

2. 3 橋本不動産(株)

2. 3. 1 建築物の仕様一覧

事業名		地域特産品を活かした飲食施設群のCLT建築事業計画の設計実証	
実施者（担当者）		橋本不動産株式会社（京都大学小見山研究室　小見山陽介）	
建築物の概要	用途		店舗（飲食施設）
	建設地		滋賀県草津市
	構造・工法		木造軸組工法（1階）＋CLTパネル工法（2階）
	階数		2
	高さ（m）		10.87
	軒高（m）		9.64
	敷地面積（㎡）		8105.55
	建築面積（㎡）		1,001.41
	延べ面積（㎡）		1,958.16
	階別面積（㎡）		1 階
2 階			979.08
3 階			
C L T の仕様	C L T採用部位		壁、床、屋根
	C L T使用量（㎡）		加工前製品量117.55 m3、加工後建築物使用量108.79 m3
	壁パネル	寸法	500mm幅壁　150mm厚　／　1,000mm幅壁　90mm厚
		ラミナ構成	500mm幅壁　5層5プライ　／　1,000mm幅壁　3層3プライ
		強度区分	S60相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60相当
樹種		スギ	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		1 階軸組工法部分の柱、梁
	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		68.49
仕上	主な外部仕上	屋根	シート防水、太陽光パネル
		外壁	金属サイディング
		開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	CLT壁パネル現し
		間仕切り壁	CLT壁パネル現し
		床	CLT床パネル＋合板15mm＋フローリング15mm
構造	天井		CLT屋根パネル現し
	構造計算ルート		ルート 2（令第 81 条第 2 項イに定める基準に従った構造計算）
	接合方法		金物接合
	最大スパン		2.5
防耐火	問題点・課題とその解決策		1階と2階で求められる空間形式が異なることから、1 階は桁行方向を在来軸組構法、梁間方向を木造ラーメン架構とする軸組工法に、2 階はCLTパネル工法とした。
	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		－
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		－
	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）	－
外壁		－	
床		－	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		－
	建て方における課題と解決策		－
	給排水・電気配線設置上の工夫		－
	劣化対策		－
工程	設計期間		2025年9月～2026年2月（6カ月）
	施工期間		未定
		C L T躯体施工期間	未定
	竣工（予定）年月日		2027年3月
体制	発注者		橋本不動産株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		京都大学小見山研究室＋橋本不動産株式会社
	構造設計者		合同会社Graph Studio
	施工者		橋本不動産株式会社
	C L T供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		滋賀県森林組合連合会滋賀県木材流通センター（滋賀県産材）

2. 3. 2 実証事業の概要

実証事業名：地域特産品を活かした飲食施設群の CLT 建築事業計画の設計実証

建築主等／協議会運営者：橋本不動産株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		店舗（飲食施設）		
建設予定地		滋賀県草津市		
構造・工法		木造軸組工法（1 階）＋CLT パネル工法（2 階）		
階数		2		
高さ（m）		10.87	軒高（m）	9.64
敷地面積（㎡）		8105.55	建築面積（㎡）	1,001.41
階別面積 （㎡）	1 階	979.08	延べ面積（㎡）	1,958.16
	2 階	979.08		
	3 階	—		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 117.55 m³、加工後建築物使用量 108.79 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		68.49 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	500mm 幅壁 150mm 厚/5 層 5 プライ/S60 相当/スギ 1,000mm 幅壁 90mm 厚/3 層 3 プライ/S60 相当/スギ		
		床	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60/相当/スギ	
	屋根	90mm 厚/3 層 3 プライ/S60 相当/スギ		
設計期間		2025 年 9 月～2 月（6 ヶ月）		
施工期間		2026 年 9 月～2027 年 3 月（7 ヶ月） ※		
CLT 躯体施工期間		2026 年 12 月上旬～中旬（2 週間） ※		
竣工年月日		2027 年 3 月 ※		

※時期はいずれも現時点での見込み

2. 実証事業の目的と設定した課題

ロードサイドの郊外型飲食施設群を CLT 等に県産材を用いたモジュラー工法で設計する。製造寸法や可搬寸法を考慮したモジュールの設計方法や、未だ確立された方法が無いモジュール間の接合方法について検討を行う。また、施工計画や建築計画の自由度について箱型のモジュールとパネル状のプレファブ部材について比較検討する。下階を軸組工法、上階を CLT パネルを用いた壁式工法とした場合の立面混構造を建築計画と構造計画の両面から検証することで、1 階をピロティ式の駐車場、2 階を店舗とする構成にも応用可能となる。これらにより、多様なタイプの飲食施設への CLT 利用普及拡大に寄与することが期待できる。

今回の実証事業で設定した課題は以下のとおり。

- ①モジュラー工法を可能にするために必要な作業スペースを意識した配置計画の検討

- ②様々な飲食店舗の業態に対応可能な汎用性あるモジュールの設計
- ③1 階の軸組部分を木造、鉄骨造、RC 造とした場合のメリット・デメリットの比較検討
- ④2 階をモジュールで構成する場合と現場施工部分を増やした場合の最適バランスの検討
- ⑤CLT モジュール工法採用にあたってのコスト削減および他工法との比較検討

3. 協議会構成員

- (設計) 京都大学小見山研究室：小見山陽介（協議会運営補佐）、門脇未奈美、中土居宏紀
／橋本不動産株式会社：木庭彰紀（協議会運営者）
- (地域振興) 摂南大学客員教授：中村誠仁
- (構造設計) 合同会社 Graph Studio：荒木美香、氏岡啓威
- (施工) 橋本不動産株式会社：勝原良迪
- (原木供給) 滋賀県森林組合連合会滋賀県木材流通センター：大塚秀一
- (材料・技術協力) 銘建工業株式会社：嵯峨山正治、田中駿太郎、大坪祐介
- (県産材利用推進) 滋賀県琵琶湖環境部びわ湖材流通推進課びわ湖材利用係：西井洋平
- (オブザーバー) 滋賀銀行：村瀬国雄、関西みらい銀行：松岡昭宏、
滋賀中央信用金庫：森岡茂樹

4. 課題解決の方法と実施工程

課題①②のうち建築計画と CLT モジュール工法の仕様については京都大学小見山研究室が中心となり設計をとりまとめ、課題①の配置計画と課題②のうち様々な飲食店舗の業態への適用可能性については橋本不動産が検討した。課題③1 階の軸組工法部分を集成材木造、鉄骨造、RC 造とする場合の比較検討と、課題④2 階を箱型モジュールにする場合とパネル状部材を現場施工する場合の最適なバランスの検討及び課題①モジュール工法を可能にするための作業ヤードを意識した配置計画については、構造設計担当者及び材料供給者並びに施工担当者を交えて検討し、建築計画と構造計画の両面から課題解決を行った。

<協議会の開催>

- 2025 年 9 月：第 1 回開催、課題及びその解決に向けた問題点洗い出し
- 10 月：第 2 回開催、モジュールの仕様と全体構成について建築計画の面から協議
- 11 月：第 3 回開催、モジュールの仕様と全体構成について構造計画の面から協議
- 2026 年 1 月：第 4 回開催、モジュールの仕様と全体構成について施工計画の面から協議
- 2 月：第 5 回開催、実証事業の成果報告書の協議及び最終確認

<設計>

- 2025 年 9 月—12 月：基本設計（建築計画、構造）
- 2025 年 12 月—2026 年 2 月：実施設計（建築計画、構造）

5. 得られた実証データ等の詳細

設定した課題検証において次の結果が得られた。

①モジュラー工法を可能にするために必要な作業スペースを意識した配置計画の検討

想定した 6 種類の飲食店舗を、業態が近いものをまとめることで 2 階建ての飲食複合施設 3 棟に整理した。飲食施設はびわ湖に注ぐ景観の良い一級河川（葉山川）に沿って、西側に寄せて設ける配棟計画とすることで、駐車場用地は敷地東側にまとめて設けることが可能になった。このエリアは、工事中においては作業ヤードとして用いることができる。

②様々な飲食店舗の業態に対応可能な汎用性のあるモジュールの設計

各飲食施設では共通で、1 階にエントランスと会計・ショーケース、カウンター席、厨房が設けられ、2 階には適宜区切ることができる客席や個室が設けられる平面計画となった。そこで、開放性が求められる 1 階には間取りの自由度が高い軸組工法を、小さな空間に区切られる 2 階には壁式工法（CLT モジュラー工法）を採用することとした。モジュールは短辺方向・長辺方向とも横連結ができるよう、図 1 に示すように四面を開放しても構造的に成立するよう計画した。

③1 階の軸組部分を木造、鉄骨造、RC 造とした場合のメリット・デメリットの比較検討

1 階の軸組工法部分を、集成材木造、鉄骨造、RC 造それぞれで軸組図を作成し、ふさわしい架構形式や部材断面寸法等を比較した。本計画においては集成材木造が選ばれることとなったが、敷地や設計条件が変われば他の構造種別が選ばれる場面もありうる。

④2 階をモジュールで構成する場合と現場施工部分を増やした場合の最適バランスの検討

⑤CLT モジュラー工法の採用にあたってのコスト縮減および他工法との比較検討

本計画では前述のように敷地面積にゆとりがあることから、モジュールの組み立てを敷地内で行うことを検討した。車路も含めておよそ 16 台分の駐車マスがあれば作業スペースを賄える。これは本計画で準備する 200 台超の駐車場では容易に確保可能な面積であり、別敷地においてもロードサイド型の店舗であれば確保することが難しくない面積である。

