

構造最適化の事例紹介

材料技術部門

長野県工業技術総合センター材料技術部門（長野市）では、平成 29 年に構造最適化を行う機器（形状最適化計算装置）を導入し、以来この技術を活用した技術支援や研究に取り組んでいます。ここでは構造最適化の概要と当センターでの取り組み事例についてご紹介します。

■ 構造最適化とは

構造最適化という単語はあまり聞きなれないかもしれませんが、簡単に言うとコンピュータシミュレーションを用いて、所望の性能を満たす最適な部品形状を得る方法を指します。強度を維持しながら軽量化するには、部材を削れば良いわけですが、むやみに削り落としてしまうと部品の強度低下に繋がります。そんな時、構造最適化が部品設計に利用できます。こう聞くと、コンピュータが自動的にすべてを設計してくれるように思えるかも知れませんが、実際には、設計者が構造最適化の条件を設定して計算を実行し、得られた結果を基に、設計者が図面を引き直します。

ここで、構造最適化の一つであるトポロジー最適化を使った例を挙げます。図1の既存形状に示す部品があるとします。左の穴二つで固定され、先端に荷重がかかっています。初めに、設計領域（最適化する領域）を設定します。次に、先端の変形量の制限、安全率3以上、質量を最小化、厚み方向に引き抜き形状といった最適化の条件を設定し、構造最適化を実行します。すると、最適化結果が得られます。さらに、この結果を基に図面を引き直したのが最終形状となります。

いかがでしょうか、興味深い結果が出ていると思いませんか？このように、今まで考えもなかった形状が得られるのも構造最適化のメリットの一つです。

既存形状と最終形状を比較した結果を図2に示します。変形量や応力はほとんど変わらず、質量は18%低下できています。

構造最適化では、構造的に重要な部分は残る、あるいは太くなります。逆に、重要でない部分は削られる、あるいは細くなります。ですので、想定していない力がかかると、大きな変形や破壊が起きる可能性があります。当然、通常的设计でも同じことは言えますが、構造最適化では想定された力に特化した形状となりますので、特に注意が必要です。対策としては、構造最適化を行う前に、その部品に実際にどのような力が働くかをしっかり把握しておくことが重要です。

