

耐震設計

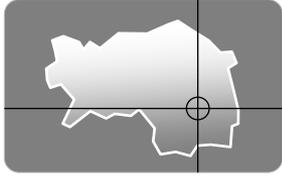
グラーツ工科大学での実験調査

G. フラッチャー
Institut für Holzbau und Holztechnologie
(木造建築・木材技術研究所)

2016年9月7日、東京

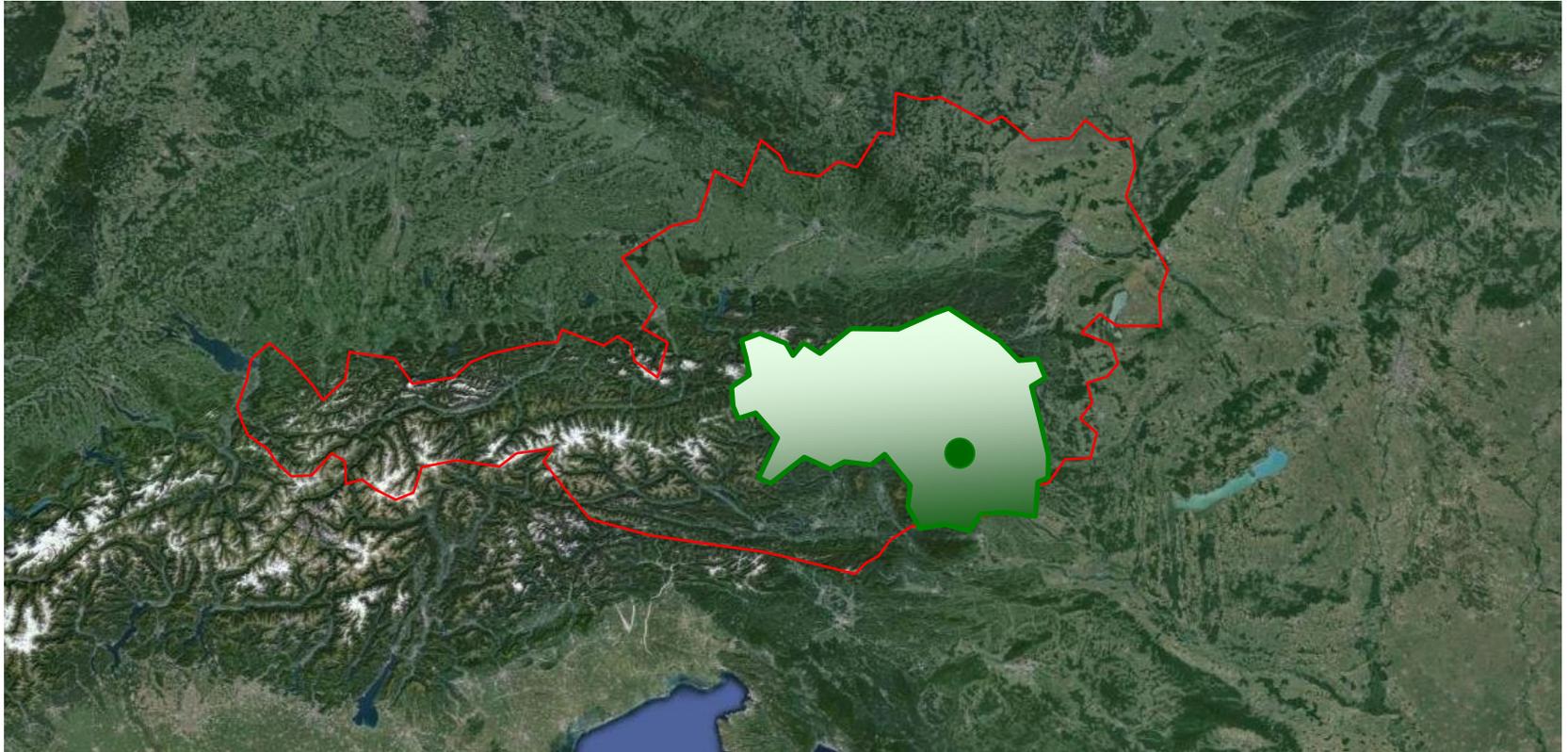
- はじめに
- 原則的な関連性
- 実験調査について
- まとめ

- はじめに
- 原則的な関連性
- 実験調査について
- まとめ

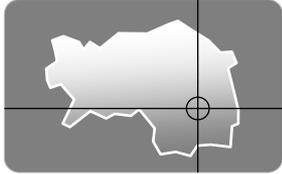


グラーツ工科大学

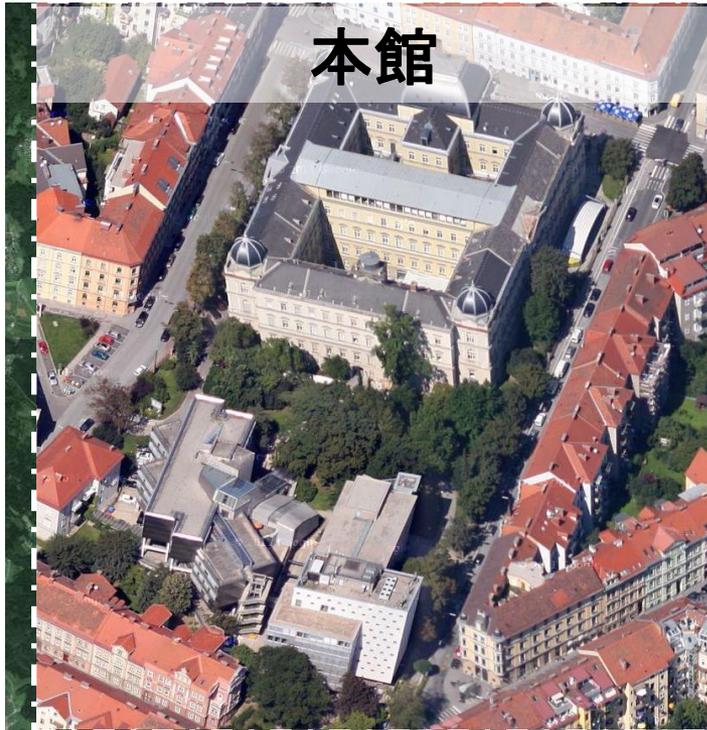
シュタイアーマルク/オーストリア



シュタイアーマルク州 – 13郡 – 人口約120万人 | 州都: グラーツ
森林の割合: 61%



グラーツ工科大学 シュタイアーマルク/オーストリア



本館

キャンパス
「ALTE TECHNIK」



木造建築・木材技術研究所

コンピテンスセンター
holz.bau forschungs gmbh

キャンパス
「INFFELDGASSE」



グラーツ工科大学

7学部 | 学生数:1万3,200人 | 職員:3,270人(2015/16年度)
予算:2億3,600万ユーロ(第三者枠は約1/3)

