

# CLT 視察ツアー in ヨーロッパ 2016

## 報告書

期間:2016年10月30日~11月6日

場所:スイス、オーストリア、ドイツ



## CLT 視察ツアー in ヨーロッパ 2016 報告書

視察日程：2016年10月30日（日）～11月6日（日）

### スケジュール

日付	時間	内容	場所	番号
10/30（日）	—	移動	羽田→（ミュンヘン）→チューリッヒ	
10/31 （月）	10:15～12:10	Merz Kley Partner 社による講義と LCT 1 見学	LCT 1 (Life Cycle Tower One) （オーストリア Dornbirn）	1
	13:20～13:50	Werkraumhaus 見学	（オーストリア Bregenzwald）	2
	14:20～15:20	Kaufmann Zimmerei 社 見学	（オーストリア Reuthe）	3
	16:25～17:15	建設中の小学校 見学	（オーストリア Höchst）	4
11/1 （火）	08:10～12:35	CLT を中心とした講義と House of Natural Resources 見学	スイス連邦工科大学チューリッヒ校（スイス Zurich）	5
	14:30～16:00	チューリッヒ動物園 エレファントパーク 見学	チューリッヒ動物園（スイス Zurich）	6
	20:00～	BMW Hotel Ammerwald 宿泊	（オーストリア Reutte）	7
11/2 （水）	10:30～11:35	Holz 4、Holz 8 見学	B&O 社敷地内（ドイツ Bad Aibling）	8
	14:30～15:05	Hallein 高齢者施設 見学	（オーストリア Hallein）	9
	15:25～16:10	Rif 教会見学	（オーストリア Rif）	10
11/3 （木）	09:05～10:25	Binderholz 社 Hallein 事務所 訪問	（オーストリア Hallein）	11
	11:00～11:55	Kuchl 木工技術専門学校 見学	（オーストリア Kuchl）	12
	13:25～13:55	Winklhof 農学校 見学	（オーストリア Oberalm）	13
	15:50～16:30	St. Stephan 集会所 見学	（オーストリア Oberhaching）	14
11/4 （金）	09:05～11:10	Sanierung GWG 集合住宅 見学	（ドイツ Munich）	15
	13:00～15:00	Würth 社による講義	（ドイツ Munich）	16
11/5（土）	—	移動	ミュンヘン→羽田（11/6 着）	

### 地図



# 1. Merz Kley Partner 社による講義と LCT1 見学

## 1.1. Merz Kley Partner 社・Konrad Merz 氏によるプレゼンテーション

構造設計事務所「Merz Kley Partner」社は木造の構造設計を専門としており CLT を設計に取り入れて 10 年以上の実績がある。所在地はオーストリアだがスイス、ドイツとも国境を接しており、商圏は半径 200km 範囲内。

Merz 氏自身は構造エンジニアで、彼から CLT に関するプロジェクトを中心の講義を受けた。内容は以下の通り。

### 1.1.1. CLT を利用する際の一般事項

#### (1) 壁利用

- CLT は壁としてだけでなく、構造的に梁の役割も持たせることができる
- 通常 CLT の部分は、そのまま見せずに内装材で隠す（子供が傷をつけたり落書きするなどした際を想定）
- 外周部分の壁にはコスト的に割高になるため、CLT はあまり使わない（図 1-1）
- 燃えしろ設計をする場合は炭化速度を 0.65mm/分で計算する

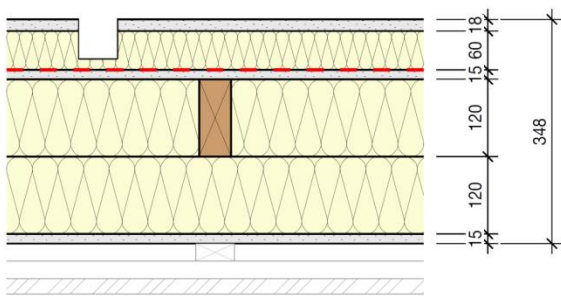


図 1-1 CLT を使わない外周部壁の例\*1（石膏ボード 18mm、グラスウール 60mm、石膏ボード 15mm、枠組材（垂直）とグラスウール 120mm、枠組材（水平）とグラスウール 120mm、石膏ボード 15mm）

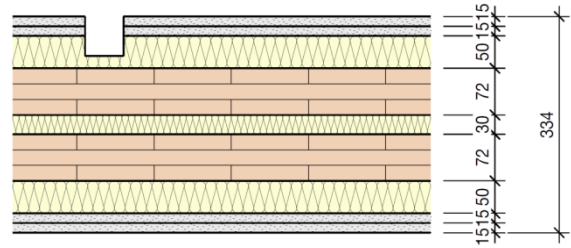


図 1-2 界壁の例\*1（石膏ボード 15mmx2、グラスウール 50mm、CLT 72mm、グラスウール 30mm、CLT 72mm、グラスウール 50mm、石膏ボード 15mmx2）

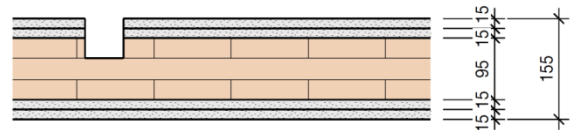


図 1-3 間仕切り壁の例\*1（石膏ボード 15mmx2、CLT 95mm、石膏ボード 15mmx2）

#### (2) 床利用

- オーストリアで言う「耐火設計」が、日本で言う「燃えしろ設計」なので下階の天井となる部分の CLT をそのまま見せる場合が多い
- 5m 以上のスパンとなる場合は CLT の厚さが 200mm 以上となってくるため、経済性が下がる
- リブを付けた CLT の上にコンクリートを打設し、合成床版とすることでスパンを飛ばし、経済性を上げる
- CLT が引張り力を負担し、コンクリートに圧縮力を負担させる
- 例えば、8m スパンなら CLT 200mm の上にコンクリート 100mm 程度
- 床に開口を設ける場合は鋼材で補強する

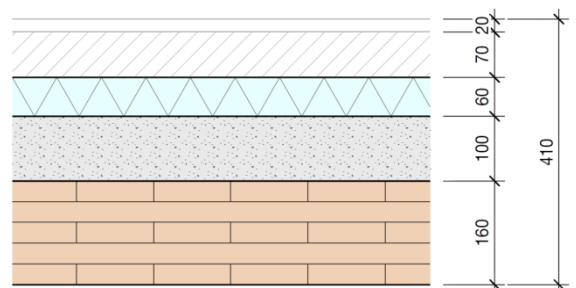


図 1-4 床の例\*1（下から CLT160mm、砂

利 100mm、遮音材 60mm、木毛セメント板 70mm、フローリング 20mm)



写真 1-1 CLT とコンクリートの合成床\*1



写真 1-2 床開口の補強\*1

### (3) 床の遮音

- ・ 重量を増して遮音性能を上げる必要があり CLT の上に砂利を敷くことが多い
- ・ 砂利の比重 13KN/m<sup>3</sup> で粒径 6~8mm 程度
- ・ 砂利部分は配管・配線スペースにもなる
- ・ コンクリートを敷く場合はコンクリートが遮音性能向上の役割も果たす
- ・ オーストリアやドイツ、スイスは遮音に関する基準があり、その基準の要求性能が厳しい
- ・ CLT に限らず砂利を敷くのが一般的
- ・ イタリアやフランス、イギリスなどは床の遮音に関する基準がない
- ・ 床と壁や鉛直材の接触面には振動対策として sylodyn を敷く

### (4) 設計

- ・ CLT は現場での加工ができないため、配管・配線の開口や欠き込みを含めて設計段階で反映しておきプレカットして現場搬入する必要がある
- ・ 振動対策と水平力の抵抗要素として EV や階段まわりの壁を RC 壁とすることが一般的である
- ・ 垂壁、腰壁、壁柱のサイズを規準化して部材種類数を減らすことが合理的

### (5) 施工

- ・ 雨養生のため、仮設の屋根を設ける



写真 1-3 ポリウレタン系防振材\*1 (商品名: sylodyn、防音、防振のため壁と床の間に敷く)



写真 1-4 トラスで組んだ仮設の屋根\*1 (週末の天気が雨の時の金曜日などに設置)

### (6) コスト

- ・ 建物にもよるが RC と比較して 3~5% 程度割高
- ・ CLT はハイクオリティと一般的に認識さ

れている

- ・ CLT の単価は集成材と同様で 500 ユーロ /m<sup>3</sup>程度、LVL は約 700 ユーロ / m<sup>3</sup>

### (7) CLT のメリット

- ・ 大きな 2 方向版であることから、在来工法とは異なる新しい建物が建築できるという認識
- ・ 加工度が高いため、大工の技術が高くないところで普及しやすい(例:イギリス、イタリアなど)

### (8) 実物件例

#### 1) BMW ホテル (翌日の 11/1 に宿泊)

- ・ 工場 でモジュール化した部屋を作成 (5.3 m×13m)
- ・ モジュール化の工程は 13 段階に分かれて 1 日で最大 4 モジュールの製造
- ・ 96 個のモジュールを組み合わせて 2 週間で建て方を完了した

#### 2) 学校

- ・ 教室は広さ 80m<sup>2</sup>、8m スパンになるため、梁に Beech (ブナ) の LVL を利用、一部屋を分割するなどし学校の教室もユニット化する



