

セルフタッピングねじを用いた CLT 接合部の耐力性能の解明

岐阜大学 大学院連合 農学研究科 Sarah Amira

(指導教員：小林研治)

研究の概要

建築物の直交壁が取り付く CLT 耐力壁の接合部に作用する荷重から生じる可能性のある荷重条件として、面外引張と面内せん断がある。そのため、耐力壁と直交壁の接合部は、起こりうる多方向の荷重に耐えられるよう、バランスよく設計する必要がある。本研究の目的は、ねじの挿入角度を変化させながら複合荷重を受ける CLT 直交接合部の耐荷重性能を明らかにし、既往のモデルが耐荷重性能の予測に適しているかどうかを検証することである。

はじめに

CLT 構造物は、地震に対しても十分な耐力性能を期待できる。CLT 接合部の耐力確保にセルフタッピングねじを用いることが主流になりつつあり、経済的利点と取り扱いの容易さを理由に、海外や国内の CLT 建築メーカーや設計者からの注目度が高い。セルフタッピングねじはパネルの狭い側（エッジ）にラミナの木口のみには打ち込まれることを避けるために斜めに打ち込まれ、それにより最適な接合性能が得られる木材ねじ接合部は、CLT の斜材接合部に作用する多方向荷重により、複数の方向から荷重を受ける。たとえばねじには曲げ、せん断、引張力が、ねじ周辺の木材部材には引き抜き、めり込み力が作用し、これらは複合的に生じていると考えられる。軸方向力（引抜・引張）およびせん断力に抵抗するセルフタッピングねじ接合部の性能に関する研究は、これまで別々に行われてきた。しかし、CLT 耐力壁の接合部などでは軸方向力およびせん断力の複合荷重を受けることが想定され、CLT-セルフタッピングねじ接合部の挙動に関する包括的な実験的調査は、起こり得る多方向荷重の現象を想定する上で特に重要である。軸方向荷重 (F_{ax}) と横方向荷重 (F_{tr}) の相互作用は、基本的に、Eurocode 5 の複合荷重検定式モデルアプローチ (式(1)) を用いて予測される^[1]。本研究では、面外引張耐力 (F_{out}) と面内せん断耐力 (F_{in}) の相互作用を標準化モデルを用いて予測することを試み、このモデルのパワーパラメータを $a = b = \{1, 1.5, 2\}$ に変化させ、この相互作用を予測するのに最適な形式を求めた。

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^a + \left(\frac{F_{tr,Ed}}{F_{tr,Rd}}\right)^b \leq 1, \quad (1)$$

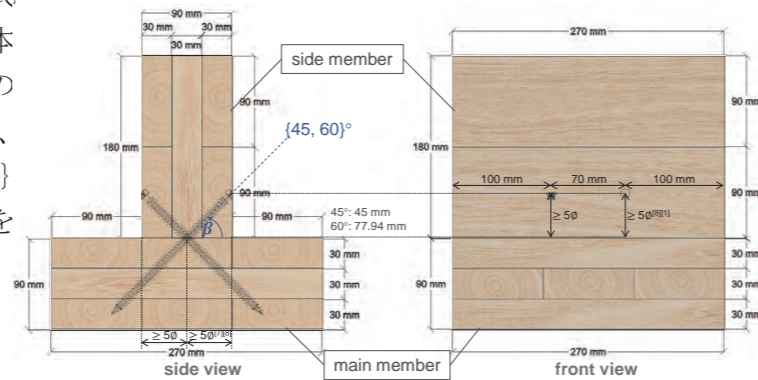


図1 CLT パネルの試験体、直交壁となる主材と耐力壁となる側材を直角

研究方法

実験には、厚さ 90mm のスギ材を直角に接合した 3 層 CLT パネル試験体を用いた。主材の寸法は 270mm x 270mm で、側材は縦横それぞれ 270mm x 180mm とした。治具を用いてセルフタッピングねじを決められた角度で試験片に挿入するために、ドリルビットで用いて直径 5mm の先孔を設けた。そして、図 1 に示すように直径 8mm、長さ 170mm のセルフタッピングねじを一定の角度に取り付けた。試験条件は、加力角度とねじ打ち込み角度を下記の条件で変化させて、それらの組み合わせとした。加力方向と CLT の長手方向とのなす角 α は、 $\alpha = \{0, 30, 45, 60, 90\}^\circ$ の 5 条件とした。ねじ軸と CLT の短手方向とのなす角 β は、 $\beta = \{45, 60\}^\circ$ の 2 条件とした。

