

ダイヤカット半円筒折り紙構造の挙動

環境構造工学講座 7507611 江村 拓郎
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

缶飲料などに用いられているダイヤカット円筒折り紙構造は、折り目のない円筒に比べて外圧に対する強度が高くなるが、本研究では、ダイヤカット円筒折り紙構造¹⁾を1/4に切ったダイヤカット1/4円筒を互い違いにつなぎ合わせた波形構造について、防雪柵やガードレールに利用できないかという観点から、その曲げ剛性や座屈荷重とダイヤパターンとの関係について数値的に考察する。

2. 解析モデル

解析モデルは、アルミ程度のヤング率 70GPa、ポアソン比 0.3 の材料定数で、アルミ缶飲料程度の寸法を想定し、半径 3cm、高さ 20cm、厚さ 0.11mm のダイヤカット円筒から切り出した 1/4 円筒を互い違いに組み合わせた波形構造を解析対象とする。ダイヤパターンは折れ角をなす二つの三角形によって構成されているが、この三角形の周方向、高さ方向の個数をここではパターン数と呼ぶことにする。解析には GPL ライセンスの有限要素解析ツール CalculiX²⁾を用い、図-1 のように三角形 1 パターン

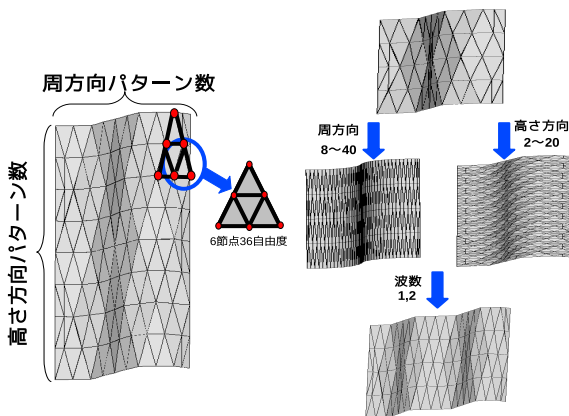


図-1 FEM モデル化 (Calculix)

を 6 節点三角形シェル要素で 4 要素に分割して解

析する。

3. 曲げ剛性

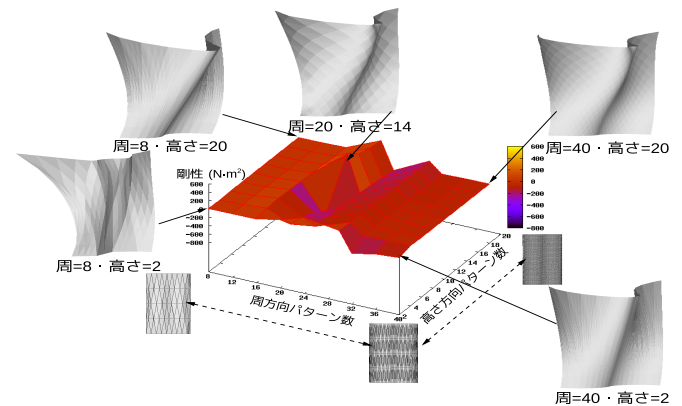


図-2 1/4 円筒を 2 つ組み合わせた波形構造の曲げ剛性

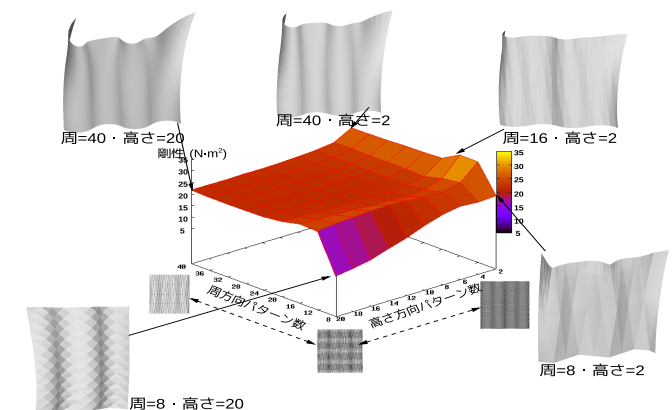


図-3 1/4 円筒を 4 つ組み合わせた波形構造の曲げ剛性

1/4 円筒を 2 つ, または 4 つ組み合わせた波形構造を片持ち梁として、自由端部の全節点に水平 (奥行き) 方向に载荷した場合の曲げ剛性を、周方向パターン数と軸方向パターン数に対して 3 次元プロットしたものを図- 2 と図- 3 に示す。変形図は、下端が固定端、上端が自由端载荷部である。曲げ剛性 (EI) は、たわみの式 ($v = \frac{P\ell^3}{3EI}$) に有限要素法により求めた荷重と自由端载荷部の中央のたわみを代入して求めている。