6. 本実証により得られた成果

CLT モジュールの仕様を、汎用性、低コスト性を念頭に設計・検討し、その検討過程を取りまとめることにより、他の事業者が同様の検討を行う上で参考となるデータを集めることができた。同様の条件の建築物では本実証で得られた構造計画方針を応用可能である。類似の建築物としてロードサイドの物販店舗や駐車場併設の業務施設などが考えられる。これらを設計する上では本事業で得られた 1 階軸組工法+2 階壁式工法の比較検討資料を適用でき、その成果を広く普及できる。1 階をピロティ式の駐車場、2 階を店舗とする構成の建築計画にも応用可能である。また、CLT パネル工法をモジュール化する際のメリットの所在を明らかにしたことで、同様の用途の建築物に波及効果を期待できる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

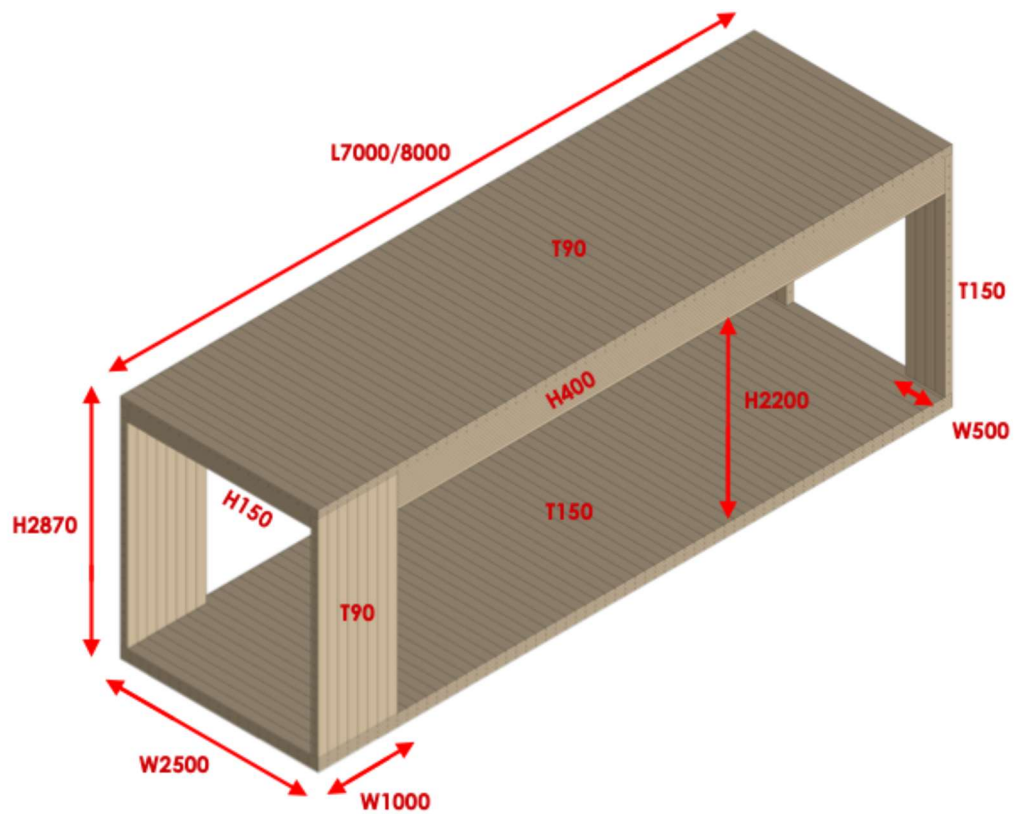


図1 本実証で得られた CLT モジュール各部の基本寸法



図2 外観イメージ

2. 3. 3 成果物

1. 課題1：モジュラー工法を可能にするために必要な作業スペースを意識した配置計画の検討

1-1. 配置計画（建物配置、駐車場配置）

建築予定敷地は滋賀県草津市に位置し、北西に幹線道路（地方道草津守山線）、北東に住宅地が続く側道、南東に住宅地、南西に一級河川（葉山川）が流れている。河川の下、西方には小学校（草津市立笠縫東小学校）を望むことができる。本計画では、そこに複数の飲食施設からなるモールを建設する。敷地への進入路は、幹線道路側からと側道側からの2ヶ所から設けることができる。本計画では6種類の飲食業態を想定しているが、顧客ニーズをふまえて業態が近い店舗を1棟にまとめることで2階建ての飲食複合施設3棟に整理することができた。それぞれの店舗面積から必要駐車台数を計算し、およそ200台分の駐車スペースが必要と見込まれた。

飲食施設は琵琶湖に注ぐ景観の良い葉山川に沿って、西側に隣接して設ける配棟計画とすることで、駐車場用地は敷地東側にまとめて設けることが可能になった（図1-1）。この駐車場用地は、工事中は作業ヤードとして用いることができるため、後述のように本計画で目指すモジュール化における組み立てスペースとして確保した。

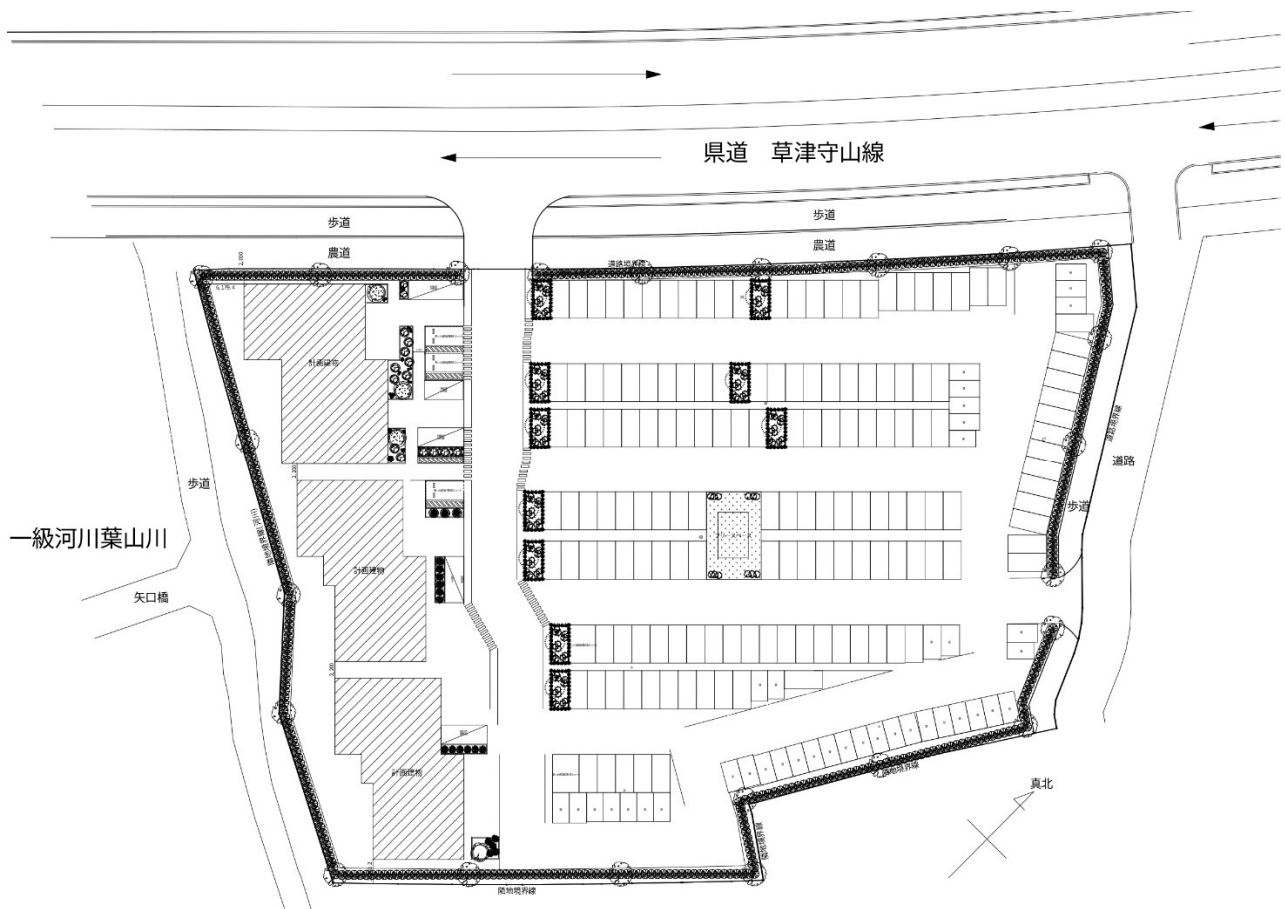


図 1-1 配置図

1-2. 平面計画 （1階＝開放性＝軸組工法、2階＝間仕切られた客席＝壁式工法）

各飲食施設は共通して、1階にエントランスと会計・ショーケース、カウンター席、厨房が設けられ、2階には適宜区切ることができる客席や個室が設けられる平面計画となった。このため、利用者から開放性が求められる1階には間取りの自由度が高い軸組工法を、小さな空間に区切ることができる2階には壁式工法を採用することとした。

十分な敷地面積をもち建物外に駐車場用地を確保できる本計画では不要となったが、計画段階では1階をピロティ駐車場とする案も検討した。本計画では最終的に採用しなかったが、今回施主となる事業者は、将来、より狭小な敷地での飲食施設の展開も検討しており、こうしたケースにおいては1階軸組工法部分をピロティ駐車場とした展開も想定できる。

