クロス・ラミネイティド・ティンバー (CLT) の 部分圧縮性能 (第 1 報)

スギ CLT の機械的性質に対する影響因子の実験的研究^{*1}

戸塚真里奈^{*2}, 青木謙治^{*2}, 稲山正弘^{*2}, 森田仁彦^{*3}

Partial Compressive Properties of Cross Laminated Timber I. Experimental study of effects on mechanical properties of CLT of Japanese cedar^{*1}

Marina TOTSUKA^{*2}, Kenji AOKI^{*2},
Masahiro INAYAMA^{*2} and Kimihiko MORITA^{*3}

Partial compressive properties of lateral faces in Cross Laminated Timber (CLT) are important when we calculate the criteria for connections. However, the technical knowledge from studies of compression behavior of lateral faces in CLT is still limited. In this study, we determined partial compressive properties, yield stress, and initial and secondary stiffness for lateral faces when using CLT made of Japanese cedar. There were 24 types of specimens that varied in width of loading plates, location of loading plates, presence or absence of edge bonds or side margins. Results of experiments showed that the width of the applied loading device and of the side margin have a potent influence. It is assumed that the effect of the width of the applied loading device is a size effect. The size margin effect was greater when the width of the loading plates decreased. Specimens with greater than 100 mm side margins can be considered to be of infinite length. The presence of edge bonds contributes to increasing partial compressive strength. On the other hand, the perimeters of the location of the loading plates do not have a potent influence.

Keywords : timber, cross laminated timber, compressive strength, axial in-plane load, size effect.

CLT (クロス・ラミネイティド・ティンバー) の木口面の部分圧縮性能は、接合部の性能を考える際に重要となる。しかし、既往実験では支圧幅や余長が限定された範囲の検討にとどまっている。本報では、スギ CLT を用いて木口面の部分圧縮性能 (降伏応力, 初期剛性, 二次剛性) に寄与する影響因子を実験的に把握した。実験は支圧幅, 支圧位置, 幅はぎ接着の有無, 余長をパラメータとし, 単調圧縮載荷とした。結果として, 支圧幅と余長, 幅はぎ接着の有無が部分圧縮性能に大きく寄与し, 支圧位置はあまり寄与しないことが分かった。支圧幅の影響は支圧幅が小さいほど大きくなった。余長効果についても支圧幅が小さいほど大きくなった。また, 余長長さ 100 mm 以上であれば無限長とみなすことが出来た。さらに, 幅はぎ接着のある試験体では幅はぎ接着のない試験体と比べ CLT の部分圧縮強度が向上する可能性を示した。

^{*1} Received May 10, 2019; accepted August 8, 2019. 本研究の一部は日本木材学会大会 (2019年 3 月, 北海道) および PTEC2019 (2019年 7 月, オーストラリア) において発表した。

^{*2} 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo, Tokyo 113-8657, Japan

^{*3} 大成建設株式会社 TAISEI CORPORATION, Tokyo 163-0606, Japan

Corresponding author: M. Totsuka (totsuka-marina@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

1. はじめに

挽き板を層ごとに繊維方向が直交するよう接着した大断面の木質材料 CLT (Cross Laminated Timber) は既に欧州で中高層建築物の構造部材として用いられている。わが国でも公共建築物等の木造化を推進していくための手段の一つとして CLT が注目されており、特に、CLT の生産および利活用を普及促進することにより地域林業・木材産業の活性化が期待される。

CLT は面内せん断剛性が非常に大きい材料であるため、その有効活用例として鉄筋コンクリート造や鉄骨造のフレームに嵌めこみ、耐力壁として水平せん断力を負担させることが考えられる。Fig.1 のように鉄骨造の耐震壁として CLT を使用することを想定した場合、CLT 端部のみを鋼材に留め付けることでせん断抵抗させる機構が考えられるが、そのような仕様では CLT 端部の部分圧縮により水平力を伝達する機構となる。この時、初期剛性、二次剛性、降伏耐力が設計を行う上で重要になる。