写真 1-5~8 学校建築の施工時、竣工後\*1

#### 3) Granat チャペル

- ・ 12 面体の教会建築
- ・ 大版のパネルの CLT を使うことによってこのような建物が可能になった





写真 1-9～11 Granat チャペル竣工後、施工時<sup>\*1</sup>

### 1.1.2. 質疑応答

Q1) CLT の普及率について

A1) 感覚的にはスイス 5%、オーストリア 10%程度。大工の技量が高い国では普及率が低い

Q2) sylodyn の耐久性はどの程度あるのか、設計上、配慮することは何か

A2) 耐用年数は 50 年としている。軸力に応じて sylodyn の軸剛性を変えている

Q3) 設計時の BIM の活用状況について

A3) 施工会社が使用している。設計段階では使用していない

### 1.2. LCT 1 見学

講義を受けたセミナールームは木造 8 階建ての LCT 1 (Life Cycle Tower One) 3 階部分。2 階部分はこの建物に関する展示コーナーと

なっており、昼食を取りながら見学した。

集成材の柱を 2 本合わせ、集成材の梁も 2 本合わせ、RC 部分で連結させた構造。経済的な部材サイズを用い、床も合成床板とすることで、経済性に配慮した設計となっている。



写真 1-12 LCT 1 外観



写真 1-13 LCT 1 の 2 階見学スペース



写真 1-14 LCT 1 の模型 (集成材の柱と集成材とコンクリートの複合床の構造)

## 2. Werkraumhaus 見学

Bregenzerwald にある CLT を屋根に利用した美術館を見学した。

### 2.1. 建物概要

- ・ プリツカー賞受賞のスイス人建築家、ピーター・ズントー設計の美術館
- ・ 天井部分が集成材と CLT の複合梁
- ・ 複合梁はフランジ部が引張強度の高い集成材、ウェブ部に CLT を用いて接着した合理的な複合梁
- ・ 屋根は格子状に梁で構成されている
- ・ 見かけは格子梁構造のように見えるが、図 2-1 の上から 3 段目の図にあるように通常のラーメン構造
- ・ 梁の継手位置は接合部ディテールが複雑にならないよう柱位置からずらしている
- ・ 部位によって 3 種類の複合梁を用いる



写真 2-1 Werkraumhaus 外観



写真 2-2 天井部分 (CLT と集成材を接合した複合梁によるグリッド)

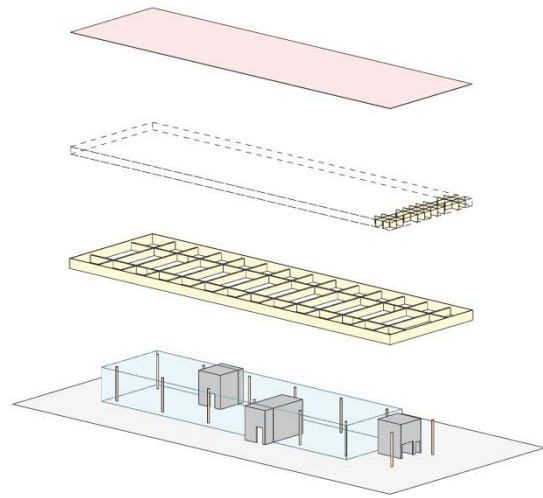


図 2-1 架構アイソメ図\*1 (14 本の鋼管柱で鉛直荷重を支持し、3 箇所 RC コア壁で水平荷重を負担する構造システムである。柱間距離は桁行、張間方向共に 10m であり、5m の跳ね出しとなっている)

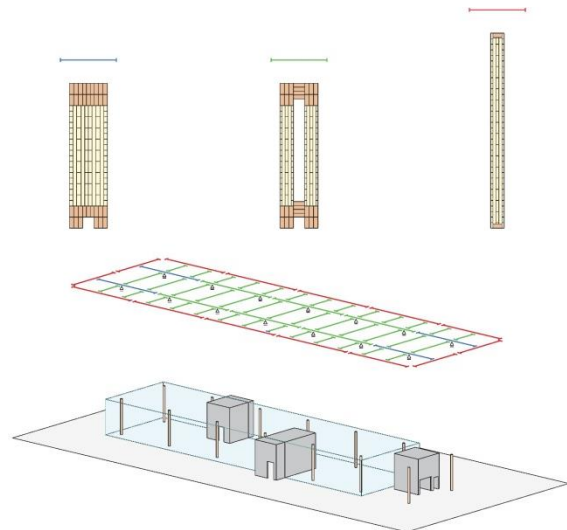


図 2-2 複合梁の詳細図\*1 (茶色部分が集成材で薄い黄色部分が CLT)

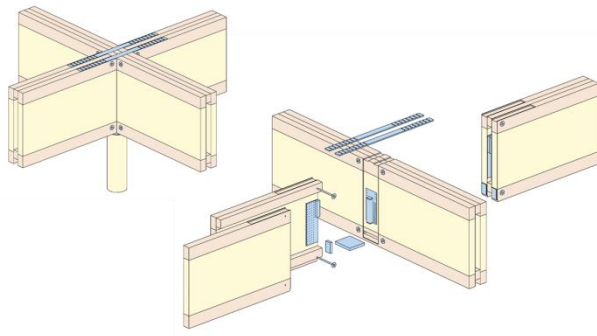


図 2-3 複合梁の交差部ディテール\*1 (複合梁の交差部は引き寄せ金物など金物接合を用いている。フランジの引張側と圧縮側で接合法を変えている)

### 3. Kaufmann Zimmerei 社 見学

木造のプレファブユニットを製造している Kaufmann Zimmerei 社を訪問し、Kaufmann 社長より同社の取組みについて紹介いただいた。

#### 3.1. Kaufmann Zimmerei 社

- ・ 木質材料を使ったプレファブユニットの製造を行っている企業
- ・ 社名の「Zimmerei」は「大工仕事」の意味で、元々は木造の大工をしており、最近ではプレファブユニットの仕事が増加
- ・ 社員数は 25 名、繁忙期にはアルバイトを増やして対応
- ・ 現在年間 100 ユニットの製造能力だが仕事が増えており、現在の工場の横に新しい工場を増築中
- ・ 完成すると、工場内に 50 ユニットが入り、製造能力は年間 300 ユニットとなる



写真 3-1 Kaufmann Zimmererei 社

#### 3.2. 当日作成していたユニット

- ・ 難民の方のためのシェルター施設を製造
- ・ サイズは幅 4m×長さ 13m×高さ 3m
- ・ 壁は、外周がティンバーフレーム（枠組材）で、内壁に CLT が使われている
- ・ 床は集成材で組んでいる
- ・ 価格は通常のもので上記サイズの場合で 1 ユニット当たり 80,000 ユーロ (≒1,540 ユーロ/m<sup>3</sup>)
- ・ 4 階建て用だが、6~7 階建て用のものを製造することも可能
- ・ 1 ユニット当たりの重量は 12 t (床砂利敷き詰めの場合は 16 t)
- ・ 床に敷き詰めるコンクリートブロックは床を重くし上下階における防音対策

#### 3.3. その他

- ・ 工場の床はコンクリートではなく木材が敷いてあるが、理由は社員の足腰の負担や寒さの軽減のため



写真 3-2 プレファブ躯体の搬出





写真 3-3 プレファブユニットの床 (配線、配管とコンクリートブロック)



写真 3-7 木を敷いた工場床 (4cm厚の木材)



写真 3-4 プレファブユニットの床 (コンクリートブロック、配線敷き込み+パネル+吸音材[ミネラルウール]+パネル)



写真 3-6 プレファブユニットの吊り上げ (難民の方のシェルター用ユニット)

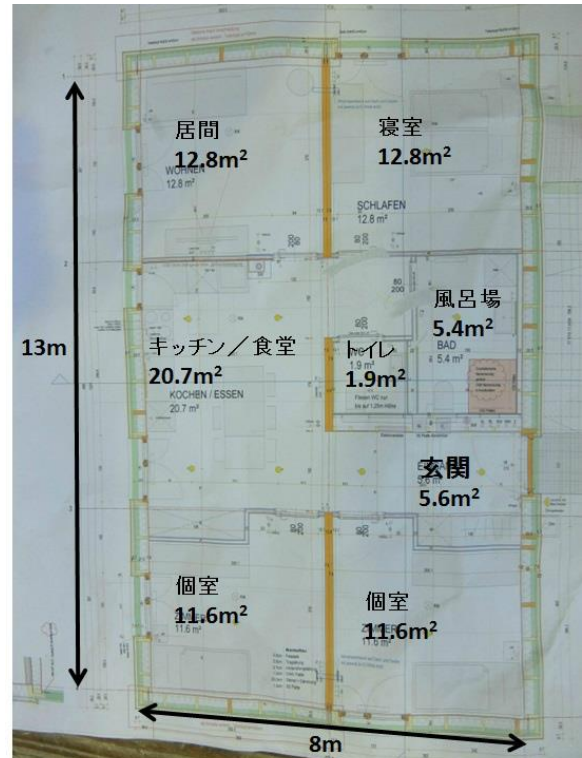


図3-1 2階建てプレファブ住宅の1階部分平面図 (4 x 13mのユニットをつなげて建設)

