

幅1mCLT壁パネル水平加力試験における剛性・耐力・靱性の計算値と実験値の比較

正 岡部 実¹
正 安村 基²、小林研治³

CLT 壁パネル 剛性
耐力 靱性

1. はじめに

CLT パネルを用いた木造建築物の耐震・耐風設計において、水平力を負担する壁パネル単体の剛性・耐力・靱性は、建物性能を把握する上で重要である。そこで壁パネル単体の変形モードを三つに分解し、CLT パネル及び接合金物の構造性能から各モードの荷重 - 変形関係を完全弾塑性モデルで求め、その和が CLT 壁パネルの荷重変形と仮定し、実験値との比較を行うことを目的とする。

2. 変形モード

CLT パネルを用いた建築物に作用する水平力は、各層の CLT 床パネルから壁パネルに伝わり、壁パネル伝わった水平力は階下の床パネルもしくは土台に伝達し、基礎に流れると考える。したがって水平力を負担する壁パネルは、上部床パネルからのせん断力が壁パネル頭部の金物により伝達され、パネル脚部の金物により下部の CLT 床パネルもしくは土台に伝達される。また水平力により壁パネル脚部に生じたモーメントはホールダウン金物等で抵抗する。

CLT 壁パネルの変形モードを、Mode1：CLT 壁パネル単体のせん断変形、Mode2：せん断金物の水平方向の変形、Mode3：CLT 壁パネルの回転による変形に分解し、作用した水平力に対する変形は、各モードで生じる変形の和と考える。(図1参照)

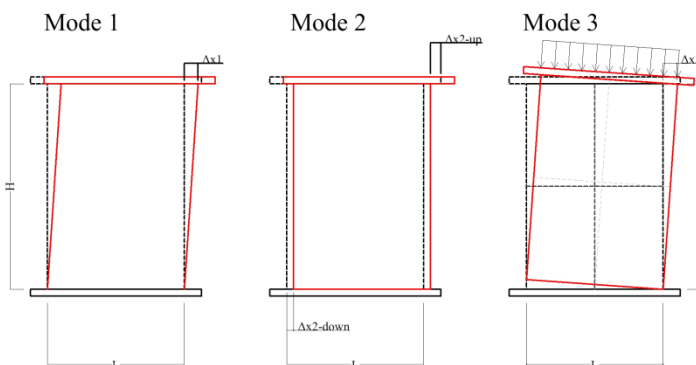


図1 CLT壁パネルの変形モード

3. 各 Mode での CLT パネルの変形

CLT パネルに作用した水平力 F による CLT 壁パネル単体のせん断変形 (Mode1) は、せん断剛性係数 G から式1で表すことができる。

$$\Delta x_{\text{mode1}} = \frac{(F/A)}{(G/H)} = \frac{F \times H}{G \times A} \quad \text{式 1}$$

ここに x_{mode1} : CLT パネルのせん断変形による水平変位(mm)、 F (N): 水平力、 A : CLT 断面積(mm²)、 H : 壁パネルの高さ(mm)

既往の文献⁽¹⁾によると CLT パネルのせん断剛性係数 G は 600(N/mm²)、せん断強度 τ_{max} は 3.0(N/mm²) という値が示されている。またせん断強度の 1/2 までの変形が弾性範囲であると仮定すると、水平力 F の上限は式2で表すことができる。

$$F = 1.5 \times A \quad \text{式 2}$$

CLT 壁パネルの水平方向の変形(mode2)は、頭部金物の変形 x_{up} と下部金物の変形 x_{down} の和と考える。CLT 壁パネルの頭部及び脚部に設置したせん断金物の荷重 - 変形を完全弾塑性で置換し、初期剛性 K (N/mm)、終局耐力 P_u (N) 及び終局変位 D_u (mm) で表すと、弾性範囲内での上部及び下部金物の変形 x_{mode2} は、水平力 F に対し式3で表すことができる。

$$\Delta x_{\text{mode2}} = \Delta x_{\text{up}} + \Delta x_{\text{down}} = \frac{F}{K_{\text{up}}} + \frac{F}{K_{\text{down}}} \quad \text{式 3}$$

ここに x_{mode2} : せん断金物の水平変位(mm)
反曲点高さ比 1.0 と仮定した場合の CLT 壁パネル脚部のモーメント M (N・mm) は式4で表すことができる。パネル脚部に設置したホールダウン金物に作用する鉛直方向引張力 F_{up} は式5で、変形 u_{p} はホールダウン金物の引張剛性 K_{fastener} を用い式6で表すことができる。

$$M = 1.0 \times F \times H - \frac{wL^2}{2} \quad \text{式 4}$$

$$F_{\text{up}} = \frac{M}{L_{\text{fastener}}} = \frac{1.0FH - \frac{wL^2}{2}}{L_{\text{fastener}}} \quad \text{式 5}$$

$$\Delta_{\text{up}} = \frac{F_{\text{up}} - \frac{wL}{2}}{K_{\text{fastener}}} \quad \text{式 6}$$

ここに w : パネルに作用する鉛直荷重(N/mm)

$L_{fastener}$: CLT パネルの回転中心からホールダウン金物までの距離(mm)

CLT 壁パネルの回転(Mode3) によるパネル頂部の変形 x_{mode3} は、式 7 で表すことができる。

$$\Delta x_{mode3} = \Delta_{up} \times \frac{H}{L} = \frac{\left(F_{up} - \frac{wL}{2} \right)}{K_{fastener}} \times \frac{H}{L} \quad \text{式 7}$$

