

平成28・29年度実施 CLT関連林野庁委託事業成果報告会 発表資料

平成30年 3月 5日 開催

於：全国町村議員会館

主催



平成 28・29 年度実施 CLT 関連林野庁委託事業成果報告会 発表資料

目 次

	頁
事業報告 1 中大規模木造の普及促進に関する情報発信	1
事業報告 2 設計・施工者向け講習会とアイデアコンテスト 2017 設計部門	7
事業報告 3 CLT の防腐・防蟻処理基準	11
事業報告 4 CLT の遮音性能確認ならびに「マニュアル」作成	15
事業報告 5 CLT パネル工法における住宅省エネ基準対応(寒冷地)のための検討	19
事業報告 6 CLT 建築物等普及促進委託事業 (CLT の性能データ収集・分析)	
・ CLT 接合部強度性能WG	23
・ CLT を快適に使える環境WG	26
事業報告 7 高耐力の水平荷重を負担できる CLT と横架材で構成する工法の開発	29
事業報告 8 CLT 普及に向けた企画支援等の取り組み	33
事業報告 9 平成 28 年度 CLT 強度データ収集事業の概要	37
事業報告 10 平成 29 年度 CLT データ収集事業の概要	41
事業報告 11 CLT の性能データ収集・分析事業の実施内容概要	45
事業報告 12 CLT 等接合部データ収集 (FJ で接合された CLT の性能確認等)	49
事業報告 13 CLT を活用したツーバイフォー工法の新展開	53
事業報告 14 「木質耐火部材開発」鉄骨接合部・床貫通孔等の耐火性能の検証	57
事業報告 15 CLT 等の木質材料を用いた RC 造耐震補強壁の開発	61
事業報告 16 CLT を免震架台として使用する CLT 中高層建築物の開発	65
事業報告 17 中層建築物を対象とした高耐力接合方法の開発および、CLT 現し利用・燃えしる設計に 対応した低層建築物を対象とした接合方法の開発	69

本報告会は、平成 29 年度林野庁委託事業「都市の木質化等に向けた新たな製品・技術の開発・普及委託事業」の
予算の一部を活用して実施しています。

中大規模木造の普及促進に関する情報発信

日経BP総研 社会インフラ研究所 上席研究員
小原 隆



1



2

日経BP社
〒100-8314 東京都千代田区千代田1-1-1
TEL: 03-6811-8032

日経BP総研
〒100-8314 東京都千代田区千代田1-1-1
TEL: 03-6811-8032

日経BP総研は「知見、人材、情報発信」で貴社のビジネスを最大化します

日経BP総研のコンサルティングソリューション

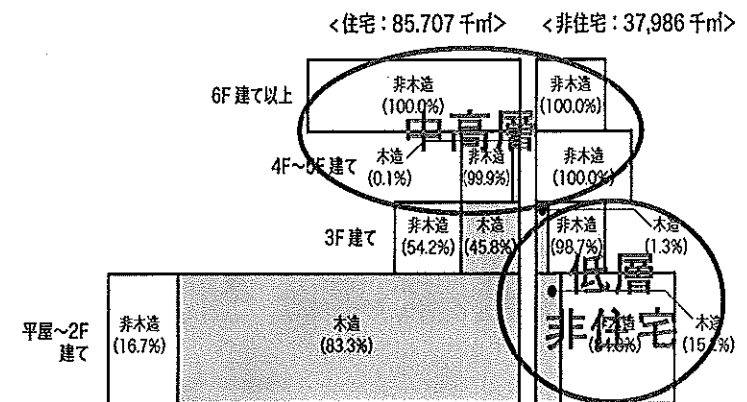
社会インフラ研究所
建築、土木、住宅、不動産分野を中心とした幅広いネットワークと専門領域で培った知見を生かして、企業や政府、自治体の情報戦略をサポートします

■日経BP総研
専門メディアを通して培ってきたメディア企業のカリリソースを、不特定多数の読者だけに提供するのではなく、企業や政府、自治体など、特定少数の組織のために役立たせます



3

普及促進 ■ 新たな木材需要を拡大する



(資料:国土交通省「建築業工統計調査報告」平成25年12月発表) 4

「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」2010年10月施行

CLTや木質耐火部材など、新たな木質材料、技術工法が続々と登場

法制度の整備も進んできた



5

建築主

「最近、木造建築の話をよく聞くなあ」



6

**「環境に優しい、
工期短縮できる、
償却期間が短い、
……らしい」**



7

「木造でいこう！」



8

だが……

いざ発注しようとする
と、「木造建築の
経験者が少ない」



9

意匠設計者

「防火どうする？耐久性どうする？」

構造設計者

「材料は何がある？接合部どうする？」

施工者

「調達どうする？専門工事会社は？」



10

「よくわからない」



11

「見積もり
高めに出しとこう」



12

普及促進■情報発信(2015、2016、2017年度)

電子新聞誌
 2015年10月号
 中大規模木造を促すファイナンスの
 実情

■イベント
 フォーラム
 パネル



電子新聞誌
 2015年11月号
 再40万円の非営利民営施設

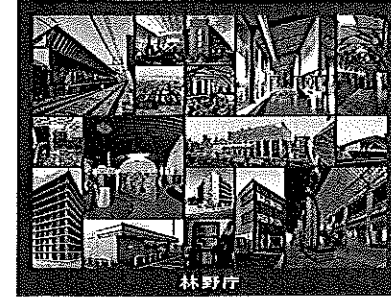
■日経アーキテクチュアのウェブサイト「木材活用最前線」での紹介



■実地研究 木の美術館



はじめに
**中大規模
 木造**



林野庁



木造の普及は「気楽な空間」が鍵

02 木造住宅に求められる人間的要素

03 木造住宅の普及に向けた取り組み

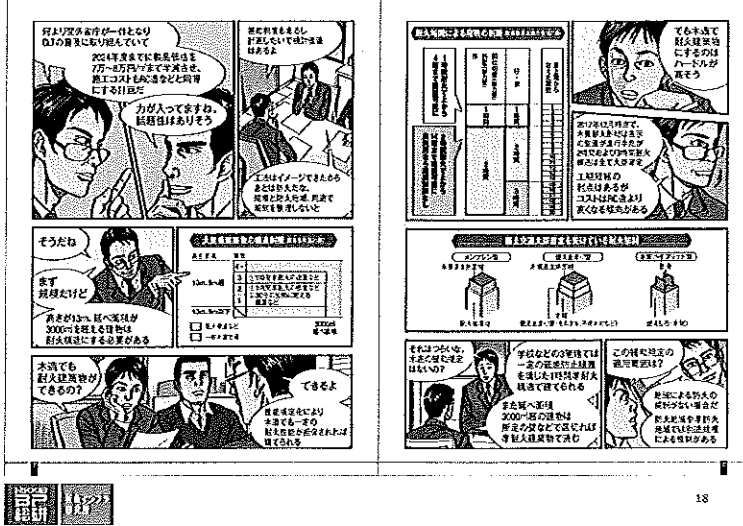
13 木造住宅の普及に向けた取り組み



身近な住宅用の中大規模木造は?

普及に向け動き始めた中大規模木造





初めての中大規模木造なら……

- 住宅用の一般流通材を使う
 - 在来工法や枠組み壁工法で設計する
 - 許容応力度計算で構造設計する
 - 強度を明示したJAS材を使う
 - プレカット材や住宅用金物を使う
 - 標準化された納まりを使う
 - 準耐火建築物で燃えしろ設計を使う
 - 関係省庁が普及に取り組むCLTを使う
- ……など



中大規模建築物の 木造化・木質化を 普及促進するには、 何が効果的か？



木造 + 木々しい

非木造 + 木々しい X

木造 + 木々しくない



- 建築技術
- コスト
- 不動産価値
- 用途
- 規模
- 地域
- 魅力

H28・29年度実施
CLT関連林野庁委託事業成果報告会
設計・施工者向け講習会と
アイデアコンテスト2017 設計部門

2018年 3月 5日
一般社団法人
日本CLT協会
中島 洋



0. 事業概要

日本CLT協会

H29年度 林野庁
「都市の木質化等に向けた新たな製品・技術の開発・普及委託事業（CLT設計・施工者育成）」

事業内容：

1. H30年度に向けたCLTの設計・施工者向け講習会の実施方針の整理
2. 講習会の具体内容の検討・テキストの作成、試行的な講習会の開催
3. 普及啓発活動
建築関連雑誌に設計・施工者向けの記事掲載
CLTアイデアコンテスト2017 設計部門の開催

実施期間：

2017年 9月～2018年3月

1. CLTの設計・施工者向け講習会の実施方針の整理

日本CLT協会

「CLT設計・施工者の育成 検討委員会」

委員長 有馬 孝禮（東京大学名誉教授）
委員 木村 行道（日本建築士会連合会 常務理事）
菊池 良一（日本建築家協会 参与）
金子 弘（日本住宅・木材技術センター 専務理事）
永田 顕聖（木を活かす建築推進協議会 事務局長）

第1回：2017年10月23日
第2回：2018年 3月 2日

- ・ 「意匠設計者や施工者」にもわかりやすい講習会実施のための方向性確認、課題整理、検討
- ・ WGでの検討内容指示、確認

2. 講習会内容検討・テキスト作成、試行的な講習会の開催

日本CLT協会

「CLT設計・施工者の育成 作業部会」

作業部会長 青木 謙治（東京大学 准教授）
委員 山辺 豊彦（山辺構造設計事務所 所長）
宮崎 淳（日本設計 技術管理部 技術支援グループ）
渡邊 須美樹（木構研 代表）
鈴木 秀治（建築技術支援協会）
中越 隆道（中越建築設計事務所）

第1回： 2017年10月23日
第2回： 2017年12月 5日
第3回： 2018年 1月22日

- ・ 講習会の具体内容の検討
- ・ 講習会用のテキスト作成
- ・ 2018年2月27～28日に講習会を開催

CLT設計・施工者向け 講習会

開催日： 2018年2月27～28日
 講師： 大倉 靖彦 (㈱アルセッド建築研究所)
 木村 光行 (木村建造㈱)
 塩崎 征男 (山佐木材㈱)
 定員： 20名

- プログラム：
- (1) CLT建築物に対する理解
 - (2) 使用できるCLTについての理解
 - (3) 設計手法 (躯体部分)
 - (4) 各部設計 (外部)
 - (5) 各部設計 (内部)
 - (6) 設備部分との取り合い
 - (7) 施工への理解
 - (8) 演習問題説明

※受講者には演習課題を出し、提出者には添削の上返却。また、修了証を発行し、CLT協会HPで講習会修了者として紹介していく。

「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

概要

CLTの普及を目的に開催しているCLTアイデアコンテストは3年目の開催を迎え、新たに「設計部門」設け、テーマを「CLTを使った6階建てマンション」として、A2用紙2枚以内の作品を募集。合計で46作品の応募があり、審査委員による厳正な審査の上、優秀賞3点と特別賞4点を選出。

審査委員

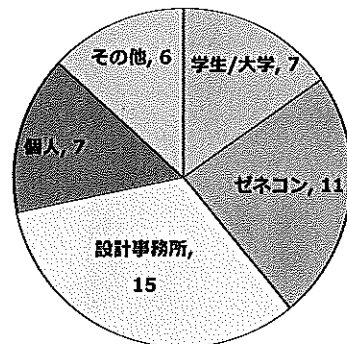
委員長	三井所 清典 (芝浦工業大学 名誉教授)
委員	坂本 雄三 (東京大学 名誉教授)
	藤原 幹雄 (東京大学生産技術研究所 教授)
	安井 昇 (桜設計集団一級建築士事務所 代表)
	河合 誠 (日本CLT協会 専務理事)



「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

応募者

計46作品の応募で、応募者の内訳はグラフの通り。
 ゼネコンや設計事務所によるチームでの応募が目立った。



表彰

優秀賞3点
 農林水産大臣賞
 国土交通大臣賞
 環境大臣賞 1点ずつ
 副賞：CLT 10m³ or 海外CLT視察ツアーご招待 or 賞金50万円

特別賞4点 (CLT協会賞)
 副賞：賞金10万円

「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

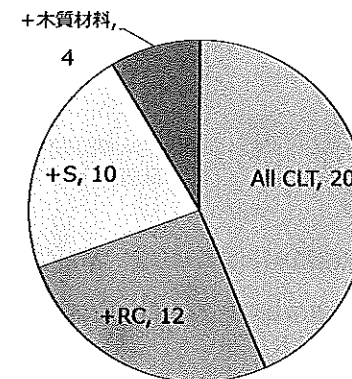
応募作品

構造

グラフの通り、構造部分は全てCLTとするのが20作品、他材料との組み合わせの提案が26作品。

傾向

「ユニット化」を取り入れた提案が12作品と多かった。
 新築ではなく、既存の建物の減築や増築に対する提案も2作品あった。



3. 普及啓発活動

日本CLT協会

「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催
審査会 応募作品全体に関するコメント

- ユニットタイプをずらす提案が多かった
- 木造を主体にしてきた設計者は奇をてらった形状の提案になりがちだが、マンションとしてきれいな箱をしっかりと作りましょうという提案が多く出てきた
- 多様なスペースの使い方の提案があった
- 実務上は経済性が優先となり無駄なスペースは作れないが、サステナビリティなど別の文化が尊重される必要性も感じさせられた
- 遠目に見ると普通のマンションの広告とあまり変わらず新しさが無いともいえるが、逆に集合住宅はデザインするのが難しいことがわかる
- 10年後くらいには実現しそうな案が多い
- CLTをそのまま外に現しの提案も多かったが耐久性を考えるとのは課題がある



3. 普及啓発活動

日本CLT協会

「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催
受賞作品/受賞者

賞	タイトル	チーム名	所属	代表者
優秀賞	農林水産大臣賞 無機質から有機質へ	CLTEC (シーエルテック)	筑竹中工務店 東京本店 設計部	梅野 圭介
	国土交通大臣賞 RCLT構造の集合住宅	朝日建ハウジングシステム i1d研究所		豊田 郁美
	環境大臣賞 呼吸するマンション	朝日建ハウジングシステム i1d研究所		古山 明義
特別賞 CLT協会賞	ミニマルスクルトン+CLT	清水建設(株) 設計本部		藤藤 宏一
	CLTの森に棲む 都市の住まいにもっと木の楽しさを	大成建設設計本部 現代木造ワーキンググループ	大成建設(株) 一級建築士事務所	関山 泰忠
	まちの小径(こみち)	RWF	筑竹中工務店	川原村 真幸
	グランドウッド品川	大林組 中高層木造チーム	朝日建組 設計部	真弘 雅晴

3. 普及啓発活動

日本CLT協会

「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

表彰式

日時： 2018年2月26日(月) 14:00~15:00

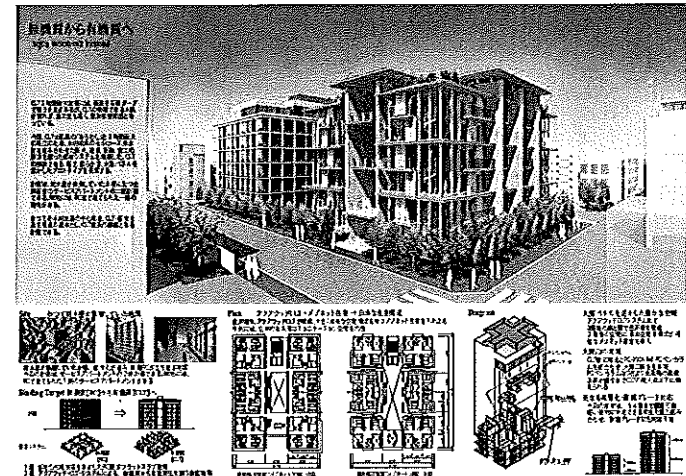
場所： 都市センターホテル(東京都千代田区平河町2-4-1)
中宴会場(会議場)601

表彰式では、審査委員長による講評、表彰状の授与、優秀賞受賞者による作品のプレゼンテーションの他、CLT特別アドバイザーの隈研吾氏によるビデオメッセージを放映。
当日の司会は2017年度ミス日本緑の女神でCLT広報大使の野中葵さん。

3. 普及啓発活動

日本CLT協会

「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催
受賞作品 農林水産大臣賞「無機質から有機質へ」



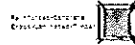
「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

受賞作品 国土交通大臣賞「RCLT構造の集合住宅」

RCLT構造の集合住宅

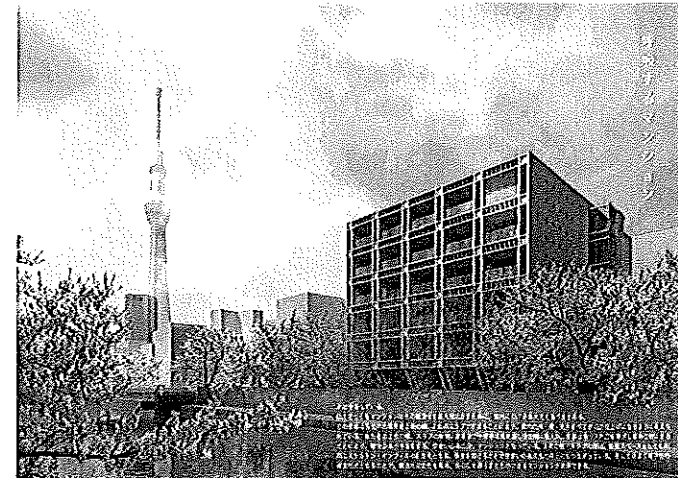


© 2017 CLT Association of Japan



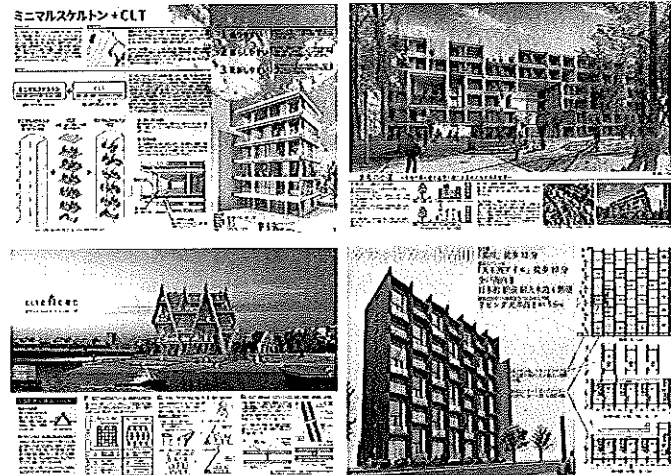
「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

受賞作品 環境大臣賞「呼吸するマンション」



「CLTアイデアコンテスト2017 設計部門」の開催

受賞作品 CLT協会賞 4作品



作品の詳細や
審査の様、
講評などは
CLT協会HPの
特設コンテ
ストページにて
公開中

HPアドレス：
clta.jp/compe/



お問い合わせ先：

一般社団法人
日本CLT協会
業務推進部 中島 洋
y.nakashima@clta.jp

CLTの防腐・防蟻処理基準

公益財団法人日本住宅・木材技術センター
認証部 佐野敦子

CLTの防腐・防蟻処理方法

- ① 塗布処理
- ② 浸漬処理
- ★③ 加圧処理(CLT完成品への処理)
- ④ 加圧処理(ラミナへの処理)

耐久設計の基本原則

- ① 耐久性確保上有利な環境の選択
- ② 構法によるCLTの水分・湿分からの保護
- ★③ 耐久性の高いCLTを使用
- ④ 維持管理のためのシステム

防腐・防蟻処理の基準

浸潤度

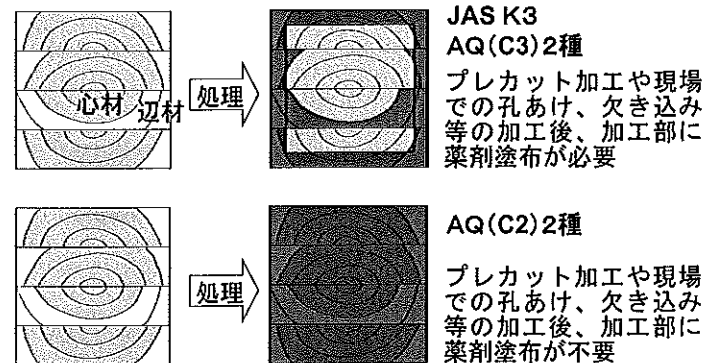
防腐・防蟻処理材の断面積に対する薬剤が浸潤した面積の割合

吸収量

防腐・防蟻処理材の単位体積あたりの薬剤有効成分量

構造用集成材の浸潤度の基準

性能区分		浸潤度の基準値
JAS K3	AQ(C3) 2種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
—	AQ(C2) 2種	断面積の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの部分の浸潤度が80%以上



- ・濃色部分が薬剤浸潤部
- ・図を簡潔にするため80%を100%として示した。

直交集成板の浸潤度の基準

性能区分	浸潤度の基準値
AQ 2種	断面積の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの部分の浸潤度が80%以上

試験体の作製

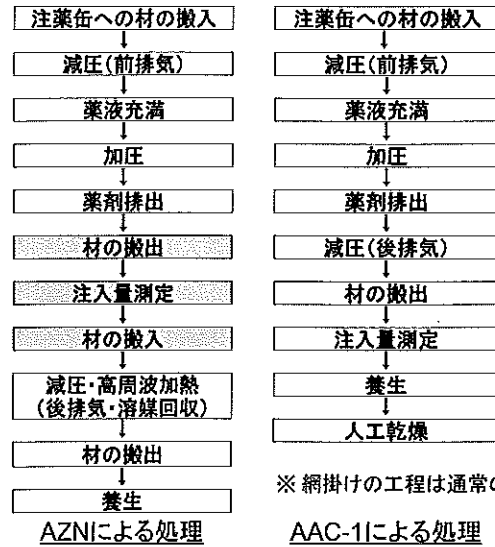
(1) CLT

強度等級	Mx60-3-3	Mx60-5-5	Mx60-3-3	Mx60-5-5	
種別	B種構成		A種構成		
接着性能	使用環境A		使用環境B		
たて継ぎ	なし		あり		
幅はぎ接着	あり		なし		
寸法 (mm)	厚さ	90	150	90	150
	幅×長さ	1000×4000			

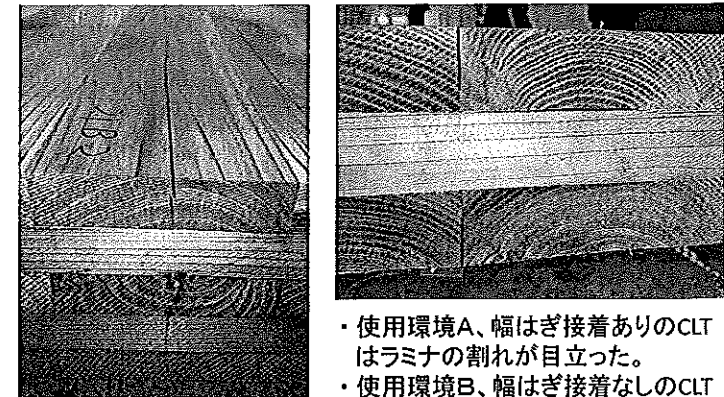
(2) 防腐・防蟻処理

油溶性薬剤: AZN 2工場
水溶性薬剤: AAC-1 2工場

同一条件 (CLTの仕様×防腐・防蟻処理) で3枚ずつ作成



防腐・防蟻処理の結果



- ・使用環境A、幅はぎ接着ありのCLTはラミナの割れが目立った。
- ・使用環境B、幅はぎ接着なしのCLTは積層接着層の一部が剝離した。

浸潤度試験の結果の例

⑤全断面96% 材面から10mm99%

⑩全断面61% 材面から10mm98%

AAC-1による処理
(薬剤浸潤部は青色に呈色)

⑬全断面77% 材面から10mm94%

AZNによる処理
(薬剤浸潤部は赤色に呈色)

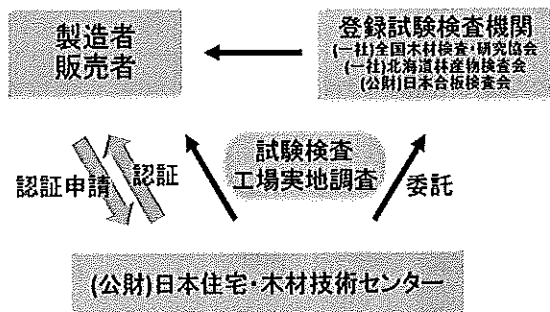
※ 網掛け部分を測定

試験結果の概要

浸潤度試験 吸収量試験	浸潤度が全断面の80%に満たないものがあつた。
寸法測定	JASの厚さの基準を超えるものがあつた。
減圧加圧剝離試験	防腐・防蟻処理により積層接着層に剝離が生じた。
ブロックせん断試験	JASの基準を満たさないものがあつた。
含水率試験	JASの基準を満たさないものがあつた。
曲げ試験	いずれもJAS基準を満たしたが、防腐・防蟻処理により曲げ強さが20%程度低下する傾向がみられた。
ホルムアルデヒド 放散量試験	すべてJASの基準を満たした。

AQ認証

JAS規格に規定されていない新しい性能や木質建材の品質性能や生産・供給体制について客観的な評価を行い認証する制度



AQ品質性能評価基準案

P-1 防腐・防蟻処理直交集成板

1. 対象となる建材の範囲

直交集成板(完成品)に、別途指定する薬剤を用いて加圧処理法により防腐・防蟻処理を施した製品。使用する直交集成板はJAS認定品に限る。

2. 対象となる建材を製造するために必要な技術者

- ① 品質管理責任者等
- ② 木材乾燥士又は針葉樹製材乾燥技術者研修修了者
- ③ 木材保存士
- ④ 木材接着士

AQ品質性能評価基準案(つづき)

3. 試験・検査項目

- ・ 防腐・防蟻処理試験
- ・ 浸せき剝離試験(3と対)
- ・ 煮沸剝離試験(2と対)
- ・ 減圧加圧剝離試験(2及び3との択一)
- ・ ブロックせん断試験
- ・ 含水率試験
- ・ 曲げ試験
- ・ 寸法測定
- ・ 表面、裏面、木口面及び側面の品質

4. 試験・検査の方法及び判定基準

《JASの基準を準用》

問合せ先

公益財団法人日本住宅・木材技術センター
認証部

〒136-0075 東京都江東区新砂3-4-2

電話番号 03-5653-7581

FAX番号 03-5653-7582

<http://www.howtec.or.jp/>

平成28年度林野庁委託事業

CLT建築物等普及促進事業
(CLTの性能データ収集・分析)のうち

CLTの遮音性能確認 ならびに「マニュアル作成」



平成30年3月5日

特定非営利活動法人 建築技術支援協会
小藤 捷吾

事業の背景と目的

CLT建築物に関する既往の検討は、材料・構造・防耐火など、安全性に関する主要な法整備等が進み普及段階に入ったといえる。

しかしながら普及促進のためにはその他の住性能の確認・開発も重要で、その内容がCLT建築に関する事業者・技術者の理解を深める必要がある。

本事業では

- ①床・壁仕様につき、今後に向けて自由度を高めるためや、コストダウンのための仕様開発の新たな基礎データの収集と
- ②既往の実験室データ・現場測定データに新たな実物件結果を加え、設計者に仕様等と遮音性能との関係を明示できる資料を整理する。

実施項目

■本事業の実施項目は以下の通り

1. CLT遮音性能解説書の作成
2. 床の遮音性能試験
3. 界壁等の遮音性能試験
4. 実物件での遮音性能調査・測定

推進体制・実施期間

- 「CLT建築物遮音性能調査・研究開発委員会」
委員長 田中 学(日本建築総合試験所)
- 「CLT建築物の遮音設計マニュアル」
作成ワーキング・グループ
主査 田中 学(日本建築総合試験所)
- 実施期間 平成29年1月～平成30年2月

床の遮音性能試験

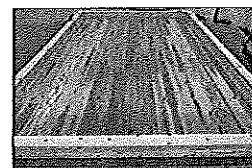
■ 試験体断面仕様の概要

試験体 No.	断面図	床土構成	天井側構成
1		---	LGS下地 せつこうボード t12.5(空気層50)
2		突板張り合板 t12 + 構造用合板 t12	---

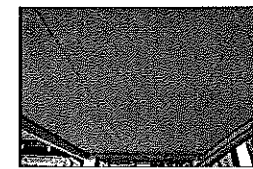
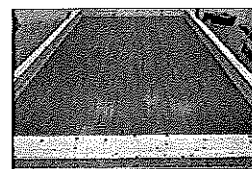
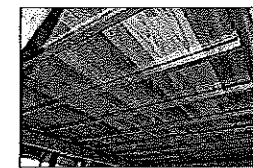
床の遮音性能試験

■ 試験体の概要

床上側



下階天井部



床の遮音性能試験

■ 試験結果

試験体 No.	軽量衝撃音 遮断性能	重量衝撃音 遮断性能 (サイヤ)	重量衝撃音 遮断性能 (ボール)
1	Lr-82	Lr-66	Lr-66
2	Lr-76	Lr-65	Lr-64

界壁等の遮音試験

■ 試験体断面仕様の概要

No.	CLTパネル	CLTパネルの取付	
1	---	---	
2	厚150 (樹種:スギ)	高さ110×幅90×厚120の欠損部をCLTパネル1枚に対し4カ所作成	
3		上記の欠損部を貫通させ、音源側を合板(t12)で塞ぐ	
4		上記の貫通部にGW16kを充填し、両面を合板(t12)で塞ぐ	
No.	CLTパネル	低音側取付部	高音側取付部
5	---	---	---
6	厚90 (樹種:スギ)	空気層25+PB12.5×2層 (GW24K t25挿入)	PB12.5×2層
7		空気層50+PB12.5×2層 (GW24K t25挿入)	空気層50+PB12.5×2層 (GW24K t25挿入)
8		強化PB21×2層	強化PB21×2層
9	厚60 (樹種:スギ)	---	---

