

欧州における中大規模木造建築の動向について ～視察レポート～

建築事業本部 建築技術統括部 建築構造技術部

兼 建築事業本部 中大規模木造建築推進室 鈴木 真理恵

● はじめに

政府の方針の一つに林業の促進がうたわれている中、建設業界も2016年に告示化されたCLT（直交集成材：Cross Laminated Timber）を含め、木質構造の採用が推進され始めている。また、住宅分野での木材利用が飽和状態にある中で、更なる木材利用の促進に向けて、非住宅分野での木材利用が期待されてきている。

熊谷組においても、2017年に住友林業株式会社との業務資本提携を締結するとともに中大規模木造建築への取組を強化している。本報では、その取組の一環として実施した2017年と2019年における2回の欧州視察についての報告、およびこれらを通じて得られた知見を中心に欧州における中大規模木造建築の動向や普及の背景などについて報告を行う。

● 視察概要

2017年の視察は、ヘルシンキ（フィンランド）、ストックホルム（スウェーデン）、ロンドン（イギリス）の3都市近郊を訪問した。2019年の視察は、チューリッヒ（スイス）、ウィーン（オーストリア）、オスロ（ノルウェー）の3都市近郊である。今回は多くの訪問先の中から表-1に示す6つの建物について、各建物における木造の技術的取組を報告する。

表-1. 視察先一覧

建物名	場所	用途/規模	特徴
①Metsä tapiora	フィンランド/ ヘルシンキ近郊	食堂/平屋	集成材梁、LVL柱による20mスパンの 曲面架構
②Strandparken	スウェーデン/ ストックホルム近郊	集合住宅/ 地上8階	CLTの床、壁による壁式構造
③WWF-UK	イギリス/ロンドン近郊	オフィス	環境配慮型の建物コンセプト
④Suurstoffi Baufeld 1	スイス/チューリッヒ近郊	オフィス他	床ユニットのプレファブ化
⑤HoHo Wien	オーストリア/ウィーン	複合施設/地上24階	RC造コア+木造プレファブ化
⑥Mjøstårnet	ノルウェー/オスロ近郊	複合施設/地上18階	純木造、メガストラクチャー

● 視察各国の森林率と木造への取組

表-2に示すようにフィンランドおよびスウェーデンは日本と同様に森林率（国土面積に対する森林面積の割合）が70%近い国である。これらの国は、比較的平らな土地に森林が広がっているため、山林

から木材を切りださねばならない日本と違い伐採効率が良い。日本向けの住宅用木材も多く輸出されており、自国での木材利用も推進している。その他の国は世界的な環境意識の高まりとオーストリアで開発された CLT という新たな材料が、木造への取組を後押ししていると考えられる。以降で紹介する建物は、いずれも森林保全や環境配慮の側面から木造に取り組んだ事例である。

表-2. 各国の森林率

国名	森林率
フィンランド	約 73%
スウェーデン	約 68%
イギリス	約 13%
スイス	約 32%
オーストリア	約 47%
ノルウェー	約 33%
日本	約 68%

(出典 : Date Indicators / The World Bank)

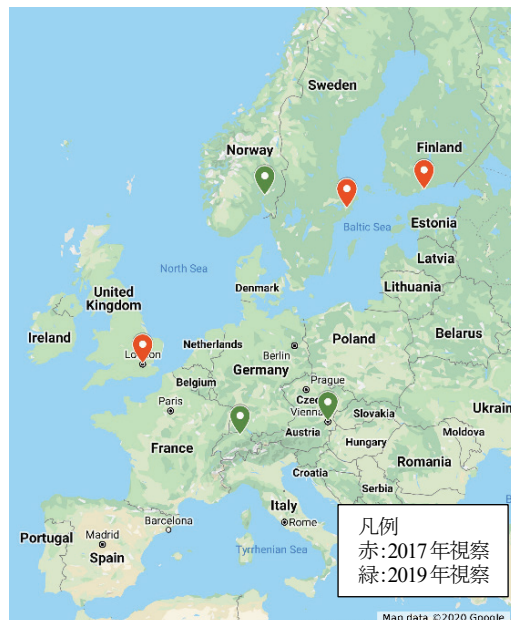


図-1. 視察地地図

● 視察詳細

① Metsä tapiora (フィンランド/ヘルシンキ近郊エスポー : 竣工 2013 年)

