

スギ5層5プライ CLT パネルの面内せん断性能における  
強軸方向鉛直荷重の影響

正 ○岡部 実 \*1 正 森 拓郎 \*4  
" 中島 昌一 \*2 " 三宅 辰哉 \*5  
" 五十田 博 \*3

CLT パネル 1 面内せん断性能 2 軸力 3  
強軸 4 スギ5層5プライ 5

## 1. 緒言

直交集成板（以下 CLT とする）を壁パネルとして中層木造建築物を設計する場合、CLT 壁パネルには鉛直力と水平力が作用する。既往の研究において、ヒノキ CLT（厚さ 270mm）を用いた面内せん断実験の報告<sup>(1)</sup>があるが、本報では、スギ CLT パネル（厚さ 150mm）を用い、強軸方向に圧縮の長期許容応力度に対して 1.1 倍の鉛直荷重を載荷した状態と鉛直荷重なしの状態、正負繰り返し面内せん断実験を行い、CLT パネルのせん断弾性係数  $G$ 、せん断強度  $\tau_{max}$  を比較することを目的とする。

## 2. 試験方法

### 2.1. 試験体

試験体は、幅 2000mm、高さ 1800mm、厚さ  $t=150$ mm の E 形 CLT パネルで、中央せん断部は幅  $B=840$ mm 高さ  $h=420$ mm とした。CLT は日本農林規格 JAS 3079(2019):直交集成板に規定する同一等級構成直交集成板で、強度等級 S60-5-5、ラミナ厚さ 30mm、ラミナ幅 120mm（樹種：スギ ラミナ等級：M60A）の 5 層 5 プライ幅はぎ接着なしである。試験体の含水率（高周波容量式木材水分計で測定）は、表裏面ラミナ 14 箇所での測定の平均値で、鉛直力有りの試験体が 11.6%、無しの試験体は 11.9%であった。

### 2.2. 試験装置

2 基の面外変形拘束パンタグラフを連結し、加力梁と反力床を平行に保ちながら水平加力する「建研式加力」試験装置内に E 形 CLT パネルを設置した。試験体下部の水平移動及び回転拘束を行い、試験体中央部に純せん断力が作用するよう工夫した。試験装置への試験体設置図を 図 1 に示す。

### 2.3. 鉛直荷重の設定

せん断面 CLT の圧縮の長期許容応力度  $f_{c,long}$  (N/mm<sup>2</sup>) を(1)式で算出し、せん断面の断面積  $A_0$  を乗じて長期許容圧縮耐力  $Q_{c,long}$  を計算した。計算の結果  $Q_{c,long}$  は 449kN となった。面内せん断試験での鉛直荷重有りの実験では  $Q_{c,long}$  の 1.11 倍の 500kN を鉛直荷重として一定載荷した。なお載荷梁の質量(2.5ton)は、鉛直荷重に加算している。

$$f_{c,long} = \frac{1.1}{3} \times \left\{ 0.75 \times \sigma_{c,oml} \times \frac{A_A}{A_0} \right\} \quad (1)$$

ここに  $\sigma_{c,oml}$  : 21.6(N/mm<sup>2</sup>) (平 13 国交告第 1024 号第 9 イ表 1)  
 $A_A$  : 等価断面(mm<sup>2</sup>) (同一等級構成強軸 = 3/5 $A_0$ )  
 $A_0$  : CLT 試験体のせん断断面断面積(=840×150mm<sup>2</sup>)

