

第1章 はじめに

1.1 事業の目的

(公財)日本住宅・木材技術センター「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル(2016 年版)」(以下、マニュアルと言う)では、図 1.1.1 中央に示すような弾性線要素と非線形バネ要素からなる「フレームモデル」が構造計算に適用できる構造モデルの例として提示されている。この構造モデルは、CLT パネル工法による実大架構を試験体とした振動台実験を含む限定的な実験結果に基づいて短期間に実施した解析検討のみを技術的裏付けとしており、その状況下で構造安全性を確保するために実物にできるだけ忠実な、いわば原始的なものとなっている。そのため、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、それに伴う構造設計手間の増加が設計者に忌避され、CLT パネル工法建築物の普及を阻害する要因の一つとなっている。

この問題の解決策として、低層建築物についてはルート 1 の構造計算方法の拡充や壁量計算的な規定整備が有効と考えられるが、中高層建築物までを視野に入れて考える場合には、現行のマニュアルに例示されているルート 2, 3 の構造設計に用いる構造モデルをより簡略的なものに置き換える必要がある。例えば、前述のフレームモデルを図 1.1.1 右端に示す非線形回転バネを有するラーメン置換モデルなどに簡略化できれば構造計算手間は軽減され、CLT パネル工法建築物の普及に寄与すると期待できる。

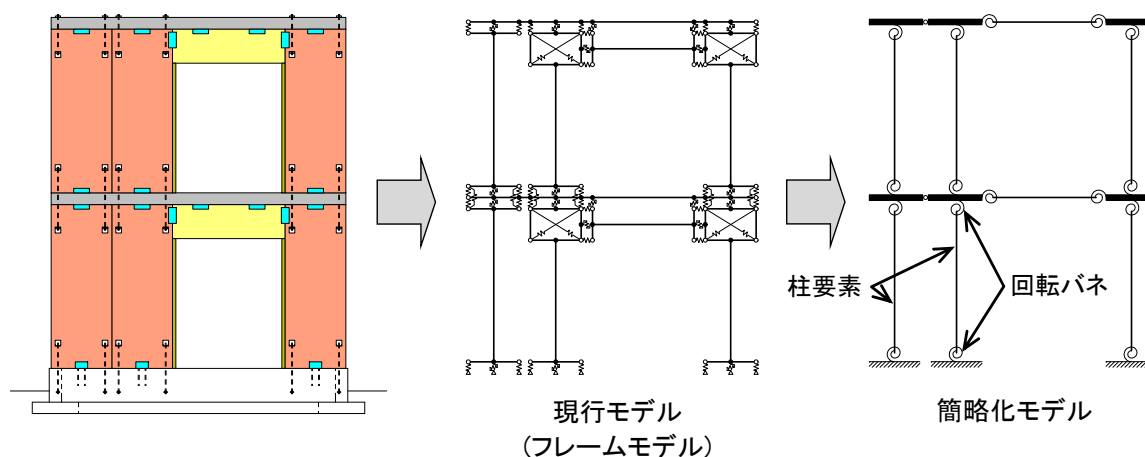


図 1.1.1 構造モデル簡略化のイメージ

1.2 事業実施内容

本提案事業ではルート 2, 3 の構造計算に用いる構造モデルを対象として、現行のフレームモデルをラーメン置換モデルなどに簡略化するための検討を行なう。

まず、架構方法合理化と構造モデル簡略化の方針を検討する。壁パネルをその脚部・頭部に回転バネを有する柱要素としてモデル化する場合には、鉄筋コンクリート構造と同様に回転バネの耐力と剛性は柱要素が負担する軸力によって変動する。これを考慮して、マニュアル第Ⅲ部「3.3.4 CLT パネル・接合部の軸耐力と曲げ耐力の関係」および関連する既往の実験結果等を参考として軸力に応じた回転バネの耐力・剛性の評価方法を仮定するとともに、鉄筋コンクリート構造等の構造計算方法を参考として簡略化モデルを用いた構造計算方法を仮定する。

