有限要素解析による二種類の母材を用いた

CFRTP の曲げ特性評価

1. 緒言

近年,自動車業界では構造部材への利用を目的 として炭素繊維(CF)とポリプロピレン(PP)など の熱可塑性樹脂を用いて成形される炭素繊維強 化熱可塑複合材(CFRTP)が注目されている. ポ リプロピレンは汎用樹脂の中でも最軽量である が,強化繊維との接着性が悪く複合材として充分 な強度が得られない. そこで, 接着性に優れる熱 可塑性ポリウレタン(PU)を使用し、二種類の樹脂 を母材樹脂として,強化材に連続炭素繊維を使用 した CFRTP が考案された¹⁾. しかし,本複合材 は繊維束を PU で結束しその上に PP でコーティ ングする被覆材型であり材料内部の応力分布が 特異的であり、特に曲げ強度の向上において応力 状態を把握することが重要である.本報告では試 作成形品からモデルを再現し,有限要素解析によ る応力状態と曲げ特性の評価を行った結果を述 べる.

2. 成形方法

成形材料は, サカイ産業株式会社製の量産型の試 作PU/PP被覆基材(被覆材)を使用した.本被覆材 は,炭素ロービングをPUエマルジョン槽内と乾 燥炉内を通過させることで適量のPUを付着させ, 同一ライン上で押し出し加工によるPP被覆を施 した中間基材である.被覆材は,成形速度10m/min で連続成形されており,チョップド基材によるド ローンボディ試作などが行われている.Table1に 使用した被覆材の構成材料,Fig.1に被覆材の外 観および断面写真を示す.

Table 1 Contained material of covered material

Reinforcement	T-700-12K (Toray, inc.)		
Matrix	PU emulsion (DKS,Co.,Ltd)		
	MAPP (Original blended)		

日大生産工(院) 〇若月 拓 日大生産工 平林 明子,平山 紀夫



Fig. 1 Coating material appearance and sectional view

成形方法は,被覆材を長さ 220mm に 42 本切断 し,幅 15mm 厚さ 2mm の真空金型に一層 3 本× 14 層積層する.常温で真空状態にした金型を油 圧式成形機に入れ,200℃で 5 分間樹脂を溶融し, 同温で 32MPa,10 分間加熱,加圧する.その後 金型を冷却し,一方向強化 CFRTP を得た.

3. 実験方法および結果

成形品の曲げ特性を得るために,JISK 7074に 準じて成形品の三点曲げ試験を行った.試験片寸 法は,厚さ2.1mm,幅15mm,支点間距離は80mm とし,試験温度は常温(RT),試験速度は5mm/min とした.また,CFRTPの断面を光学顕微鏡により 撮像し,撮像した断面画像(Fig.3(a))をもとに解 析用モデルを作成した.炭素繊維とPUで構成さ れたエリアとPPのみで構成されたエリアが存在 しており,この形状を再現するためFig.3(b)に示 すモデルを作成した.



(b) Fig. 2 Sectional view of CFRTP and analysis model

解析には,ANSYS2019 Workbench R1 を使用し, 静解析を実施した.モデルは繊維(L)方向と幅(T) 方向に 1/2 とし,対称境界条件を与えた.板厚(Z) 方向は,要素制限があるため厚さ 1/2 とし,寸法 に合わせて荷重を 1/32 とした.

Evaluation bending characteristics of CFRTP using two kinds of matrix by finite element analysis Taku Wakatsuki, Akiko Hirabayashi and Norio Hirayama 解析モデルは、対称境界条件を与えた端部に荷重 を与え、反対の端部は Z 方向を拘束した.また、 解析に使用した材料物性値を Table 2 に示す.物 性値は PP 単体の引張試験結果および PU と CF による複合材の曲げ試験値から取得した値を使 用した.解析結果として Fig.3 に断面のコンター 図、Fig.4 にモデル内の厚さ方向の応力分布を、 Fig.5 に解析値と実験値を比較した荷重たわみ線 図を示す.

$1a010 \ L$ matchai properties	Table
--------------------------------	-------

	DD	Carbonfiber with PU		
	PP	x direction	y direction	z direction
Density[g/cm^3]	0.91	1.72		
Young's modulus[GPa]	1.57	110	12.6	12.6
Poisson's ratio[-]	0.37	0.311	0.0194	0.0194
Tensile strength[MPa]	23.3			
Shear Modulus[GPa]		133	6.44	6.44



Fig. 3 Stress contour of L direction



Fig. 4 Stress distribution in thickness



Fig. 4 より,モデル内部では,繊維部の応力が PP 部よりも非常に高くなっていることから,応 力が複雑に分布している応力状態であることが 分かる.また,成形品では Fig. 6 のように圧縮側 表層付近での損傷が発生していたが,モデル内部 でも同様に上端から 0.05~0.1mm の間の繊維部 で最大応力が発生していることが分かる.



Fig. 6 Damage mode of compressing side

また、荷重たわみ線図より、最大荷重 389[N]が加 わったときのたわみ量を比較すると、解析値は約 0.66[mm],実験値は約 3.53[mm]であった.このこ とから、モデル及び解析条件が適切でないことが 考えられ、効率的かつ、精確な解析モデルの検討 が必要であると考える.

4. 結言

本研究では、有限要素解析を行い、その内部の 応力状態と曲げ特性を評価し、実際の三点曲げ試 験結果との比較を行い、以下の結果が得られた.

- 応力分布から,近い位置にある繊維と樹脂の 応力差が激しいことから,内部は複雑な応力 状態である.
- ② 解析値と実験値のたわみの差が激しいため、 解析条件の見直しが必要である。

謝辞

本研究は平成28年度ものづくり中小企業・小 規模事業者連携支援事業の採択を受け,(公財)埼 玉県産業振興公社を管理機関としたコンソーシ アムによる研究成果であり、ここに感謝の意を 記します.

参考文献

 1) 風間均,平林明子,平山紀夫,角田敦 成形加工学会 2018 概要集