

トポロジー最適化による高機能形状の創出と製品応用

機械金属部 ○宮川広康 高野昌宏 吉田勇太

1. 目 的

優れた性能を持つ製品形状の導出に有効な手段としてトポロジー最適化という設計技術がある。これは目的や制約に応じて最適な形状を計算により自動で導出する手法であるが、最適化形状は複雑になることが多く、従来の切削加工ではその通りに製造することは困難であった。近年の 3D プリンタの高性能化により、複雑な形状でも造形が可能となり、トポロジー最適化で導出された形状でも実際に製品として製造できるようになった。本研究ではトポロジー最適化と金属 3D プリンタを用いて製品開発を行い、その効果について検証した。

2. 内 容

2.1 振動試験用ジグを対象としたトポロジー最適化

本研究では振動試験用ジグ（振動試験機に試料を固定するための部品）を対象として設計を行った。図 1 に示すようなこれまでのジグの場合、高周波数帯の振動試験には適用できないとの問題があった。そこで、試験可能な振動数の範囲を拡げること（振動試験用ジグの固有振動数を高めること）を目的に設定し、トポロジー最適化ソフトウェア（VR&D 製 GTAM）を用いて計算を行った。

その結果を図 2(a)に示す。導出された形状は密度分布によって表現される。密度分布のままでは製造できないため図 2(b)に示すように密度ごとに領域分けを行い、高密度な領域は中実構造、低密度な領域は中空構造で表す。中密度の領域は中間的な材料密度で表現すべきであるが、中間的な密度の材料というものは存在しない。そこで図 2(c)に示すようなラティス構造（格子状の構造）を使って表現することとした。

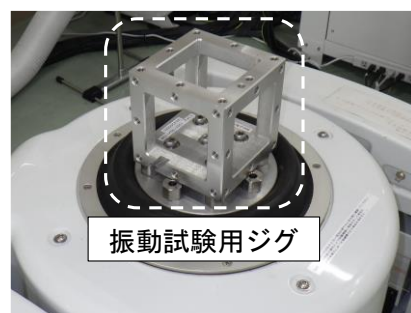


図 1 振動試験用ジグ

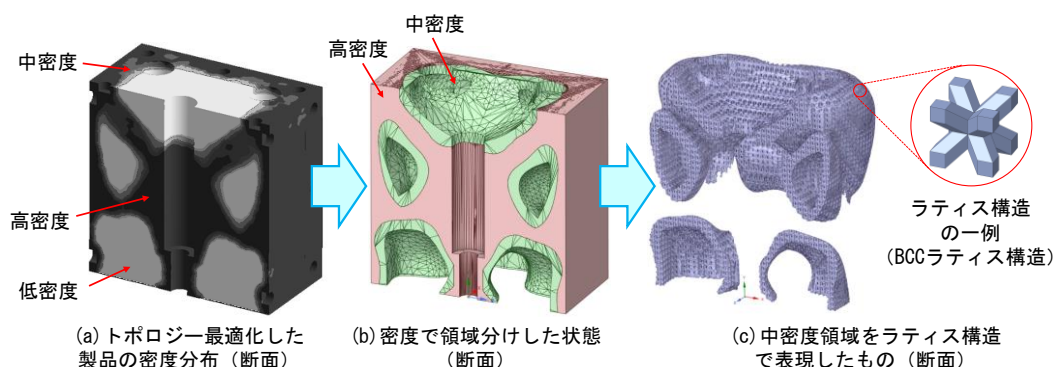


図 2 トポロジー最適化の導出形状とラティス構造について

2.2 ラティス構造の最適化

ラティス構造の形状によっては製品の剛性等が変化するため、目的に応じて最適化することが重要である。そこで本研究では、ラティス構造に対してもトポロジー最適化を用いて形状を導出することとした。振動試験用ジグの試験可能範囲を拡げるには軽量かつ高剛性（剛性は変形しにくさの度合い）であることが求められる。これを目的にラティス構造の最適化形状を導出した結果を図 3 に示す。この時、周期対称性を考慮した境界条件を設けることで比較的短時間に最適化形状を導出できるようにした。また、ラティス構造の剛

