

同一の切り欠き加工を施した6本組木に関する研究
 (その2) フィーレンディールトラスを対象とした数値解析的検討
 Study on Wooden Frame Composed of Six Members with Same Notch
 (Part 2) Numerical Analysis of Vierendeel Trusses

○桑田幹也³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²

*Mikiya Kuwada³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

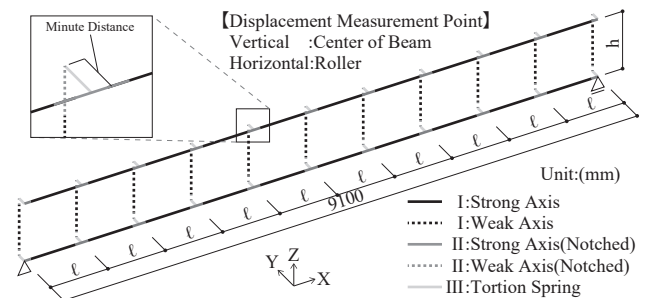
Abstract : The Vierendeel truss is composed of upper and lower chords and struts, and is generally rigidly connected to each other. The struts resist shear and the bending stress generated in the upper and lower chords is converted into axial force. However, this “Kumiki” (Wooden Frame), which is joined without hardware at the joint, is considered to be a semi-rigid joint, and its stress state is different from that of a general Vierendeel truss. In this report, numerical analysis is performed for the purpose of quantifying the effects of beam height, lattice spacing, number of lattice steps, and stiffening methods of beam edge, with the practical application of wooden frame to lattice frames in mind.

1. はじめに

(その1)では、同一の切り欠き加工を施した提案組木の接合部を対象として、静的曲げ試験を実施し、接合部の力学性状を把握した。(その2)では、提案組木が適用可能なフィーレンディールトラスを対象として検討を行う。
 フィーレンディールトラスは、上下の弦材と束材で構成され、弦材と束材を剛接合することにより、束材がせん断抵抗し、梁に生じる曲げ応力を上下弦材の軸力に変換する構造である。しかし、金物を用いずに接合する提案組木は、接合部が半剛接合と評価できるため、一般的なフィーレンディールトラスと応力状態が異なると考えられる。そこで本報では、組木接合部の格子架構への適用を念頭に、梁せいや格子間隔、格子段数、梁端部の補剛方法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、数値解析による検討を行う。

2. 数値解析概要

数値解析概要をFig.1に示す。付加荷重は自重と積載荷重に対して負担面積(負担幅910mm)を考慮し、上弦材の各節点に鉛直下向き(z方向)の集中荷重として加えた。各部材の断面は60mm角を想定し、断面2次モーメントが一定の条件下、同軸上に隣接する2部材を長方形断面に置換した。また、上下弦材を強軸、束材を弱軸方向となるように設定し、切欠き部は断面欠損を考慮した断面とした。パラメータは、接合部の回転剛性(剛接合または実験により得られた回転剛性^{[1][2]})、梁せいや(0.5h, h, 1.5h), 格子間隔(0.5ℓ, ℓ, 1.5ℓ), 格子段数(梁せいを一定とし、1~3段に分割), 及び梁端部の補剛方法とした。なお本検討では、スパン9,100mm, 格子間隔ℓ=910mm, 梁せいやh=910mmを「基本モデル」とし、剛接合のモデルを「r-ℓ-h」、実験の回転剛性のモデルを「w-ℓ-h」と表記、その他の検討モデルもこれに準じた表記とする。例えば、格子段数を追加したモデルはS2あるいはS3を、梁端部を補剛したモデルはFig.1に示す表記を付す。



■Material Specification / Structure Data			
I Main member (Beam) 60×60	: Rectangle b=56, D=148 (Cedar)		
II Notched material (Beam) 60×60	: Rectangle b=44, D=147 (Cedar)		
III Torsion spring (Rigid)	: Rigid or Bilinear Model		
* Material Data (Cedar)	: E=6.86kN/mm ² , ν=0.3		
□ Boundary condition	: Pin - Roller		
□ Loading condition	: ω=1200N/m ²		
□ Parameters (Joints)	: Rigid or Result of static loading test		
□ Parameters (Beam height)	: 0.5h or h or 1.5h (h=910mm)		
□ Parameters (Lattice spacing)	: 0.5ℓ or ℓ or 1.43ℓ (ℓ=910mm)		
□ Parameters (Number of stages)	: 1 or 2 or 3 (step) *Constant beam height		
□ Parameters (Stiffening methods on the beam's edge)			
(i) Basic	□□□□□□□□	(ii) Cross	□□□□□□□□
(iii) Strut	□□□□□□□□	(iv) Chord	□□□□□□□□

