3D プリンタで作製したトラス構造の強度

加藤湊

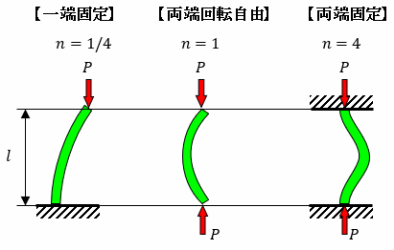
要旨

本研究では、3D プリンタで作製したトラス構造を対象とし、構造と座屈(図 1)との関係を明らかにすることを目的とした。形状の異なるトラスを作製し、両端固定条件下で圧縮荷重を加える実験を行った。その結果、三角形の個数が増加するにつれて座屈荷重および破壊荷重は増加した。また、オイラーの座屈式より算出したヤング率も増加傾向を示した。しかし、その値は PLA 樹脂単体のヤング率（約 3000 MPa）より小さく、構造を軽量化すると剛性が失われることがわかった。

キーワード：トラス構造、3D プリンタ、座屈、降伏、ヤング率

I. はじめに

トラス構造は、棒状の部材を三角形に組み合わせた構造であり、軽量でありながら高い強度を持つ。高野ほか（2014）により、部材の厚さが増加すると，座屈や破壊に対する耐力が向上し，破壊荷重が大きくなるという関係が示されている。本研究ではプリンタで作成したトラスを一つの物体とみなし、上端下端の両端固定条件下で圧縮荷重を加え、座屈及び降伏の有無を調べることにより、構造と耐久性



の関係性を調べることとする。

図 1 両端を固定したときの座屈の様子

II. 手法

デンプンを原料としたバイオマスプラスチックの PLA(ポリ乳酸)樹脂を用いて 3D プリンタによりプラット型(垂直材と斜材で構成され、主に橋梁で使われる構造)のトラス構造を作成した。図 2 のように、ジャッキにトラスの両端を固定し、1kg のおもりを乗せてゆくことによって圧縮荷重を加え、座屈荷重と破壊荷重を測定した。験では、トラスの両端を固定し、上端から圧縮荷重 Pc ［N］を加えた。トラスの耐久性は以下のオイラーの座屈理論を参考に各トラスのヤング率[MPa]を計算して評価した。ここで、E はヤング率[MPa]、l [mm]は柱の長さ、b[mm]は柱の幅、h[mm]は柱の高さである(図 3)。

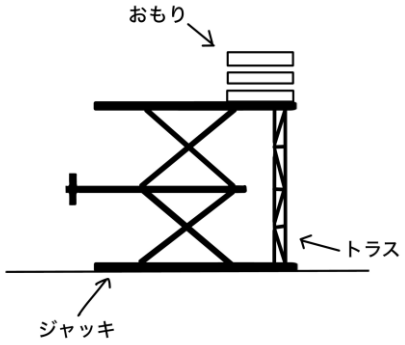
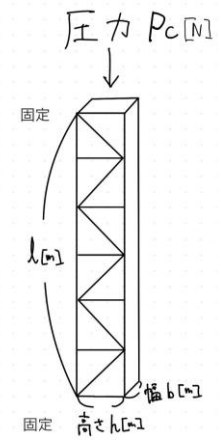


図 2

図 3

III. 結果

三角形の個数が 4、6、8、12 個のトラスについて、3 回ずつ測定を行った。座屈荷重の平均値と標準偏差は、表 1 のようになった。



$$P_c = \frac{\pi^2 E b h^3}{3 l^2}$$

三角形の数(個)	平均(kg)	標準偏差
4	1.6	0.577
6	5.6	0.577
8	7.6	2.081
12	14.6	4.932

表 1

また、破壊荷重の平均値と標準偏差は表 2 のようになった。

三角形の数	平均(kg)	標準偏差
4	3.6	0.577
6	6.1	1.040
8	10.3	0.577
12	19.2	4.532

表 2

三角形の個数増加に伴い、座屈荷重および破壊荷重は増加傾向を示した。どちらも三角形の個数増加に伴い増加傾向を示した。(図 4)

