

2.7 (有)西海園芸／(有)設計機構ワークス

事業名		西海園芸フラワーショップの新築工事の建築実証		
実施者（担当者）		（有）西海園芸（（有）設計機構ワークス）		
建築物の概要	用途	店舗		
	建設地	長崎県東彼杵郡波佐見町		
	構造・工法	RC造＋CLT		
	階数	1		
	高さ（m）	4.81		
	軒高（m）	4.5		
	敷地面積（㎡）	607.01		
	建築面積（㎡）	163.84		
	延べ面積（㎡）	156.65		
	階別面積	B1階	19.25	
1階		137.4		
2階		0		
CLTの仕様	CLT採用部位		梁、屋根	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量26.42㎡、建築物使用量25.43㎡	
	壁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	S60A	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	－	
		ラミナ構成	－	
		強度区分	－	
		樹種	－	
	屋根パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	S60A	
樹種		スギ		
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ	
	木材使用量（㎡）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		124.44㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.4）立てハゼ葺き＋平葺	
		外壁	土壁（厚15）＋ラス＋木ずり（厚15）下地	
		開口部	アルミサッシ＋ペアガラス、単板ガラス10mm	
	主な内部仕上	界壁	－	
		間仕切り壁	木毛セメント板15mm両面＋木軸（90mm）、CLT現し	
		床	土間コンクリート	
		天井	CLT、木毛セメント板15mm＋木天井下地	
構造	構造計算ルート		ルート3	
	接合方法		ホームコネクター、Xマーク金物＋ビス	
	最大スパン		5m	
	問題点・課題とその解決策		RC柱4本＋CLT梁＋CLT屋根の井桁構造のため各接合方法を入念に検討し、ホームコネクターとXマーク金物に決定した。CLT梁小口にガラス嵌め込み、CLT梁に配管貫通口をあけるため事前に入念に協議した。	
耐火	防火上の地域区分		その他地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の耐火仕様		－	
温熱	問題点・課題とその解決策		－	
	建築物省エネ法の該当有無		該当なし	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		－	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	押出法ポリスチレンフォーム 50mm	
		外壁	グラスウール24k/90mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	床	－	
		－		
	建て方における課題と解決策		最大1.49m×11.8mのCLTのため、作業スペースの検討が必要	
	給排水・電気配線設置上の工夫		－	
	劣化対策		内部にCLT現しの箇所があるため、経年劣化に対して目視調査が容易	
工程	設計期間		2022年5月～8月（4ヵ月）	
	施工期間		2021年10月～2022年2月（5.0ヵ月）	
	CLT躯体施工期間		2021年12月下旬～2022年1月上旬（1週間）	
竣工（予定）年月日		2022年3月31日		
体制	発注者		（有）西海園芸	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		（有）設計機構ワークス	
	構造設計者		（株）黒岩構造設計事務所	
	施工者		（株）上山建設	
	CLT供給者		銘建工業（株）	
ラミナ供給者		銘建工業（株）		

実証事業名：西海園芸フラワーショップの新築工事の設計実証

建築主等／協議会運営者：（有）西海園芸／（有）設計機構ワークス

1. 実証した建築物の概要

用途		店舗		
建設地		長崎県波佐見町		
構造・工法		混構造（RC＋CLT）		
階数		1		
高さ（m）		4. 81	軒高（m）	4. 50
敷地面積（㎡）		607. 01	建築面積（㎡）	163. 84
階別面積	B 1 階	19. 25	延べ面積（㎡）	156. 65
	1 階	137. 4		
CLT 採用部位		梁、屋根		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 26. 42 m³、加工後建築物使用量 25. 43 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		124. 44 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	梁	90mm/3 層 3 プライ/S60A/スギ（幅はぎ接着）		
	屋根	90mm/3 層 3 プライ/S60A/スギ		
設計期間		2021 年 5 月～8 月（4 カ月）		
施工期間		2021 年 10 月～2022 年 2 月（5 カ月）		
CLT 躯体施工期間		2021 年 12 月下旬～2022 年 1 月上旬（1 週間）		
竣工（予定）年月日		2022 年 3 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

