

# CLT視察ツアー in ヨーロッパ 2015 報告書

2015年6月14～21日



## 【はじめに】

CLTはオーストリアなど欧州で開発が進められ、発展してきた建築技術であり、工法である。日本での実用化には、欧州の先例から学ぶことが重要であるとの考えから欧州ツアーを企画し、2015年6月14～21日に「CLT視察ツアー in ヨーロッパ 2015」を行った。

オーストリア・ウィーンに飛行機で入り、その後は最終目的地のドイツ・ミュンヘンまで連日バスで移動しながら視察した。参加者は会員企業を対象とし、37名が参加があった。参加者の業種は林業、集成材製造、プレカット、金物製造、機械、設計、建設、住宅会社、行政など、業種も年齢も幅広いものとなり、参加者同士の交流も本ツアーの成果となった。

本報告書は、このツアーに参加いただいた方にご協力をいただき、作成したものである。

## 【視察スケジュール】 ( )内の番号は地図上の場所に対応

- 6/14(日) 移動(羽田→ミュンヘン→ウィーン)
- 6/15(月) proHolz セミナー  
オーストリア木材産業協会 セミナー  
欧州の最新研究事例 報告  
ショッピングリゾートG3 視察 (1)  
竹歳誠 在オーストリア大使 訪問
- 6/16(火) グラーツ工科大学 視察 (2)  
マイヤー・メルンホフ社 本社 視察 (3)
- 6/17(水) ストーラ・エンソ社 レオンハルト工場 視察 (4)
- 6/18(木) 5階建て高齢者施設 視察 & セミナー (5)  
Rif 教会 訪問 (6)  
BMWホテル「Alpenhotel Ammerwald」 宿泊 (7)
- 6/19(金) メルク・ティンバー社 訪問 (8)
- 6/20(土) ミュンヘン市内 観光  
移動(ミュンヘン→羽田)
- 6/21(日) 帰国、解散



14  
SUN空路、ウィーンへ移動  
着後、ホテルへ移動15  
MONプロホルツ 訪問  
ウィーン周辺CLT建物見学  
Proholzによる講義

## I. proHolzセミナー

1. 日時 2015年6月15日(月) 9:00～
2. 場所 Nineteen Business Base Vienna

## 【オーストリアの木材事情】

- ・ 木の伐採後は、植林することが義務づけられている。
- ・ オーストリアの森林面積は、全体面積の48%。
- ・ 材積は11億 $m^3$  年間成長量3,000万 $m^3$  伐採・利用量2,600万 $m^3$ 。
- ・ 主な樹種は、スプルース53.6%、パイン5.6%、カラマツ4.6%、ブナ9.6%。
- ・ 針葉樹がメインであるが、一方で広葉樹(ブナ)の利用についての関心が高まってきている。
- ・ 2013年の貿易黒字は34億Euro。CLTについては、イタリアへの輸出が増加傾向。
- ・ 木造建築のシェアは39%(2008年)。戸建て住宅が多いが、大規模木造も徐々に増えている。
- ・ 国民一人あたりの木材消費量は、オーストリア 0.68 $m^3$ /年。

## 【CLTの背景】

- ・ 製材所の数が減少、一方で製材の生産量は増加 → 大きな製材所が生産量を伸ばしている
- ・ 端材を有効活用したい → CLTの誕生  
1996年 シックホッファー教授 小さな工場ラインから生まれる  
2000年 KLH社 CLTを量産開始  
2005年 大規模生産工場が増え始める

## 【CLTのプロモーション】

- ・ 対象は一般企業、メーカー(材料、工法)、エンジニア(設計)、オーストリア国内・国外
- ・ 商品名を「X-Lam(クロスラム)」とし、イタリアへブランドとしてマーケティング
- ・ プロモーションベースは、CO2ストック

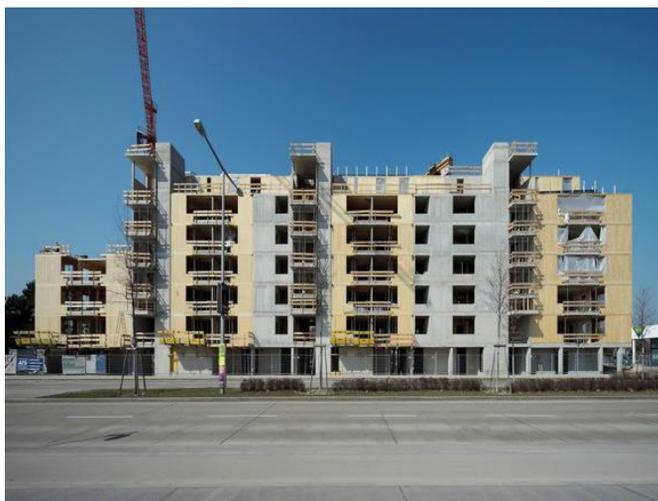
## 【エンジニア向けのデータベース】

- ・ データの羅列ではない。つくりたい建物の条件を入力し、適した材料・工法を提示する。

## 【物件紹介】

## ① WOHNBAU WAGRAMER STRASSE (ウィーン)

- ・ 7階建て。テーマは都市のCLT。防耐火の関係上、1FはRC、2～7Fは被覆されたCLT。
- ・ 被覆は、外壁側は2層のPB、内壁側は1層のPB。



## 【物件紹介】

### ② STADTHAUS MURRAY GROVE (ロンドン)

- CLTの高層建築物。9階建て。階段室もCLT。
- テーマは CO2ストック。
- CLT部分は4人のグループで週のうち3日で9週間しかかからなかった→計27日。
- 全体ではRCの場合72週間かかるところを49週間で完成。  
(短期間で高層建築物が建設可能)



