

薄層炭素繊維テープを用いた非連続炭素繊維強化 熱可塑性樹脂等方性シートの開発

奥村航* 木水貢* 廣崎憲一* 小田宗一郎** 唐澤俊暁** 澤田徳*** 石田応輔**** 鵜澤潔****

複雑形状をプレス成形加工することができ、かつ、屈曲部も強い成形品が得られる非連続炭素繊維と熱可塑性樹脂とを複合化した等方性シート(ランダムシート)の開発を目的とし、薄層の炭素繊維テープを積層したランダムシートの開発を行った。試作したランダムシートの力学的性質の試験をしたところ、引張強度は259 MPa、曲げ強度は458 MPaであり、各方向の平均値は全体平均値の±10%以内であることを確認した。また、ランダムシートをプレス成形加工して自動車のアンダーカバーを試作することで、複雑な製品形状を賦形できることを実証した。さらに、ロウソク形ドリルをランダムシートの穴開け加工に用いることで、初期段階から終了時までバリはほとんど顕在化せず、良好な加工状態が維持された。

キーワード: 熱可塑性炭素繊維強化プラスチック, 等方性, プレス成形加工

Development of Non-Continuous Carbon Fiber Reinforced Thermo-Plastics Isotropic Sheets made from Thin Carbon Fiber Chopped Tapes

Wataru OKUMURA, Mitsugu KIMIZU, Kenichi HIROSAKI, Soichiro ODA, Toshiaki KARASAWA, Isao SAWADA,
Ohsuke ISHIDA and Kiyoshi UZAWA

Non-continuous carbon fiber reinforced thermo-plastic isotropic sheets (random sheets) were developed from thin carbon fiber chopped tapes in order to be applied to a complex shape using press molding. Examination of the mechanical properties of the prototype random sheets through tensile strength tests and 3-point bending tests resulted in a tensile strength of 259 MPa and bending strength of 458 MPa. The mean values of both the tensile strength and bending strength in any one direction were within 10% of the overall mean value for each. Trial production of automobile undercovers was performed through the press molding of random sheets, demonstrating that they could be formed into complex shaped products. Furthermore, good machining condition was maintained without burr, through the use of a candle-shaped drill for random sheet hole processing.

Keywords: carbon fiber reinforced thermo-plastics, isotropic, press molding

1. 緒 言

近年、炭素繊維複合材料(CFRP)の量産化に向けた検討が行われており、成形時間を短縮できる熱可塑性樹脂を使ったCFRP(以下、熱可塑性CFRP)の開発が進められている。これは「スタンプابلシート」と呼ばれる熱可塑性CFRPシートをプレス成形加工することで、CFRP部品の成形時間を数時間から数分レベルにするという試みである。しかし、プレス成形加工での問題として、連続した炭素繊維を基材(例えば、織

物基材)とするスタンプابلシートでは、炭素繊維が伸びないため、賦形性に乏しくなり、複雑形状の成形品等の用途には展開しにくいのが現状である。

これに対し、炭素繊維束に熱可塑性樹脂を含浸した厚み100~300 μmの炭素繊維テープを任意の長さに裁断し、ランダム配向に敷き詰め、加熱・加圧・冷却することにより製造した非連続炭素繊維と熱可塑性樹脂とを複合化した等方性シート(以下、ランダムシート)が提案されている¹⁾。炭素繊維束が非連続であり、かつ、等方的に積層されているため、プレス成形加工での賦形性が良好となり、複雑形状の成形品に対応できることが特徴である。しかし、立体的な成形をした時の屈

*企画指導部 **サンコロナ小田(株)

*** (株)すぎはら ****金沢工業大学

曲部において炭素繊維の有無に関するばらつきが大きく、屈曲部における強度が保てない課題がある。これは、これまでランダムシートの基材に用いられてきた炭素繊維テープが厚いことが原因と考えられることから厚みをより薄くすることで改善できる可能性がある。

そこで本研究では、複雑形状をプレス成形加工することができ、かつ、屈曲部も強い成形品が得られるランダムシートの開発を目的とし、約50 μm の薄さの薄層炭素繊維テープを用いてランダムシートの試作を行い、力学的性質と等方性に関する評価を行った。また、複雑形状のプレス成形加工が可能であることを検証するため、プレス成形加工により自動車部品を試作した。さらに、一般的にプレス成形加工した後の製品は、穴開け加工等の後加工が行われるため、ランダムシートの後加工性の評価を行った。

2. 実 験

2. 1 ランダムシートの力学的性質評価

実験に供したランダムシートの製造過程を図1に示す。ナガセケムテックス(株)製熱可塑性エポキシ樹脂を含浸した薄層炭素繊維テープを切断した後、ランダムに散布し、それを金沢工業大学革新複合材料研究開発センター(ICC)のダブルベルトプレス(DBP)によって連続的に加熱・加圧・冷却することで長尺のランダムシートを得た。