#### 4. 建設中の小学校 見学

オーストリアのほぼ西端の Höchst (ヘヒスト) という町にある、Merz Kley Partner 社が設計した小学校の建設現場を、同社の Konrad Merz 氏に案内いただき見学した。

##### 4.1. 建物概要

- ・ 1 学年 2 クラス、1 クラス 25 名で 4 学年が入る平屋建て校舎
- ・ 体育館部分は 4m 掘削し、教室部分と屋根面をそろえる立面構成
- ・ 中廊下タイプの平面構成。教室の広さは 70 m<sup>2</sup>程度

#### 4.2. 設計

- ・ 水平力は RC 壁にて負担する
- ・ 教室の無柱空間は集成材の梁を細かく入れて実現
- ・ 教室間の壁に CLT 壁、トップライト部分の屋根に CLT を用いる
- ・ CLT 壁は 5 層 7 プライで中央のラミナを厚くし、鉛直方向のラミナの軸断面積を大きくしてある
- ・ 体育館の無柱空間 16m は梁成 900mm、@1200 程度
- ・ 体育館屋根の水平構面は 16m スパン方向については梁の軸剛性による。桁行方向は母屋の軸剛性による。剛床として扱っているとのこと
- ・ 積雪荷重は 200kg/m<sup>2</sup>
- ・ エントランス部分は大スパンの BOX 梁がある。BOX 梁はフランジが合板、ウェブ部分を集成材とした複合梁

#### 4.3. 施工

- ・ 体育館の 16m 集成材の梁はジョイントなしで施工
- ・ 表しの CLT 壁は表面を完全に養生。表面材をシルバーファーストとした CLT 壁
- ・ 1 階の床は RC 床の上に砂利を敷きその上に軽量コンクリートを打設。鉛直部材は振動対策として周りに絶縁材を設置
- ・ 水位が高いため体育館の地下部分は防止し、断熱を行っている



写真 4-1 Merz 氏による説明



写真 4-2 屋根部分の CLT



写真 4-3 教室天井の集成材梁



写真 4-4 CLT 壁と集成材梁取り合い (めり込み防止金物)



写真 4-5 CLT 壁断面 (5層7プライ、中央ラミナ厚が厚い)

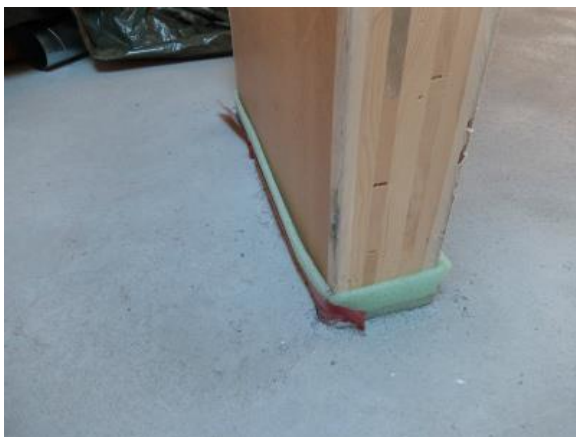


写真 4-6 CLT 壁と浮床の絶縁状況 (CLT 壁周りに絶縁材を設置)



写真 4-7 16mスパンの集成材梁と母屋の収まり



写真 4-8 体育館施工状況 (16mスパンの集成材梁)

## 5. ETH での CLT を中心とした講義と House of Natural Resources 見学

スイス連邦工科大学チューリッヒ校 (通称:チューリッヒ工科大学、略称:ETH) で、今回のツアーのコーディネーターの後藤豊氏と Robert Jockwer 氏の研究紹介に始まり、ETH の概要、CLT に関する講義を受講した。それぞれの内容は以下の通り。



写真 5-1 ETH での講義受講

## 5.1. Dr. Yutaka Goto / Dr. Robert Jockwer 自己紹介および ETH 概要 (Dr. 後藤豊 氏、Dr. Robert Jockwer 氏)

### 5.1.1. Timber Hub

後藤豊先生は、東京大学大学院農学生命科学研究科で修士課程を修了後、ETH で博士号を取得、同大学博士研究員を経て、現在、チャルマーズ工科大学（スウェーデン）で博士研究員。専門は木造建築の温湿度や耐久性、居住性などの環境性能である。

Robert Jockwer 先生は、アーヘン工科大学（ドイツ）を卒業後、ETH で博士号を取得し、現在、同大学研究員。専門は木質材料の接合部および、スクリーや炭素繊維などを用いた木質材料の強化である。

Timber Hub 社は、後藤先生と Jockwer 先生がふたりで設立した会社で、木質材料・木質構造のエンジニアリングおよびコンサルタントを行っている。今回のツアーのコーディネーターも Timber Hub 社に依頼したものである。

### 5.1.2. ETH

ETH は 1855 年に創立され、スイスの産業界の推進力となっている大学である。現在は技術と自然科学分野で世界を先導する大学のひとつとなっており、世界 130 ヶ国から 26,500 名の学生が集まっている。世界の大学ランキングでは第 9 位。

ETH 出身でこれまでにノーベル賞を受賞し

たのは 21 名で、その中にはアルバート・アインシュタインも含まれる。

木造建築に関しては「Civil, Environmental and Geomatic Engineering（土木、環境、地勢工学）」の学部が研究をしている。

## 5.2. CLT の一般事項 (Thomas Ehrhart 氏)

### 5.2.1. CLT の製造

- CLT の製造はドイツ語圏の国が中心で世界の製造量の 60% がオーストリア、25% がドイツ、5% がスイスで製造されている
- パネルのサイズは、幅 1.25m から 3m で、最長で 16.5m までの製造が可能
- 製造各社により、幅はぎ接着をする場合としない場合の両方がある (図 5-1)
- 構造性能として、どちらが有利かは必ずしも明確になっていないが、幅はぎ接着することで、横に並ぶラミナを一体化することができる
- 一方で、ラミナが乾燥収縮したときに、幅はぎ接着があると応力によりラミナに割れが生じるが、接着がなければ収縮応力を逃がすことができる



図 5-1 幅はぎ接着の利点と欠点\*2 (左は幅はぎ接着あり、右は幅はぎ接着なし)

### 5.2.2. 利用方法

- CLT の特徴は、2 方向に繊維が配されていることから直交するラミナが繊維方向の欠点を補い、直交する 2 方向に安定した強度・剛性を有することである
- CLT の建築構造への利用方法は、壁、床などの面材として使用することが基本であるが、梁のような線材として使用することも可能
- また、パネルを組み合わせることで立体的な架構を構成することには適しており、従来

はコンクリート構造が一般的であった折板構造に展開することができる

- ・ CLT は、工場でプレカットすることによる建設現場での木材の加工を最小限とすることができ、施工の合理化や短工期化を実現することが可能である。
- ・ また、従来の木質構造と比較して部材同士の接合部が少ないので、一体性に優れた構造物を作ることができるのが特徴

### 5.2.3. 物性と設計

- ・ スイス（欧州）では、2015年にCLTの材料強度の設計基準が制定されたが、材料物性については不明な点もまだある
- ・ 材料試験の方法に関する規定は確立されておらず、製造各社が独自の方法で試験を実施しているのが現状
- ・ 現在、ユーロコードにCLTの規定を設けるための委員会で検討が行われている
- ・ せん断強度試験は、斜め45°方向に切断した試験体により実施している
- ・ CLT パネルの曲げ強度は、繊維方向のラミナの断面積に基づいて計算する
- ・ せん断強度は全断面積に基づいて計算するが、直交する方向のラミナの rolling shear により支配される

### 5.3. CLTの耐火 (Dr. Michael Klippel 氏)

- ・ 水平面時の CLT 表面木材部の炭化率は 0.65mm/min となる
- ・ 1層目が剥がれ落ちると2層目は急激に温度が上昇する為、炭化率は倍の 1.3mm/min となり、炭化が 25mm 進むと元の炭化率に戻る
- ・ 実験を行い、結果と理論値は良好の傾向を示している
- ・ 垂直面時の CLT 炭化率は 0.8mm/min となる。CLT の製品によって剥がれ落ちるかどうか異なる
- ・ ユーロ圏内では 150 以上の CLT の耐火性能の実験がなされているが、今後のデー

タを増やしていきたい

- ・ また、重複した試験を避けて効率化を図るため、そしてデータの共有をするために、日本での耐火の試験データがあれば互いのデータを共有したい
- ・ 最後に、通常の構造設計を行っていれば、耐火性能に対しても安全性を確保できることが実証されている

### 5.4. ETH House of Natural Resources (Claude Leyder 氏)

天然資源を使い長続きする建物のための革新的な構造を研究する機関で、建物はその実践として建てられている。使いながら、経過をモニターしている。

広葉樹の蓄積がスイス国内でも増えていることもあり、材料にブナを多用している。

#### 5.4.1. 構造

ブナの木の集成材の中に仕込まれたワイヤーにプレストレスをかけた接合を用いており、そのワイヤーの端部が外壁の外に突き出ていてカバーされている。テンションが弱ったときには、このカバーを外して再度テンションをかけられる。完成して2年後のテンションの低下は10%程度で、50年で30%の低下として設計しているが足りないかもしれない。

屋根にはブナの CLT と格子状に組んだ LVL で構成されている。



写真5- 外観 (4つ見える箱型の部分がプレストレスを調整する部分)



