

# 3D プリンタを用いたダイヤカット円筒の剛性評価

環境構造工学講座 11739 坪井 瑛靖  
指導教員 後藤 文彦

## 1. はじめに

近年、航空機や自動車、建築構造物、医療材料など様々な分野で注目されている折り紙構造は、複雑な構造であるため実物を作って実験するのが容易ではなかった。そのため有限要素法を用いた数値解析により力学的挙動を予測していたが、条件の設定次第で計算結果が大きく変わってしまうので、正確な値が出ているのかわからない場合がある。そこで昨年より3Dプリンターを用いて基本的な折り紙構造であるダイヤカット円筒を印刷して試験をしており、今年は去年より硬い材料を用いて数値解析と比較するのが本研究の目的である。

## 2. 解析手法

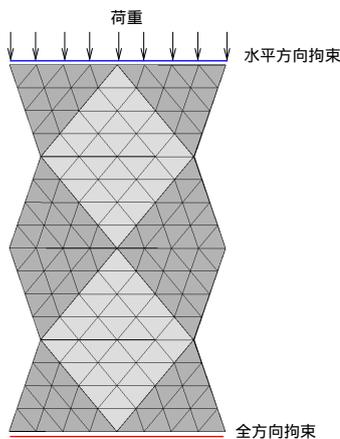


図-1 解析モデル

解析にはオープンソースの有限要素ツール CalculiX を用いる。三角形を凹凸のかたちにくつも組み合わせさせてできているダイヤカット円筒を1つの三角形の折り目に対し16の要素で構成させ、6節点3角形要素で解析を行う。境界条件は円筒上端の各節点の水平方向の変位のみ拘束し、下端の各節点は軸方向と水平方向変位ともに拘束する。荷重を上端の各節点に分割して載荷し、ダイヤカット円筒の周方向と高さ方向の折り目の数をそれぞれ4~20まで2刻みで変化させた挙動を比較していく。

## 3. 材料試験

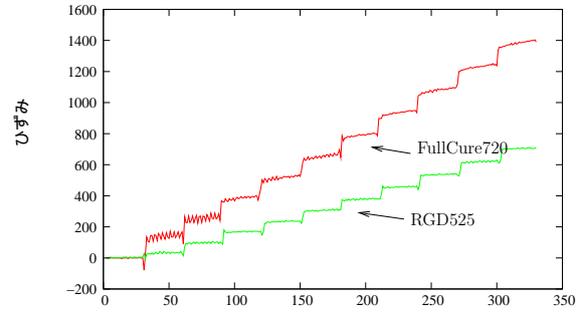


図-2 ひずみ-荷重 曲線

円筒の材料は高耐熱性材料 RGD525 である。この材料を曲げ試験と圧縮試験を行ったところ、曲げ試験は印刷した向きで値が変化する異方性の問題があり、圧縮試験も材料が予想以上に硬く、変位計の測定値の範囲外だったので求



図-3 引張試験

めるのが難しかった。そこで安定して値が出せたのが引張試験であったので、図-3のように1kgfの重りを30秒ずつ合計10kgfまで載荷してひずみを測定し、去年の材料である FullCure720 との比較を図-2に示す。その結果ひずみが去年より安定し、さらにヤング率が2倍近い2.84GPaとなったのでこの値を計算で用いることにした。

