

大規模・大空間木造の技術と可能性

システム科学技術学部 建築環境システム学科

1年 佐々木 悠翔 1年 大高 紗英

1年 嘉瀬 夏輝 1年 門脇 悠羽

1年 小林 優杏 1年 藤井 柊翔

1年 山影 浩夢 1年 山崎 覚水

指導教員 システム科学技術学部 建築環境システム学科

教授 板垣 直行

1. はじめに

1-1 背景・目的

秋田県は県土の約70%を森林が占めており、全国的にみても森林資源が豊富である。秋田県北部に位置する能代市は北前船が往来していた当時、「東洋一の木都」と呼ばれていた。古くから木によって支えられてきた秋田県であるが、なかでも特に有名なのがスギ材である。天然のものは木曽ヒノキ、青森ヒバと並び、日本三大美林にも数えられる。スギ材は比較的軽軟であるという特徴をもつが、近年では技術の発達により、大規模・大空間を有する木造建築物の構造用材料としても用いられるようになった。

かつては木造では困難であった大規模・大空間建築に、さらにスギ材を構造用材料として用いることを可能とした技術に関心を持ち、その技術について学修したいと考えた。加えて、近年の木造建築の最新技術と大規模建築を木造で建てる意義、木造建築の将来の可能性についても学修したいと考えた。大規模木造建築物の調査やその分析、模型の製作を通じてそれらについて深く理解し、木材の普及促進に寄与することを目的とし、この研究を行った。

1-2 研究概要

まず研究にあたり、木材・木造建築に関する基礎的な知識を修得すると共に、木材活用の意義と近年の利用傾向について学修した。続いて大規模・大空間木造建築を中心に雑誌等における事例調査を行った。それを踏まえて、県内における事例を視察し、その構造技術について調査した。さらに、「道の駅ふたつ」については、そのメイン架構であるアーチトラスの1/4スケール模型や接合部の実大模型を製作し、構造架構の仕組みを分析した。

2. 事例調査

2-1 文献等による調査

建築雑誌やWebにおいて事例のデータを収集した。以下に調査した主な事例を紹介する。

- ・「道の駅おおゆ」¹⁾ 庭に面した縁側をイメージとした深い軒の架構。曲げわっぱをモチーフに円筒LVLをデザインの一部として使用している。
- ・「梶原町立図書館(森の上の図書館)」²⁾ 「森の中で本を読む」をコンセプトに、柱の使用を最小限とし、開放的な空間を実現している。
- ・「大阪木材仲買会館」³⁾ 木質耐火構造部材の「燃エンウッド」や無垢の木材を用いた日本初の耐火木造オフィスビル。都市と人、木のこれからの関わり方を示す手がかりとなった。
- ・「静岡県草薙総合運動場体育館」⁴⁾ 免震装置の上に鉄筋コンクリートの水平リング、その上に木架構、またその上に鉄骨トラスを載せた、非常に難度の高い構成の建物である。
- ・「24mm合板の家」⁵⁾ 内壁を十字に構成し、地震力や風圧力、生活振動に耐えうる構造としている。
- ・「サニーヒルズジャパン」⁶⁾ 木による「地獄組み」を用いて、あたたかい空間を創造した。

木造建築は地域の特色や用途、設計者の意図によって多様に造られている。また、大規模・大空間の構造が様々な形で実現されている。このことから、木造建築の可能性は拡大していると感じた。

2-2 県内事例の視察

秋田県内における木造建築として、旧料亭金勇、障害者支援施設ぴあわーく（建設中）、道の駅ふたつ、大館樹海ドーム（ニプロハチ公ドーム）、大館市樹海体育館（タクミアリーナ）を視察した。実際の建物における、空間のスケール感や木の質感を実感することができた。

3. 事例分析

3-1 旧料亭金勇

能代市柳町に所在する旧料亭金勇は、1937年（昭和12年）に建設された料亭で、1998年に国登録有形文化財に登録されている。建物全体が天然秋田杉の見本となる建物で、特に1階中広間の天井の仕上げ材には、1本の天然秋田スギから挽いた長さ5間、幅3尺程度の節目のない見事な柾目の5枚の天井板が使用されている。（写真1）

構造は、図1に示す軸組構造で。建物の規模のわりに柱が少なく、一般的な伝統木造の様に複雑な架構ではない。小屋組はトラス構造で、図2に示す通りタイバーの様な横材が入った折衷系トラスが用いられている。また接合部に金物やボルトが用いられ、嵌合による接合を補強している。2013年には、耐震補強工事が行われ、耐力壁や屋根構面のブレースが追加されている。