一般的にロードサイド型の飲食店において1階をピロティ駐車場とした例は多くみられる。幹線道路沿いで高い視認性を確保しつつ、雨天でも濡れずにアクセス可能な利便性から、車利用の顧客を効率的に誘客できる形態である。また、1階をピロティにすることで限られた敷地面積において駐車台数を確保できるだけでなく、容積率の緩和（床面積不算入）が受けられる場合もあり、駐車場付き店舗の建築において有効な手法となる。したがってこうした敷地条件の建築計画においてCLTを活用することはその汎用性の面からCLTパネル工法普及への寄与が大いに期待できるものとなる。

敷地北東側に住宅地が隣接する本計画においては、工期短縮による周辺環境への配慮もテーマの一つとなった。現場での作業を極力少なくすることで、騒音や粉塵、交通規制の期間が短縮されるため、近隣住民や通行人への負担を軽減することができる。

以上の検討経緯から、本設計実証では、2階部分については様々な飲食店舗の業態に対応可能な汎用性のあるモジュールの設計を、1階部分については軸組工法を採用し、その工法を集成材木造、鉄骨造、RC造とした場合の各々のメリット・デメリットの比較検討を行うこととした。それぞれ続く第2章、第3章で詳しく述べる。

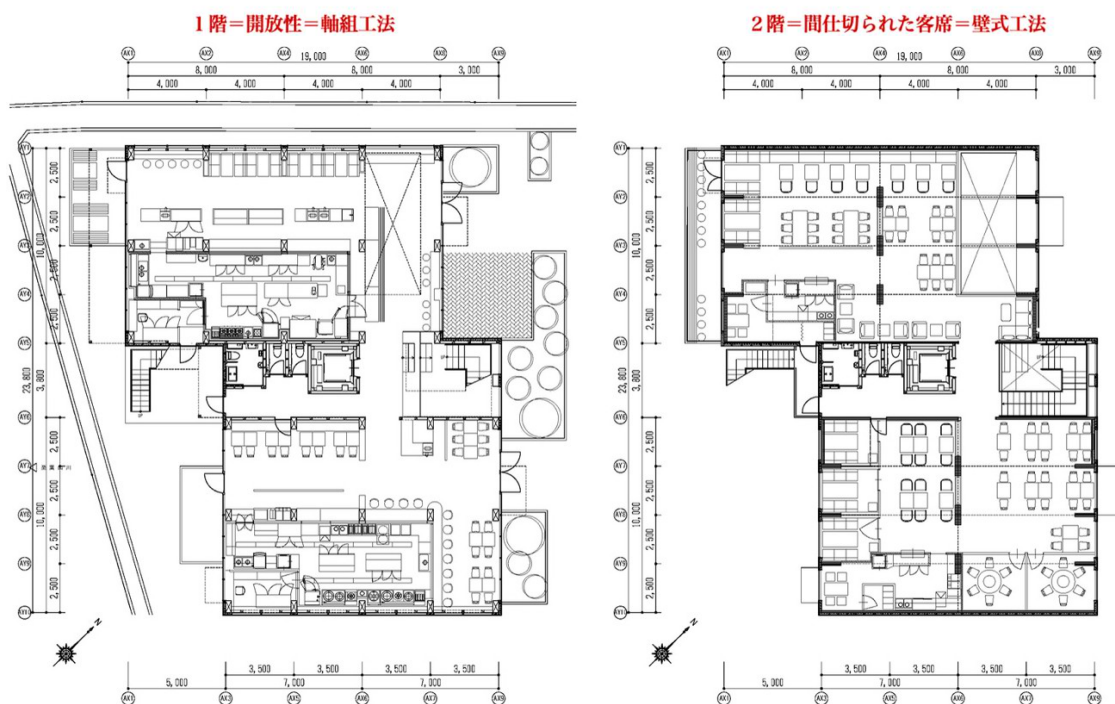


図 1-2 本計画の1階と2階で求められる空間構成の違い

2. 課題2：様々な飲食店舗の業態に対応可能な汎用性のあるモジュールの設計

2-1. CLT モジュールの計画（基準寸法とその設定理由、寸法と壁配置のバリエーション）

2 階の客席部分で必要とされる客室面積を平面に配置した結果、おおよそ 10m×15m 程度の床面積が必要であることが分かった。必要床面積をモジュールに分割する検討から、モジュールの横幅は共通化し 2,500mm とした。運搬可能寸法も考慮した結果、長さ方向は一度に運ぶことが難しいため、7,000mm または 8,000mm で 2 分割する計画とした。この 2 種類の長さのモジュールの組み合わせによって、6 種類の飲食業態の必要延床面積をすべて充足できることが分かった。

モジュールは短辺方向・長辺方向とも横連結ができるよう、図 2-1 に示すとおり四面を開放しても構造的に成立するように計画した。

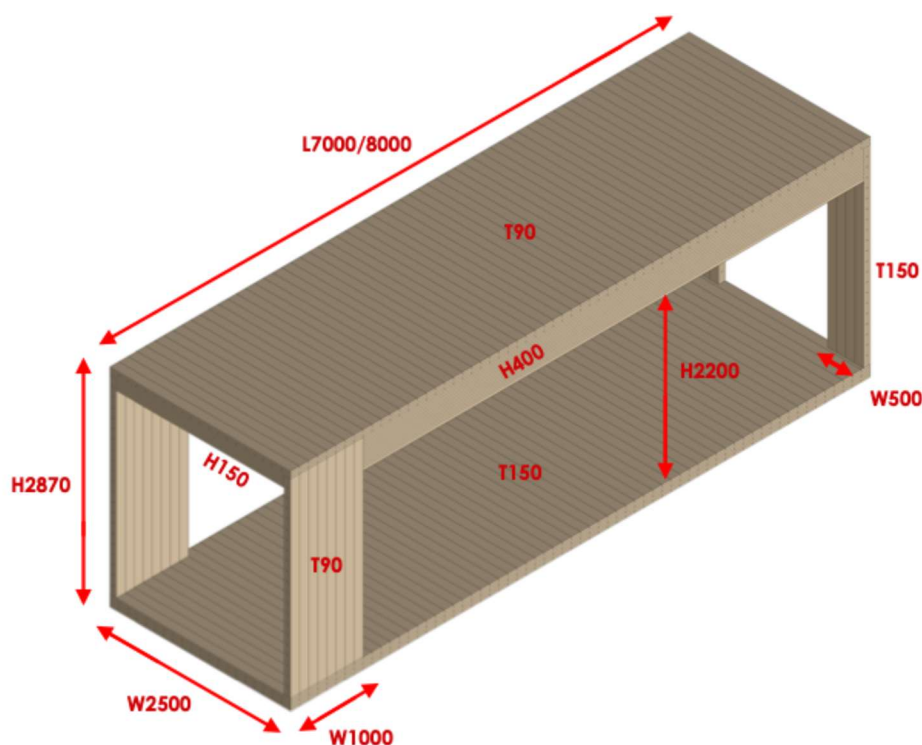


図 2-1 CLT モジュール各部の基本寸法

4 隅に立つ幅 500mm または 1,000mm の壁柱は鉛直方向に最外層のラミナ方向を合わせたそれぞれ厚み 150mm または 90mm の CLT パネルである。壁柱の向きは建物端部では長辺方向、連結した際の建物中央部では短辺方向にそれぞれ向けられており、両方向の水平力を負担できる。壁柱によって支えられる屋根パネルは短辺方向に最外層のラミナ方向を合わせた厚み 90mm の CLT パネルである。モジュールの長手方向は壁柱間のスパンが大きくなるため、屋根パネルを支える垂れ壁（梁）を設けている。2 階の居心地を考慮して、この垂れ壁下で高さ 2,200mm の高さが確保できるよう垂れ壁は集成材とし、せいを 400mm に抑えた。床の CLT パネルはたわみを抑えるため厚み 150mm としている。この床 CLT パネルを 1 階軸組工法の上に載せた際は、1 階の天井スラブを兼ねることとなり、モジュラー工法が一般的に抱える、積み重ねた際にパネルが 2 重になってしまうという非効率性を排した計画としている。一方で、4 隅の壁柱は横連結した際に二重となるが、あらかじめ二重になった際に必要断面寸法を満たせるよう

な構造計画としている。

1 階の軸組工法部分と 2 階の壁式工法部分を組み合わせた本計画の具体的な断面図を図 2-2 および図 2-3 に示す。本設計実証では店舗設計の自由度を高めるため、建物外観への影響が大きい屋根形状はモジュール部分とは独立して建築計画が立てられるようにしている。モジュール部分は雨仕舞いをもった陸屋根を構成し、その上に自由形状の屋根架構を載せることができる。実際の本建築計画では、太陽光パネルを用いた自然エネルギー利用が目指されているため、モジュールの上階は太陽光パネルの架台を兼ねた南向きの勾配屋根と、必要な屋外設備スペースに充てられている。

