

部分木造建築における木造化の分析

-中大規模木造建築の木材量に着目して-

建築学専攻
プロジェクトデザイン研究

ヤマモト リョウマ
DZ20657 山本 涼真
指導教員 山代 悟

序章 はじめに

0-1 研究背景

2000 年の建築基準法改正以降、法制度上建築物の部材に関する制限が撤廃され、構造性能および耐火性能を満たせば、建築物の用途や規模に関係なく木造による設計が可能となった。加えて近年では、温室効果ガスの削減や循環型社会の実現に向けた取り組みが加速しており、木造建築はその環境戦略の一翼を担うものとして再評価されている。特に中大規模建築における木造化は、公共建築や民間開発においても積極的に取り組まれている。こうした状況の中で、中大規模建築において木材を主要構造材として用いることには、法規制制限、流通部材の安定確保の難しさ、さらにはコストなど、複合的な課題が存在している。そのため、木造と RC や S 造との混構造を採用した建築が現実的な選択肢として広がりを見せている。

0-2 研究目的

中大規模建築における混構造木造建築を対象とし、構造材木材使用量に着目することで、木造化のレベルと木材量の関係を明らかにすることを目的とする。部分木造建築を、木材使用量という制約条件の下で行われる設計的選択の結果として捉え、構法の違いが木材の使用部位および使用量にどのような差異をもたらしているのかを分析する。本論考では、多くの環境評価において基礎的な指標となる建材としての木材量に着目することで、設計実務において「どの程度の木材量を使用した建築か」という視点から、部分木造建築の構法的特徴を把握するための枠組みを提示することを目指す。

0-3 既往研究と本研究の位置付け

本研究に関連した先行研究として主に、構造的安全性の確保や耐火性能の向上に関する技術的研究を中心に展開されてきた。とりわけ CLT や大断面集成材の導入、木質系混構造の構造性能に関する実験・評価⁽¹⁾は、木造の構造信頼性を裏付ける知見を積み重ねてきた。一方で、現代木造建築における接合部を対象としたデザイン選択の傾向を明らかにしたもの⁽²⁾など、特定部位に着目し木造建築の枠組みの中で行われた研究⁽³⁾が行われてきた。しかし混構造作品に着目し、木材量との関係に着目した研究は未だ存在しない。

第 1 章 研究対象

1-1 部分木造建築の定義

本論考では、地上階のみを対象とし主要構造部のうち柱および梁または、耐震要素の一部に木材を用いた、三層以上の木構造による空間を持つ混構造建築を「部分木造建築」と定義する。本論考において、外装のみの木造化やスラブ型枠にのみ木材を使用した建築、ペントハウス部については取り扱わない。また、大断面集成材に鉄骨を内包したハイブリッド集成材に関して本研究では木部材として扱う。

1-2 主要構造の木造化と木質化の区別

木造建築においては、「木造化」と「木質化」を区別して扱う必要がある。木質化は内装・仕上げとして木材を用いるため構造的制約は小さい一方、構造的意

味や木材使用量の点で木造化と異なり、構法的特徴を規定しにくい。したがって本研究は木質化を主眼とする建築は対象外とする。

1-3 木造部の定義

本論考では部分木造建築において、主要構造部の木材による柱もしくは梁から、他の材による柱もしくは梁までの空間を木造部と定義する。

第 2 章 部分木造建築の整理と分析手法

2-1 分析手法

本論考では、1 章にて定義した部分木造建築を研究対象とし木材使用量と構法との関係を明らかにするため、事例分析を行う。分析は、部分木造建築の分類、木材使用量の算定、類型ごとの比較分析、の三段階で構成される。分類および木材使用量の算定結果をもとに、類型ごとの傾向を整理し、木材使用量が構法選択や設計的判断にどのように関係しているのかを比較分析することで、部分木造建築における特徴を明らかにする。

2-2 分類手法

部分木造建築を比較分析するために「ディジョンツリー分析」を行う。木造化の手法に基づき、柱梁など主要構造部における木材利用の仕方を細分化する。分類によって、木造部の導入範囲・部位・形式の違いが木材使用量や空間構成に与える影響を比較可能にする。

