

木質構造用ねじの斜め打ちによるCLT壁-床接合部のせん断性能

富高 亮介, 今井 良*¹, 戸田 正彦*¹

Shear performance of CLT wall-floor joints with inclined screws

Ryosuke TOMITAKA, Makoto IMAI, Masahiko TODA

キーワード：CLTパネル工法，木質構造用ねじ，せん断，引き抜き

本研究では、CLTパネル工法の壁-床接合に用いる木質構造用ねじによる斜め打ち接合部についてせん断試験を実施した。その結果、壁パネルに対して水平方向で直角にネジを打ち込む仕様と比較して、水平方向について45°の角度を与えると、ねじの引き抜きが卓越する加力方向では、高い剛性と耐力を発揮することを確認した。また、水平方向に45°傾斜させる仕様では、変形が進むとねじの引き抜きでねじ山の掛かり距離が急減し、急激に耐力を失う脆性的な挙動となるため、異なる抵抗機構の要素を併用し、靱性を補完することが有効であることが示唆された。

1. はじめに

サステナブルな建築を目指す現代社会において、「環境負荷」「短工期」「軽さ」等のメリットを持つCLT (Cross Laminated Timber, 日本農林規格 (JAS) では「直交集成板」) は社会的ニーズに合った建築材料といえる。このCLTを、壁、床、屋根等に使用して建築物を建てる工法をCLTパネル工法というが、欧米のCLTパネル工法では、木質構造用ねじ (第1図) を用いてCLT相互を直接接合する方法が主流である。この接合方法は、接合金物が外部に露出しない、仕口にプレカットを必要としない、施工が比較的容易であるなど、優れた特徴を有する。一方で、国内においては、このようなタイプの接合

部に関するデータの蓄積が十分ではない。CLTを用いた建築物の普及を目指すには、多様な接合方法について、さらなるデータ拡充が不可欠である。

本研究では、木質構造用ねじの斜め打ちによるCLT壁-床接合部についてせん断試験を行い、その構造性能データを収集した。また本接合の異なる仕様を併用した場合の性能推定について検討した結果を報告する。

