

# 「木造建築物の中高層化等技術に関する研究開発」

## (平成 31 年度～令和 3 年度) 評価書 (年度)

令和 3 年 2 月 22 日 (月)  
建築研究所研究評価委員会  
材料分科会長 大久保 孝昭

### 1. 研究課題の概要

#### (1) 背景及び目的・必要性

##### ①背景

公共建築物木材利用促進法等にみるように、木材利用の拡大・推進は国家施策のひとつとなっており、木造建築物の中高層化への関心が国内外で高まっている。木造建築物の中高層化に際して、高強度・高耐力構造要素や部材等の技術開発が盛んに行われるようになっており、適切な技術的基準等を策定しておく必要がある。これに必要な構造、材料等の分野における技術的資料、知見を得ることを目的とし、平成 28～33 年度の中長期目標として、木造建築物の中高層化技術の開発を提案し、前半の課題として平成 28～30 年度に指定課題「中高層木造建築物等の構造設計技術の開発」を実施した。同課題で検討した事項は以下のとおり。

- (1) 木造建築物の中高層化を実現する複合材料等の性能評価技術の開発
- (2) 集成材等建築物の中高層化に要する構造計算基準の適正化・合理化
- (3) 中高層軸組耐力壁構造建築物の許容応力度等計算に関する設計技術の検討
- (4) 中高層枠組壁工法・CLT 構造建築物の許容応力度等計算に関する設計技術の検討
- (5) 中高層木質併用構造等の設計技術の検討
- (6) CLT パネル構造の仕様書規定の検討

前課題における研究開発を通じて成果は次節に記すが、そこで新たに生じた検討事項、並びに中長期計画で予め後半に実施することを予定していた検討事項を合わせて実施する必要がある。検討の背景等を項目ごとに示す。

1) 前課題では木質系の複合軸材料の評価法を検討したが、木造建築物の中高層化に際して、鋼製ロッドを挿入したり、モルタル層を挿入したりするなど異種材料との複合部材の開発が行われるようになってきており、これらの評価法等を含めた品質に関する技術基準を検討する必要がある。

2) 前課題の成果として集成材等建築物の構造設計マニュアルの素案が作成され、鋼板挿入ドリフトピンや引きボルトによるモーメント抵抗接合を有する集成材フレームの終局耐力設計を含めた設計法が一部の仕様を除いて、公表されることになる。同マニュアルの出版事業は日本建築センターに委ねているが、その編集作業を通じて設計法の適用範囲の拡大等を行う必要がある。

3) 集成材等建築物の構造設計マニュアルの素案は、モーメント抵抗を有する集成材フレームを中心にとりまとめられたが、中高層化で汎用される構法として、集成材ブレース構造がある。S55 建告 1792 号第 1 では、住宅用の小断面筋かい構造を対象として構造特性係数が定められているが、集成材による大断面ブレースは告示の数値とは異なる構造特性係数となることが知られている。そこで、集成材ブレース構造を対象として、その破壊靱性特性を評価する手法を考案し、集成材ブレース構造の設計法の合理化を図り、集成材等建築物の構造設計マニュアルの改定案、若しくは出版時に反映させる必要がある。

4) CLT パネル工法は高さ 31m 以下であっても、3 階建てを超えるとルート 3 となる。枠組壁工法の現行の構造基準と同じであるが、枠組壁工法については平成 29～30 年度基準整備促進事業 S24「枠組壁工法中層建築物の構造設計法の合理化に関する検討」の成果により、ルート 2 の適用範囲が拡大される見通しとなっている。このため、CLT パネル工法についても公平な市場競争のために、ルート 2 の適用制限を緩和する必要がある。

5) 当研究所敷地内には 6 階建て枠組壁工法実験棟が建っているが、この実験棟は（一社）日本ツリーバイフォー建築協会が建築研究所との共同研究を条件に国土交通省住宅局の補助を得て建設したものである。同実験棟を使用した共同研究「枠組壁工法による中層木造建築物等の設計法の開発」は 2016～2022 年度の実施を予定しており、遮音性能（床衝撃音遮断性能、界壁の空気音遮断性能等）の評価、中高層枠組壁工法の耐久性などが今後も予定されており、実施する必要がある。