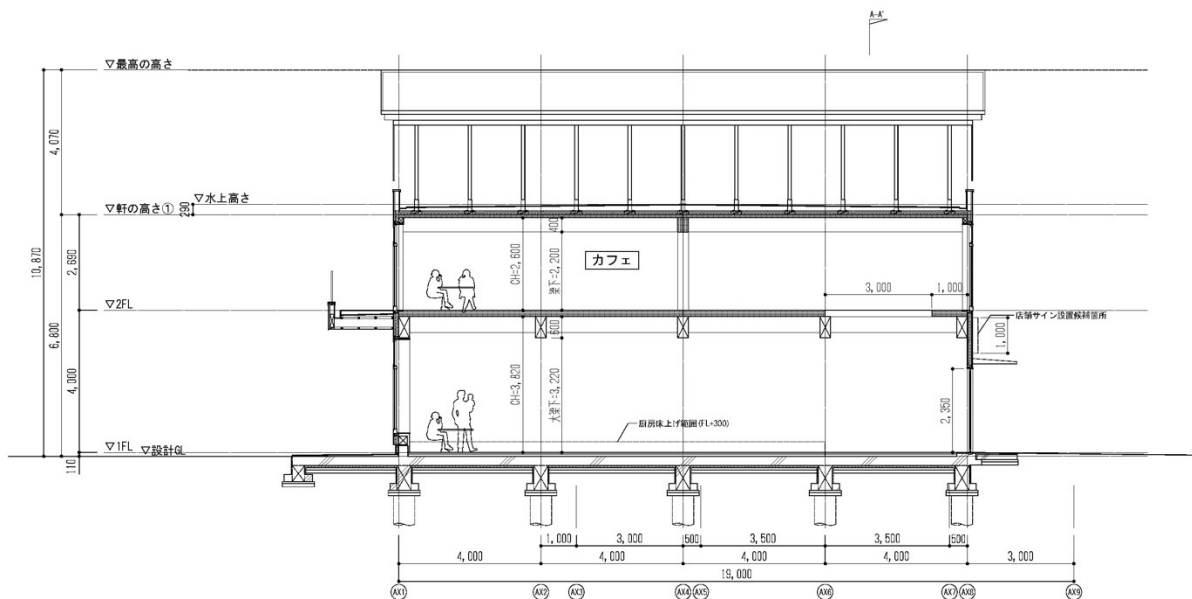


図 2-2 長辺方向断面図

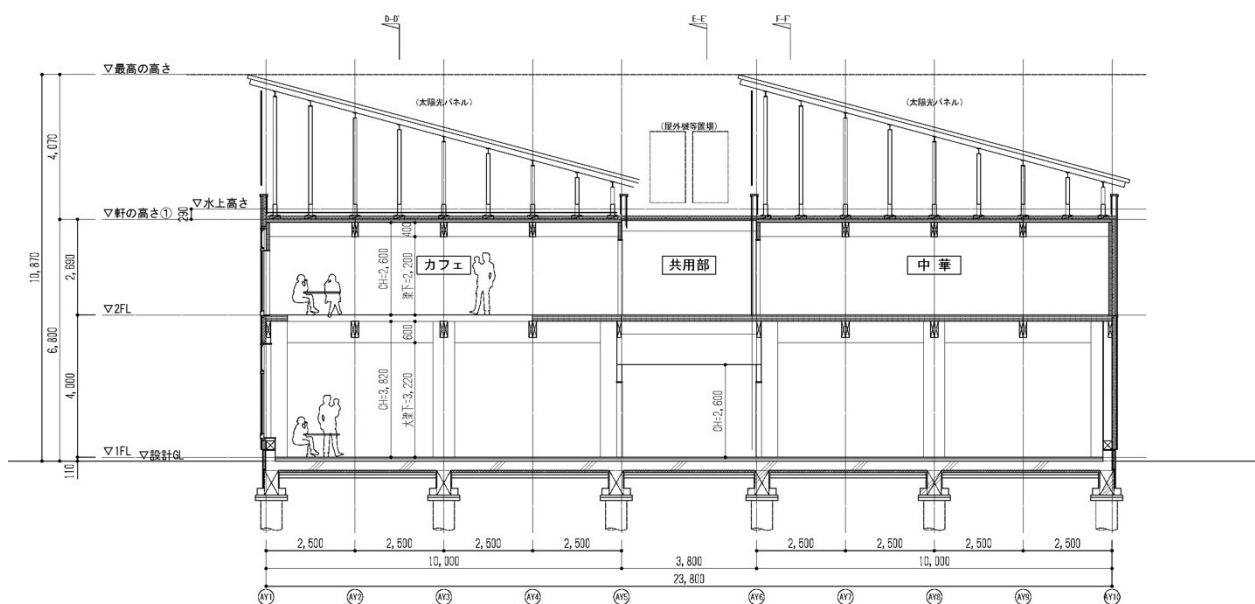


図 2-3 短辺方向断面図

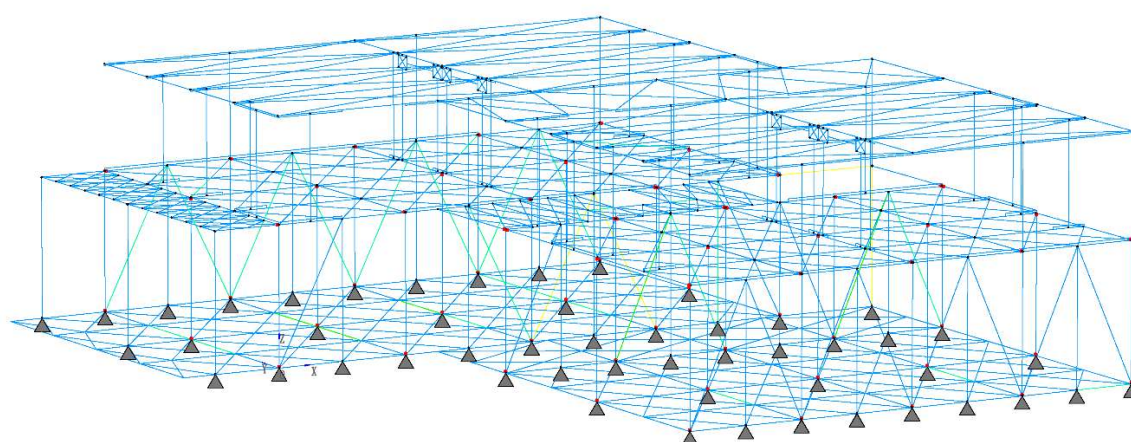
3. 課題3：1階の軸組工法部分を集成材木造、鉄骨造、RC造とした場合のメリット・デメリットの比較検討

3-1. それぞれの構造種別ごとの構造計画（集成材木造、鉄骨造、RC造）

1階の軸組工法部分を、集成材木造、鉄骨造、RC造それぞれで検討し、部材断面寸法等を比較した。構造計算については、立体ワイヤーフレームのモデルを用い、マトリックス法による応力解析を行った（図3-1）。剛床仮定は用いず、床は面剛性の等価なブレースに置換し、2階（CLTパネル工法）部分については壁パネル－床パネル・垂れ壁パネル－床パネル間の接合部を節点間ばねとしてモデル化している。

共通部分である2階のCLTパネル工法について、梁間方向耐力壁は厚さ150mm（S60-5-5）であるが、桁行方向耐力壁は壁長が長いので厚さ90mm（S60-3-3）に低減し、いずれもモジュールの境界部では壁を二重で設ける構成である。床版は厚さ150mm（S60-5-5）、屋根版は厚さ90mm（S60-3-3）とし、最外層ラミナの繊維方向がモジュール短辺方向に向くよう配置する。

本計画においては、施設に木材を多く使いたいという事業主の意向があり集成材木造が選ばれることとなったが、敷地や設計条件が変われば他の構造種別が選ばれる場面もありうる。設計実証の成果報告としては、三種類の構造種別で軸組部分を構成する場合の架構計画とそれぞれのメリットとデメリットを、上部モジュール部分との取り合い（モジュールとの接合のしやすさ）やそれに起因するコスト差も含めて評価し、整理する。



表示部材：柱、梁、ブレース、壁、床

Input : hiraiCLT17.inl
Output : hiraiCLT17.rat
Focus : 8.000 -1.900 3.500
Phi=10.000 Theta=-120.000
R=500.000 L=7000.000
Dfact=100.000
Mfact=0.500

▲印は支点位置を表す
(X, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z のうち, X, Y, Zを拘束している)

図3-1 構造解析モデル図（1階木造の場合の検討図を示している）

3-1-1. 集成材木造：梁間方向 木造ラーメン架構、桁行方向 在来軸組工法

1 階を集成材による木造軸組構造とした場合の 2 階伏図を図 3-2 に示す。

梁間方向はラーメン構造とし、柱・梁の幅は、2 階 CLT 耐力壁（厚さ 150mm×2 枚）が載ることを考慮して 300mm とした。柱梁接合部は GIR 接合による半剛接合とする計画であり、必要な曲げ耐力および剛性を確保するため、柱・梁せいとも 600mm としている。一方、桁行方向については、2 階における耐力壁の長さが比較的長く、1 階の剛性が過小となるおそれがあるため、水平剛性の高いブレース構造を採用する。梁幅は、2 階 CLT 耐力壁（厚さ 90mm）が支持されるよう 105mm とし、CLT モジュールの境界部では応力集中および支持条件を考慮して梁を二重に配置している。

2 階 CLT パネル工法モジュールと 1 階軸組構造との接合方法について、接合詳細を図 3-3 に示す。

2 階から 1 階へ地震力を確実に伝達するための引張金物およびせん断金物は、CLT モジュール据付後に施工する計画とした。引張力の伝達については、外壁部では外側から帯金物を用いて接合し、内壁部では引きボルトによる接合とする。モジュール境界部において耐力壁が二重となる箇所では、引きボルトも二重に配置する。せん断力の伝達については、床に作用する地震力は床梁と床構面を構造用ビスにより接合することで 1 階へ伝達し、CLT 耐力壁が負担するせん断力については、下階から LST 金物を接合して伝達する計画とする。このように、CLT モジュール設置後に上下階を直接ビスおよび金物で接合できる点は、床梁を在来木造とする構成の施工上の利点であると言える。