界壁等の遮音試験

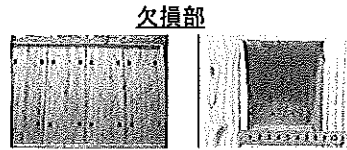
■ 主な試験結果

1. カラマツの性能

スギとの差異は従来からの理論値(面密度による差異)と、ほぼ一致した。

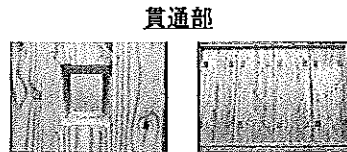
2. 欠損部の影響

欠損部での性能低下は認められたが、壁全体での影響は限定的であった。



3. 貫通部の影響

貫通部に合板を貼りGWを充填すれば欠損部ありの性能とほぼ同等性能であった。



実物件の調査・測定

■ 調査物件一1

■ 調査物件一2

物件名	1
建築工法	CLT/パネル工法/地上3階
用途	共同住宅
床版構成	フローリング(厚12) +遮音材(厚9) +せりこボード(厚12.5) +構造用合板(厚24) +床板(厚72.5) +CLTパネル(厚150)+床梁 +強化せりこボード×2層(厚12.5)
壁版構成	せりこボード(厚12.5)×2層 +グラスウール24K(厚25) +CLTパネル(厚90) +せりこボード(厚12.5)×2層

物件名	2
建築工法	CLT/パネル工法/地上3階
用途	共同住宅
床版構成	防音重張りフローリング(厚14.8、表面被覆材付き) +針葉樹構造用合板(厚12) +アスファルトマット(厚12) +耐水合板(厚12)+複合ボード(厚40) +ポリスチレンフォーム(厚30+75) +せりこボード(厚12.5) +構造用合板(厚12)+耐水合板(厚5.5) +CLTパネル(厚150) +CLTパネル(厚150) +強化せりこボード(厚12.5×2層) +空気層(厚100)(グラスウール16K(厚50)充填) +せりこボード(厚12.5×2層)
壁版構成	CLTパネル(厚150) +グラスウール24K(厚25) +せりこボード(厚12.5)×2層 +ビニールクロス貼り

遮音性能解説書の作成

■ 「CLT建築物の遮音設計マニュアル」

主として設計者が活用できるよう
〈遮音性能の基礎知識〉・
〈施工上の留意点〉等も含めた
総合的な解説書とした。
併せて、仕様選択がしやすい様、
既往建築物の遮音データはじめ
種々の資料を載せた。



遮音性能解説書の作成

■ 目次

- 1章 まえがき
 - 2章 遮音設計の基礎
 - 3章 遮音性能の測定方法・評価基準
 - 4章 CLTを用いた床版の床衝撃音遮断性能
 - 5章 CLTを用いた壁の空気音遮断性能
 - 6章 既往事例におけるCLTへの遮音対策と測定結果
 - 7章 施工上の留意点と建物参考仕様例
- 付録1 遮音に関する基礎用語・基礎知識
付録2 参考資料
参考文献

今後の課題

■ 更なる仕様開発

1. 界壁仕様のバリエーションの追加検討
(界壁の接合金物のあり方を含め)
2. 建物用途に適した経済的な床断面仕様を開発・改良、
ならびに使い易く整理する。

■ 「マニュアル」の活用拡大

3. 「CLT建築物の遮音設計マニュアル」を関係者に
公開するとともに講習会等を企画し戦力化に努める。
あわせ、実物件や新仕様のデータを継続的に付加
していく。

ご清聴ありがとうございました！



本事業に関するお問い合わせ等は、以下に
お願いいたします

特定非営利活動法人 建築技術支援協会

03-5689-2911

<http://www.psats.or.jp/>

CLTパネル工法における 住宅省エネ基準対応 (寒冷地)のための検討

(一社)日本CLT協会
開発技術部 次長
伴 勝彦



目的と背景



CLTを用いた建築物は他の工法のように断熱仕様が確立されていない。大規模な非住宅建築物においては適合義務化が施行されている「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」(以降「建築物省エネ法」とする。)に基づき、平成28年度制定の告示(以降「平成28年基準」とする。)に適合する必要がある。そこで、本事業では建築物省エネ法に適合するための技術検討の端緒として、気象条件の厳しい寒冷地における戸建住宅について、平成28年基準に適合する外皮の断熱性能に係る検討を目的とする。
また、断熱性能及び断熱仕様が大きく係わる防露性能についても併せて検討する。

- 本事業にご協力いただいた委員の皆様 (敬称略、順不同)
- 委員長 坂本雄三 (東京大学名誉教授)
- 委員 赤嶺嘉彦 (国土交通省国土技術政策総合研究所)
- 城地哲哉 (住宅金融支援機構)
- 齋藤卓三 (一般財団法人ベターリビング)
- 金子 弘 (公益財団法人日本住宅・木材技術センター)
- 砂川雅彦 (株式会社砂川建築環境研究所)
- 栗原潤一 (株式会社ミサワホーム総合研究所)
- 事業主体 河合 誠、坂部芳平、伴 勝彦 (一般社団法人日本CLT協会)

検討対象



- ① 構造
 - CLTパネル工法
- ② 地域
 - 建築物省エネ法で定める地域区分の1地域、及び2地域
 - 対象となる都道府県は北海道、青森県、岩手県 (いずれも一部の市町村を除く)
- ③ 建築物の種類
 - 戸建住宅
- ④ 検討性能
 - 平成28年省エネ基準で定める外皮平均熱貫流率について検討。併せて防露性能も検討。検討結果から、寒冷地におけるCLTパネル工法住宅の標準仕様例を示す。

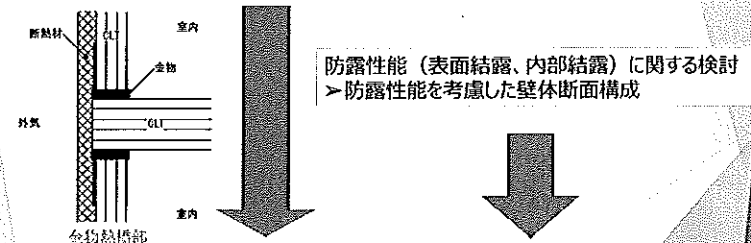
平成28年省エネ基準の外皮性能基準

地域区分	1	2	3	4	5	6	7	8
外皮平均熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	0.46	0.46	0.56	0.75	0.87	0.87	0.87	-
冷房期の平均日射熱取得率 [-]	-	-	-	-	3.0	2.8	2.7	3.2

外皮平均熱貫流率を求めるために必要なデータ



CLTの熱伝導率	部位の熱貫流率、ほか全ての熱的評価に必要なデータである。測定データを基に、公的に認知されるための基礎検討を行う。
CLT取り付け部等に発生する熱橋部の熱損失	RC造と同様に部位取り付け部において断熱層に壁体が貫通する場合があります。熱橋が発生する。様々な取り付け部(納まり)における線熱貫流率をシミュレーションにより求めて、外皮平均熱貫流率計算のためのデータとして公的に認知されるための基礎資料とする。
➢ 構造熱橋部	
➢ 金物熱橋部	



住宅の平成28年省エネ基準の外皮平均熱貫流率に適合する仕様!

CLTパネルの熱伝導率測定



既測定データを基に、CLTパネルの熱伝導率を導出する。

- CLT熱伝導率 測定機関
 - ▷ 高知県森林技術センター／木構造振興株式会社の依頼による測定
 - ▷ 一般財団法人建材試験センター／日本木材防霉工業組合の依頼による測定

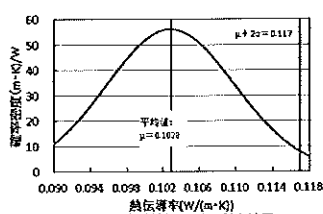


図1 高知県森林技術センター測定結果
▷測定CLTの仕様：3層3アライ、5層5アライ

平均値 μ +標準偏差の2倍の 2σ は0.1166となり、CLT試験体の95%の熱伝導率が0.116以下であることを示唆しており、安全側を考慮してCLT試験体の熱伝導率 λ は0.12であるといえる。

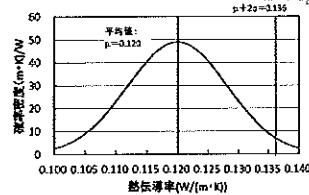


図2 建材試験センター測定結果
▷測定CLTの仕様：1アライ

平均値 μ +標準偏差の2倍の 2σ は0.136となり、CLT試験体の95%の熱伝導率が0.136以下であることを示唆しており、安全側を考慮してCLT試験体の熱伝導率 λ は0.14であるといえる。しかし、インサイジング部分を削っており1アライ厚かつサンプル数が少ないことを考慮すると信頼性に欠ける。

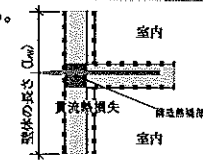
製品としてのCLTパネルの熱伝導率は0.12 W/(m·K)が妥当

構造熱橋部と金物熱橋部の線熱貫流率

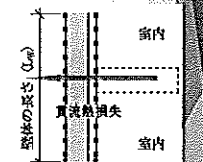


- ・線熱貫流率は… 熱橋部において熱橋長さ1メートルあたりの熱貫流率。
- ・構造熱橋部とは… CLTパネル工法住宅における構造部材等による熱橋部。
- ・金物熱橋部とは… CLTパネル工法住宅における構造部材等CLTパネルを挟み込む方式で設置する「せん断金物」及び「引張金物」による熱橋部。

- ・線熱貫流率の求め方
 - (1) 構造熱橋部を含む壁体全体の貫流熱損失 (Q_w) を求める。
{熱橋長さ (W) = 1m} × 壁体の長さ (L_w) の構造熱橋部を含む計算モデルを設定し、定常2次元伝熱計算プログラムを用いて壁体全体の貫流熱損失を求める。



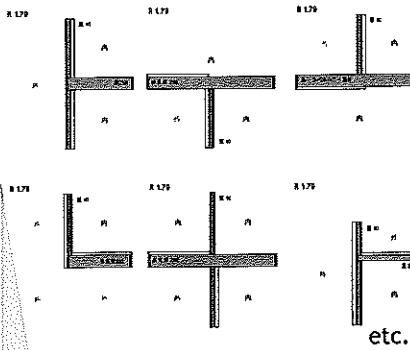
- (2) 熱橋がないと仮定した場合の壁体全体の貫流熱損失 (Q_g) を求める。
(1) で設定した構造熱橋部を含む計算モデルをもとに熱橋がないと仮定した場合の計算モデルを設定し、壁体全体の貫流熱損失を求める。
- (3) 線熱貫流率を求める。
(1) と (2) の差が線熱貫流率となる。



構造熱橋部の線熱貫流率



・計算対象
計27パターンを使用。
(下図は一例)



・計算条件
INSYS2次元伝熱・結露システムを使用。

設定項目	設定値
CLTの厚み	90mm(屋根・壁) 210mm(床)
CLTの熱伝導率	0.13(W/(m·K))
室内側の表面熱伝達抵抗	0.09((m ² ·K)/W)
外気側の表面熱伝達抵抗	0.04((m ² ·K)/W)
室内の気温・相対湿度	15°C 60%
外気温	-10°C
断熱材の熱抵抗	0.53 (温暖地想定)、 1.79 (温暖地想定)、 3.41 (寒冷地想定) (m ² ·K)/W)

構造熱橋部の線熱貫流率



・計算結果一覧
(カッコ内は値がマイナス)

- 計算結果
 - ▷ 断熱材の熱抵抗Rが0.53 [m²·K/W]の場合、ほぼ全てのケースでマイナスになる。
 - ▷ 断熱材の熱抵抗Rが大きくなると、線熱貫流率も大きくなる。
 - ▷ 断熱材の熱抵抗Rが3.41 [m²·K/W]となっても、線熱貫流率は0.076 [W/(m²·K)]が最大値である。

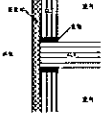
No.	計算名	CLTの厚さ [mm]			線熱貫流率 (q) [W/(m ² ·K)]		
		壁	床	屋根	断熱材の熱抵抗 (R) [m ² ·K/W]	線熱貫流率 (q) [W/(m ² ·K)]	
1	↑昇床・外断なし・構造	90	210	-	0.53	1.79	3.41
2	↑昇床・内断なし・構造	90	210	-	0.601	0.653	0.076
3	↑昇床・ポリコニー・外断・構造	90	210	-	(0.026)	0.040	0.044
4	↑昇床・ポリコニー・内断・構造	90	210	-	(0.023)	0.040	0.063
5	↑外気床・昇床・内断・外断・構造	90	210	-	(0.052)	(0.015)	0.003
6	↑外気床・昇床・内断・内断・構造	90	210	-	(0.029)	0.030	0.052
7	↑外気床・昇床・外断・内断・構造	90	210	-	(0.035)	0.014	0.037
8	↑外気床・昇床・内断・外断・構造	90	210	-	(0.037)	(0.015)	0.002
9	↑外気床・昇床・内断・内断・構造	90	210	-	(0.024)	0.040	0.070
10	↑外気床・昇床・外断・内断・構造	90	210	-	(0.039)	0.010	0.032
11	↑昇床・外断・外断・構造	90	-	90	(0.027)	0.023	0.033
12	↑昇床・内断・外断・構造	90	-	90	(0.037)	(0.011)	0.013
13	↑外気床・外断なし・外断・構造	90	210	-	0.603	0.019	0.028
14	↑外気床・外断なし・内断・構造	90	210	-	0.603	0.019	0.028
15	↑昇床・外断・外断・構造	90	-	90	(0.027)	0.023	0.033
16	↑昇床・外断・内断・構造	90	-	90	(0.037)	(0.011)	0.013
17	↑昇床・内断・外断・構造	90	-	90	(0.027)	0.023	0.033
18	↑昇床・ポリコニー・内断・構造	90	210	-	(0.027)	(0.015)	0.003
19	↑昇床・ポリコニー・内断・内断・構造	90	210	-	(0.023)	0.030	0.052
20	↑昇床・ポリコニー・外断・内断・構造	90	210	-	(0.040)	0.007	0.028
21	↑昇床・ポリコニー・内断・外断・構造	90	210	-	(0.037)	(0.016)	0.002
22	↑昇床・ポリコニー・内断・内断・構造	90	210	-	(0.021)	0.040	0.070
23	↑昇床・ポリコニー・外断・内断・構造	90	210	-	(0.037)	0.010	0.032
24	↑外気床・ポリコニー・外断・外断・構造	90	210	-	0.026	0.037	0.058
25	↑外気床・ポリコニー・内断・外断・構造	90	210	-	(0.045)	0.005	0.030
26	↑外気床・ポリコニー・内断・内断・構造	90	210	-	(0.038)	(0.019)	0.000
27	↑外気床・内断・外断・構造	90	210	-	(0.035)	0.012	0.034
28	↑外気床・外断・内断・構造	90	210	-	(0.023)	(0.027)	

金物熱橋部の線熱貫流率

計算結果一覧

計算方法、計算条件は、構造熱橋部と同じ。
 > 計算対象は、下図の1箇所を追加して、全部で28取り付け部について計算した。

追加
金物熱橋部
No.1



■ 計算結果

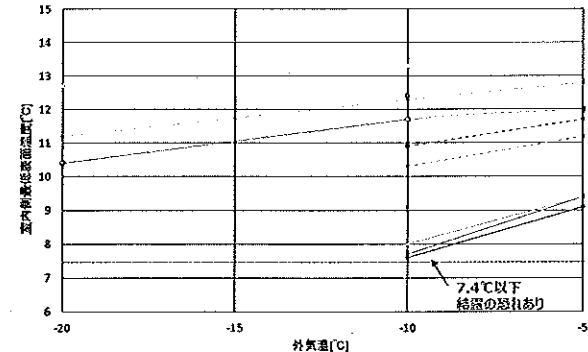
> 構造部材等CLTパネルを挟み込む方式で設置された金物熱橋部の線熱貫流率は、断熱材の熱抵抗Rが0.53 [m²·K/W]の場合、ほぼ全てのケースで各ケースの最大値となる。
 > 断熱材の熱抵抗Rが大きくなると、線熱貫流率が減少するケースが多いが、線熱貫流率が増加するケースもある。
 > 線熱貫流率は0.574 [W/(m²·K)]が最大値である。

No.	計算名	CLTの厚さ (mm)			線熱貫流率 (W/(m ² ·K))		
		壁	床	屋根	断熱材の熱抵抗 (R)	線熱貫流率 (W/(m ² ·K))	線熱貫流率 (W/(m ² ·K))
1	工断熱 外断なし 金属	90	210	-	0.53	1.18	3.41
2	工断熱 内断なし 金属	90	210	-	0.574	0.233	0.185
3	土断熱+バコニ-外断金属	90	210	-	0.511	0.187	0.133
4	土断熱+バコニ-内断金属	90	210	-	0.545	0.223	0.173
5	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.245	0.125	0.129
6	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.270	0.119	0.101
7	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.224	0.079	0.059
8	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.245	0.119	0.115
9	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.280	0.147	0.144
10	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.228	0.091	0.070
11	工断熱+バコニ-外断内断金属	90	-	90	0.216	0.114	0.084
12	工断熱+バコニ-内断内断金属	90	-	90	0.230	0.095	0.045
13	土断熱+バコニ-外断なし 外断金属	90	210	-	0.087	0.070	0.059
14	土断熱+バコニ-内断なし 内断金属	90	210	-	0.088	0.071	0.059
15	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	-	90	0.259	0.095	0.059
16	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	-	90	0.243	0.122	0.119
17	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	-	90	0.239	0.059	0.048
18	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.246	0.125	0.123
19	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.270	0.119	0.101
20	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.221	0.073	0.051
21	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.246	0.116	0.115
22	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.260	0.147	0.144
23	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.226	0.081	0.070
24	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.257	0.133	0.133
25	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.225	0.108	0.097
26	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.221	0.106	0.107
27	土断熱+バコニ-外断内断金属	90	210	-	0.247	0.073	0.063
28	土断熱+バコニ-内断内断金属	90	210	-	0.203	0.059	0.056

防露性能—表面結露の検討

部位取り付け部で最低温度となる金物部の温度を確認して、室内露点温度と比較して結露発生危険性を判定する。(結露発生危険性あり: 表面温度 ≤ 室内露点温度)
 検討は、構造熱橋部の線熱貫流率検討の取り付け部のうち、金物ありの13パターンについて行った。

例) 壁: 外側断熱、床・屋根: 内側断熱のときの室内側最低表面温度



部位断熱工法組合せが他の場合も同様の傾向を示す。
 断熱材の熱抵抗が小さいR=0.53のケースでは寒冷地(外気温-10°C以下)では、結露発生危険性があるが、寒冷地を想定した断熱材の熱抵抗R=3.41では、結露発生危険性は小さい。

防露性能—内部結露の検討

内部結露は断熱工法、通気層の有無、断熱材の透湿抵抗等による、数種の断面構成について結露域発生危険性について確認する。

下表に示す壁体について内部結露発生危険性について、定常一次元結露計算により検討した。計算条件は、性能表示評価方法基準に基づいた。

内部結露検討のための壁体計算モデルの基本構成

外側断熱工法		内側断熱工法		材料の熱伝導率と透湿抵抗			
透気層あり	透気層なし	透気層あり	透気層なし	材料名	熱伝導率 (W/m·K)	透湿抵抗 (m ² ·s/mg)	透湿抵抗 (m ² ·s/mg)
バッキング	なし	バッキング	なし	EPS	0.035	0.117	-
透気層	透気層なし	透気層	透気層なし	CLT (1層273mm)	0.13	1.72	-
透湿防水シート	なし	透湿防水シート	なし	CLT (5層573mm)	0.13	1.53	-
断熱材	断熱材	断熱材	断熱材	参考) 木材	0.13	0.23	-
CLT 60mm	-	断熱材	断熱材	断熱材: GW32K	0.036	0.0655	-
-	-	防湿フィルム (透湿抵抗0.01)	なし	断熱材: XPS3種(スチロール)	0.028	0.23	-
-	-	防湿フィルム (透湿抵抗0.01)	なし	断熱材: XPS3種(スチロール)	0.028	0.73	-
-	-	防湿フィルム (透湿抵抗0.01)	なし	断熱材: GW32K	0.036	-	0.144
-	-	防湿フィルム (透湿抵抗0.01)	なし	透湿防水シート	-	-	0.0015
-	-	防湿フィルム (透湿抵抗0.01)	なし	透湿防水シート	-	-	0.0232

断熱仕様

対象地域	断熱水準	外側断熱工法		内側断熱工法	
		繊維系断熱材	発泡系断熱材	繊維系断熱材	発泡系断熱材
1地域	高断熱 (ZEH等)	GW32K-165	XPS3種-120	GW32K-185	XPS3種-145

GW32K: グラスウール断熱材 密度32kg/m³
 XPS3種: 押出発泡ポリスチレンフォーム第3種
 注: XPS3種には、スチロールあり/なしの2種類を設定する。

防露性能—内部結露の検討

寒冷地の条件 (-11.6°C、70%) における計算結果は、以下の通りとなった。

内部結露計算のバリエーションと計算結果

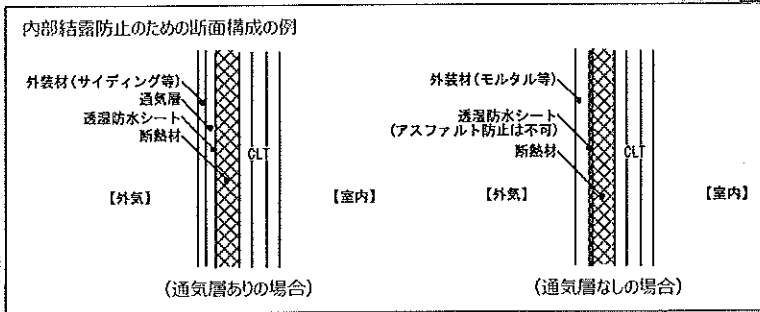
計算No.	外気条件	断熱工法	通気層	断熱材	断熱厚	結露域の有無	備考		
1-0-1	1地域	外側断熱	あり	繊維系	GW32K	155mm	無し		
1-0-2				発泡系	XPS3種(スチロールあり)	120mm	無し		
1-0-3			発泡系	XPS3種(スチロールなし)	120mm	無し			
1-0-4			なし	繊維系	GW32K	155mm	無し		防水層がバッキング-バッキングの場合は結露域発生
1-0-5		発泡系	XPS3種(スチロールあり)	120mm	無し				
1-0-6		発泡系	XPS3種(スチロールなし)	120mm	無し				
1-1-1		内側断熱	あり	繊維系	GW32K	185mm	有り		防湿層あり
1-1-2				発泡系	XPS3種(スチロールあり)	145mm	有り		防湿層なし
1-1-3	発泡系			XPS3種(スチロールなし)	145mm	有り			
1-1-4	なし		繊維系	GW32K	185mm	有り	防湿層あり		
1-1-5	発泡系		XPS3種(スチロールあり)	145mm	有り	防湿層なし			
1-1-6	発泡系		XPS3種(スチロールなし)	145mm	有り				

寒冷地においては、内側断熱工法は防湿フィルム設置などの防露対策を施しても内部結露の危険性が高い。外側断熱工法は、結露域は発生しておらず内部結露の危険性は低いが、その条件として「通気層の設置」および「防水層に透湿性の高い透湿防水シート (JIS A6111) 等の使用」が挙げられる。

防露性能—内部結露の検討



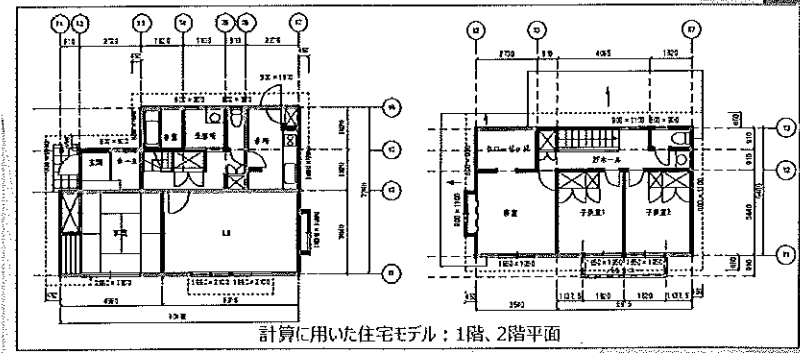
寒冷地においては内部結露防止の観点から以下のことが言える。
 > 外側断熱工法が望ましい。内側断熱工法の採用は避ける。
 > 外側断熱工法における内部結露対策として、「通気層の設置」および「防水層に透湿性の高い透湿防水シート等の使用」が必要である。
 ちなみに、温暖地は、内側断熱工法で断熱性能の低い（断熱厚が薄い）もののプラスチック系断熱材による場合に、防湿層なしでも結露域は発生していないが、対策としては寒冷地と同様と考える。



標準的断熱仕様例の検討



寒冷地における平成28年省エネ基準に適合する断熱仕様を、以下のモデルを用いて検討する。
 ・住宅モデル：自立循環型モデル（寒冷地タイプ）
 ・断熱工法：壁、天井、床ともに外側断熱工法とする。
 > 前述の「内部結露の検討」により、内側断熱工法は不可であるため。
 ・断熱水準：H28年省エネ基準の仕様基準における熱貫流率基準相当の水準、及び高断熱水準を2水準設定する。
 ・熱橋部の熱損失：熱橋部の熱線貫流率の集約に基づき、4種類の値別に求める。



標準的断熱仕様例の検討



・外皮平均熱貫流率 計算結果

断熱水準	部位	断熱仕様	断熱材厚み	断熱材熱伝導率	外皮平均熱貫流率 U _a (H28基準: 0.45以下)					
					構造熱線部熱損失なし	柱・開口部のMAX値	層間でMAX値	断熱工法でMAX値	全体でMAX値	安全率
1, 2地域	壁	XPS3種 (λ=0.028) 55mm	1.55	0.049						
	床	GW24種 (λ=0.038) 42mm	1.65	0.293	0.458	0.477	0.492	0.494	0.501	
	屋根	GW24種 (λ=0.038) 200mm	5.25	0.181	適合	非適合	非適合	非適合	非適合	
	開口部		-	2.330						
断熱水準:中	壁	フェノール (λ=0.022) 50mm	2.27	0.214						
	床	フェノール (λ=0.022) 50mm	2.27	0.236	0.429	0.448	0.451	0.463	0.460	
	屋根	XPS3種 (λ=0.028) 150mm	5.43	0.159	適合	適合	適合	非適合	非適合	
	開口部		-	2.330						
断熱水準:中 開口部強化	壁	フェノール (λ=0.022) 50mm	2.27	0.214						
	床	フェノール (λ=0.022) 50mm	2.27	0.236	0.391	0.411	0.415	0.428	0.434	
	屋根	XPS3種 (λ=0.028) 150mm	5.43	0.159	適合※1	適合	適合	適合	適合	
	開口部		-	1.900						
断熱水準:高	壁	フェノール (λ=0.022) 75mm	3.41	0.231						
	床	フェノール (λ=0.022) 75mm	3.41	0.185	0.373	0.393	0.398	0.410	0.416	
	屋根	フェノール (λ=0.022) 150mm	6.50	0.129	適合※1	適合※1	適合※1	適合	適合	
	開口部		-	2.330						
断熱水準:高 開口部強化	壁	フェノール (λ=0.022) 75mm	3.41	0.231						
	床	フェノール (λ=0.022) 75mm	3.41	0.185	0.313	0.333	0.338	0.350	0.358	
	屋根	フェノール (λ=0.022) 150mm	6.50	0.129	適合※	適合※	適合※	適合※1	適合※1	
	開口部		-	1.600						

※1 ZEH対応基準(0.42W/(㎡・K)以下)

平成28年省エネ基準の木造における仕様基準（熱貫流率基準）相当の断熱性能では、若干適合しない。適合するためには、壁・床・天井の断熱水準を中とし、開口部の性能を1ランクアップ（熱貫流率 1.90W/(㎡・K)以下）とすることが目安となる。

まとめ



- CLTパネルの熱伝導率
測定結果に基づく検討では、熱伝導率0.12W/(㎡・K)が妥当である。
- 構造熱橋部、金物熱橋部の線熱貫流率
28種類の納まりについて線熱貫流率を求め、外皮平均熱貫流率計算に使用する方法について整理した。
- 防露性能
部位取り合い部における表面結露有無の確認においては、問題のないことが確認された。内部結露については、内側断熱工法は防湿層の設置等では結露域を解消するには、施工性等を勘案すると不安があることが確認された。よって、外側断熱工法を標準とすることが妥当である。

気象条件の厳しい寒冷地における戸建住宅について、CLTパネル工法での熱橋を加味し、平成28年省エネ基準の木造における仕様基準（熱貫流率基準）相当で断熱性能を検討した結果、若干ではあるが適合しないことが確認された。だが、断熱材の性能や開口部の断熱性能の強化などの対策を行った仕様例によれば、平成28年省エネ基準の適合はもちろん、ZEHの外皮基準にも適合することが可能である。

問合せ先：一般社団法人 日本CLT協会 TEL 03-5825-4774 <http://clta.jp/>

平成28年度林野庁委託事業

CLT建築物等普及促進委託事業
(CLTの性能データ収集・分析)

CLT接合部強度性能WG
CLTを快適に使える環境WG

木構造振興株式会社
鈴木 圭
原田浩司

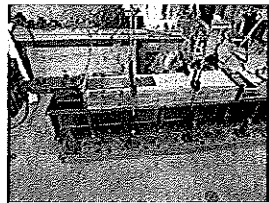
CLT接合部強度性能WG 委員名簿

- 小林研治 (静岡大学大学院農学領域 准教授)
- 荒木康弘 (建築研究所構造研究グループ 主任研究員)
- 中島昌一 (宇都宮大学地域デザイン学科 助教)