6) 当研究所敷地内には CLT パネル工法による 2 階建て実大実験棟が建っているが、この実験棟は（一社）日本 CLT 協会が建築研究所との共同研究を条件に国土交通省住宅局の補助を得て建設したものである。同実験棟を使用した共同研究「CLT パネルの特質をいかした実験棟建設とその性能検証」は 2015～2025 年度の実施を予定しており、今後も CLT パネル工法における部材の長期寸法変化挙動の測定、内部露しの CLT パネルの吸放湿特性の評価、CLT パネル工法の遮音性能の改良方法の検討、同工法の耐久性評価などが今後も予定されており、実施する必要がある。なお、この CLT 実大実験棟は低層住宅を対象としており、得られた成果は前課題（6）で原案が検討された CLT の仕様規定に反映される必要がある。また、CLT の仕様規定原案の基準化に際して、平面プランが不整形の場合の挙動等について、ネガティブチェックを行う必要がある。

## ②目的

本研究開発課題では、前研究課題の研究成果を活用しつつ、安全かつ合理的な中高層木造建築物を普及させ、一般化するための技術基準の改正、明確化に関する検討を行う。本研究開発課題において実施する具体的な研究項目は、以下の 6 項目である。

- (1) 木質系異種複合部材の性能評価法の開発に資する技術的な知見の収集等を行い、性能評価法、技術基準原案等の技術資料として取りまとめる。
- (2) 集成材等建築物の構造設計マニュアル素案において、適用範囲が限定されている仕様について技術的な知見の収集等を行い、同マニュアル改訂原案等の技術資料として取りまとめる。
- (3) 集成材ブレース構造の終局耐力評価法に関する技術的な知見の収集等を行い、集成材等建築物の構造設計マニュアルを追補する技術資料として取りまとめる。
- (4) CLT パネル工法建築物の合理的な許容応力度等計算に資する技術的な知見の収集等を行い、その適用制限緩和に資する技術資料として取りまとめる。
- (5) 6 階建て枠組壁工法実験棟を活用して各種性能評価を行い、性能設計型中高層枠組壁工法の普及に資する技術資料として取りまとめる。
- (6) 低層 CLT パネル工法実験棟を活用して各種性能評価を行うとともに、低層用仕様書の規定の一部の信頼性向上をさせる検討もを行い、低層 CLT パネル工法住宅の普及に資する技術資料として取りまとめる。

## ③建築研究所で実施する必要性・妥当性

本研究課題は、木質系異種複合部材の性能評価法、集成材等建築物の構造計算法、CLT パネル工法の技術基準の改定等に関する知見を収集し、建築基準関係法令等の整備、法令に基づく性能評価法の整備、又はこれを補うマニュアル類の整備に資する技術的知見及び資料を収集・整備するものである。これらの基準原案の策定や改正に必要な技術的知見や資料の収集は建築行政の技術的側面からの支援であり、また中立公正な機関で行う必要があるため、当研究所の使命でもある。さらに、これらの技術的知見や資料の収集は、建築行政を直接支援する立場にない大学や他の機関では的確に実施し得ないものであり、当研究所のみが的確に実施することができる。

以上のことから、本研究課題を建築研究所が実施するのは妥当であり、また他機関では的確に実施し得ないことから建築研究所が実施する必要がある、研究課題として提案するものである。

## (2) 研究開発の概要

本研究開発課題では、中高層木造建築物等の普及・一般化に資するために、中高層木造建築物等に使用する木質系異種複合部材の性能評価法、合理的な構造計算に資する技術的な知見の整備や実大実験棟を活用した中高層木造の普及に資する技術的な知見の収集等を行い、技術資料として取りまとめる。

## (3) 達成すべき目標

- 1) 木質系異種複合部材等の性能評価法に関する技術資料を作成する。
- 2) 集成材等建築物の構造設計マニュアルの汎用性拡大に資する技術資料を作成する。
- 3) 集成材ブレース構造の終局耐力設計法に関する技術資料を作成する。
- 4) CLT パネル工法の構造計算基準の合理化に関する技術資料を作成する。
- 5) 中高層枠組壁工法の各種性能関連技術資料と普及に資する技術資料を作成する。
- 6) CLT パネル工法の各種性能に関する技術資料と仕様規定改定原案を作成する。