## 【質疑応答より】

- オーストリアは、4階建てまでの防耐火仕様規定がある。5階以上は設計が必要。
- 施工業者は(コストも安く慣れているため)RCを好む。  
→行政の意識を尊重してどうコミュニケーションをとっていくかが重要。
- 次のステップは、補助金に頼らずとも一般の人々に受け入れてもらえるようにすること。
- 防耐火によって木材が見えない。  
→ 都市の木造としていかにプロモートしていくかが課題。

## II . オーストリア木材産業協会およびCLTマーケット

### 【オーストリア商工会議所】

- 1200企業が参加。すべての産業、プレイヤーがあらゆる分野で一緒になって活動している。

### 【CLTの生産量(2013年)】

- ドイツ、スイス、オーストリアの生産量の中で、ドイツ22%、オーストリア69%。主要は、まだまだ集成材。

### 【CLTの製造】

- 樹種:スプルース・ファーが80%
- 接着剤:3,642 ton(ポリウレタン78%、メラミン22%)
- 日本は、ポリウレタンがまだ使えないこと、関税がかかるため輸出しにくい。
- 素材・生産・建方まで一貫して提供できれば、材料価格は高くてもその他の部分でコストカット可能。

### 【CLTとRCのコスト比較】

- CLTはRCに比べて、生産コストは高いが、輸送コストは低い。
- CLTの工場によるプレハブ化によって、工期短縮、コストダウンを図れる可能性あり。

### III . 欧州の最新研究事例

1. 日時 6月15日(月) 13:00～
2. 場所 Nineteen Business Base Vienna

後藤 豊氏 (チャルマーズ工科大学 博士研究員)

#### 【Building Technologies Accelerator (BTA)】

- 有効な新規技術をより早くマーケットに浸透させる。開発者と実務者をつなぐプロジェクトである。

#### 【Living Lab】

- 実際にユーザーが日常的に利用する建物を各国に設置。(欧州中心。日本にもあり)。新規技術をLivingLabで試験使用し、その効果を実測する。各国にあるため、異なる気候と文化でのテストが可能である。

#### 【温暖湿潤地域向けのサステナブルな木造建築手法】

- ① 透湿性のある木造建築外皮の開発。
- ② 建物全体の温湿度のシミュレーション方法を開発し、高耐久性かつ高エネルギー効率住宅の実現。
- ③ 環境負荷、経済性および耐久性のすべての条件を満たす最適な断熱厚さを算出。

※実験住宅:滋賀県近衛八幡市(2013年3月竣工)



Robert Jockwer氏 (スイス連邦工科大学チューリッヒ校 博士研究員)

#### 【プレストレス接合を用いた広葉樹の軸組工法】



#### 【(仮称) Timber Hub】

後藤氏・Robert氏が立ち上げる木質材料・木質構造のエンジニアリング会社

- 木質材料・構造のサステナブルな最適化
- 木質構造接合部、新規木質材料の開発
- 日本企業・欧州企業のビジネスサポート

総投資額:2億Euro      発注額(木工事部分):3,600万Euro  
 貸店舗面積:(ショッピングモール)58,000㎡ (別棟センター)12,000㎡  
 着工:2010年11月      構造工事完了:2011年8月      竣工:2012年5月

- 屋根は、最高高さ20m、面積約60,000㎡
- 防水シートFPO t1.8mm EPS断熱材(W20 0.037W/mK)t2mm CLT t119mm
- 8,000㎡のCLTパネル(3ヶ月で製造)、3,500㎡の集成材を使用。
- CLTの継ぎ目は、25mmOSB・スクリューによるスプライン接合。
- CLTは厚さ94~240mm、1~16mまでのスパン。パネル最大長さは24m。
- 屋根構造は30分準耐火。避難経路は90分準耐火。



外観。曲面の屋根によって風による浮力を軽減



建物内観



軒裏はCLT現し



2階店舗の内観(天井はCLT現し)



建物内観



2階店舗の天窗、5層5プライ(ラミナ厚さが層によって異なる)

## I. グラーツ工科大学視察

1. 日 時 2015年6月16日 9:30～13:00
2. 視察地 グラーツ工科大学 Inffeldgasse24,8010Graz,Austria
3. 目的 Schickhofer研究室によるセミナー、施設見学
4. セミナー内容

## 【グラーツ工科大学の概要と土木工学部 Timber Engineering 専攻について】

- ・ グラーツ工科大学は7つの学部があり、1万2千人の学生と2,300人の教師が在籍している。
- ・ グラーツのあるシュタイアーマルク州の森林率は61%とオーストリア内でも高く、木材利用に力を入れている州である。このような背景により、グラーツ工科大学は木質材料の研究が進んでいる。
- ・ 土木工学部は15の専攻に分かれ、Timber Engineering専攻(2004～)ではCLTの研究を主に12名～14名の研究者が様々な木質材料の研究を行っている。
- ・ 特にTimber Engineering専攻は土木工学部でも重要な位置づけにあり、教育プログラムに力を入れることで年間十数名の修士を送り出している。木質材料のマーケットを大きくするためには、こうした若い技術者を育てることが重要と考えている。
- ・ Timber Engineering専攻の研究内容は大きく下記の4項目である。
  - ① CLT、シェル構造の研究
  - ② 接合部の研究  
セルフタッピングネジの開発、伝統的な接合部である木の嵌合接合の実験
  - ③ 広葉樹材利用についての研究  
ブナ・カバを木質材料として利用  
ブナ・カバを使った軽量・ハイブリッド材の開発  
(ビーム、枠構造、ビームのC部分の製造方法、せん断強度の実験)
  - ④ グラーツ旧市街の木造建物の保存  
グラーツ市は人口約28万人、町全体が世界遺産で古い歴史を持つ木造建物が多い。これらの木造建築物を保存する上で新しい技術が重要である。



土木工学部の研究施設

中央は大型の強度試験機(木、コンクリート、鉄、ガラス等の試験が可能)



