

力を体感できる構造トラス模型の開発

長谷川研究室
01412076 芝辻 優作

1. はじめに

学生にとって「トラスを解く」ことはかなり難しい構造力学の問題と言える。それは感覚的に圧縮材と思われる部材が、実は計算してみると引張材であったりするからである。このため、力や変形が視覚的に理解しやすいトラス模型があると便利であるが、これまでに適当な力学模型が見当たらないのも現状と言える¹⁾。そこで、ここではトラスの学習教材として有効な力学模型の開発を試みた。

2. 使用材料と制作工程

トラス模型の全制作工程を図1に示す。トラス弦材にはアルミパイプ(①φ8, t1; ②φ10, t1)を使用し、チューブカッターで規定の長さに切断する。切断後はバリによる摩擦を極力減らすため、内外共に除去および研磨する(図1(1)参照)。

力や変形が視覚的に理解し易いよう、弦材のセンター(中立線)から両側に10mm間隔で20mmまで目盛りを付ける。塗装が摩擦で消えないよう、パイプカッターで溝を掘った後に塗装を行う(図1(2)参照)。

部材の軸方向力がデフォルメされた変形で視覚化できるよう、外径6.5mmの押しばね(ばね定数: $k = 0.045\text{N/mm}$)をアルミパイプに挿入し、端部から40mm離れた位置で10mm区間を固定し、端部から40mmのばねを抜き取り、アルミパイプ端部を潰してトラス部材を制作した(図1(3)参照)。

部材の接合部となるピン機構は、上記で示したアルミパイプ端部に4.2mmの穴を開け、ボルトに弦材を通してナットを緩く締める事で回転の自由を確保できるようにした。ピン機構の摩擦を極力小さくするため、接触面積が少ないM6のボルトナットを使用した(図1(4)~(6)参照)。

作成したトラス部材を組めば、構造トラス模型が完成する。最後に、支持架台としてピン支持架台を制作し、これをトラス模型に取り付ければピン支持機構のトラス模型が完成する(図1(7)~(9)参照)。

3. 学習教材としての活用法

(1) キングポストトラス 上弦材に均等荷重が作用した場合のキングポストトラスの応力図を図2に示す。同模型でその荷重状態を実演すると写真1のようになる。キングポストにあたる真束は鉛直荷重時に圧縮力を受けそうに思えるが、図2の応力を見ると $N_{CP}=+2P$ で引張力が働いている。これを写真1の模型で見ると、真束が確かに引張材として働いている様子が確認できる。冒頭で述べたように、トラスの難しい点として、感覚的に圧縮材と思われる部材が実は引張材であったりする。開発した力学模型を用いると、これを視覚的に理解することができる。

(2) ワーレントラス 上弦材の中央に集中荷重が作用したときのワーレントラスの応力図を図3に示す。同模型でその荷重状態を実演すると写真2のようになる。同写真から明らかなように、鉛直荷重時のトラスは上弦材が圧縮材、下弦材が引張材となって、いわゆる「トラスの諸性質」を視覚的に理解できる。ここで、引張力を受ける下弦材CDに着目すると、加力前の中立線からの変位を δ とすれば、CD材の応力はフックの法則より、 $N_{CD}=k \times \delta$ (k : 図1(3)のばね定数)で与えられる。これと図3で示したCD材の応力: $N_{CD}=+\sqrt{3}/2 \times (2P)$ を等置すると、「手」で加えた「力」は $(2P)=0.052 \times \delta$ となる。模型には10mm単位で目盛付けしてあり、「手」でG点に加力したときの変位が10mmであれば約0.5N、20mmであれば約1.0Nの「力」を体感することができる。

4. まとめ

トラスの学習教材として、力や変形が視覚的に理解しやすい力学模型を開発した。このトラス模型を用いると、力の流れやトラスの諸性質を体感的に理解できることから、今後は学習教材としての活用が十分に期待できる。

