

プラスチック製品の性能向上のための 設計技術と評価に関する研究(2)

機械情報システム課 中村陽文、吉江真太郎、鍋澤浩文*1
若い研究者を育てる会 株式会社タカギセイコー 田中和馬

1. 緒言

近年、繊維強化プラスチック(以下 FRP)を代表とする複合材料は、高い比剛性・比強度を有し軽量であることから、金属の代替材料として輸送機器を中心とする構造部材に広く用いられつつある。最近では、FRP の CAE を行う際に、FRP の単位構造にコンピュータ上で材料試験を行うことで、繊維の構造を考慮した等価な異方性材料物性の計算を行う均質化解析が使用されるようになってきた。しかしながら、均質化解析の精度は、繊維・樹脂の物性値に依存する。そこで本研究では、FRP の材料物性計算精度向上を目的として、引張試験結果を用いた逆解析を均質化解析に適用する手法の開発と検証を行った。また、スタンピング成形により作製されたハット型成形品の曲げ剛性について、有限要素法による構造解析および実験による評価を行った。

2. 実験方法

2.1 FRP 基板の材料物性評価

図 1 に、本研究で実施する逆解析を用いた均質化解析の概要を示す。本研究で使用する連続繊維材および不連続繊維材の FRP 基板について、それぞれ有限要素均質化法および平均場均質化法を用いて、直交異方性の計 9 つの弾性係数を計算する。次に、均質化解析の結果について、引張試験で取得した面内方向の 4 つの弾性係数に合うように最適化計算を行うことで樹脂・繊維単体の物性値の合わせこみを行う。最後に、合わせこんだ樹脂・繊維単体の物性値で均質化解析を行い、9 つの弾性係数すべてを計算する。通常の均質化解析では、樹脂・繊維の物性値には文献値等を用いるが、本研究では実験に基づく計算値に置換することで均質化解析の精度向上を図る。連続繊維材の逆解析では、計算時間を短縮するために、クリギング法を用いて均質化解析の代理モデルを作成した。

2.2 曲げ剛性評価

スタンピング成形法にて FRP 基板を 2 枚組み合わせるハット型成形品を作製し、3 点曲げ試験により曲げ剛性を評価した。加えて、実験と同様の条件となるようにハット型成形品の有限要素法解析を実施した。

3. 実験結果および考察

連続繊維材、不連続繊維材ともに、文献値を用いた均質化解析値は、せん断弾性係数およびポアソン比において実験値と大きく異なる結果となっていたものの、合わせこみ後の均質化解析値では実験値に近づいた。

不連続繊維材/不連続繊維材構成のハット型成形品の曲げ剛性は、合わせこみを行った均質化解析値を使用した場合の方が、文献値を用いた均質化解析値より実験値に近づく結果となった。一方、連続繊維材/不連続繊維材構成のハット型成形品の曲げ剛性は、合わせこみを行った均質化解析値と文献値を用いた均質化解析値を使用した場合とで、実験値に対して同程度の誤差となった。原因として、成形時に不連続繊維材の厚みと割合が場所によって変化したことが考えられたため、均質化解析およびハット型成形品のモデルの修正を行った結果、曲げ剛性は実験値に近くなった。

4. 結言

引張試験結果を用いた均質化解析の逆解析を行うことにより、FRP の構造解析の精度向上が可能であることが示された。加えて、FRP 成形品の成形時に発生する内部構造変化に伴う物性変化にも、均質化解析を修正することで対応できる可能性があることが示された。(詳細は、令和 5 年度 若い研究者を育てる会「研究論文集」 pp.15-22 を参照)

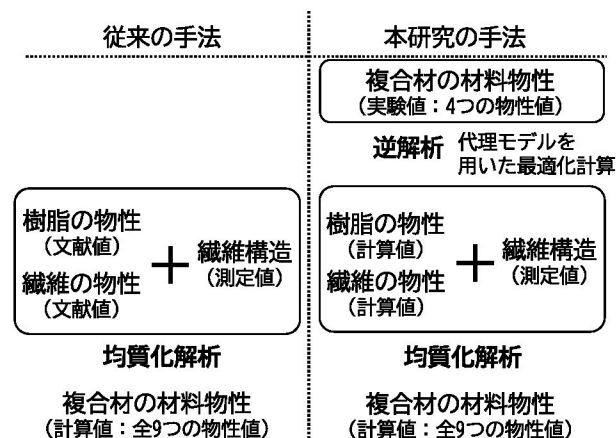


Fig. 1 Procedure of the homogenization analysis with inverse analysis

*1 現 企画管理部