なお本研究の一部は、2018年度日本木材加工技術協会第36回年次大会¹⁾および2022年度日本木材学会大会 (名古屋・岐阜)²⁾で発表した。

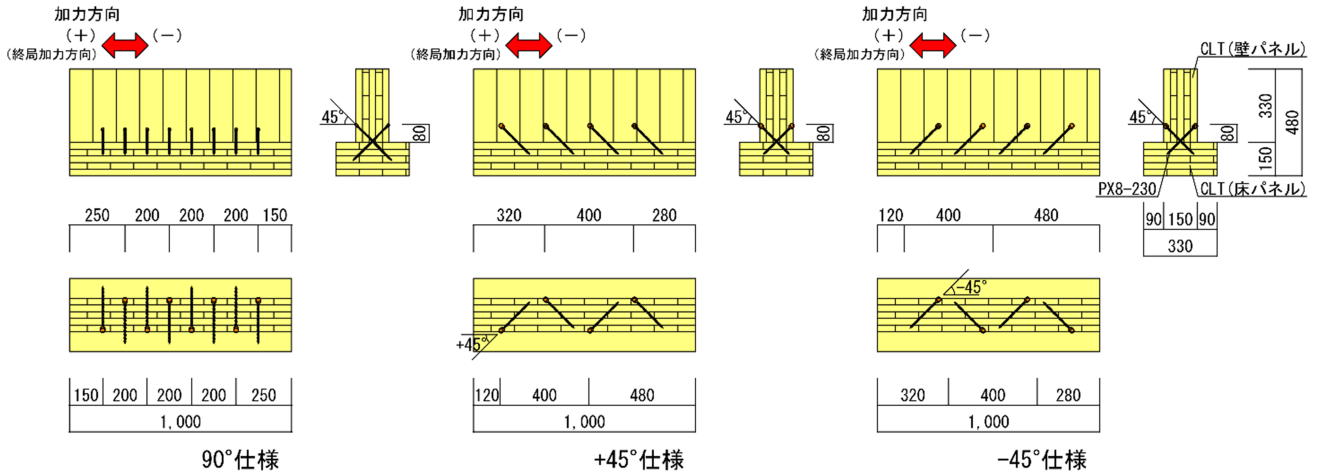
2. 試験体と試験方法

2.1 試験体

試験体は、カラマツCLT (JAS等級Mx90相当, 平均気乾密度 $480 \pm 8 \text{ kg/m}^3$, 平均含水率 $9.05 \pm 0.93\%$) およびトドマツCLT (JAS等級Mx90相当, 平均気乾密度 $377 \pm 7 \text{ kg/m}^3$, 平均含水率 $9.38 \pm 0.62\%$) を用いた。層構成は5層5プライドで、構成するラミナの断面寸法は、厚さ30mm, 幅105mmとし、幅はぎ接着は施していない。接合具は、径8mm, 長さ230mmの全ねじ仕様の木質構造用ねじを用いた (シネジック株式会社製PX8-230, 第1図*で示すねじ)。



第1図 木質構造用ねじの例



第2図 試験体の仕様(単位:mm)

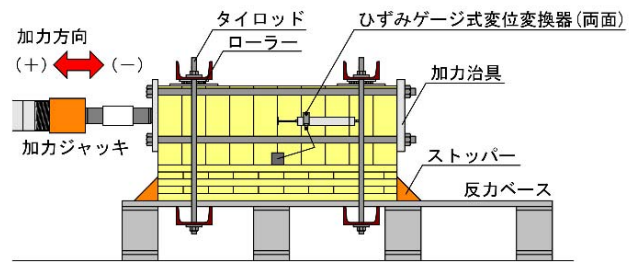
試験体の仕様を第2図、試験体の製作状況を第3図に示す。接合部の仕様について、垂直方向のねじ傾斜角は、床パネル面から45°とした。水平方向のねじ傾斜角は、壁パネルに対して90°の場合と、加力方向にねじ頭部を+45°もしくは-45°回転させる場合の計3条件とした(以下、90°仕様、+45°仕様、-45°仕様)。なお、水平方向の角度は、終局加力方向を正とした。ねじを打ち込む位置には、直径25mm、深さ15mmの先穴を設け、先穴底の入隅部にねじ先を当ててねじを打ち込んだ。また、ねじ打ち込み時には、角度を一定に保つ治具を用い施工した。CLTの向きは、壁パネルと床パネルともに強軸とした(壁パネル:最外層ラミナの向きが鉛直、床パネル:最外層ラミナの向きが加力方向に平行)。ねじの本数は90°仕様が8本、+45°仕様および-45°仕様が4本とした。試験体数は90°仕様が6体、+45°仕様および-45°仕様が各3体とした。

2.2 試験方法

試験は、「CLTを用いた建物の設計施工マニュアル」に記載の方法³⁾に則り、繰り返し荷重試験機を用いて実施した。荷重と変位はそれぞれロードセル(容量200kN)およびひずみゲージ式変位変換器(容量100mm)を用いて計測した。加力速度は毎分10mmとし、正負交番繰り返し方式により最大荷重の80%以下に荷重が低下するか、変位が50mmに達するまで加力を続けた。制御に用いる変位は、壁パネルと床パネルの相対変位(両面2箇所)の平均)とした。繰り返し履歴は、基準変位の0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 16倍を目標変位とした。なお、基準変位は過去の知見から2mmと設定した。試験実施方法を第4図、試験実施状況の例を第5図に示す。



