

CLT パネルと鉄骨を用いたハイブリッド構造システムによる中層都市木造建築の開発
その5 4層モデルプランの構造解析

正会員 ○尾畑 徹*1 同 迫田 丈志*1 同 前田 匡樹*2
同 松本 直之*2 同 後藤 豊*4 同 Ahmad Ghazi Aljuhmani*2
同 峯岸 新*3 同 津田 和輝*2 同 高橋 里菜*2

CLT 木造 鉄骨架構
併用構造 荷重増分解析 保有水平耐力

1. はじめに

本報では、同題その1~その4で得られた知見をもとに、構造設計例を作成し、構造解析を行った結果を記す。

2. 4層モデルプランの作成

4層モデルプランは、鉄骨柱はりラーメン架構にCLT耐力壁を設けた事務所タイプ、鉄骨はりCLT耐力壁で構成された集合住宅タイプの2種類とし、建物規模は、地上4階建ての延べ床面積約1,000㎡とした。鉛直力の支持方法により構造種別を整理し、事務所タイプは鉄骨柱はりラーメン架構に支持させるため鉄骨造、集合住宅タイプはCLTパネルに支持させるためCLTパネル工法と鉄骨造の併用構造とした。

2.1 事務所タイプ

鉛直力を鉄骨柱はりラーメン架構、水平力をCLT耐力壁と鉄骨柱はりラーメン架構により支持させる。一次設計(許容応力度時)の最大層間変形角の制限1/200を満たすと同時に、二次設計(保有水平耐力時)の耐力は、CLT壁と鉄骨柱はり

ラーメン架構が50%ずつ負担することを目標とした。目標のベースシア係数(C_b)は、鉄骨造の告示のDsを参照し、CLT壁は筋かいの種別C、鉄骨柱はりの種別はAまたはB、かつ $\beta_u > 0.5$ と仮定し、 $C_b = 0.4$ とした。崩壊メカニズムは、1階柱脚またはCLT壁脚の曲げヒンジと、2階より上階の鉄骨はりの曲げヒンジによる全体崩壊形とした。図1~3に伏図、軸組図、接合部詳細図を示す。

2.2 集合住宅タイプ

鉛直力、水平力ともにCLT耐力壁によって支持させる。一時設計の最大層間変形角の制限1/200を満たすと同時に、二次設計の耐力はCLT壁で全てを負担させる。目標のベースシア係数(C_b)は、CLTパネル工法の告示(H28国交告第611号)のDsを参照し、 $C_b = 0.4 \sim 0.75$ の間で設定した。崩壊メカニズムは、1階CLT壁脚の曲げヒンジと2階より上階の鉄骨はりの曲げヒンジによる全体崩壊形とした。図4~6に伏図、軸組図、接合部詳細図を示す。

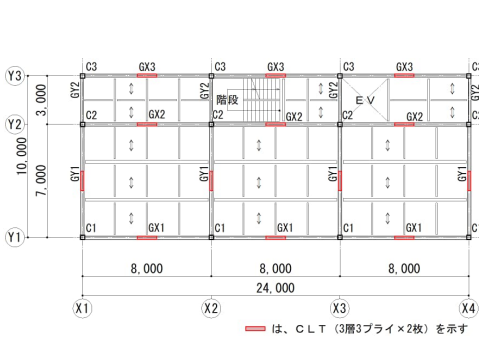


図1 基準階伏図(事務所タイプ)

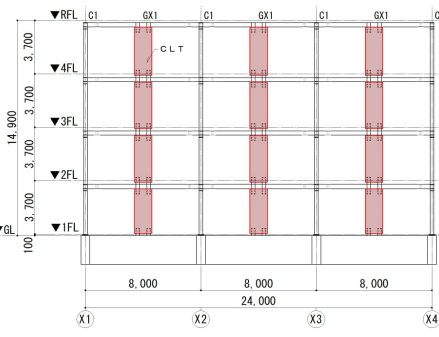


図2 Y1通り軸組図(事務所タイプ)

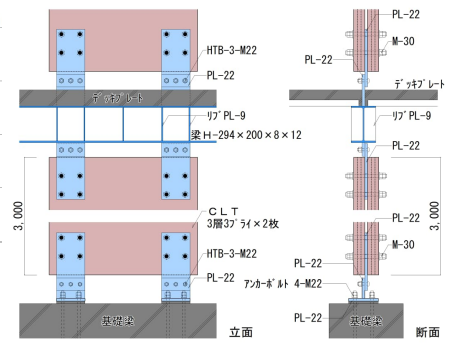


図3 接合部詳細図(事務所タイプ)