最長スパン 11.8m の店舗施設（花屋）の梁架構（CLT 縦使い）、屋根を CLT で設計する。その際に幅はぎ接着の有無による強度検討の必要がある。また、当該敷地が軟弱地盤であるため躯体重量を軽くしつつ、屋根版と梁を一体化し、T 形及び、L 形断面による剛性を向上させ、大スパンを飛ばすことができ、CLT の汎用性・普及性に繋がると考える。CLT 建築物の普及の課題となっているコストについて、大スパンやはねだし架構における集成材との比較検討や躯体重量の点から RC 造と比較検証することで基礎工事、地盤改良工事など建築全体として低コストを図れる可能性がある。

今回の実証事業で設定した課題は以下である。

- （1）幅はぎ接着をした CLT（縦使い）の構造特性値の取得
- （2）CLT 構造、その他の構造とのコスト比較

3. 協議会構成員

(設計) 有限会社設計機構ワークス：井佐子恵也 (進行管理)、坂口佳明
(構造設計) 株式会社黒岩構造設計事務所：黒岩裕樹
(施工) 株式会社上山建設：琴野広樹
(原木供給) 銘建工業株式会社：三嶋幸三
(試験) 大分大学：田中圭

4. 課題解決の方法と実施工程

CLT 幅はぎ接着有無の試験体を各 3 体ずつ実大曲げ試験を熊本県林業研究・研修センターにて (有) 設計機構ワークス、(株) 黒岩構造設計事務所、大分大学 田中先生、(株) 上山建設で行った。試験報告書は大分大学 田中先生が取りまとめた。コスト比較については (有) 設計機構ワークスを中心に他工法との比較、検討資料を作成した。

<協議会の開催>

2021 年 5 月：第 1 回開催、問題点洗い出し

9 月：第 2 回開催、着工前確認① (幅はぎ接着に関して)

11 月：第 3 回開催、着工前確認② (CLT の持ち上げ方法、ガラス嵌め込み、貫通口)

2022 年 1 月：第 4 回開催、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

2021 年 5～6 月：実施設計

5～6 月：構造設計

7～8 月：建築確認申請

<施工>

2021 年 8～9 月：工事契約

8～9 月：既存解体工事

10～11 月：着工、地盤改良工事、基礎工事

12～2022 年 1 月：基礎工事、木工事、外装工事

2022 年 1 月～2 月：内装工事、設備工事

<性能確認>

2021 年 9 月：曲げ試験 2 条件 6 体 (幅はぎ接着ありなし各 3 体)

5. 得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

(1) 幅はぎ接着をした CLT (縦使い) の構造特性値の取得

幅はぎ接着有無の CLT (S60A-3-3) を 6 体 (各 3 体ずつ) の構造性能への影響を確認する

ために実大曲げ試験を実施した。最大荷重では幅はぎ接着有の方が 20%ほど高い耐力を示したが、材料のばらつきを考慮すると設計上考慮できるものではなかった。
このことから梁の設計における幅はぎ接着の有無については設計上考慮する必要はなく、一般的な設計値を用いて設計できると考えられる。(試験報告書 参照)

