

令和3年度 林野庁補助事業  
木材産業・木造建築活性化対策のうち  
CLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業

# CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書

令和5年3月

木構造振興株式会社  
公益財団法人日本住宅・木材技術センター





## 令和3年度 CLT を活用した建築物等実証事業検討委員会

(敬称略、五十音順)

委員長：河合 直人 工学院大学建築学部建築学科 教授  
委員：赤嶺 嘉彦 国立研究開発法人 建築研究所環境研究グループ 主任研究員  
有馬 孝禮 東京大学名誉教授  
石川 敦子 国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所 木材改質研究領域 領域長  
中島 史郎 宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 教授  
成瀬 友宏 国立研究開発法人 建築研究所 防火研究グループ グループ長  
山辺 豊彦 有限会社山辺構造設計事務所 代表取締役  
協力委員：河合 誠 一般社団法人日本 CLT 協会 顧問  
行政：土居 隆行 林野庁木材産業課木材製品技術室 室長  
日向 潔美 林野庁木材産業課木材製品技術室 木材専門官  
増田 莉菜 林野庁木材産業課木材製品技術室 木材専門官  
今井 翔 林野庁木材産業課木材製品技術室 木材技術担当専門職  
事務局：金子 弘 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 専務理事兼研究技術部長  
伊巻 和貴 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 首席研究員  
鈴木 圭 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
高橋 秀樹 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
田中 肇 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
緒方 舞 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
平原 章雄 木構造振興株式会社 常務取締役

## 令和4年度 CLT を活用した建築物等実証事業検討委員会

(敬称略、五十音順)

委員長：河合 直人 工学院大学 建築学部建築学科 教授  
委員：青木 謙治 東京大学大学院 農学生命科学研究科 准教授  
赤嶺 嘉彦 国立研究開発法人 建築研究所環境研究グループ 主任研究員  
石川 敦子 国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所 木材改質研究領域 領域長  
鈴木 淳一 国立研究開発法人 建築研究所 防火研究グループ 主任研究員  
中島 史郎 宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 教授  
山辺 豊彦 有限会社山辺構造設計事務所 代表取締役  
協力委員：河合 誠 一般社団法人日本 CLT 協会 顧問  
行政：土居 隆行 林野庁木材産業課木材製品技術室 室長  
日向 潔美 林野庁木材産業課木材製品技術室 課長補佐  
福島 純 林野庁木材産業課木材製品技術室 課長補佐  
今井 翔 林野庁木材産業課木材製品技術室 木材技術担当専門職  
事務局：金子 弘 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 専務理事兼研究技術部長  
清水 俊二 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 首席研究員  
鈴木 圭 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 研究主幹  
高橋 秀樹 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
板橋 雄一 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
緒方 舞 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
渡部 宥太 公益財団法人日本住宅・木材技術センター 技術主任  
平原 章雄 木構造振興株式会社 常務取締役

### 令和3年度 CLT 接合部データ集作成部会

(敬称略)

主 査：河合 直人 工学院大学建築学部建築学科 教授

※「CLT 活用建築物等実証事業検討委員会」委員長

委 員：福山 弘 Hafnium Architects 代表

協力委員：中越 隆道 (一社) 日本 CLT 協会 開発技術部 構造設計相談室担当

事務局：金子 弘 (公財) 日本住宅・木材技術センター 専務理事兼研究技術部長

鈴木 圭 (公財) 日本住宅・木材技術センター 技術主任

高橋 秀樹 (公財) 日本住宅・木材技術センター 技術主任

田中 肇 (公財) 日本住宅・木材技術センター 技術主任

### 令和4年度 CLT 接合部データ集作成部会

(敬称略)

主 査：河合 直人 工学院大学建築学部建築学科 教授

※「CLT 活用建築物等実証事業検討委員会」委員長

委 員：福山 弘 Hafnium Architects 代表

協力委員：中越 隆道 (一社) 日本 CLT 協会 開発技術部 構造設計相談室担当

事務局：金子 弘 (公財) 日本住宅・木材技術センター 専務理事兼研究技術部長

鈴木 圭 (公財) 日本住宅・木材技術センター 技術主幹

高橋 秀樹 (公財) 日本住宅・木材技術センター 技術主任

渡部 宥太 (公財) 日本住宅・木材技術センター 技術主任

# CLTを活用した建築物等実証事業 報告書

## 目 次

	ページ
<b>1 事業の概要</b>	
1.1 事業の概要	1
1.2 公募の概要	1
1.3 各実証事業の概要と事業の実施	4
1.3.1 各実証事業の概要	4
1.3.2 現地調査	12
1.3.3 専門家派遣	26
1.3.4 各実証事業の講評とまとめ	26
1.4 成果報告の構成について	29
<b>2 成果報告</b>	32
2.1 銘建工業（株）	33
2.1.1 建築物の仕様一覧	33
2.1.2 実証事業の概要	34
2.1.3 成果物等	38
・意匠計画	38
・構造計画	45
・外装CLT焼杉仕様	48
・施工レポート	52
2.2 ハレオクラジヤパン（合）／（有）和建築設計事務所	57
2.2.1 建築物の仕様一覧	57
2.2.2 実証事業の概要	58
2.2.3 成果物等	62
・実証事業概要	62
・建物概要	63
・試験体による塗装の暴露試験	65
・在来軸組工法+屋根CLTパネル工法の場合コスト比較	70
・結果と考察	71

2.3	(株) アイビック	.....	73
2.3.1	建築物の仕様一覧	.....	73
2.3.2	実証事業の概要	.....	74
2.3.3	成果物等	.....	78
	・アンケートデータ	.....	78
	・施工現場における施工作業の評価	.....	79
	・CLTパネル伏せ図	.....	83
	・設計コンセプト	.....	85
	・平面計画	.....	87
2.4	(株) 大林組	.....	89
2.4.1	建築物の仕様一覧	.....	89
2.4.2	実証事業の概要	.....	90
2.4.3	成果物等	.....	94
	・設計概要	.....	94
	・CLTユニット工法を構成する接合部他、各所仕様およびディテールの設計実証	.....	96
	・CLTユニット工法における遮音床・壁の仕様および遮音性能の性能実証報告	.....	100
	・工法の違いによる工期、コスト等の比較検討	.....	113
2.5	(個人) /studioK0IVU一級建築士事務所	.....	115
2.5.1	建築物の仕様一覧	.....	115
2.5.2	実証事業の概要	.....	116
2.5.3	成果物等	.....	120
	・課題とテーマ	.....	121
	・テーマ毎の成果物	.....	121
	・試験結果	.....	127
	・パネルとプレハブ化の検討	.....	131

2.6	(有)ジョイボンド九州／(株)大匠建設	・ ・ ・ ・	139
2.6.1	建築物の仕様一覧	・ ・ ・ ・	139
2.6.2	実証事業の概要	・ ・ ・ ・	140
2.6.3	成果物等	・ ・ ・ ・	144
	・ はじめに	・ ・ ・ ・	146
	・ 対象建物	・ ・ ・ ・	147
	・ 鉄骨造のケーススタディ	・ ・ ・ ・	148
	・ 構造種別ごとの建設時CO <sub>2</sub> 排出量	・ ・ ・ ・	155
	・ 炭素貯蔵量の計算	・ ・ ・ ・	157
	・ 運用段階のCO <sub>2</sub> 排出量	・ ・ ・ ・	158
	・ まとめ	・ ・ ・ ・	160
2.7	(株)JML／(株)アルファフォーラム	・ ・ ・ ・	161
2.7.1	建築物の仕様一覧	・ ・ ・ ・	161
2.7.2	実証事業の概要	・ ・ ・ ・	162
2.7.3	成果物等	・ ・ ・ ・	166
	・ 意匠図	・ ・ ・ ・	166
	・ 平面図	・ ・ ・ ・	167
	・ 詳細図	・ ・ ・ ・	168
	・ BIMデータ	・ ・ ・ ・	171
2.8	第一生命保険(株)・(株)東邦銀行／清水建設(株)	・ ・ ・ ・	193
2.8.1	建築物の仕様一覧	・ ・ ・ ・	193
2.8.2	実証事業の概要	・ ・ ・ ・	194
2.8.3	成果物等	・ ・ ・ ・	198
	・ 計画概要	・ ・ ・ ・	199
	・ 事業コンセプト	・ ・ ・ ・	199
	・ 建築計画	・ ・ ・ ・	200
	・ 構造計画	・ ・ ・ ・	201
	・ 実証内容について	・ ・ ・ ・	203

2.9	(個人) / (株) フェニックスホーム	.....	247
2.9.1	建築物の仕様一覧	.....	247
2.9.2	実証事業の概要	.....	248
2.9.3	成果物等	.....	252
	・実証事業概要	.....	254
	・設計概要	.....	255
	・防火燃焼実験	.....	259
	・施工状況レポート	.....	265
	・他工法との比較検討	.....	269
	・総括	.....	272
2.10	(株) 山崎文栄堂 / (株) 内海彩建築設計事務所	.....	273
2.10.1	建築物の仕様一覧	.....	273
2.10.2	実証事業の概要	.....	274
2.10.3	成果物等	.....	278
	・建築・設計概要	.....	278
	・実証の概要	.....	279
	・GIR接合部の引張・圧縮耐力	.....	280
	・接合部の加熱実験	.....	284
	・構造計画	.....	288
	・接合部の納まり詳細	.....	291
	・建て方手順の検討	.....	292
	・コスト比較	.....	294
	・設計図	.....	295
2.11	(個人) / ANALOG (株)	.....	299
2.11.1	建築物の仕様一覧	.....	299
2.11.2	実証事業の概要	.....	300
2.11.3	成果物等	.....	304
	・構造計画	.....	304
	・実証事業内容	.....	305

2.12	学校法人瑠璃学園／LOOPS Architect. (株)	・ ・ ・ ・	325
2.12.1	建築物の仕様一覧	・ ・ ・ ・	325
2.12.2	実証事業の概要	・ ・ ・ ・	326
2.12.3	成果物等	・ ・ ・ ・	330
	・ 建築物の概要	・ ・ ・ ・	330
	・ 本実証により得られた成果	・ ・ ・ ・	330
	・ 構造図面	・ ・ ・ ・	334
	・ 外皮熱貫流率や性能値等	・ ・ ・ ・	345
2.13	(株) ブライト／(株) 木造技術研究所	・ ・ ・ ・	351
2.13.1	建築物の仕様一覧	・ ・ ・ ・	351
2.13.2	実証事業の概要	・ ・ ・ ・	352
2.13.3	成果物等	・ ・ ・ ・	356
	・ 実証事業概要	・ ・ ・ ・	358
	・ 設計概要	・ ・ ・ ・	359
	・ 90分準耐火構造燃焼試験	・ ・ ・ ・	363
	・ 他工法との比較検討	・ ・ ・ ・	371
	・ 総括	・ ・ ・ ・	373



## 1. 事業の概要

### 1. 1 事業の概要

木材の需要拡大及びそれによる林業の成長産業化を図るためには、木造率が低位な都市部における木材利用を進めるとともに、充実した森林資源、特に大径材を活かして木材の付加価値を高めていくための取組を実施する必要がある。また、木質建築資材の需要拡大に結びつく取組、大径化した原木等を活かした利用の拡大、顔の見える木材の普及・啓発等の取組が重要です。このため、CLT を活用した先駆的な建築物の建築実証を積み重ねることにより、CLT を用いた建築物の設計法や施工方法等を普及させるとともに、木質建築部材やその工法の普及・定着に向けた技術開発を行うことにより、CLT をはじめとする木材建築部材の普及に向けた取組を行う必要がある。

そこで本事業では、CLT を活用した普及性や先駆性が高い建築物等の設計・建築等の実証についての提案を募り、その過程により、新たな発想等を引き出すとともに、普及のための課題点やその解決方法を明らかにし、具体的な需要につなげることを目的としている。

木構造振興（株）（以下、「木構振」という。）と（公財）日本住宅・木材技術センター（以下、「住木センター」という。）は、募集要領に基づき共同で CLT を活用した建築物の設計・建築等の事業（以下、「実証事業」という。）を募集し、実証性の高い優れた提案を選定した。実証事業の実施に当たっては、別に定める CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業助成金交付規程によりその経費の 3/10 または 1/2 を上限に助成を行った。また、実証事業進行における課題解決のために設置する協議会について、運営費の定額を助成した。事業の進行に当たっては、有識者により構成された「CLT を活用した建築物等実証事業検討委員会（以下、検討委員会という。）」を設置し、事業の進行方法、応募された実証事業の審査、現地調査、事業取りまとめ等に関して意見を得た。

### 1. 2 公募の概要

公募に当たっては、都道府県木材関係部局、住宅関係部局、木材試験研究機関、木材・木造住宅関係団体等を通じて募集案内を行うとともに、住木センターホームページ等を通じて募集を行った。公募の内容は以下のとおり。

#### （1）公募する実証事業の内容

街づくり（隣接・近接箇所に複数の CLT 建築物等を設計・建築）や CLT を活用した建築物の設計・建築又は部材の性能の実証等を対象とする。また、CLT 建築物等の設計・建築への BIM 活用を促進するため、BIM を活用した実証等も対象とする。

提案する実証事業は、次の全ての要件に該当することが必要である。ただし、建築物の主要用途が一戸建ての住宅の場合にあっては、公募に参加できない。

1) CLT を活用した普及性や先駆性が高い建築物を建築もしくは設計するもの。なお、次の項目についても該当範囲内とする。

- ア. CLT を部分的に利用するもの。
- イ. 工作物等を建築するもの。

2) 実証する内容を、協議会によって検討するもの。

本事業でいう「協議会」とは、提案する建築物等の建築に向けて、コスト縮減や普及といった課題の解決に取り組むために必要な関係者が集まる場のことを指す。協議会の形態は、必ずしも法人格を有する団体、法人格のない団体（いわゆる任意団体）である必要はない。

3) 実証する内容が明確であり、かつ RC 造など他構造とのコスト比較が行われるもの。

4) 提案した実証事業を、令和5年2月20日までに完了できるもの。

実証する範囲が終了していれば、令和5年2月20日までに建築物が竣工する必要はない。

5) 資金計画が明確になっているもの。

6) 実証を行う用地の確保が見込まれているもの。

## (2) 応募資格者

応募者は、建築主等と協議会運営者の連名とする。建築主等と協議会運営者が同じ場合は単独とする。

### 1) 建築主等

建築主等とは、提案する建築物等の建築費等を支出する者とする。実証事業内容が建築物の建築に至らないものは、提案内容を主体的に実施する者であって事業経費を負担する者とする。

### 2) 協議会運営者

提案事業の進行管理を行うなど協議会を取りまとめる者とする。ただし、事業実施に係る経理能力および事務処理能力を有し、助成費の受入が可能なることを要件とする。

例) 実証事業の取りまとめ担当者の所属する企業、経理規程を有する任意団体

## (3) 公募する実証事業の種類

公募する実証事業は(1)の要件を満たし、種類は次のいずれか(組み合わせても可)とする。ただし、提案する建築物と、RC造などの他工法と工事費、工期などを比較し、CLTの利点や課題点などを明らかにする資料を作成する。なお、実証しようとする内容のみを助成対象とし、提案する実証事業に係る助成率の上限を3/10とする。

### 1) 建築物の建築実証

例) CLTを構造部材として利用した建築物を建築することにより、コスト縮減や施工方法等を検討・確認するもの。

### 2) 建築物の設計実証

例) CLTを構造部材として利用する建築物について、コスト縮減や施工方法の課題等を踏まえて、設計するもの。

### 3) 部材の性能実証等

例) CLTを利用した建築物を設計するために必要な構造、防耐火、遮音、断熱、耐久

性等の性能試験を行うもの。

#### (4) 助成率の特例

(3) の提案であって、検討委員会の審査結果を踏まえ、木構振および住木センターが以下のいずれかに該当すると認めたものは、提案する実証事業に係る助成率の上限を1/2 とする。

7. 提案建築物が中層以上（概ね4階以上）または中大規模建築物（概ね延べ床面積1000㎡以上）である場合。ただし、CLT を構造部材として利用または他の構造部材と併用するものに限る。

4. その他、コスト縮減や施工方法の課題の解決に向けて、特に優れた技術的工夫が見られるなど、検討委員会の審査結果を踏まえ、木構振および住木センターが該当すると認めたもの。

#### (5) 協議会運営費

実証事業を実施する上で必要となる、協議会の運営費として、定額を助成する。助成額は85万円程度を上限とする。

#### (6) 事業規模

本事業規模は助成額（国庫補助金額）として全体で約311,000,000円を予定しています。採択する件数の目安は12件程度。

#### (7) 公募期間

##### 【1次募集】

令和3年5月21日（金）～令和3年6月18日（金）13時  
提出書類は令和3年6月18日（金）13時まで必着。

##### 【2次募集】

令和3年7月28日（水）～令和3年8月25日（水）13時  
提出書類は令和3年8月25日（水）13時まで必着。

##### 【3次募集】

令和3年9月15日（水）～令和3年10月13日（水）13時  
提出書類は令和3年10月13日（水）13時まで必着。

##### 【4次募集】

令和4年4月27日（水）～令和4年5月27日（金）13時  
提出書類は令和4年5月27日（金）13時まで必着。

### 【5次募集】

令和4年5月30日（月）～令和4年6月27日（月）13時  
提出書類は令和4年6月27日（金）13時まで必着。

### 【6次募集】

令和4年7月29日（金）～令和4年9月2日（金）13時  
提出書類は令和4年9月2日（金）13時まで必着。

### 【7次募集】

令和4年9月13日（火）～令和4年10月11日（火）13時  
提出書類は令和4年10月11日（火）13時まで必着。

## 1. 3 各実証事業の概要と事業の実施

### 1. 3. 1 各実証事業の概要

実施した13件の実証事業の概要は表1.3.1のとおりである。今年度建築したものが10件、設計等までを対象としたものが3件であった。CLT建築物においては建築基準法告示仕様のCLTパネル工法を始め、施工の実績が増えてきている。CLT建築とRC造や鉄骨造等、既存の他工法とのコスト比較については、平成29年度より引き続き、今年度も必須検討課題であった。併せて従来どおり、設計・建築過程での種々の課題解決の検討・提案を行った。これら各実施者の検討内容はCLT建築を考えている他の実施者への参考資料となり、新たなCLT建築につながることを期待している。

各実証事業でのCLTの使い方と、実証により得られた成果の概略を以下に記す。

#### (1) 銘建工業(株)

昨今、現場作業員の不足により、建物のコストおよび品質確保の難易度が上昇している。これにあたりCLT建築においては現場施工工程が短縮されるユニット工法が望まれるが、国内でのその知見は少ない。本事業により、CLTユニット工法の移設可能性にかかる知見が得られた。また同時に、現CLT工法の構造計算にかかる課題が浮き彫りとなった。また、焼杉CLTの性能とコスト削減可能性が明らかとなった。上記結果はこれより先、同様の事例にて参考となることが示された。

#### (2) ハレオクラジャパン合同会社／(有)和建築設計事務所

本事業で検証した屋外使用時の劣化状況については、短期間での変化は見受けられないという結果となった。長期に渡り、経年変化を観察しデータを蓄積していくことが必要であることが示された。また、この事業を通して地元の小さな施工業者でもCLTを施工できることが示された。在来工法+CLT屋根の場合と、CLTパネル工法の場合のコスト比較データでは、CLTの施工性の良さと同時に規模により工法の選定が必要であることを示すことが出来た。

### (3) (株) アイビック

木造軸組工法と比較し、今回 CLT を床版と屋根に活用した場合、建方時の工期は木造軸組工法と比べ 2 日くらいの短縮だったが職方が慣れればもう少し工期は短縮できることが示された。コスト面では CLT 板のコストと床合板では床合板のほうが材料コストは安い作業工期短縮による人工コストは CLT 使用のほうが優れていると示された。

### (4) (株) 大林組

本実証事業により得られた成果として、①遮音試験により、安価で汎用性のある浮床でビジネスホテルに求められる程度の遮音性能が確保できていることを確認した②ユニット工法により、短工期化と高品質化が実現できることが示された③本事業で得られた CLT ユニット工法的设计及び遮音制御技術に関する知見は、集合住宅、ホテル等他の用途にも活用出来ることが示された。

### (5) (個人) /studio KOIVU 一級建築士事務所

本事業では、中層耐火木造建築の詳細設計を行い、標準モデルが得られた。また、工場施工の CLT 耐力壁の施工性の向上を図ったことで、より普及に繋がり易い仕様を検討した。また、複数の木造建築を連動させた「ウッドシティー」を構想し、CLT の現しに関する肯定的な効果に関するデータも収集したことで、将来的に CLT の付加価値を高めつつ、木造によるまちづくりを推進していく上でのデータや具体的な事例を得ることができた。

### (6) (有) ジョイボンド九州 / (株) 大匠建設

本実証建築物は、2 階建て店舗兼事務所を許容応力度計算(ルート 1)にて、自社による設計施工を行った。初の自社設計施工を通して、早い段階での問題解決に取り組むことができた。建方工事については、これまでの施工実績資料があったことから、CLT を初めてさわる当社社員大工が携わり、会社全体で CLT 工法の普及に努めた。その中で、内装意匠の簡素化や CLT パネルの品質向上などに取り組み、現在抑えることのできない原木価格以外の面でコスト削減を実現することができた。

### (7) (株) JML / (株) アルファフォーラム

本事業で、今から 72 年前にアメリカより移入された湾曲集成材技術と、29 年前より実績のある GIR (鋼棒挿入型接着固定) 工法を用いて、近年 JAS 認定された最も新しいエンジニアードウッドである CLT を主要構造体として組み上げ、幅 6500mm×高 6500mm×長 12380mm の 2 階建て躯体を実証できた。特に 2 階部分は無柱の大空間の建築となった。シンプルな木構造故、汎用性が高く、また構造体の部品数が少ないことから、今後、応用の効く組み合わせが可能であることを実証できた。

### (8) 第一生命保険(株)・株式会社東邦銀行 / 清水建設(株)

本計画では、耐火集成材と CLT 床版を組み合わせることで木質空間を形成することができた。特



に事務所での歩行振動抑制・重量床衝撃音の軽減・室内環境の軽減について実証することができた。また、木材使用による ESG 投資や SDGs への貢献が特に期待される中規模都市型木造オフィス・商業店舗にも適用可能であり、汎用性・普及性への可能性が広がった。

(9) (個人) / (株) フェニックスホーム

CLT を利用したログ材は、丸太組構法による建築物の用途問わず幅広く利用可能であり、本実証事業で得た知見は広く活用出来ることが示せた。実証実験により取得した 60 分の準耐火構造により、中規模の木造建築物への CLT ログの利用の可能性が広がった。さらに今回の知見を活かして、3 階建て以上の建築への利用のため 75 分の防火認定の取得、そして、界壁の遮音性能認定取得を目指し、広い用途の建物でのさらなる木質化の可能性を示せた。

(10) (株) 山崎文栄堂 / (株) 内海彩建築設計事務所

本事業で得られた構造実験データは、カラマツ及びトドマツの CLT の接合方法として GIR 接合を用いる設計を行なう際に活用できることがわかった。また、耐火実験によって得られた知見に基づき、告示 1399 号に定める耐火被覆を施した 1 時間耐火の主要構造部にすき間なく接する形で無被覆の 210mm 厚トドマツ CLT を配置した場合に、主要構造部に悪影響を与えることはないことが確認された。ただし、主要構造部と無被覆耐震要素の位置関係（すき間の有無）や樹種により燃えどまり性状は異なると考えられるため、異なる配置、樹種においては別途検討が必要であることを示すことが出来た。

(11) (個人) / ANALOG (株)

本実証により得られた成果は①CLT の設計及び施工に BIM を用いることで、合理的で視覚的にわかりやすい設計並びに施工を進めることが可能であること②ダブルウォール工法においてネックとなっていたせん断金物の取り付けにおいて、新たな手法を実証したことにより、空間を有効活用することができる③これまで大版 CLT パネルの搬入及び施工が難しいと考えられていた、都心部の狭小敷地においても CLT の施工が可能であること④フル CLT パネル工法と RC 造のコスト比較をし、メリットとデメリット双方を明らかにすることで、今後フル CLT パネル工法を用いる際の参考となるコストデータを提供した。

(12) 学校法人瑠璃学園 / LOOPS Architect. (株) 一級建築士事務所

本事業で CLT MN パネルのような汎用性のある材料を使い、接合部の納まりや汎用性、低コスト性を念頭に設計・検討し、その過程を取りまとめた。また、同様の条件の建築物では RC 造にはできない建築計画を立てることができ、類似の地域や建築物等で設計する上で本事業の省力化と意匠設計、地業の適宜な選択を適用でき、成果を広く普及することにつながった。CLT パネル工法と非住宅の木造建築物のコスト的メリットを RC 造と明らかにし、同様の建築物に波及的効果を与えることが示せた。さらに、埋蔵文化財包蔵地区での CLT 建築物としての有効性を実証する事が可能となり、全国に向けた中大規模建築物への CLT の普及啓発と利用拡大に繋がることが示せた。

(13) ブライト（株）／(株)木造技術研究所

本実証事業で設計された丸太組構法による3階建ては、事例がまだ少なくノンセトリング構造によるCLTログハウスは、今後の建築によって業界内でも注目される可能性が高く、広く波及的効果を与えることが示せた。今回の実証で取得した90分の準耐火構造の認定は、建築物の木質化への転換を進める昨今の流れの中、外壁に無垢の木材を表す施工が可能になり、環境や街並みに大きな変化をもたらすことを示せた。

事業の実施に当たっては、別途規定した「CLT建築実証支援事業のうちCLT建築実証事業助成金交付規程」「CLTを活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 実施手続き」に沿って行った。各実証事業は助成金交付申請書の承認日から実施し、令和5年2月20日までに終了した。

実施事業の成果は下記の成果報告会において報告した。令和3年度及び令和4年度は提案事業が多いことから、2日間の開催とした。成果報告会では、「CLT建築物事例集」を配布するとともに、学識関係者と今年度の実施者を交えたパネルディスカッションを開催し、本事業の成果の普及に努めた。

成果報告会タイトル：－CLTを用いた持続可能な建築－

開催日：令和4年3月8日（火） 13:00～16:20

令和4年3月9日（水） 13:00～16:10

会場：木材会館（東京都江東区新木場1-18-8）

報告形式：会場参加＋WEBを用いたオンライン報告会

定員：50名（対面）＋1000名（WEB）（※各日）

成果報告会タイトル：－低コストで普及性の高いCLT建築を目指して－

開催日：令和5年3月6日（月） 13:00～16:20

令和5年3月7日（火） 13:00～16:10

会場：木材会館（東京都江東区新木場1-18-8）

報告形式：会場参加＋WEBを用いたオンライン報告会

定員：50名（対面）＋1000名（WEB）（※各日）



主催者挨拶（公益財団法人日本住宅・木材技術センター理事長 古久保英嗣）



来賓挨拶(林野庁林政部木材産業課木材製品技術室長 土居隆行氏)



また、3事業7回の展示会に出展し、「CLT 建築物事例集」や「CLT 活用建築物等実証事業パンフレット」等を来場された方に配布し、実施事業の成果やCLT 建築物等の普及に努めた。

展示会タイトル：建材EXPO（大阪）

開催日：令和3年9月29日（水）～10月1日（金）

会場：インテックス大阪（大阪府大阪市住之江区南港北1-5-102）

展示会タイトル：ウッドワンダーランド2021

開催日：令和3年10月7日（木）～10月10日（日）

会場：ポートメッセなごや（愛知県名古屋市港区金城ふ頭2-2）

展示会タイトル：非住宅 木造建築フェア 2021

開催日：令和3年10月7日（木）～10月8日（金）

会場：東京ビッグサイト（東京都江東区有明3-11-1）

展示会タイトル：建材EXPO（東京）

開催日：令和3年12月6日（月）～12月8日（水）

会場：東京ビッグサイト（東京都江東区有明3-11-1）

展示会タイトル：非住宅 木造建築フェア 2022

開催日：令和4年6月16日（木）～6月17日（金）

会場：東京ビッグサイト（東京都江東区有明3-11-1）

展示会タイトル：建材EXPO（大阪）

開催日：令和4年9月28日（水）～9月30日（金）

会場：インテックス大阪（大阪府大阪市住之江区南港北1-5-102）

展示会タイトル：建材EXPO（東京）

開催日：令和4年12月5日（月）～12月7日（水）

会場：東京ビッグサイト（東京都江東区有明3-11-1）



表1.3.1 令和3年度 木材産業・木造建築活性化対策のうちCLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業 採択事業一覧  
CLTを活用した先駆的建築物の建設等支援事業

番号 (都道府 県順)	応募者名 (建築主等)	応募者名 (協議会運営者)	応募事業者名	集積の種類	QIの主な 使用方法	実証する内容	配造、S造等他工法との比較にかかる提案	建設地	建築物概要	担当氏名
1	総建工業株式会社 代表取締役 中島浩一郎	総建工業株式会社 協議会運営者 中島浩一郎	総建工業QI工場 新所事業所新築 工事の設計実証及 び建築実証	建築、設 計、性能	構造体	QI建築をユニットとして施工する際、ユニット間の防水材を埋めず隙間を空けておき、ユニット本体が五面防水構造を有する。また、QIユニット間接合部（横方向及び縦方向）の構造材（外装材）を兼ね、低コストで性能を向上させた。外装材と構造材を兼ねるQI工法を採用する。又、ユニットの吊り具の開発も同時に行う。	他工法と比較し、軽量化されたユニットにおける、配管作業の合理性やコストの削減、工期が短縮されたこと、従来の構造材を兼ねたユニットの取組の高度化によるコスト削減、コンクリートハラスメント削減による環境負荷低減、ユニットで構成された外装材のメンテナンス性等を評価する。	岡山県真 庭市	用途：休閒及び事務所 構造：CLT・軸組工法 階数：平屋建て 延べ面積：33.435㎡ 工事種別：新築 竣工予定：令和4年1月	総建工業株式会社 代表取締役 中島浩一郎
2	ハレオカラヤンハ ン合同会社 代表 嶋元 謙 太郎	有限会社和建建設 計事務所 原 謙	遊心館 別館 新 築工事の建築実証 工事	建築、設 計、性能	構造体	特に壁への影響を懸念し、50cm以内の立ち上り、柱等もこの範囲とし、構造材における、S造の断面形状の最適化による劣化及びメンテナンス性について実証する。	地盤の弱い沿岸部のため、木造軸組工法+層組QI工法を採用し、建設物の軽量化を図った。同層組のQI工法の場合、基礎工事まで省けた総コスト及び工期について比較する。	山口県大 島郡周防 大島町	用途：宿泊施設 構造：木造軸組工法 階数：平屋建て 延べ面積：98.25㎡ 工事種別：新築 竣工予定：令和3年12月	(株)和建建設 事務所 原田和彦
3	株式会社アイビ ック 代表取締役社長 太田真司	株式会社アイビ ック 福岡支社 代表取締役 矢野清二	hiマリア住宅展 示館事業所施設設 新築工事の建築実 証	建築	構造体	本事業ではCLT建築物を木造軸組建築した。工期、人工等を比較するとともに、本事業における材料調達、施工方法と従来の工法とを比較し、工期、人工等を分析する。コスト削減と色の違いの両方の実現のため、工程を最適化し改善することとで解決が可能と考えられている。	本事業ではCLT建築物を木造軸組建築した。工期、人工等を比較するとともに、本事業における材料調達、施工方法と従来の工法とを比較し、工期、人工等を分析する。コスト削減と色の違いの両方の実現のため、工程を最適化し改善することとで解決が可能と考えられている。	福岡県福 岡市西区	用途：ショールーム兼事 務所 構造：CLT軸組工法 階数：1階建て 延べ面積：245.02㎡ 工事種別：新築 竣工予定：令和3年3月	(株)アイビ ック 福岡支社 火箱朝弘
4	株式会社大林組 代表取締役 寛治	株式会社大林組真 北支店 一般建築工 事事務所 上原 耕	新梅田駅建設工事	設計、性 能	構造体	本事業で実証するQIユニット工法を用いた建築工法で従来のQI工法で建築した場合について、コスト、工期、人工等を比較し評価する。ユニット化による現場での省力化や工期短縮による人件費低減等により、コスト削減を目指す。	本事業で実証するQIユニット工法を用いた建築物とQI工法による現場での省力化や工期短縮による人件費低減等により、コスト削減を目指す。	宮城県山 台市	用途：寄酒舎 構造：CLTパネル工法 階数：3階建て 延べ面積：約9,300㎡ 工事種別：新築 竣工予定：令和3年3月	株式会社大林組 北支店 一般建 築事務所 上原 耕
5	(個人) 坂口友希夫	studio KOIWI一 般 建築士事務所 代表 坂口友希夫	名古屋市金山駅火 車通ライオン新築 工事の設計実証・ 部材の性能実証と ウツロシティの 設計実証	設計、性 能	構造体、 耐力壁	都市圏に4階建て木造オフィスの基本計画を進めており、1)軸組と層組QI耐力壁の新構工法、2)軸組と層組QI耐力壁の設計を行う。また、部材実証（詳細実証）、3)QIによる利用者の経済性や生産性に関する環境実証を行う。さらに、木造オフィスと連動して、都市圏に用途の異なる層組の木造建築で4)木造プロトックを形成する「ウツロシティ」の計画を通じた木造まちづくりに関する設計実証を行う。	本事業では、木造軸組QI耐力壁の新構工法とS造、RC造、CLTパネル構造等の他工法とを比較し、工期、人工等を比較し、施工性、手法的な観点からQI工法によるコスト削減、QI工法による現場での省力化や工期短縮による人件費低減等により、コスト削減を目指す。また、QI工法による現場での省力化や工期短縮による人件費低減等により、コスト削減を目指す。さらに、木造プロトックを形成する「ウツロシティ」の計画を通じた木造まちづくりに関する設計実証を行う。	愛知県名 古屋市	用途：事務所 (A棟)、共 同住宅 (B棟)、研究施設 (C棟) 構造：木造+CLT(壁) 階数：4階建て 延べ面積：135.0㎡ (A 棟)、166.08㎡ (B棟)、 166.05㎡ (C棟) 工事種別：新築 竣工予定：令和4年12月	studio KOIWI一 般 建築士事務所 代表 坂口友希夫
6	有限会社ジョイボ ンド九州 代表取締役社長 岡田 正法	株式会社建設 井上 真一	ジョイボンド九州 社屋新築工事の建 築実証	建築	構造体	本事業で実証する内容を以下に上げる。①鉄ね出しハココニラスラフからの漏水対策②QI内電気設備の隠蔽(コンセント等)③壁工中の表面養生(キズ防止)④パネルコストの検証	本事業による設計実証は、2階建て木造建築物を鉄骨造に設計し、QI工法を用いた。QI工法による現場での省力化や工期短縮による人件費低減等により、コスト削減を目指す。また、QI工法による現場での省力化や工期短縮による人件費低減等により、コスト削減を目指す。さらに、木造プロトックを形成する「ウツロシティ」の計画を通じた木造まちづくりに関する設計実証を行う。	福岡県那 珂川市	用途：店舗事務所 構造：木造 (QI・構造) 階数：2階建て 延べ面積：308.00㎡ 工事種別：新築 竣工予定：令和4年6月	株式会社建設 代表取締役 井上 真一



### 1. 3. 2 現地調査

各実証事業について、建設地や性能試験場所において検討委員会委員および事務局が現地調査を行った。委員所見について表 1.3.2 の No. 1～13 に示す。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	1
実施者	銘建工業株式会社
協議会運営者	銘建工業株式会社
事業名	銘建工業CLT工場第2加工工場の休憩所兼事務所新築工事の設計実証及び建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	岡山県真庭市上河内3828-10
現地調査	
時期	令和4年1月20日(木)11:00～
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	有馬孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>CLT工場の加工工場の休憩所兼事務所新築工事である。設計及び建築実証は別途研究施設で行われて、その試験終了後解体し、当工場内に移設再構築をする計画となっている。 本現地実施調査は現場基礎工事とCLTで構成されたユニットが解体され搬入、保管された状態である。</p> <p>(1)CLT箱型ユニット採用の基本的な考え方、構造評価、施工実態の説明をうけた。 (2)移転、再利用を配慮したユニットとしての接合、施工手順について注目したい。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>(1)上記項目を採用した結果と今後工夫すべき点 CLTによる箱型ユニットにおける基本的な方針、構造的な検討事項 CLTの割り付け、接合詳細</p> <p>(2)施工現場における施工作業者の評価 とくにつり込み作業とくに手順、CLTの接合作業、 防水対策および維持管理など</p> <p>(3)設計、施工管理から現基準や仕様に関して工夫、改良したい点</p> <p>(4)焼き杉外壁仕上げの経時評価</p>
その他	<p>使用時における居住環境、電気量などデータ収集を期待したい</p> <p>(1)職場内での評価、とくに既存の施設との心理生理的あるいは作業性や行動など</p> <p>(2)木質化の効能に関して注目すべき点</p>



表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	2
実施者	ハレオクラジャパン(合)
協議会運営者	(有)和建築設計事務所
事業名	遊心館 別館 新築工事の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	山口県大島郡周防大島町小松字石丸新開1725番
現地調査	
時期	令和 3年 12月 15日(水)10:00~12:00
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	有馬孝禮、石川敦子
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>戸建平家の滞在型宿泊施設の在来構法木造の軒先を大きくとるために屋根構面にCLTを用いた物件である。</p> <p>(1)壁の軸組みは在来構法、耐力壁は筋交いを用いている。</p> <p>(2)軒の出150cmを確保するために150mm厚CLTを用いているが、2方向に出る箇所については一部梁を伸ばしている。</p> <p>(3)CLTの使用に関してはオーナーの要望もあった。</p> <p>(4)軒先のCLTに関する塗装の暴露試験を見聞した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CLTの木口を他材料で覆うなど、耐久性に配慮した工夫が見られた。</li> <li>・利用者からCLTがよく見える構造で、不具合が生じなければ良さをアピールできる。</li> <li>・CLT(スギとヒノキの2種類)に4種類のクリア系塗料を塗装し、無塗装サンプルとともに別建物の西面と南面の軒天へ設置し、経過観察をしていた。現地調査時点では設置後3か月弱であったため、顕著な劣化は認められなかったが、塗料による仕上がりの差(艶・風合い等)が観察できた。今後も、割れを注視しつつ経過観察を続けて頂ければと思う。</li> </ul>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>(1)上記項目を採用した結果と今後工夫すべき点</p> <p>(2)施工現場における施工作業者の評価 とくにつり込み作業と工具、CLTの設置作業に関することなど。</p> <p>(3)設計、施工管理から現基準や仕様に関して工夫、改良したい点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定期的な点検及びメンテナンスをご検討頂き、問題点や課題も含め結果を記載して頂ければ有益な知見になる。</li> </ul>
その他	<p>(1)使用時における居住環境、電気量などデータ収集を期待したい</p> <p>(2)建設現場での評価</p> <p>(3)オーナー及び来訪者との関係など、とくに木質化の効能は？</p>

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	3
実施者	株式会社アイビック
協議会運営者	株式会社アイビック福岡支社
事業名	hit marina 住宅展示場兼事務所施設新築工事の建築実証
実証の種類	建築
建設地	福岡県福岡市西区豊浜2丁目23番(Hit marina 道り新北会場)
現地調査	
時期	令和4年1月27日(木)14:00~16:00
内容	現地調査
場所	建設現場
調査担当委員	有馬孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>地場工務店の自社の展示住宅として在来軸組み構法3階建木造建築物の床及び天井屋根構面の水平構面として厚さ90mm大判CLTを用いている。施工を自社社員による建設実証である。</p> <p>(1)柱、梁のプレカット軸組にCLTを挿入するので、設計段階でのCLTメーカーと切り欠きなど加工等を打ち合わせている。</p> <p>(2)プレカット部材組み立てと床および天井に係るCLT搬入、組み立て、筋交いの挿入等の手順が重要と考えられる。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>(1)CLTを採用した主たる目的</p> <p>(2)床および天井屋根におけるCLTの割り付け、接合詳細。</p> <p>(3)施工現場における施工作業の評価</p> <p>とくにつり込み作業、CLTの接合作業に関わる管理、筋交いなどの挿入手順</p> <p>(4)設計、施工管理からみた本仕様に関して評価および今後留意すべき点</p>
その他	<p>使用時における居住環境、電気量など月ごとデータ収集を期待したい</p> <p>(1)従来の展示住宅や現使用の事務所と比較したときの比較</p> <p>(2)職場内での評価や職員の行動変化</p> <p>(3)来訪者の評価及来訪者との関係など、とくにCLT利用による木質化の効能らしきものに注目して気づいた点</p>

