

2.4 studio KOIVU 一級建築士事務所／材惣木材(株)

事業名		名古屋市金山耐火木造オフィス新築工事の設計実証・部材の性能実証	
実施者（担当者）		studio KOIVU 一級建築士事務所（材惣木材株式会社）	
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		愛知県名古屋市熱田区
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT壁（耐力壁）
	階数		4
	高さ（m）		12.868
	軒高（m）		11.990
	敷地面積（㎡）		44.66
	建築面積（㎡）		31.72
	延べ面積（㎡）		121.80
	階別面積		1 階
2 階			31.72
3 階			31.72
4 階			27.90
C L T採用部位		耐力壁	
C L T使用量（㎡）		加工前製品量6.587㎡、建築物使用量5.866㎡	
C L Tの仕様	壁パネル	寸法	60mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A-3-3
		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	
		ラミナ構成	
強度区分			
樹種			
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱・梁：オウシュウアカマツ集成材 他：スギなど
	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		26.7382㎡（構造部材） 3.6215㎡（構造用合板） 9.1659㎡（下地材） 2.1272㎡（仕上材）
仕上	主な外部仕上	屋根	超耐久性T P Oフィルムラミネート鋼板（t=0.4）防水工法
		外壁	耐摩ガルバリウム鋼板（t=0.4）＋耐水合板（t=9.0）下地
		開口部	アルミサッシ＋複層ガラス（Low-E、中空層幅6mm）
	主な内部仕上	界壁	（PB15+21）＋木軸＋（PB15+21）
		間仕切り壁	（PB12.5+9.5）＋木軸＋（PB12.5+9.5）
		床	床仕上材＋PB21×2＋GW24 k （100） ＋PB21×2
構造	天井		木天井下地＋PB9.5
	構造計算ルート		許容応力度等計算（計算ルート2）
	接合方法		箱型金物タフネスコネクター＋L型金物ビス止め＋接着剤（ウレタン樹脂系）
	最大スパン		4.410m
	問題点・課題とその解決策		・耐力壁の靱性が低い ・耐力壁の短期許容せん断耐力によって生じる柱軸力の処理 ・耐力壁を上下階に連続配置することによって生じる柱軸力の処理 ・壁倍率の向上と狭小地の施工性工場で金物を工場で取り付けて輸送
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		有り
	本建築物の防耐火仕様		1時間耐火
温熱	問題点・課題とその解決策		サッシとボードの取合部分における空隙処理として岩綿を充填
	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		CLT耐力壁と柱の接合部における空隙処理として岩綿を充填
	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 保温板 1種 ・ 25mm
		外壁	グラスウール24kg/㎡ ・ 100mm
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板3種 b ・ 30mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		大判パネルによる架設と接合方法の再考が必要
	建て方における課題と解決策		CLT耐力壁を工場でプレ施工することで、工期短縮とコストダウンに繋がった
	給排水・電気配線設置上の工夫		2重天井として耐力壁内への施工を回避
	劣化対策		CLTと基礎アンカーの接合箇所の結露防止でグラスウールで保護
工程	設計期間		2021年7月～2021年11月（5ヵ月）
	施工期間		2022年7月～2022年12月（6ヵ月）＊予定
	C L T躯体施工期間		2022年9月上旬～2022年9月中旬（1週間）＊予定
竣工（予定）年月日		2022年12月24日	
体制	発注者		坂口友希夫
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計/実施設計：（株）三四五建築研究所、studioKOIVU一級建築士事務所
	構造設計者		（株）三四五建築研究所/相山女学園大学清水研究室
	施工者		（株）ザイソウハウス /（株）なかむら建設
	C L T供給者		（株）銘建工業
ラミナ供給者		（株）銘建工業（岡山県産材他）	

実証事業名：名古屋市金山耐火木造オフィス新築工事の設計実証・部材の性能実証
 建築主等／協議会運営者： studio KOIVU 一級建築士事務所／材惣木材株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		愛知県名古屋市熱田区金山二丁目		
構造・工法		木造軸組工法＋CLT 壁（耐力壁）		
階数		4		
高さ（m）		12. 868	軒高（m）	11. 99
敷地面積（㎡）		44. 66	建築面積（㎡）	31. 72
階別面積	1 階	30. 46	延べ面積（㎡）	121. 80
	2 階	31. 72		
	3 階	31. 72		
	4 階	27. 90		
CLT 採用部位		耐力壁		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 6. 587 m³、建築物使用量 5. 866 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		26. 7382 m³（構造部材） 3. 6215 m³（構造用合板）		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	60mm 厚/ 3 層 3 プライ/ Mx60A-3-3 / スギ		
	床	採用無し		
	屋根	採用無し		
設計期間		2021 年 8 月～2022 年 1 月（6 カ月）		
施工期間		2022 年 7 月～2022 年 12 月（6 ヶ月）＊予定		
CLT 躯体施工期間		2022 年 9 月上旬～2022 年 9 月中旬（1 週間）＊予定		
竣工（予定）年月日		2022 年 12 月 24 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

一般的に木造建築は環境面で他工法より優れているが、コスト、施工手間等を考えるとその優位性を示しきれていない。また、都市部（狭小地を含む）における中層木造建築物（4 階～6 階）の普及を促進する実用的な設計・施工方法の改良の必要性が増している。今後、中層木造建築を普及するには、簡易で低コストかつ合理的な施工方法の開発が必須である。

本事業では、90mm 厚未満の CLT（以下、薄型 CLT）や規格材を活用し、都市部のオフィス建設に関わる設計・部材の性能実証を行う。具体的には、基本設計及び実験を通じて、過去の報告会で多くの指摘があった A) 基礎と CLT パネルの簡易な接合金物の検討、B) 工場製造の CLT 高耐力壁面材の開発を行う。さらに、C) CLT による利用者への心理的・身体的及び室内環境的な効果について実証し、CLT の付加価値を高めることを目的とする。

3. 協議会構成員

(協議会名) Urban-CLT 研究会

(協議会運営者) 材惣木材 (株) 間瀬英男、平野成章

(意匠・構造設計) (株) 三四五建築研究所 稲葉伸一、清水人美、吉田康之、水谷 涼/

日本福祉大学 坂口大史/椋山女学園大学 清水秀丸

(施工) なかむら建設 (株) 中村貴司/ (株) ザイソウハウス 伊藤 卓哉

(原木・材料) 銘建工業 (株) 車田 慎介

(金物) (有) ライン工業 瀧本 実/(株)スクリムテックジャパン 河野泰之

(試験) 富山県木材研究所 若島 嘉朗/椋山女学園大学 清水秀丸/日本福祉大学 坂口大史

4. 課題解決の方法と実施工程

接合部の金物開発については三四五建築研究所、椋山女学園大学、ライン工業、スクリムテックジャパンが中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめ、性能実験を富山県木材研究所にて実施した。接合及び施工方法については、なかむら建設、ザイソウハウス、銘建工業が仕様を検討した。構造実験は椋山女学園大学が中心となり、面内せん断実験による薄型 CLT を用いた高耐力壁を開発した。また、CLT の現しに対する利用者の心理的・身体的効果等は日本福祉大学が中心となり、心理実験及び環境実験を行なった。

<協議会の開催>

2021 年 5 月 第 1 回：現状の課題の洗い出しと実証スケジュールの作成

6 月 第 2 回：実験内容と部材仕様決定と実験・設計スケジュール確定

7 月 第 3 回：各実験前の確認、設計の進捗報告

8 月 第 4 回：各実験の実施と実験結果の確認、設計の進捗報告

9 月 第 5 回：シミュレーションと環境データの収集、設計の進捗報告

10 月 第 6 回：耐力壁実験前の確認、第 7 回、第 8 回：実験結果の報告及び改良議論

11 月 第 9 回：設計の進捗報告と環境実験の報告、第 10 回：設計の進捗報告

12 月 第 11 回：実験の進捗報告、第 12 回：実験の進捗報告、設計方針の議論

2022 年 1 月 第 13 回：金物実験の実施と事業のまとめ

<設計>

2021 年 5 月 現状の課題の洗い出しと実証スケジュールの作成

6 月 設計スケジュール確定

7 月 基本設計における一般的な法規の確認と問題点の洗い出し

8 月 耐火木造に関する法規と課題の洗い出し

9 月 基本設計における平面プラン及び断面、立面の検討

10 月 平面プランの改良と外観の検討

11 月 基本設計における平面プランの確定と実施設計に向けた課題の抽出

<性能確認>

2021 年 5 月 基礎金物設計・試作と施工方法検討、実験の仕様の進捗報告

7 月 実験用の試作及び金物準備、実験延期に伴い構法見直し

8 月 接合および性能確認実験、実験の仕様の進捗報告

9 月 実験結果に基づく金物の設計（改良）と施工方法の確立、予備実験の準備

10 月 予備実験(一体)を実施

11 月 基礎との緊結金物の開発を検討

12 月 基礎金物の仕様、追加実験について協議

2022 年 1 月 基礎金物実験と強度の確認に関する協議

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) 基礎 CLT パネルの接合誤差を吸収し施工性を向上する接合金物と施工方法の開発

本事業で提案した RC 基礎と CLT パネルの接合金物は、CLT を用いた建築物で課題となっているアンカーボルトの施工誤差による影響を小さくすることができる。得られた鋼板貫通タイプのビス（パネリード穿）単体の荷重変位関係より、複数のビスを用いることで高剛性と高い最大耐力および靱性能を有する接合金物が開発可能である。また、接合金物が CLT パネル内部に隠れるため、意匠設計者からも受け入れられると考えられる。

