

木造トラス架構における接合部の偏心が構造挙動に及ぼす影響に関する基礎的研究  
Basic Study on Effects of Joint Eccentricity in Wooden Truss Structures on Structural Behavior

○村上佳菜子<sup>3</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 岡田章<sup>2</sup>, 廣石秀造<sup>1</sup>, 鴛海昂<sup>1</sup>  
\*Kanakko Murakami<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>2</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>1</sup>, Akira Oshiumi<sup>1</sup>

Abstract: In medium to large-scale wooden structures, truss structures are commonly used for roof frameworks. In this paper, the authors focus on a configuration where diagonal members are sandwiched by chord members. By connecting the chord members and diagonal members using drift pins, the joint can be simplified. However, with this joining method, when aligning the material axes of diagonal members and chord members, it may not be possible to allocate the required area for placing the drift pins, necessitating tolerance for eccentricity at the joint. In this paper, the authors conduct numerical analysis to understand the effects on an eccentric truss structure by focusing on a sandwich truss joined by drift pins.

1. はじめに

中大規模木造建築物の屋根架構には、トラス構造が多く採用されている。木造トラス構造では、上下弦材と斜材の取り合いは各種多様な納まりが存在するが、接合部に集まる部材本数が増えるほど、接合部が複雑となる。本報では上下弦材で斜材を挟み込む形式(以下「挟みトラス」)を対象とする。挟みトラスでは上下弦材と斜材をドリフトピンで接合することで接合部の簡略化が図れる。一方、ドリフトピンを用いた接合方法の場合、斜材と上下弦材の材軸を合わせると、ドリフトピンを配置する必要面積が確保しにくくなる。このため、簡素な納まりとするためには、接合部において偏心を許容する必要がある。しかし、木造トラス構造において、接合部における材の偏心が構造性能に及ぼす影響を定量的に示した研究は報告されていない。

以上より、本報ではドリフトピンにより接合された偏心挟みトラス構造を対象として、接合部の偏心がトラス架構の力学性状に及ぼす影響の把握を目的として、数値解析による検討を行った。

2. 数値解析概要

検討モデル概要をFig. 1に示す。検討モデルはスパンL=10m、梁せいD=1mとし、上下弦材断面を120mm×60mm、斜材断面を105mm×45mmとした。

ドリフトピンの配置<sup>[1]</sup>をFig. 2に示す。ドリフトピン径はΦ12とし、EYT式<sup>[2]</sup>より必要本数を算出した結果、端部接合部に3本、斜材間接合部に4本を配置した。このドリフトピン本数の配置に必要な部材せいをFig. 3に示す。ここで、EYT式<sup>[2]</sup>とは、接合具の降伏耐力求めるための理論式である。偏心距離 $L_e$ が短くなるほどドリフトピンの接合部幅 $x$ の

