

全国にある木材加工工場にて製造可能な CLT(Cross Laminated Timber)の開発と社会実装

宇都宮大学 ○中島史郎 1*

CLT 構造用ビス 面内せん断
縦継ぎ 積層接合 積層接合

研究の目的

挽き板の接合に大がかりな設備と高度な技術を必要としないビス（木ねじ）接合を用いることを提案し、全国に存在する比較的小規模な木材加工工場でも挽板を CLT（Cross Laminated Timber）のように隣り合う層で直交させて積層接合した木質部材（以下、「Screwed CLT」と呼ぶ）を製造することができるように、その製造法に関する知見を整備することを目的とする。また、Screwed CLT の材料設計法を示すことによって、建物が必要とする性能に見合った Screwed CLT を自由に設計するための技術基盤を整備することを目的とする。さらに、Screwed CLT を用いた建物の設計事例を作成し、社会実装の一助とすることを目的とする。

研究の内容

1) Screwed CLT の製作

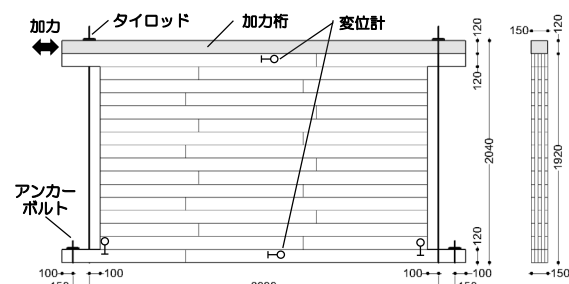
図 1 に示す Screwed CLT を製作し、その製造方法に関する課題等について整理した。試験体の層構成は 3 層構成、または、5 層構成の 2 種類とし、平面形状は無開口の有開口の 2 種類とした。また、図 1 に示すように、重なり合う挽板どうしを接合するビスの位置が挽板が重なる中心から約 42.4mm（材縁距離 30mm）または約 56.6mm（材縁距離 20mm）とし、8 種類（8 体）の試験体を作製した。また、比較的短尺の製材端材を原材料とすることを視野に、1 層目、3 層目、5 層目を構成する挽板には突き付けによる縦継ぎを設け、挽板の長さが最長 2m 程度以下に収まるようにした。

2) Screwed CLT の面内せん断試験の実施

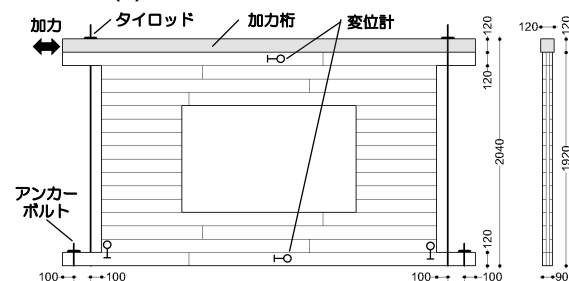
表 1 に示す寸法と形状が異なる 8 種類の Screwed CLT について、図 1 に示す方法にて面内せん断試験を実施し、Screwed CLT の面内せん断に係る荷重変位関係と各特性値を得た。図 2 に実験により得られた Screwed CLT の面内せん断に係る荷重と変形角の関係を示す。

3) Screwed CLT の材料設計法と荷重変形角曲線の算定

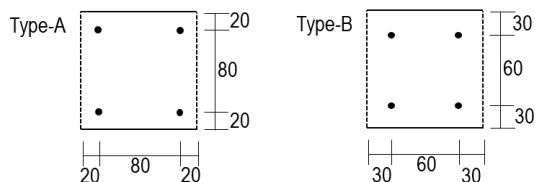
構造用ビス接合部の荷重変位関係から Screwed CLT の面内せん断に係る荷重変位関係を求める方法は以下の考え方による。高さが h （mm）の Screwed CLT の頂部の水平変位が x （mm）であるとき、Screwed CLT に生じるせん断変形角 θ （rad）は式 1 により求まる。Screwed CLT にせ



(a) 5 層構成・開口なしの試験体



(b) 3 層構成・開口ありの試験体



(c) 挽板が重なる部分のビス接合部の配置

図 1 試験体の形状と試験方法

表 1 試験体の形状と試験方法

試験体 記号	開口 有無	層数	ビスの 材縁距離	試験体厚
F3-20	無	3 層	20mm	90mm
F3-30	無	3 層	30mm	90mm
F5-20	無	5 層	20mm	150mm
F5-30	無	5 層	30mm	150mm
O3-20	有	3 層	20mm	90mm
O3-30	有	3 層	30mm	90mm
O5-20	有	5 層	20mm	150mm
O5-30	有	5 層	30mm	150mm

