

CLT 視察ツアー 2017 in UK

報告書

期間:2017年7月2日~10日

場所:イギリス(ロンドン、ノリッジ、ケンブリッジ)



CLT 視察ツアー 2017 in UK 報告書

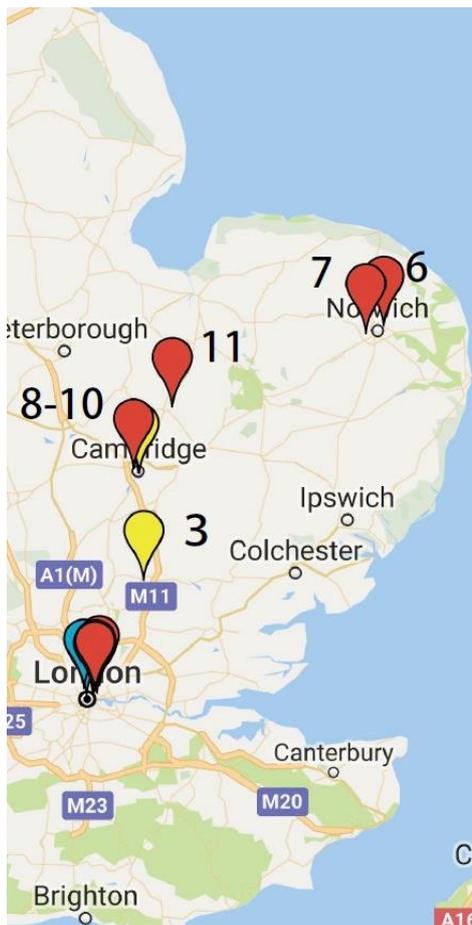
視察日程：2017年7月2日（日）～10日（月）

スケジュール

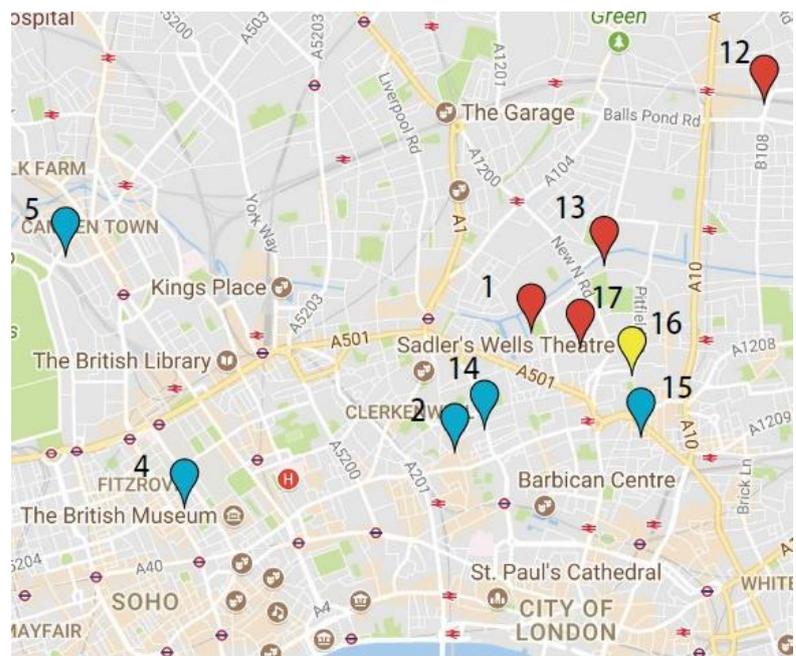
日付	時間	内容	場所	章番号
7/2（日）	－	移動	羽田→ロンドン・ヒースロー	
7/3 （月）	10:05～11:05	Wenlock Cross 見学	ロンドン（17-21 Wenlock Rd, London N1 7SL, UK）	1
	13:05～14:15	Hawkins Brown 訪問	ロンドン（159 St John Street, London EC1V 4QJ, UK）	2
	16:05～18:20	Bishop's Stortford カレッジ内の CLT 建築 見学	ロンドン（10 Maze Green Rd, Bishop's Stortford, Hertfordshire, CM23 2PJ, UK）	3
7/4 （火）	09:50～11:30	Price and Myers 訪問	ロンドン（37 Alfred Place, London, WC1E 7DP, UK）	4
	13:15～14:35	Sheppard Robson 訪問	ロンドン（77 Parkway, London NW1 7PU, UK）	5
7/5 （水）	11:15～12:15	Open Academy 見学	ノリッジ（Salhouse Rd, Rackheath, Norwich NR7 9DL, UK）	6
	14:00～17:05	East Anglia 大学キャンパス 視察	ノリッジ（Norwich Research Park, Norwich NR4 7TJ, UK）	7
7/6 （木）	09:30～10:30	Cambridge 大学・Michael Ramage 研究室 訪問	ケンブリッジ（1 Scroope Terrace, Cambridge CB2 1PX, UK）	8
	11:00～12:00 ／ 11:00～11:30	Stephen Perse Foundation new Senior School 見学 ／ Cowan Court 見学	ケンブリッジ（Union Rd, Cambridge CB2 1HF, UK ／ Churchill College, Storeys Way, CB3 0DS, UK）	9/10
	15:00～16:00	Cambridge 大学 Ely Boathouse 見学	ケンブリッジ（Fore Mill Wash, Queen Adelaide Way, Ely, Cambridgeshire, CB7, UK）	11
7/7 （金）	10:00～10:30	Dalston Lane 見学	ロンドン（73 Dalston Ln, London E8 2AB, UK）	12
	10:45～11:15	Bridport House 見学	ロンドン（Bridport Pl, London N1 5DG, UK）	13
	13:00～13:35	Zaha Hadid Design ショールーム 見学	ロンドン（101 Goswell Rd, London EC1V 7EZ, UK）	14
	14:00～15:05	Wagh Thistleton 訪問	ロンドン（77 Leonard Street, London EC2A 4QS, UK）	15

	15:20~15:40	Hoxton Cinema 見学	ロンドン (Pitfield Street, London, N1 6HB, UK)	16
	15:50~16:10	Murray Grove 見学	ロンドン (24 Murray Grove, London N1 7FB, UK)	17
7/8 (土)	—	自由行動		18
7/9 (日)	—	移動	ロンドン・ヒースロー→羽田 (7/10 着)	

地図



ロンドン部分拡大



Google マップより作成

1. Wenlock Cross 見学

Hawkins Brown 設計による 10 階建て建築物 “Wenlock Cross” を見学した。同事務所の Andrew Tindale 氏に説明いただいたが、すでに建物は利用中のために外観のみを見学した。



写真 1-1 外観



写真 1-2 Tindale 氏および小見山氏による現地解説

1.1. プロジェクト概要

場所	ロンドン ハックニー区
竣工	2015 年
クライアント	Regal Homes
総工費	1,050 万ポンド [*] (15.75 億円 [*])
用途	集合住宅
構造	2 階以上は鉄骨と CLT の混構造 (鉄骨の柱梁と CLT の床壁) 1 階部分とエレベータコアは RC 造

階数	10 (高さ 33m)
延べ床面積	6,750m ²
戸数	49 (うち 39 戸はソーシャルハウジング ^{**})
CLT 躯体供給	B&K Structure
CLT メーカー	Binderholz
CLT 利用量	1,300m ³

^{*}2017 年 7 月時のレートで 1 ポンド=150 円換算、以下同様

^{**}低所得者向けの住戸



写真 1-3 3D プリンターで作成した模型



写真 1-4 外観 (建物裏側の運河に面した側から臨む、奥の凸凹のある建物)

1.2. 建物の特徴

- ・ 建物両側の隣地境界が狭く、2 方向 (前面側の道路と裏面側の運河) しか開けない立地
- ・ 戸数と 2 面以上の開口部を確保するために 2 層ごとに角度を回転させるプランを計画した

- ・ 2層回転プランによって床のオーバーハングが多くなり、CLTのみでは床厚さと階高が増すため、鉄骨梁を有効に利用
- ・ また柱にも鉄骨を使用することでCLT壁の厚さも抑えられ、鉄骨の柱梁とのハイブリッドによってCLTと鉄骨双方の材積を抑制した
- ・ 本プランによって一般的なプランよりも多くの住戸を確保することができた
- ・ 木外装材はウエスタンレッドシダー
- ・ 壁構成は、CLT 躯体+防湿シート+断熱材+通気層+木外装
- ・ 火災時には通気層で火炎が走る恐れがあり、現在は通気層を充填する工法も検討
- ・ CLT 構造体は室内・屋外ともに見えないが、木造建築であることをアピールするために木外装を採用
- ・ なお、景観保存地区のため、前面道路側の格子フレームには黒色レンガを採用
- ・ 防火規制については、高さ18m以上の建築物では避難経路が2つ以上、消火活動のための非常用EVが必要となるほか、はしご車による消火活動ができなくなるため外装材には延焼防止塗装が必要になる
- ・ 高さ30m超（最上階の床高さ）ではスプリンクラー設置が必要となるため、本件では鉄骨梁の採用によってCLT床厚さと階高を抑えてスプリンクラー設置を回避



写真 1-5 RC コアと鉄骨・CLT ハイブリッド構造の施工状況*2



写真 1-6 鉄骨・CLT ハイブリッド構造の施工状況*2

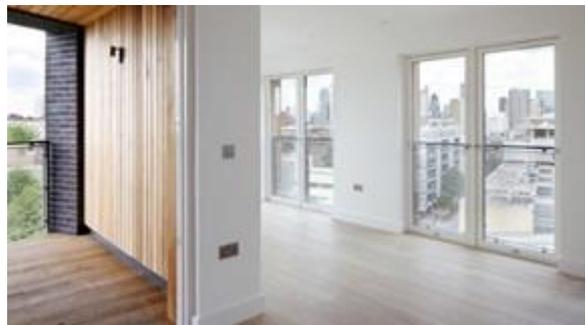


写真 1-7 住戸の内観とテラス部分*2



図1-1 構造図(1階とセンターコアはRC造、2階以上は鉄骨・CLTハイブリッド構造) *1



写真 1-8 ウエスタンレッドシダーによる外装材*2

1.3. CLT の利用

- ・ 構造材の総材積の 80%が CLT (1, 300m³)
- ・ CLT 壁の厚さは下階では 200mm、上階にしたがって薄くなり、上階では 100mm。CLT 床の厚さは 100mm
- ・ 床・天井の構成は、550mm (階高 3, 050mm - 天井高さ 2, 500mm) の厚さのなかで、CLT+防音用セメント 65mm+床下地・床仕上げ 55mm、天井側は石膏ボード+吊り天井+防音材の構成となっている

1.4. 所感

ハックニー地区はロンドンのなかでも貧困で治安の悪い地区とされているが、2012 年から Wood First 政策を掲げ、数多くの集合住宅や学校等の木造建築を推進してきた。高層 CLT 建築として有名な Murray Grove も同地区に建設されている。Wenlock Cross も住戸の大半が低所得者向け住戸であり、おそらく潤沢な予算も木材利用に対する補助金もない状況のなかで、CLT が大量に使用されていることから、イギリスでは CLT という材料・工法が広く認知され、他工法と同じ土俵に上がっている状況が伺えた。

設計者からは「CLT のメリットは何よりも施工期間の短さ」との評価であり、クライアントである民間デベロッパーに対しても早く建てられる CLT の優位性が理解されている様子であった。

本件の設計初期には、CLT のみの純木造が検討されたが、壁厚も床厚も厚くなり、階高も高くなりすぎるために鉄骨ハイブリッド構造が採用されており、センターコアの RC 造も含めて、適材適所な材料・工法の選択が行われている。制約の多い建築条件の中でも CLT を利用するメリット (工期短縮・重量軽減) と留意点 (他材料に対する CLT の材料性能の差) を理解することができる事例として非常に参考になる建物であった。

