

「CLT等を構造材とする木造建築物の普及促進に資する設計法の開発」

(平成26年度～平成27年度) 評価書 (事後)

平成28年5月20日 (金)

建築研究所研究評価委員会

委員長 深尾 精一

1. 研究課題の概要

(1) 背景及び目的・必要性

欧米において既に一般化している木造建築物の構造方法の一つに、クロス・ラミネーテッド・ティンバー (以下、「CLT」と呼ぶ) を使用した構造方法 (以下、「CLT 構造」と呼ぶ) があるが、我が国では同構造に対する構造設計法が整備されていない。このような状況の中、我が国においても同構造を一般化することが国内外から強く求められており、CLT 構造に対する設計法を早急に整備する必要がある。

一方、諸外国では、ロンドン (イギリス) の木造9階建て集合住宅 (1階はRC造)、メルボルン (オーストラリア) の木造10階建て集合住宅 (1階はRC造)、バンクーバー (カナダ) の木造6階建て集合住宅などに見られるように、木造による中層建築物が多く建設されている。この背景には、「持続可能な森林経営が行われている森林を起源とする木材製品は環境に良い材料である」という考えがある。現在、我が国の森林蓄積量に対する年間伐採量の比率は約0.53%であり、OECD加盟国の平均1.28%を大きく下回る。このような中、農林水産省は「森林・林業再生プラン」 (平成22年12月) において、その基本理念の一つとして、「木材利用の拡大が、林業・山村の活性化、森林の適切な整備・保全の推進につながっていくことの国民理解の醸成に取り組む」ことを定めている。

木材を積極的な利用を実現する上で、紙・パルプ産業の次に木材消費量が多い建築分野が担う役割は大きく、既に一般化している木造の構造形式 (軸組構造、枠組壁工法) によって様々な用途と規模の建物を建てることができる基盤を整備することも重要である。

平成23年度から平成25年度にかけて実施した重点研究課題「木材の利用促進に資する中層・大規模木造建築物の設計・評価技術の開発」 (以下、「前研究課題」と呼ぶ) では、CLTに対する材料規格が整備されていなかったという状況の中、特定の仕様のCLTを対象として、材料の強度、接合部の性能、構面の性能、耐火性能に関する技術的な知見を実験と解析により収集した。また、軸組構造、枠組壁工法を対象として、木造建築物を中層・大規模化する際の技術的な課題について整理し、各課題を解決するために必要な技術的な知見を、実験と解析により収集した。

本研究課題では、前研究課題の研究成果を活用して、CLT 構造に対する設計法 (案) を作成するとともに、中層・大規模木造建築物の実務設計において利用することができる設計ガイドライン等を軸組構造と枠組壁工法について作成し、木造建築物の普及を促すための技術的な基盤を整備する。

(2) 研究開発の概要

前研究課題「木材の利用促進に資する中層・大規模木造建築物の設計・評価技術の開発」の研究成果を活用して、CLT 構造に対する設計法 (案) を作成する。また、中層・大規模木造建築物の実務設計において利用することができる設計ガイドライン等を軸組構造と枠組壁工法について作成し、木造建築物の普及を促すための技術的な基盤を整備する。

(3) 達成すべき目標

- 目標 1. CLT の基準強度と許容応力度の検討に資する技術資料
- 目標 2. CLT 構造に対する構造設計法案
- 目標 3. CLT 構造の燃えしろ設計法案
- 目標 4. 軸組構造による中層・大規模木造建築物に対する構造設計ガイドライン原案
- 目標 5. 枠組壁工法による中層・大規模木造建築物に対する構造設計ガイドライン原案
- 目標 6. 大規模木造建築物の防火設計マニュアル

(4) 達成状況

目標 1. 中層・大規模木造建築物に使用する新しい木質構造材料として、日本農林規格に定める仕様の CLT を対象として、強度と弾性係数、並びに、長期許容応力度と短期許容応力度の比、及び、変形増大係数を実験により求めた。また、CLT の強度等をラミナの強度と構成から計算によって求める方法を定め、日本農林規格に定める仕様の CLT についてその妥当性を検証した。以下に具体の成果を示す。