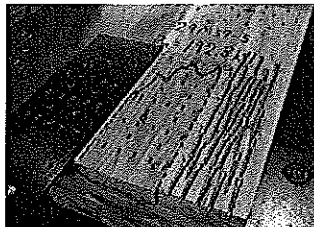
CLTを快適に使える環境WG 委員名簿

- 石川廣三 (東海大学 名誉教授)
 - 齋藤宏昭 (足利工業大学工学部 教授)
 - 宮村雅史 (国土技術政策総合研究所建築研究部 主任研究官)
 - 桑沢保夫 (国土技術政策総合研究所住宅研究部
住宅情報システム研究官)
 - 山代 悟 (ビルディングランドスケープ 主宰)
 - 佐藤孝浩 (桜設計集団一級建築士事務所)
- : 主査

CLT接合部強度性能WG



・ビスの種類等の違いによる影響を確認するための試験



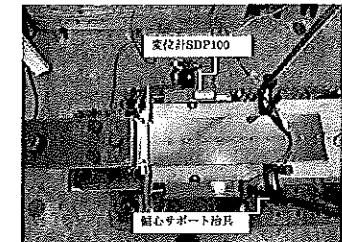
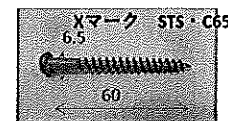
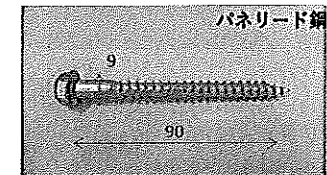
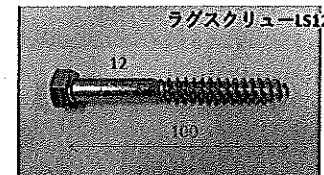
・集合型破壊による影響を確認するための試験



・引きボルト接合部試験

ビスの種類等の違いによる影響を確認するための試験

・ビスの種類と試験方法

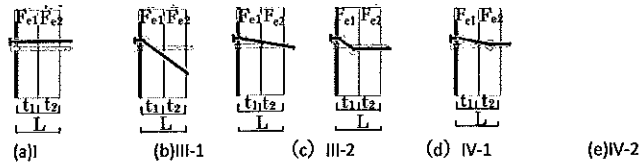


- ・一方向繰り返し加力
- ・金物とCLT部材の相対変位

ビスの種類等の違いによる影響を確認するための試験

・設計式

ヨーロッパ型降伏理論



$$P_y = F_{e1} \times d \times L \times C$$

$$C = m \ln \begin{cases} \frac{1}{2} (1+B) \\ \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{d}{L}\right)^2 Y + \frac{1}{2} + \frac{3}{2} B} - \frac{1}{2} (1+B) \\ \sqrt{\frac{5}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{d}{L}\right)^2} B Y \cdot \frac{1}{2B} + \frac{1}{2} (1-3B) \\ \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{d}{L}\right)^2} Y \\ \frac{1}{2} (1+B) + \frac{1}{2} B \sqrt{1 - \frac{1}{3} + \frac{8}{3} \left(\frac{d}{L}\right)^2} \times B Y \end{cases}$$

ビスの種類等の違いによる影響を確認するための試験

・計算値と実験値の比較

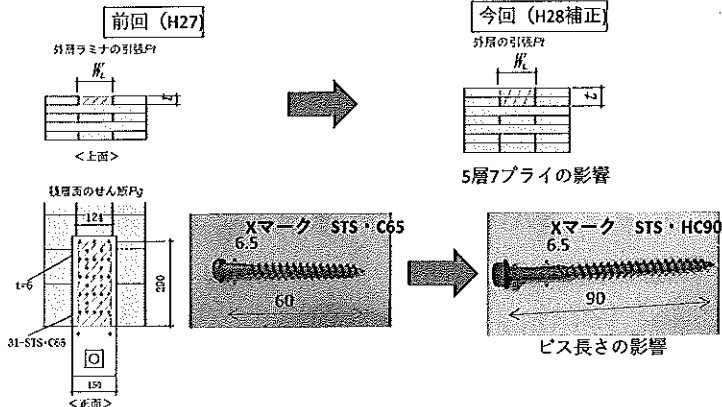
No	試験体名	計算値						実験値			計算値/実験値			
		F	F _{e1}	F _{e2}	d _{eff}	l _{eff}	eP _y	yield	P _{break}	P _{yield}	F _{yield}	P _{y1} /P _{y2calc}	eP _{y1} /P _{y2calc}	eP _{y1} /P _{y2calc}
1	K0-d18L100-n5	235	26	16	11	88	7.7	IV-1	4.2	9.1	10.9	1.8	0.9	0.7
2	K90-d18L100-n5	235	16	26	11	88	6.1	IV-1	4.9	10.9	10.3	1.2	0.6	0.6
3	K0-d31L90-n5	470	26	16	6.6	82	3.9	IV-1	2.7	6.6	7.1	1.5	0.6	0.6
4	K90-d31L90-n5	470	16	26	6.6	82	3.1	IV-1	3.3	6.2	5.7	0.9	0.5	0.5
5	K0-d31L90-n5	470	26	16	6.6	82	3.6	III-2	2.0	3.6	3.7	1.8	1.0	1.0
6	K90-d31L90-n5	470	16	26	6.6	82	2.7	III-1	2.1	3.5	3.6	1.3	0.8	0.8
7	S0-d6.5L65-n20	950	26	16	4.4	58.5	2.5	IV-1	1.1	3.2	3.0	2.2	0.8	0.8
8	S0-d6.5L65-n5	950	20	16	4.4	58.5	2.5	IV-1	0.6	2.8	2.4	4.3	0.9	1.0

F: 235 (SS400の公称値)、470 (素材の引張実験値)、950 (素材の引張実験値)
 F_{e1,2}: 26 (ラミナの繊維に平行する方向の支圧実験値)、16 (ラミナの繊維に平行する方向の支圧実験値)
 d_{eff}: 谷径 x 1.1
 l_{eff}: 首下長さ-先端部長さ
 P_{break}: 0.05P_{max}までの初期剛性を用いたビス1本あたりの比例限度荷重
 P_{yield}: 完全弾塑性置換によるビス1本あたりの持伏荷重
 P_{y2calc}: 2%オフセット法によるビス1本あたりの持伏荷重

集合型破壊による影響を確認するための試験

・試験体の種類

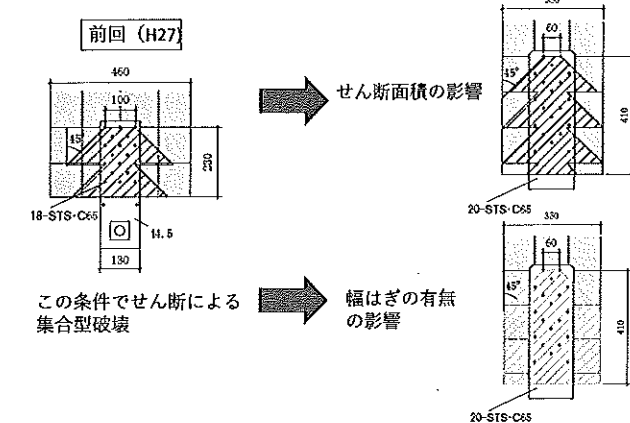
強軸試験体の種類



集合型破壊による影響を確認するための試験

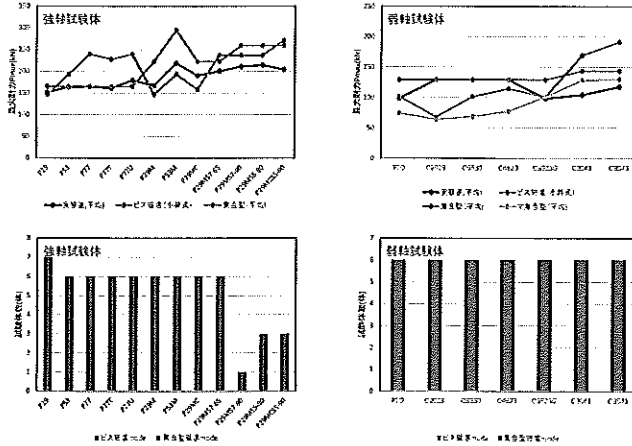
・試験体の種類

弱軸試験体の種類



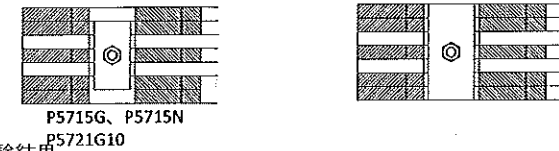
集合型破壊による影響を確認するための試験

試験体結果

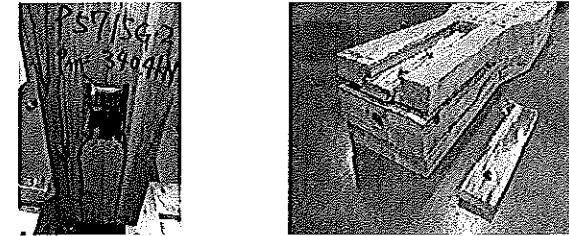


引きボルト接合部試験

試験体の種類

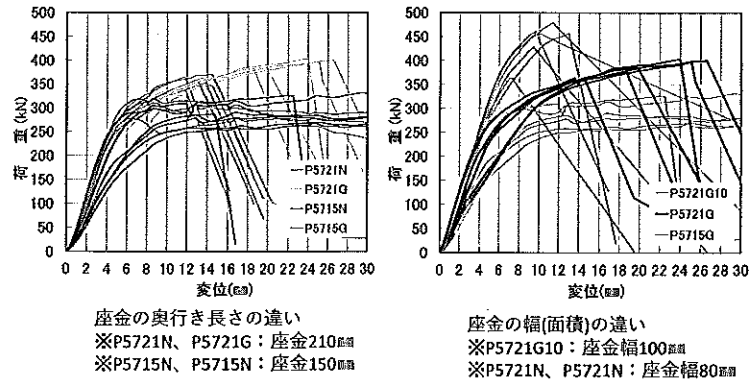


試験結果



引きボルト接合部試験

試験結果



座金の奥行き長さの違い
 ※P5721N、P5721G：座金210mm
 ※P5715N、P5715G：座金150mm

座金の幅(面積)の違い
 ※P5721G10：座金幅100mm
 ※P5721N、P5721G：座金幅80mm

CLT接合部強度性能WG

ビス接合部：ビス径等の影響

- ・径が大きいビスでもBYT式によって推定可能。
- ・強度性能は径に比例するので、径が大きいものを使えば本数を減らすことが可能。
- ・木口面に打った場合でも一列多数本による影響は見られなかった。

ビス接合部：集合型破壊の影響

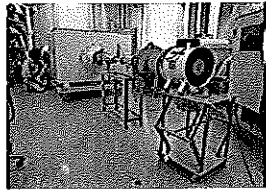
- ・5層7プライの場合、外側プライではなく、外層部分でせん断破壊が起こる。
- ・ビス長さを長くしても集合型破壊に影響は無い。
- ・弱軸試験体は、靱性のあるビス引き抜きモードに調整することが難しい。

引きボルト接合部

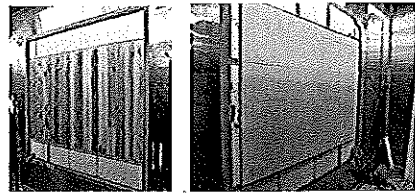
- ・5層7プライにおける基礎データが取得できた。
- ・現し対策として座金の奥行きを短くするとめり込むため、変形性能が大きくなる。
- ・座金の幅を大きくすることで剛性及び最大荷重の向上が期待できる。

※上記の成果は、CLTを用いた建築物の設計施工マニュアルに掲載予定
 問い合わせ先：suzuki@mokushin.com

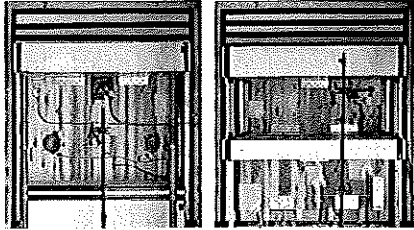
CLTを快適に使える環境WG



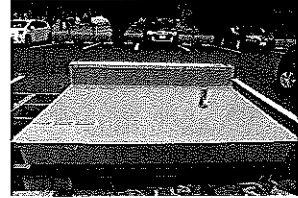
CLT目地の気密性試験



外壁のCLT間目地の結露への影響確認試験

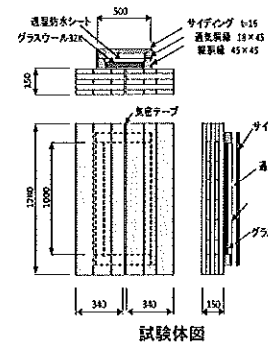


接合金物等の結露への確認試験



CLTを下地とした屋根・バルコニーの
事後的雨掛かりの影響確認試験

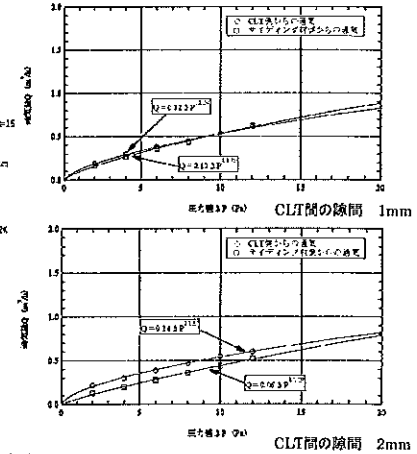
CLT目地の気密性試験



試験体図

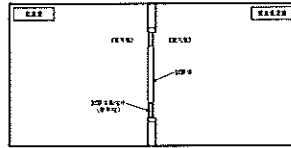
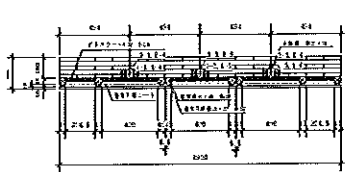
試験方法：JISC9603（換気扇）
の附属書Iに記載される空気槽に
取り付け実施

試験場所：建材試験センター中央試験所



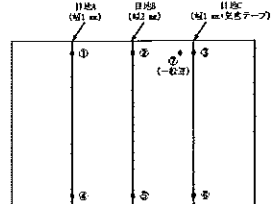
圧力差と通気量の関係

外壁のCLT間目地の結露への影響確認試験



試験装置
試験体の構成

試験体断面図



温度・湿度センサー取り付け位置

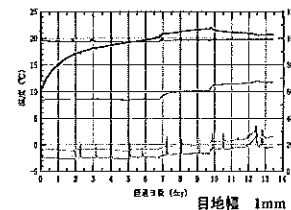
試験体番号	構成材料	CLT間の層間	
		幅(mm)	処理
1	CLT: ス平、Mx60φ5、t=150mm	1	無処理
	断熱材: グラスウール32K	2	無処理
2	透湿防水シート	1	気密テープ
	通気層: 18mm	2	無処理
	外壁材: 窯業系サイディング t=16mm	2	無処理
		2	構造用合板

試験の条件

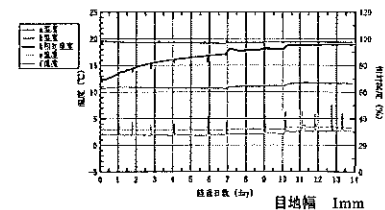
試験体番号	条件名	低温湿条件		恒湿湿条件		室内外の圧力差	試験日数
		温度	相対湿度	温度	相対湿度		
試験体1	条件1	-4.7℃	成り行き	20℃	60%	成り行き	7日
	条件2					2Pa	3日
	条件3					5Pa	4日
試験体2	条件1	0℃	成り行き	20℃	60%	成り行き	7日
	条件2					2Pa	3日
	条件3					5Pa	4日

試験場所：建材試験センター中央試験所

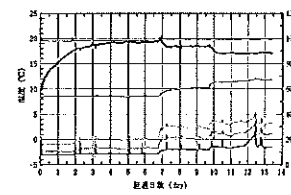
外壁のCLT間目地の結露への影響確認試験



目地幅 1mm

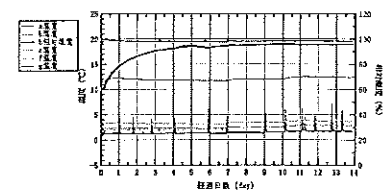


目地幅 1mm



目地幅 2mm

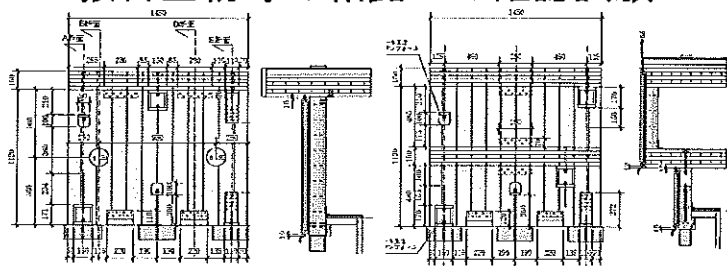
試験体1（外部温度 -4.7℃）



目地幅 2mm

試験体2（外部温度 -4.7℃）

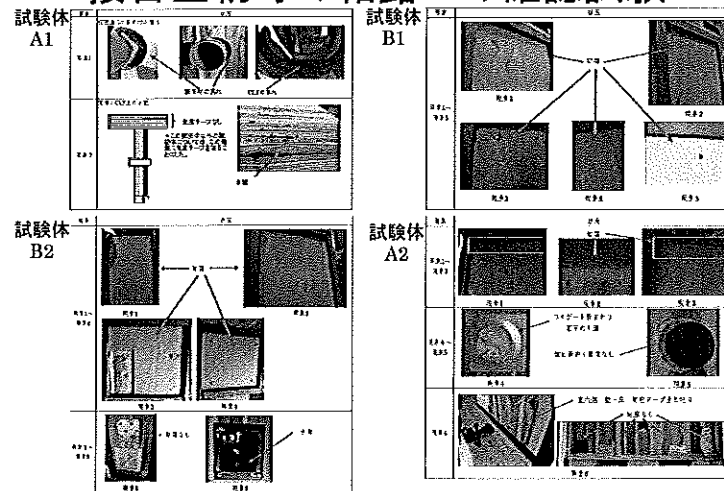
接合金物等の結露への確認試験



試験体番号	構成材料	試験体形状	1階床下断熱方法
A1	屋根： CLT (杉、Mx50×5)、t=150mm スタイロフォーム、t=70mm 斜交断熱材 t=9mm 粘着防水シート		基礎断熱
A2	外壁： CLT (杉、Mx50×5)、t=150mm 断熱材：グラスウール20K 透気層：18mm 透気層：18mm 外装材：商業系サイディング t=16mm		床下断熱
B1	屋根： CLT (杉、Mx50×5)、t=150mm スタイロフォーム、t=70mm 斜交断熱材 t=9mm 粘着防水シート		基礎断熱
B2	外壁： CLT (杉、Mx50×5)、t=150mm 断熱材：グラスウール20K 透気層：18mm 透気層：18mm 外装材：商業系サイディング t=16mm		床下断熱

試験場所：高知県立森林技術センター

接合金物等の結露への確認試験

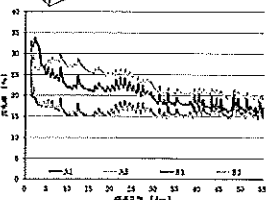
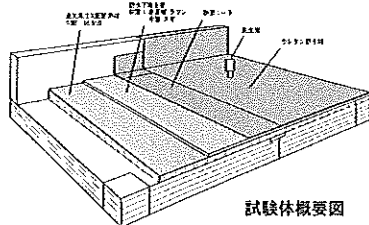


CLTを下地とした屋根・バルコニーの 事故的雨掛かりの影響確認試験

試験の手順

- CLTの組み立て
- 外周に堰を作り水位20mmで水を溜める
- 6時間維持
- 水を排出
- 翌日、同条件で水を6時間溜める
- 水を排出
- CLT上にセンサー取り付け
- 翌日の18時間後、防水層の施工を開始し、2回目の水の排出から24時間以内にすべての作業を完了
- 定期的に各部の温度・含水率等 測定

試験場所：田島ルーフィング株式会社 石岡工場内



CLTの含水率の変化

設計施工上の留意点(抜粋)

- ◎ 外壁にCLTを活用した場合のCLT間の目地の隙間の影響
 - ① CLTの目地幅は、1mm以下の精度を目標とする。ただし冬場の気温が氷点下以下になる地域については、目地処理が必要である。
 - ② 目地処理方法として、気密テープや構造用合板による措置は有効である。
- ◎ 外壁にCLTを活用した場合の接合金物の結露対策
 - ① CLTを貫通する部分には、室内側で気密性を確保する。
 - ② 屋根と壁、床と壁の入隅部は室内側で、気密テープ等により気密性を確保する。
 - ③ 基礎断熱を採用する時には、コンクリート基礎とCLT（または土台）間の隙間がないように、緩衝材を挟む。
 - ④ 1階の床下を床断熱仕様とする場合には、床下部の金物が、床の断熱材下端より高くならないようにする。
- ◎ 屋根・バルコニー下地にCLTを活用した場合の事故的雨掛かりへの配慮
 - ① 降雨などにより下地が含水した状態で防水施工する状況を鑑み、防水施工後に下地の水分を乾燥させられることが理想で、脱気筒を設置し、かつ、下地が放出する水分(湿気)を脱気筒に向かって移動させる通路を有する防水システムが有効である。
 - ② 防水層が破断し漏水につながることを避ける対策として、部分粘着層付改質アスファルトシートのような下地の応力を緩衝する機能が必要である。

問い合わせ先：cozy_in_woodstock@nifty.com

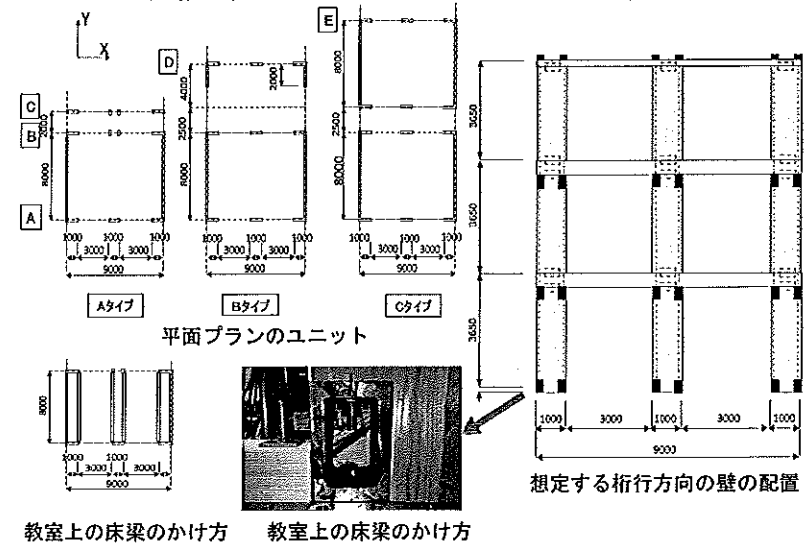
平成28年度林野庁委託事業

都市の木質化等に向けた製品・技術の開発・普及委託事業
 ~CLT等接合部データ収集~

高耐力の水平荷重を負担できる CLTと横架材で構成する工法の開発

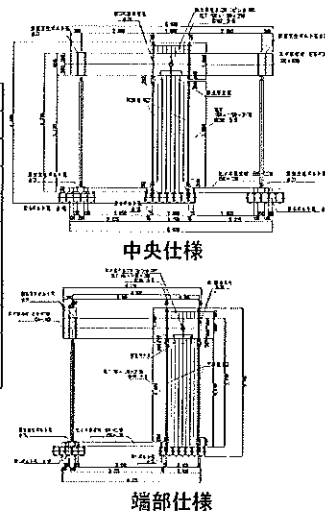
- 主査：腰原幹雄（東京大学生産技術研究所 教授）
 委員：荒木康弘（建築研究所構造研究グループ 主任研究員）
 近藤一夫（元 広島大学工学部 准教授）
 田中 圭（大分大学工学部 准教授）
 光井周平（呉工業高等専門学校 助教）
 早崎洋一（建材試験センター西日本試験所主任研究員）
 発表者：木構造振興株式会社 原田浩司

学校教室のモデルプランの設定

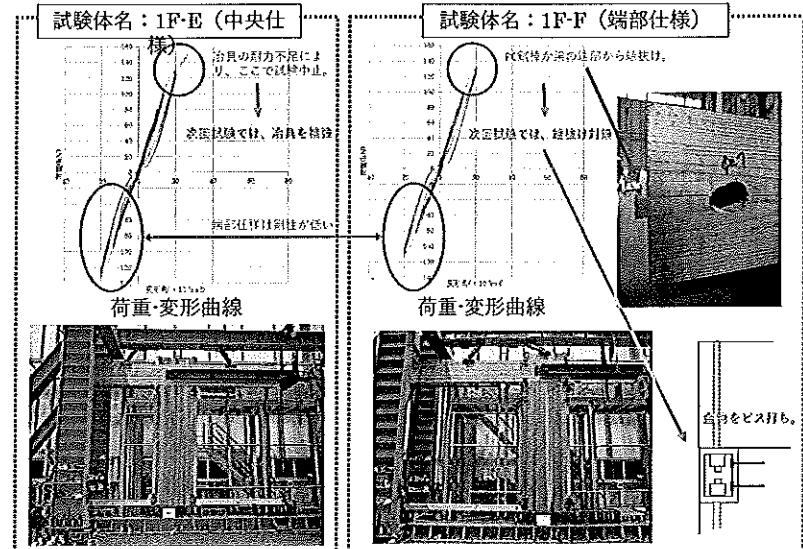


構面せん断試験（試験体リスト）

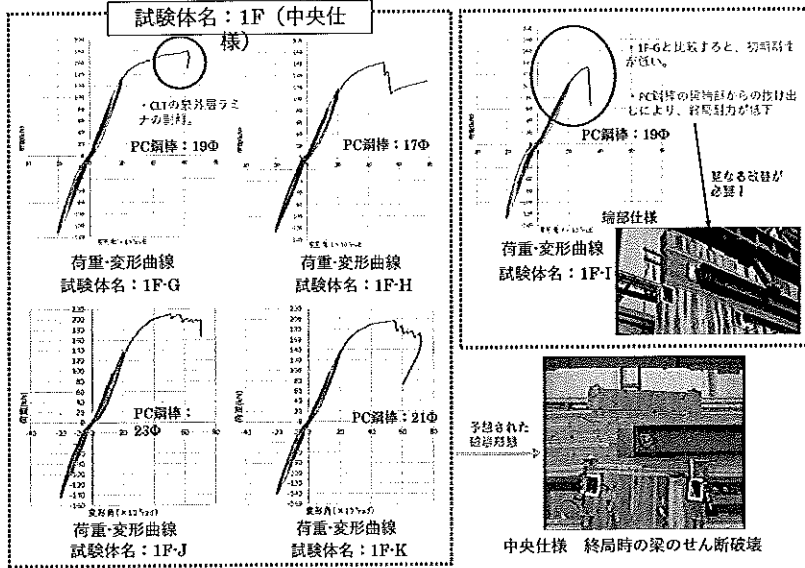
試験体名	仕様	試験体リスト		アンカーボルト	
		耐力壁の位置	PC鋼棒の径	種類	径
1F-E	1階仕様	中央	φ23	F10T	φ24
1F-F		端部	φ23	F10T	φ24
2F-C	2階仕様	中央	φ23	PC鋼棒通し	
1F-G	1階仕様	中央	φ19	PC鋼棒と同じ仕様	
1F-H		端部	φ19		
3F-A	最上階仕様	中央	φ15	PC鋼棒通し	
1F-J	1階仕様	中央	φ23	PC鋼棒と同じ仕様	
1F-K		端部	φ21		



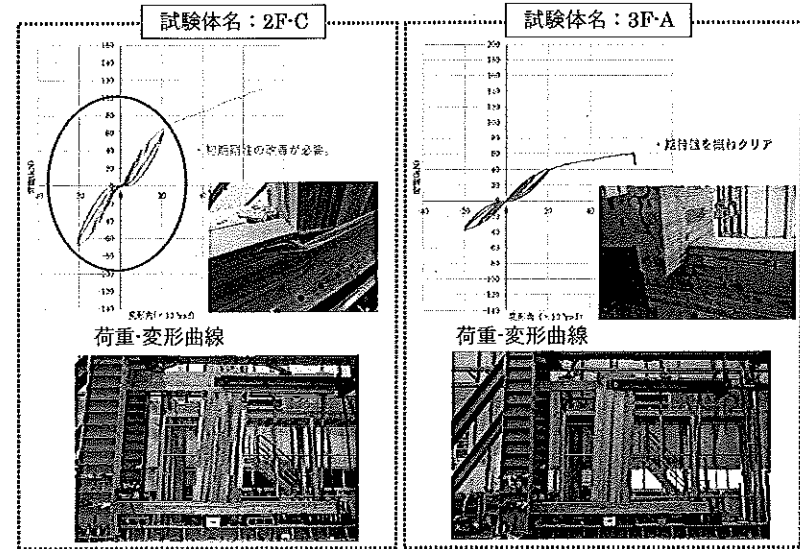
構面せん断試験結果（アンカーボルト：F10T使用）



構面せん断試験結果（アンカーボルト：PC鋼棒使用）



構面せん断試験結果（荷重-変形曲線）



構面せん断試験 まとめ

実験結果の特性値

試験体名	Pmax (kN)	Pu (kN)	μ	1/√2μ-1	各評価項目 (kN)				短期基準せん断耐力 P _c (kN)
					P(120)	2/3 Pmax	P _y	Pu (0.2Ds)	
1F-I	131.93	123.72	1.41	0.74	46.29	88.0	87.11	33.36	33.36
1F-H	162.11	136.67	3.43	0.41	55.03	108.1	102.53	66.12	55.03
1F-G	179.32	166.92	2.64	0.48	65.26	119.5	116.21	69.15	65.26
2F-C	110.23	90.77	2.63	0.48	33.91	73.5	57.90	37.43	33.91
3F-A	60.6	52.61	2.67	0.48	23.63	40.4	34.68	21.93	21.93
1F-J	210.49	196.57	2.43	0.51	22.80	140.3	34.68	77.29	22.80
1F-K	196.28	183.69	2.64	0.48	23.11	130.9	34.68	76.05	23.11

