

# 「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 2 年 2 月 10 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）日本ツープ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、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かに実施し得ないものであり、当研究所のみが的確か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かに実施

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) 平成 31 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) 既往の木質系異種複合部材の性能と性能評価事例等に関する調査

木質系異種複合部材の技術開発事例を調査した結果、鉄筋挿入集成材、炭素繊維補強集成材等の評価事例が抽出された。鉄筋挿入集成材は短期と長期の曲げ性能の評価、炭素繊維補強集成材は曲げ、せん断性能とともに接合方法の提案とその性能評価に関する技術開発事例が収集された。

#### 2) 木質系異種複合部材の破壊モードの整理

鉄筋挿入集成材の曲げ破壊はほぼ引張側ラミナの FJ 部に起因すること、炭素繊維補強集成材は木部が破壊し、炭素繊維シートは破壊しないこと等を得た。

#### 3) 木質系異種複合部材の破壊の長期性能に関する試験法・評価法の検討

鉄筋挿入集成材、及び炭素繊維補強集成材の長期性能、木材—鉄筋の接着層の長期性能、集成材の長期性能に関する評価事例が抽出されたものの、それらの関係性の検討事例はあるものの、明確な評価方法は提案できていないことが把握されたが、構成要素の長期性能、品質に基づく部材自体の長期性能の試験法・評価法の構築の可能性が示唆された。

### (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) 既往の半剛節ラーメンフレームの接合仕様・設計内容の実態調査

既往の半剛節ラーメンフレームにおけるモーメント抵抗接合部の仕様を対象として、汎用される部材寸法、汎用される接合形式について設計内容の実態調査を行った。そのうち、引きボルト式モーメント抵抗接合部において、現状の低層に対する設計体系では軸力を考慮した曲げ性能の評価技術が確立されていなかったことが判明したため、軸力をパラメタとした実大曲げ実験と、軸力の変動によって変化し曲げ性能に影響する支圧面積をパラメタとした集成材の面圧実験を行い、評価方法を検討した。

#### 2) 集成材等建築物の構造設計マニュアル素案の制限緩和箇所の検討

集成材等建築物の構造設計マニュアル素案における適用範囲を緩和しうる可能性のある箇所について、学識経験者の意見を集約し、技術開発の方針を策定した。

### (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) 既往の中大規模木造ブレース構造の仕様と設計内容に関する実態調査

既往の中大規模木造建築物におけるブレース構造の研究開発事例等を対象として汎用される部材寸法や接合部の設計内容を調査し、大規模木造用のブレース断面は 180~270 mm×180 mm など

(木造建築物の中高層化等技術に関する研究開発)

が多く、通常のブレース構造では  $D_s > 0.55$  (S55 建告 1791 で示される木造の最大値) を超える場合が多いこと、公開されている研究データなどに基づいて設計されていることが多いこと等を得た。

さらに、汎用される仕様の鋼板挿入ドリフトピン式ブレースについて、既往研究において場当たりに指摘されていた終局時の耐力や変形能を決定する幾つかの要因を整理し、ブレース端の接合部に発生する2次応力の影響やドリフトピンが破断する破壊モードの変形能等を調べる実大接合部実験を計画した。

## 2) 中高層木造建築物におけるブレース構造への要求性能の整理

6階建て程度の中層木造建築物を想定し、ブレース要素や接合部に要求される耐力、変形能等について整理し、技術的課題を抽出し、ブレース端部の接合部の終局靱性の確保、複合応力に関する知見が不足していることなどが得られた。そこで、上記の実験計画に対応させて、ブレース端部接合部の軸方向加力試験及び複合応力下の耐力評価試験を実施した。

## (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) 既往の CLT パネル工法建築物のルート 2、3 の適用に関する調査

既往の CLT パネル工法建築物のうち、ルート 2、3 を適用した構造計算事例を収集し、ルートの適用条件や構造計算内容について実態調査を行い、整理した。

### 2) ルート 2、3 の安全性の比較に関する解析的検討

林野庁補助事業「CLT パネル工法の構造計算関係規定の拡充・合理化検討委員会」と連携して検討を進めた結果、一部の条件に対してルート 2 に適用される応力割増係数  $R_f$  が過大であることなどを得た。

## (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) 現行仕様及び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、遮音性能の測定時に障害となる開口の閉塞工事を行い、現行の仕様及び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個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) 内部表しの CLT パネルの吸放湿特性の調査

CLT パネル工法実験棟を活用して、室内に設置したプログラム式湿気供給システムによって加湿したときの吸湿量、吸湿速度等を温湿度センサ等により測定し、吸湿特性を調査する。吸湿状態から空調等を運転して放湿量、放湿速度等を測定し、放湿特性を調査した。

### 2) 吸放湿環境下における内部表しの CLT パネルの寸法安定性の調査

CLT パネル工法実験棟を活用して、湿気供給システムによる吸放湿過程における内部表し CLT パネルの寸法変化を測定した結果、パネル間の隙間は減少傾向にあるものの、パネル間の目違いは減少しないことが判明した。

### 3) 載荷時の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 パネル工法実験棟を活用して、温湿度変動下における片持ちバルコニー等のクリープ変形について測定を継続した結果、一部（玄関前の2階庇）で想定（設計）変位を超える変形が確認された。

