

## CLT 構造物を他工法並みにする技術開発

試験研究計画名：CLT を使った構造物の施工コストを他工法並みにする技術開発

地域戦略名：他工法に並ぶ施工コストの達成による CLT を使った構造物の建設需要と CLT 生産の拡大

研究代表機関名：(国) 東京農工大学

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

ヨーロッパを起源とする新しくて大きな面材である CLT (Cross Laminated Timber、直交集成板、写真 1) は、その部材寸法や材料強度といった優位性から、我が国においても低層の小規模建築物にとどまらず、中高層の大規模な建築物等への利用が大きな割合を占めるようになるものと期待されます。森林資源の循環利用を推進していく上でも、この木材を大量に使う CLT を使った構造物に大きな期待が寄せられていますが、その安定的・効率的な供給体制の構築や利活用を進めるための体制作りが喫緊の課題となっています。その中でも特に、鉄筋コンクリート (以下 RC) 造や鉄骨 (以下 S) 造で建てられてきた中高層建築物や、防火地域内の建築物に CLT を利用するには、建築基準法に定められた厳しい防火規制を満たす技術の開発・整備が求められており、その上でコスト競争力を付けなければなりません。

CLT を使った構造物の施工コストを他工法並みにするには、CLT の特徴を活かした建設施工技術の合理化や新たな技術開発が必要です。耐火性、耐久性を十分に満たすことはもちろん、これまでほとんど主張されることがない環境影響等も含めた総合的な評価によって、他の材料による工法との優位性比較を行い、その得失を精査する必要があります。

以上の観点から、本研究課題では、耐火性能を満足する技術を開発した上で、CLT を使った建築物の施工コストを他工法並みにする道筋をお示しします。



写真 1 CLT



写真 2 CLT 建築物の施工現場状況

技術体系の紹介：

1. CLT を使った中高層建築物等に求められる耐火性能を確保する技術

5 階建て以上の建築物にも CLT 部材を使用するために必須となる耐火性能を満足させる、国産スギ CLT を用いた 2 時間耐火の壁、および 30 分耐火の屋根・階段を開発しました。

CLT 構造の外壁については、ニーズの高い外装仕上げ（4 種類：軽量気泡コンクリート、窯業系サイディング、金属サンドイッチパネル、モルタル塗）と強化石膏ボードにより被覆した CLT 外壁などについて実大の 2 時間耐火試験により耐火性能が担保できる断面構成を明らかにしました。また、壁内コンセントボックス内部および裏面の断熱改修や、配管貫通部・開口部における CLT 木口面の被覆補強などの措置により安全性を確保しました。



写真3 耐火試験の様子

表 1 性能評価試験に合格した部材とその被覆構成

外壁①	屋外側：耐水強化石膏ボード 21 mm + 同 15 mm + 軽量気泡コンクリートパネル 35 mm
外壁②	屋外側：耐水強化石膏ボード 25 mm + 軽量気泡コンクリートパネル 50 mm (屋内側は外壁①、②いずれも、強化石膏ボード 21 mm × 3 枚 + グラスウール 25 mm)
間仕切壁	強化石膏ボード 21 mm × 2 枚 + 同 15 mm
屋根	強化石膏ボード 21 mm + グラスウール 50 mm
階段	段板上面：強化石膏ボード 12.5 mm + 同 15 mm、蹴込板：強化石膏ボード 21 mm、 裏面：強化石膏ボード 25 mm、※目地処理あり・段板角にアルミテープ張り

## 2. CLT 構造物の施工コスト要素分析

CLT 建設現場のパネル設置工事作業状況の調査と、施工担当実務者を始めとする工事関係者や CLT パネル製造工場へのヒアリングを行い、CLT の施工上の課題を明らかにしました。また、CLT を使った建築物のコスト構造について分析を行い、低減可能なコスト要因の絞り込みを行いました。そのなかでコスト感度の高い要因を明らかにし、コスト要因に応じた低減策を整理しました（表 2）。

それと同時に、CLT を使った構造、RC 造、S 造による試設計および積算結果について、内装材、外装材等の必要条件や、現場での工期に影響を与える要素について精査しました。これらの結果から、耐火関連のコスト削減が課題であることもわかりました。