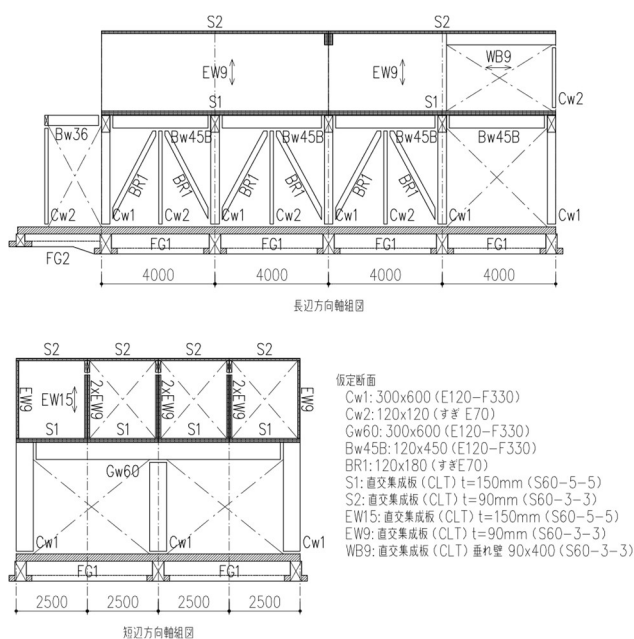


図 3-2 軸組図（木造案）

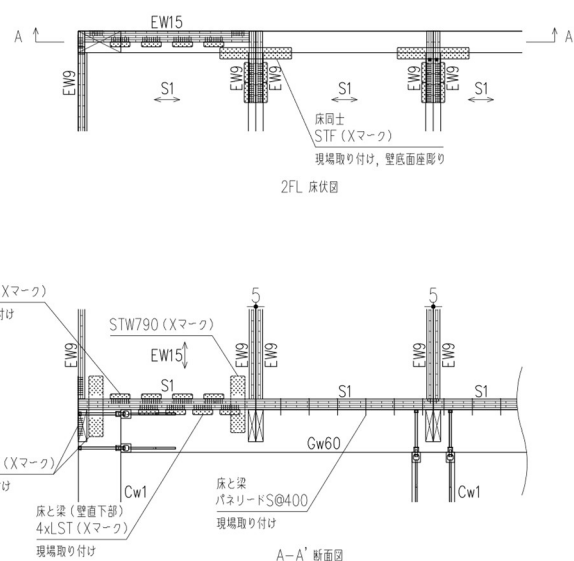


図 3-3 木造接合部詳細図

3-1-2. 鉄骨造：梁間方向・桁行方向ともラーメン架構

1 階を鉄骨造とする場合の 2 階伏図を図 3-4 に示す。梁間方向および桁行方向ともにラーメン構造とし、柱には角形鋼管 200×200×12、主梁には H 形鋼 H-400×200×8×13 を用いる。柱梁接合部は通しダイアフラム形式とする。

2 階 CLT パネル工法モジュールと 1 階鉄骨造部分との接合方法について、接合詳細を図 3-5 に示す。1 階鉄骨造と 2 階 CLT モジュールの建て方精度の差を吸収するとともに、施工時の調整がきくよう、両者の間に木土台を介在させる構成とすることが望ましい。土台は、あらかじめ鉄骨梁上にボルト接合して設置する計画とする。

2 階から 1 階へ地震力を伝達する引張金物およびせん断金物については、木造の場合と同様に、CLT モジュール据付後に施工する計画とする。ただし、1 階が鉄骨造であるため、木造のようなビスによる直接接合が困難である点が異なる。引張力の伝達については、鉄骨梁フランジにあらかじめボルト孔を設けて、ボルト接合する計画とする。ただし、引きボルトと鉄骨梁ウェブとの位置関係によっては、耐力壁の厚さ中心に引きボルトを配置できない場合があるため、納まりおよび応力伝達経路について十分な検討を要する。せん断力の伝達については、外壁部では外側から SP 金物を用いて CLT 耐力壁と土台とを接合することで対応可能である。一方、内壁部では、床構面同士を接合するために用いる合板スプライン接合との干渉が生じる可能性があり、せん断金物の配置および接合方法が課題となる。

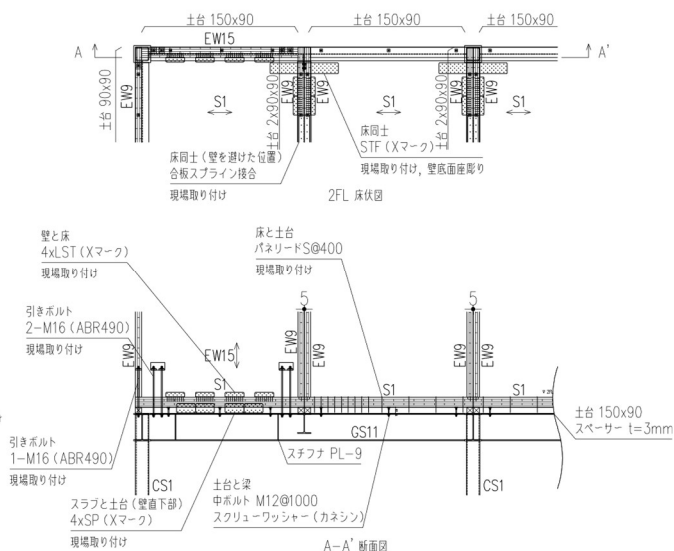
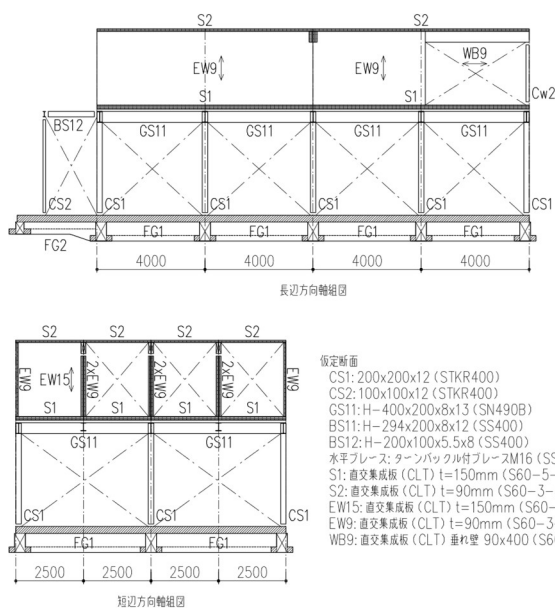


図 3-4 軸組図 (鉄骨造案)

図 3-5 鉄骨造接合部詳細図

3-1-3. RC 造：梁間方向・桁行方向ともラーメン架構

1 階を RC 造とする場合の 2 階伏図を図 3-6 に示す。梁間方向および桁行方向ともラーメン構造とし、柱断面は 450×450、大梁断面は 350×550 とする。

2 階 CLT パネル工法モジュールと 1 階 RC 造部分との接合方法について、接合詳細を図 3-7 に示す。鉄骨造の場合と同様、1 階 RC 造と 2 階 CLT モジュールの間には木土台を介在させる構成とすることが望ましい。土台は、予め据え付けたアンカーボルトで接合し、座掘りが不要なタイプの座金により土台天端とフラットに仕上げることで CLT モジュールとの干渉を防ぐ。

2 階から 1 階への地震力伝達については、他の構造と同様に、CLT モジュール据付後に施工する計画とする。引張力の伝達については、アンカーボルトを利用した引きボルト接合とすることが考えられる。ただし、耐力壁の厚さ中心に引きボルトを配置した場合、RC 部材のかぶり厚さが不足するおそれがある。この場合には、RC 梁側面の増し打ち等の対応が必要となる点に留意する必要がある。また、アンカーボルトの施工精度に依存するため、CLT パネル側には現場計測に基づいた孔あけが必要となる点も施工上の課題である。せん断力の伝達については、鉄骨造の場合と同様に、外壁部では外側から SP 金物を用いて CLT 耐力壁と土台とを接合することで対応可能である。一方、内壁部では、床構面同士を接合するために用いる合板スプライン接合との干渉が生じる可能性があり、せん断金物の配置および接合方法について詳細な検討を要する。

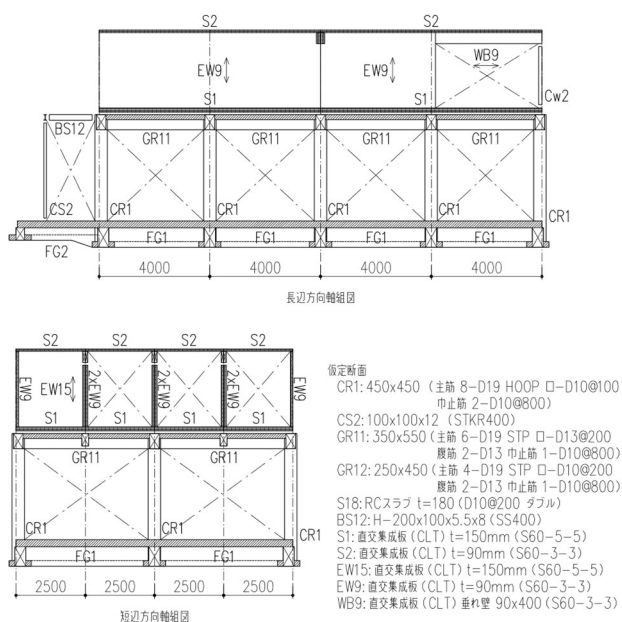


図 3-6 軸組図 (RC 造案)