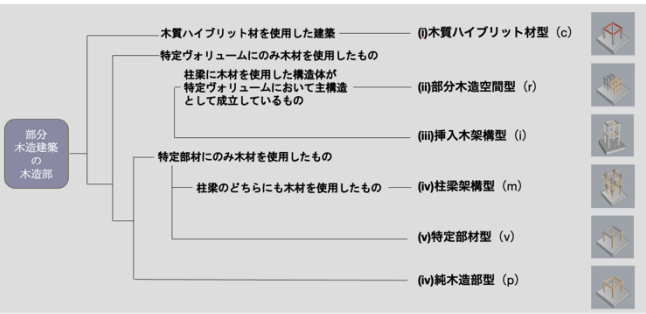


図.1 ディジョンツリー分析による分類

2-3 木材使用量の抽出

各事例について、構造部材のみを抽出し簡略化した 3D モデルを作成し、構造部材の部材寸法を記入した部材表の作成を行った。本論考では、この表を用いて部分木造建築の木部材体積を求め、計測木材使用量として扱う。この際、木部材の荷重支持部分のみ体積を求め、金物、燃止まり・燃え代層については体積を考慮しない。また、木質ハイブリッド材については柱梁の体積から鉄骨の体積を除いたものを求め扱う。

2-4 木材使用量による数量的分析

各事例について構造材の木材体積を算定し、延べ床面積あたりの木材使用量 (R₁) m³/m²および木造部の延べ床面積あたりの木材使用量 (R₂) m³/m²を指標として比較する。これにより、異なる構法・規模・用途の事例を定量的に評価し、木材使用の傾向を明らかにする。

$R1 = \frac{V_{wood}}{G} \quad (m^3/m^2)$	$V_{wood} : \text{構造材使用木材量 (m}^3\text{)}$ $G : \text{延べ床面積 (m}^2\text{)}$
$R2 = \frac{V_{wood}}{G_w} \quad (m^3/m^2)$	$V_{wood} : \text{構造材使用木材量 (m}^3\text{)}$ $G_w : \text{木造部延べ床面積 (m}^2\text{)}$

図.2 計算式

2-5 参考値

在来木造住宅における木材使用量は平均 $0.20\text{m}^3/\text{m}^2$ ⁽⁶⁾とされている。

第3章 事例研究

3-1 研究範囲

本研究では 2000 年以降に竣工したものを調査対象とし、以下の範囲に限定して収集している。「中大規模木造建築ポータルサイト」に掲載された作品全 307 件、国土交通省による『サステナブル建築物等先導事業（木造先導型）』に採択・掲載された作品全 105 件。この全体の調査枠組みから、第 1 章で定義した「部分木造建築」に該当する事例全 27 件を抽出した。

3-2 研究対象

対象事例として抽出した対象は合計 27 件である。用途はオフィス、教育施設、商業施設、宿泊施設など多岐にわたり、都市部を中心に全国的に分布している。各事例については、建築概要（用途・規模・構造）、木材使用部位、木材堆積量（ m^3 ）、および延床面積当たりの木材使用量（ m^3/m^2 ）を整理した。詳細データは付録に示し、本章では全体的傾向を把握する。

3-3 部分木造建築の木材使用率

部分木造建築の単位延床面積あたりの木材使用量 R_1 （ m^3/m^2 ）は、その半数程度が $0.05\text{--}0.10$ （ m^3/m^2 ）集中している。これは在来木造住宅の半分程度の値となっている。

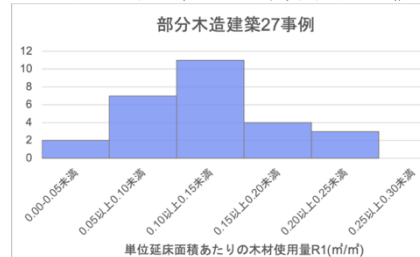
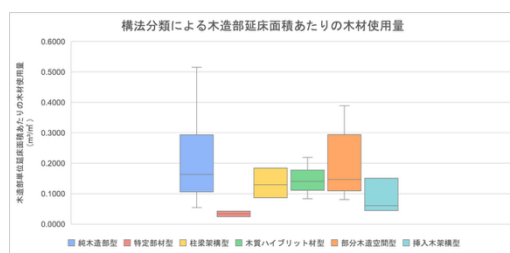