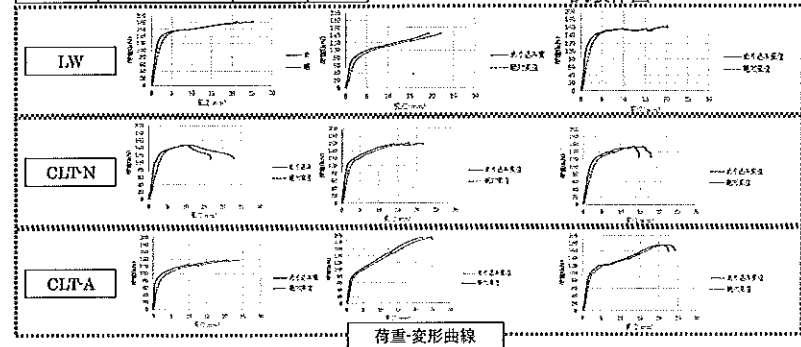
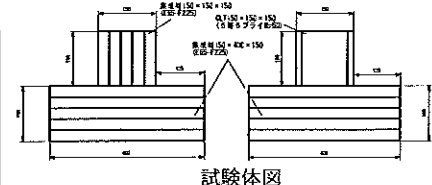
限界耐力計算及び保有水平耐力計算のための特性値

試験体名	損傷限界耐力(kN)	損傷限界変形角(rad)	最大耐力(kN)	終局変形角(rad)	安全限界耐力(kN)	安全限界変形角(rad)	1/√2μ-1
1F-I	35.75	1/150	131.93	32.50	131.93	31.9	0.74
1F-H	44.95		162.11	78.28	147.32	33.3	0.41
1F-G	53.46	Or	179.32	63.00	160.15	33.3	0.48
2F-C	26.95		110.23	69.58	79.25	33.3	0.48
3F-A	19.45	1/200 (外装材の変形追随性による)	60.6	60.94	49.08	33.3	0.48
1F-J	47.38		210.49	68.95	114.00	33.3	0.51
1F-K	49.38		196.28	70.78	116.08	33.3	0.48

めりこみ試験（等変位めり込み試験）

試験体リスト

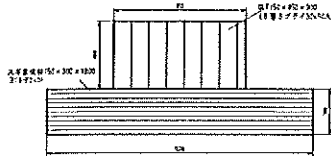
試験体名	圧縮材	土台	試験体数
LW	スギ集成材(E65-F225)	スギ集成材 (E65-F225)	各3体 (計9体)
CLT-N	CLT(5層5プライM×60 幅はぎ接着なし)		
CLT-A	CLT(5層5プライM×60 幅はぎ接着あり)		



めりこみ試験（三角形変位めり込み試験）

試験体リスト

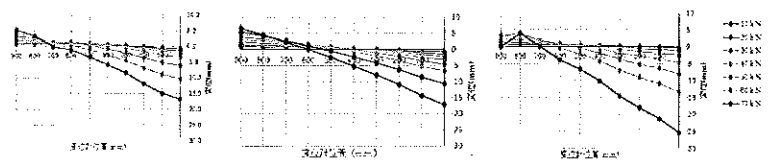
試験体名	圧縮材	土台	試験体数
DC	CLT (5層5プライ M60A)	スギ炭素材 (E75-F24)	計3体



試験体図



試験風景



荷重とめり込み変形の推移

めり込みのモデル化

等変位めり込み

解析モデル

荷重・変位曲線

変形図
(絶対変位:
15mm)

塑性域の進展
(絶対変位:
6.5mm)

三角形変位めり込み

解析モデル

荷重・変位曲線

変形図
(絶対変位:
20mm)

塑性域の進展
(絶対変位:
5mm)

①の結果を構面モデルの解析に採用

構面せん断試験の解析

試験体名：1F-E

解析モデル

荷重・変形関係

試験体名：1F-F

解析モデル

荷重・変形関係

試験体名：2F-C

解析モデル

荷重・変形関係

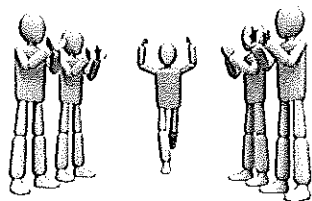
まとめ

- 当初課題としていた実用化に向けての課題
- ① 基礎-土台-CLTのディテールを具体的に設定
 - ② 連層の場合のPC鋼棒の接続方法を具体的に設定
- ↓
- 箱型金物を1階のCLTの上下と2階のCLTの上部に使用することによって各階で建て方が可能な仕組みを採用
- ↓
- 当初課題としていた実用化に向けての課題
- ① CLTと横架材間のめり込み剛性および強度データの整理が必要
 - ② 上記めり込み挙動も考慮した本工法の解析モデルの確立が必要
 - ③ 上記のデータが反映される構造解析プログラムの構築が必要
- ↓
- ① めり込みの情報を実験データを基に整理
 - ② 構造解析モデルを改良

問い合わせ先: cozy_in_woodstock@nifty.com

平成29年度 林野庁委託事業 都市の木質化等に向けた新たな製品・技術
の開発・普及委託事業（CLT普及促進）

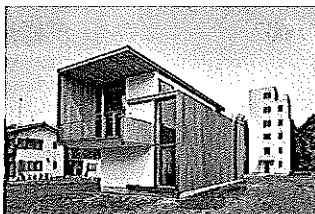
CLT普及に向けた 企画支援等の取り組み



(一社) 日本CLT協会
正木 祥子

1. CLT建築物の企画段階からの設計支援

基本計画や設計実務などに関する お悩み解決をサポートいたします!



CLTは大版の木質面材料で、2014年にJASにより材料規格が定められ、2016年に建築基準法に基づく一般的な設計法等の関連告示が整備されました。これまでにあった構造や工法とは異なる部分も多いため、本事業ではCLTの普及に向けて、**基本計画や設計実務などに関するお悩み解決をサポートいたします。**

事業項目

1. CLT建築物の企画段階からの設計支援
2. CLTデザインノートの作成
3. 講習会1: CLT企画立案講習会
4. 講習会2: CLT構造設計講習会構造計算ルート3編
5. 施工マニュアル等の整備

1. CLT建築物の企画段階からの設計支援

設計支援内容

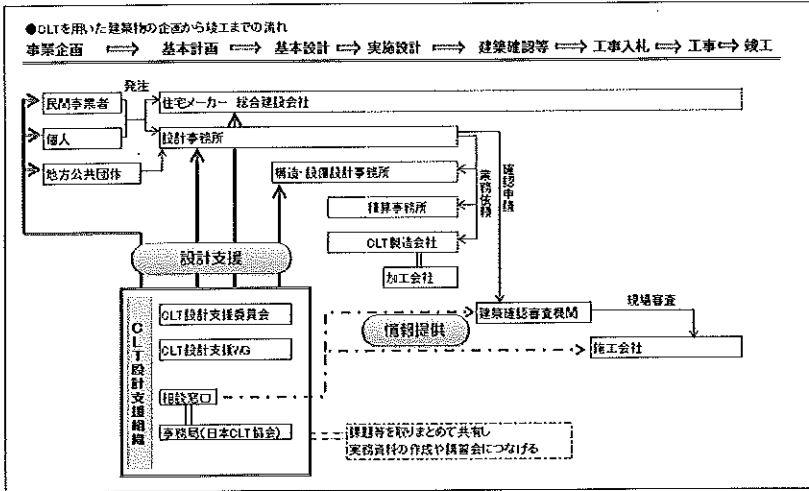
- ✓ CLTで建築をお考えの方
 - ✓ CLTで公共建築を計画している行政の方
 - ✓ CLT建築の設計を依頼されている設計事務所の方
- 専門家または実務経験者による
アドバイスが無料で受けられます**

分野

- ✓ 企画
- ✓ 構造設計
- ✓ 意匠設計
- ✓ 防火設計
- ✓ 温熱
- ✓ 遮音 etc.

- ✓ 本事業は、CLTを使った建物等の企画から設計までの課題に対して、専門家等によるアドバイスを無料で受けることのできる事業です（建設に要する建設費や設計費に対する支援ではありません）。
- ✓ 設計支援対象はCLTを使用していれば建物用途や使用方法、規模などに制限はありません（個人住宅等は除く）。
- ✓ 支援を受けた物件について、情報収集およびヒアリングを行う場合があります。

1. CLT建築物の企画段階からの設計支援 事業プロセスと支援イメージ

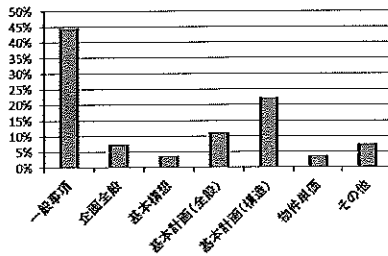
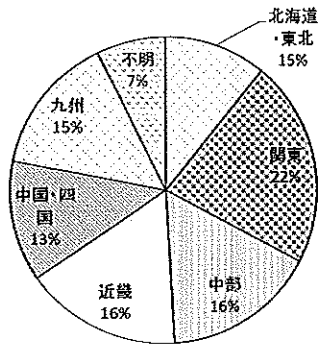


1. CLT建築物の企画段階からの設計支援

- 相談受付期間（アドバイザー派遣）
 - 第1期： 2017年7月26日～ 9月20日
 - 第2期： 2017年9月20日～11月30日
 - （期間終了後も電話・メール等で対応）
- 相談件数： 56件（内 担当アドバイザー派遣 6件）
- 相談者所属： 民間 47件（84%）、行政 9件（16%）
- 相談者と事業との関係
 - 施主 15件（27%）
 - 設計者・施工者 36件（64%）
 - その他 5件（9%）
- 主な建物用途
 - 共同住宅 7件
 - 戸建住宅 7件（支援対象外）
 - 事務所 5件
 - 商工会議所 4件

1. CLT建築物の企画段階からの設計支援

■建設予定地域および相談内容



- ・全国各地から相談が寄せられました。
- ・CLTについての一般的な質問や構造計画についての質問が多くありました。

1. CLT建築物の企画段階からの設計支援

■相談案件一覧
（アドバイザー派遣除く）

行政	設計	その他	施主
01	府舎	3	山形県 企画全般
02	飲食施設	1	岡山県 企画全般
03	公共トイレ	1	静岡県 基本計画(構造)
04	交流センター	1	東京都 プロポーザル
05	施設所	1	兵庫県 物件募集
06	-	-	山口県 講習会
07	-	-	兵庫県 助産事業
08	-	-	大分県 助産事業
09	-	-	大分県 助産事業
P1	共同住宅	3~4	埼玉県 一般事項
P2	分棟住宅	5	千葉県 一般事項
P3	賃貸住宅	2	神奈川県 一般事項
P4	賃貸専用施設	2	兵庫県 一般事項
P5	施工会議所	4~7	兵庫県 一般事項
P6	共同住宅	4	兵庫県 基本計画
P7	賃貸施設	7	北海道 基本計画
P8	クラブハウス	1	高知県 一般事項
P9	貸別荘	1	熊本県 基本計画(構造)
P10	保育園	2	東京都 一般事項
P11	共同住宅	3	東京都 基本計画(構造)
P12	宿泊施設	5	徳島県 一般事項
P13	事務所	1	山形県 基本計画(全般)
P14	保育園	2	福岡県 基本計画(全般)
P15	賃貸住宅	3	静岡県 基本計画(構造)
P16	賃貸施設	3	愛知県 基本計画(構造)
P17	自動車専用工場	1	愛知県 基本計画(全般)
P18	事務所	1	東京都 一般事項
P19	飲食施設	2	東京都 一般事項
P20	商業施設	6	大阪府 一般事項
P21	宿泊施設	2	奈良県 基本計画(構造)
P22	住居	1	山形県 基本計画(全般)
P23	スクール	1	山形県 基本計画(構造)
P24	幼稚園	2	山口県 一般事項
P25	公共施設	2	愛知県 一般事項
P26	福祉施設	2	徳島県 基本計画
P27	保育園	2	徳島県 基本計画(全般)
P28	病院	4	埼玉県 一般事項
P29	店舗	1	熊本県 一般事項
P30	-	-	熊本県 一般事項
P31	共同住宅	-	-
P32	-	-	-
P33	-	-	-

※戸建住宅を除く

2. CLTデザインノートの作成

建物の企画段階からCLTの活用を検討してもらえるよう、意匠設計者に向けたCLTの建物、構造特性・性能のポイントが把握できる「CLTデザインノート」を作成しました。

目次（案）

1. 実例集・・・国内外の実物件を紹介
 2. CLTパネルを採用するメリット・・・ユーザーへのアピールポイントまとめ
 3. 設計の進め方・・・設計初期からのプロセス、構造設計者の必要性
 4. 構造体の仕様・・・CLTパネルサイズ、材料強度、接合方法や金物等
 5. 一般事項・・・建物全般についての一般事項（適用範囲、建物配置）
 6. 施工判定・・・施工可能な計画地であるかをチェック
 7. 各部設計・・・各種仕様（防耐火、断熱気密、防水、遮音、室内空気室など）
 8. 設備設計・・・給排水、給湯、電気配線等設備配管に関する穴あけへの注意
 9. コスト・・・CLT材価の推移
- 付録 構造計算フロー・・・意匠設計者に向けた計画物件の構造計算ルート表

3. 講習会1: CLT企画立案講習会

企画者および地方自治体の営繕担当者に、CLTの理解を深めていただき、CLTの活用促進を図ることを目的とした「CLT企画立案講習会」を全国7か所で実施しました。講習会の資料はCLT協会HPにて公開しています。

開催概要

- 開催期間： 2017年10月26日～11月28日
- 参加者： 計453名（国・地方行政 39%、民間 59%、学生 3%）
- 講師： （一社）日本CLT協会
- プログラム：
 - 1部： CLTについての概要
 - ・CLTの特長
 - ・国内外の事例
 - ・製造工場・製造ビデオ
 - ・行政関連助成事業の紹介
 - 2部： CLT建築物について
 - ・関連告示の解説
 - ・他構法との利用方法
 - ・耐火性能
 - ・防蟻・防腐対策
 - ・温熱性能
 - ・遮音性能
 - ・企画、設計の進め方・建て方のポイント

3. 講習会1: CLT企画立案講習会

開催地	開催日時	会場	参加人数	備考
東京	2017年10月26日 9:30-12:30	TKP市ヶ谷カンファレンスセンター 3階 3A	95	
仙台	2017年10月30日 10:00-17:00	東北大学大学院工学研究科 人間環境系実験棟1階土木 大講義室	112	CLT建築物構造見 学会を同時開催
岡山	2017年11月7日 10:00-16:30	岡山国際交流センター 8F イベントホール	78	CLT建築物見学会 を同時開催
大阪	2017年11月14日 9:30-12:30	ツイン21MIDタワー会議室 20階 8会議室	51	
札幌	2017年11月17日 13:00-16:00	かでる2・7道民活動センタービル 10階 1040会議室	52	
名古屋	2017年11月21日 13:00-16:00	オフィスパーク名駅 カンファレンスセンター 501	39	
福岡	2017年11月28日 13:00-16:00	パピヨン24 2階 14会議室	26 (計453)	

4. 講習会2: CLT構造設計講習会 構造計算ルート3編

CLTパネル工法において、構造計算ルート1は、構造計算が簡易ですが、壁の配置やサイズ、架構形式などが限定されており制約があります。ルート3では、より自由度の高い設計ができる反面、構造計算ソフトを用いた高度な計算が要求されています。

ルート3で行う高度な計算では、安全性の確認に関わる作業が煩雑で、木造の構造設計に経験のある構造技術者、RC造などの構造設計を行う構造技術者においても、難易度が非常に高く、計算方法を習得するのは容易ではない状況です。

そのため本事業では、ルート3における構造計算手法に焦点を当て、モデル建築物を用いた構造計算書を基に、ルート3計算法習得に向けた講習会用テキストを作成しました（作成したテキストは、今後実施を予定している構造設計の実務者を対象とした講習会に使用する予定です）。

4. 講習会2: CLT構造設計講習会 構造計算ルート3編

モデル建築物の概要

- 6階建共同住宅
- 壁躯体のCLT:7層7プライ、床躯体のCLT:5層7プライ
- 1階、2階 : 2時間耐火仕様 (認定仕様がないことから想定仕様)
- 3階~6階 : 1時間耐火仕様
- 壁パネル割 : 耐力壁長さ1.5m以下 (計算シミュレーションで成立した壁長)

作成したテキスト

- ① 意匠図: 平面図、立面図、断面図、矩計図、鉄骨外階段詳細図
- ② 構造図: 基礎図、基礎リスト、1階壁パネル伏図、2階床パネル伏図、2階壁パネル伏図、3階床パネル伏図
- ③ 3階壁パネル伏図、4階床パネル伏図、4階壁パネル伏図、5階床パネル伏図、6階壁パネル伏図
- ④ R階床パネル伏図
- ⑤ 計算内容の説明を記入した構造計算テキスト
- ⑥ 応力解析モデル化のためのツール解説
- ⑦ 応力解析プログラムiGen (マイクrostイイジヤン) 操作説明テキスト

CLT設計支援のお問合せ先

●相談受付

一般社団法人日本CLT協会

専用TEL : 03-5825-4155

専用MAIL: clt-shien@clta.jp

H P : <http://clta.jp/>

●所在地

〒103-0004 東京都中央区東日本橋2-15-5 VORT東日本橋2階

●対応時間 平日 9:00~18:00

その他お問合せ先

一般社団法人日本CLT協会

TEL : 03-5825-4774 / MAIL: info@clta.jp

ご清聴ありがとうございました。



平成28年度 CLT強度データ収集事業の概要

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所

複合材料研究領域 チーム長 宮武敦

Forestry and Forest Products Research Institute



強度性能のデータ収集事業

- 平成24年度 林野庁補助事業
- 平成25年度 林野庁補助事業
- 農林水産技術会議プロ(H25～29)
– 伐採木材の高度利用技術の開発
- 国土交通省 平成25年度基準整備促進事業
- 平成25年度補正 林野庁委託事業 短期・長期
- 平成26年度 林野庁委託事業 短期・長期
- 平成27年度 林野庁委託事業

Forestry and Forest Products Research Institute



平成25～27年度委託事業 成果

項目	理論	ラゲ	係数
曲げ・積層方向	平行層理論	曲げ強度	0.4875
曲げ・幅方向	平行層理論	曲げ強度	0.60
圧縮	平行層理論	圧縮強度	0.75
引張り	平行層理論	引張強度	0.75
せん断・積層方向		横引引張強度	層構成毎β
せん断・幅方向	Flighの式	繊維方向せん断強度 接着層ねじり せん断強度	

長期性能 製材および5層5プライの結果から木材と同等の性能がある層構成

Forestry and Forest Products Research Institute



H28年度事業の目的

1. 厚いラミナ(小角材等を幅はぎ接着したラミナを含む)の使用が面外曲げおよび面外せん断性能に及ぼす影響の解明
2. 基礎的物性値のデータ収集
 - 2.1 CLTにおける直交層挙動の解析
 - 2.2 試験評価法に関する検討
3. 層構成
 - 3.1 長期性能評価
 - 3.2 圧縮における短柱・中間柱・長柱の範囲確認
 - 3.3 引張り
 - 3.4 面内せん断性能
 - 3.5 面内曲げ

Forestry and Forest Products Research Institute



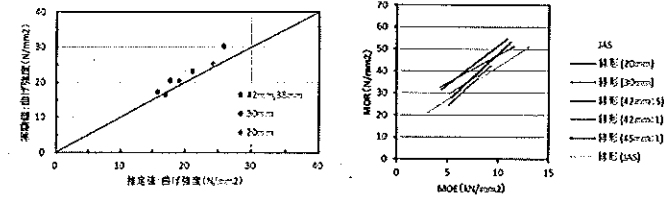
参画機関

- ・ (一社)日本CLT協会 <試験体製造管理>
- ・ (研)建築研究所 (2.2, 3.4)
- ・ (国大)宇都宮大学 (3.2, 3.4)
- ・ (公大)秋田県立大学 木材高度加工研究所 (3.5)
- ・ 富山県農林水産総合技術センター 木材研究所 (2.1)
- ・ 広島県立総合技術研究所 林業技術センター (1)
- ・ 鹿児島県工業技術センター (1)
- ・ (公社)日本木材加工技術協会 <推進委員会運営>
- ・ (研)森林総合研究所 (1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 3.5)

Forestry and Forest Products Research Institute



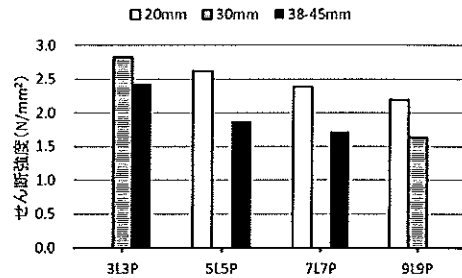
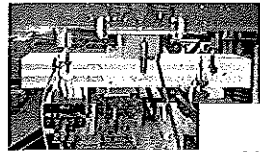
厚いラミナ(小角材等を幅はぎ接着したラミナを含む)の使用が面外曲げ性能に及ぼす影響の解明



Forestry and Forest Products Research Institute



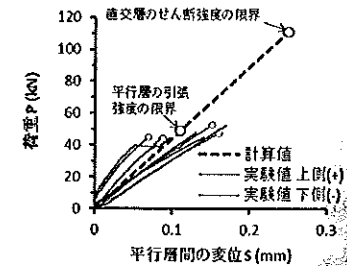
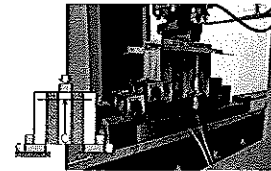
1.厚いラミナ(小角材等を幅はぎ接着したラミナを含む)の使用が面外せん断性能に及ぼす影響の解明



Forestry and Forest Products Research Institute



2.基礎的物性値のデータ収集 2.1 CLTにおける直交層挙動の解析

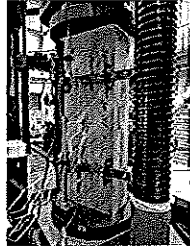
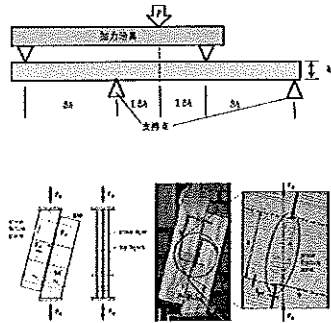


Forestry and Forest Products Research Institute



2. 基礎的物性値のデータ収集

2.2 試験評価法に関する検討



Forestry and Forest Products Research Institute



3. 層構成

3.1 長期性能評価

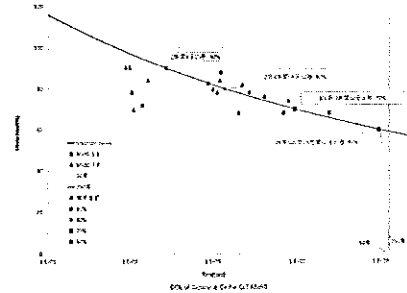


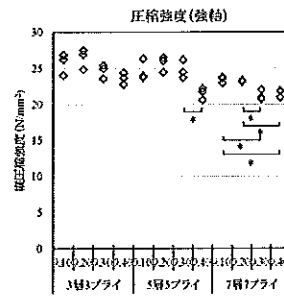
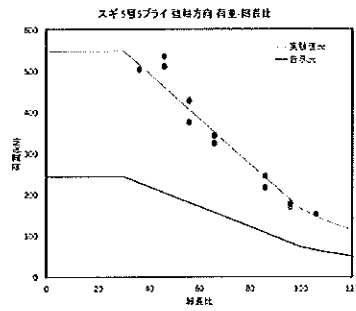
図3.1-7 破断時間と応力比の関係

Forestry and Forest Products Research Institute



3. 層構成

3.2 圧縮における短柱・中間柱・長柱の範囲確認



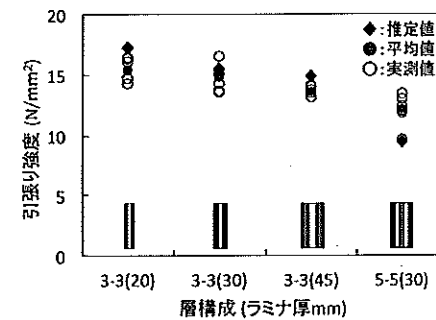
ラミナ厚さ	30mm	20mm	20mm
試験体厚さ	90mm	100mm	140mm

Forestry and Forest Products Research Institute



3. 層構成

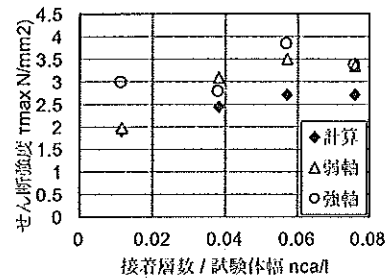
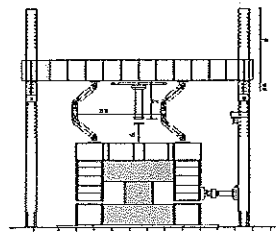
3.3 引張り



Forestry and Forest Products Research Institute



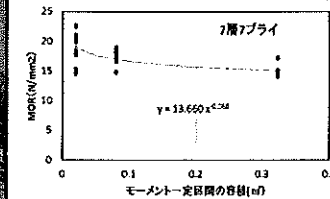
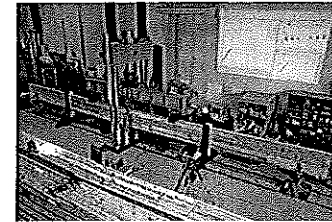
3.層構成 3.4 面内せん断性能



Forestry and Forest Products Research Institute



3.層構成 3.5 面内曲げ



Forestry and Forest Products Research Institute



まとめ

- これまでの強度データ収集は、ラミナ厚さを30mm前後と限定して行っており、これらのデータを前提としてCLT建築に関する基準法関連告示も規定されてきた。
- この適用範囲の拡大を目指してラミナ厚さや積層数等について従来試験を行ってこなかった範囲のCLTについて試験研究の対象とした。
- その結果、適用範囲を拡大すると告示式では危険側となる可能性があるもの(引張)、告示式で安全側に評価されるもの、などが明らかになってきた。
- 今後、建設コストを含めてより合理的な設計手法が求められることになると考えられることから、引き続きデータ収集を行う必要がある。

Forestry and Forest Products Research Institute



問い合わせ先

<内容>

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所 複合材料研究領域

宮武敦 email: Atsushi@ffpri.affrc.go.jp

<報告書>

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/various/documents/h28cltkyoudo.pdf>

Forestry and Forest Products Research Institute



平成29年度 CLTデータ収集事業の概要

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所

複合材料研究領域 チーム長 宮武敦

Forestry and Forest Products Research Institute



H29年度事業の目的

ラミナの幅厚さ比が各種強度性能に与える影響

- 面外曲げ性能 (ヒノキ・カラマツ)
- 面外せん断性能 (ヒノキ・カラマツ)
- 長期面外曲げ性能 (ヒノキ・カラマツ)
- 面内曲げ性能 (ヒノキ・カラマツ)
- 面内せん断性能 (ヒノキ)
- 引張り (ヒノキ)
- 圧縮 (ヒノキ)

CLTにおける直交層のせん断弾性係数とせん断強度

Forestry and Forest Products Research Institute



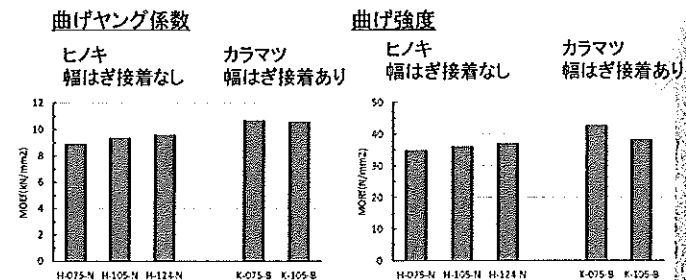
参画機関

- ・ (一社)日本CLT協会
- ・ (研)建築研究所
- ・ (国大)宇都宮大学
- ・ (地独) 北海道立総合研究機構 林産試験場
- ・ 富山県農林水産総合技術センター 木材研究所
- ・ 広島県立総合技術研究所 林業技術センター
- ・ 愛媛県林業研究センター
- ・ (公社)日本木材加工技術協会 <推進委員会運営>
- ・ (研)森林総合研究所 <中核機関>

Forestry and Forest Products Research Institute



面外曲げ性能



樹種—ラミナ幅厚さ比—幅はぎ接着有無

樹種 H:ヒノキ、K:カラマツ
ラミナ幅厚さ比 075:3、105:4.2、124:4.96
幅はぎ接着有無 N:なし、B:あり

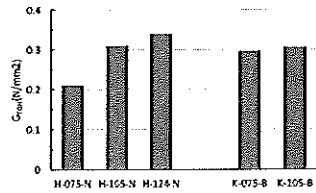
Forestry and Forest Products Research Institute



