

FRP サンドイッチ材の成形技術に関する研究 (第2報)

仙石倫章*、西垣康広*、山田孝弘*

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

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、様々な業界で製品に多用されるようになってきた。しかし、材料コストの高さが普及の壁となっており、CFRPが採用されている製品は、高付加価値が求められる一部のものに限定されている。そこで本研究では、CFRPの一部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た。材料コストが比較的安価なポリエチレンテレフタレート(以下、「PET」と表記)発泡体とCFRPを用いたCFRPサンドイッチ材の成形品について、3点曲げ試験と落錘衝撃試験を実施した。その結果、比剛性についてCFRP板と同等、衝撃後の損傷幅はCFRP板より半減することを確認した。

1. はじめに

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業界からは安価なCFRP製品を作りたいという要望が多いが、実際の製品に応用するには材料コストが高い等の課題がある。そのため、製品すべてをCFRPで作るのではなく、CFRPの一部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た。CFRPサンドイッチ材は、引張りや圧縮に強いスキン材で、せん断性のある軽量のコア材をはさんで一体化構造としたもので、大きな曲げ剛性が得られる。

本研究ではCFRPサンドイッチ材の材料コスト削減のため、コア材に比較的安価なPET発泡体を採用した。コア材にPET発泡体を用いた、CFRPサンドイッチ材成形技術の基礎研究として、これまでに温風ヒーター加熱を使用した手曲げ成形、サーボプレス成形、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。

本年度は、CFRPサンドイッチ材の評価技術の確立とデータの蓄積を目的とし、3点曲げ試験と落錘衝撃試験を実施したので、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。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 T92.80、Airex T92.100)を用いた。Airex T92.80とAirex T92.100の密度はそれぞれ 85kg/m^3 と 100kg/m^3 である。CFRP板はCFRPプリプレグを10Ply(2mm)積層し、CFRPサンドイッチ材は、

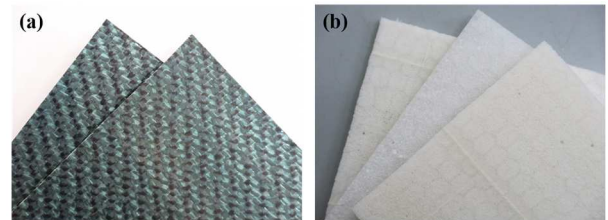


図1 材料:(a)CFRPプリプレグ、(b)PET発泡体

5mm厚のコア材(Airex T92.80またはAirex T92.100)の上下面にCFRPプリプレグを3Ply(0.6mm)ずつ積層しオートクレーブにて成形した(以下それぞれ「CFRP/T92.80」、「CFRP/T92.100」と表記)。CFRP板、CFRP/T92.80、CFRP/T92.100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 3点曲げ試験

成形したCFRP板とCFRPサンドイッチ材をそれぞれ $100\times 15\text{mm}$ 、 $260\times 25\text{mm}$ 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。圧子の半径は5mm、支点の半径は5mm、支点間距離は80mm(CFRP板)、240mm(CFRPサンドイッチ材)、試験速度は 2mm/min (CFRP板)、 5mm/min (CFRPサンドイッチ材)とし、試験片が破壊するまでの荷重と変位を測定した。

2.3 落錘衝撃試験

成形したCFRP板とCFRPサンドイッチ材を $150\times 100\text{mm}$ に切り出して、落錘衝撃試験機(Instron製、CEAST 9350型)により衝撃を加えた。 $\phi 16\text{mm}$ のインサートを使用し、与えたエネルギーは16.6Jとした。

2.4 超音波探傷試験

衝撃試験後の試験片について、超音波検査装置(日本クラウトクレマー製、SDS-Win6600R AM)により損傷幅を測定した。また、投影画像より、損傷の直径が最大となる所を損傷幅とした。

* 次世代技術部

3. 結果及び考察

3.1 比強度および比弾性率

3点曲げ試験結果から算出したそれぞれの材料の比強度を図2に、比弾性率を図3に示す。CFRP/T92.80、CFRP/T92.100の比強度は、CFRP板と比較すると、それぞれ1/4、1/3程度であった。比弾性率に関してはCFRP板とほぼ同等であることがわかった。

3.2 曲げ試験後の破壊様式

曲げ試験後の試験片の側面写真を図4に示す。CFRP/T92.80とCFRP/T92.100は共にコア材の座屈により破壊しており、スキン材とコア材の界面も破壊していることがわかった。コア材の座屈については、局所荷重が負荷されたことにより圧縮破壊が起こったと考えられる。また、スキン材とコア材の界面の破壊については、界面の層間強度が弱いことが原因と考えられる。これらの理由により、CFRP板よりも、CFRP/T92.80、CFRP/T92.100の比強度は低くなったと考えられる。

