

CAE の構造最適化を用いた設計手法に関する研究

機械情報システム課 中村陽文 金森直希 羽柴利直*1 機械電子研究所 佐山利彦*2

ものづくり研究開発センター 住岡淳司*3 山本貴文 若い研究者を育てる会 (株)タカギセイコー 清田典秀

1. 緒言

機器・構造物の設計において、性能向上ならびに性能を満足した上での軽量化は重要な課題である。トポロジー最適化は、CAE を用い、目的の特性を満たす条件下で、最適な材料分布に到達する構造最適化手法のひとつである。本研究では、一般的な構造体に対して、トポロジー最適化を活用した実用的な設計手法を確立することを目的とした。最適化設計の対象として椅子をとりあげ、トポロジー最適化および構造解析を用いて最適形状の探索を行った。その際、椅子の日本工業規格 (JIS) ⁽¹⁾ に想定される静的負荷条件下において、可能な限り高い剛性と軽量化を実現することを目標とした。次に、得られたトポロジー最適化形状の 3D-CAD モデリングを行い、樹脂成形に適した形状設計について検討を加えた。最終的に得られた構造最適化モデルに対して、実験的検証を行った。

2. 実験方法

トポロジー最適化を行う椅子の初期形状は、外形 300×200×325 mm の大きさで、4ヶ所の脚を有する形状とした。JIS ⁽¹⁾ を参考に、座面および背もたれのそれぞれに、合力が 1100 N および 410 N となる等分布荷重を負荷する状況を標準条件として設定した。座り心地を考慮して、座面と背もたれの角度はそれぞれ地面に対して 6° および 104° とした ⁽²⁾。トポロジー最適化は、FUSION360 (Autodesk) を使用して行った。設計領域、境界条件、および体積制約条件が最適形状に及ぼす影響を調べて、最終的な最適形状の探索を行った。トポロジー最適化の工程で得られた形状を出力し NASTRAN (MSC Software) を使用して静的な構造解析を行った。実験的検証を行うため、積層造形装置 (EOS GmbH 製、Formiga P100) を用いて 3D 実体化を行い、静的負荷試験を実施した。

3. 実験結果および考察

トポロジー最適化と静的構造解析の結果、体積制約条件を 7.5% とした場合の形状において、構造体として十分な強度を有しており、また強度において過剰設計ではないことがわかった。樹脂製品については、実際の生産性を考慮すると、射出成形が可能であることが最も望ましい。そこで、射出成形で製造可能な形状を検討した。設計上考慮すべき課題は、抜き勾配等の形状および樹脂成

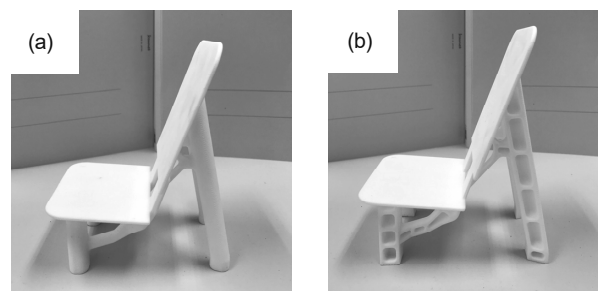


Fig. 1 Example of materialization by 3D printing from (a) the optimized model and (b) the model considered for resin moldability

形時の不均一な冷却による反りやヒケ不良を回避すべく、5 mm 程度の均一な板厚構造にすることである。製造性を考慮したモデルを作成したところ、最適化で得られた形状に対してコンプライアンス (剛性の逆数) は 3.6% の僅かな増加に抑えることができた。Fig. 1 に示すのは、最適化で得られた形状および製造を考慮した形状をそれぞれ造形したものである。静的負荷試験の結果、規定の繰返し負荷の後にも破損が認められなかったことから、いずれのモデルにおいても当初の目的の静的負荷条件に適合しているものと判断した。座面および背もたれへの負荷のいずれにおいても破壊箇所は構造解析によって得られた応力集中部と一致していた。以上より、構造体としての設計が適切に行われていることを検証できた。

4. 結言

本研究では、一般的な構造体として椅子を例にとり、トポロジー最適化を活用した実用的な設計手法について検討した。固定位置、負荷形態、体積制約等の多くの条件を考慮してトポロジー最適化を行い、構造体として成立しうる形状を見いだした。最終的に得られた形状について、積層造形装置を用いた実体化を経て、静的負荷試験によるコンプライアンスの検証を行った。

(詳細は、令和元年度 若い研究者を育てる会「研究論文集」pp. 28-35 を参照)

参考文献

- 1) JIS S1203 : 1998, 家具—いす及びスツール—強度と耐久性の試験方法
- 2) 花岡利昌 他 : 人間工学, Vol. 2, No. 5 (1966), pp. 30-38

*1 現 ものづくり研究開発センター、*2 現 (公財)富山県新世紀産業機構、*3 現 企画管理部