

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 モデル簡略化方針と接合部の簡易モデル

CLT	ルート2	解析検証
小幅パネル	簡易モデル	構造設計法

正会員	○佐藤 濤*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	三宅 辰哉*6
同	飯島 敏夫*7	同	鈴木 圭*8
同	篠原 昌寿*9		

1. はじめに

CLT パネル工法の構造設計法に関して、令和2年度林野庁補助事業¹⁾が実施された。この事業の目的は構造計算ルートの内、特に普及率の低いルート2の設計方法について合理化を行うことである。具体的にはモデル化の緩和と検討および階数緩和検討を行った。本報「その1」および「その2」ではモデル化の緩和と検討、「その3」では階数緩和と検討についてそれぞれ示す。

2. CLT 簡易モデル概要

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(以下詳細モデルと呼ぶ。)は、同規模の他構造建築物の構造計算に用いる構造モデルと比べて複雑であり、構造設計者が CLT パネル工法を敬遠する一因となっている。平成30年度林野庁委託事業報告書³⁾において、現行の解析モデルの簡易化として、RC 造の構造計算モデルで一般的な「壁エレメント」を採用した MS モデルが提案されている。MS モデルは CLT パネル工法の耐力発現機構が精度よく再現できる一方、モデルの節点数・要素数の大幅な削減までは至らなかった。本報では更なる簡易化として「回転バネ置換モデル(以下、簡易モデル)」について検討する(図1)。これにより、接合部バネおよび節点数・要素数が大幅に減少し、構造モデル設定に関する工数が大幅に削減されることが期待できる。

壁-基礎接合部の構造モデル簡略化のイメージを図2に示す。現行で標準とされる詳細モデルは引張接合部、せん断接合部、圧縮接合部がそれぞれの節点間バネで構成されるが、引張と圧縮は一体で曲げに抵抗するものとして、式(1)により回転剛性を算出した回転バネ(材端バネ)として一つに集約し、せん断バネはバネ自体を省略することとした。軸バネにおいては簡単のため、引張接合部の引張剛性と圧縮接合部の圧縮剛性の平均値を用いた式(2)。さらに、耐力壁と垂壁等の交差部、いわゆるパネルゾーンの変形を無視し、垂壁(腰壁)の影響を耐力壁と同じように式(3)により回転剛性を算出した曲げバネで構成することとした(図3)。なお、モデル簡略化に重きを置き、CLT 床パネルはモデル化しない方針とし

た。以上の集約化は、鉄骨造などで端部接合部を材端バネで表現するのと同じで、非木質構造の設計者にもなじみやすい。

提案した簡易モデルの適用範囲は、構造計算ルート2(弾性設計)、床勝ち小幅パネル架構および3層以下とした。

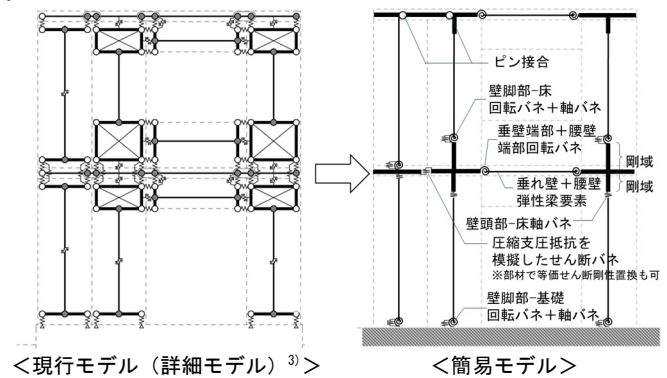


図1 構造モデル簡略化のイメージ

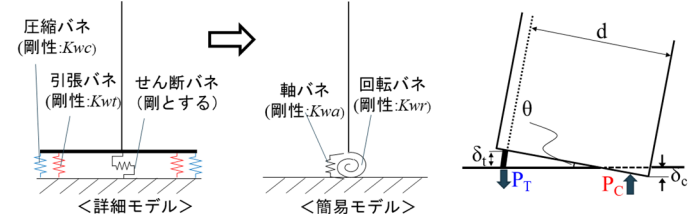
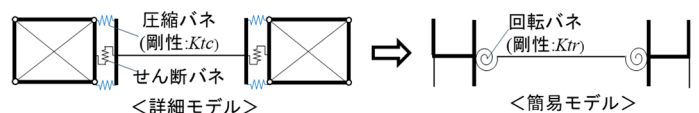


