

機械フレームの軽量化設計支援ソフトウェアの開発

(形鋼構造物のための最適化ソフトウェアの試作)

機械システム科 主任研究員 小 楠 進 一

国内では、Solidworks が最も多く使用されている^{[1][2]}が、この Solidworks 上で作動し、形鋼構造物の形状を最適化する安価な最適化ソフトウェアが見当たらない。そこで、この形鋼構造物の形状を最適化するソフトウェアを開発し、このソフトウェアを県内企業に提供することで、県内企業の設計品質の向上を図る。本年度は、試作した最適化ソフトウェアの評価結果を報告する。

1. 緒言

国内の 3 次元 CAD/CAE 市場は、毎年、7% 伸びており^[3]、国内では、操作性が良い Solidworks が最も多く使用されている^{[1][2]}。また、長崎県においても、工業技術センターで実施している Solidworks の実習セミナーに、多くの製造業が参加しており、今後、普及が進むものと考えられる。

一方、3 次元 CAD/CAE を用いた構造解析の目的は、製品形状の最適化である。この製品形状の最適化では、解析計算と形状修正を繰り返す必要があるが、この最適化を手動で行う場合、多くの時間が必要となる。

最適化の自動化のために、様々な研究^[4]がなされており、流通している製品として、サイバネット社の Optimus^[5]、テラバイト社の Genesis^[6] などの最適化ソフトウェア等が存在するが、Solidworks などの安価な 3 次元 CAD/CAE 上では作動せず、高価であるため、長崎県で多く存在する小規模事業者が使用することは困難である。

そこで、本研究では、形鋼構造物に限定し、形状を最適化するソフトウェアを開発することを目的とした。この最適化ソフトウェアを県内企業に提供することで、県内企業の設計品質の向上を目指す。

本研究の研究スケジュールを、表 1 に示す。1 年目は、Solidworks API の整理と開発環境の構築を行った。2 年目である本年度は、最適化ソフトウェアの試作と評価を行った。

表 1 研究スケジュール

1 年目	API の整理と開発環境の構築
2 年目	最適化ソフトウェアの試作
3 年目	最適化ソフトウェアの修正

2. 試作した最適化ソフトウェア

(1) 目標とする最適化ソフトウェア

目標とする最適化ソフトウェアの概略図を図 1 に示す。この最適化ソフトウェアは、形鋼構造物モデルを対象としたものであり、ユーザーが設定した初期モデル、荷重や拘束などの解析条件をもとに、許容応力範囲内で最小形状となるモデルを提案するソフトウェアである。

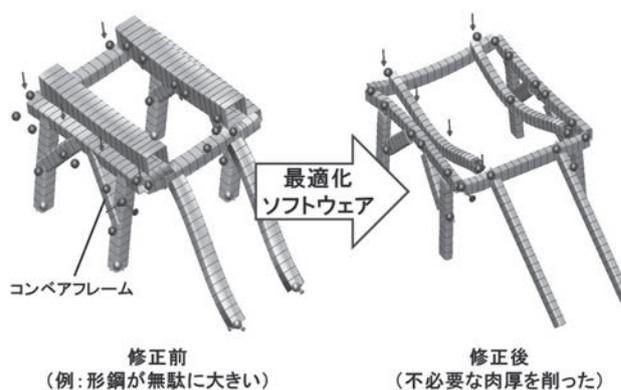


図 1 最適化ソフトウェアの概略図

(2) 最適化ソフトウェアの試作方法

最適化ソフトウェアの開発環境を表 2 に示す。

Windows 7 Pro(64bit) 上で、Visual studio 2015 Community を使い、Visual C# を用いて、最適化ソフトを開発することにした。

また、Solidworks Premium 2015/Solidworks simulation Premium 2015 上で作動する最適化ソフトウェアを効率的に開発するために、Solidworks アプリケーションプログラミングインタフェース (Application Programming Interface : 以後、API と呼ぶ) を使用した。この API は、Solidworks の COM プログラミングインタフェースであり、Visual C# から呼び出すことのできる数多くの関数を持っている。これらの関数を使って、プログラマは、直接、Solidworks の機能を使用することができる。

表2 開発環境

OS	Windows 7 Pro(64bit)
CAD	Solidworks Premium 2015
CAE	Solidworks simulation Premium 2015
開発環境	Visual studio 2015 Community
言語	Visual C#

(3) 最適化ソフトウェアのインターフェース

図2に試作した最適化ソフトウェアのインターフェース (Solidworks であろうところのプロパティマネージャページ) を示す。ユーザーは、Solidworks のCAD機能を用いて、初期の形鋼構造物モデルを作成し、Solidworks Simulation のCAE機能を用いて、解析条件の設定、解析の実行を行う。この後、試作した最適化ソフトウェアに許容応力値を入力すると、最適化ソフトウェアは最適化を図り、許容応力範囲内で最小形状となる形鋼構造物モデルを提案する。