加力方向を変化させるために、図 2 に示すような回転可能な一對のスチールホイール型治具を作製し、これによって試験体下部を固定した。試験体に取り付けた変位計を用いて、引張方向およびせん断方向の変位を測定した。このセットアップを島津製作所の万能試験機 (UTM) AG-I 250kN に取り付け、側材に 1mm/min の変位速度で単調荷重を加えた。試験体数は各 3 体とした。

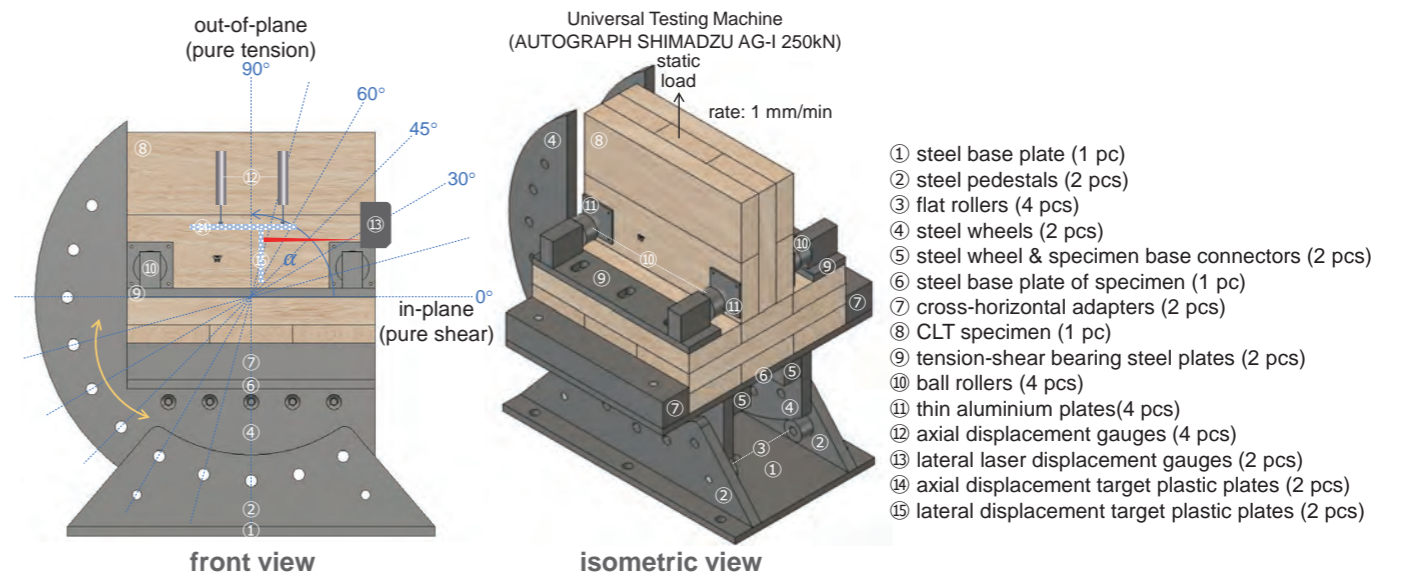


図2 複合荷重試験セットアップと手順の詳細

研究成果

図 3 における最大複合荷重の比較は、角度 α が大きいほど F_{out} が大きく、次いで F_{in} が小さくなることを示している。複合耐力 (F_{test}) は、 $\beta=45^\circ$ に比べ、角度 $\beta=60^\circ$ で高いことがわかった。

