

CLTパネル工法の解析モデル簡略化・高さ方向拡充に関する検討

その4 大版パネル架構②を対象とした簡易モデルの検証

CLT	ルート2	解析検証
小幅パネル	大版パネル	簡易モデル

正会員	○貴志拓哉*1	同	五十田博*2
同	前田匡樹*3	同	荒木康弘*4
同	中島昌一*5	同	飯島敏夫*6
同	篠原昌寿*7	同	佐藤濤*1

1. はじめに

本報では、既報¹⁾で提案したCLT工法の簡易モデルの適用範囲を拡大することを目的に、CLT壁パネルの一体型架構(以下、大版パネル架構②)を対象とした2次元フレームモデルによる解析検証について報告する。なお、構造計算ルート2を対象とした検討として、CLT設計施工マニュアル²⁾において標準とされる構造モデル(以下、詳細モデル)と、簡易モデルによる静的解析による比較検証を行う。

2. CLT 簡易モデル概要

簡易モデルは、基本的には既報¹⁾で述べたモデルと同様であり、詳細モデルは引張接合部、圧縮接合部、せん断接合部がそれぞれ節点間バネで構成されるのに対して、簡易モデルは部材端部の材端バネ要素として、回転バネ及び軸バネで表現したモデルである(図1)。

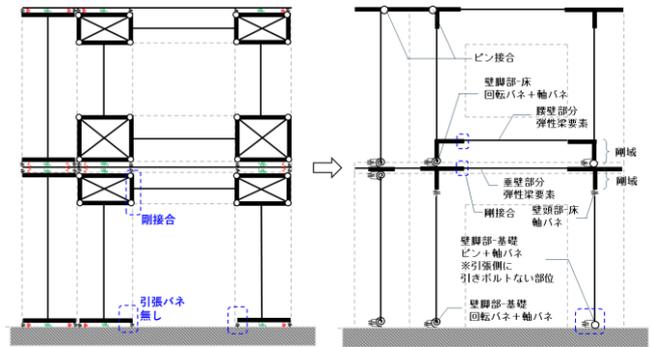
既報¹⁾から更新した点を述べる。1点目は腰壁のモデル化である。既報¹⁾ではより部材数の少ないモデルを目指して、垂れ壁と腰壁を集約した1つの梁要素として検討したが、上下の壁パネルの応力分担など詳細モデルとの対応が悪いケースが確認された。最近では、任意のレベルへ梁要素を追加できる機能が備わった一貫構造計算プログラムも存在することから、腰壁は芯位置に別途入力することとする。

2点目は、回転バネの算出方法の変更である。既報¹⁾では壁パネルの隅角部に引張バネと圧縮バネを配置する場合の低減係数 $R=0.83$ を用いて回転バネを算出していたが、本報では文献³⁾を参考に、引張接合部と圧縮側支圧抵抗の力と変形の釣合いより中立軸を算出し回転バネ $K_{w\theta}$ を算出する方法とした。引張接合部バネ K_{wt} 、支圧剛性 k_e 、壁厚 t 、引張接合部から壁パネル圧縮縁距離 d とすると、下式より算定できる。

$$K_{w\theta} = K_{wt}(d - x_n) \cdot \left(d - \frac{1}{3}x_n\right) \quad (式1)$$

$$x_n = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (式2)$$

ここで、 $a = \frac{1}{2} \cdot t \cdot k_e$ 、 $b = K_{wt}$ 、 $c = -K_{wt} \cdot d$



＜詳細モデル＞ ＜簡易モデル＞

図1 CLTパネル工法の簡易モデル(大版パネル架構②)

壁垂壁間接合部の回転バネも垂壁圧縮端部から回転中心までの距離を垂壁せいの半分と仮定し、同様に算出する。比較対象とする詳細モデルも、簡易モデルと条件を合わせるため、圧縮バネはMSモデルとして分散配置した。

なお、大版パネル架構②のモデル化にあたり既報¹⁾と異なる点は、壁と垂壁間が一体となる部分を詳細モデル、簡易モデルともに剛接合とする点、また、壁基礎及び壁床接合部において引張側に引張接合部がない部分は回転剛性を0とみなしてモデル化する点である。

3. 2次元モデルによる検証

3.1. 解析パラメータと解析モデル

解析検証は、大版パネル架構②の3層フレームモデルを対象とし、詳細モデルと簡易モデルの比較を行う。本検討における大版パネル架構②のパネル形式を図2に示す3種類とする。各々に対して表1及び図3に示す壁幅 L_w 、開口幅 L_o 、架構形式の検討パラメータを設定し、想定さ