（注）試験体厚 90mm の試験体の接合具はパネリード P5-80、試験体厚 150mm の試験体の接合具はパネリード PX6-140。

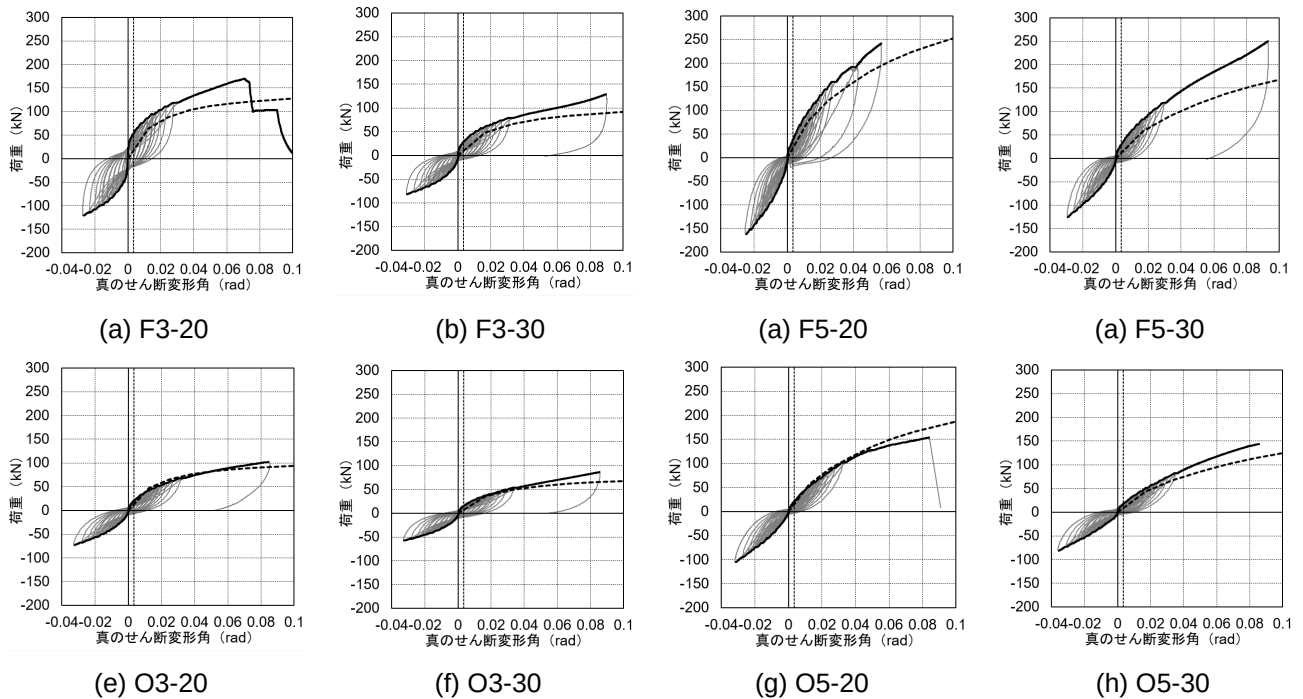


図2 試験体の形状と試験方法

せん断変形角 θ (rad) が生じると、Screwed CLT を構成する積層方向に隣り合う製材間にも θ (rad) の回転変形が生じ、ビス接合部に生じる変位量 y は、回転中心からビス接合部までの距離を r とすると式2により求まる。ビス接合部の荷重変位関係を $f(y)$ とするとすると、全ビス接合部が行う仕事量は式3により求まる。

$$\theta = \frac{x}{h} \cdots (1) \quad y = r\theta = r \frac{x}{h} \cdots (2)$$

$$w = n \cdot \frac{1}{2} f(y) \cdot y \cdots (3) \quad W = \frac{1}{2} F \cdot x \cdots (4)$$

ここで、 w は全ビス接合部が行う仕事量、 n はビス接合部の数、 $f(y)$ はビス接合部の荷重変位関係である。

一方、Screwed CLT の頂部に x (mm) の変位を与えるために必要な水平荷重を F (kN) とすると、水平荷重が行う仕事量 (外部仕事量) W は式4により求めることができる。内部仕事量=外部仕事量の関係があるので式3と式4より、 F を求めることができ、荷重変形角曲線を得ることができる。

図2に上記の方法を用いて求めた面内せん断に係る荷重変形角曲線を破線にて示す。計算結果は荷重が実験結果よりも低く求まった。挽板間の支圧などによる内部仕事量を考慮していないことがその要因として考えられる。

4) Screwed CLT を構造材とする建物の設計事例

5種類のモデル建物の試設計を行った。試設計の対象とした6階建て集合住宅については、無開口のScrewed CLT

の中で最も耐力が低い3層構成でビスの材遠距離が30mmのScrewed CLTを水平抵抗要素とした場合であっても、降伏時と終局時に必要な耐力を得ることができることを確認した。

研究の成果、新知見

Screwed CLT の降伏耐力、終局耐力、初期剛性に関する知見を実験により得た。また、Screwed CLT の面内せん断に係る荷重変形角関係をビス接合部の荷重変位関係を用いて増分解析により求めた場合、荷重が低く求まるという知見を得た。さらに、提案するScrewed CLTを用いて6階建ての集合住宅の試設計を行った結果、無開口のScrewed CLTの中で最も耐力が低い3層構成でビスの材遠距離が30mmのScrewed CLTを水平抵抗要素とした場合であっても、降伏時と終局時に必要な耐力を得ることができることが確認された。

今後の予定

本研究では水平方向に配置した挽板について縦継ぎ部分を設けたが、鉛直方向に配置した挽板についても縦継ぎを設け、より短い端材を原料とした場合のScrewed CLTの挙動と耐力についての確認を行う。さらに、Screwed CLTの実建物へのおさまりについての検討を行う。一方、建物試設計については、無開口のScrewed CLTを耐力壁とした場合についての検討を行ったが、有開口のScrewed CLTを耐力壁とする場合についての検討を行う予定である。