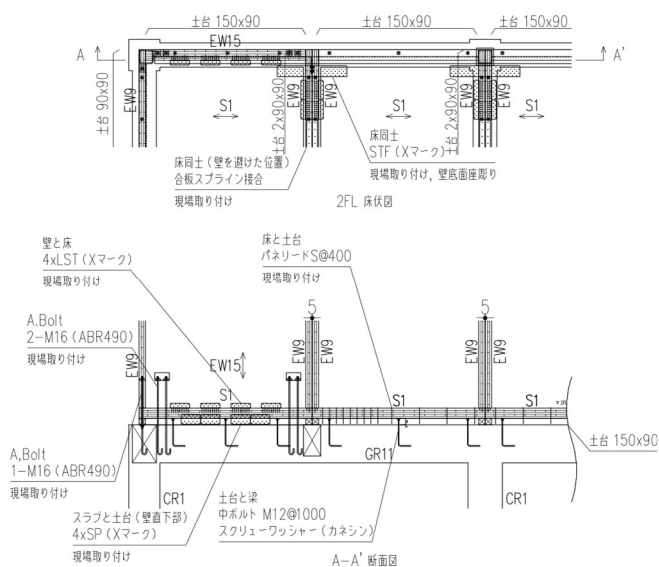


図 3-7 RC 造接合部詳細図

4. 課題4：2階をモジュールで構成する場合と現場施工部分を増やした場合の最適バランス検討

4-1. モジュールの製造から施工までの流れの整理

モジュールの製造から施工までの流れと、各段階において確認すべき事項は以下のように整理できる。

- ①材料の製造・加工
- ②組立工場への輸送＋モジュール組み立て
 - ・組立工場の確認
- ③荷積み
 - ・組立工場での最大揚重重量の確認
 - ・荷積みして工場から搬出可能かの確認
- ④輸送
 - ・車種、運送会社（モジュールサイズは幅 2.5×長さ 8.0×高さ 2.8m 程度）
 - ・道路、現場状況の確認
 - ・トラックとモジュールの固定方法や荷崩れしないことの確認
- ⑤荷下ろし
 - ・モジュールを吊れる機構の確認
 - ・敷地でモジュールを揚重可能なクレーンの確認（モジュール重量は 6.0t 程度）
 - ・材料ヤードの確認
- ⑥施工
 - ・モジュールが横並びで施工可能かの確認

このうち、特に④の輸送については、組立工場を CLT 製造工場に近いエリアで確保するケースと、敷地内に組立スペースを確保するケースについて、それぞれ行った検討結果を報告する。

4-2. モジュールを工場で製造する場合の、敷地までの運搬方法の検討

CLT 製造工場に近いエリアにモジュールの組立工場を確保する場合、工程として CLT 製造工場から組立工場までの CLT パネルの運搬と、組み立て工場から敷地までの CLT モジュールの運搬が発生する。図 4-1 は、今回計画したモジュールを運搬可能なトラックの例である¹。15 トン平超低床車である本車両を用いれば、両サイドのアオリを開けた状態で、幅 2500mm までの荷物を積載可能となる。

¹ えびの興産ウェブサイトより

https://www.ebinokk.co.jp/libs/business/carriage/vehicle/pdf/15ton_teisyo2020.pdf

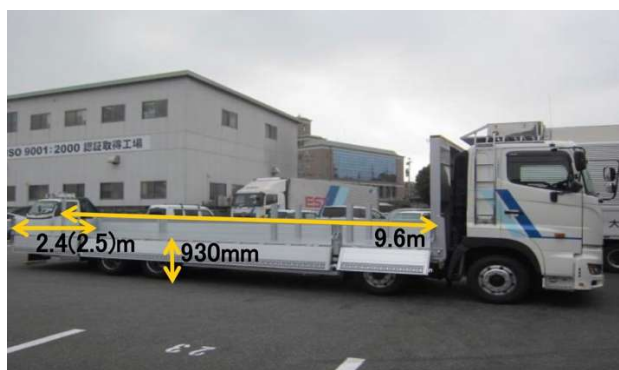


図 4-1 本計画で設計したモジュールを運搬可能なトラックの例（15 トン平超低床車）

図 4-2 に示すように、幅 2,500mm、長さ 12,000mm、高さ 3,800mm までは特殊車両通行許可を得ずに道路の走行、運搬が可能である。

特殊車両通行許可制度とは？

道路はみんなの財産です。最近、車も、運搬される貨物も大型になり、重量も重くなっており道路が壊される事故が増えています。せまい道路に大型車を通行させたり、一定の大きさや重さをこえる車（特殊車両）を通行させるときは、道路管理者の許可を受けるように、道路法で定められています。

下記の基準値をひとつでも超えると「特殊車両」です。

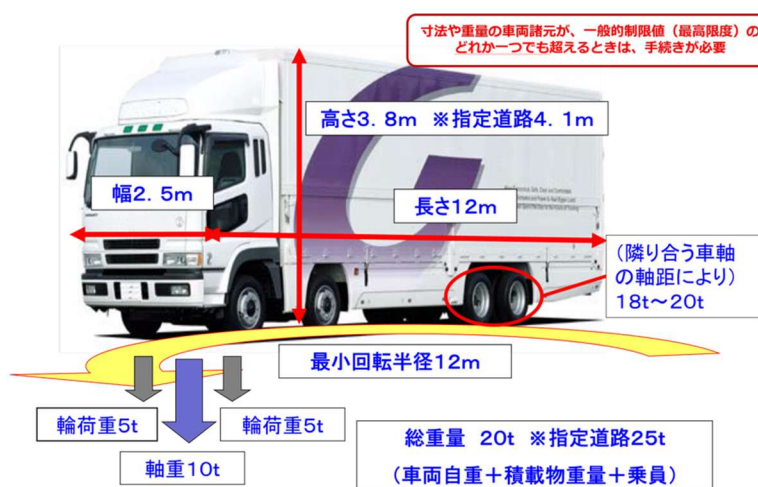
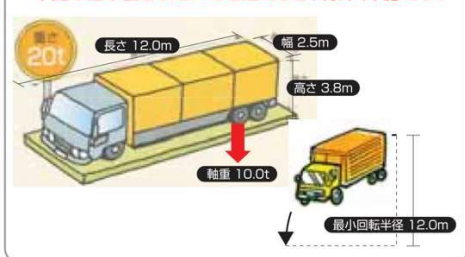


図 4-2 特殊車両通行許可制度に基づく、特殊車両の定義（名古屋国道事務所、国土交通省）²

道路管理者の特殊車両通行許可を得れば、図 4-3 に示すように幅 3,000mm までの積載物を運搬可能であるが、本計画では、様々な条件下における CLT モジュール工法による建築計画を念頭に、より汎用性の高いプロトタイプとすべく、許可が不要の 2,500mm までの横幅を抑えるモジュールでの計画とした。

² 左：名古屋国道事務所「特殊車両通行許可申請」より

<https://www.cbr.mlit.go.jp/meikoku/request/specialvehicle/>

右：国土交通省「特殊車両通行制度について」より <https://www.mlit.go.jp/road/tokusya/>

重量物・長大物輸送の関係法令と一般的制限値

	車両制限令【道路】	道路交通法【警察】	道路運送車両の保安基準【車両】
長さ・高さ			
幅			
重量		規定なし 〔自動車検査証の重量の制限を超える積載は過積載となる。〕	
	制限値を超える場合 特殊車両通行許可または特殊車両通行確認	制限値を超える場合 制限外積載許可、制限外けん引許可	制限値を超える場合 基準緩和と自動車認定

◇国土交通省関東地方整備局「特殊車両通行ハンドブック」を参考に作成

2022年5月13日現在

図 4-3 重量物・長大物輸送の関係法令と一般的制限値（公益財団法人全日本トラック協会）

次に、モジュールの揚重方法について検討した。モジュールの荷下ろしから施工まで鉄骨の治具を使用する想定とし、治具をモジュール下面に取り付ける場合と上面に取り付ける場合におけるメリットとデメリットを比較した。なお、本計画では最終的に、図 4-5 に示す方法を採用することとした。

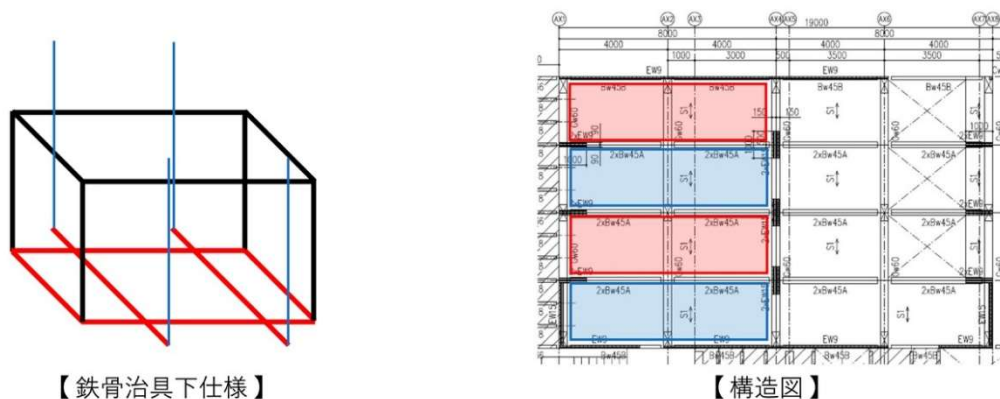
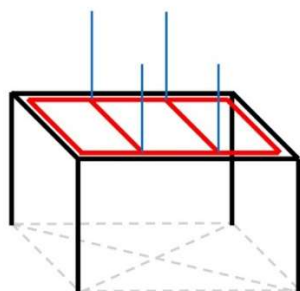
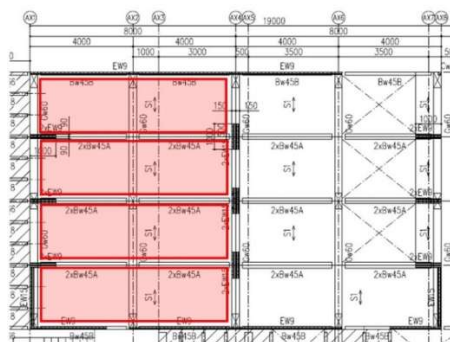


