

CLT パネル工法建築物の倒壊限界を考慮した耐震設計法構築に関する基礎的検討

その4 CLT 壁パネルの限界性能確認実験

正会員 ○田中 信司*1 同 三宅 辰哉*2
同 中島 昌一*3 同 岡部 実*4
同 五十田 博*5 同 河合 直人*6

CLT 壁パネル 限界性能 圧縮破壊
面外座屈 水平耐力 鉛直耐力

1. はじめに

2014年度に実施した振動台実験¹⁾の対象とした実大5層架構試験体では、1階CLT壁パネル脚部に圧壊が生じ、それに起因する倒壊が危ぶまれたため、その時点で加振を終了した。同じく、3層試験体では1階CLT壁パネル全面に面内せん断破壊が生じた。このような現象は実建物でも生じ得るものであり、倒壊限界を考慮した耐震設計法を検討するにあたって、CLT壁パネルに破壊が生じる場合の水平力・鉛直荷重に対する耐力保持限界を把握する必要がある。

本報では、そのための基礎的検討として実施したCLT壁パネルの定軸力下水平加力実験について報告する。

2. 試験体・加力方法

試験体構成例を図1に示し、試験体の種類を表1に示す。これらのうちW10シリーズは壁パネルの曲げ破壊あるいはパネル脚部引張接合部の破壊を想定し、W15、W20シリーズは壁パネルの面内せん断破壊を想定する。壁パネル高さと同加力点高さはいずれも2.8m、3.0mであり、壁パネルの横移動はパネル脚部に設けた鋼製ストッパーにより拘束している。

本実験では、まず、壁パネル上部の壁パネル幅中央の位置に定軸力 P_v を載荷し、その後、壁パネル上部に設置した加力梁中央の位置に特定変形角を振幅とした正負繰り返し水平荷重 P を与える。特定変形角は1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30とし、繰り返し数は1とする。その後、試験装置の限界まで水平加力を継続する。この過程で壁パネルの破壊等により定軸力を保持できなくなる場合は、その状態を鉛直耐力保持限界として加力を終了する。



図1 試験体構成例

3. 実験結果

3.1 破壊状況

図2に典型的な破壊状況例を示す。曲げ破壊型(W10)はW10DP-V400を除きいずれもほぼ同様に、①断面欠損部の圧縮側に「もめ」と呼ばれる局部的圧壊が生じ、②水平力の方向が反転すると、その部分に引張破断が生じた。その後、破壊が進展し、最後は③圧壊によって鉛直荷重を支持できなくなった。W10DP-V400については、壁パネルの破壊は生じず、加力装置の限界に達した時点で終了した。せん断破壊型(W15, W20)についてもいずれも同様に、①面内せん断変形に伴い内層ラミナが分離し、続いて、②ラミナ単位の圧縮座屈が生じた。最後は③それがパネル全面に広がって、鉛直荷重を支持できなくなった。



図2 破壊状況例

3.2 荷重変形関係

図3、4に各試験体の荷重変形関係を示す。いずれも上段が

表1 試験体の種類

名称	CLT パネル	パネル 幅	パネル脚部引張接合部	定軸力 P_v	タイ ロッド
W10TB-V800	S60-5-5 150mm厚	1000mm	引きボルト M24 (ABR490)	800kN	なし
W10TB-V400				400kN	
W10DP-V800			鋼板挿入ドリフトピン 8-φ20 ボルト M24 (ABR490)	800kN	
W10DP-V400				400kN	
W15-V450	S60-3-3 90mm厚	1500mm	なし	450kN	あり
W15-V150				150kN	
W20-V400				400kN	
W20-V200	2000mm	200kN			

A basic study on the seismic design method for CLT panel constructions considering the limit of collapse. Part 4: Tests on the limit performance of CLT wall panels.

Shinji TANAKA, Tatsuya MIYAKE, Shoichi NAKASHIMA,
Minoru OKABE, Naohito KAWAI and Hiroshi ISODA

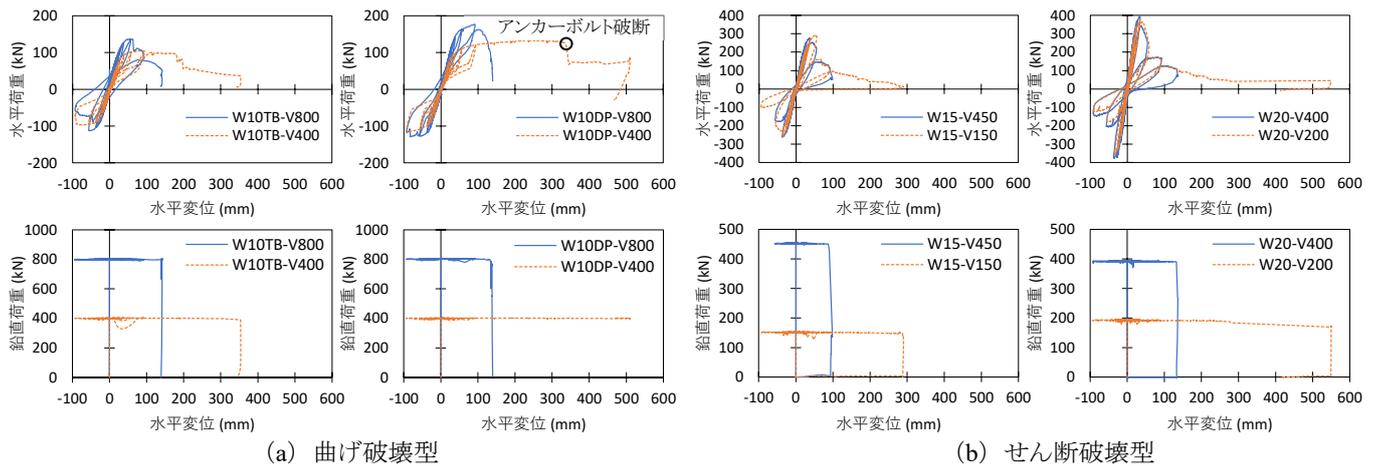


図3 実験結果(上段:水平荷重-水平変位関係、下段:鉛直荷重-水平変位関係)