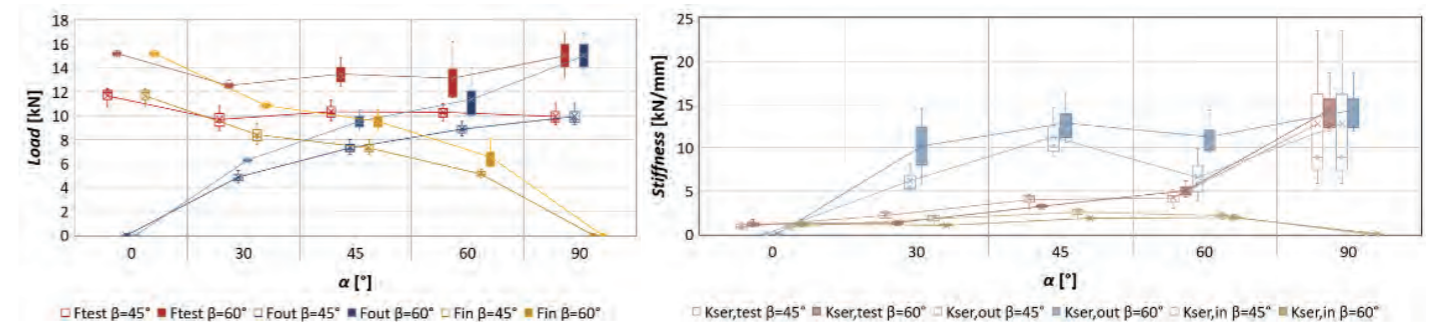


図3 角度 α と β に関する試験結果の F_{test} , F_{out} , F_{in} の比較

図4 角度 α と β に関する試験結果の K_{test} , K_{out} , K_{in} の比較

図 4 に示すように、角度 β が 45° 、 60° のいずれの場合においても、せん断剛性よりも引張剛性が高くなった。側材が面内せん断方向に早く変位し、次いで面外引張方向に変位することは、上記の挙動と一致している (図 5)。

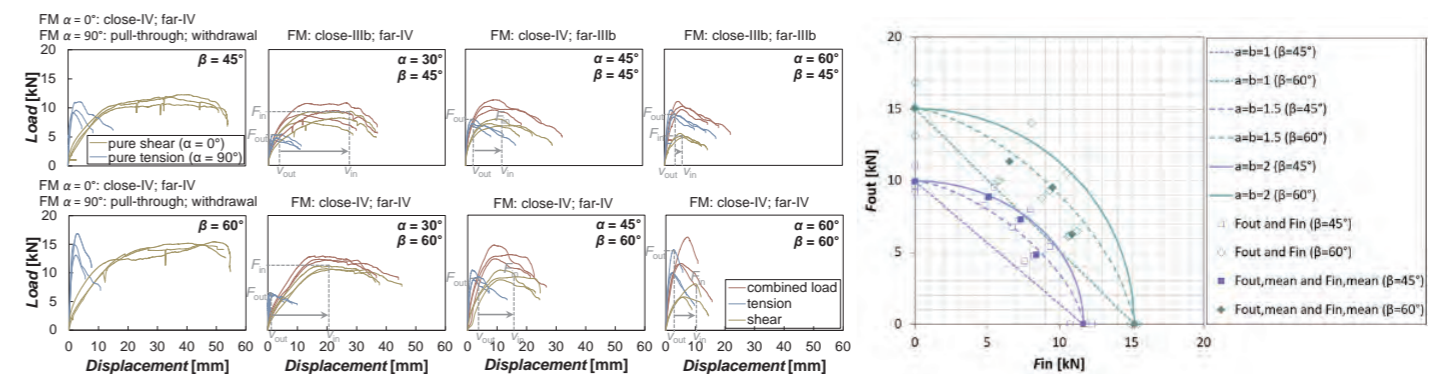


図5 各シリーズの荷重と変位の関係、および観察された破壊モ

図6 角度 α と β に依存する複合荷重の試験結果と式(1)の荷重相互作用モデルとの比較

F_{out} と F_{in} の荷重相互作用を式(1)を用いて予測した。図 6 から、 $\beta=45^\circ$ の試験片の耐荷重値は、パワーパラメータ $1.5 \leq a = b \leq 2$ の範囲に分布しており、 $\beta=60^\circ$ の場合は、 $1 \leq a = b \leq 1.5$ の範囲に分布していることがわかる。本研究の結果より、 F_{out} と F_{in} の負荷相互作用を予測するのに適したパワーパラメータの範囲を示すことができた。

[1] EN 1995-1-1 (2004) Eurocode 5: Design of timber structures- Part 1-1: General- Common rules and rules for buildings. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium. Pages 82.

当研究課題は、(公財) PHOENIX 木材 合板博物館の令和五年度研究助成金による支援を受けた研究成果です。

この研究の最初の成果は、京都大学で開催された第74回日本木材学会大会のポスターセッションで発表され、優秀ポスター発表賞を受賞した。