図 4-4 鉄骨治具下仕様による荷下ろし+施工のイメージ図

図 4-4 は治具を下に取り付ける場合の想定図である。これまでの先行事例でも施工された実績があり、方法が確立されていることがメリットに挙げられる。下面に設けた治具は運搬時のトレーラーとの接合金具も兼ねることができる。一方で、モジュールの側面を廻して吊り治具を取り付ける必要があるため、モジュールを隙間なく敷き並べることができない。本建築計画において実際に採用する場合は、1 つおきに事前組立部分（図中で赤く図示）と現場施工部分（図中で青く図示）とが隣り合うように計画する必要がある。また、壁下に設けられる鉄骨治具は取り外しが不可であり、逆に開口部分は鉄骨治具の取り外しが必須となる点にも留意する必要がある。



【鉄骨治具上仕様】



【構造図】

図 4-5 鉄骨治具上仕様による荷下ろし+施工のイメージ図

図 4-5 は治具を上に取り付ける場合の想定図である。この方式であればモジュールを横に敷き並べることが可能となるほか（図中に赤く図示）、鉄骨治具を使い回せることからコスト削減につながる可能性がある。デメリットとしては、鉄骨治具で吊るためのボルト孔などを CLT モジュールに開ける必要があること、及び足元の水平構面を固める必要があることが挙げられる。後者については、モジュールの CLT 床部分を利用することで対応は可能であるが、壁との緊結方法、揚重時の CLT 床のたわみが課題となり、構造計画上の配慮が必要である。また、鉄骨治具を工程上、どの時点に取り付けるかによって、モジュールの高さが運搬時の最大許容高さを超えないようにしなければならない点にも注意が必要である。

4-2. モジュールを敷地内で製造する場合の、必要作業スペースの検討

本建築計画では、前述のように建設予定敷地の面積にゆとりがあることから、モジュールの組立を敷地内で行うことが検討された。

幅 2500mm、長さ 7,000-8,000mm のモジュールを組み立てる際に必要な作業スペースは、5,800mm×12,000mm と見積もることができ、それを揚重するためのモバイルクレーンの設置スペースは 8,000×8,000mm と想定することができる。1 階軸組工法部分との施工計画上の調整によってモジュールの組立から施工までをスムーズに進めることが目指すものであるが、念のために、モジュールの保管スペースを敷地内に確保する場合は一基あたり 2,500mm×8,000mm 程度のスペースが必要となる。以上を図示したものが図 4-6 である。

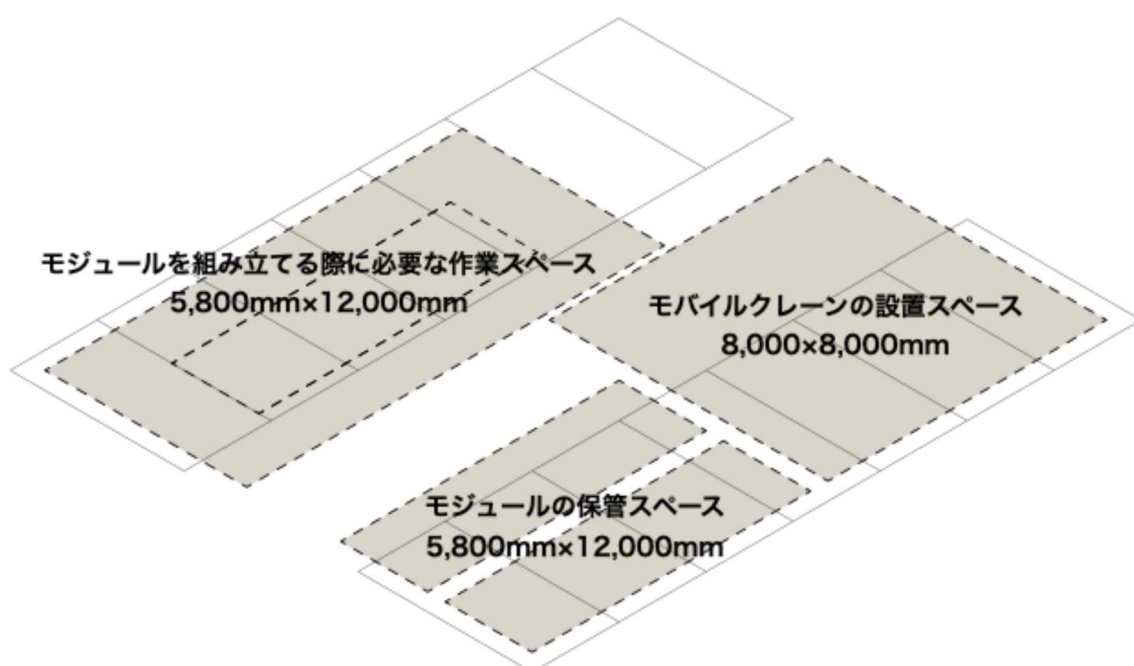


図 4-6 モジュールの製作に必要なスペースと、駐車場用地との関係

図中では、必要作業スペースを駐車マスの形状に重ね合わせる形で記載した。車路も含めておよそ 14 台分の駐車マスがあれば作業スペースを賄えることが分かった。これは本計画で準備する 200 台超の駐車場では容易に確保可能な面積である。また、別敷地において事業化する場合にあってもロードサイド型の店舗であれば確保することが難しくない面積である。特に MMC (Modern Methods of Construction) としてプレファブリケーションの理論的枠組みが進んでいる英国では、オンサイト（現場施工）とオフサイト（工場組立）の中間の手法としてニアサイト（敷地近傍での組立）のメリットも提唱されている。また、ドイツ・ベルリンにおいて小学校の建設が CLT モジュラー工法で進められているケースでは、組立工場が敷地の近傍に設けられている。

以上の検討から、本計画では、敷地面積の優位性を生かした現場組立によるモジュラー工法が有力な選択肢となった。

4-3. 接合金物の取り付けタイミングの検討

組立工場、現場施工段階にて、それぞれ取り付けられる接合金物を以下のように整理した。

3章で示した金物以外にモジュール運搬用の金物、吹抜けを有する場合は運搬時の補強用仮梁が別途必要である点に注意が必要である。

1. 組立工場

- モジュールの床パネル-壁パネル間、壁パネル屋根パネル間を接合するせん断金物
- 垂壁-壁パネル間のせん断金物、垂壁-屋根間のせん断金物、ビス
- モジュール運搬用の金物、運搬時の吹抜け補強用の仮梁とモジュールの接合金物

2. 現場施工

- (鉄骨造、RC造の場合) 土台と下部躯体との接合用ボルト、アンカーボルト
- 壁パネルと下部躯体を接合する引張金物
- モジュールと下部躯体(鉄骨造、RC造の場合土台)を接合するせん断金物、ビス
- 隣り合うモジュール間の床パネル、屋根パネル、壁パネル同士を接合する合板スプライン接合、引張金物

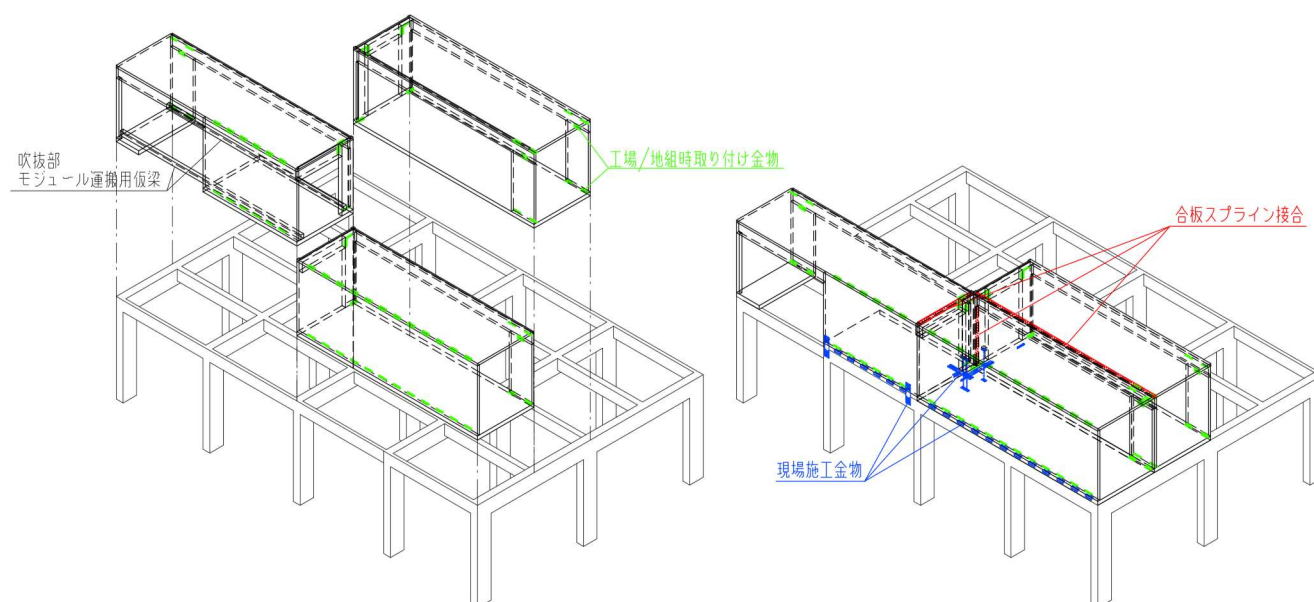


図4-7 接合金物の配置と施工タイミングの整理 (木造の場合を示している)