### 4) CLT パネル工法における天井の仕様改良による床衝撃音遮断性能の評価

CLT パネル工法実験棟を活用して、天井の仕様を改良し、そのときの衝撃音遮断性能を測定し、その効果を検証した。

## 5) 低層 CLT パネル工法の仕様書規定素案の適用範囲拡大に関する検討

低層 CLT パネル工法の構造安全性を確保するための水平力の単位を 1~2 m の無開口壁を単位として設定していたが、鉛直荷重が作用したときの水平耐力の増分や連層壁となった場合の安全確保方を検討した。さらに、垂れ壁とその両端の袖壁を一体化したユニット、又は直交壁を含んだユニットの可能性を検討するため、それぞれのユニットに関する水平耐力を解析的に検討した。

## 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いるか。研究開発の計画が具体的に立案されているか。
- ①国産木材の有効活用、CO<sub>2</sub>低減の要請を受け、木質構造の用途拡大・規模拡大という国の方針、また木造建築物を好む国民のニーズに適合した重要な研究であり、これを達成するための数多くの研究開発目標や計画が立案されている。
  - 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いる。また、研究開発の計画が具体的に立案されている。
  - ④木質系材料の利用拡大は国の方針や社会のニーズに適合していると考える。研究開発の計画も、木質系材料を用いた安全性の高い建築物の開発を目指しており、適切な内容と考える。
  - ⑤本研究は、国家施策の一つである木材利用の拡大・推進のために必要となる木造建築物の中高層化等に際して、高強度・高耐力構造要素や部材等の適切な技術的基準を示すための技術的資料、知見を得ることを目的としたものである。目標とする成果が国の方針や社会的のニーズに適合しており、研究開発の計画は具体的に立案されているものと考えられる。
- (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木質構造に関連した協会、また建築学会をはじめとする学術団体との連携も密であり、研究成果を得られる体制が整えられており、高く評価される。
  - ②本研究は、協会、大学、企業等、国総研および国交省との連携が計画されており、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。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。
  - ③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外部機関との交流を積極的に行っており、市場での普及を見据えた研究開発となっている。性能の最適化だけでなく、業界からの市場価格の抑制などの要望にも応えた形での開発となっている。これらの活動により、成果の最大化を得ることができると考える。
  - ⑤産学の技術者、研究者と協力して、進捗内容等の検討がなされており、関連する一般社団法人、大学、建設会社等との共同研究を通じて技術開発の連携、基礎データの収集が行われ、効果的かつ効率的な研究体制がとられている。また、学会発表、講演会、シンポジウム、雑誌機関紙、技術指導、外部委員会出席等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予算の関係から、当初計画から一部の研究項目を除外しているものの、このことは研究全体に大きく影響するものではなく、ほとんどの課題が予定通りに進んでいると判断される。
  - ②研究開発は目標に向けて順調に進捗している。

- ③個々の研究課題に関して、有意義な研究成果が得られている。
- ④構造設計マニュアルの整備も進んでおり、順調に進捗していると判断する。
- ⑤各研究項目に関して、研究開発は順調に進捗しているものと考えられる。

#### 総合所見

- ①木造建築物の中高層化の開発は、国の方針や社会ニーズに合致した重要な課題であり、建築研究所として、社会を先導して研究に取り組むことは極めて重要である。研究計画や体制も十分に整えられており、中間段階としては申し分のない成果が導き出されており、高く評価される。最終成果が楽しい研究課題である。
- ②研究内容は構造分野の研究手法が多いように思われるが、材料分野の特徴を生かした実験研究的な検討も充実すると良い。特に（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」の検討に関しては、様々な木質複合部材総体の復元力特性の評価は実験結果からの単なるフィッティングではなく、複合体個々の要素材料の力学特性および構成条件を変化させた実験結果より、理論的な復元力特性を導出するという複合材料構成則の構築方法を一般化できるとよい。
- ③本技術開発は、木材利用を推進するという国策に基づく課題であり、社会的ニーズの高い課題でもある。関連する研究分野も多岐にわたり、研究課題も多く、実施に当たっては、国内の関連する外部機関等との連携のほか、すでに研究や実用化が先行して諸外国機関との情報交換等を含めた研究体制の構築が必要となるが、研究体制や各研究課題に関しては、当初の計画通りに実施され、今年度の成果が得られたものと評価できる。これら成果については、研究途中においてもその普及が急務である場合には、公表等が実施されることを期待したい。
- ④すでに CLT を用いた建築の普及は進んでおり、着実に目標を達成していると判断する。今後、合理的な研究開発体制のもと、木質系材料を用いた建築の普及も、さらに拡大するものと思われる。
- ⑤本研究に関しては、6つの項目が準備されており、いずれについても、H28 から 30 年度にかけて研究が行われているが、木質複合部材の性能評価法、集成材構造における終局耐力設計法、ブレース架構、CLT パネル工法におけるルート2の適用範囲拡大など、従来の研究を継続、補足するものおよび中高層建築における耐久性、居住性など積み残された課題について、中長期的に検討を行うものよりなり、各項目について成果は適切に達成されているものと考えられる。

#### (参考) 対応内容

##### ・総合所見②への対応

複合材料等の性能評価技術は、実験結果の評価に留まらず、構成要素の条件等から複合部材の性能が評価できるよう理論構築を試みる所存である。

##### ・総合所見③への対応

研究途中においても、その成果の普及に急を要するか否かに拘わらず、積極的に公表等を実施していく予定である。

### 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。~~