写真1 中広間の天井仕上げ

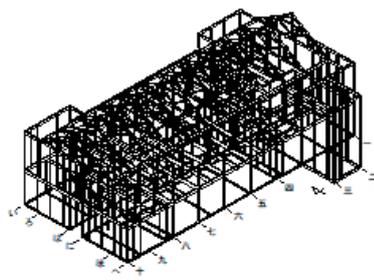


図1 軸組構造パース

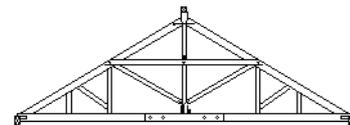


図2 トラス小屋架構

3-2 大館樹海ドーム（ニプロハチ公ドーム）

大館樹海ドームは、樹齢60年以上の秋田杉25,000本を使い、秋田スギの大断面集成材によるアーチ架構を格子状に構成したドーム（写真2）で、高さ52m、長径178m、短径157mの国内最大の木造建築であるとされる。スギは構造的に見ればそれほど優れた材ではないため、接合部が大断面部材の重苦しい空間になりがちである。そこで、集成材および鋼材を用いた、断面効率のよい木造トラスアーチを構成し、この木造架構が軽快な傾斜柱によるRC構造に載るような形になっている。ドーム本体の楕円形の形状と配置は、風と雪の影響を風洞シミュレーションなどにより、最小限にすることを考えた設計となっている。また、屋根は強度に優れ、透光率が高いテフロン製の二重膜構造で、内膜と外膜の間が約20cm空いており、冬期は機材の排熱を通して屋根を暖め、さらに屋根の勾配により自然に雪を落とす仕組みとなっている。また、雪をためないように周りは池になっている。（写真3）



写真2 大館樹海ドーム内観



写真3 大館樹海ドーム外観

3-3 国際教養大学中嶋記念図書館⁷⁾

「ブックコロシウム」をコンセプトとして秋田杉による濃密な木造空間と遊環構造を用いて設計された。外周の下部構造は鉄筋コンクリート造、屋根架構は鉄骨造、木造のハイブリッド構造で、主要木材は、中目丸太の有効利用を考え、秋田杉の径5～8寸、長さ4～8m程度の芯持材を用いている。

放射状の梁を単純梁形式で円周方向に架けた半円形プランで、2段のフラット屋根になっている。屋根段差位置に鉄骨の円弧状の強固な梁と放射状の斜柱を配置して放射梁の支持ラインとし、これと直交する放射方向に木造の2重の組み立て梁を細かく入れることで木質空間をつくっている。放射方向の木造梁は、強度や合成などの条件に対応するため、斜材を入れてトラスをつくり、更に屋根を直接受ける上弦材を重ね透かし梁とした。トラス梁と重ね透かし梁を縦に重ねた2重組み立て梁を放射状にハイピッチに配置し、段差部の鉄骨フィーレンディール梁、外周部の独立柱、及び円中心部で支持している。円中心部に放射方向の梁が1点に集まり混雑するという課題が生まれたが、中心から2.5m離れた位置に鉄骨半円梁を配置することで解消しつつ支持スパンを抑えている。(写真4, 図3)



写真4 国際教養大学図書館内観

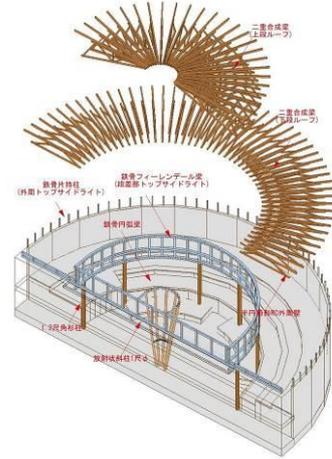


図3 国際教養大学図書館架構

3-4 ノーザンゲートスクエア

秋田駅東口に隣接する地上三階建てのスポーツ施設であり、主にバスケットコートとして使用されている。構造はRC造（一部SRC造）、S造、木造のハイブリッド構造で、木造部分には主に秋田スギを用いており、バスケットボールの練習風景が内外から見えるアリーナとなっている。(写真5) 2階のランニングコースは開放的で景色に変化があり、東西で床の高さを変えることで視線に変化を与え、様々な視点からコートが見える計画となっている。秋田新幹線線路時期から近いことから、大屋根を木造タイドアーチと鉄骨造キールトラスを組み合わせたハイブリッド構造とし、開放的な空間を実現している。秋田県産一般スギ製材を組み合わせ、リーズナブルでありながら魅力的な空間となっている。木造アーチは一般的に湾曲集成材が用いられるが、コストを抑えるため秋田県産一般製材を折線上に繋げてアーチの形状をつくっている。

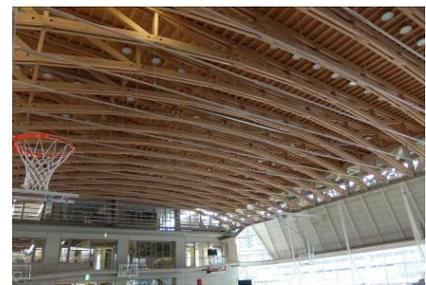


写真5 ノーザンゲートスクエア内観

耐火構造が求められる建物であるが、耐火性能検証法（ルートC）を用いることで、アリーナの屋根架構は木材をそのまま現しとし、エントランス側の二階床スラブを支える梁は耐火構造の国土交通大臣認定（ルートA）を取得した木質耐火梁を用いている。