5. まとめ

5-1. CLT モジュール工法の採用にあたってのコスト縮減および他工法との比較検討

①モジュールを工場ですべて組み立てる場合、②モジュールを現場の作業ヤードで組み立てる場合、③モジュール化せずすべて現場施工する場合、の3つのケースについて、コストの比較を行った。①～③の金額の比較で大きな違いがあらわれた個所は、輸送費、モジュール組立作業費及び建方費、楊重治具の金物費の3点であった。それぞれについて考察を加える。

表 5-1 は、CLT パネルをバラで製造工場から現場まで輸送する場合の輸送費を「1」とした場合の金額差を示している。輸送費は、モジュールの組立を行うことで、組立工場までの運搬や、組み立てた後の輸送費が大幅に増えることで、①が②③に比べて2倍程度の金額となった。①では、特にモジュールの輸送費が高額となるため、建設現場あるいはその付近で組立工場を探し、ピストン輸送を行うなど、輸送費の低減が望まれる。

表 5-1 輸送費の比較

名称	規格、仕様	①工場組立 金額	②現場組立 金額	③現場施工 金額
輸送費(真庭市～大阪市)		0.39		
輸送費(大阪市～草津市)	モジュール：超低床車	1.58		
輸送費(真庭市～草津市)	バラ：大型車	0.14	1	1
合計		2.11	1	1

表 5-2 は CLT パネルをバラから現場で施工する場合の建方費を「1」とした場合の金額差を示している。①②が③よりも5%程度安くなったが、モジュール組立作業費も合算すると、①②の方が③よりも30%程度高くなった。一方で、表 5-3 に示す現場での施工日数の試算は、③は31日に対して、②は26日（15%減）、①は23日（25%減）となっており、モジュール組立による工期短縮が見込まれた。

表 5-2 組み立てと建方に掛かる費用比較

名称	規格、仕様	①工場組立 金額	②現場組立 金額	③現場施工 金額
モジュール組立作業費	4人で1日2モジュール	0.37	0.37	
建方費(モジュール部材)	建方用重機無償御支給条件	0.12	0.12	
建方費(バラ部材)	建方用重機無償御支給条件	0.82	0.82	1
合計		1.31	1.31	1

表 5-3 建方日数の比較

名称	①工場組立 日数	②現場組立 日数	③現場施工 日数
モジュールの組み立てに掛かる日数	(6) *事前組み立て	6	0
モジュールの現場施工に掛かる日数	3	(3) *工程のラップ	0
バラ部材の現場施工に掛かる日数	20	20	31
合計	23	26	31

モジュールの楊重治具の金物費は、下仕様（前述の図 4-5）で構造と一体化させるのではなく、上仕様（前述の図 4-6）に変更して繰り返し使用することで、当初検討していた下仕様のものよりも大幅に減額することができたが、モジュールの輸送や現場での施工を考慮すると、最低でも 4 基以上が必要となり、現時点でも金物費全体の 40%程度を占めている。今後も本モジュール建築が展開され、本治具を継続して使用することができるのであれば、①②の金物費も大きく減額することが可能となる。

表 5-4 接合金物費の比較

名称	規格、仕様	①工場組立 金額	②現場組立 金額	③現場施工 金額
接合金物費		1	1	1
接合金物費(楊重治具)	他物件の事例を参考	0.8	0.8	
合計		1.8	1.8	

本検討では、モジュール組立は CLT 製造メーカーが構造躯体まで行う想定であるが、一定の仕上げや設備も含めて専門の組み立て業者で行うことができた場合、組み立て工場の賃借料等の費用が抑えられ、また、現場での施工日数がより短縮できることで、間接的な費用を抑えられるものと思われる。

5-2. 地域材利用におけるコスト縮減策

最後に、本実証事業における検証事項ではないが CLT 建築において地域材を用いる場合のコスト縮減についてその政策論的将来展望を含め付言する。

滋賀県において活用を推奨しておられる地域材「びわ湖材」に限らず産地を指定して木材を購入すると、材料費が全国的に割高になることが知られている。証明書発行などの手間が増えるほか、材の選別や分別等の追加作業が増えることが理由として考えられている。滋賀県においてもびわ湖材を指定して使用することと産地を指定しない集成材による建築計画に対して、コスト差が発生する可能性が生じることは事実である。滋賀県ではびわ湖材利用促進事業による補助を行うことでコスト差を縮小する施作も行なっている。このため建築物における木材利用箇所すべてにびわ湖材を利用することはコスト高を招くため、例えば、表しの構造材や内装材等、利用者の視認性の観点などから、必要な部分のみに効果的・重点的に利用することが望ましいと考えられる。また、滋賀県においては、「木」の健康への好影響等その多面的効用に加え森林保全や琵琶湖の水質保全の観点にも鑑み、びわ湖材利用促進事業による補助も行っており(令和 8 年 2 月現在)、そうした施策の活用も考えられる。

また、地域材使用によるコストアップは総工費に占める割合によっても「負担感」は変化することから、こうした政策的支援が有効に作用することも考えられる。したがって上述のような考え方及び施策活用を視野に今後の具体的建築計画においてさらなるコスト縮減が図られることを期待する。

また CLT 建築における地域材の活用促進のためには、地域、「足元」での切出し価格の低減に向けた中間経費の圧縮に向けた取組みや消費者、利用者への地域材利用の意義、効用の一層の PR などに加え、将来的には、マクロ的な安定したロットによる需要創出と供給バランスの確保、それを念頭に置いた林業家、森林組合、製材所等における「生産性」向上に向けた設備投資とその公的支援、さらに路網整備や林道整備など公共部門におけるインフラ投資の推進、より効率的な積出し手法の開発、計画需要確保のための共同調達システムの構築など、総合的な政策の研究、発展も多いに期待したい。

5-3. 結語にかえて

本実証事業は CLT 建築の設計段階において、もっぱらモジュラー工法の優位性、先進先導性を飲食施設建築にあって検証しようとしたものだが、本飲食事業は建築資材を含め「地産地消」にこだわることで、人口減少、超高齢化の中、ともすれば埋没、衰退の危険性ある地方の創生、地域振興に貢献しうる可能性ある建築計画・飲食事業であり、今後、本計画の一層の進化、具体化を通じてその目的が達成できることを期待するとともに、本実証事業に関わった関係者、各セクターも引続き効果的な連携と協力を行って参ることとしたい。

5-3. 完成イメージ図

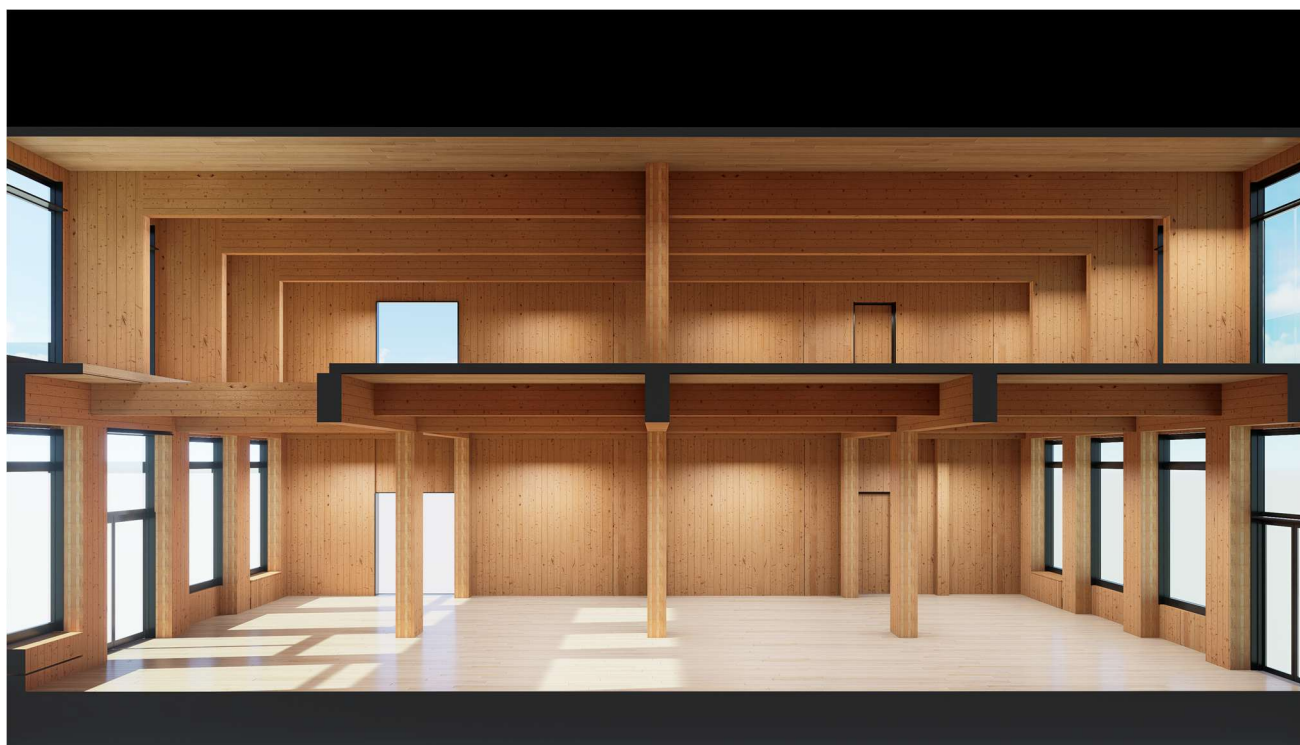


図 5-1 完成イメージ（内観）



図 5-2 完成イメージ（外観）