第3図 試験体製作状況



第4図 試験方法



第5図 試験実施状況

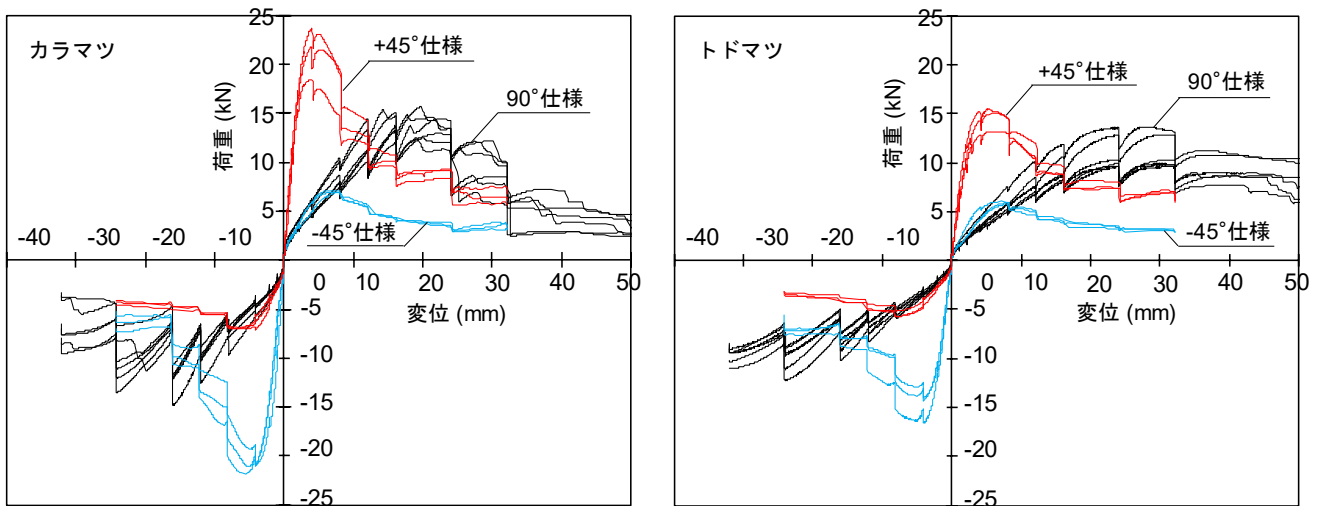
3. 結果と考察

3.1 破壊性状と荷重変位関係

ねじ1本当たりの荷重と変位の関係曲線（包絡処理後）を第6図に示す。90°仕様では、ねじの曲げおよび壁・床パネルへのねじのめり込みにより変形が進み、変位20mm程度で最大荷重を示した。最大荷重到達後、床パネルからのねじの引き抜け、壁パネルからのねじ頭部のパンチングアウトおよびねじの曲げより変形が進行し、荷重が低下した。加力方向正側にねじ頭部が向く配置の+45°仕様では、加力方向正側（荷重変位関係曲線における第1象限）でねじの引き抜きが卓越し、変位5mm程度で最大荷重に達した後、ビスの引き抜けにより急激に荷重が低下した。-45°仕様では、+45°仕様とねじ頭部が逆向きとなり、+45°仕様と正負反転させたような応答を示した。加力方向正側から繰り返し加力を

始めたため、+45°仕様と-45°仕様で接合部、特にねじ打ち込み部分において初めて経験する変形が異なるが、この影響は明確には確認されなかった。

加力方向正側について、最大荷重の10, 40, 90%の点を用いる完全弾塑性化モデル⁴⁾により評価した耐力および剛性を第1表に示す。樹種で比較すると、各仕様の耐力および剛性はカラマツがトドマツを上回り、終局変位についてはトドマツがカラマツを上回った。水平角度で比較すると、+45°仕様が90°仕様および-45°仕様の各耐力、初期剛性を上回った。終局変位は+45°仕様が最小となった。これは、+45°仕様では、変形初期からねじの引き抜き抵抗により高い剛性と耐力が発揮され、かつ、変形が進行するとねじ山部分の掛かりが急速に減少し、耐力が急減するという靱性に乏しい挙動を示したためと考えられる。

