

熱可塑性 CFRP 積層板の最外層における積層構成が 曲げ特性に及ぼす影響

日大生産工(院) ○高岡 航平 日大生産工 平林 明子 平山 紀夫

1. 緒言

近年では、二酸化炭素の排出による地球温暖化現象が問題視されており、自動車や航空機をはじめとする輸送機器では重量軽減が大きな問題となっている。そこで、軽量かつ高強度・高剛性という特徴を有し、リサイクル性、生産性に優れた熱可塑性 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)の利用が注目されている¹⁾。さらに、熱可塑性樹脂の中でもポリプロピレン(PP)は安価で成形性もよく、比重も約0.9と非常に軽量であるため、CFRPの母材樹脂として検討されている²⁾。

一般に熱可塑性CFRP積層板の曲げ特性は引張特性と比べて低い傾向がある。これは材料に曲げモーメントが加わった際、圧縮側で繊維が微小座屈することが原因と考えられている。しかし、FRP積層板は積層繊維角度を変更することで、機械的特性を自由に調整できるため、積層構成によっては繊維の微小座屈を抑えることが可能と考えられる。特に積層板の最外層においては、曲げによる圧縮応力が最大になるため、微小座屈を考慮することは、構造部材の強度を高めるうえで極めて重要である³⁾。

本研究では、熱可塑性CFRP積層板の積層構成に着目し、主に最外層での積層構成が曲げ特性に及ぼす影響を、実験と解析の2つのアプローチにより検証した。

2. 使用材料および成形方法

2.1 使用材料

強化繊維には、東レ株式会社製炭素繊維綾織物(CO6347B, 織物重量198g, 織物厚さ0.22mm, 炭素繊維T-300)を使用し、母材樹脂には、清水成形工業株式会社製PPシート(P8134, 厚さ0.22mm)を使用した。

2.2 成形方法

供試材はフィルムスタッキング法により作成した。炭素繊維およびPPフィルムを100×150mmのサイズに切り、交互に積層した。積層数は8とした。供試材の概略図をFig.1に示した。

その後、溶融・加圧保持し、繊維を含浸させた。溶融温度を220℃、溶融時間を15分とし、加圧は4MPaで30分間行った。本研究では、最外層における積層構成による曲げ特性を検討するために、全ての層において長手方向に繊維が配向するように積層したものと、圧縮側のみに長手方向から45°の角度で配向するように積層したものと、圧縮側と引張側の両面に長手方向から45°の角度で配向するように積層したものの3種類で成形した。それぞれの供試材の名称を0_0, 45_0, 45_45とする。

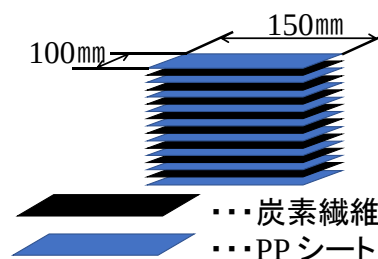


Fig.1 供試材概略図

3. 三点曲げ試験評価

成形品の曲げ特性評価として、JIS K 7074 に準拠し三点曲げ試験を実施した。試験数は2とした。試験機には島津製作所製の万能試験機 AG-1250kN に 5kN のロードセルを換装して使用した。曲げ試験結果および破断面観察の結果を Fig.2, 3 に示す。

Fig.2より、弾性率は、0_0が一番大きく、45_45が一番小さい結果となった。反対に、曲げ強度は45_45が一番大きく、0_0が一番小さい結果になった。曲げ弾性率は、長手方向に繊維が配向している層が多いほど高くなり、妥当といえるが、曲げ強度は最外層に45°層を配置した方が大きくなった。破断面観察より、0_0と比較して45_45の面外変形が小さいことが確認でき、微小座屈を抑制することで曲げ強度が向上したと考えられる。

Effect of Lamination Configuration in the Outermost Layer of Thermoplastics CFRP Laminates