建築工学部

研究所:15 | 学生数:約1,500人(2014/15年度)

木造建築・木材技術研究所

1991年:木造建築に関する講座がスタート

2004年10月:木造建築・木材技術研究所が開設

教職員数:8.0(FTE) | 第三者からの提供資金額:47万ユーロ(2015年度)



コンピテンスセンター

holz.bau forschungs gmbh

2002年12月 設立

2012年11月 4年にわたる振興プログラムで3回認可を取得
(COMETプロジェクト「focus_sts」)

教職員数:11.0(FTE) | 予算:62万5,000ユーロ(2015年度)

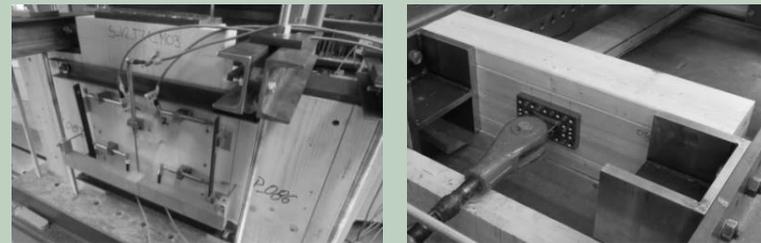


研究開発 – グラーツ工科大学における木造建築・木造技術分野の主力テーマ

木造建築における平面・空間骨組み



用途に応じて最適化された革新的な接合技術



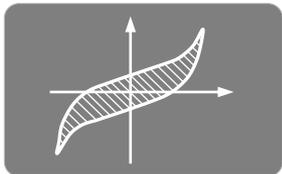
軽量構造＋複合断面（広葉樹）



歴史的な木造建築物の状態分析とその維持



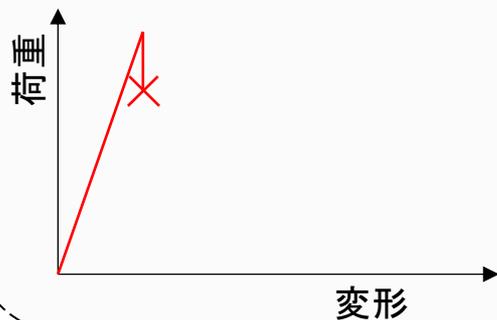
- はじめに
- **原則的な関連性**
- 実験調査について
- まとめ



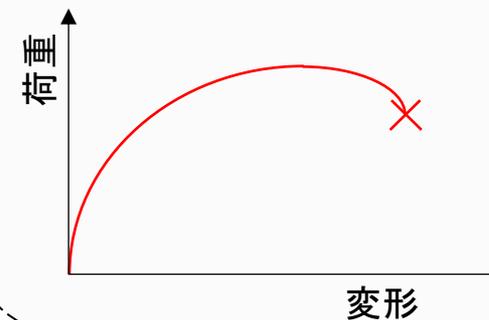
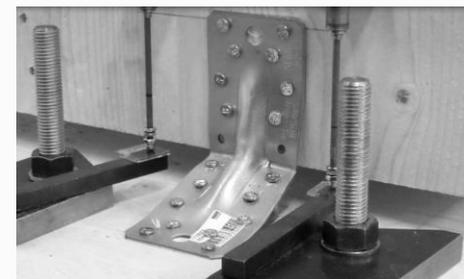
CLT構造の延性 現実的？