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	4
実施者	(株)大林組
協議会運営者	大林組一級建築士事務
事業名	新梅田寮建設工事
実証の種類	設計、性能
建設地	宮城県仙台市青葉区梅田町1-25
現地調査	
時期	令和 3年 11月 9日(火)14:00~16:00
内容	試験立会い
場所	宮城県黒川郡大衡村大衡字尾西105-1(株式会社サンエーテック敷地内)
調査担当委員	河合誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>建物計画 本計画は、自社社員寮の建て替え計画で1階RC造2・3階CLTパネル工法である。 平面計画は、中庭を中心に4棟が周囲に配置されている。4棟のうち1棟は女性社員用で分割されている事と感染症対策として棟ごとに独立運用できるように分散動線型としている事が特徴である。 工法的には今後の現場技能者不足を考えCLTのユニット化を計画している。 水回りは1段低い床となっており配管スペースを確保している。 建物計画としては最新の社会状況を踏まえて設計されており意欲的なものである。 特にCLTは海外でもユニット化が進んでおり工業化に適した構造材料として広く紹介していただきたい。</p> <p>遮音性能試験 訪問した工場敷地内に本計画の一部を建設し遮音実験棟としている。 今回は上階で騒音の発生(スピーカーによるピンクノイズ)と床衝撃音としてボールの落下衝撃音(1m)と跳びはね・歩行を下階で体験させていただいた。 当日は雨が降っており暗騒音が大きかったこともあるが事前の測定値よりも小さい音に感じられた。 当実験棟の仕様はビジネスホテルクラスと分譲住宅クラスの2仕様が施工されており各々の目標数値を決めて実験を行っている。 特筆すべきはユニットバスを設置しシャワーの音や排水音も測定している事であり評価基準がない中で実用的なデータを収集していることである。 そもそも遮音実験棟を建設し、性能確認を行う必要がある事に着目したことに大林組の木造への力の入れ様を感じられた。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>測定された遮音性能については、なるべくオープンにしていきたい。 一般に遮音性能が劣ると言われる木造の性能向上につながると考えられる。</p>
その他	



表1.3.2 現地調査委員所見

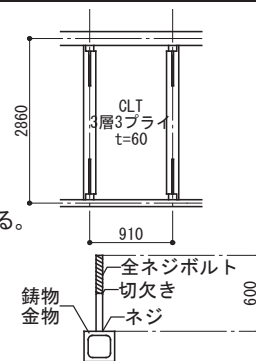
番号 (都道府県順)	5
実施者	坂口友希夫
協議会運営者	studio KOIVU 一級建築士事務所
事業名	名古屋市金山耐火木造オフィス新築工事の設計実証・部材の性能実証とウッドシティーの設計実証
実証の種類	設計、性能
建設地	愛知県名古屋
現地調査	
時期	令和4年1月18日(水)13:00~15:00
内容	性能実験見学
場所	富山県射水市黒河新4940(富山県農林水産総合技術センター)
調査担当委員	山辺豊彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>板厚60のCLT耐力壁の面内せん断実験である。図に示すように幅910の耐力壁を工場生産した後に現場へ搬入し建物の生産性向上を目指すと言う。</p> <p>高倍率(約15倍)の耐力壁を目指すため、柱頭柱脚金物は、左図のような仕組みとなっている。</p> <p>最終崩壊形はアンカー長さ600の切欠き部分の破断で決定される。耐力壁の変形量はほぼ1/30付近である。</p> <p>図は柱頭柱脚金物+タフネスコネクター+エポキシ樹脂を示す。</p> 
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>当日の実験では一体のみを見学しましたが、その後の試験体も壁倍率、最終崩壊形、変形状況等の確認をして欲しい。</p> <p>崩壊形がアンカー筋の切欠き部分の破断であれば、木破でないので、値のばらつきは少なくなると思われる。(期待しています)</p> <p>現場での生産性向上を目指すためには、同時に建方計画も考えて頂きたい。</p>
その他	<p>木造建物で軸組のみでなく耐力壁(幅910)まで工場で作製という点では新しい発想である。</p> <p>これからの建設市場を考えると、現場での作業を可能な限り減ずる方向と言える。</p> <p>その点では、幅910の耐力壁でしかも高耐力は魅力的と言えるが、単純に上下積層配置とするには、両端の柱の軸力が大きくなることが予想され、設計上は配置計画に工夫が必要となると思われる。(市松配置など)</p>

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	6
実施者	(有)ジョイボンド
協議会運営者	(株)大匠建設
事業名	ジョイボンド九州社屋新築工事の建築実証
実証の種類	建築
建設地	福岡県那珂川市後野2丁目14番7
現地調査	
時期	令和 4年 2月 17日(火)13:30~15:30
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	河合直人
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	CLTパネル工法ルート1の2階建てということではそれほど特殊な建物ではないが、アンカー施工時のフラットバーによる精度確保、パネル吊り用の治具の利用、バルコニーの漏水対策、コンセントボックスの埋め込みなど、これまでの蓄積を活かし、細かなところにまで配慮して、低コストで高品質な建物を目指した取り組みの好例であると感じた。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	最終的なコストに関するデータを整理し、他構造とのコスト比較を行なうとともに、本事業で得られた今後の課題についても整理していただきたい。 汎用性の高い建築事例であるので、CLTの普及促進な情報になると思われる。 また、可能であれば床の遮音性能も測定し、結果を共有していただけるとありがたい。
その他	御好意により、昨年度事業の筑紫工業の見学もさせていただいた。完成後の実際に使われている様子が見られ、利用者の声も聞けて大変有意義であった。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	7
実施者	株式会社JML
協議会運営者	株式会社アルファフォーラム
事業名	月形町産湾曲集成材フレームとCLTをGIR工法で接合した木材展示場
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	北海道樺戸郡月形町知来乙284-4
現地調査	
時期	令和4年1月17日(火)11:00~13:00
内容	設計実証、性能実証内容確認、現地視察
場所	建設現場
調査担当委員	有馬孝禮、河合誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>湾曲集成材による屋根・壁兼用のフレームと2階CLT床で構成されるシンプルな構造形式の事務所建築である。。北海道産材を用いた集成材、長尺のスギCLTを購入、集成材は自家製である。基礎は設置済み、一部部材は納入済であるが、豪雪のため工事は雪解け以降となるとの説明を受けた。湾曲集成材の制作が終了していたが積雪の為に建て方工事は積雪の状況を見て今後行われる予定。また接合方法はGIRにて行われる。</p> <p>構造躯体の施工手順は、①フレームを立ててから2階CLT床板をフレーム内に入れ込む②両端のフレームを立ててから2階CLT床板を吊り込む③2階床パネルを所定の位置に固定した後にフレームを立てると3種類の方法が考えられているが現在検討中である。3種類の施工方法には構造躯体の接合の容易性と合わせ力の流れも異なる点を考慮して決定されたい。特に1階の柱と床の接合方法には注意が必要と思われる。壁量計算書を提出されたが一般の軸組構造ではないので実荷重を出して許容応力度計算にて安全性を確かめていただきたい。</p> <p>湾曲集成材を屋根、壁のフレーム材とし、二階部分にCLT水平構面で構成する木材展示場、事務所である構造設計、建て方手順などの注目点は以下の通り  (1)スパンが約7mの2階床構面3枚の長尺CLTをGIR接合して水平構面を形成  (2)湾曲フレームと水平構面との建て方手順に留意</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>湾曲集成材の製造は作業所の中にビニールハウスを建て その中で製造を行っている。温度管理はジェットヒーターを用いて行っているようであるがJASと同レベルの管理状態であることを記載してほしい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上記項目を採用した結果と今後工夫すべき点</li> <li>湾曲フレームとCLT構面との構造的役割分担と施工手順をどのように整理したのか</li> <li>CLT床構面の配置と接合方法</li> <li>湾曲フレームと水平部材あるいは水平構面との接合、水平レベル調整な</li> <li>・施工現場における施工業者の評価</li> <li>つり込み作業手順と工具、床構面のGIRに関わる仕様と施工管理など</li> <li>・設計、施工管理、維持管理から見た使用時にチェックしてほしい点</li> </ul>
その他	<p>使用時における居住環境、電気量などデータ収集を期待したい</p> <p>(1)職場内での評価や変化  (2)来訪者の評価及来訪者との関係など、とくに木質化の効能に注目</p>

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	8
実施者	第一生命保険(株)・(株)東邦銀行／清水建設(株)
協議会運営者	清水建設(株)
事業名	(仮称)東邦銀行・第一生命共同ビル新築工事の設計実証
実証の種類	建築
建設地	栃木県宇都宮市泉町1-29
現地調査	
時期	令和4年5月11日(水)13:00~16:00
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	有馬孝禮、中島史郎、成瀬友宏
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>銀行及び保険会社が共同使用するRC造及び木造の平面混構造(ハイブリッド)総4階建耐火建築物である。主として木造部分が来客スペース、RC造部分が業務スペースとなっている。施工現場での事業説明、現場調査である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地域産使用、連携などサーキュラーエコノミーの視点に立った取り組みの説明を受けた。今後のさらなる展開を期待したい。</li> <li>・SDGsやカーボンニュートラルへの取り組みの中で炭素貯蔵に加えて省エネルギー、代替エネルギーなど効果に関する質疑があった。</li> <li>・RC造と木造の混構造に関わる構造的考え方、接合、床構面形成を整理しておく必要がある。</li> <li>・CLT床型枠(捨て型枠)工法の考え方、留意点と課題の説明があり実証内容と課題を明らかにしておいてほしい。</li> <li>・部材自体は、耐火構造等国土交通大臣により認定書により仕様が明らかであるが、部材の取り合い部分についての知見は不足がちであり、あまり公表されないのが、実験の実施や耐火性能についての検討を行う等知見があれば、公表して共有して欲しい。</li> <li>・当日の配付資料【本事業において実施する課題】「健康経営に寄与する」の「健康」とはどのような意味でしょうか？具体的に指標とできるものはありますか？</li> </ul>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域産木材の使用における加工、搬入、施工上の連携、とくにCLT、集成材の工夫、改良点など</li> <li>・RC造と木造部分の接合部分における設計、施工上留意した点</li> <li>・CLT床型枠(捨て型枠)工法の留意点と評価と課題</li> <li>・外壁現しのメンテナンスなどに関わる仕様、指針など</li> <li>・木造とRC造の境界面における外壁、断熱に関わる詳細外周りの防水措置、おさまり詳細</li> <li>・柱梁接合部の耐火仕様に関わる工夫、知見など</li> <li>・内装制限の緩和に関わる知見</li> <li>・「A.CLT床板・木取り合いディテール」について、施工方法・コストを含めて照会して戴くことを希望します。また、コスト削減の可能性があればご提示願います。</li> </ul>
その他	<p>使用時におけるデータ収集を期待したい</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・可能な範囲での温湿度など居住環境、電力量など経時的な数値</li> <li>・従業員の評価の行動変化、とくに来客エリアと業務エリアの比較した評価、</li> <li>・来訪者の評価及来訪者との関係などで、とくにCLT利用による木質化の効能らしきものに注目して気づいた点</li> <li>・現場敷地が面する通りが、中学生？の通学路になっています。感想を聞いても面白そうです。</li> </ul>

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	9
実施者	(個人)
協議会運営者	フェニックスホーム
事業名	スマート&スロー砂払計画の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	長野県飯田市砂払町3丁目921-4
現地調査	
時期	令和4年4月7日(水)
内容	建て方見学
場所	建築現場
調査担当委員	有馬 孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>CLT原版から丸太組構法用の角ログを加工し、外壁、界壁を構成する。嵌合された1ユニットで1住戸が構成されるメゾネット型2階建て菜園付き5連戸賃貸住宅である。1階部分の躯体建て方が終了した時点での検証である。注目すべき点は以下のとおりである。</p> <p>(1)各戸の間仕切り壁は2×4製材で構成、CLT2階床は丸太組壁と集成材梁等で支える、いわゆる床勝ちでログ上下階の重ねが分離する。</p> <p>(2)CLT加工ログ使用の主たる目的はセtringなど施工仕様詳細、維持管理上課題対応にある</p> <p>(3)ログ加工形状の適正化への検討は前例となる施工実態結果、施工手間などからなされている。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>以下のような点を報告書に記載されることが今後の貴重な指針となると思われる。</p> <p>(1)加工、搬入、施工上の工夫、改良点など</p> <p>(2)外周りの防水措置、おさまり詳細、とくに土台、床勝ちとなる2階床周辺</p> <p>(3)外壁、界壁の遮音、断熱に関わる詳細、試験評価結果</p> <p>(4)外壁現しのメンテナンスなどに関わる仕様、指針など</p> <p>(5)防耐火試験で得られた知見など</p>
その他	<p>使用時における温湿度など居住環境、電気量などデータ収集を期待したい</p> <p>(1)可能な範囲での経時的な数値</p> <p>(2)住人の評価の行動変化</p> <p>(3)来訪者の評価及来訪者との関係などで、とくにCLT利用による木質化の効能らしきものに注目して気づいた点</p>

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	10
実施者	(株)山崎文栄堂/(株)内海彩建築設計事務所
協議会運営者	(株)内海彩建築設計事務所
事業名	(仮称)山崎文栄堂ヒーローズビル新築工事の設計及び性能実証
実証の種類	設計、性能
建設地	東京都渋谷区渋谷4丁目5-5
現地調査	
時期	令和4年11月22日(火)14:00~16:30
内容	性能試験立ち合い
場所	大分県大分市旦野原700(大分大学 旦野原キャンパス)
調査担当委員	河合 誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>山崎文栄堂ヒーローズビルは、六本木に建設予定のCLTパネル工法による6階建て複合ビルで 構造上の特徴としては、耐火被覆した躯体にCLT現わしのフレームが室内に存在する点である。</p> <p>耐火被覆部分と現わし部分が混在した場合に 現わし部分の脚部に床面の耐火被覆(石膏ボードなど)と同レベルの耐火性能が求められる。又 構造的に床とフレームの接触部分に石膏ボードの様な圧縮強度が期待できない材料を介しているために接合金物が圧縮力を伝え得るかの確認が必要となる。今回 大分大学においてこの部分の強度試験を視察した。</p> <p>試験体は9層9プライの床版に50mmのスタイロフォームを上下に挟んだ壁(上階下階の2枚)の圧縮試験で設計荷重以上の性能を確認している。引張試験もすでに終了しておりGIRのロッドの引張強度で設計できること(接着部分の強度が勝っている)を確認している。</p> <p>試験終了後の協議会では現わしフレームの底部に何を採用するのかと施工手順について議論されていた。施工手順については施工者(この時点では決定していない)を含めた議論が必要との結論であった。</p> <p>一見 建築設計全体としては詳細な技術の開発部分であるが 設計者 実験担当者製造者 構造担当者がお互いの認識を共有化する協議会であったと感じられた。</p> <p>また当該詳細部分はCLTの耐火被覆部分と現わし部分を持った建築物には必ず存在する部分であり きわめて意義のある開発と考えられる。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>施主が木造で自社ビルを建設するに至った経緯について記載を希望します。</p> <p>また 上記の接合部分の最終仕様について 検討した経緯についても後に続く設計者の参考となるので詳細に記載いただきたい。</p>
その他	

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	11
実施者	(個人)_ANALOG(株)
協議会運営者	ANALOG(株)
事業名	東ヶ丘アパートメント計画の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	横浜市西区東ヶ丘45-1
現地調査	
時期	令和5年2月10日(金)10:00~11:00
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	河合 誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>本建物は、横浜市の山手に建つ共同住宅で前面道路が4mを切る幅でかなり施工難易度が高い立地である。調査日は、3階の屋根パネルを施工しており 工事中の現場で設計者と施工者から実情をヒアリングできる良い機会であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・BIMの利用は設計段階での構造躯体と意匠の納まり検討に使用している。また工事中は、CLTパネルに貼られたQRコードからスマホで読み取り パネルの位置関係が分かり 外国人作業にも作業手順及び納まりの確認が説明できるなど実質的な利用が図られていた。</li> <li>・設計プロセスでは耐力壁に穴を開けられないため(今回の告示改正で可能となった)に配管取り回しに苦労したりパイプスペースを複数設けるなど納まりの標準化が出来ていれば時間の短縮が図られたなどいくつかの課題をヒアリングできた。</li> <li>・工事においても基礎配筋の込み具合でアンカーボルトのセッティングに手間取ったり基礎梁貫通が難しく配管経路を迂回するなどの困難が生じたと聞いた。これは構造計算者と施工者のコミュニケーションがあれば解決できた項目である。</li> </ul> <p>以上 CLT はじめての設計者と施工者が苦労して解決してきたプロセスをこれからCLTに挑戦する技術者のために伝達できる方法を考える必要を感じた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CLTパネルのせん断耐力は脚部の金物を3種類試験した結果から選択し施工している。</li> <li>・施工性はCLTの釣り込みに苦労したようだが接合は、設計どおり比較的容易であったとの事。尚 施工工数も計測している。</li> <li>・今回の計画は、 構造性能とCLTの意匠性を満足した耐震補強で商品化も十分考えられる仕上がりとされている。</li> </ul>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	BIMの活用方法は報告書ではなかなか説明できないので 報告会において動画で説明いただきたい。
その他	工程の関係で遮音測定が完成建物ではできないと聞いているが 6月に予定している竣工直前で遮音測定ができるよう事務局の配慮を希望する。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	12
実施者	学校法人瑠璃学園_LOOPS Architect(株)一級建築士事務所
協議会運営者	LOOPS Architect(株)一級建築士事務所
事業名	埋蔵文化財包蔵地区でのCLT幼稚園型認定こども園舎建築実証事業
実証の種類	建築
建設地	福岡県糸島市潤字地頭給617番1、619番
現地調査	
時期	令和4年12月28日(水) 10:00~11:30
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	河合直人
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>埋蔵文化財の関係から直接基礎で可能ということもあって木造が選択された。木造軸組工法に耐力壁の面材としてMNパネルとJパネルが使用され、屋根面および一部床面にもCLTが使用されている。MNパネルを外部に現しで使用することにより、木造らしさが現れている。住宅の工法に近い形でCLTを用いることにより、設計者施工者にとってのハードルが下がり、非住宅の建築物へのCLTの利用が促される好例であると思われる。設計者としては内部に木を現しで使用したいが内装制限のため限定的であるとのこと。防耐火の要求と木材現しを実現する方法について、設計者向けの情報整理、発信が必要か。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>他構造とのコスト比較は、成果報告書に是非記載をお願いしたい。 外部に現しで用いた場合の耐久性について、観察を継続し、情報を寄せていただきたい。</p>
その他	<p>同一設計者によるCLTパネル工法建築物を見て、施主もCLT利用に積極的になったとのこと。実際に建築物が建てられることで、それが情報発信となり、良循環につながることを実感した。</p>



表1.3.2 現地調査委員所見

番号 (都道府県順)	13
実施者	(株)ブライツ／(株)木造技術研究所
協議会運営者	(株)木造技術研究所
事業名	(仮称)牛浜駅前木質ビル新築工事の建築実証
実証の種類	設計、性能
建設地	東京都福生市牛浜133-1
現地調査	
時期	令和5年3月2日(木) 9:30～11:00
内容	協議会参加
場所	Zoomによるwebミーティング
調査担当委員	鈴木淳一
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	<p>3建て共同住宅・事務所建築物において、丸太組構造を採用するために必要となる設計や防耐火性能試験などを実施したものである。7層7プライ(210mm)、3層4プライのCLTパネル(120mm)を、それぞれ、外壁、間仕切り壁の丸太組工法における耐力壁として用いたものである。CLTパネルを用いることで、施工性の向上などを考慮して、合理化が図られている。しかしながら、防火地域において、木質材料があらわしとなる場合、市街地火災が発生した際に市街地としての延焼防止上のような危険性や状況が想定されるか等について、十分に認識されていない可能性がある。</p> <p>単に建築基準法に準耐火性能を適合することのみではなく、法の目的において何が達成されるべきであるか等を認識した上で利用することを望む。</p>
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	<p>準耐火性能試験において得られた結果は、実建物の部材の一部を再現したものであり、実際の建築物に適用する際には、より慎重な防耐火設計が必要であること等を注記しておくこと。</p>
その他	丸太組構法の大匠認定にかかる試験方法にあつては、試験体の抽出方法等について改良する余地がある。

### 1. 3. 3 専門家派遣

実証事業の実施にあたって実施者または担当者は、コスト縮減や普及といった課題の解決に取り組むために必要な関係者が集まる場を設け、技術的内容について専門家の意見を聴く場合に限り、専門家（以下「専門家委員」という。）の指導を住木センターに要望することができるものとした。なお、今年度の派遣実績としては0件であった。

### 1. 3. 4 各実証事業の講評とまとめ

本年度実施した13件について、検討委員会で講評を行った。委員から出された意見等を以下に記す。

#### 【R3-1】 銘建工業㈱

- ・ CLT 工場の加工工場の休憩所兼事務所新築工事である。別の事業で京都大学へ仮設置し、その後解体して当工場内に移設再構築をする計画となっている。
- ・ CLT 箱型ユニットを採用しており、現場施工の簡略化につながるため、これからの施工の新しい方向性を導く事例である。

#### 【R3-2】 ハレオクラジヤパン合同会社／(有)和建築設計事務所

- ・ 戸建平家の滞在型宿泊施設の在来工法木造の軒先を大きくとるために屋根構面に CLT を用いた物件である。
- ・ CLT の使用に関してはオーナーの要望があり、屋内天井、軒先を現しにしている点が特徴的である。
- ・ 軒先の CLT には4種類のクリア系塗装、無塗装の合計5つの経過観察を行っている。現地調査時点では設置後3か月弱であったため、顕著な劣化は認められなかったが、塗料による仕上がりの差が観察できた。今後も経過観察を続けて頂く予定である。

#### 【R3-3】 (株) アイビック

- ・ 地場工務店の住宅展示場として在来軸組構法3階建木造建築物の床及び天井屋根構面の水平構面として厚さ90mm大判 CLT を用いている。
- ・ CLT を取り付ける金物には一般的に流通している金物を用いて施工している。接合するビスで、ビットの破損がほとんどなく、バリ・ささくれを抑制する特殊加工がされている。
- ・ CLT を床材（仕上げ材）に使用することで施工側からは施工の安全性が増すとの声があり、展示場への来訪者には CLT のアピールが期待でき、CLT の今後の普及に貢献できると感じられた。

【R3-4】(株)大林組

- ・自社社員寮の建て替え計画で1階RC造2・3階CLTパネル工法である。平面計画は、中庭を中心に4棟が周囲に配置されている。4棟の内1棟は女性社員用で分割されている事と感染症対策として棟ごとに独立運用できるように分散動線型としている事が特徴的である。
- ・遮音性能試験に取り組んでおり、評価基準がない中で実用的なデータを収集している。今回は僅かに目標数値には至らなかったが、十分可能性のある結果であった。遮音性能が劣ると言われる木造の性能向上につながると考えられる。

【R3-5】(個人) / studio KOIVU 一級建築士事務所

- ・板厚60mmのCLT耐力壁の面内せん断実験である。幅910mmの耐力壁を工場生産した後に現場へ搬入し建物の生産性向上を目指す。
- ・高倍率(約15倍)の耐力壁を目指すため、柱頭柱脚金物+タフネスコネクター+エポキシ樹脂で構成されている。4階建て事務所ビルということで単純に上下積層配置とすると、柱の軸力が大きくなることが予想されるので、設計上は配置計画に工夫が必要である。

【R3-6】(有)ジョイボンド九州 / (株)大匠建設

- ・CLTパネル工法でアンカー施工時のフラットバーによる精度確保、パネル吊り用の治具の利用、バルコニーの漏水対策、コンセントボックスの埋め込みなど細部のディテールに拘った施工の合理化を図り低コストで高品質な建物を目指した取り組みである。
- ・最終的なコストに関するデータを整理し、他構造とのコスト比較を行うとともに今後の課題についても整理していく。また、可能ならば床の遮音性能も測定し、結果を共有してもらうことに期待する。

【R3-7】(株)JML / (株)アルファフォーラム

- ・湾曲集成材と2階のCLT版の接合が精度よくできるのか懸念されていたが、2階のCLT版を足場の上に立てて、その後湾曲集成材を乗せることにより、精度を保っていた。
- ・足場の精度が必要になったと思われる。
- ・湾曲集成材とCLTを用いた事例は少ないので、希少性がありよい事例となった。

【R3-8】第一生命保険(株)・株式会社東邦銀行 / 清水建設(株)

- ・設計の段階で緻密な計画をされている印象であった。
- ・RC造と木造の平面混構造の建物である。メイン通りから見えるところは木造になっており、木造部分は鉛直力のみを負担し、水平力はRC部分に負担させている。
- ・床版はRCとCLTを組み合わせて施工されている。CLTはコンクリートとの接合にLSBを用いて一体性を実現している。

【R3-9】(個人) / (株)フェニックスホーム

- ・ CLT ログを使った丸太組工法である。CLT ログを使用することにより、収縮が少なく、1段が高くなることにより強度的にもメリットがある工法である。
- ・ CLT を高さ 400 mmに加工しているため、運びやすく狭小地での施工に優位点がある。
- ・ ログハウスとすることで、接合金物が見えてこないため、木質感を優先することが出来る。

【R3-10】(株)山崎文栄堂 / (株)内海彩建築設計事務所

- ・ 建物は木造 6 階建て耐火構造であり、水平力のみを受ける門型フレームは木の現しで計画されている。耐火被覆と木の現しの両方を取り入れた計画である。
- ・ 床は石膏ボードを張った耐火被覆であり、水平力を受けると門型フレームの柱脚部の石膏ボードがぐずぐずになってしまうので、GIR 接合で固めて柱脚部の耐火被覆を保護する設計をされている。
- ・ 協議会に参加した際に、設計者と金物メーカーなどで納まりについてなど、議論伯仲していた。実証事業以外の案件であっても、協議会を取り入れて、議論し開発を行ってほしい。

【R3-11】(個人) / ANALOG (株)

- ・ QR コードがすべての CLT パネルに張ってあり、スマホで読み込むことにより BIM で建物のどこに使うのか、視覚的にわかりやすく表示される。現場の施工者が外国の方も増えてきているので、言葉が通じなくても QR コードを使用することにより、視覚的にわかるように工夫されている。BIM を積極的に現場に取り入れている。
- ・ 狭小地で小ぶりな建物であるが、共同住宅で一方向の耐力壁が取りづらいことを解消するため、ダブルウォールを採用し必要な壁量を賄っている。
- ・ ダブルウォールで汎用的な金物が使用できないので、D32 の丸棒やドリフトピンタイプの金物を用い新しい接合方法を用いている。

【R3-12】学校法人瑠璃学園 / LOOPS Architect. (株)一級建築士事務所

- ・ CLT 耐力壁を 2 種類使い分けながら、低コストと木現わしを意識して設計されていた。
- ・ 厚めの CLT を使用した箇所は、外部からも木が見えるように設計されている。劣化に関しては、今後も継続して観察して行っていただきたい。
- ・ 計画した敷地が埋蔵文化財包蔵地区である。RC 造や S 造で当初計画されていたが、杭が必要になってしまうため、木造を選択し埋蔵文化財に対して配慮されている。

【R3-13】ブライト (株) / (株)木造技術研究所

- ・ 3 階建て事務所併用住宅を丸太組工法にて計画した新たな実証事業である。
- ・ 90 分準耐火構造の燃焼試験に無事合格し、防火の課題をクリアされている。
- ・ 新たな試みだが、順調に進めているので、建物の完成に期待したい。

#### 1. 4 成果報告の構成について

次項より、各実施者において作成した成果報告を掲載する。成果報告は表 1.4.1 の構成から成る。

表 1.4.1 成果報告の構成

項目	内 容		様 式
1	建築物の仕様一覧	建築物の概要、CLT 等の仕様、仕上、構造、防耐火、施工、工程、体制について記載。	指定様式 1 ページ(表 1.4.2)
2	実証事業の概要	事業で取り組んだ建築物の概要、実施体制、実証方法、成果等を簡潔にまとめたもの。	指定様式 4 ページ(成果報告会配布資料と同じ)
3	成果物	試験結果、設計図面、設計手引き、施工レポート 等、それぞれの事業で取り組むこととしたものの具体例。	任意様式

表1.4.2

事業名			
実施者（担当者）			
建築物の概要	用途		
	建設地		
	構造・工法		
	階数		
	高さ（m）		
	軒高（m）		
	敷地面積（㎡）		
	建築面積（㎡）		
	延べ面積（㎡）		
	階別面積	1階 2階 3階	
CLTの仕様	CLT採用部位		
	CLT使用量（㎡）		
	壁パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	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）		
	木材使用量（m <sup>3</sup> ）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		
仕上	主な外部仕上	屋根	
		外壁	
		開口部	
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切り壁	
		床 天井	
構造	構造計算ルート		
	接合方法		
	最大スパン		
	問題点・課題とその解決策		
耐火	防火上の地域区分		
	耐火建築物等の要件		
	本建築物の耐火仕様		
	問題点・課題とその解決策		
温熱	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		
	施工期間		
	CLT躯体施工期間		
竣工（予定）年月日			
体制	発注者		
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		
	構造設計者		
	施工者		
	CLT供給者 ラミナ供給者		





## 2 成果報告

## 2.1 銘建工業（株）

事業名		銘建工業CLT工場第2加工工場の休憩所兼事務所新築工事の設計実証及び建築実証		
実施者（担当者）		銘建工業株式会社		
建築物の概要	用途	休憩所、事務所		
	建設地	岡山県真庭市上河内3828-10		
	構造・工法	CLTパネル工法		
	階数	1		
	高さ（m）	7.210		
	軒高（m）	7.050		
	敷地面積（㎡）	15359.71		
	建築面積（㎡）	33.66		
	延べ面積（㎡）	33.43		
階別面積	1階	33.43		
	2階	-		
	3階	-		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量38.78㎡、建築物使用量31.50㎡	
	壁パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	S60A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	S60A相当	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
強度区分		S60A相当		
樹種		スギ		
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		なし	
	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		2.35㎡（屋根下地、窓枠）	
仕上	主な外部仕上	屋根	塩化ビニル系樹脂シート葺き	
		外壁	CLT（焼杉処理）	
		開口部	アルミ樹脂複合サッシ＋二層複層ガラス（遮熱Low-Eブルー透明）	
	主な内部仕上	界壁	CLT	
		間仕切り壁	CLT（両面現し）	
		床	CLT	
天井	CLT			
構造	構造計算ルート		ルート3（Ds=0.75、弾性設計）	
	接合方法		せん断：ビス接合、引張：LSB接合、鋼板挿入型DP接合	
	最大スパン		4.5m	
	問題点・課題とその解決策		仕様規定に当てはまりきらない小規模CLT建築の構造計画を課題として設定し、解決策として、より平易な構造計算ルートを想定したが、CLT壁の面外耐力が求められる等した結果、ルート3の弾性設計を採用した。	
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		無	
	問題点・課題とその解決策		無	
温熱	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パネル同士における隙間の処理としてゴムシートを施工	
	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 ・ 30mm	
		外壁	無	
床	無			
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		無（特段遮音を必要としない立地であった。）	
	建て方における課題と解決策		ユニット仕様上、建て方精度が求められるため、クリアランスを大きくとった。	
	給排水・電気配線設置上の工夫		電気配線は内壁ツラに収まる仕様とし、ユニット間の接続部は箱彫り＋木カバーとして収めた。	
	劣化対策		外装をCLTを焼杉仕様＋木材保護塗料とした。	
工程	設計期間		2021年8月～12月（5カ月）	
	施工期間		2021年10月～2022年2月（実働1ヵ月）	
	CLT躯体施工期間	2021年10月上旬（工場組立4日間）		
		2022年2月上旬（現場施工1日間）		
竣工（予定）年月日		2022年2月28日		
体制	発注者		銘建工業（株）	
	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、銘建工業（株）	
	構造設計者		（有）照井構造事務所	
	施工者		銘建工業（株）	
	CLT供給者	銘建工業（株）		
ラミナ供給者	（株）高知おおとよ製材			

実証事業名：銘建工業 CLT 工場第 2 加工工場の休憩所兼事務所新築工事の設計実証  
及び建築実証

建築主等／協議会運営者：銘建工業(株)／銘建工業(株)

1. 実証した建築物の概要

用途		休憩所、事務所		
建設地		岡山県真庭市		
構造・工法		CLT 工法		
階数		1		
高さ (m)		7.210	軒高 (m)	7.050
敷地面積 (㎡)		15359.71	建築面積 (㎡)	33.66
階別面積	1階	33.43	延べ面積 (㎡)	33.43
	2階	-		
	3階	-		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )		加工前製品量 38.78 m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 31.50 m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )		2.35 m <sup>3</sup> (屋根下地、窓枠)		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ		
	床	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60A/相当/スギ		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ		
設計期間		2021 年 8 月～12 月 (5 カ月)		
施工期間		2021 年 10 月～2022 年 2 月 (実働 1 ヶ月) (=工場組立 1 週間、基礎工事 2.5 週間、建方 0.5 週間)		
CLT 躯体施工期間		2021 年 10 月上旬 (工場組立 4 日間) 2022 年 2 月上旬 (現場施工 1 日間)		
竣工 (予定) 年月日		2022 年 2 月 28 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

昨今、現場作業員の不足により、建物のコストおよび品質確保の難易度が上昇している。これにあたり CLT 建築においては現場施工工程が短縮されるユニット工法が望まれるが、国内でのその知見は少ない。よって、本事業では居室ユニットと屋根ユニットをもちいたユニット工法にかかる設計および建築を実証する。また外装材と構造躯体を兼ねた焼杉 CLT を試用することで、外装工事のコスト縮減を検討する。

今回実証事業で設定した課題は以下である。

【課題1】ユニット工法にかかる設計、施工の合理化

上下左右に接合するユニット間接合方法の実証と防水ディテール検証

【課題2】焼杉 CLT を外壁に用いた際の耐候性の確認（表面焼杉仕上+保護塗装の選定）

【課題3】ユニット運送及び吊り込み方法、吊り込み治具の実証

【課題4】リユースの為、設置・解体手法の実証

### 3. 協議会構成員

（設計） 京都大学小見山研究室 : 小見山陽介、竹山広志

（構造設計） (有)照井構造事務所 : 照井健二

（施工） (株)日本サルベージサービス : 合原勝、今井淳次、北村隆司

（材料） 銘建工業(株) : 田中宏明、車田慎介、西本将晴、原田竜輔、井上郁人

（サッシ） YKKAP(株) : 前田勝也、池添真一郎

（屋根材） 田島ルーフィング(株) : 森山充、小川和人、田中直輝

（電気設備） 双葉電機(株) : 浅井貴之、小橋健司、奥山達也

### 4. 課題解決の方法と実施工程

【課題1】ユニット間の構造的接合仕様について照井構造事務所が中心となり取りまとめ、防水仕様について京都大学小見山研究室が中心となり設計および防水性能の確認を行う。

【課題1、2】ユニット間防水仕様および外壁焼杉 CLT 耐候性の確認にあたり、京都大学にて一度仮設し、防水性能を確認したのち当初予定地へ建設する。

【課題3】吊り込み方法や吊り込み治具については銘建工業と日本サルベージサービスが共同して開発を行い実証する。

【課題4】課題1、2で記載の、一度京都大学に設置したものを解体し、当初予定地へ建設することで実証する。

<協議会の開催>

2021年8月 : 第1回開催、問題点洗い出し

9月 : 第2回開催、仮設前進捗確認

10月 : 第3回開催、仮設時反省点確認

11月 : 第4回開催、仮設解体時反省点確認

2022年2月 : 第5回開催、本設時反省点確認、実証事業の取りまとめ進捗確認

<設計>

2021年8月～9月 : 実施設計

8月下旬～10月初旬 : 構造設計

10月中旬～12月末 : 建築確認申請

<施工>

2021年9月 : 工事契約

10月 : 工場内ユニット組立

: 仮設京都市

11月 : 解体京都市

2022年2月 : 本設真庭市

### <性能確認>

- 2021年8月～2月 : 外壁焼杉 CLT 耐候性の確認 (屋外暴露試験体による)  
10～11月 : ユニット間防水性能の確認  
2022年2月 : 気密測定

## 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。

### 【課題1】ユニット工法にかかる設計、施工の合理化

上下左右に接合するユニット間接合方法の実証と防水ディテール検証

- ・ユニット工法の設計: 移築可能性と止水性、気密性を兼ねたユニット間接合方法を考案した。また、構造上の課題点を明らかにした。
- ・施工の合理化: 京都仮設の経験も参考に、主に屋根ユニットの現場施工工数が削減されるよう試行錯誤した。

### 【課題2】焼杉 CLT を外壁に用いた際の耐候性の確認 (表面焼杉仕上+保護塗装の選定)

- ・焼杉作業を通して課題点を明らかにした。また、焼杉塗料には実績のある2種を塗り分け、暴露試験片の表面についてその劣化経過を観察した。

### 【課題3】ユニット運送及び吊り込み方法、吊り込み治具の実証

- ・輸送: ユニット内部の空隙を有効活用する方法を実証した。
- ・吊り込み方法: CLT 箱ユニット、屋根ユニットともに効果的な吊り方を実証した。

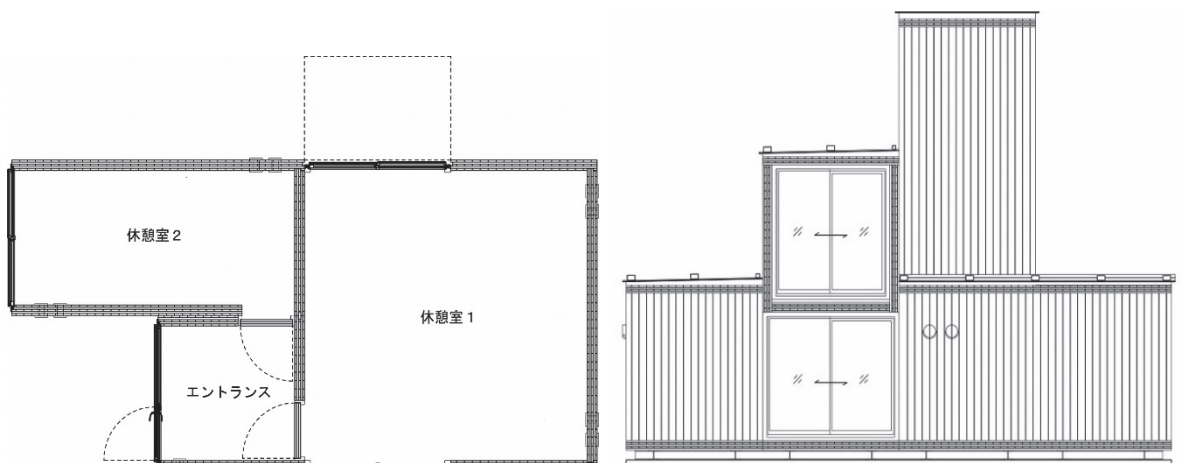
### 【課題4】リユースの為、設置・解体手法の実証

- ・京都仮設を通して、解体/リユースが可能なが確認された。

## 6. 本実証により得られた成果

本事業により、CLT ユニット工法の移設可能性にかかる知見が得られた。また同時に、現 CLT 工法の構造計算にかかる課題が浮き彫りとなった。また、焼杉 CLT の性能とコスト削減可能性が明らかとなった。上記結果はこれより先、同様の事例にて参考となる。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等







## 1. 意匠計画

### 1.1. モジュール建築のコンセプト

本計画はもともと、業務拡大に伴い本社の建て替えを計画していた銘建工業からの依頼で、旧社屋に隣接して仮設の会議室をつくるプロジェクトから始まった。足場を組むとほとんど土地が残らない小さな敷地だったことから、工場でプレファブリケーションした箱をクレーンで吊り込んで設置することとなった。設計を進める間に新社屋が完成し仮設の会議室は不要となったため、CLT 第2工場の休憩室として利用する計画へと変更された。

