

折り畳み式小型軽量木製トラス橋の開発

函館工業高等専門学校 正員 ○平沢秀之
 北海道大学 安齋穂実
 戸沼岩崎建設株式会社 戸沼 淳

1. はじめに

ひとたび自然災害が起きますと、道路網が遮断され市民生活に多大な影響を及ぼすことがある。災害復旧には応急橋の架設がしばしば有効である。応急橋にはこれまで様々な形式が研究開発され^{1,2)}、実用化されているものもある。著者らも応急橋に適した木製トラス橋を開発し実証実験を行っている^{3,4)}。応急橋に求められる重要な要求性能として架設時間が挙げられるが、この木製トラス橋の架設時間は4時間半程度であることが実験により示された。

一方、更なる施工の急速化、容易性を目指した応急橋として、折り畳みが可能な木製トラス橋の開発に着手し模型実験を行っている^{5,6)}。災害時に折り畳んでトラック輸送し、現地で展開架設することを想定している。これまでの研究でシザーズ構造により展開動作が実現できたが、本研究では人力による操作のみでより大きな展開力を伝達させる目的で、回転運動を展開動作に変換させるギヤボックスの開発、動作確認を行った。

2. 折り畳み式ハウトラス橋試作モデル

図-1は本研究で試作した5分の1スケールの模型概略図である。橋梁本体は24mm角の製材を用いたハウトラス構造であり、左端部は固定端を形成するため大型の三角形フレームとカウンターウエイト(16kgの重り)から成る。平面図において◎で示した箇所は金属製の蝶番が取り付けられており、折り畳むことが可能となっている。下弦材の下部にはシザーズ構造(一般にマジックハンドとも呼ばれる)が取り付けられ、左端部の操作により伸縮動作を行うことができる。

このシザーズ構造の詳細図を図-2に示す。端部Aをy軸方向に回転運動させると、容易にx方向に伸びていく。昨年度までの実験で、手動で端部Aを操作することによりトラス構造の伸縮が可能であることが実証されている。しかし実物大スケールでは、一人の力でこの操作をすることは困難であると想定される。そこで本研究では、歯車を組み合わせてギヤボックスを構成し、回転運動をギヤーに与えてその動きをシザーズの伸縮に利用することを考案した。

3. シザーズ構造とギヤボックス

端部Aを短くカットし、回転の中心を一致させながら直径120mmのウォームホイールを取り付ける(図-2)。このウォームホイールを回転させるためのウォームギヤを噛み合わせ、その回転軸の端部には手動で回転させるためのハンドルを取り付ける。ウォームホイールは2枚重ねて設置し、互いに逆回転できる仕組みとなっている。それぞれにシザーズの端部が固定される。

ハンドルを回転させるとウォームホイールに回転を生じさせ、シザーズが伸縮する。しかしながら、ウォームホイールを回転させてウォームギヤに回転を伝達させることはギヤの構造上不可能である。すなわち、ウォームギヤがウォームホイールの回転を妨げている。このことは、トラス構造本体に外力(自重や風荷重など)が作用して勝手に伸縮しようとする動きを抑制する効果があり、安全な架設を行う上で有効である。

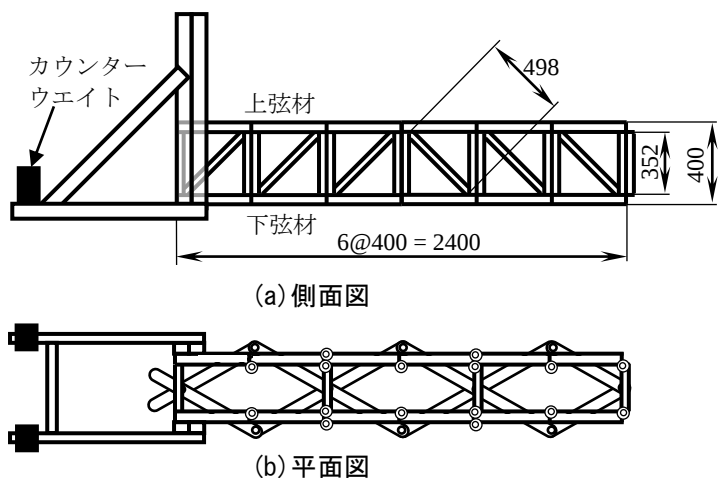


図-1 折り畳み式応急橋の模型概略図

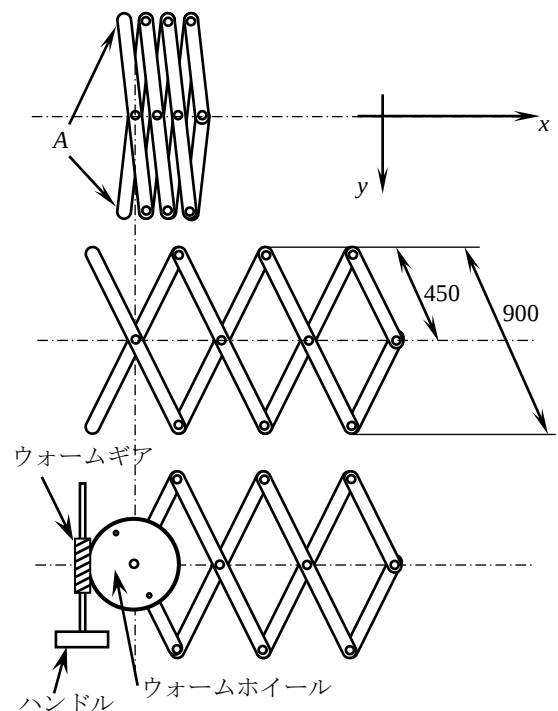


図-2 シザーズ構造

キーワード：木橋、トラス橋、応急橋、折り畳み、ウォームギヤ
 連絡先：〒042-8501 函館市戸倉町14-1、TEL&FAX 0138-59-6390

写真-1は、シザーズの左端にギヤボックスを取り付けた状況を示している。ウォームホイールは上下に2枚重なっていて、互いに逆回転できる。ウォームギアの回転軸は上下2軸になっており、平歯車を介して互いに逆回転できる。ハンドルで1軸のみを回転させると2つのウォームギヤ、ウォームホイールに回転を伝達することができる。