2. Hawkins Brown 訪問

組織設計事務所の Hawkins Brown 社を訪問した。Thomas Hudson 氏から同社の概要と CLT 建築物の事例を紹介していただいた。



写真 2-1 Hudson 氏による説明

2.1. Hawkins Brown 概要

設立	1988 年
所員数	260 名 (男性職員 142 名、女性職員 118 名、平均年齢は 32 才、国籍は 27 カ国、建築系大学 30 校以上から採用)
事務所	ロンドンとマンチェスターの 2 ヶ所

2.2. CLT 建築物と特徴について

- ・ これまで手がけた CLT 建築物の用途内訳は (集合)住宅が 25%、公共建築が 22%、大学施設が 19%、商業建築が 16%、学校施設が 12% である
- ・ 現在、同社では 40 件のプロジェクトが進行中であるが、そのうち 9 件で CLT を採用している (図 2-1~3 参照)



図 2-1 学校の校舎 (Southwark school) *2



図 2-2 大規模集合住宅 (Deptford Wharves、240 戸) *2



図 2-3 学校の体育施設 (City of London Freeman's School) *2

- ・ CLT のメリットは以下の 5 点
 - ① 工期の短縮
 - ② CO₂ 排出量の削減
 - ③ 工場でのプレファブ加工
 - ④ 躯体の精度の高さ
 - ⑤ 高品質な仕上げ材としての意匠性
- ・ CLT の注意点については、音が透過しやすく防音対策が必要となること、事前に意匠・構造・設備設計のコーディネートが必要となること、防火対策

※翌日見学した Bishop' s Stortford カレッジについても説明いただいたが、内容については次節の現地見学でまとめて示す



写真 2-2 受講の様子

2.3. 所感

CLT の利用に関して、特別に気負って採用する材料ではなく、数ある材料の選択肢のひとつとして同事務所では利用されているように感じられた。所員の平均年齢が 32 歳、女性所員数の割合も高く国籍も様々で、オープンな雰囲気の事務所であった。

3. Bishop' s Stortford カレッジ内の CLT 建築 見学

ロンドンの北東部郊外にある私立学校 Bishop' s Stortford カレッジの敷地内に建設された Wynch Cottage (交流施設) と施工中の Boading House (寄宿舍) を見学した。どちらの建物もプロジェクトチームは以下の通りでそれぞれの担当者に同行いただいた。

設計者	Hawkins Brown
構造エンジニア	Smith & Wallwork
CLT サプライヤー	KLH UK

3.1. Wynch Cottage 見学

3.1.1. プロジェクト概要

建設地	ビショップス・ストートフォード（ロンドン中心部から北北東に約 60km）
竣工	2016 年 12 月
建設費	91 万ポンド（1.37 億円）
規模	2 階建て、延べ床面積 500m ²
用途	学生の勉強・交流スペース
建設期間	9 ヶ月
CLT 利用量	780m ³



写真 3-1 増築部分の外観



図 3-1 立面図（右側青色部が既存建物、左側灰色部が CLT 増築）*2



写真 3-2 1階の交流スペース

- ・ クライアントは私立の小中高一貫校
- ・ 建設地はキャンパス内の由緒ある建物や保護すべき樹木の多い保全地区
- ・ 18 世紀の歴史的建物「Wynch Cottage」をリノベーションしながら、交流スペースを増築するためには、既存建物へのダメージをできるだけ小さくしなければならない
- ・ そのために軽量で基礎も軽減でき、また、既存の樹木や建物に近づけて建設できる CLT 工法が選択された



写真 3-3 交流スペース上部の吹き抜け

3.1.2. 屋根への CLT 利用

- ・ 屋根は CLT パネルによる折板構造としており、傾斜をつけることで集成材等の屋根梁を設けなくても大きなスパンと意匠的な空間を実現
- ・ 有限要素法による構造解析により形状とパネル厚さを最適化している



写真 3-4 折板構造の屋根

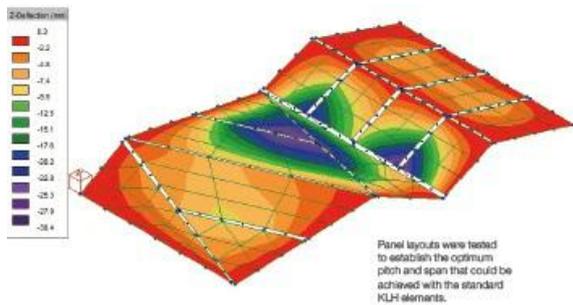


図 3-2 屋根パネルの構造解析図*3

3.1.3. CLT 供給・施工

- ・ パネルの製造・プレカット・施工まで KLH 社がパッケージで請け負った
- ・ CLT パネルは 3 回に分けて搬入され、建て方は 9 日間で完了
- ・ 全体の工期は 41 週間であり、他工法よりも 12 週間ほど短縮することができた
- ・ 内部空間は CLT を現しにすることで内装工事費を低減でき、建設費は 1820 ポンド/m² (27 万円/m²) と安く抑えられた

3.1.4. CLT の現し利用

- ・ 現し CLT の表面には延焼を抑制するためのクリア系防火塗料を現場で塗布
- ・ スプルー本래の淡黄白色ではなく、橙色に濃く変色している部分と白く変色している部分がまだらに散見された
- ・ 施工時の塗布ムラの影響もあるが、防火処理木材で見られる白華現象のようにも

見受けられた

- ・ この経験を踏まえて、現在施工中の建物からはクリア系ではなくホワイト系の防火塗料を試していくとのことである



写真 3-5, 6 防火塗料が塗られた CLT の色ムラ



写真 3-7 防火塗料のサンプル (左部が無塗装、中央部がクリア系、右部がホワイト系)

3.1.5. 外装材

- ・ 焼き板処理されたカラマツ製材 (燃焼処

理後にブラッシングした浮造り仕上げ)がすき間をあけながら張られている

- ・ 焼き板処理によって無塗装の無垢板よりも経年による劣化や変色のバラツキが抑えられ、将来的にメンテナンスをしなくてもシルバーグレーに落ち着くように意図されている



写真 3-8, 9 焼き板処理したカラマツ外装材

3.2. Boarding House 見学

3.2.1. プロジェクト概要

建設地	ビショップス・ストートフォード
竣工	2017年9月(予定)
建設費	1,000万ポンド(15億円)
規模	2~3階建て、延べ床面積3,630m ²
用途	学生・スタッフの寮および交流施設
建設期間	19ヶ月



写真 3-10 保存樹木に囲まれた建設中建物



図 3-3 建物のアイソメ図(右側2階建ての屋根が折板構造)^{*3}

- ・ Wynch Cottage と同様にキャンパス内の保全地区に建設されており、周囲の保護樹木に配慮して計画がなされており、基礎を軽減できる CLT 工法のメリットが活かされて樹木に囲まれたレイアウトが可能となっている

3.2.2. CLT の現し利用

- ・ 学生寮の住戸部分は石膏ボードで被覆されているが、それ以外のスペースでは CLT が現し仕上げとなっている
- ・ CLT 供給は KLH 社であり同社の CLT では意匠性の高い順に以下のグレードがあり、それぞれのグレード間には平米あたり 17 ポンド、9 ポンドの価格差が設定されている

- ① Domestic (手に触れられる所に利用される現し用)
- ② Visual (天井面などの現し用)
- ③ Industrial (非現し用)

- ・ 屋根面 CLT は、使用者の目線からは距離がある分、節があっても目立たないために Visual グレードが用いられている
- ・ 現し部分の CLT では、燃えしろ設計のために厚さを増している
- ・ さらに表面には延焼を抑制するための防火塗料が現場塗布される
- ・ 前述の Wynch Cottage ではクリア系塗料で色ムラや変色が生じたため、本建物ではホワイト系塗料が採用される

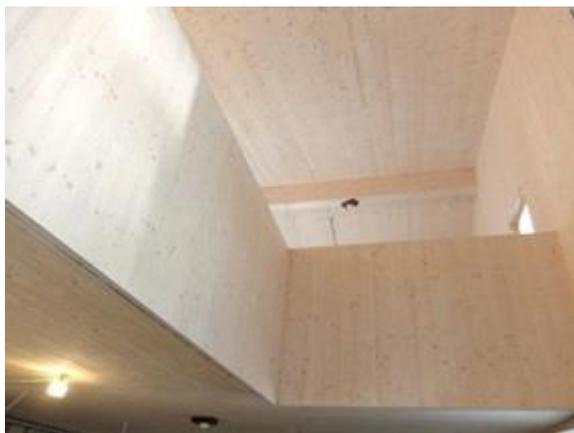


写真 3-11 吹抜け周りと屋根の現し CLT



写真 3-12 切妻屋根と棟木 (屋根面には意匠性の Visual グレードを活用)

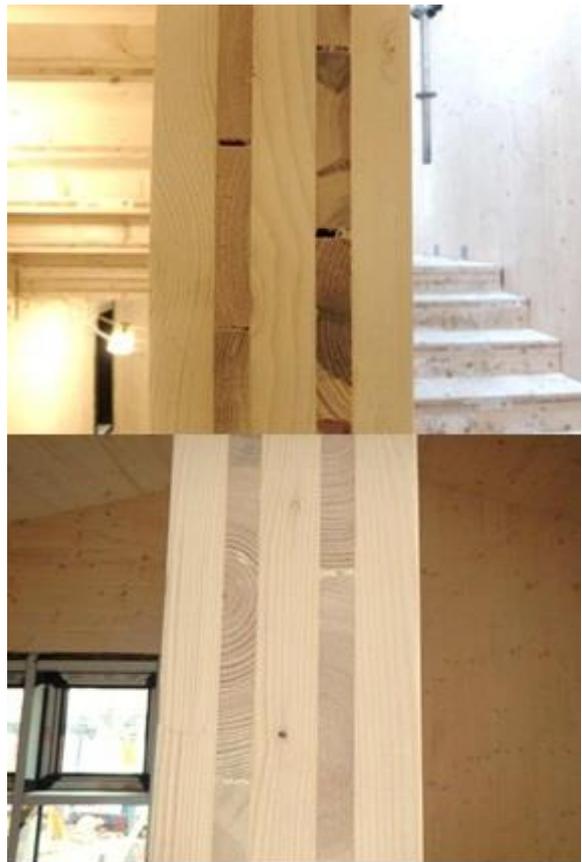


写真 3-13, 14 CLT 壁の木口断面 (下段では幅はぎすき間に現場でパテ埋め)



図 3-4 パネル組立作業 (現し CLT には黒色シートで被覆養生) *3



図 3-5 パネル組立作業（隠蔽される CLT には配慮なし）*3



写真 3-17 階段室で見られた床 CLT パネルの木口断面（5 層 7 プライ構成）



写真 3-15 化粧用の薄板 3 層パネル



写真 3-18 居住棟の廊下部分（CLT は現し）



写真 3-16 階段室



写真 3-19 居住棟の 2 人部屋（居室内は CLT を石膏ボードで被覆）

3.2.3. 構造

- 床の CLT パネルは 5 層 7 プライで厚さは 230mm であるが、壁の CLT を含めて全般的には構成するラミナは等厚でないこと

が多い

- ・ 吹き抜けのある大空間の床（5層7プライ）では9mもの大スパンをとばしている
- ・ 手すり腰壁の5層5プライCLTと床が緊結されていることで、弱軸ながらも梁せいの高いビームのような補剛効果が得られており、床たわみは非常に少なく、剛な床組となっている
- ・ 屋根の一部は折板構造となっているが、Wynch Cottage よりも角度が緩く、補剛効果は少ない