ユニットの形状は単純な矩形であり、3mx12m の CLT マザーボードから構成部材を切り出しやすい計画とした。今回製作した CLT モジュールの外寸である幅 2250mm・高さ 2600mm・長さ 4500mm は、運搬時のトラックの最大可搬寸法から決められたものである。同じく輸送を考慮した 20 フィートサイズの海上コンテナは外寸で幅 2438mm・高さ 2591mm・長さ 6058mm であり、セキスイハイム M1 は幅 2400mm・高さ 2700mm・長さ 5000mm である。本計画でこれらより幾分小さいサイズを採用したのは、当初 4t ユニック車での運搬・吊り込みを想定しユニットの重量を 3.5t 以下に抑えたためである。しかし実施設計を進める上で、物流業界では 4t 車の需要が減り 10t トラックが主流であることがわかり、3.5t の重量制限は無くなったため、長さ 4.5m と 6m の長短のユニットを併用する計画とした。吊り込みには、大型の設備機器の搬入などに使用されるモバイル式のラフタークレーンを使用した（4. 施工レポートに詳述）。

一方、モジュールの内寸は、室内の動作寸法を考慮して決定した。内寸で 1950mm は休憩室の横幅としては狭いため、モジュールを2基並べて内部で繋げ、内法で幅 4200mm 四方のスペースを確保している。天井高は 2300mm を確保するため、屋根は別パーツのユニットとして現場で接合することとした。こうして、運搬上の制約から決定される外寸と、利用者の使い勝手から決まる内寸とを調整した、建築の新しい構成単位の仮説としての「木の箱」が完成した。

本計画では設備機器やサッシの取り付けまでを岡山県の銘建工業の工場内で行い、大工工事が完了した状態でモジュールを京都へ運搬することを試みた。京都大学で仮組みされたのちに、再び岡山県へ移設し本設している。4基のモジュールが現場へ搬入され、積み木のように組み合わせられて空間をつくる。直方体型のモジュールに対し、縦に立てる／横に寝かす、揃えて並べる／ずらして重ねる、といった異なる操作を施し、単純な箱の組み合わせでいかに多様な内部空間を実現できるかを検証した。モジュールは6面のうち1面が開放された不完全な構造とすることで、隣接するモジュールと連続したL型にクランクした室内空間をつくりだしている。建物中央には正面から背面へ視界を通すための大きな開口部が設けられており、周辺環境を内部に取り込むための額縁となる。ユニットによる完結した世界を極力つくりださず、かつ特殊な金物が極力少なくなるような立体構成となるようにした。デザインを決めているのは隣接



するモジュール同士の位置関係であり、その結果として構成された全体形にはそれほど大きな図像的意味はない。



写真 1.1-1 工場製作されたユニット



写真 1.1-2 京都仮設時の正面図 ©スターリンエルメンドルフ



## 1.2. 各部ディテールの計画

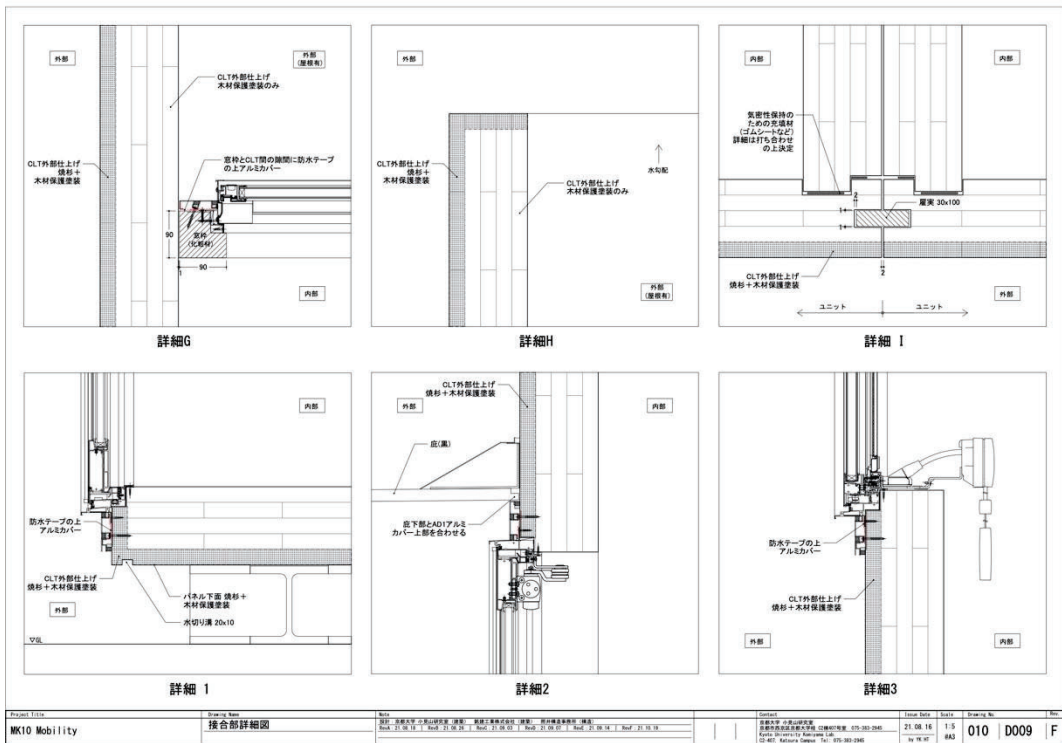
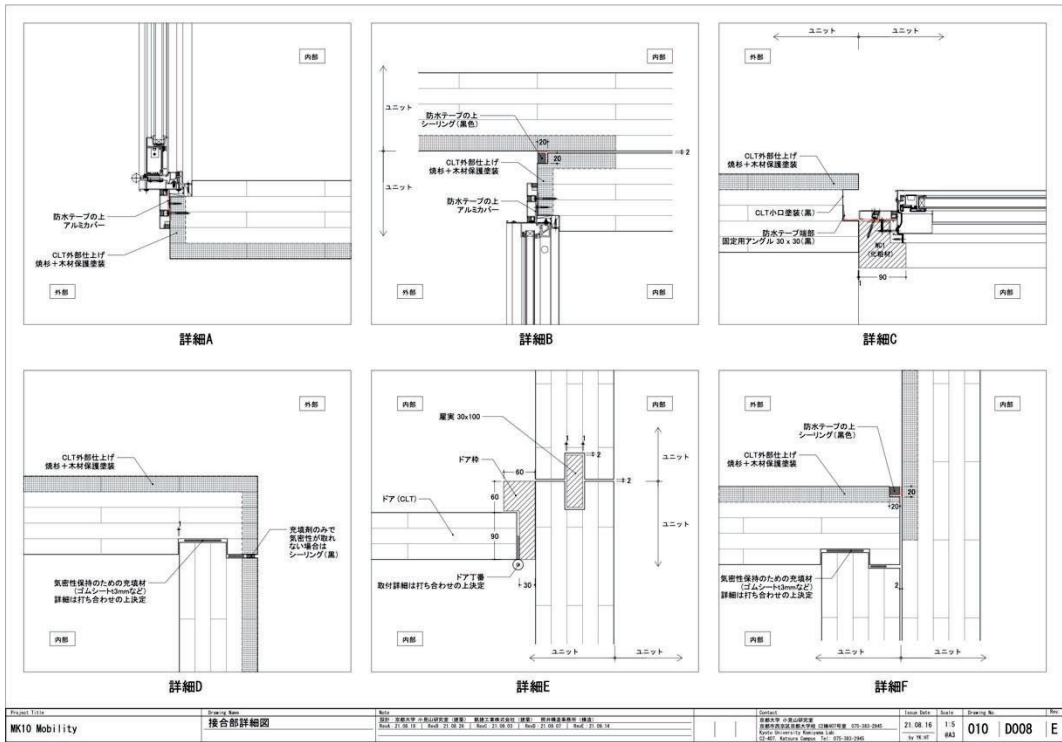
今後一般化しうるディテールの開発を目的としたため、開口部は既製品の住宅用樹脂複合サッシを採用し、CLT に直接取り付け付けた。サッシのヒレ形状に合わせた CLT の端部加工は必要となるが、調整用の木材を省くことで部品点数を減らすことができる。連窓や段窓とした際に発生する無目を避けガラス面を最大にするるとともに、自然換気を促進するための開けやすい窓とするため、エントランスを除いてすべて引き違い窓としている。

モジュールの組み立て及びモジュール間の連結については、解体・移築を前提とした分解性、そして将来的な廃棄処分時の分別性を考慮して、極力ボルト留めを基本とする乾式接合とした（2. 構造計画に詳述）。通常は現場で行われる屋根工事もプレファブ化し、予め工場で作成した屋根ユニットを現場で CLT モジュールにボルト留めしている。ボルト部からの雨水浸入を防ぐための円筒形カバーは、ボルトの脱着を何度でも可能にするるとともに、モジュールにレゴブロックのような表情を与えている。

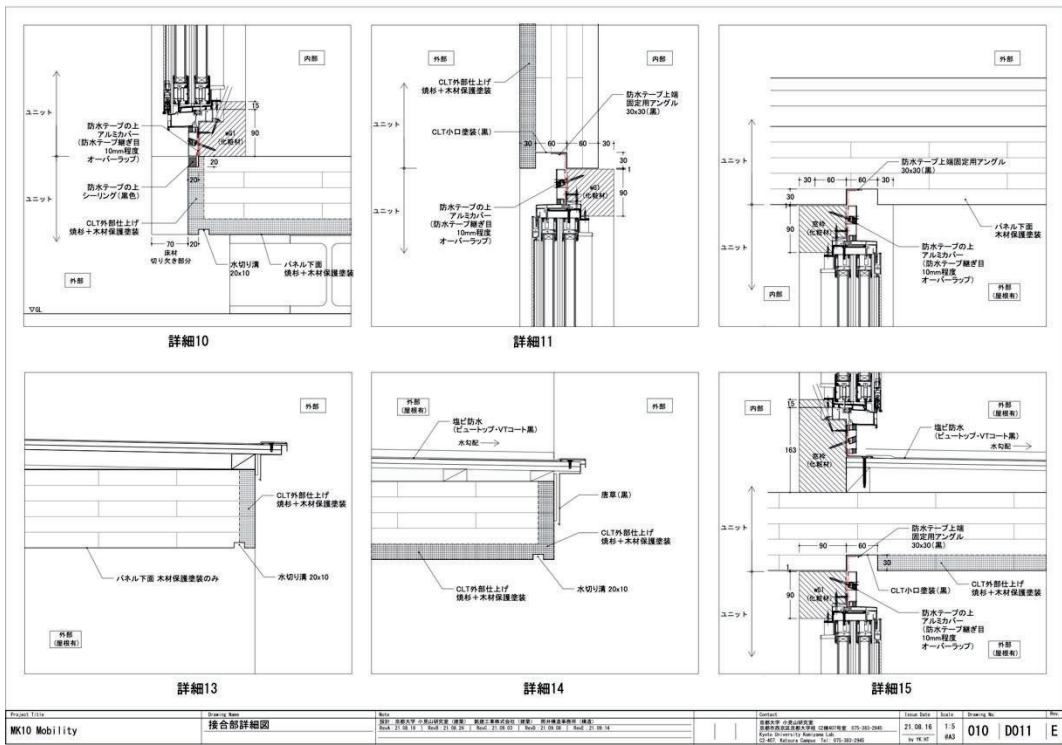
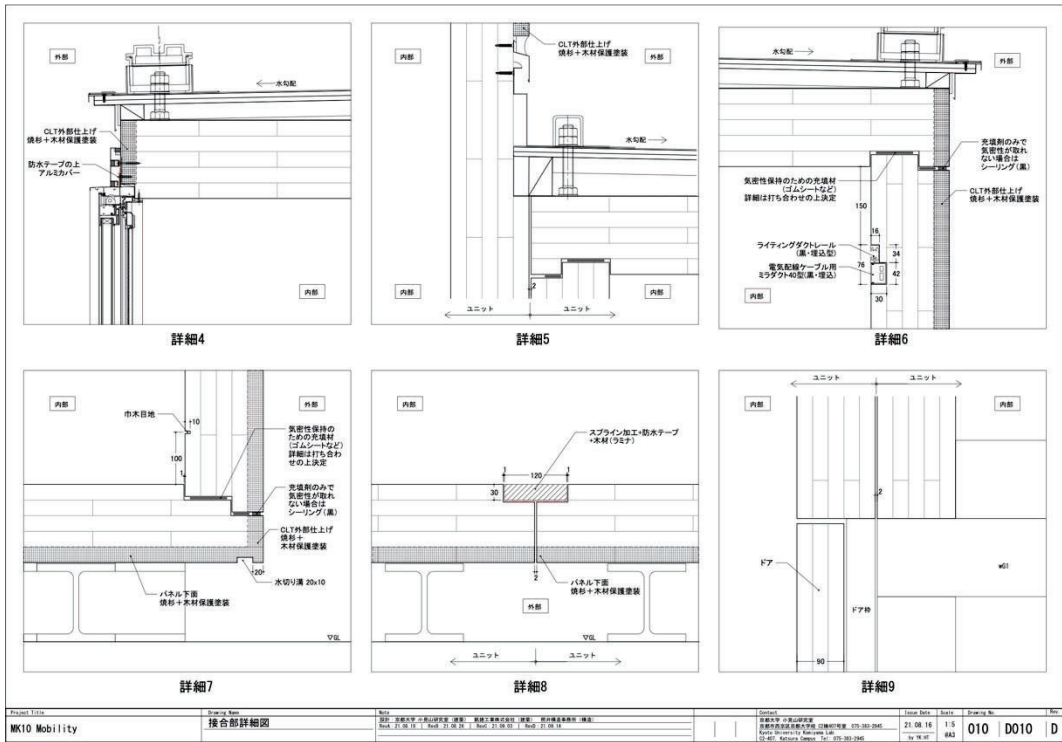


写真 1.2-1 京都仮設時の鳥瞰図 ©スターリンエルメンドルフ

床壁屋根にはすべて共通で厚さ 150mm（5 層 5 プライ）の杉 CLT パネルを使用した。断熱材を付加しなくても CLT パネルの断熱性能だけで UA 値 0.70 を達成しており、IV～VIII 地域（北海道・青森・岩手・秋田以外のすべての都道府県）で平成 28 年省エネ基準（0.75 以下）を満たしている。実用上の影響については今後使いながら行う室内環境実測によって検証する。床パネルと壁パネル、壁パネルと屋根パネル、壁パネル同士、それぞれの接合部においては、端部を段をつけた相じゃくり加工とすることで、パネル間の止水と気密性の確保を目指している。



図面 1.2-1 接合部詳細図 A-H, 1-3



図面 1.2-2 接合部詳細図 4-15



このディテールの止水性は、モックアップを使った簡易な実験で事前検証した。建設後に実施した気密試験の結果、相当隙間面積 C 値は 1.23 であった。



写真 1.2-2 モックアップによる止水性の検証

室外側最外層は、CLT パネルをそのまま現しで用いている。風雨にさらされることによる劣化対策として、焼き杉加工+保護塗料を施している。この 1 層分は構造体として見ておらず、いわば「燃えしろ設計」ならぬ「劣化しろ設計」とも言える。CLT パネルをマザーボードから切り出し、設備開口や端部の相じゃくりなどの機械加工・手加工を施してから、バーナーによる焼き杉加工をした後に箱形状に組み立てた(3. 焼杉レポートに詳述)。

室内側最外層は、電気配線と照明用のダクトが CLT パネルを彫り込んで埋め込まれており、使われ方の変化に応じて照明の位置や個数を自由に調整することが可能である。ラミナ 1 層分をしゃくすることで照明ダクトや設備配線のほかコンセントボックスや換気扇などをパネル内に収めている。これはスウォッチがプラスチックの一体成形ケースで時計を製造することで部品点数を 51 点まで劇的に減らした故事に倣ったものである。木材の加工容易性をプラスチックの可塑性のように用いて、通常壁体内に必要な様々な受け材を省くことで部品点数を減らしている。この木材の加工容易性により、構造体として計算に入れていない室内側表面の深さ 30mm 分には、スリットを切って板を差し込んで棚を設けるなど、将来的に住まい手が自由に加工できる余地が残されているとも言える。



写真 1.2-3 京都仮設時の休憩室 1 内観図 ©スターリンエルメンドルフ



写真 1.2-4 京都仮設時のエントランス見上げ内観図 ©スターリンエルメンドルフ

## 2. 構造計画

### 2.1. 架構計画

本プロジェクトを今後展開していくにあたり最初の形態として、「最も複雑な形」として構成された形状は、4つの箱形ユニットにより構成された、平屋建てでありながら3つの屋根レベルを有し、1つのユニットが宙に浮いた形状であった。

4つの箱形ユニットは、隣接するユニットとビス・ボルト等を用いて緊結し、ユニット毎に高さの異なる高さを有する水平構面は、他ユニットとの連結部分にブレースユニット、及びCLT床版を配置して一体性を高める計画とした。

屋根面直下に採光用の開口を配置したエントランス部分の塔状ユニットは、直交パネルとの接合部にLSBを用い水平力伝達時の面外応力に対する十分な支点機構となるよう計画した。また、塔状ユニット下部には他ユニットから地震時応力が集まる形状となっており、壁脚金物を効率的に配置する為、壁長の長い休憩室2側に応力伝達出来るよう接合金物の計画を行った。

休憩室1部分の中空ユニットは跳ね出し先端側に壁パネルが無く、反対側の壁パネルも下部が開口となり着地していない。当該部分の水平力はエントランス部分の塔状ユニットの直交壁に伝達する計画としたが、片持ち距離が長くなってしまったため、他ユニットとの連結部分にL形金物を用いた上下2段のボルト接合を用い、接合部に曲げ剛性を持たせることで壁パネルの面外剛性による中空ユニットの変形に配慮した計画とした。

### 2.2. 解析モデル

構造計算はFEMモデルを用いた弾性解析により行い、金物配置位置に使用金物のバネ定数を弾性連結要素を用いてモデル化した。ビス・ボルト接合としたユニット同士の重なり部分は、解析モデル上においては一体として板厚を割り増したモデルとし、同接合部の詳細検討を別途行った。

設備開口を設けた壁パネルは、有開口壁と無開口壁をFEMモデルを用いて剛性比較を行い、せん断剛性低下率を壁厚に乗じることで全体モデルへと反映した。

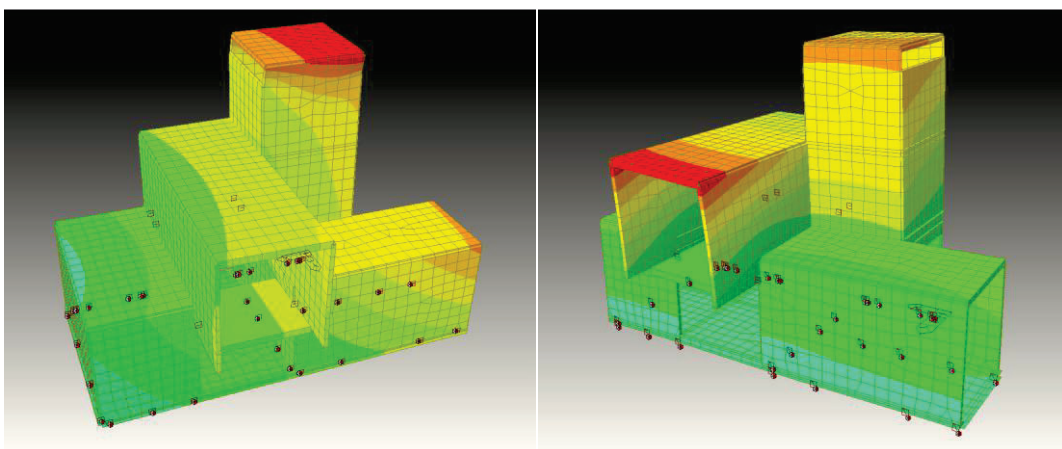


図 2.2-1 立体解析モデル



### 2.3. 今後の課題

本プロジェクトで使用した S60-5-5 材の許容応力度はパネル形状にもよるが、コンクリートの短期許容応力度と比較して、圧縮強度が約 0.6 倍、引張り強度とせん断強度は約 2.0 倍、曲げ強度は鉄筋コンクリートと比較しても 0.6 倍程度の材料強度を有している。且つ、重量が 1/5 の材料であるので、破壊形式や接合部の難しさはあるが、CLT 版単体で見れば、学生時代に習った正に「強くて軽い部材」であると言える。ただ、現状では、四号特例に CLT 構造の記述が無い為、平屋 35 m<sup>2</sup>の本プロジェクトにおいても CLT 構造計算ルートに適合させ構造設計を行う必要があり、大判パネルの使用、一部パネルの面外耐力に期待した水平力伝達の計画等から、CLT 構造ルート 3 による構造設計を行っている。

15kN/m を短期許容せん断耐力としたルート 1 は単位長さ当たりの許容せん断力は軸組構法と同程度であるが、床版も CLT とすれば躯体重量は 1.5 倍程度となり見なし耐力としては寧ろ減となる場合もある。ルート 2 は偏心率制限が厳しく、壁パネルの面外使用や混構造も認められていないためプラン上の制限が大きくなる。結果、CLT 壁パネルの性能を引き出した CLT らしい設計を行おうと思えばルート 3 となるのであろうが木造の増分解析の経験がある設計者は限られるだろうし、本件のように弾性設計を行えば外力設定が過剰になる場合もあろう。四号特例への適用や、ルート 1,2 での壁パネル面外耐力及び混構造の許容、低層に限った RC 造ルート 1 のような強度型の設計が可能となれば提案しやすくなると思われる。

設計を進めるにあたりまず参考にするのは設計施工マニュアルになると思われるが、掲載接合部の種類が少なく選択肢が限られる、本プロジェクトは施主が銘建工業ということもあり、最新の情報や実験結果を都度入手して選択肢を増やす事ができたが、普段の設計からそれが許される期間や体制を確保することは少しハードルが高いように思う。既製金物であっても発売元→評価機関→協会 HP 記載の実験結果と辿ってようやく接合部のバネ定数にたどりつけるものもあった、設計者側からの我が儘を言わせていただけるのであれば、マニュアルの巻末に一覧表ないし情報元の記載があればよりスムーズで適切な設計を行えるようになると思う。

パネル同士のボルト接合部分については適当な実験等にたどり着けなかった為、木質設計規準に準じ、パネル構成のうち強軸方向のみの板厚を考慮する等安全側に設計を行ったが外側弱軸の 3 層構成 90mm の接合部耐力を弱軸 60mm として設計を行うことは不適當と感じながらも端あきの設定等根拠の提示に苦心した結果の苦渋の決断であった。

脚部金物の多本数使用による低減やビス接合のバネ定数、壁パネル同士のボルト接合耐力等々、欲しい値にたどり着けずもどかしい思いをしたと共に、勉強不足準備不足を痛感したが、個別物件で実験等の期間やコストへの理解を求める事は難しく、公的機関への期待をせざるを得ないのが現状であろう。



写真 2.3-1 構造用金物（左：エントランスと休憩室 2、右：休憩室 1）

### 3. 外装 CLT 焼杉仕様

#### 3.1. 外装 CLT 焼杉仕様採用の背景と目的

直交集成板（以下 CLT）の普及に伴い、外部に面した部分（外装面）にも、CLT を直に現しで使用したいという要望は多い。木材を外装材として使用するための表面処理としては、耐候性塗料を塗布する方法があり、近年塗料開発と研究が進んでいる。塗装以外には、伝統的に木材の表面を焼く「焼杉」という仕様がある。焼杉によって炭化したスギ板材の表面に、耐久性能・防火性能があるというのが、「焼杉」外装仕様の一般的な説明であるが、その学術的説明は、まだ道半ばであるという<sup>1)</sup>。本事業では、CLT の外装に、この伝統技術と塗装を合わせた仕様を採用することにより、当該技術の CLT 外装利用の実用性を確認するものである。

#### 3.2. 燃焼作業

伝統的な手焼き（杉板 3 枚を煙突状に組んで内側を燃焼させる方法）の所要時間は、板の含水率や炭化層の厚さによっても異なるが、長くとも 5 分程度といわれ、木を組む際に木表を内側として行った燃焼実験では、炭化層の厚みはおよそ 1.5 mm<sup>1)</sup> と言われている。機械焼き（バーナーを組み込んだ機械により工場において焼く方法）では、ブラッシングをかけない商品の場合、燃焼時間は 30 秒以内で、炭化層の厚さは 1~2mm 程度のものが多い<sup>1)</sup>。

CLT は、パネル状で面積が大きいため、手焼きも機械焼きもできないため、舗装工事等に用いる手持ちのバーナーを用いて作業を行うこととした。炭化層厚さについては、非破壊で測定することが困難であることから、材面燃焼時間（30 秒）とともに材面の焼け具合（炭化による表面割れの発生）を目安として作業を行った。



写真 3.2-1 材面（焼け具合）



写真 3.2-2 燃焼作業

#### 3.3. 塗装作業

##### 3.3.1. 塗料の選定

焼杉板に使用実績のある、油性・水性の高耐候性木材保護着色塗料を選定した。

##### ① サドリン クラシック（エボニー）

サドリン クラシックは、浸透・透明性の良い顔料とアルキッド樹脂を基に防虫、防腐、防カビ剤を配合した屋外木部全般に使える油性塗料。エボニーは、カーボンブラック(墨成分)を含む。カタログ推奨塗布量 7~12 m<sup>2</sup>/L（約 2 回塗 160g/m<sup>2</sup>）



## ② アクア エクステカラー (ブラック)

アクア エクステカラーは、アクリルエマルジョンを主成分とした屋外木部全般に使える水性塗料。カタログ推奨塗布量 40~60g/m<sup>2</sup>、2 回塗。撥水・防腐・防カビ効果があり、焼杉板製品に使用されている。



写真 3.3-1 サドリン クラシック



写真 3.3-2 アクア エクステカラー

### 3.3.2. 塗装作業

CLT の面積が大きいので、炭化層を傷つけないようにするため、ローラーを長い柄の先につけて、周囲から塗装した。塗布量の管理がむずかしかつたため、炭化層部分に、塗料をたっぷり 1 回塗りとした。

## 3.4. 耐候性性能検証

### 3.4.1. 検証方法

休憩所兼事務所の経年変化観察と並行して、暴露実験を行うこととした。

### 3.4.2. 暴露実験
















休憩所兼事務所の建設に先立ち、小片スギ CLT (厚 90 mm × 300 mm × 300mm) に、無処理無塗装、焼杉処理無塗装、焼杉処理水性塗料塗布、焼杉処理油性塗料塗布、の試験体を作成し、CLT 工場駐車場の一面に架台を設けて暴露実験を行った。



写真 3.4.2-1 左から無処理無塗装、焼杉処理無塗装、焼杉処理水性塗料塗布、焼杉処理油性塗料塗布 (塗料は、上半分を 2 回塗り、下半分を 1 回塗り)

### 3.4.3. 暴露実験状況

表 3.4.3-1 暴露材面変化

	無処理無塗装	焼杉処理無塗装	焼杉処理水性塗料	焼杉処理油性塗料
開始 7/1				
9/10				
11/6				
1/5				

※ 注 11月6日撮影時は、雨あがりだったため、撥水効果の高い部分に残った水滴が写真に黒く写っている。

### 3.4.4. 暴露実験途中経過

今後も、暴露実験の経過観察は継続するが、現時点でわかることとして、次のことが挙げられる。

- ① CLT の目地部分は、焼杉処理の有無に関わらず、暴露（日射、雨水）により、広がる。
- ② 焼杉処理試験体の無塗装試験体と塗装試験体を比較すると、今回使用した塗装は、焼杉処理部分の保護に役立っているといえる。



CLT の目地部分が開いた場合、炭化層の下（焼杉処理が届かない部分）が直接暴露（日射、雨水に晒される）の懸念があり、耐久性能にどのように影響するか、注視していきたい。



写真 3.4.3-1 焼杉処理無塗装の部分拡大（2022年1月5日撮影）

### 3.5. 今後の課題

3.4 項の通り、CLT の焼杉処理の耐候性性能確認は、まだ、途中である。ここでは、焼杉処理（燃焼）の過程で明らかになった課題を挙げる。

- ① CLT の広範囲面を均一に燃焼させる技術
  - ・ 火力と風によって、焼きムラが生じやすい。
  - ・ 長時間作業になると、ボンベが冷えて、火力が落ちる。
  - ・ 風が吹くと作業に時間が掛かる（熱が逃げるためと思われる）。
- ② CLT の一面あるいは一部を燃焼する場合の工夫
  - ・ 角部は、焦げや着火が生じやすく、仕上がりが悪い。
  - ・ 焼杉処理不要箇所に炎が掛からないように、遮熱板やマスキングが必要。
- ③ CLT の適切な燃焼時間（≒炭化層）、施工要領
  - ・ ①②項を実現した上で、3.2 項の一般的な焼杉板の炭化層（1～2mm）を CLT で実現するための、適切な燃焼時間と施工要領が必要。
- ④ CLT の表層ラミナ目地
  - ・ 燃焼直後に目地開きが発生したという報告もあり、表層ラミナの端部炭化部分の丸身なのか、ラミナ材面の急激な温度変化による炭化層より下部分の寸法変化によるものなのか、確認できていない。また、目地部分への塗料浸透状況についても確認できなかった。
- ⑤ 適切な塗装方法
  - ・ 炭化層を有した CLT への適切な塗布量、塗装要領が必要。

#### <参考文献>

- 1) 焼杉に関する研究-性能評価と普及に向けたフィジビリティスタディ-  
住総研 研究論文集・実践研究報告集 No.44,2017 年版

## 4. 施工レポート

### 4.1. 工場組立 (CLT 箱ユニット)

施工にかかる工程には、大きく CLT 箱ユニット組立と、屋根ユニット組立、輸送、現場施工の 4 工程があげられ、本項では CLT 箱ユニット組立について取り上げる。

CLT 箱ユニット組立は、倉庫スペース・吊り荷重等の関係から屋外作業となったが、工場内で組立を計画する場合は、天井クレーンの定格荷重を加味した部材選定が必要である。

パネル端部収まりについては、相じゃくりを基本仕様としたため組立に通常より時間を要した。理由としてはパネル同士を隙間なく寄せるため、掛矢でたたく、レバーブロックで引く等の処置が通常より頻度高く必要であった点があげられる。しかし、当該収まりがもたらした好影響として、箱として歪み辛い形状を形成できた点があげられる。後工程の輸送、現場施工にてサッシシーリングも切れることなく、FIX 窓も損傷することなく作業することができた。

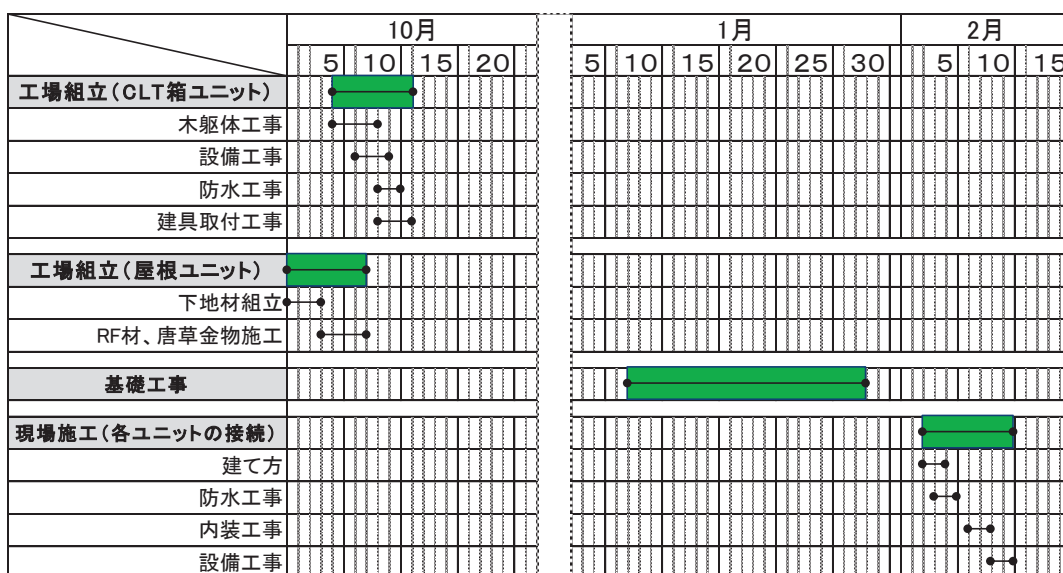


図 4.1-1 工場組立～現場施工までの工程 (京都仮組みについては、表記を割愛)

工期としては、木躯体工事に、1 ユニットにつき、職方 3 名にて約 1 日を要した。1 ユニットで CLT5,6 ピースのため、通常よりやや多めの工数がかかってしまった。要因としては、既述の端部相じゃくり仕様と、鉄骨土台や溝形鋼取付けなど鋼製部材との取り合いに関する調整、および地組架台のレベル調整に時間を要した点があげられる。改善点として引張接合部にて、せん断方向のクリアランスをより設けることが望ましかった。

本建物はほぼ全面にて、外装現し、内装現しであったため、見え掛り箇所に残りやすくなってしまった。現しにする部分と、見え隠れにする部分と、メリハリを持たせることができれば、より手間も少なく、仕上がりを綺麗にできた点が反省点としてあげられる。(例えば、壁パネルの建入れ調整のために設置する「屋起こし」用のビス跡は必ず残ってしまう。)



## 4.2. 工場組立(屋根ユニット)

次に屋根ユニット組立について取り上げる。

工場内で作業を行い、CLT 箱ユニット組立と並行して効率よく進められた。

一般的な工法では、主に足場上での作業となる工種であるが、本プロジェクトでは、地上部で安全に作業でき、電動工具の取り回しについても電源近くで作業ができた点は利点としてあげられる。また、防水塗装、塩ビシート接着工程については、天候に左右されずに施工できたことも好条件であったといえる。

## 4.3. 輸送

本プロジェクトでは、低床 10t トラックを採用したため、積み荷の高さとしては 2800mm が最大である。今回は、吊り金具を取り外した状態で運搬したが、今後、より効率化を図るためには、吊り具内蔵型の収まりや、着脱の容易な吊り具、あるいは吊り具分の高さも加味したユニット寸法が期待される。

ガラス障子の運搬としては、引き違い窓についてはユニットから取り外した状態での運搬を計画した。ガラス障子用の架台を製作し、ユニット内部にこれらを格納し運搬することでユニット内部の未利用空間を有効活用することができた(写真 4.3-1)。

なお、FIX 窓については、先述の通り CLT 箱ユニットに取付けた状態でも損傷なく運搬できることが確認できたため、そのままの状態での運搬した。

反省点として、積み込み時、積下ろし時に、毎度ラフタークレーンを手配する必要があった点があげられ、フォークリフトでも取り回しが可能な重量、形状で実施できるとよりよかった。具体的には、鉄骨土台中腹にフォークリフト爪を通す開口を設ける、ユニット重量を 3t 程度に抑えるなどが考えられる。



写真 4.3-1 ユニット内部に格納したガラス障子の運搬の様子

## 4.4. 現場施工(各ユニットの接続)

### 4.4.1. CLT 箱ユニット現場施工について

建て方順序について、通常の CLT パネル工法では、片側からの追い出し、あるいは建物中央から振り分けて架設する場合が多いのに対し、本プロジェクトでは、左右のユニットを設置してから最後に中央のユニットを深さ 450mm 分、落とし込む必要があり、調整にやや時間を要する結果となってしまった。しかし、CLT 部材の移設/再利用の観点から本プロジェクトでは、3 か月間ユニットを保管したのちに現場施工を

行ったが、ユニット工法の利点としてピース間の接面数が削減され、部材の膨れ等の寸法変化による建て方精度への悪影響が最小限に抑えられたと感じる。

架設方法について、今回は、CLT 箱ユニット天端に吊り具を付けて架設し、その後吊り具を外して、屋根ユニットを敷設する計画であった。しかし、次回案としては、CLT 箱ユニット天端に直貼りで塩ビシート防水を施し、吊り具はユニット天端につけたままとすると、大幅に工期を短縮できると、建築実証を通して感じた。

#### 4.4.2. 屋根ユニット敷設について

屋根ユニットの最大面積は 2.3m×6m に対して、垂木が幅 30×成 100mm 程度を 455mm ピッチで配置したのみであったため、自重を受けてたわみで損傷することが懸念された。施工検証として試行錯誤を重ねたが（写真 4.4.2-1）、結果としては、トラバーサーを使わずとも、写真 4.4.2-2 の通り天秤で 8 点吊りとする事で揚重できることが確認できた。なお、注意点としては、レバーブロック等でスリング長さを調節し、中央下端に荷重を集中させないことが重要と思われた。

唐草金物について、予め取り付けられた状態で屋根ユニットを敷設したが、一部、唐草金物を着脱できる仕様とし、大きな損傷なく屋根ユニットを施工することができた。



写真 4.4.2-1 屋根ユニット揚重方法の試行錯誤（左：1 屋根-2 ユニット分割案、右：1 屋根-1 ユニットとしてトラバーサーを使用した案）

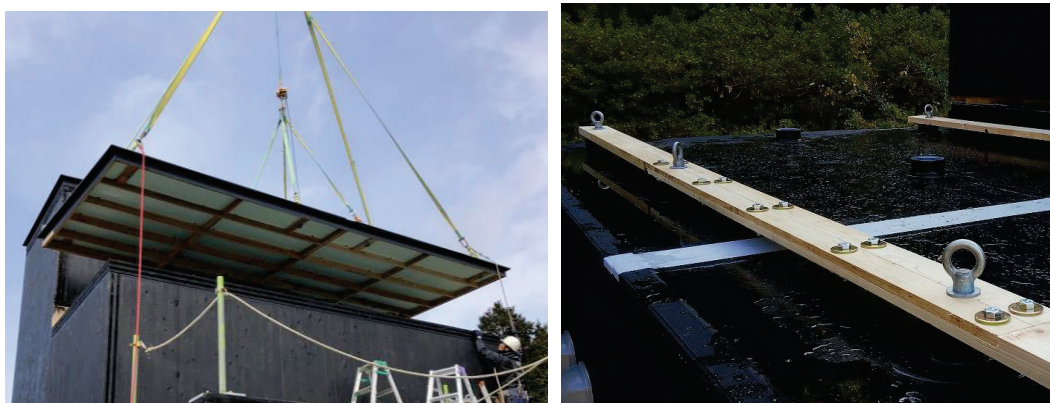


写真 4.4.2-2 屋根ユニットの揚重方法最終案

#### 4.4.3. 安全について

ユニット上部は作業床として十分な広さが確保できたため、足場は組まず施工を実施した。なお、端部作業については、CLT 箱ユニット建て方時は、親綱支柱を立てることで安全を確保した。屋根ユニット敷設時は徐々に親綱支柱を取り外しながら作業し、屋根ユニット敷設後は、端部作業以外は屋根上の作業とし、端部作業の際は高所作業車を使用した。

#### 4.5. 施工まとめ

施工レポートについて、所感をまとめる。

ユニット工法の利点としては、工場組立時、ユニット毎に作業進捗を切り分け、容易に専門業者間の工程調整ができることや、現場施工時の高所作業が軽減されること、各業者において工場組立時—現場施工時の2段階で作業にあたるため、修正があった場合は時間的余裕を設けやすかったことなどがあげられる。

課題点は、輸送時ユニット内に不使用空間が発生しやすくなることや、現場施工でのクレーン作業時に1回の架設で、基礎-ユニット間やユニット-ユニット間にて、金物など接点数が多くなり、より高度な施工精度が求められることなどがあげられ、今後、継続課題として検討する必要がある。

今回、ユニット工法の第一段として小規模平屋建ての実証建築に取り組んだ。上記の通り、施工上の課題点が明らかになった一方で、ユニット工法の利点についても、多数の側面を確認することができた。我々としても継続のテーマとして取り組むとともに、本報告によってより広く知見が共有されることを期待する。