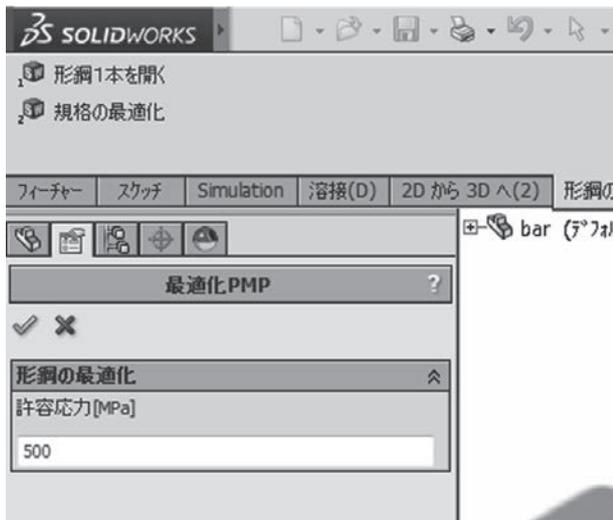


図2 最適化ソフトウェアのインターフェース

3. 形鋼1本の形状最適化に対する評価

(1) 評価方法

試作した最適化ソフトウェアを評価するために、角パイプ1本を対象とした形状の最適化実験を行った。図3に、対象となるアルミニウム (A1060) の角パイプ (□50×100×3.2-600) の初期形状と境界条件の設定位置を示し、モデルの寸法や材料定数など解析条件を表3に示す。なお、対象モデルは、梁モデルとして解析を行った。また、この解析条件のときの応力分布を図4に示す。

図3の角パイプに、表3の解析条件で応力分布を算出した結果、図4に示すとおり、角パイプには最大応力 267.2MPa が生じる。今回、許容応力値を 400MPa としており、最適化ソフトウェアが、適切に、さらに細かい角パイプを選定するか評価した。

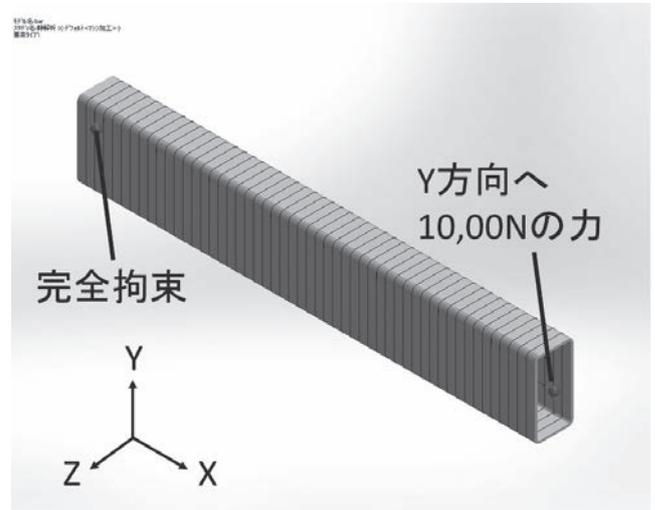


図3 角パイプの初期形状と境界条件の設定位置

表3 解析条件

部材形状[mm]	□50×100×3.2-600
弾性係数[MPa]	69000
ポアソン比	0.33
拘束条件	片端を完全拘束
荷重条件	片端を 10,000N の力で Y 方向へ



図4 形状変更前の角パイプ (□50×100×3.2-600) の応力分布

(2) 評価結果と考察

最適化ソフトウェアを使用した結果、角パイプ (□40×80×4.0-600) を選定した。なお、このときの応力分布は、図5に示すとおりであり、最大応力370.4MPaであった。



図5 最低化ソフトウェアが提案する角パイプ (□40×80×4.0-600) の応力分布

次に、この角パイプが許容応力範囲で一番小さいことを確認するために、1サイズ小さい角パイプ (□40×80×3.2-600) の応力分布を算出し、最大応力を確認した。このときの応力分布は、図6のとおりであり、最大応力は436MPaであった。これにより、試作した最適化ソフトウェアは、適切に角パイプを選定できることが確認できた。

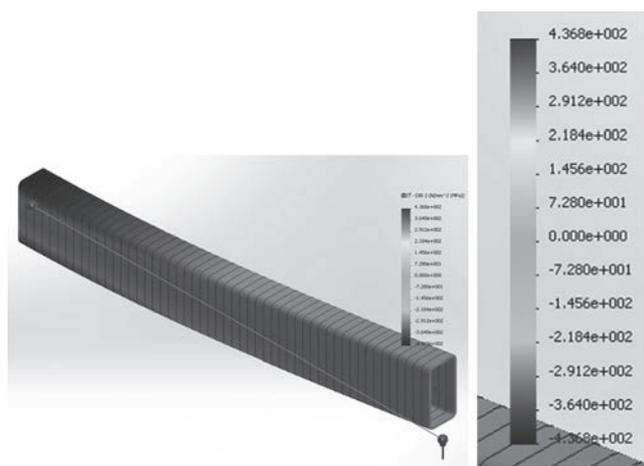


図6 1サイズ小さい角パイプ (□40×80×3.2-600) の応力分布

4. 形鋼構造物の形状最適化に対する評価

(1) 評価方法

試作した最適化ソフトウェアを評価するために、角パイプ4本の形鋼構造物を対象とした形状の最適化実験を行った。

図7に、対象となるSS400の形鋼構造物 (□50×100×3.2-1000, □50×100×3.2-500) の初期形状と境界条件の設定位置を示し、モデルの寸法や材料定数など解析条件を表4に示す。なお、対象モデルは、梁モデルとして解析を行った。また、この解析条件のときの応力分布を図8に示す。ここで、この形鋼構造物は、4つの角パイプの断面形状が同じとなるようにモデリングを施しているため、最適化後も、4つの角パイプの断面形状が同じとなる。

