

F R T P の接合に関する研究

Research on the joining method of FRTP(Fiber Reinforced Thermoplastics)

学籍番号 70791 鈴木 一弥
指導教員 高橋 淳

(平成 21 年 2 月 4 日提出)

Keywords: FRP, 熱可塑性樹脂, 接合, 溶着, 接合効率

1. 序論

軽量化ポテンシャルの高い FRP (Fiber Reinforced Plastics) は、現在、航空機や F1、宇宙用途をはじめとしてさまざまな産業分野に適用されているが、そのほとんどがマトリックス樹脂として熱硬化性樹脂を使用している。熱硬化性樹脂は耐熱性や比強度など優れた性能を示す。しかし、極めて高価であることや成形に莫大な時間や設備が必要であるといった難点があり、限られた分野でしか適用できなかった。そこで注目されているのがマトリックスとして熱可塑性樹脂を利用する FRP である。この材料は FRTP (Fiber Reinforced Thermoplastics) と呼ばれ、低コストや迅速成形の実現ならびに加工性・補修性・リサイクル性の向上が見込まれており、量産車などに適用されることで輸送機器などの燃費向上や性能向上に寄与することが期待されている。

中でも、FRTP が熱硬化性樹脂による FRP と最も異なる点は、その加工方法にあると言える。熱硬化性の FRP は脆性材料であるがために、できるだけ接合部を作らない一体成形がなされており、そのため製造設備が高価で大規模となっていたが、金属よりも遙かに低温で溶着が可能な FRTP では規格化された棒状・板状の材料から誰でも簡単に構造物が作れる可能性がある。

FRTP が幅広い分野で適用されるようになるためには、強度を保ちながら FRTP を簡易に接合する技術を確立させることが必要である。接合方法としては、ボルト・ナットやリベットに代表される機械的接合、糊などの接着剤を用いた接合、加熱・熔融による溶着が挙げられるが、本研究では FRTP の熱可塑性を活用した溶着に着目し、その接合効率について検討する。

具体的には、まず 4 種類の熱可塑性樹脂単体と GF(Glass Fiber)/PP(Polypropylene)のシングルラップ接合試験片の接合効率を比較検討することにより、繊維強化材における接合の基本特性を明らかにする。さらに、構造的応力集中部を無くすため、繊維強化材ならではのいくつかの接合方法を検討し、単純なシングルラップ接合との接合効率の比較を行う。

2. 実験方法

2.1 熱可塑性樹脂単体のシングルラップ接合

PP (変性無し)、PP (マレイン酸 0.5 %変性)、ABS、PC の 4 種類について、 $100 \times 130 \times 4$ mm の板を 2 枚ずつ作成し、接合長さ 15 mm のシングルラップ接合を行い、幅 15 mm の試験片を切り出して引張試験を行った。

2.2 GF/PP のシングルラップ接合

東洋紡製のクイックフォーム (ランダムマット材) を用い、 V_f (体積含有率) = 35 % ではラップ長 8, 11, 17, 33, 52 mm, $V_f=50$ % ではラップ長 7, 12, 17, 34, 52 mm のシングルラップ接合を行い、幅 15 mm の試験片を切り出して引張試験を行った。

2.3 構造的応力集中部を無くすための検討

東洋紡製のクイックフォーム、 $V_f=50$ % について、接合長 15 mm で Fig.1 に示すテーパ、Fig.2 に示す押しつぶしによる接合を行った。幅 24 mm の試験片を切り出し、引張試験を行い、シングルラップ接合と比較した。



Fig. 1 Tapered jointing section

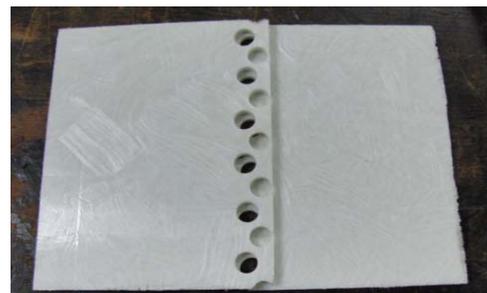


Fig. 2 Preforming for press jointing

3. 実験結果と考察

3.1 熱可塑性樹脂単体のシングルラップ接合

各樹脂の引張試験結果を Fig.3 に示す。どの試験片も接合部で破壊することがなかった。マレイン酸変性させた PP は、変性させていない PP よりも 30 % 大きな値を示した。マレイン酸変性により分子量が小さくなり、分子構造が変化したことが原因と考えられる。