広葉樹材のIビーム

## 【CLTの現状とTimber Engineering専攻の研究内容について】

- ・ CLTの年間生産量は70万m<sup>3</sup>(1995年2.5万m<sup>3</sup>)である。生産量から考えると木構造以外のコンクリート造や鉄骨造に対しても構造材として競合し影響を及ぼしている。
- ・ CLT生産量の90%は中央ヨーロッパであり、今後はアメリカ、カナダ、日本での生産が期待される。
- ・ CLTの材定義として、積層は奇数層で構成されている。
- ・ CLTの木質材料としての優位性について  
木造でありながら壁、床、屋根、全て同じ部材で製作が可能である。  
均一な構造(鉄やコンクリートと同様)であり工場生産によるプレハブ化が可能である。  
プレハブ化により高い建設精度と工期短縮を実現できる。
- ・ CLTの性能はフレキシブルかつ堅牢であり集成材並みのポテンシャルがある。  
堅牢な性質は表面の接着から得られるものである。
- ・ CLT積層の接合は主に接着剤による。接着方法は油圧式プレスによる圧着が90%以上である。

• CLT製造方法

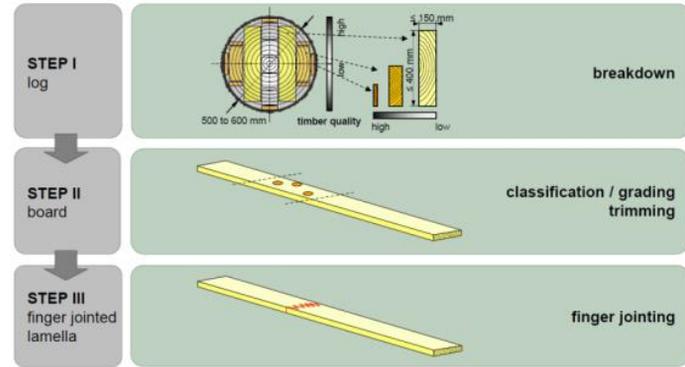
丸太 ⇒ ラミナ ⇒ ラミナの節取り ⇒ ラミナのフィンガージョイント ⇒ ラミナ同士の横(幅)方向の接着 ⇒ 積層接着

※横(幅)方向接着は一般的には行っていない工場が多い。

• 性能で最も重要なのは各ラミナの引張性能である。

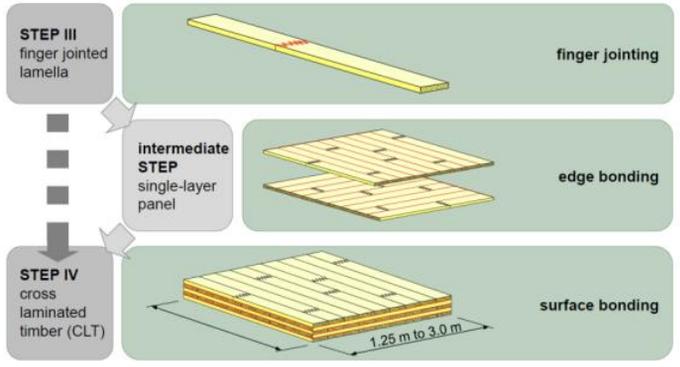
ラミナは、厚さ:t=20mm、30mm、40mm、幅:W=150mm、W/t>4(幅/厚さが4以上)、u=12±2%が標準的なサイズ。

- CLTの積層パターンは、設計条件により、交互積層だけでなく同方向の連続積層や各ラミナの厚さを変えるなどフレキシブルに対応している。これにより各建物で使用する場所の荷重条件に合ったCLTの製造が可能である。
- 各レイヤーの性能は、レイヤー内の最も性能が低いもので決定する。1つ1つのラミナの性能を把握することが重要である。
- ギャップ(隙間)について、主な生産者(工場)は、ギャップを2~3mm以内で生産している。ギャップは防耐火・遮音に影響し接合部の欠点となる。更に、見た目に影響を及ぼす。ギャップを解消するには、表面圧着(0.1~1N/mm<sup>2</sup>)と同時に幅方向へのプレス(0.01~0.20⇒0.08N/mm<sup>2</sup>)が効果的である。今後は、幅方向の接着がスタンダードにかもしれない。
- CLTの強度規格は、EU全体でのスタンダードが無く、現状は草案であるT14仕様が一般的に使われている。



CLTの製造工程 ①

丸太⇒ラミナ⇒節取り⇒フィンガージョイント



CLTの製造工程 ②

ラミナ同士の横(幅)方向の接着⇒積層接着

【T14仕様について】

- 引張強度14N/mm<sup>2</sup>、材料のバラツキは2種類(小さい25%±5%、大きい35%±5%)とし、実験に基づき数値を設定した。主な実験結果は以下の通りとなる。

①幅方向の圧縮

- CLT(7層)と集成材(5層)の壊れ方の違いを実験した結果、集成材は圧縮により幅方向へのテンションで破壊、変形が生じる。CLTは直交材で拘束し、幅方向への引っ張りが生じない。
- 様々な圧縮条件で実験し強度とヤング係数を算出した結果、幅方向の圧縮強度 $3.0 \times 10^3$ N/mm<sup>2</sup>の数値が得られた。

②壁計算に必要な許容面内せん断力

- 長さ1500mm×幅500mmの試験体に上下方向の荷重を与え、斜め方向45°の破壊よりせん断強度を算出した結果、幅方向の接着有の場合⇒せん断強度 $3.5 \times 10^3$ N/mm<sup>2</sup>、せん断剛性640N/mm<sup>2</sup>  
 集成材と同等の性能になり、幅方向接着によりせん断強度が上がる。  
 幅方向接着に優位性がある結果となった。

幅方向の接着無⇒せん断強度 $5.0 \sim 5.5 \times 10^3$ N/mm<sup>2</sup>、せん断剛性300~480N/mm<sup>2</sup>  
 この結果より幅方向の接着無の数値 $5.5 \times 10^3$ N/mm<sup>2</sup>を採用した。