2) プレファブリックな CLT パネル工法による施工の工期短縮（コスト縮減）および他工法との比較検討

CLT パネルを用いた建設における工期短縮を実現するため、構造設計における要点の整理と建設工事におけるプレハブ化を検討した。短期荷重を負担する CLT 耐力壁は軸組と接合するための耐力壁両端の柱を工場で施工済みとし、工事現場ではボルトで軸組と緊結する工法を提案した。また、耐力壁の高さ方向への展開も可能であることを確認した。

3) 薄型 CLT 耐力壁の実大実験による耐震性の確認、CLT 現し使用時の意匠性の向上

本事業で得られた薄型 CLT パネルを用いた耐力壁の実験結果より、プレファブリックかつ高耐力を有する耐力壁が得られた。今後、建設棟数が増えることが期待される耐火木造オフィスの設計に活用することができる。

4) CLT 耐力壁の現し使用時における利用者への心理的・身体的効果、室内環境改善効果に関するエビデンスデータの収集と効果の実証

CLT 現しによる空間では、利用者への心理的、身体的な面で、木質空間と非木質空間と比較して肯定的な効果が得られた。特に心理面における「あたたかみ」や「自然な」など CLT 現しのもつ特性に対する反応が得られた。室内環境改善効果については、温度、湿度、光環境についても CLT 空間で肯定的な効果が得られた。

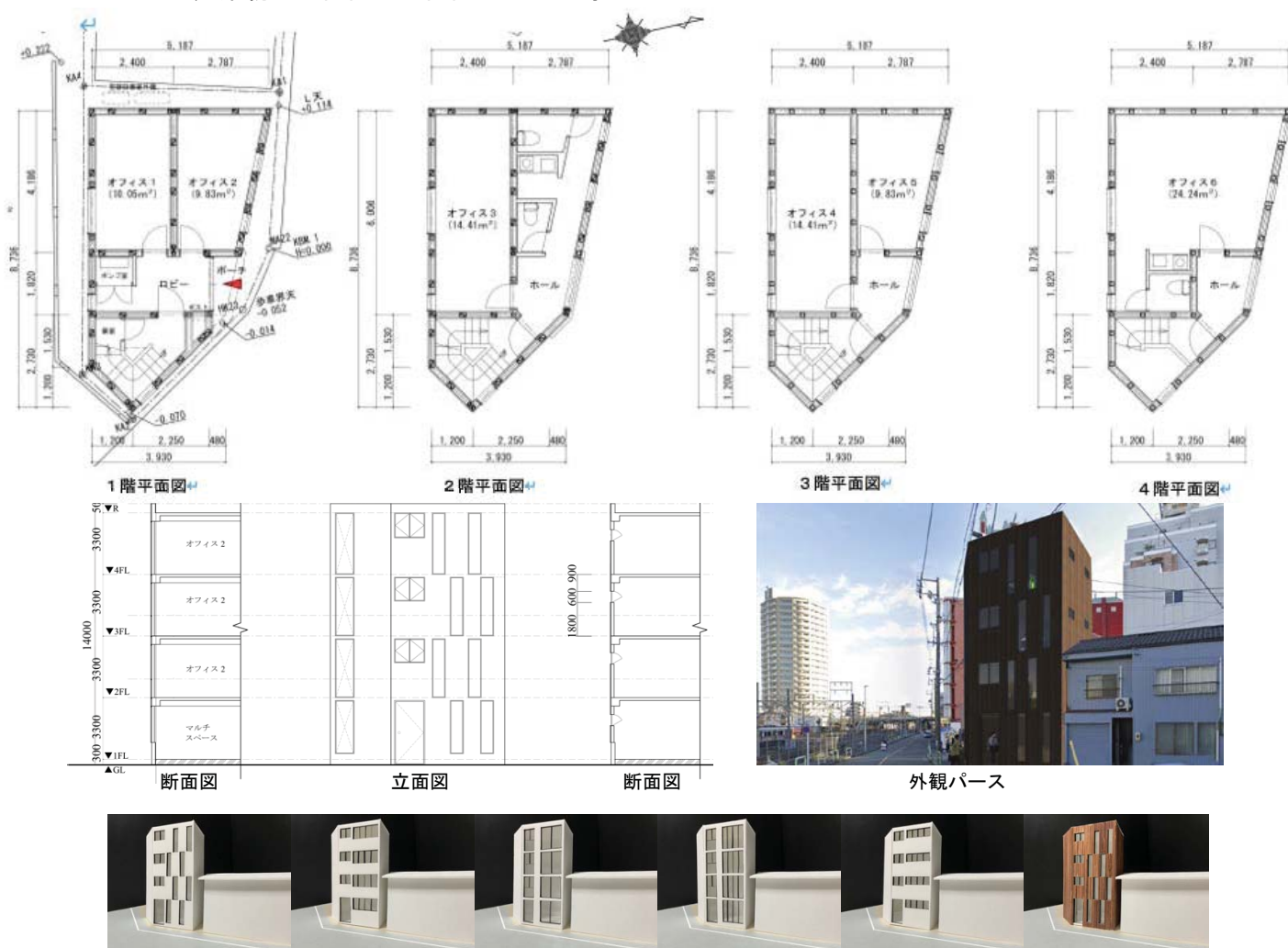
5) CLT 耐力壁+軸組工法と S 造とのコスト比較（建て方までの比較）

CLT 耐力壁+軸組工法と S 造の建て方までのコスト比較をみると、建物自重を軽量化できる木造のコスト優位性は地業工事、基礎工事で大きいと考えられる。また、工場で施工する CLT 耐力壁パネルとすることで、品質の平準化と共に現場での作業手間を少なくすることが可能となる。一方で、ウッドショックの影響が大きく、構造材費と木工事費を含めると、全体のコストとしては木造の方がややコスト高になる。

6. 本実証により得られた成果

本事業で得られた耐火木造の基本設計データは普及性が高く、工場で施工するプレファブリックな耐力壁パネル及び既存金物と合わせて、多種多様な用途の中層木造建築に活用することができる。また、CLT 耐力壁パネルを極力、工場施工として現場での作業手間を減らしつつ工期の短縮を図ったことで、工事全体のコストの縮減にも繋がる可能性が示唆された。さらに、CLT 現しの効果については、特に心理面での効果が大きく、CLT を室内において現しで使用することによるメリットが一定示された。

7. 建築物の平面図・立面図・パース等



外観検討用模型写真

令和2年度 CLT 活用建築物等実証事業

名古屋市金山耐火木造オフィス新築工事の設計実証・部材の性能実証
成果物

Urban-CLT 研究会

1. 課題とテーマ

- A) 基礎と CLT パネルの接合誤差を吸収し、施工性を向上する接合金物と施工方法の開発
- B) プレファブリックな CLT パネル工法による施工の工期短縮（コスト縮減）および他工法との比較検討
- C) 薄型 CLT 耐力壁の実大実験による耐震性の確認，CLT 現し使用時における意匠性の向上
- D) CLT 耐力壁の現し使用時における利用者への心理的・生理的效果，室内環境改善効果に関するエビデンスデータの収集と効果の実証
- E) 耐火木造ビルの基本設計関連資料

2. テーマ毎の成果物

- A) 基礎と CLT パネルの接合誤差を吸収し、施工性を向上する接合金物と施工方法の開発

耐震性と施工性の両方を考慮した CLT パネルの柱脚金物を提案するため、現状の CLT パネル工法で生じている問題点を整理する。CLT と RC 基礎との施工において誤差が生じる方向を図 1 のように x 方向，y 方向と定義する。CLT パネルで一般的な柱脚金物は、ボルトを用いた引きボルト接合タイプ、ビスを用いたビス留め金物接合タイプの 2 つである。このうち、引きボルトは x, y 両方向のボルト位置の誤差を小さくすることが要求されるが、現状はコンクリート打設時の振動などによって正確な施工となっていない。ビス留め金物はビスを用いるため x, y 両方向の誤差を解決できるが、ビスが CLT 表面に現れるため意匠設計側から敬遠される。そこで、x, y の両方向の誤差を吸収でき、金物が比較的安価で施工がしやすい、柱脚金物を提案する（図 2）。この金物は、CLT パネル中央部にスリットを設け、スリット内部に金物を挿入し x 方向の誤差を解消する。y 方向の誤差は、金物底部にあけた長孔で解消し、RC 基礎と金物をボルトで緊結する。