- ・ 写真 3-20, 21 吹き抜け部の手すり腰壁（床スパンの補剛効果として有効）

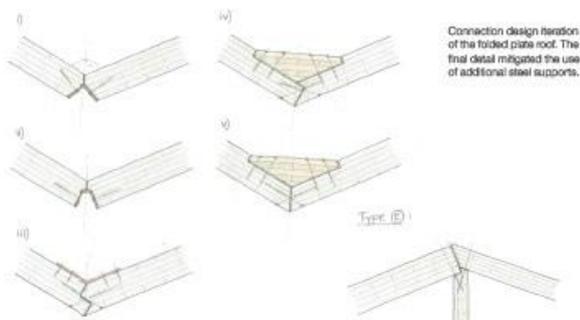


図 3-6 屋根部分の接合のイラスト*3



写真 3-22, 23 折板構造の屋根



- ・ 写真3-24 屋根のCLTパネルとトップライト（5層5プライに3層3プライを積み重ね、3層3プライのCLTは構造的な役割はなく、スペーサーとのこと）

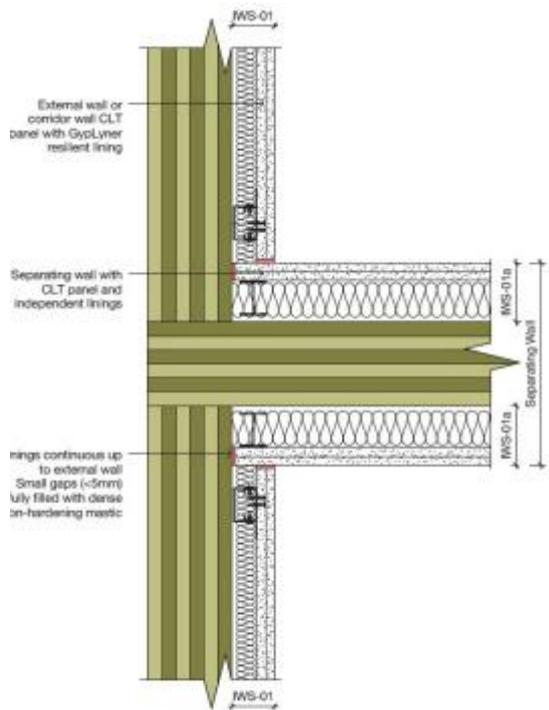


写真 3-25 木製サッシの納まり

Typical junction (Plan)
Separating Wall - External wall

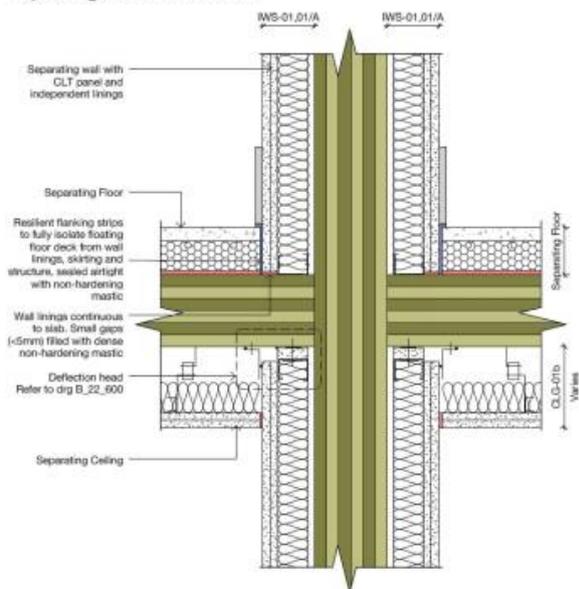


写真 3-26 外装レンガと開口部の納まり

Typical junction (Section)
Separating Wall - Separating Floor

図 3-7, 8 CLT 躯体の断面図*3

3.2.4. 外装

- ・ 外装にはレンガと焼き板が用いられている。レンガは CLT 躯体とは別に基礎から自立して積み重ねられている
- ・ CLT の乾燥収縮による沈下(1層で 15mm、3層で 35mm)を考慮し開口部ではレンガとの取合部にクリアランスを設けている

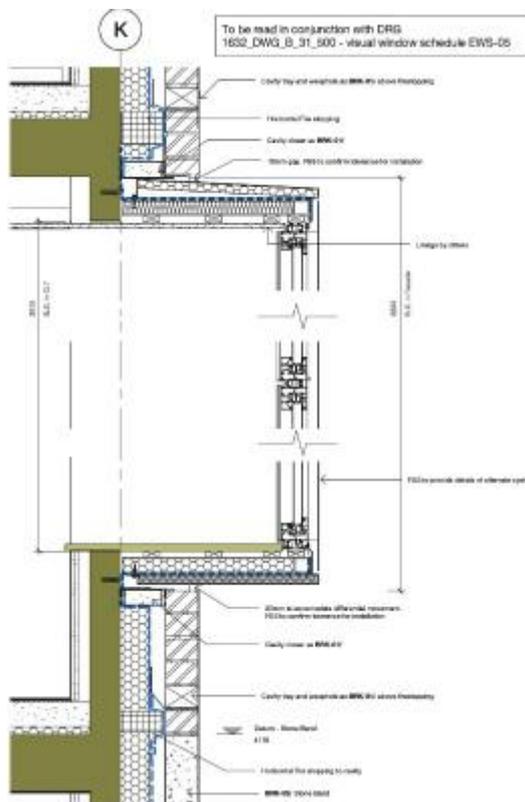


図 3-9 外壁と開口部の納まり図*3

3.2.5. コスト

- ・ これまでは、CLT 工法は他工法と比べて10%ほどコストが高くなるが多かったが、現在はCLTの利用方法の知見、供給・加工体制の充実により、コストはほぼ同等になってきている
- ・ さらに最近のコストスタディによれば、CLT工法はRC造やレンガ造に比べて3%ほど安くなる試算も報告されている

3.2.6. 設計／構造設計／供給者のやりとり

- ・ Hawkins Brown、Smith & Wallwork、KLHの3者でのCADのやり取りは、以前はHawkins Brownで書いた2D CADをSmith & Wallworkで3D CADにしていたが、現在は3D CADでモデルを共有しシームレスなやり取りをしている
- ・ それぞれが使っているソフトは下記
Hawkins Brown Revit
Smith & Wallwork MicroStation
KLH AutoCAD

3.2.7. その他

- ・ 壁と床の接合金物については、ビス金物接合が多く用いられているはずであるが、床仕上げ厚さで上手く隠されている
- ・ なお、イギリスでは、地震を考慮する必要がなく、ホールダウンのような引き抜き金物は見当たらない
- ・ 勉強室と共有スペースの間仕切り壁では、両面に石膏ボードで被覆されている
- ・ 住戸間の壁、床および天井などでは、防振材や吸音材を用いて、防音対策が施されている
- ・ KLH UK を設立して12年経つが、CLTに関しては各メーカーがデータをまとめて技術資料を整備しており、利用に関してエンジニアが最終的に責任を持たなければならない
- ・ 第三者機関によるCLT利用のガイドブッ

クがイギリスで出版されるとよいのだがとのコメントもあり



写真 3-27, 28 勉強室と共有スペースとの間仕切り壁（両面に石膏ボードを被覆）



写真 3-29 二重天井の下地フレーム



写真 3-30, 31 配線の納め方



写真 3-32 石膏ボードで被覆される CLT 壁の鋼製下地フレームとコンセントボックス

3.3. 所感

設計者やクライアントにとっては、CLT 工法の最大のメリットが工期の短さであるが、コストニュートラルになったことで、今後さらに CLT 工法が普及する可能性が高まっていると考えられる。

見学には設計者の Hawkins Brown、構造エンジニアの Smith & Wallwork、CLT サプライヤー

の KLH の 3 社のそれぞれの担当者に同行いただいた。それぞれが早い段階から協働し、コミュニケーションを取ることによって初めて CLT のメリットである施工の速さや、CLT に適したデザインが実現されることをともに語られており、これからの日本でもキーになることだと感じた。

4. Price & Myers 訪問

構造設計事務所 Price & Myers を訪問し、Philip Hudson 氏と Rachel Betts 氏に CLT に関する取り組みについて説明いただいた。



写真 4-1 Rachel Betts 氏による説明

4.1. Price and Myers 概要

所員数 185 名
事務所 ロンドンとノッティンガム、オックスフォードの 3 ヶ所

- ・ 元 ARUP のメンバーによって 1978 年に創設された構造設計事務所
- ・ 「Structures」、「Geometrics」、「Sustainability」、「Infrastructure」の 4 つのエンジニアリング部門が存在し、活動は多岐にわたる

4.2. CLT の取り組みについて

- ・ 彼らの CLT 利用は 10 年ほど前からで、主に教育施設で用いられている
- ・ 商業施設の事例はほとんどない

- ・ CLT を利用していく中で、CLT 壁を各層同位置に存在させることが、一番合理的なシステムを作り上げることを実感

4.3. CLT のメリット

- ① 大きな面を木質材料で構成できる
→非常に美しい
- ② 軽量
→コンクリートに比べて、非常に軽い
- ③ 施工性（工期短縮）
→複雑な技術はならず、扱いやすい
- ④ CO₂ のストック
→環境負荷低減

- ・ CLT 工法は高い現場レベルを要求されない為、扱いやすい。また、工期短縮が図れることはクライアントにとってかなり好まれる

4.4. CLT の注意点

- ・ 現場での孔あけは困難
→CLT 構造エンジニアの確認が必要
- ・ 遮音性
→解消するためには厚みを増す
- ・ 振動障害
→床厚、スパンには慎重に取り組む必要がある
- ・ 現場において、孔あけの確認にかかる時間ロスは問題。彼らはその問題を十分に理解しているため、計画の早い段階で設備エンジニアを交えた設計を行っている

4.5. 事例紹介

4.5.1. Lauriston school

設計 Meadowcroft Griffin
CLT サブコントラクター KLH UK
総工費 8,200 万ポンド (12.3 億円)



写真 4-2 外観^{*4}

- ・ ハックニーロンドン自治区の小学校
- ・ 彼らにとって、初の CLT 物件
- ・ CLT 現し利用（燃えしろ設計）、材料はスプルーース
- ・ 既存建物の建て替え物件であり、軽量である CLT を生かした既存基礎を再利用することでコスト・工期短縮を図った
- ・ 長スパン部分には集成材を併用



写真 4-3 内観（中央レンガ造は既存建物）^{*4}

4.5.2. Cowan Court (7/6 訪問、11 章参照)

4.5.3. Kingsgate house (7/8 訪問、18 章参照)

4.5.4. Sussex house

設計 Wilkinson King
CLT サブコントラクター KLH UK

- ・ 2 階建ての個人住宅
- ・ 1 階は鉄骨造で、2 階部分に CLT 板を利用
- ・ クライアントの要求として木の現しと屋

根形状が複数の三角形で構成された複雑な形状であった為、CLTが採用となった



写真 4-4 外観*4



写真 4-5 建設時（建設中に利用される壁のサポート材）*4



写真 4-6 天井*4

4.5.5. Frampton park Baptist church 設計 Mathew Lloyd

CLT サブコントラクター KLH UK

- ・ 3階建ての教会部分をもつ複合施設
- ・ 教会（大空間）は2階
- ・ 大空間を構成するにあたり、鉄骨梁・タイロッド等CLTと併用
- ・ 建方中、現し部分は全て養生（写真 4-10 参照）
- ・ 写真 4-11 の右側部分の 20m高さの CLT 壁を構成させるために、適宜鉄骨補強がなされている



写真 4-7 外観*4



写真 4-8 建設中（2階）*4



写真 4-9 建設中（右側煙突のような部分は高さ 20m）*4

- ・ この建物は設計が進んだ段階で CLT や集成材を使うようにとの指定が入った
- ・ そのため、鉄骨や金物の補強をたくさん入れないといけなくなったり、構造的に追加の検討が多々生じ、非合理的な設計となった
- ・ 困難な設計を達成したことは誇らしいが、ストレスのたまるプロジェクトとなった
- ・ クライアントが CLT を使いたいなら、スタート時から CLT の事を理解している構造事務所をメンバーに加えるべきで、後から CLT にしようとしても困難が伴う

4.5.6. Kingsgate school

設計 Maccreeanor Lavington

CLT サブコントラクター KLH UK

- ・ 倉庫が立ち並ぶ工業地帯に建設された 2 階建ての学校
- ・ CLT と鉄骨を組み合わせることでさまざまなボリュームの部屋を構成
- ・ 特徴は周囲の工場の形状に合わせたノコギリ屋根
- ・ 工業地帯である為、地盤があまりよくないことから RC に比べ軽量である CLT が採用となった