- 材料の特性を語るとき厚さ方向の層剛性が重要である。

• ローリングシア実験結果

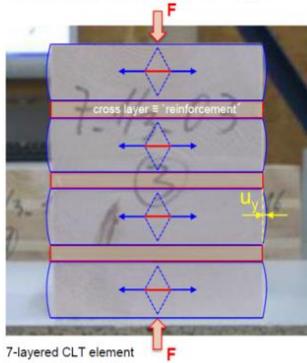
幅厚さ比:W/t<4の場合⇒ $0.80 \times 10^3$ N/mm<sup>2</sup>

幅厚さ比:W/t>4の場合⇒ $1.40 \times 10^3$ N/mm<sup>2</sup>

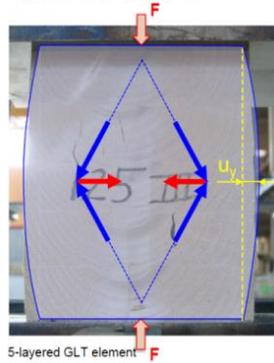
せん断剛性110N/mm<sup>2</sup>

- 各企業がCLTの製品について認定を受けているがその数字より実験結果は大きい値となり認定自体は安全側となっている。

**CLT cubes**  
failure mode:  
deformation at defined failure stage



**GLT cubes**  
failure mode:  
e.g. tension perp. to grain



幅方向の圧縮試験 左はCLT・右は集成材

**Characteristic Properties**

**Selected Topics | Latest Findings**

base material	T14	
CT [N,0,1]	25 % ± 5 %	35 % ± 5 %
CLT strength class		
property	CL 24h	CL 28h
$f_{m,CLT}$	24	28
$f_{t,CLT,perp}$	16	18
$f_{s,CLT}$	0.5	
$f_{c,CLT,perp}$	24	28
$f_{c,90CLT}$	3.0	
$f_{c,CLT,par}$	5.5	
$f_{t,wood}$	2.5	
$f_{c,CLT,orb}$	3.5	
$f_{c,CLT} - w_{90} \geq 4:1$	1.25	
$f_{c,CLT} - w_{90} < 4:1$	0.70	

... research work is needed



COST FP1004 – Enhance mechanical properties of timber, engineered wood products and timber structures

【T14仕様の数値】

**【ディスカッション】**

主な質疑回答について

- Q1.日本では乾燥収縮時の割れ防止を理由に幅方向の接着を行っていないが、幅方向接着の乾燥収縮についてどう考えているか？
- A1.現状、幅方向接着がもたらす割れ等の問題は明らかではない。
- Q2.CLTの製造方法のスタンダード化は？
- A.2015年にEU全体で基準化の予定である。
- Q3.CLTの構造計算のスタンダード化は？
- A3.オーストリアの国内基準はあるがEU全体としては無い。EUでは2015年から4年かけてCLTの基準検討を行い、2019年のユーロコード改定に載せる予定である。
- Q4.T14仕様の実験ではバラツキの大きい材料の方が強度がある結果となっているが？
- A4.混ざってくる高い強度の材料がCLT全体の強度を引き上げている。弱い材が混ざる影響は小さい。このことよりメリットとしてCLTはバラツキのある材料を平均化できる。
- Q5.異なる樹種を混ぜたCLTはあるか？
- A5.マツとユーカリなどを合わせたものはある。
- Q6.これまでの開発の状況と今後のCLTの可能性については？
- A6.開発始めて20年で基本性能を整備した。今後の方向性として以下の2点が考えられる。  
コンクリートや鉄との複合材の検討、CLTの表面材の変更。
- Q7.RC造とのコスト差はどこまでであれば許容できるか？
- A7.許容については明らかではない。CLTのコストは徐々に下がっている。他工法との差別化として工期短縮、高い建設精度が優位性となる。どこまでプレハブ化できるかが重要である。

**【所感】**

グラーツ工科大学Schickhofer教授は、1994年からCLTの開発・研究を進めており、CLT自体にとどまらず、CLTの複合材や様々な木質材料へ意欲的な取組みを行っている。基礎的な研究により、T14仕様の確立、これはCLTのユーロコードの基盤となるものと考えられる。来年以降EUでのCLTの規格整備がされ製造、構造設計のハードルはクリアできると考えられる。今後は、CLTの普及に向けた取組み(コスト面、製造・設計技術者の育成、CLTを含めた木質材料による混構造、RC・鉄骨との混構造の取組み)が課題である。



Schickhofer教授によるセミナーの様子



昼食中のディスカッションの様子

- 1.日時 2015年 6月16日 14:30～17:00
- 2.視察地 Mayr-Melnhof Holz社 Turmgasse67,8700 Leoben,Austria
- 3.目的 CLT製造会社Mayr-Melnhof Holz社によるセミナー及びCLT構造の本社建物を見学

#### 4.セミナー内容

##### 【Mayr-Melnhof Holz社】

- ・ 創業1850年、従業員数1660名
- ・ 業務内容:製材業、木質材料の製造・加工、建設
- ・ 拠点:オーストリア、ロシア、ヨーロッパ各地域、計5拠点
- ・ CLTの製造は2008年から開始
- ・ 会社方針としてCLTの製造だけではなくCLTをどのように使っていくかの使用方法まで含めたソリューション提示を行っている(建築材料の生産、流通、建設までの提案)。
- ・ 2014年の実績は売上高550億ユーロ、木材業者ではオーストリア1位、ヨーロッパ5位である。
- ・ CLTの出荷量はオーストリア2位である。
- ・ 年間260万 $\text{m}^3$ の丸太から190万 $\text{m}^3$ の製材を出荷している。
- ・ 木質材料についてはオーストリア、ドイツの4拠点より、年間に集成材25万3千 $\text{m}^3$ ・CLT4.5万 $\text{m}^3$ ・ボックスビーム5.1万 $\text{m}^3$ ・三層パネル87万 $\text{m}^2$ を出荷している。
- ・ Mayr-Melnhof Holz社のCLTは『MMcrosslam』というブランド名を付け販売している。