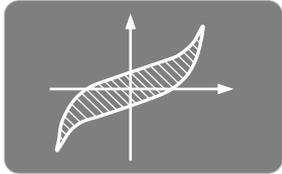
構造用集成クロス積層パネル(CLT) = 線形弾性 & 脆弱

延性は接合による調整が必要！



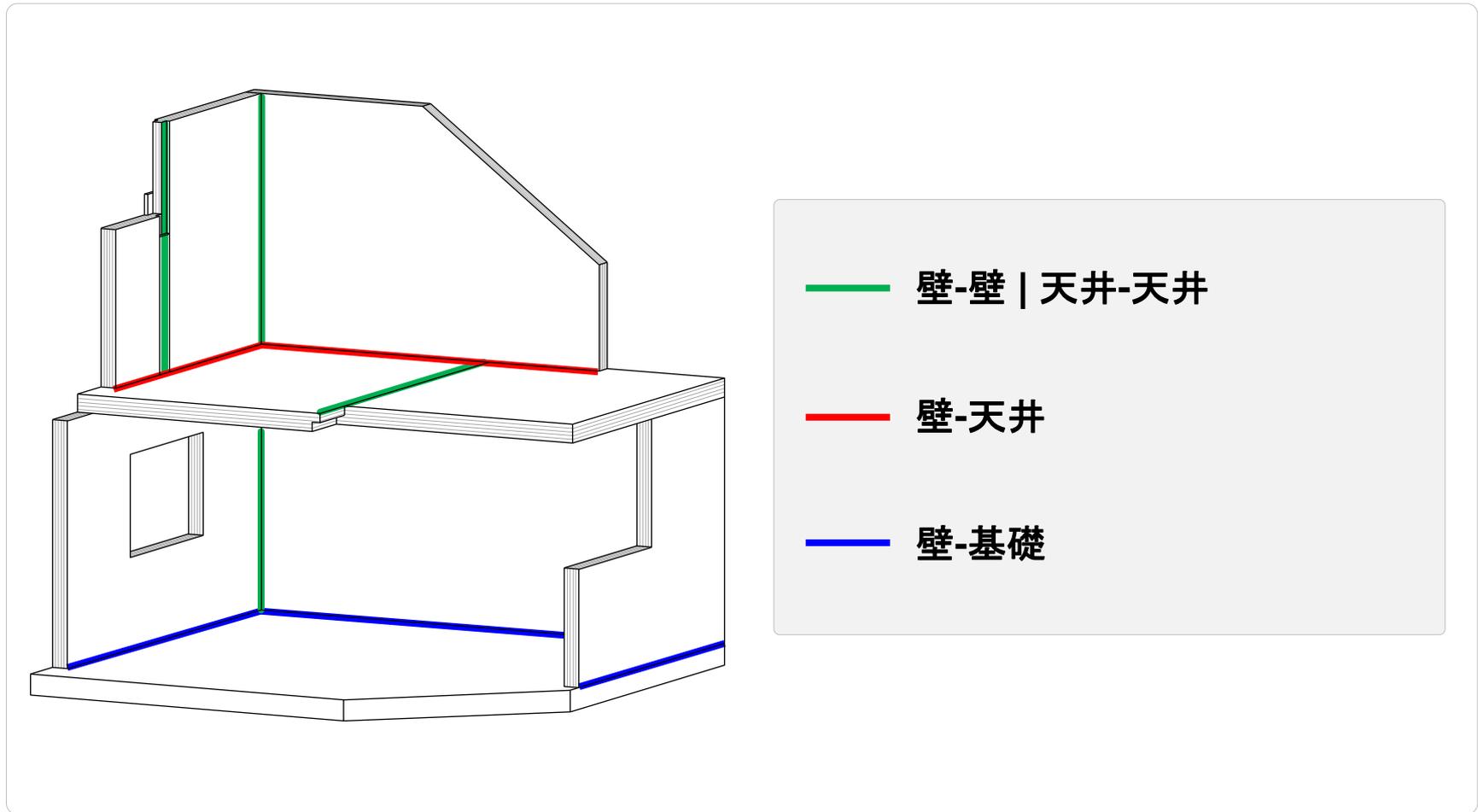
CLT構造では
接合が重要！

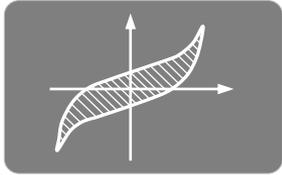




仕様

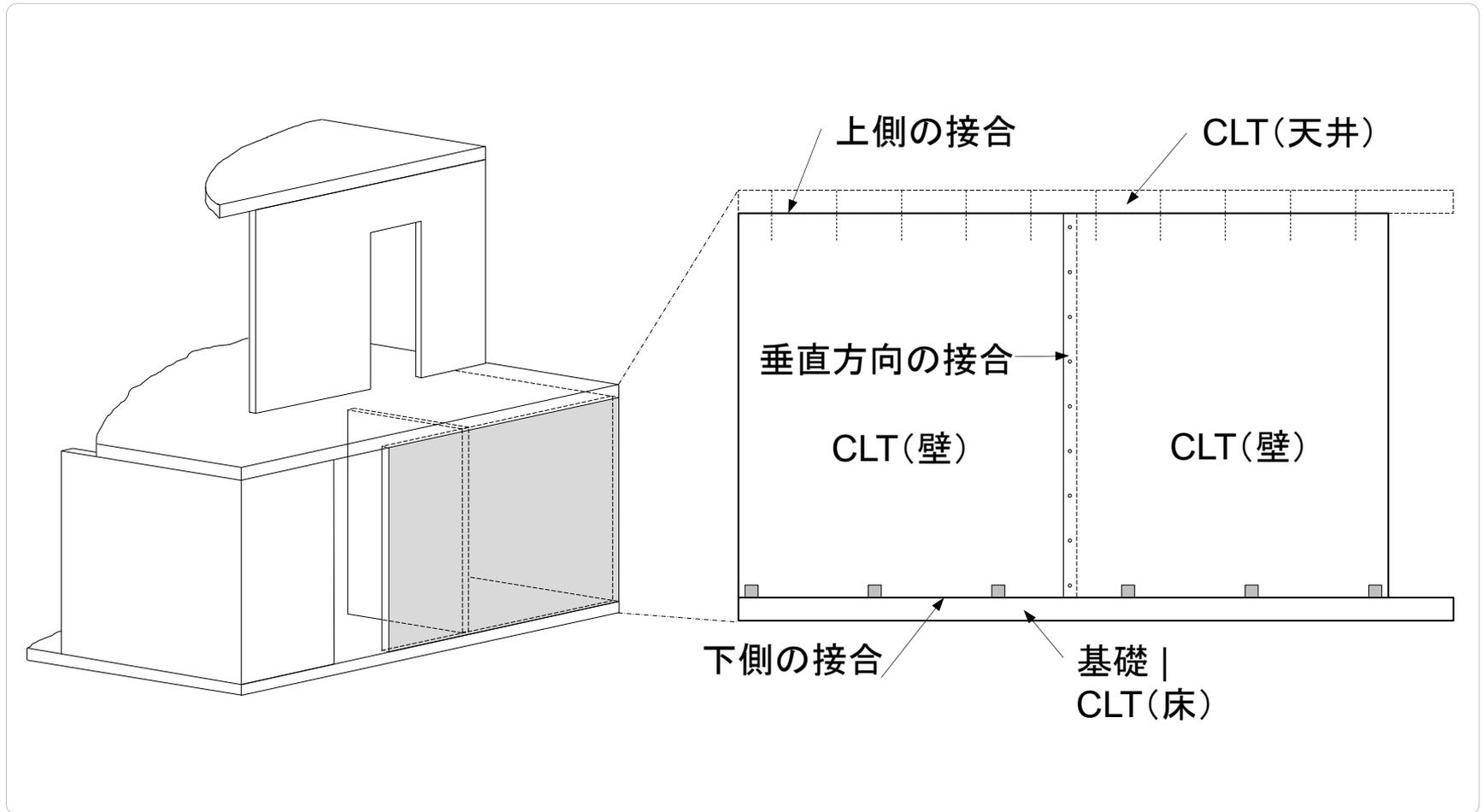
CLT構造における接合

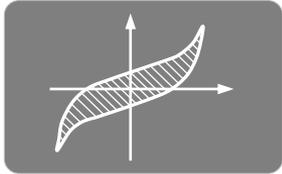




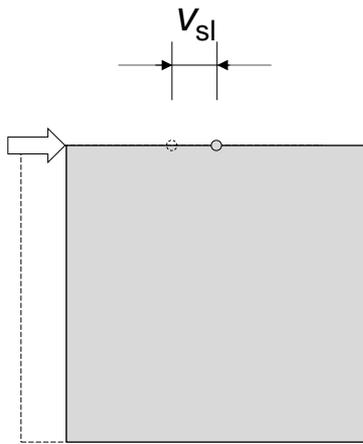
仕様

CLTの壁構造の要素

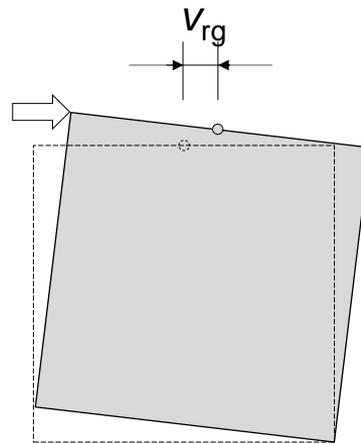




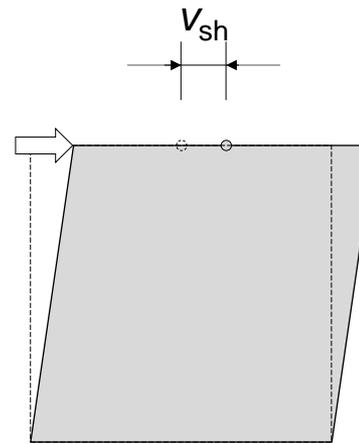
仕様 CLTの壁構造の変形



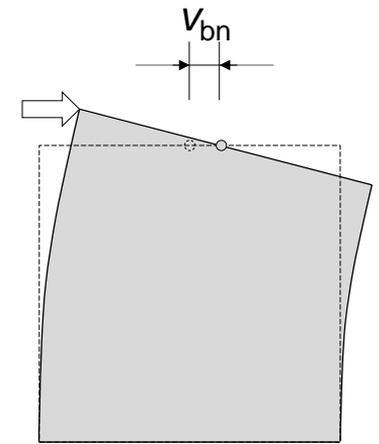
移転



回転



押し

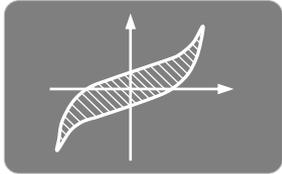


曲げ

$$V_{tot} = \underbrace{V_{sl} + V_{rg}}_{V_{con} \sim 90\%} + \underbrace{V_{sh} + V_{bn}}_{V_{CLT} \sim 10\%}$$

→ 最も重要なのは接合

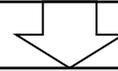