【参考文献】

1) 社) 日本コンクリート工学協会編: コンクリート工学の教育ツールに関する研究委員会報告書, 2001.5

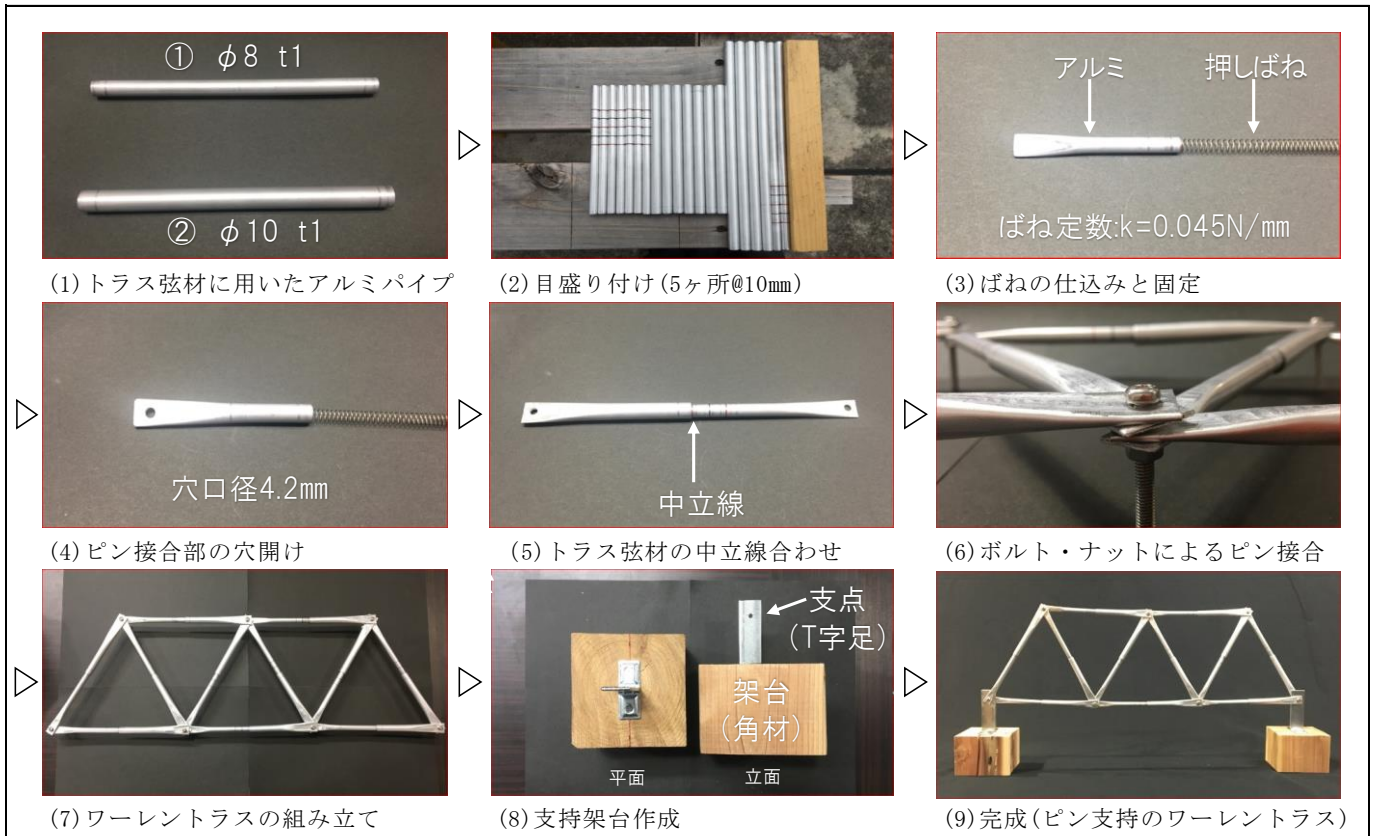


図1: 構造トラス模型の制作工程

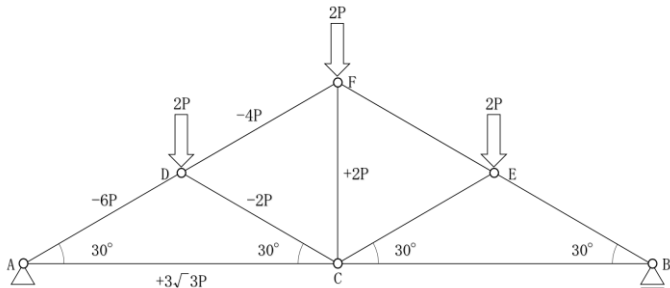


図2: キングポストトラス (圧縮(-) / 引張(+))