面外せん断性能

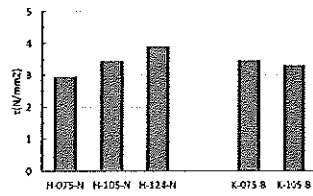
せん断弾性係数

ヒノキ 幅はぎ接着なし
カラマツ 幅はぎ接着あり



せん断強度

ヒノキ 幅はぎ接着なし
カラマツ 幅はぎ接着あり



樹種-ラミナ幅厚さ比-幅はぎ接着有無

樹種 H:ヒノキ, K:カラマツ
ラミナ幅厚さ比 075:3, 105:4.2, 124:4.96
幅はぎ接着有無 N:なし, B:あり

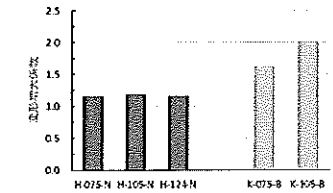
Forestry and Forest Products Research Institute



長期面外曲げ性能

変形増大係数

ヒノキ 幅はぎ接着なし
カラマツ 幅はぎ接着あり



樹種-ラミナ幅厚さ比-幅はぎ接着有無

樹種 H:ヒノキ, K:カラマツ
ラミナ幅厚さ比 075:3, 105:4.2, 124:4.96
幅はぎ接着有無 N:なし, B:あり

- 試験条件
ヒノキ 温湿度非定常下
カラマツ 温湿度定常下

- 評価法
告示法

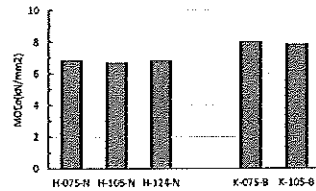
Forestry and Forest Products Research Institute



面内曲げ性能

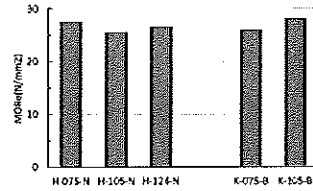
曲げヤング係数

ヒノキ 幅はぎ接着なし
カラマツ 幅はぎ接着あり



曲げ強度

ヒノキ 幅はぎ接着なし
カラマツ 幅はぎ接着あり



樹種-ラミナ幅厚さ比-幅はぎ接着有無

樹種 H:ヒノキ, K:カラマツ
ラミナ幅厚さ比 075:3, 105:4.2, 124:4.96
幅はぎ接着有無 N:なし, B:あり

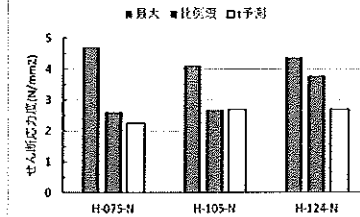
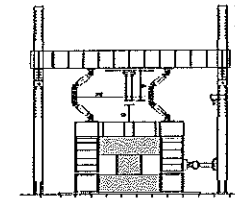
Forestry and Forest Products Research Institute



面内せん断性能

せん断強度

ヒノキ 幅はぎ接着なし



樹種-ラミナ幅厚さ比-幅はぎ接着有無

ラミナ幅厚さ比 075:3, 105:4.2, 124:4.96
幅はぎ接着有無 N:なし

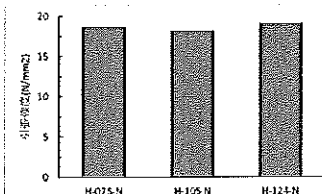
Forestry and Forest Products Research Institute



引張／圧縮性能

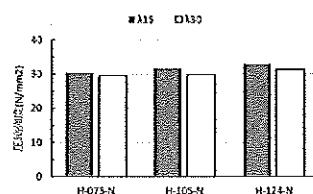
引張強度

ヒノキ
幅はぎ接着なし



圧縮強度

ヒノキ
幅はぎ接着なし



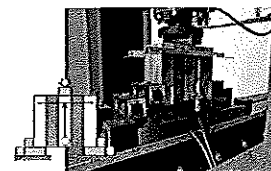
樹種-ラミナ幅厚さ比-幅はぎ接着有無

樹種 H:ヒノキ
ラミナ幅厚さ比 075:3、105:4.2、124:4.96
幅はぎ接着有無 N:なし

Forestry and Forest Products Research Institute



CLTにおける直交層のせん断弾性係数とせん断強度



- スギ、ヒノキ、カラマツについて、CLTの直交層(木口断面)におけるせん断弾性係数、せん断強度のデータ蓄積を図った。
- 試験条件の影響を解析中

Forestry and Forest Products Research Institute



まとめ

- 平成28年度に制定された建築関係基準の適用範囲を広げるための課題として、スギ以外の樹種におけるラミナ形状・寸法が各種強度性能に与える影響について取り上げ、ヒノキおよびカラマツを対象としてデータ収集を実施した。
- 面外せん断性能のせん断弾性係数とせん断強度には、比較的大きな影響が認められた。JAS規格に定める製造条件を守ることによって性能は保証できると考えられた。

Forestry and Forest Products Research Institute



問い合わせ先

<内容>

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所 複合材料研究領域
宮武敦 email: Atsushi@ffpri.affrc.go.jp

<報告書アップ予定>

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/various/documents/>

Forestry and Forest Products Research Institute

CLTの性能データ収集・分析 事業の実施内容概要

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所 複合材料研究領域

渋沢龍也

- ・ 木質材料の概説
- ・ 材料規格と建築基準
- ・ CLTの長期挙動
- ・ CLTの今後



木材の主要な用途

建築物の構造材が中心
→ 研究開発の目標

- ・ 低質原料から長大材を確保
- ・ 構造物に必要な性能の向上

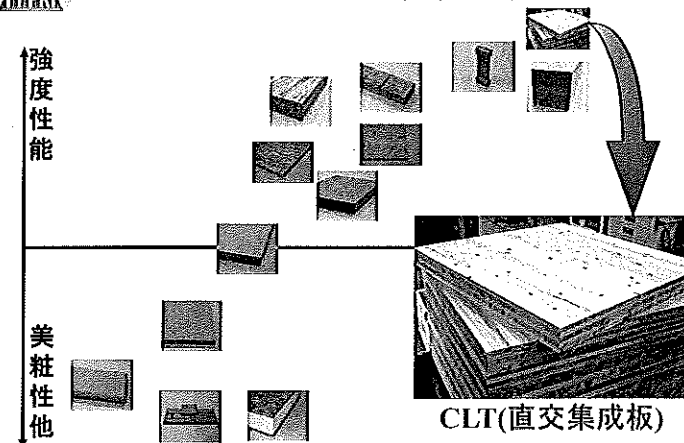


木質材料: 細分化した エレメントを再構成

- ・ エレメントが小さい
= 原料の選択の幅が広い
- ・ 再構成されている
= 性能のバラツキが小さい
- ・ 性能付与が可能
≠ 腐る・食われる, 燃える, くるう
→ 資源の有効利用, 性能の信頼性向上

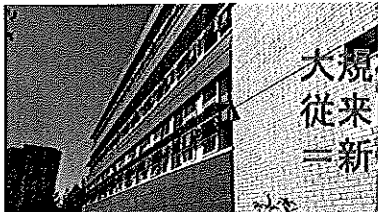
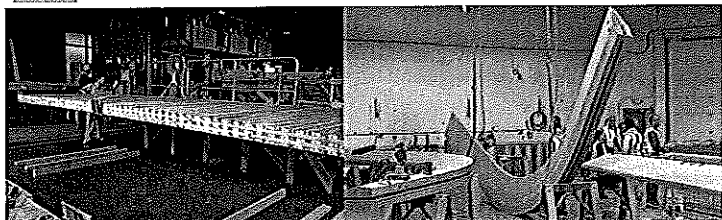


エレメント寸法と性能





CLTで何ができるか



大規模建築が可能→
従来にない用途
＝新たな性能保証が必要



主要な材料規格

工業標準化法

JIS A 5905-2014 繊維板

JIS A 5908-2015 パーティクルボード

農林物資の規格化等に関する法律

構造用パネルの日本農林規格(2013)

単板積層材の日本農林規格(2013)

合板の日本農林規格(2014)

集成材の日本農林規格(2012)

直交集成板の日本農林規格(2013)



直交集成板の名称の由来

Cross Laminated Timber

|| || ||
直交 積層 板



「集成」

幅はぎ+たて継ぎ+積層

製材由来の木質材料の再構成方法



直交集成板のJAS規格

性能の担保法1

・ラミナの品質+接着の程度

＝製造基準

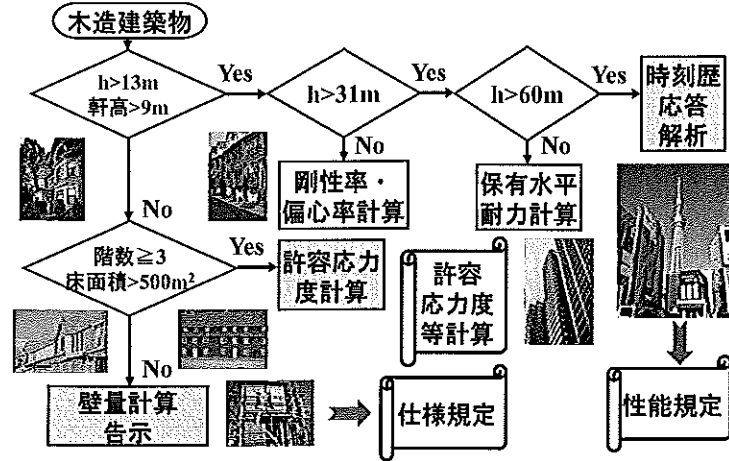
性能の担保法2

・CLTパネルの性能+接着の程度

＝性能基準



木造建築物の構造計算ルート

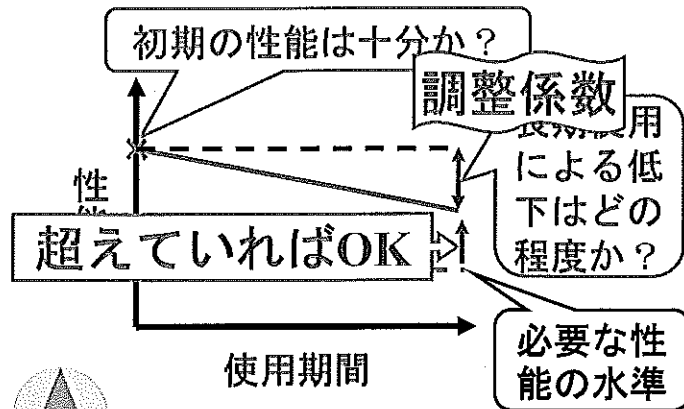


DOL・クリープ＝耐長期荷重

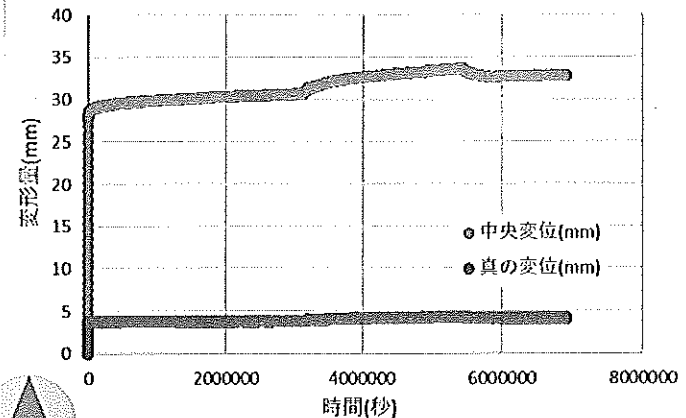
使用環境III: 破壊時間, 変形量



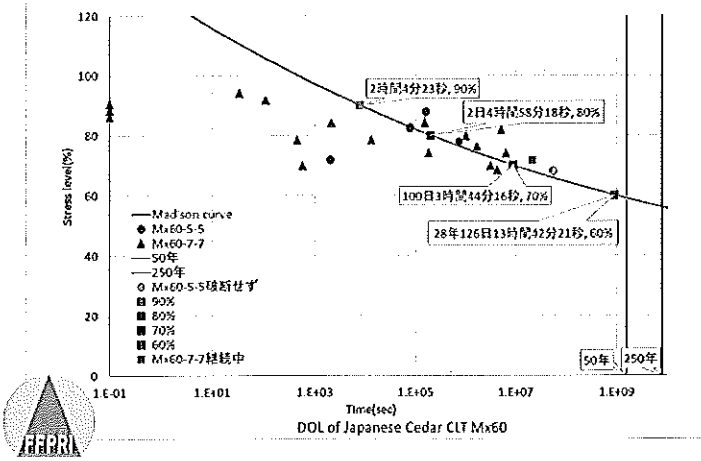
構造計算の概念



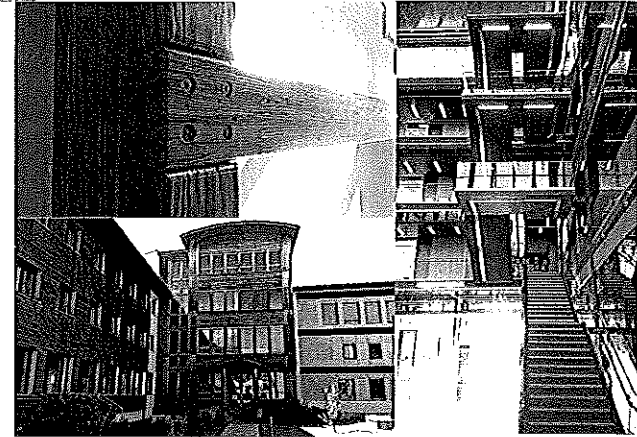
クリープの調整係数の検討



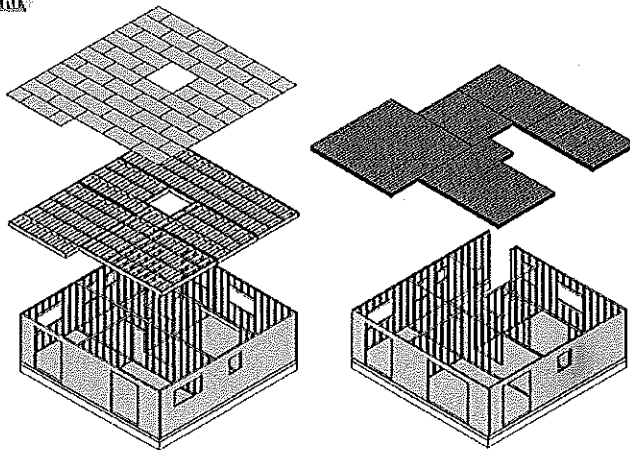
DOLの調整係数の検討



木質材料の普及戦略



CLTの普及戦略



ご清聴有り難うございました

平成29年度林野庁委託事業
都市の木質化等に向けた新たな製品・技術の開発・普及委託事業
CLT関連委託事業成果報告会(事業番号5)

CLT等接合部データ収集 FJで接合されたCLTの性能確認等

平成30年3月5日

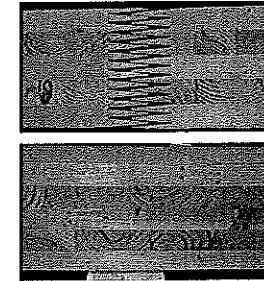
山佐木材株式会社
小松 賢司

事業の背景と目的

- CLTの需要の中に占める大判CLTの割合は大きいが大判CLTの製造可能な大規模な工場は日本ではごく一部に限られている。
- 大判CLTパネルの製造の為に大規模な工場を造る方向は、現状の小規模なJAS認定工場群では非現実的。
- そこで小判CLTパネルをフィンガージョイント(FJ)接合して大判化することを目標に、CLT同士のFJ接合性能の評価を事業の第1の目標とする。
- ラミナを幅向き接着してCLTを製造するシステムの場合、幅向きされたラミナ(幅向きプライ)をFJ接合で縦向き大判化することで、大判CLTの製造が可能となる。
- そこで、幅向きプライで製造された大判CLTの性能評価を第2の事業目的とする

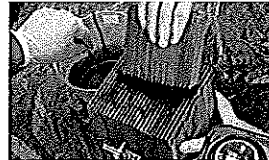
事業の主な内容

1. CLT同士をFJ接合する際の最適嵌合圧の評価
2. ラージフィンガー(LF)とノーマルフィンガー(NF)の比較
3. 小判CLT同士をFJ接合した場合の接合性能の評価
4. 幅向きプライFJ接合で縦向き大判化して積層したCLTの曲げ性能評価



最適嵌合圧を評価するための実験

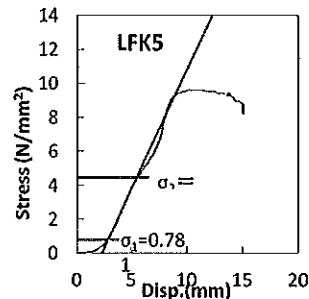
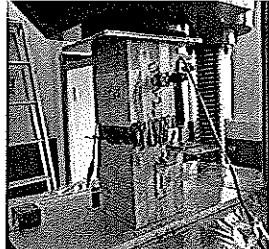
接着剤塗布(フィンガー加工したラミナを楯として使用)



主剤(エスレジンSR-160):硬化剤(NA)=100:15
(住友林業クレスト社製)

塗布量:250g/m²
塗布から嵌合までの時間:10分以内

嵌合試験(加力状況)



σ-δ関係の一例

最適嵌合圧を評価するための実験

- 荷重が大きすぎると木材に損傷が発生
- 荷重が低すぎると接着面に十分な圧縮圧力が伝達されない
- 実際の工程では高圧力を掛けることが困難な場合も多い
- 直線域の下限値に近い応力σ_{opt}を最適嵌合圧として採用

95%上側許容限界値(単位:N/mm²)

ラージ強軸				ラージ弱軸			
σ _{max}	下限	中間	上限	σ _{max}	下限	中間	上限
10.7	1.012	3.02	5.28	9.36	0.685	2.93	5.20
ノーマル強軸				ノーマル弱軸			
σ _{max}	下限	中間	上限	σ _{max}	下限	中間	上限
13.5	1.034	3.96	7.13	10.5	0.934	3.22	5.74

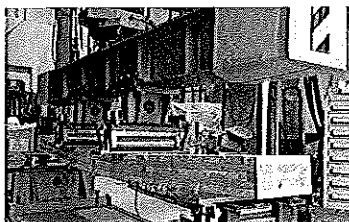
本事業に設置された委員会では、現場での接合も考慮して、全ての供試体のFJ最適嵌合圧を1N/mm²と決定した。

FJ接合されたCLTパネルの面外曲げ試験

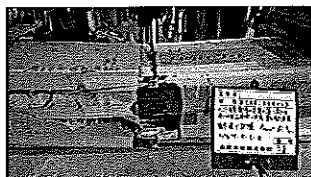
[設定パラメータ]

- CLTの種類: 3層3P、5層5P、5層7P (NFのみ)
- フィンガー長さ: 24mm (NF)、50mm (LF)
- 接合方向: 強軸-強軸、弱軸-弱軸

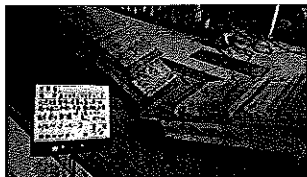
曲げ実験と評価方法は、住木センター編「構造用木材の強度試験マニュアル」に準拠した (CLTのFJ切削や接合工程に使用する機械の寸法上の制限から)



[破壊のパターン]



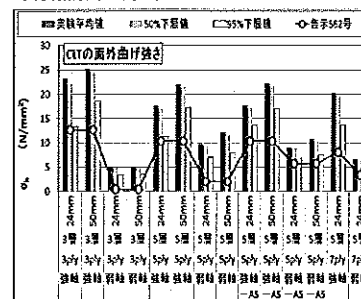
LF強軸



NF弱軸

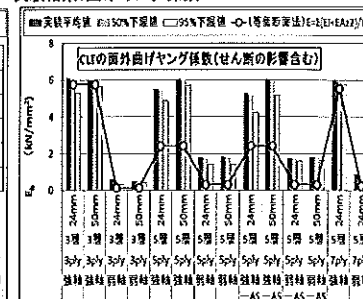
FJ接合されたCLTパネルの面外曲げ試験

実験結果: 曲げ強さ



- LF接合が、NF接合をやや上回るようである。
- 実測FJ接合強度は、告示562号の基準強度を上回った
- 5層5P-ASとは、FJを加力点直下に配置した試験体

実験結果: 曲げヤング係数



- LF接合とNF接合の違いは余りない
- 実測FJ接合の曲げヤングは、概ね等価断面法で求まるEbを上回るが、ほぼ同じ値を取るもの(3層3P)もあった

FJ接合されたCLTパネルの面内曲げ試験

[設定パラメータ]

- CLTの種類: 3層3P、5層5P、5層7P (NFのみ)
- フィンガー長さ: 24mm (NF)、50mm (LF)
- 接合方向: 強軸-強軸、弱軸-弱軸

曲げ実験と評価方法は、住木センター編「構造用木材の強度試験マニュアル」に準拠した (CLTのFJ切削や接合工程に使用する機械の寸法上の制限から)



[破壊のパターン]



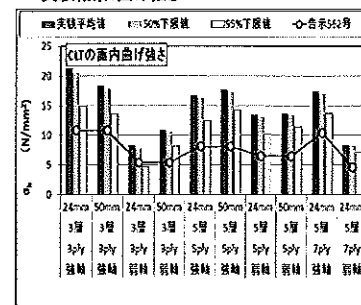
LF強軸



NF弱軸

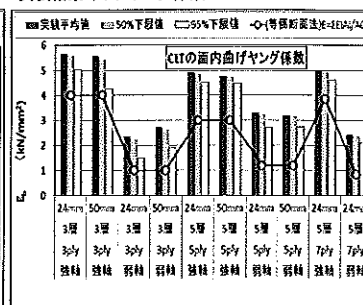
FJ接合されたCLTパネルの面内曲げ試験

実験結果: 曲げ強さ



- 3層3Pをのぞき、LF接合が、NF接合をやや上回る
- 実測FJ接合強度は、告示562号の基準強度を十分上回る

実験結果: 曲げヤング係数



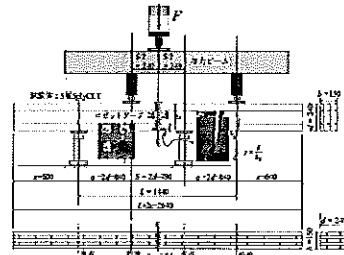
- LF接合とNF接合の違いはあまりない(ごくわずかにNF>LF)
- FJ接合の実測曲げヤングは、等価断面法で求まるEbを全て上回る

FJ接合されたCLTパネルの面内せん断試験

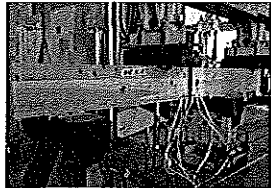
[設定パラメータ]

- CLTの種類: 3層3P、5層5P、5層7P (NFのみ)
- フィンガー長さ: 24mm (NF)、50mm (LF)
- 接合方向: 強軸-強軸、弱軸-弱軸

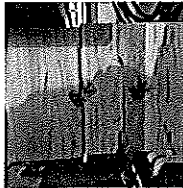
曲げ実験と評価方法は、住木センター編「構造用木材の強度試験マニュアル」のC法(逆対称4点曲げ方式)に準拠、 $a=S=2d=480\text{mm}$



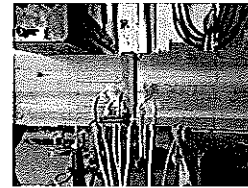
[加力状況]



[破壊のパターン]



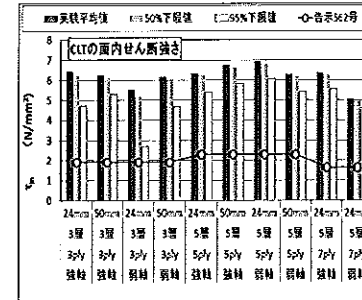
LF弱軸



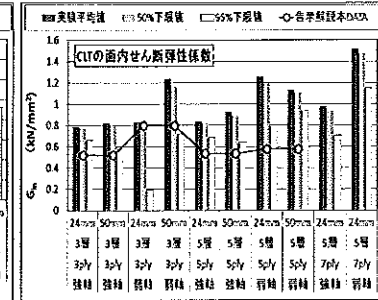
NF強軸

FJ接合されたCLTパネルの面内せん断試験

実験結果: 面内せん断強さ



実験結果: 面内せん断弾性係数



- LF接合とNF接合の違いに一定の傾向は認められない
- FJ接合実測せん断強度は、告示562号の基準強度を十分上回る

- 5層5P以外は、LF接合の値はNF接合の値を上回る
- FJ接合の実測せん断弾性係数は、告示解説本に計算例として掲載されている G_v の値を概ね上回る

FJ接合されたCLTパネルの面外せん断試験

[破壊のパターン]

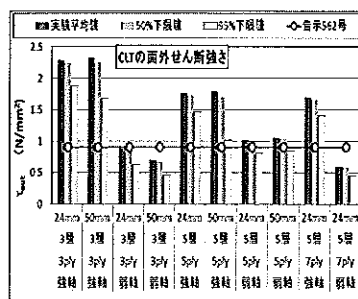


NF弱軸 (ローリングシア+曲げ)



NF強軸 (ローリングシア先行)

実験結果: 面外せん断強さ

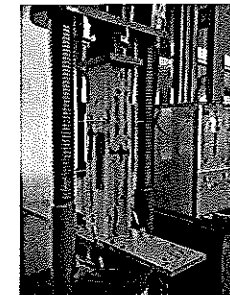


- 曲げ破壊が先行する場合が多かった
- FJ接合実測せん断強度は、告示562号の基準強度を下回るものもあった(特に弱軸は曲げが起り易い)

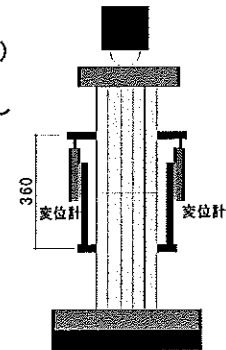
FJ接合されたCLTパネルの縦圧縮試験

[設定パラメータ]

- CLTの種類: 3層3P、5層5P、5層7P (NFのみ)
- フィンガー長さ: 24mm (NF)、50mm (LF)
- 接合方向: 強軸-強軸、弱軸-弱軸、FJ無し



縦圧縮試験加力状況

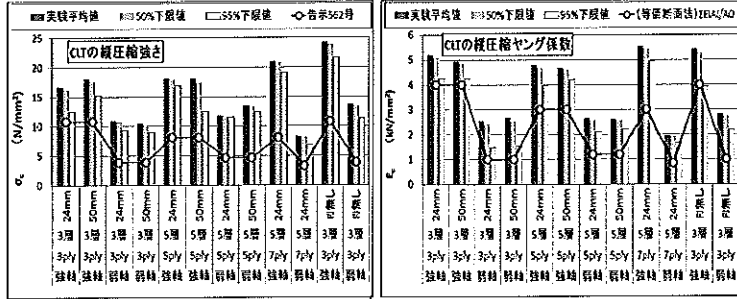


縦圧縮実験法と評価方法は、住木センター編「構造用木材の強度試験マニュアル」に準拠

FJ接合されたCLTパネルの縦圧縮試験

13

実験結果:縦圧縮強さ



- LF接合とNF接合の違いに一定の傾向は認められない
- FJ接合の実測縦圧縮強度は、告示562号の基準強度を十分上回る
- LF接合とNF接合の違いは殆どない
- FJ接合の実測縦圧縮ヤング係数は、等価断面法で計算される E_c の値を概ね上回る(弱軸層での抵抗が無視できないため)

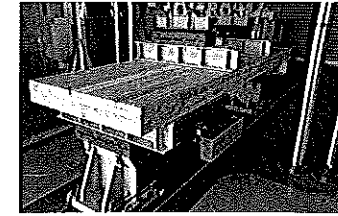
縦継ぎ幅短ぎプライCLTの面外曲げ試験

14

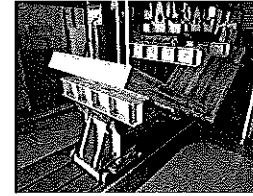
[設定パラメータ]

- ・FJ長さ:24mm(NF)、50mm(LF)
- ・FJの位置:中央集中、一定モーメント区間内で乱に配置

曲げ実験法と評価方法は、住木センター編「構造用木材の強度試験マニュアル」に準拠



[破壊のパターン]



FJ中央集中(NF)

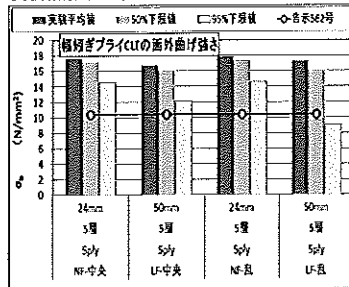


FJ乱に配置(NF)

縦継ぎ幅短ぎプライCLTの面外曲げ試験

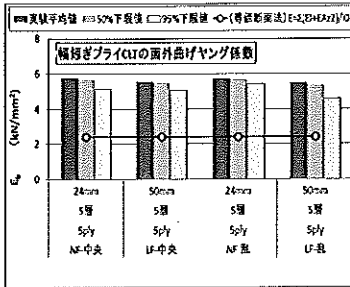
15

実験結果:曲げ強さ



- NF乱が一番安定した性能を示した
- NF中央集中は破壊性状が非常に脆性的で危険
- 実測曲げ強度は、告示562号の基準強度を上回るが、95%下限値が下回ったものもあった。

実験結果:曲げヤング係数



- 曲げヤング係数はほぼ一定の値を示した。
- 実測曲げヤング係数は、等価断面法による値を十分上回った。

まとめ

16

- CLTをFJで嵌合する場合の最適嵌合圧を1N/mm²と定めた。
- FJ接合されたCLTパネルの面外、面内曲げ性能はいずれも告示562号の基準強度や等価断面法で得られるヤング係数を上回った。
- 曲げ性能に関しては、LF接合の方が若干高い性能を示す傾向があった。
- FJ接合されたCLTパネルの面内せん断強度は告示562号の基準強度を十分上回った。
- 一方、FJ接合されたCLTパネルの面外せん断強度は告示562号の基準強度を下回るものもあった。その原因の一つとして、短スパン3点曲げで曲げ破壊が先行した事が考えられた。
- 縦継ぎ幅短ぎプライCLTの曲げ性能はFJの位置に関わらず、告示562号の基準強度を上回った。

