

## CLT パネル工法の構造設計方法拡充・合理化に関する検討 その6 斜め壁の剛性・耐力と斜辺支持床版の有効スパン

正会員	○佐藤 基志*1	同	河合 直人*2
同	五十田 博*3	同	車田 慎介*4
同	津田 千尋*5	同	安曇 良治*6

CLT 構造	斜め耐力壁	水平加力実験
斜辺支持床版	有効支持スパン	FEM 解析

### 1. はじめに

本報では、水平力に対して斜めに配置された CLT 耐力壁の性能把握及び水平耐力の評価方法の提案を目的として実施した斜め耐力壁の水平加力実験の概要と結果及び角度補正の検証結果と、斜め壁に支持される床版及び屋根版（以下、斜辺支持床版）の有効スパンの算定を目的に実施した解析モデルによる検討結果に関して報告する。

### 2. 斜め耐力壁の水平加力実験

#### 2.1 試験体概要

CLT 耐力壁を加力方向に対して角度をつけて配置し、耐力壁頂部を加力する水平加力実験である。加力方向に対する耐力壁の角度をパラメータとして、0 度、22.5 度、45 度の 3 ケースとした。試験体は鉛直構面を壁パネル 2 面で、水平構面を床パネルで構成し、壁頂部と床パネルを引きボルト(M24,ABR490)及びせん断金物(クロスマーク金物)で緊結し、2 面の壁を連結したものである。CLT パネルの強度等級及びラミナ構成は、壁パネルが S60-5-5、床パネルが Mx60-5-7 で、寸法は壁パネルが 2280×1000×150[mm]、床パネルが 2774×1905×210[mm]である。壁脚部の引張接合部及びせん断接合部の仕様は壁頂部と同様である。写真 1 に試験体例を示す。試験体数は各 1 体である。

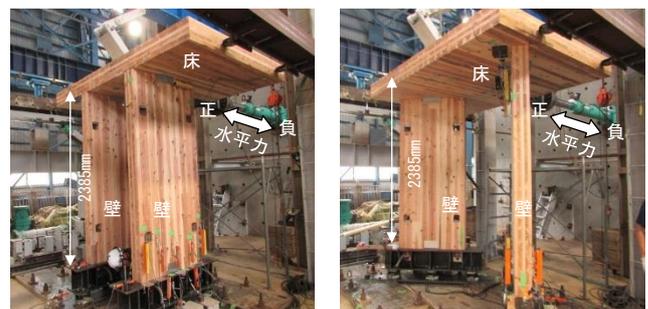
#### 2.2 試験方法

加力は試験体を引きボルト及びビス打ちせん断金物で架台に固定し実施した。水平力は反力壁に取り付けたジャッキ、加力用治具を用いて、壁脚部から 2385mm の床パネル芯を加力高さとして床パネルに与えた。加力サイクルは、見かけのせん断変形角が正負で 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50[rad.]に達した点を 1 サイクルとして 3 サイクルずつ繰り返す正負交番繰り返す加力とし、1/50[rad.]のサイクル終了後に 1/30[rad.]を 1 サイクル加力して、最後は引き側で 1/15[rad.]まで引き切り加力終了とした。

#### 2.3 計測計画

水平方向変位は、加力点位置の加力方向への絶対変位、壁脚部-架台、壁頂部-床パネルの相対変位及び、壁と平行方向の壁頂部の変位を計測し、鉛直方向変位は壁脚部の

めり込み及び引きボルト孔位置上部で計測した。荷重の計測にはロードセルを用い、ロードセルは水平方向のジャッキ端部と引きボルトの架台側配置した。水平方向のジャッキに取り付けたロードセルは試験体に作用する水平力を、引きボルトに取り付けたロードセルは引きボルトに作用する軸力をそれぞれ計測している。架台の下に 3 分力計を設置し、壁 1 面がそれぞれ負担する水平力及び鉛直力を計測した。