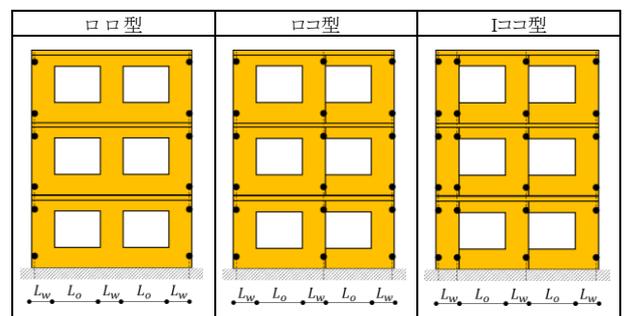


図2 検討対象とした大版パネル架構②のパネル形式

Study on simplification of analysis model and consideration of the height limit expansion for CLT panel structural design method (No.4 Verification of a simple model for Integrated panel structure)

KISHI Takuya, ISODA Hiroshi, MAEDA Masaki
ARAKI Yasuhiro, NAKASHIMA Shoichi,
IIJIMA Toshio, SHINOHARA Masatoshi, SATO Mio

れる一般的な架構を検証する。各モデルの解析設定条件を表 2 に示す。これらを用いて Ai 分布から算出した水平力に対して弾性解析を行う。

3.2. 解析結果

表 3 に各架構タイプにおける詳細モデルと簡易モデルでの各層の水平変位量の比較を示す。なお、記載の数値は Lw と Lo の組合せが 2.0、4.0 のロコ型の A タイプのケースを抜粋し記載したものである。また、表中の S/M は詳細モデルと簡易モデルの解析結果の比率を表している。表 4 は全検討ケースの水平変位の S/M の平均値及び変動係数を示す。各ケースの S/M の平均値を見ると、1.0 を上回っており簡易モデルは変形に対して安全側に評価できていると考えられる。また、パネル形式別に比較するとそれぞれの変動係数は同程度であり、I ココ型、ロコ型、ロコ型の順に簡易モデルの変位量が詳細モデルに比べて大きい傾向がある。

図 4 に横長フレームと縦長フレームの曲げ応力の比較を示す。両者の詳細モデルと簡易モデルの応力図どうしは類似した形状を示しており、概ね整合していることがわかる。また、中央の壁パネルに生じている曲げ応力は同程度の値を示しており、変動軸力が小さい部位での詳細モデルと簡易モデルの対応は良いといえる。一方で、壁脚をピンと仮定した袖壁の曲げ応力の差異は横長フレ

ームでは微小だが、縦長フレームでは比較的大きい。これはアスペクト比の大きい縦長フレームの地震時の変動軸力が壁脚の固定度に影響しているものと考えられる。

表 3 詳細モデルと簡易モデルの水平変位の比較

パネル形式	架構形式	Lw	Lo	水平変位 (mm)		S/M
				簡易(S)	詳細(M)	
ロコ A	2	4	3	14.5	1.189	1.189
				12.2	1.173	
				9.5		
				8.1		
				4		
				3.5		

表 4 全検討ケースにおける水平変位の解析結果比率の平均値と変動係数

各モデル名称	平均値			変動係数		
	各モデル ^{※1}	各パネル ^{※2}	全体 ^{※3}	各モデル	各パネル	全体
ロコ A	1.24	1.20	1.16	0.07	0.10	0.10
ロコ B	1.20			0.06		
ロコ C	1.15			0.12		
ロコ A	1.21	1.17	1.16	0.08	0.09	0.10
ロコ B	1.20			0.08		
ロコ C	1.11			0.06		
I ココ A	1.09	1.12	1.12	0.13	0.12	0.12
I ココ B	1.22			0.11		
I ココ C	1.11			0.08		

※1 壁幅Lwと開口幅Loを変数としたパネル形式と架構形式に該当するS/Mの平均値
 ※2 図4で述べたパネル形式毎のS/Mの平均値
 ※3 全解析モデルケースのS/Mの平均値

表 1 解析検討パラメータ

パネル形式	図2に示すパネル形式
架構形式	図3に示す架構形式
壁幅Lw(m)	1.0、2.0
開口幅Lo(m)	1.0、4.0

表 2 解析設定条件

項目		内容	
架構条件	架構	大版パネル架構②(一体型架構)	
	階数	3階	
	階高	3000mm	
	スパン	2スパン	
	垂壁高さ	500mm	
荷重条件	長期荷重 ^{※1}	なし	
	水平荷重 ^{※2}	Ai分布により算出	
CLTパネル	壁パネル	S60-3-3 (t=90mm)	
	床パネル	Mx60-5-7 (t=210mm)	
接合部性能	詳細モデル ^{※4}	圧縮	CLT設計施工マニュアル ¹⁾ に準拠
		引張	平成30年度林野庁委託事業報告書 ²⁾ に示す設計性能
	せん断	剛パネ(簡易モデルと同条件)	
	簡易モデル	その1を基準とし、本報にて報告する更新版のモデル化	