図7の形鋼構造物に、表4の解析条件で応力分布を算出した結果、図8に示す通り、形鋼構造物には最大応力1,113MPaが生じる。今回、許容応力値を500MPaとしており、最適化ソフトウェアが、適切に、さらに太い角パイプを選定するか評価した。

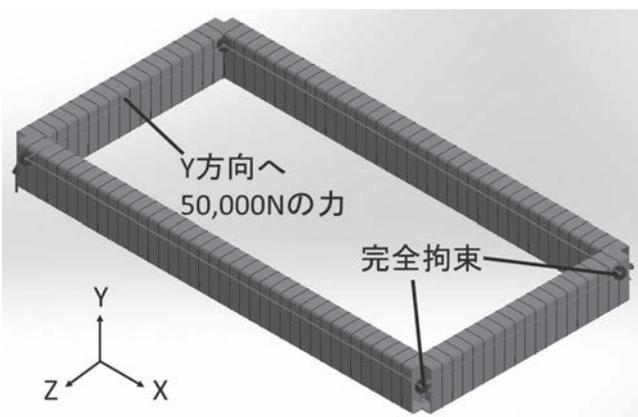


図7 形鋼構造物の初期形状と境界条件の設定位置

表4 解析条件

部材形状[mm]	□50×100×3.2-1000 2個 □50×100×3.2-500 2個
弾性係数[MPa]	210,000
ポアソン比	0.28
拘束条件	2点を完全拘束
荷重条件	梁1つを50,00Nの力でY方向へ

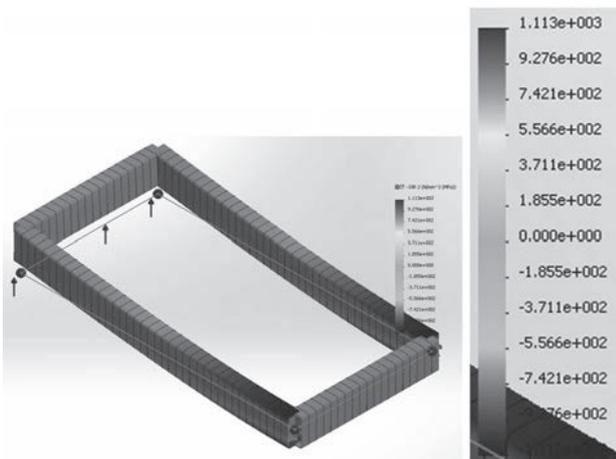


図8 形状変更前の形鋼構造物の応力分布

(2) 評価結果と考察

最適化ソフトウェアを使用した結果、最適化ソフトウェアは、形鋼構造物で角パイプ(□120×60×5.0-1000、□120×60×5.0-500)を選定した。なお、このときの応力分布は、図9に示すとおり、最大応力522MPaであり、許容応力値を少し上回っている。これは、こちらで設定した角パイプの断面係数とSolidworks Simulationが内部で算出する角パイプの断面係数が、少し異なっているのではないかと推測している。今後、見直していきたい。



図9 最適化ソフトウェアが提案する形鋼構造物の応力分布

5. 結 言

以下に、試作したソフトウェアの評価結果のまとめを示す。

- (1) 最適化ソフトウェアを試作し、計算フローに問題ないことを確認した。
- (2) 本研究で設定した角パイプの断面係数とSolidworks Simulationが内部で算出する角パイプの断面係数が、少し異なっているのではないかと推測している。今後、見直す必要がある。

参考文献

- [1] 最新で最高の設計環境を実現する SOLIDWORKS ソリッドワークス, <<http://jpn.nec.com/solidworks/>>, (2015/4/11 アクセス).
- [2] SOLIDWORKS 実績と将来性, <<http://www.cadjapan.com/products/3dcad/solidworks/result.html>>, (2015/4/11 アクセス).
- [3] 矢野経済研究所 CAE 市場に関する調査結果 2013, <http://www.yanoict.com/report/1601.html?gclid=COaj9cmx_ssCFQF-vQodlesMEw>, (2015/3/2 アクセス).
- [4] 高橋英俊 他; フレーム設計における CAE と品質工学の融合, 品質工学会第 10 回研究事例発表大会講演予稿集, pp38-41, 2002.
- [5] optimus, <<http://www.cybernet.co.jp/optimus/>>, (2015/3/14 アクセス).
- [6] Genesis 概要, <<http://www.terabyte.co.jp/GENESIS/genesis1.htm>>, (2015/3/14 アクセス).