写真 4-10 建設時*4

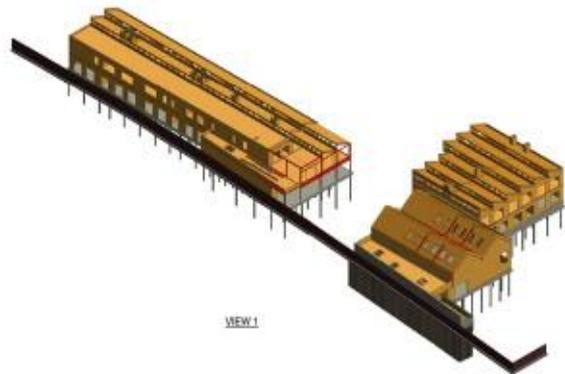


図 4-1 パース*4



写真 4-11 建設時（2 階）*4



写真 4-12 内観（2 階）中央部の鉄骨は隠れている*4

4.5.7. Streatham & Clapham school

設計 Cottrell and Vermeulen

CLT サブコントラクター KHL UK

- ・ 木をイメージした柱に CLT 床をのせ構成
- ・ 柱と CLT 床は写真 4-14 のような鉄骨を用いて接続されている



写真 4-13 建設時(柱は現しの為、養生)*4



写真 4-14 建方中(屋根面)柱と床をつなぐ鉄骨補強がみえる*4

4.6. 所感

RC に変わる材料として CLT が選ばれており、日本に比べ比較的前向きなスタンスで CLT が選択されているように感じた。同時に、プレゼンで見せてもらった物件の多くは鉄骨との併用であり、CLT のみでクライアントの要求を応えていくことの難しさも伝わった。

施工面のメリットは非常に多く、高い建設技術を必要としないうえ、騒音問題も特にないことが挙げられる。構造設計時においては、立体的に複雑な形状を扱ううえで、業務効率の良い BIM は必要条件のようにも感じた。

彼らにとって、CLT 利用における一番の注

意点として、“クライアントへの理解”を挙げており、クライアントに CLT の特性を理解してもらうよう働きかけることで、本当にそこに使うべき材料なのかを考えさせる必要があると訴えていた。それは、日本でも同じことがいえると痛感した。



写真 4-15 レクチャー後のディスカッション

5. Sheppard Robson 訪問

組織設計事務所 Sheppard Robson を訪問し、Sophie Campbell 氏と Lee Bennett 氏に同事務所での CLT を使った建築の設計を中心に説明していただいた。

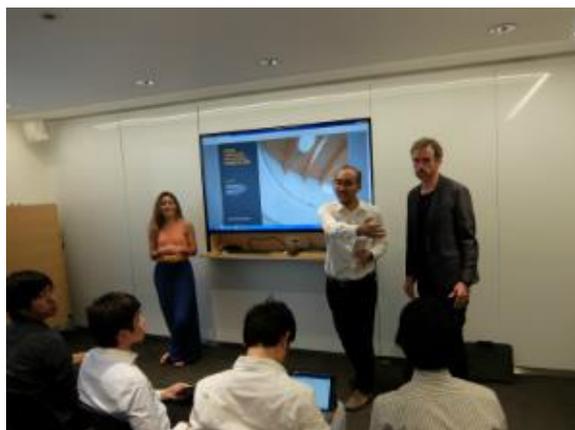


写真 5-1 Sophie Campbell 氏 (左) と Lee Bennett 氏 (右)

5.1. Sheppard Robson 概要

所員数	250 名 (ロンドン本社のみ の人数)
設立	1938 年

事務所 ロンドン、マンチェスター、
グラスゴー、アブダビの 4
ヶ所

- ・ 1950～60 年代のコンクリートシェル構造のパイオニアとして特に知られ、最近ではサステイナブル建築のリーダーとしても知られている



図 5-1 外観*5

5.2. 実例紹介

5.2.1. Open Academy (ノリッジ) (翌 7/5 に 見学、6 章参照)

5.2.2. City Academy (ノリッジ)

設計 Sheppard Robson

木造サブコントラクター KLH UK

- ・ 50 m²の教室を基本モジュールに計画
- ・ 建物の特徴として、当初1 教室 50 m²の空間のみ要求された計画に対し、将来的な利用形態が変化することを踏まえ、フレキシビリティを考慮した計画とした
- ・ 具体的には、なるべく構造壁を減らしたプランとすることで、将来的に間仕切りを取り外すことを可能としている
- ・ そのため CLT の利用は、外周壁と床のみとしており、内部は構造的には大空間を構成できるように計画されている（内部鉄骨補強、図 5-2）
- ・ CLT のメリットは、既存の建物に近づけて建てられることで（建物重量が軽いと基礎も小さくできる）、この建物も既存建物に非常に近づけた計画となっている
- ・ 手すり壁は Open Academy と同様に CLT パネルを曲げて利用
- ・ CLT と吸音材は直付けしておらず、例えば天井面は CLT 床から吊った吸音板を用いている
- ・ 壁は、現し部分と吸音性に配慮した仕上げ材を効果的に組み合わせることで、意匠性と遮音性を両立させている



図 5-2 施工時（外周 CLT、内部鉄骨）*5



写真 5-1 施工時*5



写真 5-2 内部*5

5.2.3. LICA (Lancaster Institute for the Contemporary Arts、ランカスター)

設計 Sheppard Robson

木造サブコントラクター Urban

規模 延べ床面積 4,900m²

- ・ 北イングランドにあるランカスター大学にある現代美術のための研究所
- ・ 1万本のスイスの木が使われているという(表現としては何m³よりもわかりやすい? 集成材とCLTを合わせて1,467m³)
- ・ スイスでは、5時間で成長している木の本数だという
- ・ Urbanの製品で、吸音性能を持ったCLT板(イメージは孔あき吸音ボード)が使用されている
- ・ PB等より木質材料であるCLTを利用した方が、研究により子供の心拍数が良好な状態を保てる研究成果を踏まえ、利用されている
- ・ 外装は断熱性に配慮した半透明のポリカーボネート
- ・ CLTの利用を基本とし、部分的に集成材や鉄骨梁を併用することで様々な空間を構成させている



図 5-3 外観*5



写真 5-3 建設時 (CLT, 集成材, 鉄骨が見える)
*5



写真 5-4 内部*5

5.2.4. Waingels カレッジ (レディング)

設計 Sheppard Robson

木造サブコントラクター Urban

規模 延べ床面積 12,900m²

竣工 2011年

- ・ 4棟の学校施設で、各棟間取りが異なり、利用形態に合わせて使えるようにプランされている
- ・ 既存建物を利用しながらの計画であるとともに、非常に近接させる必要があったため、騒音対策及び基礎の簡略化が可能なCLTが採用となった
- ・ 外装はサーモウッド利用で耐久性向上



図 5-4 外観⁵



写真 5-5 内部⁵

5.3. CLT を扱った経験から気付いたこと

- ① CLT（木質材料）は、子供にとって有益な材料である（研究により、子供の心拍数は木質材料を用いると安定する）
- ② 材料として冬は暖かいが、夏は暑くなる（熱を貯める）ので、CLT の使い方は用途に応じて考える必要がある
省エネ性を考えれば、冷房を使わずにどう利用することが可能か？など
- ③ 注意点として、CLT 板は簡単に孔をあけることができるので、現場で勝手にあけられてしまう恐れがある（一定以上の孔は構造エンジニアの許可が必要）
- ④ CLT を現し利用する場合、塗装のランニングコストはクライアントと計画段階で相談する必要がある（10～20 年で塗替えが必要）
- ⑤ 様々な側面をもった材料ではあるが、非

常にサステナビリティに優れた新材料として認識している

5.4. 所感

教育施設での利用が目立った。彼らの事務所は、他事務所と比較し、より CLT を現しで利用している傾向が見られた。その為、ランニングがかかる塗装に関しては特に注意されていた。現し利用が多い中でも、遮音性の問題もしっかり認識されており、吸音性に配慮した仕上げも効果的に用いることで、意匠性に優れたバランスの取れた解決がなされていた。孔あき吸音材として CLT を利用している点は非常に面白い発想だと感じた。

6. Open Academy 見学

前日の 7/4 に Sheppard Robson でプロジェクトの紹介をいただいた（5 章参照）Open Academy を見学した。

6.1. プロジェクト概要

竣工	2010 年
設計	Sheppard Robson
木造サブコントラクター	KLH UK
規模	3 階建て、延べ床面積 9,000m ²
用途	公立の学校（11～18 歳までの生徒、生徒数 650 名）
CLT 利用量	3,095m ³

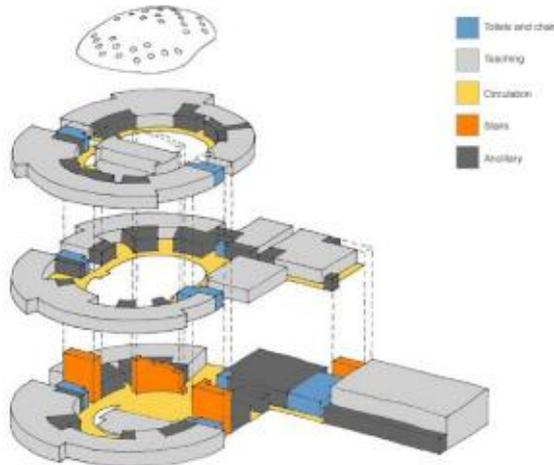


写真 6-1 外観



写真 6-2 内観

- ・ 完成当時はイギリスで最大級の規模の CLT 利用した学校施設
- ・ コンペにより Sheppard Robson が設計者となった
- ・ 当初想定されていた施工期間よりかなり早いものであった (CLT は 18 週間で施工)
- ・ 中央部に共用スペースで環状に教室を配置している計画で、CLT 板自体は短冊状の配置で建物として楕円に見せており、建物の経年を感じ取れる計画
- ・ 吸音性を考慮し、CLT 現し部分と仕上げ部分 (吸音に配慮) を使い分け、バランスの取れた内部仕上げとなっている



- ・ 図 6-1 配置計画 (水色: トイレ, 着替え、薄いグレー: 教室、黄色: 廊下、オレンジ: 階段室 濃いグレー: 付帯施設) *5



写真 6-3 施工時 (12 週目) *5



写真 6-4 施工時 (18 週目) *5



写真 6-5 屋根の施工*5

6.2. CLT の利用

- ・ 壁に利用された CLT は円形の平面構成に沿うように中心部から同心円状に配置されている
- ・ 壁の CLT は厚さ 180mm であるが、腰壁・垂壁は 100mm とすることで、材積を減らしたコストカットも行っている
- ・ 屋根 CLT (t=50mm) は湾曲集成材の上に直接設置しており (写真 6-7)、現場で曲

げながら接合ビスを取付けた

- ・ 壁 CLT は 180mm に対し、手すり (CLT t=50mm) も屋根同様、曲げた CLT を利用している



写真 6-6 外観 (1 階部分はレンガ、2~3 階部分は木の外装)



写真 6-5 階段の手すりも 50mm の CLT を曲げて利用



写真 6-7 天井は湾曲集成材に CLT を乗せている (CLT は 3 層 3 プライ、50mm)



写真 6-6 手すり拡大



写真 6-7 階段室 (手すりや配線は CLT に直接設置)



写真 6-8 集成材の柱と梁、接合金物



写真 6-9 工作用の教室



写真 6-10 体育館（高さ 8.5m、18m スパン）



写真 6-11 階数を示すサイン(CLT に彫込み)

6.3. 学校職員の方のコメント

- ・ 木造であることは生徒にも好評。その証拠に校舎への落書きがない
- ・ よくない点を挙げるとすると、夏の暑い日には部屋が暑くなってしまうところ

6.4. 所感

厚い CLT だけでなく、50mm の CLT もうまく活用しながら、木を見せるところは見せ、音響上や意匠上の配慮から隠すところは隠した、押しつけがましくない木造のデザインの学校施設であった。集合住宅のような建物だけでなく、円形で、開放感のあるこれだけの規模の建物にもメインの構造材として CLT が利用できることを示しており、本ツアーの見学先の中でも見学できてよかったとの声も多かった。