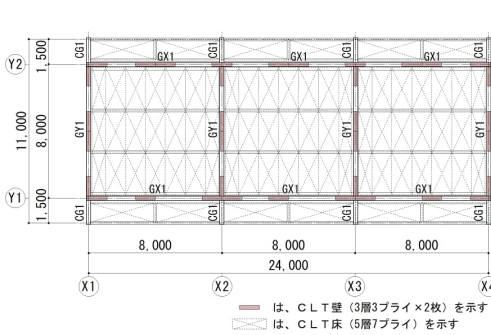


図4 基準階伏図(集合住宅タイプ)

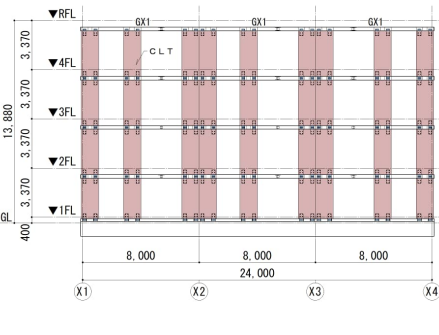


図5 Y1通り軸組図(集合住宅タイプ)

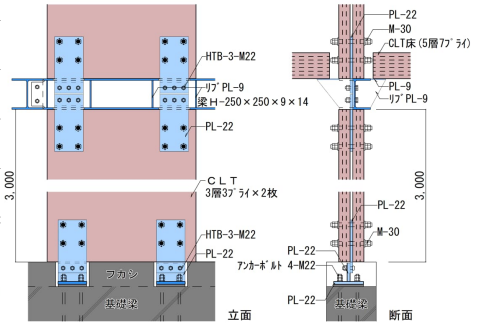


図6 接合部詳細図(集合住宅タイプ)

Development of a hybrid CLT walls and steel structural system for promotion of middle rise timber construction in urban area
Part 5: Structure analysis of four-story model plan building

OBATA Tetsu, SAKUTA Joji, MAEDA Masaki
MATSUMOTO Naoyuki, GOTO Yutaka,
Ahmad Ghazi ALJUHMANI, MINEGISHI Arata,
TSUDA Kazuki, TAKAHASHI Rina

3. 構造解析の概要と結果

構造解析は一貫計算プログラム（Super Build SS7/ユニオンシステム株）を用いて立体フレームの静的非線形荷重増分解析とし、一次設計および二次設計を実施した。

3.1 CLT パネルのモデル化

同題その1〜その4での要素実験および架構実験から得られたCLTパネルの特性を反映した構造解析モデルを作成した。CLTパネルは柱置換とし、架構のモデルを図7に示す。CLTの曲げ剛性、せん断剛性、軸剛性は、材料特性および断面性能より算定した。接合部の終局曲げ耐力、終局せん断耐力、軸ばねおよび回転ばねは、要素実験および架構実験からハンキンソン式による耐力低減を考慮して算定した。

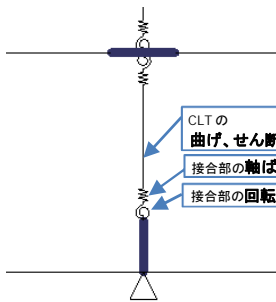


図7 モデル図

表1 CLTの曲げ、せん断、軸剛性算定表

NO.		1	
符号		W1	
CLT規格 Mx60-3-3			
CLT弾性係数	曲げ	Eb [N/mm ²]	4000
	圧縮	Ec [N/mm ²]	4000
	せん断	G [N/mm ²]	500
CLTパネル形状	高さ	H [mm]	3000
	幅	D [mm]	1200
CLTパネル形状	厚さ	t [mm]	180
	断面積	A [mm ²]	216000
CLTパネル剛性	断面二次モーメント	I [x10 ⁸ mm ⁴]	259.2
	曲げ剛性	EbI/H [x10 ⁶ Nmm ² /mm]	345.6
CLTパネル剛性	せん断剛性	GA/H [N/mm]	36000
	軸剛性	EcA/H [N/mm]	288000

表2 接合部の終局耐力、軸ばね、回転ばね算定表

位置		最上階	中間階	最下階
壁高さH [mm]		3000	3000	3000
反曲点高さ比 [-]		0.33	0.50	0.67
接合部耐力	終局曲げ耐力Mu [kNm]	299.8	330.0	428.5
	Qmu [kN]	299.8	220.0	214.3
	Qsu [kN]	319.8	234.7	228.5
	終局せん断耐力Qu [kN]	299.8	220.0	214.3
接合部剛性	終局変形角Rv [rad.]	0.007	0.007	0.007
	回転ばねKm [kNm/rad.]	41658.4	45856.2	59538.5
	軸ばねKv [kN/mm]	124.0	124.0	155.0