当報告に関する 問合せ先
山佐木材株式会社 建設部 小松賢司
TEL 0994-31-4141 E-mail komatsu@woodist.co.jp

CLTを活用した ツーバイフォー工法の新展開

平成30年3月5日

(一社)日本ツーバイフォー建築協会
技術部 佐藤 昌義

事業内容

①壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能検証

準耐火構造(45分、60分)に適用できる被覆された枠組壁とCLT床(天井面現し)の接合部の防火性能の検証を国産材の試験体を使って実施する。

②CLT活用上の設計・施工の実務者向けガイドブックの作成

設計者を対象とした、CLT床版と枠組壁の接合部や配線・配管などの納まり詳細図面や施工方法および上記①で性能確認が完了した現し仕様の納まり詳細も加えた設計・施工ツールとしてガイドブックを作成する。

③CLTの現し使用や建築全体での現しを活かした設計の参考事例の収集とガイドブックの資料の整理

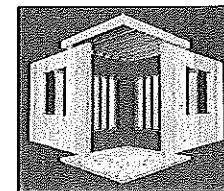
日本ツーバイフォー建築協会が大臣認定を取得した外装に木を使った仕様を含め、国内外の外装材や内装材に木を使用した事例などを収集し、設計のプロセスやデザインの手法などを整理する。

事業目的

一社)日本ツーバイフォー建築協会では、ツーバイフォー工法による中高層建築物の実用化に向けてCLTの導入を図っており、設計を簡易化するためのCLT床及び屋根のスパン表及び特記仕様書の作成など技術開発を進めている。また、平成29年9月の告示改正によりさらにこの導入が容易にできるようになった。CLTをツーバイフォー工法の床版・屋根版に利用することにより、準耐火建築物においてはCLTを現しにすることができ、ツーバイフォー工法での構造体の現しという新しい展開により、さらに木質感の表現方法の提案が可能となった。しかし、その中で接合部の遮炎性についての性能検証や実務者が使用しやすいような設計、施工方法の具体的な提示については取り組まれておらず、普及に向けた課題が残っている。そのため、本事業では課題解決に向けた取り組みとして、壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能の検証や実務者向けのガイドブック作成、資料の整備を実施することを目的とする。

ツーバイフォー工法とは

ツーバイフォー工法は、構造用製材による枠組みに構造用合板を張った床・壁・天井(屋根)による「六面体構造」を基本として、高い耐震性を確保している。構造用製材は、JAS規格や海外の公的規格などによって厳しく品質がチェックされている。そのほとんどがカナダから輸入されており、近年は国産材の構造用製材の工場も増えている。規格化は接合部に使用するクギにも行われており、使用箇所によってサイズや使用本数に至るまで明確に規定されている。このようにツーバイフォー工法は細かく規格化・マニュアル化されているため、高品質・高性能を安定的に実現できる。



www.naturallywood.com

①壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能検証

1. 試験名称「木造1時間準耐火構造CLT床及び枠組壁接合部の準耐火性能試験」

2. 試験目的

CLT床版の下面(下階から見上げると天井面)を現しとした場合、これを支持する枠組壁工法壁との取合部の防耐火性能を確認する。

3. 試験委託先

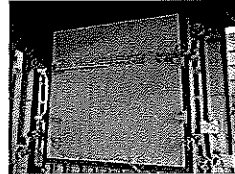
一般財団法人ベターリビング

4. 試験依頼者

一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会

5. 試験日

平成30年6月13日、27日(2日間)



①壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能検証

4. 試験方法

令第129条の2の3第1項第一号口の規定に基づく認定に係る準耐火性能評価試験法に準じた。(1時間準耐火構造)

試験は無載荷にて実施した。

経年変化を見込み、CLT床板(天井側)と枠組壁工法壁の天端には、2mmの隙間をあらかじめ設けた。

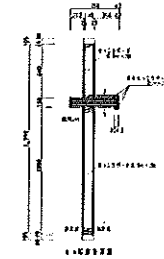
5. 試験体仕様

床と壁の取合部の仕様は以下の通りである。

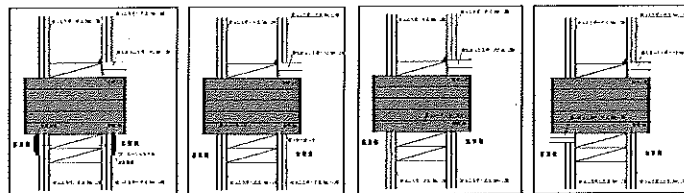
	加飾面	裏面側
A-1	木製梁継ぎ	木製梁継ぎ
A-2	耐火シーラント	耐火シーラント
B-1	耐火シーラント	耐火シーラント
B-2	設置なし	強化石膏ボード12.5mm×2枚

床と壁の取合部の仕様

床板の仕様: CLT(スギ) 5層5プライ
 壁の仕様: たて枠、上下枠、目づなぎ/厚種2x35PF
 柱頭/圧込材、龍巻側ともせつこボード12.5mm×2枚



①壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能検証



A-1
木製梁継ぎ-木製梁継ぎ

A-2
耐火シーラント-耐火シーラント

B-1
耐火シーラント

B-2
耐火シーラント-強化石膏ボード

床と壁の取合部の仕様

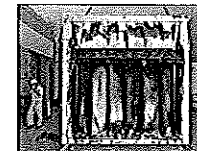
①壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能検証

6. 試験結果

・遮炎性(合格)

床と壁の接合部から裏面側への炎の噴出はいずれの仕様も発生しなかった。

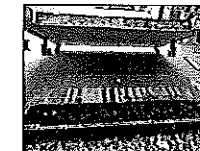
目づなぎの炭化の経路より、圧込材から裏面側に向けて、A-1では約25mm、A-2では約20mm、B-1では約22mm、B-2では約28mm炭化が確認された。また、CLT(天井側)の炭化の経路により、圧込材から裏面側に向けてA-1では約27mm、A-2では約20mm、B-1では約22mm、B-2では約27mm炭化が確認された。炭化の進行が進入位置所、概ね目づなぎとCLTとで同じになっていた。



試験終了後の加飾面



試験終了後の床下面

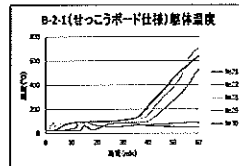
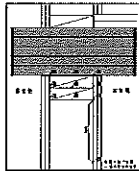


試験終了後の炭化後状態

①壁とCLT床(天井面)の接合部の防火性能検証

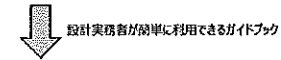
・遮熱性(参考)

試験体裏面側の床と壁の接合部の木部(頭つなぎ)表面温度は最高で88.3度(B-2裏面側のみ強化せつこうボード12.5mm×2枚)であった。
 ・躯体温度測定結果の観察より、試験体裏面側の床と壁の接合部の木部(頭つなぎ)の温度のピークは加熱開始後約30分後に出る結果となった。
 A-1仕様のみ15分後がピークとなった。木製廻縁の燃焼の影響があったと考えられる。



②CLT活用上の設計・施工の実務者向けガイドブックの作成

CLTをツーバイフォー工法の床版・屋根版に利用するメリットとしては、①準耐火建築物においては、CLTを現しにすることができ、木質感を醸し出せること、②オーバーハングの出幅をツーバイフォー工法の床組よりも長くすることができ設計の多様化が図られること、③床組の施工時間の短縮化が図られるなどが考えられる。特に④ではツーバイフォー工法での木質感の表現方法が、さらにCLTを床版・屋根版に利用することで構造体の現しという新たなツーバイフォー工法の提案として可能となった。



2×4+CLTマニュアル

CLTを活用したツーバイフォー工法における現し設計の手引

②CLT活用上の設計・施工の実務者向けガイドブックの作成

2×4+CLTマニュアル

～CLTを活用したツーバイフォー工法における現し設計の手引～

目次

「座談会」CLTが拓くツーバイフォー建築の木の現し空間 CLT現しイメージ事例紹介

1. ツーバイフォー工法の床・屋根にCLTを使うには

- 1-1 告示改正の解説 ～使いやすくなった理由～
- 1-2 構造計算のポイント
 - (1) 構造計算ルート
 - (2) 材料の基本強度と接合具について
 - (3) スパン表
- 1-3 標準的な架構の構成と接合方法

2. ツーバイフォー工法で木の現し設計をするには

- 2-1 現し設計のポイント
 - 2-2 意匠に對する考え方
3. ツーバイフォー工法とCLTの施工における留意点
- 3-1 施工の際の留意点
4. ツーバイフォー工法にCLTを使った設計事例

← 試験結果により作成



②CLT活用上の設計・施工の実務者向けガイドブックの作成

「座談会」CLTが拓くツーバイフォー建築の木の現し空間



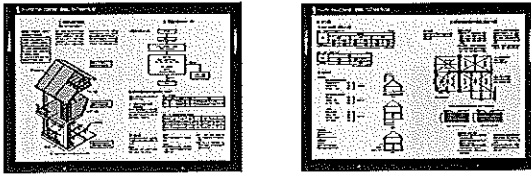
CLT現しイメージ事例紹介



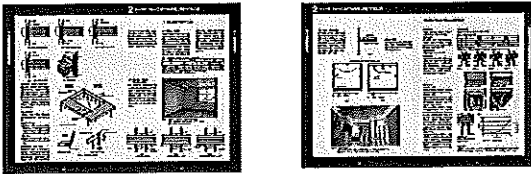
②CLT活用上の設計・施工の実務者向け ガイドブックの作成

15

1. ツーバイフォー工法の床・屋根にCLTを使うには

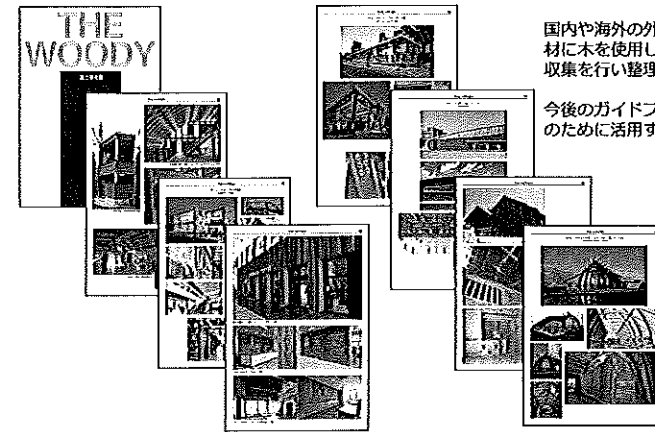


2. ツーバイフォー工法で木の現し設計をするには



③CLTの現し使用や建築全体での現しを活かした 設計の参考事例の収集とガイドブックの資料の整理

16

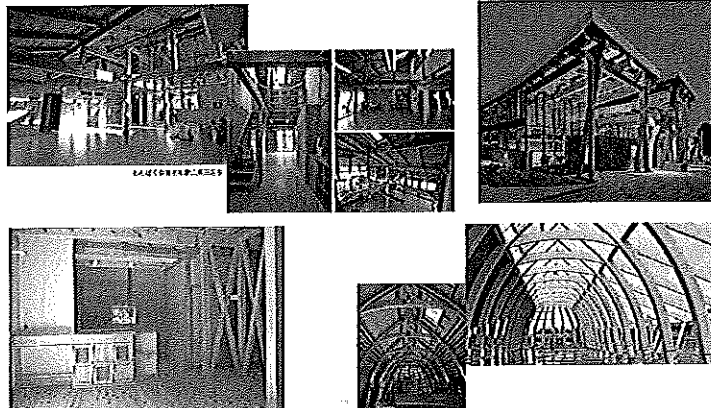


国内や海外の外装・内装材に木を使用した事例の収集を行い整理した。

今後のガイドブック作成のために活用する。

③CLTの現し使用や建築全体での現しを活かした 設計の参考事例の収集とガイドブックの資料の整理


15



最後に

16

マニュアル製作に際し、様々な方にご支援をいただきました。特に日本CLT協会様には多大なるご協力をいただきました。この場をお借りして、お礼申し上げます。また、CLTをツーバイフォー工法に活用することによる新たな展開によって様々な分野での木造化促進を図ってまいります。ご清聴ありがとうございました。


 JAPAN 2-STORE WOOD FRAME ASSOCIATION
 一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会

(表紙内容に対するお問合せ先)
 一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会 技術部 佐藤
 〒105-0001
 東京都港区虎ノ門1-16-17虎の門センタービル8階
 電話：03-5157-0835
 FAX：03-5157-0832
<http://www.24ba.or.jp/>

CLT関連委託事業成果報告会

事業番号 18

「木質耐火部材開発」

鉄骨接合部・床貫通孔等の
耐火性能の検証

平成30年 3月5日

山佐木材株式会社
塩崎 征男

Woodist
山佐木材株式会社

鋼構造オフィスビル床のCLT化

林野庁委託事業 平成25年度補正から
平成28年度まで継続



実物件 平成30年竣工予定
佐賀市 松尾建設(株)様 新社屋に採用

その他にも
平成27年度 鹿児島県補助事業
事業名:かごしま木づかい推進交付金事業

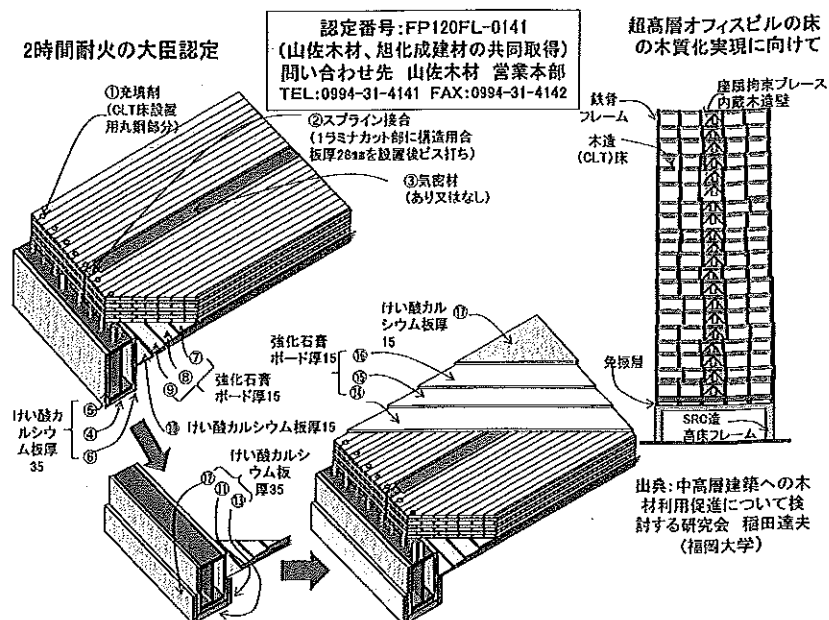
全ての報告書は、山佐木材(株)のH.P. ⇒CLTの中⇒
研究・開発から全てダウンロードが可能

■平成28年度 林野庁委託事業

・事業名:都市の木質化等に向けた新たな製品・技術の
開発・普及委託事業(木質耐火部材開発)
「鋼構造オフィスビル床のCLT化」

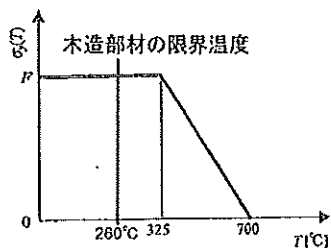
実施項目

1. 床貫通孔耐火被覆及び床取合部の耐火性能確認
2. パイプシャフト用矩形床開口部の性能確認
3. CLT関連告示の内容を踏まえ、剛床の成立を初めとする、
構造に関する検討、見直し、確認。
⇒福岡大学・大分大学に再委託
4. 鉄骨はり接合部耐火被覆の耐火性能



鉄骨造にCLTの床を使用する場合の検討

1. 剛床仮定成立に向けての検討 ⇒ 再委託 各大学で検討
2. S造とW造の耐火性能の違い



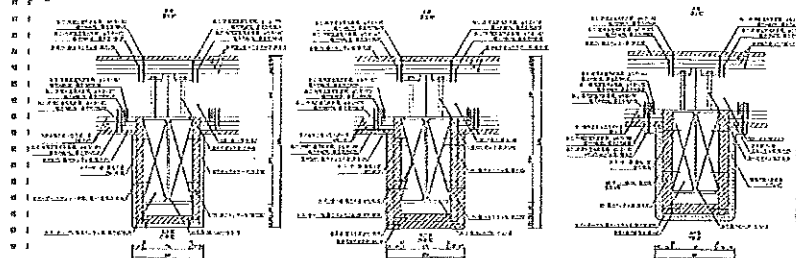
鋼材の限界温度
耐火性能検証法において 鋼材の
高温時における有効降伏応力度を下式
により近似するとしている。

$$\sigma_y(T) = \begin{cases} F & T < 325 \\ F \cdot \left(\frac{700-T}{375} \right) & 325 < T < 700 \end{cases}$$

木材は?

木造部材の限界温度260°C (同 耐火性能検証法)

今回試験を行った 鉄骨梁の 被覆仕様



- ① ケイ酸カルシウム板 25mm(1時間耐火認定)
の外側に強化石膏ボード 15mmを追加
- ② ケイ酸カルシウム板 25mm(1時間耐火認定) の外側に強化石膏ボードの2重貼
- ③ ケイ酸カルシウム板 35mm(2時間耐火認定) の目地部のみを AESウールで被覆

施工性から考えると、ボードよりもロックウールの方が優れているが、既往の加熱試験においてロックウール系では鋼材温度が400°C近くまで上昇し、加熱1時間とは言え200°Cは超えると予想されたため採用していない。

平成27年度の事業においても鉄骨梁の2時間耐火の被覆仕様での試験を実施した。報告書は、山佐木材(株)のH.P.からダウンロードが可能

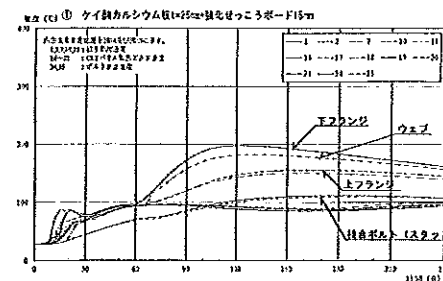
当事業では、同様 1時間耐火における鉄骨耐火被覆の性能について 確認試験を実施した

新たに鉄骨構造における 耐火認定を取得はしない既認定済みの認定仕様に被覆を追加し、フランジ上面のCLTとの接触面の温度を200°C以下になることを目指す

結果と考察

仕様①~③すべてにおいて炭化・変色は見受けられず、1時間耐火構造における鋼材の被覆としては、有効であることが確認できた。優位性について順に並べると

- A. 内部温度 性能 ② > ① > ③
- B. 施工性 ③ > ① > ②
- C. 価格 ① > ③ > ②



①仕様の内部温度

他の仕様においても上フランジの温度は200°C以下となった

より施工性・コストの良い仕様についても既に数案が有り今後 確認予定

床貫通孔耐火被覆及び
床取合部の耐火性能確認

@woodist
www.woodist.co.jp

床貫通孔の耐火性能確認

平屋の建築物以外においては、床を貫通して上下階を結ぶ設備配管が、配置される。耐火性能を要求される建築物において、設備配管はもちろんであるが貫通する床・壁の孔部分の耐火性能も必要となる。今回は、株式会社 吉野石膏が開発した石膏筒（外径270φ）を2時間耐火構造認定取得済み仕様のCLT床に配置し、床耐火試験同等の加熱を行い、そのCLTとの接触面や支持部分について同様2時間耐火性能同等の性能を保有することを確認することとした。

合成スラブ面との界面における耐火性能確認

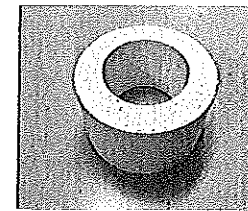
中高層・超高層を問わず 各階全てをCLT床とする場合以外にエレベーターシャフト部分、水回部分などをRC合成スラブ等を採用するケースが想定される。その界面の仕様について貫通孔の試験体端部に界面部分を再現し2時間耐火加熱試験時鶴等の加熱試験実施し、性能について確認を行うこととした。

床貫通孔耐火被覆及び
床取合部の耐火性能確認

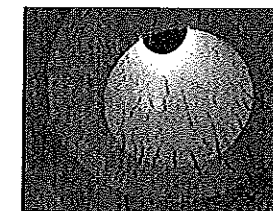
@woodist
www.woodist.co.jp

結果と考察 1. 石膏筒の今回の仕様の取付方法では、CLTへの被覆材取付前・後に関わらず2時間の耐火性能が確認できた。

2. 他構造側自体が耐火性能を有していれば界面部での下階からの火災の吹き出しはないものと考えられる。ただ界面において隙間0での施工は困難なため、できるだけ小さな隙間とロックウール等の火災を遮断できる不燃材の充填は必要となる。



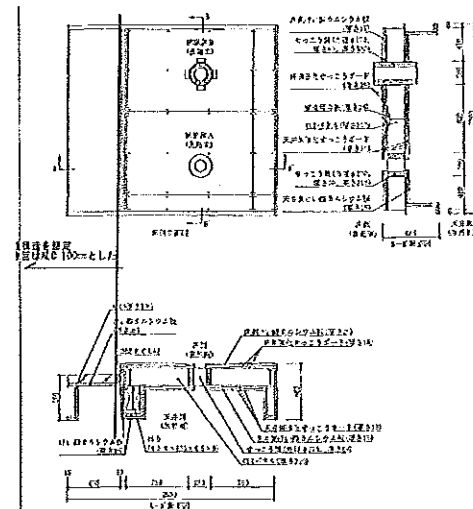
石膏筒 加熱前



石膏筒 加熱後

床貫通孔耐火被覆及び
床取合部の耐火性能確認

@woodist
www.woodist.co.jp



試験体図
詳細は、報告書参照

石膏筒を予め工場で
セットする先施工タイプと
現場でセットする
後施工タイプの2種類で
確認試験を実施

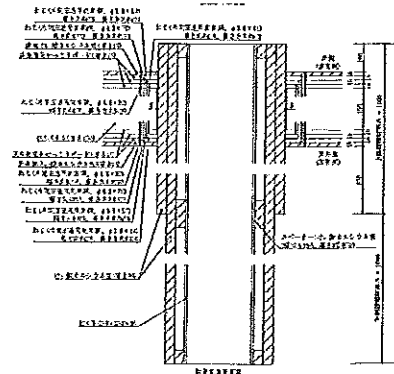
RC床等他工法の
耐火床は、
ALCで再現した

パイプシャフト用矩形床開口部の性能確認

@woodist
www.woodist.co.jp

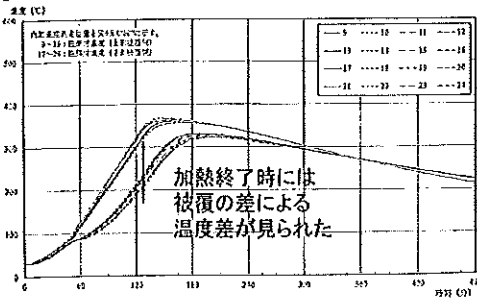
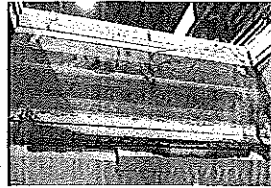
先の石膏筒と同様、鋼管を2時間耐火構造認定取得済み仕様のCLT床に配置し、床耐火試験同等の加熱を行い、そのCLTとの接触面や支持部分について同様2時間耐火性能同等の性能を保有することを確認することとした。

鋼材の耐火被覆は、以前行ったCLTの梁接合部で2時間の耐火性能を確認したケイ酸カルシウム板35mm 2重をCLT木口の接触部1mまでとし、それより離れた位置は、鉄骨構造柱2時間耐火認定のあるケイ酸カルシウム板35mm 1重仕様とした。

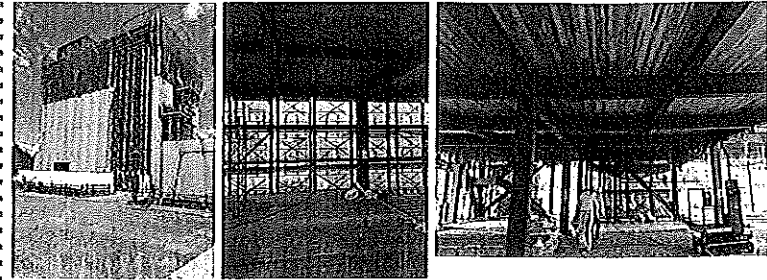


結果と考察

CLT木口の炭化・変色は見受けられなかった。
CLT接触部分は、前年で確認した2時間加熱
に対応できる 被覆仕様としていたためと
思われる



貫通孔だけから考えると、
CLT木口接触面のみを考慮する
ことで、一般部は鋼管の耐火
被覆に準じることで貫通孔部
の耐火性能は確保できると
思われる。
しかし 柱⇒梁への
熱伝導を考えると柱にも
梁同様の2時間対応の被覆が
必要と思われる



今後の検討課題

1. CLTの耐火被覆材の改良⇒ 床の性能・施工性・コストの改善
2. 鋼材からの熱伝導を防ぐ鉄骨被覆材の改善
3. 鋼材への接合方法の改良

第1号物件への採用事例
松尾建設(株)本店ビル建設事業計画

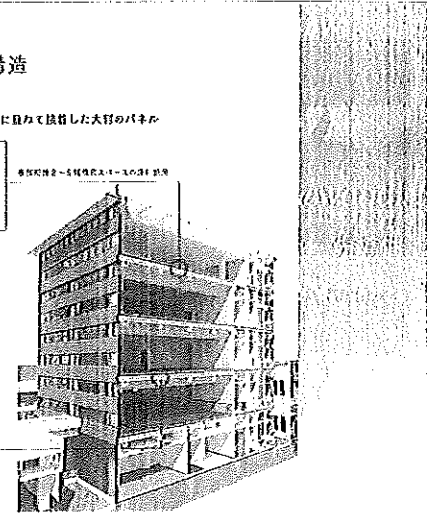
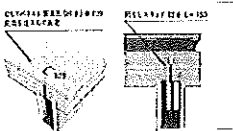
国内初のCLT床2時間耐火構造

CLT (Cross Laminated Timber)
の専横を並べた層を、板の方向が揃うように直交するように重ねて積層した大径のパネル

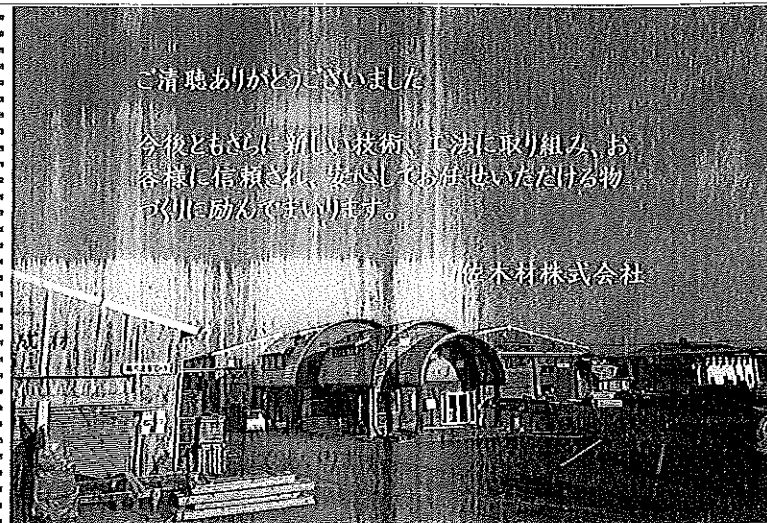


6階建て以上の鉄骨造建物で
2時間耐火となる床構造
国内初

床と梁の接合部(柱角付部)



当報告に関する 問合せ先
山佐木材株式会社 技術本部 塩崎征男
TEL.0994-31-4141 E-mail shiozaki@woodist.co.jp



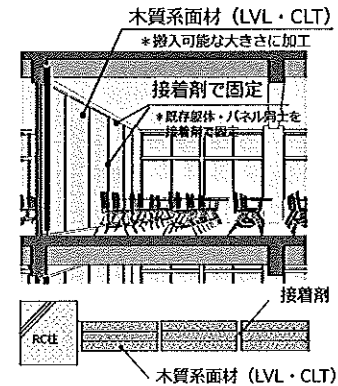
CLT等の木質材料を用いたRC造耐震補強壁の開発

(株)ドットコーポレーション
 有限会社ドットコーポレーション
 TAKENAKA (株)竹中工務店
 京都大学 生存圏研究所

発表者/京大大学生存圏研究所 教授 五十田博

開発工法の概要

木質系面材を用いた耐震補強工法



- 1) 工法の特徴
 - ・木質材料を補強材に利用
 - ・木質パネルが軽量
 - ・分割して搬入可能
 - ・接着による簡易な接合
 ⇒耐震改修率への貢献
 人手不足への対応
- 2) 木質材料の活用
 - ・仕上げを兼用しての内装木質化
 - ・Co2の固定化 (低炭素社会)
 ⇒林業の活性化
 環境貢献

構造用LVLを配筋壁として用いたRC架構の耐震補強の構造性能に関する研究
 その1 - その2
 日本建築学会大会学術発表要録2014年

研究全体の概要

接着接合によるRC建築物に対する補強について

1. 詳細な抵抗機構の検証 (せん断力の伝達機構)
 - 上下・左右のRCとの接着面の寄与度
 - CLTの幅はぎの有無の影響
 - CLTの繊維方向 等
2. 柱スパンの影響
3. 開口部の影響と補強方法

↓
 1/3モデルの試験体での検証
 各部位、材料の要素試験での検証

フレーム試験体計画(CLT)