## (4) 令和2年度の進捗・達成状況

### (1) 木質系異種複合部材の性能評価法に関する研究開発

#### 1) 木質系異種複合部材の短期性能に関する試験法・評価法の検討

集成材と鋼材を複合した部材を対象に、構成要素の曲げ、せん断等短期の力学特性や品質と断面構成と破壊モードの関係を整理した。また、既往の実施された試験方法と平成12年建設省告示第1446号第一第11号に掲げる「木質複合軸材料」について、同告示第3別表第二(は)欄に規定されている試験条件・方法との関係について整理した。

#### 2) 木質系異種複合部材の長期性能に関する性能評価法の合理化に関する検討

集成材と鋼材、炭素シートを複合した部材を対象に、長期性能に関する性能評価事例を収集し、長期試験時の破壊モードと短期試験による破壊モードの関係を整理した。

### (2) 集成材等建築物の構造設計マニュアルの汎用性拡大に関する研究開発

#### 1) 適用範囲を拡大する半剛節ラーメンフレーム接合部のモーメント抵抗試験

#### 2) 適用範囲を拡大する半剛節ラーメンフレーム接合部の終局耐力推定法の検討

鋼板挿入ドリフトピン接合による柱脚接合部について、①柱脚金物に接することによる木口面の支圧抵抗を積極的に考慮した耐力評価方法、②中高層化に伴い増大する軸力の影響を考慮した耐力評価方法、を整備するため、定軸力下の実大曲げ実験を実施し、実態挙動の把握と計算による推定可能性の検証を行い、その結果に基づき終局耐力評価方法を検討した。

#### 3) 集成材等建築物の構造設計マニュアル(仮称)編集委員会の設置

(一財)日本建築センターに旧版である「大断面木造建築物の設計・施工マニュアル」を改訂して「集成材等建築物の構造設計マニュアル(仮称)」を出版するための編集委員会(委員長:坂本功 東京大学名誉教授)を設置し、原稿案の委員会内査読を開始した。

### (3) 集成材ブレース構造の終局耐力設計法に関する研究開発

#### 1) 集成材ブレース構造の接合部の類型化と接合部の改良試設計

集成材ブレース構造の既往の事例を調査し、ブレース端部接合部についてせん断抵抗系(鋼板挿入DP接合など)と軸抵抗系(LSB接合など)に分類されること、汎用的なのは鋼板挿入DP接合であること、接合部に塑性変形要素を別途設けて靱性を確保する場合があること等を得た。

汎用的な鋼板挿入DP接合を対象として、前年度の接合部実験の結果に基づき、鋼板挿入DP接合部により靱性能が確保可能と想定される仕様を検討し、最下階、中間階、最上階の接合部仕様を設計

した。尚、塑性変形要素を別途設ける場合については、別課題にて検討を進めた。

## 2) 改良型接合部の終局性能検証実験

前記の接合部を含む2層試験体に対して、面内せん断加力実験を実施し、各部の破壊性状を把握し架構の終局性能を検証した。

## (4) CLT パネル工法の構造計算基準の合理化に関する研究開発

### 1) ルート2の適用を制限する事項に関する解析的検討

### 2) ルート2の適用制限を緩和したとき応力割増係数の検討

林野庁による補助事業「CLTパネル工法の構造計算関係規定更新に向けた技術的要件等検討事業」において、CLTパネル工法のルート2の適用範囲・規制緩和に関する検討（モデルプランに対する解析的検討に基づく耐力要素、接合部等に対する応力割り増し係数の算出など）が進められているため、同事業の検討内容について情報収集し、具体的な検討は見送った。

## (5) 中高層枠組壁工法の各種性能評価と普及に関する研究開発

### 1) 改良仕様に関する遮音性能の調査

6階建て枠組壁工法実験棟を活用し、遮音性能向上のための断面仕様等を検討して改良工事（乾式二重床構造、湿式浮き床、制振ダンパー、防振天井の施工等）等を行い、改良仕様における重量床衝撃音遮断性能、軽量床衝撃音遮断性能や固体伝搬音の伝搬特性を把握した。