3.2 事務所タイプの構造解析結果

一次設計の結果、鉄骨はりおよびCLTが許容応力度以下であること、最大層間変形角 1/200 を満足することを確認した。二次設計の結果、崩壊メカニズムは1〜3階の層崩壊形で、ベースシア係数が Cb=0.54 の保有水平耐力を有する結果となった（図9、図10）。保有水平耐力時の応力図を図8に示す。

3.3 集合住宅タイプの構造解析結果

一次設計の結果、鉄骨はりおよびCLTが許容応力度以下であること、最大層間変形角 1/200 を満足することを確認した。二次設計の結果、崩壊メカニズムは1,2階の層崩壊形で、ベースシア係数が Cb=0.56 の保有水平耐力を有する結果となった（図12、図13）。保有水平耐力時の応力図を図11に示す。

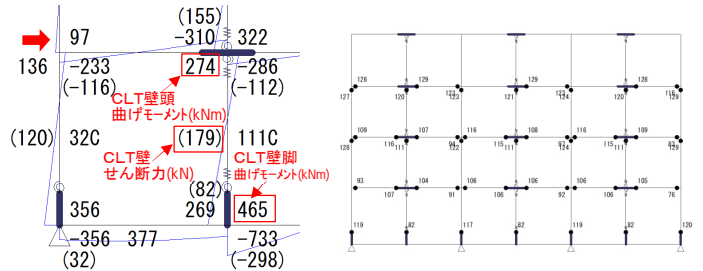


図8 保有水平耐力時応力図（事務所タイプ）

図9 Ds時ヒンジ図（事務所タイプ）

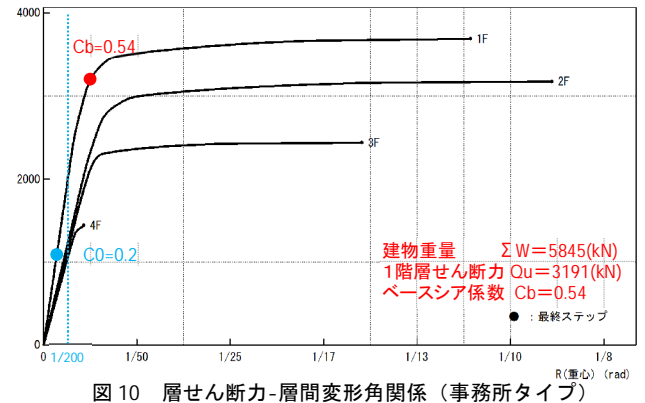


図10 層せん断力-層間変形角関係（事務所タイプ）

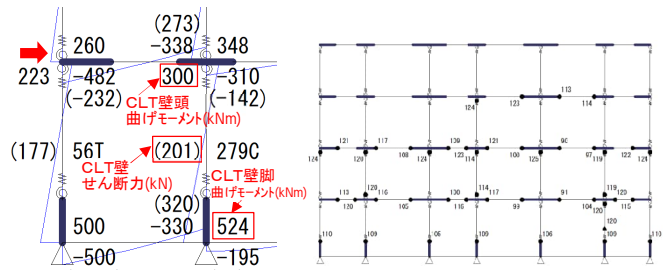


図11 保有水平耐力時応力図（集合住宅タイプ）

図12 Ds時ヒンジ図（集合住宅タイプ）

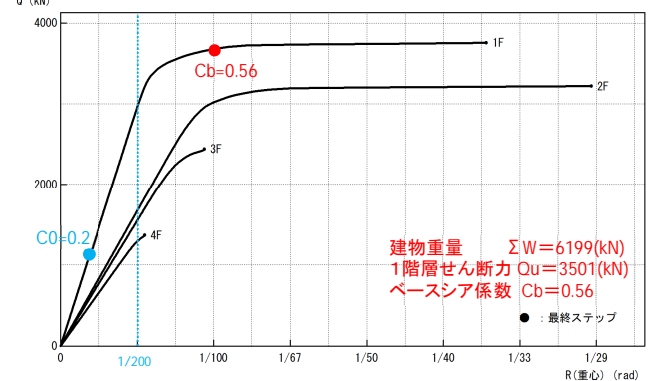


図13 層せん断力-層間変形角関係（集合住宅タイプ）

4. まとめ

要素実験および架構実験から得られた知見をもとに、2種類の4層モデルプランについて構造解析モデルを作成し、構造解析を行い、耐震性能を確認した。

【※謝辞および参考文献はその1にまとめて示した。】

*1 堀江建築工学研究所

*2 東北大学

*3 竹中工務店（元東北大学）

*4 チャルマース工科大学（東北大学客員助教）

*1 Horie Engineering and Architectural Research Institute Co.,Ltd

*2 Tohoku University

*3 Takenaka Corporation(Former Tohoku University)

*4 Chalmers University of Technology(Visiting Asst. Prof. of Tohoku University)