

## 研究ノート

## アルミライナ付多層構造パイプの機械特性評価

深谷憲男<sup>\*1</sup>、渡邊竜也<sup>\*2</sup>、中西裕紀<sup>\*2</sup>、原田真<sup>\*3</sup>

## Evaluation of Mechanical Properties of Multi-layered Pipes with Aluminum Liners

Norio FUKAYA<sup>\*1</sup>, Tatsuya WATANABE<sup>\*1</sup>, Yuki NAKANISHI<sup>\*1</sup> and Makoto HARADA<sup>\*1</sup>Mikawa Textile Research Center<sup>\*1\*2\*3</sup>

近年、CFRP(炭素繊維強化樹脂)は、軽量化を目的として自動車分野での利用が検討されている。そこで、本研究では、CFRP が持つ物性を活用しつつ、アルミと、低コストである発泡樹脂と組み合わせることで、安価な軽量材料としての物性の発現方法を検討した。アルミライナ付多層構造パイプを試作し、3点曲げ試験により機械特性を評価したところ、炭素繊維の配向角が小さいほど比強度が大きくなり、炭素繊維の物性の発現効率が高くなることが示唆された。

## 1. はじめに

近年、CFRP(炭素繊維強化樹脂)は、比強度などが優れていることから軽量化を目的として自動車分野での利用が検討されている。しかしながら、CFRP や軽量材料であるアルミは、強度や軽量化などは得られる反面、それに見合うコストとはならない。また、板材では鋼より比剛性や比強度を得られるものの、形状のある骨格部材ではCFRP、アルミは、鋼と比べて比剛性が低く、骨格部材での使用するケースでは、板材に比べ使用量が増加し軽量化の効果が小さいことが知られている<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では、CFRP が持つ物性を活用しつつ、アルミと、低コストである発泡樹脂と組み合わせることで、安価な軽量材料としての物性の発現方法を検討した。具体的には、アルミライナ(円筒)と一束の炭素繊維束を巻き付け積層させる従来の Filament Winding 法(FW法)と、ノンクリンプ状態に配向させた数十束もの繊維束を同時に巻き付け積層させる FW 法(多給糸 FW 法)<sup>2)</sup>の異なる2種のFW法により作製したパイプと、硬質発泡ウレタン樹脂と組み合わせた多層構造パイプを用いて3点曲げ試験により機械特性を評価した。

## 2. 実験方法

## 2.1 材料

CFRP パイプの成形には、半含浸コミングルヤーン(カジレーネ(株)製、667dtex、Vf.48.7%、熱可塑性樹脂部:三菱ガス化学(株)製芳香族ポリアミド LEXTER8500、炭素繊維部:三菱ケミカル(株)製 TR50S-6k)を使用した。

硬質発泡ウレタン樹脂は、(株)エポック製 U-02-010、常温発泡(20℃、20 倍発泡)ハンドミキシング用を使用した。アルミライナには、(株)ミスミ製 A6063 押出パイプ(内径 12mm、外径 14mm)を選定した。

## 2.2 FW 法 CFRP パイプの成形

FW 法によるパイプ成形条件は、以下のとおりとした。

- ・成形装置 フィラメントワイディングマシン (FWM-1500LF 旭化成エンジニアリング(株)製)
- ・繊維束本数 1 本、積層構成 4 層(1 層 12 往復)
- ・配向 ヘリカル巻き 30 度、45 度、60 度の 3 種類
- ・マンドレル径 18mm
- ・成形加熱温度 215~225℃(約 30 分間)
- ・カーボンヒーター(メトロ電気工業(株)製)

## 2.3 多給糸 FW 法 CFRP パイプの成形

多給糸 FW 法によるパイプ成形条件は、以下のとおりとした。

- ・成形装置 多給糸フィラメントワインダー (MFW48-1200CKS 村田機械(株)製)
- ・繊維束本数 24 本、積層構成 4 層
- ・配向 30 度、45 度、60 度の 3 種類
- ・成形速度 30 度(114mm/min)、45 度(162mm/min)、60 度(143mm/min)
- ・加熱装置 短波長赤外線ヒーター(ヘレウス(株)製)
- ・入力電圧 120V (成形加熱温度 約 320℃)

マンドレル径 18mm

## 2.4 アルミライナ付多層構造パイプの作製

外側に FW 法により成形したパイプと内側にアルミラ

<sup>\*1</sup> 三河繊維技術センター 産業資材開発室 (現産業技術センター 金属材料室) <sup>\*2</sup> 三河繊維技術センター 産業資材開発室 <sup>\*3</sup> 三河繊維技術センター 産業資材開発室 (現技術支援部)