## 2.2 ハレオクラジャパン（同）／（有）和建築設計事務所

事業名		遊心館 別館新築工事の設計実証		
実施者（担当者）		ハレオクラジャパン合同会社（有限会社和建築設計事務所）		
建築物の概要	用途	宿泊施設		
	建設地	山口県大島郡周防大島町大字小松字石丸新開1725、1718番地		
	構造・工法	木造軸組工法＋屋根CLTパネル		
	階数	1		
	高さ（m）	4.715		
	軒高（m）	3.095		
	敷地面積（㎡）	3600.93		
	建築面積（㎡）	57.38		
	延べ面積（㎡）	42.75		
	階別面積	1階	42.75	
2階		-		
3階		-		
CLTの仕様	CLT採用部位		屋根	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量14㎡、建築物使用量12.12㎡	
	壁パネル	寸法	-	
		ラミナ構成	-	
		強度区分	-	
		樹種	-	
	床パネル	寸法	-	
		ラミナ構成	-	
		強度区分	-	
		樹種	-	
	屋根パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	Mx60相当	
樹種		スギ		
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ 梁：米マツ	
	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		8.03㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	シート防水	
		外壁	窯業系サイディングの上ジョリパット吹付	
		開口部	アルミサッシ 強化ガラスt=8	
	主な内部仕上	界壁		
		間仕切り壁	PB12.5mm＋9.5mm EP塗装	
		床	モルタル金鋺押え	
天井	CLT現し、一部PBt=9.5 EP塗装			
構造	構造計算ルート		壁量計算	
	接合方法		ビス接合	
	最大スパン		3.25m	
	問題点・課題とその解決策		-	
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		その他	
	問題点・課題とその解決策		-	
温熱	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）	グラスウールt=50mm	
		外壁	グラスウールt=100mm	
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板 25mm		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		平屋建てのため遮音性能対策は行っていない。	
	建て方における課題と解決策		計画段階からレッカー等作業スペースの検討が必要である。	
	給排水・電気配線設置上の工夫		天井現しのため、照明器具の位置は早期に検討	
	劣化対策		CLT小口面はサイディングを施工。	
工程	設計期間		2021年6月～9月（4カ月）	
	施工期間		2021年10月～2022年2月（4.5カ月）	
	CLT躯体施工期間		2021年12月上旬（1日）	
	竣工（予定）年月日		2022年2月末日	
体制	発注者		ハレオクラジャパン合同会社	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		（有）和建築設計事務所	
	構造設計者		（有）和建築設計事務所	
	施工者		上林建設（有）	
	CLT供給者		銘建工業（株）	
	ラミナ供給者		-	



実証事業名：遊心館 別館 新築工事の設計実証

建築主等／協議会運営者：ハレオクラジャパン合同会社／有限会社和建築設計事務所

## 1. 実証した建築物の概要

用途		宿泊施設		
建設地		山口県大島郡周防大島町		
構造・工法		木造軸組工法+CLT 屋根		
階数		1		
高さ (m)		4.715	軒高 (m)	3.095
敷地面積 (㎡)		3,600.93	建築面積 (㎡)	57.38
階別面積	1階	42.75	延べ面積 (㎡)	42.75
	2階	-		
	3階	-		
CLT 採用部位		屋根		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )		加工前製品量 14 m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 12.12m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )		8.03m <sup>3</sup>		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	-		
	床	-		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60 相当/スギ		
設計期間		2021 年 6 月～10 月 (4 カ月)		
施工期間		2021 年 10 月～2022 年 2 月 (4.5 ヶ月)		
CLT 躯体施工期間		2021 年 12 月上旬 (1 日)		
竣工 (予定) 年月日		2022 年 2 月末日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

課題が多い木材の屋外利用は、劣化度やメンテナンス性等過去のデータが少ないことから懸念される傾向にある。しかし、構造体でありながら木材を現しにできる意匠性の高い CLT の利点を生かし普及するため、屋外でも特に影響を受ける沿岸部での経年変化を実証し、必要なメンテナンスとコストについて検討する。本事業で設定した課題は以下 3 点である。

- ・劣化対策として使用する塗料の選定 (複数の塗料で検証)
- ・方位による劣化の違いを検証
- ・木造軸組工法+屋根パネルと、CLT パネル工法でのコスト比較

### 3. 協議会構成員

(設計) (有)和建築設計事務所：原田和彦（協議会運営者）、佐藤理乃  
(施工) 上林建設(有) 上林照雄  
(材料) 銘建工業(株) 三嶋幸三

### 4. 課題解決の方法と実施工程

普及率の高い塗料の中から意匠性を保ちつつ、劣化対策に最適な塗料の選定を行った。選定した塗料を杉材及び桧材の CLT 試験体に塗布し、現地で経過観察を行った。現地既存建物の南側と西側それぞれに試験体を設置し方位による劣化の違いと塩害による劣化状況を検証した。

<協議会の開催>

2021年8月：第1回開催、サンプル取付位置の検討、塗料選定  
9月：第2回開催、サンプルへの塗料塗布、サンプル設置  
11月：第3回開催、サンプル経過観察  
12月：第4回開催、木工事状況確認、サンプル経過観察  
2022年1月：第5回開催、サンプル経過観察、実証事業のとりまとめ検討

<設計>

2021年6・7月：基本設計  
8月：実施設計  
9月：実施設計  
10月：建築確認申請

<施工>

2021年10月：工事契約  
10月：着工  
11月：基礎工事、設備工事  
12月：木工事（上棟）、外装工事、内装工事  
2022年1月：外装工事、内装工事、設備工事  
2月：外装工事、内装工事、設備工事

### 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。

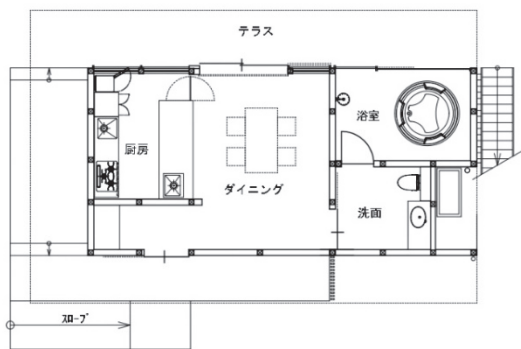
- (1) CLT を屋外使用した時の木材保護塗料の経過状況
- (2) 方位の違いによる劣化状況
- (3) CLT パネル工法と比べた在来木造軸組工法+屋根 CLT のコスト縮減比較資料



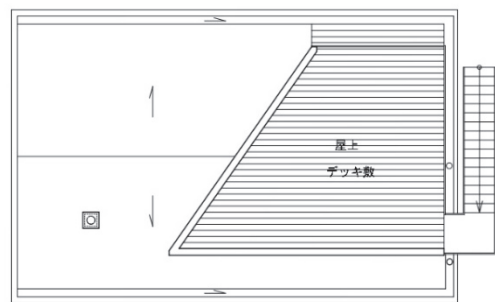
## 6. 本実証により得られた成果

本事業で検証した屋外使用時の劣化状況については、短期間での変化は見受けられないという結果となった。長期に渡り、経年変化を観察しデータを蓄積していくことが必要であると考え。また、この事業を通して地元の小さな施工業者でも CLT を施工できたことは非常に大きな成果であったと思われる。在来工法+CLT 屋根の場合と、CLT パネル工法の場合のコスト比較データでは、CLT の施工性の良さと同時に規模により工法の選定が必要であることが確認できた。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



1階平面図



屋上平面図



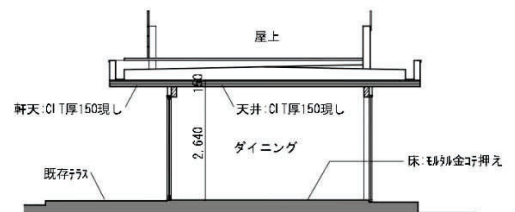
南立面図



北立面図



南立面図



断面図

建て方完了時 施工写真



## 成果報告書

### 1. 実証事業概要

計画敷地は、山口県の南東部に位置する周防大島。

瀬戸内海に浮かぶ島で、計画地は沿岸部から50mの場所に位置し、台風も多いこの地域では海風の影響を多く受けるため屋外環境は非常に厳しい。



拡大図



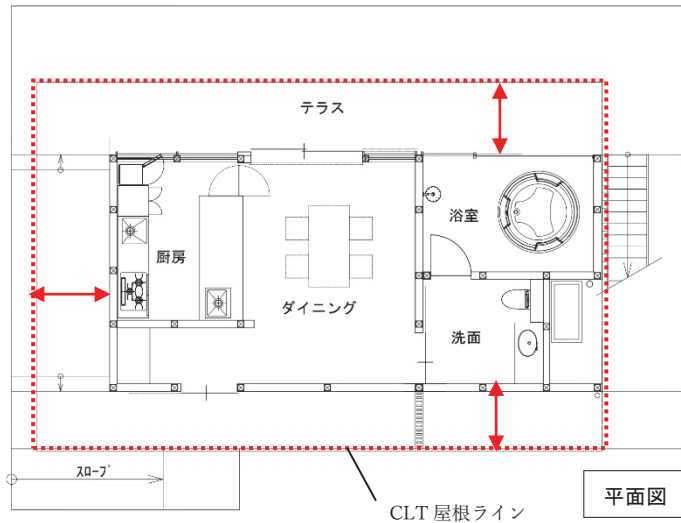
課題が多い木材の屋外利用は、劣化度やメンテナンス性等、過去のデータが少ないことから懸念される傾向にある。

しかし、構造体でありながら木材を現して使用可能な意匠性の高いCLTの利点を生かし普及するため、屋外でも特に影響を受ける沿岸部での経年劣化を実証し、必要なメンテナンスとコストについて検討することを目的とする。

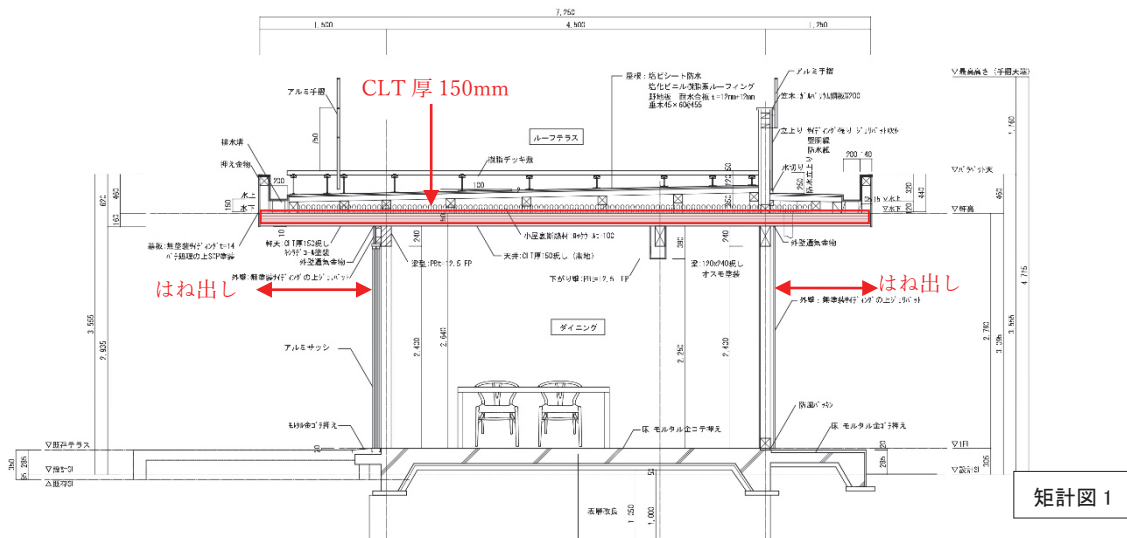


## 2.建物概要

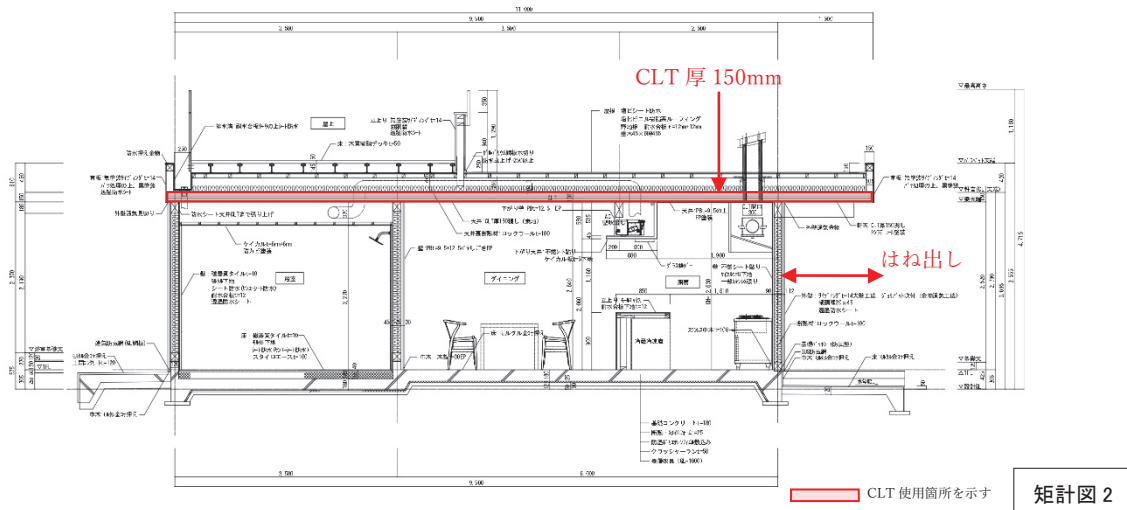
敷地は沿岸部に位置し比較的軟弱な地盤であったため、当初はCLTパネル工法で計画をしていたが、建物の軽量化を図るため木造在来軸組工法の平屋建てとし屋根面にCLTを使用している。CLTの特性を生かし室内の天井から屋外へと伸びるはね出しの庇とし、3面が深い軒天に覆われ計画としている。



平面図

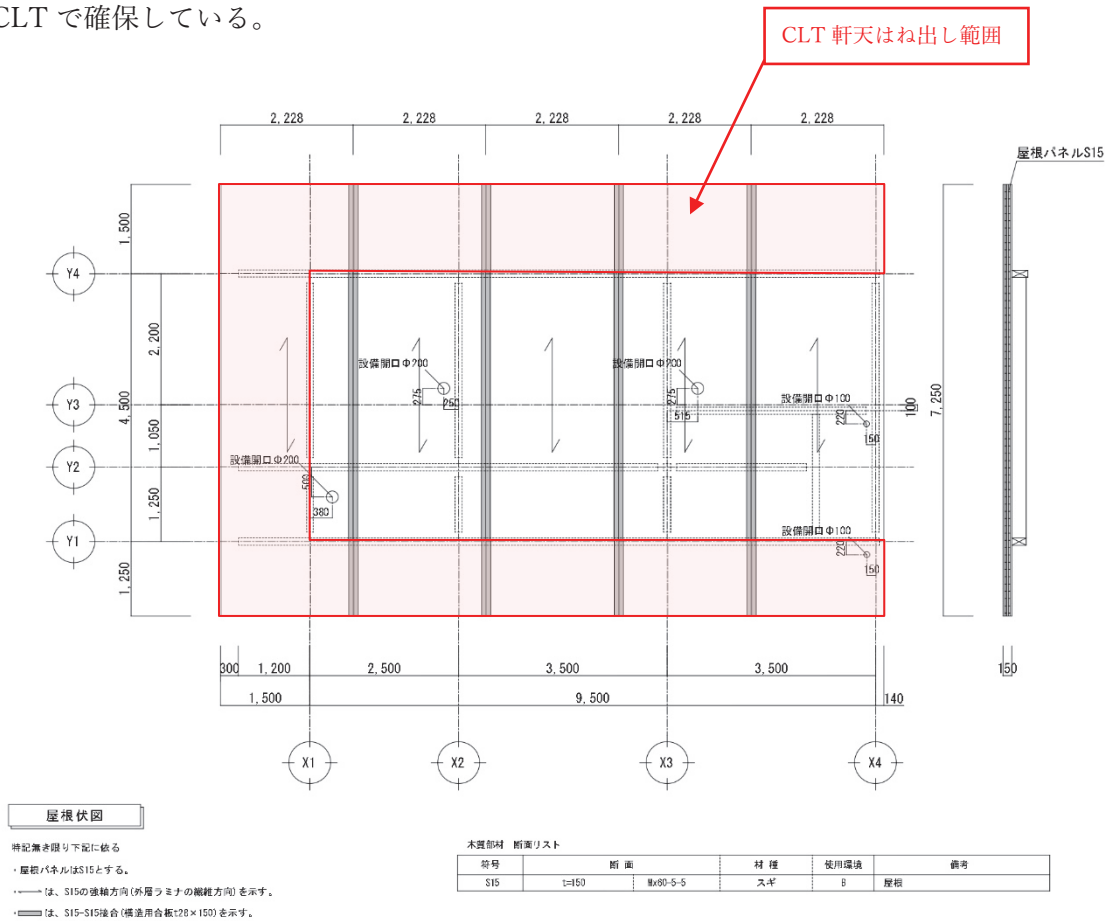


矩計図 1

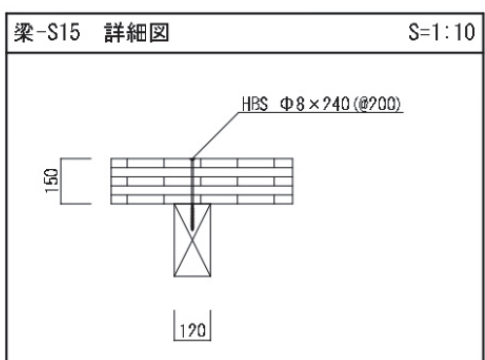


矩計図 2

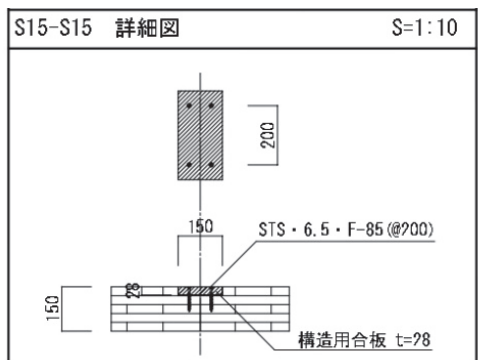
軒先を大きくとるため、強軸方向に2方向のはね出し、弱軸方向は梁を持ち出して支える3方向の軒天をCLT現しとする計画とした。屋根に使用したCLTは5枚のみを平行に配置するシンプルな計画である。壁は在来軸組工法で耐力壁は筋交いをうい、水平構面はCLTで確保している。



軸組の壁と屋根の接合部は、沿岸部ということを考慮し金物を外部に出さず、全てビス止めとした。



梁+CLT 屋根接合部



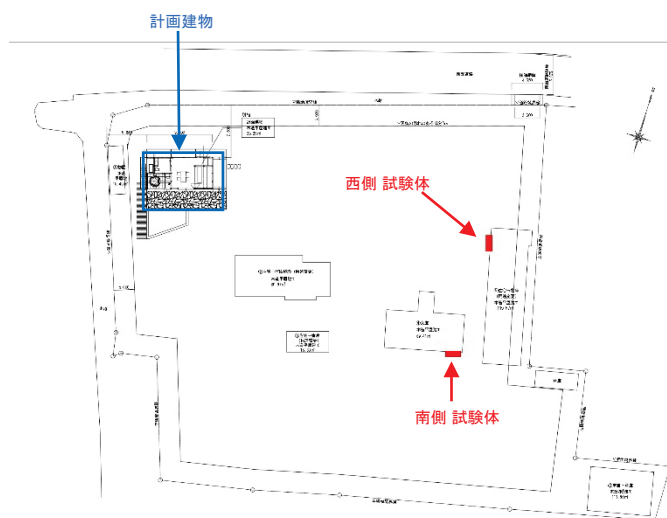
CLT パネル接合部



### 3.試験体による塗装の暴露試験

劣化対策として使用する塗料を複数選定し、最適な塗料を検証するため敷地内の別建物に試験体を設置し、経過観察を行った。

敷地内のいくつかある建物を利用し、南側と西側で方位を変えて試験体を設置し、方位による劣化状況の違いについても検証した。



#### 3-1. 塗料の選定

CLTの意匠性を優先し、普及性の高い塗料の中から浸透性でクリアの塗料として下記4種類を選定した。

- ①オスモ（オスモ&エーデル株式会社） 外装用クリア 艶消し（#701）
- ②キシラデコール（大阪ガスケミカル株式会社） やすらぎ
- ③ノンロット（三井化学産資株式会社） 205N クリア
- ④VATON（大谷塗料株式会社） クリア

#### 3-2. 試験方法

試験体は、CLT 3層3プライ Mx60 幅200×長さ1,500mm×厚60mmを杉、桧の2種類用意し、選定した4種類の塗料を塗布し、無塗装と合わせて5種類を1試験体として作成した。別建物の南側と西側にそれぞれ杉と桧の試験体を設置し、1か月ごとに経過観察を行った。



桧サンプル 塗料塗布



杉サンプル 塗料塗布



【西側】試験体設置状況



【南側】試験体設置状況

### 3-3. 経過観察記録

左から、無塗装、バトン、ノンロット、キシラデコール、オスモ塗装

#### ①試験体設置 1 日目



(桧材)



(杉材)

#### ②試験体設置 2 か月後



(桧材)



(杉材)

#### 【観察結果】

- 変色なし
- き裂なし
- 腐食なし
- 反りなし
- 収縮なし
- 塗装はがれなし

③試験体設置 3か月後



(桧材)



(杉材)

【観察結果】

変色なし  
き裂なし  
腐食なし  
反りなし  
収縮なし  
塗装はがれなし

④試験体設置 4か月後



【観察結果】

変色なし  
き裂なし  
腐食なし  
反りなし  
収縮なし  
塗装はがれなし

3-4. 観察結果

無塗装、バトン(大谷塗料(株))、ノンロット(三井化学産資(株))、キシラデコール(大阪ガスケミカルカス)、オスモ(オスモ&エーデル(株))に関して5ヶ月間の観察を実施したが、どれも短期間では変色やき裂が生じることはなく、塗装の剥がれも見受けられなかった。方位による変化の違いも短期間では確認できなかった。垂直面に使用する場合と違い、直接雨がかりにならない軒天では短期間では雨や潮風による影響はないことが確認できた。意匠的には、バトンには少し艶があり、ノンロットは少し木肌色のような着色があり、撥水性があるように感じた。キシラデコール及びオスモ塗装は塗装後も無塗装とほとんど変わらない木質感が残り、意匠的に良い印象を受けた。これらの塗料を塗った試験体が今後どのような変化を生じるか、どの程度でメンテナンスが必要となるかを今後の課題として経過観察していく必要がある。





施工写真 1



施工写真 2



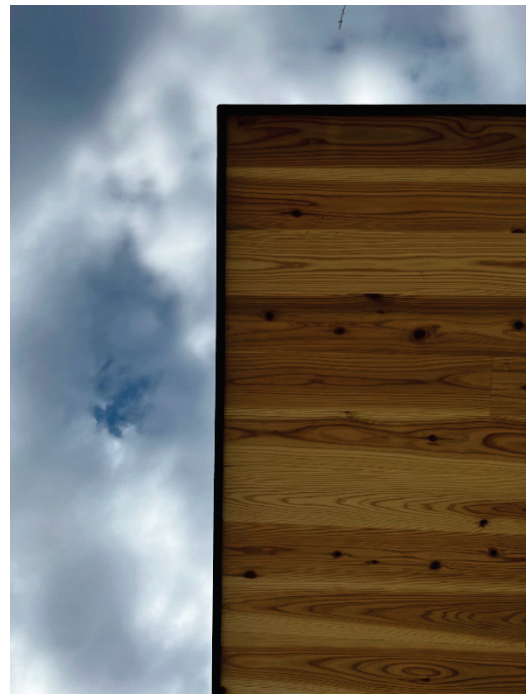
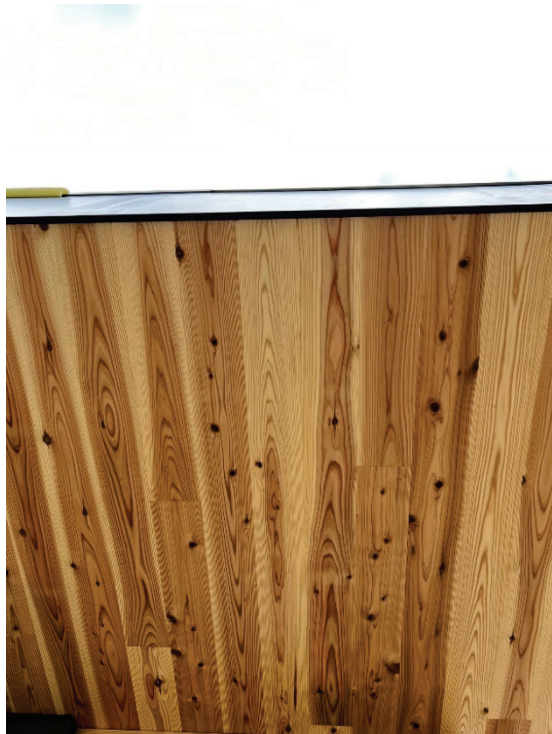
施工写真 3



梁受け CLT 屋根



はね出し CLT 屋根



軒先 CLT 屋根



#### 4.在来軸組工法+屋根 CLT とパネル工法の場合コスト比較

			対象建物	比較建物	
			在来木造+屋根 CLT	CLT 構法	
	積算部位		金額	金額	増減額
1	仮設		499,005	499,005	0
2	基礎	基礎	1,316,944	3,469,200	2,152,256
		地盤改良	518,500	1,921,970	1,403,470
		他	147,150	445,300	298,150
		小計	2,481,599	6,335,475	3,853,876
3	木	構造材	516,672	0	-516,672
		下地材	182,976	182,976	0
		CLT (壁)	0	3,145,000	3,145,000
		CLT (屋根)	2,380,600	2,380,600	0
		輸送・建て方	629,400	962,000	332,600
		大工手間	1,337,200	800,000	-537,200
		釘・金物・接着剤	50,971	800,000	749,029
		建方レッカー	72,000	120,000	48,000
		小計	5,169,819	8,390,576	3,220,757
4	建材		347,605	347,605	0
5	屋根		1,405,210	1,405,210	0
6	板金		480,000	480,000	0
7	金属製建具		2,501,550	2,501,550	0
8	木製建具		623,500	623,500	0
9	石・タイル		792,400	792,400	0
10	左官		368,930	368,930	0
11	外装		805,500	805,500	0
12	塗装		449,829	449,829	0
13	内装		0	0	0
14	雑		4,343,195	4,343,195	0
		小計	12,117,719	12,117,719	0
		合計	19,769,137	26,843,770	7,074,633

## 5.結果と考察

瀬戸内海に浮かぶ周防大島。敷地はこの島の海岸線に近い場所にある。

在来軸組工法の屋根部分に CLT を乗せ、その特性を生かして跳ね出し 1.5m の庇を設けた。庇裏は CLT の現し仕上げとし、木造の柔らかさを表現した。

実証実験は海岸線沿いの塩を含んだ風や飛沫に対して各種の塗料が木材（CLT）に対してどのような劣化状況を生じるか、また構造材を在来木造+屋根 CLT とした場合とすべてを CLT とした場合のコスト比較を行った。

### ①木材の劣化状況

工事当初より同じ環境の軒裏に試験体を設置、方向も東西と南北の 2 方向とした。9 月から 1 月までの 5 ヶ月においては各塗料とも大きな変化は見られなかった。

経年変化を確認するには、工事終了後も数年に渡り経過観察を要する結果となった。

### ②建築工法によるコスト比較

明らかにオール CLT の方が費用高になった。

要因としてまず建設地の地盤の軟弱さが上げられる。ボーリング調査を行った結果、支持地盤（N=50）まで深さ 38m 必要だった。この為建物重量の軽量化が課題になった。木造とはいえオール CLT の場合、浮き基礎の仕様が必要となり、地盤改良で対応できた軸組+CLT 構法との価格差が生じた。

上部構造体について CLT の材料費と在来構造材の材料費の価格差が大きかった。さらに使用する CLT の搬入経路の検討が重要となる。この度は敷地と道路との間に水路（W=4m 程度）があったが主要幹線道路からの搬入が容易だったため支障なく搬入、建て方ができた。

これらのことから工法を選定する場合には下記の要領が重要と考える。

1：地盤の強弱を確認する。

2：CLT の搬入路の確認を行う。

3：上部躯体に CLT を使用する場合には CLT の助成制度（14 万円/m<sup>3</sup>）の活用が必要となる。

### ③施工

CLT を使用しても、どの地域でも地元業者さんで対応可能なこととするため、施工は地元の小規模建設業者さんをお願いした。在来軸組を完了後、屋根材として CLT は乗せかけるのみ。上部より構造梁材にビス止めで施工。すべて下向き作業の為効率よく施工で来た。ビスは CLT 業者支給となったが、施工はすべて地元業者さんで行った。また CLT 上部の小屋組も足場（CLT 面）がしっかりしているので、安全で且つスピーディーに行

えた。固定金物がビスのみの為、特別な技術は必要なく、狙い通り地元業者さんで十分対応できた。

#### ④設計からの考察

コスト面からこの度は在来軸組構法+屋根CLTという混構造を選択した。上記でも指摘したように地盤が軟弱の為、建物の軽量化が必須となり、この組み合わせが基礎工事費の低減に繋がった。また屋根のみCLTとしたため、助成金が受けられなくても、ある程度施工可能な単価で抑えることができ、庇を軽く跳ね出せるというCLTの長所を生かすことができた。さらにこの組み合わせは所謂大工さんだけで施工できることが実証できた。今後CLTを広める上で、特別な知識や技術が必要でなく、普通に大工さんが使うことができるようになることは重要なファクターであると考え。この度の建物が建設業者にとってCLTを身近に感じ、自分たちにも使えるじゃないかという実感を持ってもらえたならば、この実証実験は地方の建設業界にとって大いに有意義なものになったと確信する。

## 2.3 (株) アイビック

事業名		hitマリナ展示場兼事務所施設新築工事の建築実証		
実施者(担当者)		株式会社アイビック		
建築物の概要	用途	住宅展示場兼事務所		
	建設地	福岡県福岡市西区豊浜		
	構造・工法	木造軸組工法+CLT床板・屋根		
	階数	2		
	高さ(m)	8.797		
	軒高(m)	8.667		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	449.51		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	167.6		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	267.4		
	階別面積	1階	160.14	
	2階	107.26		
	3階	-		
CLTの仕様	CLT採用部位		床、屋根	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		24.86	
	壁パネル	寸法	-	
		ラミナ構成	-	
		強度区分	-	
		樹種	-	
	床パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60A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		Mx60A相当		
樹種		スギ		
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		柱:スギ 梁:カラマツ集成材	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		51.30m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	サンタックIBシート防水 防火仕様 飛び火認定:DR-1912	
		外壁	無塗装サイディングアートウオール 14mm 一部タイル貼り	
		開口部	樹脂サッシ+二層複層ガラス (Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅10mm)	
	主な内部仕上	界壁	該当なし	
		間仕切り壁	両面PB12.5mm	
		床	根太+合板t=24+フローリング <sup>※</sup> t=15 CLT床版厚90+フローリング <sup>※</sup> t=15	
	天井	CLT+木天井下地+PB9.5		
構造	構造計算ルート		4号(壁倍率適用)	
	接合方法		ビス接合	
	最大スパン		4m	
	問題点・課題とその解決策		CLT床施工の搬入計画時に組立順を考慮して積載したが、CLT床のパネルサイズ等の関係で順序良く施工できなかった。解決策としてはCLT床パネルサイズも考慮して組立順の搬入計画を作成	
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	
	本建築物の防耐火仕様		無	
	問題点・課題とその解決策		該当なし	
温熱	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		該当なし	
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	アクアフォーム吹付200mm	
		外壁	アクアフォーム吹付90mm	
床		アクアフォームNEO吹付45mm		
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		基礎上は防水シートを確実に施工し、防腐防蟻処理実施	
	給排水・電気配線設置上の工夫		-	
	劣化対策		-	
工程	設計期間		2021年5月~10月(5ヵ月)	
	施工期間		2021年12月~2022年4月(4ヵ月)	
	CLT躯体施工期間		2022年1月上旬~中旬(1週間)	
	竣工(予定)年月日		2022年4月25日	
体制	発注者		株式会社アイビック	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		基本設計:アイビック設計、実施設計:札本設計	
	構造設計者		ライフデザイン・カバヤ(株)、札本設計	
	施工者		(株)アズコーポレーション	
	CLT供給者		ライフデザイン・カバヤ(株)	
	ラミナ供給者		ライフデザイン・カバヤ(株)	

実証事業名：hit マリナ展示場兼事務所施設新築工事の建築実証  
 建築主等／協議会運営者：(株)アイビック／(株)アイビック福岡支社

### 1. 実証した建築物の概要

用途	住宅展示場兼事務所		
建設地	福岡県福岡市西区豊浜		
構造・工法	木造軸組工法+CLT床板・屋根		
階数	2		
高さ (m)	8.797	軒高 (m)	8.665
敷地面積 (㎡)	449.51	建築面積 (㎡)	167.60
階別面積	1階	160.14	延べ面積 (㎡)
	2階	107.26	
	3階		
CLT採用部位	床、屋根		
CLT使用量 (m <sup>3</sup> )	加工後建築物使用量 24.856m <sup>3</sup>		
CLTを除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	95 m <sup>3</sup>		
CLTの仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	壁		
	床	90mm厚/3層3プライ/Mx60A/相当/スギ	
	屋根	90mm厚/3層3プライ/Mx60A/相当/スギ	
設計期間	2021年5月～10月(5ヵ月)		
施工期間	2021年12月～2022年4月(4ヵ月)		
CLT躯体施工期間	2022年1月上旬～中旬(1週間)		
竣工(予定)年月日	2022年4月20日		

### 2. 実証事業の目的と設定した課題

CLTの認知度を高める為に展示場施設をCLTと木造の混構造で設計し、一般の消費者を対象としたCLTの構造見学会を開催、構造特性を理解してもらうために、協議会において、見学会来場者数を分析しCLTの認識率を検討する。実証建築物の建築費は、同規模の建物と比較し、CLT使用メリットになる工事内容について検証する。

今回実証事業で設定した課題は本事業で実証するCLTとの混構造を用いた建築物と木造軸組で建築した場合について、工期、人工等を比較するとともに、本事業における材料調達、工程・施工等・の課題を分析することが可能である。また、軸組工法と遜色のない価格の実現のために、工程や部材を簡略化することで解決が可能と考えた。

### 3. 協議会構成員

- (設計) 株式会社アイビック一級建築士事務所(進行管理)
- (構造設計) ライフデザイン・カバヤ株式会社、札本設計事務所
- (施工) 株式会社アイビック
- (材料) ライフデザイン・カバヤ株式

### 4. 課題解決の方法と実施工程

一般の消費者に、CLT建築があまり認知されていない内容を改善するために一般消費者向けに、CLT使用の展示場兼事務所を建設しCLT建築の普及拡大を計るために棟上げ後の



構造見学会を SNS や日経新聞などで告知し、2022 年 1 月 22 日（土）～1 月 30 日（日）見学会を開催した。

CLT 建築のコストが高いイメージの払拭方策について、木造軸組構造の一部に CLT を活用することで、従来の木造軸組工法と比較できる工期や人工等の比較検討資料を作成した。

<協議会の開催>

2021 年 8 月 23 日：第 1 回開催、設計内容の問題点洗い出し

10 月 19 日：第 2 回開催、設計内容最終確認

12 月 10 日：第 3 回開催、着工前確認会

12 月 24 日：第 4 回開催、着工前最終確認会

2022 年 1 月：第 5 回開催、木工事進捗確認・工事改善点等確認

1 月：第 6 回開催、実証事業の取りまとめ検討"

2 月 10 日：第 7 回開催、実証事業の取りまとめ

<設計>

2021 年 8 月：実施設計

10 月：実施設計・構造設計

10 月：建築確認申請

11 月 29 日建築確認済証

<施工>

2021 年 12 月：工事契約

12 月：着工、基礎工事

2022 年 1 月～2 月：木工事

3 月：外装工事

3 月：内装工事

2022 年 3 月～4 月：設備工事

<実証確認>

2022 年 1 月 22 日～1 月 30 日構造見学会開催

## 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) 構造見学会開催を、コロナ感染症対策の為、限定予約制としたが 13 組 26 名の来場があった

(2) 木造軸組工法と比較し、工期や人工等の比較検討資料を作成した。

## 6. 本実証により得られた成果

本事業で得られた CLT の市場認知度は、今回の構造見学会の来場者分析からは一般ユーザーが少なく、構造の見学会では建設会社や設計事務所など建築の専門家の参加が多かった。このことから一般ユーザーに CLT の良さを知ってもらう為には、実証建物完成後、すぐに見学会等のイベントを行うことで、完成した建物を実際に見てもらおうなどの、一般ユーザーが興味持ってくれるようなイベントを開催するの必要を感じた。

木造軸組工法と比較し、今回 CLT を床版と屋根に活用した場合、建方時の工期は木造軸組工法と比べ 2 日くらいの短縮だったが職方が慣れればもう少し工期は短縮できると思われる。

コスト面では CLT 板のコストと床合板では床合板のほうが材料コストは安い作業工期短縮による人工コストは CLT 使用のほうが優れていると思われる。



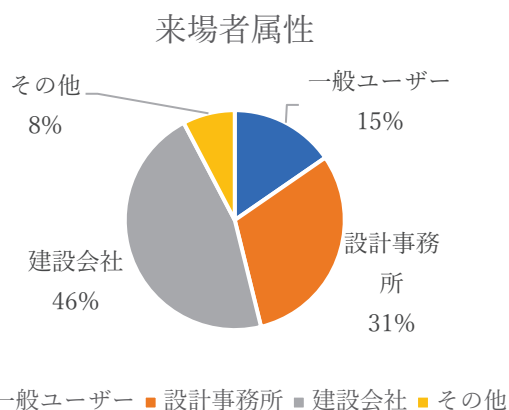
設計コンセプト（有機的建築で都市に住まう）

イメージパース



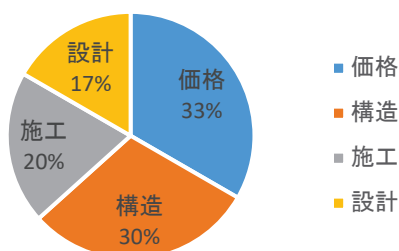
## 6. 本実証により得られた成果

- ① 本事業で得られた CLT 活用の市場認知度は、今回の来場者分析から、構造見学会では建設会社や設計事務所などの建築の専門家の参加が多く、一般ユーザーにはまだ十分に認知されていないことがわかった。この事から一般ユーザーが興味を持つ完成見学会等を継続開催し CLT の良さを訴求必要がある。

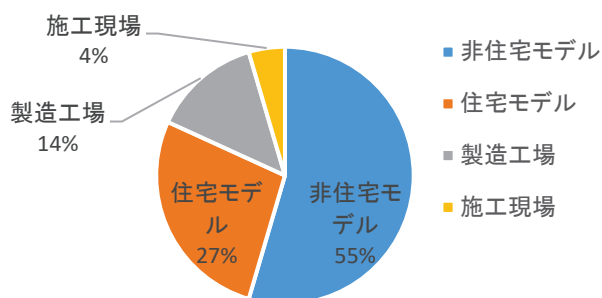


※アンケートデータ

説明を聞きたい項目



実際に見学したいもの



- ② 木造軸組工法と比較し、今回床版と屋根に CLT を活用し建方・床施工時の工期は木造軸組工法と比べ 2 日くらい短縮できた職方が慣れればもう少し工期は短縮できると思われる。

コスト面では CLT 板のコストと床合板では床合板のほうが材料コストは安い作業工期では CLT 使用のほうが優れている。

CLT 床板		在来床構造	
作業内容	日数	作業内容	日数
搬入	1	搬入	1
建方	2	建方	2
		床組	2
計	3	計	5

CLT 床板		在来型構造	
項目	m <sup>2</sup> 単価 (円)	項目	m <sup>2</sup> 単価 (円)
CLT 床板	19,303	材料代	3,738
施工費	280	合板	467
計	19,583	計	4,205



## 施工現場における施工作業の評価（つりこみ作業）

1. 初日、職方が初めて CLT を施工した為、思ったよりも作業時間がかかったが2日目は、施工の要領もつかみ、作業はスムーズに進みました。



2. CLT の荷揚げ時、吊金物を 4 箇所固定し、吊り上げるのですが、その吊り金具を固定するビス打ちに時間がとられる為、吊り金具を CLT 小口に 4 箇所差し込む（壁 CLT のように）ように改善すれば作業が早くなる。



3. トラックへの CLT の乗せ方で、組立順番にて積まれてますが、CLT サイズ等の関係で、順序良く設置できない箇所がありもう少し組立順番を考慮すれば施工時間の短縮が可能である





