

機械的物性制御が可能な炭素繊維強化プラスチック材料の開発

複合素材開発セクター

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は軽量高強度材料として、さまざまな分野で注目されています。多様な製品に応用していく中で、用途に応じた耐衝撃性強度、弾性率（弾性体の応力とひずみの比）に制御したいというニーズがあります。そこで、CFRPの層間に緩衝材をプリントすることで、物性を変化させる技術についてご紹介します。

1. プリント技術を用いた緩衝材入りCFRPの開発

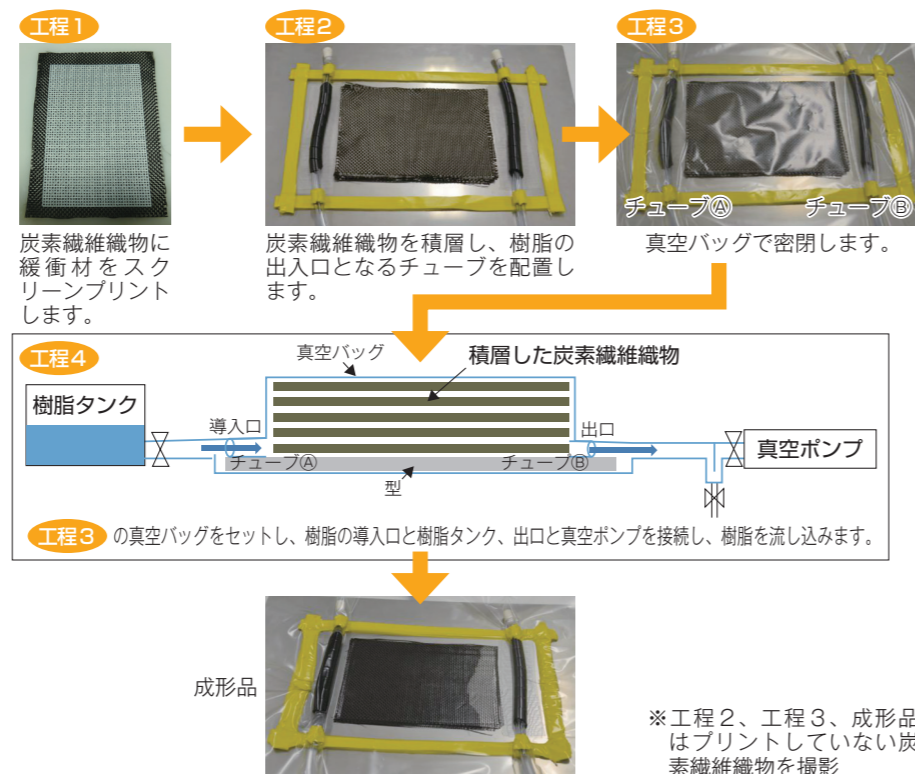
CFRPは軽量で、高強度、高弾性率を有することから、航空宇宙分野やスポーツ分野、福祉医療分野などに活用され、近年では、軽量化による燃費の向上などを目的として、自動車への適用についても注目されています。

さまざまな応用が期待されている中で、いくつか課題が知られています。例えば、テニスやバドミントンのラケットやゴルフシャフト、釣り竿などは、柔軟性やしなりが重要な要素となりますので、材料の弾性率を制御するさまざまな試みが行われています。また、ガラスのように変形することなく壊れてしまう脆性破壊が生じやすいという課題もあります。高弾性率、高強度を維持したまま、脆性破壊を抑制する手法は確立されていないのが現状です。

そこで、この研究では、脆性破壊を抑制し、用途に合った弾性率、強度のCFRP成形技術の開発を目的として、炭素繊維の積層間に緩衝材をスクリーンプリントし、弾性率・強度を変化させる技術に取り組みました。

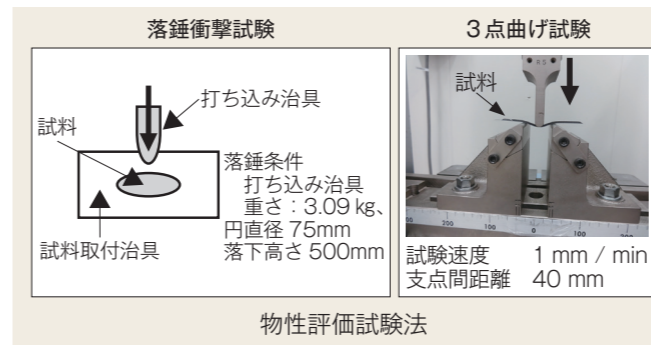
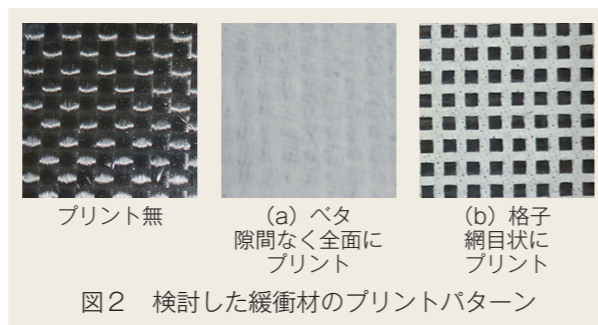
2. CFRPの成形

CFRPは炭素繊維の織物などのシートを積層して、樹脂で固め成形します。この研究では、炭素繊維織物は、3K（3,000本の繊維束）を用いた平織を使用しました。CFRPの成形法はさまざまありますが、ここでは、VaRTM：Vacuum Assisted Resin Transfer Molding法により成形しました。VaRTM法は、オートクレーブ法やホットプレス法のように大掛かりな設備が不要で、大型の成形品も製作可能な方法です。また、繊維含有率が高く、ボイド（気泡）の発生も抑えられるという特徴があります。樹脂は常温で硬化するエポキシを使用しました。