ヘルシンキでは、エンジニアードウッド^{注1)}の製造を行っている Metsä Wood (メツァウッド) を訪問した。この建物は同社の食堂として使われており、曲線を描く 20m スパンの柱梁架構の構造体があるままデザインとなっている。柱には Metsä Wood の主要製品である Kerto®LVL を、梁には集成材を用いている。柱、梁ともに非常に複雑な曲面加工がされており、木部材の加工性の高さを示している。



写真-1. 内部写真

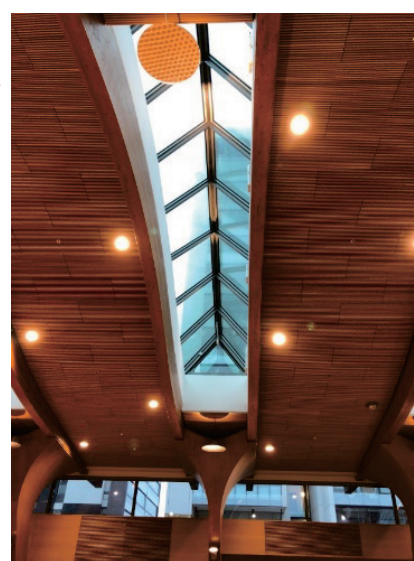


写真-2. 梁架構

防耐火の面では、60分の火熱に耐えられるよう、燃え代設計¹⁾が行われている。燃え代設計は部材表面から燃え代を除いた残存断面を用いて許容応力度設計を行い、表面部分が燃焼しても構造耐力上支障のないことを確かめることで、火災時の倒壊防止を確認する設計法のことであり、これにより構造体を現しで利用することが可能となる。ここでは木材が1分間に燃える量を0.7mmと定義し、42mmの燃え代層で設計を行っていた。燃え代設計は日本では準耐火建築物において用いられる設計法となっているが、欧州では比較的多くの建物で燃え代設計が行われており、木材を現しで利用する例も多くあった。

② Strandparken (スウェーデン/ストックホルム近郊スンドビューベリ：竣工2013年)

Strandparkenは、ストックホルム近郊にある構造材の壁と床にCLTを用いた壁式構造の8階建て集合住宅である。湖畔で地盤が悪い地域であったことが木造を採用した理由であり、木造の軽量性を活かした計画になっている。構造体にCLTを用いているものの、内装仕上げはクロス貼りとなっており、住宅用途の場合、構造体の木質感を見せることが必ずしも好まれるわけではないようだった。

現地のデベロッパーであるFolkhem社が施工も担っており、隣接する敷地内には同規模のRC造集合住宅も建設されている。本建物は、このRC造の建物に比べて全体の約85%をプレファブ化することで、現場環境の向上と工期短縮を徹底している。寒い地域であるため、RC造の場合、コンクリートの打設後養生が工期に影響する。これを乾式工法の木造とすることで、RC造に比べて工期が約2/3となり、総建設費は若干高いが、工期短縮により早期に事業収入を得られ、総事業費でメリットがあるとの説明を受けた。床は軽量性を活かすために砂利やコンクリートを用いず、CLTと断熱材などで構成されており、総厚さが600mmとなっている。そのため、階高がRC造の場合に比べて高くなり、通常の高さ制限によると1層分減らす必要があったが、市との協議により緩和を受けて建設されている。