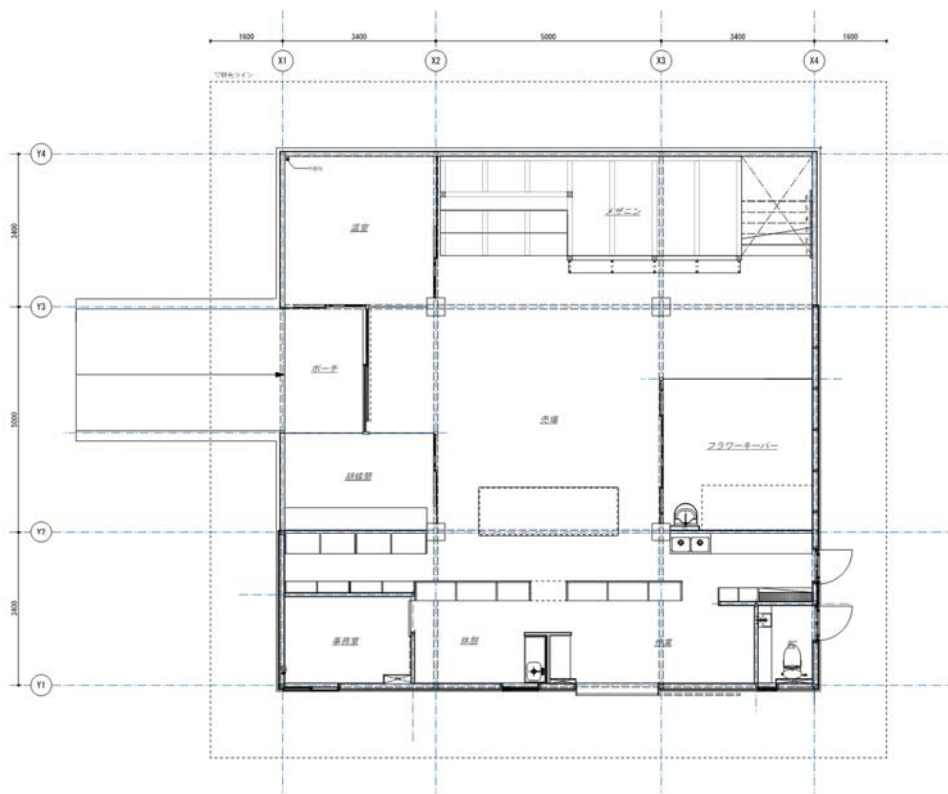
(2) CLT の構造材利用における他工法とのコスト比較

本実証における建築物を集成材で計画した場合、大断面集成材になり、CLT に比べて立米単価で 2・3 倍のコストがかかり、駆体重量については変化がないため CLT 架構の方が低コスト化を図れる。また、RC 造で計画した場合、低コスト化は図れるが、駆体重量の点から地盤改良費や土工事費のコスト増が見込まれ、柱サイズが大きくなることから平面計画、意匠面での支障が想定される。(CLT 構造、その他の構造とのコスト比較試算 参照)

6. 本実証により得られた成果

本事業で得られた CLT 幅はぎ接着の有無における実大曲げ試験よりこれからの CLT の構造利用における使用選定に関する知見が蓄積されたと考えられる。また、他工法とのコスト比較において、本実証における建築物の規模だと RC 造よりはコストは増えるが、大断面集成材を用いる計画に比べてコスト削減が見込まれる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



■平面図



■建方、建方後 写真



■イメージパース

試 験 成 績 書

令和 4 年 2 月 10 日

大分大学理工学部・創生工学科／建築学コース

木質構造研究室

准教授 田中 圭



試験結果は次の通りです。

1. 件名	CLT 梁実大曲げ試験
2. 試験概要	[目的] CLT 梁の幅はぎ接着の有無の強度性能おける影響の把握 [試験の概要] CLT 梁の実大曲げ試験を行う。 [試験体数] 幅はぎ有り 3 体、幅はぎ無し 3 体、計 6 体 [試験方法] 加力は、3 等分点 4 点加力曲げ加力試験とする。
3. 試験結果	別紙に示すとおり。(このページを含む全 8 頁)
4. 試験実施場所	熊本県林業研究・研修センター
5. 試験実施日	令和 3 年 9 月 21 日～9 月 21 日
6. 試験担当者および 試験成績書作成者	大分大学 准教授 田中 圭 熊本県林業研究・研修センター 池田 元吉

この試験成績書を転載するときは、必ず全文を記載してください。

目 次

1. 一般事項（表紙）	P1
2. CLT 梁実大曲げ試験	
2.1 試験体および加力装置	P3
2.2 変位測定位置	P4
2.3 試験結果	P6
2.4 まとめ	P7

2. CLT 梁 実大曲げ試験

2.1 試験体および加力装置

CLT 梁実大曲げ試験の試験体の形状および加力装置の概要図を図 2.1 に示す。試験体数は幅はぎ有り 3 体、幅はぎ無し 3 体の合計 6 体とした。使用した CLT はスギ 3 層 3 プライ厚さ 90 mm（強度規格：S60A-3-3）である。