Kohei TAKAOKA, Akiko HIRABAYASHI, Norio HIRAYAMA

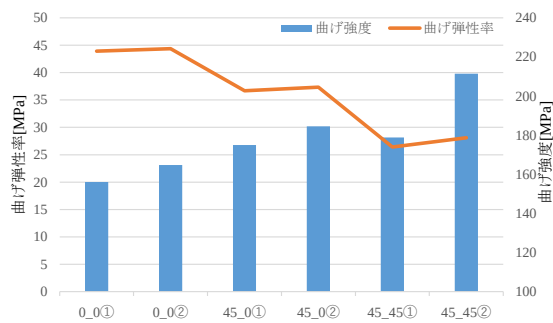


Fig.2 三点曲げ試験結果

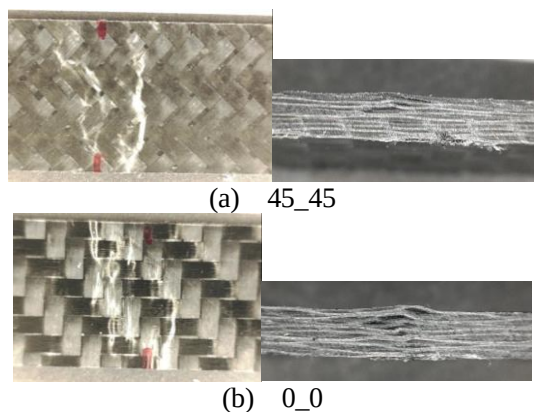


Fig.3 破断面観察

4. 解析方法および解析結果

4.1 解析方法

三点曲げ試験の結果から、曲げ応力と座屈長さの関係を線形座屈解析により調べた。解析ソフトには、汎用構造解析ソフトである Ansys Workbench 2019 R1 を使用した。任意の長さにおける炭素繊維バンドルに圧縮荷重を付与し、座屈荷重係数を求めた。炭素繊維バンドルの断面は、横幅 1.8mm、高さ 1mm とし、 V_f は 50% とした。強化繊維の縦弾性係数を 230GPa とし、PP の縦弾性係数を 1.3GPa として求めた。

4.2 解析結果

線形座屈解析で得られた座屈荷重係数から座屈荷重を算出し、実験で得られた曲げ応力の最大値および最小値と比較を行った。解析上での座屈応力および実験における曲げ応力と座屈長さの関係を Fig.4 に示す。Fig.4 より、座屈長さがおおよそ 12mm 付近で座屈が生じるという結果が得られた。

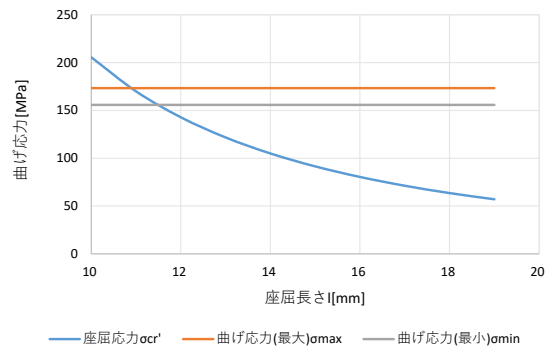


Fig.4 曲げ応力と座屈長さの関係

5. 結言

本研究では、炭素繊維綾織物を強化材、PP を母材とした積層材について、積層構成と曲げ強度の関係を検証した。最外層における繊維積層角度の曲げ特性への影響を評価した。成形した熱可塑性 CFRP 板は、最外層に長手方向から 45° の角度で積層すると、最外層の繊維が圧縮応力による微小座屈を抑え、曲げ強度が向上するという結果が得られた。また、線形座屈解析では、実験値の曲げ応力と比較することで、最外層の長手方向に繊維を配向させた場合に約 12mm の長さで座屈する結果となった。しかし、実際の座屈長さは 12mm より小さいと考えられる。本研究では織物による繊維の曲率を考慮しない単純なモデルで解析を行ったため、解析条件を改善することにより、より精度の高い結果が得られると考えられる。

参考文献

- 1) 強化プラスチック協会, 基礎からわかる FRP-繊維強化プラスチックの基礎から実用まで-, コロナ社, 2016
- 2) 平野ら, 日本複合材料学会誌, Vol.39, No.113(2013)
- 3) 伴ら, 繊維学会誌, Vol.37, No.10(1981)