

UD-CFRP の板厚が曲げ強度に及ぼす影響

日大生産工(院) ○遠藤 優太 日大生産工 染宮 聖人 日大生産工 平山 紀夫

1. 緒言

近年、自動車や飛行機などの輸送機には燃費の向上を目的とし、比強度・比剛性に優れた一方向炭素繊維強化プラスチック（以下、UD-CFRP）が多く使用されている。一般的に、UD-CFRPを適用した構造部品の多くはプリプレグシートを積層して成形された積層シェル構造が一般的である。

先行研究では、自動車の電動化に伴う自動車部品の軽量化として、熱可塑性樹脂の振動減衰性を活かした一方向繊維強化プラスチック製板ばねの研究開発を行うために、板厚が厚い（以下、厚板）試験片を作製し、その機械的特性を評価した。その結果、厚板の一方向繊維強化プラスチックの曲げ強度は板厚が薄い一方向繊維強化プラスチックの曲げ強度よりも大幅に低いことが明らかとなった。

そこで本研究では、UD-CFRPの板厚が曲げ強度に及ぼす影響について調査するために、板厚の異なるUD-CFRPの曲げ試験をFEM解析で実施し、UD-CFRPの板厚がUD-CFRPに生じる垂直応力およびせん断応力に及ぼす影響について明らかにする。

2. 解析方法

2.1 解析ツール

FEM解析には、汎用有限要素法ソフト ANSYS 2024 R1 Workbenchを使用した。UD-CFRPの材料物性値は繊維体積含有率が 60%の物性値を想定し、均質化法より算出した。ここで、FEM解析で使用したUD-CFRPの材料物性値をTable 1に示す。

2.2 解析モデル

本研究では、板厚の異なる静的三点試験を模

擬した FEM 解析を実施するため、Fig.1 に示す解析モデルを使用した。解析モデルの要素サイズは 1.5mm とした。ここで、UD-CFRP の試験片の寸法及び治具の寸法は JIS K 7017 に準拠しモデリングした。ここで、FEM 解析に用いた試験片の寸法を Table 2 に示す。

Table 1 UD-CFRP の材料物性値

弾性係数	成分	UD-CFRP
ヤング率 [GPa]	x	139.3
	y	8.963
	z	8.963
ポアソン比 [-]	xy	0.3428
	yz	0.5008
	xz	0.3428
せん断弾性係数 [GPa]	xy	4.835
	yz	4.955
	xz	4.835

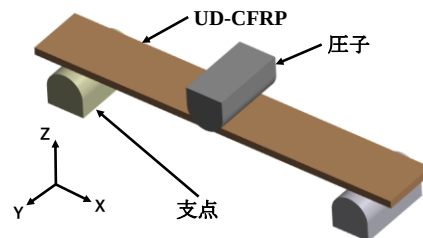


Fig.1 静的三点曲げ試験の解析モデル

Table 2 UD-CFRP 試験片の寸法

試験片名	試験片長さ [mm]	外側支点間距離 [mm]	幅 [mm]	厚さ [mm]
①	100	80	15	2
②	200	160	15	4
③	300	240	15	6
④	400	320	15	8
⑤	500	400	15	10

2.3 境界条件

FEM解析の境界条件は支点を完全固定とし、圧子に荷重を与えた。荷重条件は、UD-CFRPの

Effect of Thickness of UD-CFRP on Bending Strength

Yuta ENDO, Masato SOMEMIYA and Norio HIRAYAMA,

最外層（引張側）における繊維方向のひずみが炭素繊維の破断ひずみである 2.0%となるまで負荷した。ここで、負荷した荷重をTable 3に示す。

Table 3 試験荷重					
試験片名	①	②	③	④	⑤
試験荷重 [N]	6400	11500	14200	18800	24000

また、UD-CFRPと治具の間には、接触要素を設置し、完全固着とした。

3. 解析結果

板厚が 2mm から 10mm までの UD-CFRP の曲げ解析を実施し、繊維方向の垂直応力および XY 方向のせん断応力の最大値を Fig.2 および Fig.3 に示す。また、板厚が 2mm, 6mm と 10mm の 3 種類に対して、繊維方向の垂直応力および XY 方向のせん断応力のコンター図を Fig.4 と Fig.5 に示す。Fig.2 に示すように、繊維方向の最大垂直応力はどの板厚においても約 2827MPa であり、ほとんど変化がないことが確認できた。

