

CLT パネルのせん断耐力・剛性に開口が及ぼす影響に関する研究

その1 研究の目的と実験計画

CLT 開口 純せん断試験  
せん断耐力 せん断剛性 低減率

正会員 小笠原 絢香\*1 正会員 前田 匡樹\*2  
同 厚澤 瑛人\*1 同 Hamood Alwashali\*3  
同 Ahmad Ghazi Aljuhmani\*1 同 Alex Shegay\*4

1. はじめに

近年、森林資源の有効活用という観点で都市木造建築が注目され、2010年には公共建築物等木材利用促進法が施行されるなど、中大規模の都市木造建築への関心が高まっている。そこで中高層木造建築に有効な木質部材として、CLT(Cross Laminated Timber)の利用拡大が進んでいる。無開口 CLT パネルは高剛性、高耐力であるため、接合部の耐力・変形状が壁パネルの剛性・耐力を決定する。しかし、開口を設けた CLT パネルでは開口面積や開口形状により必ずしも剛性と考えることができず、日本 CLT 協会の CLT 設計施工マニュアル<sup>1)</sup>において、図-1 に示す開口の大きさの条件を満たす場合のみ、式(1)によって与えられる低減係数を用いることができる。

この条件では開口の大きさ・形状が小さく、単純なものに限られてしまう。そこで本研究では位置・大きさをパラメータとし、開口を設けた CLT パネルの静的単調載荷実験を行い、有開口 CLT パネルの構造性能の解明を目的とする。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体は図-2 に示す開口形状が異なる 8 体である。CLT パネルは 1200mm×1200mm の Mx60-5-5 でラミナ厚 30mm のものを使用した。開口試験体は開口サイズが 200mm、400mm、600mm の正方形である A2-2、A4-4、A6-6 の 3 体により、無開口試験体 A0 に対する開口サイズの影響を検討する。試験体 A2-2 に対し、開口面積が等しく長方形(400mm×100mm、100mm×400mm)である試験体 A4-1、試験体 A1-4 及び、試験体 4-4 に対し、開口面積が等しく長方形(800mm×200mm、200mm×800mm)である試験体 A8-2、A8-2 により、CLT パネルの表層ラミナ繊維方向・直交方向に開口の形状が変化した際の構造性能の変化を検討する。

2.2 加力計画

CLT パネルは高耐力・高剛性のため、一般的に接合部が先行破壊し CLT 耐震壁の構造性能が決定する傾向がある。そこで本研究では図-3 に示すように正方形パネルの対角線方向に単調載荷する方法でせん断実験を行った。試験体上部及び下部を治具で固定し、ジャッキで圧縮力を作用させることで純せん断試験とした。