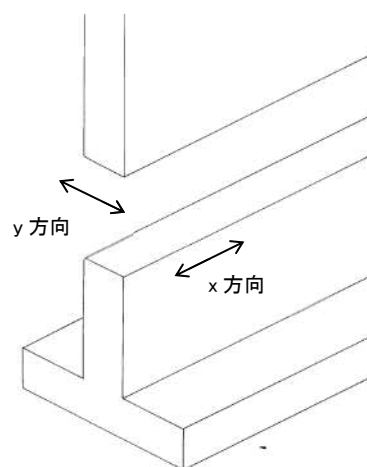


図 1 X 方向 y 方向の定義

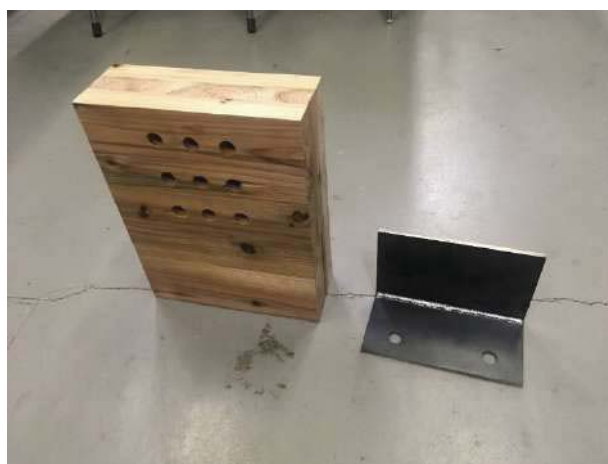


図 2 提案する基礎金物（鋼板の穴は実験用に丸穴仕様）

1. 試験体

組立前後の試験体写真を図3に示す。CLTは強度区分 Mx60-3-3 のスギ（60mm 厚）を用いた。図に示すように、CLT パネル中央部に幅 7.0mm のスリットを設け、スリット内部に先穴を持たない T 字形の鋼材（厚さ 6.0mm）を挿入する。スリットの高さは 135mm とし、工場で加工した後現場に搬入することを前提としている。

鋼材と CLT の固定は、特殊先端刃先が鋼板を貫通するタイプのビス（パネリード穿 SPD-85）を用いることで面内方向の施工誤差を解消できる仕様とした（図4）。このビスは、中大規模木造建築の鋼板挿入接合部のドリフトピン代用として開発されたものである。鋼板の先穴が不要なため、初期スリップ変位の少なく、初期剛性の高い柱脚接合が可能となる。面外方向の誤差は、鋼板底部にあけた長孔で解消し、RC 基礎と鋼材をボルトで緊結する。

試験体に 4 体とし、ビスは 1 試験体毎に前後から 1 本ずつの計 2 本施工した（図5）。

2. 試験方法

提案する柱脚接合部のせん断性能を確認するため、万能試験機を用いた単調載荷実験を実施した。試験および評価方法は、（公財）日本住宅・木材技術センターが出版している「2016 年 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」に準拠する。載荷速度は 5mm/min とし、ビスが 2 面せん断となるようにした。

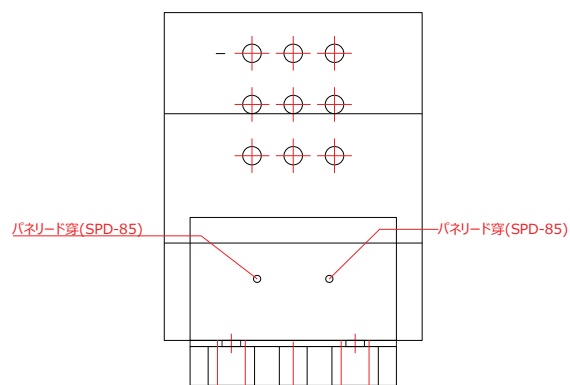


図3 試験体



図4 試験体の状況（組立前）



図5 試験体の状況（組立後）

3. 試験結果

2 面せん断実験結果を表 1 ～ 2 に示す。表の縦軸は、実験より得られた荷重をビス本数で除したビス 1 本の耐力である。各試験体の荷重変形曲線および完全弾塑性モデルを図 6 ～ 10 に示す。各試験体の実験前写真および最大変形時の損傷状況を図 11 ～ 14 に示す。

実験より得られたビス 1 本当たりのばらつきを考慮した短期基準耐力は 5.47kN であった。図より、初期スリップ変位は認められず、初期剛性も低くない。以上より、接合金物と施工方法は有用である可能性が示された。

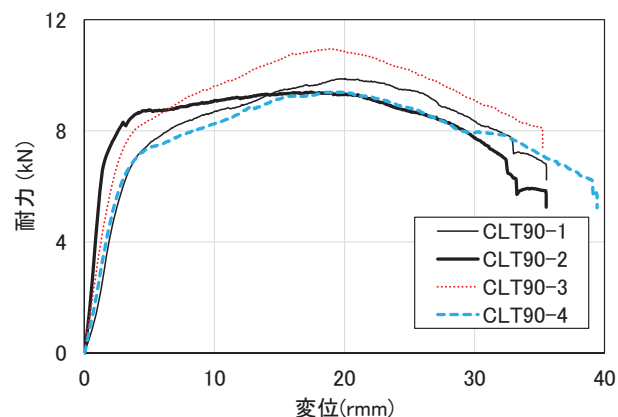


図 6 荷重変形角関係 (CLT90-1～4)

表 1 特性値一覧 (1/2)

試験体名	降伏耐力 P_y (kN)	最大耐力 $2/3P_{max}$ (kN)	短期基準 せん断耐 力 P_o (kN)	終局耐力 $0.2P_u/D_s$ (kN)	最大耐力 P_{max} (kN)	降伏変位 δ_y (mm)	降伏変位 δ_v (mm)	終局変位 δ_u (mm)	塑性率 μ	構造特性 係数 D_s
CLT90-1	6.55	6.59	6.55	6.42	9.89	3.40	4.67	32.11	6.88	0.28
CLT90-2	6.59	6.26	6.26	9.99	9.40	1.39	1.86	30.70	16.48	0.18
CLT90-3	7.20	7.30	7.20	7.69	10.96	2.86	3.94	31.62	8.02	0.26
CLT90-4	6.39	6.27	6.27	6.65	9.40	3.11	4.15	33.62	8.11	0.26

表 2 特性値一覧 (2/2)

試験体名	降伏耐力 P_y (kN)	最大耐力 $2/3P_{max}$ (kN)
平均値	6.68	6.61
試験体数 n	4	4
K(95%)	2.681	2.681
標準偏差	0.31	0.42
変動係数 CV	0.046	0.064
ばらつき係数 (95%)	0.88	0.83
ばらつきを考慮した 平均値(95%)	5.85	5.47
短期基準耐力 P_o (kN)	5.47	

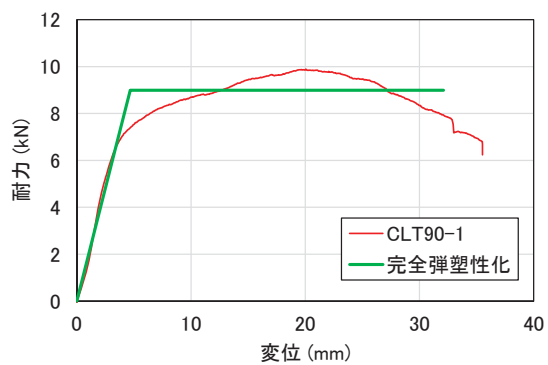


図 7 荷重変形角関係 (CLT90-1)

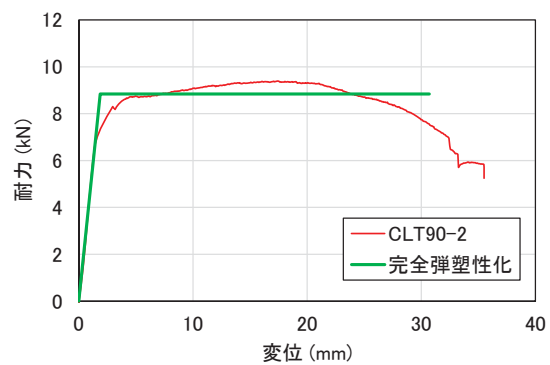


図 8 荷重変形角関係 (CLT90-2)

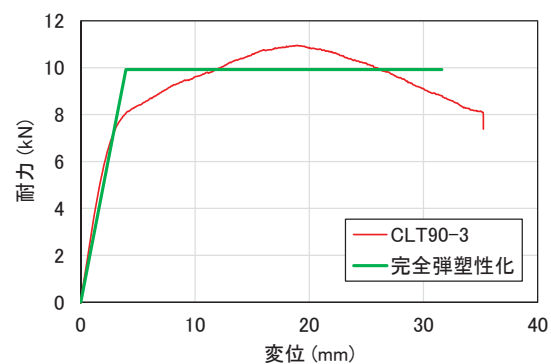


図 9 荷重変形角関係 (CLT90-3)

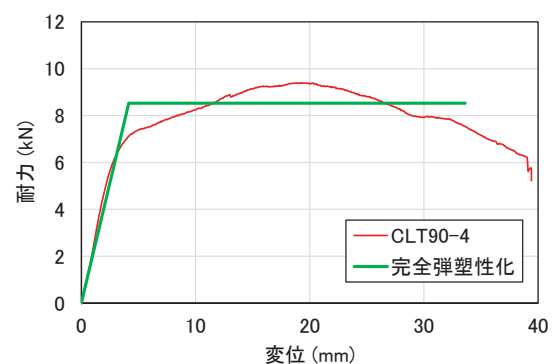


図 10 荷重変形角関係 (CLT90-4)



図 11 試験前の試験体全景 (CLT90-1)



図 12 試験後の試験体全景 (CLT90-1)



図 13 CLT 損傷の様子 (CLT90-2)



図 14 ビス変形の様子 (CLT90-3)

B) プレファブリックな CLT パネル工法による施工の工期短縮（コスト削減）および他工法との比較検討

建築物の工期短縮を実現するには、プレファブリックな工法の開発が必要であり、工事現場における施工手順を少なくすること、単純化することが重要となる。高いプレファブ化は、品質の安定だけでなく人件費の抑制による建設コスト削減に大きく貢献でき、CLT を用いた建築物では、CLT パネル工法で大判パネルを用いることでプレハブ化されている。本工事でも、図に示すような CLT パネルと柱を一体化した工場施工の耐力壁を考案した。