表 2 コスト要因分析結果と低減策の整理

コスト感度の高い要因	低減策
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報管理不足による冗長作業</li> <li>・ パネル寸法種類、加工パターンが多いことによる加工工程の増大</li> <li>・ 加工数が多い</li> <li>・ 現場の敷地が狭い場合の現場内搬送の非効率</li> <li>・ 高い CLT 精度とそれに比べ低い建方精度のギャップを埋めるための工程が多い</li> <li>・ 接合数（例：ビスの数、接合金物数）が多いことによる接合工程の増大</li> <li>・ 雨養生および降雨による工期増大</li> <li>・ 耐火材取り付けによる作業工数増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ BIM を活用した情報管理</li> <li>・ 規格部品を用いたモジュールとパネル割</li> <li>・ 加工数を減らした施工方法（接合方法、玉掛け・楊重方法の工夫）</li> <li>・ 高度な情報管理と建方手順を考慮した搬送</li> <li>・ 建方誤差吸収箇所の集約と建方手順の最適化</li> <li>・ 接合数の低減</li> <li>・ 接合治具の工夫</li> <li>・ 建方手順を工夫することによる雨養生の低減</li> <li>・ 耐火材の先付けによる現場作業工数の削減</li> </ul>

### 3. 他工法と同等のコストの実現に応える技術

CLTを1階の耐力壁として用いる工法では、RC造基礎立ち上がり部のアンカーボルトにCLTパネルを落とし込んで施工します。このため、基礎から立ち上がるアンカーボルトとCLT側に開けられた穴の位置にズレがある場合には、CLTの固定に手間取り、工期に多大な影響を及ぼす要因となっています。そこで、施工方法の改良を目的に、基礎施工精度の影響を受けにくい「逆差しアンカー工法」をCLT用に開発しました。この工法はRC造基礎立ち上がり部にφ75mm程度の穴を開けておき、CLT側に引きボルトを設置して落とし込み、後から無収縮グラウトモルタルを注入するものです（図1）。実大試験体による逆差し部の引き抜き性能試験を行うことで、従来の引きボルト仕様と同等の強度性能があることを確認するとともに、施工実験（写真4）を行い実際に施工性が良いことも確認できました。

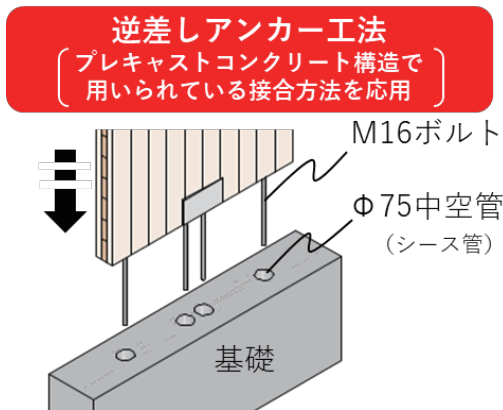


図1 逆差しアンカー工法



写真4 CLTパネル工法の施工試験建物

また、建物全体での施工合理化を計るために、使用するCLTサイズの合理的な標準化や共通化、CLTの強度特性がフルに発揮できる部位への集中利用など、コスト低減を可能とする要素を踏まえて、全体設計の見直しも行いました。その具体的検証の一つとして、4階建ての集合住宅（想定延床面積680㎡）を対象に、図2のような鉄骨梁を併用した試設計を行い建設にかかるコストを精査したところ、次項に示す成果が得られました。なお建物全体の施工コストは、建設規模や工法、地盤の特性、防火規制の区域指定、CLTの使用方法など、さまざまな要因に大きく左右されるため、物件ごとに異なる中での一事例であることにご留意ください。

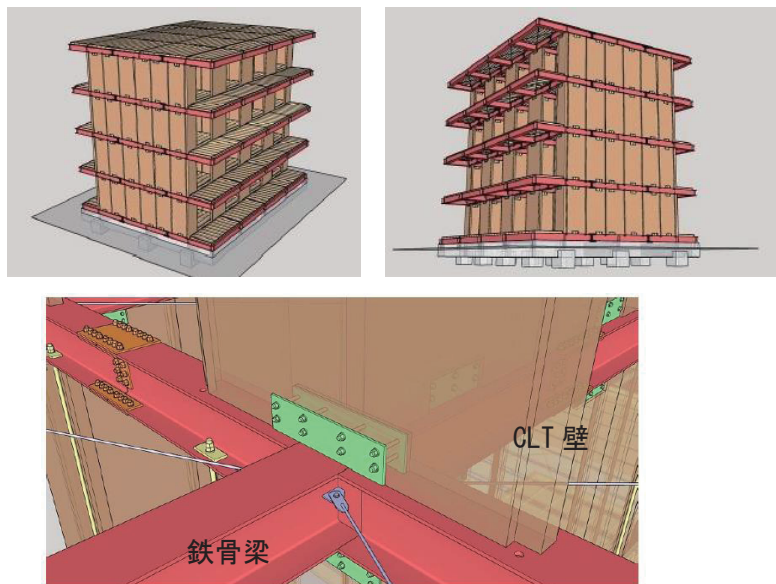
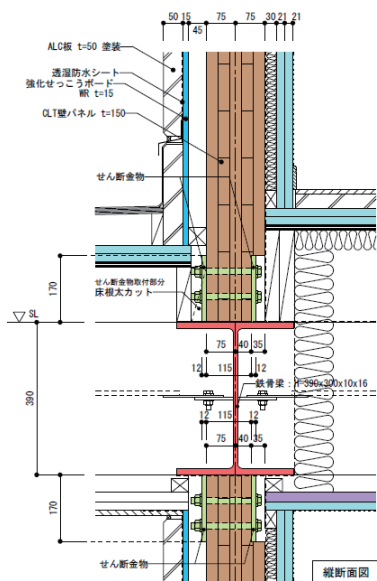


