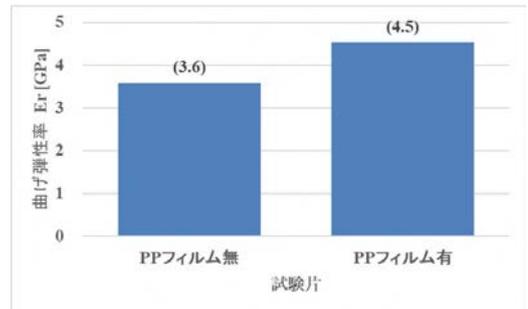


図3 各 FRP サンドイッチ材の曲げ弾性率



図4 曲げ試験後の側面写真

(a): PPフィルム無, (b): PPフィルム有

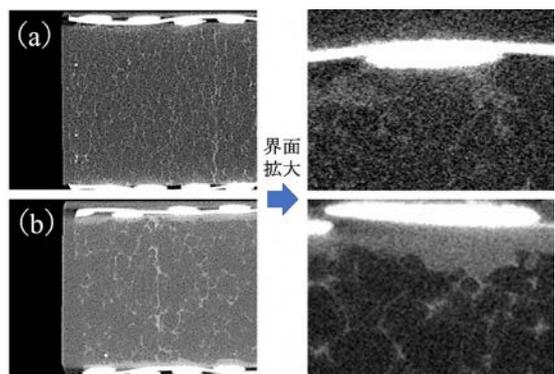


図5 X線CT写真

(a): PPフィルム無, (b): PPフィルム有

【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