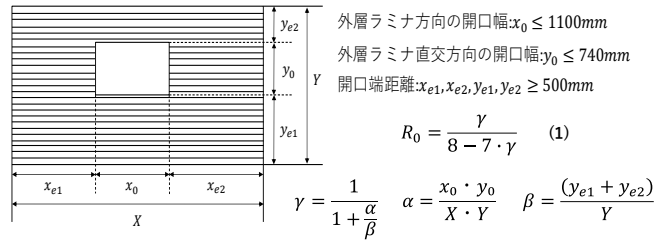


図-1 CLT 設計施工マニュアルの条件を満たす寸法<sup>1)</sup>

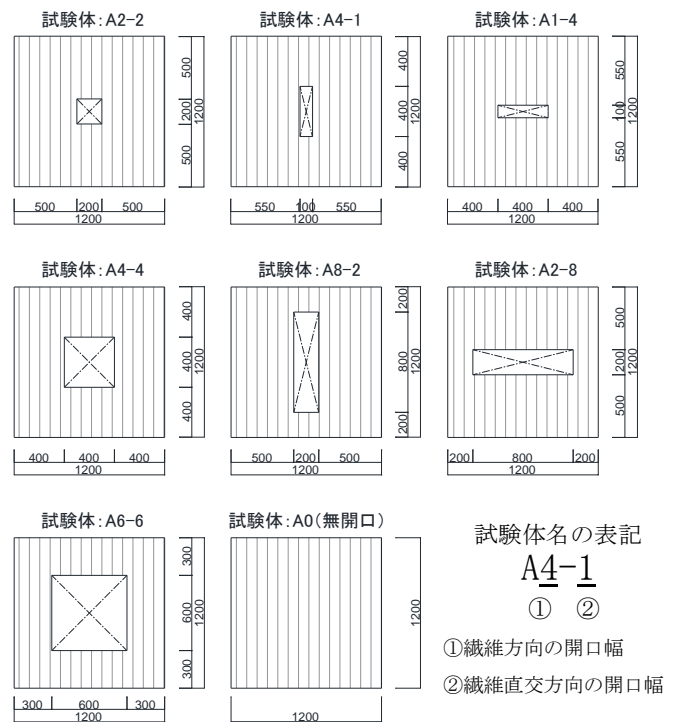


図-2 試験体一覧及び試験体名の表記

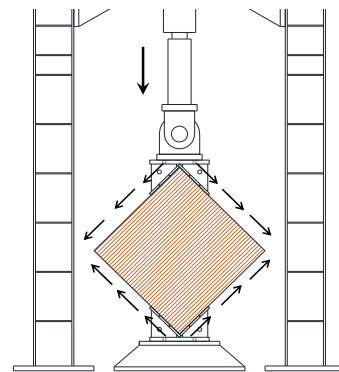


図-3 加力装置図

### 2.3 計測計画

試験体のせん断力・せん断応力度は以下の式(2)、(3)により算出した。

$$\bullet \text{せん断力 } Q[\text{kN}] = \frac{P}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$\bullet \text{せん断応力度 } \tau[\text{N/mm}^2] = Q / ((1200 - l_0) \cdot 150) \quad (3)$$

P: ジャッキ荷重[kN]  $l_0$ : ひび割れが生じた方向の開口長さ[mm]

図-4(a)に示した変位計で、試験体全体のせん断ひずみ・せん断変形を測定した。また、開口を設けた試験体は本報その3で行った FEM 解析による応力分布(図-5)から図-6に示す3つのエリアに分け、図-4(b)に示した変位計により各エリアのせん断変形・曲げ変形を測定した。以下の式(4)~(7)に全体せん断ひずみ・せん断変形及び各エリアの変形の算出方法を示す。

$$\bullet \text{全体せん断ひずみ } \gamma = (\delta_1 + \delta_2) / 900\sqrt{2} \quad (4)$$

$\delta_1 \cdot \delta_2$ : 対角変位計の計測値(図-4(a)参照)

$$\bullet \text{全体せん断変形 } \delta[\text{mm}] = \gamma \times 1200\text{mm} \quad (5)$$

$$\bullet \text{各エリアのせん断変形 } \delta_s[\text{mm}]$$

$$\delta_s = (\delta_{s1} + \delta_{s2}) \cdot \sqrt{a^2 + b^2} / 2 \quad (6)$$

$\delta_{s1} \cdot \delta_{s2}$ : 各エリアの対角変位計の計測値

a・b: 各エリアの1辺の長さ(図-4(b)参照)

$$\bullet \text{各エリアの曲げ変形 } \delta_f[\text{mm}] = \int \theta \cdot dh \quad (7)$$

ここで  $\theta = \int \varphi \cdot dh$ ,  $\varphi = (\delta_{f1} - \delta_{f2}) / (D \cdot h)$

$\theta$ : 変形角  $\varphi$ : 曲率  $D$ : エリアの幅  $h$ : 計測部の長さ(図-4(b)参照)

### 3. 曲げ及びせん断変形・剛性の計算

有開口 CLT パネルは荷重によってせん断変形と同時に曲げ変形が生じると考えられる。そこで図-7に示したそれぞれの変形モデルを元に、各試験体の変形量及び剛性を推定する。ここで、曲げ変形は開口の上下・左右の部分のみを考慮した。

$$\bullet \text{せん断変形 } \delta_s[\text{mm}] = \frac{\kappa \cdot Q}{G \cdot A} h \times \left( 1 + \left( \frac{h_0 \cdot l_0}{h \cdot l} \right) / \left( 1 - \frac{l_0}{l} \right) \right)$$

$$\bullet \text{せん断剛性 } K_s[\text{kN/mm}] = Q / \delta_s$$

$$\bullet \text{曲げ変形 } \delta_f[\text{mm}] = \frac{Q h_0}{12 E} \left( \frac{h_0^2}{I_c} + \frac{l_0^2}{I_b} \right)$$

$$\bullet \text{曲げ剛性 } K_f[\text{kN/mm}] = Q / \delta_f$$

$$\bullet \text{CLT パネル剛性 } K \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_f}$$

