

B-27

ケーブルを付加した木質フィーレンディールトラスの力学性状に関する研究
 -ケーブル付加に伴うハイブリッド効果について-
Study on Structural Characteristics of Wooden Vierendeel Truss with cable
-On Hybrid Effect with Adding Cables-

○角田匡希¹, 廣石秀造², 岡田章³, 宮里直也³
 *Masaki Tsunoda¹, Shuzo Hiroishi², Akira Okada³, Naoya Miyasato³

Abstract: In the previous paper, the authors proposed the Vierendeel truss, which is constructed in the shape of a grid shape with a notched joint, and investigated the effect of the rotational stiffness of the joint on the whole structure, and the basic mechanical properties of the Vierendeel truss and the hybrid structure with cable by comparing full-scale tests and numerical analysis. However, the stress state of the hybrid structure with cable added to the Vierendeel truss has not been grasped with the change of the member cross section. In this paper, a numerical analysis is conducted to quantitatively understand the influence of the change in the member cross-section of wood and cable on the structure.

1. はじめに

公共建築物等木材利用促進法により、非住宅系建築物への木材の利用が増加傾向にある。一方で、地産地消が求められている中で、より加工性に優れ、地域を限定せずに製作可能な、新たな木質架構の開発が求められている。

この状況を踏まえ、著者らは相欠き仕口を用いて、井桁状に組み上げたフィーレンディールトラス (Fig.1) に関して、既報^[1]にて、接合部の回転剛性が架構全体に及ぼす影響やケーブルを付加したハイブリッド構造の基本的力学性状について報告した。しかし、ハイブリッド構造のケーブル断面や格子形状が変化した際の、より詳細な検討はいまだ不十分である。

本報では、本構造のケーブルの部材断面と格子形状の変化が架構に与える影響を定量的に把握することを目的として、数値解析により検討を行う。

2. 数値解析概要

数値解析モデル概要を Fig. 2, Table 1 に示す。解析モデルは、スパン $L=5,460\text{mm}$ のフィーレンディールトラスに、ケーブルを付加したハイブリッド構造である。ここでケーブルは、サグを束の0.8倍と設定し、また形状が放物線形になるように設置した。弦材と束材の接合部は、既報^[1]の実験により得られた回転剛性を設定した。また、ケーブルと束材間は、仮想材を設け、束材に軸力が伝達するように設定した。荷重は、上弦材の各節点に鉛直下向きに単位荷重(格子間隔455mmでは1kN, 910mmでは2kN, 両端部はそれぞれの1/2として、合計12kN)を加えた。また検討パラメータは、ケーブルの有無、ケーブル径($\phi 1$