Fig.1 Outline of Numerical Analysis

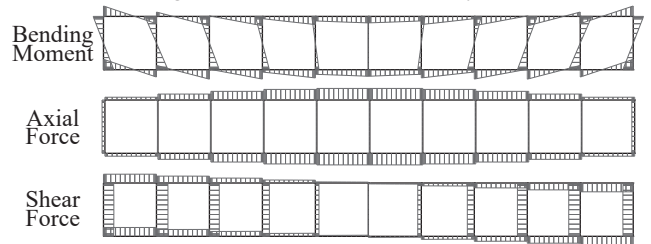


Fig.2 Stress Properties of the Basic Model

3. 格子形状が架構の応力分布に与える影響

3-1. 梁せいや、格子間隔、格子段数が与える影響

基本モデルの応力性状を Fig.2に示す。なお、本章の考察は実験に基づく回転剛性のモデルについて行う。剛接合のモデルと同様に、束材がせん断抵抗し、上下弦材に軸力として伝達する性状が確認された。また、梁端部で束材の、及びせん断力が大きくなることから、梁端部の補剛が応力抑制に有効であると推測される。

格子形状による曲げモーメント分布の比較をFig.3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。格子間隔を変更した際、基本的な応力状態に変化は生じない一方で、梁せいを1.5hに変更した際には下弦材で、格子段数を変更した際には架構の中段に配置された弦材の端部で、曲げモーメントが最大となることを把握された。これは、束材が長くなることによる架構のせん断剛性の減少、あるいは、弦材の本数が多くなることによる架構の曲げ剛性の増加が生じ、弦材が負担する応力が大きくなったことが要因と推測される。

3-2. 梁端部の補剛方法の違いが与える影響

梁端部の補剛方法による比較をFig.4に示す。w-l-h-Strutでは補剛なしのw-l-hと比較して応力状態に変化は確認できないが、w-l-h-Crossでは補剛した格子に隣接する下弦材で最大の曲げモーメントが生じている。これは、梁端部と隣接する格子で急激な剛性の変化が生じ、応力が集中したためと考えられる。また、w-l-h-Chordでは補剛により束材の剛性増加が生じ、付加した弦材で曲げモーメントが最大となることを確認された。

4. 発生応力とたわみの比較

4-1. 格子形状の違いによる比較

格子形状による最大曲げモーメント及び梁中央の鉛直変位(以下、「たわみ」と称す)の比較をFig.5, Table 1に示す。なお、本考察は実験に基づく回転剛性のモデルについて行う。格子間隔が小さく、格子段数が多い程、たわみ及び最大曲げモーメントは減少する。一方、梁せいが小さい程、たわみは小さくなるが、最大曲げモーメントはほとんど変わらないことが確認された。これは、格子間隔及び格子段数を変更する場合、束材の本数が多くなることによる架構のせん断剛性の増加、束材1本あたりの負担せん断力の減少が生じ、それに伴って、たわみと最大曲げモーメントが減少したが、梁せいを変更した場合は、束材の本数が変化しないことにより最大曲げモーメントが変化しないと考えられる。

梁端部の補剛方法を比較すると、たわみは、基本モデルに対してw-l-h-Crossで0.60倍、w-l-h-Strutで0.83倍、w-l-h-Chordで0.67倍に減少している。一方、最大曲げモーメントは、基本モデルに対してw-l-h-Crossで0.90倍、w-l-h-Strutで0.84倍、w-l-h-Chordで1.04倍となり、あまり大きな変化が生じていない。これらより、弦材を付加した補剛方法がたわみの抑制により効果的であるが、梁端部の補剛は曲げモーメントの低減に対する効果が小さいことが把握された。