- ① CLT の曲げ、圧縮、引張り、せん断、めり込み、座屈、面内せん断の強度と弾性係数をラミナの強度と構成から計算によって求める方法を定め、日本農林規格に定める仕様の CLT に対して行った実験の結果と比較し、同計算法が妥当であることを確認した。同成果は、CLT に対する基準強度を定める際の技術資料として活用された。

(注) 圧縮、引張り、せん断については共同研究の一環として森林総合研究所にて実施。

- ② 日本農林規格に定める仕様の CLT について、長期許容応力度と短期許容応力度の比、並びに、変形増大係数を実験により求めた。実験の結果、同仕様の CLT については、長期許容応力度と短期許容応力度の比、並びに、変形増大係数は製材や集成材と同じとみなしても大過ないことを確認することができた。同成果は、CLT の長期及び短期に生じる力に対する許容応力度を定める際の技術資料として活用された。

目標 2. CLT 構造の実大構造実験、各種要素実験及び解析を実施し、CLT 構造に対する構造設計法(案)を平成 28 年 3 月までに作成した。同成果は、CLT の構造設計法に関する法令を制定する際に活用された。また、建築研究資料等に取りまとめる予定である。以下に具体の成果を示す。

- ① 引きボルト接合を主体とする 5 階建 CLT 構造及びビス接合を主体とする 3 階建て CLT 構造の実大振動台実験や各種構造実験を実施し、地震時の破壊性状を確認した。また、限界耐力計算による応答予測値との検証を行った。同成果は、CLT の構造設計法に関する法令を制定する際に活用された。
- ② タイダウン接合を主体とする CLT 構造について、構造モデル化の方法を提案した。同成果は、CLT の構造設計法を検定する際の技術資料として活用される予定である。

目標 3. 特定仕様の CLT・LVL・集成材パネルについて、燃えしろとなる炭化速度を実験により求めた。また、防火被覆による燃えしろの低減効果を実験により求め、構造材の燃えしろ寸法を低減する効果を定量的に把握し、設計法を作成した。同成果は、平成 12 年 建設省告示第 1358 号、平成 27 年 国土交通省告示第 253 号で燃えしろとして活用された。以下に具体の成果を示す。

- ① 特定仕様の CLT・LVL・集成材パネルについて、燃えしろとなる炭化速度を実験により求めた。実験の結果、同仕様の CLT については、樹種・接着剤・ラミナの厚さ・パネル構成を限定することにより接着剤の種類による壁・床・屋根の燃えしろを設定することができた。LVL・集成材パネルについても、壁・床・屋根の燃えしろを設定することができた。

目標 4. 引きボルト式接合による集成材構造による中層木造建築物及び木造と RC 造の平面混構造の構造設計法に関する設計ガイドライン原案を作成し、その設計事例を整備した。これらの成果は、同構造形式の中層・大規模木造建築物を設計する際に活用される予定である。以下に具体の成果を示す。

- ① 3 階建(準耐火)、4 階建(1 時間耐火)、5 階建(2 時間耐火)の引きボルト式接合による集成材構

造に対する設計事例を取りまとめ、引きボルト式接合による集成材構造による中層木造建築物に対する構造設計ガイドライン原案を作成した。同成果は、同構造形式の中層・大規模木造建築物を設計する際に活用される予定である。

②木造とRC造の平面混構造の構造設計法に関する設計ガイドライン原案を作成し、その設計事例を整備した。同成果は、同構造形式の中層・大規模木造建築物を設計する際に活用される予定である。

目標5. 開口低減係数を用いた壁耐力の評価方法の高耐力壁への適用の妥当性を確認するための実験と解析を行い、技術資料を作成している。2016年3月に竣工した枠組壁工法6階建て実験棟は、上述の成果を用いて設計されている。また、同成果は今後、枠組壁工法構造設計指針等に反映される予定である。

①開口低減係数を用いた壁耐力に対する評価方法が高耐力の耐力壁について適用可能であることを追加実験の結果から確認した。また、海外の中層枠組壁工法に用いられるタイダウン接合の構造性能評価方法を取りまとめた。