「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」¹⁾では CLT の圧縮特性に関して、適用範囲が一部の等級区分に限られるものの、木口面へ加力する場合の強度・剛性を等価断面法に基づきラミナの圧縮強度・圧縮弾性係数から定義している。

CLT の部分圧縮について CLT 表面へ加力する場合、Brandner²⁾ らによる応力分布モデルの提案や Serrano³⁾ らによる余長や CLT 表面の繊維方向が部分圧縮強度に与える影響を検討したものなど多くの既往研究がある。CLT 木口面へ加力する場合、井道⁴⁾ による比例限度応力算定式の提案 (CLT 木口面および表面に適応可能) や張⁵⁾ らによる引きボ

ルト接合部の研究の一部として行われた部分圧縮強度推定式の提案がある。しかし、CLT 木口面へ加力する場合には支圧幅や余長が限定された範囲の研究にとどまっており^{4,5)}、更なる検討の余地がある。

本報では、CLT 木口面の部分圧縮特性を実験により把握し、支圧幅、余長、支圧位置、幅はぎ接着の有無が初期剛性や二次剛性、降伏応力に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験

2.1 CLT 木口面の部分圧縮実験概要

2.1.1 試験体

Table 1 に試験体一覧と密度、実験結果 (実験結果については3章で説明する) を示す。試験体は厚 210 mm × 材せい 210 mm × 長さ 500 mm 又は 600 mm のスギ (Japanese cedar, *Cryptomeria japonica*) の A 種 CLT S60-7-7 とした。ラミナ幅は 122 mm (幅はぎ接着なし) 又は 125 mm (幅はぎ接着あり) とし、積層接着と幅はぎ接着には水性高分子イソシネアート系樹脂接着剤を用いた。ここで、外層ラミナの繊維方向と加力方向が同じ試験体を強軸 (Strong axis)、外層ラミナの繊維方向と加力方向が直交する試験体を弱軸 (Weak axis) と呼ぶ。試験変数は支圧幅 (W)、余長 (Side margin)、支圧位置 (Location of plate, Fig. 2)、幅はぎ接着の有無 (Edge bonded)、弱軸 (Weak axis)・強軸 (Strong axis) であり、試験体数は 24 種 × 3 = 72 体である。試験体の切り出しは、幅はぎ接着なしの CLT 大板 (厚 210 mm × 幅 1830 mm × 長さ 8040 mm、銘建工業製) 2 枚 (強軸用と弱軸用) と幅はぎ接着ありの CLT 大板 (厚 210 mm × 幅 1000 mm × 長さ 3000 mm、セイホク製) 2 枚 (強軸用と弱軸用) より同一 Series の 3 体の試験体が同一個体由来のラミナを含まないように行った。

試験体の平均含水率は高周波木材水分計 (ケツト 科学研究所製 HM-520) を用いて計測し、幅はぎ接着なしで 15.0% (標準偏差 (以下 SD とする) 3.08)、幅はぎ接着ありで 15.1% (SD 3.16) であった。密度の平均値は幅はぎ接着なし (54 体平均) で 412 kg/m³ (SD 12.0)、幅はぎ接着あり (18 体平均) で 379 kg/m³ (SD 5.03) であった。

2.1.2 試験方法

Fig. 3 に CLT 木口面の部分圧縮試験の加力装置を示す。試験方法は JIS Z 2101⁶⁾ を参考に直角の鋼製ブロック (厚 10 mm 以上 × 幅 10~70 mm × 長さ 300 mm) の加圧板を用い、2000 kN 万能試験機 (島津製作所製 RES-200 T.V.) による単調圧縮加力と

Fig. 1. Example of CLT-shear wall.

Table 1. Test conditions, mass densities and characteristic values of CLT partial compression tests.