※1 簡易モデルは長期荷重0の状態を想定した回転パネである為、詳細モデルも同条件として長期荷重は考慮しない。
 ※2 各階水平力は1層:2層:3層=7.4:10.4:12.2(kN)とする。
 ※3 床レベルで剛床仮定
 ※4 詳細モデルの床要素と壁要素の接合は、簡易モデルと同条件とする為、ピン接合とし、床による曲げ戻しを考慮しない。

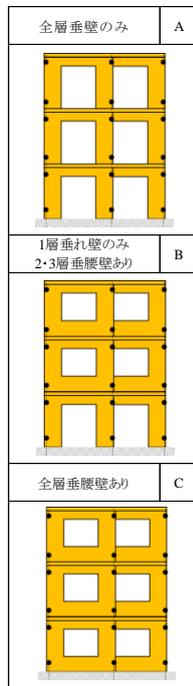
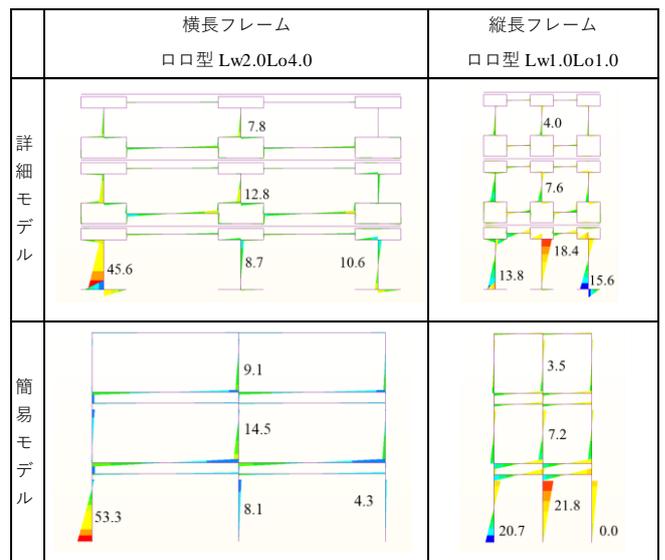


図 3 対象架構形式



※図中の数値の単位はkNm

図 4 詳細モデルと簡易モデルの曲げ応力比較

4. まとめ

本報では標準的な CLT 架構として大版パネル架構②(一体型架構)の 3 階を検討対象として、簡易モデルの概要報告とその妥当性の検証を行った。簡易モデルが詳細モデルと比較して安全側の剛性であることを確認した。また、詳細モデルと簡易モデルの応力形状は概ね整合していることを確認した。一方でアスペクト比の大きい架構においては、一部壁脚部応力の差異がみられた。

【謝辞】本研究は令和 3 年度林野庁補助事業「令和 3 年度 木材産業・木造建築活性化対策のうち CLT・LVL 等の建築物への利用環境整備事業のうち CLT・LVL 等を活用した建築物低コスト化・検証等」により実施された。関係者に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 佐藤他：CLT パネル工法の解析モデル簡略化・高さ方向拡充に関する検討 その 1 2021.9
- 2) (公財) 日本住宅・木材技術センター：「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」、2016.10
- 3) 稲山正弘：引きボルト式木造フレーム柱脚接合部の設計法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 621-622,2013.8

¹⁾ 構造計画研究所

²⁾ 京大大学生存圏研究所 教授・博(工)

³⁾ 東北大学大学院工学研究科 教授・博(工)

⁴⁾ 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官・博(工)

⁵⁾ 国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ主任研究員 博(農)

⁶⁾ 日本住宅・木材技術センター

⁷⁾ 構造計画研究所 博士(農学)

¹⁾ KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

²⁾ Professor, Research Institute for Sustainable Humansphere, Kyoto Univ., Dr. Eng.

³⁾ Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.

⁴⁾ Senior Researcher, NILIM, MLIT, Dr. Eng.

⁵⁾ Senior Research Engineer, BRI, Dr. Agr.

⁶⁾ Japan Housing & Wood Technology Center.

⁷⁾ KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc., Dr. Agr.