4. CLT パネルの水平加力実験

幅 1m、高さ 3m、厚さ 90mm の CLT 壁パネルの水平加力実験を実施⁽²⁾した。

図 2 図 2 に試験体図を示す。ホールダウン金物は HD-N20 をパネル脚部に 2 個配し回転に抵抗する形とした。壁パネル上下は長尺木ねじ(径 8mm 長さ 180mm)を幅 1m 当たり 10 本斜め打ちで緊結した。試験体は mode3 で塑性化させ、その際の CLT パネルと土台、加力床パネルとのせん断は降伏耐力 P_y となるよう設計した。表 1 に計算に用いたホールダウン金物及びせん断補強に用いた長尺木ねじの構造性能値⁽³⁾を示す。

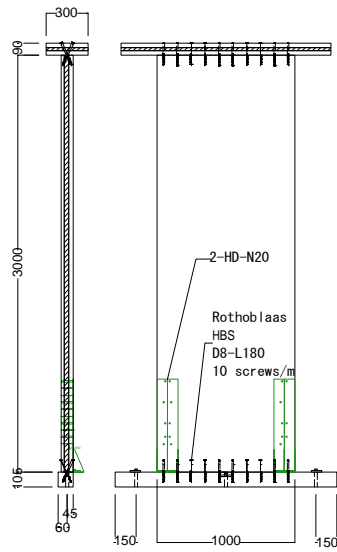


図 2 幅 1mCLT 壁パネル 試験体図

表 1 ホールダウン金物及び長尺木ねじの構造性能値

		$P_y(N)$	$K(N/mm)$	$P_u(N)$	$Du'(mm)$	$Du(mm)$
ホールダウン金物	HD-N20	33,750	9,726	55,880	5.75	38.03
Wood Screw 1本(D8-L190)	正	3,850	814	5,830	7.16	40.54
	負	-3,530	1,209	-4,860	-4.02	-41.14
	平均	3,690	1,011	5,345	5.59	40.84

備考: Du' : 荷重-変形を完全弾塑性置換した際の弾性変形の上限を示す。

壁脚部のホールダウン金物で塑性変形する試験体設計のため、式 5 の F_{up} にホールダウン金物の終局耐力 P_u を入力し CLT 壁パネルの水平耐力 F を逆算すると 34.2(kN) となる。単位長さ当たりの鉛直荷重 0(N/mm)、15(N/mm)、30(N/mm)とした場合の荷重-変形関係の実験値と計算値

の関係を図 3 に示す。また水平荷重とパネル脚部の鉛直方向変位及びホールダウン金物下部に設置したセンターホール型荷重計の値と鉛直変位の関係を図 4 に示す。本計算における CLT パネルの回転変

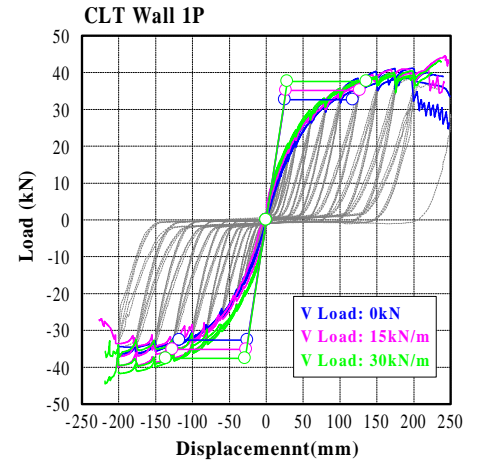


図 3 鉛直荷重 0(N/mm)、15(N/mm)、30(N/mm) 時の荷重-変位 実験値と計算値の比較

形は、CLT と土台のめり込みを考慮していないが、実験値ではパネル脚部に 14mm のめり込み変形が生じている。またホールダウン金物単体の引張試験で評価した剛性は、壁パネルに組み込まれた状態でのホールダウン金物の剛性よりも大きな値となった。

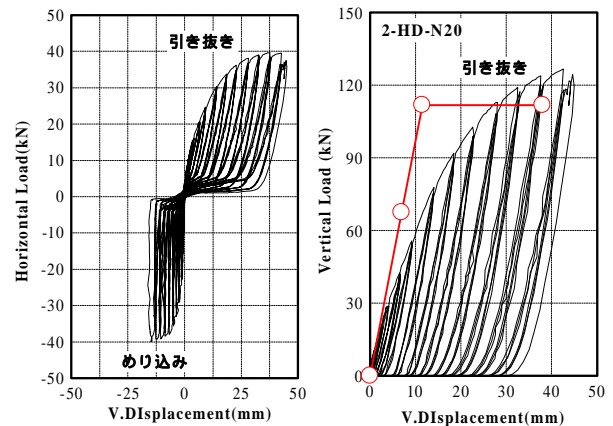


図 4 CLT パネル脚部の鉛直方向変位(鉛直載荷 30N/mm)及びホールダウン金物に作用する引張力と変位の関係

5. まとめ

接合金物の構造特性値を用いて、幅 1mCLT 壁パネルの面内せん断試験における剛性、耐力、靱性を計算した結果、耐力は概ね一致したが、剛性は過大に、靱性は過小に評価する結果となった。

6. 参考文献

- (1) 荒木他: 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) の強度性能 その 8 (実大) 面内せん断性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(2013)
- (2) 岡部、安村、小林他: CLT 壁パネルの面内せん断試験における鉛直荷重の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(2012)
- (3) 岡部、安村、小林他: スギ CLT パネル脚部ホールダウン金物接合部の引き抜き試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(2013)

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 静岡大学大学院農学領域 教授 農学博士
3 静岡大学大学院農学研究科 助教 博士(農学)

Center for Better Living, Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Dr. Agr. Professor, College of Agriculture, Shizuoka University, Dr. Agr. Research associate, Graduate School of Agriculture, Shizuoka University, Dr. Agr.