

# ビス接合により構成した CLT の材料設計と耐力壁としての力学的性状

Material design of Cross Laminated Timber laminated with wood screws and its mechanical properties as shear wall

国立大学法人宇都宮大学 教授 中島史郎

## (研究計画ないし研究手法の概略)

### 1. 研究の背景と目的

CLT (Cross Laminated Timber) はその挽き板どうしを釘接合やビス接合などの機械接合を用いて積層成形することができれば、国内の各地域に立地する製材所などにおいて製造することが可能となる。本研究では、図 1 に示すようなビス接合を用いてラミナを積層接合した CLT を試作し、試作した CLT の面内せん断性状と曲げ性状を明らかにするための強度試験を行った。さらに、ビス接合を用いて製造した CLT の面内せん断剛性の簡易算定法について検討し、提案した。

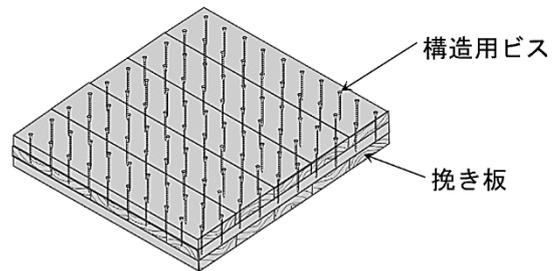


図 1 機械接合による CLT の概念図

### 2. 実験の概要

#### 2.1 面内せん断試験

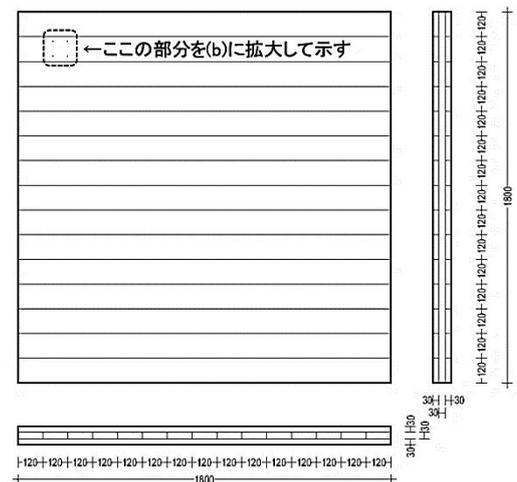
##### (1) 試験体

試験体はスギ製材 (長さ 1800mm×幅 120mm×厚さ 30mm) 45 枚より構成される、図 2(a) に示す縦横 1800mm×1800mm、厚さ 90mm の寸法形状とした。試験体を構成するスギ製材 (挽き板) の密度、縦振動法による弾性係数、含水率を表 1 に記す。

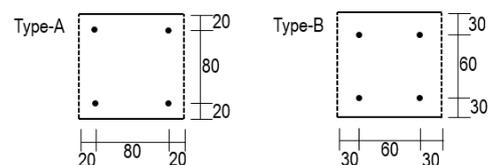
表 1 製材の諸物性値

	平均値	標準偏差
密度(kg/m <sup>3</sup> )	386	35.8
弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	9.67	1.62
含水率(%)	10.0	1.30

試験体は 3 層構成とし、各層を構成する製材を隣合う層で互いに直交させ、ビス (パネリド II : P5-80) により接合した。また、製材相互は製材が交差するすべての交点においてビス 4 本を用いて接合した。4 本のビスの配置は、図 2(b) に示すように材縁から 20mm-80mm-20mm (Type-A) と材縁から 30mm-60mm-30mm (Type-B) の 2 種類とした。



(a) 面内せん断試験体



(b) ビス接合部の配置

図 2 面内せん断試験体の寸法形状



## (2) 荷重変位関係の算定

図 5(b)に示すように試験体の頂部に水平変位を与えたときに製材(挽き板)の公差部が回転変形をして試験体には、せん断変形が生じる。試験体の頂部の水平変位を  $x$ 、試験体に生じる変形角を  $\theta$ 、試験体を構成する挽き板の幅を  $H_{element}$ 、高さ方向の挽き板の枚数を  $n$  とすると式 1 が成り立つ。