図2 鉄骨梁を併用したCLT建築物の設計仕様の詳細例（CLT壁パネル直交部分屋外側）

## 技術体系の経済性は：

### 経営改善効果

CLTの製造コスト低減による効果に加え、施工方法の改良、あるいは鉄骨梁を併用した構法とすることにより、当初は90万円/坪程度であったCLT建築物の施工コストをRC造(75万円/坪)並にまで低減できる見通しがつかしました。また、環境への影響を考慮した外部コスト(環境負荷量から得られる社会コスト)と内部コスト(工事価格)を合わせたフルコスト評価(図3)では、鉄骨梁を併用した場合には、鉄筋コンクリート造のフルコストの11.6%増まで下げられる試算結果になりました。CLT工法は新しい工法ですので、今後の建築実績の増加に伴い、この差はさらに縮まっていくものと予測しています。

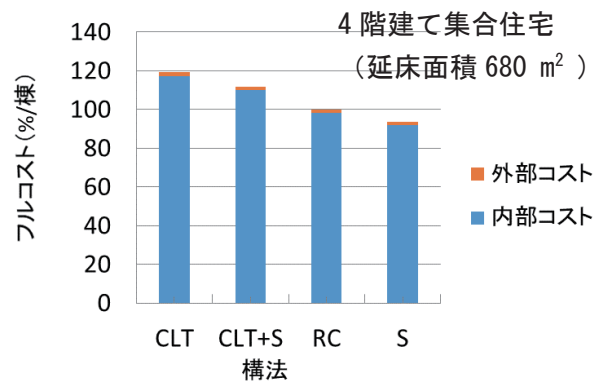


図3 構法別のフルコスト  
(RCのフルコストを100%として比較)

### 経済的な波及効果

日本国内の豊富な森林資源を将来に渡って安定的に循環供給させ、国土保全と各地域の林業・木材産業の活性化を両立させるためには、新技術による市場での競争力獲得を通じた木材の需要拡大が不可欠です。その可能性が最も高い木質材料は木材を大量に使うCLTです。木造建築が、公共建築物にとどまらず、民間事業用の中高層建築物などにも展開されるようになれば、国産材利用の絶対量が増えるので、林業・木材産業も潤います。これまで検討されてきた耐震安全性に加えて、耐火安全性を確保し、建設工事の合理化により他材料を使った工法並みの施工コストが見込めたことにより、国内、さらには海外の建設市場での大量需要につながることも期待できます。

### こんな経営、こんな地域におすすめ：

本事業の成果は、全国のスギ等国産材を用いたCLTを使って構造物を建設しようとする発注者・設計者・施工業者、CLTの製造に係わる林業経営体、森林組合などで活用されることを意識して、取り纏めています。建物をどの材料で造るかの最終決定は施主の判断となりますので、CLTの普及を推進するには、建設関係者のみならず施主へのPRも行うことが必要です。

### 技術導入にあたっての留意点：

CLTに限らず、木材を構造体に用いた中高層建築物を実現するためには、耐火性能を国土交通大臣認定の仕様の通りにすることが条件となります。CLT協会が取得した大臣認定部材の使用希望者に対しては、「認定書の写し」の発行の前提としてCLT協会等の講習会受講を課し、火災安全性が担保された適切な施工がなされるような運用を想定しています。

研究担当機関名：(国) 東京農工大学、(研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所、(一社) 日本CLT協会、(研) 建築研究所、(株) 竹中工務店、清水建設(株)、三井住友建設(株)、(国) 東京大学、(学) 立命館 立命館大学

お問い合わせは：国産材CLT普及促進コンソーシアム事務局  
( (研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 内 )  
E-mail SEIZO\_Cost\_PJ@ml.affrc.go.jp

執筆分担 ((研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 新藤健太、上川大輔、宇京齊一郎、野田康信)