- はじめに
- 原則的な関連性
- **実験調査について**
- まとめ



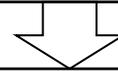
グラーツ工科大学で実施する試験

3段階の試験内容

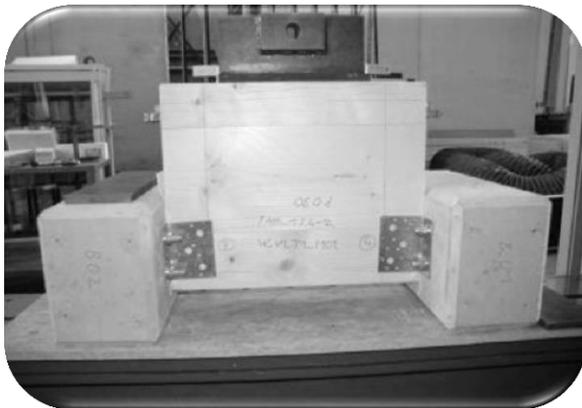
I. 個々の接合部の試験

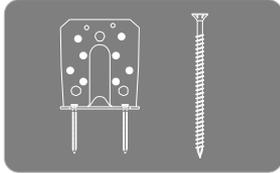


II. 壁構造の試験

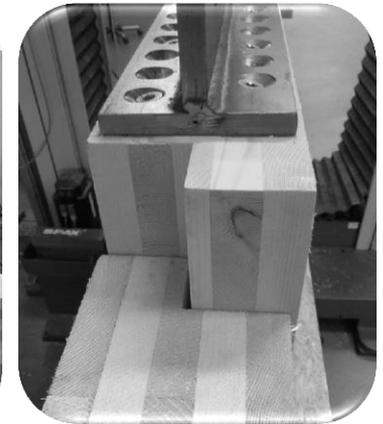


III. 3階建ての建物の試験

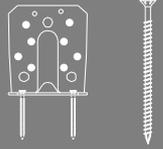




接合 実験



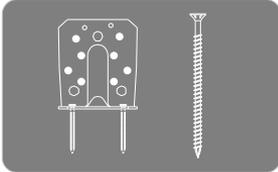
- アングル、アングルブラケット、ねじなどの試験を215回実施
- CLT | CLT および CLT | コンクリート(またはスチール)
- 押し&引張り | 単調 & 周期的



接合

基本的な知識

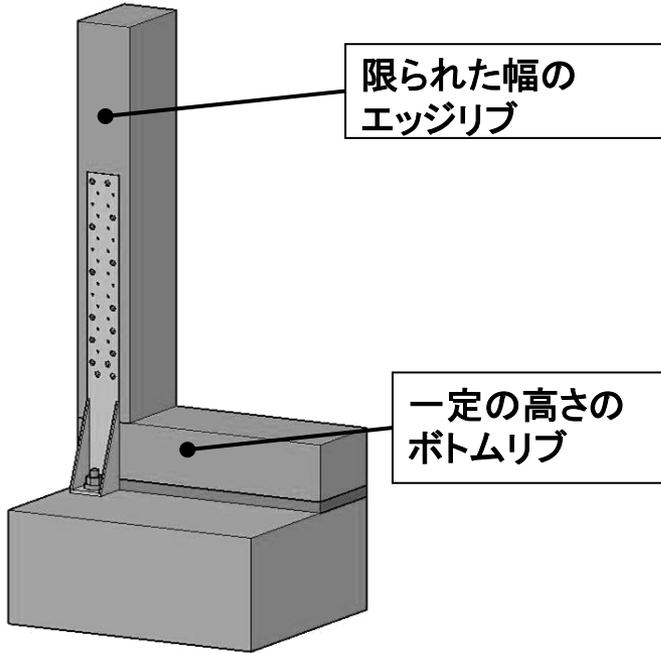
- **アングル接合は張力にも対応可能**
→ アングルブラケットが必ず必要になるわけではない
- **コンクリートの接合による固定は困難なことも多い**
→ 研究が必要
- **せん断応力のかかるねじ接合には明らかな変形が見られる**
- **現在用いられている接合技術はCLTに常に適しているというわけではない**
→ **最適化が必要**