写真 5- 一部にブナのラミナを用いた集成材 (建物の中にはセンサーが多数付いており、経年変化を常時測定している)

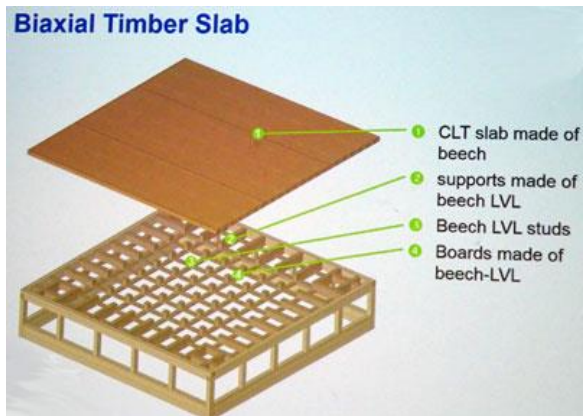


図 5- 屋根構面\*2



写真 5- CLT と LVL の格子梁による屋根面

## 5.5. スイス森林・木材産業協会 (Christoph Starck 氏)

### 5.5.1 スイスの木材産業について

- ・ 協会の愛称は lignum(リグナム)

- ・ 木造建築のサステナブル化や、木材の認知度をあげるための広報的活動、政治家や法律への働きかけなどを行っている

### 5.5.2. マーケットシェア・変遷

- ・ スイスの新築戸建は2005年から2.3%増。木材だけで見れば30パーセント増
- ・ 年間350棟木造で複層の集合住宅が建てられている
- ・ 木造は防耐火がネックになっていたが、研究により2015年には8階建ての木造建築が建設可能になった

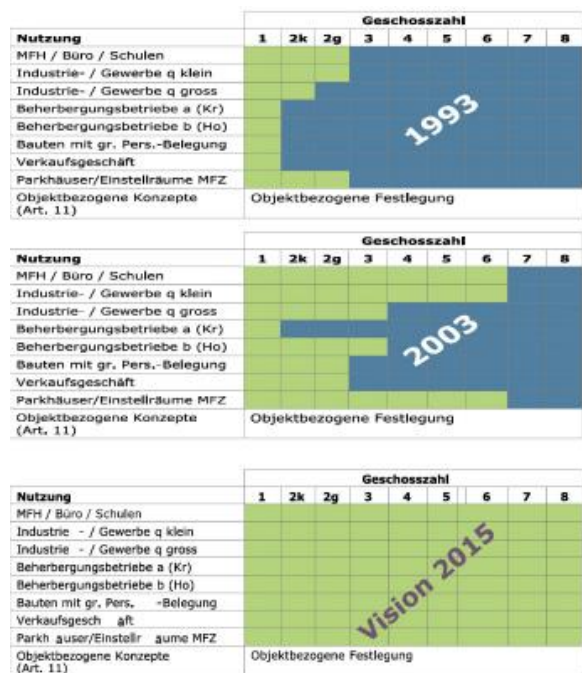


図 5-5-1 木造の建築可能範囲を表す図\*2

(横が建物の用途、縦は階数、ブルーの部分は木造で建てられなかった箇所)

- ・ 施工段階においても、エコロジー性が浸透してきている
- ・ 建物の運用期間ライフスパン全体でのコストを比較すれば木造は有利
- ・ 純木造から混構造、木材が見えなくてもよい、と木造への考え方が変化した
- ・ 都市部での木造建築においては、地方で木がファサードとして表すことが一般だが、都市部ではファサードとしてあらわすことが難しい

(日本のまちなみ条例のような規制があるため)

### 5.5.3. 事例紹介

- ・ 1997年に当時の校長の強い希望により木造で建設された林業学校をはじめ、万博博覧会でも次世代のシンボリックの木造建築が登場



写真 5-5-1 1997年に建設された林業学校\*2



写真 5-5-2 万博博覧会の応用化学大学のパビリオン\*2

- ・ その後、郊外でも木造の集合住宅が登場、2年後では都市部でも建設された
- ・ その他オフィスビル、複合施設、山小屋など多数の木造建築が建設され、協会としても驚くべきスピードで発展している



写真 5-5-3 大規模でパッシブ・スタンダードを取得した代表例\*2(ヴァインタートウール)



写真 5-5-4 オフィスビル\*2 (チューリッヒ)

- ・ 屋上のリノベーションとしても多用されている。近年では既存建物の上に4層木造で増築した例もある



写真 5-5-5 上4層を木造で増築した例\*2

- ・ 日本の建築家、坂茂により設計された tamedia はスイスのメディアカンパニーのオフィス
- ・ 同様に坂茂の設計で計画中のスウォッチ、オメガを取り扱うビルの構造に木造が採用された

→嗜好品を扱う建物に木造が採用されたことから木造への意識の変化が感じられる



写真 5-5-6 tamedia\*2 (チューリッヒ)



写真 5-5-7 計画中的オメガ・スウォッチグループ本社\*2

- ・ 世界では 18, 9 階建て、24 階建てなど、どんどん木造の高層化が進んでいる

## 5.6. 1 液性ポリウレタン接着剤による CLT の製造 (Dr. Oliver Kläusler 氏)

### 5.6.1. Henkel 社の CLT 用接着剤「LOCTITE / PURBOND」概要

- ・ CLT が開発された当初の 1990 年代から液性ポリウレタンが使用されてきた
- ・ 改良が重ねられ、今が第 4 世代の接着剤
- ・ 針葉樹だけでなく広葉樹にも対応できる
- ・ 2013 年にブナを用いた CLT の接着性能は、国の認可を得ている

### 5.6.2. 特徴

- ・ 日本の集成材などに使われるイソシアネートと違い硬化剤との MIX が不必要なため接着の正確性が高い

- ・ また清掃性にも優れ取り扱いが容易
- ・ ポリウレタン接着剤は、イソシアネート基含有化合物を原料にした接着剤で、主成分であるウレタンプレポリマーが空気中や材料中の水と反応して硬化する
- ・ 乾燥による CLT 内の割れは接着剤のプライマーを変更して担保することができる
- ・ 8~25%の含水率の物なら接着可能でプレス時のホットプレスは不要
- ・ 樹種、養生時間、プレス時間に適した接着剤を選択できる

## 5.7. CLT シェル構造によるチューリッヒ動物園のエレファントパーク (Wolfram Kübler 氏)

Walt Galmarini (世界の設計事務所 8 社のグループ) の Wolfram Kübler 氏から、チューリッヒ動物園エレファントパーク (象舎) の構造設計の概要についてレクチャーがあった。

### 5.7.1. エレファントパーク概要

- ・ 面積 6,800m<sup>2</sup>、直径 80m、高さ 18m
- ・ ドームの形状をしており、屋根面は、CLT パネルで構成されたシェルとなっている

### 5.7.2. 構造

- ・ 屋根面のシェルの平面形状は、完全な円形ではなく、271ヶ所の開口部 (トップライト) が設けられている (図 5-7-1)
- ・ 下部構造は、管理部門が RC 構造 (図 5-7-1 の左上部分) となっており、それ以外の部分は、柱で屋根面を支持する
- ・ 常時働くシェルのスラスト力は、下部建物で処理するか、アースアンカーを有する柱で処理している (図 5-7-2)
- ・ 多くの開口を有する屋根面の形状の構造計画段階では、シェル構造とグリッド構造の 2 種類を検討し、FEM 解析と最適化解析により建築家と協働して検討を重ね最終的にシェルの屋根形状を決定した
- ・ FEM 解析結果から図 5-7-2 のように主要



な軸力の流れを3方向に決めて、それに合わせて繊維方向が異なる CLT (90mm) を3層に重ねてビス留めして一体化して屋根を構成する工法を考案した

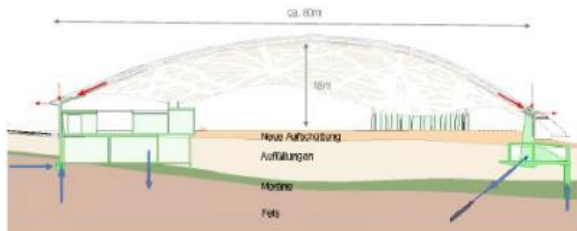


図 5-7-1 断面図と構造設計コンセプト\*2 (常時働くシェルのスラスト力は左側のように下部建物で処理するか、右側のようにアースアンカーで処理して安定化する)

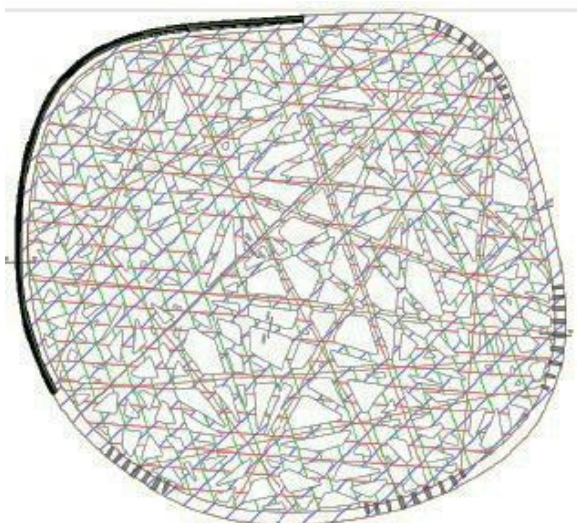


図 5-7-2 屋根面の形状と FEM 解析結果\*2

### 5.7.3. 屋根面の施工

- ・ 屋根の形状に組んだ型枠に CLT パネルを敷設し3層に重ねた段階で、ビス止めにより一体化 (写真 5-7-1、2)
- ・ ビス止めでは、写真 5-7-3 のような必要本数に応じたテンプレートを用意し、施工ミスを防止した
- ・ また、施工に先立ち、CLT パネルが意図する形状の曲面になるかを確認する試験 (写真 5-7-4) を行って、パネル厚さを確認した