3.2 GF/PP のシングルラップ接合

GF/PP の引張強度は、Vf=35 % で 49 MPa、Vf=50 % で 131 MPa となった。接合部での破壊が生じた試験片の結果を Fig.4 に示す。

Fig.4 からラップ部の平均的なせん断破壊応力 ($\bar{\tau}$) がわかるので、式(1)により、接合部で壊れないための最低ラップ長 (L) を算出すると、Vf=35 % では L=18mm、Vf=50 % では L=32mm となる。これは、ラップ長がある長さを超えると接合部では破壊しないという引張試験結果と一致することが確認できた。

$$L = \frac{\sigma t}{\bar{\tau}} \quad (1)$$

ここで、 σ は引張応力、 t は厚さである。

なお、Fig.4 に示される平均せん断破壊応力は Fig.3 に示される PP 単体の引張破壊応力よりも大きく、接着力としてはまずまずの値と評価されるが、GF/PP (ランダムマット材) よりも強度が高い連続繊維材や炭素繊維強化材では、ラップ部で破壊させないためには相当長いラップ長が必要であると言え、接着力向上もしくは接合方法自体の工夫が必要となると考えられる。

3.3 テーパー接合、押しつぶし接合との比較

Fig.5 にラップ長 15 mm のシングルラップ接合、テーパー接合、押しつぶし接合について、単位断面積あたりの最大荷重を比較したものを示す。

同図より、テーパー接合、押しつぶし接合のいずれも接合部で破壊しており、接合部における繊維の絡み合いが存在しない繊維強化材料においては、構造的不連続部を無くした形での接合が困難であることがわかった。

なお、押しつぶし接合においては、繊維の絡み合いを期待して穴をあけたが、その部分で繊維長が短くなり、強度低下につながったと考えられる。

4. 結論

本研究では、FRTP が幅広い分野で適用されるためには、FRTP の強度を保ちながら接合する技術を確認させることが必要であると考え、FRTP がもつ熱可塑性に注目し、溶着による接合方法を検討した。

すなわち、シングルラップ接合においては接合部で壊れないための最低ラップ長を算出し、また、

構造的に応力が集中する部分を無くするための方法として、テーパー接合と押しつぶし接合を検討した。

その結果、まず、スティフナなどでは FRTP の面外方向強度以上の接合強度があれば良く、このような場合の接合強度は溶着により十分達成可能であることが明らかとなったが、FRTP の高い面内強度を接合部でも発現させるためには、樹脂単体の溶着接合とは大きく異なり、広い接着面積や接合面部で長い繊維同士を十分に絡み合わせるなど、FRTP の面内強度にあわせたさらなる工夫が必要であることも明らかとなった。

(紙面の都合上、参考文献は省略する)

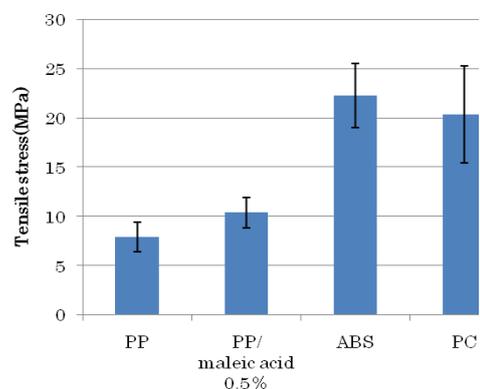


Fig.3 Comparison of four different resin

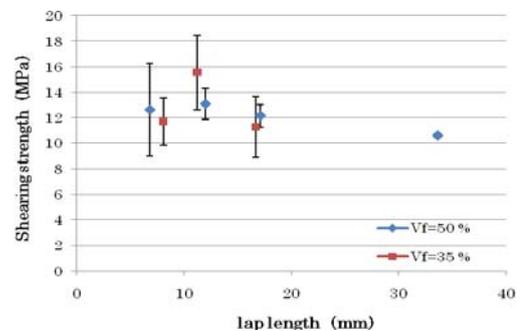


Fig.4 Lap length-shearing stress relationship

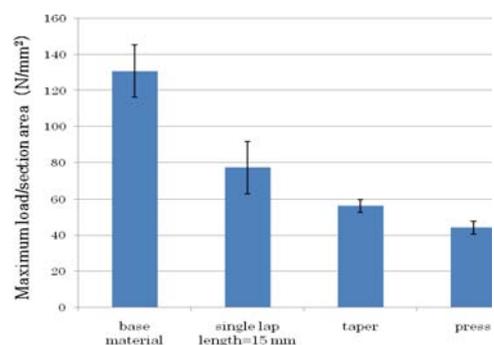


Fig.5 Comparison among the jointing methods