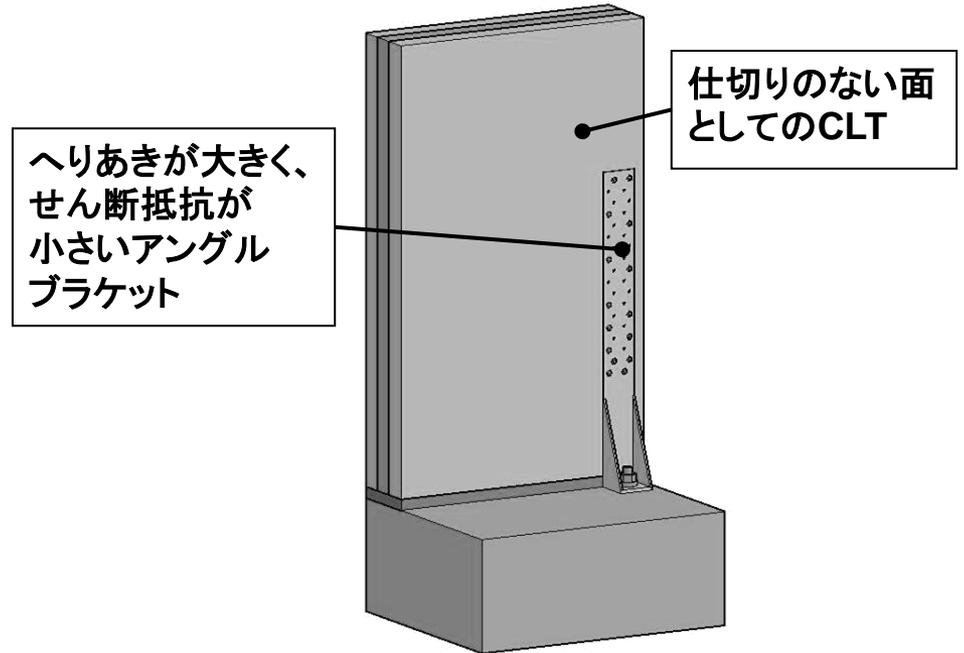
接合

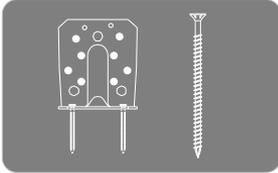
最適化の可能性 – 例: アングルブラケット

軽量木造建築における アングルブラケット



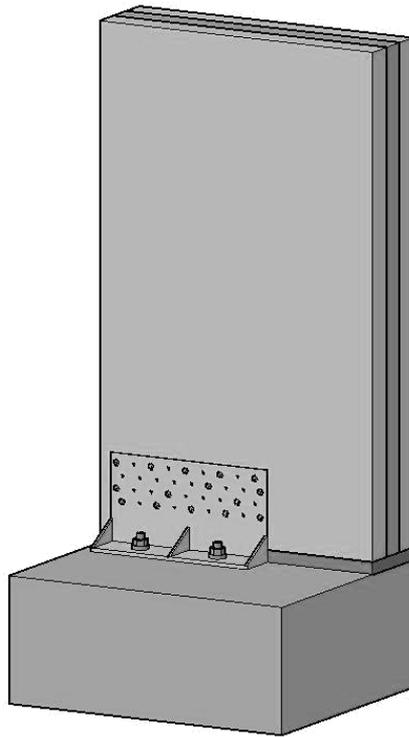
集成板を使った建築における アングルブラケット



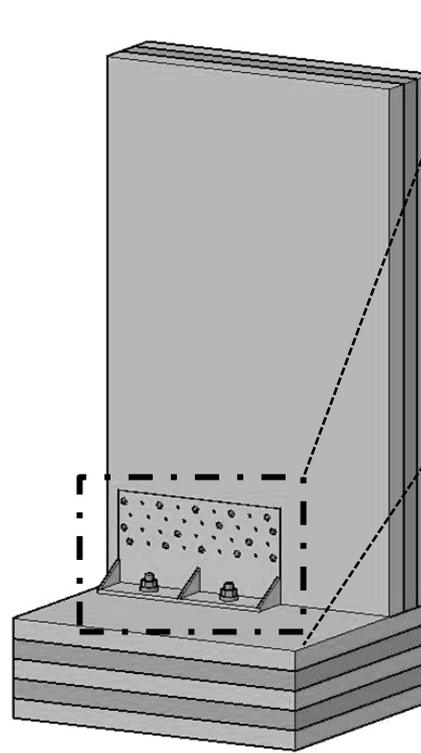


接合

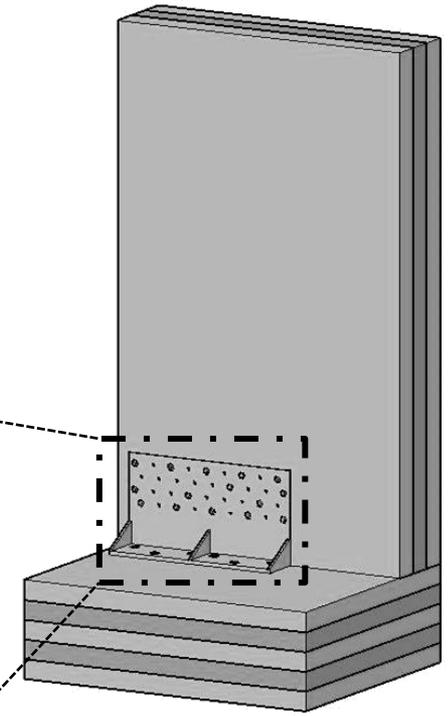
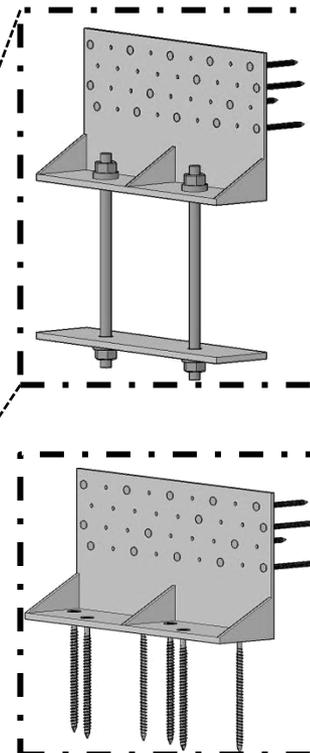
最適化の可能性 – 例: アングルブラケット



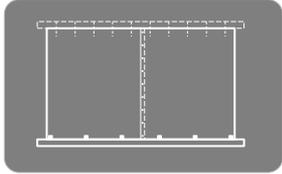
コンクリートの固定
(アンカーボルト)



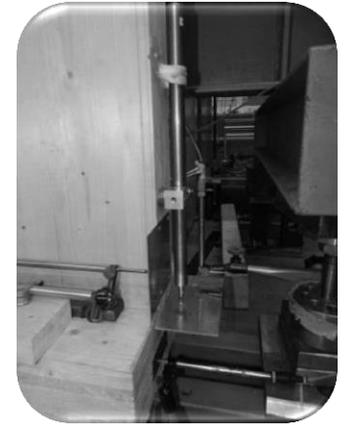
天井用CLTの固定
(ボルト+受座)



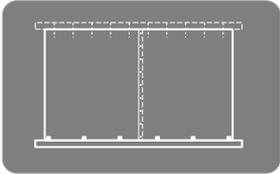