$$x = n \times H_{element} \times \theta \quad \dots \text{式 1}$$

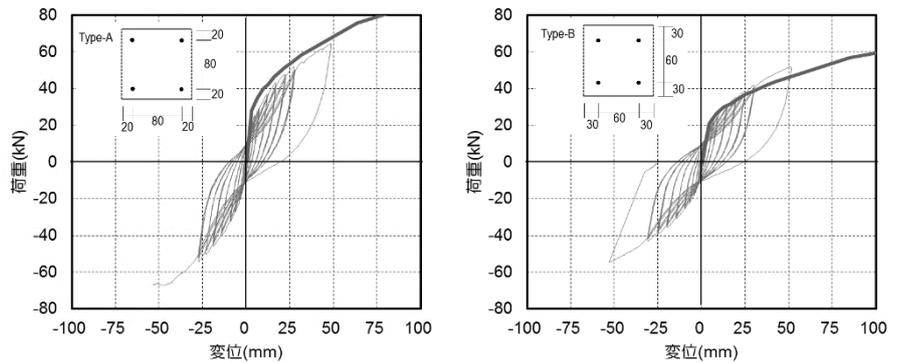
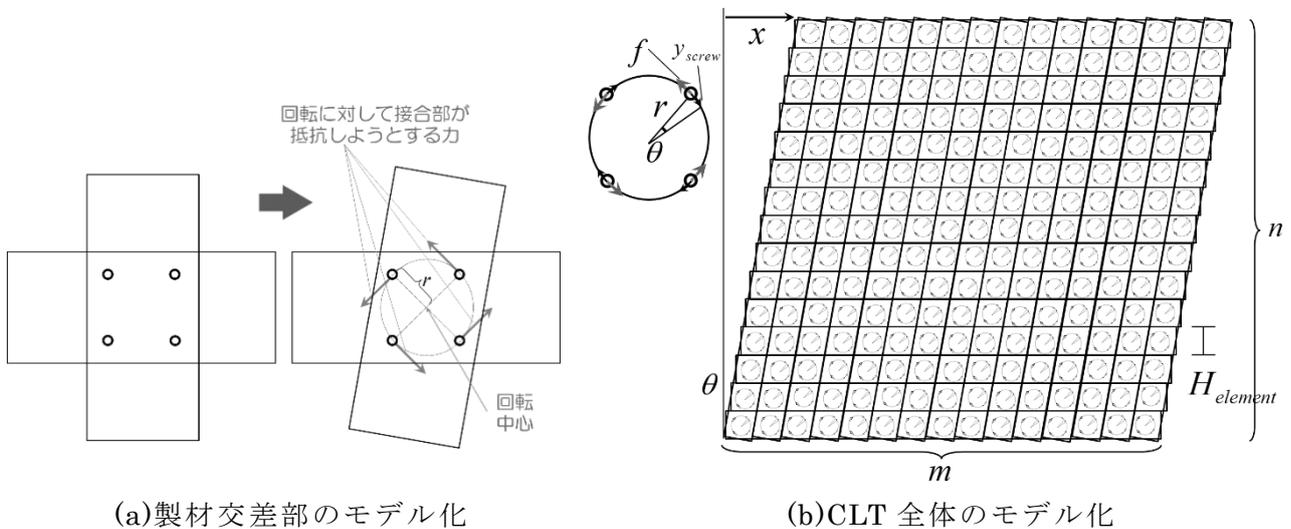
製材の交差部(図 5(a)参照)に設けられる 4 つのビス接合部について、1 つのビス接合部のせん断剛性を  $K_s$  とすると、1 つの交差部が有する回転剛性は式 2 により求まる。

$$K_{\theta} = \frac{K_s \cdot r}{1/r} \times n_{element} \quad \dots \text{式 2}$$

ここで、 $r$  は回転中心から接合部までの距離、 $n_{element}$  は 1 つの交差点に設けるビス接合の数(図 4 の場合は 4)である。各接合部が行う内部仕事量と試験体頂部を水平加力することによる外部仕事量が等しくなるとして式を展開すると、CLT の面内剛性  $K_{CLT}$  は式 3 となる。

$$K_{CLT} = 2 \cdot K_s \cdot n_{element} \cdot \left( \frac{r}{H_{element}} \right)^2 \cdot \frac{m}{n} \quad \dots \text{式 3}$$

上記の考え方に基づいてビス接合部のせん断試験により得られた荷重変位関係を用いて増分解析を行い、CLT の面内せん断に係る荷重変位関係を求めた結果を図 5 に示す。計算により求めた CLT の荷重変位曲線(図 4 の太線)は実験結果と概ね一致した。



(a) Type A

(b) Type B

図 4 試験結果と増分解析の結果

図 5 試験体のモデル化

## 2. 2 曲げ試験の結果と考察

図 6 に各試験体の荷重変位曲線を示す。曲げ剛性及び曲げ耐力ともに、ビス頭を引張側に配した試験体のほうがビスを圧縮側に配した試験体よりも高い値となった。また、ビスの配置については、30mm-60mm-30mm の Type-B のほうが、曲げ剛性及び曲げ耐力ともにやや高い値となったが、特に引張側にビス頭を配置した試験体については大きな違いは認められなかった。各試験体の曲げ強度と曲げ弾性係数を表 1 に示す。なお、曲げ強度と曲げ弾性係数は全断面に対する断面係数と断面二次モーメントを用いて算出している。曲げ強度と曲げ弾性係数ともに引張側にビス頭を配置した試験体のほうが高い値となった。

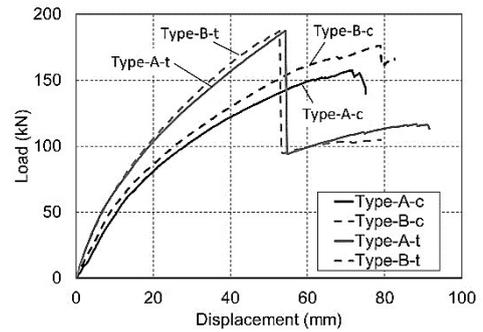


図 6 曲げ試験体の荷重変位曲線

表 2 各試験体の曲げ強度と曲げ弾性係数

試験体名	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
Type-A-c	37.5	6.85
Type-B-c	41.9	6.82
Type-A-t	44.7	8.22
Type-B-t	44.6	8.39

## 3. 得られた新しい知見のまとめ

本研究により得られた新しい知見を以下に記す。

- (1) ビス接合により積層成形した CLT を試作し、同 CLT の面内せん断に係る各特性値を実験により得た。
- (2) ビス接合により積層成形した CLT の面内せん断剛性を接合部のせん断剛性を用いて幾何学的に算出するための基本的な考え方を提案した。提案する考え方に基づいて求めた CLT の面内せん断に係る荷重変位関係は実験結果と概ね合い、提案する考え方が妥当であるという知見を得た。
- (3) ビス接合により積層成形した CLT を試作し、同 CLT の面外曲げに係る各特性値を実験により得た。曲げ剛性及び曲げ耐力ともに、ビス頭を引張側に配した試験体のほうがビスを圧縮側に配した試験体よりも高い値となることと、ビスの配置による違いはほとんどないことという知見を得た。

### ( 発表論文 )

- (1) 中島史郎, 大谷直希: 機械接合により成形した CLT の面内せん断性状, 日本木材学会大会要旨集, 電子媒体, 2021.3.