

小規模建築物への CLT の活用方法に関する考察

－ 木造パッチワーク構法の提案と成立可能性の検討 －

○日大生産工（院） 高橋 謙太
日大生産工 岩田 伸一郎

1. はじめに

林業の衰退を背景に、国策^{*1}で木材自給率向上が掲げられ、それに貢献する新しい建築材料としてクロス・ラミネイティド・ティンバー（以下：CLT）が注目を集めている。CLT はひき板を直交方向に接着し重ね合わせた大判のパネルを示し（図1）、平成26年1月にJASに制定された。構法としては接合具のシンプルさや、パネルを立ち上げるだけで壁や床となることによる施工の速さ、RC造などと比べた場合の軽量性、建築材料としては、間伐材やB材などの余った材を有効活用できることが利点として挙げられる。

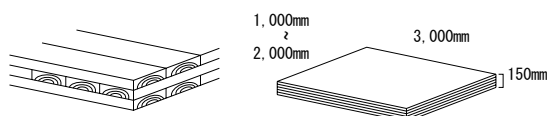


図1. 現在主流のCLTパネル

活用対象は、パネルの大きさを生かした中大規模建築物への実用化事例が多く、諸外国では日本に先駆けて多数実用化されている。一方、国内では、パネルの製造に大型のプレス機が必要であり、製造ライン導入に莫大な費用がかさむことや今後の需要見通しが少ないことから、製造可能なメーカーが少ない（現時点で3社のみ）など多くの課題が残る。

本研究では、国内での需給に見合ったCLTの活用方法として、都市圏に需要が集中する中大規模建築物ではなく、住宅等の物件数の多い小規模建築物への活用が望ましいと考え、既存のCLTパネルよりも薄く、小規模ユニット化したパネル（以下：小規模CLT）を用いて、小規模建築物へのCLT活用と新構法の提案を行う。CLTパネルを小規模化する利点として、①パネル製造に大規模な機械設備が不要となる。②地方の小規模な工務店でも製造可能となり、地域産材の活用を促進できる。③人力で運搬可能となり、大型重機の必要がなくなるなど、多くの人々が使用可能な構法かつ容易な製造が可能となる。

本稿では、小規模CLTを用いた新構法の提案と成立可能性の検討を目的に、「標準問題の建物モデル^{*2}」を用いて新構法の住宅モデルを設定し、その

特徴や有用性に関して考察を行う。また、ツーバイフォー構法の実用化事例^{*3}と比較し、新構法の相対的評価を行う。

現在のCLT研究においては、主流である大型パネルを用いた構法のパネル強度や耐火性能、耐震性能などの実験成果の報告が大多数を占めている¹⁾。一方、本稿では、CLTの新たな活用方法として、小規模パネル化の提案とそれを用いた構法提案によるCLTの新たな需要創出と、CLT普及を目的とした新たな取り組みである。

2. 新構法の提案と本稿の位置付け

2-1. 新構法：木造パッチワーク構法

小規模CLTの施工方法に関しては新たなアイデアとして、図2に示すようにパネルを厚さ方向にずらして積層し壁を構成する。このような構造体は他に類を見ない新しい構法であり、パネルを継ぎ接ぎする特徴から木造パッチワーク構法（以下：本構法）と名付ける。

従来のCLT構法は1m×3m以上の大型パネル1枚で壁を構成するのに対し（以下：従来構法）、本構法では小規模パネル数枚を厚さ方向に積層することで壁を構成する。従来構法のパネル1枚の構成では、高剛性面材として水平力に耐えることから、水平力を受けた際に面材端部に力が集中し、端部に重厚な金物を必要とする。一方、本構法では、パネル数枚を積層する構法とすることで、厚さ方向、幅方向での力を分散し受け流すことが期待できる（図3）。

図4^{*3}には標準的な面材の釘の数の変化による壁倍率の違いを示している。これより本構法の壁は接合金具の間隔や数を調整することで、強度が必要な箇所には接合金具数を増やし強度を上げ、その他は緊結に必要な数だけにするなど壁倍率を調整することが可能である。