天井用CLTの固定(ねじ)



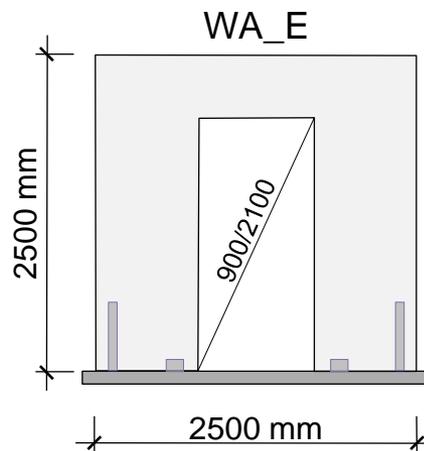
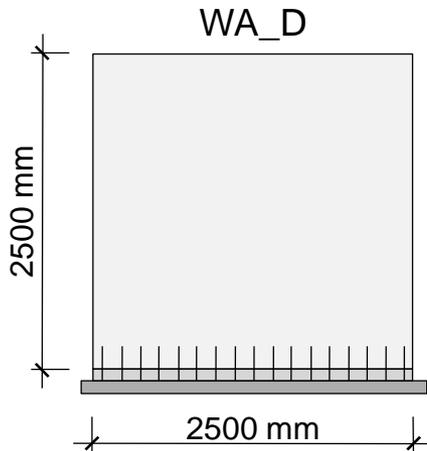
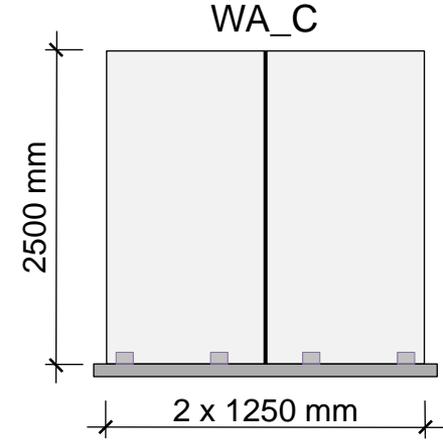
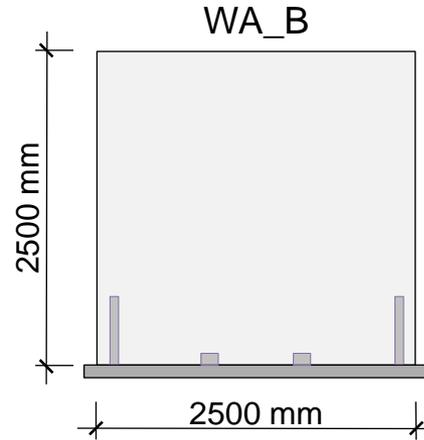
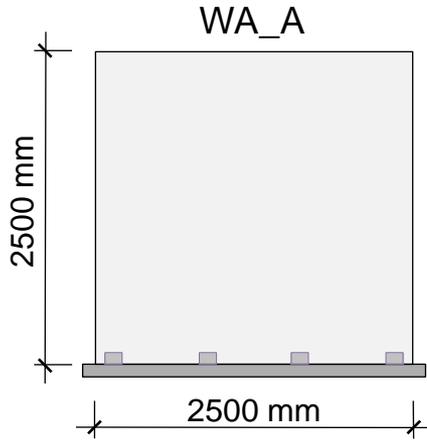
壁 実験



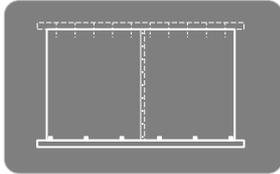
- 5つの構造 – 17回の試験(単調 & 周期的)
- さまざまな接合システム & 荷重
- 垂直方向の接合と開口部を考慮



壁 調査した構造

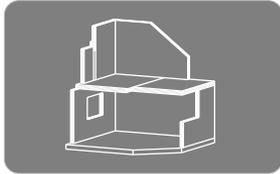


構造	荷重
WA_A	20.8 0.0 kN/m
WA_B	20.8 5.0 kN/m
WA_C	20.8 kN/m
WA_D	20.8 5.0 kN/m
WA_E	20.8 5.0 kN/m