まず、構造設計について検討を行い、設計用荷重を長期と短期の 2 種類に分割する。長期荷重は軸組が負担するとし、短期荷重は図 1 5 に示す耐力壁とした CLT が負担するとした。耐力壁は CLT パネル製造工場では柱と L 型金物などで一体化する。本工法では、厚さ 60mm の CLT パネルを用いたため、CLT パネルに直接ビス（STS-C45）を施工した。

次に、工事現場における施工手順を少なくする工法として、軸組と耐力壁に分割した。軸組は、プレカットを行い工事現場の作業を単純化する。耐力壁は、一体化された柱端部に配置した金物（キューブコネクター）と M30 ボルトで長期荷重を負担する軸組と工事現場にて緊結する。

最後に、CLT 耐力壁の高さ方向の配置が可能か確認する。高さ方向の配置は、大きく千鳥配置、直列配置の 2 種類が想定され、各階スパンのズレ、軸力処理が効率的に行えるかが問題となる。どちらの配置とも、図 1 6 のように上下階の M30 ボルトを連続させることで、柱の生じる軸力の伝達が可能となることを確認した。

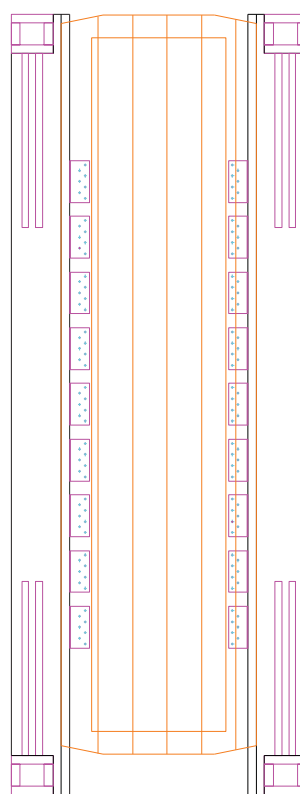


図 1 5 CLT パネルと柱を一体化した耐力壁

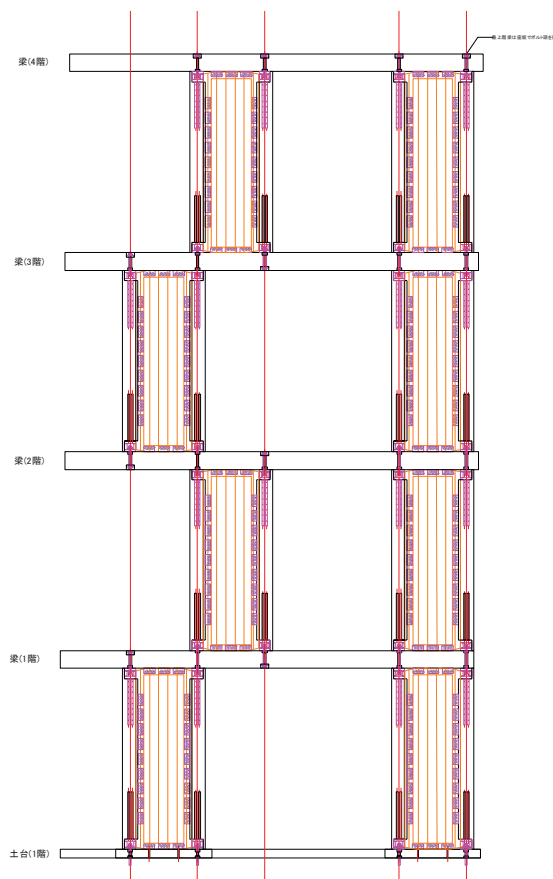


図 1 6 耐力壁の高さ方向連続性の確認

C) 薄型 CLT 耐力壁の実大実験による耐震性の確認, CLT 現し使用時における意匠性の向上

1. 試験体

試験体の樹種・寸法を図 17 に示す。柱と土台・梁接合部には、中空式金物（ホームコネクター）と柱脚金物（キューブボックス）、接着剤を併用するタフネスコネクターを用いて初期剛性を得られる仕様とした。中空式金物は M24 を柱頭柱脚に 2 本ずつ用いた。

軸組と CLT 金物の接合部は、L 型金物とビス（STS-C45）を用いて接合する。CLT は 60mm 厚（強度区分 Mx60-3-3 スギ）を用いているため、ビスを直接 CLT に施工することが可能である。また、柱材には深さ 33mm の CLT 用の溝加工を行い、CLT が面外へ変形しないようにした。

【軸組】

柱：オウシュウアカマツ集成材 E105-F300
断面寸法 210×120

土台：オウシュウアカマツ集成材 E95-F315
断面寸法 120×120

梁：オウシュウアカマツ集成材 E105-F300
断面寸法 240×120

【CLT】スギ Mx60A-3-3（厚さ 60mm）

【接合部】タフネスコネクター

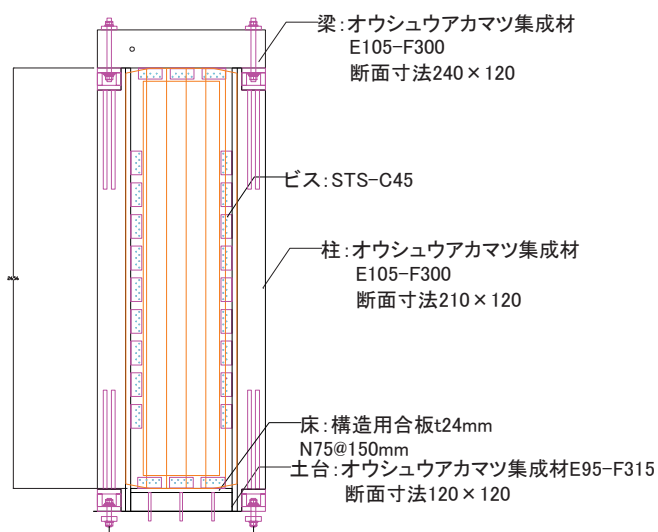


図 17 試験体立面図



図 18 柱脚接合部

2. 試験方法

試験体の写真を図 19 に示す。本試験は、見かけのせん断変形角が 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50rad まで正負交番 3 回繰り返し加力, 1/30rad は正負交番 1 回繰り返し加力, 1/30rad 以上は引ききりとした。試験および評価方法は, (財) 日本住宅・木材技術センターが出版している「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年版)」に準拠し, 柱脚固定式で実施した。



図 19 試験体写真

3. 試験結果

面内せん断実験結果を表 3～4 に示す。各試験体の荷重変形曲線および完全弾塑性モデルを図 20 に示す。各試験体の実験前写真および最大変形時の損傷状況を図 21～24 に示す。短期基準せん断耐力は特定変形時耐力(1/120rad)で決定し, 26.46kN であった。柱脚部のタフネスコネクタは, 見かけの変形角で 0.06rad 付近で破断しており, 終局耐力と特定変形時耐力(1/120rad)がほぼ同じ値であった。

表 3 特性値一覧

終局耐力 $0.2P_{u/D_s}$ (kN)	最大耐力 $2/3P_{max}$ (kN)	特定変形時 耐力 $P_{1/120}$ (kN)	短期基準 せん断耐力 P_o (kN)
27.39	51.15	26.46	26.46

表 4 壁パネル面内せん断試験結果

最大耐力 P_{max} (kN)	特定変形時 耐力 $P_{1/150}$ (kN)	降伏変位 δ_y (mm)	降伏変位 δ_v (mm)	終局変位 δ_u (mm)	塑性率 μ	構造特性 係数 D_s
76.72	21.42	52.86	74.66	184.88	2.48	0.50

