

# 3D プリンタを用いた蛇腹折り円筒の剛性評価

環境構造工学講座 7511736 竹内 駿哉  
指導教員 後藤 文彦

## 1. はじめに

折り紙構造は様々な分野で利用されされている。そのなかでバネ特性を持った蛇腹折り構造は、折り目パターンの設定により、鉛直方向、水平方向のバネ剛性を調整できるため機能分離型支承として用いることも期待される。だが、折り紙構造は複雑な形状のため、実物の製作は容易ではない。今までは有限要素解析でのシミュレーションにより力学的挙動を研究してきたが、条件の設定次第では計算で正しいか分からない場合があった。そこで、昨年の課題点を改善して蛇腹折り円筒を製作し、有限要素解析での数値と実験値の比較をする。そして3Dプリンターが有限要素解析に利用可能かを調べていく。

## 2. 解析手法

解析は有限要素解析ツールの CalculiX で行い、蛇腹折り円筒の初期高さの違いによる力学的挙動を見る。190ml 缶を元に高さ 104.5mm、周 166.5mm とする。分割パターン数は周方向分割数 6、高さ方向分割数 20 を基準とし、初期高さの値を 1~0 まで 0.5 刻みで解析する。今回はクリープが小さいと思われる RGD525 を材料に選んだ。RGD525 のヤング率を求めるため圧縮試験と引張試験を行い、平均値を使用する。

表-1 材料試験

試験内容	圧縮試験	引張試験
1 回目	0.162 GPa	2.843 GPa
2 回目	0.167 GPa	3.011 GPa
3 回目	0.171 GPa	3.121 GPa
平均	0.167 GPa	2.992 GPa

メーカー公称値ではヤング率は 3.2GPa なのだが圧縮試験のヤング率が低い。これは、変位計が mm の 100 分の 1 でしか読み取れず、0.01mm より小さ

い値で変化している可能性や、圧縮試験自体に問題があるのではと考えられる。そのため、引張試験のヤング率を使用する。

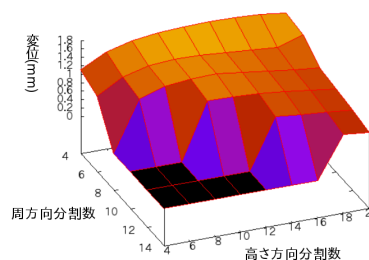


図-1 解析結果

## 3. モデル制作

去年、3D プリンターで印刷したときにモデルの先端が尖ってしまうという問題が起きた。この問題を解消して実験をより正確にするため、モデルの先端が揃うファイルを作成した。



図-2 モデル修正後

## 4. 载荷試験

図-3 のような試験機を使用し、変位を計測する。初期高さ 0.7、0.9、0.99 を製作して载荷する。試験は衝撃荷重がかからないよう 30 秒ごとに 1kgf を載せ合計 10kgf 载荷する。結果を図-4 に示す。解析は圧縮試験のヤング率をしようする。

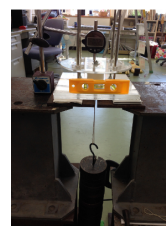


図-3 パイプ式载荷装置

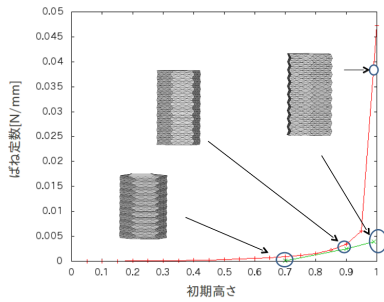


図-4 ばね定数比較グラフ

初期高さが大きくなるほど強度が高くなるシミュレーション通りの結果が得られた。初期高さが0.7、0.9のときは有限要素解析の数値と実験結果の近似値が得られ、0.99のときバネ定数の急激な変化は見られたが解析値とは誤差が生じた。これは素材強度のばらつきが原因であると考えられる。初期高さの変化による強度変化の傾向を見られるが、CalculiX と実験での剛性比較は現状では難しいことが分かった。

## 5. 破壊試験

破壊試験はパイプ式载荷試験機と圧縮試験機を使用し、円筒の座屈のシミュレーションとの比較をする。座屈荷重の比較を図-5に示す。

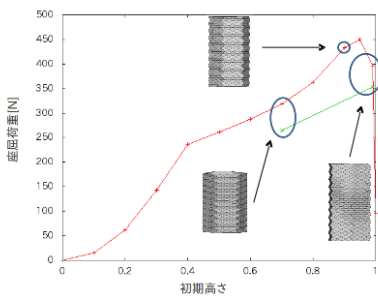


図-5 座屈荷重

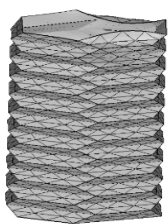


図-6 座屈モード初期  
高さ 0.7

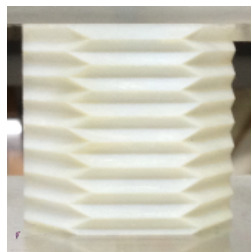


図-7 座屈 初期高さ  
0.7

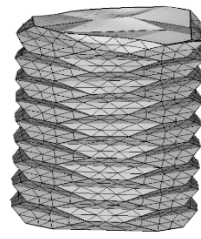


図-8 座屈モード初期  
高さ 0.99

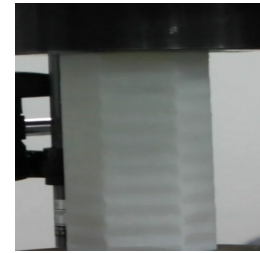


図-9 座屈 初期高さ  
0.99

座屈荷重の比較では初期高さが大きくなるごとに座屈荷重は高くなる傾向があった。初期高さが0.7、0.99のどちらとも上部の座屈が予想されたが大きな座屈は見られなかった。破壊の仕方は折り目に沿っていたが、圧縮試験機では荷重の変化が早いいため折り目とは関係なく破壊が生じた。

## 6. まとめ

クリープの小さいRGD525を材料として有限要素解析の値と3Dプリンタで製作した円筒の実験値との比較を行ったが、モデル材料の強度が不安定なため正確な値を取ることが出来なかった。だが、時間が経つとヤング率が高くなることから日数を置くと公称値のヤング率が得られるかもしれない。バネ定数に関しては初期高さが大きくなるごとに増加する傾向は見られ、圧縮試験のヤング率のときだけ近似値が得られた。座屈の形状に関しては脆性的のため一瞬で破壊してしまい、座屈の形状が見られなかった。座屈荷重に関しても予想した値にはならず、初期高さによる変化も見られなかった。今後は圧縮試験のヤング率の変化の対処や印刷後に時間をおいた場合の変化、解析値と実験値の誤差の原因解明が課題だ。将来的には技術進歩によって本研究のような比較が効果的なものになっていくことが期待される。

## 参考文献

- 1) <http://www.calculix.de/>
- 2) <http://www.stratasys.com/>
- 3) <http://www.3d-printer.jp/materials.html>