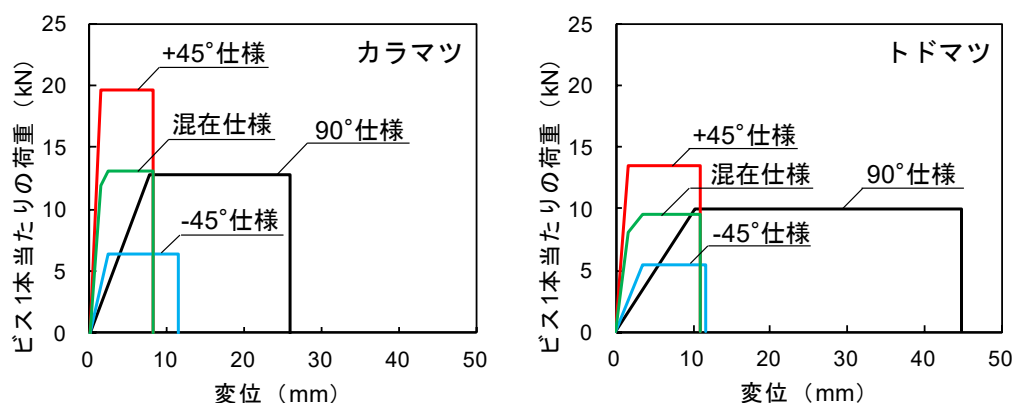


第6図 ねじ1本当たりの荷重変位関係曲線（包絡処理後）

第1表 試験結果

樹種	ねじ 垂直角度	ねじ 水平角度	最大耐力 P_{max} (kN)		降伏耐力 P_y (kN)		終局耐力 P_u (kN)		初期剛性 K (kN/mm)		終局変位 δ_u (mm)		塑性率 μ (-)	
			Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD
カラマツ	45°	90°	14.09	1.15	8.22	1.14	12.80	1.29	1.10	0.20	25.87	2.83	2.24	0.47
		+45°	21.31	2.71	13.08	2.67	19.65	2.60	8.93	0.41	8.11	0.09	3.73	0.55
		-45°	6.99	0.13	3.86	0.74	6.36	0.30	1.70	0.07	11.48	0.75	3.09	0.46
トドマツ	45°	90°	11.08	1.70	7.01	1.79	9.96	1.50	0.68	0.11	44.77	7.37	3.07	0.49
		+45°	14.52	1.21	8.80	1.23	13.48	1.10	5.65	0.88	10.87	1.67	4.51	0.45
		-45°	5.90	0.13	3.96	0.27	5.50	0.06	1.23	0.33	11.63	1.13	2.56	0.37

※Av.: 平均, SD: 標準偏差



第7図 ねじ打ち込み角度が混在する仕様の性能推定

3.2 混在仕様の性能推定

壁一床接合部に本接合を用いる場合、外力が作用する水平方向は両方向（本試験における加力正負方向）を前提とする必要があり、ねじ打ち込み水平角度が $+45^\circ$ 仕様のみの接合で接合部を構成することは推奨されない。そこで、接合部を構成するねじの構成について、 $+45^\circ$ 仕様と -45° 仕様が1:1で構成される接合部（以下、混在仕様）の性能推定を行った。性能推定の結果を第7図に示す。まず、 $+45^\circ$ 仕様および -45° 仕様の初期剛性、終局耐力、終局変位から各仕様のバイリニアモデルを作成した。次に、混在仕様のトリリニアモデルについて、トリリニアモデルの荷重を $+45^\circ$ 仕様と -45° 仕様のバイリニアモデルの平均、トリリニアモデルの終局変位を各仕様の終局変位の最小値として作成した。この結果、終局耐力は 90° 仕様と混在仕様で同等となったが、初期剛性は、混在仕様が 90° 仕様に対して、カラマツは4.8倍、トドマツは5.2倍と高い剛性を示した。これより、本接合において水平方向にねじ打ち込みの角度を与えることで、剛性を向上させる効果を見込めることが示唆された。一方、抵抗機構がねじの引き抜きに大きく依存した脆性的な接合であるため、 90° 仕様を併用する等の靱性の補完が有効と考えられる。

4. おわりに

CLTパネル工法の壁一床接合に用いる木質構造用ねじによる斜め打ちせん断接合部についてせん断試験を行った。その結果、ねじ打ち込み水平角度を、加力方向に対してねじが引き抜ける方向に角度を与えることで、高い剛性と耐力を発揮することが確認できた。また、ねじ打ち込み水平角度が異なる仕様の剛性および耐力から、それらの仕様を1:1で混在させた場合の性能を推定した結果、壁パネルに対して直角に打ち込む仕様のみとする場合と比較して、混在させた仕様を用いる方がより高い剛性を発揮することが示唆された。

引用文献

- 1) 富高亮介, 戸田正彦: 長ビスを用いた道産CLT壁一床接合部のせん断性能. 木材加工技術協会年次大会要旨集, 東京(2018).
- 2) 富高亮介, 戸田正彦: 水平方向に角度を与えた長ビス斜め打ちCLT壁一床接合の接合性能の評価. 日本木材学会大会研究発表要旨集, 名古屋・岐阜(2022).
- 3) 公益財団法人日本住宅・木材技術センター: 2016年版CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル, 146-163(2016).
- 4) 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説一許容応力度・許容耐力設計法一, 日本建築学会, 371(2006).

—企業支援部 研究調整グループ—
(原稿受理: 2023.11.20)