写真 5-7-1 シェルの施工の様子\*2 (型枠上にプレカットした CLT パネルを敷設)



写真 5-7-2 CLT パネルをビス止めにより一体化\*2



写真 5-7-3 ビスの施工に用いたテンプレート\*2 (必要なビスの本数・密度に応じたテンプレートを用意し、施工ミスを防止)



図 5-7-4 パネルの曲げ試験の様子\*2 (屋根面が意図する形状に曲がるかを確認)

## 6. チューリッヒ動物園 エレファントパーク 見学

WaltGalmarini AG の Tefanie Roszbach 氏にガイドをいただきながら午前中の ETH で説明をしていただいたエレファントパークを見学した。

湾曲した屋根に CLT パネル(厚さ 80mm)を 3 枚重ね合せた構造となっている。タイの森林をイメージして設計されたこともあり、CLT パネルをくり抜いた自然光の取り方や、雨水を利用した人工雨など、熱帯雨林の環境を再現していた。また、住まう動物達にストレスを与えないデザイン上の工夫もなされていた。



写真 6-1 エレファントパーク外観



写真 6-2 エレファントパーク内観



写真 6-3 屋根部分

## 7. BMW Hotel Ammerwald 宿泊

ドイツとの国境付近のオーストリア・Ammerwald (アマーバルト) にある BMW が経営するホテルに宿泊した (ホテルの部屋数の関係で、別のホテルへの宿泊者もあり)。

(2015 年のツアー時にも本建物は訪問しているため、以下の内容は昨年時のヒアリング内容も含む)



写真 6-1 BMW Hotel Ammerwald 外観

### 7.1. 建物概要

- ・ 近郊の町ロイテより山を登り、標高 1,050m に位置しており、半径 5km 内の他の建物はない
- ・ 経営は BMW グループ。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。2009 年完成

- ・ 客室は110室ありベッド数は230
- ・ その他、80名収容できるセミナー室あり
- ・ 各客室のデザインは同じ（但し、車いす利用の客室もある）
- ・ 自家発電装置を持っている。また、水は自然水を利用している
- ・ BMWの本社があるミュンヘンから車で約1時間半の距離にあり、社員の保養所施設であるが、社員が利用していない部屋がある場合は、一般客でも宿泊できる
- ・ 宿泊料金は保養所を兼ねていることもあり比較的安く、リピーターも多い

## 7.2. CLT 利用

- ・ 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
- ・ 1～2階はRC造で、客室がある3～5階はCLT造となっている
- ・ 今後、客室数を増やしたい場合があれば、さらに1階分のCLTユニットを載せることもできる

## 7.3. 客室

- ・ 客室部分の施工は工場制作のCLTユニットを現場に搬入し組み立てる方式で、約3週間で全ユニットを施工した
- ・ 94のボックスモジュールを工場で作成
- ・ 工場は流れ作業で、13ステップに分かれ、1日で3～4ボックスを作成
- ・ ボックス同士は金物で接合されている
- ・ 床振動の処理は、砂利やコンクリートではなく、ボックスモジュール間で緩衝材を挟み振動を絶縁している。床厚14cm
- ・ 床・壁・天井がほぼCLTがそのまま見えるようになっている
- ・ シャワーユニットのみでバスタブは無し

## 7.4. コスト

- ・ 1ユニット当たりのコストは30,000ユーロ（外装材を除く1ユニットのみの費用）



写真 6-2 内観 客室

## 8. Holz 4、Holz 8 見学

オーストリアとドイツの国境付近、ドイツ側の町、Bad Ailbing にある木造の中・高層建築 Holz 4 と Holz 8 を見学した。どちらの建物も建築物の改修、開発企業である B&O 社の建物であり、設計は Schankula Architekten（ドイツ・ミュンヘン）が手掛けている。

### 8.1. Holz 4



写真 8-1 Holz 4

- ・ Holz 4（以下 H4）は、木造建築が都市部でも、RC や鉄骨、レンガ造に代わるものとして実現可能なことを示すためのパイロットプロジェクトとして企図された
- ・ 4階で6戸のアpartメント
- ・ 外階段は鉄製だが、それ以外はエレベーターシャフトやバルコニーを含めて木造となっている
- ・ CLT 利用はエレベーターシャフトのみで、

このシャフトは現場にプレファブ化されて運ばれたもの（写真2）

- ・ 外壁、内壁ともに製材の柱をパネル化したもので、サイズは大きなもので長さ12m×高さ3.2mになる
- ・ 壁は、断熱材だけでなく外装材や内装材、窓や、ドアも取り付けられた状態で現場に搬入された
- ・ H4 に使われた壁はドイツ国内で 90 分耐火の認証を得たもの
- ・ 床は60cm幅の集成材パネルを3枚スプライン接合によりつなげて、1.8m幅として現場に搬入した
- ・ ドイツでは外装材を木材とすることは一般的に3階建てまでだが、鉄製のファイヤーストップを開発し、階の境目に設置して、木外装としている（写真8-3）
- ・ 上棟には4日しかかからなかった
- ・ コストは見込みより高くなったが、これは木材の軽量性によるもの
- ・ 重量の不足により、強風による建物の転倒を防ぐための鉄製のタイロッドをインストールしなければならなかった



写真 8-2 エレベーターシャフト施工時<sup>\*3</sup>



写真 8-3 階の境目の鉄製のファイヤーストップ（他階への延焼を防ぐ）

## 8.2. Holz 8



写真 8-4 Holz 8

- ・ 1階部分はオフィスになっており、それより上階は2～3ユニットの住居が各階に入っている
- ・ コアの部分はプレキャストコンクリートで、その他の部分は木造
- ・ コンクリートのコアが風荷重に対して抵抗し、木造部分とは鉄製のブラケットでつながられている
- ・ 各階も鉄製のロッドでつながれており天井から基礎部分まで一体化させている
- ・ 床材としてCLTが採用されている

- ・ 雨掛かりを避けるため、施工時には CLT パネルには防水シートが敷かれた
- ・ 壁は H4 のように製材を並べてパネル化
- ・ 壁には 90 分耐火のため、工場であらかじめ石膏ボードが取り付けられた
- ・ 天井部分は CLT が露出しているがそれ以外の部分は石膏ボードで覆われている
- ・ ただし、最上階部分は火事になった際でも更に上階への燃え広がりが少ないため、壁も木材を現わしとしている
- ・ PCa のコア部分は 3 週間で立ち上げられ、その後、木造部分も 3 週間で立ち上げられた



写真 8-5 近くに建設中だった自転車置き場  
(丸太の柱に、LVL の梁)

## 9. Hallein 高齢者施設 訪問

オーストリア・ザルツブルクから車で 30 分程の町、Hallein (ハライン) に建つ 5 階建て高齢者施設を訪問。設計を行った SPS-Architekten 社の Simon Speigner 氏に説明していただきながら見学を行った。

(2015 年のツアー時にも本建物は訪問しているため、以下の内容は昨年時のヒアリング内容も含む)



写真 9-1 外観

### 9.1. 建物概要

- ・ 元々、高齢者施設が建っていた場所に 2013 年に建替えられた
- ・ 当初は RC 造で計画されていたが、工期を短縮できるとして、設計士の Speigner 氏が提案
- ・ 施工期間の短縮、工場で居室のユニット化による現場騒音の低減、現場でのゴミの低減などを理由に市長に掛け合い実現
- ・ 工期は実際に RC 造での計画時から比べて半年短縮できた
- ・ 5 階建てで 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 の箱型ユニットで構成されている
- ・ 居室は個室と 2 人部屋の 2 種類があり全部で 144 室
- ・ 各居室が 3 室連なり、それぞれの間にパブリックスペースを配置  
(3 室 + パブリックスペース + 3 室 + …)
- ・ 各部屋はパッシブハウス基準を満足

### 9.2. CLT の利用

- ・ 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、この床板に 210mm 厚の CLT が使われている (体感では振動が大きいと感じた)
- ・ 通路の橋は全面ガラス張りで街の様子が眺められ、閉じられた空間でないことが強調されている
- ・ この建物は耐震設計の必要はなく、耐震

設計は行っていない

- ・ CLT の樹種はスプルースで 2,000m<sup>3</sup> 使用
- ・ CLT のユニット化は、CLT 製造会社 (Mayr Melnhof Holz 社) と施工業者が本工事のために共同で借りて作業を行った
- ・ 作業は個人大工を雇い、1 日あたり 4 ユニット分を作成した
- ・ コストは 1,300 万ユーロ (1,500 ユーロ /m<sup>2</sup>) であった