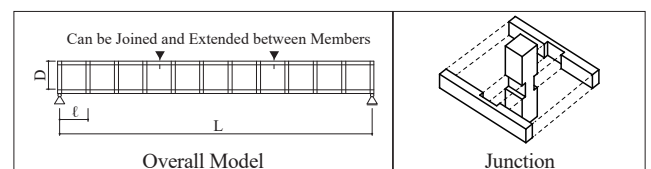


Fig.1 Outline of the Proposed Model

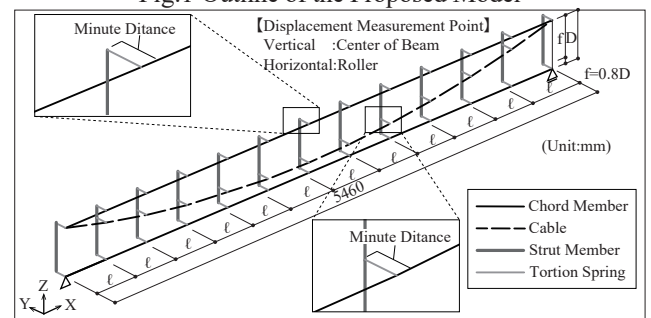


Fig.2 Analysis Model

Table 1 Material Specification / Structure Data

■ Material Data	: $E=7,000\text{N/mm}^2$ (Cedar) : $E=1.37 \times 10^5\text{N/mm}^2$ (Cable)
■ Member Cross Section	: 90×90 (Cedar)
■ Boundary Condition	: Pin - Roller
■ Loading Conditions	: $P=1\text{kN}$ or 2kN (Beam Ends: 0.5kN or 1kN)
■ Rotational Rigidity of Joint	: $k_\theta=55.26\text{ kN m/rad}$
■ Joints(Wood-Cable)	: $k_x = 0\text{ N/mm}^2$ $k_z=3.65 \times 10^4\text{N/mm}^2$
■ Model	: Vierendeel Truss or Hybrid Structure
■ Cable Diameter	: $\phi=1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24$
■ Lattice Shape	: $D-t=455-455, 455-910, 910-455, 910-910$

~24), 格子間隔 (455mm, 910mm), 梁せい (455mm, 910mm) とした。なお本検討では、梁せい455mm, 格子間隔455mmのモデルを「455-455」と表記し、その他の検討モデルもこれに準じた表記とする。

3. 数値解析結果の考察

本報では、ハイブリッド構造の結果を、フィーレンディールトラス (ケーブル無し) の結果で除すことで、無次元化して考察を行う。ここで、フィーレンディールトラスの中央部の曲げモーメント、軸力、変位を M_0, N_0, δ_0 とし、ケーブル軸力は $\phi 1$ のモデルの軸力を N_0 とする。

3-1. ケーブル径による比較

ケーブル径と弦材中央部の曲げモーメント，弦材中央部の軸力，ケーブル中央部軸力，中央点鉛直変位の関係をそれぞれ Fig. 3(a)～(d)に示す。

Fig. 3(a)より，ケーブルの付加により，発生曲げモーメントは大きく減少している。またケーブル径がφ15以上では， $M/M_0=0.01\sim 0.15$ となり，格子間隔が大きいほど，効果は大きくなっている。一方，Fig. 3(b)，(c)より，ケーブル径の増加に伴い，上弦材とケーブルの軸力は増加し，下弦材は減少していることが確認された。これは，ケーブルの断面積の増加に伴い，弦材に軸力が伝達し，架構全体が軸力抵抗系へと変化したためと考えられる。Fig. 3(d)より，中央点の鉛直変位は，曲げモーメントと同様に，ケーブル径の増加により，減少することが確認された。

3-2. 格子形状による比較

Fig. 3(a)より，455-910に比べ910-455の方が，ケーブル径の変化に伴う曲げモーメントの低減効果が大きいことが確認された。これは，梁のせいの増加と共にケーブルのサグが増加し，これにより，ハイブリッド効果(梁を持ち上げる効果)が大きくなったためと考えられる。

各ケースの軸力分担率を Fig. 4 に示す。なお，軸力分担率は，中央部の上下弦材及びケーブルの軸力を，軸力の合計値で除すことで求めた。ケーブル径φ3以上では，格子間隔と梁せいが増加するほど，下弦材の軸力負担率が小さくなることが確認された。

ケーブル径の増大及び梁せいの増加により，下弦材の軸力が減少し，ケーブル軸力が増加するハイブリッド効果が把握された。

ケーブル径φ18のモデルの曲げモーメント分布の比較を Fig. 5 に，束材軸力分布の比較を Fig. 6 に示す。なお，対称分布となることから，架構の半分の分布性状を示す。Fig. 5より，格子間隔が大きいほど，架構中央部で曲げモーメントが最大になることが確認された。また，Fig. 6より，格子間隔が小さくかつ梁せいが大きいほど，トラス端部と中央部の束の軸力に差が生じることが確認された。これは，トラス端部の方がケーブルの角度が大きいため，ケーブル軸力を束材の軸力として，鉛直方向に伝達するためであると考えられる。したがって，設計時の格子間隔と梁せいの決定は，弦材へのハイブリッド効果に影響することが示唆された。

