

FEM による複合材料主軸のモデリング手法

日大生産工(院) ○高橋 知也 日大生産工 平山 紀夫

1. 諸言

近年，世界的な CO₂ 削減の要求が高まるなか，構造部材の軽量化技術の開発が一段と加速している．その取り組みの中で，比強度・比剛性に優れた素材として繊維強化プラスチック

（Fiber Reinforced Plastics：FRP）は，航空機・自動車産業などの構造部材の素材として幅広く使われている．しかしながら，FRP は強度・剛性に強い異方性があるため，FRP を用いた構造部材の有限要素法（Finite Element Method：FEM）による応力解析を行う際には，形状モデルに対して異方性を定義する軸（材料主軸）を定義しなければならない．

複雑な形状モデルに対して，様々な繊維基材の材料主軸を定義する方法は研究段階であり，有用な方法は未だ確立されていない．そこで本研究では，汎用の FEM 解析ツールを用いて，複合材料の形状や成形方法に応じた最適な材料主軸のモデル手法としてドレープ解析の適用を行い，その有用性について検討を行う．

2. FEM 解析

2.1 材料主軸のモデル手法

一般的な有限要素法ソフトウェアには，材料主軸のモデリング手法として，次の 2 つの手法が用意されている．

① 局所座標系を投影する手法

この方法は，形状モデルに対して，ある局所座標系を作成し，局所座標系を各有限要素の要

素座標系に投影することで主軸を定義している．平板や円筒のようなガウスの曲率が 0 であるような簡単な形状モデルの場合，この手法で主軸定義が可能である．しかしながら，球体のようなガウスの曲率が 0 にならない形状モデルの場合，実際の繊維基材の方向とは異なる主軸方向が定義される．

解析には汎用有限要素法ソフトウェアである ANSYS 19.0 を用いた．

② ドレープ解析手法

ドレープ解析は，実際の FRP 基材が形状になじむ様子をシミュレーションにより求める方法である．繊維が形状になじむ様子を近似する代表的なアルゴリズムは，①繊維が形状に最短距離でなじむライン（測地線）により繊維軸方向を決定する手法，②剛体のピンジョイント格子が形状になじむ軌跡により決定する方法（ピンジョイントネットモデル），③クロス材のせん断エネルギーが最小化する方向を指標として決定する方法の 3 つがある．

2.2 解析モデル

解析モデルとして箱型，半球体，回転翼の 3 種類の FEM モデルを用意した．図 1(a)に本解析で用いた箱型の FEM モデルを示し，図 1(b)に半球体の FEM モデルを示し，図 1(c)に回転翼の FEM モデルを示す．上記の 3 種類のモデルには一方向 CFRP を厚さ 0.5mm，1 層のみを定義した．

Modeling method of composite material principal axis by FEM

Tomoya TAKAHASHI, Norio HIRAYAMA

2.3 荷重・拘束条件

箱型の FEM モデルには、Z 方向にマイナス 1mm の強制変位を定義し、底面部を拘束した。半球体には球面に外圧 1MPa を定義し、半球の縁を拘束した。回転翼には回転速度 3,500rpm を定義し、25kgf の荷重を支える揚力を定義して、プロペラホルダー部を拘束した。

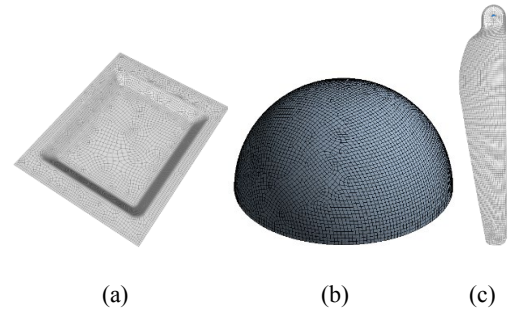


図 1 FE モデル

3. 解析結果

ドレープ解析後のコンター図を図 2,3,4 に示し、表 1 にドレープ解析による結果の比較を示す。表 1 からは箱型と回転翼では、ドレープ解析の影響はあまり表れていないため、局所座標系を投影する手法でも十分な結果が得られると考えられる。しかし、半球体ではドレープ解析を行うことで、解析結果が大きく異なることがわかる。これは、半球体ではガウスの曲率が非常に大きい場所で、繊維基材が大きく変形するため、繊維基材の材料主軸が射影による定義だけでは表現できていないことを示している。

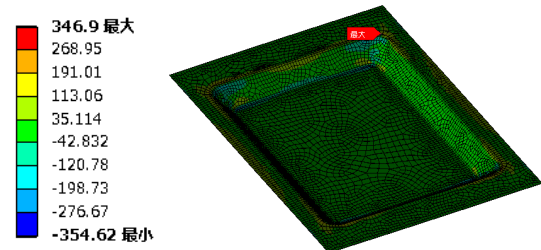


図 2 応力解析結果：箱型

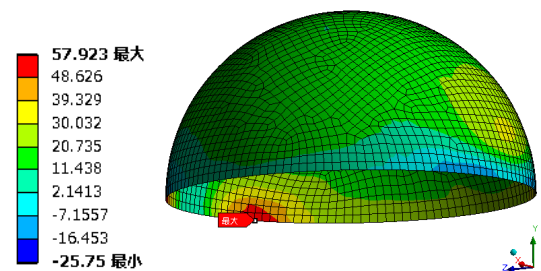


図 3 応力解析結果：半球体

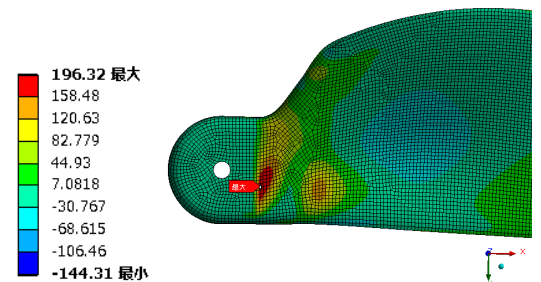


図 4 応力解析結果：回転翼

4. 結言

3 種類の FEM モデルに対して、ドレープ解析による材料主軸定義を行い、局所座標系を投影する手法との違いを確認した。その結果、ガウスの曲率が大きい形状モデルでは、ドレープ解析による影響が大きくなった。

今後は、繊維基材の特性と種類によって、適切なドレープ解析のアルゴリズム選択とパラメータ値の設定が行えるように、ドレープ解析の 3 つのアルゴリズムと繊維基材の特性について調査を行う。

「参考文献」省略

表 1 ドレープ解析結果

FE モデル	箱型	半球体	回転翼
ドレープ前繊維方向 応力[MPa]	338	82.6	199
ドレープ後繊維方向 応力[MPa]	347	57.9	196
誤差[%]	2.66	-29.9	-1.51