##### 『MMcrosslam』について

幅3.5m x 長さ16mまで、厚さ60mm～280mm(3層～7層)、ラミナの厚さは20mm、30mm、40mmの3種類ある。  
製品は品質により3種類あり、①Industry quality見えないところで使用する商品、②Standard quality見えたり見えなかったり(工場、事務所等)、③Living space qualityデザインまで考慮した製品(仕上材等、節も少なく均一に分散されている)に区別される。

##### 【Mayr-Melnhof Holz社 本社建物について】

- ・ 2008年10月竣工、延床面積約3,500 $\text{m}^2$ 、総工費440万ユーロ。
- ・ 構造材にはCLT『MMcrosslam』を使用し、ラミナ厚30、20、30、20、30mmの5層。柱は集成材、床壁はCLTと鉄によるグレーチング、外装の仕上材はカラマツ挽板の仕様となっている。
- ・ CLTの品質は②のStandard qualityを採用した。⇒CLTの床は反りや割れが目立つが構造では許容範囲である。
- ・ 木材の総使用材積は約1,000 $\text{m}^3$ である。
- ・ 設計はグラーツの設計事務所で地元の木材建築賞を受賞した。
  
- ・ 建物前面は、オーバーハングで9mスパンを実現している。
- ・ 床、壁CLTの平面パネルを工場生産し施工はクレーン1台で行った。
- ・ 設計者の強い意図により小屋組は鉄の弦と細い集成材で構成し屋根面はガラス張りとしている。
- ・ CLTの最外層の部材は外側に反り、隙間ができる部材を使用している。  
⇒外側が引張に強くなるように考慮している。
- ・ 建物は1時間耐火仕様で、CLTの燃えしろ設計、スチール部分も同じく1時間耐火仕様となっている。



CLTを使った本社建物



前面の持ち出しは9m



建物内部:床、壁の構造材はCLT



屋根部分:鉄と集成材による小屋組



照明や電気配線は露出させ、梁や天井部分に綺麗に配線されメンテナンスがしやすいようになっている



担当者に質問しながら見学

## 【所感】

Mayr-Melnhof Holz社は、森林所有から製材、木質材料の製造、施工まで一貫した企業である。CLT建物の実績としてはオーストリアで最大の『G3ショッピングセンター』や2層、3層の集合住宅から8層の大規模集合住宅、幼稚園、ホテルなど手がけ、CLTの供給量、技術面で先端を走っている企業である。但し、CLTの年間出荷量は4.3万 $\text{m}^3$ ほどで他の木質材料に比べまだ少なく、ヨーロッパでもCLTはこれからの材料であると感じた。CLTの特徴として、大判でのメリット(スパンを飛ばせる、施工の簡易化)を活かせるのは中、大規模建物であると考えられる。その中で競合するのは、RC造、鉄骨造であり、Mayr-Melnhof Holz社のように製材から建設まで一貫して対応する企業(もしくはグループ)でなければ技術面でもコスト面でも他構造と競えないと感じた。日本も同様に中、大規模建築における木構造普及の鍵は、工法の提案力、構造設計、材料の製造、加工、施工まで一貫して対応する木構造ファブリケーターが存在が重要であると考えられる。また、様々な木質材料による木質混構造やRC、鉄骨との混構造による資材の適材適所の使われ方が、CLTの普及、木構造の普及につながると感じた。

## I. ストーラ・エンソ社 レオンハルト工場 見学

1. 日時 2015年6月17日 9:20～12:00
2. 視察地 ストーラ・エンソ社 レオンハルト工場 Wisperndorf 4, AT-9462 Bad St. Leonhard, Austria
3. 目的 CLTの製造大手、ストーラ・エンソ社のレオンハルト工場見学、CLT用ポリウレタン系樹脂接着剤、Purbondのセミナー

## 【Purbond接着剤】Henkel社 Christian Lehringer技術部長によるレクチャー

- Henkel社(本社:ドイツ・デュッセルドルフ)の製造するPurbondは、1液ポリウレタン接着剤でヨーロッパではCLT用の接着剤として90%のシェアを持っている。
- 初めてのCLT製造は、1990年代にPurbond接着剤を用いてKLH社(オーストリア)とSchilliger社(スイス)で行われた。
- 特徴として、靱性がありもろくない接着剤層、1液接着剤システム、退席時間の自由度があり短時間圧縮も可能なこと、間隙充填性、クリアで透明な接着層であることなどが挙げられる。
- 積層面だけでなく、フィンガージョイントや幅はぎにも用いることができる。
- 塗布量はm<sup>2</sup>あたり125～200g。価格は5～8ユーロ/kg。

## ヨーロッパのCLT 製造者

→ 90% がPURBOND 接着剤を使用しています

• KLH (Kreuzlagenholz)	オーストリア	→ PURBOND
• Binder Bausysteme	オーストリア	→ PURBOND
• Stora Enso	オーストリア	→ PURBOND
• Decker	ドイツ	→ PURBOND
• Stephan	ドイツ	→ PURBOND
• Merk Wood	ドイツ	→ PURBOND (2011年にメラミンから切替)
• Lignotrend	ドイツ	→ PURBOND
• Huber	ドイツ	→ PURBOND
• Schilliger	スイス	→ PURBOND
• Moser	イタリア	→ PURBOND
• X Lam Dolomiti	イタリア	→ PURBOND
• Artuso	イタリア	→ PURBOND
• Haas	チェコ	→ PURBOND
• Mayr Melnhof Kaufmann	オーストリア	→ PURBOND (additional to MUF in 2015)
• Derix	ドイツ	→ メラミン樹脂

