

現場重合型 PA6 を用いたサンドイッチ FRTP 材の開発

日大生産工（院）○佐々木 裕太郎

日大生産工

平山 紀夫

日大生産工 坂田 憲泰

1. 緒言

サンドイッチ材は、薄くて高強度な上下表面材を、軽量で板厚が厚い芯材で結合した構造で、軽量化が要求される航空機等に使用されている。熱可塑性樹脂をマトリックスとした繊維強化熱可塑性プラスチック (FRTP) は、熱硬化性樹脂をマトリックスとした繊維強化熱硬化性プラスチック (FRP) と比較して、二次加工性、衝撃特性に優れ、成形サイクルの短縮が可能のため、自動車産業をはじめとして幅広い分野で注目されている。本研究では、サンドイッチ材の表面材に現場重合型ポリアミド 6 (PA6) をマトリックスとしたガラス繊維強化熱可塑性プラスチック (GFRTTP)、芯材に熱可塑性発泡体を用いて、軽量で二次加工が可能なサンドイッチ材を一体成形し、曲げ特性を評価した結果について報告する。

2. サンドイッチ材の成形

2.1 表面材と芯材

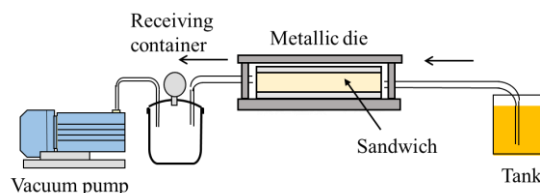
GFRTTP の強化材には平織のガラス繊維織物（日東紡績(株)製、WEA-22F）を用い、マトリックスには現場重合型 PA6 を用いた。このマトリックスは、モノマーの ϵ -カプロラクタムに重合触媒（原料 A）と重合活性剤（原料 B）を加熱溶解後、2 液を混合することで得られ、成形現場で重合が可能な熱可塑性樹脂である。芯材には厚さ 10 mm の Gurit® G-PET™ 135 を用いた。芯材の密度は 135 kg/m³、せん断弾性率

は 35 MPa、せん断強度は 1.19 MPa で、熱変形温度は 220℃となっている。なお、 ϵ -カプロラクタムの重合阻害を防止するために、芯材は成形前に表面処理を行っている。

2.2 成形方法

ϵ -カプロラクタムの触媒は、空気中の湿気により触媒能が失活し、重合が阻害される可能性があるため、成形は密閉された状態で行う必要がある。そのため、サンドイッチ材の成形にはフィルムで覆った基材に真空ポンプシステムで樹脂を注入、含浸させる Fig.1 のインフュージョンを用いた。

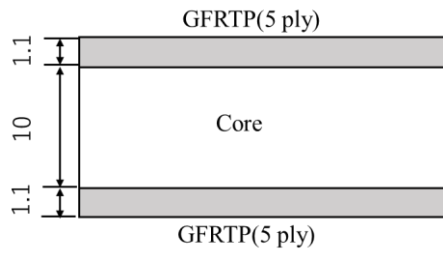
はじめに、250 mm×150 mm に切断したガラス繊維織物 10 枚と芯材を恒温炉内で 110℃、3 時間の条件で乾燥させた。次に、フィルム内で Fig.2(a)の構成となるようにガラス繊維織物と芯材を積層し、シーラントテープで密閉した。その後、ヒーターで 140℃に加熱された上下金型に密閉された基材を挟み、フィルム内を真空ポンプで 50 kPa まで減圧した。最後に、110℃で加熱溶解した原料 A と原料 B を素早く混合してフィルム内に注入した。成形後のサンドイッチ材を Fig.2(b)に示す。



Development of FRTP sandwich panel using *in-situ* polymerizing polyamide 6 as matrix

Yutaro SASAKI, Norio HIRAYAMA and Kazuhiro SAKATA

Fig.1 Schematic view of infusion



(a) Geometry and dimensions (unit:mm)



(b) Fabricated sandwich panel

Fig.2 Fabrication result of sandwich panel

3. 曲げ試験

3.1 試験方法

成形したサンドイッチ材の曲げ特性を評価するために ASTM393-62 を参考にして 3 点曲げ試験を行った。試験片のサイズは、幅 $b=35$ mm, 長さ $l=200$ mm, 標点間距離 $L=160$ mm で、試験片本数は 3 本とした。変位は標点間の中央に取付けたダイヤルゲージで測定し、試験速度は 4 mm/min で行った。なお、支点部での圧縮破壊を防止するために、支点部の表面材には 35 mm×20 mm×3 mm のゴムラバーをはりつけた。

3.2 試験結果および考察

Fig.3 に代表的な荷重—線図を示す。サンドイッチ材の最大荷重の平均値は 0.768 kN となり、全ての試験片で最大荷重時に芯材がせん断破壊した。その後、き裂が表面材と芯材の界面に進展し、荷重が徐々に低下する挙動を示した。また、Fig.3 には表面材と芯材の接着性を評価

するために、サンドイッチ材の最大たわみの理論値を計算した結果についても併記している。最大たわみの理論値は式 (1) を用いて計算した。右辺の第一項は曲げ変形によるたわみ、第二項はせん断変形によるたわみである。

$$\delta = \frac{PL^3}{48 \left(\frac{E_f b t_f t_c^2}{2} + E_f b t_f^2 t_c + \frac{2E_f b t_f^3}{3} \right)} + \frac{PL}{\frac{4bG_c(t_f + t_c)^2}{t_c}} \quad (1)$$

ここで、 E_f は表面材の弾性率、 G_c は芯材のせん断弾性率、 t_f と t_c は表面材と芯材の厚さを表す。荷重 0.3 kN までの線形領域内において、計算値と実験値には約 15%の差が生じた。今後、芯材の種類や表面処理等の試作実験を行い、理論値との差について検討を行う。

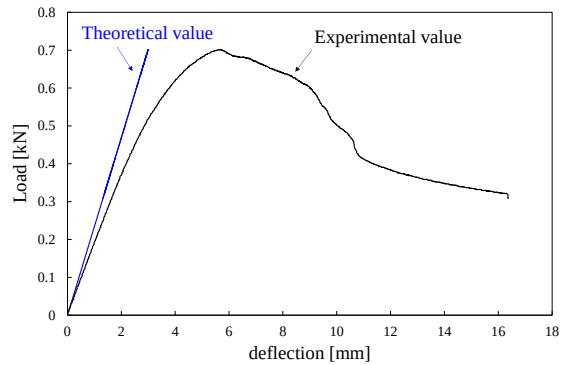


Fig.3 Load-deflection curves

4. 結言

- 1) 芯材に熱可塑性発泡体を、マトリックスに現場重合型 PA6 を用いて、一体成形型の GF RTP 製サンドイッチ材を成形することができた。
- 2) 3 点曲げ試験において、全ての試験片で破壊モードは芯材でのせん断破壊となった。一方、最大たわみの理論値と実験値は線形領域内で約 15%の差が生じたことから、表面材と芯材の接着性向上については、今後の課題となる。

参考文献

- 1) 中村幸一, 邊吾一, 平山紀夫, 西田裕文, 日本複合材料学会誌, 37, 5 (2011), 182-189.
- 2) 宮入裕夫, サンドイッチ構造, 養賢堂 (2008), 140-146.