加力は、3 等分点 4 点加力とし、5mm/min の単調加力で 80%の荷重に低下するまで、もしくは試験体が破壊するまで加力を行った。

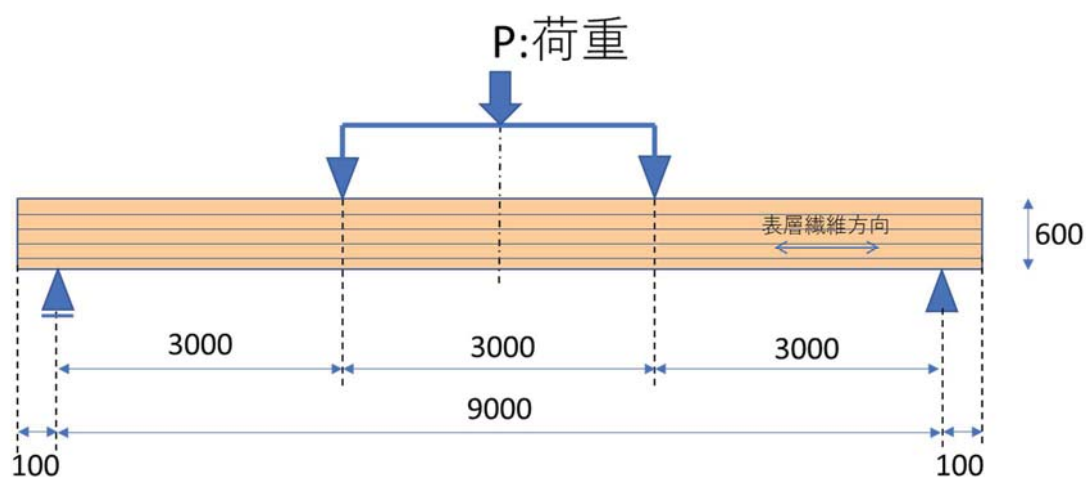


図 2.1 試験体および加力装置 (mm)



写真 2.1 加力装置

2.2 変位測定位置

図 2.2 に変位測定位置および測点番号を示す。変位の計測はスパン中央（写真 2.2）、加力点（写真 2.3）、支持点（写真 2.4）で表裏各 2 点の計 10 点計測した。データの分析は試験体の表裏の変位計の平均値を用いた。