## CLT工法のメリット・デメリット（安全・施工・機能面）

1. アイビックの標準工法の根太レス工法の場合、2階桁を組立後、3\*6サイズの構造用合板を1枚ずつ職方が、桁巾105もしくは巾120の上を持っていく作業があり、転落災害の可能性があるが、CLTの場合、1枚ずつトラックより荷揚げし、設置個所までレッカーで吊り下ろす為、職方が材料をもって梁の上を歩く作業がない為、安全性が高い。



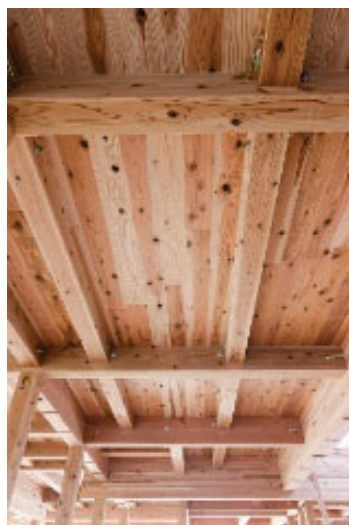
2. 小屋組も同様、垂木巾45の垂木の上を屋根下地合板など持って歩く作業がなくなる為、安全性は高い。



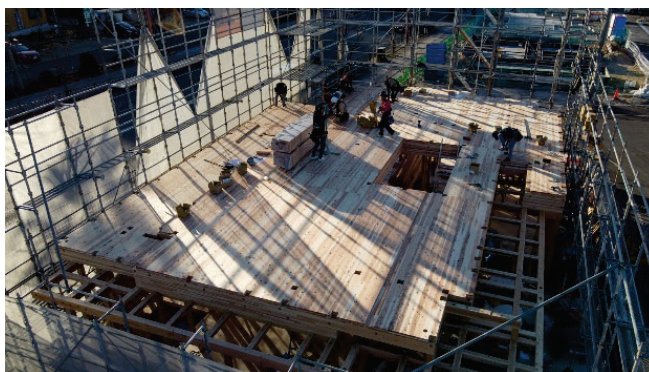
3. 床面に構造用合板を貼ると、多少段差が発生するが、CLTだと、段差の発生が、見られず、上棟後の作業性が良い。



4. 根太レス工法では、24mmの構造用合板を使用していますが、2階で歩く音が聞こえやすいが、CLT90mmだと、2階で歩く音が気にならない。



5. 根太レス工法の場合、1階天井内で2階の衛生器具の配管を行い、2階床に立ち上げる作業があり、脚立での作業、梁成等による配管ルート  
の限定などがあるが、CLTの場合、CLTの上に配管が出来るため、脚立作業が無く安全性が良く、配管ルートも確保しやすい。



6. CLT床下面が、化粧仕上げが出来るため、直下の天井仕上げが、木化粧な場合、根太レス工法であれば、木下地を組み、仕上げ材を張り付ける等の手間・仕上げ材料費のコストダウンになる。





## (CLT 接合作業に関わる管理)

1. 躯体（柱・梁）の精度（建ち・水平）と CLT 加工精度に問題なく、現場にて CLT の加工修正は、ありませんでした。鉄骨建て方職方のように、無線にてレッカーオペレーターに指示できる職方が作業しましたので、誘導などもスムーズに進んだ。



## (施工管理からみた本仕様に関して評価および今後留意すべき点)

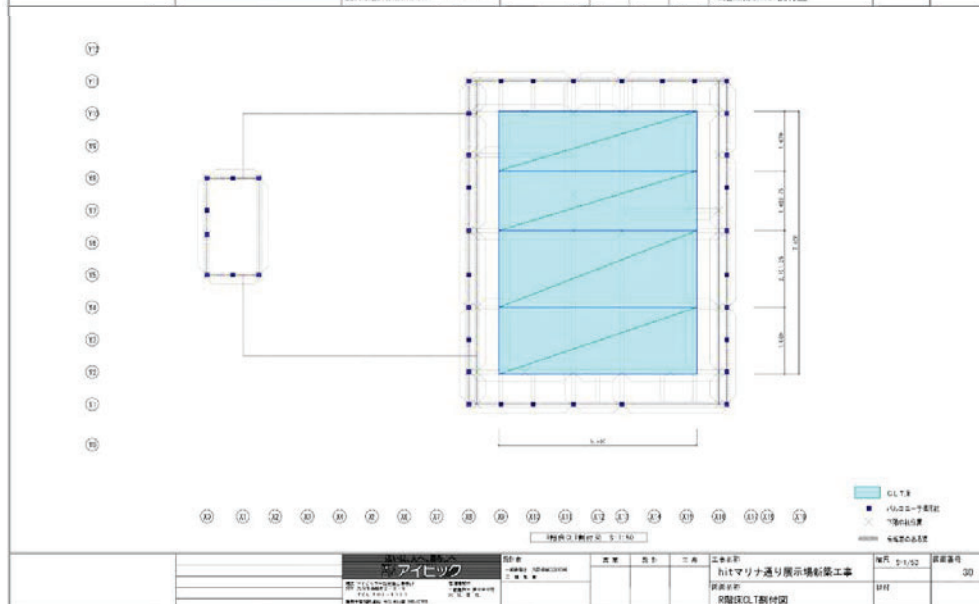
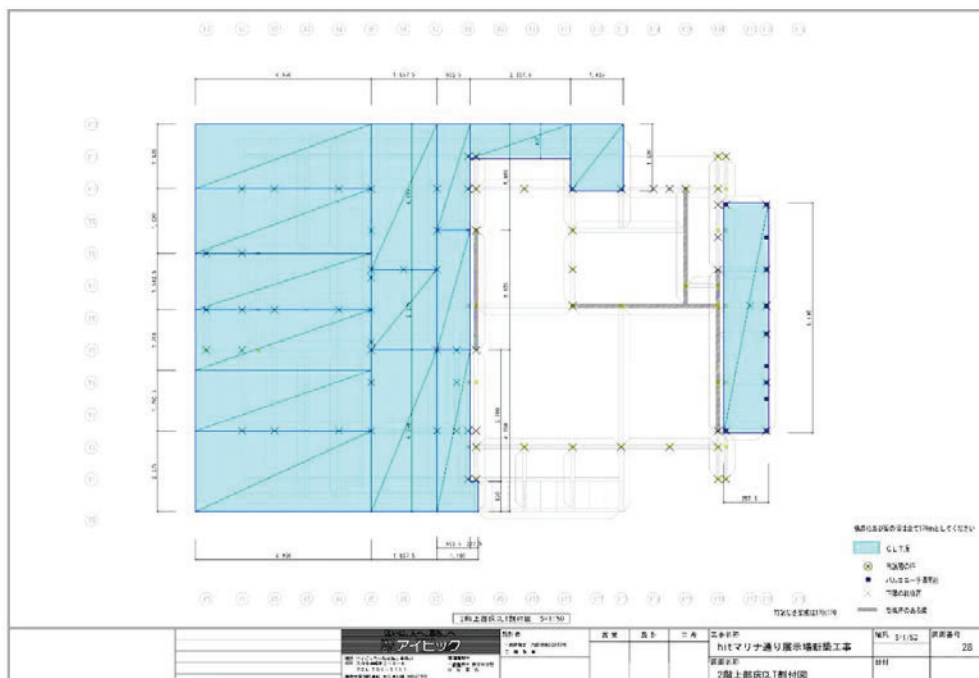
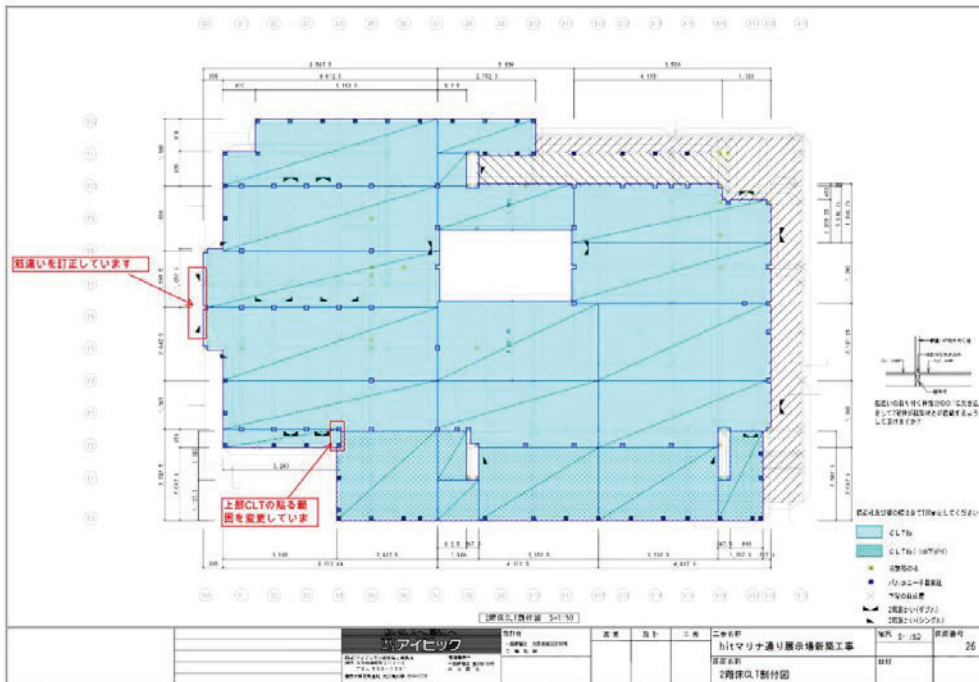
1. 施工時の木になる点としては、搬入計画にて、場内に荷置き場所が確保できない場合、現場での上棟作業の遅れに伴う、荷下ろし作業が出来ないケースが発生するかと思われまます。作業時間・作業人数等を考慮し、作業時間の設定を、余裕を持った計画が必要かと考えます。



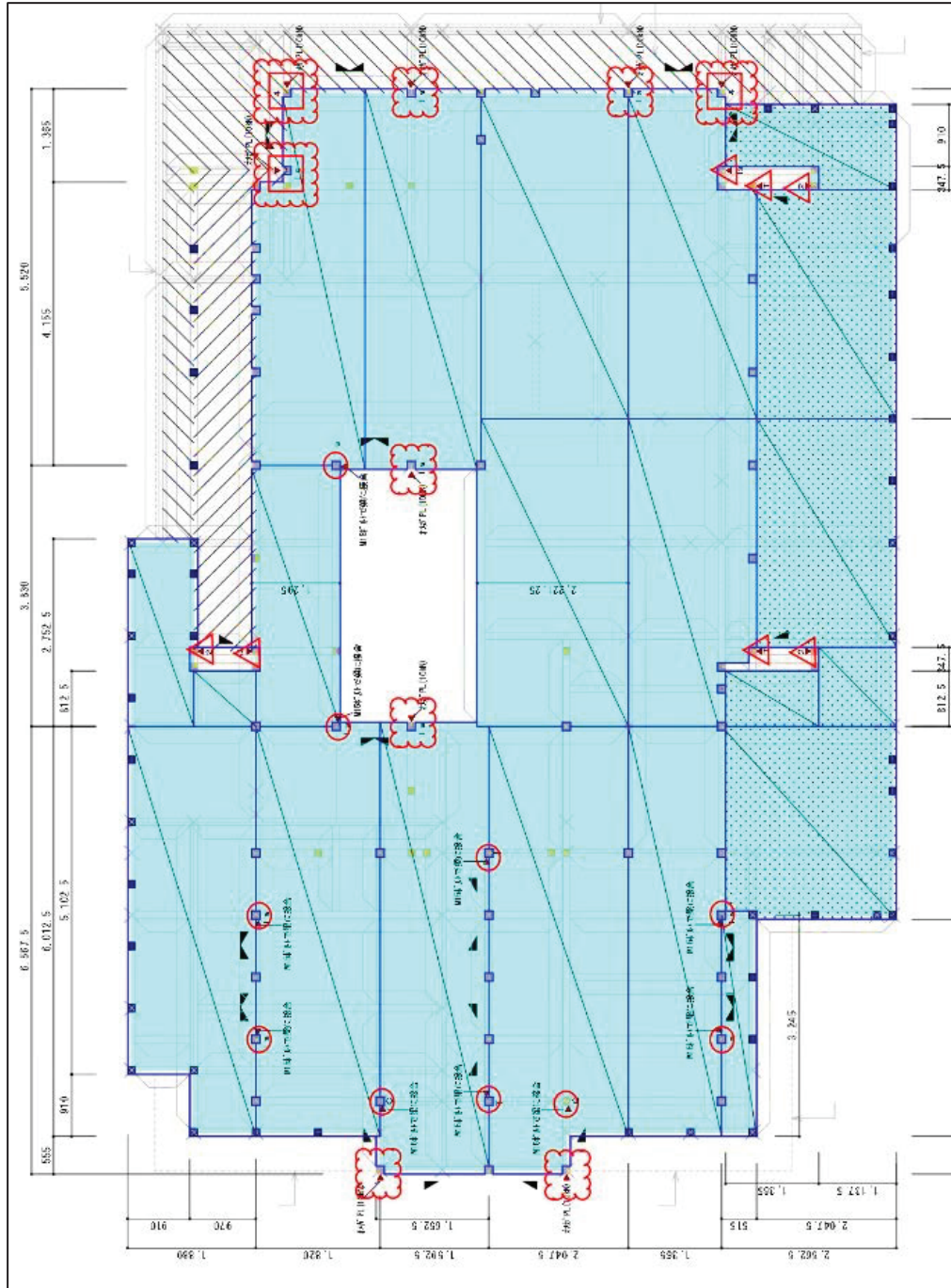
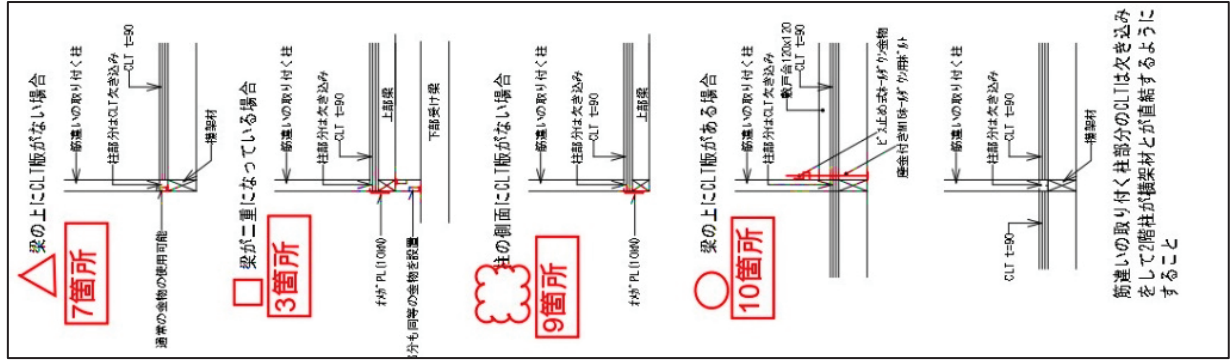
2. CLT 床を梁に固定するビスの本数が多い為、ビス固定に要する時間がかかる為、効率的なビス打ち作業の手順書を作成必要がある。



CLT パネル伏せ図









## 設計コンセプト（有機的建築で都市に住もう）

### 都市と溶け合う有機的建築

有機的建築とは、『普遍的な形を持っている自然の姿に学び、建物が環境と溶け合いながら、住む人にもフィットするデザイン』の重要性を唱えた建築家フランク・ロイド・ライトの住まいに対する考え方です。

また『まさに自然の中に溶け入るように、しっくりと納まるように、そしてその地の風景、その地の生命のリズムを乱さぬように建物を建てるべきだ』建築家フランク・ロイド・ライトは、位置・方向・大きさ・高さまで配慮して設計デザインをすべきだとの言葉を残しています。

今回のモデルハウスは、フランク・ロイド・ライトの考え方を現在に継承し、「自然」を「都市」に置き換え、住まう街並みの風景、住まう場所の生命のリズムを乱さぬように計画しました。



モデルハウスの外観構成としては、1Fは都市の喧騒から日常の暮らしを守る為に、開口部を少なくし、2Fにて開口部を多く取り、外との繋がりを確保する計画しております。内部空間に関しては、1Fは開口部が少ない為、階段室と吹抜けをプランの中央に配置し、2Fからの自然光が1Fに届くように配置しています。1F、2Fともプランの構成に回遊性を持たせる事により、動線の自由度が高い空間が生まれています。また天井の高さを様々にすることにより、住まう人に多様な印象を与える住宅になっております。人々が住宅に愛着を持ち、建築後百年の時を越えても大切に住み継がれる住宅とはどのようなものか、その価値を伝える場所としても意図しております。



フランク・ロイド・ライトが提唱する有機的建築を現在において体感し、「人が都市に住まうとはどういうことか」という人々の共有意識を促し、そして地域の建築文化を発展させ、人々の住生活を豊かにする役割を担う建築としてこのモデルハウスは計画されています。





## 2.4 (株)大林組

事業名		新梅田寮建設工事		
実施者(担当者)		株式会社大林組(株式会社大林組東北支店一級建築士事務所)		
建築物の概要	用途	寄宿舍		
	建設地	宮城県仙台市青葉区梅田寮1-25		
	構造・工法	CLTユニット工法、CLTパネル工法、木造軸組工法他		
	階数	3		
	高さ(m)	11.93		
	軒高(m)	9.87		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	2528.04		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	1,418.14		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	3,677.47		
	階別面積	1階	1,305.77	
2階		1,316.79		
3階		1,058.58		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		建築物使用量 730m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	120、150、210mm厚	
		ラミナ構成	3層4プライ、5層5プライ、5層7プライ	
		強度区分	S60	
		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	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
強度区分		S60		
樹種		スギ		
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		屋根(小屋組) : スギ 耐震壁(2階) : カラマツ集成材	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		屋根(小屋組) : 35m <sup>3</sup> 、耐震壁(2階) 95m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	金属屋根	
		外壁	金属サイディング	
		開口部	アルミサッシ+複層ガラス他	
	主な内部仕上	界壁(ユニットジョイント部)	片面CLT現し(片面GB-R12.5+9.5、GW24K50)	
		界壁(ユニット中間部)	片面CLT現し(片面GB-F21+GB-RH9.5、GW24K50)	
		床	タイルカーペット+浮床(コンクリート80+GW96K25×2)+CLT	
天井	CLT+GB-R12.5×2、GW24K100(独立天井)			
構造	構造計算ルート		ルート3	
	接合方法		GIR接合、ビス接合、モルタル接合、あられ組+木栓	
	最大スパン		3m	
防耐火	問題点・課題とその解決策		工期短縮、高品質化、振動騒音低減を期待できるユニット工法	
	防火上の地域区分		準防火地域	
	耐火建築物等の要件		準耐火建築物	
	本建築物の防耐火仕様		1時間準耐火	
問題点・課題とその解決策		耐火建築物を免除するため、「部分により構造を異にする建築物の棟の解釈について(通知)」(昭和26年3月6日住防発第14号)を適用し、延べ面積1500m <sup>2</sup> 以下/棟の準耐火建築物としている		
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当あり: 届け出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		特になし	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	GW24K ・ 100mm	
		外壁	フェノールフォーム断熱材 ・ 50mm	
床		ウレタン系現場発泡断熱材他 ・ 30mm他		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		CLTユニット工法は回り込み音の影響が大きく予測困難であるため、実大遮音試験体により遮音試験を行った	
	建て方における課題と解決策		施工時の雨対策・防塵対策として、工場で保護塗料塗布	
	給排水・電気配線設置上の工夫		特になし	
	劣化対策		1階はRC造、外装は金属サイディング等で木材を被覆、外壁及び屋根は外断熱	
工程	設計期間		基本設計: ~2021年10月 実施設計: 2021年11月~2022年3月(5ヵ月)	
	施工期間		2022年3月下旬~2023年3月下旬(12ヵ月)	
	CLT躯体施工期間		2022年8月下旬~9月下旬(1ヵ月)	
	竣工(予定)年月日		2023/3/下旬	
体制	発注者		株式会社大林組	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		株式会社大林組東北支店一級建築士事務所	
	構造設計者		株式会社大林組東北支店一級建築士事務所	
	施工者		株式会社大林組東北支店	
	CLT供給者		藤寿産業株式会社	
ラミナ供給者		未定		



実証事業名：新梅田寮建設工事

建築主等／協議会運営者：株式会社大林組／株式会社大林組東北支店一級建築士事務所

## 1. 実証した建築物の概要

用途	寄宿舍		
建設地	宮城県仙台市		
構造・工法	RC造、木造、一部S造		
階数	3		
高さ (m)	11.93	軒高 (m)	9.87
敷地面積 (㎡)	2,528.04	建築面積 (㎡)	1,418.13
階別面積	1階	1,305.77	延べ面積 (㎡)
	2階	1,316.79	
	3階	1,058.58	
CLT採用部位	壁、床、屋根		
CLT使用量 (m <sup>3</sup> )	加工前製品量 790 m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 730 m <sup>3</sup>		
CLTを除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	130 m <sup>3</sup>		
CLTの仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	壁	120mm厚/3層4プライ/S60/スギ 150mm厚/5層5プライ/S60/スギ 210mm厚/5層7プライ/S60/スギ	
	床	150mm厚/5層5プライ/S60/スギ	
	屋根	150mm厚/5層5プライ/S60/スギ	
設計期間	2021年11月～2022年2月(4ヵ月)		
施工期間	2022年3月～2023年3月(12ヵ月)		
CLT躯体施工期間	2022年8月下旬～9月下旬(1ヵ月)		
竣工(予定)年月日	2023年3月31日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

### (1) CLTユニットを構成する接合部他、各所仕様およびディテールの設計実証

①目的：工期短縮、高品質化、振動騒音低減を期待できるユニット工法を実現するために、ユニットを構成する接合部他各所仕様やディテールの検証を行う。

②課題：ユニットを構成する上階床(屋根)と壁の接合部、ユニット間の接合部、ユニットと他部材の接合部の、コストや施工性を考慮した仕様とディテールの検証

### (2) CLTユニット工法における遮音床・壁の仕様および遮音性能の性能実証

①目的：回り込み音の影響が大きく予測困難なユニット工法における遮音床・壁の仕様および遮音性能の検証を行う。

②課題：床衝撃音遮断性能、空気音遮断性能の把握

### (3) 工法の違いによる工期、コスト等の比較

本事業で実証するCLTユニット工法を用いた建築物と、CLTパネル工法を用いる場合の建築物について、工期、コスト等を比較する。

## 3. 協議会構成員

(設計・構造設計) 株式会社大林組東北支店一級建築士事務所

(施工) 株式会社大林組東北支店、(技術検証) 株式会社大林組技術研究所

(材料加工、施工) 藤寿産業株式会社

## 4. 課題解決の方法と実施工程

(1) CLTユニット工法を有する木造とRC造のハイブリッド構造3階建て準耐火建築物の計画を取りまとめ、実大試験体にて各所仕様やディテールの検証を行った。

(2) 遮音床・壁の仕様、試験条件を取りまとめ、実大試験体による遮音性能の確認を行った。

<協議会の開催> 2021年10月、11月、2022年2月開催

<設計> 2021年10月～2022年2月：実施設計

2022年2月～3月：建築確認申請

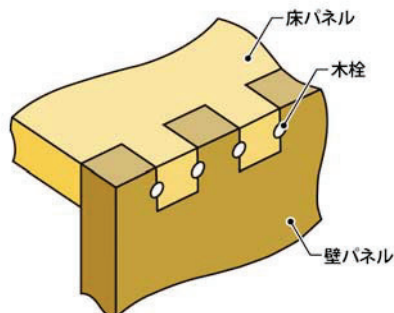
<性能確認> 2021年10月～2022年2月：遮音試験

## 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) CLTユニット工法を構成する接合部他、各所仕様およびディテールの設計実証

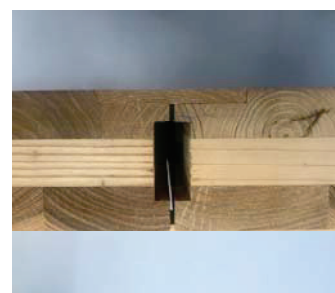
ユニットは、壁と天井を工場組立したものとし、大きさは運搬の条件で決定した。梁間方向の施工誤差は現場組立部分を設けることで、桁行方向の施工誤差はユニット間のすき間寸法で調整する。ユニット間の戸境壁は、施工性、遮音性のため2枚配置される。工場組立部分の壁と天井の接合部は、特許出願中の改良あられ組工法(あられ組+木栓)としている。現場組立部分は、GIR接合、モルタル接合、スプライン接合をとり、施工上、意匠上の配慮をしている。構造性能上は、小幅パネルとすることで隣接壁との一体化が不要、あられ組、及びGIR接合により合理的な構造計画となる。



[あられ組+木栓概念図]



[壁頂部 GIR 接合部鉄筋]



[壁モルタル接合部]

## (2) CLTユニット工法における遮音床・壁の仕様および遮音性能の性能実証

本施設の遮音性能は、ビジネスホテル相当仕様とし、床衝撃音は重量で Lr-60、軽量で Lr-50、壁・床の空気音の遮音性能は Dr-40 を目標値に設定した。床の仕様は、CLTt150+湿式浮床+タイルカーペット仕上げとし、下室の天井を防振吊りとした。壁は、同一ユニット内の界壁は CLTt150+石膏ボード独立壁、別ユニット間は CLTt120+空気層 t20+CLTt120+石膏ボード独立壁とし、室内の3面の壁はCLT現しとした。実大試験体での実測検証の結果、床衝撃音と空気音の遮音性能とも目標値が得られ、重量床衝撃音は目標値より1ランク良い Lr-55 の性能が得られた。

分譲集合住宅相当仕様では、床衝撃音は重量で Lr-55、軽量で Lr-45、壁の遮音性能は Dr-50 を目標値に設定した。床は寮仕様同様、湿式浮床を基準とした仕様の他、コンクリート100mmをCLT床に増打ち+二重床仕上げとする仕様も検証した。壁は、同一ユニット内の界壁はCLT壁の両側に石膏ボード独立壁、別ユニット間は本施設仕様よりも空気層・ボード厚を大きくした石膏ボード独立壁とした。床衝撃音は湿式浮床仕様では目標値が得られたが、コンクリート増打ち仕様では重量・軽量とも目標値より1~2ランク低い性能であった。空気音の遮音性能は、床・壁とも目標性能より1~2ランク低い性能であり、CLT現し壁からの側路伝搬音の影響が大きく、目標性能を得るにはCLT現し壁を石膏ボード独立壁で覆う必要があると考えられる。

## (3) 工法の違いによる工期、コスト等の比較検討

本事業で実証したCLTユニット工法を用いた建築物と、CLTパネル工法を用いる場合の建築物の工期、コスト等を比較した。

工期について、ユニット工法は工場にてユニット化されるため、現場での建て方・接合に必要な作業員数を少なく抑えることが可能となり、かつ建て方日数もパネル工法に対し、1ヶ月強程度短縮することができる。結果として全体工期もパネル工法14.25ヶ月に対し、13.0ヶ月と1ヶ月強の短縮が可能となる。

コストについて、ユニット工法は工場組立費、輸送費が増えるが、現場建て方費（労務費+建て方重機費ほか）や全体工期短縮による共通仮設費および経費の圧縮により、その効果は小さいが圧縮が可能となる。

その他、施工面では、以下の効果が期待される。

- ・工場組立のため高品質化が期待できる。
- ・少ない作業員数で施工可能なため、労務不足が懸念される今後の建設業界に対応可能な工法として期待できる。
- ・現場での接合作業が減るため、工事中近隣への振動騒音等の低減が可能である。

#### (4) ワンモデルBIMの活用

設計情報を1つのモデルに統合するワンモデルによるBIMを活用した。求積やCLT数量算出の自動化による効率化を図った。今後の施工においてもBIMを一貫利用することで、業務プロセス全体の最適化を目指す。

#### 6. 本実証により得られた成果

- ・遮音試験により、安価で汎用性のある浮床でビジネスホテルに求められる程度の遮音性能が確保できていることを確認した。
- ・ユニット工法により、短工期化と高品質化を実現できる。
- ・本事業で得られたCLTユニット工法の設計及び遮音制御技術に関する知見は、集合住宅、ホテル等他の用途にも活用することができる。

#### 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



[断面構成]



[外観パース]



[4T車両でのユニット運搬状況]



[遮音試験体施工状況]



■ 木造 ■ RC造 [2階平面図 S=1/600]



# 1. 設計概要

## (1) プロジェクト概要

本施設は、持続可能な社会と木材利用拡大を目指す、木造とRC造のハイブリッド構造3階建て準耐火建築物の社員寮である。木造の2・3階寮室はCLTユニット工法を採用し、短工期化、高品質化、遮音制御技術を実現する。また、ZEH、WELL認証の取得を目指し、寮生の健康と快適性を高め、癒しの空間を創造することをコンセプトとした施設である。



[断面構成]



[外観パース]

- ・ 計画地 : 宮城県仙台市青葉区梅田町一丁目
- ・ 敷地面積 : 2,528.04 m<sup>2</sup>
- ・ 延べ面積 : 3,677.47 m<sup>2</sup>
- ・ 規模 : 地上3階建
- ・ 構造 : 1階RC造(一部S造)、2・3階木造
- ・ 用途 : 寄宿舎
- ・ 工期 : 2022年3月～2023年3月



[建物概要]



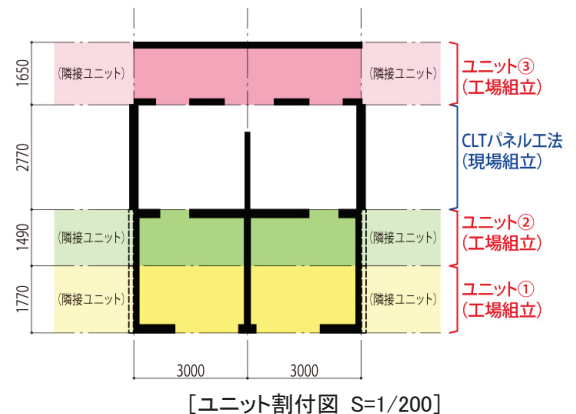
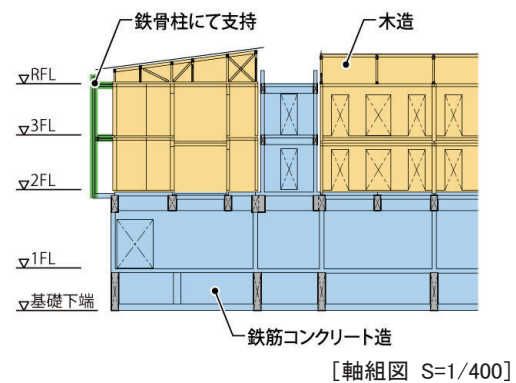
[2階平面図 S=1/600]



(2) 構造概要

- ・構造種別は鉄筋コンクリート造と木造の混構造である。1階は口の字形状で一体の鉄筋コンクリート造、2～3階は木造4棟、鉄筋コンクリート造4棟が独立して配置。
- ・架構形式は各階、X（東西）・Y（南北）両方向とも壁式構造。
- ・木造部分はCLTパネル工法（壁：CLT、一部集成材、床、屋根：CLT）とし、木造部分の屋根仕上げは、CLT屋根パネルの上に小屋組みとする。
- ・CLTパネル工法部分は、壁と上階床（あるいは屋根）のパネルを工場で先組によるユニットとして製作し、現場建方の効率化を図る。
- ・各接合部は、施工性、意匠性、防火性能、構造性能を考慮して決定。（下表参照）

規模	階数	地上3階	
	スパン	X方向（東西方向）：3m×11スパン（南棟） Y方向（南北方向）：7.5m+3.4m+3m×8スパン+3.4m+7.5m 計12スパン（南棟～西棟～北棟）	
	高さ	（木造部） 最高高さ：地盤面+11.93m（地盤面=T.P.+42.24m） 最高軒高：地盤面+9.87m 階高：1階 4.13m（RC造）、2階 2.89m、3階 2.70m	
基礎	基礎形式	直接基礎	
木造部分	架構	壁式構造（CLTパネル工法）	
	主要部材	壁	CLT t210～t120、集成材 t210
		床、屋根	CLT t150
	木材種別	CLT スギ 同一等級構成 S60 集成材 カラマツ 同一等級構成 E95-F315	
接合方法	壁天井接合部：あられ組+木栓、ユニット間の壁鉛直接合部：GIR、壁の水平接合部：モルタル接合、床の水平接合部：スプライン接合		

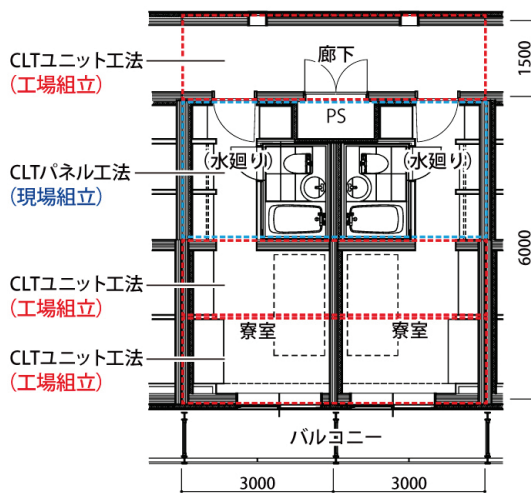


## 2. CLTユニット工法を構成する接合部他、各所仕様およびディテールの設計実証

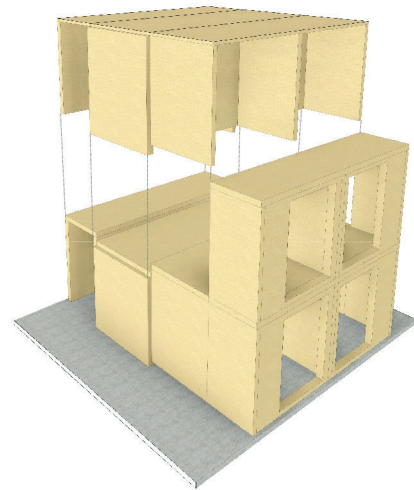
### (1) ユニット工法の概要

計画地は4T車両規制の道路に面することから、1ユニットは4T車両で運搬可能な幅、高さ、長さ、重量とした。ユニット形状は、2つの寮室を輪切りに分割し、壁と天井を工場組立とする門型ユニットとした。寮室は2ユニット、廊下は1ユニットで構成し、寮室水廻りはパネル工法で床を下げ、配管スペースを確保することでバリアフリーに対応した。

ユニット工法による短工期化、高品質化を実現するとともに、今後、集合住宅、ホテル等他用途への適用も目指す。また現場での省力化は今後の建設従事者の減少に対応できるとともに、周辺環境に及ぼす工事中の振動騒音等の低減に期待できる。



[寮室平面図 S=1/150]



[ユニット工法概念図]



[4T 車両でのユニット運搬状況]



[遮音試験体施工状況]

### (2) 設計実証の概要

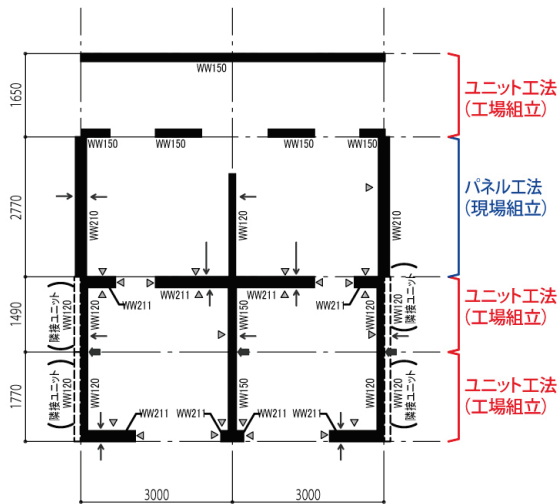
隣接ユニット間との寮室間の戸境は、建て方の容易性、遮音性能確保のため、壁が2枚ずつ配置される。すき間を20mm空けておくことにより、桁行方向の施工誤差を吸収する。隣接ユニット間の一体化は、ユニット上部に配置する幅広の大引による。また、ユニット間に現場組立部分を配置することで梁間方向の施工誤差を吸収する。

工場組立による壁と上階床の接合部は、特許出願中の改良あられ組工法（あられ組＋木栓）としている。壁と上階床のそれぞれを欠き込んであられ組として組み合わせ、接合部に木栓を打ち込むもので、わずかにすき間を空けて組立作業を容易にしつつ、木栓によりガタのない架構とする工法である。

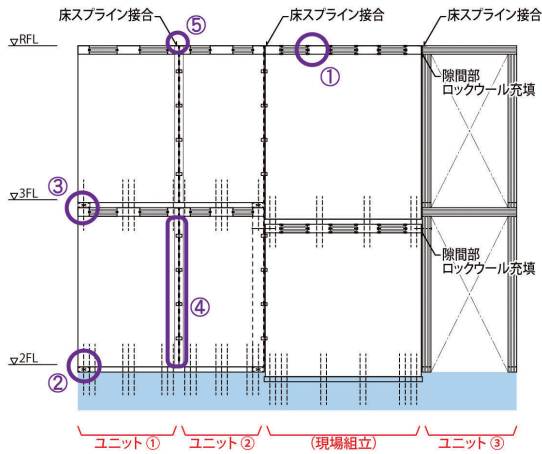
ユニットの現場建て方による接合部は、各部の構造性能、防火性能、遮音性能を確保しつつ、施工性、及び意匠性に配慮し、壁の鉛直方向には GIR 接合、壁の水平方向にはモルタル接合、上階床の水平方向にはスプライン接合とする。

### (3) 各接合部詳細

No.	部位	接合工法	接合部の考え方
①	壁～床 壁～屋根	改良あられ組	(構造性能) ・床鉛直荷重：組合せ部により伝達 ・床面に発生する地震力：木栓により伝達 ・木栓により緩み防止 (意匠上の配慮) ・金物が表面に現れない
②	壁～壁 (RC 躯体) (鉛直方向)	GIR 接合 (鉄筋、ボルト)	(構造性能) ・引張力を伝達する部分は、改良あられ組において壁勝ちとしているため、上下の壁が直接接続され、応力伝達がスムーズ (施工性への配慮) ・グラウト材充填作業前でも隣接ユニット建方が可能であり施工性に問題なし (意匠上の配慮) ・金物が表面に現れない
③	壁～壁 (水平方向)	モルタル接合	(構造性能) ・壁を小幅パネルとし、隣接壁とは接続していないモデルで解析しているため、構造耐力上は接続不要 (防火性能) ・壁小口に溝を掘りモルタル充填することで炎が隣接室に達しない (遮炎性) (遮音性能) ・モルタル充填、及び表面に合板を配置することで遮音性能に寄与 (施工性への配慮) ・構造耐力上の接続を行わないため仕様簡素化 (意匠上の配慮) ・金物が表面に現れない
④	床～床	スプライン接合	(構造性能) ・地震時の床面内せん断力を伝達する



[ユニット構成平面図 S=1/150]



[ユニット構成断面図]



[ユニット②施工試験時写真]

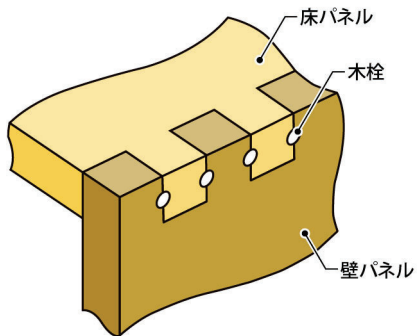


[ユニット①施工試験時写真]

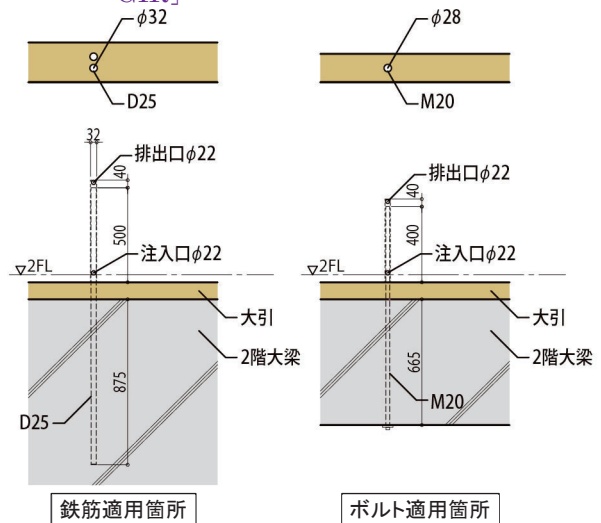


[ユニット下部施工試験時写真]