Series	Length [mm]	CLT direction	Loading set up	Loading plate		Side margin [mm]	Edge bond	Mass density [kg/m ³]	Yield stress [N/mm ²]	Initial stiffness [kN/mm ²]	Secondary stiffness [kN/mm ²]		
				W [mm]	Location of plate								
c1	600	Weak axis	Center	10	On laminae	over 265mm	Not bonded	392	24.8(2.24)	9.95(1.99)	0.20(0.06)		
c3								404	21.7(1.13)	5.58(0.50)	0.05(0.02)		
c7								416	19.8(1.12)	4.71(0.43)	0.01(0.01)		
c7G							70	On seam	Bonded	378	15.6(2.89)	4.32(0.85)	0.03(0.02)
c1A							10		Not	432	23.0(0.88)	8.12(0.31)	0.22(0.02)
c7A							70		bonded	420	18.5(1.84)	4.49(0.58)	0.04(0.02)
c1GA							10		Bonded	383	20.4(2.79)	6.89(0.99)	0.19(0.05)
c7GA							70			378	22.6(1.96)	2.44(0.09)	0.03(0.01)
e3-0							500			Edge	30	0	430
e7-0	70	On	0	Not	423	20.1(1.58)		4.07(0.30)	-0.07(0.06)				
e7-50	70	laminae	50	bonded	421	20.7(2.20)		5.33(0.38)	0.00(0.04)				
e7-100	600			70	100		427	20.3(1.64)	4.80(0.40)	0.00(0.03)			
c1'	600	Strong axis	Center	10	On laminae	over 265mm	Not bonded	390	27.5(4.38)	6.29(1.42)	0.21(0.11)		
c3'								408	22.6(1.96)	5.69(0.20)	0.06(0.03)		
c7'								407	20.9(1.13)	5.03(0.17)	-0.01(0.05)		
c7G'							70	On seam	Bonded	387	20.2(2.36)	5.77(0.55)	0.02(0.00)
c1A'							10		Not	408	24.8(1.02)	9.88(1.34)	0.19(0.07)
c7A'							70		bonded	411	20.2(0.63)	4.75(0.65)	0.02(0.02)
c1GA'							10		Bonded	377	22.9(0.24)	8.05(0.79)	0.14(0.00)
c7GA'							70			372	19.4(0.13)	4.89(0.10)	0.00(0.01)
e3-0'							500			Edge	30	0	411
e7-0'	70	On	0	Not	407	20.0(1.20)		4.10(0.26)	-0.06(0.08)				
e7-50'	70	laminae	50	bonded	407	19.5(2.06)		4.23(1.98)	0.01(0.04)				
e7-100'	600			70	100		398	20.1(0.95)	5.54(0.97)	0.00(0.01)			

Note : Data in parentheses denote standard deviation.

Fig. 2. Loading set up and Location of loading plate for compressive test of CLT.

Fig. 3. Loading set up for compressive test of CLT.

し、支圧板上の鋼製治具の変位 (D1, D2の平均) が20 mm に達するまで行った。載荷速度は5 mm/min を目標とし、結果として4~6 mm/min になった。測定項目はロードセル (東京測器研究所製 TCLP-500kNB) による荷重, 変位計 (東京測器研究所製 CDP-50) による支圧板上の鋼製治具と試験体下の鋼板との間の変位 (試験体両側部分の2点 D1, D2) とした。なお、変位は支圧板と鋼製治具

が接し荷重がかかった時点进行ゼロとした。

2.2 CLT を構成するラミナの材料試験

CLT を構成するラミナの物理的特性を取得するため、縦振動試験と小試験体による圧縮試験を行った。縦振動試験体は幅はぎ接着なしとありの CLT 大板製作時にそれぞれランダムに 6 枚（計12枚）抽出したラミナから製作した。小試験体は縦振動試験に供した試験体から切り出し製作した。

縦振動法を行った試験体は厚さ30 mm×幅90 mm×長さ1000 mm（幅はぎ接着なし CLT 用ラミナ）または厚さ30 mm×幅125 mm×長さ1000 mm（幅はぎ接着あり CLT 用ラミナ）とした。試験方法は構造用木材の強度試験マニュアル⁷⁾に準拠した。