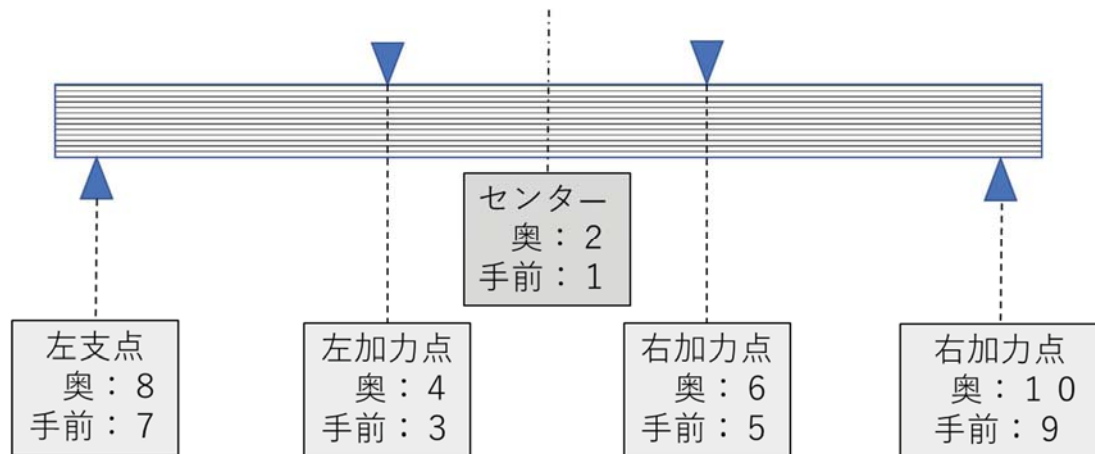


図 2.2 変位計取付位置

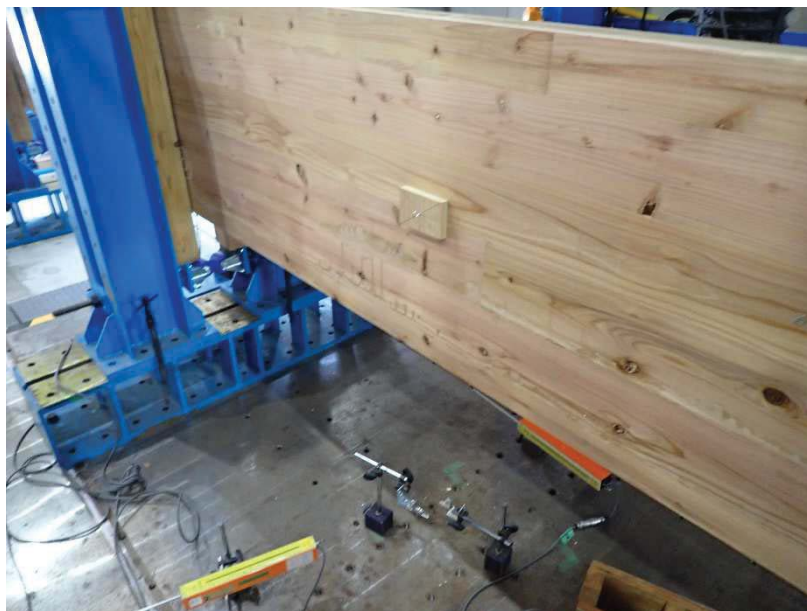


写真 2.2 変位計測状況（スパン中央）



写真 2.3 変位計測状況（加力点）



写真 2.4 変位計測状況（支持点）

2.3 試験結果

表 2.1 に試験より得られた特性値一覧を示す。

なお、各試験体ともほぼ弾性のまま破壊しており、降伏は確認されなかったため、初期剛性は $1/3P_{max}$ 時の荷重と変形の関係から求めた。

初期剛性及び曲げ剛性では、幅はぎの有無の方がわずかに大きい値となったが、その差はわずかであり、材料のばらつきを考慮すると設計上考慮できる差ではなかった。最大荷重は幅はぎ有りの方が 20% ほど高い値となった。これは次に述べる破壊性状の差によるものと考えられる。

表 2.1 特性値一覧

試験体		最大荷重		最大曲げモーメント		最大荷重時変位 (mm)	初期剛性		曲げ剛性EI	
		(kN)	平均	(kN・m)	平均		(kN/mm)	平均	($\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{mm}^2$)	平均
幅はぎ有り	No1	76.85	78.04	115.28	117.06	129.63	0.607337	0.67	8046	8761
	No2	70.06		105.09		98.08	0.731831		9456	
	No3	87.21		130.82		133.63	0.667746		8783	
幅はぎ無し	No1	66.26	66.60	99.39	99.90	107.64	0.671395	0.73	8752	9480
	No2	62.70		94.05		87.17	0.771309		10001	
	No3	70.84		106.26		113.18	0.746624		9688	

・荷重－変位曲線および破壊性状

図 2.3 に各試験体の荷重－中央たわみ曲線を示す。

幅はぎ有りの試験体では、表層最下端のラミナのフィンガージョイントから発生した破壊がその上部に発展して破壊した。一方、幅はぎ無しの試験体では、破壊の起点は同様に表層最下端のラミナのフィンガージョイントであったが、その後上層のフィンガージョイント部をつなぐように破壊が進展した。

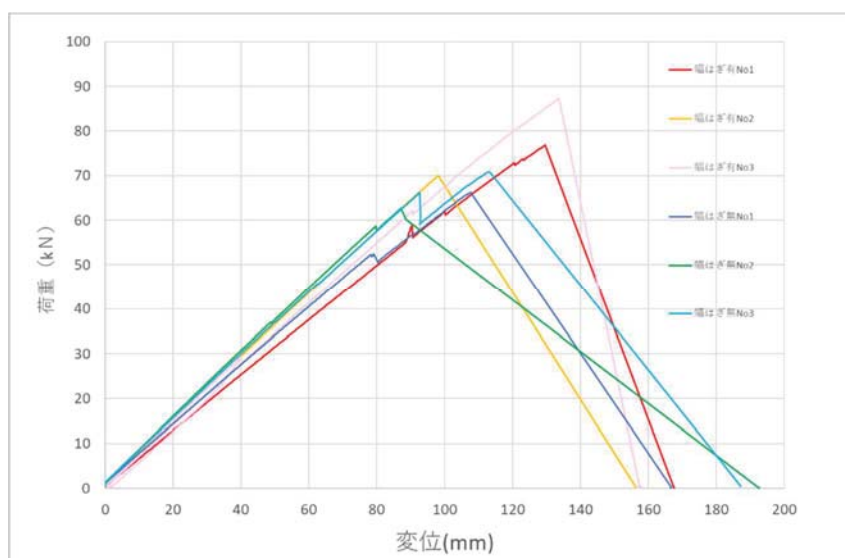


図 2.3 に各試験体の荷重－中央たわみ曲線

図 2.4 予備試験の荷重－変位曲線写真 2.5 試験実施日 令和 3 年 9 月 21 日 試験体名:幅はぎ有り no1 概要説明 破壊性状: スパン中央部最下端ラミナのフィンガージョイント部分から破壊 最大荷重: 76.33kN	
写真 2.6 試験実施日 令和 3 年 9 月 21 日 試験体名:幅はぎ有り no1 概要説明 破壊性状: スパン中央部最下端ラミナのフィンガージョイント部分から破壊 (拡大) 最大荷重: 76.33kN	
写真 2.7 試験実施日 令和 3 年 2 月 21 日 試験体名:幅はぎ有り no2 概要説明 破壊性状: スパン中央部最下端ラミナのフィンガージョイント部分から破壊 最大荷重: 69.71kN	