まず、2つ組み合わせた場合には周方向パターン数が24付近よりも少ない領域で剛性が正、それよりも多い領域では剛性は負となっている。これは載荷部中央を折り目として二つ折りになるように波形構造の左右両端に曲げが作用しているためである。周方向パターン数が24より少ない領域では、載荷部中央の折り目が内側に折れ曲がるように変位する。これは荷重方向と同じ方向の変位なので剛性は正となる。特に周方向パターン数20付近で高い剛性を示している。周方向パターン数が24より多い場合には内側に折り曲がっていた折り目が徐々に外側に反転しながら変形し、荷重方向とは逆に変位するため剛性は負となる。対して4つ組み合わせた場合では高さ方向パターン数が2のときに大きな値が得られ、周方向パターン数はほとんどのパターン数で影響は見られないが、パターン数8のときだけ軒並み小さな値となっている。変形図は左右両端が荷重方向に引っ張られるように変位していて、2つ組み合わせた場合のような剛性が負の値となることは見られない。ピーク値は2つ組み合わせた場合の方が大きくなっている。

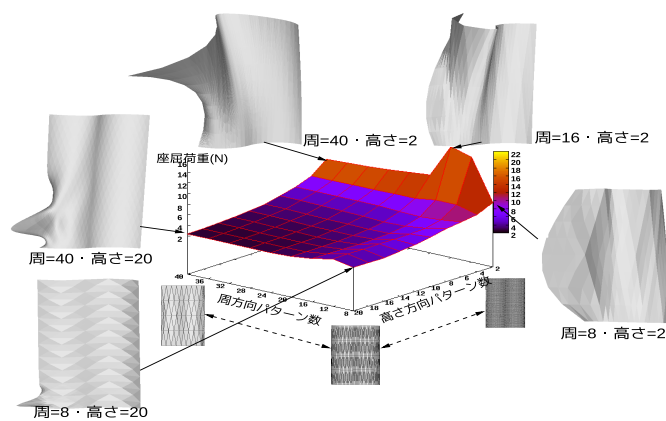


図-4 1/4円筒を2つ組み合わせた波形構造の座屈荷重

4. 座屈荷重

同様の解析手法で、自由端の水平（奥行き）方向に載荷した場合の座屈荷重を曲げ剛性と同等に図-4と図-5に示す。2つ組み合わせた場合も4つ組み合わせた場合もグラフの概形は似ており、周方向パターン数が16、高さ方向パターン数が2付近に座屈荷重のピークがある。高さ方向パターン数が増えるにつれて座屈荷重は減少しており、周方向パターン

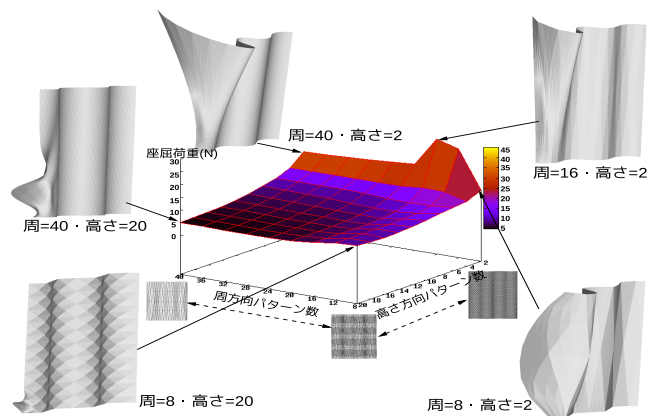


図-5 1/4円筒を4つ組み合わせた波形構造の座屈荷重

数の変化にはあまり影響を受けていない。2つ組み合わせた場合よりも4つ組み合わせた場合の方が座屈荷重は全体的に大きな値を示していることから、4つ組み合わせた場合の方が座屈しにくいといえる。図中の座屈モードを見ると高さ方向パターン数が2付近では、自由端付近に局部座屈を生じている一方、高さ方向パターン数が増えるに連れて、固定端に局部座屈が生じる傾向がある。

5. まとめ

ダイヤカット円筒から切り出して作られる波形構造のダイヤパターンと剛性、座屈特性について数値的に解析した。曲げ剛性は、2つ組み合わせた場合と4つ組み合わせた場合でグラフの形が大きく異なった。2つ組み合わせた場合では周方向パターン数の変化に比較的敏感でありまた、負の値になるパターン数があることから特徴的な挙動を示すのに対して、4つ組み合わせた場合では高さ方向パターン数に敏感であり、値があまり激しく上下することなく緩やかな変化となっている。座屈荷重は、どちらの場合も高さ方向パターン数に対して敏感であり、座屈モードも、高さ方向パターン数に影響を受けていることがわかる。曲げ剛性の変形図と座屈モードは必ずしも対応しないことが認められた。

参考文献

- 1) 柴田勝也, 後藤文彦: 折り畳み円筒折り紙構造のパネ性能, 平成21年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM), I-27, 2010.
- 2) <http://www.calculix.de/>