PURBOND接着剤とCLT  
特徴と末端ユーザーの利益

特徴	利益
• 靱性があり脆くない接着剤層	• CLT用として最良の強度特性 • 切削用具の鈍化なし
• 1液接着剤システム	• 混合不要 • プロセスの安全と安定
• 毒物学的に無害であり化学的に安定(不活性)	• 全ライフサイクル間で排出なし(木材と同等) • JAIA F☆☆☆☆ (日本) – ホルムアルデヒドフリー (たとえば PURBOND HB E452 F☆☆☆☆ 登録番号: JAIA-009098) • 4 VOC (日本) – 溶剤なし • CARB (カルフォルニア) • IOS-MAT-0003 (IKEA) • EPF-S (ヨーロッパ)
• 堆積時間の自由度と短時間圧縮	• 経済性に優れた生産
• 間隙充填性 (1 mmまで)	• 硬化過程中の収縮なし • 接合部の“へこみ”なし
• 新規な化学機構による低塗布量 (125 g/m <sup>2</sup> ~ 200 g/m <sup>2</sup> )	• 経済性に優れた生産
• 最適化されたレオロジーによるクリーンな塗布	• 安全できれいな生産 • むだの最小化
• 高周波やホットプレス設備の必要なし	• 室温硬化 • エネルギーの節約
• クリアで透明な接着層	• 見た目が自然な接着層

9 Engineered Wood Adhesives – Purbond – Visit of Japanese CLT Association, 17. June 2015



Purbondプレゼン資料より抜粋

## 【Stora Enso社】

- Stora Enso社は、製紙、バイオマテリアル、木材製品、パッケージング業のグローバル企業で、従業員は約28,000人。
- 35ヶ国に展開し、2013年の売上は105億Euro。
- ヨーロッパでの製造拠点は11ヶ国に23ヶ所。キャパシティは製材560万m<sup>3</sup>、木材製品290万m<sup>3</sup>、CLT12万m<sup>3</sup>、ペレット28万5千トン。

## 【レオンハルト CLT工場】

- CLTの製造は2008年2月にスタートし、受注生産による製造を行っており、製造能力は60,000m<sup>3</sup>(3シフト時)。
- CLT工場の面積は11,300m<sup>2</sup>で、投資額は2,300万Euro。
- 製材工場と同じ敷地内にあり、輸送コストの削減によるコスト競争力の強化はもちろん、連携を取りながら素早い対応や日々の改善ができることが強み。
- フィンガージョイントは水平ジョイントで接着剤はポリウレタン接着剤、幅はぎ接着をしており幅はぎの接着剤はEPI、積層用の接着剤はポリウレタン接着剤を利用。
- CLT製品のスペック概要

厚さ: 400mmまで  
幅: 2,950mmまで  
長さ: 16mmまで  
層: 3, 5, 7, 直交積層  
幅はぎ接着あり

品質: nonvisual / industrial / visual (見た目の品質)  
プレカット: CNCマシンによる自動加工  
接着剤: ホルムアルデヒドフリーのPU と EPI 接着剤  
適用箇所: 基本的に壁、天井もしくは屋根パネル

21

Engineered Wood Adhesives – Purbond – Visit of Japanese CLT Association, 17. June 2015



## 【CLTの利点】

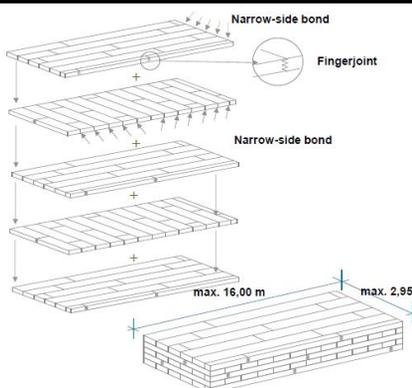
- 他のどの建材に比べてもカーボンフットプリントに優れる(CO<sub>2</sub>排出量が少ない)。
- よい室内の温熱環境の供給、効率的なエネルギー、断熱性がよい。
- 効率的でスピードの速い建設方法
  - 高いプレファブレベル
  - 簡易で素早い建て方
  - シンプルなプランニングと構造計算
  - 建設時の高いフレキシビリティ
- 高い静的荷重性能と弾性。
- 耐震性。
- 耐火性能—火災時の構造性能が計算可能。

## 【CLTの製造工程】

- ① グレーディング  
目視でグレーディング。X線で密度と含水率を測定。樹種はスプルース、レッドパイン。
- ② フィンガージョイント
- ③ 幅はぎ(オプション)  
16m材まで可能。接着剤がはみ出さないよう量を調整。
- ④ 接着剤塗布(積層)
- ⑤ 圧縮  
プレス時間は25分。
- ⑥ 切削・仕上げ

### Structure of CLT

using single-layer boards, 3 - 8 layers possible



Stora Ensoプレゼン資料より抜粋(CLTの製造)



工場見学前にレクチャーを受ける



製造後のCLT(製造後の製品のみ写真撮影OK) 写真左が表面品質「Industrial(構造用)」グレード、写真右が「Visual(表し)」グレード

## I. CLT 5 階建て老人ホーム建物視察およびSPS-Architektenによるセミナー

1. 日時 2015年6月18日(木) 9:00～
2. 場所 Seniorenwohnhaus Hallein (Parkstrasse 1, 5400 Hallein, Austria)
  - ・元々木と芝生の公園の敷地だった一角に計画された建物である。
  - ・建物から各方向、山・川・公園とそれぞれの部屋にそれぞれ違ったロケーションを持った敷地である。
  - ・元々RC造で計画されていたが、工期を短縮できるとしてCLTで提案した。
  - ・施工工期短縮、現場騒音の低減(工場ユニット化による)、ゴミの量の低減(同左)などを理由に市長に掛け合い実現した。
  - ・建設費用の低減や工期短縮は、施設運営にも貢献している。
  - ・建物は5階建て。1階はRC造、階段室とL字型平面の角部分はRC造で5階まで立ち上げ、その他各居室は全てCLTのBox型ユニットにて構成されている。