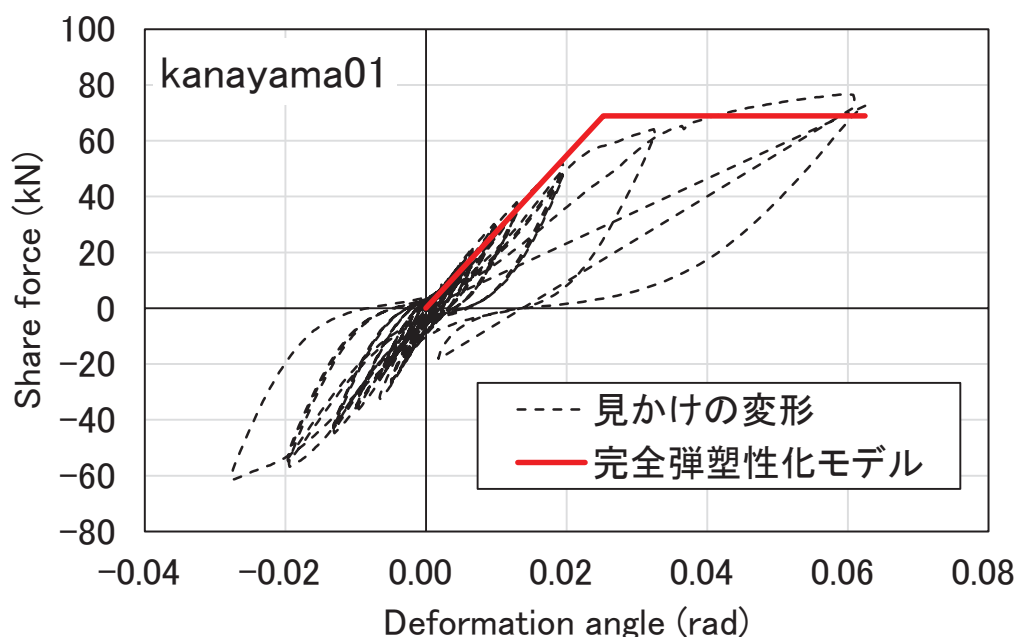


図 20 完全弾塑性モデル



図 2 1 試験前の試験体全景



図 2 2 最大変形時の試験体全景



図 2 3 右側タフネスコネクタ引抜破壊の様子

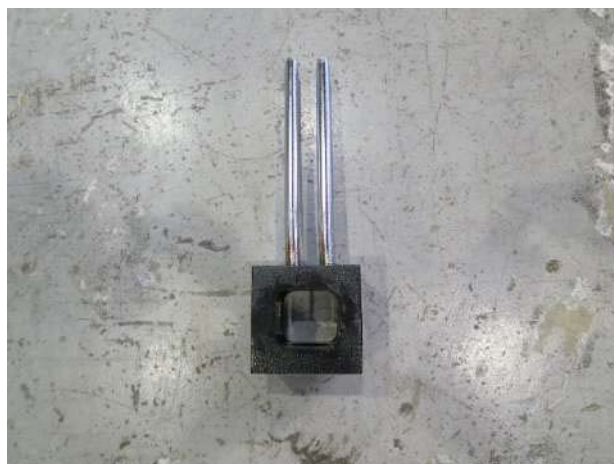


図 2 4 右側タフネスコネクタの破断の様子

D) CLT 耐力壁の現し使用時における利用者への心理的・生理的効果，室内環境改善効果に関するエビデンスデータの収集と効果の実証

1. 調査対象者と収集するデータについて

本事業での調査対象者：成人男性 50 名＋成人女性 50 名＝計 100 名

2. 調査環境について

本調査では、木質化率 90%以上の CLT 空間，約 50%の木質空間，0%の非木質空間の異なる 3 空間を用意して比較実験を行うことで，CLT 現しによる利用者に対する室内環境面での効果について分析を行なった。



図 2 5 比較実験で用いた空間

3. 本事業における CLT 耐力壁の現し使用時における利用者への効果

検証した効果：

- ①POMS を用いた空間への心理的効果の測定
- ②単純作業テストによる身体面への効果の測定
- ③気温，湿度，表面光の測定による屋内環境に及ぼす効果の測定

① POMS を用いた空間への心理的効果の測定

CLT 空間，木質空間，非木質空間を比較すると，「厚みのある」，「あたたかい」，「親しみやすい」，「自然な」，「贅沢な」，「楽しい」，「非日常的な」，「居心地が良い」等で CLT 空間の平均点が高い結果となった。これは，木質化率が高く，木の厚みがある CLT 空間にて，利用者が自然さやあたたかみ等の木質化の効果を肯定的に捉えているといえる。また，CLT 空間から，贅沢さや楽しさを感じており，非日常的な空間と捉えている。

一方で，「明るい」，「かるやかな」，「はっきり」の項目で，非木質空間の平均点が高いことから，白基調の空間が部屋の明るさや明瞭さに影響しているといえる。また，「広い」の項目では，3 空間でほぼ差がなく，空間の大きさの違いは実験に大きな影響を与えていないと考えられる。

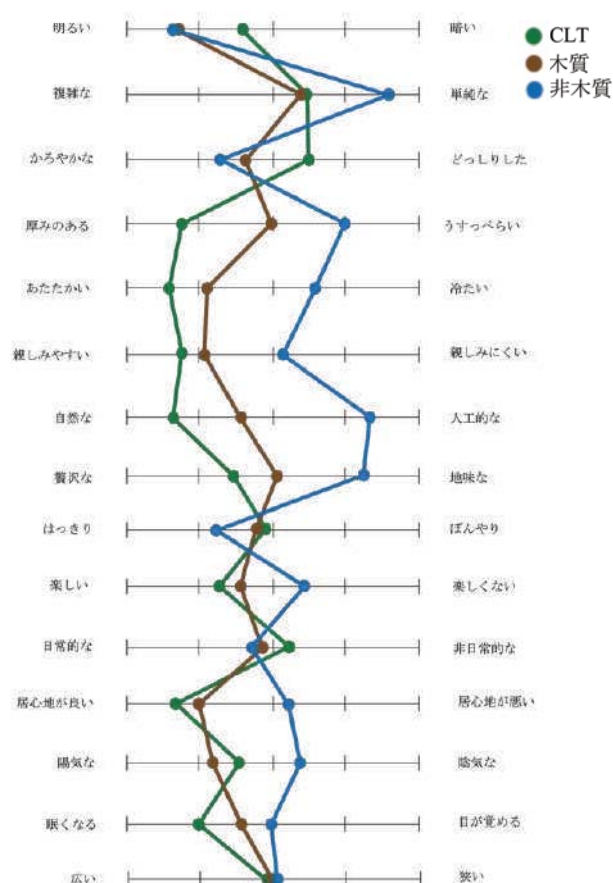


図 2 6 全体被験者の心理的効果

続いて男女による CLT 空間、木質空間、非木質空間に対する心理的効果に関する比較を行う。

まず、男性では、「厚みのある」、「あたたかい」、「自然な」、「贅沢な」の項目で木質空間の平均点が高かった。これは、CLT 空間から木による温かみや自然さを感じていると考えられる。また、日常的に使い慣れた空間と異なり、木質化率の高い CLT 空間に対しては、贅沢さを感じていることから、CLT の現しによる付加価値の創出にも繋がると考えられる。

一方で、「居心地が悪い」、「うすっぺらい」、「冷たい」、「人工的な」、「地味な」の項目において非木質空間における点数が高かった。また、木質空間は CLT 空間と非木質空間の中間で推移している項目も多い。これらから、非木質空間に対し CLT を現しにした木質空間で、木のもたらす肯定的な心理効果が現れていると考えられる。

女性では、男性と同様に「厚みのある」、「あたたかい」、「自然な」、「贅沢な」の項目で木質空間の平均点が高かった。また、女性では、「親しみやすい」、「居心地が良い」、「眠くなる」等の項目で CLT 空間に対する平均点が高かった。これは男性の CLT 空間に対する捉え方とは異なり、木質化率の高い CLT 空間に対して親しみやリラックス効果に繋がる眠気を感じている。

非木質空間に対しては、「狭い」、「陰気な」等の項目の点数が高いことから、木質化されていない空間に対しては、空間の狭さや室内の暗い雰囲気を感じていると考えられる。

以上から、男女の比較を行うと、CLT 空間、木質空間、非木質空間に対する捉え方が異なる項目がみられるが、総じて CLT の現しによって肯定的な心理効果が得られているといえる。

