

# 折り曲げ円筒の有限要素解析における使用要素の影響

環境構造工学講座 11732 関原 聖  
指導教員 後藤 文彦

## 1. はじめに

私達の研究室では折り紙構造の研究をしているが、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く、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る。そして折り曲げ円筒の有限要素解析でのシミュレーションでは、今までシェル要素で解析し研究してきたが、シェル要素では厚みを考慮していない。そこで、折り紙構造であるダイヤカット円筒を厚みを考慮した四面体要素で解析し、シェル要素と四面体要素とで比較し使用要素による影響を調べていく。

## 2. 解析モデル

ダイヤカット円筒は缶コーヒーなどにも使われているので、本研究では缶コーヒーの大きさをモデルにして研究を進めていく。また、ヤング率とポアソン比は私達の研究室で 3D プリンター の材料として使われている RGD525 の値を使い検証していく。ダイヤカット円筒の寸法はシェル要素で解析するダイヤカット円筒と四面体要素で解析するダイヤカット円筒で表 1 の通りに統一する。そして、ダイヤカット円筒のパターン数を周方向と高さ方向で変えてシェル要素と四面体要素で比較していく。

表-1 ダイヤカット円筒の寸法

|         |         |
|---------|---------|
| 高さ      | 0.102m  |
| 半径 (内側) | 0.026m  |
| ヤング率    | 2.99GPa |
| ポアソン比   | 0.3     |

## 3. 解析手法

本研究では四面体要素でダイヤカット円筒を解析するにあたり、面載荷ではなく頂点に荷重をかけるという形になってしまった。四面体要素のダイヤカット円筒を CalculiX で解析した結果、図 2 のように荷重が偏ってしまっていることがわかった。だから今回は、ダイヤカット円筒の上端の頂点だけに均等に載荷することでシェル要素と四面体要素を同じ条件で比較する方法にした。

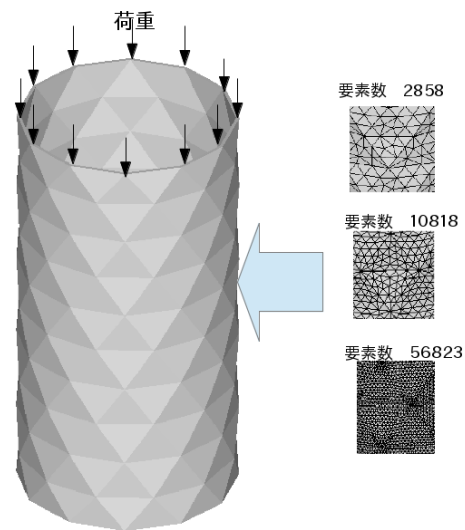


図-1 解析手法

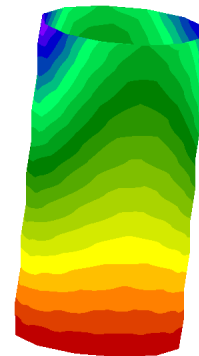


図-2 荷重の偏り

## 4. 解析結果

### (1) 要素数

まずはね定数について理論値をとり計算値と比較をし、グラフで表した。この理論値とは  $k = \frac{EA}{\ell}$  という公式で求めたもので計算値とは数値解析によって求めたものである。結果から、シェル要素は計算結果にばらつきがあり収束性も見られないのに対して、四面体要素では理論値に近い値が出ており計算結果も安定し収束性も見られるという結果になった。



図-3 シェル要素

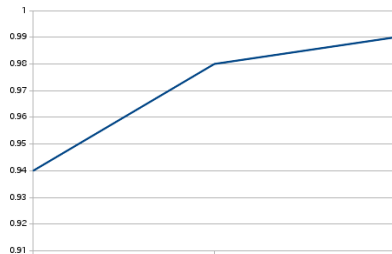


図-4 四面体要素

### (2) パターン数

シェル要素の場合は、限りなく円筒に近いダイヤカット円筒のとき理論値に近い値が出てはいるが、他の円筒に近い形の場合はあまり理論値に近い値が出ていないことがわかる。一方四面体要素の場合は、限りなく円筒に近い形のときは理論値に近い値が出ており、他の円筒に近い形の場合でも理論値に近い値が出ていることがわかる。

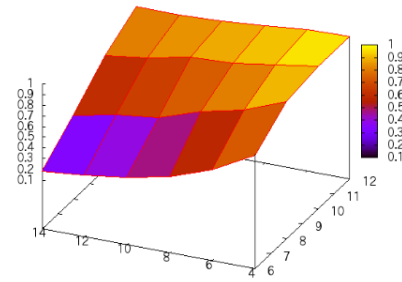


図-5 シェル要素

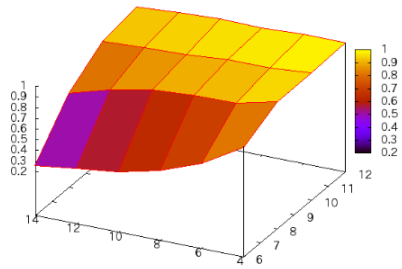


図-6 四面体要素

## 5. まとめ

今回の実験で要素数を変えた場合は、シェル要素は解析結果にばらつきがあり収束性が見られないが四面体要素だと解析結果が安定しており収束性も見られた。パターン数を変えての実験では、シェル要素の場合は円筒の形に近づいても理論値に近い値が少ないのに対して四面体要素の場合は、円筒の形に近づくにつれて理論値に近い値が多いことがわかった。このような結果から、厚さを考慮しないシェル要素よりも厚さを考慮している四面体要素のほうが正確ではないかと思われる。シェル要素には計算結果が早くある程度の傾向はつかめるとい面もあると思うが、私達のように研究を行う場合においては四面体要素での解析がいいと思われる。今回は頂点に載荷する形になってしまい比較も正しいと言えないかもしれないので四面体要素でも面載荷できることや、弾塑性要素での解析なども今後の課題である。

### 参考文献

- 1) <http://www.calculix.de/>
- 2) 坪井 3D プリンターを用いたダイヤカット円筒の剛性評価 2015年 平成26年度