また、垂れ壁端接合部についても同様に回転バネとすることを考える。図 1.2.1 に示すように CLT パネル工法の鉛直架構に水平変形が生じるときには、垂れ壁-袖壁接合部には引張力と圧縮力が生じ、それが当該架構の水平耐力・剛性の増加に寄与する。しかし、この引張力は垂れ壁-床間のせん断接合部を介して伝達されるが、このせん断接合部は別途床の水平構面としての面内せん

断力も負担する必要があること、および床パネルの配置状態によっては床パネル相互間の引張接合部もこの引張力の伝達経路になり得ることなども構造モデルを複雑化する要因となっている。この問題に対応するために、引張力を負担する専用部材として枠組壁工法と同様の頭つなぎ、あるいはその役割を果たす別の部材を設けることを考える。これにより、構造モデルの簡略化が容易になるとともに、床パネルへの負荷が軽減される。

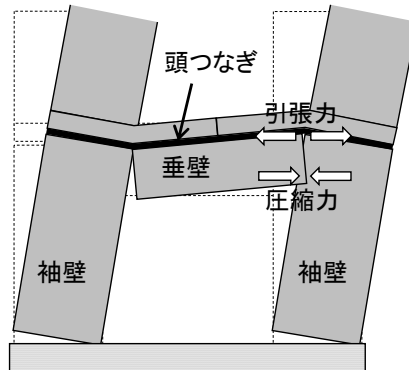


図 1.2.1 垂れ壁-袖壁間の応力伝達機構

次に、負担軸力をパラメータとした壁パネル端接合部の曲げ実験、およびそれに対応した CLT パネルの支圧・めり込み実験を行い、壁パネル端接合部を回転バネ等の単一バネとして扱う場合の耐力・剛性に及ぼす軸力の影響に関する技術的情報を得るとともに、仮定した単一バネの耐力・剛性の評価方法および簡略化モデルを用いた構造計算方法の妥当性の検討、修正などを行う。また、すでに多種類の引張接合部の構造性能が実験に基づいて評価されており、その技術的資産の有効活用のために、それらと単一バネの耐力・剛性の関係付けも検討の対象とする。このほか、垂れ壁端接合部の耐力・剛性の把握のために必要な接合部要素実験等を行い、その評価方法について検討する。

最後に、L 形試験体を用いた鉛直構面の水平加力実験を行い、対応する簡略化モデルを用いた解析結果をその実験結果と比較することにより簡略化モデルの妥当性を検討する。

1.3 本報告書の構成

本報告書は本章（第1章）から第5章によって構成される。

「第2章 構造モデル簡略化の方針」では「第3章 構造実験」および「第4章 構造モデル簡略化に関する検討」に先立ち、構造モデル簡略化の方針として下記の検討を行う。

- 構造モデル簡略化に関する原則

床パネル相互、屋根パネル相互接合部の面外性能が未確認かつ低耐力と予想されること、およびその接合部の位置が不特定であることへの配慮を含め、応力の伝達経路をできるだけ単純化するための原則（条件）を設定するほか、その原則が架構の構造性能に及ぼす影響などを検討する。

- 壁-垂れ壁間引張力伝達部材の追加

壁-垂れ壁間引張力伝達経路の単純化を目的とし、頭つなぎに代わる部材として引張力伝達部材を追加することを提案する。

- MS要素を用いた構造モデル

壁 CLT パネル端接合部のモデル化について、軸応力がモーメント耐力に及ぼす影響を自動的に考慮することができ、かつ単一のバネとして扱い得る MS (Multiple Spring) 要素の適用を考え、同要素を用いた鉛直架構のモデル化方法について検討する。