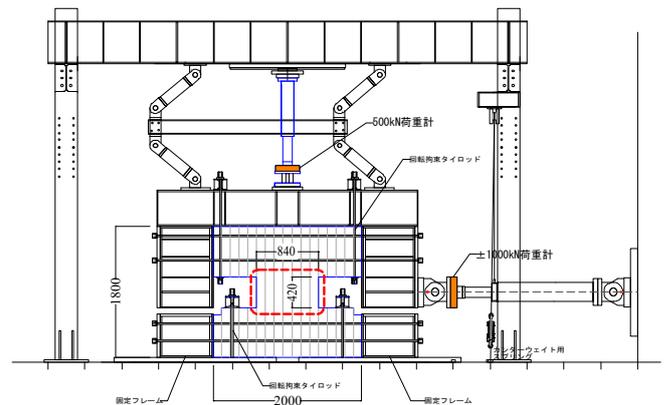


図 1 試験装置への試験体設置図（赤点線：せん断エリア）

### 2.4. 面内せん断耐力及び繰り返し加力スケジュール

せん断面の面内せん断強度  $F_s$  (N/mm<sup>2</sup>) を、平 13 国交告第 1024 号第 9 二に従い(2)式で算出し、せん断面の断面積  $A_0$  を乗じて面内せん断基準耐力  $Q_s$  を計算した。計算の結果、面内せん断強度  $F_s$  は(2)式の第三項で決定し  $F_s=2.45$ (N/mm<sup>2</sup>)、面内せん断基準耐力  $Q_s$  は、308kN となった。

$$F_s = \min \left\{ f_{v,lam,0} \cdot f_{v,lam,90} \times \frac{t_{net}}{t_{gross}}, \frac{3b \cdot n_{ca}}{8t_{gross}} \frac{1}{f_{v,tor} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) + f_R \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^2}\right)} \right\} \quad (2)$$

ここに、 $f_{v,lam,0}$  : 2.7(N/mm<sup>2</sup>),  $f_{v,lam,90}$  : 8.1(N/mm<sup>2</sup>)

$t_{net}$  : 直交層の厚さの合計(mm),  $t_{gross}$  : CLT 厚さ(mm)

$b$  : ラミナ幅(=120mm),  $n_{ca}$  : CLT の直交接着層の数(=4)

$f_{v,tor}$  : 3.0(N/mm<sup>2</sup>),  $f_R$  : 1.5(N/mm<sup>2</sup>),  $m$  : 各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値(=7)

加力スケジュールは荷重制御とし、上述の面内せん断基準耐力  $Q_s$  の 1.1 倍 ( $F_s=2.7$ N/mm<sup>2</sup>) に対し 1.1/3(=125kN)、2/3(=227kN) 及び 1.1× $Q_s$  で正負 1 回の繰り返しを行い、ジャッキ引側（正側）で試験体を破壊させた。

### 2.5. CLT の面内せん断強度 $\tau_{max}$ 及び面内せん断弾性係数 $G$

面内せん断強度  $\tau_{max}$  (N/mm<sup>2</sup>) は(3)式で算出した。

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max}}{B \cdot t} \quad (3)$$

ここに  $Q_{max}$  : 最大荷重(N)

$B$  : せん断エリアの CLT 幅(=840mm)

$t$  : CLT 厚さ(=150mm)

せん断変位  $\Delta$  は、標点間変位を測定できるパイプ式変位計を用いた計測 1 と、せん断エリア内の水平変位と鉛直変位から真のせん断変形を算出する計測 2 の方法を用いた。

面内せん断弾性係数  $G$  は、弾性範囲内 (最大荷重の 10%、40%) での面内せん断応力度  $\tau$  を、計測 1 及び計測 2 で算出したせん断変形  $\gamma$  で除して算出した。計測 1 及び計測 2 の変位計設置位置を図 2 に示す。

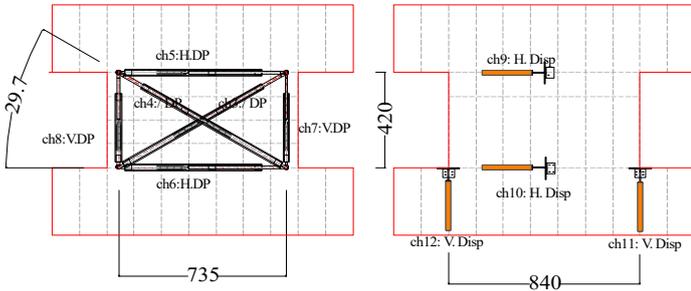


図 2 計測 1 及び計測 2 の変位計設置位置

せん断変形  $\gamma$ (rad) は、真のせん断変位  $\Delta_{shear}$  を計測部高さ  $h$  で除して(4)式で算出した。計測 1 での真のせん断変位  $\Delta_{shear,1}$  は、水平移動、ロッキング変形を除いた(5)式で、計測 2 の真のせん断変位  $\Delta_{shear,2}$  は(6)式で算出した。

$$\gamma = \frac{\Delta_{shear}}{h} \quad (4)$$

$$\Delta_{shear,1} = \frac{\left( \frac{ch3 - ch4}{2} - \frac{ch5 + ch6}{2} \cos \theta - \frac{ch7 + ch8}{2} \sin \theta \right)}{\cos \theta} \quad (5)$$

$$\Delta_{shear,2} = (ch9 - ch10) - (ch11 - ch12) \times \frac{h}{w} \quad (6)$$

### 3. 実験結果

面内せん断加力時の水平変位  $\delta$ (mm) と鉛直荷重  $Q_v$  の関係を図 3 に示す。鉛直荷重 500kN 及び 0kN ほぼ一定で水平加力が行われていることを確認した。