図2 壁-基礎接合部の構造モデル簡略化のイメージ

$$\text{壁-基礎(床)接合部の回転剛性: } K_{wr} = \frac{K_{wt} \cdot K_{wc}}{K_{wt} + K_{wc}} d \cdot j \quad (1)$$

$$\text{壁-基礎(床)接合部の軸剛性: } K_{wa} = K_{wt} + K_{wc} \quad (2)$$

ここで、 K_{wt} : 引張接合部の引張剛性 K_{wc} : 圧縮接合部の圧縮剛性
(壁-基礎: $K_{wc} = k_e \cdot A_e \cdot R^2$ 壁-床: $K_{wc} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_{90} A_e}{z_0} \cdot R^2$) ※



$$x = \frac{H_L}{2} \text{ のとき, } K_{tr} = K_{tc} \cdot \left(\frac{H_L}{2}\right)^2 \quad (3)$$

ここで、 K_{tc} : 垂壁-袖壁間の圧縮接合部の圧縮剛性($K_{tc} = \frac{1.5E_{90} A_e}{z_0} \cdot R^2$) ※
※マニュアル²⁾に準拠

Study on simplification of analysis model and consideration of the height limit expansion for CLT panel structural design method (No.1 Policy of simplifying analysis model and simple analysis model for joints)

SATO Mio, ISODA Hiroshi, MAEDA Masaki
ARAKI Yasuhiro, NAKASHIMA Shoichi, MIYAKE Tatsuya
IIJIMA Toshio, SUZUKI Kei, SHINOHARA Masatoshi

3. 接合部の簡易化と詳細モデルの比較

本章では各接合部の簡易モデル化の妥当性について検討するために、簡単な検討モデルを作成し検討を行った。なお、本報の対象はルート2となるため弾性状態の剛性や応力状態について主に言及するが、その2において過去の実験との比較により簡易モデルの安全性を確認するため終局状態のモデル化の考え方も合わせて検討した。

壁-基礎接合部の検討モデルを図4に示す。解析パラメータは壁幅とした(表1)。増分解析により得られた荷重-変形角関係を見ると、簡易モデルは詳細モデルと初期剛性がよく対応していることがわかる(図5)。なお、今回の検討は条件を合わせるため長期荷重を考慮していないが、実際は詳細モデルでは長期荷重による抑え込み効果が期待できるため、簡易モデルは安全側の評価となると考えられる。

補助事業¹⁾においては壁-垂壁(腰壁)接合部の回転バネのみに着目し、開口幅および垂壁(腰壁)せいをパラメータとした検討を行った。パラメータが変化しても初期剛性がよく対応していることが確認された。しかし、提案した簡易モデルでは実際の垂壁(腰壁)高さではなく、床レベルに垂壁(腰壁)をモデル化する。また、垂壁(腰壁)による袖壁パネルの拘束を考慮するため、垂壁(腰壁)せいの1/2を剛域として考慮する。本報における検討モデルはそれらの影響を考慮したモデルとした(図6)。増分解析により得られた荷重-変形角関係を見ると、簡易モデルは詳細モデルに対し安全側に評価できていることが確認できた(図7)。応力図を見ると、垂壁に生じている曲げモーメントは概ね一致しているのに対して、左右の袖壁の負担する曲げモーメントが異なることがわかる(図8)。詳細モデルでは圧縮専用バネを用いて垂壁端部をモデル化しているため、垂壁に圧縮力が生じ、それに対応した引張力が床に生じることにより、このような応力状態になると考えられる。しかし、簡易モデルは回転バネで垂壁端部をモデル化しているため、袖壁の水平力の分担率が同じになる。実際には壁-基礎接合部等があるため垂壁の寄与率が低下すること、隅柱にしかこのような現象が生じないことなどから、実務上簡易モデルを採用するのに大きな問題はないと考える。