小試験体の圧縮試験は全面縦圧縮と全面横圧縮を行った。試験体は全面縦圧縮で断面30 mm×30 mm、材せい60 mm、全面横圧縮で30 mm 角の立方体とした。試験体数は縦圧縮12体、横圧縮12体の計24体であり、1 枚のラミナから縦圧縮試験体、横圧縮試験体を1 体ずつ作成した。小試験体の切り出しはラミナから節や目切れを避け、横圧縮試験体ではラミナの厚さ方向が加力方向と直角方向になるよう行った。なお、測定した小試験体の平均年輪幅は1.5～10.0 mm、横圧縮試験体の加力直交方向に対する年輪の傾きは50～90°であった。試験は JIS Z 2101⁶⁾に準拠し、50 kN 万能試験機（インストロン製 型式4204）による単調圧縮加力とし、支圧板の変位が5 mm に達するまで行った。測定項目はクロスヘッドに内蔵されたロードセル（型式2518-80Z）による荷重、変位計（東京測器研究所製 CDP-50）による支圧板と試験体下の H 型鋼との間の変位（試験体両側部分の2 点）とした。

Table 2 に縦振動法による動的縦ヤング係数および小試験体の圧縮試験結果を示す。表中の E_{d0} は縦振動法による動的縦ヤング係数、 $\sigma_{\max,0}$ は小試験体の縦圧縮強さ、 $\sigma_{y,90}$ は小試験体の横圧縮降伏応力を示す。なお、試験体の6 体平均の密度（縦振動試験時に測定）および平均含水率（全乾法）は幅はぎ接着なし用ラミナで437 kg/m³（SD 18.8）、13.2%（SD 1.10）、幅はぎ接着あり用ラミナで351 kg/m³（SD

20.3）、12.0%（SD 0.47）であった。小試験体の横圧縮降伏応力（ $\sigma_{y,90}$ ）は下記のように定義した。変位5 mm を生じた点における応力を $\sigma_{\max,90}$ とし、0.1 $\sigma_{\max,90}$ と0.4 $\sigma_{\max,90}$ を示す点の間で定義された最小自乗近似直線を第1 直線とする。これを1%ひずみ分だけオフセットした直線が元の曲線と交差する点を降伏点とし、この時の応力を横圧縮降伏応力（ $\sigma_{y,90}$ ）とした。ただし、降伏後に剛性が低下する場合は最大応力を降伏点とした。

3. 結果と考察

3.1 応力—ひずみ関係と特性値

荷重を加圧面積で除して見かけ応力を、計測した変位2 点（D1, D2）の平均値を材せいで除して見かけひずみを算出した。Fig. 4 に代表的な試験体の見かけ応力—見かけひずみ関係を、Table 1 に実験結果を示す。表中括弧内は3 体の標準偏差である。初期剛性は5 %ひずみを生じた点における応力を $\sigma_{\max}$ とし、0.1 $\sigma_{\max}$ と0.4 $\sigma_{\max}$ を示す点の間で定義された最小自乗近似直線の傾きとした。これを1%ひずみ分だけオフセットした直線が元の曲線と交差する点と $\sigma_{\max}$ を示す点との間で定義された最小自乗近似直線の傾きを二次剛性とした。また、初期剛性と二次剛性を定義した2つの近似直線の交点を降伏点とした⁸⁾。なお、この方法で二次剛性を評価した場合にはFigs. 4 (c) (d) のような見かけ応力—見かけひずみ関係の試験体で剛性が負の値をとる。定義からすると剛性が負の値になることはないが、本報では評価の利便上、二次剛性が負の値になる場合がある。

すべての試験体で急激な荷重低下が生じることなく変位20 mm に到達し、靱性のある破壊となった。試験体 c1, c3, c7 を比べると、二次剛性は支圧幅が大きくなるにしたがい低下した。さらに、余長の短い試験体 e7-0は c7 に比べ二次剛性が低かった。

3.2 CLT 木口面の部分圧縮特性値への影響因子

3.2.1 支圧幅

Fig. 5 に支圧幅と各特性値の関係を示す。Fig. 5 (a) の試験体（c1, c1', c3, c3', c7, c7'）は幅は

Table 2. Characteristic values of laminae.