4-2. 回転剛性の違いによる比較

Fig.5より、回転剛性の違いで比較すると、概ね実験に基づく回転剛性のモデルの方がたわみが大きく、最大応力が低減されることが確認できる。これは、接合部の回転剛性が小さくなることで架構全体の剛性が小さくなることが要因と考えられ、接合部の回転剛性の違いに留意する必要性が示唆された。

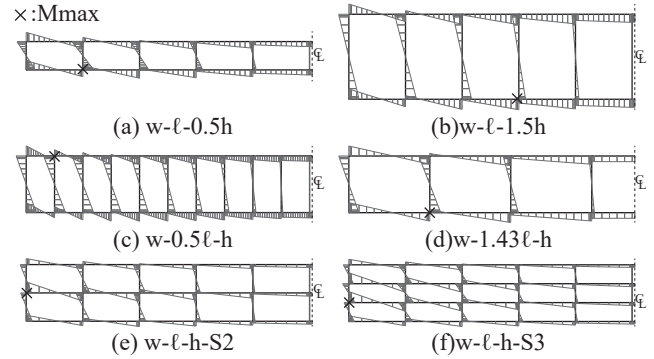


Fig.3 Comparison of Bending Moment Distribution by Changing Lattice Shape

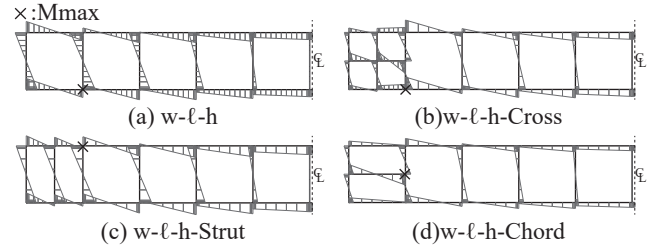


Fig.4 Comparison of Differences in Stiffening Methods Beam Edge

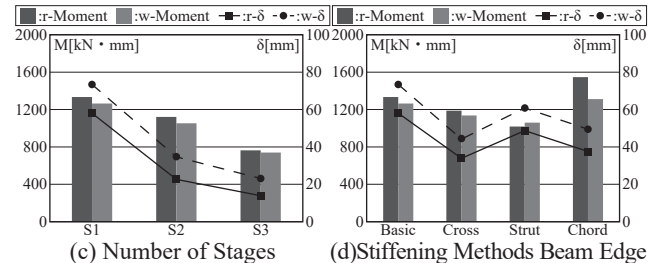
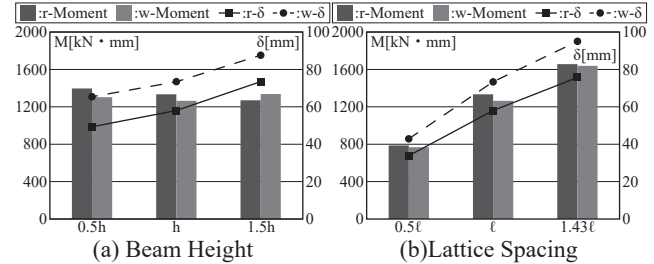


Fig.5 Comparison of Generated Moment and Vertical Displacement by Changing Lattice Shape

Table 1 Comparison by Lattice Shape

Item	Vertical Displacement[mm]		Bending Moment[kN · mm]	
	Max Disp.	(Max Disp.)/(w-l-h)	Max Moment	(Max Moment)/(w-l-h)
w-l-h	73.4	-	1264	-
w-l-1.5h	87.6	1.19	1337	1.06
w-l-0.5h	65.4	0.89	1303	1.03
w-0.5l-h	42.9	0.58	768	0.61
w-1.43l-h	95.1	1.29	1638	1.30
w-l-h-S2	34.6	0.47	1053	0.83
w-l-h-S3	23.1	0.31	740	0.59
w-l-h-Cross	44.2	0.60	1137	0.90
w-l-h-Strut	60.8	0.83	1060	0.84
w-l-h-Chord	49.5	0.67	1311	1.04

5. まとめ

本報では、フィーレンディールトラスを対象として数値解析による検討を行い、接合部の回転剛性、梁せい、格子間隔、格子段数、梁端部の補剛方法が力学性状に与える影響について明らかにした。

参考文献

[1]日本建築学会：木質構造設計規準・同解説，2006.12
 [2]日本建築学会：木質構造接合部設計マニュアル第1版，2009.11