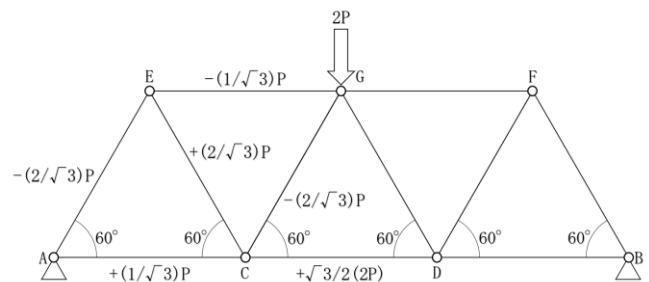


図3: ワーレントラス (圧縮(-) / 引張(+))

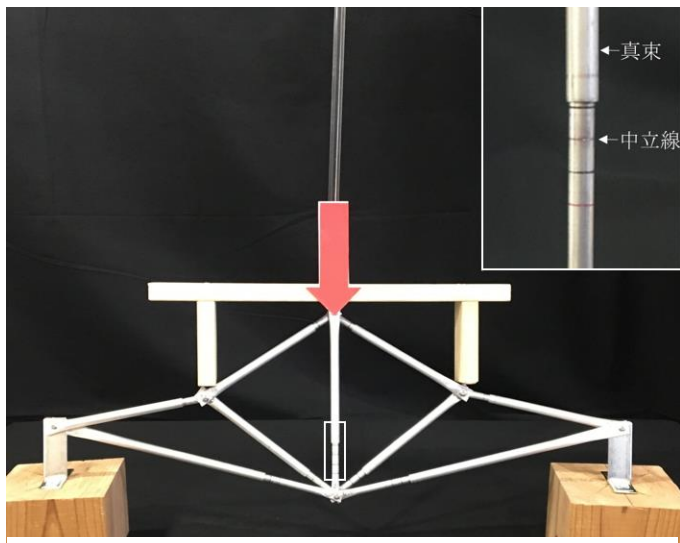


写真1: 開発したキングポストトラスの実演
(鉛直荷重時の真束は引張材)

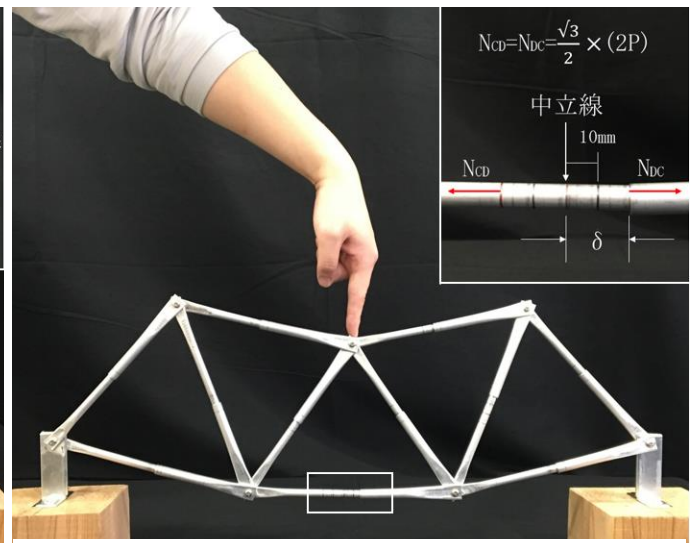


写真2: 開発したワーレントラスの実演
(上弦材は圧縮/下弦材は引張/力の体感が可能)