7. East Anglia 大学キャンパス 視察

East Anglia 大学は生徒数 13,000 名、Times Higher Education World Rankings によると、世界の上位 1% に位置付けられる大学である。大学の PM (Project Management) を行っている Martin Lovatt 氏に同大学で CLT を使った 5 つの施設について見学させていただき、説明いただいた。

7.1. Enterprise Center

建設開始	2013 年 11 月
竣工	2015 年 6 月
総工費	1160 万ポンド (17.4 億円)
工期	76 週間
施工業者	Morgan Sindall
規模	2 階、延べ床面積 3,400m ²



写真 7-1 外観

- ・ サステナビリティに配慮した建物で、BREEAM*の Outstanding**やドイツのパスシブハウス認定を取得
- ・ 同規模の通常の建物の 10%のエネルギー消費量
- ・ できるだけ近くの材料を使って地元の業者に関わってもらえるような材料選択
- ・ 新素材も実験的に利用し、施工後の検証も継続している
- ・ エアコン等の空調設備は設置していない
- ・ 屋根や壁には古紙を利用した 300mm の断熱材を利用

- ・ 雨水のトイレ利用もしている

*イギリスのグリーンビルディング評価システム。Building Research Establishment Environmental Assessment Method (イギリス建築研究所建築物性能評価制度) の略称

**評価は「Outstanding」、「Excellent」、「Very Good」の順で Outstanding は最高評価



写真 7-2 内観



写真 7-3 エレベーターシャフトは CLT



写真 7-4 トリプルガラスのサッシ



写真 7-5 天井には古紙を利用した、音や光を吸収できる内装材（断熱材厚さは 300mm）



写真 7-7 露出された配線と L 型金物

7.2. New Gymnasium (新体育館)

建設開始	2011 年 1 月
竣工	2011 年 8 月
総工費	230 万ポンド (3.45 億円)
建設費	192 万ポンド (83%)
工期	33 週間
施工業者	Kier
CLT サプライヤー	KLH
設計	RHP Architects (ケンブリッジ)

- ・ コスト、施工期間、運搬の条件に合う材料を選んだ結果 CLT が採用された
- ・ 木材が現しとなっている面積が大きいが床と壁のカーペットで吸音している



写真 7-6 内観

7.3. Building 57 - The Julian Study Centre

建設開始	2012 年 10 月
竣工	2013 年 8 月
総工費	887 万ポンド (13.31 億円)
建設費	817 万ポンド (92%)
工期	44 週間
施工業者	Kier
CLT サプライヤー	Binderholz
設計	Pick Everard
規模	4 階、延べ床面積 2,000m ²
CLT 利用量	370m ³ (壁、階段室、エレベーターシャフト)

- ・ CLT で 221 トンの炭素を貯蔵
- ・ 壁勝ちの構造で床はコンクリート
- ・ 完成した建物の U 値は 0.1W/M²k
- ・ BREEAM 認証で Excellent を取得



写真 7-8 外観

- CLT を採用したのは、施工者がコストや工期の面、また工事中に騒音を出さずに工事ができることを気に入って使いたがったため（既存の建物が近くにあり、授業もあるため、工事の際の静粛性が重視される）
- CLT を表面に出し過ぎると「サウナみたい」な木だらけの空間となるため、意匠的な観点から石膏ボード被覆としている部分が多い（石膏ボード被覆で2時間準耐火の性能も持たせている）
- 遮音にも緩衝材を入れるなどの配慮をしている
- 学生寮の場合、まじめな学生と騒ぐ学生がいて騒音の苦情が多いものだが、これまでに騒音の苦情は一件も出ていない

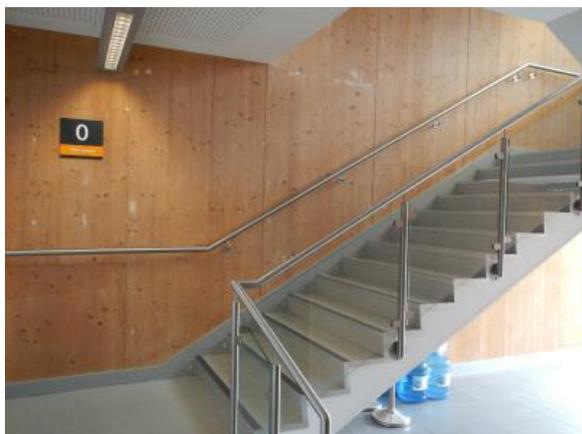


写真 7-9 階段室



写真 7-10 外観



写真 7-11 CLT の壁は石膏ボード被覆だが、この部分はディスプレイ用に見せている（人物は説明して下さった Martin 氏）

7.4. Crome Court

建設開始	2014 年 6 月
竣工	2015 年 8 月
総工費	1,165 万ポンド (17.48 億円)
建設費	1,033 万ポンド (15.50 億円)
工期	60 週間
施工業者	Kier
CLT サプライヤー	Stora Enso
設計	LSI Architects
規模	7 階、延べ床面積 5,000m ²
用途	学生寮 (232 部屋)
CLT 利用量	1,680m ³

- 大学院生用の寮で232部屋のうち24部屋は車いす用の部屋となっている
- 1階部分はRCで、2階から上の床、壁にCLTを利用している
- BIMを活用して設計された建物

7.5. Blackdale Development - Barton and Hickling Houses

建設開始	2015 年 5 月
竣工	2016 年 8 月
総工費	2,890 万ポンド (43.35 億円)
建設費	2,734 万ポンド (41.01 億円)
工期	65 週間
施工業者	R G Carter
CLT サプライヤー	KLH

設計	LSI Architects
規模	5～7階、延べ床面積 12,000m ²
用途	学生寮（514部屋、48のキ ッチンルーム）



写真 7-12 外観

- ・ 1階から7階までCLTによる構造
- ・ CLT 同士の接合はスクリーがメインで75万本のスクリーが使われている
- ・ Crome Court での経験を踏まえて、Crome Court の2倍以上の規模であるが工期はほぼ同じに納めた
- ・ 加えて予算額から3.5%の総工費縮減を達成している

7.6. 説明者（大学の施設・不動産開発部でプロジェクトマネージャーを務める Martin Lovatt 氏）のコメント

- ・ CLT は New Gymnasium で初めて使ったが、その後も、施工者が好むこと、工期の短縮が図られること、工事中に騒音が少ないことから採用が続いている
- ・ 工期短縮と総工費縮減の実績を重ねることで、大学の施設・不動産開発部にノウハウが蓄積し、拡大を続けるキャンパスにおいて設計者・施工業者と協働し計画的な整備が可能となっている
- ・ Crome Court のプロジェクトでは BIM を活用したが、BIM のよいところは様々な

職種の人と一緒に仕事することを強制するところだと感じている

- ・ BIM を使うことで、構造性能、コスト、断熱性能、施工性など、様々な要素をシミュレーションし、最適解を探る作業が容易になる
- ・ 2021年には10階建てのCLTを使った学生寮の建設を予定している

7.7. 所感

East Anglia 大学では2011年以降5つの大学施設にCLTが採用されていた。CLT自体が炭素を貯蔵しており、また断熱性能も有するため環境性能に配慮した建物とCLTは相性がよいが、それだけがCLT採用の理由ではなかった。コストや施工性でメリットがあり、また、担当者が一度CLTを使うと、CLTのよさを理解し、次からもCLTを使いたがるという循環も起きていた。

8. Cambridge 大学・Michael Ramage 研究室 訪問

ロンドンから来た約100kmに位置するケンブリッジ市にあるケンブリッジ大学を訪問し、Michael Ramage 教授に現在の取組みについて講義していただいた。教授はバイオケミストリー（生物化学）から超高層の木造建築の提案まで、幅広く研究を行っている。Ramage 教授はアメリカ出身でケンブリッジ大学に着任して11年になる。



写真 8-1 Michael H. Ramage 教授による講義

8.1. 木質系材料に関する研究

- ・ 応力度－ひずみ度関係などの力学的特性は、自然材料では脆性的な挙動を示す
- ・ しかし遺伝子操作することで、均一で滑らかな挙動になる可能性があり、そのような材料の開発に取り組んでいる
- ・ 竹の繊維を接着し、高強度なパネルを開発するなどの研究を行っている（図 8-1）
- ・ 柳の枝で製作した橋で、端部を土に埋め込むと、芽吹き始め、材が死なないので、腐朽しなくなる（図 8-2～3）など、非常に興味深い事例の紹介もあった



図 8-1 一般木材と竹繊維を接着した板材のボルト穴せん断強度試験^{*8}



図 8-2 柳の枝を編んでくみ上げた橋^{*8}



図 8-3 端部を土に埋め込んだことで芽吹き始めた枝^{*8}

8.2. 木造高層建築

- ・ ノルウェーで建設された 14 階建ての木造高層ビル（図 8-4）は、1885 年に米国・シカゴに建設された鉄骨構造の初めての高層ビル（図 8-5）と同じくらいの高さ
- ・ このシカゴのビルが建設されてから約 50 年後の 1931 年にエンパイアステートビルが建てられた
- ・ 今から 50 年後には木造でも同じようなことが起こりうり、我々は木造建築の発展を目のあたりにできる面白い時代に生きている



図 8-4, 5 木造による高層建築物（ノルウェー）と初期の鉄骨造高層建築物（シカゴ）^{*8}

- ・ ヨーロッパの森林は成長期にある（蓄積量は毎年 2 億 m^3 ずつ増加）
- ・ カナダの森林は 70 年間で 150 億 m^3 の木

- 材を供給可能（共同住宅で1人当たり使用量を15m³とすると10億人分）
- 木材は、重量がコンクリートの1/5で、型枠・鉄筋も不要、木材の中の炭素を固定することなどから環境にやさしい建築材料である
- 基礎工事が簡単になり、部材の再利用も可能
- RC造10階建ての建物を取り壊した基礎の上に、木造であれば40階建てを立て直せるくらいの違いがある

8.3. 木造超高層ビルの提案

- 高さ300mの超高層ビル「Oakwood Tower」（図8-6）の試設計を行った
- 設計事務所 PLP、構造事務所 Smith and Wallwork とケンブリッジ大学でチームを組み、ロンドンの中心部に1,000世帯が暮らす超高層の木造建築を建てたらというケーススタディー
- 現在流通する一般の木材をできるだけ使い、構造設計も行い、実現可能であることを確認した
- Oakwood Towerでは65,000m³の木材を構造に使用するが、これは50,000トンのCO₂を固定できることを意味し、この量はロンドンに居住する5,000人の年間排出量に匹敵する



図8-6 構想中の高さ300mの木造ビル*8

- シカゴでの試設計のプロジェクトも行っている
- 米国シカゴでは、木造建築は耐火性能の問題から禁止されているが超高層の木造ビルの提案をした（図8-7～8）
- LVLによる柱とダイアグリッド、集成材によるコアとブレーシング、CLTは床パネルと耐力壁
- 日本や北米西海岸を除く多くの地域では、地震力よりも風荷重の方が支配的
- この提案をきっかけとして2階建て試験棟の建設が例外的に認められた
- 徐々にではあるが、建築の基準や人々の考え方を変えていくためにこうした提案を続けている

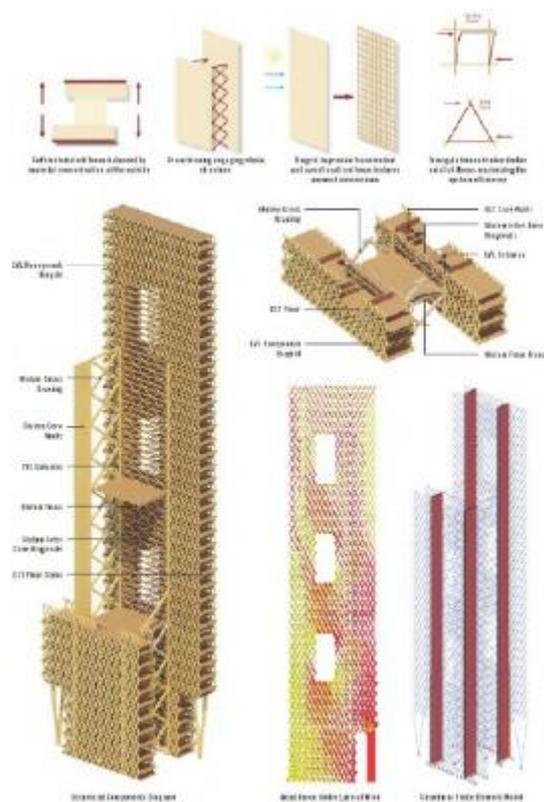


図8-7 米国シカゴの超高層ビル構造計画*8

- 提案している2つの木造超高層はどちらも検討の結果、個々の部材は市販の木質材料のみで構成できることが証明できた
- しかし引張接合部については現存する木質材料では耐えられないことがわかって

