

FRP 歯車の試作と強度評価

Trial Production and Strength Evaluation of FRP Gear

学○ 早川高志 (岐阜大院) 正 服部敏雄 (岐阜大工) 学 Le Thi Thu Ha (岐阜大学部) 正 山下実 (岐阜大工)

Key Words: Long Continuous Fiber, Stress and Fiber Direction, Delamination

1. 緒言

今回行った実験で使用する FRP とは樹脂の中に繊維を入れたプラスチックをいう。繊維を入れることにより通常のプラスチックよりも強度を上げることができ、金属材料よりも軽いため近年では身近な物から、航空宇宙分野までさまざまなところで使用されている。

FRP には、さまざまな材料を組み合わせることにより、求められる条件にあったいろいろな特性の素材を作ることができるという利点があるが、繊維の含有率や製作工程など様々な要因により強度や状態にばらつきがあり、金属材料のように強度を予測することが困難であるという欠点がある^{1)~3)}。もちろん、FRP を使って製品を作るにおいて、強度の予測や評価を容易に、正確に行えることは必要不可欠なことである。

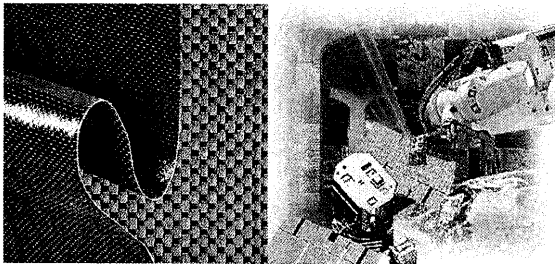


Fig.1 FRP used in various industrial fields.

2. FRP の性質と実験目的

研究目的は、長繊維を使用し、FRP で実際に機械部品を試作することである。

FRP とは組み合わせられる樹脂と繊維の種類、制作方法の違いにより様々な強度や特性を持ち、一方向に繊維を配置した FRP を繊維方向において引張試験を行うと、引張破壊強度は金属材料の数倍の値を示す。アルミ、ステンレス、チタンなどの金属の引張破壊強度が 400~700MPa なのに対し、ガラス FRP はおよそ 2500MPa、カーボン FRP はおよそ 2700MPa という高い値を示す。しかも、これらの FRP 材料は、金属に対して数割の重量しかなく、非常に軽量、高強度の材料であるといえる。

そこで、実際にカーボン FRP の軽量、高強度という特性を活かした歯車形状の部品を試作し、強度実験を行い、FRP の歯車型製品への実用の可能性を検討する。

3. 実験結果、および考察

3.1 FRP 歯車の製作

FRP 歯車の製作では、カーボン繊維 (東レ株式会社製、トレカ糸: T700SC-12000, 引張強度: 4900MPa, 織度: 800g/1000m) とエポキシ樹脂 (システムスリー社製, システムスリーエポキシ, 引張強度: 41.3MPa) を使用して歯車形状の試験片、また Fig.2 のような引張試験などを行う

ための試験片を製作した。

まず、ハンドレイアップにより、一方向に繊維を配置し樹脂で固めたカーボン FRP を製作した。これをフライス盤で加工し、引張試験用の試験片を製作した。この試験片を用いた引張試験で得られた値や、接着剤の接着強さを基に、有限要素法による解析を行なった。

歯車形状の FRP を製作はハンドレイアップにより、型は Fig.3 の鋼製のラックを左右からアクリル板で挟んだものを使用した。この歯車の試作で最も重要なことは、強度をあげるため、応力に沿って繊維を配置することである。

最初に製作した FRP はカーボン長繊維をラックの波型に沿わせて配置し、ある程度の厚みができたら上から加圧し、成形する方法をとった。この方法で製作した歯車は、カーボン繊維が歯車の波型に沿って配置されているため、歯車根元部分の引張強度が強く樹脂製や短繊維強化 FRP に比べ大きな荷重に耐えられると考えた。

しかし、Fig.4 に示すように最初に製作した FRP は歯車先端部まで繊維が充填しきれず、また気泡も多いという欠陥が生じた。

そこで Fig.5 のようにラックに改良を施しラックの谷の部分に当たる箇所に、あらかじめショートファイバーで作っておいたクサビ形のもので加圧し、そのクサビ形のものと一緒に成形してしまう方法をとった。

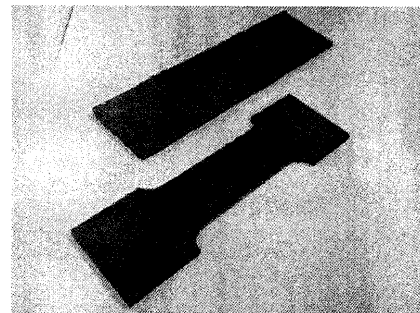


Fig.2 Carbon fiber and carbon FRP.