### 2) 沈み込み挙動、開口部の水密性能、陸屋根の脱湿挙動の調査

6階建て枠組壁工法実験棟を活用し、沈み込み挙動、開口部の水密性能、陸屋根の脱湿挙動に関する測定を継続し、開口部の漏水は新たに発生しないことなどを得た。

## (6) 低層 CLT パネル工法の各種性能評価と普及に関する研究開発

### 1) 内部表し CLT パネルの寸法安定性、陸屋根施工時降水の脱湿挙動の調査

CLT 実験棟内の表しパネルの寸法変化の測定、陸屋根の防水層下部の脱湿挙動の測定を継続し、空調運転と寸法変化挙動の関係を明らかにした。

### 2) 片持ちバルコニーのメカノソープティブ変形挙動の調査

CLT 実験棟の片持ちバルコニーの設計荷重を載荷したときのクリープ変形挙動を測定し、一部は変形増大係数が2.0を上回る変形が発生していることを確認した。

### 3) 遮音性能の調査

CLT パネル工法実験棟の遮音性能向上のための断面仕様等を検討して改良工事（天井ボードの増し張り等）を行い、改良仕様における重量床衝撃音遮断性能、軽量床衝撃音遮断性能を把握した。また、床衝撃音発生時の天井面および壁面の振動測定を行い、壁からの放射音（側路伝搬音）の影響について把握した。

### 4) 仕様規定の適用制限の緩和の検討

垂れ壁パネルが付与されたフレーム要素の水平せん断試験を行い、単体壁の2倍程度の水平耐力があることを確認するとともに、解析モデルの適用性を確認し、垂れ壁寸法等をパラメータとした解析実施の準備を整えた。

また、直交壁が付与された水平抵抗要素の水平せん断試験を行い、単体壁の1.3~2倍程度の水平耐力があることを確認するとともに、解析モデルの適用性を確認し、直交壁との鉛直せん断剛性等をパラメータとした解析実施の準備を整えた。

さらに、上記2要素について、接合ボルトの鋼種を ABR490 から汎用性が高く廉価な SS400 相当材に変えたときの耐力を解析的に推定した。

## 2. 研究評価委員会（分科会）の所見（担当分科会名：材料分科会）

### 項目ごとの所見

- (1) 背景（目的・必要性）及び目標とする成果、成果の活用方法が国の方針や社会のニーズに適合して

（木造建築物の中高層化等技術に関する研究開発）

いるか。研究開発の計画が具体的に立案されているか。

- ①研究目的が明確であり、成果の活用方法についても、建築研究所らしい社会ニーズに応えられる目標が設定されており、高く評価できる。特に国産材の有効活用に繋がる木造建築物の構工法の多様化は、我が国の将来にとって重要なテーマである。
- ②木材利用の拡大・推進は国家施策の一つであり、本研究の内容は国の方針や社会のニーズに適合している。研究開発の計画は具体的に立案されている。
- ③背景及び目標である木材利用の拡大等は、国家政策のひとつであり、研究項目や研究成果の活用方法が国の方針や社会のニーズに適合している。また、研究開発の計画が具体的に立案されている。
- ④建築における木材利用の推進が国の方針に適合していることは、公共建築物木材利用促進法等の制定などからも明らかである。このような背景の中、建築研究所が中心となり、適切な技術的基準等を策定していることは、正しい流れであると考え。各研究項目も、具体的に立案されていると考える。
- ⑤木造建築物の中高層化等の推進は、国土の保全および地球環境の観点から重要な課題であり、本研究におけるこれらの建築物の安全性、居住性、耐久性などに関する成果およびその活用は国の方針や社会のニーズに適合している。また、研究開発の計画は具体的に立案されている。

(2) 他機関との関係等、効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が取られているか。技術的支援や普及のための活動等、成果の最大化のための取組がなされているか。

- ①他機関との連携は十分である。ただ、本分野に関して例えば、地方の大学や企業が実施している研究内容にも注視していただき、連携、アドバイスなど、日本ワンチームとしてのリーダーシップをとることに心掛けていただければ更に良いと感じた。
- ②研究開発は目標に向けて順調に進捗している。
- ③産官学など他機関との関係等、効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が取られている。また、技術的支援や普及のための活動等、成果の最大化のための取組がなされている。
- ④関係団体、大学、企業等、幅広く他機関と連携して研究を進めており、効率的な研究体制が取れていると評価する。また、コロナ禍であっても積極的に論文発表、技術指導、外部委員会への参加などを実施しており、技術的支援や普及のための活動等、成果の最大化のための取組がなされていたものとする。
- ⑤建築研究開発のコンソーシアム会員を通じて、産学の技術者、研究者と協力してPRISMの進捗内容等を検討するとともに、公益法人、大学、民間企業等との共同研らびに外部委員会との調整、国総研、国土交通本省等との連携をもとに研究を推進し、成果の最大化のための取組がなされている。