おり、現在ナノレベルで研究している人工的に改質した木質材料が必要とされる箇所かもしれない

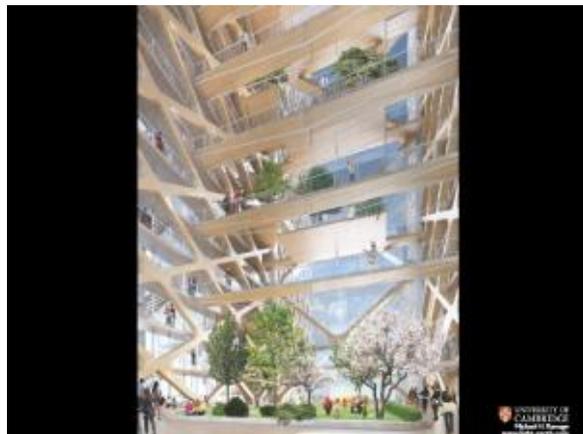


図 8-8 シカゴの超高層ビル内観イメージ^{*8}

8.4. 所感

英国では、CLT が特別な材料ではなく、一般的な建築材料として普及しつつあり、超高層ビルの設計に取り組むなど、日本の現状と比べると、かなり進んでいる印象を受ける。

しかしながら、Ramage 教授の話では、英国は、古くは屋根などの構造は木造で施工した伝統があるが、途絶えてしまっており、これらの歴史を学ぶことも重要と考えている、とのことであった。

9. Stephen Perse Foundation new Senior School 見学

ケンブリッジ市内で、スポーツ施設を含んだ中学校の増築施工現場を見学した。前出の Michael Ramage 先生に現地まで案内いただき、現場の案内は CLT を用いた構造設計にも造詣が深い Smith and Wallwork 社のマシュー氏より説明いただいた。



図 9-1 パース図^{*6}

9.1. プロジェクト概要

場所	ケンブリッジ
クライアント	The Stephen Perse Foundation
総工費	1000 万ポンド (15 億円)
構造設計	Smith and Wallwork
用途	スポーツ施設および教室
階数	地下 1 階、地上 4 階建て

- ・ ロングスパン部分では構造用集成材や鉄骨部材も併用した架構になっている
- ・ 延べ床約 3,000 m² で木材使用量は 800m³ (0.26m³/m²)



写真 9-1 外部仮設状況

9.2. 建設現場見学

9.2.1. 入り口付近

- ・ 大きなキャノピーから現場内に入ったが、パース図にもあるようにキャノピー上部にフットサルができるスペースがあるた

め、材料の強度特性と意匠性に応じて CLT 以外の材料を使い分けている

- ・ 天井面の木材が現しになるため、日本と同様に燃え代設計で対応していた
- ・ 空間が大きくなるにつれ、CLT も音を反響させてしまうため、吸音材として繊維系の断熱材が壁内に施工されている
- ・ 他の現場でも配慮されていたが、ある程度空間が大きくなると吸音設計に対して注意している印象がある



写真 9-2 キャノピー（エントランス庇）

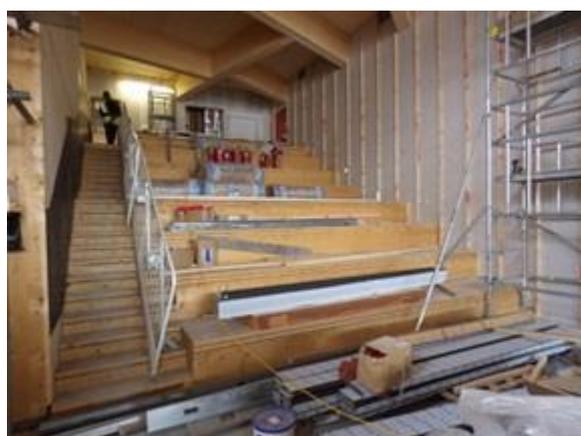


写真 9-3 屋内エントランス階段（CLT）

9.2.2. 屋内運動場

- ・ この施設にはスパン 20m の屋内運動場が備えられており、上部がキャノピーと同様にフットサル競技スペースを支えるために鉄骨トラスの上に CLT 床板を載せ

かける架構となっていた

- ・ 上部重量が通常より大きく、風の影響が小さいためなのか、鉄骨トラスは CLT 壁に載せかけてビスで固定する程度のディテールを採用していると説明があった

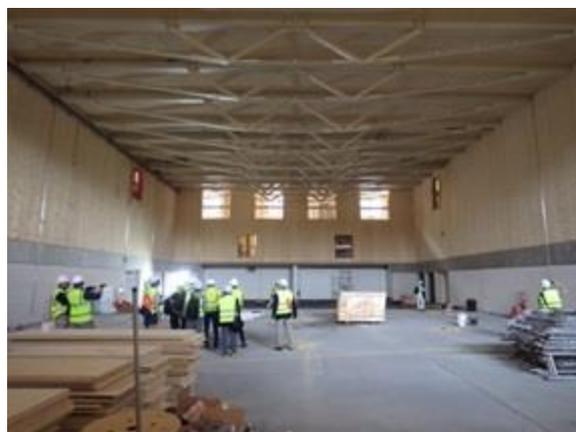


写真 9-4 半地下の屋内運動場

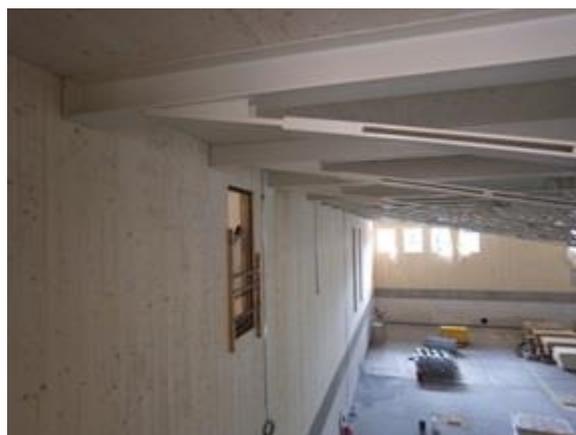


写真 9-5 トラス端部

- ・ 屋内運動場の架構の特徴として、写真 9-4 奥の CLT 壁には写真 9-6 の鉄骨プレートトラスが設けられている
- ・ 合わせ梁の手法を参照して、鉄骨プレートの座屈補剛に CLT を両面から挟み込むことで、上 3 層分の建物荷重を下階の RC 壁に伝達させる手法を取っている



写真 9-6 CLT 壁内の鉄骨プレートトラス*7

9.2.3. 基礎と CLT の接合

- ・ 日本とは異なり、地震による水平力の検討を要求されないため、基礎と CLT 壁脚部は後施工タイプの拡底アンカーにより L 型金物を留めつける程度
- ・ 壁下部には嵩上げ調整材を設けたのちに無収縮モルタルを施工しており、基礎天端からの防湿対応には配慮されていない状況であった



写真 9-7 CLT 壁－基礎間の接合

9.2.4. 外装

- ・ 外装は CLT 外部面→1 次防湿シート→発砲断熱材→通気層→レインバリアシート→レンガ積みの順で施工されている
- ・ 英国でも省エネ性能基準により、外皮性能確保のための施工方法、仕様はある程度確立されている印象を受けた
- ・ また、現在もレンガ積みの技術が継承されており、周辺環境との調和を重視する

ためにも欠かせない素材となっている

- ・ レンガの位置決めブラケットや長ビスを固定する際に位置を気にせず固定できるため、連続した CLT 壁は非常に有効な下地機能を果たしていると感じられた



写真 9-8 外装下地（レインバリアシート）



写真 9-9 外装レンガ積みの施工状況



写真 9-10 内装レンガ積み 施工状況

9.2.5. 納まり

- ・ 英国では欧州周辺国の省エネ基準も参照されており、気密確保のため開口周りでは、屋外側だけでなく屋内側の施工も徹底されている（写真 9-11）
- ・ 耐火性能を確保するため被覆材の施工方法は日本と同様だが、構造体である CLT と被覆材とは絶縁する施工が徹底され、遮音性に対する仕様も確立されてきている印象を受けた



写真 9-11 開口部内側の気密施工



写真 9-12 内装下地の絶縁

9.3. CLT の利点

- ・ CLT を用いることは、工期順守の信頼が高く、プラットフォーム施工による安全な作業床を確保できる
- ・ 隣接する既存の校舎に対する作業音の配慮ができる点が優位であるが、風が強いときには、CLT の吊り上げ作業を中断する必要があることに注意しなければならないと話されていた

9.4. 所感

施工現場の関係者から CLT を用いることは工期を順守しやすいと伺えたことは改めて新鮮であった。また、英国でも新築の際にはサステナビリティや省エネを意識した設計は欠かせないようであり、開口部の性能や徹底した気密施工をしていた。そのため、連続した CLT 壁、床を施工することは、それらの性能を確保しやすいことも CLT が活用されている要因につながっている印象を受けた。

10. Cowan Court 見学

3階建の大学の学生寮である。外壁は木材現しで、一部の外装材には、廃車になった鉄道貨車の床材（樹種はオーク）を使用。

10.1. プロジェクト概要

場所	ケンブリッジ
竣工	2016年
設計	6A Architects
構造エンジニア	Price & Myers
木造サブコントラクター	B & K Structures
総工費	8,500万ポンド(12.75億円)
用途	学生寮
構造	RC造コア(階段室)、集成材の柱・梁、壁・床の一部にCLT

部屋数 68

- ・ Churchill カレッジの学生寮
- ・ コンペの結果、6A Architects が設計者に選ばれた
- ・ RC造コア(階段室)、集成材の柱・梁
- ・ 壁、床の一部にCLTを使用している
- ・ 既存基礎を活用して建設コストを削減
- ・ U字型の平面で、中庭を囲む平面計画となっている
- ・ 1960～64年にかけて建てられた Richard Sheppard (7/4 に訪問した設計事務所 Sheppard Robson の創設者) 設計の既存の学生寮とも調和を取った外観となっている



写真 10-1 全景



写真 10-2 外観(下の階程わずかに内側にカーブするようデザインされている)



写真 10-3 外観(外装材は鉄道貨車の床材を再利用)



写真 10-4 中庭を囲む平面計画



写真10-5 中庭側の1階は木材現しの仕上げ
(こちらも樹種はオーク)



写真10-6 室内



写真10-7 左側が Robert Sheppard 設計の既存の学生寮

10.2. 所感

欧州の伝統的な中庭を囲む口の字型平面の建物を、RC造コア、集成材、CLTをうまく組み合わせ、かつ自然に（特にCLTが目立つことなく）作り上げている。

外壁は、周辺のレンガ造建物の雰囲気と合

わせて廃材の木材仕上げとし、中庭側は一部、新しい木材仕上げとするなど、環境や意匠にも配慮が感じられる建物であった。一方、室内はプラスターボード仕上げで、梁のみ現しとなっている。とても良い雰囲気のある建物でホテルかゲストハウスのような高級感がある学生寮であった。

11. Cambridge 大学 Ely Boathouse 見学

2016年に新しく建てられたケンブリッジ大学のボート部の施設を見学した。同ボート部では、本格的な練習は川幅が狭い大学近くのケム川ではなく、ケンブリッジの北東に隣接するイーリー市のグレート・ウーズ川で練習する。そのためのボートの保管庫や休憩・交流スペースとして、ボート部のOBたちの寄付で建てられた。