写真-3. 建物全景

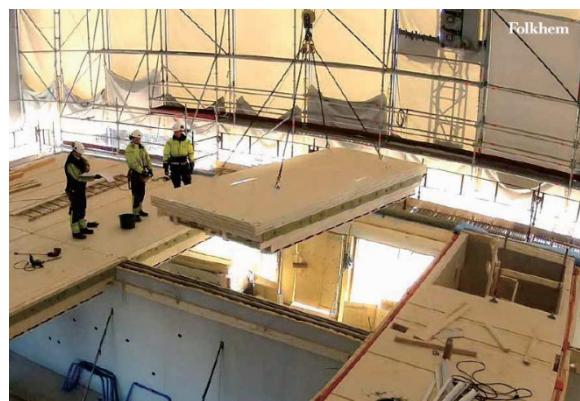


写真-4. 床CLT施工の様子(Folkhem受領資料より)

③ WWF-UK (イギリス/ロンドン近郊ウォキング：竣工2013年)

ロンドン近郊にある世界自然保護基金(英:World Wide Fund for Nature、略称:WWF)のオフィスで、アーチ形状の屋根が木造で構築されている。あえて建物に木造を組み込んだのは、「オフィスを一般に公開し、活動を知ってもらうこと」を目的にし、サステナブルな建築を体現するためとのことだ。屋根面からは自然採光を積極的に取り入れて省エネに配慮し、軒には大きめの樋を設置し、雨水の中水利

用を行っている。そのほか、地熱利用、ソーラーパネルの設置など、建物全体が環境配慮型に設計されており、そのコンセプトに木造がマッチする形となっている。なお、執務スペースである1階2階はRC造構築されており、適材適所で材料を使い分けていることも印象的に感じた。



写真-5. 建物全景

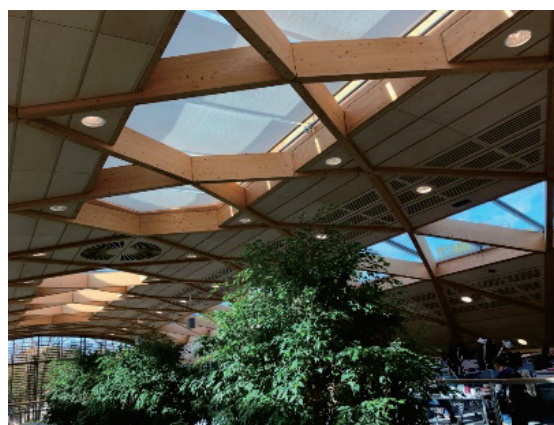


写真-6. 内観（屋根面）

④ Suurstoffi Baufeld 1 （スイス/チューリッヒ近郊リッシュェロートクロイツ：竣工 2020 年）

Suurstoffi 開発地区の中において、現地の建設会社である ERNE 社が施工中の Suurstoffi Baufeld 1 を見学した。同社は当該地区内に、複数のオフィスビルを建設している。Suurstoffi Baufeld 1 は RC 造コアと木造フレームのハイブリッド構造による 15 階建て、高さ約 60m の複合ビルである。この建物では、集成材梁と一体化されたプレキャスト床部材（TCC：Timber Concrete Composite）を用いたユニット工法を採用している。TCC（写真-9）は、幅 2.8m×長さ 8.44m で、ERNE 社の工場で製造され、ユニットとして現地に運び込まれる。集成材梁の梁間には空調ダクトや熱放射パネルが収納されている。

建設費は RC 造と同等ながら、床のユニット化より、工期の短縮が図れたとのことだった。積層タイプの建物を建設するにあたって、床部材のプレファブリケーションはコストや工期への効果が非常に大きい。スパンや長さを統一し、部材の規格化を図れば、効率的な部材利用による建築コストの低減にもつながるため、今後もこのような取組は広がっていくものと考えられる。



写真-7. 建物遠景（写真奥）



写真-8. RC コアと TCC



写真-9. 工場制作の TCC

⑤ HoHo Wien (オーストリア/ウィーン：竣工 2019 年)