試験体	配筋部	構部
F-00	RC骨組(標準)	内法1540×840mm 補強なし
F-10	RC骨組(長スパン)	内法2940×840mm 補強なし
W-C01	RC骨組(標準)	最外層鉛直方向 (以下、直交とする。)
W-Cs01	RC骨組(標準)	最外層鉛直から30度斜交 (以下、斜交とする。)
W-C03	RC骨組(標準)	直交・方立仕様 (両側開口)
W-Cs02	RC骨組(標準)	斜交・鋼板挿入+接着接合 (接着面増大)
W-C11	RC骨組(長スパン)	内法2940×840mm 直交
W-C02	RC骨組(標準)	直交 (幅はぎなし)
W-C03sh	RC骨組(標準)	直交・上下スリット
W-C04sv	RC骨組(標準)	直交・左右スリット
W-C21	RC骨組(短スパン)	内法880×840mm 直交
Wo-C02	RC骨組(標準)	直交・片側通路開口・鉄骨柱による開口補強
Wo-C03	RC骨組(標準)	直交・中央窓開口

使用材料:コンクリート、鋼材、CLT

コンクリートの強度

試験体	σ_c (N/mm ²)	σ_t (N/mm ²)	E_c (N/mm ²)
F-00	21.8	1.98	23700
Wo-I01	22.3	2.24	24800
Wo-I02	22.6	2.23	22600
Wo-I03	23.3	2.24	24500

鋼材の強度

種類	部位	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
D4	帯筋	361	536
D6	あばら筋	376	545
D13	柱主筋	351	489
D16	梁主筋	357	532

CLTの材料特性および施工方法

試験体 (1/3模型)

- ・JAS規格 Mx60相当 スギ
- ・3層3プライ 30mm (ラミナ厚10mm)
- ・2枚重ねて施工 →60mm

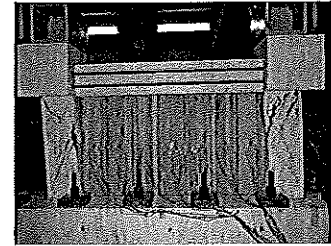
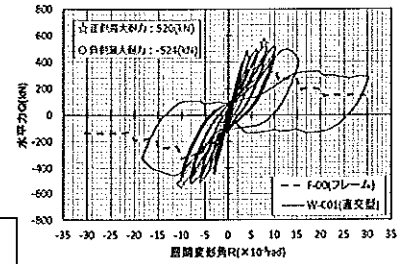
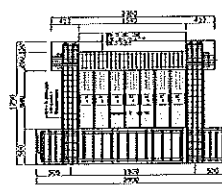
実際の想定仕様

- ・JAS規格 Mx60相当
- ・ラミナ厚30mm 3層3プライ 90mm
- ・2枚重ねて施工 →180mm

接着方法 (特記無き限り)

RC-CLT、CLT-CLT共にエポキシ樹脂にて接着接合とする

W-C01 (全面:直交型)



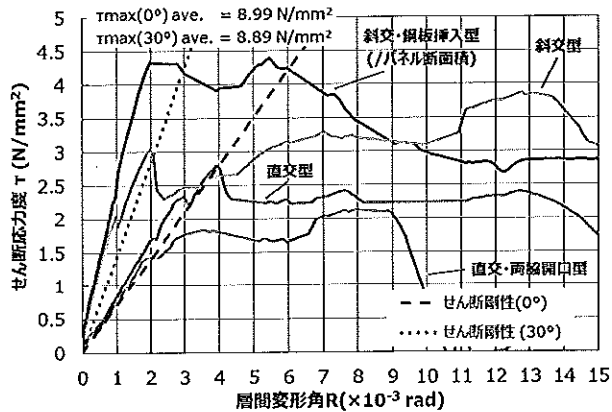
- ・最終破壊形
→柱のせん断破壊

「補強効果」

- ・最大耐力
→正側: 1.56倍
負側: 1.59倍
- ・初期剛性
→正側: 1.79倍
負側: 1.96倍

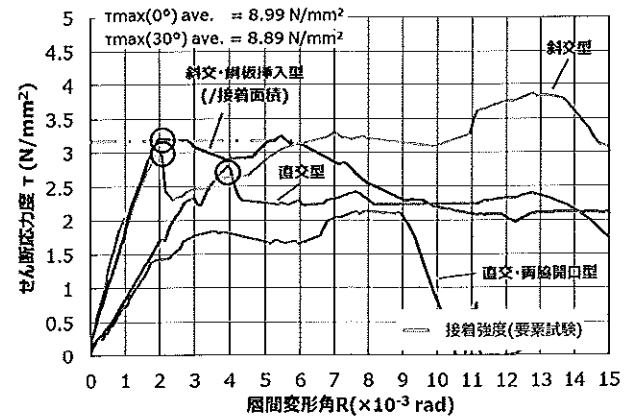
補強効果の検討

(試験体の耐力-フレーム分の耐力) / パネル断面積
⇒パネルの負担する応力度を算定



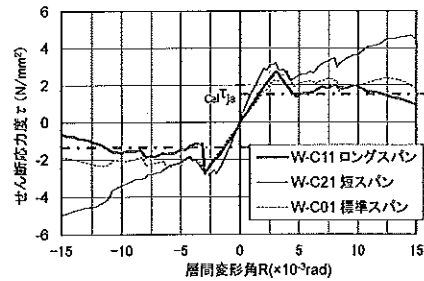
補強効果の検討

(試験体の耐力-フレーム分の耐力) / 接着面積
⇒接着面の負担する応力度を算定



スパンの影響 CLTが負担するせん断力度の比較

無補強試験体の結果と比較し、CLTが負担するせん断力度を算出

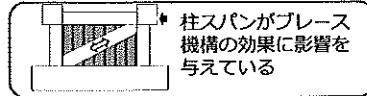


標準スパン W-C01
4/1000で最大せん断力度を発揮、以降はほぼ横ばい

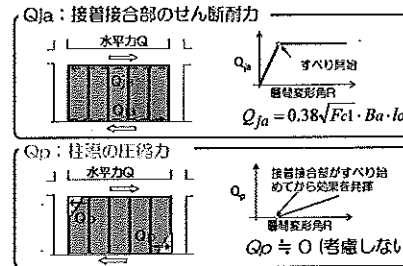
ロングスパン W-C11
3/1000で最大せん断力度を発揮後、せん断力度が低下するが、その後は横ばいから漸減傾向

短スパン W-C21
3/1000で最大せん断力度を発揮後せん断力度が低下するが、その後せん断力度が上昇

接着せん断強度の計算値
 $cal\tau_{ja} = 0.38 \sqrt{f_c}$
 1.74 N/mm²



接着接合の補強効果の考え方



補強後耐力
 $Q_{su} = 2 \cdot Q_s + \frac{Q_{ja} (+ Q_p)}{RC柱}$ 補強効果

Qja: 最大補強耐力
 (すべりが観察され始める層間変形角R=2.0~4.0rad)

Qjaを接着面積で除した接着接合部せん断強度 (N/mm²) τ_{ja} は、
 実験より求めた提案式 $\tau_{ja} = 0.38 \sqrt{\sigma_B}$
 ここで、 τ_{ja} : コンクリートとCLTの接着せん断強度 (N/mm²)
 σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

提案式と実験結果の比較

試験体名	開口 壁形状	スパン	実験における 補強効果 τ_{ja_exp}	補強効果 の計算値 τ_{ja_cal}	$\tau_{ja_exp} / \tau_{ja_cal}$
W-C01	無開口	標準	2.72	1.71	1.59
W-C02*1			2.27	1.55	1.46
W-Cs01*2			3.02	1.75	1.73
W-Cs02*3			3.03	1.78	1.70
W-C11		ロング	2.73	1.77	1.54
W-C21		短	3.03	1.74	1.74
Wo-C03	両側開口 (方立)	標準	1.51	1.77	0.85
W-C03sh	水平スリット	標準	0.53	-	-
W-C04sv	鉛直スリット	標準	1.54	1.69	0.91

- *1 幅はぎなしCLTを使用
- *2 CLTの強軸方向を30°傾けたタイプ
- *3 CLTの強軸方向を30°傾け、かつ接着面積を拡大したタイプ

第一段階 設計ガイドライン

適用条件

- ・実験した柱スパンの範囲 (壁長さ/壁高さは1.0~3.5)
- ・変形角10×10⁻³radまで
- ・実験で用いたCLTと同等以上のせん断強度・剛性を有する材料を使用
- ・壁の開口はないもの

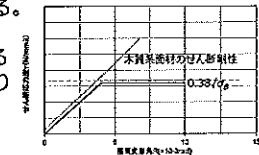
設計に当たっての方針

設計に当たっては、以下の方針に従うことにより、木質耐震壁の補強効果を安全側に評価できる。

- 1) 初期剛性は使用するCLTのせん断剛性とする
- 2) せん断強度は接着接合部のせん断強度により決まり、以下の式による。

$$\tau_{ja} = 0.38 \sqrt{\sigma_B}$$

ここで、 τ_{ja} : コンクリートとCLTの接着せん断強度 (N/mm²)
 σ_B : コンクリートの圧縮強度



通路開口・窓開口の補強の考え方

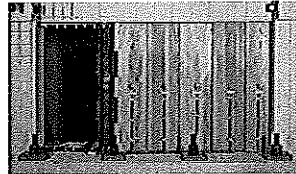
13

●通路開口補強で必要となる効果

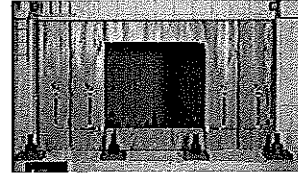
1. 木質壁のせん断力の反力として生じる鉛直力に対して引張抵抗する。
2. 接着接合部のせん断破壊以降に生じるすべりに対してせん断抵抗する。

●窓開口は補強なしとできる最大寸法を検討

1. 有開口CLTパネルの要素試験の結果より窓開口を0.43 (<0.5) と設定。
2. 垂壁・腰壁部分を設けることで、その軸力伝達による「柱からの圧縮抵抗」「ストラット効果」を効果を期待。



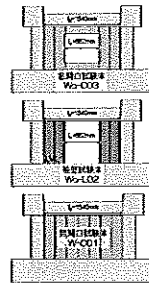
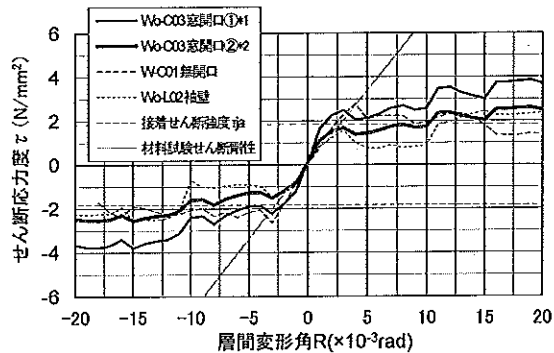
通路開口試験体 Wo-C02
間柱H-100×100×6×8
P-スラットを左柱まで延長
P-スラットの座屈防止アカ-M8×10本



通路開口試験体 Wo-C02
開口 幅662×高さ570

補強効果の検討(通路開口)

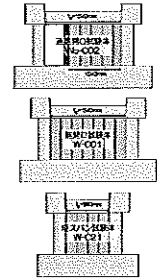
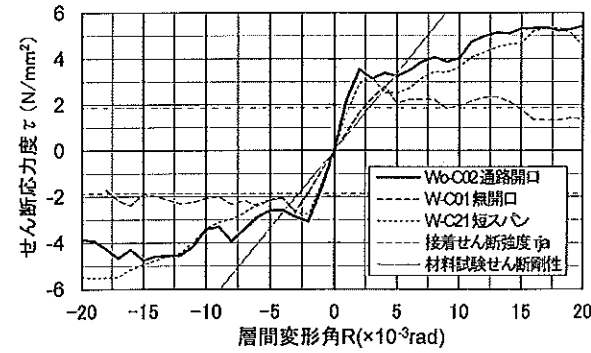
(試験体の耐力-フレーム分の耐力) / 接着面積
⇒接着面の負担する応力度を算定



*1 窓開口を除いた壁断面積でCLTのせん断力を除した値
*2 梁下の接着面積でCLTが負担するせん断力を除した値

補強効果の検討(通路開口)

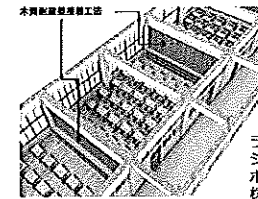
(試験体の耐力-フレーム分の耐力) / 接着面積
⇒接着面の負担する応力度を算定



木造技術の普及によって民間にやさしい社会の実現を目指します。
燃工ウッド®とT-FoRest® Wallを 広くお使いいただけます。

木質パネルを用いた耐震補強技術「T-FoRest® Wall」 施工実施のライセンス契約締結

竹中工務店は、木質耐震壁接着工法「T-FoRest Wall」の施工実施ライセンス契約を耐震改修の専門工務会社3社と締結しました。今後は、3社を通じた施工により竹中工務店以外での利用が可能になりました。

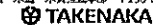


T-FoRest Wallは、木質パネル(LVL・CLT・集成材)をRC造の柱・梁に特別な接着材で固定する工法です。
木の耐震壁は、鉄筋コンクリート造(RC造)の耐震壁とほぼ同等の強度を持っています。

ライセンス契約先 お問合せ先
ショーボンド建設株式会社 建築事業部 03-3649-2612
ボンドエンジニアリング株式会社 本社管理本部 06-6914-340
株式会社東邦アーステック 建設事業本部 技術統括部 03-5367-2661

T-FoRest®は株式会社竹中工務店の商標です。

お問い合わせ先 株式会社 竹中工務店 本造・木質推進本部 〒136-0075 東京都江東区新砂1-1-1 TEL 03-6801-5690



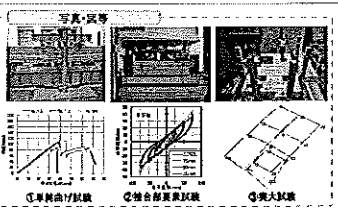
CLTを床材として採用するCLT内用戸建住宅の事例
(CLTは床材として採用)

事業実施主体: スターワンCAM株式会社 日本大学理工学部
都市の木質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,800千円

特徴
CLTを採用した建築物の事例が急増連や部分利用を含めて増加しているが、壁や床に用いる
接合部が多いのが現状である。
・現行告示で認められている保有水平耐力計算や限界耐力計算では信頼なモデル化を要する一方、
免震化することで、許容耐力計算のみで設計可能となり、接合部材の設計にも容易になる。
・よって、建築の免震化を目指し、免震架台をCLTにて構築するための接合部のデータ収集を行う。

特徴
免震架台は、地震時にあらゆる方向に可動するため、CLT材の持つ異方性解消のためにCLT版を
「重ねて」用いることを原則とした。
① 単体曲げ試験により、CLTを重ねて用いた場合の曲げ剛性(=たわみ性能)を検証した。
② 接合部要素試験(動的)により、免震部材とCLTの接合ディテールを検証し、本試験で採用した
ディテールでは免震部材の性能を低下させないことを確認した。
③ 実大試験(静的・動的)により、②により検証したディテールで複合的な応力状態とした場合の接合
部の健全性を検証した。また、床版としての性能も併せて検証した。

特徴
① CLT部材の重ね要素試験(重ね枚数・接合有無)
接合しない場合の曲げ剛性は、部材の曲げ剛性を相加して評価出来る。
接合した場合は、初期剛性は上昇するが、早期に接合が利かなくなり剛性を失
う。またそのばたつきが大きいため、別の接合方法を考える必要がある。
② 免震部材とCLT部材の接合要素試験(免震部材・重ね枚数・接合ディテール)
免震部材単体での履歴性状に対し、CLTに接合した場合の履歴性状は、
免震部材・履歴・履歴・重ね枚数・接合ディテールごとで大きな差はなく、
本試験で採用した接合ディテールは、免震部材の性能を低下させない方法
であることを検証した。
③ 偏心荷重によるCLT免震架台の実大検証試験(接合有無)
入力した応力に対しても、免震部材とCLTの接合部は健全で、免震部材の
力により健全な状態である。鉛直荷重が伝達から偏心した場合、片持ち支持
となるため、比較的小さな荷重でも床版のゆがみ・免震部材の回転角が許容
値を超える。接合有りで床版のゆがみは改善されるが、減少である。



特徴
・事業実施主体(企画・開発・設計・データ整理)
: スターワンCAM株式会社 日本大学理工学部
・委員会委員(所費のみ)
: 日本免震推進協会・日本CLT協会
明徳大学理工学部

CLTを床材として採用するCLT内用戸建住宅の事例
(CLTは床材として採用)

事業実施主体: スターワンCAM株式会社 日本大学理工学部
都市の木質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,800千円

特徴
CLT(Cross Laminated Timber)
ひき板を、縦横方向を直交複層させて接着した材料のこと。壁や床等の部材に使用し易い。
・炭化材
ひき板を、縦横方向を平行複層させて接着した材料のこと。柱や梁等の部材に使用し易い。
CLTのメリット
・直交複層なので、木材特有の反り等による寸法誤差が小さい(寸法安定性)。
・ひき板の接着なので、板が厚く、耐震性や耐火性が高い。
・工機製作によるため、工業化が図れ、現場施工が容易となる。
・製材用に不向きな材を活用できるため、木材使用量を多く出来る。

部材	平行	直交
柱		
梁		
床		

特徴
もとより欧米で開発されたCLTを国内で実用化する取り組みが、国・大
学を中心に進められている。
平成22年: 材料開発促進法成立
→ 公共建築物や大規模建築物の木質化
→ (さまざまな取り組みがスタート)
平成25年: JAS制定
→ 平成28年: 我が国で初めてCLT構造による建築物が建設
平成28年: CLT関連告示公布
→ CLT建築物の普及へ
法規面では、普及に向けた動きがあるものの、未検証の領域も多く、
一般普及への法規制には未だ情報収集等を要するが現状。

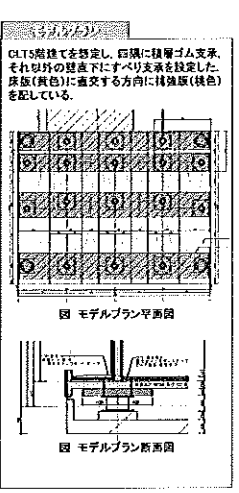
特徴
居住の居住(西交差)
(2015年: CLT造超層ビル建築)
大地震時には、免震部材には大きな引張力が
加わるため、接合部材に高い形状が必要。
→ もともと曲げが多いが、高層を目指す場合、
より高剛性な部材(場合により多)を要する。
→ 大地震時の建築物の耐震性能合いによっては、
建て替え等を要する可能性は十分あり、
建築物の大地震後の継続使用に不安がある。
設計面
保有水平耐力計算や限界耐力計算を要したり、計算のモデル化が煩雑
→ 計算方法が煩雑で、普及を妨げる原因の一つ。

事業目的
建築物の長寿命化および早期な方法で計算できることを目標とし、「CLT建築物を免震化する。さらに、一般的に鉄筋コンクリート造や鉄骨造で
構成する免震架台をCLTで構築し、一層の木質化を目指す。そのために、CLTと免震部材との接合方法についての検証を行う。

CLTを床材として採用するCLT内用戸建住宅の事例
(CLTは床材として採用)

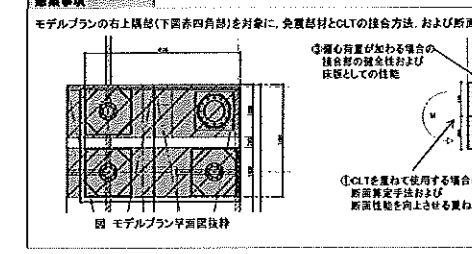
事業実施主体: スターワンCAM株式会社 日本大学理工学部
都市の木質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,800千円

免震架台の超層構成
CLT
下図のように直交複層なので、
版には強軸・弱軸が存在する。(異方性)
免震部材
下図のように構築され、
地震が来たら、あらゆる方向に水平可動する。
CLT架台
あらゆる方向に強軸が存在するように、
免震部材直下には、
床版と柱強軸(床版の直交方向が強軸)を
「重ねて」使用することが原則となる。
CLT架台イメージ



CLTを床材として採用するCLT内用戸建住宅の事例
(CLTは床材として採用)

事業実施主体: スターワンCAM株式会社 日本大学理工学部
都市の木質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,800千円



検証試験概要
上記懸念事項から、以下の3つの検証試験を計画した。
① CLT部材の重ね要素試験
② 免震部材とCLT部材の接合試験
③ 偏心荷重によるCLT免震架台の実大検証試験

①重層試験

CLTを重ねて使用する場合の部材性能を検証した。試験は、JIS-A1414-2:2010「建築用パネルの性能試験方法」に示される方法で実施した。

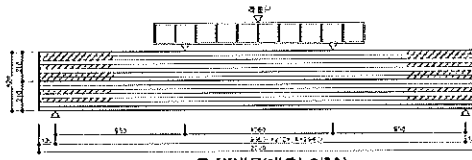


図 試験体図(2枚重ねの場合)

パラメータは、積層枚数(1層, 2層, 3層), 重ね方, 接着有無として各3体以上の試験体を設定した。

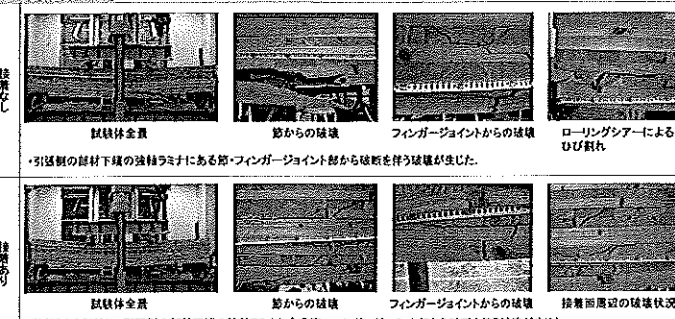
No.	積層枚数	試験体パラメータ 組方(上/下)	接着有無	試験体数
1	1層	強	—	3
2	1層	弱	—	3
3	2層	(上)強/(下)弱	無し	3
4		(上)弱/(下)強	有り	4
5	2層	(上)弱/(下)強	無し	3
6		(上)強/(下)強	有り	4
7	3層	(上)強/(中)強/(下)強	有り	4
8		(上)強/(中)弱/(下)強	有り	4
9	3層	(上)強/(中)強/(下)強	有り	4

試験方法
 アムスラー万能試験機による単純荷重

試験体寸法
 厚み: 210mm × 210mm (5層7プライ)
 加力点間距離: 1060mm
 支点間距離: 2960mm (> 210 × 14)
 試験体全長: 3200mm

①重層試験

重ね、集積材での試験でも確認される。部・フィンガー・ジョイントからの破壊や、ローリング・シアーによるひび割れ等が確認された。
 ・接着ありの試験体では、破壊を伴いながら接着面が先行して割れることが多く、続いてひび割れが進行し、その後破断を伴う破壊に至る傾向が変られた。



試験体全長 部からの破壊 フィンガー・ジョイントからの破壊 ローリング・シアーによるひび割れ

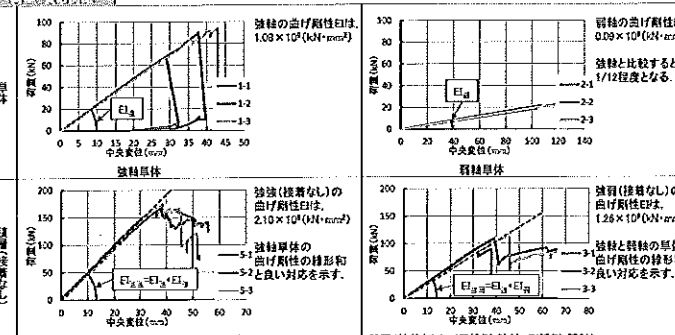
・引張側の部材下縁の積層ラミナにある部・フィンガー・ジョイント部から破断を伴う破壊が生じた。

試験体全長 部からの破壊 フィンガー・ジョイントからの破壊 接着面周縁部の破壊状況

・接着なしと同様に、引張側の部材下縁の積層ラミナにある部・フィンガー・ジョイント部から破断を伴う破壊が生じた。
 ・接着面の割れが破壊を伴いながら先行し、その後にひび割れ・破断を伴う破壊に至る。

①重層試験

積層した場合、どの試験体も変形性能が高く、ひび割れが生じた後の急激な耐力低下が見られなかった。
 ・強層単体の曲げ剛性は、弱層単体の曲げ剛性の1/13程度である。
 また、積層することで、曲げ剛性および耐力が向上し、接着なしの場合、単体の曲げ剛性の和として評価可能である。
 ・接着ありの場合は、接着なしと比較して、初期剛性は高くなるものの割れが早期に生じ、またそのばたつきが大きい。他の接合方法の検討が必要である。



単体 (強層) 強層の曲げ剛性E₁: 1.03 × 10⁴ (kN・mm²)
 弱層の曲げ剛性E₂: 0.09 × 10⁴ (kN・mm²)
 強層と比較すると、1/12程度である。

積層 (接着なし) 強層(接着なし)の曲げ剛性E₁: 2.10 × 10⁴ (kN・mm²)
 弱層単体の曲げ剛性の種類と良い対応を示す。

積層 (接着なし) 強層(接着なし)の曲げ剛性E₁: 2.10 × 10⁴ (kN・mm²)
 弱層(接着なし)の曲げ剛性E₂: 0.09 × 10⁴ (kN・mm²)
 強層と弱層の単体の曲げ剛性の種類と良い対応を示す。

強層(接着なし) (圧縮側: 強層, 引張側: 弱層)

①重層試験

CLT部材と免震部材の接合において、ガタ・めり込み等により、免震部材の性能を低下させることが無い接合方法を検証した。

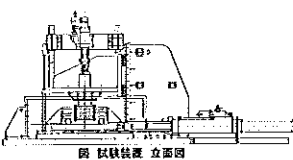


図 試験体図 立面図

試験方法
 鉛直・水平の2軸的加力試験機を使用し、鉛直は面圧一定で荷重制御し、水平方向に動的加振した。

試験体寸法
 取付厚: 800 × 600 (5層7プライ)
 取付PL厚: 取付側免震部材のフランジPLの1サイズアップ
 取付ボルト: ゴム取付ボルトと同径

パラメータ
 免震部材: 面圧, 重ね枚数, 接合ディテール, 加力方向とし、風速係を0.1倍, 振幅をせん断50%・100%・150%となるよう設定した。

荷元	鉛直 (kN)	表 加振パラメータ	
		振動数 (Hz)	振幅 (mm)
低層部	59 (= 1.5N/mm ²)	0.1/0.2/0.3	50 (= 32%)
		0.4/0.5/0.6	100 (= 103%)
高層部	79 (= 2.0N/mm ²)	0.1/0.2/0.4	25 (= 54%)
		0.5/0.7/0.8	50 (= 108%)

()内数値は、それぞれ面圧・せん断率を示す。

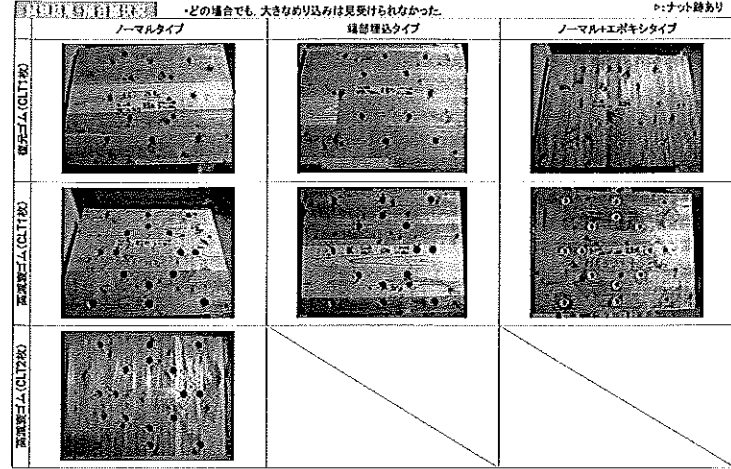
①ノーマル ②弱部挿入 ③ノーマル+エポキシ注入

荷元	No.	重ね枚数	表 試験体パラメータ	
			ディテール	加力方向
低層部	ゴム	1枚	①ノーマル	強層
			②弱部挿入	強層
			③①+エポキシ	強層
			①ノーマル	弱層
			②弱部挿入	弱層
			③①+エポキシ	弱層
高層部	NO&K 4MSD	2枚	①ノーマル (強層)	強層
			②①+エポキシ	強層
			③①+エポキシ	強層
			①ノーマル (弱層)	弱層
			②①+エポキシ	弱層
			③①+エポキシ	弱層

CLTを基本材として板状に用いた3次元積層構造材の耐荷試験
(CLT基本材用部材用試験)

事業実施主体: スターフCAM3R, 日本大学理工学部
都市の本質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,600千円

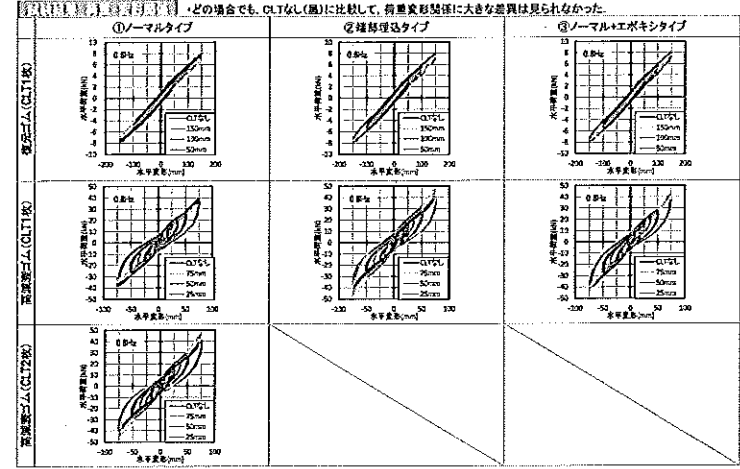
②接合部実証試験



CLTを基本材として板状に用いた3次元積層構造材の耐荷試験
(CLT基本材用部材用試験)