CLT	Dynamic young's modulus	Parallel to grain	Perpendicular to grain
		Max. strength	Yield strength
	E_{d0} [kN/mm ²]	$\sigma_{\max,0}$ [N/mm ²]	$\sigma_{y,90}$ [N/mm ²]
Not bonded	8.46(1.88)	37.7(1.99)	3.2(1.1)
Bonded	7.59(1.00)	30.2(3.96)	4.9(1.6)

Note: Data in parentheses denote standard deviation.

Fig. 4. Stress-strain curve of compressive test of CLT.

ぎ接着なし, かつ支圧板とラミナの境界が一致しない試験体の強軸および弱軸で, 支圧幅は10, 30, 70 mmである。Fig. 5 (b) の試験体 (c1A, c1A', c7A, c7A') は幅はぎ接着なし, かつ支圧板とラミナの境界が一致する試験体の強軸および弱軸で, 支圧幅は10, 70 mmである。Fig. 5(c) の試験体 (c1AG, c1AG', c7AG, c7AG') は幅はぎ接着あり, かつ支圧板とラミナの境界が一致する試験体の強軸および弱軸で, 支圧幅は10, 70 mmである。幅はぎ接着の有無や支圧板の位置にかかわらず, 支圧幅が小さくなると初期剛性・二次剛性は増加し, 増加率は支圧幅が小さいほど大きかった。降伏応力は, 幅はぎ接着ありかつ支圧板とラミナ境界が一致する場合 (Fig. 5 (c)) の弱軸試験体を除き, 支圧幅が小さくなるほど大きくなった。たとえば, Fig. 5 (a) において支圧幅が小さくなることによる各特性値の増加率は支圧幅10 mm 平均と70 mm 平均とを比べると初期剛性で2.11倍 (弱軸) 又は1.25倍 (強軸), 降伏応力で1.26倍 (弱軸) 又は1.31倍 (強軸) であった。二次剛性については支圧幅10 mm で0.13~0.26 kN/mm²に対し70 mm ではほぼゼロとなった。

降伏応力が支圧幅の減少に伴い増加する現象は, 集成材の部分縦圧縮⁹⁾と部分横圧縮¹⁰⁾でも生じることが知られる。よって, 部分縦圧縮と部分横圧縮の組み合わせとなるCLTの部分圧縮特性でも生じたと説明できる。また, 支圧幅の減少による二次剛性の増加は, 集成材の部分横圧縮で見られるため¹⁰⁾, CLTの部分圧縮特性にも同様の傾向が見られたと考えられる。

3.2.2 余長

Fig. 6 (a) に支圧幅70 mm 試験体の, Fig. 6 (b) に支圧幅30 mm 試験体の余長と各特性値の関係を示す。図中の試験体 (e7-0, e7-0', e7-50, e7-50', e7-100, e7-100', c7, c7', e3-0, e3-0', c3, c3')

は幅はぎ接着なし, かつ支圧板とラミナの境界が一致しない試験体の強軸および弱軸で, 余長は支圧幅70 mm の場合 0, 50, 100, 265 mm, 支圧幅30 mm の場合 0, 285 mm である。支圧幅70 mm 試験体に関して, 余長265 mm に比べ余長ゼロの試験体は平均値で初期剛性が0.87倍 (弱軸) 又は0.82倍 (強軸) となった。また, 余長が小さくなることによる二次剛性の減少は見られたが, 降伏応力の減少は見られなかった。支圧幅30 mm 試験体に関して, 余長285 mm に比べ余長ゼロの試験体は平均値で初期剛性が0.70倍 (弱軸) 又は0.82倍 (強軸), 降伏応力が0.79倍 (弱軸) 又は0.85倍 (強軸) となった。よって, 支圧幅が小さい場合, 余長が初期剛性, 二次剛性, 降伏応力にあたる影響は大きくなると推察される。