- ① 天井 (床) ~ 壁 (工場製作、ユニット製作) 「改良あられ組」

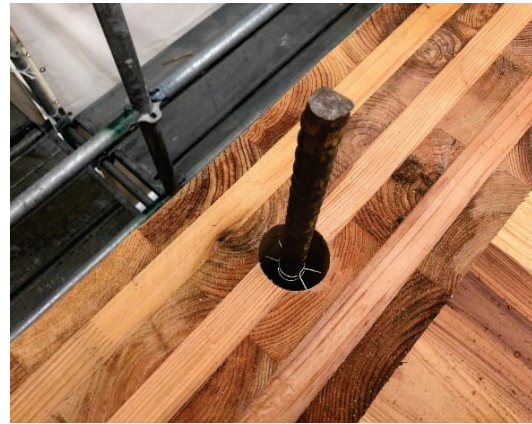
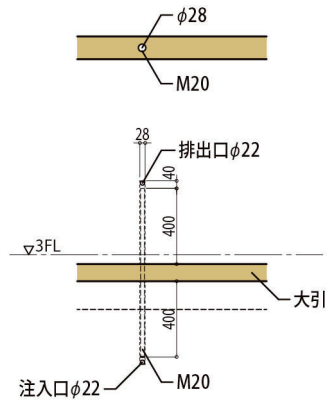


- ② 鉄筋コンクリート造躯体 ~ 木造壁パネル (鉛直方向) 「GIR」

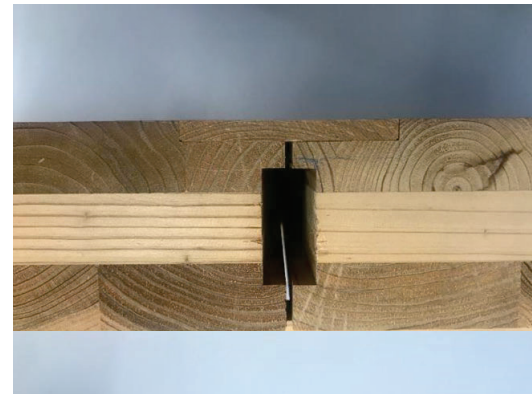
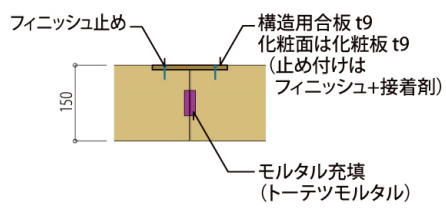




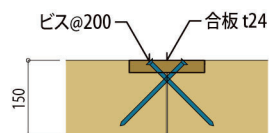
③ 木造壁パネル～木造壁パネル（鉛直方向）  
「GIR」



④ 木造壁パネル～木造壁パネル（水平方向）  
「モルタル接合」



⑤ 木造天井パネル～木造天井パネル  
「スプライン接合」





### 3. CLTユニット工法における遮音床・壁の仕様および遮音性能の性能実証報告

#### (1) 目的

柱・梁がないCLTユニット工法では、CLTパネルからの側路伝搬音が床衝撃音・空気音遮断性能に影響を与え、実験室における床・壁単体の性能よりも低下することが予想されるが、現状ではどの程度性能低下が生じるのかを予測することは困難である。

このため、本施設計画においては、側路伝搬音の影響を含んだ建物としての遮音性能を把握することを目的として、実大試験体における遮音性能試験を実施した。

試験を実施するにあたり、表3.1に示す床衝撃音・空気音遮断性能目標値を用途別に設定し、事前検討により遮音仕様を決定した。

表 3.1 床衝撃音・空気音遮断性能に関する目標値(空室時)

想定用途	空気音遮断性能 隣室・上下間	床衝撃音遮断性能	
		重量	軽量
寮 ホテル（ビジネス） ～本施設に適用	Dr-40 ※建築学会 3 級	Lr-60 ※建築学会 3 級	Lr-50 ※建築学会 2 級
分譲集合住宅 ホテル（シティ） ～将来展開仕様	Dr-50 ※建築学会 1 級	Lr-55 ※建築学会 2 級	Lr-45 ※建築学会 1 級

#### 【参考資料 建築物の遮音性能に関する適用等級と適用等級の意味】

室間平均音圧レベル差に関する適用等級

建築物	室用途	部位	適用 等級			
			特級	1 級	2 級	3 級
集合住宅	居室	隣戸間界壁	D-55	D-50	D-45	D-40
		界床				
ホテル	客室	客室間界壁	D-55	D-50	D-45	D-40
		界床				
事務所	業務上プライバシーを要求される室	室間仕切壁 隣戸間界壁	D-50	D-45	D-40	D-35
学校	普通教室	室間仕切壁	D-45	D-40	D-35	D-30
病院	病室（個室）	〃	D-50	D-45	D-40	D-35

床衝撃音レベルに関する適用等級

建築物	室用途	部位	衝撃源	適用 等級			
				特級	1 級	2 級	3 級
集合住宅	居室	隣戸間界床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60
			軽量衝撃源				L-65*
ホテル	客室	客室間界床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60
			軽量衝撃源				L-60
学校	普通教室	教室間界床	重量衝撃源	L-40	L-45	L-50	L-55
			軽量衝撃源				L-55

\*木造、軽量鉄骨造またはこれに類する構造の集合住宅に適用する

適用等級の意味

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
特級	遮音性能上とくにすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1 級	遮音性能上すぐれている	建築学会が推奨する好ましい性能水準
2 級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3 級	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

（「建築物の遮音性能基準と設計指針」日本建築学会編より）

(2) .試験概要

【試験体】

実大試験体の1F平面図を図3.2.1、断面図を図3.2.2～3.2.3に示す。

2室×2フロアの4室を2室ユニットで構成し、別ユニット間ジョイント部の界壁の遮音性能を検証するため、1室ユニット×2フロア分を2室ユニットの横に配置した。なお、1室ユニット部は、居室部分のみを再現した。

ユニットは居室部と廊下部に用い、水回り部は現地でパネルを建込んだ。1Fは土間コンクリート上に設置した。

CLTパネルは、樹種はスギ・強度区分S60で、天井(床)・屋根は150mm厚(5層5プライ)、壁は120・150・210mm(3層4プライ、5層5プライ、5層7プライ)とした(図3.2.6)。1FCLT壁パネルと土間コンクリート間、1F・2Fの壁パネル間はGIR接合とし、無収縮モルタルを充填した(図3.2.7)。

居室部のユニットは、壁はコッターを設け片面をスプライン接合として無収縮モルタルを充填した(図3.2.8)。居室部の床パネルについては、スプライン接合とした。

屋根仕上は金属屋根、外壁仕上は金属サイディングとした。

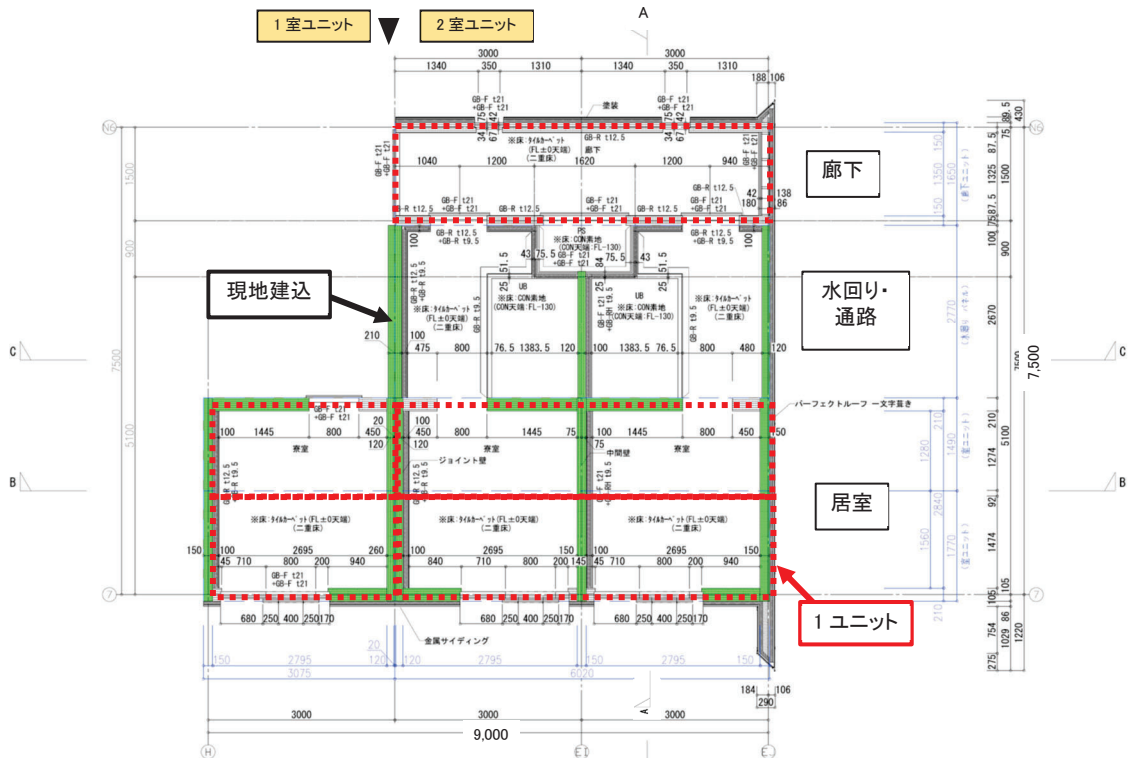


図 3.2.1 実大試験体平面図(1F)



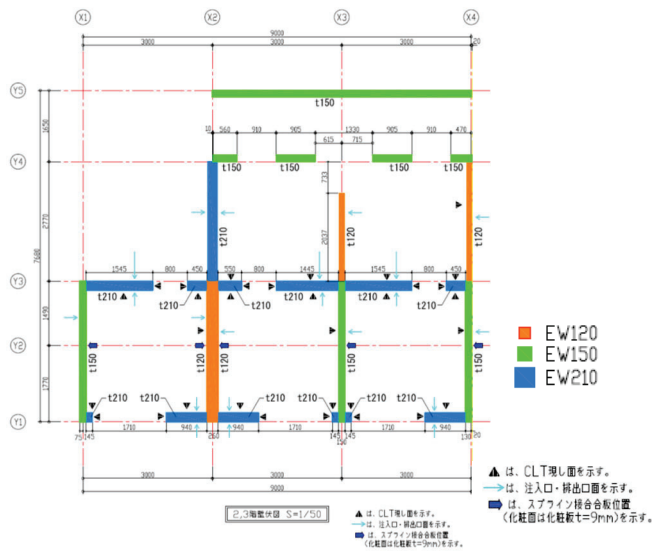


図 3.2.6 壁伏図

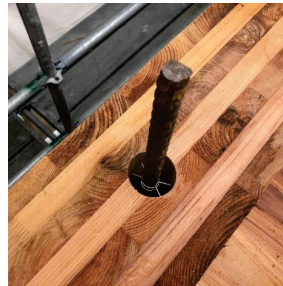
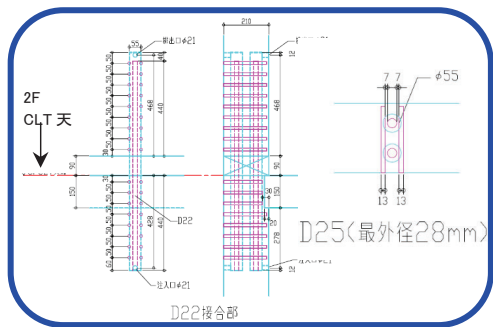
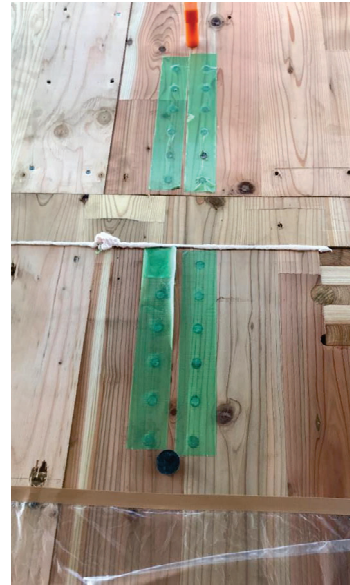
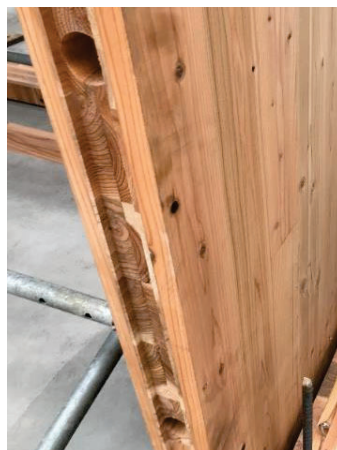
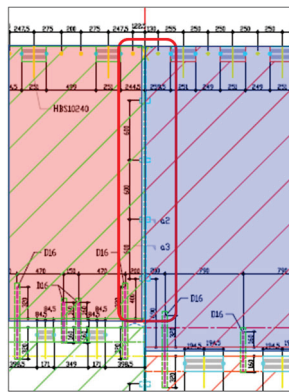


図 3.2.7 上下ユニット間の GIR 接合



コッター部



スプライン接合  
(接着剤+フィニッシュ留)

図 3.2.8 壁パネル接合詳細(コッターに無収縮モルタル充填+片面スプライン接合)



【試験体概要】

①本施設仕様、②集合住宅・直貼り仕様、③集合住宅・二重床仕様、での遮音対策仕様を表 3.1、図 3.2.9～3.2.13 に示す。①・②の湿式浮床は、PS 以外の室内全面と廊下に施工した。②・③の集合住宅仕様については、主に B 室を対象として施工・検証測定を行った。入口扉は 2F-A 室のみ設置し、その他の室は強化石膏ボード t21\*2 枚貼りで塞いだ。バルコニー側サッシは 2F-A・B 室に施工し、その他の室は強化石膏ボード t21\*2 枚貼りで塞いだ。ユニットバスは 2F-A 室に施工し、その他の室はユニットバス部を石膏ボード t9.5 の片面張り壁で区画した。

表 3.1 遮音対策仕様一覧

	①本施設仕様	②集合住宅 直貼り仕様	③集合住宅 二重床仕様
空気音 目標値	Dr-40	Dr-50	Dr-50
床衝撃音 目標値	Lr-60(重量) Lr-50(軽量)	Lr-55(重量) Lr-50(軽量)	同左
2F 床	タイルカーペット t6.5+ 湿式浮床(押えコンクリート t80+GW96kt25*2) CLTt150	同左(タイルカーペットt6.5 又は 防音フローリング(Δ LL(I)-3・ LL-50 相当)	二重床フローリング コンクリート t100 直打 CLTt150 (B 室内全面に施工)
1F 床	二重床(タイルカーペット t6.5)	同左(タイルカーペット又は フローリング)	同左(フローリング)
1F 天井	石膏ボード t12.5*2 仕上げ寸法 200mm (GW24k-t100) 壁支持・中間防振吊り	石膏ボード t15*2 仕上げ寸法 200mm (GW24k-t100) 壁支持・中間防振吊り	同左
2F 天井	石膏ボード t12.5*2 仕上げ寸法 150mm (GW24k-t100)	同左	同左
壁 ユニット中間壁	CLTt150+ 片面独立壁(強化石膏ボード t21+硬質石膏ボード t9.5) 仕上げ寸法 100mm (GW24k-t50)	CLTt150+ 両面独立壁(強化石膏ボード t21+硬質石膏ボード t9.5) 仕上げ寸法 100mm (GW24k-t50)	同左
壁 ユニットジョイント間	CLTt120+ 空気層 20mm + CLTt120 片面独立壁(石膏ボード t9.5+ 12.5) 仕上げ寸法 100mm (GW24k-t50)	CLTt120+ 空気層 20mm + CLTt120 片面独立壁(強化石膏ボード t21+硬質石膏ボード t9.5) 仕上げ寸法 150mm (GW24k-t50)	同左
壁 妻側外壁	A 室:CLTt150 現し C 室:CLTt150+ 片面独立壁(石膏ボード t9.5+ 12.5) 仕上げ寸法 100mm (GW24k-t50)(C 室)	同左	同左

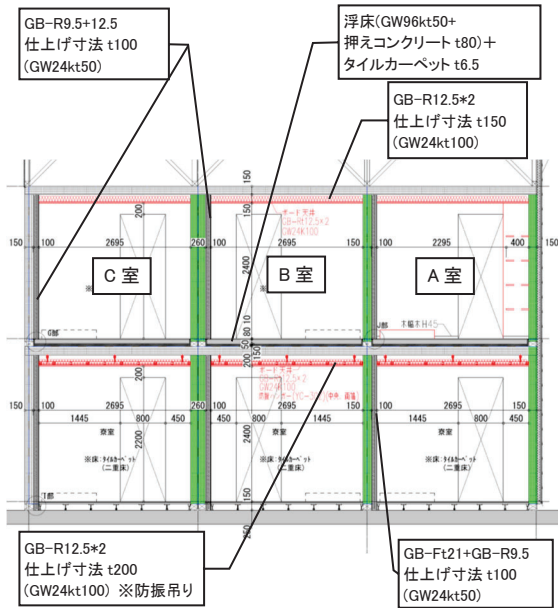


図 3.2.9 本施設仕様(湿式浮床)

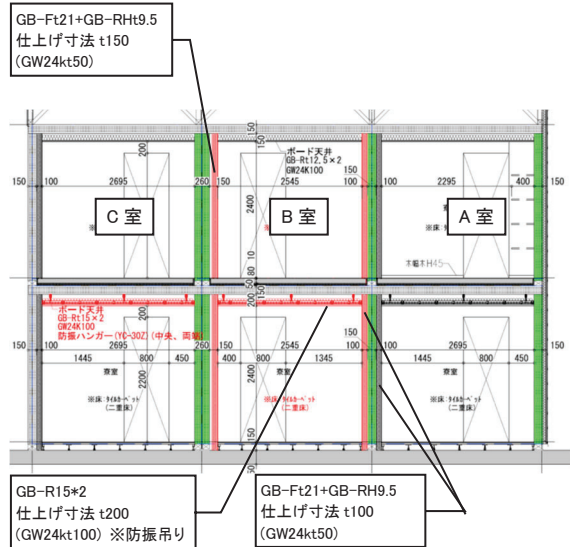


図 3.2.10 集合住宅・直貼り仕様(湿式浮床)

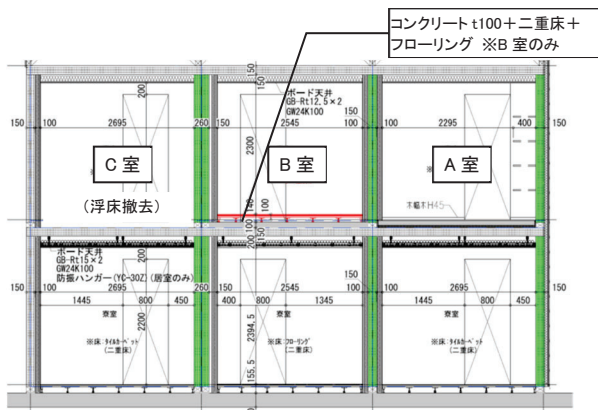


図 3.2.11 集合住宅・二重床仕様

※壁・天井は集合住宅・直貼り仕様と同一。

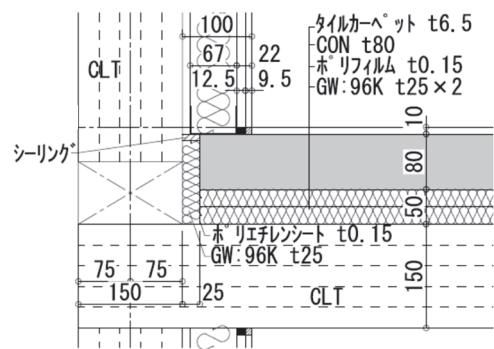


図 3.2.12 湿式浮床仕様詳細

※押さえコンクリートはポリオレフィン系繊維補強コンクリート(メッシュ筋なし)

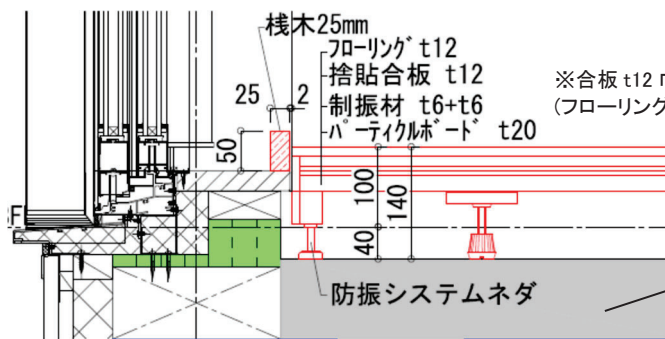


図 3.2.13 集合住宅・二重床仕様詳細(サッシ掃き出し部取合)

※合板 t12 巾木あり (フローリングとの隙間 2mm)

コンクリート t100 (CLT 上に 8φ-90mm のビスを 500mm ピッチで打ちコンクリート 100mm を打設。コンクリートはポリオレフィン系繊維補強コンクリート(メッシュ筋なし。)

## 【測定概要】

### 測定項目

- ①床衝撃音遮断性能(重量・軽量)
- ②空気音遮断性能(上下・隣室間)
- ③受音室内振動加速度レベル分布
- ④CLT床・湿式浮床の振動特性

### 測定時状況

条件0：2F内装施工前・1F天井以外の内装施工済

条件1：条件0+2F湿式浮床施工後

条件2：本施設仕様内装施工後

条件3：集合住宅・直貼り仕様内装施工後(カーペット・フローリング)

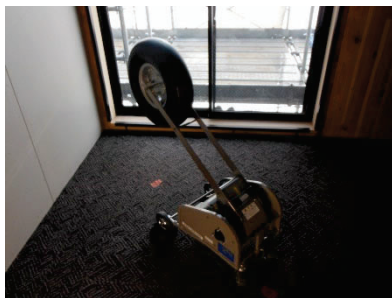
条件4：集合住宅・二重床仕様内装施工後

### 測定日

2021/10/8～2022/2/10

### 測定者

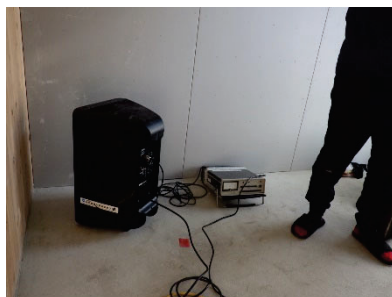
大林組技術研究所都市環境技術研究部、一般財団法人山形県理化学分析センター



重量衝撃源(タイヤ)



軽量衝撃源(タッピングマシン)



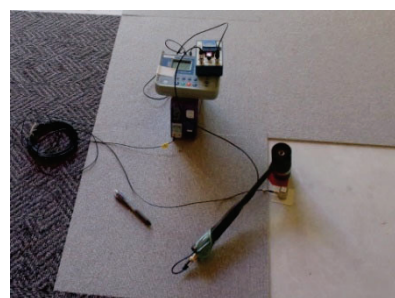
空気音音源装置(スピーカー・雑音発生器)



受音室内騒音計



天井・壁面振動測定機器



インパルスハンマーと振動測定機器

図 3.2.14 測定状況写真

### (3) 試験結果

各内装条件での床衝撃音・空気音遮断性能測定結果の一覧を表 3.3.1 に示す。また、床衝撃音レベル周波数特性を図 3.3.1、室間音圧レベル差周波数特性を図 3.3.2～3.3.3 に示す。

・条件 0 では、Lr 値は重量で Lr-75、軽量で Lr-95 である。Dr 値は、上下で Dr-25～30、2F 隣室間で Dr-25 (ユニット内)・Dr-35 (別ユニット間)、片面ボード独立壁のある 1F 隣室間で Dr-35 (ユニット内)・Dr-40 (別ユニット間) である。

・湿式浮床を施工した条件 1 では、Lr 値は重量で Lr-60、軽量で Lr-55～60 である。湿式浮床の効果は、重量の 63Hz 帯域で 16dB であり、Lr 値は 3 ランク向上している。Dr 値は、上下で Dr-35、2F 隣室間で Dr-30 (ユニット内)・Dr-35 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-35 (ユニット内)・Dr-40 (別ユニット間) である。

・本施設仕様の内装を施工した条件 2 では、Lr 値は重量で Lr-55、軽量で Lr-45～50 であり、目標値を満足する結果である。Dr 値は、上下で Dr-40、2F 隣室間では、Dr-40 (ユニット内)・Dr-45 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-45 (ユニット内)・Dr-45 (別ユニット間) で、目標値を満足する結果である。隣室間の Dr 値は、同一ユニット内よりもジョイントを介した別ユニット間の方が大きく、また 2F よりも 1F の方が大きい。上下室間と 2F 同一ユニット内の隣室間では、Dr 値の決定周波数は 500Hz～2kHz である。

受音室内にベッドマットを設置した測定も別途行ったが、マットによる吸音効果は重量床衝撃音ではなく、軽量の L 数で 3、Dr 数に対しては 1～3 であった。

・集合住宅・直貼り仕様・カーペット仕上げの条件 3-1 では、Lr 値は重量で Lr-55、軽量で Lr-45 である。また、防音フローリング仕上げの条件 3-2 では軽量は Lr-45 であり、Lr 値については、条件 3-1、3-2 とも目標値を満足する結果である。

条件 3-1 での Dr 値は、上下で Dr-40、2F 隣室間で Dr-45 (ユニット内)・Dr-50 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-50 (ユニット内)・Dr-50 (別ユニット間) である。防音フローリング仕上げの場合も同様の結果であるが、上下の Dr 値は Dr-45 である。目標値は、1F 隣室間と 2F の別ユニット間の隣室間では満足するが、上下室間と 2F 同一ユニット内隣室間では目標値より 1～2 ランク低い性能である。

・集合住宅・二重床仕様の内装を施工した条件 4 では、Lr 値は重量で Lr-60、軽量で Lr-55 であり、重量・軽量とも目標値より 1～2 ランク低い性能である。

Dr 値は、上下で Dr-45、2F 隣室間で Dr-45 (ユニット内)・Dr-50 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-50 (ユニット内) である。目標値は、2F の別ユニット間の隣室間では満足するが、上下室間と 2F 同一ユニット内隣室間では目標値より 1 ランク低い性能である。



表 3.3.1 測定結果一覧

仕様			本施設仕様			集合住宅・直貼り仕様		集合住宅・ 二重床仕様
			条件 0	条件 1	条件 2	条件 3-1	条件 3-2	条件 4
内装仕様	2F 床		CLT 素面	浮床(カ)	浮床(カ)	浮床(カ)	浮床(フ) (B 室)	直 CON 二重床(フ) (B 室)
	独立壁(2F)		-	-	片面	両面	両面	両面
	独立壁(1F)		片面	片面	片面	両面	両面	両面
	1F・2F 天井		-	-	GB-R12.5*2	GB-R15*2	GB-R15*2	GB-R15*2
床衝撃音	重 量	A	Lr	75 (76)	60 (60)	55 (57)	-	-
		B		75 (75)	60 (59)	55 (55)	55 (55)	-
	軽 量	A	Lr	95 (97)	60 (59)	45 (46)	-	-
		B		95 (97)	55 (56)	50 (49)	45 (45)	45 (44)
空気音 (上下)	A	Dr	30 (28)	35 (35)	40 (38)	-	-	
	B		25 (27)	35 (37)	40 (40)	40 (42)	45 (45)	
空気音 (隣室)	2F	A→B	Dr	25 (24)	30 (29)	40 (39)	45 (46)	45 (46)
		C→B		35 (35)	35 (34)	45 (43)	50 (49)	50 (49)
	1F	A→B	Dr	35 (36)	35 (37)	45 (44)	50 (49)	50 (49)
		C→B		40 (42)	40 (42)	45 (46)	50 (51)	50 (51)

※1) 数値は Lr 値・Dr 値でカッコ内は 1dB ピッチで評価した場合の L 数・D 数を示す。網掛け部は目標値を満足する値。

※2) 表中の(カ)(フ)はカーペット仕上げ・フローリング仕上げを示す。

※3) 条件 1 では、軽量床衝撃音のみ加振位置にタイルカーペットを置き測定。

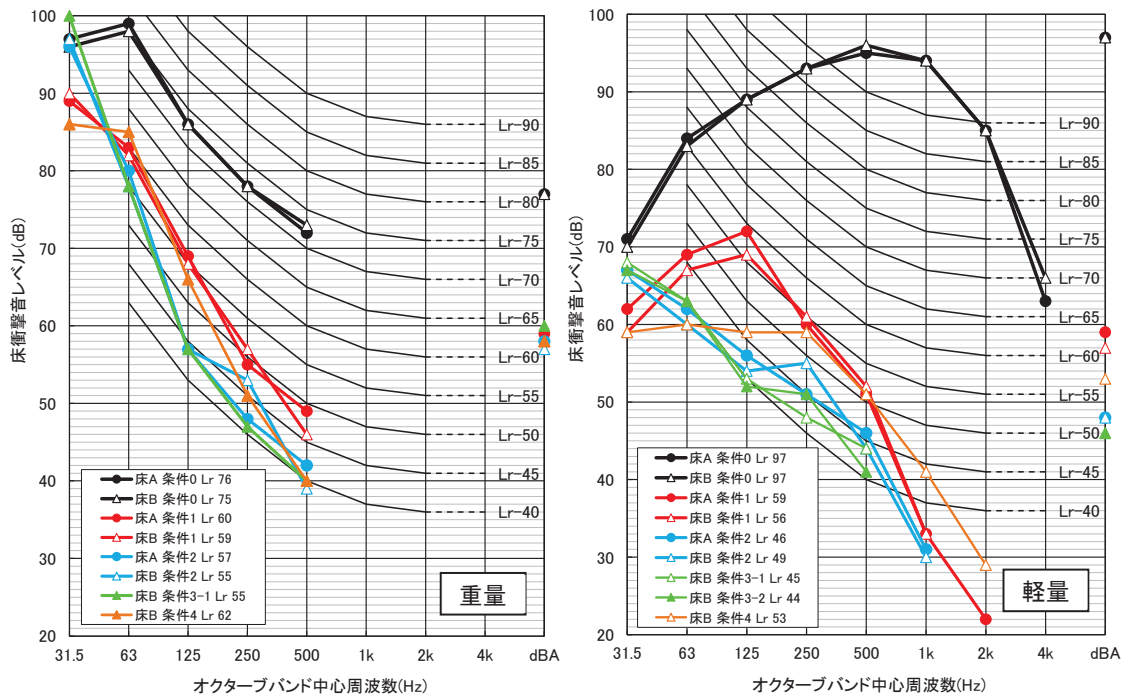


図 3.3.1 床衝撃音レベル測定結果(凡例はL数で表記)

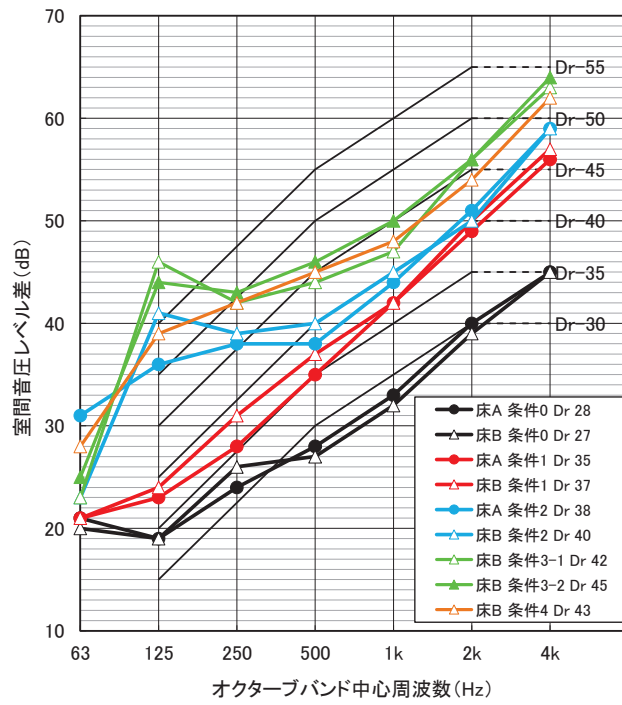


図 3.3.2 上下室間音圧レベル差測定結果 (凡例は D 数で表記)

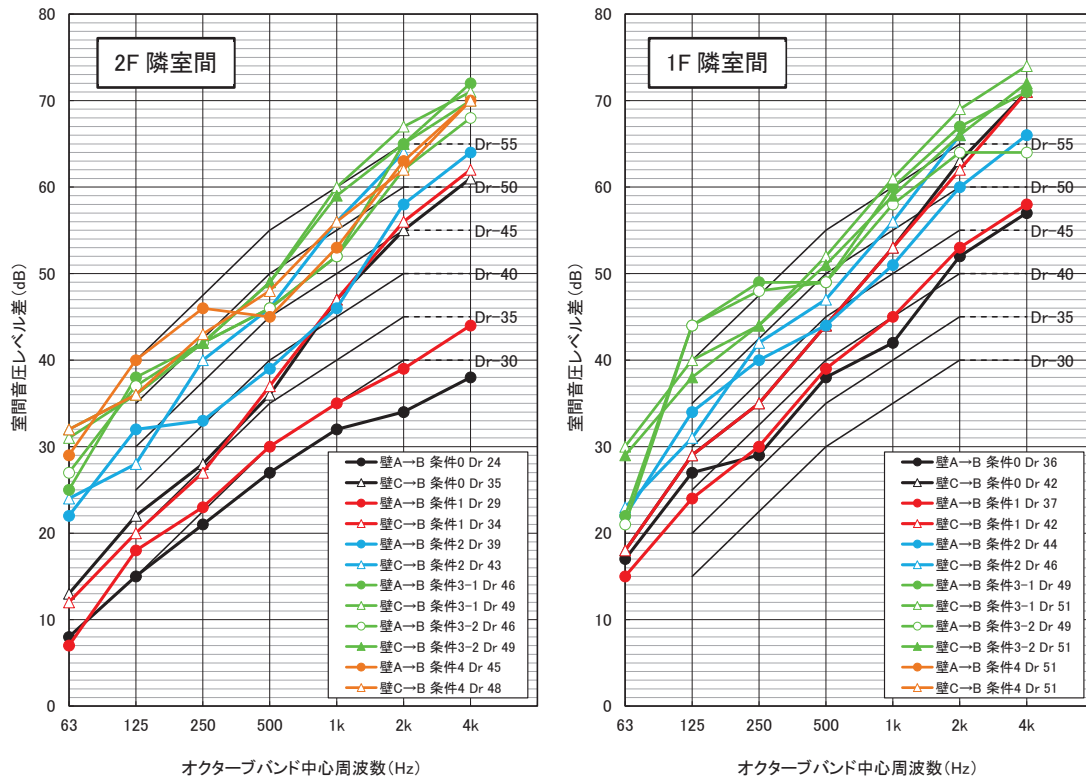


図 3.3.3 隣室間音圧レベル差測定結果 (凡例は D 数で表記)

条件2のB室での上下室間音圧レベル差と2FA室→B室の隣室間音圧レベル差測定時に、受音室内の壁・天井各面で振動加速度レベルを測定した結果を図3.3.4～3.3.5に示す。なお、各面とも測定は2点で行い、2点のエネルギー平均値を示している。

- 上下室間音圧レベル差測定時には、500Hz以上ではUB側CLT面と戸境CLT面の方が天井ボード面よりも発生振動が大きく、周波数が高くなるとその傾向がより顕著となり、1kHzでの差は約15～20dBである。

上下室間のDr値は500Hz～2kHzが決定周波数であるが、振動測定結果から、CLT現し面の側路伝搬音の影響が大きいといえる。

- 2F隣室間音圧レベル差測定時には、250Hz以上では戸境CLT面の振動が最も大きく、周波数が高くなるとUB側CLT面も他の面よりも大きくなっている。隣室間のDr値も500Hz～2kHzが決定周波数であり、上下室間同様、CLT現し面の側路伝搬音がDr値に影響を与えていると考えられる。

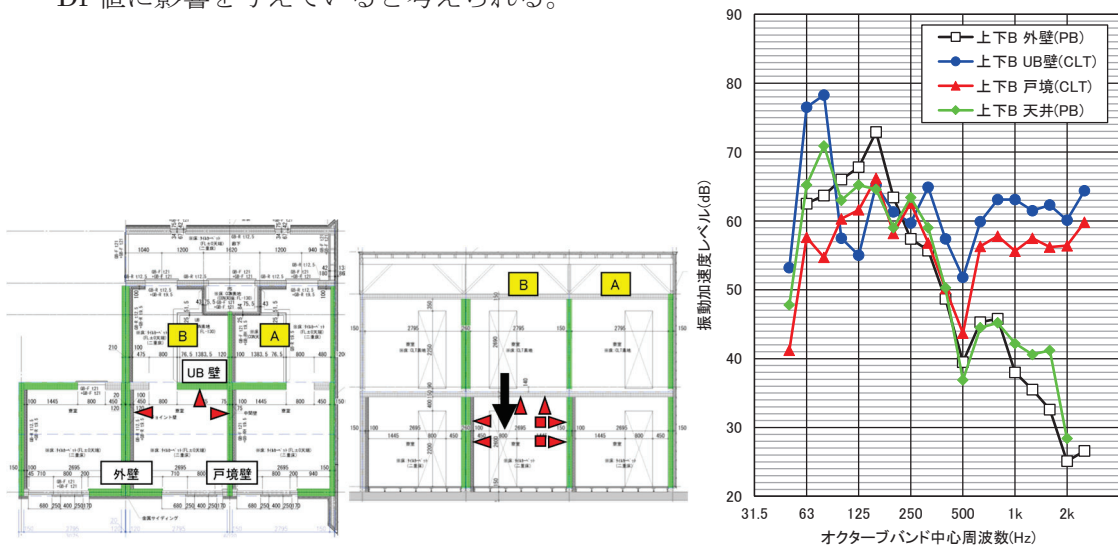


図 3.3.4 B 室上下室間音圧レベル差測定時の振動測定位置と振動測定結果

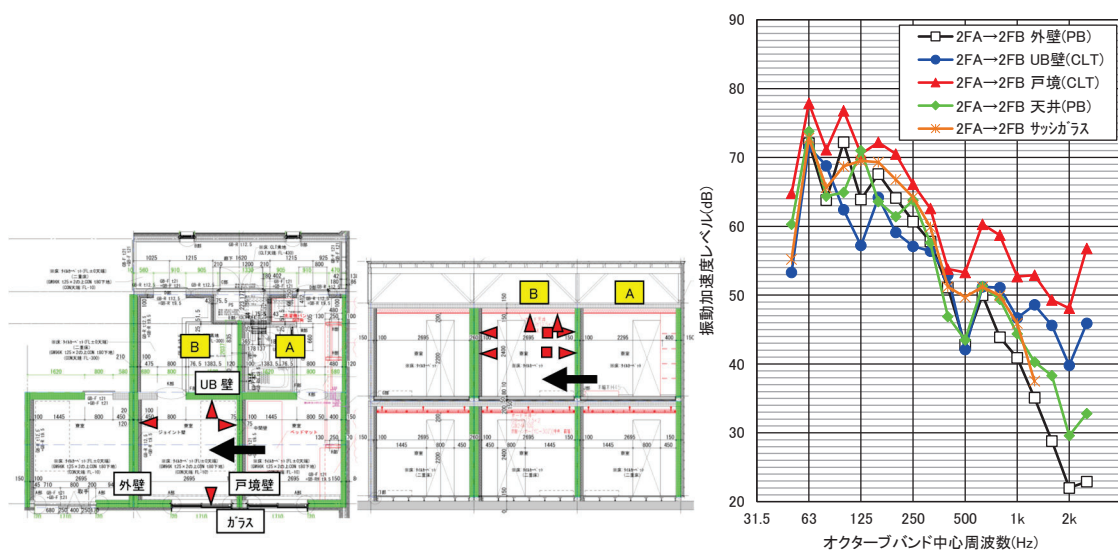


図 3.3.5 2FA 室→B 室間音圧レベル差測定時の振動測定位置と振動測定結果

条件0での2FCLT床素面と条件1での2F湿式浮床面での駆動点インピーダンスレベル測定結果を図3.3.7~3.3.8に示す。

- CLT床面での1次固有振動数は、A室・B室では43Hzで、C室では45Hzと若干高くなっている。A室とB室の対称な位置での測定結果は、ほぼ同様の周波数特性である。C室は1次固有振動数での落ち込みがA・B室よりやや大きく、1室ユニットであることで2室ユニットのA・B室よりも振動の逸散効果による減衰が小さいためと考えられる。
- 湿式浮床の固有振動数は各室とも22Hz付近に見られ、周波数が高くなると共振・半共振の山谷が現れる特性となっている。

