

CLT壁と鉄骨梁によるハイブリッド構造システムの開発

その4 変形成分の実験結果と4階集合住宅モデルプランの保有水平耐力

CLT モデルプラン 鉄骨架構 静的荷重増分解析 ハイブリッド構造 保有水平耐力

正会員 ○津田 和輝*1 正会員 峯岸 新*1
同 Ahmad Ghazi Aljuhmani*2 同 厚澤 瑛人*3
同 後藤 豊*4 同 前田 匡樹*5

1. はじめに

本報では、CLT壁の実験結果うち変形成分を示す。次に4階集合住宅のモデルプランを作成した。試験体SSBの実験結果に基づく解析モデルを作成し、静的荷重増分解析により、保有水平耐力を試算することで提案した構造システムを用いた4階集合住宅の実現可能性を検討する。

2. CLT壁の変形成分の実験結果

実験により得られた変形成分を図-1に示す。従来の接合部では、引張接合部に靱性を持たせる設計にするためロッキング変形が支配的となる。しかし、提案した接合部では、ロッキング変形は、すべての加力において4~5割となった。この原因は、CLT壁のボルト孔のガタによりスウェー変形が増加したこと、また、本構造システムでは鉄骨梁でCLT壁を拘束することで、CLT壁のせん断力負担が高く、CLTパネルの曲げ変形、せん断変形が増加したためと考えられる。

3. 4階集合住宅の試設計モデルの検討

3.1 検討対象モデルの構造システム

本研究で提案したハイブリッド構造システムを用いて図-2に示す4階建て集合住宅のモデルプランを作成した。基準階の平面図を図-3に示す。

この構造システムの破壊モードは表-1に示すように、接合部破壊と鉄骨梁曲げ降伏の2種類の破壊モードが考えられる。前者では、地震時の損傷を接合部に集中させて、CLT壁や鉄骨梁の損傷を防ぎ、接合部の交換により修復効率性の高い構造システムが可能となる。一方、後者の鉄骨梁の曲げ降伏先行型では、全体崩壊メカニズムによる高い靱性をもつ架構とすることができる。

本報のモデル建物では、比較的壁量が多く大スパンを必要としない集合住宅であることから、鉄骨梁のせいを抑え、鉄骨梁を先行降伏させる破壊モードとして設計することとした。

3.2 解析方法と解析モデル

(1) 架構のモデル化

設定したモデルプランを用いて架構の保有水平耐力を検討するため、弾塑性解析ソフト SNAP ver8 を用いて平面骨組解析で静的荷重増分解析を行った。図-3に赤枠で示した架構の解析モデルの軸組図を図-4に示す。架構のモデル化では、CLT壁・接合部に関してはCLT設計施工マニュアル¹⁾に準拠し、鉄骨梁については、文献²⁾に従い、

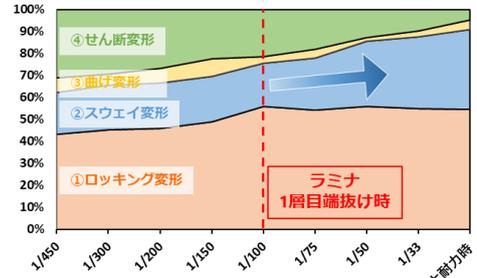


図-1 変形成分割合



図-2 4階集合住宅イメージ

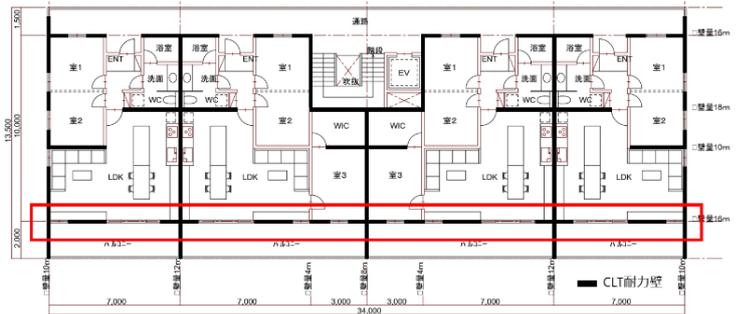


図-3 4階集合住宅平面図(赤枠が検討フレーム)

表-1 本構造システムの破壊モード

破壊モード	接合部		鉄骨梁
	めり込み	鋼板降伏	曲げ降伏
イメージ			
特徴	修復効率性が高い		靱性が高い

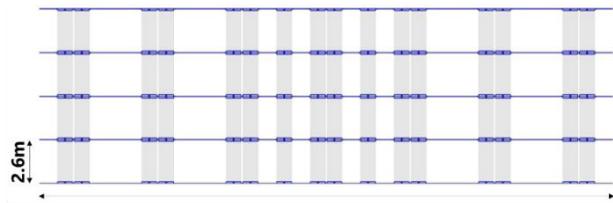


図-4 解析モデル立面図

端部に弾塑性回転バネを有する弾性線材に置換した(図-5)。

(2) 部材の復元力モデルの設定

実験結果で述べたように、提案した接合部には引張力・せん断力の両方を負担させる仕組みであるため、図-6及び、(その1)図-5に示すように、複合応力が作用する。接合部の実験では、図-6に示すような鋼板側1層目のラミナが端抜け破壊する層間変形角1%時から、スウェイ変形の割合が増加した(図-1)。