写真 2.8 試験実施日 令和 3 年 9 月 21 日 試験体名：幅はぎ有り no2 概要説明 破壊性状：スパン中央部最 下端ラミナのフィンガー ジョイント部分から破壊 (拡大) 最大荷重：69.71kN	
写真 2.9 試験実施日 令和 3 年 9 月 21 日 試験体名 試験体名：幅はぎ有り no3 概要説明 破壊性状：スパン中央部最 下端ラミナのフィンガー ジョイント部分から破壊 (拡大) 最大荷重：87.22kN	
写真 2.10 試験実施日 令和 3 年 9 月 22 日 試験体名 試験体名：幅はぎ無し no1 概要説明 破壊性状：南側加力点の外 側、最下層ラミナのフィン ガージョイント部分から破壊 $P_{MAX}=66.25kN$	

写真 2.11 試験実施日 令和 3 年 9 月 22 日 試験体名 試験体名：幅はぎ無し no2 概要説明 破壊性状：スパン中央付近最下層ラミナのフィンガージョイント部分から破壊し、フィンガージョイントを選択的に破壊が進行。 P_{MAX}=62.22kN	
写真 2.12 試験実施日 令和 3 年 9 月 22 日 試験体名 試験体名：幅はぎ無し no2 概要説明 破壊性状：スパン中央付近最下層ラミナのフィンガージョイント部分から破壊し、フィンガージョイントを選択的に破壊が進行。 (拡大) P_{MAX}=62.22kN	
写真 2.13 試験実施日 令和 3 年 9 月 22 日 試験体名 試験体名：幅はぎ無し no3 概要説明 破壊性状：スパン中央付近最下層ラミナのフィンガージョイント部分から破壊し、フィンガージョイントを選択的に破壊が進行。 P_{MAX}=70.32kN	

写真 2.14 試験実施日 令和 3 年 9 月 22 日 試験体名 試験体名：幅はぎ無し no3	
概要説明 破壊性状：スパン中央付近最下層ラミナのフィンガージョイント部分から破壊し、フィンガージョイントを選択的に破壊が進行。 (拡大) $P_{MAX}=70.32\text{kN}$	