(a) W-0(0度) (b) W-45(45度)  
写真 1 試験体写真

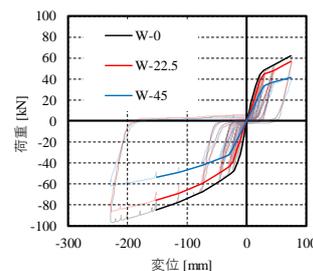


図 1 実験結果

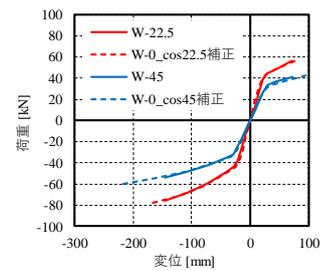


図 2 cos 補正結果

#### 2.4 実験結果と角度補正の検証

図 1 に荷重変位関係を示す。各試験体ともに荷重はジャッキのロードセルの 1/2 の値、変位は加力点位置の変位を用い、荷重、変位共に計測開始から 10 ステップの平均値を初期値から引くことで初期値補正をしている。W-0 の実験結果に対して、荷重に  $\cos \theta$  を乗じ、変位を  $\cos \theta$  で除し

て角度補正(以下、cos 補正)を行い、W-22.5 及び W-45 の実験結果の追跡を試みた。図 2 に W-22.5 及び W-45 の荷重変形関係と、W-0 の実験結果に cos 補正した荷重変形関係を比較して示す、cos 補正により斜め耐力壁の試験結果を概ね追跡可能であることが確認された。

### 3. 斜辺支持床版の有効スパンの算定

#### 3.1. 検討概要

斜辺支持床版の有効スパンを以下の手順で検討した。

##### ①【解析モデルの作成】

平行な壁で支持される床版、屋根版(以下、平行支持床版)の解析モデルを作成し、その解析モデルの妥当性を単純梁置換の計算値との比較で確認する。

##### ②【斜辺支持床版の応力及びたわみの算定】

妥当性を確認した解析モデルで斜辺支持床版の解析モデルを作成し、斜辺支持床版の壁角度、壁配置をパラメータとして解析し、面外曲げ応力度、面外せん断応力度、たわみを算出する。

##### ③【斜辺支持床版と等価となる平行支持床版の算定】

上記の算出値と等価となる平行支持床版のスパンを、単純梁置換の計算により算出し、当該斜辺支持床版の有効スパンを算定する。

#### 3.2 解析モデル

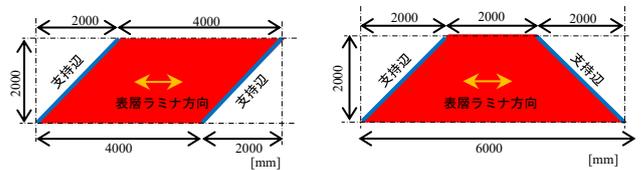
解析モデルには FEM を用いる。CLT 床版は弾性シェル要素でモデル化し、メッシュ分割は 100×100[mm]とした。支持壁はピン支持とし 100mm ピッチで配置した。床版の形状は台形配置(以下、Tr)及び平行四辺形配置(以下、Pa)の 2 ケースとした。床版のスパン L は長辺 L<sub>1</sub> を 6000[mm]、短辺 L<sub>2</sub> を 1000~5500[mm]とし、床版の幅は 1000、1500、2000[mm]の 3 ケースとした。CLT の強度等級及びラミナ構成は Mx60-5-5、Mx60-5-7、Mx60-7-7 の 3 ケースとした。これらパラメータを任意に組み合わせて Pa で 30 ケース、Tr で 23 ケースを解析した。図 3 に解析モデルの例を、表 2 に CLT パネルの材料特性を示す。