3-5 道の駅ふたつ

2018年に竣工した道の駅ふたつは、産地直送コーナーや歴史・民俗資料コーナー、レストランなどを設けており、能代市をPRする観光施設としてのみならず、古くからの秋田杉の産地を語る役割も果たしている。

構造は木造平屋建て（一部2階有り）で、用途に応じた各空間を、秋田スギ規格流通製材を組み合わせ、美しい木の架構で創っている。特にメインとなるセンターホールは、アーチトラスにより、スギ定尺材のみで22mの無柱空間を実現している。(写真6) これらの架構は、支圧嵌合接合による、シンプルな加工と少ない接合金物によって構成されており、地組みにより現場作業軽減に成功している。



写真6 道の駅ふたつ内観

防火面においては、幅3.6mの木造耐火構造による防火壁（屋根・外壁の突出無し）を設けて1000m²以下で区画し、それ以外の部分は基本的に通常の木造としている。防火壁の一部には、秋田県立大学が開発に携わった木質耐火構造柱を採用している。

・1/4スケールのアーチトラス模型の実作

木架構の仕組みを理解するために、1/4スケールのアーチトラスを実作した。特に図4の架構詳細

に示すように、上弦材、斜材、束材が交差する箇所は構成が複雑になり、加工も慎重に行わなければならないが、施工が難しかった。個々の接合では不安定な部分もあったが、全体を構成すると安定した。

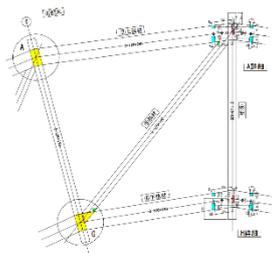


図4 アーチトラス架構詳細図*

写真7 実作の様子

写真8 完成した模型

・実寸大アーチトラス接合部模型の実作

1/4スケールの模型では再現できなかった詳細な接合部を理解するために図5、図6に示すアーチトラス接合部の実寸大の模型を実作した。接合方法はシンプルであるが、切り欠きやボルト穴、ほぞの加工が手加工であるため、施工精度が低くなってしまったところがあった。そのため、ところどころに隙間ができてしまったが、引きボルトを締めることによって、安定した接合部模型となった。2つの模型製作を通して、木架構の仕組みや木材加工の難しさを理解することができた。

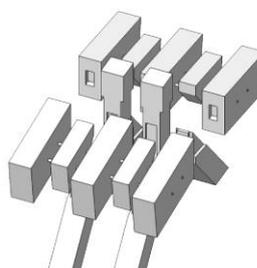
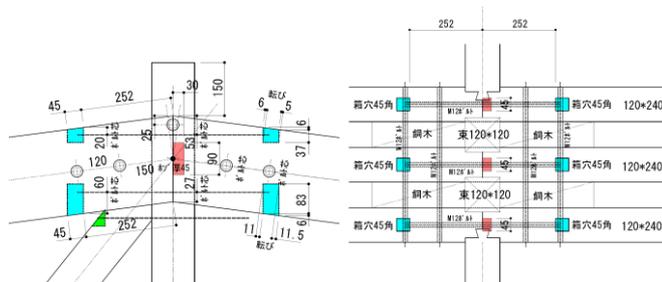


図5 接合部詳細図* (左：側面、右：見下げ)

図6 接合部構成

写真9 完成した模型

4. まとめ

近年の大規模・大空間の木造建築を中心に事例調査を行い、大規模・大空間を構成する技術、木材および木質材料の利用方法、S造やRC造などとのハイブリッド、建物を長期的に使用していく工夫など様々な観点から検討した。

特に大規模・大空間の建築事例として道の駅ふたつを取り上げ、その製材を活用した木材利用方法を分析した。特にトラスアーチと接合部は、模型を製作し、実際に木材を利用しながら、住宅で使用されるような一般製材で大規模・大空間を実現する木造の可能性を学んだ。また最新の耐火構造部材や防耐火技術により、防耐火性能を満たしつつ、すっきりとした見栄えの良い建築物を造ることができることが分かった。

木造建築や木材利用の可能性は大きく拡大しており、木材利用の機運はさらに高まっている。今後、さらに他の木造建築における効果的な木材利用方法を確かめていくとともに、大規模・大空間における木材の新しい活用方法など検討していきたい。

* 図面提供：有限会社西方設計

< 出典・参考文献 >

- 1) 道の駅おおゆ, 隈研吾建築都市設計事務所, <https://kkaa.co.jp/>
- 2) 雲の上図書館, 隈研吾建築都市設計事務所, <https://kkaa.co.jp/>
- 3) 大阪木材仲買会館, 竹中工務店, <https://www.takenaka.co.jp/>
- 4) 静岡県草薙総合運動場体育館 (このはなアリーナ), ACE建設業界, 2018年2月号, pp. 42-45, 2018
- 5) 24mm合板の家, 新建築住宅特集, 2021年1月号, pp. 60-69, 2021
- 6) サニーヒルズジャパン, 隈研吾建築都市設計事務所, <https://kkaa.co.jp/>
- 7) 国際教養大学中嶋記念図書館, 山田憲明構造設計事務所, <https://www.ysd-office.com/works>