

織物基材の目ずれを考慮した構造解析

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で，比強度・比剛性に優れた素材である繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastics：FRP）は，航空機や自動車などの構造部材として幅広く使われている．しかしながら，FRP は強度と剛性に強い異方性があるため，FEM（Finite Element Method）等を利用した構造設計を行う場合には，材料の異方性主軸を定義しなければならない．また，FRP は成形工程中に異方性基材の変形が生じるため，形状モデルへの材料主軸の定義は極めて困難である．

本研究では，材料の異方性主軸の定義をドレープ解析により算出し，ドレープ解析により得られた成形工程中の基材の変形状態をミクロなユニットセルとしてモデル化する．そして，変形した複数のミクロモデルの数値材料試験から等価物性値を算出し，成形工程後の FRP 基材の変形状態を考慮した異方性材料物性値を表現する手法を提案し，その有用性を評価した．

2. FEM 解析

2.1. 解析ツール

FEM 解析には汎用有限要素法ソフトウェアである ANSYS 19.2 を用い，数値材料試験には，Multiscale.Sim を用いた．

2.2. ミクロスケールモデルの数値材料試験

母材となる樹脂と，強化材の炭素繊維からなるユニットセルモデルを複数の繊維体積含有率（Volume fraction of fiber： V_f ）で作成し，炭素繊維に対して要素座標系を定義して数値材料試験を行った．Fig.1(a)に数値材料試験を行った一方向材料のミクロな FE モデルを示す．

2.3. 平織クロスモデルの数値材料試験

ミクロスケールモデルの数値材料試験から得られた等価物性値をもとに，平織クロスモデルを繊維交差角ごとに作成し，炭素繊維に対して要素座標系を定義して数値材料試験を行った．Fig.1(b)に数値材料試験を行ったミクロな平織クロスの FE モデルを示す．

2.4. ドレープ解析による材料主軸のモデリング手法

ドレープ解析は FRP の成形工程における FRP 基材の交差角を解析する手法で，測地線による方法，ピンジョイントネットモデルとエネルギー最小化の原理に基づく方法の 2 つが代表的な手法である．このドレープ解析で得られた主軸方向と交差角に，複数の交差角からなる平織クロスモデルの数値材料試験から得られた物性値を適用して FEM 解析を行った．

Structural analysis considering misalignment of woven fabric

Tomoya TAKAHASHI, Norio HIRAYAMA

2.5. 解析モデル

マクロなドレープ解析の対象として半球体とプレス成形品の2種類のモデルを用意した。Fig.2(a)に本解析で用いた半球体のFEモデルを示し、Fig.2(b)にプレス成形した箱型のFEモデルを示す。解析モデルはFRP層の厚さを1mmとして1層のみを定義した。

2.6. 荷重・拘束条件

半球体には球面に内圧1MPaを定義し、縁を完全拘束した。箱形には底面部を拘束し、Z方向に-1mmの強制変位を定義した。

3. 解析結果

Table.1には、ドレープ解析によるクロス材の交差角変化を考慮した半球体の解析結果を示し、Table.2にはプレス成形した箱型の解析結果を示す。Table.1では、交差角変化を考慮した影響が36%程度であり、Table.2では8%程度であった。どちらの解析結果においても、ドレープ解析による影響を考慮した方が高い応力が得られているため、ドレープ解析を考慮しない場合は発生応力を低く見積もることになり、危険側の評価をすることがわかる。これは交差角変化によって剛性が低下してしまう部分に対しても変形前の高い剛性が適用されてしまうためと考えられる。

4. 結言

平織クロスモデルのドレープ解析による複数の交差角変化を考慮した数値材料試験から得られた等価物性値により、成形工程中の基材変形を考慮した構造解析を行った。その結果、ドレープ解析による複数の交差角変化を考慮しない解析と比較して高い応力を示し、より正確な応力評価ができることがわかった。この結果から、本研究で示したドレープ解析による複数の交差角変化を考慮したFRPの構造解析は有用であると考えられる。

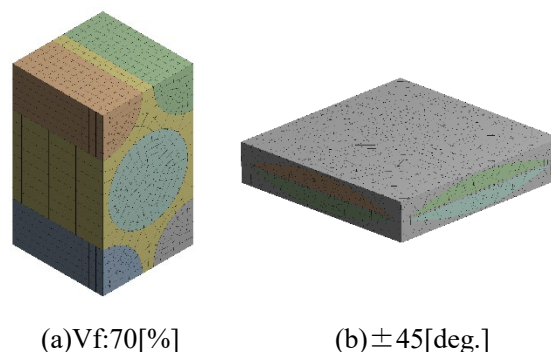


Fig.1 FEM model of micro scale

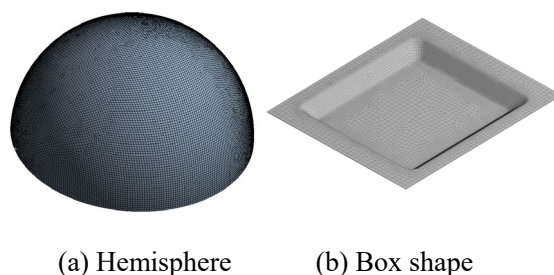


Fig.2 FEM model of macro scale

Table.1 Analysis result (hemisphere)

繊維体積含有率[%]	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5
目ずれを考慮した解析 最大繊維方向応力[MPa]	482	484	487	490	494
目ずれを考慮しない解析 最大繊維方向応力[MPa]	308	308	309	311	313
誤差[%]	36.0	36.3	36.5	36.6	36.5

Table2 Analysis result (box shape)

繊維体積含有率[%]	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5
目ずれを考慮した解析 最大繊維方向応力[MPa]	147	157	167	179	193
目ずれを考慮しない解析 最大繊維方向応力[MPa]	134	143	153	165	179
誤差[%]	8.8	8.5	8.2	7.8	7.3

参考文献

- 1) ANSYS Inc., *Release 19.2 Documentation for ANSYS*, 2019
- 2) 平山紀夫, ANSYS を利用したマルチスケール CAE～ANSYS を利用した数値材料試験～, *Mechanical CAE NEWS*, Vol.6, 2006