2-2. 本稿の位置付け

従来構法並びに本構法は国内の現行法規においては実現できないため、新たな法整備が求められる。そして現在、木質構法に新たな構法として「板工法」

Consideration about the Inflection Method of CLT to a Small Building
－ Suggestion of the Wooden Patchwork how to Structure and Examination of the Establishment Possibility －

Kenta TAKAHASHI

を加える検討がされている（表3）。板工法が認定されると、従来構法並びに本構法は国内での実現が可能となり、本研究は将来の法整備を見据えて取り組んでいる。

本研究の最終的な目標は実験棟の作成と実証実験であり、この目標に向けて表2の研究フローを組んでいる。本稿での取り組みは「パネルサイズの決定」を目標に、フロー1：構法的検討として、壁のパネル配列方法や開口の開け方などの設計計画の観点から最適なパネルサイズを検討する。本来、建物一棟の設計をする上では、屋根・床・壁・基礎などの詳細まで設計しなければならないが、本構法では、壁を除くその他の部分については小規模CLTを用いる利点が少ないと予想されるため、他構法（ツーバイフォーの床組など）のハイブリッドを想定している。本稿では、壁を除くその他の部分は扱わず、壁組みのモデルを考察対象とする。フロー2：構造的検討は別件*4で進めている。

2-3. パネルサイズと壁構成の検討

パネルサイズと壁厚・パネルの重ね方・開口部の壁構成において考慮する点を以下に示す。

【パネルサイズ】

○縦横のパネル寸法は材料の汎用性を考慮し、既存住宅モジュールに多く用いられる尺貫法に基づいたサイズとしている（表1）。

表1. 既存パネルと提案パネルのサイズ比較

	既存パネル	提案パネル
ひき板	30mm × 5層	12mm × 3層
よこ	2,000mm	910mm
たて	3,000mm	1,820mm
厚さ	150mm	36mm
質量	約200kg	約20～25kg

表2. 本研究全体のフローと本稿の位置付け

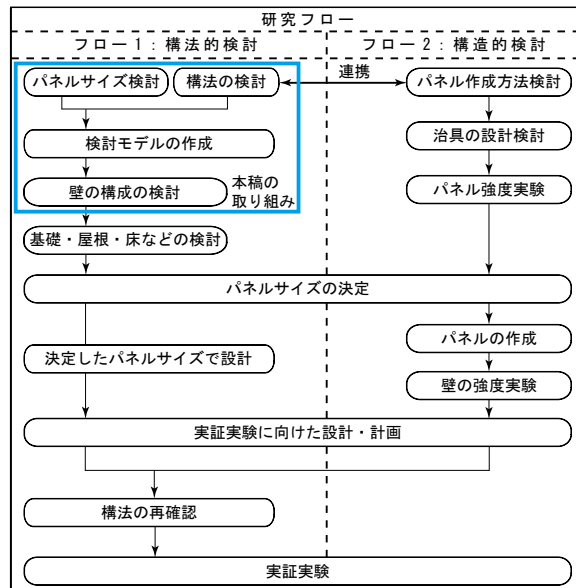


表3. 木質構法の分類

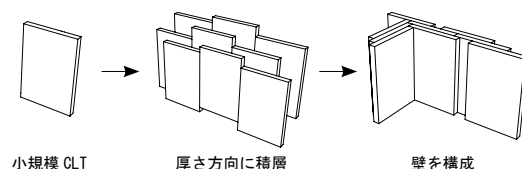
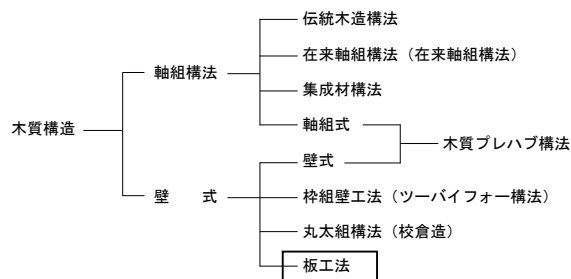