【謝辞】 本研究は令和2年度林野庁補助事業「令和2年度 中高層建築物を中心としたCLT等の木質建築部材の利用促進事業のうちCLT等の利用促進及び低コスト化の推進に係る技術開発・検証等」により実施された。関係者に謝意を表する。

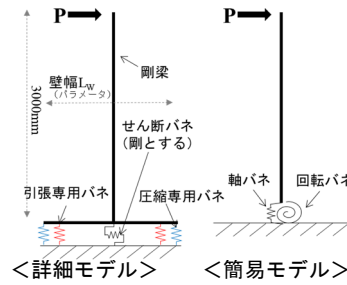


図4 壁-基礎接合部の検討モデル

表1 解析ケース

解析ケース名	モデル	壁幅(m)
M-Lw1	詳細モデル	1
M-Lw1.5		1.5
M-Lw2		2
S-Lw1	簡易モデル	1
S-Lw1.5		1.5
S-Lw2		2

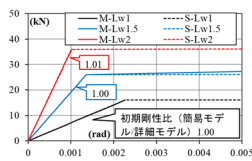


図5 荷重-変形角関係

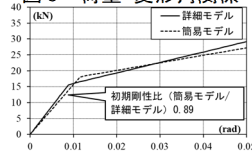


図7 荷重-変形角関係

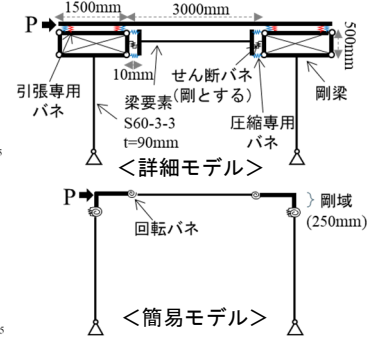


図6 壁-垂壁(腰壁)接合部の検討モデル

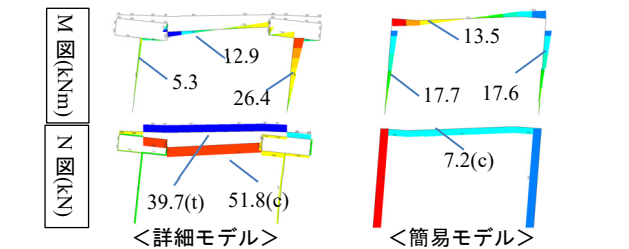


図8 応力図(Q=14.5kN時)

4. まとめ

本報では簡易モデル概要と適用範囲を述べた。また、接合部のモデル化に着目して詳細モデルと簡易モデルの比較を行い、簡易モデルが詳細モデルと比較して安全側であるということを確認した。2次元モデルおよび3次元モデルによる検証については、その2で述べる。

【参考文献】

- 1) (公財) 日本住宅・木材技術センター：令和2年度 中高層建築物を中心としたCLT等の木質建築部材の利用促進事業のうちCLT等の利用促進及び低コスト化の推進に係る技術開発・検証等「CLTパネル工法ルート2のモデル化、階数制限の緩和検討」,2021.3
- 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) (公財) 日本住宅・木材技術センター、(株) 日本システム設計、(一社) 日本CLT協会：平成30年度林野庁委託事業報告書「CLT等新たな木質建築部材利用促進・定着委託事業(国による開発)CLTパネル工法の構造計算関係規定の拡充・合理化検討事業」,2018.3

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⁾ 日本システム設計代表取締役・博(工)

⁷⁾ 日本住宅・木材技術センター

⁸⁾ 日本住宅・木材技術センター 技術主任 博(農)

⁹⁾ 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⁾ Nihon System Sekkei Architects & Engineers, Dr. Eng.

⁷⁾ Japan Housing & Wood Technology Center

⁸⁾ Chief Engineer, The Foundation of Japan Housing & Wood Technology Center, Dr.Agr.

⁹⁾ KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc., Dr.Agr