

CAE（構造解析）操作技術の習得（Solidworks Simulation）

中西幸弘、後藤伸太郎、中木村雅史、森木義隆、磯谷俊史、足立勇太、山本遼
工学系技術支援室 装置開発技術系

はじめに

装置開発技術系で使用している 3D 設計支援ソフトウェア Solidworks は、構造解析を行う CAE（Computer Aided Engineering）機能 Simulation が仕様として備えられている。CAE は三次元 CAD でモデリングしたパーツあるいはアセンブリが、仮想的なテスト環境下（荷重・流体・熱伝導・電磁場・音響等）において、適切な形状であるかをコンピュータにより解析する設計最適支援ツールである。近年、その性能は急速に向上し、操作性においても設計者に取り扱いやすいものとなってきた。昨年度、当系において外部より講師を招いて CAE の基礎となる構造解析（線形荷重）を学ぶ講習会を開催し、基礎的な操作技術を習得した（平成 27 年度自主企画研修・27/1/26）。更に本年度においては、実業務を題材とした実践的な操作技術習得を行う。また本研修では基礎的な強度設計学、材料力学、有限要素法といった CAE の理論的な背景や周辺知識を学び、解析結果の妥当性を判断できるような力も備えたい。本研修は、基本的な解析である構造解析について実践的な練習を積むことで、業務において設計・製作する部品あるいは構造体に適用できるまで操作方法に習熟することを目的とする。

1. Simulation（構造解析）操作技術の習得

前節で述べた通り、前年度の自主企画研修において構造解析の初歩的な操作技術を学んだ。今年度はさらに応用的な操作を習得することを目的として、研修参加者の 2 名が中部ポリテクセンターにおいて 3 日間で行われる構造解析の講座に参加し、そこで得た知識を後日他の参加者に共有するべく、内部で講習会を行った。表 1 に詳細を示す。

表 1. 講習会詳細

期間	6 月～7 月の間、6 回開催（計 12 時間）
場所	実験実習工場 1F ミーティングルーム
形式	各自 PC を持ち寄り、講師役がプロジェクターにてテキストに沿って操作を指導
内容	CAE 概論 Solidworks による解析 解析理論および CAE の利点と限界 解析モデル作成のポイント 解析実習（線形静解析、固有値解析、座屈解析） 応用的な解析（接触を伴う解析、仮想壁の利用、アセンブリ解析、最適化） 実践課題による実習

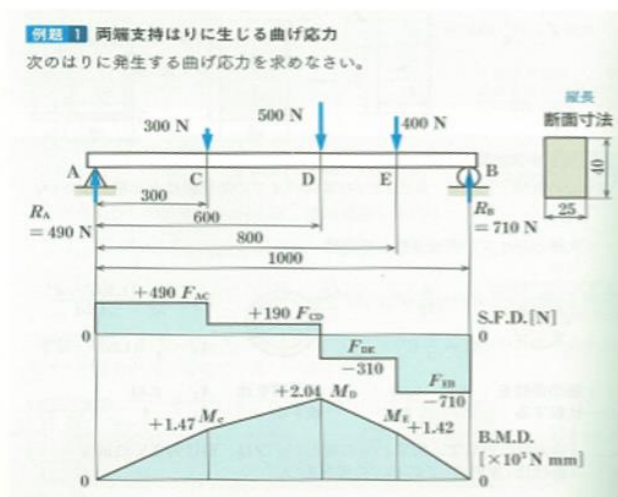
約2ヶ月間にわたる講習により参加者は一通りの操作を習得することができた。しかし、構造解析における解析結果の妥当性は、拘束や荷重などの条件を適切に入力しない限り保証されない。そのため、あらかじめ解が与えられている問題についてシミュレーションを行い、正しく結果が出ているかどうかを確かめるという試みを行うこととした。