VaRTM成形法を図1に示します。

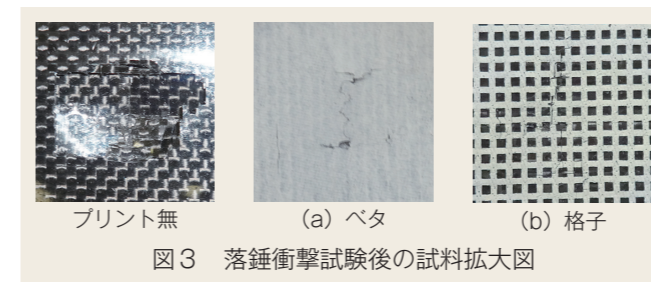
緩衝材は、スクリーンプリントが可能で、かつ柔軟性を有して衝撃吸収が期待できる水性アクリル樹脂を用いました。2種類のパターン（(a) ベタ（以下、(a)）と（b）格子（以下、(b)））で炭素繊維の織物表面にプリントしました（図2）。試料の物性評価は、右上に示す落錘衝撃試験、3点曲げ試験により行いました。



3. プリントパターンと物性変化

① 落錘衝撃試験による検証

プリント無、(a)、(b)の試料について、落錘衝撃試験後の試料写真を図3に示します。プリント無の試料では、表面が凹み、割れの発生が確認できましたが、緩衝材をプリントした試料（a）と（b）には凹みはなく、クラックが多少発生する程度となりました。このため緩衝材をCFRP表面にプリントすると耐衝撃性が向上し、割れが発生しにくくなるのが分かりました。



② 3点曲げ試験による検証

3点曲げ試験の結果、図4に示すように、緩衝材は（a）では曲げ弾性率、曲げ強度ともに大きく低下しましたが、（b）は、（a）よりも低下を抑えられることが明らかになりました。次に（b）について、緩衝材のプリント線間隔を狭くし、CFRP表面積における割合（緩衝材プリント面積/CFRP表面積）を変化させたときの曲げ弾性率と曲げ強度の関係を図5に示します。緩衝材プリント面積の割合が増加すると曲げ弾性率と曲げ強度が低下することが分かりました。

Key Point

CFRPの機械的物性の制御

CFRPは、炭素繊維織物やUD材（一方向に炭素繊維を並べたシート）を積層し、樹脂で含浸して成形します。その積層間に緩衝材をプリントすることにより耐衝撃性の向上や、曲げ弾性率や曲げ強度を変化させることが可能であることが分かりました。緩衝材はさまざまなパターンや塗布量・面積でプリントが可能であり、また、製品の一部分だけでも可能です。このため、部分的に弾性率を変化させたり、傾斜的に弾性率を変化させることができるかもしれません。

このことから、緩衝材のプリントパターンや面積を変えることにより、曲げ弾性率や曲げ強度を変化させることが可能であることが示唆されました。

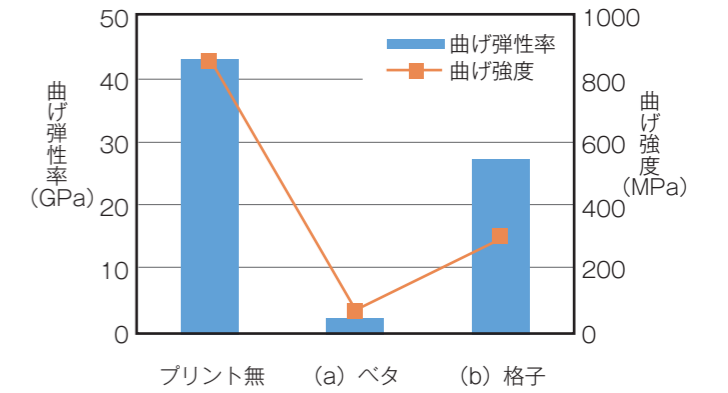


図4 プリントパターンにおける弾性率と強度

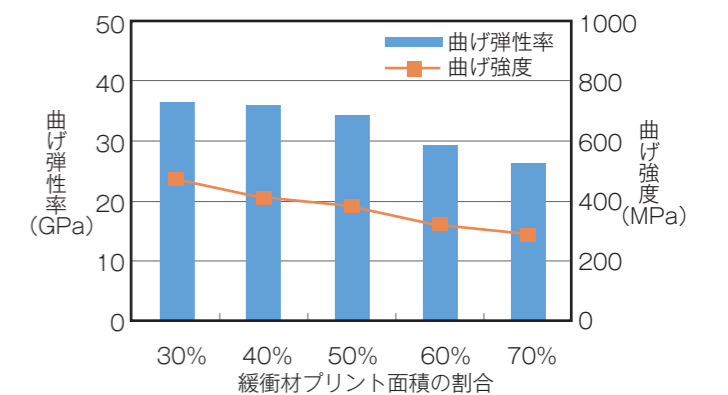


図5 プリント面積における弾性率と強度

4. 今後の応用展開

CFRPの表面に緩衝材をプリントし、部分的に塗布することで、目的に合った曲げ弾性率、曲げ強度のCFRP製品を成形することが期待できます。CFRP製品は、繊維配向により機械的特性を変化させることが可能ですが、この技術と合わせることで、用途に応じCFRP製品の性能向上が期待できます。（特願出願中）