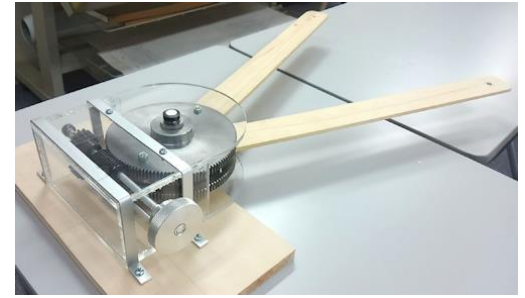


写真-1 ギヤボックス

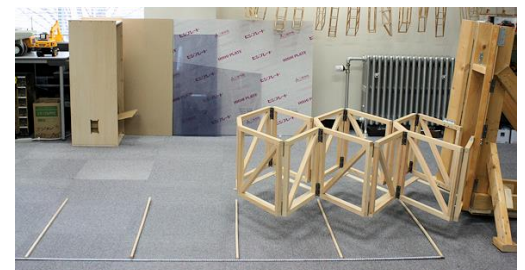
4. 展開実験

ウォームギヤ、ウォームホイール、平歯車、ハンドルから成るギヤボックスをトラス橋本体に取り付け、手動による回転を与えてトラス橋の展開動作の確認を行なった。その状況を写真-2に示す。展開前は橋軸方向に約200mm程度のコンパクトな状態で折り畳まれている。この状態からハンドルを回転させる。(b)展開中の写真はハウトラス構造の全長の1/2まで展開した状況である。この位置まで伸ばすにはハンドルを約8回転させる必要がある。(c)展開完了にはハンドルを21回転して到達させることができた。

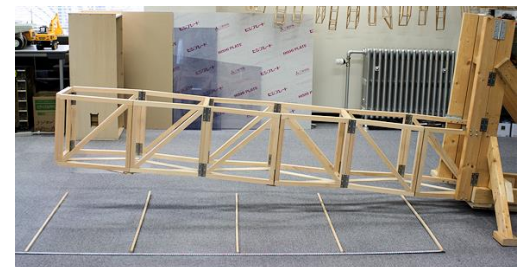
展開の方向は、写真の通りやや上向きとなっているため、自重のためハンドルを回すのに多少の力を要するが、休まず連続的に回し続けることができた。3回の展開実験で、展開時間は平均99秒となった。一方、完全に伸びた状態から折り畳む操作も3回実施し、完全に折り畳まれた状態に達するまでの時間を計測したところ、平均15秒となった。これは、展開時とは逆に自重による力が折り畳む方向に作用しているため、ハンドルを回す手の力が小さくて済んだことによるものである。しかしながら、その自重による作用のみでトラス構造が折り畳むことはない。



(a) 展開前



(b) 展開中



(c) 展開完了
写真-2 展開実験

5. おわりに

折り畳み式木製トラス橋の伸縮動作をギヤによる回転運動を利用した機械的方法で成し遂げることができた。この方法によれば、ハンドルを回す手の力だけでトラス構造の展開・折り畳みを行うことができる。ギヤボックスはウォームギヤ、ウォームホイール、平歯車から構成され、ハンドルの回転操作により2枚のウォームホイールが回転しシザーズを伸縮させる仕組みとなっている。非常に単純な構造で、人力による操作でトラス構造の展開架設が可能となる。

本実験では5分の1スケールの模型を使用したが高、実用化に向けてはより大型の模型または実物大スケールの供試体を製作し、伸縮動作の検証を行う必要がある。大型化により重量も増加するため、ヒンジ部の強度と固定端部の強度についての検討が必要となる。更に床版の構造や設置方法についても今後の検討課題である。

本研究の遂行に当たり日本学術振興会科学研究費(基盤研究C, 課題番号15K01267)の助成を受けた。ここに謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 技術資料 仮橋のラインナップ, 橋梁と基礎Vol. 46, 第8号, pp121-130, 2012.
- 2) 近広雄希, 有尾一郎, 中沢正利, 田中義和: シザーズ型展開橋の静力学特性とその検証, 構造工学論文集, Vol. 62A, pp. 1307-1315, 2016.
- 3) 平沢秀之, 吉田朋哉, 戸沼淳, 佐藤哲也, 渡辺浩: 木材のカスケード利用に適したトラス橋の実証実験, 木材利用研究論文報告集9, 土木学会木材工学特別委員会, pp. 112-119, 2010.
- 4) 平沢秀之, 戸沼淳, 小澤暁栄, 藤田好彦, 渡辺浩, 鈴木譲: 応急橋に適した木製トラス橋の開発とリユース, 構造工学論文集, Vol. 62A, 16-6, 2016.
- 5) 平沢秀之, 渋谷大雅: 架設時間を短縮できる災害時応急橋の開発, 木材利用研究論文報告集14, pp. 86-89, 2015.
- 6) 平沢秀之, 佐藤香純: 折り畳み式応急橋における展開工法の開発, 木材利用研究論文報告集15, pp. 46-48, 2016.