## 4. 載荷試験

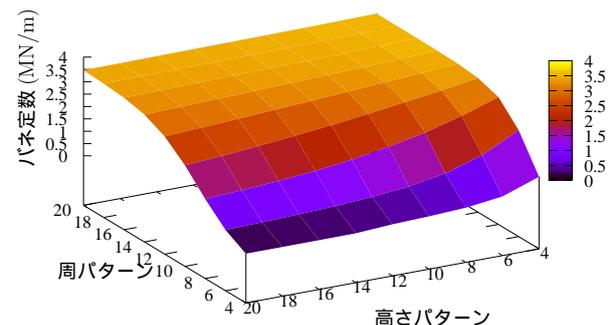


図-4 パターン毎のバネ定数

載荷試験は図-5の試験装置を用いた。円筒の軸方向に 20kgf の重りを載荷した場合の変

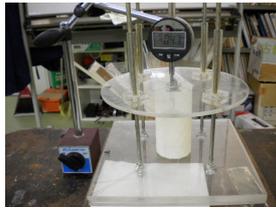


図-5 載荷試験

位量からバネ定数を求め、周方向・高さ方向のパターン毎に対する変化を 3次元プロットで図-2に示している。

実験モデルとして周 6 高 10、周 12 高 10、周 12 高 4 の 3つを選んだ。試験は 30 秒ごとに 1kgf の重りを載荷して合計で 20kgf を載荷し、変位を測定した。その結果を図-4に示す。試験結果と Calculix による計算値を比較すると周方向のパターンを大きくすると変位は小さく、高さ方向を大きくすると変位が大きくなる解析値に対し、実験値は周方向パターンを大きくした場合だけ変位が小さくなるだけで、解析値とも値は異なった。

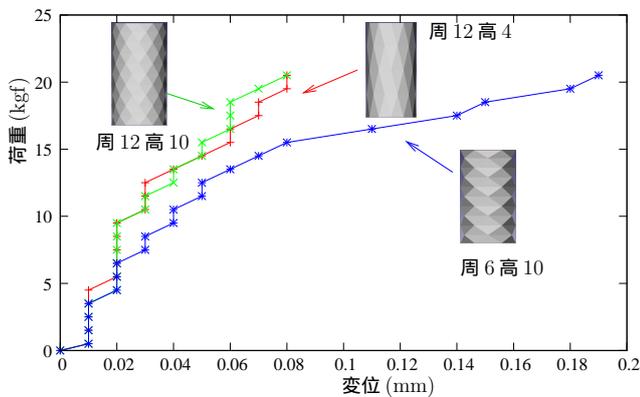


図-6 ダイヤカット円筒の載荷試験

表-1 変位の比較

モデル	周 6 高 10	周 12 高 10	周 12 高 4
実験値 (mm)	0.19	0.08	0.08
解析値 (mm)	0.234	0.062	0.057

## 5. 破壊試験

圧縮試験機を用いて破壊試験を行い、実験モデルの座屈の様子を FEM 解析から求めた座屈モード 1~3 パターン (図-7~図-9) で比較することにした。ところが破壊直前の画像 (図-10) には座屈は見ら

れなかった。これは RGD525 が靱性がない材料であったために座屈変形が起こる前に破壊強度に達してしまい、今回のような脆性破壊をしたと思われる。

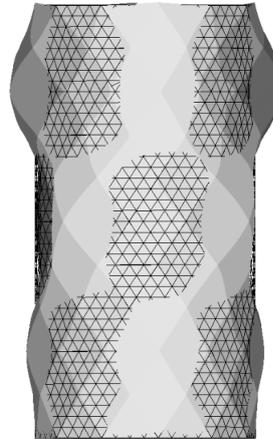


図-7 モード 1

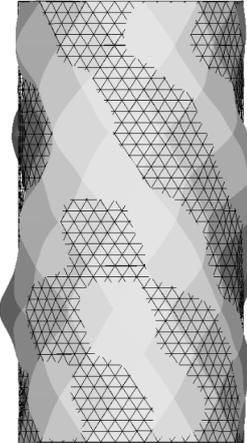


図-8 モード 2

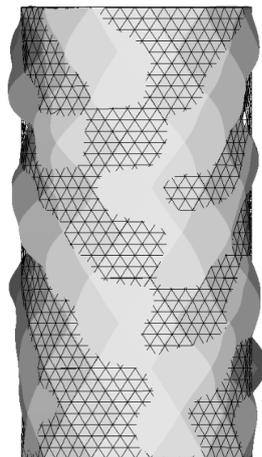


図-9 モード 3



図-10 破壊直前

## 6. まとめ

今回の実験ではモデル材料が去年より強度が高いものを用いて実験を行ってきたが、異方性や脆性的なところもあり、CalculiX の数値解析との比較が出来なかった。今後はモデル材料 RGD525 の特性を検証するのが課題であるが、技術進歩によって 3D プリンタで金属材料など異方性や脆性などの問題がないを用いることができれば、比較手法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>