2. 教材を用いた勉強会

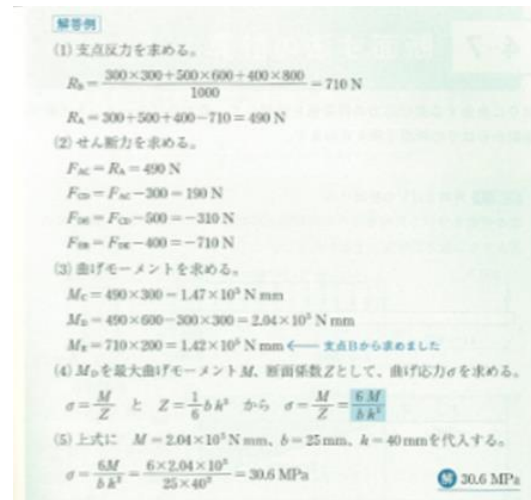
構造解析を行うにあたり、材料力学のテキストを購入し、理解を深めるべく勉強会を行った。内容については材料力学の基礎からはじまり、応力・ひずみなどの関連用語の正確な理解を主目的とした。テキストの各項目に対して担当を割り当て、項目の説明と練習問題の解説、さらにはシミュレーション結果との比較を行った。

3. 厳密解とシミュレーション結果との比較

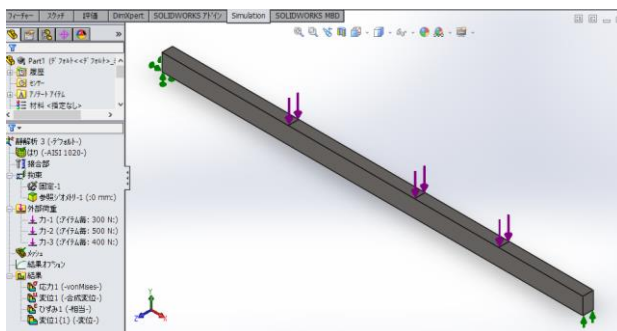
解が与えられたいくつかの問題に対してシミュレーションを行い、応力・変位などの各パラメータの比較を行った。一例として曲げ応力に関する問題の比較結果を図1に示す。



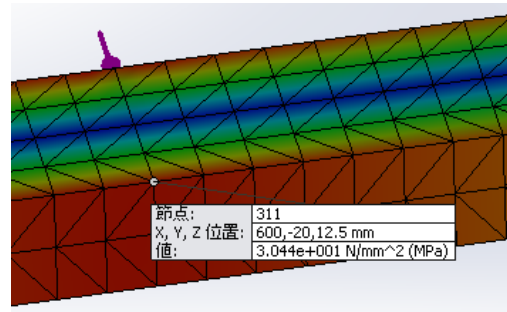
曲げ応力を求める問題



解答例



問題の状況を Solidworks で再現



シミュレーション結果

図1. 厳密解とシミュレーション結果との比較

以上のように、条件を正しく入力すれば、シミュレーション結果と厳密解はほぼ一致することが確認できた。わずかな誤差はメッシュ生成の精度限界によるものと考えられる。正確な条件入力を行うにはある程度の経験を積む必要があるが、このように解の知られた問題と比較することにより上達が見込めるものと思われる。

4. 設計業務への適用

装置開発技術系では、依頼の内容によっては装置の製作だけでなく設計から行うことも多々ある。その際に今回培った技術を活かすことで、強度的・重量的に無駄のない設計が行えると考えられる。

以前、業務依頼により真空容器（図2）の600mm×600mmサイズの蓋の設計製作を行った。その際は経験則で板の厚みを決めたが、今回改めて構造解析を用いて、より適切な設計を行うことにした。なお、目標安全率を5とした。

初めに適切な強度を持つ板厚をシミュレーションで計算した結果、十分な安全率を持つ板厚は12mmであることが分かった。（図3）

次に軽量化を図るため、より薄い板（6mm厚）にリブを取り付けることとし、リブの幅、厚さを変えて繰り返し計算（パラメータスタディという機能を使用）を行ったところ、最適値を見つけることができた。

ただし、この最適値におけるリブ付きの板の重量を計算すると、12mm厚のリブ無し板より重く、従来の目的である軽量化を実現できていないことが分かった。

そこでシミュレーション結果の詳細を分析したところ、板の本体は過剰な安全率となっているが、一部のリブの先端における応力が大きいため最大安全率が下がってしまっていることが判明した。これは本来板を守るためのリブを必要以上に安全に設計してしまっているということであり、この辺りは改善の余地があると思われる。

