

スケルトン型構造トラス模型の開発

長谷川研究室
01612152 新田 拓也

1. はじめに

学生にとって「トラスを解く」ことは難しい構造力学の問題の一つと言える。ここに力や変形が視覚的に理解できる模型があると便利である。このような目的に対して、これまで長谷川研究室ではトラス模型の開発を進めてきた^{例えば、1)}。しかし、既往の模型には学習教材として利用する上で分かり難い点が多々あった。そこで今回は仕組みや機構が分かりやすく（可視化）、かつ授業などで使える大きさ（軽量化）を改良目標にしてアップグレードを図った。

2. トラス模型の設計・制作

2.1 前作からの改良点

前作模型¹⁾とその改良点をまとめて図1に示す。前作ではトラス弦材に用いたアルミパイプ（φ10mm, t1mm）が重いため、自重による初期たわみが生じた。また、力と変形のメカニズムも分かり難い。そこで、今回はトラス弦材をアルミパイプ（φ9mm, t0.5mm）とし、力と変形の機構が分かりやすいように、復元力を与えるばね部を透明アクリルパイプで可視化した。このようにスケルトン化して、ワーレントラスにおける弦材長を $L=270\text{mm}$ 、質量を $w=0.62\text{g/cm}$ （前作： $L=200\text{mm}$, $w=0.5\text{g/cm}$ ）とし、ばね定数を $k=0.210\text{N/mm}$ （前作： $k=0.045\text{N/mm}$ ）に剛性を高めて模型の大型化を図った。

2.2 制作方法と工程

トラス模型の制作工程を図2に示す。制作方法・工程は基本的に前作と同じである。ただし、前作と異なる点は、③のばねの取り付けにおいて、アルミパイプに穴あけしてばねを平行ピンで固定したこと、また④の透明アクリルパイプをアルミパイプにセメダインで片側接着し、幅1mmのテープで目盛り線をマーキングしてコーティング養生したことである。さらに、⑧のトラス架台は前作の木製から鋼製に変更し、ストッパー付きキャスターを取り付けて、片側ピン～片側ローラー支持となるようにした。

3. 学習教材としての活用方法

3.1 圧縮材と引張材の可視化

上弦材中央節点を手で加力したときのトラス模型の変形を図3に写真で示す。また、これには節点Gに集中荷重Pが作用したときの応力図も計算して併記した。写真に見られる変形から直ちに圧縮材と引張材が判断できるように、変形前の中立線を“黒”、圧縮側を“赤”、引張側を“青”でマーキングした。写真から分かるように、ばねの変形によって圧縮材は赤側（図3(a)参照）、引張材は青側（図3(b)参照）に移動し、圧縮材と引張材が視覚的に判断できる。

3.2 力の体感

力は可視化できないため、感覚的に理解することが難しい。ここでは“赤”と“青”のマーキングを利用した「力の体感」方法を考案してみた。まず、図3の応力図から下弦材CDの応力は、 $N_{CD}=\sqrt{3}/2 \times P$ で与えられる。一方、弦材のばね定数を k ($=0.210\text{N/mm}$) とすれば、フックの法則により $N_{CD}=k \times \delta$ を得る。ここに、 δ は弦材の伸縮量で、これは等間隔に配置したマーキング目盛り線から読み取ることができる。ここで両者を等置すれば、トラスG点に「手」で加えた力は、 $P=(2/\sqrt{3}) \times k \times \delta$ となる。模型の弦材には4mm間隔でマーキングしてあり、CD材の変位が1目盛りであれば力が約1N、2目盛りであれば約2Nを体感することができる。同様に上弦材EGに着目すれば、変位が1目盛りで力は約3N、2目盛りで約6Nを体感できる。

4. まとめ

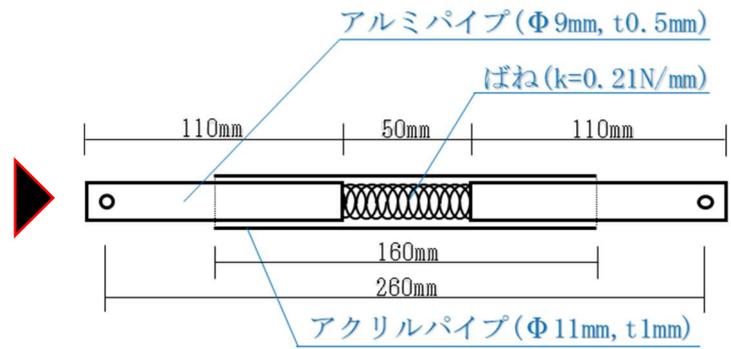
可視化と軽量化を前作からの改良点として、構造トラス模型のアップグレードを図った。機構が明快で力や変形が視覚的にも理解しやすいことから、学習教材としての有効な活用が期待される。

【参考文献】

- 1) 芝辻優作：力を体感できる構造トラス模型の開発，2017年度ものづくり大学卒業研究・制作・設計梗概集，181-182，2018.