目標6. 大規模準耐火構造の防火設計マニュアルとして、木造三階建て学校の実大火災実験、教室実験、上階延焼評価実験、部材実験により得られた知見を整理し、建築研究資料にとりまとめ中である。以下に具体の成果を示す。

①大規模な準耐火建築物に係る防火設計マニュアル原案を作成した。日本建築センターから出版の予定である。同成果は、大規模な準耐火建築物を設計する際に防火設計マニュアルとして活用される予定である。

②CLTの防火被覆、貫通部、防火設備設置部等の防耐火性能に関する技術資料を取りまとめた。また、防火被覆による燃えしろの低減効果についても技術資料を取りまとめた。同成果は、大規模な準耐火建築物を設計する際に活用される予定である。

③防火被覆による燃えしろの低減効果を実験により求めた。部位に要求される防火被覆としては不足するものの、内装制限、耐久性の向上、断熱、意匠等の観点から、設ける材料による構造材の燃えしろ寸法を低減する効果を定量的に把握し、設計法を作成した。また、有効に被覆されている場合として燃えしろをとらなくてもよい条件について実験的に確認した。同成果は、防火設計マニュアルとして、また、平成12年建設省告示第1358号、平成27年国土交通省告示第253号で燃えしろを低減する方法として活用される予定である。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見と建築研究所の対応（担当分科会名：材料分科会）

（1）所見（材料分科会：主務分科会）

- ① CLT構造の一般化に向けた設計法（案）の作成と、中層・大規模木造建築物の普及に資するガイドライン原案等の作成に関して、十分な成果が得られていると判断できる。
- ② 目標とした成果を達成しており、建築研究所の研究成果として十分に評価できる。
- ③ 本研究課題は、事前に設定されていた目標を達成されたものと評価できる。
- ④ それぞれのサブテーマに対して3つずつの目標を設定した結果、当初目標とした研究成果が得られたものと評価できる。この開発の成果は、CLT等を構造材とする木造建築物の普及促進に役立つものと期待される。
- ⑤ CLTや木造に関連する諸団体や大学との連携体制の下に、所期の目的を達成する幅広い成果が得られており、それらの成果を数多く公表している。
- ⑥ 2年間の成果として、申し分のない成果が挙げられている。
- ⑦ 本研究の成果は、多数の内外における学会大会及び国際研究集会等における口答発表、雑誌、機関誌等による公表が行われており評価される。また、本研究成果は、技術基準等の建設行政に活用されており評価される。外部機関との連携は適切であると評価される。
- ⑧ 研究成果の国際会議も含めた学術的発表状況ならびに構造関係法令・告示への反映や設計マニュアルの

作成など、十分になされていると評価できる。外部機関との連携についても評価できる。

- ⑨ 計画段階から、幅広く盛り沢山な内容が含まれている課題であったが、関連する材料、構造および防火の各分野において、多数の有益な成果が得られており、それらの成果が告示、ガイドライン、指針、マニュアル等に反映されている。建築研究所の存在意義を示す有益な成果であり、残された課題を継続的に解明して、木造建築物の普及推進に対する大きな展開を期待したい。
- ⑩ 幅広い分野について2年間で貴重な成果が得られており、素晴らしい成果といえる。CLT を活用した木造建築物に関しては、開口部、外装仕上げ、防水および建具などの構工法の開発も重要であると考えられる。今後、普及のための研究や施策を期待する。
- ⑪ 本研究課題は、CLT 構造に対する設計法（案）を作成するとともに、中層・大規模木造建築物の実務設計において利用することができる設計ガイドライン等を軸組構造と枠組壁工法について作成し、木造建築物の普及を促すための技術的な基盤を整備することを目的としている。CLT については多数の材料強度実験、構造実験、振動台実験及び耐火性能実験が行われ、これらに基づいて部材の設計、構造設計及び防耐火設計に関する検討が行われ、その成果は、材料強度、CLT 構造及び燃えしろ設計に関する技術基準の策定等に活用されており評価される。本研究は、当初の目的を達成したものと評価できるが、現行の基準では使用できるCLT の種類および工法が限定されており、今後これまでの研究成果を活用するとともに、新しい知見を得ることにより、CLT の評価及びこれを用いた構工法の合理化を行うための技術資料の整備が必要となる。また、中層・大規模木造建築物の設計ガイドラインについては、研究成果を今後どのように実務設計に活用させるかの検討が必要である。
- ⑫ このプロジェクトで開発された新しい木質材料であるCLT とそれを用いた設計法が、一般に広く普及することが期待される。それを推進する様々な施策の実施が望まれる。