$\kappa$ : 形状係数、 $G$ : せん断弾性係数、 $A$ : 断面積、 $E$ : 曲げヤング係数、

$I_c \cdot I_b$ : 断面2次モーメント

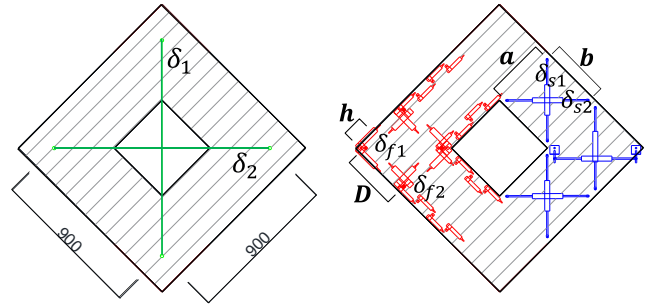
### 4. 材料試験

CLT パネルの圧縮、せん断材料試験の結果を表-1に示す。

### 5. まとめ

本稿のまとめは本報その2に併せて示す。

【参考文献】1) CLT 設計施工マニュアル(日本 CLT 協会)



(a) 全体せん断変形計測図 (b) エリアごとの変形計測図

図-4 計測器具設置の概要

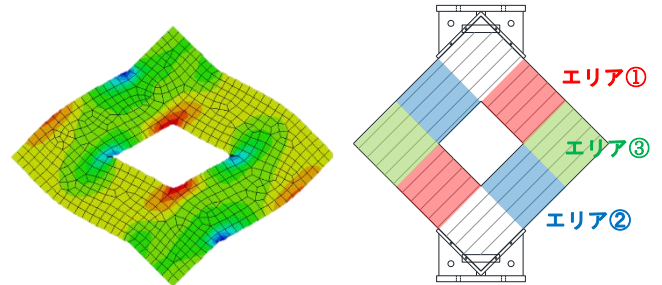


図-5 FEM 解析による応力分布 図-6 エリア区別の概要図

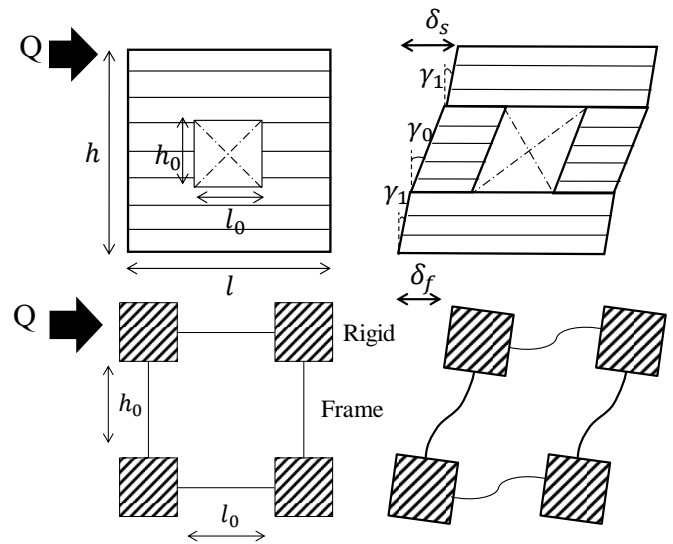


図-7 せん断・曲げ変形モデルの概要

表-1 圧縮・せん断材料試験の結果一覧

			応力度	平均値	標準偏差	変動係数	5%下限値
			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]
圧縮	強軸	1	19.05	19.58	0.552	0.028	17.899
		2	20.34				
		3	19.34				
	弱軸	1	13.84	15.10	1.257	0.083	15.096
		2	16.81				
		3	14.64				
せん断	強軸	1	4.57	5.02	0.444	0.088	5.018
		2	5.62				
		3	4.86				
	弱軸	1	*2.54	4.72	0.192	0.041	4.716
		2	4.95				
		3	4.48				

\*1 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期  
 \*2 東北大学大学院工学研究科 教授 博士(工学)  
 \*3 東北大学大学院工学研究科 助教 博士(工学)  
 \*4 東北大学大学院工学研究科 学術研究院・Ph.D.

\*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.  
 \*2 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.  
 \*3 Assistant Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.  
 \*4 Research Fellow, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.