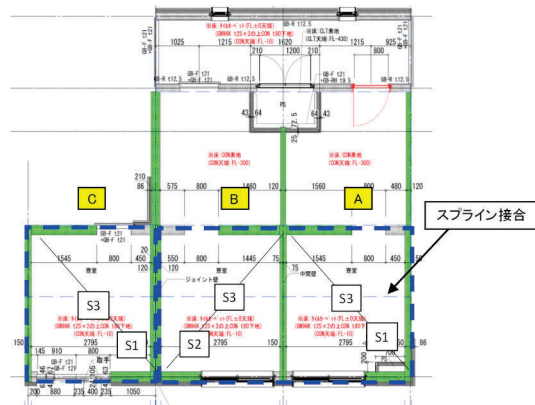


図 3.3.6 2F床面での駆動点インピーダンスレベル測定位置

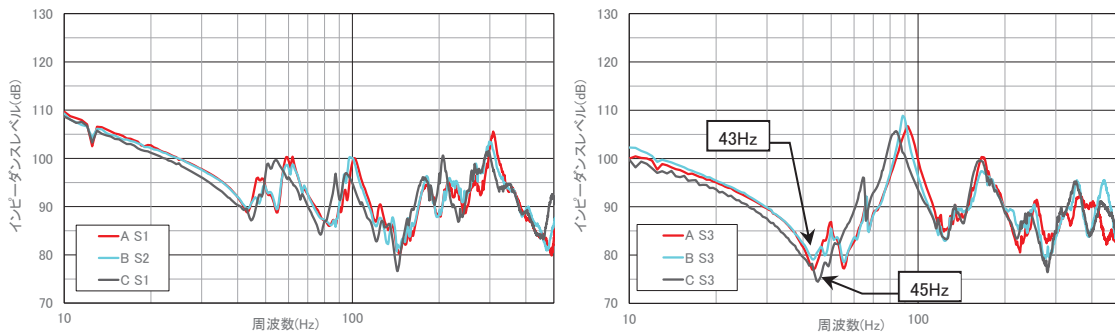


図 3.3.7 2F各室CLT床面の駆動点インピーダンスレベル測定結果(条件0)

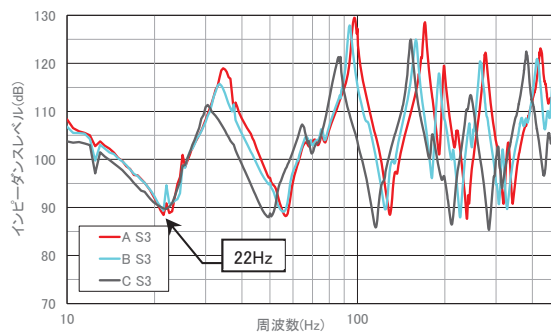


図 3.3.8 2F湿式浮床面の駆動点インピーダンスレベル測定結果(条件1)



(4) まとめ・今後の課題

【本施設仕様の床衝撃音・空気音遮断性能測定結果】

- ・本施設仕様の内装を施工した場合、Lr 値は重量で Lr-55、軽量で Lr-45～50 であり、目標値を満足する結果であった。湿式浮床の効果は、重量に対して 63Hz 帯域で 16dB と大きな効果が得られた。
- ・Dr 値は上下室間で Dr-40 であり、目標値を満足する仕様であった。
- ・2F 隣室間では、Dr-40 (ユニット内)・Dr-45 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-45 (ユニット内)・Dr-45 (別ユニット間) であった。
- ・本施設では備品としてベッド等の家具が設置される予定であり、家具が設置された場合には吸音効果により、Dr-40～Dr-45 の性能になると予想される。
- ・隣室間の Dr 値は、同一ユニット内よりも、ジョイントを介した別ユニット間の方が高い性能であった。これは、別ユニット間の場合には、側路伝搬音の影響が小さくなるためと考えられる。

【集合住宅・直貼り仕様の床衝撃音・空気音遮断性能測定結果】

- ・集合住宅・直貼り仕様のタイルカーペット仕上げでは、Lr 値は重量で Lr-55、軽量で Lr-45 であった。また、直貼り防音フローリング仕上げでは、軽量は Lr-45 であり、Lr 値については床仕上げに関わらず、目標値を満足する結果であった。
- ・Dr 値は、上下室間で Dr-40、2F 隣室間で Dr-45 (ユニット内)・Dr-50 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-50 (ユニット内)・Dr-50 (別ユニット間) であった。目標値は、1F 隣室間と 2F の別ユニット間の隣室間では満足するが、上下室間と 2F 同一ユニット内隣室間では目標値より 1～2 ランク低い性能であった。上下・隣室間とも、250Hz～1kHz 帯域の性能が低下する周波数特性で、主な原因は CLT 現し面からの側路伝搬音の影響であり、より性能を上げるには、CLT 壁面を内装材で覆う等の対策が必要である。

【集合住宅・二重床仕様の床衝撃音・空気音遮断性能測定結果】

- ・集合住宅・二重床仕様では、Lr 値は重量で Lr-60、軽量で Lr-55 であり、重量・軽量とも目標値より 1～2 ランク低い性能であった。今回の床仕様は CLTt150+コンクリート 100mm であったが、より性能を上げるには、CLT・コンクリートを厚くし、また軽量床衝撃音対策も併用する必要がある。
- ・Dr 値は、上下室間で Dr-45、2F 隣室間で Dr-45～50 (ユニット内)・Dr-50 (別ユニット間)、1F 隣室間で Dr-50 (ユニット内) であった。集合住宅・直貼り仕様と同様に、CLT 現し面からの側路伝搬音の影響が大きく、より性能を上げるには、CLT 壁面を内装材で覆う等の対策が必要である。

#### 4. 工法の違いによる工期、コスト等の比較検討

(1) 本事業で実証したCLTユニット工法を用いた建築物と、CLTパネル工法を用いる場合の建築物の工期、コスト等に関する比較を以下に示す。

項目	木造			木造				
構造	CLTパネル工法			CLTユニット工法				
規模	1F RC造、2F3F 木造			1F RC造、2F3F 木造				
延べ面積 (m2)	3,360			3,360				
イメージ写真								
工程	RC躯体工事 (基礎、1F) -大引き-CLT壁-CLT床-接合部固定 -内外装仕上工事			RC躯体工事 (基礎、1F) -大引き-CLTユニット-接合部固定 -内外装仕上工事				
比較内容	CLT建て方から内外装仕上工事前まで			CLT建て方から内外装仕上工事前まで				
工事費	建築工事	躯体工事	躯体工事	1式	431,900,000	躯体工事	1式	431,900,000
		木造軸組工事	CLT材料費	810m3	80,170,000	CLT材料費	810m3	80,170,000
			CLT工場加工費	810m3	10,440,000	CLT工場加工費	810m3	10,440,000
			CLT工場組立費	0m3	0	CLT工場組立費	810m3	5,560,000
			CLT養生塗装費	810m3	4,960,000	CLT養生塗装費	810m3	4,960,000
			CLT現場接合費	1式	9,300,000	CLT現場接合費	1式	6,900,000
			CLT施工図	1式	5,110,000	CLT施工図	1式	5,110,000
			CLT輸送費	810m3	8,240,000	CLT輸送費	810m3	12,690,000
			接合金物	1式	5,110,000	接合金物	1式	5,110,000
			小屋組み	1式	4,920,000	小屋組み	1式	4,920,000
			CLT建て方費	1式	10,800,000	CLT建て方費	1式	6,000,000
		GIRアンカー接合費	1式	50,240,000	GIRアンカー接合費	1式	50,240,000	
		木造軸組工事仮設費	1式	7,400,000	木造軸組工事仮設費	1式	7,400,000	
		内外装仕上工事	内外装仕上工事	1式	452,300,000	内外装仕上工事	1式	452,300,000
設備工事	設備工事	1式	497,300,000	設備工事	1式	497,300,000		
その他 (他工事)	その他 (他工事)	1式	253,700,000	その他 (他工事)	1式	247,700,000		
合計	合計	1式	1,831,890,000	合計	1式	1,828,700,000		
		m2あたり単価	545,205	m2あたり単価	544,256			
工期	14.25カ月			13カ月				
CLT建て方工期	2.25カ月			1カ月				

工期について、ユニット工法は工場にてユニット化されるため、現場での建て方・接合に必要な作業員数を少なく抑えることが可能となり、かつ建て方日数もパネル工法に対し、1ヶ月強程度短縮することができる。結果として全体工期もパネル工法14.25ヶ月に対し、13.0ヶ月と1ヶ月強の短縮が可能となる。

コストについて、ユニット工法は工場組立費、輸送費が増えるが、現場建て方費（労務費＋建て方重機費ほか）や全体工期短縮による共通仮設費および経費の圧縮により、その効果は小さいが圧縮が可能となる。

その他、施工面では、以下の効果が期待される。

- ・工場組立のため高品質化が期待できる。
- ・少ない作業員数で施工可能なため、労務不足が懸念される今後の建設業界に対し、対応可能な工法として期待できる。
- ・現場での接合作業が減るため、工事中近隣への振動騒音等の低減が可能である。

## 5. ワンモデルBIMの活用

設計情報を1つのモデルに統合するワンモデルによるBIMを活用し、求積やCLT数量算出の自動化による効率化を図った。今後の施工においてもBIMを一貫利用することで、業務プロセス全体の最適化を図る。

2.5 (個人) / studioK0IVU一級建築士事務所

事業名	名古屋市長金山耐火木造オフィス新築工事の設計実証・部材の性能実証とウッドシティーの設計実証		
実施者(担当者)	個人 (studioK0IVU一級建築士事務所)		
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301番	
	構造・工法	木造軸組工法+CLT壁(耐力壁)	
	階数	4(オフィス棟、研究棟、集合住宅棟)	
	高さ(m)	12.868(オフィス棟)	
	軒高(m)	11.99(オフィス棟)	
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	44.66(オフィス棟)/51.90m <sup>2</sup> (研究棟)/51.89m <sup>2</sup> (集合住宅棟)	
	建築面積(m <sup>2</sup> )	31.72(オフィス棟)/39.36(研究棟)/38.91(集合住宅棟)	
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	121.8(これ以降は、オフィス棟の情報)	
	階別面積	1階	30.46
2階		31.72	
3階		31.72	
4階		27.90	
CLTの仕様	CLT採用部位	耐力壁	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )	加工前製品量6.587m <sup>3</sup> 、建築物使用量5.866m <sup>3</sup>	
	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(CL T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(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CL T以外とする	26.7382m <sup>3</sup> (構造部材) 3.6215m <sup>3</sup> (構造用合板) 9.1659m <sup>3</sup> (下地材) 2.1272m <sup>3</sup> (仕上材)	
仕上	主な外部仕上	屋根	超耐久性TPOフィルムラミネート鋼板(t=0.4)防水工法
		外壁	耐磨ガルバリウム鋼板(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+GW24k(100)+PB21×2
天井	木天井下地+PB9.5		
構造	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	
防火	問題点・課題とその解決策	・耐力壁の靱性が低い	
	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/m <sup>2</sup> ・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重天井として耐火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8月~2022年1月(6ヵ月)	
	施工期間	CLT躯体施工期間	2022年9月上旬~2022年9月中旬(1週間)*予定
			2022年7月~2022年12月(6ヵ月)*予定
	竣工(予定)年月日	2022年12月24日	
体制	発注者	個人	
	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 稲葉伸一、studioK0IVU一級建築士事務所 坂口友希夫	
	構造設計者	(株)三四五建築研究所 稲葉伸一/椋山女学園大学 清水秀丸	
	施工者	(株)なかむら建設 中村貴司/(株)ザインソウハウス 伊藤 卓哉	
	CLT供給者	(株)銘建工業 車田慎介	
	ラミナ供給者	(株)銘建工業 車田慎介(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・部材の性能実証と  
ウッドシティーの設計実証

建築主等／協議会運営者：（個人）／studio KOIVU 一級建築士事務所

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（㎡）	31.72/39.36/38.91
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（m <sup>3</sup> ）		加工前製品量 6.587 m <sup>3</sup> 、建築物使用量 5.866 m <sup>3</sup>		
CLTを除く木材使用量（m <sup>3</sup> ）		26.7382 m <sup>3</sup> （構造部材） 3.6215 m <sup>3</sup> （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11月～2022年2月（4ヵ月）		
施工期間		2022年7月～2022年12月（6ヵ月）		
CLT躯体施工期間		2022年9月上旬～2022年9月中旬（1週間）		
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

都市部で中層木造建築物（4階～6階）の普及を促進する木造オフィスの基本計画を進めているが、新たな構工法の開発と詳細設計が必要である。また、プレファブリックな木造軸組+高耐力のCLT耐力壁のシステム開発、プレファブリックな施工方法を含めた詳細な検証をし、木造建築の普及やコスト競争力の強化に繋げる。さらに、本事業では、複数の木造建築が連動する木造ブロックによる「ウッドシティー」を構想し、木造まちづくりを推進する具体的な方策を示すことを目的とする。また、CLTによる利用者への価値訴求として、心理的・身体的効果だけでは不十分であるため、CLTによる経済性や生産性について調査し、木造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) studioKOIVU 一級建築士事務所 坂口友希夫/ 塩原拓

(意匠設計) (株) 三四五建築研究所 稲葉伸一/ studioKOIVU 一級建築士事務所 坂口友希夫

(構造設計) (株) 三四五建築研究所 稲葉伸一/ 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/ 材惣木材 平野成章

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

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

### 4. 課題解決の方法と実施工程

意匠・構造設計について、三四五建築研究所、studioKOIVU 一級建築士事務所、椋山女学園大学が中心となり耐火木造の仕様検討と設計を行った。施工方法は、なかむら建設、ザイソウハウス、材惣木材が検討した。CLT 耐力壁の構造実験は、椋山女学園大学、ライン工業、スクリムテックジャパン、富山木材研究所が面内せん断実験を実施した。また、CLT による利用者の生産性や経済性について、日本福祉大学、銘建工業が環境実験を行った。ウッドシティ構想について、studioKOIVU 一級建築士事務所を中心に計画をまとめた。

<協議会の開催>

2021 年 10 月 第 1 回：詳細設計仕様決定、部材実験日程確定、ウッドシティー構想検討

11 月 第 2 回：環境実験の検討と決定、各実験前確認、  
ウッドシティー土地利用計画

12 月 第 3 回：各実験実施と実験結果確認、ウッドシティーの建物用途検討

2022 年 1 月 第 4 回：実験結果に基づく構造計算と環境指標データ分析

2 月 第 5 回：実証事業の取りまとめと将来課題の検討

<設計>

2021 年 10 月：詳細設計を進める上での課題の洗い出し、ウッドシティー構想検討

11 月：詳細設計の進行と進捗確認、ウッドシティー土地利用計画

12 月：意匠における耐力壁パネルの納まり及び構造設計の検討、  
ウッドシティーの建物用途検討

2022 年 1 月：詳細設計のまとめ、施工業者への見積依頼、ウッドシティーの計画まとめ

2 月：詳細設計のまとめと詳細図の作成

<性能確認>

2021 年 10 月：詳細実験の仕様決定とスケジュールの確定

11 月：実験前の確認、耐力壁パネルの仕様について確認

12 月：実験前の確認と面内せん断試験の実施、耐力壁パネルの試験体三体を制作

2022 年 1 月：ばらつき係数を得る上で CLT 耐力壁試験体三体の実験を実施

2 月：実験結果によるシミュレーションとまとめ

## 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。

### A) 都市部にて中層木造建築を実現する際の耐火設計及び合理的な施工方法の検討

CLT パネルと柱を工場で一体化した耐力壁を作成し、建設現場では軸組とボルト接合で緊結する合理的な施工方法を検討した。防耐火設計は、耐力壁は告示仕様（H12 建設省告示第 1399 号）とし、工事現場にて施工する。柱・梁などは日本木造住宅産業協会の認定仕様により防耐火性能を確保する。

### B) 中層耐火木造建築と S 造のコスト比較

仮設工事では差はないが、狭小地であるため割高となった。地業工事や基礎工事では、建物が軽量な木造建築でコストダウンが期待できる結果となった。特に、敷地の地盤状況にもよるが、表層改良で済む場合は鉄骨造に比べて木造のコスト優位性が高まる。一方で、構造材費をみると、ウッドショックによる木材価格の上昇の影響が大きい。本事業では、CLT 耐力壁を工場で施工する形式とし、現場の手間も減らしてコストダウンを図っているが、建物自体がそれほど大きくないため、コストダウンの影響は限定的であった。

### C) 木造軸組＋高耐力の CLT 耐力壁の強度と壁倍率の実験、パネルのプレハブ化の検討

CLT パネルと柱を一体化したユニットを工場で組み立て、建設現場では軸組とボルト接合で緊結する CLT 耐力壁を開発した。この耐力壁の面内せん断実験を 3 体実施し、ばらつきを考慮した短期基準せん断耐力は終局耐力により決定され、25.88kN（壁倍率 14.5 相当）であることを確認した。

### D) 本事業による木造オフィスと連動した複数の木造建築による「ウッドシティー」を構想し、木造による街並みの形成や CLT によるまちづくりの推進の検討

本事業では、3 つの中層木造を同ブロックに形成することで、木造による街並みに繋がる「ウッドシティー」を検討した。木が外観に現れる意匠によって、日常的に木のある風景がみられ、木をより身近に感じられる効果が期待できる。

### E) CLT 空間における利用者の生産性や CLT に対する経済性について調査と実証

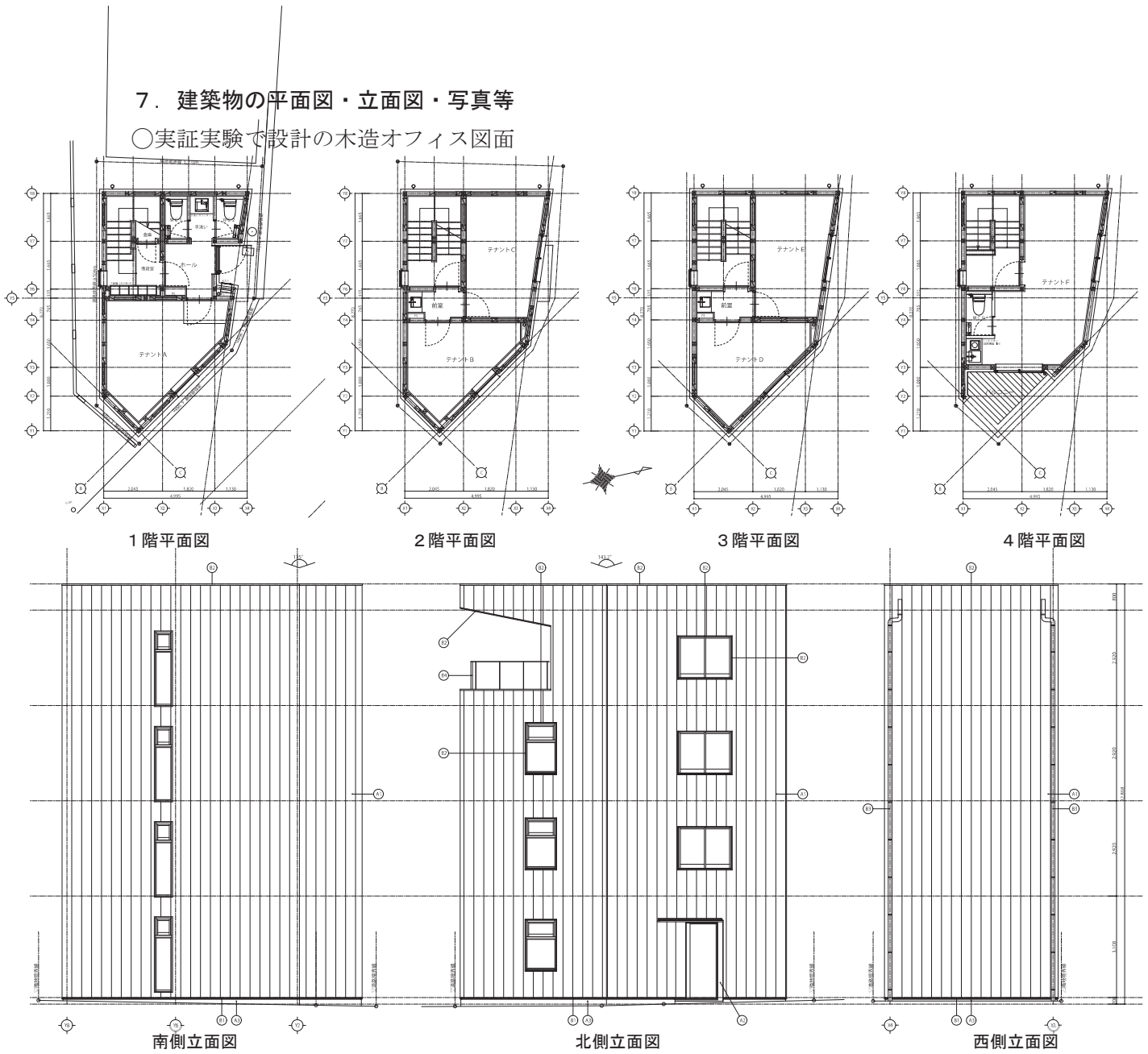
CLT 空間では、木質空間と比較して作業量が有意に増加しており、生産性が向上していると考えられる。また、創造性において、課題に囚われない自由な回答の項目で CLT 空間が有意に高いことから、CLT の現しが創造性の向上にも寄与していると考えられる。さらに、経済性をみると、CLT 空間は木質空間に対して支払意思額が有意に高い結果が得られた。

## 6. 本実証により得られた成果

本事業では、中層耐火木造建築の詳細設計を行い、標準モデルが得られた。また、工場施工の CLT 耐力壁の施工性の向上を図ったことで、より普及に繋がり易い仕様を検討した。また、複数の木造建築を連動させた「ウッドシティー」を構想し、CLT の現しに関する肯定的な効果に関するデータも収集したことで、将来的に CLT の付加価値を高めつつ、木造によるまちづくりを推進していく上でのデータや具体的な事例を得ることができた。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等

○実証実験で設計の木造オフィス図面



○ウッドシティ構想について

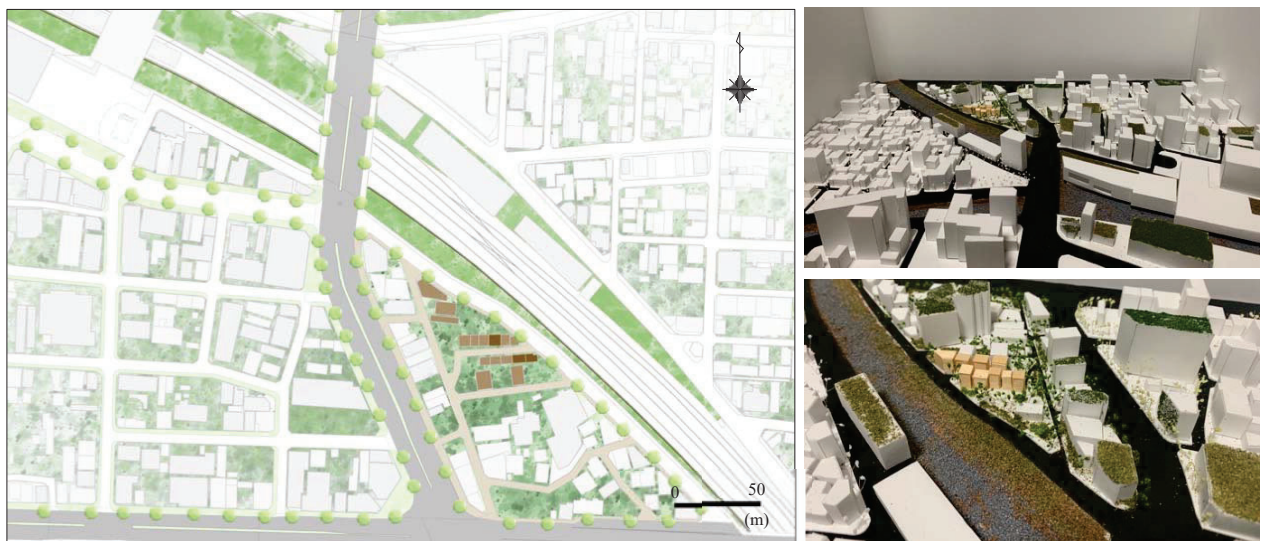


図1 ウッドシティ構想 概要資料

令和3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・部材の性能実証と  
ウッドシティーの設計実証  
成果物

Urban-CLT 研究会

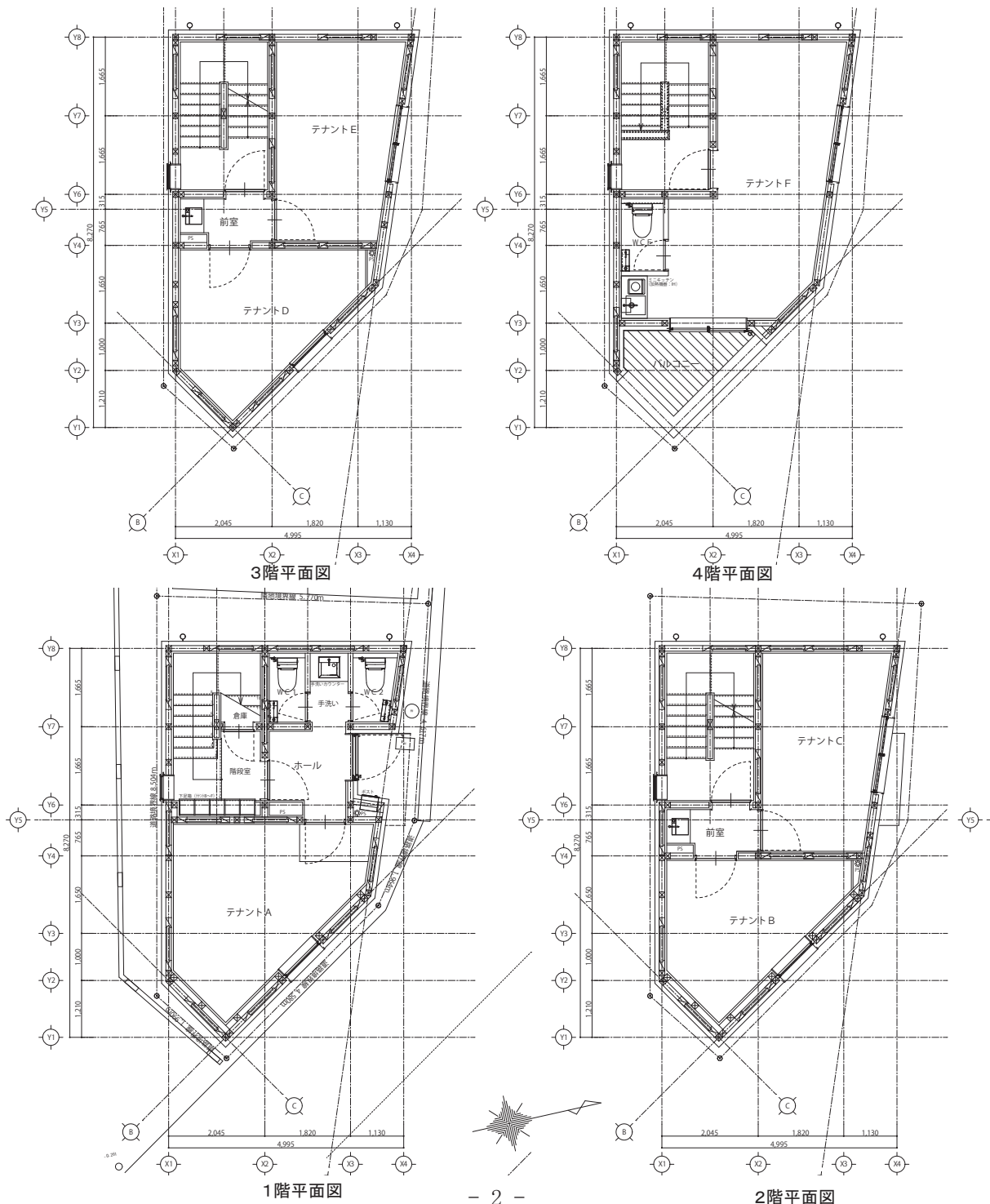


## 1. 課題とテーマ

- A) 都市部にて中層木造建築を実現する際の耐火設計及び合理的な施工方法の検討
- B) 中層耐火木造建築とS造のコスト比較
- C) 木造軸組+高耐力のCLT耐力壁の強度と壁倍率の実験、パネルのプレハブ化の検討
- D) 本事業による木造オフィスと連動した複数の木造建築による「ウッドシティ」を構想し、木造による街並みの形成やCLTによるまちづくりの推進の検討
- E) CLT空間における利用者の生産性の向上やCLTに対する経済性について調査と実証

## 2. テーマ毎の成果物

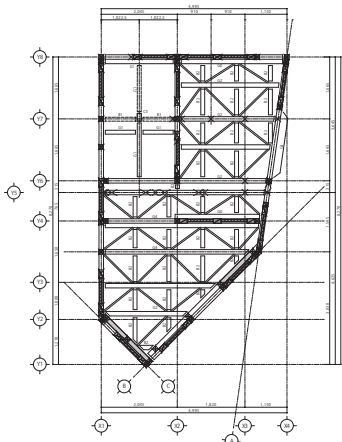
- A) 都市部にて中層木造建築を実現する際の耐火設計及び合理的な施工方法の検討  
本事業にて計画を進めてきた設計図面を成果物として下記に示す。



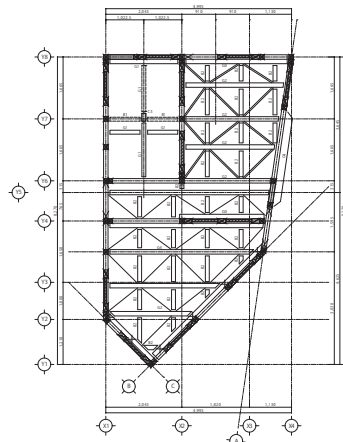




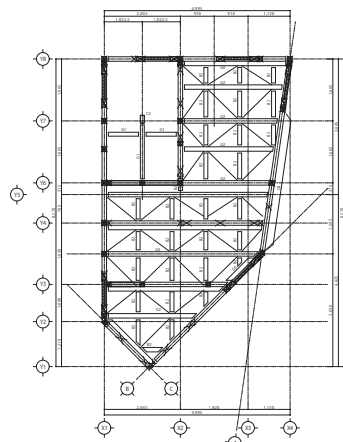
矩計図2



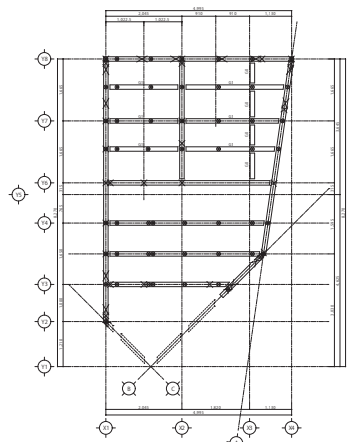
2階床梁伏図



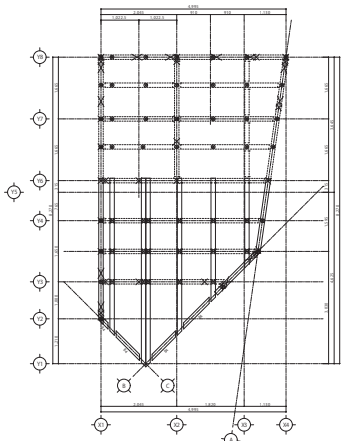
3階床梁伏図



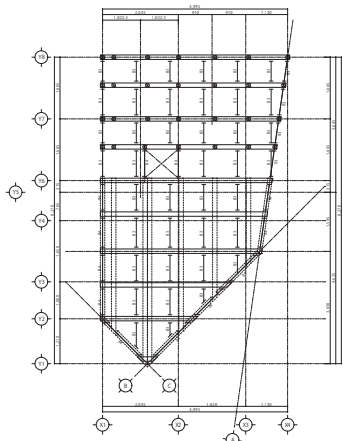
4階床梁伏図



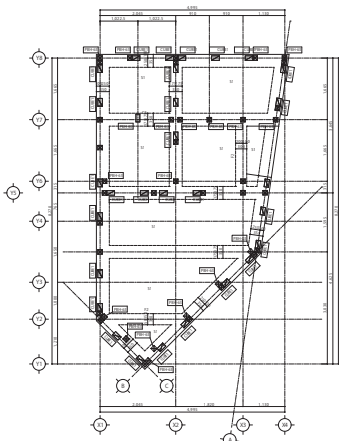
R階床梁伏図



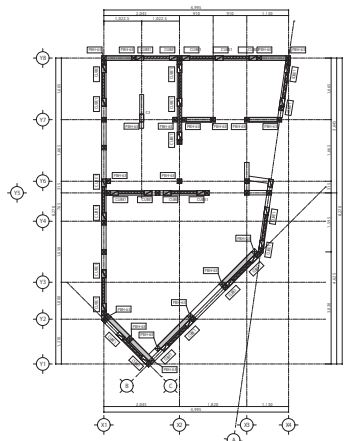
小屋伏図



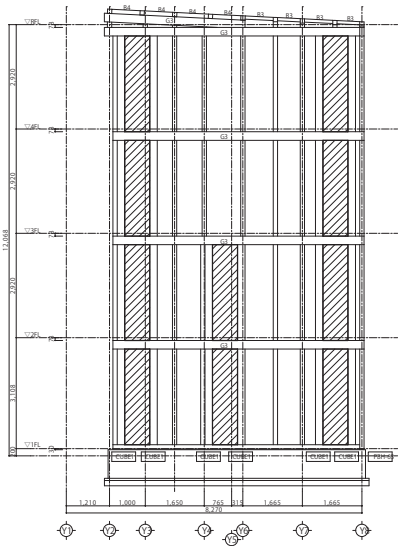
母屋伏図



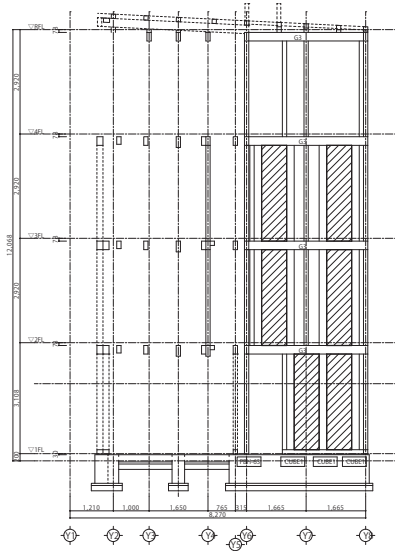
基礎伏図



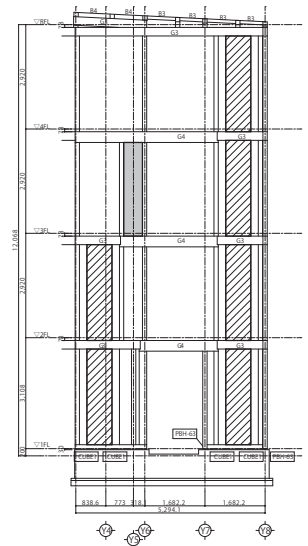
土台伏図



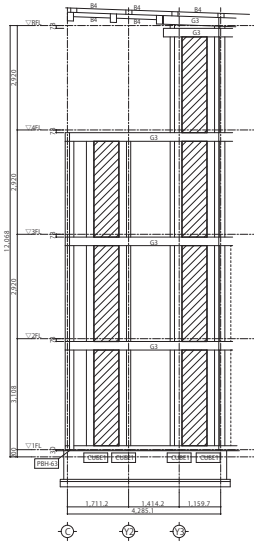
X1通り軸組図



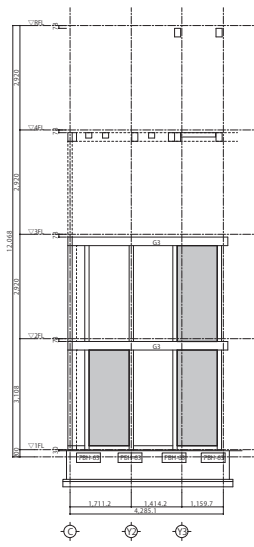
X2通り軸組図



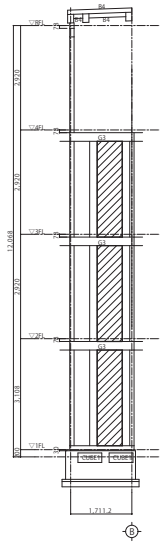
A通り軸組図



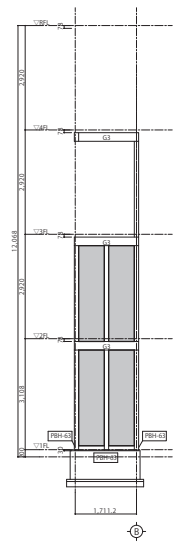
B通り軸組図



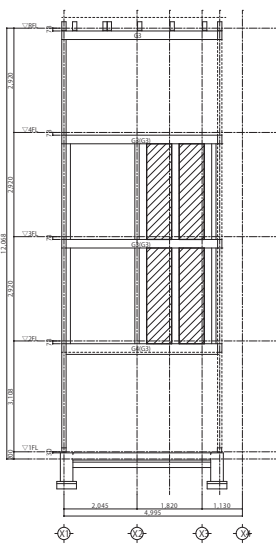
(B通り軸組図)



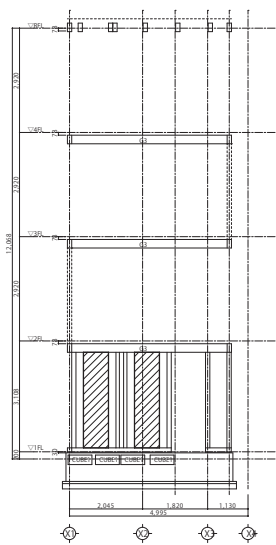
C通り軸組図



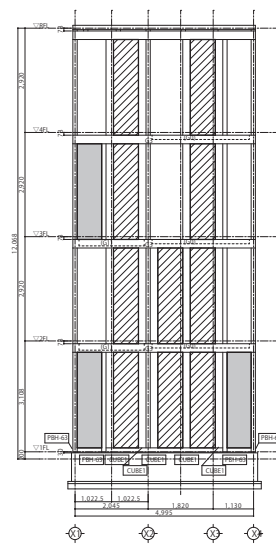
(C通り軸組図)