#### 3.3 解析結果

図 4 及び図 5 は縦軸を L<sub>2</sub>/L<sub>1</sub>、横軸を有効支持スパン/L<sub>1</sub> として示したものである。Tr では、面外曲げ応力度及びたわみから算出した有効スパンがいずれも長辺スパン下回る結果となり、長辺スパンを有効スパンとして評価すれば安全側の評価となる。Pa では、面外曲げ応力度及びたわみから算出した有効スパンが長辺スパンを上回り、長辺スパンの 1.1 倍程度となる床版形状がみられた。Tr、Pa 共に面外せん断応力度より算出した有効スパンが長辺スパンの 1.2 倍程度となる床版形状がみられた。

#### 4. まとめ

斜め耐力壁の水平加力実験の結果及び検証結果と、斜辺支持床版の有効スパン検討結果に関して報告した。

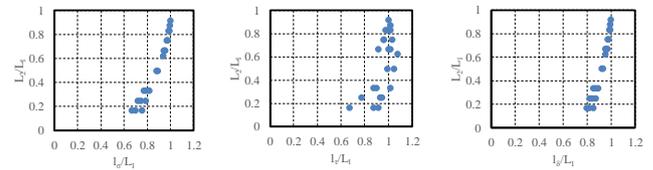


(a) 平行四辺形配置 Pa (b) 台形配置 Tr

図 3 解析モデルの例

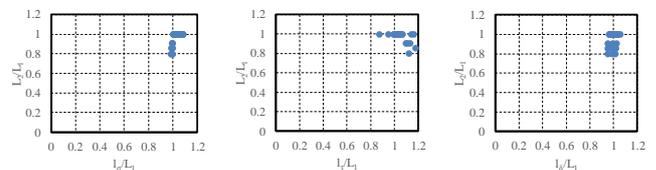
表 2 CLT パネルの特性値

強度等級 ラミナ構成	t [mm]	強軸		弱軸	
		E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]
Mx60-5-5	150	4728	27.9	624	13.6
Mx60-5-7	210	5536	29.7	227	9.7
Mx60-7-7	210	4040	29.6	865	19.4



(a) 面外曲げ応力度 (b) 面外せん断応力度 (c) たわみ

図 4 有効支持スパン比 Tr



(a) 面外曲げ応力度 (b) 面外せん断応力度 (c) たわみ

図 5 有効支持スパン比 Pa

ここで、

$$l_{\sigma} : \text{曲げ応力による有効スパン} : l_{\sigma} = \sqrt{\frac{\beta \cdot Z_0 \cdot \sigma}{w}}$$

$$l_{\tau} : \text{せん断応力有効スパン} : l_{\tau} = \frac{2 \cdot A_0 \cdot \tau}{w}$$

$$l_{\delta} : \text{たわみによる有効スパン} : \frac{5 \cdot w \cdot l_{\delta}^4}{384 \cdot E \cdot I_0} + \frac{\beta \cdot w \cdot l_{\delta}}{8 \cdot G \cdot A_0} = \delta$$

w : 分布荷重

Z<sub>0</sub> : 断面係数

σ : 曲げ応力度

A<sub>0</sub> : パネル断面積

τ : せん断応力度

β : 形状係数

I<sub>0</sub> : 断面 2 次モーメント

E : 曲げヤング係数

G : せん断弾性係数

謝辞 : 本研究は、平成 30 年度林野庁補助事業および委託事業により実施された。関係者に謝意を表する。

\*1 日本システム設計 修(工)

\*2 工学院大学建築学部 教授 工博

\*3 京大大学生存圏研究所 教授 博(工)

\*4 銘建工業

\*5 ベターリビング 上席試験研究役 博(工)

\*6 日本システム設計 博(工)

\*1 Nihon System Sekkei Architects & Engineers, M. Eng.

\*2 Professor, Kogakuin University, Dr. Eng.

\*3 Professor, Kyoto University, Dr. Eng.

\*4 Meiken Lamwood Corporation, Ltd.

\*5 Chief Researcher, Center For Better Living, Dr. Eng.

\*6 Nihon System Sekkei Architects & Engineers, Dr. Eng.