図3 ヒストグラム

3-4 構法分類に基づく分析

次に木造化の手法に基づく構法分類を用い、木造部の延床面積あたりの木材使用量 R_2 （ m^3/m^2 ）を指標として部分木造建築の木材使用量の特徴を分析する。構法分類別に比較した結果、分類間で木材使用率の水準差が確認された。特に鉛直部材型など特定部材のみに木材を使用する場合は R_2 が低い領域に集中し、ばらつきも小さい傾向を示した。一方、純木造部型、部分木造部型など特定の空間が木造化される場合は分布幅が大きく、 R_2 の値に幅がみられ、木造部において単位延床面積あたり木材使用率を操作しやすいことがわかった。



第4章 分析 4 木造化手法別箱ひげ図

4-1 分析の目的

第3章で得られた構法分類別の分析結果を踏まえ、本章では延床面積当たりの木材使用量（ m^3/m^2 ）と建築条件との関係に着目する。構法の違いとは別に、建築の

要素が木材使用率にどのような影響を与えているかを明らかにすることを目的とする。本章では、木造部以外の構造要素のうち主となる構造の一つを選定して「ベース構造」として扱う。

4-2 建築要素と木造率

延床面積当たりの木材使用量（ m^3/m^2 ）を指標として、木造率、用途、階数、延床面積、ベース構造、木造部配置形態、部材構成といった建築条件との関係を整理した。

第5章 再分類

5-1 木材使用率に着目した再分類

第4章で整理した R_1 と建築条件との関係を踏まえ、部分木造建築を木材使用率の水準から横断的に整理することを目的とする。 R_1 の値を段階的に区分し、各水準における数量的特徴と建築的特徴を整理する。これにより、部分木造建築における木材使用量の特徴を「木材使用率の水準」という観点から把握する。

5-2 区分け手法

延床面積あたりの木材使用量 R_1 （ m^3/m^2 ）について在来木造住宅における平均木材使用量である $0.20\text{m}^3/\text{m}^2$ ⁽⁶⁾を基準として、対象事例を三段階に区分する。区分は、 $0\leq R_1<0.05$ を「低水準」、 $0.05\leq R_1<0.10$ を「中水準」、 $0.10\leq R_1$ を「高水準」とする。各水準について事例数および R_2 の分布を整理し、木材使用率の差を段階的に捉えるための基準として設定する。

5-3 区分別特徴

各水準の特徴把握に向け、第4章で扱った建築条件について水準別に分布を比較し、頻出傾向を整理した。その結果、建築面積、階数、延床面積、木造部延床面積などの建築の規模に関わる項目では R_1 （ m^3/m^2 ）の分散が大きく直接的な関わりは考えにくい。一方、用途、ベース構造、木造部配置等の構成など、形態に関わる項目では偏りが確認された。以上より、 R_1 の水準差は建築規模よりも、建築の構成・形態に関わる要素と対応して現れる傾向が示された。

終章 終わりに

本研究は、中大規模建築における柱・梁の部分木造化に着目し、構法分類および延床面積あたりの木材使用量 R_1 （ m^3/m^2 ）を用いて、部分木造建築の木材使用の特徴を整理した。用途や木造部延床面積、木造部の取り方や部材構成により面積当たりの木材使用量に変動し得ることが示唆された。今後の研究として、本研究では扱わなかった純木造建築や、柱・梁における燃え代設計が木材使用量に与える影響についても明らかにすることが望まれる。あわせて本研究が、中大規模木造建築における木材使用量の特徴とその現れ方を整理する一助となれば幸いである。

参考文献

- (1) 五十田 博 他：中・高層建築への木材用途拡大を目指した木-RC ハイブリッド床システムの開発, 2018
- (2) Joanna Ludmila Arlet: Innovative Carpentry and Hybrid Joints in Contemporary Wooden Architecture, 2021
- (3) ホラーサーニ、ヤルダ: Feasibility study of hybrid wood steel structures, 2011
- (4) 腰原幹雄、小杉栄次郎、山田敏博：都市木造のヴィジョンと技術, 2012/09/25
- (5) 高知県立森林技術センター研究報告第39号平成27年3月
- (6) 林野庁：平成23年度森林・林業白書, 平成24年4月27日, p15-19