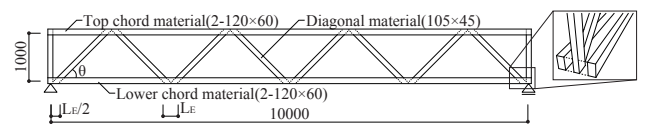


Figure 1. Overview of Sandwiched Truss

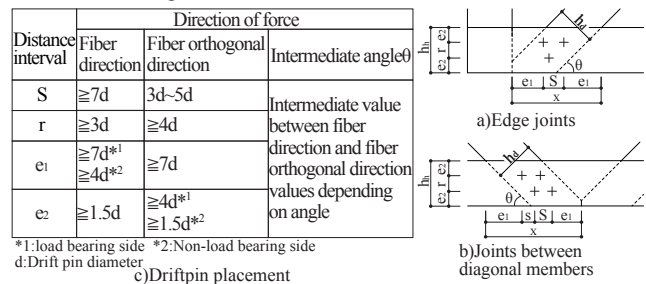


Figure 2. Joint design

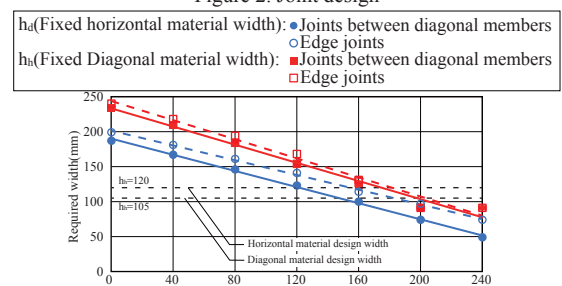


Figure 3. Comparison of Eccentricity distance-required width

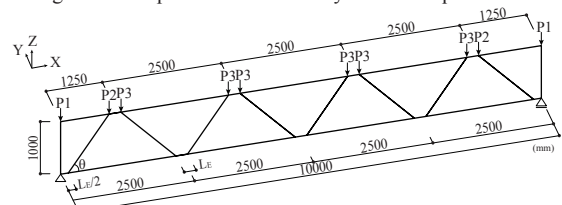


Figure 4. Outline of Numerical Analysis

Material Specification / Structure Data	
Material Data	: E = 7,000N/mm <sup>2</sup> (Cedar)
Poisson's Ratio	: $\nu = 0.4$
Initial Yield Stress	: $\sigma_y = 22.6N/mm^2$
Member Cross Section(Horizontal material)	: 120×165(Cedar)
Member Cross Section(Diagonal material)	: 105×45,46,47,48,49,50,51(Cedar)
Diagonal Angle	: $\theta = 44.7,43.6,42.5,41.5,40.5,39.6,38.7$
Boundary Condition	: Pin - X-Roller
Loading Conditions	: $\sum P = 39.60kN$ or 200kN
Parameters (Eccentricity Distance)	: $L_e = 240,200,160,120,80,40,0$ (mm)

Figure 4. Outline of Numerical Analysis

確保が困難となり、部材せいを大きくする必要がある。

以上を踏まえ、「上下弦材断面を固定し、斜材せい $h_d$ のみを調整」、「斜材断面を固定し、上下弦材せい $h_h$ のみを調整」する場合の2ケースで必要な部材せい $h_h$ および $h_d$ を求めた。その結果、各ケースで必要な部材せい $h_h$ および $h_d$ が検討モデルの部材せい以下となるのは概ね偏心距離 $L_e=200$ 以上であった。このため、偏心距離 $L_e$ は40mmピッチで240mmまでを検討範囲とした。なお、端部接合部の偏心距離 $L_{e0}$ は $1/2L_e$ となる。

数値解析概要をFig. 4に示す。材種はスギE70とした。スパンおよび梁せいは検討モデルと同一である。なお、数値解析では、部材の挟みを考慮せず、上下弦材断面は上下弦材2本と斜材を合わせた見かけの断面 $120\text{mm} \times 165\text{mm}$ とした。斜材断面は $L_e=240$ を $105\text{mm} \times 45\text{mm}$ とし、偏心距離 $L_e$ による斜材角度 $\theta$ の変化を考慮し、斜材の軸剛性が同一となるよう斜材断面のせい $b$ を調整した。支持条件は単純支持とした。荷重は積雪荷重( $w=1.08\text{kN/m}$ )を想定した中短期における設計荷重 $\Sigma P=39.60\text{kN}$ および降伏荷重の確認を目的とした $\Sigma P=200\text{kN}$ の2ケースとした。負担幅に応じて各節点部に鉛直下向き(-Z方向)に集中荷重を加えた。また、降伏の判定は架構内で初期降伏応力( $=22.6\text{kN}/\text{mm}^2$ )に達した箇所が生じた時点とした。

### 3. 応力性状の比較

偏心距離 $L_e=0, 240$ の応力分布性状をFig. 5に、設計荷重時の最大断面力、下弦材中央変位、剛性、降伏荷重の比較をTable. 1に示す。なお、Fig. 5は対称性を考慮し、架構の半分の性状を示す。偏心により軸力は大きな差を生じないが、接合部周辺には大きな曲げモーメントとせん断力が生じ、剛性も低下している。 $L_e=240$ の降伏荷重は $L_e=0$ の約0.8倍となっており、偏心による耐力低下も確認された。

荷重-鉛直変位関係をFig. 6に示す。なお、 $\Sigma P=200\text{kN}$ に達する前に、上弦材と斜材の接合部に塑性ヒンジを生じて架構が不安定となり、解析が続行不可能となったため、Fig. 6では終局荷重までの性状を示す。降伏から不安定となるまでの変位増加量は偏心が大きいくほど大きくなり、靱性が高くなる性状が得られた。