一方で、Fig.3 から分かるように、XY 方向のせん断応力は UD-CFRP の板厚が増加するにつれてせん断応力値が増大し、板厚が 10mm の最大せん断応力は約 52MPa と高い値を示した。一般的に、UD-CFRP のせん断強度は約 30MPa から 40MPa であることから、板厚が 8mm 以上の UD-CFRP は XY 方向のせん断応力がせん断強度に達し、破断に至ることが予想される。

4. 結言

本研究では、UD-CFRPの板厚が曲げ強度に及ぼす影響について調査するために、板厚の異なるUD-CFRPの解析モデルを作成し、FEM解析を用いた静的構造解析を実施した。その結果、繊維方向の最大垂直応力はどの板厚においても変化がないことがわかった。一方で、XY方向のせん断応力はUD-CFRPの板厚が増加するにつれてせん断応力値が増大し、板厚が10mmの最大せん断応力は約52MPaと高い応力が生じることがわかった。

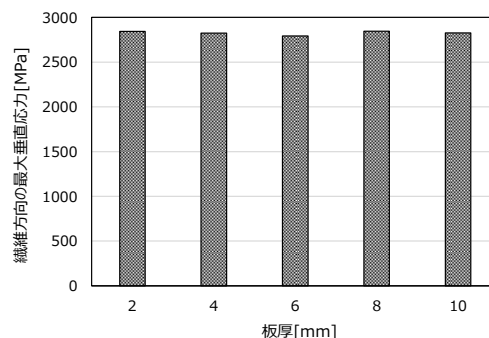


Fig.2 各板厚における繊維方向の最大垂直応力（最外層）

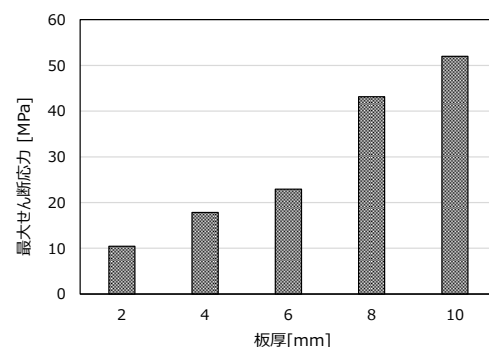


Fig.3 各板厚におけるXY方向の最大せん断応力（最外層）

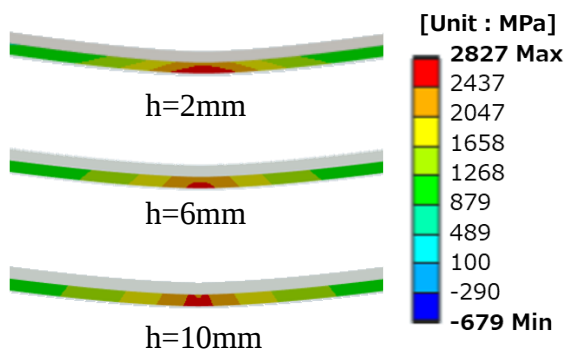


Fig.4 各板厚における繊維方向の垂直応力のコンター図

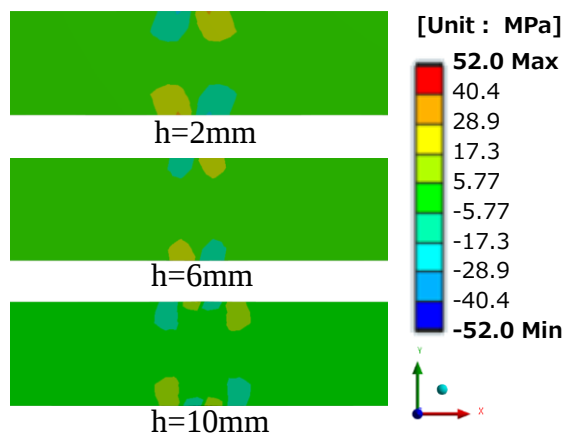


Fig.5 各板厚におけるXY方向のせん断応力のコンター図