HoHo Wien はウィーン郊外の大規模開発地域である Seestads Aspern 地区に建設されている集合住宅・ホテルなどからなる複合施設である。10 階・16 階・24 階の 3 棟の建物で構成されており、24 階建ての建物は高さ 84m、完成時には世界一高い木質ハイブリッド構造建築物として発表された。

木造高層ビルとしてのプロトタイプとなるため、プロジェクトの最初に意匠設計者、構造設計者、耐火の専門家、開発機関の専門家チームを編成し、4 か月間をかけて、フィージビリティスタディを実施している。全体構造は中央に RC 造コア、外周に木造柱と RC 梁のフレームが取り付くハイブリッド構造で、風による水平力は RC 造コアが負担する。技術者にも施工者にもわかりやすい構造を目指し、レゴが積みあがっていくような計画としたとの説明を受けた。

コア部分は現場施工、外周の木造部分はプレファブリケーション部材の組み合わせで構築している。外壁は集成材柱と一体化したウッドパネル、床は CLT とコンクリートの複合床、桁梁は RC のプレキャスト部材としている (写真-12)。ハイブリッド構造、かつ、プレファブ化、プレキャスト化に伴い、接合部分の詳細には多くの工夫接合部分の考え方についても説明していただき、大変勉強になった。



写真-10. 建物全景



写真-11. 内観

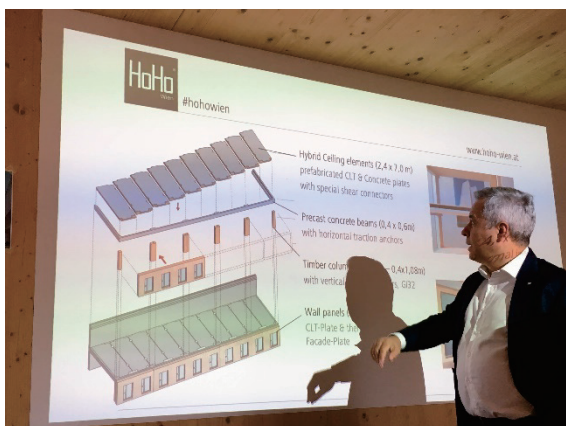


写真-12. 木造部の構造イメージ

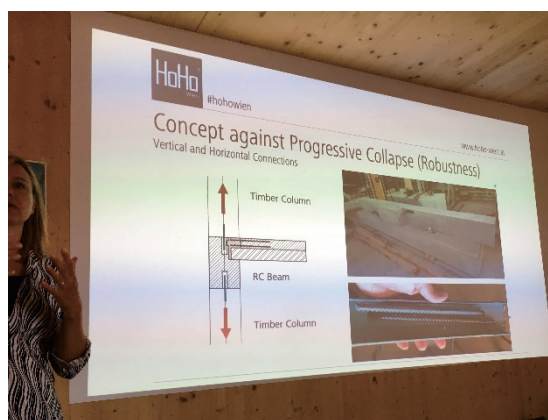


写真-13. RC 梁と柱の接合部

(写真-12、13 ともにレクチャー時の様子)

⑥ Mjøstårnet (ノルウェー/オスロ近郊ブルムンダール：竣工 2019 年)

Mjøstårnet (ミョーサタワー) はノルウェー、オスロ近郊ブルムンダールにあるミョーサ湖の湖畔に建つ 18 階建て複合施設で、オフィスやホテルなどが入る純木造の建物である。視察時には本建物内のホテルに宿泊した。

高さ 85.4m、純木造で建てられる建物として世界一である。メガストラクチャーのブレース構造を採用しており、風による水平力に抵抗するためブレース部材が 4 層にわたって配置されている。湖沿いで風が強い為、上層部の床はあえてコンクリート床を採用して重くし、風揺れ対策としているそうだ。