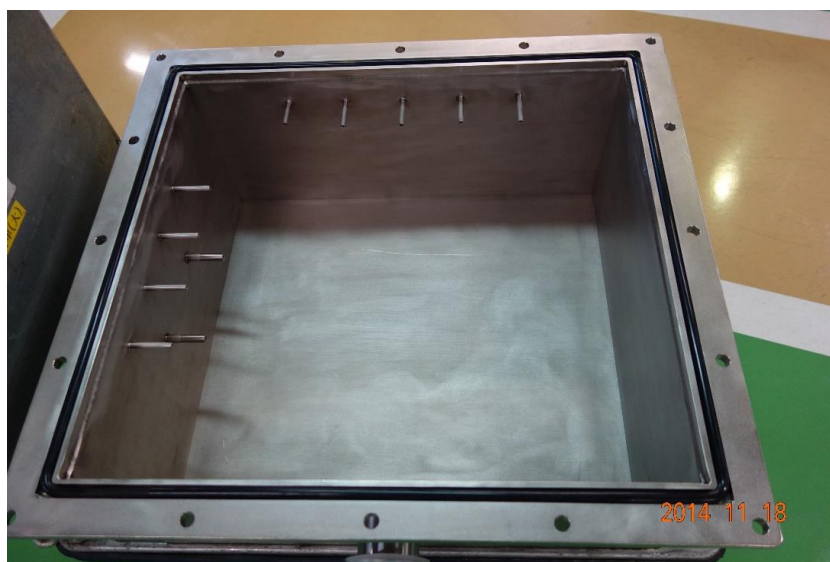


図2 真空容器

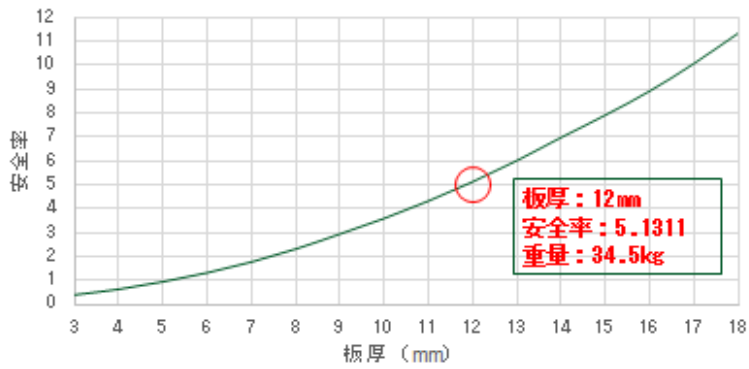
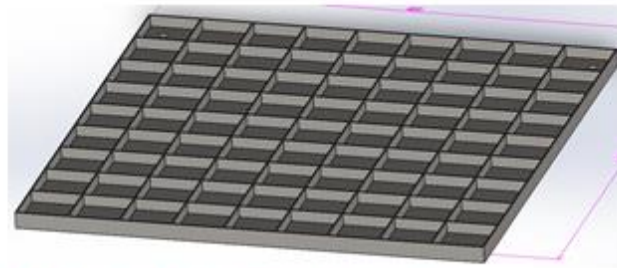


図3 シミュレーション結果



板厚: 6mm (無垢の安全率: 1.3236)
 リブ: 縦横10枚ずつ
 リブの高さ: 1-24mm リブの幅: 1-18mm 432通り
 目標安全率: 5

図4 リブ付き板 3DCAD 図

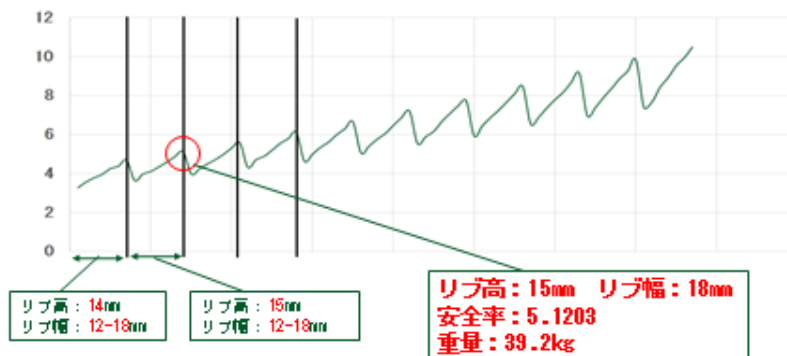


図5 パラメータスタディ (最適化) によるシミュレーション結果

おわりに

年間を通して CAE (構造解析) 操作技術の習得に努めた結果、ある程度業務に応用できるまでの技術を習得することができた。これからも研鑽を重ねることで、より高度な設計技術を身に付けていきたい。