

蛇腹折り円筒の力学的挙動と3Dプリンターの可能性

環境構造工学講座 7510732 鶴田 翔
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

折り紙構造は近年、宇宙構造物や医療機器など様々な分野で利用され注目されている。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。しかし折り紙工学を利用した構造は複雑な形状で実物の製作は容易ではなく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。また条件の設定次第では計算で正しい値かどうか分からない場合があった。

そこで本研究では、秋田大学に設置された3Dプリンターを用いて蛇腹折り円筒を製作、試験し有限要素解析での数値との比較。そして3Dプリンターの可能性を調べていく。

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 10 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。ヤング率は引張試験により 30 分までのヤング率を計測し平均値を使用する。

表-1 材料試験

経過日数	直後	2日	7日	平均
ヤング率 (Gpa)	1.138	1.447	1.599	1.395

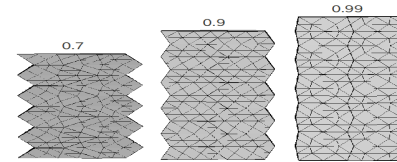


図-1 解析モデル

3. 载荷試験

図-2のような試験機を使用し、変位を計測する。試験体は初期高さ 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 10 秒ごとに 1kg を載せ合計 10kg 载荷する。その後、30 分間変位を計測し除荷。30 分間戻りの変位を計測する。結果を図-3 図-4 に示す。



図-2 パイプ式载荷装置

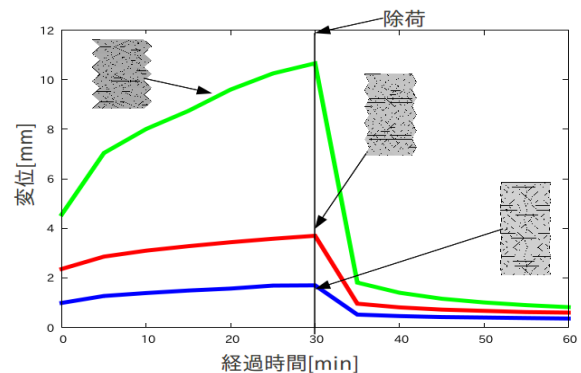


図-3 载荷結果

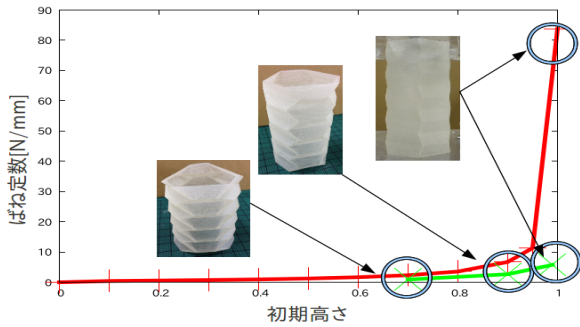


図-4 ばね定数比較グラフ

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が有限要素解析の数値とは大きく異なった値になった。また、目的としていたバネ定数の急激な変化は見られなかった。これは素材強度のばらつきが原因であると考えられ、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という事が分かった

4. 破壊試験

破壊試験はパイプ式載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。

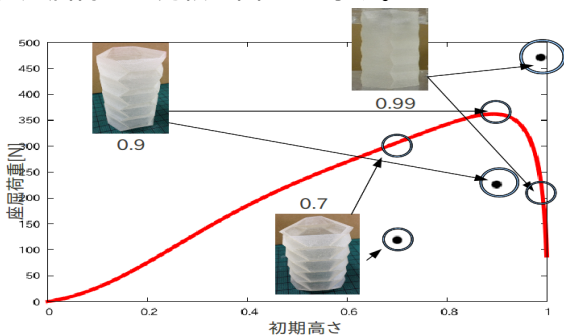


図-5 座屈荷重グラフ

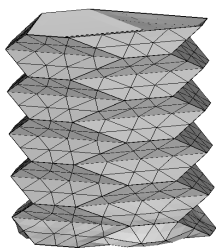


図-6 座屈モード 初期高さ 0.7

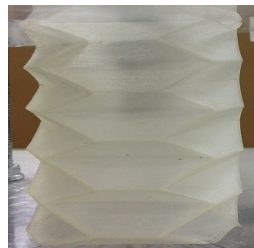


図-7 座屈 初期高さ 0.7

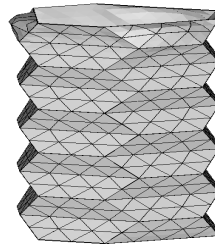


図-8 座屈モード 初期高さ 0.9

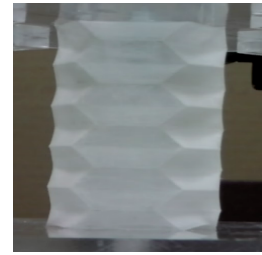


図-9 座屈 初期高さ 0.9

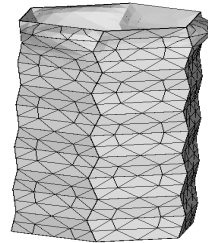


図-10 座屈モード 初期高さ 0.99

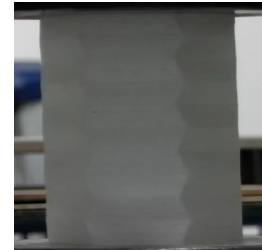


図-11 座屈 初期高さ 0.99

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見れた。初期高さ 0.7 は下が座屈しているが実験では両端が座屈し図-7 両端から破壊が生じた。初期高さ 0.9 は上端が座屈すると予想されたが両端が座屈図-9、下から破壊した。0.99 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図-11。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ため折り目とは関係なく破壊が生じた。

5. まとめ

本研究では、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。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た。また座屈の形状に関しても予想した変形に似た変形が見られた。今後は比較に適した材料の選定や材料の進歩が課題である。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>