力学的性質評価については、長さ28 mm、幅16 mm、厚み50 μm の薄層炭素繊維テープを用いて作製したランダムシートについて引張試験と三点曲げ試験を実施し、強度と等方性の評価を行った。

引張試験は、長さ200 mm、幅35 mm、厚さ2 mmの試料サイズでグリップ間距離を100 mmとし、23°Cの室温下、引張速度1.0 mm/minで行った。また、ランダムシートから引張試験用の試料を切り出す際、ランダムシートの任意の方向を0°と設定し、その方向からそれぞれ0°、45°、90°、135°の方向が試料の長尺になるように切り出し、等方性の評価に供した。



図1 ランダムシートの製造過程

三点曲げ試験は、長さ80 mm、幅35 mm、厚さ2 mmの試料サイズで支点間距離を64 mmとし、23°Cの室温下、曲げ速度3.4 mm/minで行った。引張試験と同様に、ランダムシートからそれぞれの方向に切り出し、等方性の評価に供した。

2. 2 プレス成形加工

薄層炭素繊維テープを用いて作製したランダムシートのプレス成形性を検証するため、3000kNの油圧プレスを用い、長さ約1 m、幅約0.5 mのランダムシートから自動車のアンダーカバーをプレス成形加工した。

プレス成形加工は、圧力保持時に型温を180°Cとし、所定の時間を経過後に70°Cまで冷却するヒートアンドクール法で行った。アンダーカバーの板厚はそれぞれ0.6, 1.0, 2.0 mmのものを試作し、目視検査で充填不良や光沢不良等が発生しないかを確認した。

2. 3 後加工性評価

後加工性評価として、穴開け加工試験を行った。ドリル工具は、図2に示す3種類のドリルを加工試験に供した。(a)は金属加工用の標準形ツイストドリルである。(b)は熱硬化性CFRP用の工具として開発されたダイヤモンドタイプのダブルアングルドリルである。また、(c)はFRP用ドリルとして用いられているロウソク形ドリルであり、ノンコートタイプである。工具直径はいずれも約5 mmである。試験に供したランダムシートは板厚3 mmとした。加工条件は、切削速度を80 mm/min、送り量を0.04 mm/rev、加工雰囲気は乾式と



図2 実験に供した3種のドリル工具

した。加工穴数は500までとし、加工穴の観察写真の撮影、および、切削抵抗(最大スラスト力)の測定を行った。

3. 結果と考察

3.1 ランダムシートの力学的性質評価

図3にそれぞれの方向における平均引張強度、図4にそれぞれの方向における平均曲げ強度を示す。いずれの図にも平均値を実線、±10%の値を破線で示した。引張強度において、全ての方向を加味した全体平均値は259 MPaであった。各方向の平均値は全体平均値の±10%以内であり、ランダムシートの引張強度に関して等方性であることを確認した。同様に、曲げ強度において、全ての方向を加味した全体平均値は458 MPaであり、各方向の平均値は全体平均値の±10%以内である。従って、ランダムシートの曲げ強度についても等方性であることを確認した。