図 4 にせん断応力度  $\tau$  とせん断変形角  $\gamma$  の関係を示す。図中の赤線は鉛直荷重 500kN 載荷時、黒線は鉛直荷重 0kN を示す。また左図は計測 1 で変形角を算出、右図は計測 2 で変形角を算出している。結果のまとめを表 1 に示す。

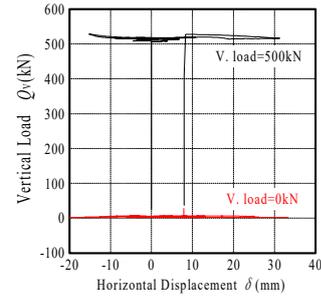


図 3 水平変位  $\delta$  と鉛直荷重  $Q_v$  の関係

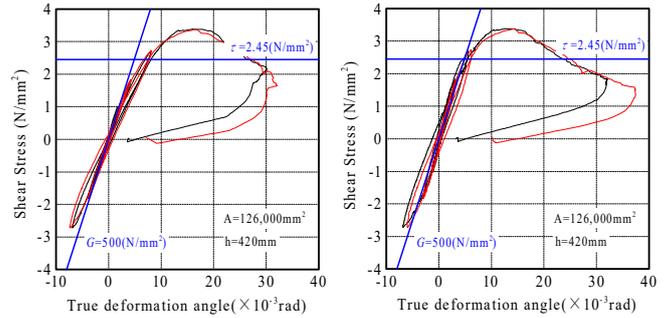


図 4 せん断応力度  $\tau$  とせん断変形角  $\gamma$  の関係 (赤線: 鉛直荷重 500kN、黒線鉛直荷重 0kN) (左図は計測 1、右図は計測 2 で変形角算出)

表 1 CLT 面内せん断試験結果まとめ

鉛直荷重	最大せん断強度 $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 $G$ (N/mm <sup>2</sup> )
500kN	3.37	509
		503
0kN	3.39	588
		631

注: せん断弾性係数  $G$  で上段は計測 1 で計算した値、下段は計測 2 で計算した値を示す。

### 4. まとめ

スギ 5 層 5 プライ CLT の面内せん断実験で、強軸方向に圧縮の長期許容応力度の 1.1 倍の鉛直荷重を作用させた場合と無負荷の実験結果から、

- ・面内せん断強度  $\tau_{max}$  は鉛直荷重による影響はなく、CLT の面内せん断基準強度  $F_s(2.45\text{N/mm}^2)$  の 1.37 倍となった。
- ・鉛直荷重有ではせん断弾性係数  $G$  は計測方法によらずほぼ同等の値となったが、鉛直荷重無しでは計測 2 が大きい値を示した。ロッキングによる変形を過小評価している可能性が考えられる。

### 5. 参考文献

- (1) 荒木康弘, 中島昌一, 岡本滋史, 小谷竜城: 9 層 9 プライヒノキ CLT の面内せん断性能に関する実験的研究, 日本建築学会技術報告集 第 25 巻, 第 59 号, P141-145, 2019

\*1 (一財)ベターリビングつくば建築試験研究センター 博士 (農学)  
 \*2 国立研究開発法人建築研究所構造研究 G 主任研究員 博士 (農学)  
 \*3 京大大学生存圏研究所 教授 博士 (工学)  
 \*4 広島大学大学院先進理工系科学研究科 准教授 博士 (工学)  
 \*5 株式会社日本システム設計 代表取締役 博士 (工学)

\*1 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living, Dr. Agr.  
 \*2 Senior Research Engineer, Dept. of Building Structure, Building Research Institute, Dr. Agr.  
 \*3 Professor, Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Dr. Eng.  
 \*4 Associate Professor, Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University, Dr. Eng.  
 \*5 President, Nihon System Sekkei Architects & Engineers Inc. Dr. Eng.