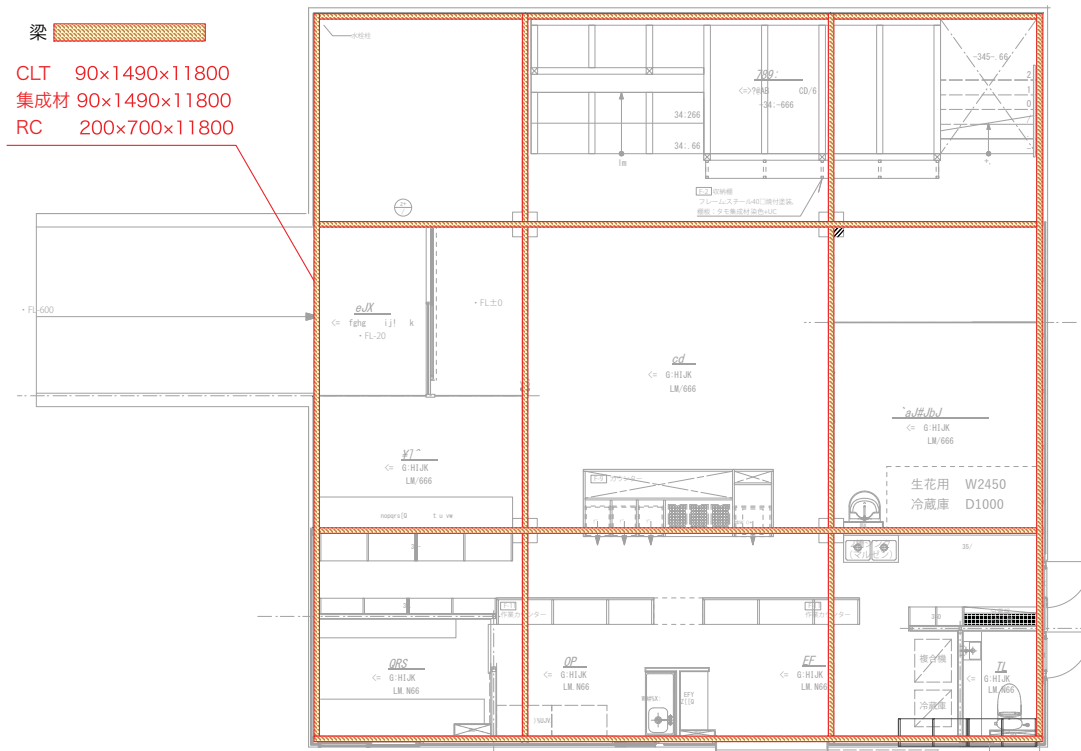
2.4 まとめ

CLT を梁として利用した場合の製造工程における幅はぎの有無による構造性能への影響を確認するため、実大曲げ試験を実施した。

その結果、最大荷重では幅はぎ有りの方が 20%ほど高い耐力を示したが、初期剛性、曲げ剛性においては、その差はわずかであり、材料のばらつきを考慮すると設計上考慮できるものではなかった。また、曲げ剛性の実験値は、強軸層のみ有効とした場合の理論値 ($6480 \times 10^6 \text{kN} \cdot \text{mm}^2$) と比較すると安全側の数値であった。

このことから、梁の設計において、耐力よりも剛性（たわみ制限）が重要であることを考慮すると、CLT の幅はぎの有無については設計上考慮する必要はなく、一般的な設計値を用いて設計できると考えられる。

■CLT 構造、その他の構造とのコスト比較試算



① CLT 梁+CLT 屋根

¥17,700,031 (木架構：CLT+金物) + ¥7,000,034 (コンクリート・型枠鉄筋工事) + ¥2,700,033 (土工事) + ¥1,183,490 (地盤改良費) 工期 4 日 (金物養生期間含む)

合計 ¥28,583,588

② 大断面集成材梁+集成材屋根

¥23,919,299, (木架構：大断面集成材+金物) + ¥7,000,034 (コンクリート・型枠鉄筋工事) + ¥2,700,033 (土工事) + ¥1,183,490 (地盤改良費) 工期 4 日 (金物養生期間含む)

合計 ¥34,802,856

③ RC 梁+RC 屋根

¥10,640,051 (コンクリート・型枠鉄筋工事) + ¥4,050,050 (土工事) + ¥3,905,517 (地盤改良費) 工期 1.5 ヶ月

合計 ¥18,595,618

本実証における建築計画を大断面集成材の場合は躯体重量に変更はないが、梁-屋根共に木材費が 2-3 倍になり、コスト増が見込まれる。RC 造の場合は全体的にコストが下がるが躯体重量の点から地盤改良・土工事のコストが上がり、工期が 1.5 ヶ月ほど伸びる。

また、井桁を支える RC 柱のサイズも大きくなり店舗の平面計画、意匠面で支障が出る。

以上より、躯体重量を軽くしつつ、大サイズの木梁を用いてスパンを飛ばす場合は CLT が良いが RC 造と比べるとコストに大きな開きがある。

■CLT の幅はぎ接着方法に関して



CLT（幅はぎ接着有）の製造過程。

ひき板を並べてペイントローラーを使い、手作業で接着剤を塗っていく。

塗り残しがないよう目視で確認を行う。その後、ラミナ製造、積層し、圧着させる。

幅はぎ方向もラミナ接着と同様にイソシアネート系接着剤を塗布するが、ひき板の塗布中に硬化が始まらないよう接着剤の工夫、効率的な作業が求められる。

■製造過程における CLT と集成材との比較

CLT はイソシアネート系接着剤のため硬化時間が短く、1 日あたりの製造数をある程度確保できると共に、ひき板のサイズが 1 種類のためストックやまとまった仕入れが可能。樹種は選択できるがひき板サイズは 1 種類のため現しにする場合の意匠面などは限られる。

一方で集成材はレゾルシノール系接着剤のため硬化時間が長く、1 日あたりの製造数が限られると共に、設計に応じてひき板サイズを考慮、依頼を受けて木材発注をすることが多い。意匠面など工夫はできるが、コストが上がる懸念がある。

建築規模、設計条件、構造、意匠面などを考慮し、設計初期段階からコストも含めた CLT、集成材のメリット、デメリットを入念に検討することで CLT の普及率が上がるのではないだろうか。