

組紐技術を用いた CFRP 製品の開発

吉村治* 森大介* 守田啓輔* 笠森正人* 山本孝*²
永井章裕*³ 忍久保正治*³ 斉藤博嗣*⁴ 松井醇一*⁵

石川県は、我が国における合繊維編物、特に組紐(組物：ブレード)をはじめとした繊維資材(伸縮性細幅織編物等)の一大産地である。組紐は連続した長繊維を円筒状に組んだものであり、装飾品や工業製品として靴紐やロープ等に使用されている。一方、産業資材、運輸及び航空分野等において今後の需要の伸びが期待される材料として、炭素繊維強化複合材料(CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics)が注目されている。工業試験場では、繊維業界の新しい取り組みである「非衣料分野における新商品開発」を支援するため、「繊維技術を用いた複合材料開発」の研究を行ってきた。この中で、丸井織物、金沢工業大学等との共同研究により、地域の代表的な繊維技術を用いる炭素繊維強化複合材料を開発し、製品としてロボット腕を試作した。

キーワード：組紐，炭素繊維，炭素繊維強化複合材料，先進複合材料

Development of Carbon Fiber Reinforced Plastics by using Braiding Technique

Osamu YOSHIMURA, Daisuke MORI, Keisuke MORITA, Masato KASAMORI, Takashi YAMAMOTO

Akihiro NAGAI, Masaharu SHINOKUBO, Hiroshi SAITO and Junichi MATSUI

The purpose of this study is to develop a carbon fiber reinforced composite, which is applicable to structural objects of the long-tube type, by using the braiding technique. There are many kinds of textile technologies in Ishikawa Prefecture, including the braiding technique. Braided fabric is one of the long-fiber textiles with a long history, and in recent years, it has been applied to various industrial products. Meanwhile, CFRP has attracted a great deal of attention as industrial materials in various industries including the transportation and aircraft industries, and CFRP products are expected to be in great demand. In this study, we developed a CFRP braided composite with a high bending rigidity, which can be applied to the arms of industrial robots.

Keywords: braid, carbon fiber, carbon fiber reinforced plastics(CFRP), advanced materials

1. 緒言

石川県は、繊維王国として全国に知られ、ゴム入り細幅織編物等の細幅資材については、北陸3県で全国シェアの8割以上を占めている¹⁾。織物や編物と並ぶ繊維製品の一つである組紐は、図1に示すように、製品の長手方向に対して、二群の繊維(組糸)が互いに軸対象に傾斜配向し、繊維が切断されることなく交差することによって形成されたもので、一般には、平打ちと呼ばれる平板形状と、丸打ちと呼ばれる円筒形状がある。我が国における組紐の歴史は、土器の文様に見られるように縄文時代にまで遡り、武具、馬具、刀や鎧の装飾品から、着物の帯締めやアクセサリ、さらには工業製品として靴紐やロープ等に利用が広がっている^{2,3)}。

一方、炭素繊維は日本が、世界市場の7割以上を生産しているにもかかわらず、その応用製品の開発

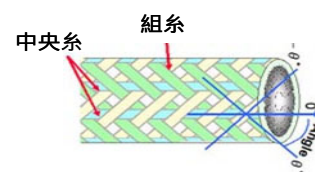


図1 組紐構造

は欧米が中心となっており、今後日本での応用研究を進展できる重要な課題である。現在、CFRPの用途は宇宙・航空分野への展開が進んでいるが、今後さらに他分野への応用拡大が期待されている⁴⁾。

本研究では、石川県に脈々と伝承されている組紐の製造技術をCFRPの強化材、即ち、先進複合材料用の基布製造手法に適用し、曲げ剛性が高い筒型長尺部品である産業用ロボット腕の開発を検討した。

*繊維生活部 *²企画指導部 *³丸井織物(株)

*⁴金沢工業大学 *⁵石川県産業創出支援機構

2. 技術的課題

本研究においてロボット腕を開発するには、要求される高い曲げ剛性を満足させる基布構成を決定する繊維技術の確立と、炭素繊維にエポキシ樹脂を含浸する工程と加熱硬化する工程を連続化し生産効率に優れた成形加工技術の確立が不可欠である。