イナとの間に、硬質発泡ウレタン樹脂を流し込み、接着して、アルミライナ付多層構造パイプ(図 1)を作製した。

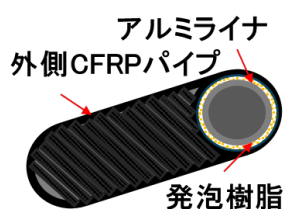


図 1 アルミライナ付多層構造パイプの外観図

## 2.5 寸法・密度測定

アルミライナ付多層構造パイプから長さ 80mm の試験片をそれぞれ 3 個切り出した。そして、質量と寸法を測定して密度を求めた。

## 2.6 3 点曲げ試験

万能試験機(AG-50kNXPlus (株)島津製作所製)により、3 点曲げ試験を行った。圧子半径は 5mm、支点半径は 5mm、支点間距離は 64mm、試験速度は 10mm/min、試験雰囲気は温度 23℃、相対湿度 50%、試料数は各 3 個とし、試験片が破壊するまでの荷重と変位を測定した。

# 3. 実験結果及び考察

## 3.1 アルミライナ付多層構造パイプの作製結果

製作したアルミライナ付多層構造パイプ(以下、多層構造)外観を図 2 に示す。また、単位質量及び、密度と寸法測定結果を表 1 及び表 2 に示す。

表 1 測定結果 多層構造(FW 法)

配向角	単位質量(g/m)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	厚さ(mm)
30 度	202	1.01	3.99
45 度	224	1.00	4.34
60 度	266	1.04	4.82

表 2 測定結果 多層構造(多給糸 FW 法)

配向角	単位質量(g/m)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	厚さ(mm)
30 度	200	0.954	4.13
45 度	217	0.963	4.38
60 度	258	1.03	4.77

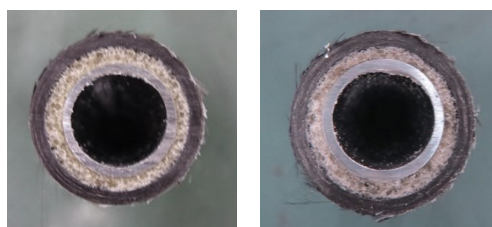


図 2 多層構造の外観

FW 法と多給糸 FW 法による多層構造は、共に配向角を大きくすると、外側の CFRP パイプの炭素繊維束の重なりが多くなるため<sup>3)</sup>、厚さと単位質量が大きくなっ

ている。なお、アルミライナと発泡樹脂は、全て同じものを使用している。

## 3.2 3 点曲げ試験結果

3 点曲げ試験から比強度(曲げ強さ/密度)を算出した。各試料の比較の結果を図 3 に示す。単独の FW 法パイプと多給糸 FW 法パイプは、配向角 30 度、45 度、60 度の順に比強度が大きくなっていった。配向角が小さいと、円周方向の耐荷重が小さくなり、炭素繊維の物性発現が乏しくなったと考えられる。特に多給糸 FW 法パイプは、ノンクリンプ状態のため、円周方向の荷重に対して、弱い物性になったと考えられる。一方、多層構造(FW 法)では、45 度、30 度、60 度の順となり、多層構造(多給糸 FW 法)では 60 度、45 度、30 度の順と逆転した。多層構造にすると、配向角が小さくとも、発泡樹脂とアルミライナによって円周方向の耐荷重が大きくなり、さらに、炭素繊維の配向角方向の物性が加えられることによって、炭素繊維の使用量の少ない配向角 30 度の多層構造の比強度の上昇が一番大きくなった。

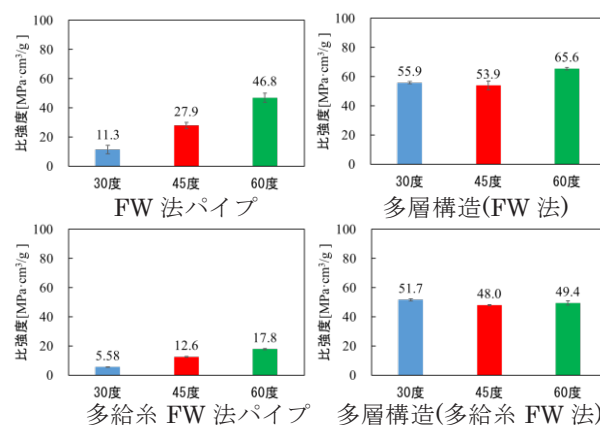


図 3 3 点曲げ試験結果比較

# 4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) FW 法と多給糸 FW 法を比較すると FW 法 CFRP パイプの方が曲げ試験に関しては、物性が優位な傾向であった。
- (2) 比強度は、多給糸 FW 法で多層構造にした方が、上昇率が高い結果となった。

# 文献

- 1) 嬉野欣成: 表面技術, **73**(8), 380(2022)
- 2) Tadashi Uozumi, Akio Ohtani, Asami Nakai, Motohiro Tanigawa, Tatsuhiko Nishida and Takahiro Miura: *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, **5**,435-439(2015)
- 3) 深谷憲男, 田中俊嗣, 原田真: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **11**, 162(2022)