本研究によりコア材の圧縮強度と、スキン材とコア材の層間強度に課題がある事が判明したので、今後、コア材の圧縮強度、層間強度向上のための取り組みを実施していく予定である。

3.3 衝撃試験後の損傷幅

落錘衝撃試験後の損傷幅は、CFRP板が45mm、CFRP/T92.80が27mm、CFRP/T92.100が24mmであり、CFRPサンドイッチ材の損傷幅は、CFRP板の約半分程度であった。また、コア材の密度が大きいCFRP/T92.100の方が、コア材の密度の小さいCFRP/T92.80よりも損傷幅が小さくなることがわかった。

3.4 衝撃試験後の破壊様式

落錘衝撃試験後の試験片の表面写真を図5に示す。CFRP板は衝撃が材料の裏側まで到達しており、穴が貫通していたが、CFRP/T92.80は裏側まで損傷は到達していなかった。CFRP/T92.100もCFRP/T92.80と同様の表面状態であり、CFRPサンドイッチ材は高い耐衝撃性を有していることがわかった。

4. まとめ

PET発泡体をコア材に用いたCFRPサンドイッチ材について物性試験を行い、次の結果を得た。

1) 3点曲げ試験を行った結果、CFRP/T92.80とCFRP/T92.100の比強度は、CFRP板と比較するとそれぞれ、1/4と1/3程度であり、比弾性率はCFRP板と同等であることが分かった。また破壊様式により、今後の課題が判明した。

2) CFRP/T92.80とCFRP/T92.100の落錘衝撃試験後の損傷幅は、CFRP板の約半分程度であり、CFRP板単体より高い耐衝撃性を有していることがわかった。

今後はコア材の圧縮強度の向上、界面接合力の向上に取組み、成形品の評価を引続き実施し、技術移転を実施する予定である。

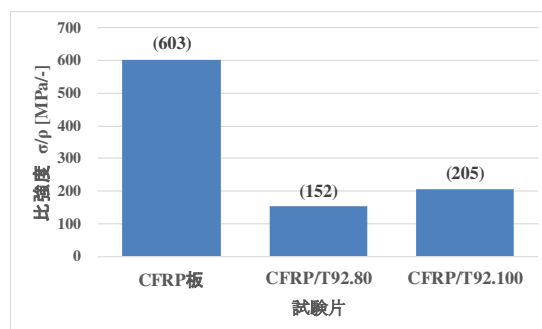


図2 各試験片の比強度

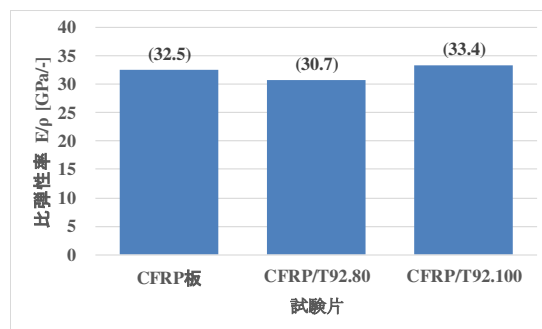


図3 各試験片の比弾性率

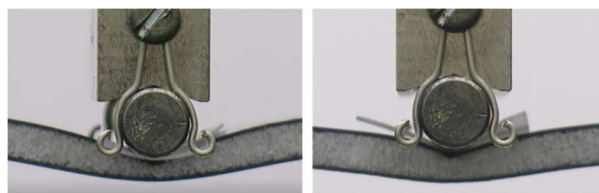


図4 曲げ試験後の側面写真

(a) : CFRP/T92.80, (b) : CFRP/T92.100

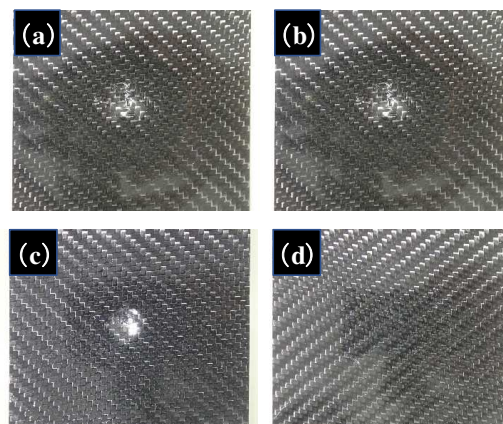


図5 衝撃試験後の試験片の表面写真

(a) : CFRP板表面, (b) : CFRP板裏面

(c) : CFRP/T92.80表面, (d) : CFRP/T92.80裏面

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、岐阜大学工学部仲井教授に、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,岐阜県工業技術研究所研究報告 No.7, pp55-58,2019