そこで、高弾性率を有する長尺 CFRP 用組紐構造を決定するため、炭素繊維の種類や比率、組紐構成等を考慮した強度解析モデルを作成し、シミュレーション解析と実験値との比較・実証試験によって高弾性率化に最適な組紐構造を検討した。また成形加工技術を確立するため、エポキシ樹脂、硬化剤、硬化促進剤等の添加剤の種類及び量と強度等諸物性との関係を検討した。

3. 結果と考察

3.1 高弾性率を有する長尺 FRP 用の組紐構造

組紐構成を検討した結果を表 1 に示す。筒型試験片の組紐の錘数や角度、中央糸の種類を変えて 3 点曲げ試験(図 2)により弾性率を求めたところ、組角度を低く、高弾性率系である PITCH 系を用いると弾性率が高くなることがわかる。さらに PITCH 系の相対的な割合を増やすほど剛性が向上している。また、実測値をシミュレーション解析で得た値と比較すると 80%以上合致しており、精度の高い設計方法を構築することができた。

3.2 成形加工技術の確立

マトリックス材であるエポキシ樹脂と硬化剤の組合せは限りなくあり、樹脂の選定が連続生産の可否を支配するといっても過言ではない。マトリックス材に関しては、エポキシ樹脂には汎用的なビスフェノール A タイプを選び、硬化剤にはポットライフ(樹脂粘度が上昇して使用できなくなる時間)を基に市販のアミン系硬化剤を用いた。ゲルタイム、粘度の測定結果も合わせて表 2 に一例を示す。良好な成形条件を満足させるために 40 種類以上の組成が異なる材料を調製し、硬化剤、添加剤に関する種々の知見を得ることができた。試作した 3.1m の長尺 CFRP 製品(ロボット腕)を図 3 に示す。

4. 結 言

高い曲げ剛性を有する組紐構成の決定と、樹脂配合の適正化に成功して、連続引抜成形による CFRP 製品の開発が可能になった。今後も継続して検討を進め、生産技術の確立と製品化、事業化を目指す予定である。

表1 筒型CFRP試験片の曲げ試験結果

試料番号	組 糸			中 央 糸		積層構成		曲げ弾性率 (GPa)
	系種	錘数	組角度(°)	系種	錘数	積層数	回数	
1	PAN系	64	30	PAN系	32	3	3	34
2	PAN系	64	45	PAN系	32	3	3	26
3	PAN系	64	60	PAN系	32	3	3	21
4	PAN系	64	45	PITCH系	32	3	3	118
5	PAN系	32	30	PITCH系	32	3	3	179
6	PAN系	32	45	PITCH系	32	3	3	141

表2 樹脂、硬化剤等配合比率

項 目	樹 脂					
ゲルタイム (min)	測定値	1.5	7-8	11.0	6.5	---
ポットライフ (hr)	測定値	0.5	2-3	6-7	2.0	---
粘 度 (Pa·sec)	測定値	---	---	0.4	---	0.5
エポキシ樹脂 (phr)	ビスA-1	100	100	100	100	
	ビスA-2					100
硬 化 剤 (phr)	アミン1	29				
	アミン2		32			
	アミン3			55		
	アミン4				55	55



図2 筒型試験片の曲げ試験



図3 試作CFRP製品

なお、本研究は、経済産業省の地域資源活用型研究開発事業として平成 19 年度から 20 年度にわたって実施された研究成果の一部である。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、終始適切なお助言を頂いた金沢工業大学金原勲氏、宮野靖氏、並びに京都工芸繊維大学濱田泰以氏、仲井朝美氏に感謝します。

参考文献

- 1) 小山英之. 北陸産地の構造調整の動向と新たな胎動. 東レ経営研究所, 2007, Vol. 63, p.52-59.
- 2) 仲井朝美. 組物技術とテキスタイル複合材料. 強化プラスチック. 2009, Vol. 55, No. 1, p.27-32.
- 3) 魚住忠司. 組物技術を用いた高機能繊維強化複合材料. 日本機械学会誌. 2003, Vol.106, No.1019, p.825
- 4) 松井醇一. FRP の現状と将来展望. 強化プラスチック. 2009, Vol.48, No. 1, p. 27-32.