木柱、木ブレースは一次接着集成材 5 本を二次接着し、幅 600mm の部材としている。ブレース接合部には 4 枚つづりの鋼板挿入型ドリフトピン接合が用いられている。防耐火面では部材は燃え代設計を行っており、接合部の鋼板挿入部は鋼材周囲に熱膨張性の樹脂材を挟み、埋木やシーリングにより、隙間を発生させないよう対応している。また、部材表面が白っぽく見えるのは、難燃性の塗料を塗布しているためである。

建物全体の木材利用量は約 2,600m³ であり、そのうち、外壁材などの仕上げ材料を除く、構造用木材 (大断面集成材・CLT・LVL) に約 1,400m³ が使用されている。木部材の供給は木造の橋梁なども手掛ける現地企業の Moelven Limtre 社が担っており、大断面部材や曲面部材などの製造に長けた同社だからこそ建設できた建物だと感じた。



写真-14. 建物全景



写真-15. 内観 (ブレース)



写真-16. ブレース接合部
(受領資料より)

● まとめ

視察を通じて得た知見を以下にまとめる。

- ・ 木造建築が採用される建物の傾向として、軽量性やプレファブリケーションを活かした積層タイプの建物、もしくは加工性を活かして構造体をデザインに用いる建物がある。
- ・ 欧州では、大規模な都市開発において中大規模の木造建築を計画する事例があり、これにより高層木造や木造ハイブリッドの技術の実証が進んでいる。

- ・ エンジニアードウッドに関する製材技術の向上やプレファブリケーション技術の確立により建築コストの改善が図られており、他構造と比べて特別に費用がかかる印象がなく、建物の事業性が改善されている。プレファブ化に伴って材料の標準化を図れば、木造によるコスト増加を抑制していける可能性がある。
- ・ 共同住宅では木材を現しにせず、仕上げの内側で構造体に利用する例も見られた。同等の費用であれば、見た目に木質感がなくても、入居者の満足度は高いようだった。
- ・ ただし、欧州の建築関連法規（耐火・耐震）や気候（地震の有無）と日本の建築関連法規・気候は異なっており、欧州の設計・施工技術をそのまま日本で利用するのは難しい。たとえば、視察先の多くは燃え代設計により木構造部材を現しで利用していた。また、日本のように地震力について検討している建物はほとんどなかった。（高層建物では風荷重に対する検討は行っていた。）

● 今後の取組に向けて

木材は循環資源であり、成長過程においてCO₂を吸収する唯一の材料である。また、森林の保全是土砂災害の抑制にも寄与する。木材が地球環境にとって潜在的に価値のある材料であることは自明である。日本特有の技術的課題はあるものの、欧州での事例のように、民間建築における事業収益性の改善が見込めれば、中大規模建築における木造の採用機会を増やすことができると考える。

建築コスト増大の一因には、事例が少ないことによる特殊性も挙げられる。

熊谷組では、汎用性の高い建築計画を目指し、耐火性能、構造性能に関する技術面での開発を行うとともに、事業性を改善するため、建築コストの低減に向けた材料調達や施工方法の分析を進めている。

市場規模の拡大と材料の安定供給は相互に関連するため、今後も標準的な材料の安定供給による建築コストの低減に向けた取組を模索していく必要がある。

● 謝辞

2017年の視察は株式会社日建設計小谷氏のコーディネートにより、2019年の視察は住友林業株式会社のご協力により、企業や大学でのレクチャー、建設中の建物を含む見学など、多くの充実した視察内容を提供していただきました。また、現地企業、設計者、建設会社の方々にも貴重なお時間を割いて親身に対応していただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。

● 参考文献

- 1) 木造建築のすすめ：(一社)木を活かす建築推進協議会，pp.30-31，2017.3

注1) エンジニアードウッドは木を原材料に工場で二次加工された木質部材のうち、特に強度特性が所定の計算・評価方法により保証された部材のこと。代表的なものとして、構造用集成材、構造用LVL、構造用合板、OSBなどがあげられる。