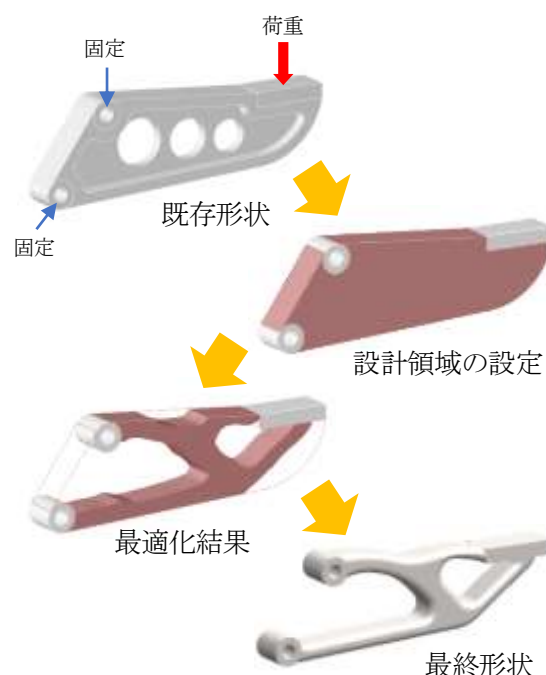


図1 トポロジー最適化の例

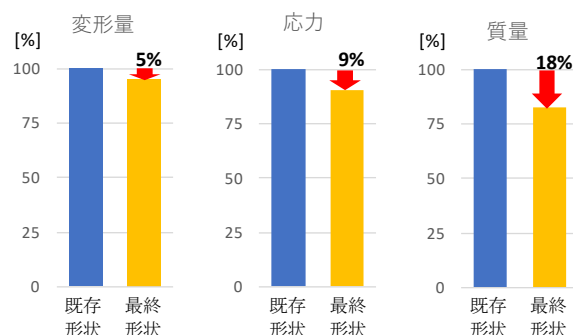


図2 既存形状と最終形状との比較

■ 事例紹介

当センターにて県内企業と取り組んだ事例について簡単にご紹介します。

【事例1】真空熱加圧装置のプレートの軽量化

図3に示す真空熱加圧装置の上板について、高い剛性を確保しつつ、重量を削減するため、形状を検討しました。

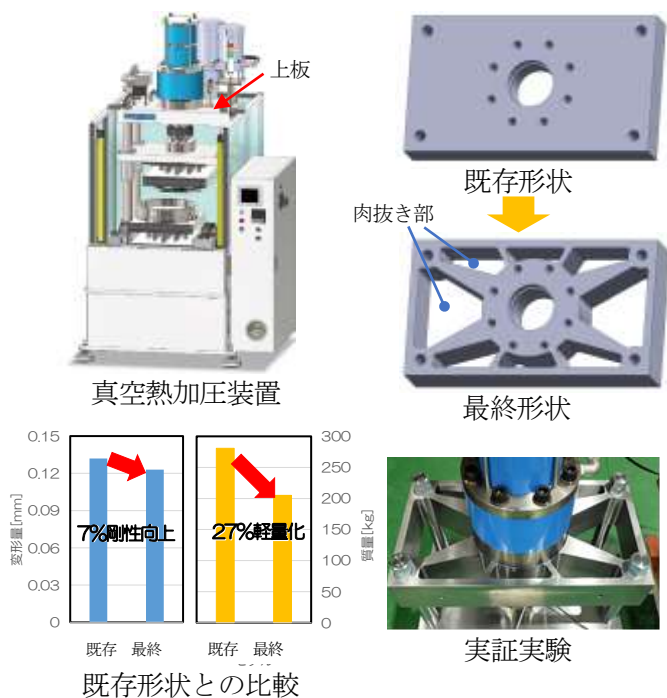


図3 真空熱加圧装置への適用事例



図4 マルチコプターへの適用事例

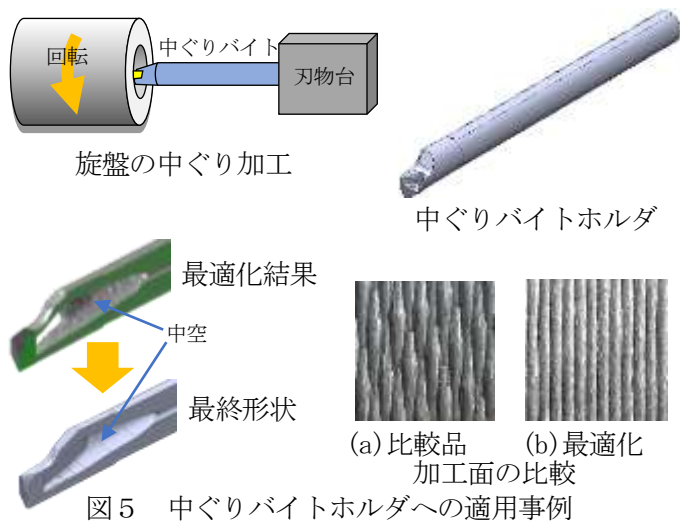


図5 中ぐりバイトホルダへの適用事例

既存形状の板厚 110mm に対し、板厚を 150mm に変更してトポロジー最適化を行い、肉抜き部を求めて、それを参考に図面を作製しました。

シミュレーションの結果から 7%の剛性向上と 27%の軽量化が図れることが確認できました。また、実証実験で確認を行いました。

【事例2】マルチコプターのボディの高剛性化²⁾

図4のマルチコプターの操舵時のレスポンスの向上を図るため、高剛性かつ軽量のボディを検討しました。

トポロジー最適化により、剛性を強化すべき部材位置を特定し、それを参考に、炭素繊維を配向したFRP製のボディを作製しました。

その結果、重量は従来機の 674g (ABS製) に対し、実験機は 668g と同程度ですが、熟練の操縦者による評価試験では、従来機に比べ操舵時のレスポンスが大幅に改善されたと評価されました。

【事例3】旋盤用中ぐりバイトホルダにおけるビビリ振動の抑制³⁾

図5に示す旋盤の中ぐり加工において、加工面の表面粗さ悪化の原因となるビビリを抑制するため、バイトホルダの内部形状を検討しました。

ビビリ対策として、固有振動数をなるべく高い周波数にシフトするよう条件設定して、トポロジー最適化を行いました。その結果、先端内部が中空になる最適化結果が得られました。

その結果を参考に最終形状を作製して、金属3Dプリンタで造形し、比較品と同条件で加工実験を行ったところ、比較品と比べ、ビビリが抑制され、良好な表面粗さを得ることができました。

参考文献

- 1) 長野工技センター研報 No.17,p.M50-M53(2022)
- 2) 長野工技センター研報 No.14,p.M22-M26(2019)
- 3) 長野工技センター研報 No.15,p.M29-M34(2020)

■ ご利用について

構造最適化についてももう少し詳しく知りたい、実際にソフトウェアを使って試してみたい、といったご要望等ございましたら、お気軽に下記までご連絡ください。

長野県工業技術総合センター
 材料技術部門 設計支援部 佐藤、伊藤
 TEL:026-226-2106 FAX:026-291-6243
 E-Mail kogyoshiken@pref.nagano.lg.jp

(2024年5月作成)