前面



公園側



川へのロケーション



山を望む

- ・各居室は個室と2人部屋の2種類があり、全部で144室ある。各居室が3室連なり、それぞれの間にはパブリックスペースを配置する(3室+パブリックスペース+3室……)
- ・パブリックスペース外部には約3m跳ね出しのバルコニーがあり、この床板も210mm厚のCLTである。
- ・通路の先端は全面ガラス張りで街の様子が眺められ、閉じられた空間では無い事を強調している。



個室 (CLTは天井部分にのみ見える)



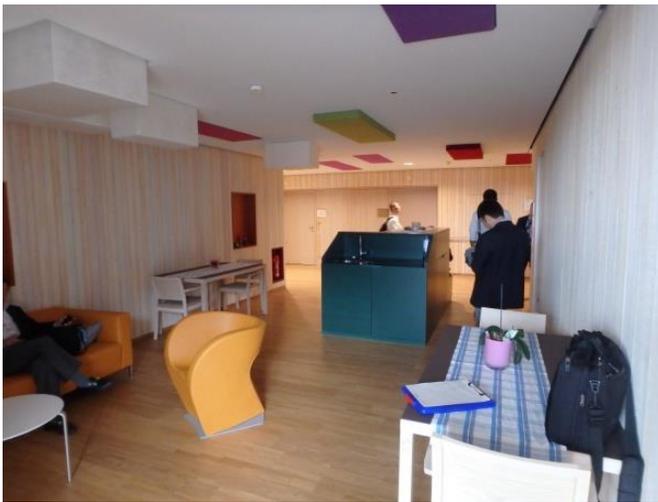
天井CLT



設備配線は壁 (ボード) 内に隠す



廊下



パブリックスペース



バルコニー (乗ると揺れを感じる)

- 耐火仕様については、居住部分は60分、RC部分は90分となっている。
- この建物は耐震設計の必要はなく、行っていない。
- 屋根には140㎡のソーラーパネルを設置している。
- CLT樹種はスプルースである。2000㎡を使用している。
- CLTのユニット化工場はCLT製造会社(M M Holz社)と施工業者が本工事の為に共同で借りて作業を行った。作業は個人大工を雇った。
- ユニット化作業は1日当たり4ユニット分を製作した。



Retirement home Hallein - production of the modules - Kalwang

espe+architekten | z gmbh



Retirement home Hallein - production of the modules - Kalwang

espe+architekten | z gmbh



Retirement home Hallein - production of the modules - Kalwang

espe+architekten | z gmbh



Retirement home Hallein - production of the modules - Kalwang

espe+architekten | z gmbh

### 工場でのユニット化

- 現場には夜間輸送で搬入し、1日に12ユニットの施工した(1ユニットは個室で16t、2人部屋で20t)。
- 各ユニット間はゴム(ゲッツナー社?)にて接しており、各接合は簡易な金物で固定している。



Retirement home Hallein - road transport of the module

espe+architekten | z gmbh



Retirement home Hallein - warehousing the modules - Kalwang

espe+architekten | z gmbh



Retirement home Hallein - assembling the modules

espe+architekten | z gmbh



Retirement home Hallein - construction progress

espe+architekten | z gmbh

### 輸送・搬出



Retirement home Hallein -construction progress



aps+architekten z gmbh



Retirement home Hallein -construction progress

aps+architekten z gmbh

- コストは、1,300万ユーロ(1,500ユーロ/㎡)であった。
- 工期はRC造計画時から比べ約半年縮める事が出来た。

## II . 市内教会視察

1. 日時 2015年6月18日(木) 13:00～
2. 場所 Kirch Rif(Hallein)

- 壁CLTと屋根梁の集成材による建物である。内装はCLTを見せず、化粧板貼りとしている。



- 施工中の写真を見せて頂いたが、かなりアクロバティックな建て方をしていた。



### III . Alpenhotel Ammerwald マネジメント担当者によるセミナー及び宿泊

1. 日時 2015年6月18日(木) 17:00～ 翌朝まで
2. 場所 Alpenhotel Ammerwald (Ammerwald 1, 6600 Reutte, Tirol)



- ロイテ市内より山を登り、標高1,050mの所にこのホテルは建っている。半径5km内に他の建物は無い。
- 経営はBMWグループであり、1942年から従業員用の保養施設として元の建物があった。
- 施設の老朽化や2度の洪水を受けて古くなった建物を2008年に取り壊し、新しいホテルとして建て直した。
- 客室は110室あり、その他80名収容できるセミナー室を有する。ベッド数は230。
- 各客室のデザインは同じ(但し、車椅子利用の客室がある)。
- この様に同じ形状の部屋の繰り返しという特徴からCLT(工場ユニット化)が採用された。
- 外装はメタリックで冷たい雰囲気だが、内装はCLTで温かく心地よい雰囲気となっている(設計者のコンセプト、2010年の建築賞(詳細は不明)を受賞)。

- 客室は床・壁・天井がほぼCLT現しとなっている。バスタブは無し(シャワーユニットのみ)。
- 1,2階はRC造で、客室がある3階からはCLT造となっている。今後、更に1層CLTユニットを乗せる事も可能である。
- 自家発電装置を持つ。水は自然水を利用する。
- 宿泊料金は保養所も兼ねている事もあり比較的安めである。リピーターも多い。
- 客室部分の施工は工場製作のCLTユニットを現場に搬入し組み立てる方式とした。約3週間で全ユニットを施工した。
- 客室は、前述の通り、前面ほぼCLTである。壁に埋込み式のテレビや空調などの設備もCLTと同じ様な板で仕上げている。