5. まとめ

本報では，木質フィーレンディールトラスの格子形状と付加したケーブルの部材断面の変化が架構に与える影

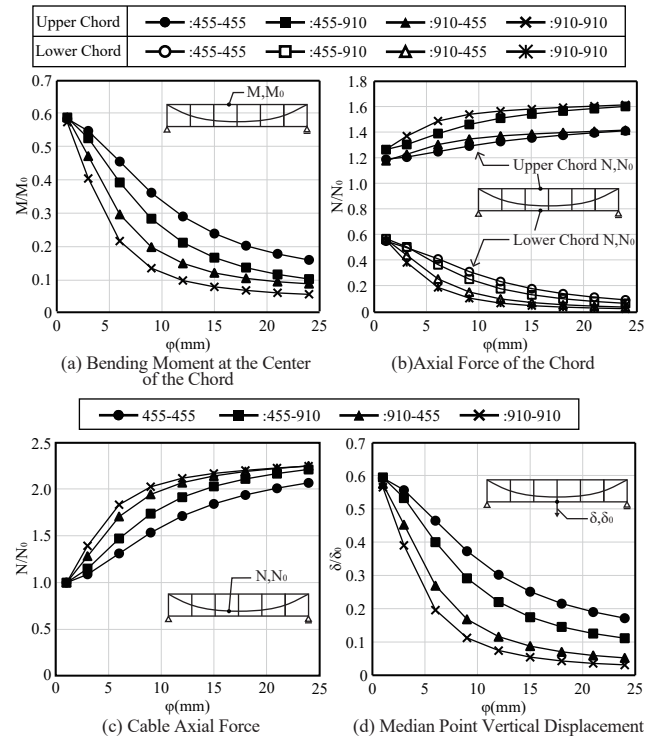


Fig.3 Relationships of between Cable Diameter and each Analysis Value

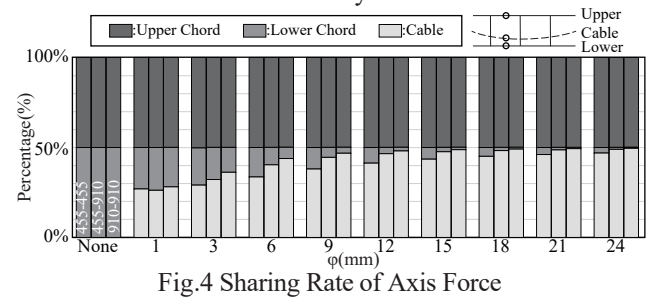


Fig.4 Sharing Rate of Axis Force

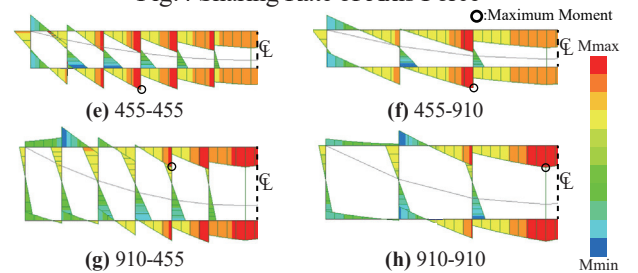


Fig.5 Comparison of Bending Moment Distribution of Cable Diameter φ18 Model

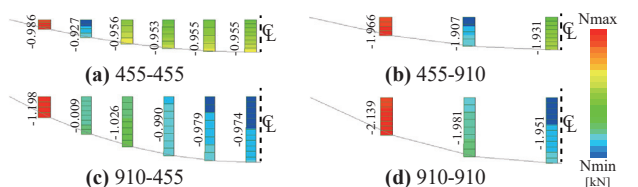


Fig.6 Comparison of Strut Axial Force Distribution of Cable Diameter φ18 Model

響について，数値解析を用いて検討を行い，ケーブル付加に伴うハイブリッド効果について明らかにした。

6. 参考文献

[1] 角田ら：「木質フィーレンディールトラスの構造特性に関する基礎的研究(その1, 2)」，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造I，pp. 893-896，2021. 8