### 9.3. 防耐火

- ・ 居室部分は 60 分、RC 部分は 90 分の耐火構造となっている

### 9.4. 施工

- ・ ボックスユニット同士は、そのまま繋がず、緩衝剤 (syldyn) で縁を切るようにして音に対する性能を確保している



写真 9-2 内観

## 10. Rif 教会 見学

9 の Hallein 高齢者施設から車で 10 分程のところにある教会を見学した。



写真 10-1 外観

### 10.1. 建物概要

- ・ 地域の教会とコミュニティーセンターを合わせた施設
- ・ フィージビリティスタディーを 2008 年 7 月から始め、実際のプランニングは 2009 年 4 月にスタート
- ・ 2011 年 7 月着工し、2013 年に完成
- ・ RC 部分も含めて 1.5 年の工期
- ・ 設計は Walter Klauz 氏と Georg Kleeberger 氏によるユニット「klasz kleeberger」(現在はそれぞれで活動)



写真 10-2 内観

### 10.2. CLT の利用

- ・ 地下は RC の多目的スペースで、地上部分は、壁 CLT と屋根梁の集成材による建物
- ・ 折版構造として、薄い CLT の壁で安定した構造としている
- ・ 内装は CLT を見せず、化粧板 (シルバーファー) 貼り



写真 10-3 施工時の CLT 壁



写真 10-4 施工時の集成材の梁

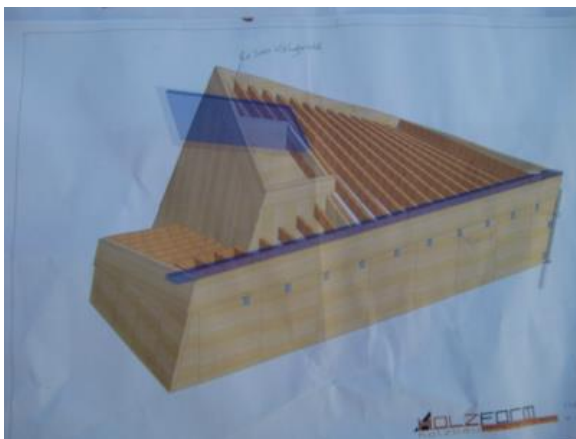


図 10-1 アイソメ図

## 11. Binderholz 社 Hallein 事務所 訪問

オーストリアの林産大手企業 Binderholz 社の設計部門のオフィスを訪問。企業についての説明および CLT の取組みについて、Christian Kolbitsch 氏と Josef Zeller 氏に

紹介いただいた。



写真 11-1 Binderholz 社のレクチャー

### 11.1. Binderholz 社概要

- ・ 1950 年創業。従業員数 1,150 名  
(Hallein では設計部門に 50~60 名従事)
- ・ 拠点は下記  
Fügen(本社)  
St. Georgen(無垢板工場)  
Jenbach(プロファイル材工場)、  
Hallein(集成材販売・建築ソリューション提供)  
Unternberg(CLT 工場)  
Kösching(木材工場)
- ・ 日本との取引は 15 年前からある

### 11.2. CLT について

- ・ Binderholz 社の CLT は「BBS」というブランド名を付け販売
- ・ 「BBS125」と「BBS XL」という商品があり BBS125 は幅 1.25m×24m(厚 60~340 mm)のパネルであり、BBS XL は幅 3.50m×22m(厚 60~200 mm)のパネルである
- ・ オーストリアでは CLT を年間 12 万 m<sup>3</sup>生産しているが、2 年後には 14 万 m<sup>3</sup>/年の生産量を目指している
- ・ これと、買収したドイツの集成材工場を CLT 製造工場に変え、新規生産量 8 万 m<sup>3</sup>/年を足すと 22 万 m<sup>3</sup>/年となる

### 11.3. Binderholz 社の現在と今後の展望

- ・ ヨーロッパ全体の CLT の生産量は、60 万

m<sup>3</sup>/年(2016年現在)

- ・ 50 万m<sup>3</sup>/年が頭打ちであると思われていたが、2015～2016年にかけてマーケットは拡大している
- ・ そこには、建物全体のシステムとして CLT の提供を目指している姿勢がある。CLT の製造のみならず、CLT をどのように使っていくかのノウハウを含めたソリューションの提供を行っている
- ・ また、BIM を使用することにより、ロンドンとオーストリアといった遠隔地間でもデータの共有化を計り、生産・流通・設計・建設までシームレスに行える環境を作っている

#### 11.4. 質疑

Q1) 2015～2016年のマーケット拡大の要因

A1) 設計者やオーナーが木に興味を持った事。地域と行政が木を使った建物の建築許可を与えやすくなっている。Binderholz 社から行政への働きかけも行っている(法的な折衝)。木を使うことにより、経済的な効率が得られる事も要因の一つであると考えられる。

#### 12. Kuchl 木工技術専門学校 見学

Hallein の隣町 Kuchl(クヒル)にある木工技術専門学校を見学。オーストリア国内でも製材に関する教育の中心となっている学校であり、木材について学ぶなら木造でということで、増築部分に CLT が使われている。木材業界からの資金も入っているため、CLT だけでなく他の木質材料も使われている。



写真 12-1 外観 (右側が増築部分)

#### 12.1. 建物概要

- ・ 床には床暖房を入れている
- ・ 床下の砂利を敷いている層に床暖房用の配管を入れてその上にフローリング材を載せている

#### 12.2. CLT の利用

- ・ エレベーターシャフトも CLT が使用されているが、外側を 19mm の石膏ボードで覆うことで 90 分の耐火構造としている
- ・ 1 階から 3 階まで 1 枚の CLT パネルが通っている(幅 3.5m、長さ 16m)
- ・ 壁は 5 層のパネルとなっており、現しとしてその表面にソリッドウッドパネル(=3 層ボード)が張られる箇所もあるが、構造体としているのは CLT のみ





写真 12-2 壁内観 (1枚のCLTパネルが建物の1階から3階まで通っている)

### 12.3. 防耐火

- ・ オーストリア国内でも大きく分けて9つの地域ごとにそれぞれの基準があり、特にこのザルツブルクは厳しい地域
- ・ 公共建築もしくは4階建て以上は90分耐火が求められる
- ・ 先行事例として基準をクリアしていい木造建築が建てられるということを見せる役割も果たしている
- ・ スプリンクラー設備は無いが、建物内要所に煙探知機を付けている



写真 12-2 内観



写真 12-3 階段 (CLTの壁にLVLの階段を接合。接合部分はSherpa社の金物で外からは見えないようになっている)

### 12.4. その他

- ・ 製材表面はカンナ掛けをしない仕上げとなっているが、その方が耐候上優れる
- ・ 職員の部屋は大きいガラスが張られており、学生は室内に職員がいるかどうかすぐ分かるように工夫されている
- ・ 天井は音が響きにくい吸音パネルが設置されている



写真 12-3 教室内 (天井は吸音パネル)



写真 12-4 吸音パネルを留め付けるビス



写真 12-3 エントランス側 2 階廊下 (吹き抜けが心地よい)

### 13. Winklhof 農学校 見学

CLT をメインの構造材とし、一部に集成材も使った 3 階建ての農学校と、その寄宿舍を合わせた建物を訪問した。BinderHoltz 社による設計施工である。



写真 12-3 外観



写真 12-4 広い中廊下 (両側に居室を配置している)

#### 13.1. 建物概要

- ・ 延床面積は 600m<sup>2</sup>、建て方は 8 週間で完了
- ・ 階段および EV シャフトも CLT 造であり、燃えしろ設計がなされている



写真 12-5 打合わせスペース



写真 12-6 宿泊部屋（この部屋は先生が利用。生徒の部屋の間取りも同様）



写真 12-7 収納棚（造作用の薄い3層ボードを利用）

- ・ 帰りがけに外に出てきた男女生徒と出会ったが、彼らの表情がとても明るく、木造の建物が彼らによい影響を与えているように感じられた

## 14. St. Stephan 集会所 見学

ドイツ・ミュンヘンから 8km ほど南にあるカトリック教会の信者のための集会所を訪問し、この建物の設計を行った DEPPISCH ARCHITEKTEN の Laura Böhnlein 氏に説明を受けた。



写真 14-1 外観

### 14.1. 建物概要

- ・ 元々の集会所が老朽化したことと、小さいことから、建て直すことになり 2009 年にコンペを実施
- ・ 2013 年に建設スタートし 2014 年に完成
- ・ 面積 1,145m<sup>2</sup>、容積 6,861m<sup>3</sup>
- ・ 地下には幼稚園、地上にオフィス、屋根の中に 2 つの居住施設が作られている
- ・ 1 階の壁はレンガ、その上をモルタルでレベル調整し振動防止のゴムを乗せてから CLT の屋根を乗せている

### 14.2. CLT 利用

- ・ 1 階の屋根と 2 階の切り妻屋根部分に 350m<sup>3</sup> の CLT を利用
- ・ パネルは 5 層 7 プライで、厚さ 296mm
- ・ 30 分耐火が求められるが燃えしろ設計とし、被覆無しの仕上げとしている