(2) 所見（構造分科会：関係分科会）

- ① CLT 構造の設計法確立に向けた構造設計法案の策定および構造設計ガイドライン原案の整備については、目標を達成したと評価できる。
- ② 新たな技術の普及を担保する重要な研究であり、建研らしい成果となっている。
- ③ 外部機関との連携については、確実に履行されていると評価できる。
- ④ 査読論文が少ないが、構造設計法（案）や告示として還元されており、十分な成果である。
- ⑤ CLT 構造は、枠組壁工法の特殊解のようにも思うが、両設計法の関連についての説明があるとよい。
- ⑥ CLT 構造の定義・適用範囲については、CLT 構造材同士だけでなく、他の構造部材との組合せによる構造も適用範囲として取り扱うことが望まれる。
- ⑦ この種の研究開発は建築研究所ならではのものであり、産業界と良好な連携関係を持って推進することが期待される。
- ⑧ CLT に偏ることなく、広く木造建築物の普及促進に努めていただきたい。

(3) 所見（防火分科会：関係分科会）

- ① CLT 等の基準・告示整備の基盤となっており、広範囲にわたり、精緻な研究成果をあげたと評価できる。
- ② 大規模木造の今後の技術的発展の基盤とするためには、実験等についてより詳細なドキュメンテーションを行い、工学的な分析を深め、更に普及に向けて必要な研究には今後も取り組んで欲しい。
- ③ 今後、個々の部材の性能、異なる部材の接合部とか、もえしろと防火被覆の取り合い部、隅角部や出隅部分の性状について標準加熱曲線とは異なる条件の検証も必要である。
- ④ 火災安全性を担保できる設計式等の提案につなげて欲しい。

(4) 対応内容

材料分科会所見⑨～⑫に対する回答

関係機関と協力して、材料、構造、構工法の課題を継続的に解明し、CLT 建築物の普及促進に資する研究を継続して行う予定である。

構造分科会所見⑤に対する回答

平成 28 年度に作成予定の CLT 工法の設計施工マニュアルにおいて、CLT 工法の特徴等について解説される予定である。

構造分科会所見⑥、⑧に対する回答

平成 28 年度からの研究課題で、中高層木造軸組耐力壁構造、中高層枠組壁工法や各種木質構造と RC 造や S 造との混構造に関する設計技術に関する検討を行う予定である。

防火分科会所見①②に対する回答

研究により得られた知見について分析し、関係協会等と連携して、CLT の普及に向けた解説書等のとりまとめを行って参りたい。

防火分科会所見③に対する回答

実際の火災では標準加熱曲線とは異なる温度を示すことがあるが、従来の知見で問題ないと判断している。但し、CLT 部材の燃えしろ設計において、このような火災に対する耐火性能の確認も、今後行って参りたい。

防火分科会所見④に対する回答

防火被覆による燃えしろの低減効果を含め、火災安全性を担保できる設計式等の提案につなげて参りたい。

3. 全体委員会における所見

材料と構造と防火にかかわる非常に膨大な目標を掲げ、内容がたくさんあったが、驚くほどしっかりと成果が出ている。技術資料等にも成果が反映されているため、分科会の評価を支持し、全体委員会の評価としたい。

木構造全体の中の位置づけで考えてほしい。防火面でも今後も相互にバックアップ等協力していきたい。全く新しい工法なので開口部や外装仕上げ等々、ある程度ディテールに踏み込んだところの検討等を継続してほしい、という意見があった。

4. 評価結果

- A 本研究で目指した目標を達成できた。
- B 本研究で目指した目標を概ね達成できた。
- C 本研究で目指した目標を達成できなかった。