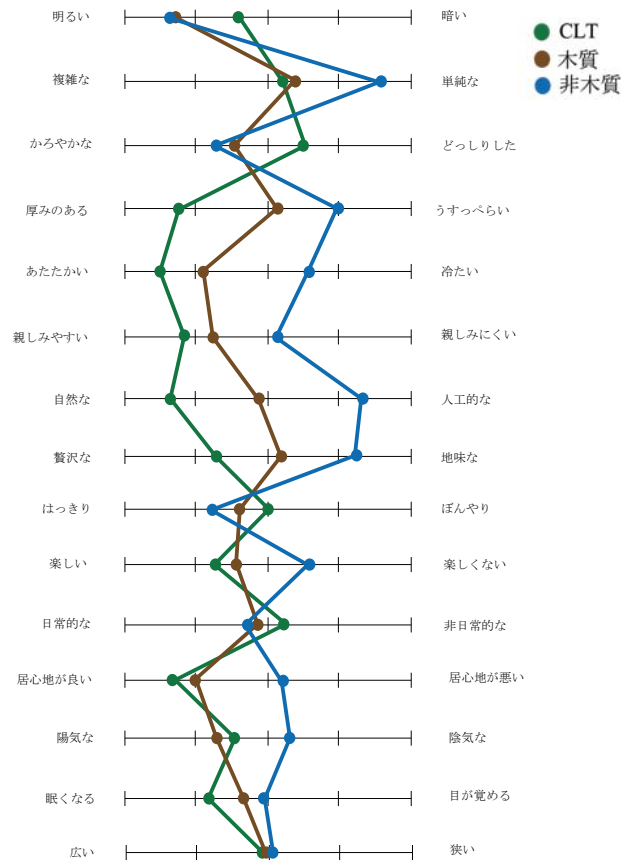


図 2-7 男性被験者の心理的効果

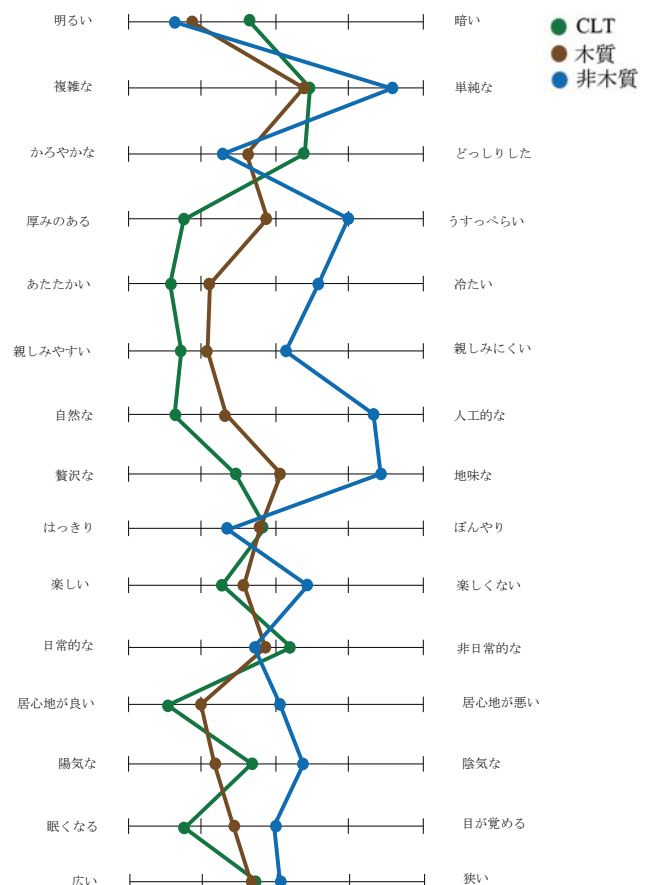


図 2-8 女性被験者の心理的効果

②単純作業テストによる身体面への効果の測定

3 空間の単純作業前後の脈拍の変化を比較すると、全ての空間で作業前後の脈拍変化において有意差がみられた。

特に木質化空間と CLT 空間では、作業の脈拍がそれぞれ 74.82 と 74.86 と非木質空間の 75.96 に比較して低くなっている。また、作業前後での脈拍の変化に大きな差はないものの、木質化空間、CLT 空間、非木質空間の順に脈拍の変化が少ない結果であった。

男女の脈拍の変化を比較すると全ての空間で女性の方が脈拍の変化が少なかった。また、非木質空間で男性・女性ともに作業前後の脈拍変化が最も大きく、室内での作業における脈拍の変化を少なく抑えるためには CLT 空間や木質空間といった木を使った空間が有効であると考えられる。

3 空間の単純作業前後のストレス度を比較すると、木質化空間と非木質空間においては、作業前後でストレス度が低下したが、CLT 空間ではストレス度が上昇した。これは、日常的に使用する空間は非木質空間の環境に近く、CLT 空間の様に木質化率の高い空間は使い慣れておらず、ストレスを感じていると考えられる。

男女の比較をすると、男性は、CLT 空間においてストレス度が上昇し、木質空間でストレス度が低下していることから、適度な木質化率の空間ではストレス低減効果が得られていると考えられる。一方で、女性のストレス度は CLT 空間及び木質空間で上昇している。これは、女性が日常的に使用している空間の室内環境は、木質空間よりも非木質空間に近いと考えられ、非日常的な空間となる木質空間においてストレスを感じていると考えられる。

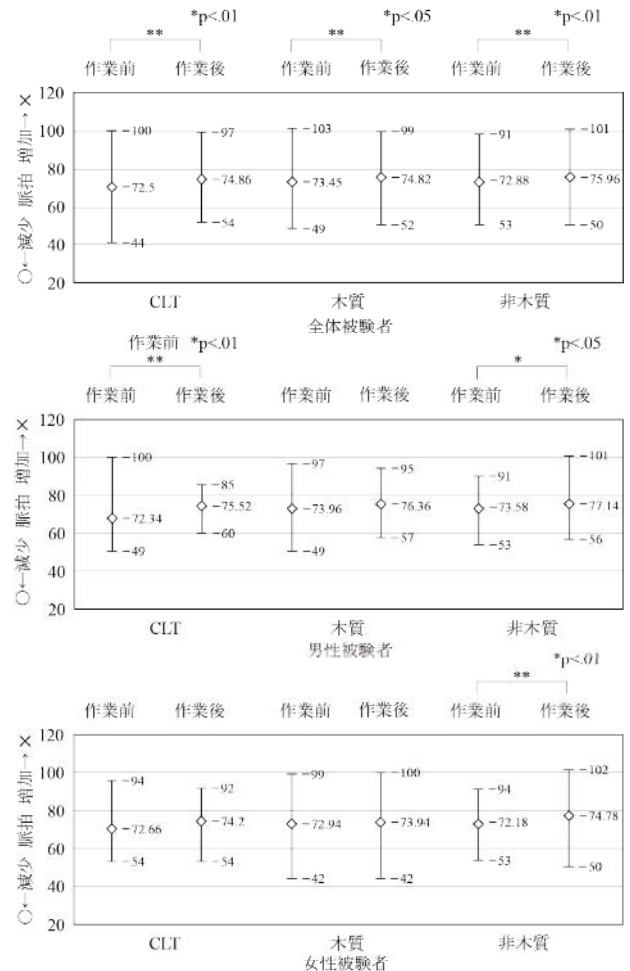


図 29 身体面への効果〈脈拍〉

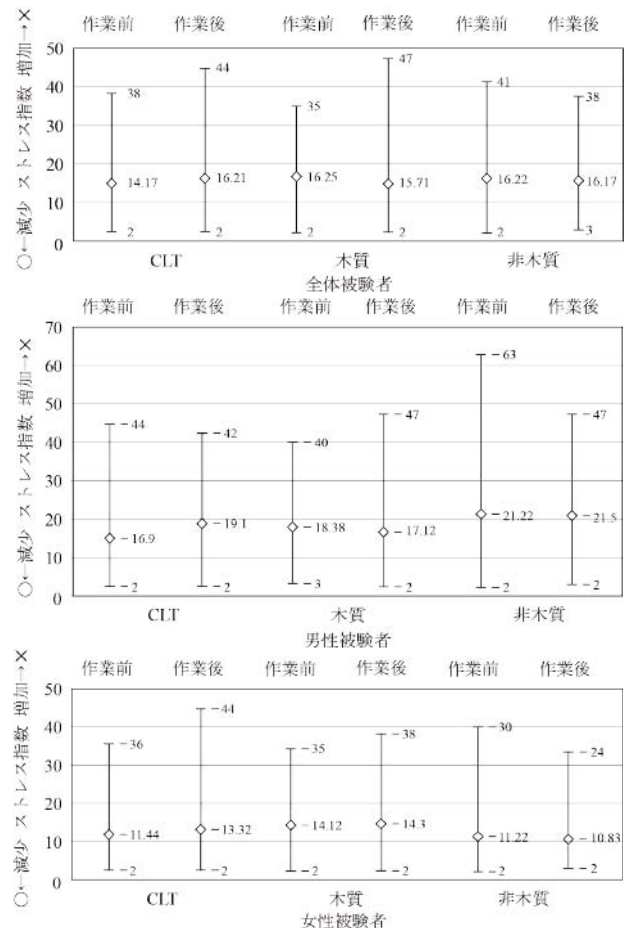


図 30 身体面への効果〈ストレス〉

3 空間の単純作業前後の血中濃度の変化を比較すると、非木質空間で作業前後の血中濃度変化において有意差がみられた。また、非木質空間においては、血中濃度が 96.97 と CLT 空間と木質空間のそれぞれ 97.36 と 97.37 に比較して低くなっている。ただし、CLT 空間と木質空間の作業前後での血中濃度変化は非木質空間の変化に比べ僅かな値にとどまった。

男女の比較をすると非木質空間で男性では作業前後で血中濃度が低下したものの、女性では上昇している。また、CLT 空間で男性は作業前後で血中濃度が低下したものの、女性では上昇しており調査を実施した 3 空間のうち 2 空間で性別によって逆の結果となりつつ、血中濃度変化は空間のみならず性別によっても結果が分かれていることから、木質空間で必ずしも肯定的な効果があるとは言えない結果であった。

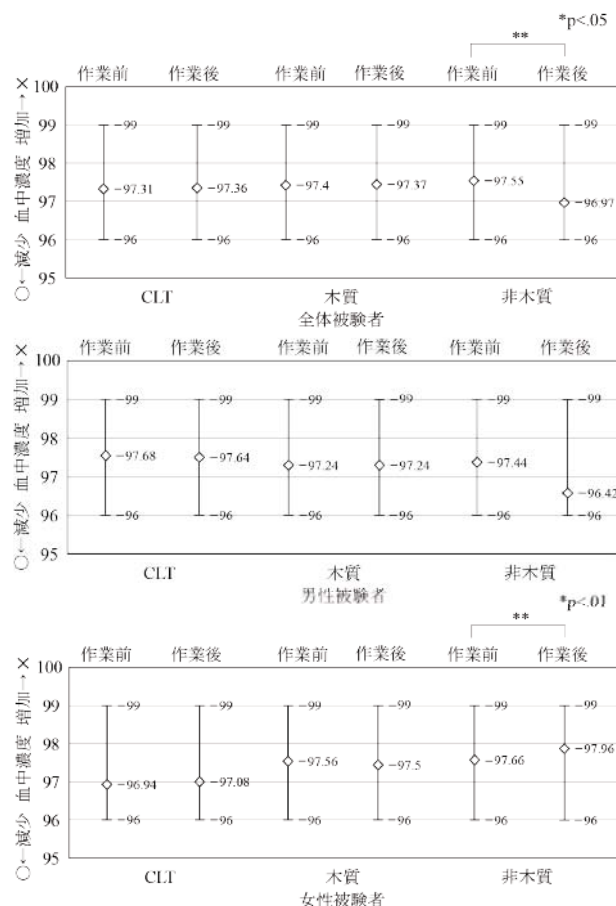


図 3 1 身体面への効果〈血中濃度〉

③気温、湿度、表面光の測定による屋内環境に及ぼす効果の測定

図 3 2 は、CLT 空間、木質空間、非木質空間で室内の温湿度の比較をした図である。

湿度では、CLT 空間で木質空間と非木質空間に比べてグラフの変化が大きく、計測直後は湿度変化が大きくなった。しかし、時間経過とともに安定に向かっていき、湿度変化も大きいことから木材による調湿作用による効果が期待できる。一方で木質空間、非木質空間における湿度には大きな差はなかった。