水平荷重-水平変位関係、下段が鉛直荷重-水平変位関係である。

4. 限界変形角

これらの結果に基づいて、水平耐力保持限界変形角 $\theta_{u,h}$ と鉛直耐力保持限界変形角 $\theta_{u,v}$ の基準化を試みる。 $\theta_{u,h}$ は水平荷重がそれ以前の最大荷重の0.8に低下するとき、 $\theta_{u,h}$ は鉛直荷重が定軸力の0.9倍に低下するときの変形角とする。

基準化のパラメータとして、曲げ破壊型試験体については、破壊が断面欠損部に生じたことを考慮して、式(1)の弾性検定比 γ_e を選択し、せん断破壊型試験体については、破壊がラミナの圧縮座屈によって決まっていたことを考慮して、式(2)の平均圧縮応力度 σ_c を選択する。

$$\gamma_e = \frac{P_V}{A_e \cdot F} + \frac{M}{Z_e \cdot F} \quad (1)$$

$$\sigma_c = \frac{P_V}{A} \quad (2)$$

ここで、 M は断面欠損部(TBシリーズでは座金孔下端、DPシリーズでは最上部ドリフトピン孔心)の曲げ応力、 A_e 、 Z_e は断面欠損部の断面積と断面係数、 F は壁パネルの面内強度、 A は壁パネルの全断面積である。 F は実態に近い値として20N/mm²とする。各試験体について、 $\theta_{u,h}$ 、 $\theta_{u,v}$ と基準化パラメータとの関

係を図4に示す。なお、図4(a)には2018年度に実施した同様の実験²⁾による結果を併記した。

$\theta_{u,h}$ については、曲げ破壊型・引きボルト接合については黒実線、ドリフトピン接合については灰色破線のような基準化が可能と言える。また、壁パネル破壊が生じる場合も1/30rad程度の変形能力が確認できる。せん断破壊型については、 σ_c との相関は認められない。基準値として50%下限値をとれば7.68mradとなる。 $\theta_{u,v}$ については、下式が良い近似を与える。

$$\text{曲げ破壊型 } \theta_{u,v} = 120/\gamma_e^3 \quad (\times 1/1000\text{rad}) \quad (3)$$

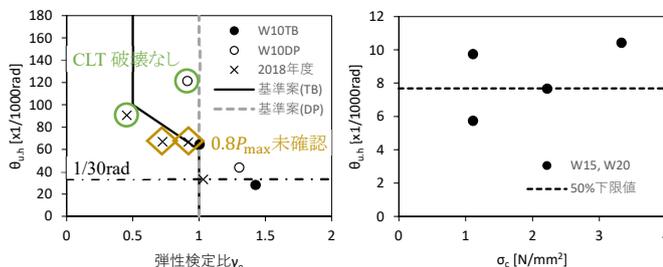
$$\text{せん断破壊型 } \theta_{u,v} = 100/\sigma_c \quad (\times 1/1000\text{rad}) \quad (4)$$

5. まとめ

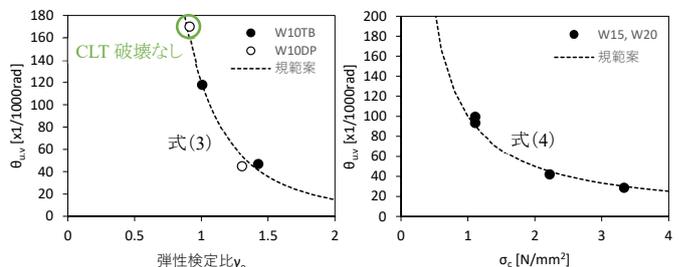
CLT壁パネルの定軸力下水平加力実験結果に基づき、今後、CLTパネル工法建築物の倒壊限界予測の必要条件となるCLT壁パネルの水平力・鉛直荷重に対する耐力保持限界を把握するとともに基準化の試案を提示した。

参考文献

- 1) 日本住宅・木材技術センター, 日本CLT協会, 日本システム設計: 住宅市場整備推進事業「CLTを用いた木造建築基準の高度化推進事業」報告書, 平成27年3月
- 2) 日本システム設計: CLT等新たな木質建築部材利用促進・定着事業, CLTパネル工法における架構方法の合理化と構造モデルの簡略化検討事業報告書, 令和元年3月



(a) 水平耐力保持限界変形角



(b) 鉛直耐力保持限界変形角

図4 耐力保持限界変形角の基準化案

*1 日本システム設計
 *2 日本システム設計 代表取締役 博(工)
 *3 建築研究所構造研究グループ 主任研究員 博(農)
 *4 ベターリビング つくば建築試験研究センター 博(農)
 *5 京大生存圏研究所 教授 博(工)
 *6 工学院大学建築学部 教授 工博

*1 Nihon System Sekkei Architects & Engineers
 *2 Nihon System Sekkei Architects & Engineers, Dr. Eng.
 *3 Senior Research Engineer, BRI, Dr. Agr.
 *4 Center for Better Living, Dr. Agr.
 *5 Professor, Kyoto University, Dr. Eng.
 *6 Professor, Kogakuin University, Dr. Eng.