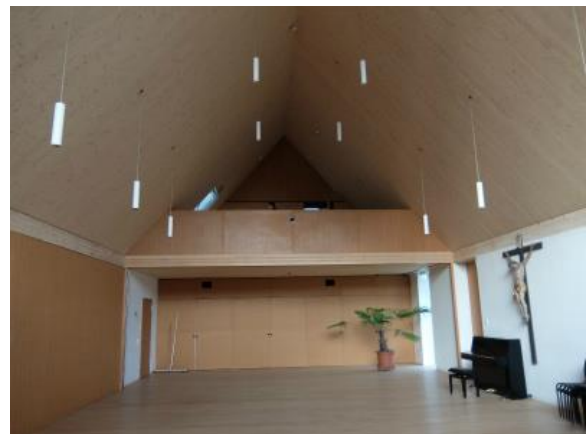


写真 14-2 多目的ホール（12m スパンで柱の

無い空間が広いのに驚かされる)



写真 14-4 水平屋根 CLT に開けられた天窗  
(296mm 厚 5層7プライ)



写真 14-5 三角屋根 (CLT は水平屋根の CLT  
に欠き込みを作り載せている)



写真 14-6 水平屋根の下の鉄柱は CLT を下から支えるのではなく上部から吊っている  
(床のパネル同士は、パネルの中心に鉄のプレートを入れてつなげている)



写真 14-7 右側は木製の間仕切り壁



写真 14-8 木製間仕切り壁拡大 (CLT や木材ばかりの空間だと音が反響する。吸音性を持たせるため、材料に小さな穴を開けている)



写真 14-9 CLT のベンチ

## 15. Sanierung GWG 集合住宅 見学

設計を Kaufmann Lichtblau Architekten が改修を手掛けた GWG (ドイツの 2 大不動産会社の一つ) が所有する集合住宅 SanierungGWG の見学。既存の構造躯体を残して改修したもの、既存建物取り壊して新築したもの、未改修の既存建物が同じ敷地内に建っている。設計者の Florian Lichtbau 氏に案内をして

いただいた。内容は以下の通り。

### 15.1. Kaufmann Lichtblau Architekten

- ・ Herman Kaufmann 事務所と Florian Lichtbau 事務所がこのプロジェクトのためにジョイントした企業体
- ・ Lichtbau 氏は 30 年間エコな建物の設計を心掛け、実務・研究・教育の各分野で包括的に活動

### 15.2. 建物概要

- ・ 1958 年に建設、GWG が所有
- ・ 50 年経った状態で改修を開始
- ・ 2011 より改修工事開始
- ・ 当時ミュンヘンでは初の 4 階建木造建築
- ・ 状態の良いものは構造躯体をそのまま利用、悪いものは地下に駐車場を増設して新築
- ・ 予算の関係で改修が行えなかったものは、外壁塗装のみ塗り替え



写真 15-1 Sanierung GWG 集合住宅 外観



写真 15-5 バルコニーの代わりにサンルームが配置された新築棟の外観（外装材の木にはにはファールン・レッド（べんがら）が塗ってある）



写真 15-2 未改修の既存建物（外壁塗装の補修のみ）

### 15.3. プロジェクトの目標

#### (1) 長期的に多くの人が使え

- ・ 長期的な品質を考慮
- ・ 既存躯体を利用したものは、階段室を取り払い、バルコニーを外へ、さらに上に 1 つ階を追加することにより、床面積を 2 倍することに成功

#### (2) サステナブル

- ・ プレハブ、再生利用可能材料の使用

#### (3) 未来のためのエネルギー

- ・ 熱を逃がさない
- ・ 夏場のオーバーヒーティングを避ける
- ・ 屋根に太陽光集熱器、太陽光発電設置
- ・ エネルギー使用量は

1時間あたり 300→20(kw/m<sup>2</sup>)  
金額にして月々2→0.15 (ユーロ/m<sup>2</sup>)

#### 15.4. その他

- ・ EU の共同研究『E2rebuild』のプロジェクトの中で最も優れた例となった
- ・ 針葉樹材約 1,400 m<sup>3</sup>を使用
- ・ 建物に使われた他の材料の生産・施工に使用する CO<sub>2</sub> とほぼ同じくらいの量を貯蓄
- ・ 長く使う上では「愛されるデザイン」であることが大事
- ・ 換気設備は個々の部屋ごとに (試算した際全体でまとめるより効率がよかったため)
- ・ 耐火についても試験を行った
- ・ 新築棟はバルコニーをつくらずサンルーム (温室のような半外部的部屋) を設置
- ・ 居室の1つにしているひともいる
- ・ 外壁の赤い塗料は鉱山の廃棄物から作られる。色は酸化銅によるもの
- ・ 外廊下および室内の天井は CLT あらわし
- ・ 郊外では色ムラは特に気にしないが、都市部では好まれないため、塗料を工夫
- ・ 耐久性よりも環境に配慮した塗料、雨が降ると流れていく
- ・ メンテナンスの量も減らすことにもつながる



写真 15-3 スプルースの外装 (経年変化による色むらを極力防ぐため、予め変化後の風合いとなる塗料 (ADLER 社 (オーストリア))

を使用) /1階と2階の間には鉄製のファイヤーストップ)



写真 15-4 経年変化による色むらの例



写真 15-4 内観の様子 (天井 CLT あらわし)

#### 15.5. 質疑応答から

Q1) 改修後何年使うことを想定しているか

A1) 最低でも更に 50 年

Q1) 既存の構造の健全性はどう考えるか?

A2) 基本的には、計算書上の設計荷重を超えないことを確認することで安全を確保

- ・ バルコニーと外壁は、増設した基礎に直接荷重を流し、その他の荷重は仕上げ材料の軽減分と相殺
- ・ 床のコンクリートの配筋に鉄筋ではなくベッドのスプリングが使われている箇所もあった (当時は建築材料があまり豊富ではなかった)
- ・ それでも 50 年間問題なく建っているこ

とに意味がある

## 15.6. 今後について

- ・ GWG の調査によると、この建物の住人は GWG の所有する物件に住む人の中で最も幸福度が高いとのこと
- ・ しかし、このような高度な改修は、一般的な改修より平米あたり約 200 ユーロのコスト増
- ・ 一建築家での取組には限界があり、行政は環境に配慮した税のあり方を考えるべき

## 16. Würth 社による講義

Würth グループ各社は、数々の国で多様な事業展開を行い、自動車をはじめ運送・金属・電機・住宅・建設などの事業分野において組立部品・メンテナンス・修理用品など 10 万点を超える商品を取扱う。

### 16.1. SWG 社の紹介

- ・ SWG 社は Würth 社の子会社の 1 つであり、1967 年設立
- ・ 「モノとモノを繋げる」ファスナーを車や物流、建設など様々な部門のニーズに合わせて製品の生産を行っている
- ・ その中で木材同士を接合するためのビスについてのセミナーを受講した
- ・ 元々はビスを売る会社であったが、1978 年に生産ラインを導入し自社でビスを作り始めるようになり、2014 年には構造エンジニアを 10 名ほど雇い、接合部の計算サービスのビジネスも行っている
- ・ 木質構造用の主な製品としては、ETA (ヨーロッパ技術認定: European Technical Approval) や CE マークの規格などを取得している、ねじの径が 5~14mm のビス
- ・ ビスを生産する工場の面積は 15,000m<sup>2</sup>ほどで熱処理のラインが 5 本、1 日で 1 千万本のビスを生産可能である
- ・ SWG 社のエンジニアリング部門には構造

設計チーム、建築環境上の考慮を含めた設計チーム、計算ソフト等の開発チーム、製品の使用方法を提案するコンサルティングチーム、販売サポートがそれぞれある

### 16.2. ビスの各種形状とその効果について

- ・ ねじを打ち込む際のドライバービットの形状と性能について解説
- ・ 従来の十字型(フィリップス)や星型(トルクス)の解説と、それらに加え、よりフィット感を増し、工具からビスへより効率的に力を伝える「AW ドライブ」ビットを紹介
- ・ また、ビスのサイズに合わせて打ち込むための工具も変わり、それに応じて適切なビットのサイズも変わってくるため、ビスの開発時には考慮することが様々あるという

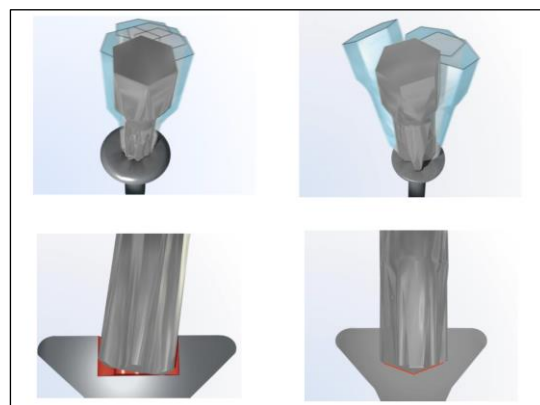


図 16-1 通常のビットと AW ドライバーとのフィット性の差を示した図<sup>4)</sup>

#### 16.2.1. ビス頭部の形状

- ・ それぞれの形状に対し、ETA の認定を取得している
- ・ ビスを引抜き方向に効かせる場合には、ラージワッシャー形状が良く、木質構造に使用するビスとして最も用途が多いのはシリンダーヘッドであるとのこと