図2. 本構法の施工方法の概念図

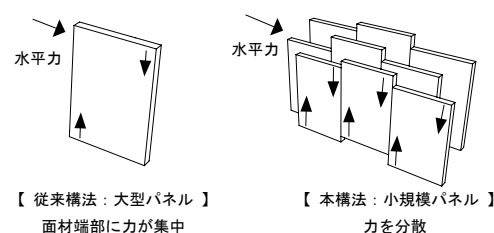


図3. 水平力に対する力の流れ

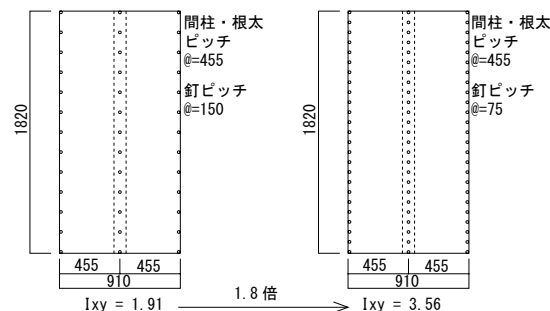


図4. 標準的なサイズの面材の釘配列諸定数

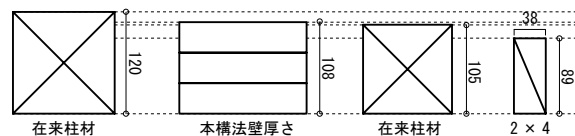


図5. 既存木質構法と本構法の寸法比較

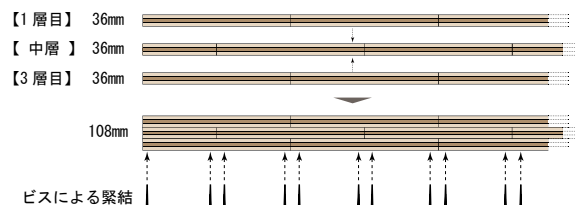


図6. 本構法の壁面の構成

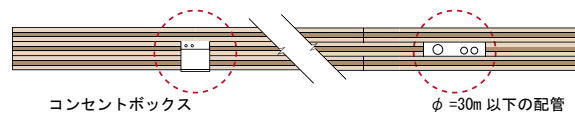


図7. 配線・配管スペースの確保

○人力（1人～2人）で運べる質量とする。

【 壁厚 】

○構造強度の観点から、既存木質構法の構造材の寸法と差異を少なくするため、36mm 3層を重ねた108mmの壁厚とする(図5)。

【 パネルの重ね方 】

○壁厚さ方向に積層する場合、各パネルの緊結や壁としての強度を出すために、各層の目地をずらす必要がある（図6）。そこで各層の関係性として、中層の目地を、1層目・3層目とずらすことで、各パネルの緊結と壁としての強度の確保を可能にしている。

○パネルを部分的にずらすことで、配線や配管のスペースを自由に確保することができる（図7）。

【開口部】

○パネルを継ぎ接ぎして作られた壁を一枚の大きな壁と捉え、自由に開口の位置を選択できる。

これらの項目を総合的に検討し、パネルサイズと壁の構成を決定している。

3. 研究方法

3-1. モデルの設定

環境工学分野で熱負荷計算等に広く用いられている標準問題の建物モデル*2を用いて本構法の単層モデルを設定し(図8)、特徴を考察する。

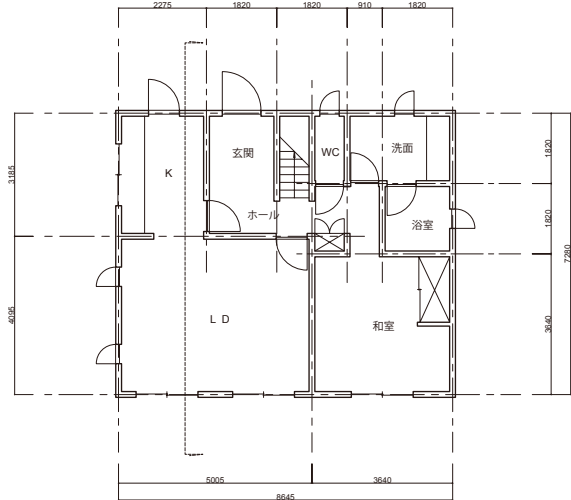
3-2. ツーバイフォーとの比較

本構法を相対的に評価することを目的に、ツーバイフォー構法の実用化事例^{*5}との比較を行う(図9)。実例図面を基に本構法で再設計し、壁構成の部材点数の差や、使用する接合金具の種類など、施工性の観点で比較する。