性に異方性を持たせることが可能であり、今回は振動方向である上下方向に対して高剛性化できるように目的関数を設定し、計算を行った。その結果、図4に示すように、BCCラティス構造（論文などに用いられている一般的な構造。BCCはbody centered cubic(体心立方)の略。）に比べ、同質量にて約2倍以上の剛性を持つラティス構造を導出できた。

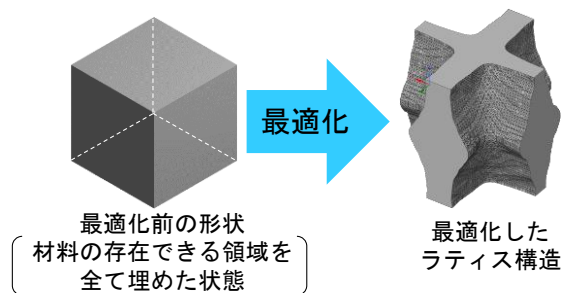


図3 軽量高剛性なラティス構造の導出

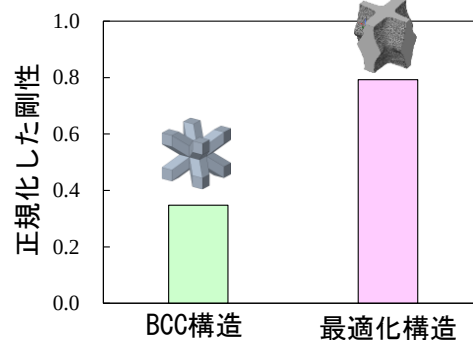


図4 BCCラティス構造との性能比較

2.3 振動試験用ジグの造形と評価

トポロジー最適化した振動試験用ジグの中密度の領域に2.2に記載した方法で導出したラティス構造を用い、金属3Dプリンタ（株式会社ソディック製 OPM 250L）で造形した（図5参照）。

その性能を調べるため、試作したジグを振動試験機（株式会社IMV製 A12/SA1HAM）に固定し、振動数1.0～4.5kHz（4.5kHzが試験機で与えられる最高振動数）の範囲の振動を与えた。その結果、図6に示すように従来の振動試験用ジグでは2.0kHzを超えた辺りから徐々に与えた振動とは異なる振動を生じ始め、約3.1kHzで共振状態に至り、それ以上の振動数帯では使用できないことがわかる。一方、最適化した振動試験用ジグでは、1.0～4.5kHzの範囲で共振は発生せず、安定していることがわかる。この結果より最適化した振動試験用ジグの試験可能範囲は従来の2倍以上であることが確認できた。



図5 造形した振動試験用ジグ

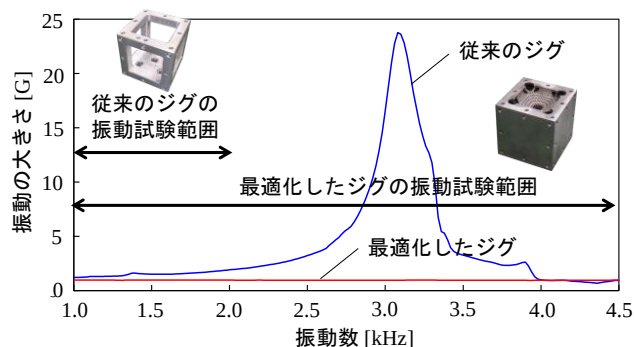


図6 振動試験用ジグの評価結果

3. 結果

トポロジー最適化および金属3Dプリンタを用いて製品開発に取り組み、以下の結果を得た。

- ・中密度領域に用いるための軽量高剛性なラティス構造を導出した。導出した構造をBCCラティス構造と比較したところ、同質量比較で2倍以上の剛性を持つことを確認した。
- ・トポロジー最適化を用いて試験可能範囲を広げることを目的として振動試験用ジグの開発を行った結果、従来の振動試験用ジグの2倍以上の試験可能範囲を得ることができた。

今後は本研究で得られた知見や技術を活用し、軽量化や振動抑制などが必要な製品の開発支援を行っていく。さらに、熱交換が必要な製品の最適形状についても研究を行う予定である。