(a) 前作ワーレントラス模型



(b) トラス弦材の改良点

図1: 前作モデルの問題点と改良点

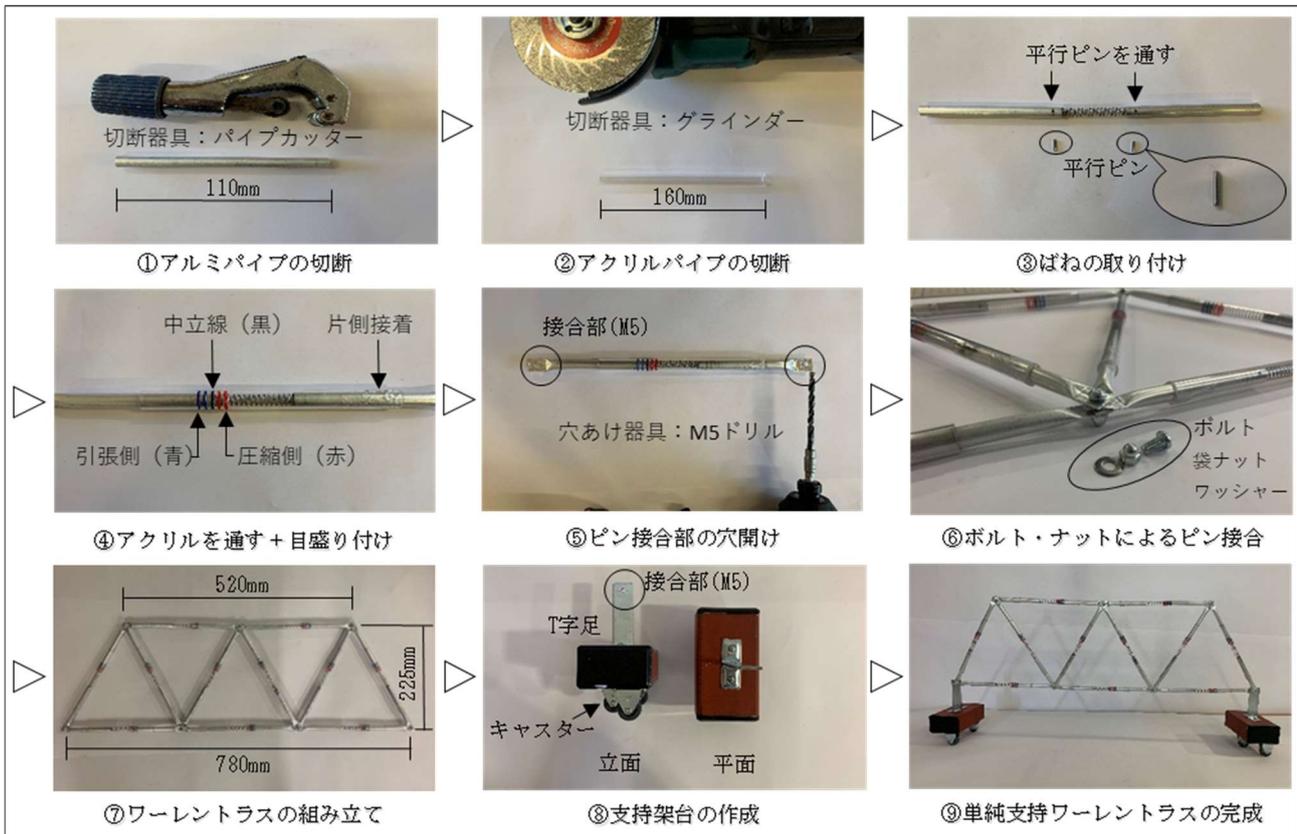
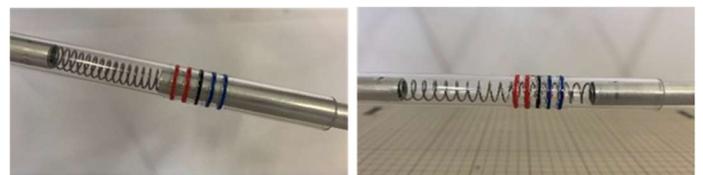
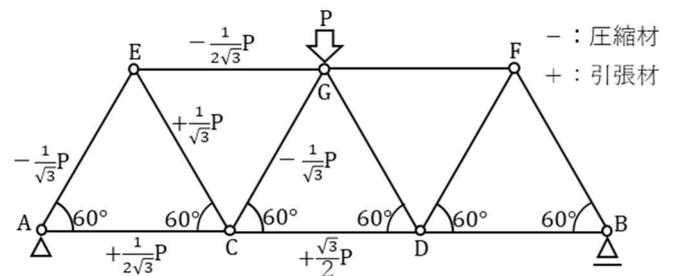
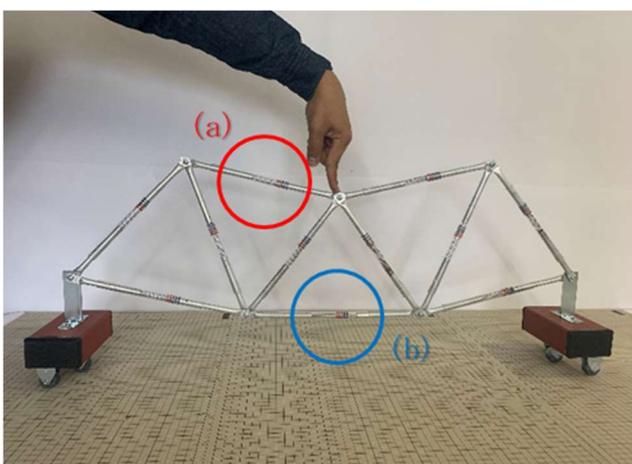


図2: スケルトン型トラス模型の制作方法



(a) 圧縮材EG

(b) 引張材CD

図3: ワーレントラス模型による実演