(3) 研究開発が目標に向けて順調に進捗しているか。

- ①順調に進捗している。技術的に細かな内容であるが、中高層の床工法（衝撃音低減）に関しては、現場打ちのコンクリートよりも、ALCパネルなどの工場製品を使った方が良いと感じた。
- ②研究開発は目標に向けて順調に進捗している。
- ③コロナ禍にもかかわらず、個々の研究課題は目標に向けて順調に進捗し、有意義な成果が得られている。
- ④コロナ禍であっても当初目標どおりに順調に進捗したと考える。
- ⑤各研究テーマについて、研究開発が目標に向けて概ね順調に進捗している。

#### 総合所見

- ①中高層木造建築物の普及、CLTを利用した新しい技術の開発など、重要な課題に対して明確な目標と成果の活用方策を定め、順調に研究開発が進められている。最終成果が楽しみな課題である。

- ②様々な木質複合部材総体の復元力特性の評価方法あるいはモデルを明確化し一般化できるとよい。陸屋根形式の構法に関しては防水、外装材料の耐久性の観点からディテールの工夫が必要と思われる。来年度に向けて接合部各種鋼材料の防錆処理方法の確立が重要。
- ③本技術開発は、国策に基づくと共に、社会的ニーズの高い課題である。関連する研究分野や研究課題も多岐にわたり、国内外の関連機関等との連携など研究体制の構築が必要となるが、研究体制や各研究課題の進捗状況は、当初の計画通りに実施され、中間年度である今年度の成果が得られたものと評価できる。
- ④研究着手時に比べ、建設市場での中高層木造建築物に関するニーズはさらに大きくなってきていると考えている。普及に向け、適切な技術的基準等の策定を推進して頂ければと考えている。
- ⑤本プロジェクトは、新規の木質系異種複合部材の評価、集成材ブレース構造の終局耐力設計法を含む集成材等建築物の構造設計マニュアルの汎用性拡大に関する研究開発、CLTパネル工法の構造計算基準の合理化および各種性能評価と普及に関する研究開発、中高層枠組壁工法の各種性能評価と普及に関する研究開発と多岐にわたり、これらの項目をすべて詳細に検討することは、限られた期間および予算の範囲では困難であるが、特に重要となる事項にスポットを当て、また関連機関との調整、共同により着々と成果が出されている。

#### (参考) 対応内容

##### ・(2) 研究体制①への対応

従来から地方の大学や企業が実施している研究内容にも注視してきたが、今後もより一層注視し、これまでも可能な範囲でアドバイスや助言などを行ってきたが、さらにアドバイスや助言を多く発信していくことに心がけたいと考えている。日本ワンチームとして協力体制を構築してより一層日本の技術力、開発力を高めていくようリーダーシップをとっていくことは各かではないが、必ずしも建研がイニシアチブをとることが喜ばしいと思っていないグループもあることに留意・配慮しながら、研究活動を続けていきたいと考えている。

##### ・(3) 進捗状況①への対応

中高層の床工法（衝撃音低減）に関しては、本課題における床衝撃音関係の担当者である音響の専門家と綿密に連携しながら、現場打ちのコンクリートのみならず、ALCパネルなどの工場製品で床を構成する方法も探していきたいと考えている。

##### ・総合所見②への対応

時間的、経済資源的な制約の中で、なるべく多くの種類の木質複合部材総体の復元力特性やモデルを明確化したいと考えている。また、防水、外装材料の耐久性の観点からの陸屋根のディテールの工夫のみならず、通気構造として木造陸屋根の耐久性を確保する方法を検討していきたいと考えている。時間的、経済資源的な制約の中で、接合部各種鋼材料の防錆処理方法の確立に取り組む余裕が生じれば、取り組んでいきたいと考えている。

##### ・総合所見②への対応

本課題の成果その他の技術情報に基づいて、中高層木造建築物の普及に向けた適切な技術的基準等の策定を、国総研や国交省本省とも連携して進めていきたいと考えている。

### 3. 評価結果

- A 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができる。
- B 研究開発課題として、目標の達成を概ね見込むことができる。
- C 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができない。