

# 有限要素法シミュレーションにおける表面コーティングの影響に関する研究

齊藤 光弘 (情報・生産技術部 デザイン・設計グループ)

## 1. はじめに

メッキや塗装など、表面コーティングの物体強度への影響は、表面コーティングを施した試験片と無い試験片に対し引っ張り試験や曲げ試験を行うことで、ある程度評価できる。しかし形状が複雑な物体や、複数の荷重条件を考慮しなければならない場合などは、その影響を実機試験で測るのは困難である<sup>1)</sup>。本研究では、有限要素法シミュレーションソフト ANSYS DesignSpace に実装されたプリポスト機能である“表面コーティング”を使用し、ソリッドモデルの表面に薄膜層を設定した場合の、曲げ強度・引張り強度等への影響を評価する手法の確立を目指した。

## 2. 有限要素法シミュレーションソフトについて

当所では、3次元CADとANSYS DesignSpaceを利用して、3次元モデリング及び静的構造解析の技術支援を実施している。しかし、表面コーティングを施している部材を含む構造解析の技術相談には対応できていなかった。有限要素法でシェル要素を作成する場合、一般的にデフォルトの設定ではメッシュ作成時に厚み方向へ十分な要素数を取ることが出来ないため、薄板スイープなどの手法を用いる。しかし薄板スイープを用いる場合、めっきや塗装に相当するシェル部分をソリッド要素とは別にモデリングする必要があり、ソリッドモデルの形状変更を行う場合などは、

工程が複雑となる。ANSYS DesignSpace に新たに実装された“表面コーティング”では、シェル要素の厚さや材料を指定することで、ソリッドモデルの表面にシェル要素を簡単に作成することが出来る。

## 3. 評価の方法

引張り試験及び三点曲げ試験を想定し、ソリッドの形状や薄膜層の厚さの違いによる、有限要素法シミュレーションを行った。

なお、ソリッドモデルの材質はSPCC、表面コーティングは石英ガラス(SiO<sub>2</sub>)、実際のコーティングの厚さは石英ガラスの場合、数μ〜数十μ程度だが<sup>2)</sup>、コーティングの際に生じる拡散層(数百μ)を考慮し、コーティング無し、0.01mm、0.1mmの3種類とした。

引張り試験については、図1の幅15mm、厚さ2.3mmの引張り試験片をモデリングし(図は1/4モデル)、要素数は544とした(スイープ分割数は4)。構造解析条件は、それぞれの断面を摩擦なし支持とし、端面に100Nの引張り荷重を与えた(図2)。

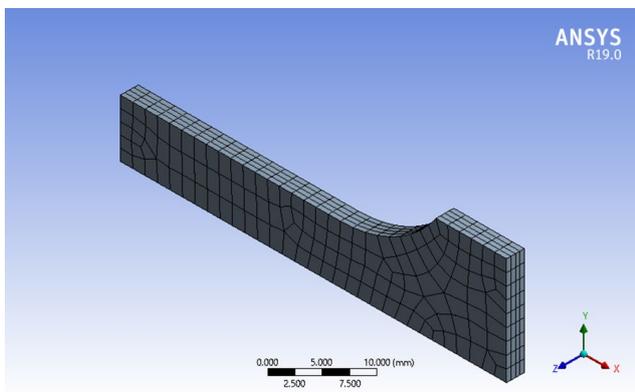


図1 引張り試験片 (要素数 544)

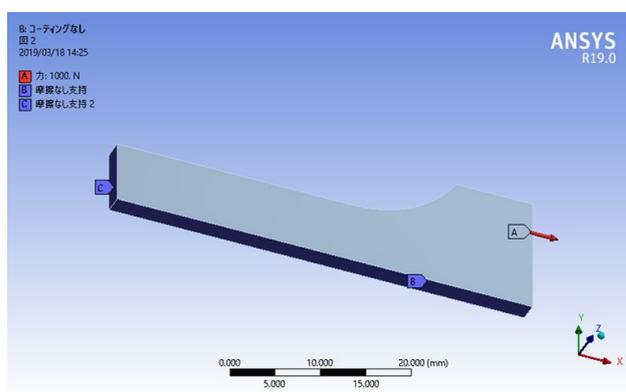


図2 引張り試験の構造解析条件

三点曲げ試験については、図3の幅28mm、厚さ2.3mm、支点間46.9mmの曲げ試験片をモデリングし（図は1/4モデル）、要素数は8691とした（スリーブ分割数は4、圧子と支点の要素数も含む）。構造解析条件は、それぞれの断面を摩擦なし支持、試験片と圧子及び支点の接触を分離しない接触とし、圧子に下向きに500Nの荷重を与えた（図4）。