「第3章 構造実験」では下記の実験の目的・方法・結果など述べる。

- 壁パネル単体定軸力下水平加力実験

定軸力を受ける壁 CLT パネル単体の上部に正負交番水平力を加えて、壁 CLT パネル脚部のモーメント耐力に及ぼす軸力の影響を確認する。

- CLT パネル支圧・めり込み実験

上記実験に用いる試験体に対応する壁 CLT パネルの支圧性能、および床 CLT パネルに対するめり込み性能を確認する。

- 壁-垂れ壁接合部曲げ実験

壁-垂れ壁間引張力伝達部材の引張力に対する応力変形性能、および壁-垂れ壁間のめり込みの応力変形性能を確認するための曲げ実験を行う。

- L形構面定軸力下水平加力実験

MS要素を用いた構造モデルの妥当性検証を目的とし、最も単純な壁構面として壁と垂れ壁からなるL形構面の正負交番加力実験を行う。この実験においても「壁パネル単体定軸力下水平加力実験」と同様に壁に定軸力を加える。

「第4章 構造モデル簡略化に関する検討」では第2章、第3章の結果を踏まえ、提案する構造モデル簡略化の妥当性検証に関して下記の検討を行う。

- 平面保持仮定の妥当性検証

MS要素の適用には当該接合部の歪み分布が平面保持仮定に適合することが必要条件となるため、「壁パネル単体定軸力下水平加力実験」、「CLT パネル支圧・めり込み実験」の結果に基づいて CLT パネル端接合部の歪み分布に平面保持を仮定することの妥当性を検証する。

- MS要素設定における断面分割数の適正值

MS要素では対応する CLT パネル断面をいくつかの領域に分割する。MS要素の応力変形性能はその分割数に依存するため、その適正值について検討する。

- MS 要素応力と接合部応力の関係

解析結果として得られる MS 要素の応力・変形を、接合部を構成する CLT パネル・引張接合部の応力・変形に変換する方法について検討する。

- MS 要素を用いた構造モデル (MS モデル) の精度検証

「壁-垂れ壁接合部曲げ実験」の結果に基づいて、壁-垂れ壁間引張力伝達部材の引張力に対する応力変形性能、および壁-垂れ壁間のめり込みの応力変形性能を確認する。その結果を踏まえて、L 形構面定軸力下水平加力実験の試験体に対応する MS モデルを設定し、解析結果の実験結果への適合性を検証する。そのほか、MS モデルと従来モデルの計算結果の比較、原則適用による水平耐力の変化の度合いなどに関して検討する。

「第 5 章 まとめ」では、以上の検討結果の要約および今後の展望などを述べる。

1.4 検討体制

本事業は、林野庁補助事業「CLT 等新たな木質建築部材利用促進・定着事業」に株式会社日本システム設計が採択され、学識者、研究者及び実務者等の木造建築物専門家委員会を中心として「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」検討委員会を設置し、検討を進めた。

検討委員会の構成を次頁に示す。

平成 30 年度 林業成長産業化総合対策補助事業

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委員会

委員名簿

(敬称略)

委員長	河合 直人	工学院大学建築学部建築学科	教授
委員	五十田 博	京都大学生存圏研究所	生活圏構造機能分野 教授
	中川 貴文	京都大学生存圏研究所	生活圏構造機能分野 准教授
	槌本 敬大	国立研究開発法人建築研究所	材料研究グループ 上席研究員
	荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所	建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官
	中島 昌一	国立研究開発法人建築研究所	構造研究グループ 研究員
	車田 慎介	銘建工業株式会社	技術開発部
行政的協力	的場 弾	林野庁林政部 木材産業課木材製品技術室	住宅資材技術係長
	金子 弘	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	
	坂部 芳平	一般社団法人日本 CLT 協会	

事業主体

	三宅 辰哉	株式会社日本システム設計	代表取締役
	櫻井 郁子	株式会社日本システム設計	常務取締役
	松本 和行	株式会社日本システム設計	構造設計室長
	渡邊 拓史	株式会社日本システム設計	
	佐藤 基志	株式会社日本システム設計	
	安曇 良治	株式会社日本システム設計	
	荻原 牧	株式会社日本システム設計	