温度では、CLT 空間における変化が他の空間と比べると大きかった。これは、施設の見学や訪問も多く、他の空間に比べてドアを開放する回数が多かったことが考えられる。一方で、エアコンの設定温度は各部屋で同じであったことから、CLT 空間ではより高い温度で推移している。

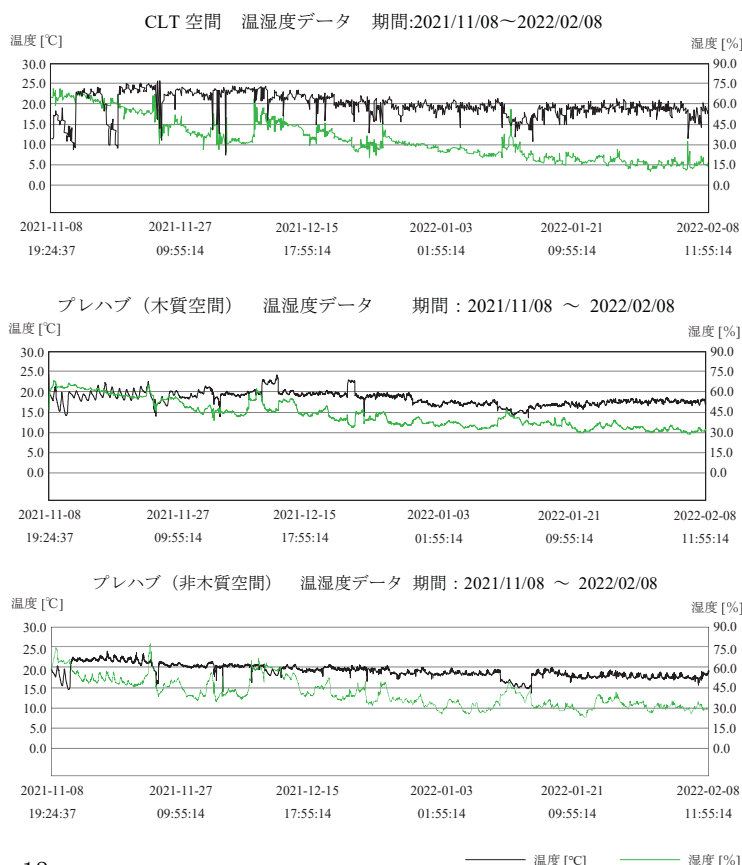


図 3 2 屋内環境面の効果〈温湿度〉

図33は、CLT空間の光スペクトルを測定したデータである。

光スペクトルの値をみると、CLT空間では①、②、③、④、上、下でそれぞれ778nm、778nm、778nm、778nm、778nm、778nmとなっており、非木質化空間の①、②、③、④、上、下の478nm、479nm、550nm、605nm、778nm、749nmと比較すると上の測定値を除いて高い結果となった。また、CLT空間では、特に紫外線（～380nm）、紫色光（380～420nm）、藍色光（420～450nm）及び青色光（450～490nm）の放射照度は非木質空間よりも高い結果となった。

CLT空間と木質空間の光スペクトルの値をみると、①、②、③、④、上、下で778nm、778nm、778nm、778nm、778nm、778nmとなり、いずれの箇所でも同様の数値を計測した。これは、室内の木質化によって室内の光スペクトルの値が近似しており、両空間とも目に優しい環境になっていると考えられる。また、CLT空間と木質空間の値は非木質空間のスペクトル値よりも高い値となり、紫外線（～380nm）、紫色光（380～420nm）、藍色光（420～450nm）及び青色光（450～490nm）の放射照度も非木質空間と比較すると高かった。これは、内装木質化による木材が、人の分光感度が最も高い555nmの緑色光を中心とする可視光線を吸収している可能性を示唆している。また、CLT空間と木質空間で同様のスペクトル値が計測されたことより、スペクトルに関しては、木材の厚みは関係なく木の内装であるかが支配的であると考えられる。

以上から、CLT空間と木質空間の様な木質化率の高い空間では、非木質空間と比較すると、木材によって紫外線及び短波長の可視光線が減少しており、人の目にとって優しい環境になっているといえ、屋内環境面での肯定的な効果があると考えられる。

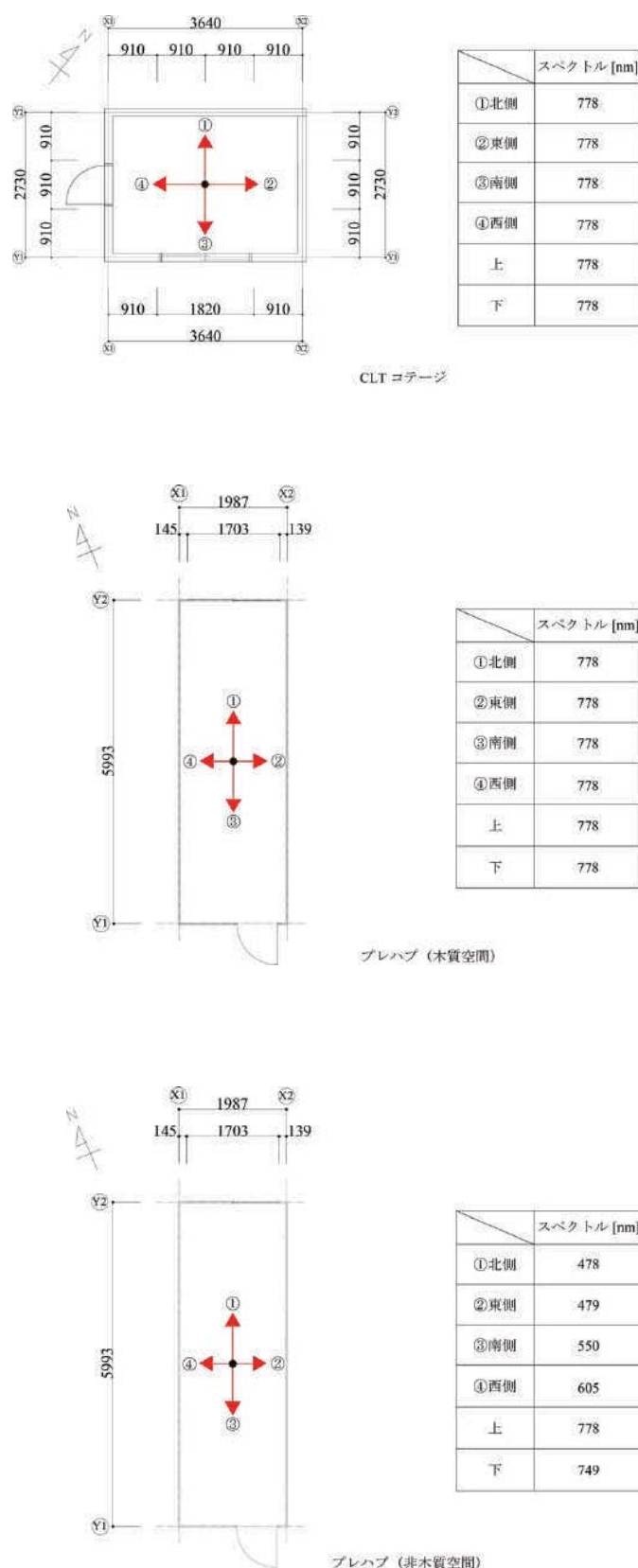
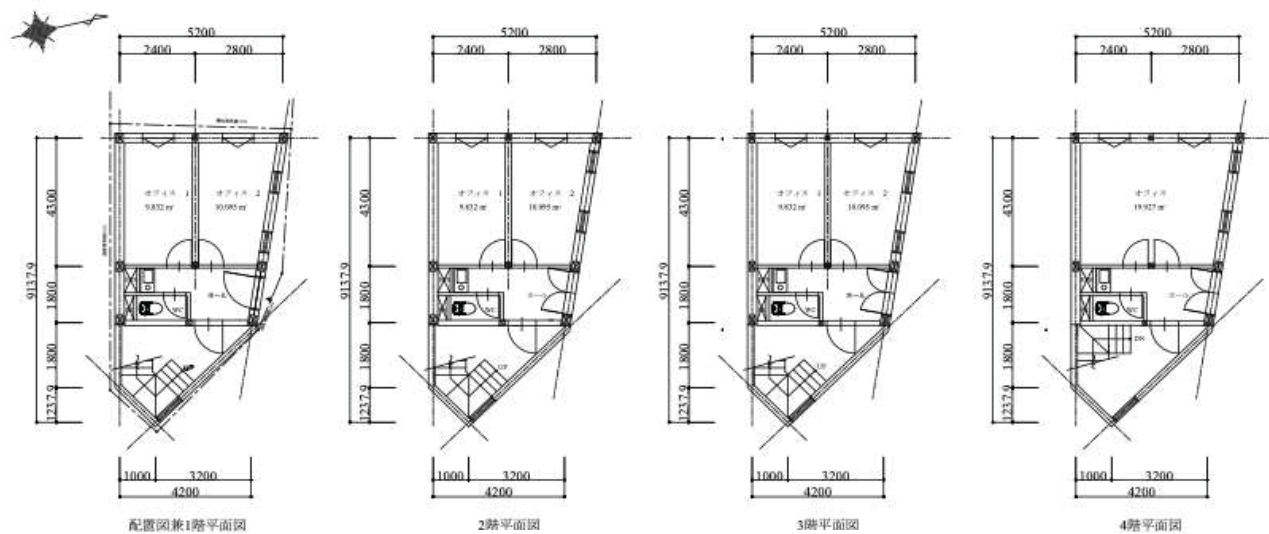