4. 本構法の評価と考察

4-1. 壁面構成の考察

【 標準問題の建物モデル 1F PLAN 】



【 本構法 1F モデル：アクソメ 】

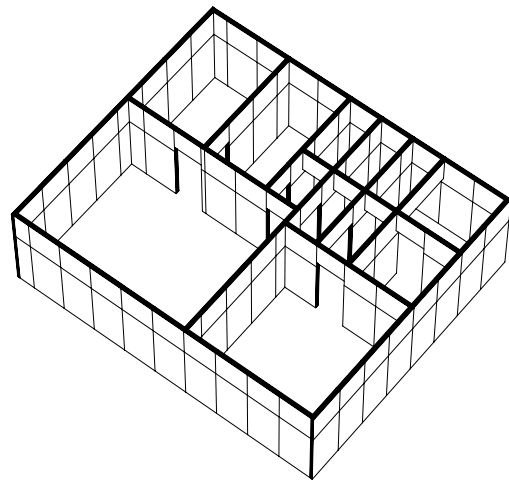


図 8. 標準問題の建物モデルを用いた本構法のモデル

表 4. 組み合わせごとの部材点数の集計結果

配列の組み合わせ １層目―中層―３層目	総部材点数	切欠き部材数	切欠き部材数の割合
① 【Ⅰ】―【Ⅲ】―【Ⅰ】	364	29	8%
② 【Ⅰ】―【Ⅳ】―【Ⅰ】	393	55	14%
③ 【Ⅰ】―【Ⅴ】―【Ⅰ】	400	42	10%
④ 【Ⅱ】―【Ⅳ】―【Ⅱ】	378	46	12%
⑤ 【Ⅱ】―【Ⅴ】―【Ⅱ】	416	41	10%

※【Ⅱ】-【Ⅲ】-【Ⅱ】の組み合わせは1・3層目と中層の目地が揃うため不可

表 5. 壁面パネル配列パターン

1・3 層目	
【Ⅰ】 1,820 × 910 910 × 1,820 910 × 1,820	
【Ⅱ】 1,820 × 910 1,820 × 910 1,820 × 910	

中層	
【Ⅲ】 910 × 1,820 1,820 × 910	
【Ⅳ】 1,820 × 455 1,820 × 910 1,820 × 910 1,820 × 455	
【Ⅴ】 1,820 × 455 910 × 1,820 1,820 × 455	

開口部 切欠き部材 ※この表では設定モデル平面図①の壁面のみを示し、他の壁面に関しても同様の配列をしている。

壁面パネル配列パターンを表5に示す。パネルの配列で考慮するポイントとして、総部材点数と、開口部との関係により生まれる切欠き部材数を最小限に抑え、施工手間の負担を少なくすることや、壁の強度の観点から、1・3層目と中層の目地が重なり合わない配列が求められる。表5のパターンは以上を考慮した上で、小規模CLTを最も単純に配列した場合のパターンを示している。表4には、各パターンを組み合わせ3層の壁を構成した時の部材点数の集計結果を示す。

部材点数・切欠き部材数が最も少ない組み合わせは①であり、最も施工手間が少ない配列と言える。②、④は切欠き部材数の割合が最も多い。どちらも配列パターンⅣが組み合わさっているため、パターンⅣは切欠き部材が多くなる配列と言える。③、⑤は総部材点数が400を超える。どちらも配列パターンⅤが組み合わさっており、パターンⅤは部材点数が多くなる配列と言える。

このように、配列パターンⅣのように、部材点数は抑えられるが、切欠き部材数が増えてしまう配列や、反対に配列パターンⅤのように、切欠き部材数は抑えられるが、部材点数が増えてしまう配列が存在することが読み取れる。パネルの配列とその組み合わせによって施工手間は大幅に異なることがわかった。

4-2. ツーバイフォーとの比較

ツーバイフォー実用化事例を本構法で再設計し、部材点数による施工手間の比較を行った結果を図9に示す（本構法のパネル配列は表4の組み合わせ④を用いている）。ツーバイフォーでは部材点数499に対し、本構法では部材点数410であり、ツーバイフォーに対して本構法の部材点数は約18%減少した。また、