$L_e=0, 240$ の終局荷重時の主応力図および降伏箇所における設計荷重時の偏心距離-応力度関係をFig. 7に示す。なお、主応力図は対称性を考慮し、架構の半分の性状を示す。また、 $L_e=0$ は点B,Cで降伏は生じず、点A,Dのみで降伏が生じた。前述の通り、軸応力度は偏心によらず一定である。一方、曲げ応力度は偏心が大きいくほど大きくなり、 $L_e=240$ では全ての点で曲げ応力度が軸応力度を上回った。

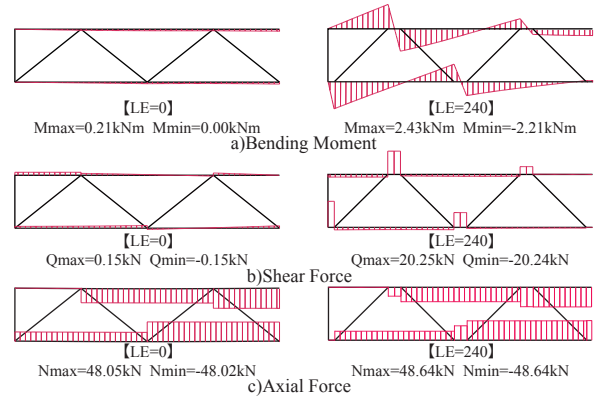


Figure 5. Comparison of Stress Properties

Table 1. Maximum stress, Displacement, Rigidity, Yield load

$L_e$	0	40	80	120	160	200	240
N(kN)	0.21	0.37	0.75	1.14	1.55	1.98	2.43
M(kNm)	0.15	18.33	18.67	19.04	19.42	19.82	20.25
Q(kN)	48.05	48.16	48.27	48.38	48.47	48.56	48.64
$\delta$ (mm)	11.72	11.94	12.37	13.02	13.92	15.11	16.65
Rigidity (kN/mm)	3.52	3.45	3.33	3.17	2.96	2.73	2.48
Yield load (kN)	174	169	164	158	152	147	140

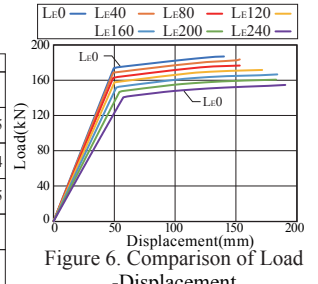


Figure 6. Comparison of Load-Displacement

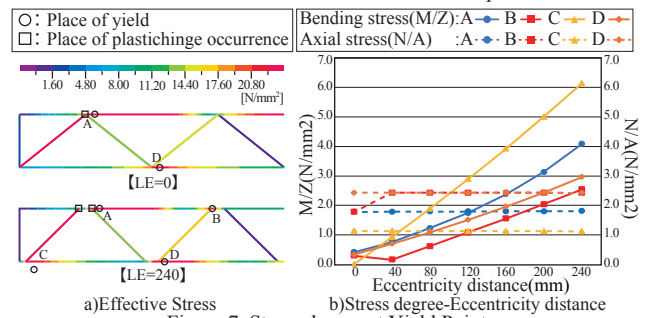


Figure 7. Stress degree at Yield Point

したがって、 $L_e=240$ では曲げ応力度が支配的となる。また、曲げ応力度の増加率は点Cが最も大きくなっている。これは、点Cが架構全体で最大の曲げモーメント値を示すためであると考えられる。一方、点B,Dは $L_e=240$ 以外で、軸応力度の方が曲げ応力度より大きくなっている。これは、架構中央ほど上下弦材の軸力が大きくなるためである。

以上のことから、トラス構造の接合部設計において、偏心の許容により接合部の簡素化が可能となるが、偏心により応力が増加し、端部では偏心による曲げモーメントの影響が大きくなることを把握した。一方、偏心を設ける前から軸力が支配的となる架構中央ではその影響は比較的小さくなる。

### 5. まとめ

本報では、接合部の偏心がトラス架構に及ぼす影響を把握した。今後、接合部の詳細な数値解析および鉛直載荷試験を行う予定である。

### 6. 参考文献

[1] 日本建築学会:「木質構造設計基準・同解析-許容効力度・許容耐力設計法」, pp. 43-46, 2006. 12  
 [2] 稲山正弘:「中大規模木造建築物の構造設計の手引き」, 彰国社, pp. 50, 2017. 10