写真11-1 西側外観



写真11-2 北側（川側）外観



写真 11-3 北西角外観

11.1. プロジェクト概要

場所	イーリー（ケンブリッジから東北に約 25km）
竣工	2016 年 12 月
総工費	500 万ポンド（7.5 億円）
意匠設計	Jerry Bailey Architects
構造設計	Smith and Wallwork
CLT サプライヤー	KLH UK
用途	ポート保管庫・交流施設
構造	鉄筋を通したレンガ造（Reinforced Brick Work） 屋根部分に CLT を採用
階数	2
工期	2.5 年

- ・ 少なくとも 100 年はもつ建物という条件で、12 社によるコンペの結果 Jerry Bailey 氏による案が採用された
- ・ 敷地は道路と川に平行だが、屋根はそれらに平行ではなく、棟方向はイーリーの大聖堂に向けて配置されている
- ・ イーリーの大聖堂に向けた開口は、施設の利用者の視線が自然に大聖堂に向かうよう意図されたもの

11.2. CLT の利用

- ・ 鳥が羽ばたいているようなデザインの屋根に CLT を採用
- ・ 当初は鉄骨で計画していたが、コスト面

でほぼ同じで、CLT とした場合に工期が短くなること、また部品数を減らし複雑な接合部を精度よく施工することができるため CLT が採用された

- ・ 設計者の Jerry Bailey 氏はこのプロジェクトで初めて CLT を利用
- ・ 屋根部分の工期は 4 週間
- ・ 西側からの外観では単純な三角屋根に見えるが、写真 11-5 のように複雑な形状
- ・ パネルの厚さは 170mm で、サイズは最大で 2.1×6.5m
- ・ 建物の内側の CLT は延焼（Spread of Flame）防止用の塗料が塗られている
- ・ パネル同士は、あいじゃくりにビス打ち
- ・ V 字になっている部分は鉄板を挿入し補強している



写真 11-4 北側ベランダ（ベランダの天井は CLT が現し、RC の梁との接合金物も見えている）



写真 11-5 建て方時の写真（屋根）*



写真 11-6 内部



写真 11-7 内部



写真 11-8 大聖堂側開口



写真 11-9 屋根と梁の接合部（CLTと梁は接点において金物接合されているが、室内側からは隠れるように施工）



写真 11-10 ベランダより西側を望む



写真 11-11 建物より見たイーリーの大聖堂



写真 11-12 天井開口（屋根の構成は CLT170mm+断熱材 230mm+垂鉛の屋根材。断熱材は屋根に仕込まれた樋の部分を削るがそのときに必要な数値を満足する厚さを確保）

延べ床面積 16,000m²
CLT 利用量 4,050m³



写真 12-1 外観

11.3. 所感

外見のシンプルな構成と大聖堂に向けて屋根の軸を傾かせることによって出来た内部空間の複雑さが好対照で、CLT を上手に使った建物であった。

12. Dalston Lane 見学

同日午後に訪問する設計事務所 Waugh Thistleton が手掛けた 10 階建ての集合住宅 Dalston Lane を外観から見学した。訪問したちょうど前日の 7/6 に引き渡し完了したばかりとのことであった。

12.1. プロジェクト概要

場所	ロンドン ハックニー区
竣工	2017 年
クライアント	Regal homes
意匠設計	Waugh Thistleton Architects
構造エンジニア	Ramboll
CLT 施工	B&K Structures
用途	オフィス、集合住宅
構造	CLT
階数	5~10（高さ 33m）
戸数	121

- ・ CLT 使用量にして世界最大規模の建築
- ・ 壁・床の構造体全てを CLT とすることで RC 造では 10,000 トンとなるところを 1,930 トンとし、重量を 1/5 に軽量化
- ・ 軟弱地盤であることや地下鉄の新線が通ることへの解決策となった
- ・ 構造体部分の工期は 20 週間（5 ヶ月）、その他の部分では 13 ヶ月かかった
- ・ 外観は周辺環境に合わせてレンガの外装としている
- ・ レンガの総重量は 1,400 トン

12.2. CLT の利用

- ・ CLT の利用により RC 造と比べて 7,000 トンの CO₂ を削減している
- ・ 壁の CLT の厚さは、10 階建ての 1 階部分で 160mm、7 階部分では 100mm
- ・ 床の CLT の厚さは居住スペース部分が 140mm、オフィススペース部分が 220mm（オフィス部分の荷重が大きい）

13. Bridport House 見学

Dalston Lane と同じくハックニー区にある 8 階建ての集合住宅、Bridport House を外観から見学した。

13.1. プロジェクト概要

場所	ロンドン ハックニー区
竣工	2011 年
意匠設計	Karakusevic Carson Architects
木構造設計	Eurban
構造設計	Peter Brett Associates
木材供給	Stora Enso
クライアント	ロンドン ハックニー区
用途	集合住宅
構造	CLT
階数	8 (一部 5 階建)
戸数	41 (全戸がソーシャルハウジング)
CLT 利用量	1,576m ³



写真 13-1 外観 (中央の建物)

- ・ コンペにより建物だけでなく地区のマスタープランも行った
- ・ 大雨用下水道が基礎下に流れていること、工期が 2 年未満であることを考慮し、CLT を採用
- ・ 1, 2 階は家族向けのメゾネットタイプが 8 戸
- ・ 外部とは低い壁で仕切られ、テラスを介

- して東西からアクセスできる
- ・ 上層階にあるアパートメントは吹き抜けロビーのある 2 か所のコアからアクセス
- ・ 床から天井までの開口部、天井高 2.65m、少なくとも 1 つのバルコニーがある
- ・ 南西にある斜めの出窓からは近くの公園や街の景色を眺めることができる
- ・ 東西にあるバルコニーは 2.5m 跳ね出し、棒鋼により CLT の外壁に直接取り付けられている
- ・ 構造フレームは 60 分準耐火 (石膏ボード併用)
- ・ スプリンクラーは設置していないが、排煙設備を設置
- ・ 8 階建てのフレームは 8 週間で建てられた。コンクリートの場合は 20~22 週間かかると試算
- ・ 最終的には 13 か月で完成し、従来の建物より 4 か月以上工期を短縮した
- ・ 木材の構造に閉じ込めた炭素を含む場合、炭素貯蔵量の 2,113 トンは運用エネルギーの 29 年分に相当する

13.2. CLT について

- ・ 30 台のトラックでパネル数は 1184 枚、Stora Enso は 12 日間で製造した
- ・ 耐力壁には 100mm, 140mm, 160mm の厚さの CLT を使用
- ・ 床の CLT は 180mm~220mm 厚さ、スパンは 4.8m~5.6m
- ・ 屋根の CLT は 160~180mm 厚さ
- ・ パネルの平均サイズは 2.9m×16m
- ・ 幅はぎした CLT により 1 時間で 3 m³ の気密性を確保

14. Zaha Hadid Design ショールーム 見学

Zaha Hadid Architects に所属する吉川勉氏に案内いただき Zaha Hadid Design のショールームを見学した。Zaha 事務所では建築にとどまらず装飾品や家具、照明、靴などまでデザインをしており、建築プロジェクトの紹介と共に、建築外のプロダクトの展示もされていた。



写真 14-1 Unbuilt（建てられなかった）プロジェクトの展示コーナー



写真 14-2 説明をしてくださった吉川勉氏



写真 14-2 装飾品などの展示

15. Waugh Thistleton 訪問

2003年に住宅の増築でCLTを利用してからこれまでCLTの取組みを続けている設計事務所 Waugh Thistleton を訪問し、Andrew Waugh 氏に話を伺った。



写真 15-1 Waugh 氏によるプレゼンの様子

15.1. Waugh Thistleton 概要

設立	1997年
所員数	30名

15.2. プレゼンテーション内容

- ・ サステイナブル材料の観点から CLT に注目し、2003 年以降 CLT に取組んでいる
- ・ 建設物の CO₂ は、建物の寿命を 60 年とすると、建設時に 1/3 が排出される
- ・ 建築材料の選択は大事なことだが、サステイナビリティの観点で考慮されることはまだ少ない
- ・ 木質材料は地球の表面を削り取らず、地上で育つ建築材料
- ・ ロンドンは深刻な住宅不足であり、都市の高密度化がテーマとなっている
- ・ このテーマに CLT で取り組んだのが 2009 年に竣工した Murray Grove の集合住宅



写真 15-2 初の高層 CLT 建築 Murray Grove

- ・ このプロジェクトの経験から以下の CLT のよさを実感した
 サステイナブル／施工が速い／現場が静か／搬入車両が少ない／作業者の環境がよい／寸法精度が高い／ディテールがシンプル（接合金物）
- ・ Murray Grove に続く大規模プロジェクトが Dalston Lane（12 章参照）
- ・ Dalston Lane では、Mass Timber（木材を大量に使う）のプロジェクトでありながら、Less Timber（木材の使用量を抑える）を心掛けた
- ・ Murray Grove に比べ平米あたりの木材利用量は 20%減らしている
- ・ 2016 年に同事務所では、今後は全てのプロジェクトを木造で設計する方針を打ち出した
- ・ イギリスでは年間 200,000 戸の住宅供給目標を掲げているが、2016 年は 67,000 戸、2017 年は 150,000 戸の見込みで供給が足りていない
- ・ 原因は労働力不足で建設業界で 100 万人が不足しているとされる
- ・ 建設目標を達成するためには建設業の生産性を上げないといけない
- ・ ただ生産性を上げるだけでなく、質を落とさず、環境性能を上げることも大事



写真 15-3 生産性の変化を示すグラフ（緑が製造業、水色が全産業平均、オレンジが建設業）



写真 15-4 自動車業界の昔（左）と今（右）



写真 15-5 建設業界の昔（左）と今（右）

- ・ イギリスの大手生命保険会社 Regal & General が住宅部門を立ち上げ、そこでは木造のプレファブ住宅を年間 5,000 棟製造しようとしている
- ・ 工場は 2017 年のうちには完成する
- ・ Regal & General のこの木造プレファブ住宅プロジェクトのプリンシパルアーキ

テクトとして仕事をしている

- ・ 自動車業界のマスカスタマイゼーションと同じ設計思想（プラットフォームは共通でバリエーションをつける）で取り組んでいく
- ・ プレファブユニットは高層化にも対応できる



写真 15-6 プレファブユニットの模型

- ・ 以下の3つの考え方が建設の革命につながると思っている
 - ① Healthy (健康で) ←住んでいる人/地域/地域経済 にとって
 - ② Beautiful (美しく) ←速く、軽く、静か
 - ③ Repeatable (繰り返せる) ←繰り返しが選択の余地もある
- ・ エコなコンクリート、エコな鉄…という話をする人もいるが、どう比べても木材の方が環境によい
- ・ Murray Grove の集合住宅に必要な木材は手のひらに収まる木の種から得られたもの (写真 15-7)



写真 15-7 9階建ての集合住宅を建てるのに必要な木の種

15.3. 質疑応答

Q1 BIMの利用は？

A1 BIMを使っている。BIMのよいところは同じファイルを色々なソフトで見られるところ。建築家は今ではスタイリストみたいになっていると言われるが、BIMを用いることで建築家の職能を取り戻せるのではないかと考える。

Q2 なぜ住宅に取り組んでいるのか？

A1 住宅が不足しているから。宮殿を建築するよりも、低価格で高品質な住宅を建築する方が難しい。建築家として取り組むべき課題と思うし、CLTを使うことでうまくやれると思っている。とは言っても、事務所の今の仕事の約40%はオフィスの物件。

15.4. 所感

Andrew Waugh氏はCLTを設計に取り入れて既に15年の経験を持つ。サステナビリティを自身の設計の基本思想とし、一貫して環境負荷の少ない建築の実現に取り組んでいる。その中でCLTは中心的な材料、建築システムとしての位置を占めていた。