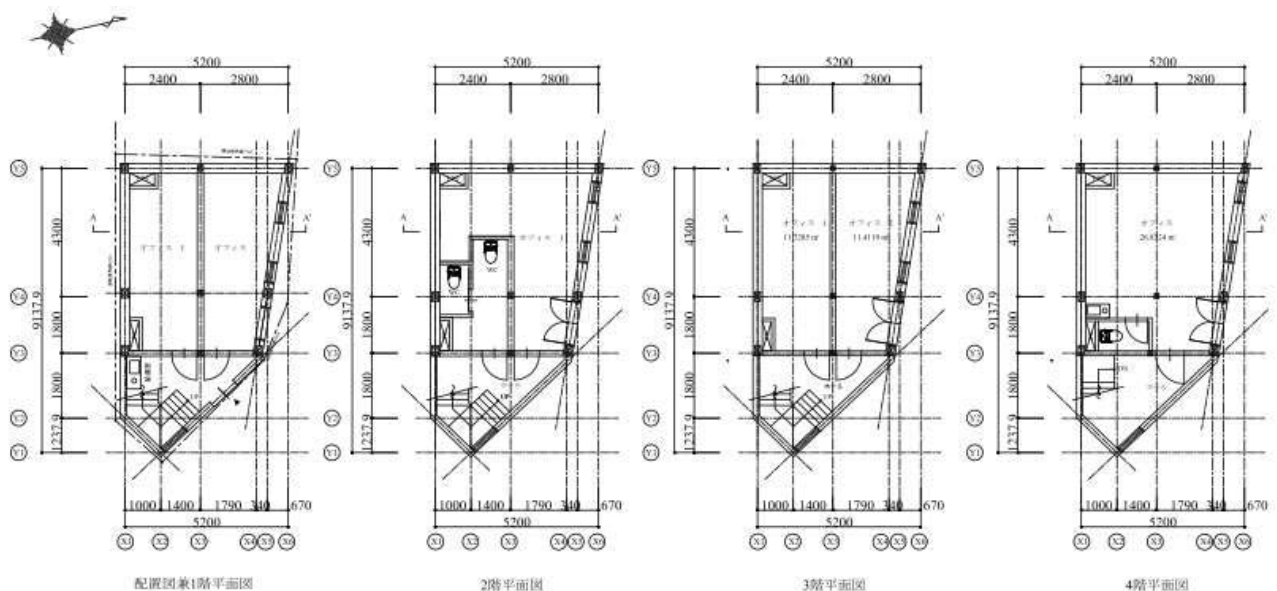
図33 屋内環境面の効果〈光環境〉

E) 耐火木造ビルの基本設計関連資料

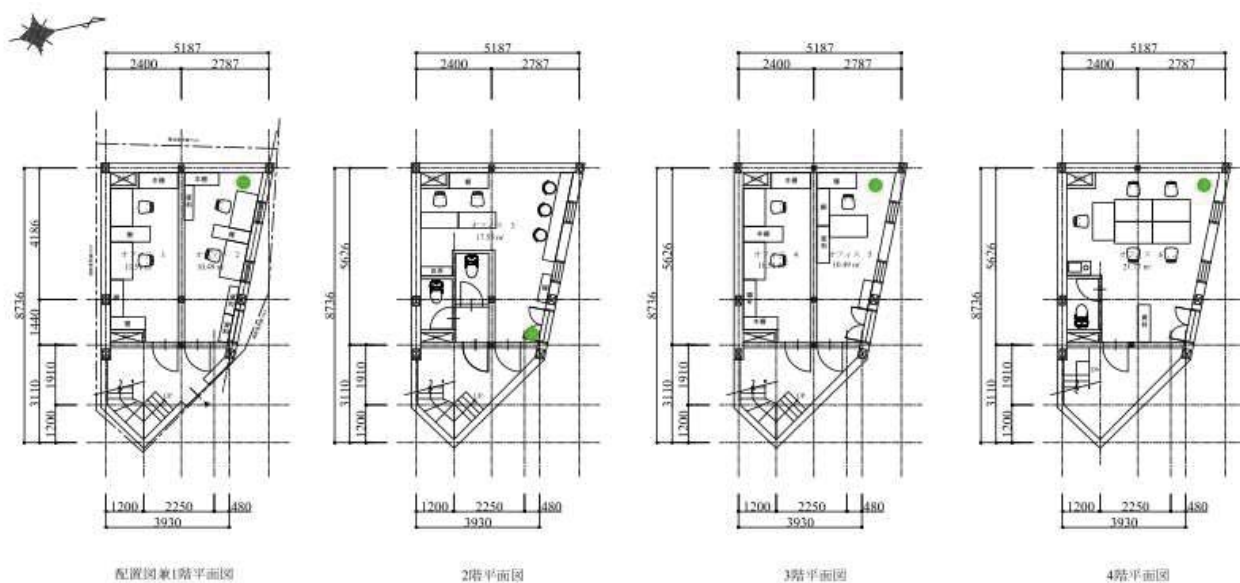
○平面プランの検討



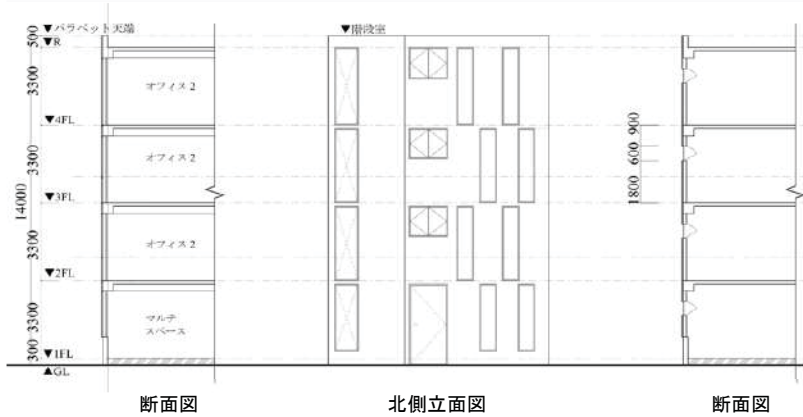
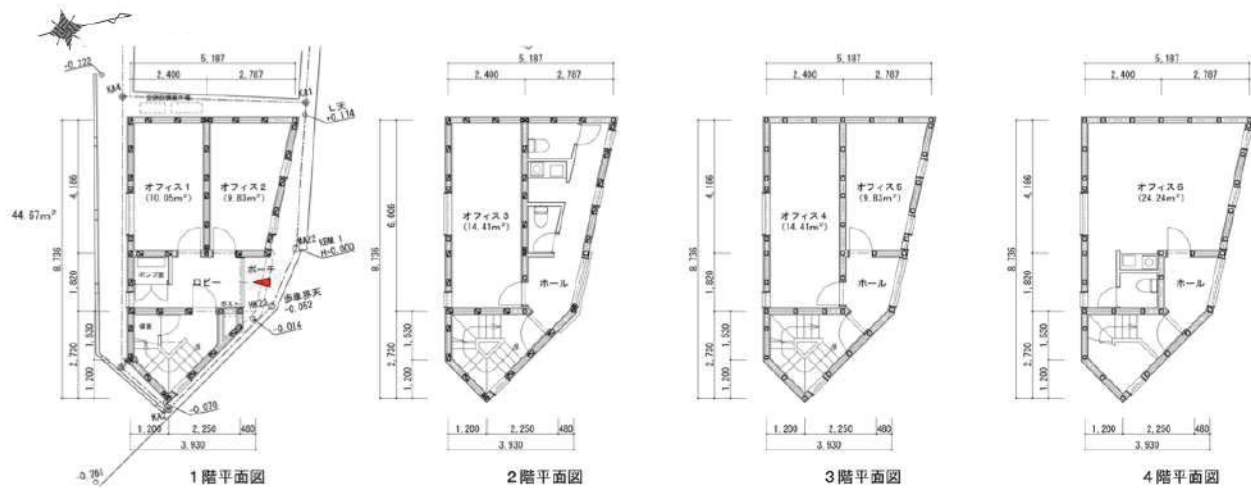
基本設計図面（第1段階）



基本設計図面（第2段階）



基本設計図面（第3段階）



外観パース

基本設計図面（第4段階）

○窓の検討

窓のパターンごとに模型を作成し、窓位置・窓サイズの検討を行った。



パターン①：市松窓配置



パターン②：腰窓



パターン③：掃き出し窓



パターン④：細窓



パターン⑤：高窓



パターン①の木質化外観