そこで、CLTパネルの接合部の引張バネとせん断バネの復元力特性は、図-7に示すバイリニア曲線でモデル化することとし、第1折れ点はラミナ1層目の端抜け時として特性値を決めた。せん断バネについて、その1の式(6)と弾性床土上の梁の曲げ理論³⁾により算出した降伏耐力 P_y と初期剛性 K_s は図-7に示すように概ね一致した。折れ点以降の剛性は実験結果に基づいて、引張バネ・せん断バネともに弾性剛性の1/10とした。

CLTパネル端の圧縮バネと鉄骨梁端の弾塑性回転バネは、それぞれ文献¹⁾、文献²⁾に基づき設定した。

3.4 解析結果

解析結果から求めた層せん断力係数-層間変形角関係を図-9に示す。許容応力時(層間変形角 1/120)は層せん断力係数 $C=0.2$ を超えたが、終局時(層間変形角 1/30)は、1層において $C=0.55$ をわずかに下回った。これより、ボルトの本数・径を増やすことや CLT 壁を厚くするなどの改良により、必要保有水平耐力を確保できる。

また最大耐力時のヒンジを確認すると(図-10)鉄骨梁が曲げ降伏しており建物の靱性能も十分に確保されている。

以上から、本提案型構造システムを用いた4階建て集合住宅が実現できる可能性を確認できた。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す

- ① 提案した構造システムを用いた CLT 壁の水平加力実験を行い構造性能、破壊性状を把握し、従来の接合部よりも高い構造性能・施工性を持つことを示した。
- ② 提案した構造システムを用いた CLT 壁の剛性・耐力について、推定可能である。
- ③ 実験結果に基づく解析モデルによる静的荷重増分解析を行った結果、4階建て集合住宅が実現できる可能性を示した。

【謝辞】

本研究を行うにあたり宮城県 CLT 等普及推進協議会の助成を頂いた。ここに記し関係各位に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 日本 CLT 協会：CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル、2016年
- 2) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会(JSCA)：S 建築構造の設計、オーム社、2018年

*1 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

*2 東北大学大学院工学研究科 博士課程後期

*3 大成建設技術研究所

*4 チャルマース工科大学 研究員

東北大学大学院工学研究科 客員助教 博士 (工学)

*5 東北大学大学院工学研究科 教授 博士 (工学)

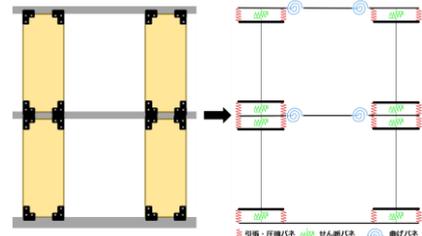


図-5 解析モデル

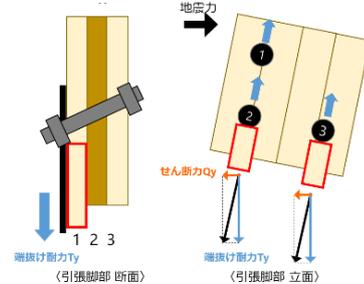


図-6 接合部の破壊と引張・せん断複合応力

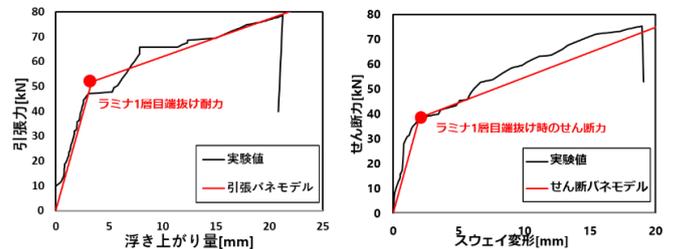


図-7 引張・せん断バネの復元力特性

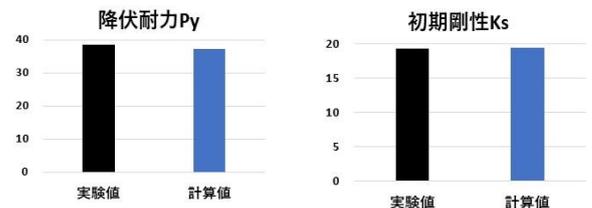


図-8 実験値と計算値の比較

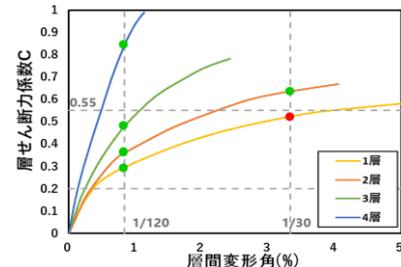


図-9 層せん断力係数-層間変形角関係

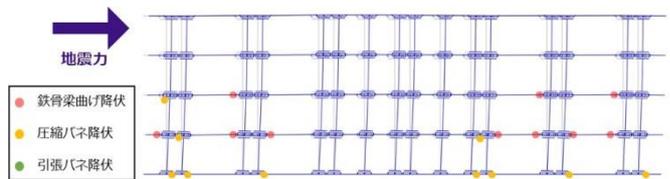


図-10 最大耐力時(層間変形角 2%時)におけるヒンジ図

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.

*2 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.

*3 Taisei Corporation

*4 Research Fellow, Chalmers Univ. of Technology

Visiting Asst. Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.

*5 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.