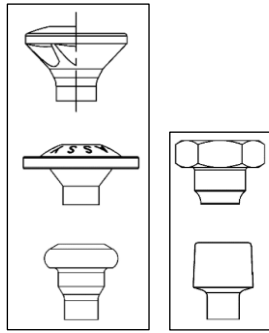


図 16-2 代表的なビス頭部形状\*4

### 16.2.2. ネジの形状

- ・ 全ねじ、半ねじ、ねじ山を2箇所持つものに分けられる
- ・ 全ねじは節等により木材の補強が必要な場合や、軸方向の引抜に対応する際に利用される
- ・ 2箇所ねじがきられているタイプは、例えば外張り断熱時の屋根と垂木にねじ山がかかるようにして、材料の締めつけを調整する時に用いられる

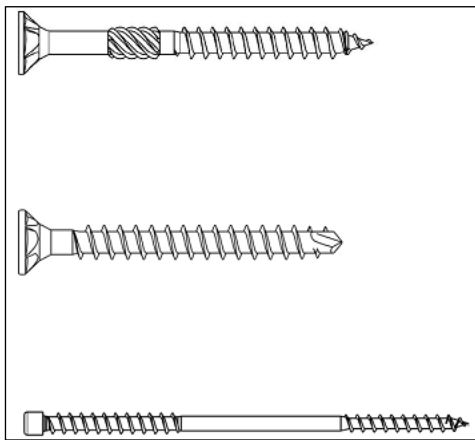


図 16-3 ねじ山の種類\*4

### 16.2.3. ネジの先端

- ・ 従来の刃先の形状と比べ、先端がドリルチップのような形状のものについては、下穴を空けながら入るので材が割れにくくなり、ビス間の距離も詰めることが可能になる(下穴不要)



写真 16-1 薄板の端部にビスを打ち込む様子(先端形状による木材割裂の比較)

### 16.2.4. ASSY シリーズ

- ・ ASSY は Würth 社のビスのシリーズ名で、まとめて ETA の認定を取得している
- ・ Plus VG は主に部材自体の補強用として使用されている

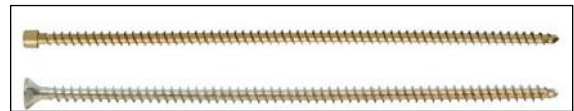


写真 16-2 ASSY plus VG の写真\*4

### 16.3. ビス接合部に軸力が生じた場合の破壊の種類とそれぞれの設計式について

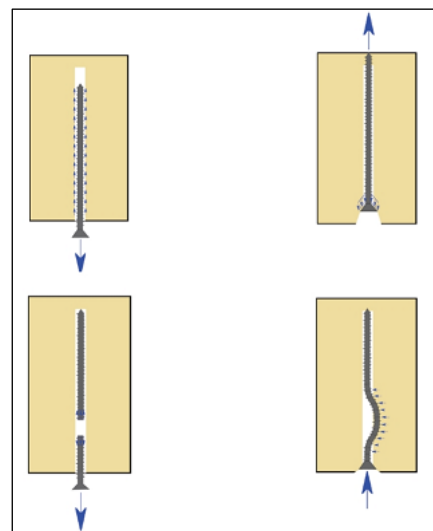


図 16-4 ビスに軸力が生じた時の破壊の種類(左上: 引抜き、右上: 頭部の引抜き[押抜き]、左下: 破断、右下: 座屈)\*4

- ・ 引抜きに関してはユーロコード 5、DIN(ドイツ工業規格)、ETA それぞれにお



ける設計式が定められているが、木材繊維 0° ~ 30° 方向に対する引抜強度の低減まで定められているのは ETA のみ

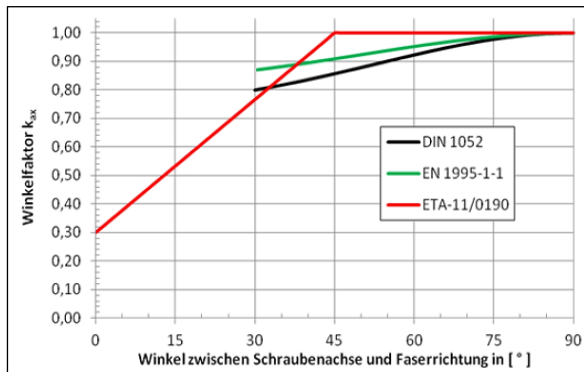


図 16-5 設計式による木材繊維方向での低減の違い<sup>\*4</sup>

- ・ 頭部の引抜けとビスの破断についてはユーロコード 5 と DIN にて、ビスの座屈については ETA で設計式が定められている
- ・ ビスに軸力がかかる場合の接合部について例をもとづいた計算方法を解説

#### 16.4. ビスの配置について

- ・ 通常、端空き距離やビスの間隔はユーロコード 5 における釘と同様にと決められている。しかし ETA に認定を取得した設計法に従う場合、縁端距離やビス間隔を狭めることが可能となる
- ・ 例えば、端部近くでは下穴を空けなければならないが、ASSY plus シリーズの場合、ビス自体が下穴を空けて進むので短い縁端距離やビス間隔が担保される

**SPACING, END AND EDGE DISTANCES OF THE SCREWS**

Only axially loaded screws

ETA-11/0190	DIN EN 1995-1-1
$a_1 = 5 \times d$	$a_1 = 7 \times d$
$a_2 = 2.5 \times d$	$a_2 = 5 \times d$
$a_{1,c} = 5 \times d$	$a_{1,c} = 10 \times d$
$a_{2,c} = 3 \times d$	$a_{2,c} = 4 \times d$

The reduce distance are only allowed at manually predrilled holes or screws with a thrill bit like „ASSY plus.“

図 16-6 規格によるビス施工の縁端距離の違い<sup>\*3</sup>

#### 16.5. CLT にビスを使用する場合

- ・ CLT 積層面直交方向にビスを施工した際、パネルに水平方向の力が加わった場合のめり込み強度は、通常の木材を使用した式と変わらない
- ・ CLT パネルの最小厚みはビスの径の 10 倍とし、材の表面からのビス打ち込み長さも同じくビス径の 10 倍とする

#### 16.6. 実物件での例



写真 16-2 [壁]軸組の開口部の中に CLT パネルを嵌める例<sup>\*4</sup> (45° の角度で CLT から柱または梁をビスで留めていく。ビス接合は金属部分がほとんど木材に埋め込まれることによって、火事が起きた際の耐力低下も少ない)



写真 16-3 [床]CLT 端部の凸の字の部分に OSB を挟んでパネル同士をビスで留めつけたスプライン接合の例<sup>\*3</sup>

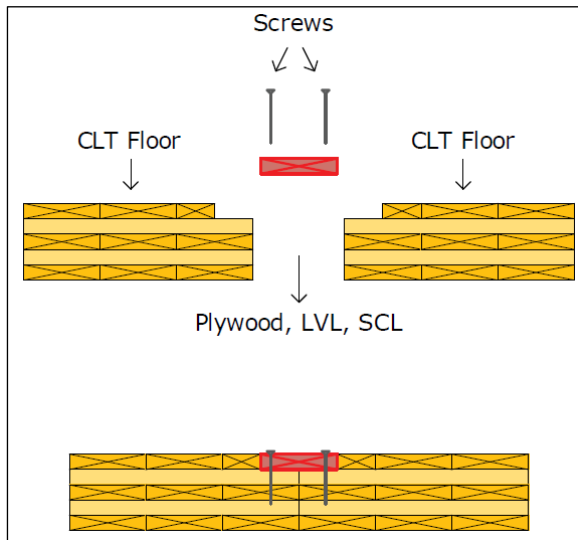


図 16-7 ビスによる CLT 床スプライン接合<sup>\*5</sup>

引用

\*1 Konrad Merz. (Merz Kley Partner) :Bauen mit Massivholz Die Sicht des Ingenieurs (Merz Kley Partner 社 プレゼンテーション資料)

\*2 Yutaka Goto. Robert Jockwer. Thomas Ehrhart. Michael Klippel. Claude Leyder. Christoph Starck. Oliver Kläusler. Christian Lehringer. Wolfram Kübler. : Tuesday 01.11.2016 CLT Seminar at ETH Zurich(本ツアーのセミナーのためチューリッヒ工科大学より準備いただいた資料)

\*3 出典 Huber & Sohn (Josef Mayo: SOLID WOOD より引用)

\*4 Würth 社 プレゼンテーション資料

\*5 Erol Karacabeyli, P.Eng., FPIInnovations. Brad Douglas, P.E., AWC : CLT handbook [Connections]

## CLT視察ツアー in ヨーロッパ 2016 報告書

(ツアー実施：2016年10月30日～11月6日、報告書発行：2016年12月)

執筆者：  
(アイウエオ順)

石森一樹 (東日本パワーファスニング)  
佐藤雅友 (装建工業)  
城賀本嘉男 (エス・バイ・エル・カバヤ)  
高橋雷人 (図設計)  
立石直也 (銘建工業)  
徳野美穂 (銘建工業)  
野中悠貴 (エヌ・シー・エヌ)  
花井厚周 (竹中工務店)  
福田浩史 (エヌ・シー・エヌ)  
藤原薫 (鈴木建築設計事務所)  
前田匡樹 (東北大学 教授)  
守谷和弘 (エス・バイ・エル・カバヤ)

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 VORT 東日本橋 2階