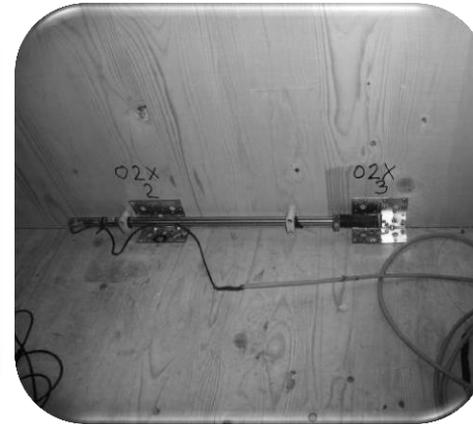


壁 基本的な知識

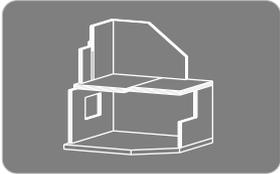
- **接合は、耐荷重、剛性や延性の面でCLT壁構造の挙動に明らかな影響を与える**
- **荷重もCLT壁構造の横方向の挙動に影響を与える**
- **開口部を設けると剛性を低下させるが、壁構造の耐荷重に必ずしも影響を与えるわけではない**
- **垂直方向の接合は壁構造の変形対応能力を向上させる；ただし、その壁の上の天井に与える影響を考慮する必要がある**



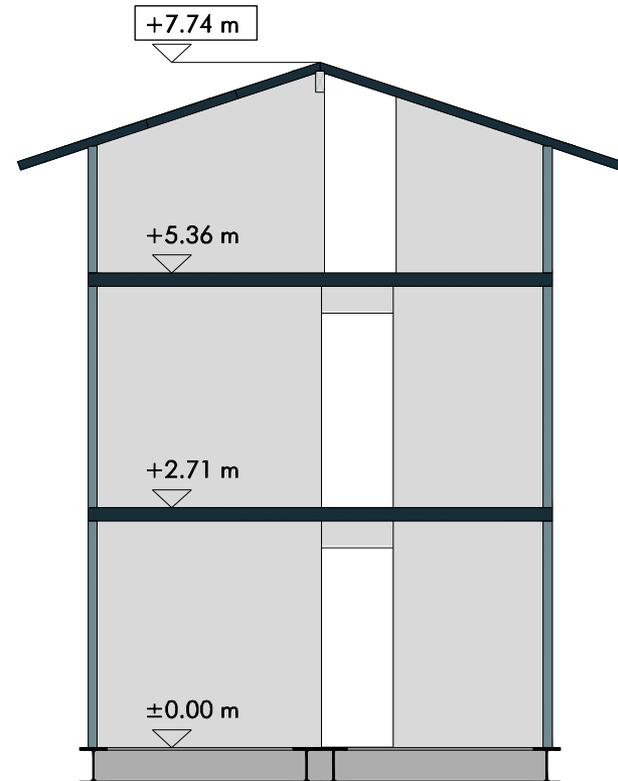
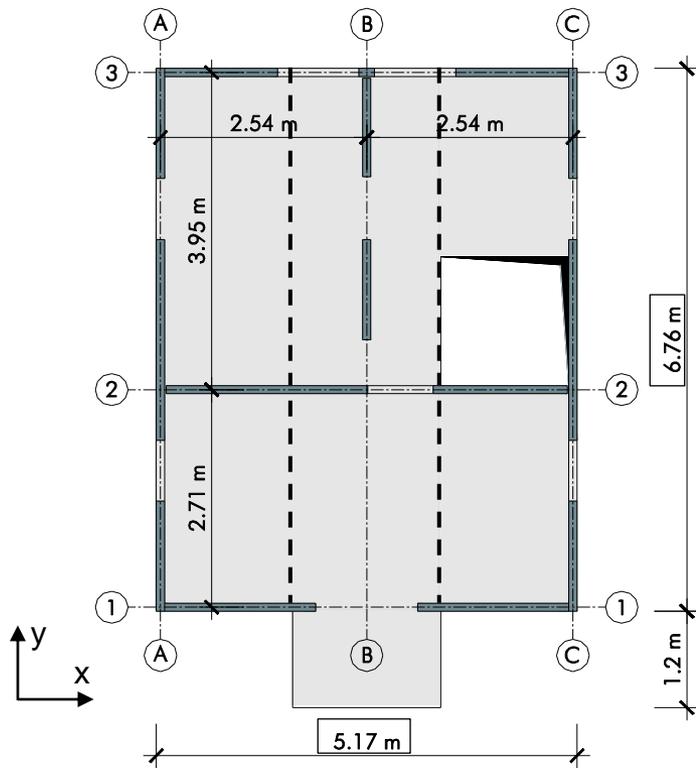
建物 実験

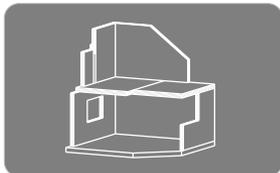


- EUのプロジェクト「SERIES」
(Seismic Engineering Research Infrastructures for European Synergies)
- 32回の試験を実施(建物)
- 調査した地震プロセス:
モンテネグロ大地震(1979年)、東日本大震災(2011年)



建物 ジオメトリー





建物 使用した木質材料

CLT 100mm (壁用)

3層
(Mayr-Melnhof & Stora Enso)



CLT 150mm (天井用)

5層
(Haas Fertigbau)