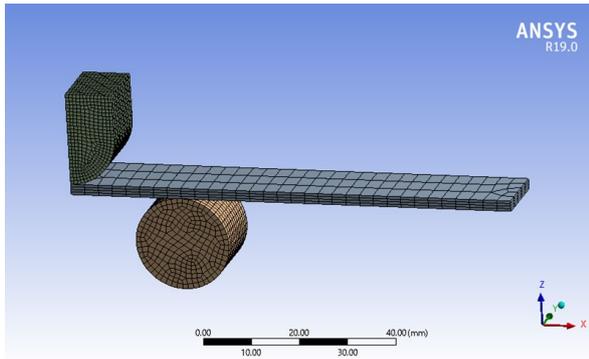


図3 曲げ試験片（要素数 8691）

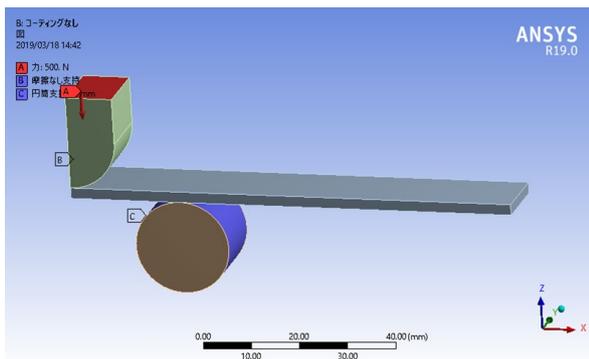


図4 曲げ試験の構造解析条件

#### 4. 結果および考察

表1に構造解析結果を示す。引張り試験の場合はコーティング0.01mmで0.31%、0.1mmで3.9%強度が向上しており、曲げ試験の場合ではコーティング0.01mmで0.6%、0.1mmで6.1%強度が向上した。石英ガラスは圧縮に対して非常に強い（圧縮強度1100MPa、引張り強度は48MPa）、圧縮の作用が大きい曲げ試験で、より強度が向上したと思われる。

表1 構造解析結果（相当応力）

	コーティング無し	コーティング 0.01mm	コーティング 0.1mm
引張り試験	72.274 Mpa	71.973 Mpa	69.365 Mpa
曲げ試験	303.72 Mpa	301.91 Mpa	285.03 Mpa

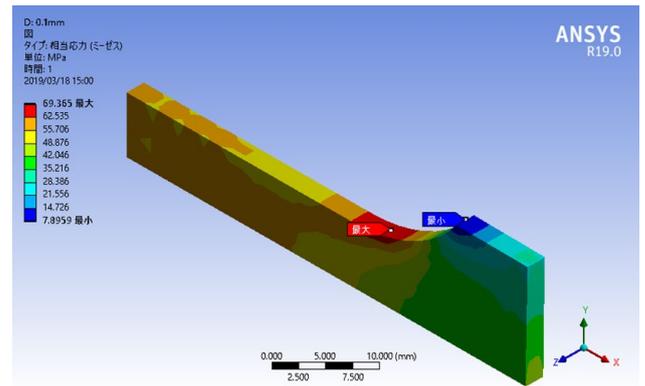


図5 引張り試験の相当応力分布

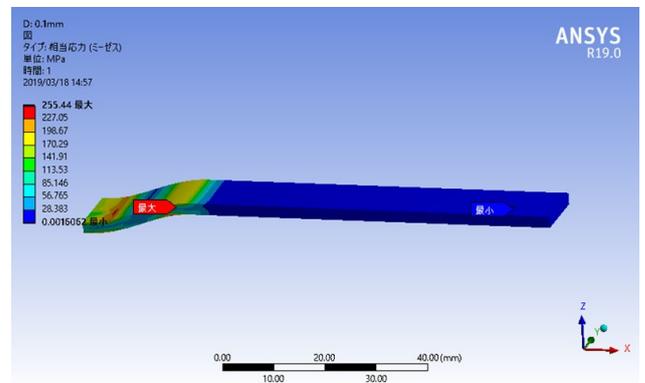


図6 曲げ試験の相当応力分布

#### 5. おわりに

これまで構造解析を行っていなかった表面コーティングを施したソリッドモデルの強度シミュレーションを実施し、表面処理の効果を確認することが出来た。今後は表面処理時間、化合物層の厚さとシミュレーションで設定する厚みの関連性の検証を行う。また保有の有限要素法シミュレーションソフトが疲労解析に対応した場合は、当所の疲労試験と連携して受託研究等への対応を可能としたい。

#### 【参考文献】

1. 線延飛、都井裕、日本シミュレーション学会論文誌、Vol.9, No.3, pp.39-45, (2017).
2. 加賀谷忠治、加藤政則、江上登、「材料」第31巻 第343号, pp.364-369, (1982).