- シャワーユニット内もCLT現しであるが、特殊な塗装でコーティングされていた。



## I. MERK Timber 視察

1. 訪問日 2015年6月19日
2. 訪問地 MERK Timber (Aichach/GERMANY)



- ドイツ南部ミュンヘンの北西約50km、アウグスブルクの近くアイヒャッハにあるメルクティンバーを訪問。
- シュトゥットガルトの建設業者ZUBLINグループの一社である。同グループのステークホルダーはオーストリアのSTRABAG社。
- メルクティンバーではCLTを「Leno」という名称で製造し、グループ企業ステファンティンバー社で構造用集成材を製造している。この集成材や自社生産のCLTを他メーカー製造のLVLなどと組み合わせて工場内で加工、パネル化して木造建築を手掛けている。
- メルクティンバー社は、1993年にCLTの開発を開始し、98年にドイツ初の認定を取得した。現在、世界で26あるCLT工場の最初の工場となった。
- 就業者数: ZUBLINグループ 14,000名  
内MERK社 200名 (製造/生産管理120名、ほかデスクワーク80名)  
STEPHAN社 80名
- CLTの製造では、長さ14.8m (20mまで可能なサイズあり)、幅4.8m、厚51~297mmまで製造が可能である。樹種はスプルースで、目視の程度でINDUSTRIAL、INDUSTRIAL VISIBLE、SELECTED NORDICという3段階の等級を設けている。
- 大規模生産のストラエンツやマイヤーメルンホフとは違い、デザイン性重視の仕事に力を入れている。月産2,700m<sup>3</sup> (週5日24h)。マイヤーメルンホフからラミナを購入することもあるという。



セビリア・メトロプールパラソル(LVL)



KUKA社製3次元加工機

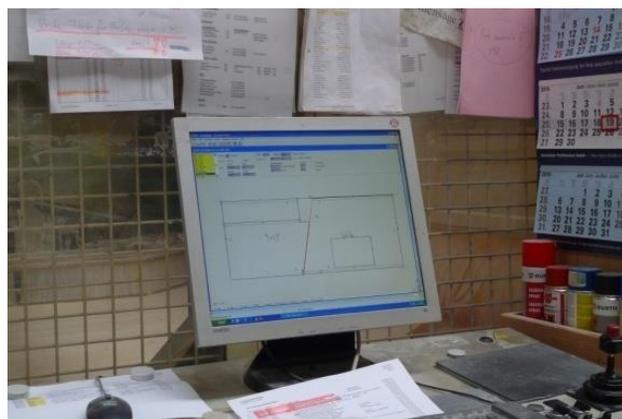


チューリッヒ・エレファント動物園 (CLT)

○デザイン性の高い物件等で用いられるCLTの特殊加工用にKUKA(シュトゥットガルト)というメーカーの3D加工機を使用している。通常の加工はHUNDEGGER社のパネル加工機を使用している。刃物の取替等手作業で作業効率は劣るが、三次元の難易度の高い加工を得意とする。



フンデガー社製パネル加工機(奥)



フンデガー加工機パネル木取り

- ・ 写真の赤い枠がCLTプレスで、上下1セットになっている。枠内に黒いエアバッグが入っており、上下に挟み込んでバキュームプレスする。面全体に圧が均一にかかるので、品質が安定し加工の順応性が高いという。



- ・ 集成材やLVLだけでなく、金属材料や不燃材等、複合的に材料を組合せて提供している。建物によって、7~10m位まではCLTとし、それを超えるとストレススキンパネルを使用したりと部材重量や価格等を検討しながら適材適所に採用している。



○製造しているCLTは、PURBOND社のポリウレタン接着剤を使用し、1回のプレスは4時間である。

- ラミナの木裏に反り防止の溝加工を入れている。
- 最外層は木裏使いである。幅はぎ接着はしていないが、住宅の壁材で4層パネル90mm厚を一般的に使っているとのこと。
- 奇数層にしないのは、内層2層を木裏で接着して目地をずらすことにより、パネル内の気密性を確保するため。



- 湾曲のCLTを製造している。アールの型を作り、バキュームプレスで曲がりCLTも製造する。付加価値の高い仕事を得意としている。
- 金物や切削刃物も製作しており、CLT、LVL等を使った施工モデルやサンプルも来場者向けに展示スペースで紹介している。



**【以下、質疑応答より】**

- 幅はぎ接着をしていないのは、各層の変形に対応するためである。
- 耐火設計については、消防署からの距離の関係や州によっても求められるものが違う。
- 施主は検討に時間がかかるのを嫌がる傾向にあり、木造の場合それが障害となることがある。
- 住宅でのCLTの可能性は、集合住宅を中心に増え続けている。戸建でも増えてはいるが、集合住宅ほどではない。
- 2年ほど前にドイツで学校、幼稚園を木造にする旨のポリシーが制定された。
- 木造のコンペティターはあくまで鉄骨造であり、耐火性の解決が課題である。
- RC造との競争では重量がポイントであり、木造が高価格になることが多いが、どちらか100%というよりも適材適所で価格優位性を高めることが大切である。
- 十分な木造建築の教育を受けた人材が足りない。このことが木造の市場を広げることの障害になっている。設計に関する人材教育が重要であり、協会や大学との技術情報等連携が必要である。

## CLT視察ツアー in ヨーロッパ 2015 報告書

2015年 9月 発行

**作成協力:** 池田 孝 (三井ホームコンポーネント株)  
伊東 圭一 (三井ホームコンポーネント株)  
志田 喜弘 (株志田材木店)  
菅谷 恭浩 (ジャパン建材株)  
関根 正夫 (株桧家ホールディングス)  
高木 利季 (銘建工業株)

**発行:** 一般社団法人 日本CLT協会  
東京都中央区東日本橋2-15-5 モリビルディング 2階