ツーバイフォーでは釘の他にまぐさ受け金物など多種の金物を使用するのに対して、本構法の壁構成で使用する金具はビスのみである。さらに、CLTパネルは断熱材の機能を持つことが特徴の一つであり、本構法の壁3層構成でも断熱材として機能することが期待されるため、断熱材の施工が不要となる。このように、ツーバイフォーに対して本構法は、施工工程がシンプルになることが期待される。

5. まとめ

本稿では、CLTの小規模化と木造パッチワーク構法の提案と考察を行った。今後は、実証実験に向けて、本構法を用いた建物一棟の基礎・床・屋根・開口部等の詳細を設計し、強度実験や材料の性能に関して実験を進めていく。

本稿は、平成27年度化学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究）から研究助成金頂いて研究を行っている*6。

【注釈】

- *1 平成25年度 森林林業白書
- *2 日本建築学会環境工学委員会 熱分科会 第15回熱シンポジウム
- *3 「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年度版）」/公益財団法人 日本住宅・木材技術センター/2013/p.138,139
- *4 共同研究者として日大生産工で木質構法を専門としている鎌田研究室に構造的検討を担当して頂いている。
- *5 神戸ツーバイフォー研究会/『実例によるツーバイフォー住宅設計図集』/井上榮子/株式会社井上書院/1990/p.20～59
- *6 課題番号 15K14069

【参考文献】

- 1) 小林研治他/『地域産材による直交集成板（CLT）の建築構造への適用 その1 ひき板の機械等級区分とラミナの強度分布』/日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）/2014年9月/22102
- 2) 石田修一、古坂秀三/『地域産材を活用した木造住宅生産プロジェクトに関する研究－プロジェクトにおける中核的業務の特定化－』/日本建築学会計画系論文集 第621号/2007年11月/p.109～113
- 3) 富田昌平、青木仁敬他/『新工法「木柱材システムパネル工法」の開発 低炭素社会型木造住宅の開発研究 その2』/日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）/2009年8月/5523

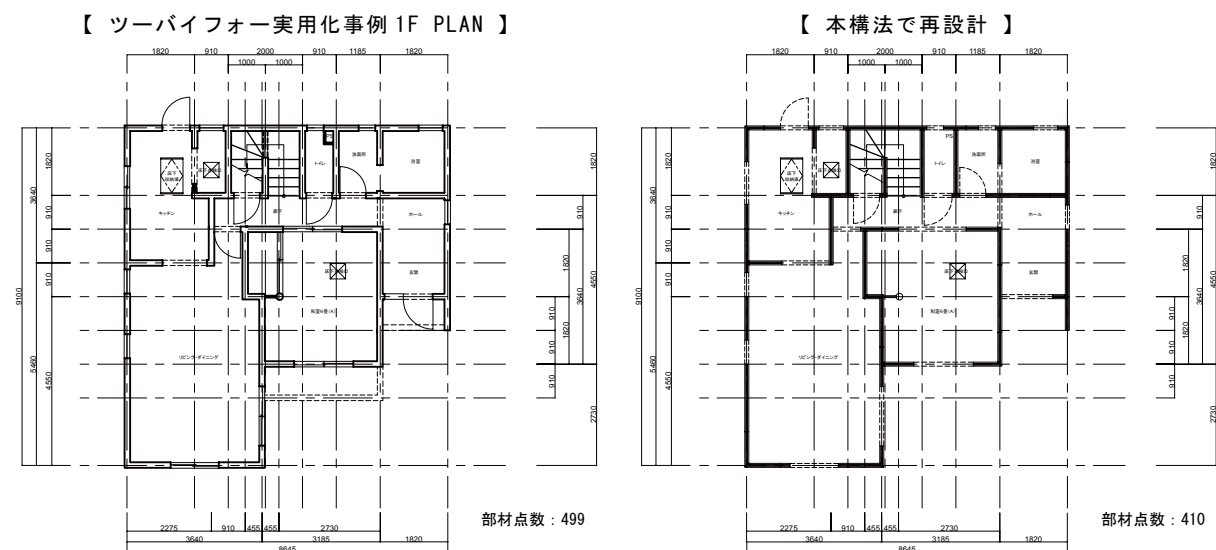


図9. 2×4実施計画を本構法に置き換えた比較図