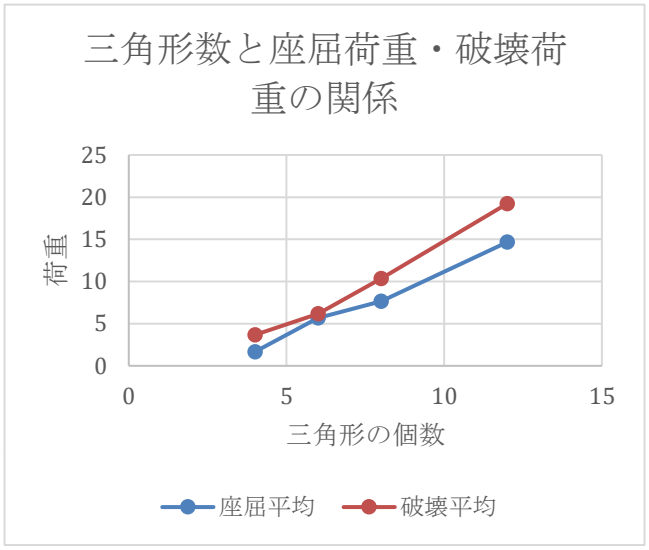


図 4

また、座屈荷重より求めたヤング率も三角形数の増加に伴い増加した。(図 5)

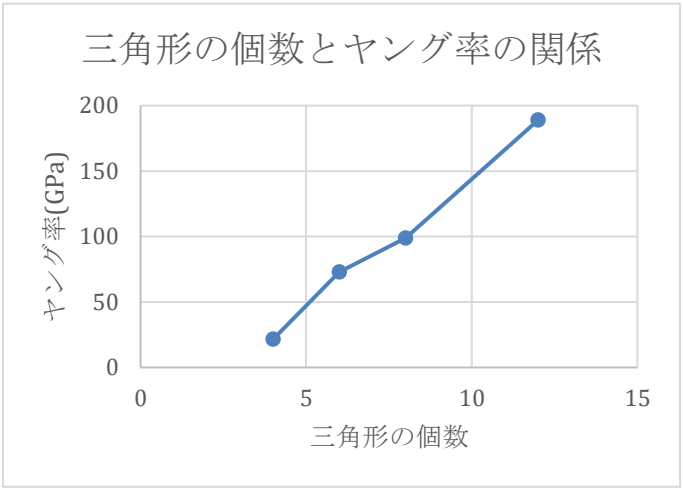


図 5

IV. 考察

図 4 に示すように、三角形の個数増加に伴い座屈荷重および破壊荷重は増加した。これは三角形が増えることで荷重の伝達経路が増加し、応力分散が進んだためと考えられる。オイラー座屈理論より、座屈荷重は EI に比例し、長さの二乗に反比例する。三角形の個数増加により実質的な座屈長さが短縮され、有効断面二次モーメントが増加した結果、座屈荷重が増大したと考えられる。

一方、12 個のトラスでは標準偏差が大きくなった。これは、

1. 接合部の製作誤差
2. 荷重のわずかな偏り
3. 3D プリンタ積層方向の異方性

が影響したと考えられる。

また、算出された実効ヤング率は PLA 材料単体（約 3000 MPa）より小さかった。これは中空構造および接合部剛性の影響によるものと考えられる。

V. 結論

本研究では、三角形の個数が異なるトラス構造を 3D プリンタで作製し、圧縮試験により座屈荷重および破壊荷重を測定した。その結果、三角形の個数が増加するにつれて座屈荷重および破壊荷重は増加することが確認された。また、座屈荷重から算出したヤング率も三角形数の増加に伴い増加傾向を示した。一方で、算出された実効ヤング率は材料単体の PLA と比較して小さく、構造の軽量化には成功したが、剛性は失われたという結果が得られた。

謝辞

本研究にあたり、指導していただいた先生方、親身に相談に乗ってくださった先生方、3D プリンタの指導をしてくださった中川先生に感謝する。

参考文献

Cybernet Systems Co., Ltd.（2026）: ヤング率（Young’s modulus）. CAE・Ansys 用語辞典. （参照 2026/2/20）

アイアール技術者教育研究所（2026）: ヤング率とは？式と単位、横弾性係数との関係などを解説. Engineer Education. （参照 2026/2/20）

鹿島建設株式会社（2026）: トラス構造. （参照 2026/2/18）

SkyCiv Engineering（2026）: 世界の興味深いトラス構造. （参照 2026/2/18）

高野太郎・鈴木一郎・山本健（2014）: トラス構造の部材厚さと破壊荷重の関係. 構造工学研究, 12, 45–52.

ConMaga 編集部（2026）: ヤング率の基礎解説. ConMaga. （参照 2026/2/20）

日本機械学会（2026）: ヤング率. 日本機械学会 機械工学事典. （参照 2026/2/20）