支圧幅70 mm 試験体の余長長さと各特性値の関係 (Fig. 6 (a)) については, 余長100 mm であれば弱軸・強軸ともに初期剛性, 二次剛性, 降伏応力が余長265 mm と同等であった。よって, 余長100 mm 以上であれば無限長とみなすことが出来ると考えられる。

3.2.3 支圧位置

Fig. 7 に支圧位置と降伏応力の関係を示す。試験体名に A がつかない試験体は支圧板とラミナの境界が一致しないことを, A がつく試験体は支圧板とラミナの境界が一致することを示す。支圧板とラミナ境界が一致する (Fig. 2 (b-2)) 場合, 幅はぎ接着なしの試験体 (c1A, c1A', c7A, c7A') では支圧板とラミナ境界が一致しない試験体 (Fig. 2 (b-1), c1, c1', c7, c7') の0.90~0.97倍となった。幅はぎ接着ありの試験体 (c7GA, c7GA') では支圧板とラミナ境界が一致しない試験体 (c7G, c7G') の0.96~1.45倍となった。よって, 幅はぎ接着なしの場合は, 支圧板とラミナ境界が一致すると若干降

(a) Width of loading plates (On laminae, Not edge bonded) [mm]

(b) Width of loading plates (On seam, Not edge bonded) [mm]

(c) Width of loading plates (On laminae, Edge bonded) [mm]

Fig. 5. Relationships between mechanical properties and width of loading plates.

Legend: ○: Weak axis, ▲: Strong axis, □ & dotted lines: Average value of weak axis specimens, ■ & solid lines: Average value of strong axis specimens.

Fig. 6. Relationships between mechanical properties and side margins of specimens (On laminae, Not edge bonded). Legend: See Fig. 5.

Fig. 7. Relationships between yield stress and location of plate.

Legend: See Fig. 5.

Note: c1, c1', c7, c7', c7G, c7G': On laminae, c1A, c1A', c7A, c7A', c7GA, c7GA': On seam.

伏応力が低下する可能性がある。また、幅はぎ接着ありの場合、支圧位置は降伏応力に寄与しないと考えられる。

3.2.4 幅はぎ接着の有無

幅はぎ接着ありとなしのCLT大板のメーカーが異なり、かつラミナの縦圧縮強度がかなり異なっていた。そこで、幅はぎ接着の有無が降伏応力に与える影響を考察する際、CLTの降伏応力 σ_y をラミナの縦圧縮強度 $\sigma_{\max,0}$ で除し無次元化して比較を行うこととした。無次元化の際に横圧縮降伏応力を考慮しなかった理由は、スギの縦圧縮ヤング係数 E_L に比べ横圧縮ヤング係数 E_R , E_T がそれぞれ1/12倍, 1/25倍¹¹⁾と低く、CLT木口面に部分圧縮力を作させた場合、圧縮力に対して平行方向のラミナがほとんどの力を負担するためである。Fig. 8に $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ と幅はぎ接着の有無の関係を示す。試験体名にGがつかない試験体は幅はぎ接着なしを、Gがつく試験体は幅はぎ接着ありを示す。c7Gはc7の0.99倍と幅はぎ接着ありの場合の $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ が若干低かったが、他の試験体では幅はぎ接着ありがなしの試験体よりも $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ が高かった。幅はぎ接着による $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ の上昇はもっとも大きいc7AGでc7Aの1.52倍、図中の全試験体平均で1.20倍となっていた。ほ

Fig. 8. Relationships between $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ and edge bond.

Legend: See Fig. 5.

Note: c1A, c1A', c7, c7', c7A, c7A': Not edge bonded, c1GA, c1GA', c7G, c7G', c7AG, c7AG': Edge bonded.