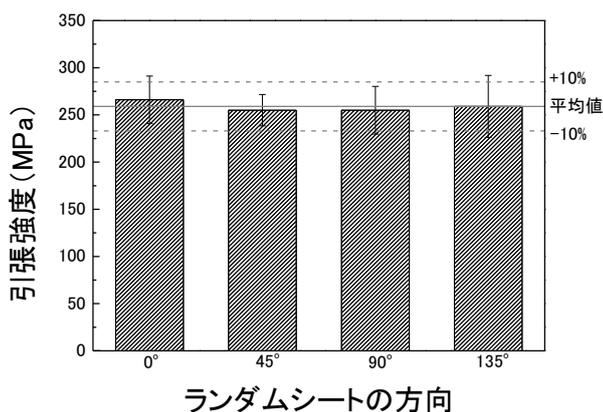


図3 ランダムシートの引張強度

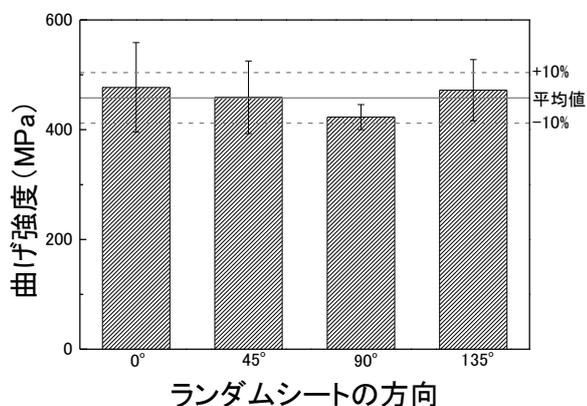


図4 ランダムシートの曲げ強度

3.2 プレス成形加工

図5にランダムシートをプレス成形加工して試作した自動車のアンダーカバーの外観を示す。また、図6に絞り形状部と段差形状部を示す。絞り形状や段差形状を持つ場合、炭素繊維や樹脂が充填せず、光沢不良を起こす場合があるが、いずれの板厚においても図6に示す様に充填不良や光沢不良が発生せず、設計通りの形状にプレス成形加工することができ、複雑な製品形状も賦形できることを実証した。



図5 ランダムシートから試作したアンダーカバー
上：表面、下：裏面



(a) 絞り形状部 (b) 段差形状部
図6 アンダーカバーの複雑形状部

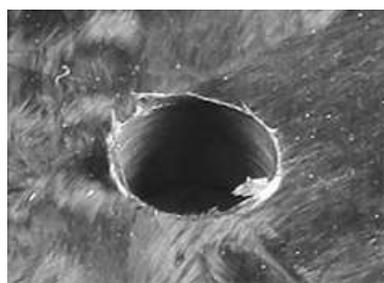
3.3 後加工性評価

各種ドリルによる穴開け加工試験結果として、図7に各ドリルにおける500穴目のドリル出口側の観察写真を示す。また、図8に各ドリルの加工中における切削抵抗を示す。

標準形のツイストドリルは図7(a)が示すように、加



(a)標準形ツイストドリル



(b)ダブルアングルドリル



(c)ロウソク形ドリル

図7 各ドリルにおける500穴目の観察写真(ドリル出口側)

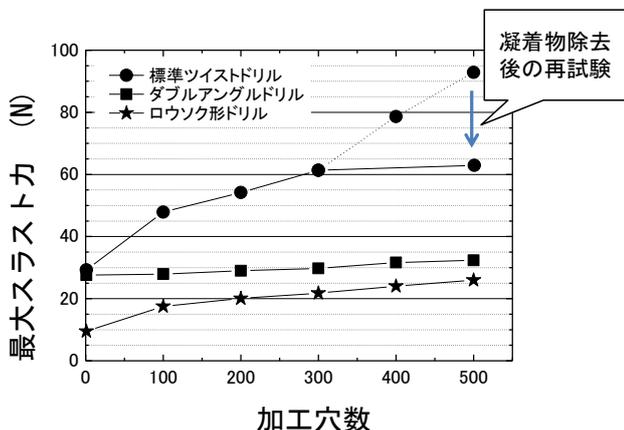


図8 切削抵抗値(最大スラスト力)

工数が進行するに伴い加工穴出口側のバリが大きく出現した。また、図8に示すように、加工が進行するに伴い切削抵抗値も増加し、3種のドリルの中で一番大

きな切削抵抗値を示した。但し、ドリルに付着した凝着物を除去することにより切削抵抗値が減少することから、ドリル形状だけではなく、凝着物の摩擦も切削抵抗値の増大の一因として考えることができる。

ダブルアングルドリルは図7(b)が示すように、バリの発生は図7(a)と比べて少なく、加工数の進行に伴うバリの著しい成長は認められなかった。また、本ドリルはダイヤモンドコートが施されているため、工具摩耗の進行も鈍く、切削抵抗の変動も小さく推移した。

ロウソク形ドリルは初期段階から終了時までバリはほとんど顕在化せず、良好な加工状態が維持された。3種のドリルの中で最も低い切削抵抗を示したが、加工数が進行するに伴い、切削抵抗値は徐々に増加する傾向にあった。

4. 結 言

薄層炭素繊維テープを用いてランダムシートを開発した。試作したランダムシートの引張強度は259 MPa、曲げ強度は458 MPaであり、各方向の平均値は全体平均値の±10%以内であり、等方性であった。

また、ランダムシートをプレス成形加工して自動車のアンダーカバーを試作し、良好にプレス成形加工できることを確認した。

ランダムシートの後加工性の評価についても行い、ロウソク形ドリルを穴開け加工に用いることで、初期段階から終了時までバリはほとんど顕在化せず、良好な加工状態が維持された。

謝 辞

本研究は、経済産業省「平成26年度戦略的基盤技術高度化支援事業」の採択を受け、サンコロナ小田(株)、(株)すぎはら、金沢工業大学との共同研究の一環として実施しました。関係諸氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) “サステナブルハイパーコンポジット技術の開発”. 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. <http://www.nedo.go.jp/content/100552116.pdf>, (参照 2017-08-29).