現場重合型熱可塑性樹脂を用いた GFRTP 円筒のねじり特性

日大生産工(院)	○阿部 颯人	日大生産工	坂田 憲裁	Ż
日大生産工	平山 紀夫	日東紡(株)	佐野 一義	攵

1. 緒言

近年,自動車の燃費改善を目的に、車体の軽 量化が進められており、従来の鉄鋼材料に代わ って比強度、比剛性に優れた繊維強化プラスチ ック(FRP)を構造部材に適用することが検討 されている.代表的な FRP の強化材には炭素 繊維とガラス繊維がある.炭素繊維を強化材と した CFRP は比強度、比剛性に優れているが、 価格と生産量に課題がある.一方、ガラス繊維 を強化材とした GFRP は比強度と比剛性は CFRP に劣るが、機械的特性と価格のバランス が取れており、幅広い分野で使用されている.

FRP円筒の代表的な成形方法であるフィラメ ントワインディング(FW)法は、回転する型 (マンドレル)に、樹脂を含浸させたロービン グを、張力を掛けながら巻く成形方法で、生産 性に優れ、優れた強度特性を得られる.

これまでに FW 製 FRP シャフトに関する研 究は数多くなされているが,多くの研究が熱硬 化性樹脂を用いたものであり,熱可塑性樹脂を 用いた研究は見当たらない.低粘度な熱可塑性 樹脂としては、モノマーの状態で繊維束に含浸 させることができる現場重合型熱可塑性樹脂 があり,代表的なものにε-カプロラクタムを用 いた現場重合型ポリアミド6がある.しかし, ε-カプロラクタムのアニオン触媒は、空気中の 水分により触媒能が失活し,重合が阻害される 1)ため、成形はクローズドモールド法に限定さ れ,FW 成形のようなオープンモールド法で成 形することはできない.このような状況のなか, 近年,オープンモールド法でも成形可能なアク リル系樹脂をベースとした現場重合型熱可塑 性樹脂が開発され,エポキシ樹脂と同等の機械 的特性を示すことが報告されている²⁾. そこで, 本研究では現場重合型アクリル系樹脂を用い て FW 製 GFRTP シャフトを成形し, そのねじ り特性を従来のエポキシ樹脂を用いた GFRP シャフトと比較した結果について報告する.

2. 使用材料

GFRTP シャフトの成形では, 強化材に 1,150tex のE ガラス繊維ロービング, マトリッ クスには現場重合型アクリル系樹脂とエポキ シ樹脂を用いた.なお、本研究で使用した現場 重合型アクリル系樹脂のグレードは可使時間 が短く、FW 成形用としては粘度が高かったた め、MMAモノマーで希釈することで調整を行 っている.その結果、成形時の現場重合型アク リル系樹脂の粘度は 54.1mPa・s となり、エポ キシ樹脂(48.5 mPa・s)と同程度となっている.

3. 供試体

GFRPシャフトとGFRTPシャフトの成形には FW法を用いた. 両供試体の巻き角度は主応力 方向と繊維方向が一致するように軸方向に対 して±45°とし、外径20mmのマンドレルに全長 600mm, 外径24mmとなるように樹脂を含浸さ せたガラス繊維ロービングを巻きつけた.また, 供試体の両端部にはねじり試験機に取り付け る際に生じる応力集中を緩和するために長さ 150mm, 外径50mmのGFRPおよびGFRTP製の タブを設けた. ガラス繊維ロービングに負荷す る張力は両供試体とも約15Nとし、GFRTPシャ フトの成形では、ガラス繊維ロービング巻きつ け工程終了後に,外表面にフィルム巻きを行っ た. GFRTPシャフトの硬化条件は80℃×1時間 +120℃×1時間,GFRPシャフトの硬化条件は 85℃×4時間とした. 成形後の両供試体の外観写 真をFig.1に示す.



(b) GFRP shaft Fig.1 Photographs of GFRTP and GFRP shafts

Torsional Properties of FW-GFRTP Shaft Using *In Situ* Polymerizable Acrylic Resin Hayato ABE, Kazuhiro SAKATA, Norio HIRAYAMA and Kazunori SANO

4. ねじり試験

実験は千葉県産業支援技術研究所のねじり 試験装置で行った.実験速度は使用した装置の なかで最も低速な 3deg/sec とし、せん断ひずみ は供試体の中央部最外層に軸方向に対して± 45°傾けて貼り付けたひずみゲージで測定し た.供試体の本数は各3本とし、せん断弾性率 はせん断応力-せん断ひずみ線図の初期の線 形領域の傾きから求め、せん断応力は計測した ねじりトルクから算出した.

破壊様相の比較を Fig.2 に,代表的なせん断 応力とせん断ひずみの関係を Fig.3 に示す.両 供試体とも圧縮側の主応力方向側で座屈に起 因する破壊となった.次に,両供試体のせん断 弾性率とせん断強度の比較を Fig.4 と Fig.5 に 示す.両供試体のせん断弾性率とせん断強度は 概ね同じ値となっており,本研究で成形した現 場重合型アクリル系樹脂をマトリックスとす る GFRTP シャフトのねじり特性が従来のエポ キシ樹脂をマトリックスとする GFRP シャフ トと同等であることが示された.

5. 結言

本研究では、現場重合型アクリル系樹脂をマ トリックスとする GFRTP シャフトを FW 法で 成形し、従来のエポキシ樹脂をマトリックスと する GFRP シャフトとねじり特性の比較を行 った. その結果、GFRTP シャフトのせん断弾 性率とせん断強度は GFRP シャフトと同等で あることが示された.



(a) GFRTP shaft

Torsional direction



(b) GFRP shaft Fig.2 Photographs of GFRTP and GFRP shafts after failure





参考文献

- 中村幸一, 邉吾一, 平山紀夫, 西田裕文: 現場重合型ポリアミド 6 をマトリックス とする GFRTP の機械的特性に及ぼす成形 条件の影響, 日本複合材料学会誌, Vol.37, No.5, p.182-189 (2011)
- 有浦芙美,アクリル系現場重合型熱可塑性 コンポジットマトリクス,強化プラスチッ ク, Vol.65, No.8, p.329-334 (2019)