ロンドンやイギリス、さらには世界の住宅や建設業界が抱える問題に対して、CLTを使って解決策を示そうとしており、これからスタートするプレファブ住宅のプロジェクトも含め、Waugh氏は今後もCLTの話題の中心に居続けるだろうと感じられた

16. Hoxton Cinema 見学

Andrew Waugh 氏に案内いただき CLT を採用した施工中の建物 Hoxton Cinema を見学した。

16.1. プロジェクト概要

場所	ロンドン ハックニー区
竣工	2018 年
意匠設計者	Waugh Architects Thistleton Architects
クライアント	Garfwish Limited
予算	940 万ポンド (14.10 億円)
用途	映画館 (地下1階)、レストラン (1階)、住居 (2階~)
構造	CLT (地下と1FはRC)
階数	6 (地下1階、地上6階)
戸数	18



写真 16-1 工事中の現場

- ・ 1901年に建てられた映画館の建替え
- ・ 設計する際は敷地の住所を確認し、運搬のルート、運べるCLTのサイズを確認してから設計を進めた
- ・ セットバックした形や、すぐ横に既存建物がある中での工事で、CLTの適応可能性が試されるプロジェクトでもある
- ・ CLTは大版でなく小幅のパネルを採用している
- ・ これは小幅のパネルの方が歩留まりがよいため (大版をくり抜くとその分コスト高になってしまう)

17. Murray Grove 見学

Hoxton Cinema から徒歩で移動し、Waugh Thistleton 設計、2009年竣工の9階建て集合住宅を外観から見学した。

17.1. プロジェクト概要

場所	ロンドン ハックニー区
竣工	2009 年
意匠設計者	Waugh Architects Thistleton Architects
構造設計	Techniker Consulting Engineers
木材供給	KLH UK
クライアント	Metropolitan Housing Trust/Telford Homes
用途	店舗併用集合住宅
構造	CLT (1FはRC)
階数	9
戸数	29



写真 17-1 外観

- ・ 1Fは店舗、2~4Fはソーシャルハウジング、5~9Fは通常の集合住宅
- ・ 重量減による浅い基礎工事と工期短縮によりコスト削減
- ・ 建方工期は4人の男性で27日間。3日間で1層が完成
- ・ コンクリートを使用した場合と比較して全体の工期を23週間削減したと試算
- ・ 床の音対策として、発泡プラスチック浮

き床（発泡プラスチック断熱材 25mm + セルフレベリング材 55mm + 木質フローリング 15mm）、吊り天井（石膏ボード + グラスウール 50mm）

- ・ 建物全体の収縮は約 25mm, 建物高さの 0.1%未満と推定される

18. オプショナルツアー

視察 6 日目は自由行動であったが、コーディネーターの小見山氏がオプショナルツアーを企画していただいた。希望者で木造や CLT 関連の施設の見学や訪問を行った。

18.1. Crossrail Place Canary Wharf

集成材とフッ素樹脂 ETFE フィルムを組み合わせた屋根が特徴の駅の屋上庭園を見学した。

場所	ロンドン タワーハムレッツ区
竣工	2015 年
設計	Norman Foster



写真 18-1 外観



写真 18-2 屋上庭園

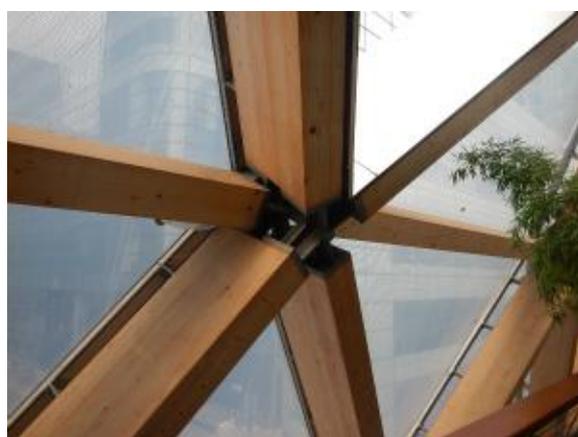


写真 18-3 集成材と接合金物



写真 18-4 施工時の写真パネル

18.2. John Smart Architects オフィス見学

2017年6月に改修を終えたばかりの、自身の設計事務所とアニメーションスタジオが入居するオフィスを見学した。

改修に利用したCLTは3層3プライ、60mmのCLTで白い塗装が施されている。壁や天井、水回りをはじめ、棚や机などの家具もCLTでリノベーションをしている。

John Smart Architectsは不動産開発から建築設計・施工、物件の運営までを一貫して行う珍しいアトリエ事務所。CLTを含む新技術・新工法の導入も積極的に進めており、訪問の前週には「Using + Doing CLT」と題したイベントも主催していた。



写真 18-5 オフィススペース

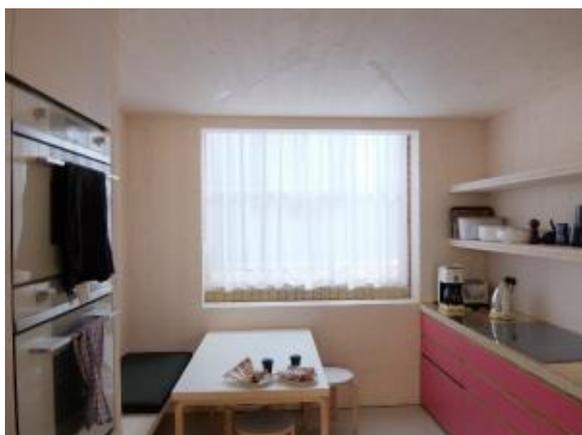


写真 18-6 キッチン（壁・天井、キッチン台も CLT）

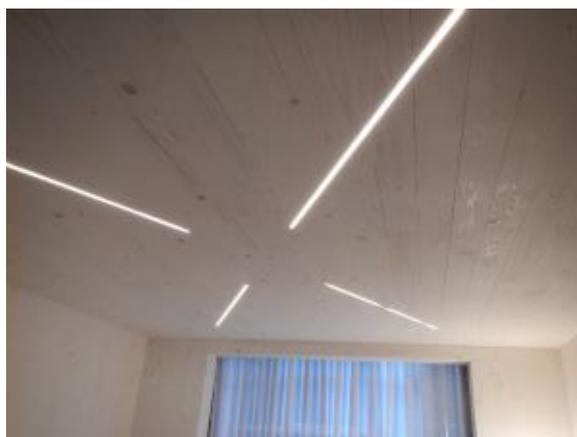


写真 18-7 CLT にスリットを入れた LED 照明



写真 18-8 もともとレンガ造の倉庫を改修



写真 18-9 間仕切られたスペース



写真 18-10 カーテンレール



写真 18-13 配線用の穴



写真 18-11 棚と机も CLT



写真 18-14 模型台

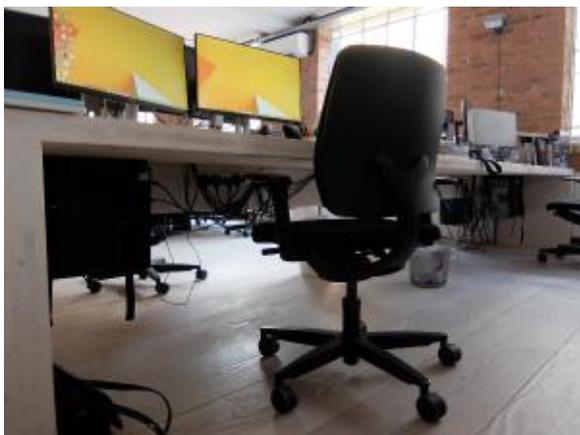


写真 18-12 天板の下には梁が入っている



写真 18-15 接合部分は木栓で隠ぺい



写真 18-16 本棚と間仕切り壁（配線は露出）



写真 18-17 CLT で増築された店舗建物(John Smart Architects のすぐ近くに建っていた)

18.3. Kingsgate House 見学

コーディネーターの小見山氏が Horden Cherry Lee Architects 在籍時に担当されていた CLT を使った集合住宅を見学した。

場所	ロンドン ケンジントン・アンド・チェルシー区
竣工	2014 年
設計	Horden Cherry Lee Architects
構造設計	Price & Myers
CLT サブコントラクター	KLH UK
総工費	1,000 万ポンド（15 億円）

- ・ 7 階建ての集合住宅
- ・ 1 階は RC 造で、2 階より上部に CLT 壁・

床を利用しており、EV・階段コアも全て CLT

- ・ 外部ファサードのフレームは PC 造
- ・ 既存建物基礎の再利用
- ・ CLT 壁は、全層同位置に計画されていることが特徴で、構造的には非常に合理的な配置（写真 18-19 参照）
- ・ 床と壁は L 型金物で固定



写真 18-18 外観

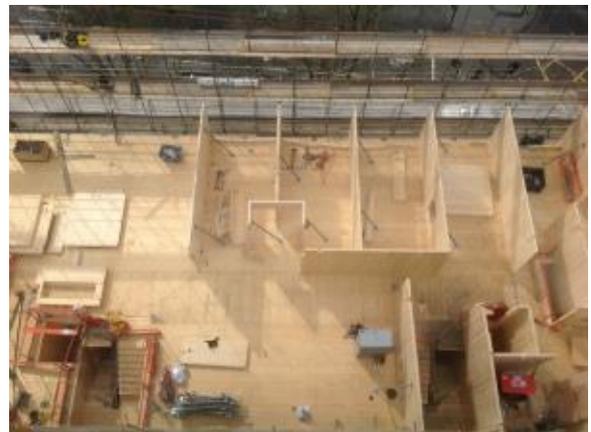


写真 18-19 建設時⁴



図 18-1 建設時*4



写真 18-20 ファサードに設置された太陽光パネル

引用

*1 Binderholz HP (<http://www.binderholz.com/>)

*2 Hawkins Brown HP (<https://www.hawkinsbrown.com/>)

*3 Hawkins Brown.: Bishop' s Stortford College, Japan Cross Laminated Timber Association, July 2017 (Hawkins Brown 社 プレゼンテーション資料)

*4 Price & Myers. : Cross Laminated Timber Construction in the UK 4th July 2017 (Price & Myers 社 プレゼンテーション資料)

*5 Sheppard Robson.: CROSS LAMINATED STRUCTURAL TIMBER IN USE, 04.07.2017 PRESENTATION TO THE JAPANESE CROSS LAMINATED TIMBER ASSOCIATION (Sheppard Robson 社 プレゼンテーション資料)

*6 Chadwick Dryer Clarke Studio HP (<http://www.chadwickdryerclarke.co.uk>)

*7 Smith and Wallwork HP (<http://www.smithandwallwork.com/>)

*8 Michael Ramage (University of Cambridge Light Earth Designs LLP).: Super-tall Timber: Impossibly high wooden skyscrapers (Michel Ramage 教授 プレゼンテーション資料)

参考資料

Mayo, J. 2015. SOLID WOOD Case Studies in Mass Timber Architecture, Technology and Design. Oxford: Routledge

CLT視察ツアー 2017 in UK 報告書

(ツアー実施：2017年7月2～10日、報告書発行：2017年7月)

謝辞：

本報告書は日本 CLT 協会が企画した「CLT 視察ツアー 2017 in UK」の報告書である。ツアーの実施に当たっては、エムロード環境造形研究所の小見山陽介氏にコーディネーターを務めていただき、視察先の選定から見学の依頼、日程調整から通訳までしていただいた。本ツアーの充実した内容はひとえに氏のご尽力、ネットワークによるものである。ここに感謝の意を表する。

執筆者：	エムロード環境造形研究所	小見山 陽介
(社名アイウエオ順)	装建工業	佐藤 雅友
	東北大学	前田 匡樹
	北海道立総合研究機構	大橋 義徳
	銘建工業	田中 駿太郎、森本 知宏
	ユ一建築工房	丸山 裕平

写真提供：	竹中工務店	安藤 寿孝、石田 高義
(社名アイウエオ順)	北海道立総合研究機構	大橋 義徳
	銘建工業	森本 知宏

発行日：	2017年7月
発行者：	一般社団法人 日本 CLT 協会
	東京都中央区東日本橋 2-15-5 VORT 東日本橋 2階