事業実施主体: スターフCAM3R, 日本大学理工学部
都市の本質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,600千円

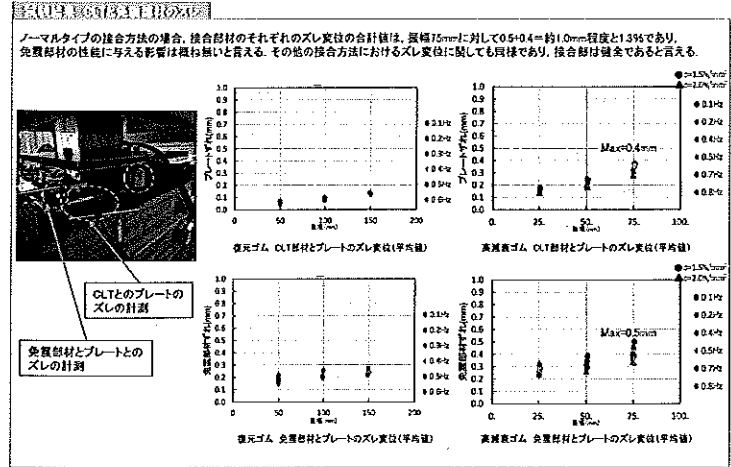
②接合部実証試験



CLTを基本材として板状に用いた3次元積層構造材の耐荷試験
(CLT基本材用部材用試験)

事業実施主体: スターフCAM3R, 日本大学理工学部
都市の本質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,600千円

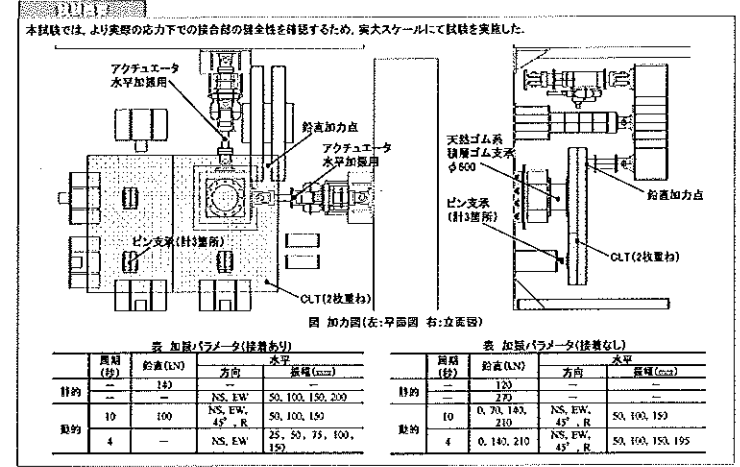
②接合部実証試験



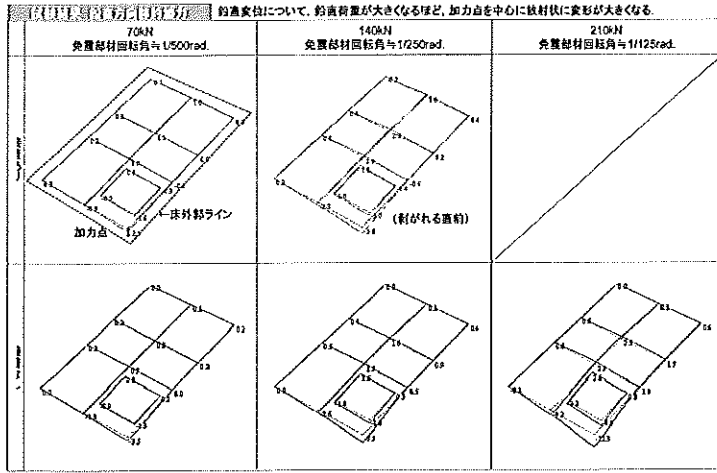
CLTを基本材として板状に用いた3次元積層構造材の耐荷試験
(CLT基本材用部材用試験)

事業実施主体: スターフCAM3R, 日本大学理工学部
都市の本質化等に向けた
新たな製品・技術の開発・普及委託事業 12,600千円

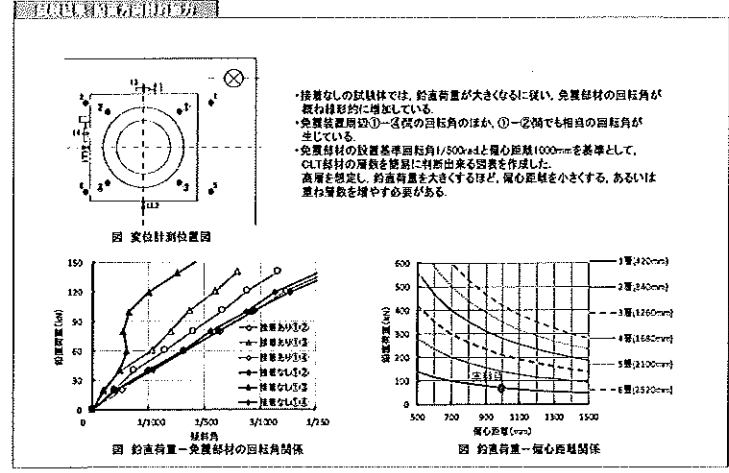
③実大検証試験



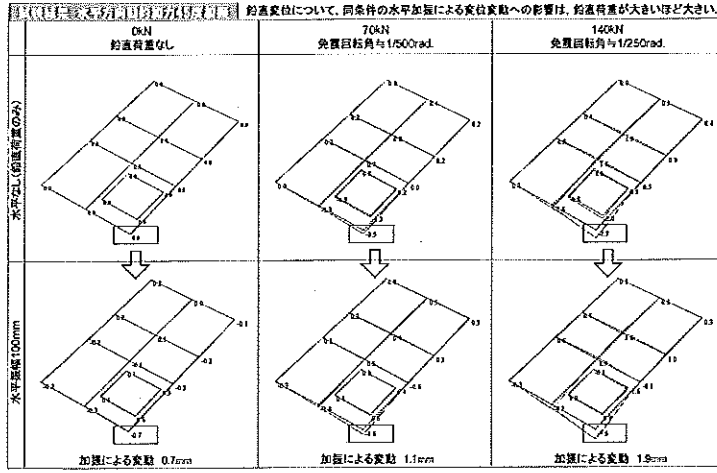
③実大棟屋試験



③実大棟屋試験



③実大棟屋試験

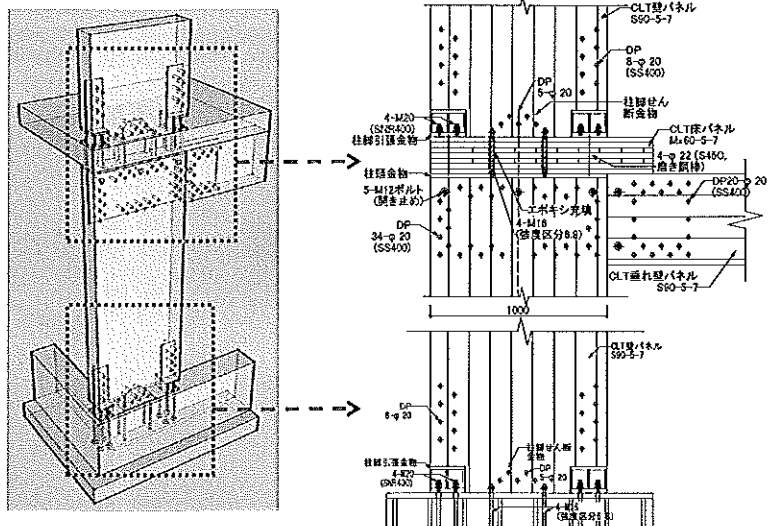


中層建築物を対象とした高耐力接合方法の開発 および、CLT現し利用・燃えしる設計に対応した 低層建築物を対象とした接合方法の開発

株式会社 日本システム設計
一般社団法人 日本CLT協会

安曇 良治 (日本システム設計)

接合部の構成



はじめに

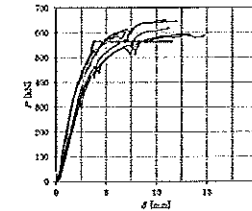
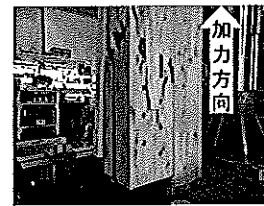
中層建築物を対象とした高耐力接合方法の開発

- CLTパネル工法
→中層建築物に適した工法として期待
- 告示に定められた標準的な接合方法では、接合部の構造性能によって限界が決まることが多い
→CLTパネルの構造性能を活かしてきていないことが多い
→中層建築物に用いるには、現状の接合部では構造性能が不足（多くの壁が必要）
- CLTパネル工法を用いた中層建築物の設計を容易にするためにはより剛性・耐力の高い接合方法の開発が不可欠

高耐力接合方法の開発にあたり、以下の手順で検討を行った。

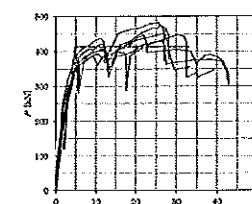
- 1)CLTパネルで決まる短期許容せん断耐力の概算 (本資料では省略)
- 2)CLTパネルの構造性能を活用できる接合部の必要性能の検討 (本資料では省略)
- 3)上記1)と 2)を検討結果を参考に、ドリフトピン接合及びGIR接合による各接合部構成を考案 → 要素試験を行い、構造性能を調べる。
- 4)上記3)の接合部で構成された構面試験を行い、構造性能を調べる。
また、実務設計に用いることを想定した解析モデルの構築も行う。
解析結果と実験結果を比較し、モデルの妥当性を確認する
- 5)上記4)の解析モデルを用いて1スパンの5層建築物の耐震性能を試算し、5層程度の中層建築物における本論で提案した接合部の実用性について検討する。

接合部の実験結果



	平均値	8%下屈服
P_{max} [kN]	615.00	653.21
δ_{max} [mm]	11.08	—
P_y [kN]	375.30	331.21
δ_y [mm]	2.17	—
P_u [kN]	565.45	603.52
δ_u [mm]	11.51	—
K [kN/mm]	154.28	—
δ_v [mm]	3.73	—
$\mu = \delta_u / \delta_v$	3.10	—

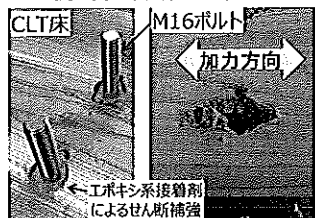
柱脚部引張



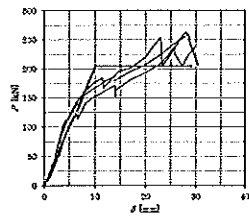
	平均値	8%下屈服
P_{max} [kN]	455.17	428.43
δ_{max} [mm]	26.04	—
P_y [kN]	311.53	229.72
δ_y [mm]	3.71	—
P_u [kN]	412.91	397.45
δ_u [mm]	33.05	—
K [kN/mm]	88.05	—
δ_v [mm]	4.61	—
$\mu = \delta_u / \delta_v$	7.20	—

柱脚部せん断

接合部の実験結果

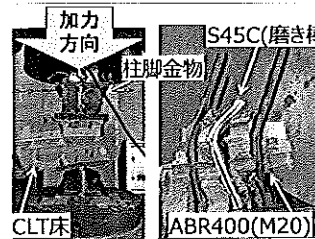


試験前 試験後

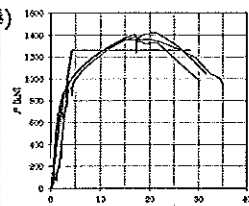


	平均値	5%下限値
P_{max} [kN]	233.33	211.21
S_{max} [mm]	28.79	—
P_y [kN]	135.83	117.68
S_y [mm]	6.74	—
P_u [kN]	204.19	177.12
S_u [mm]	29.16	—
K [kN/mm]	20.35	—
S_v [mm]	10.13	—
$\mu = P_u / 6v$	2.89	—

床-柱脚せん断



試験後 解体後



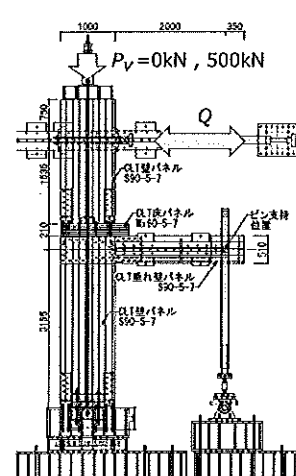
	平均値	5%下限値
P_{max} [kN]	1389.24	1293.15
S_{max} [mm]	19.23	—
P_y [kN]	845.04	713.60
S_y [mm]	2.90	—
P_u [kN]	1259.96	1153.63
S_u [mm]	28.21	—
K [kN/mm]	303.68	—
S_v [mm]	4.28	—
$\mu = P_u / 6v$	6.84	—

床のめり込み補強 (圧縮試験)

株式会社日本システム設計

4

T型構面試験体



試験後

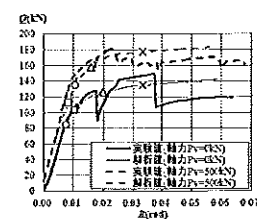
T型 (1.5層、1/2スパン) 構面試験体

株式会社日本システム設計

5

5層1スパンの耐震性能の試算

T型構面



荷重-変形角関係の比較

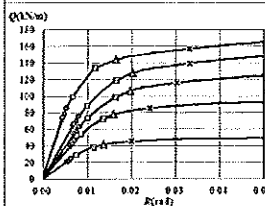
特性値一覧

	軸力=425kN			軸力=500kN		
	実験値	解析値	実験値/解析値	実験値	解析値	実験値/解析値
K [kN/mm]	11564	11354	1.02	16361	13727	0.92
$F_{0.2}$ [kN]	79.73	73.93	0.75	111.87	55.44	0.55
P_y [kN]	99.63	90.97	0.91	143.56	113.78	0.79
P_u [kN]	124.64	124.63	1.00	172.99	169.15	0.99
$F_{0.2}$ [kN]	149.43	139.00	0.90	181.62	177.09	0.95
D_s	0.32	0.44	1.37	0.31	0.48	1.55
$0.2 \cdot P_u / D_s$ [kN]	77.99	56.23	0.72	114.29	71.00	0.64
P_u [kN]	77.99	56.23	0.72	114.29	71.00	0.64

株式会社日本システム設計

6

5層1スパン

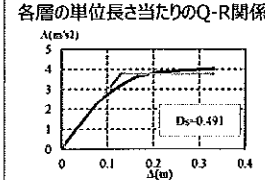


単位長さ当たりの短期基準耐力の算出

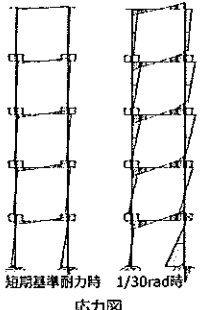
Q_0 [kN/m]	74.49
$Q_{0.2}$ [kN/m]	70.67
Q_u [kN/m]	156.6
D_s [-]	0.491
$0.2Q_u/D_s$ [kN/m]	63.8

Q_0 : 各階柱の耐力で決まる単位長さ当たりの耐力
 $Q_{0.2}$: 最大耐力変形角が1/30rad時の耐力
 Q_u : 単位長さ当たりの耐力
 D_s : 構造性能係数

各層の単位長さ当たりのQ-R関係



等価-自由度系の加速度 A-代表変位Δ関係によるDsの算出



まとめ

- 5層程度の中層CLTパネル工法建築物においては、告示に定められた標準的接合方法と比較して、柱脚接合部及び壁-垂れ壁間の引張・圧縮抵抗機構の高剛性・高耐力化が特に要求される。また、従来のようなCLTのめり込み剛性だけに期待する方法では各層の剛性を確保できないため、壁-床間に圧縮抵抗機構を設ける必要がある。
- T型 (1.5層の1/2スパン) 構面実験を行った。軸力による抑え込み効果の影響を調べるため、①軸力なしと②500kNの一定圧縮軸力を作用時の2体試験を実施した。Qaは①で77.99kN、②で111.29kNであった。Q₀について、②は①の1.43倍であり、抑え込み効果によるQ₀の向上が確認された。
- T型構面の荷重-変形角関係において、実験値と解析値は比較的良好に一致しており、モデル化の妥当性が確認された。
- 数値解析による1スパン5層架構の単位長さ当たりのQaは63.8kN/mであった。5層程度の中層建築物に対して実用性の高いCLTパネル工法を実現することは十分に可能といえる。
- 今後、壁柱と直交壁を十分な耐力で接合し、直交壁効果が保証できるような接合方法を開発することにより、大幅な構造性能の向上が期待でき、より自由度の高いCLT建築物の設計が可能となる。

株式会社日本システム設計

7

目的と接合部仕様

CLT現し利用・燃えしろ設計に対応した低層建築物を対象とした接合方法の開発

1. 目的

CLT現し利用・燃えしろ設計が適用されると考えられる規模・階数の建築物を対象とし、解析等に基づいて接合部の要求性能を把握し、これまでの知見も踏まえつつ、CLTパネルの現し面に接合具が見えないような接合方法を開発し、構造試験を行い、その接合方法を立案する。

2. 接合部仕様

- (1) 鋼板挿入ドリフトピン仕様
- (2) 鋼板挿入貫通ビス仕様
- (3) ダボ仕様

3. 試験体

3層3プライ・スギCLT (S60) またはカラマツCLT (S90) に立案金物を取り付け。

本事業にご協力いただいた委員の皆様 (敬称略、順不同)

委員長 杉谷 文夫 (セイウキ)

委員 那須 秀行 (日本工科大学)、植松 武雄 (北海学園大学)、中島 昌一 (宇都宮大学)、飯島 敏夫 (日本住宅・木材技術センター)、内城寺 修一 (ウチカ)、羽部 宗彦 (シネジック)、桐森 浩 (大成建設)、大橋 修 (三井ホーム)、渡邊 須美樹 (本講研)

コンサル 中越 隆道 (中越建築設計事務所)

事業主体 河合 誠、坂部 芳平、伴 朋彦、長瀬 貴大 (日本CLT協会)、三宅 辰哉、櫻井 郁子 (日本システム設計)

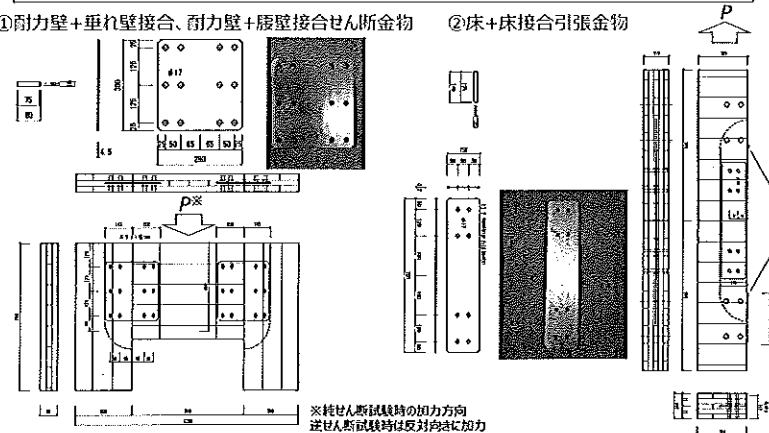
接合部仕様ごとの金物形状

(1) 鋼板挿入ドリフトピン仕様

【CLTに欠き込みを入れ、鋼板を挿入し、ドリフトピンにて固定】

①耐力壁+垂れ壁接合、耐力壁+版壁接合せん断金物

②床+床接合引張金物



※純せん断試験時の加力方向
逆せん断試験時は反対向きに加力

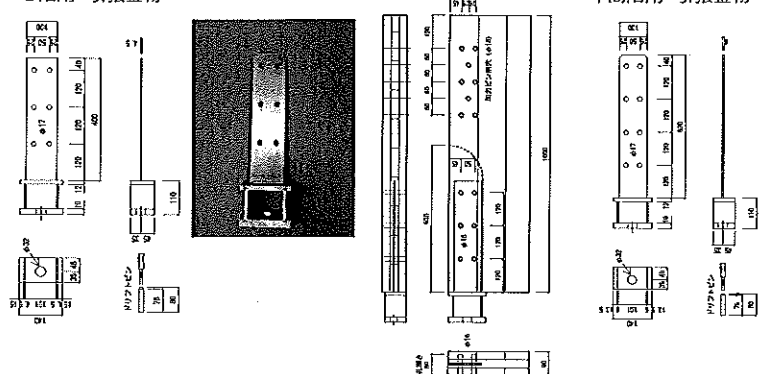
接合部仕様・金物形状

(1) 鋼板挿入ドリフトピン仕様

【CLTに欠き込みを入れ、鋼板を挿入し、ドリフトピンにて固定】

③耐力壁+基礎接合
1階用 引張金物

④耐力壁+耐力壁接合
中間階用 引張金物

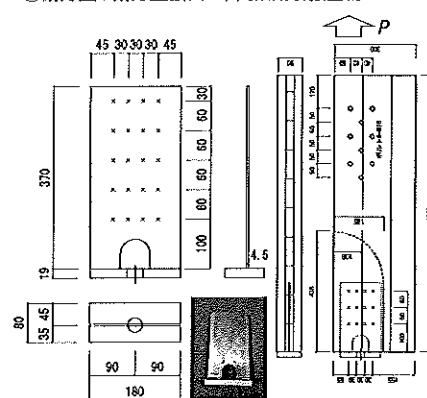


接合部仕様・金物形状

(2) 鋼板挿入貫通ビス仕様

【CLTに欠き込みを入れ、鋼板を挿入し、貫通ビスにてCLTと鋼板を貫通し固定】

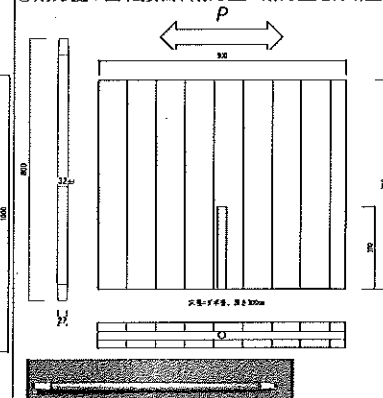
⑥耐力壁+耐力壁接合 中間階用引張金物



(3) ダボ仕様

【CLTにダボ穴を加工し、鋼棒を挿入】

⑦耐力壁+基礎接合、耐力壁+耐力壁せん断金物



■ 接合部試験結果（3種）の考察

(1) 鋼板挿入ドリフトピン仕様

①耐力壁+垂れ壁接合、耐力壁+腰壁接合せん断金物

告示第611号第十第2項第八号で定めている必要耐力は、 $P_y = 52 \text{ kN}$ である。試験結果報告の下限値は、順方向加力が $P_y = 98.78 \text{ kN}$ 、逆方向加力が $P_y = 129.46 \text{ kN}$ であり、十分な耐力があることが確認された。

②床+床接合引張金物

試験結果報告の下限値は、スギで $P_y = 67.45 \text{ kN}$ 、カラマツで $P_y = 91.29 \text{ kN}$ であり、十分な耐力があることが確認された。初期剛性も近似であった。

③耐力壁+基礎接合1階用引張金物

告示第611号第十第2項第七号で定めている必要耐力は、 $P_u = 86 \text{ kN}$ であり、この値に対しては、試験結果報告の値が $P_y = 129.80 \text{ kN}$ であり、十分な耐力があることは確認された。

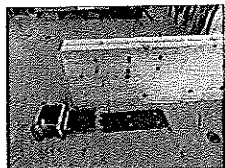
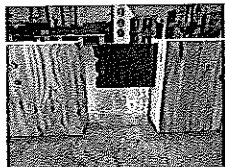
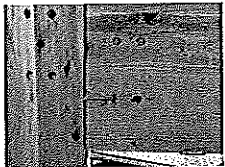
④耐力壁+耐力壁接合中間階用引張金物

スギで2体とも $P_u = 154.48 \text{ kN}$ 、 $P_u = 178.00 \text{ kN}$ と、告示の要求耐力 $P_u = 135 \text{ kN}$ を大きく上回り、中間階脚部用引張金物に用いる仕様としては、妥当であることが確認できた。カラマツにおいても妥当であることが確認できた。

試験体	材種	種別	位置	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	ドリフトピン	スギ	腰壁	55.78	111.22					$P_y = 52$
				129.52	117.53					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	カラマツ	腰壁	腰壁	173.97	229.85					$P_y = 52$
				335.85	252.18					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	ドリフトピン	スギ	床	67.45	115.53					$P_y = 52$
				91.29	141.69					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	カラマツ	床	床	113.31	126.54					$P_y = 52$
				151.44	132.53					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	ドリフトピン	スギ	基礎	128.81	152.44					$P_u = 86$
				151.44	132.53					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	カラマツ	基礎	基礎	154.48	178.00					$P_u = 135$
				178.00	154.48					

株式会社日本システム設計

13



■ 接合部試験結果（3種）の考察

(2) 鋼板挿入貫通ビス仕様

⑥耐力壁+耐力壁接合中間階用引張金物

告示第611号第十第2項第七号で定めている必要耐力は、 $P_u = 135 \text{ kN}$ である。16本タイプでの試験結果報告の下限値は、 $P_u = 160.49 \text{ kN}$ であり、十分な耐力があることが確認された。ただし、中間階用貫通ビス金物は、16本タイプで十分な耐力が確認できることから、20本タイプは採用しないこととする。

(3) タボ仕様

⑦耐力壁+基礎接合、耐力壁+耐力壁せん断金物

カラマツにおけるタボΦ25では、告示第611号第十第2項第九号の要求耐力1階 $P_y = 47 \text{ kN}$ に対して、下限値は $P_y = 18.51 \text{ kN}$ となり、要求耐力を満たすことができなかった。

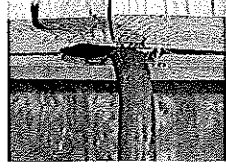
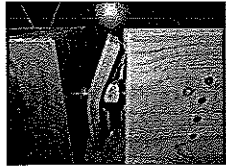
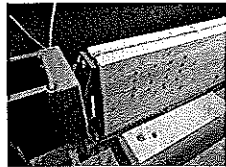
カラマツにおけるタボΦ32では、告示第611号第十第2項第九号の要求耐力1階 $P_y = 47 \text{ kN}$ 、中間階、 $P_y = 54 \text{ kN}$ に対して、1本の下限値は $P_y = 39.29 \text{ kN}$ であり、要求耐力を満たすことができなかった。

従って、1階および中間階は、Φ32を1mごと2本配置とし耐力を $P_y = 76.08 \text{ kN/m}$ とすることで告示の要求耐力を確保した仕様とする。

試験体	材種	種別	位置	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	貫通ビス	スギ	中間階	81.30	125.01					$P_u = 86$
				78.97	118.97					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	貫通ビス	スギ	1階	103.84	150.49					$P_u = 135$
				118.71	171.02					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	貫通ビス	スギ	20本	115.91	120.85					$P_u = 135$
				111.16	120.01					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	タボΦ25	スギ	基礎	29.19	22.23					$P_y = 47$
				18.54	13.45					
CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究	タボΦ32	スギ	基礎	39.29	18.51					$P_y = 47$
				34.04	53.36					

株式会社日本システム設計

14



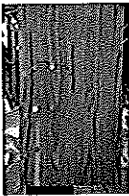
■ この事業での前述以外の試験・解析

CLTパネル工法における鋼板挿入型接合部の耐力向上に関する研究

～ 補強用長ビスを面外方向に用いることによる割裂抑制の効果～

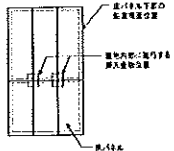
CLTパネルを用いた鋼板挿入型接合部の試験体に引張力を加えたとき、鋼板挿入部から割裂が生じることが確認され、接合部の最大耐力まで引き出せていないと考えられる。本研究では鋼板挿入部からの割裂抑制、最大耐力の向上を目的とする。パラメータは補強用長ビスの本数・種類・打ち込む位置とし、それらの最適な組み合わせを提案する。

- ・ビス補強をすることで無補強に比べて十分な割裂抑制効果があることがわかった。
- ・また、ビス補強をすることで耐力低下には影響はないとわかった。
- ・ネダノットを用いた6本補強(ドリフトピン孔より60mm下にビス補強)は無補強・他のビス有補強に比べて初期剛性・最大荷重・エネルギー吸収量が高い値を示した。
- ・上記よりネダノットを用いた6本補強(ドリフトピン孔より60mm下にビス補強)は、割裂抑制、最大耐力の向上に十分な効果があり、最適な補強方法といえる。



挿入金物を用いた水平構面の床パネル相互接合部仕様に関する解析的検討

4つの床構成ケースについてプレース置換した床モデルで解析を行ったところ、建物内部の床パネル相互の応力状態が確認できた。床パネル内外周接合部に対する要求性能としては、短期許容応力度は52kN以上、かつ接合部弾性剛性が1.69～55.48 kN/mmの範囲であれば十分であると考えられ、現状のドリフトピン仕様はすべてを満たしている。しかし、施工が非常に困難であり、その改善仕様として、解析を行った24mm合板CN65接合仕様や24mm合板CN65+5-S-90接合仕様やSTS接合仕様などがあげられる。これら3仕様はドリフトピン仕様の施工改善仕様として有効であるといえる。



株式会社日本システム設計

15

■ 問い合わせ先

中層建築物を対象とした高耐力接合方法の開発

株式会社 日本システム設計

TEL.03-3668-0618

<http://www.nittem.co.jp/>

C L T 現し利用・燃えしろ設計に対応した低層

建築物を対象とした接合方法の開発

一般社団法人 日本CLT協会

TEL.03-5825-4774

<http://clta.jp/>

株式会社日本システム設計

16