とんどの試験体で幅はぎ接着がありなしの $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ を上回っていることから、幅はぎ接着により CLT の圧縮強度は向上すると考えられる。ただし、縦圧縮強さ $\sigma_{\max,0}$ は幅はぎあり用ラミナ (30.2 N/mm^2) となし用ラミナ (37.7 N/mm^2) でかなり異なるため検討の余地が残る (Table 2)。

4. ま と め

スギ A 種 CLT S60-7-7について部分圧縮試験を実施し、支圧幅、余長、支圧位置、幅はぎの有無、弱軸・強軸が初期剛性や二次剛性、降伏応力へ与える影響を考察した。本実験によって得られた知見は下記の通りである。

1. 支圧幅が小さくなると初期剛性や二次剛性、降伏応力が上昇した。上昇率は支圧幅が小さいほど大きくなる。これは、集成材の縦圧縮と横圧縮に見られる現象が CLT でも生じているためと考えられる。
2. 余長が小さくなると CLT の部分圧縮初期剛性・二次剛性は小さくなった。また、支圧幅が小さい試験体では降伏応力も余長が小さくなるに従い小さくなった。よって、CLT の部分圧縮特性には余長効果があると推察される。余長効果は支圧幅が小さいほど大きかった。また、今回検討した CLT 仕様では余長長さが 100 mm 以上であれば、無限長とみなすことが出来た。
3. 幅はぎ接着をすることで幅はぎ接着のない試験体よりも $\sigma_y/\sigma_{\max,0}$ が向上したことから、幅はぎ接着により CLT の部分圧縮強度は向上すると考えられる。
4. 支圧位置は CLT の部分圧縮性能にあまり寄与

しないことが分かった。

謝 辞

本研究は、平成30年度公益財団法人 PHOENIX 木材・合板博物館研究助成事業「CLT 木口面のめり込み性状把握のための実験的研究」の一部として実施した。関係各位に心より御礼申し上げる。

文 献

- 1) “2016年版 CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル”, CLT設計施工マニュアル編集委員会編, (公財) 日本住宅・木材技術センター, 東京, 2016, pp.177-197.
- 2) R Brandner, G Schickhofer: Properties of CLT in Compression Perpendicular to Grain. Proceedings of INTER, Bath, UK, 2014, 47-12-5.
- 3) E Serrano, B Enquist: Compression Strength Perpendicular to Grain in Cross-Laminated Timber (CLT). 11th World Conference on Timber Engineering 2010, Riva del Garda, Italy, 2010, pp.153-154.
- 4) 井道裕史, 長尾博文, 三浦祥子, 宮武 敦: スギを用いて製造したクロス・ラミネイティド・ティンバー (CLT) のめり込み強度性能. 木材学会誌 60(1), 16-22 (2014).
- 5) 張 雲翔, 小林研治, 安村 基, ダベヌ・リュク: 引きボルトを用いたCLT接合部の強度性能. 木材工業 73(5), 180-186 (2018).
- 6) JISZ2101: 木材の試験方法. 日本規格協会 (2017)
- 7) “構造用木材の強度試験マニュアル (第4版)”, (公財) 日本住宅・木材技術センター, 東京, 2013, pp.13-76.
- 8) 北守顕久, 森 拓郎, 片岡靖男, 小松幸平: 木材の部分横圧縮における余長効果の影響 支持条件における違いの検討. 日本建築学会構造系論文集, 74(642), 1477-1485 (2009).
- 9) 野口昌宏, 中村 昇, 飯島泰男: 縦部分圧縮の支圧剛性の算定法の提案と強度特性. 日本建築学会構造系論文集, 76(662), 803-809 (2011).
- 10) 野口弘行, 小林幹大, 橋爪靖彦: 許容めり込み応力度に関する検討と提案 木材の繊維に直角方向の圧縮に関する研究. 日本建築学会構造系論文集, 64(518), 65-70 (1999).
- 11) 村田誠四郎: 改訂4版木材工業ハンドブック. “木材の性質”, 森林総合研究所編, 丸善出版, 東京, 2004, p.135.