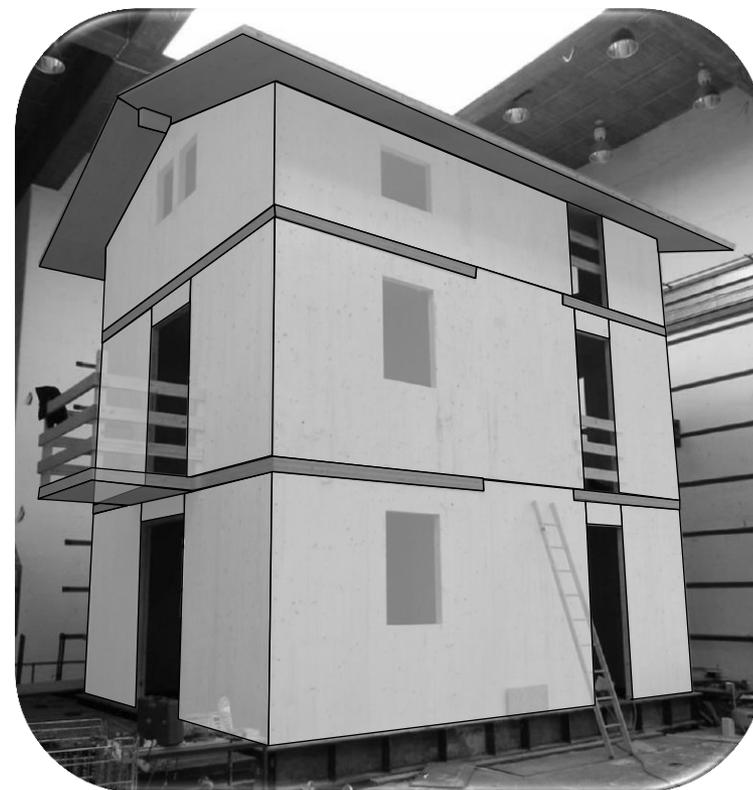
CLT 99mm (屋根用)

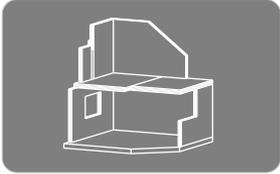
3層
(Haslacher)



接着合板 (棟木用)

100/240 mm
(Haslacher)





建物 使用した接合部品

アングル

AE116
(Simpson Strong-Tie)

アングルブラケット

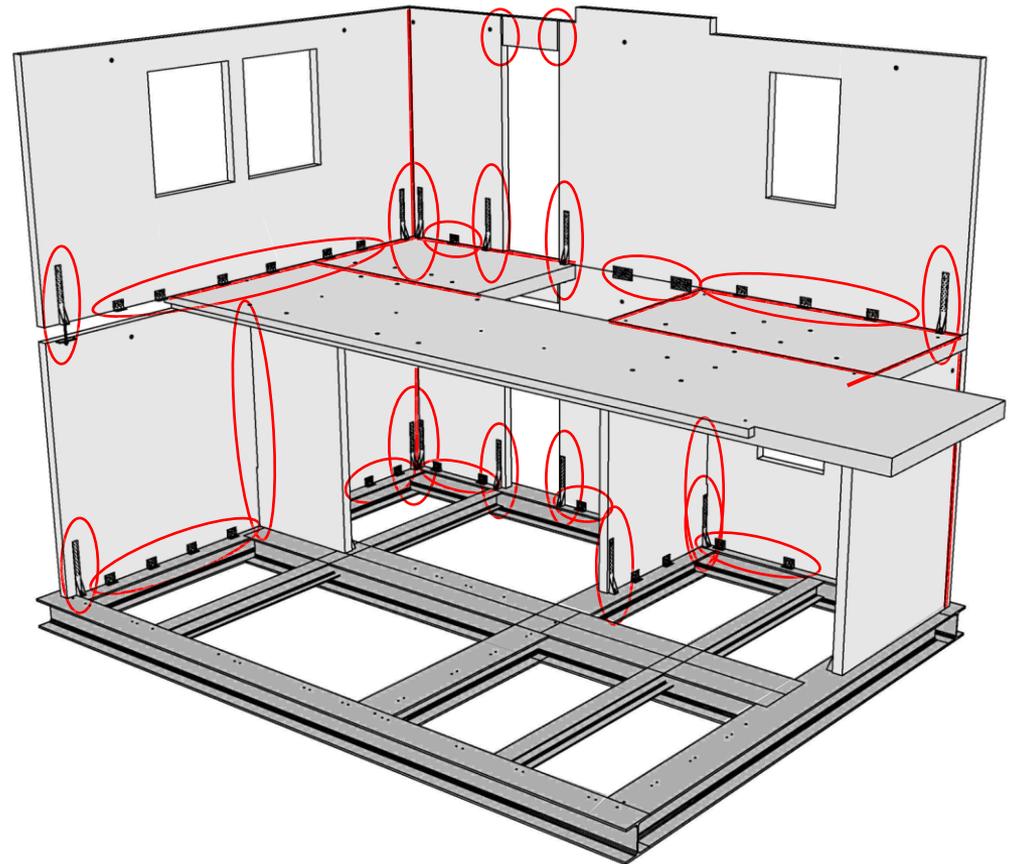
HTT22
(Simpson Strong-Tie)

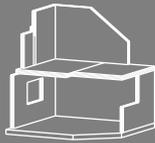
ねじ

Ø 8.0 mm + Ø 6.0 mm
(Schmid, Würth)

特殊なソリューション

SHERPA L50 +
多孔プレート





建物 試験のまとめ

- 32回の試験を実施
 - 本来の構造で14回
 - 弱体化させた構造で18回（接合部を半分に弱体化）
 - 加速度 > 0.28 gで10回（規定値）
 - 加速度 ~ 0.5 gで3回（= 制限付き振動台）
- 共振周波数を変更：4.0/5.5 Hz → 3.6 / 4.8 Hz
- はっきりと表れた損傷
 - CLT:なし
 - 接合部:最小限

▶動画

- はじめに
- 原則的な関連性
- 実験調査について
- まとめ

主旨

- **CLTを使用した木造中高層建築**は地震荷重下で基本的に非常に優れた挙動を発揮する
- 使用した**接合技術**は地震時のCLT構造の挙動に明らかな影響を与える
- CLT構造の **q ファクター**(EC8)として現在、**2.0**が提案されている – しかし、それより高い値を対応する周辺条件下で設定可能
- 試験で得られた経験は特に接合技術の分野で**最適化**できる可能性がある → さらに**研究が必要!**

耐震設計

グラーツ工科大学での実験調査

お問い合わせ先：
ゲオルグ・フラッチャー

Institut für Holzbau und Holztechnologie, TU Graz
Inffeldgasse 24/I
A-8010 Graz

georg.flatscher@tugraz.at
Tel.: +43 316 873 4613