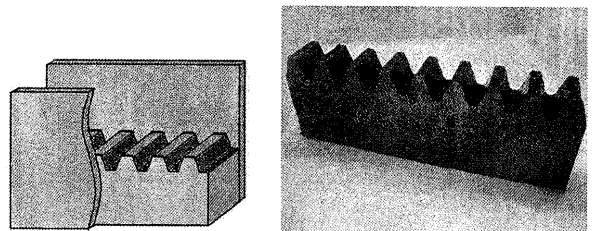


Fig.3 Steel rack used to produce FRP Gear.

改良した型で成型した FRP は前回製作した FRP に比べ歯車全体にカーボン繊維が波型に配置され、Fig.6 のように気泡も少ないものが製作できた。予定していたとおり波型にカーボン繊維が配置されたことにより、大きな荷重にも耐えられると思われる。

次に強度比較のため、カーボン短繊維を混ぜ込んだ樹脂

をラックに入れ加圧して成型した。Fig.7 に完成品を示すが、成型は容易に行えた。しかし、この方法では、繊維が三方向ランダム配向となり、歯車の応力に沿って繊維を配向された方法より、強度は低下すると思われる。

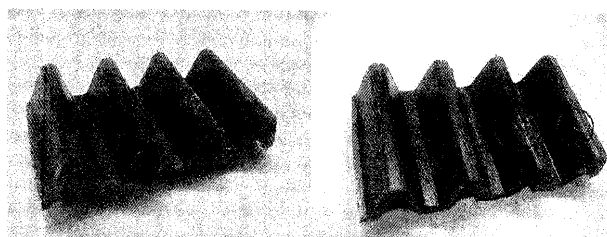


Fig.4 Defect part of FRP Gear.

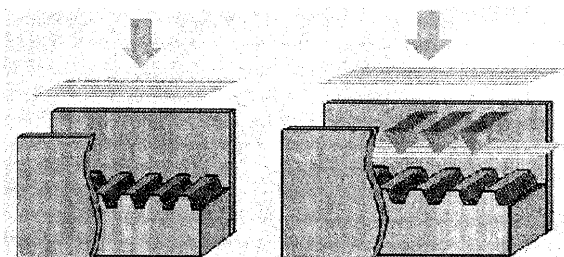


Fig.5 Improved method used to produce FRP Gear.

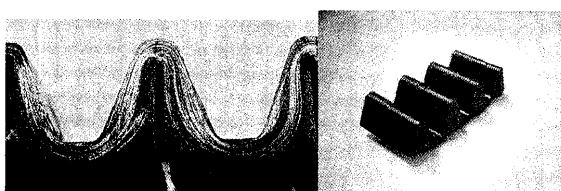


Fig.6 FRP Gear produced with improved method.

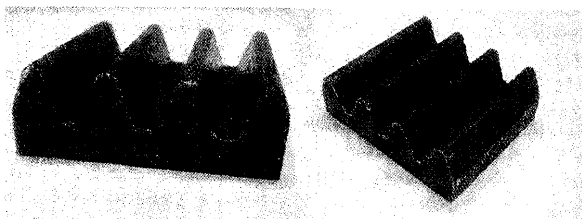


Fig.7 FRP Gear containing short fiber.

3.2 強度試験結果

以上の方法で製作した、ランダムに繊維を配置したラック、曲げ応力によって繊維を配置したラックの両方について曲げ試験を行なった。

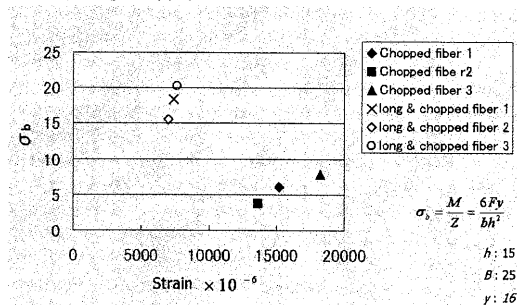


Fig.8 Bending strength.

Fig.8 で示すように応力に沿って繊維を配置したラックのほうが曲げ強度が高いことがわかった。またヤング率も応力によって繊維を配置したラックのほうが高かった。

ランダム配向の試験片は曲げ応力による歯の根元の破断で壊れた Fig.9. 一方、長繊維を使用した試験片はせん断力による繊維の剥離によって破壊された。Fig.10 に剥離した部分を示す。



Fig.9 Fracture in the vicinity of gear-tooth.

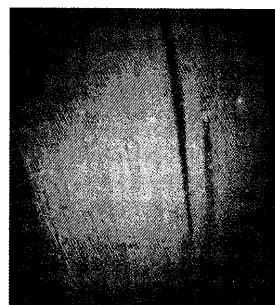


Fig.10 Appearance of delamination.

4. 結言

今回の実験では、実際に FRP で歯車形状の製品を試作することによって、FRP 製品の利点、有効性を確認した。

さらに FRP 歯車の強度をあげるためには、せん断力についても考える必要がある。

参考文献

- 1) 高久明, 多田尚: 複合材料をつくる, 共立出版, (1995).
- 2) 宮入裕夫: 複合材料入門 基礎と応用, 裳華房, (1997).
- 3) 日本機械学会編: 先端複合材料, 技報堂出版, (1990).