Y4通り軸組図



Y5通り軸組図

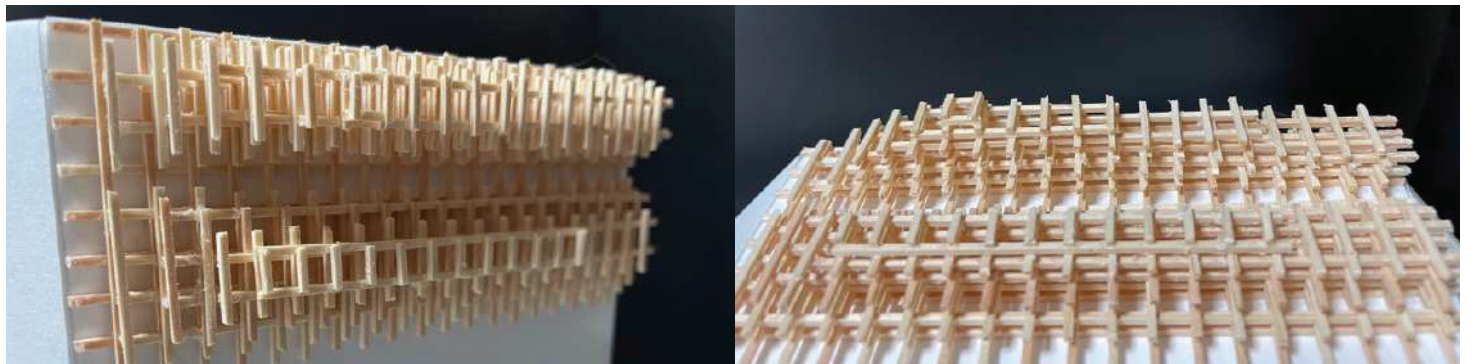
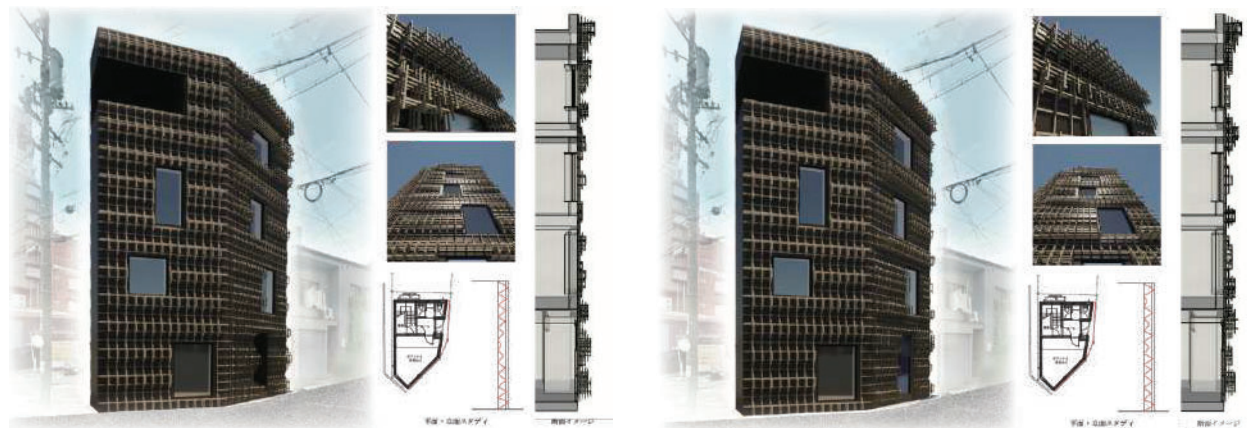
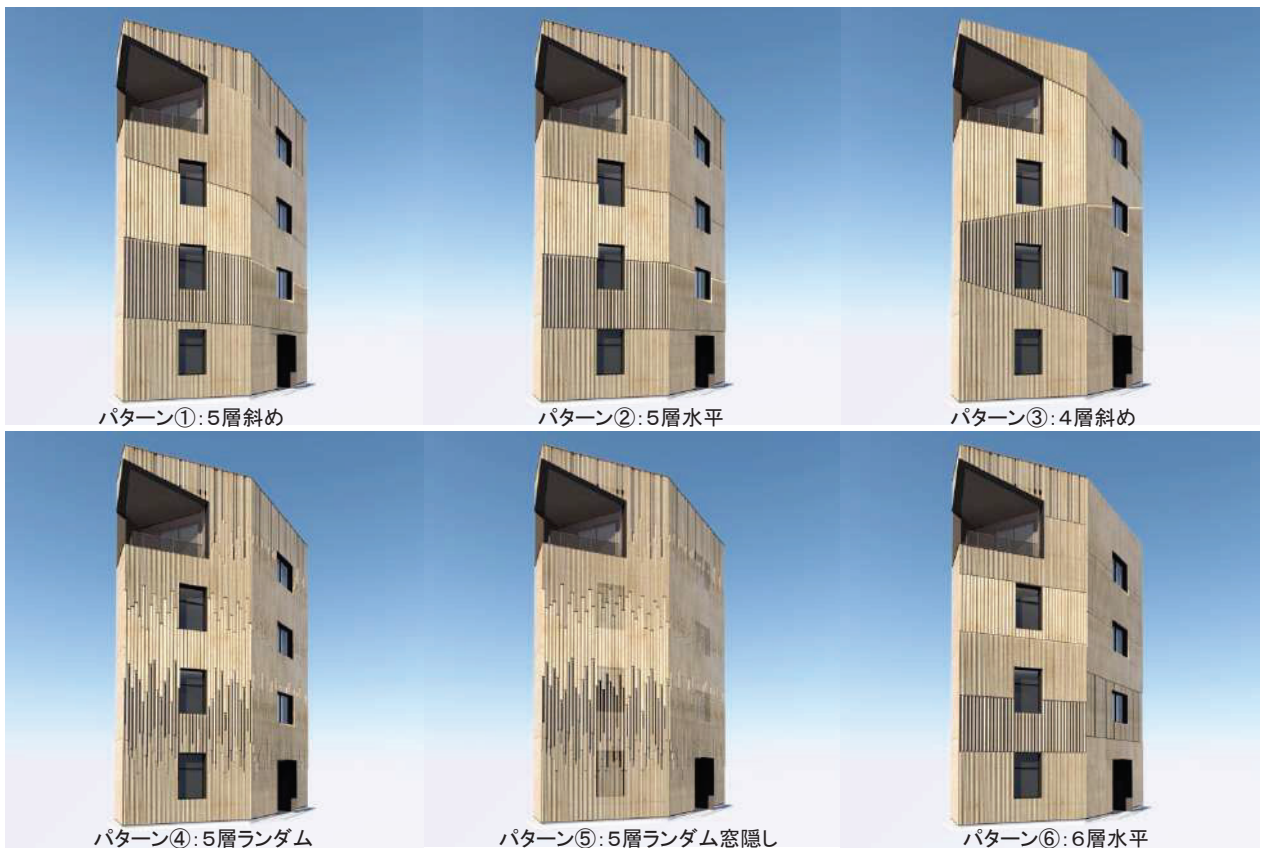


Y8通り軸組図



○外観の検討資料

外観はモデリングや模型作成を行い、それらと比較することで検討した。



木格子外観の検討(模型)



## B) 中層耐火木造建築と S 造のコスト比較

本事業で設計に取り組んだ軸組+CLT 耐力壁による木造建築と同程度の規模を鉄骨造で設計した場合を建て方までの想定でコスト比較した（図 1）。結果として、本事業による木造建築の方が高コストとなった。

まず、仮設工事では差はないが、狭小地であるため割高となった。地業工事や基礎工事では、建物が軽量な木造建築でコストダウンが期待できる結果となった。特に、敷地の地盤状況にもよるが、表層改良で済む場合は鉄骨造に比べてコスト優位性が高まる。一方で、構造材費をみると、ウッドショックによる木材価格の上昇の影響が大きい。本事業では、CLT 耐力壁を工場で施工する形式とし、現場の手間も減らしてコストダウンを図っているが、建物自体がそれほど大きくないため、コストダウンの影響は限定的であった。

軸組+CLT耐力壁 ver.	
各種工事	概算金額
仮設工事	1,236,000
地業工事	1,030,000
基礎工事	1,648,000
構造材費	10,300,000
建て方までの合計	14,214,000

鉄骨造 ver.	
各種工事	概算金額
仮設工事	1,236,000
地業工事	1,905,500
基礎工事	2,266,000
構造材費	7,725,000
建て方までの合計	13,132,500

図 1 S 造とのコスト比較

## C) 木造軸組+高耐力の CLT 耐力壁の強度と壁倍率の実験, パネルのプレハブ化の検討

### 1. 試験体

試験体の樹種・寸法を図 2 に示す。柱と土台・梁接合部には、柱頭に中空式金物（ホームコネクター）と接着材、柱脚にはホームコネクターと金物（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）に加え、接着材を用いて接合する。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。

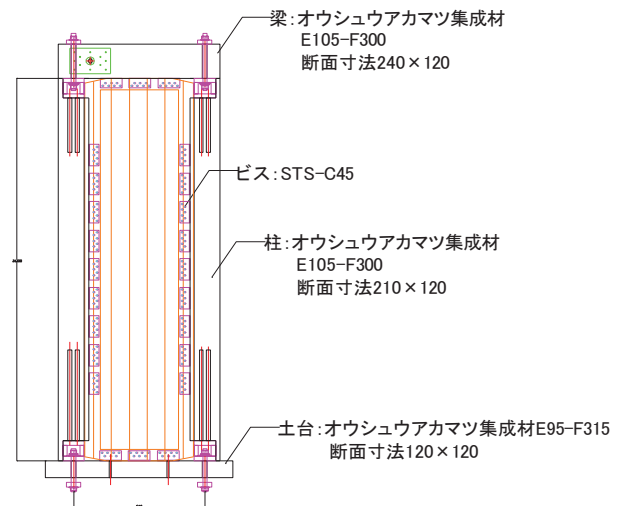


図 2 試験体立面図

### 【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】

柱頭：ホームコネクター

柱脚：タフネスコネクター



図3 柱脚接合部

## 2. 試験方法

試験体の写真を図4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4 試験体写真

## 3. 試験結果

面内せん断実験結果を表1～3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5～8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9～20に示す。ばらつきを考慮した短期基準せん断耐力は終局耐力で決定し、25.88kNであった。柱脚部のタフネスコネクターは、見かけの変形角で 0.04rad を超えた付近で破断しており、本仕様では靱性能が不足している。

表1 特性値一覧

試験体名	降伏耐力 $P_y$ (kN)	終局耐力 $0.2P_u/D_u$ (kN)	最大耐力 $2/3P_{max}$ (kN)	特定変形 時耐力 $P_{1/120}$ (kN)
UCLT-01	44.47	24.57	50.83	34.22
UCLT-02	45.93	26.91	50.86	35.98
UCLT-03	48.65	28.35	50.45	35.93
平均値	46.35	26.61	50.71	35.38
試験体数 n	3	3	3	3
K(50%)	0.471	0.471	0.471	0.471
標準偏差	1.73	1.56	0.19	0.82
変動係数 CV	0.037	0.059	0.004	0.023
ばらつき係数 (50%)	0.98	0.97	1.00	0.99
ばらつきを考慮した 平均値 (50%)	45.54	25.88	50.62	34.99
短期基準せん断耐力 $P_o$ (kN)	25.88			

表2 壁パネル面内せん断試験結果

試験体名	最大耐力 $P_{max}$ (kN)	特定変形時 耐力 $P_{1/150}$ (kN)	降伏変位 $\delta_y$ (mm)	降伏変位 $\delta_v$ (mm)	終局変位 $\delta_u$ (mm)	塑性率 $\mu$	構造特性 係数 $D_s$
UCLT-01	76.24	29.06	32.58	50.81	105.07	2.07	0.56
UCLT-02	76.29	31.09	31.72	47.72	114.33	2.40	0.51
UCLT-03	75.67	29.72	32.71	46.74	120.53	2.58	0.49

表3 試験より算定した短期基準せん断耐力

試験体記号	短期基準せん断耐力(kN)
UCLT	25.88

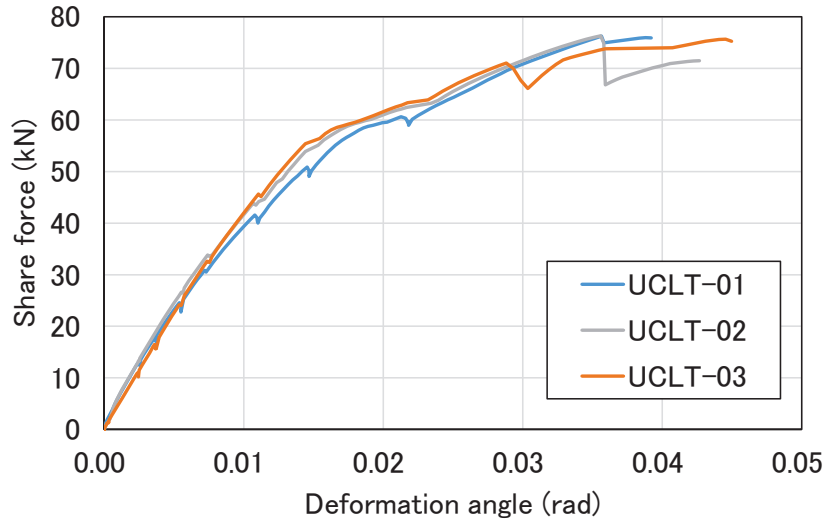


図5 試験より得られた復元力包絡線 (UCLT)

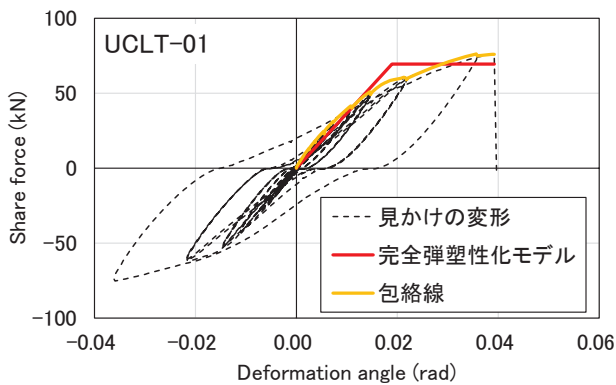


図6 完全弾塑性モデル (UCLT-01)

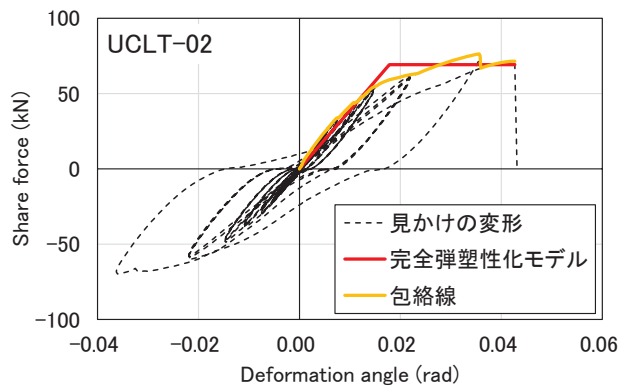


図7 完全弾塑性モデル (UCLT-02)

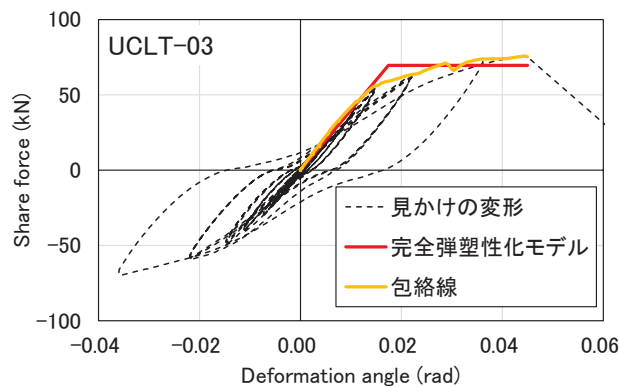


図8 完全弾塑性モデル (UCLT-03)

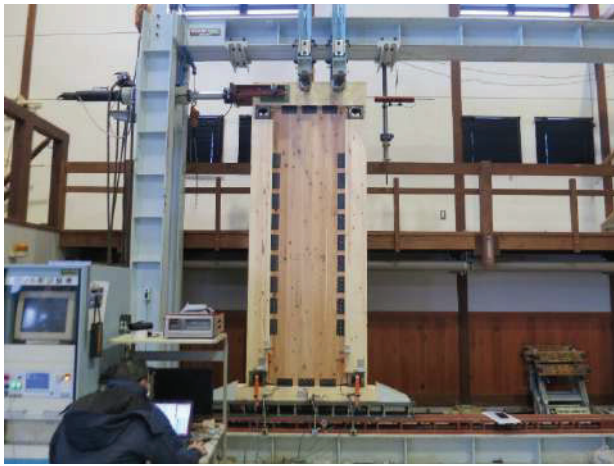


図 9 試験前の試験体全景 (UCLT-01)



図 10 最大変形時の試験体全景 (UCLT-01)



図 11 右側タフネスコネクタ引抜破壊の様子 (UCLT-01)



図 12 右側タフネスコネクタの破断の様子 (UCLT-01)



図 13 試験前の試験体全景 (UCLT-02)



図 14 最大変形時の試験体全景 (UCLT-02)





図 15 右側タフネスコネクタ引抜破壊の様子 (UCLT-02)



図 16 右側タフネスコネクタの破断の様子 (UCLT-02)



図 17 試験前の試験体全景 (UCLT-03)



図 18 最大変形時の試験体全景 (UCLT-03)

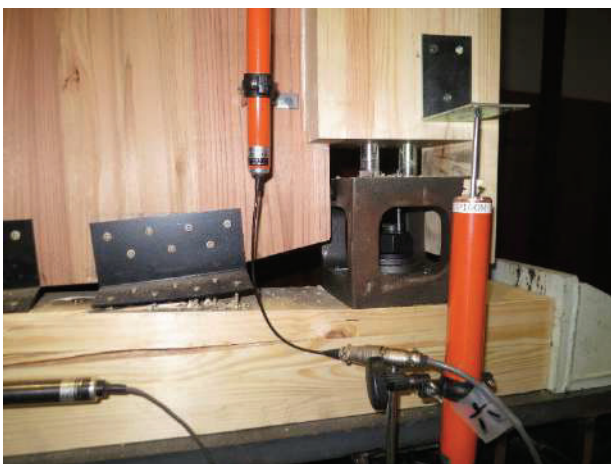


図 19 右側タフネスコネクタ引抜破壊の様子 (UCLT-03)



図 20 右側タフネスコネクタの破断の様子 (UCLT-03)



#### 4. パネルのプレハブ化の検討

CLT 耐力壁のプレハブ化を検討する。建設現場における工程を少なくするため、CLT 耐力壁を図 2 1 に示す部品で構成されたユニットとした。ユニットは CLT と柱で構成され、柱頭柱脚接合部に配置したキューブコネクターと土台・桁を M30 ボルト（強度区分 8.8 以上）で結合する（図 2 2～2 5）。これは、建設現場における作業を M30 ボルト締め付けのみとできるため、工期の大幅な短縮が可能である。パネルの容積は、約 1.2×2.8×0.12m となり、一般的なトラックに 20 枚以上積載可能なため、運搬費用も低く抑えることができる。

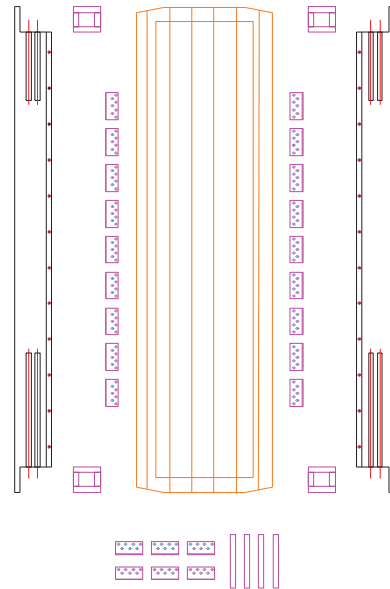


図 2 1 プレハブ化された CLT 耐力壁の部品図

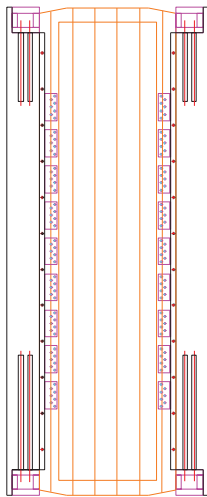


図 2 2 プレハブ化された CLT 耐力壁図面



図 2 3 プレハブ化された CLT 耐力壁（組立後）



図 2 4 柱・梁取付部の様子（M30 ボルト強度区分 8.8）



図 2 5 柱・梁が取り付けられたプレハブ化された CLT 耐力壁

D) 本事業による木造オフィスと連動した複数の木造建築による「ウッドシティー」を構想し、木造による街並みの形成やCLTによるまちづくりの推進の検討

1. ウッドシティー構想について

本事業による木造オフィスと近接して2つの中層木造建築を連動させ、木造による街づくりの具体的な取り組みを計画し、近隣一帯の緑化や今後の中層木造建築の普及モデルとなるような木造建築群を計画する一連のプロジェクトを「ウッドシティー」として構想した(図26~29)。

ウッドシティー構想の第一弾として本事業において耐火木造オフィスの詳細設計を進めた。この建物では、基礎とCLTパネルの簡易な接合金物の検討や工場製造のCLT高耐力壁面材の開発(令和2年度CLT活用建築物等実証事業)を施工性の面で更に発展させるなど、木材利用を促進する建築施工のモデルケースとなる。

本敷地は愛知県名古屋市の中心部に位置し、図26の敷地図で示す通り、名古屋市のターミナル駅の一つである金山駅から徒歩2分の立地条件となっている。また、JR東海道本線の線路沿線に敷地が位置していることから、本敷地に木造建築が建設されると、毎日の通勤及び通学の電車内から日常的に建物が見える視認性の高さが特徴である。日常的に一般ユーザーの目に付くことで、中層木造建築の普及モデルの広告塔としての役割も期待できる。



図26 ウッドシティー構想周辺敷地状況



図27 コンセプト図兼周辺敷地鳥瞰図



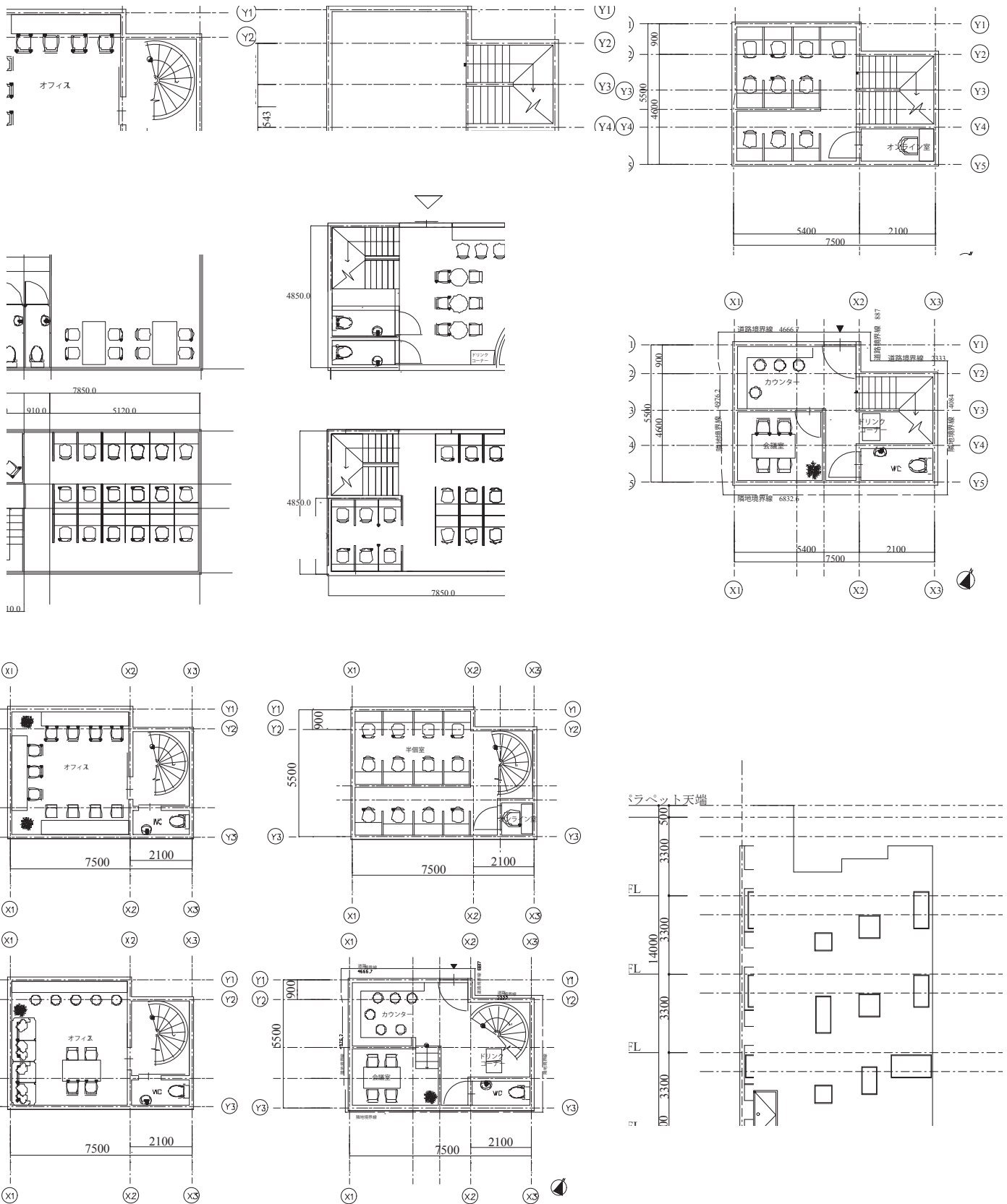
図28 周辺敷地模型



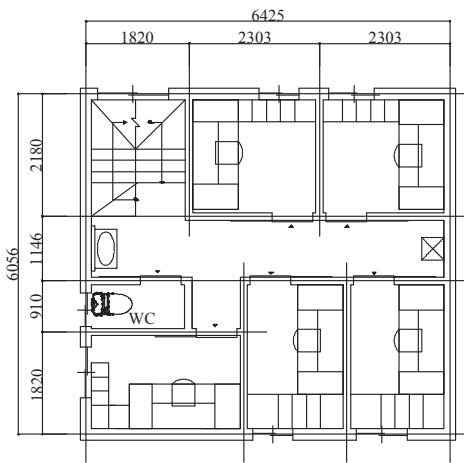
図29 計画建物模型

## 2. ウッドシティ構想で建築する建物について

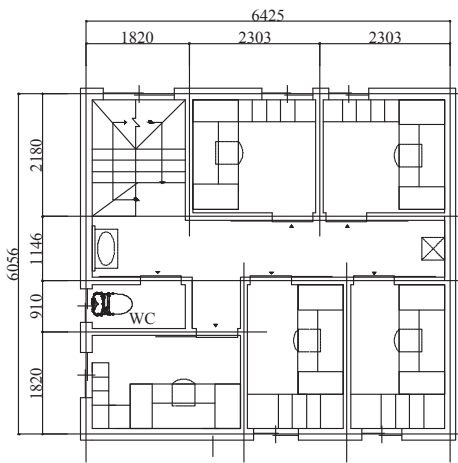
### ○研究棟



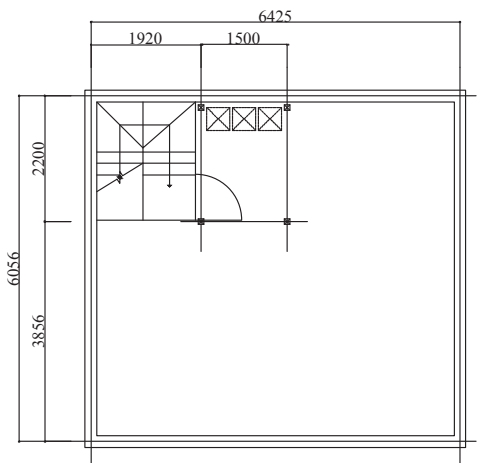
○集合住宅棟



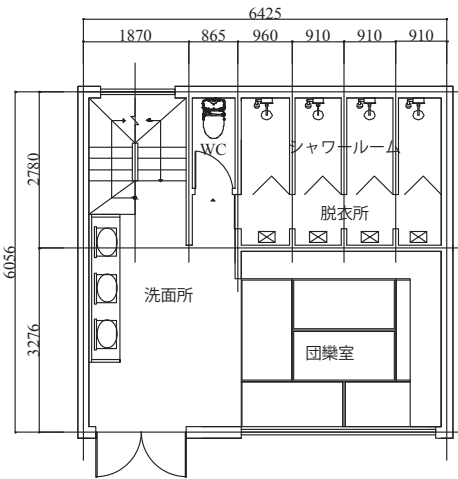
3階平面図



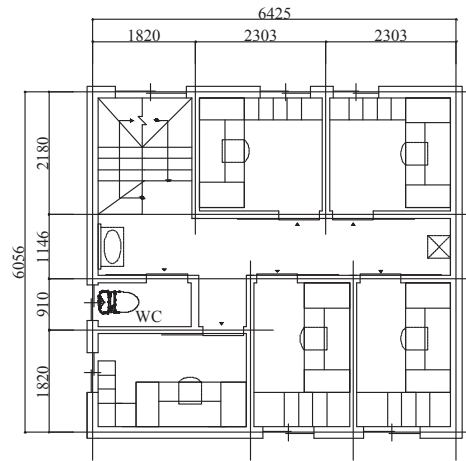
4階平面図



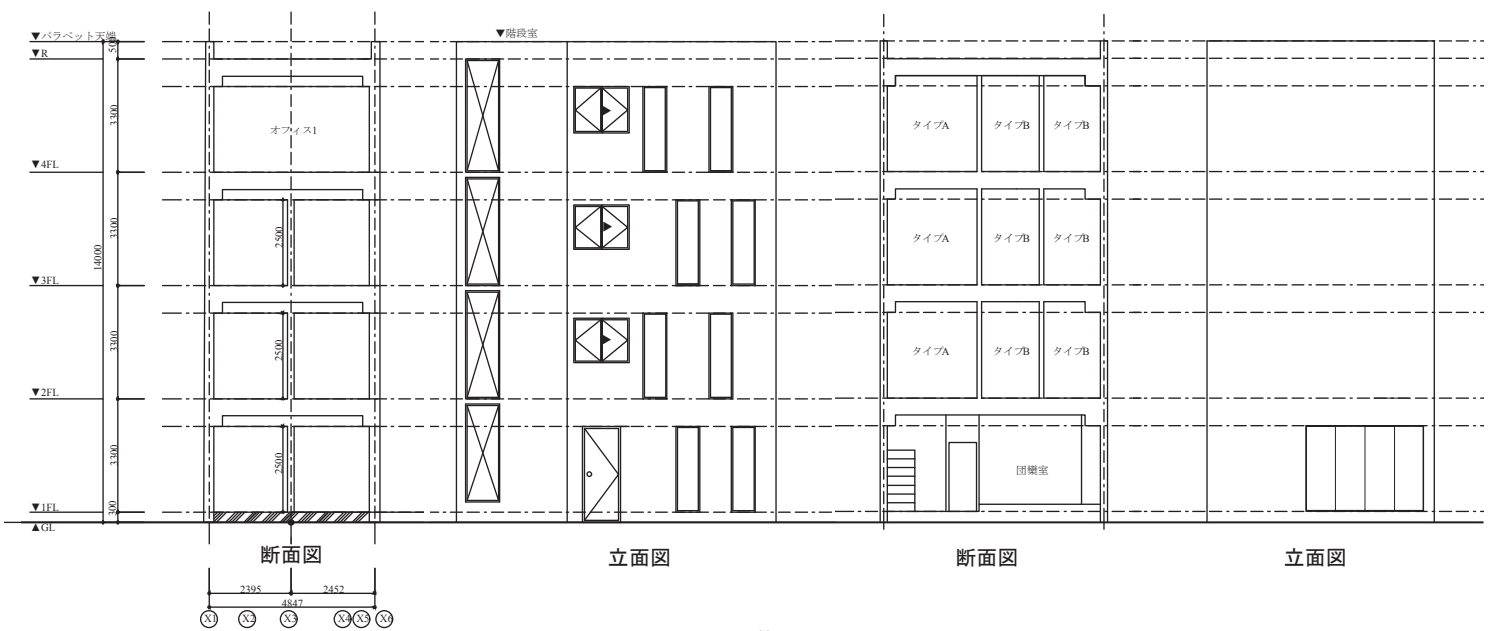
屋上平面図



1階平面図



2階平面図



基本設計



## E) CLT 空間における利用者の生産性の向上や CLT に対する経済性について調査と実証

### 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三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生産面と経済面での効果について分析を行なった。



図 30 比較実験で用いた三空間

### 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：

- ① 簡単作業テストによる生産性への効果
- ② 簡単作業テストによる創造性への効果
- ③ 空間に対する支払意思額の分析による経済面での効果

#### ① 簡単作業テストによる生産性への効果

図 3 1 は、CLT 空間、木質空間と非木質空間において簡易な計算テストを行い、木質化による生産性に関する調査を行った結果である。全体被験者では CLT 空間と木質空間で回答数 (157 と 157)、正答数 (156 と 156) と同スコアであり、非木質空間の回答数(154)と正答数 (153) に比べわずかであるが高い結果であった。

男性では CLT 空間と木質空間を比較すると回答数 (164 と 162)、正答数 (163 と 161) で CLT 空間で有意にスコアが上昇した。また、非木質空間と比べて、CLT 空間、木質空間共に回答数、正答数のスコアが高く、木質化が生産性の向上に寄与すると考えられる。

女性では木質空間と非木質空間で回答数 (153 と 153)、正答数 (152 と 152) で同スコアであり、CLT 空間の回答数(150)と正答数 (148) に比べ高い結果であった。これは、女性においては木質化率の増加が一概に生産性の向上に繋がっていないと考えられる。

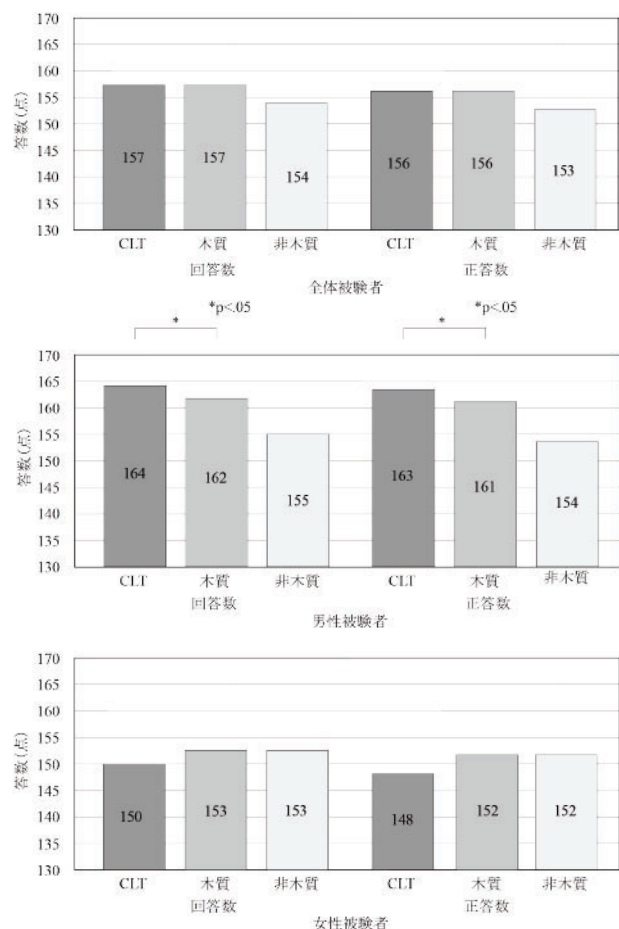


図 3 1 空間毎での生産性への効果

## ② 簡単作業テストによる創造性への効果

図3 2は、CLT 空間、木質空間、非木質空間で簡単作業テストを実施し、問題傾向毎に創造性のスコアを集計し、データをまとめた結果である。全体の被験者では同態再生・異態再生で CLT 空間と木質空間で有意差がみられた。課題依存・課題変形では木質空間が 690・324、次いで非木質空間が 689・289、CLT 空間が 647・282 という結果であった。これは課題依存と課題変形では、標準的な回答に関するスコアとなるため、日常的に使用する空間でのスコアが高く、CLT 空間の様な木質化率が高く日常的に使い慣れていない空間ではスコアが低くなったと考えられる。一方で同態再生、異態再生では CLT 空間で 167・212 と最も高かった。これにより、CLT 空間の様な木質化率の高い空間が、課題に全くとらわれない自由な発想をするうえで有効であると考えられる。

続いて男女差の比較をする。男性では課題依存で CLT 空間に対し木質空間、非木質空間のスコアが有意に高かった。また、CLT 空間の異態変形が 115 と木質空間の 76 に対し有意に高かった。さらに、同態変形のスコアも CLT 空間が 79 と木質空間、非木質空間に比べて高く、自由な発想が求められる問題に対して、CLT 空間の様な木質化率の高い空間が効果的に作用しており、木質化率の高い空間が創造性の向上にも有効であると考えられる。

女性は課題依存・同態再生・異態再生で CLT 空間でのスコアが木質空間、非木質空間に比べて高かった。一方、課題変形は CLT 空間が 134 と木質空間 165、非木質空間 150 に比べ低かった。これは女性には CLT 空間が創造性の創出に一定の効果をもたらすものの、常識の範囲内から視点を転換する問題に対しては一部有効に作用しないものもあると考えられる。

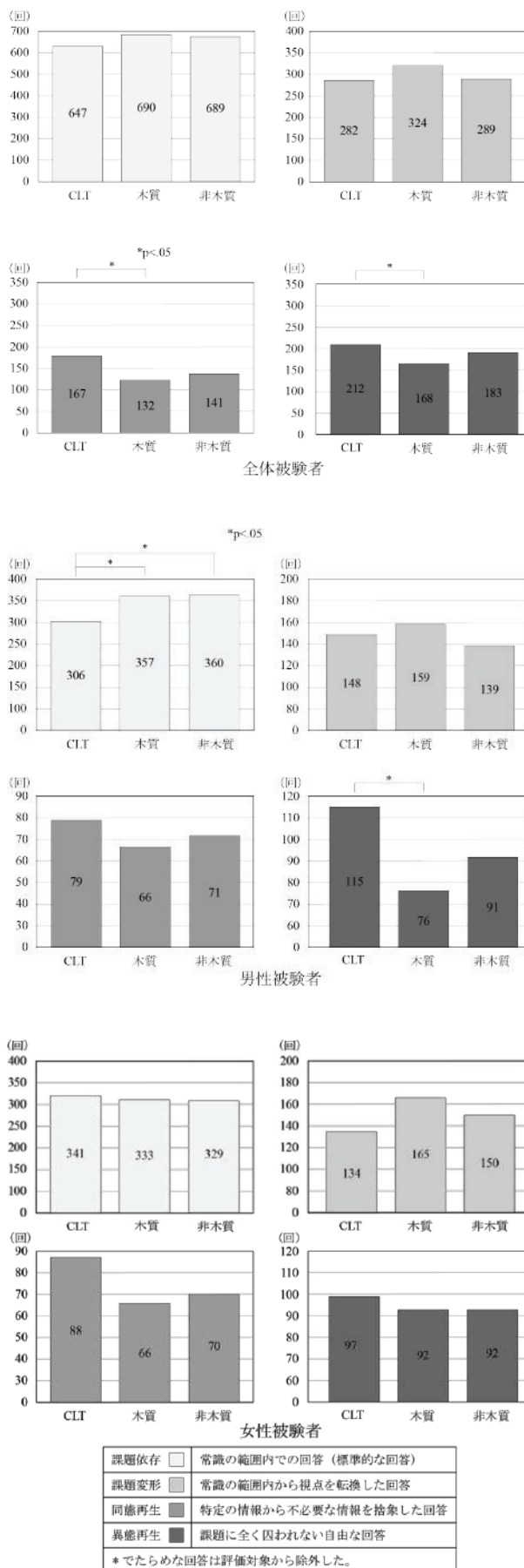


図3 2 空間毎での創造性への効果

### ③ 空間に対する支払意思額の分析による経済面での効果

図33は、CLT空間と木質空間において空間に対する経済性（追加の支払意思額）に関するデータをまとめたものである。結果として、CLT空間、木質空間ともに有意差がみられた。

全体被験者の追加の支払意思額は、CLT空間で最大600円、最低0円、平均242円であり、木質空間では最大300円、最低0円、平均で99円であった。これより、木質空間よりもCLT空間に対して追加の支払価値を見出しており、木質化率の向上やCLTの現しが経済的な効果の創出に有効であると考えられる。

続いて男女別の比較をする。CLT空間への追加の支払意思額は男性が278円、女性が206円と男性の方が追加の支払意思額は高かった。一方で木質空間への追加の支払意思額は男性の91円に対し女性が107円と女性の方が高いという結果になった。これは、男性は女性に比べ木質化率の高い空間に付加価値を感じており、追加の支払意思が高くなったためであると考えられる。一方、女性はCLTの現しに限らず、内装における木質の有無に価値を感じているといえる。興味深い点として、女性の追加の支払意思額の最大はCLT空間600円、木質空間400円と男性の最大の支払意思額を上回っていることから、支払い意思額については肯定的な効果があるものの、個人差の影響も大きいと考えられる。

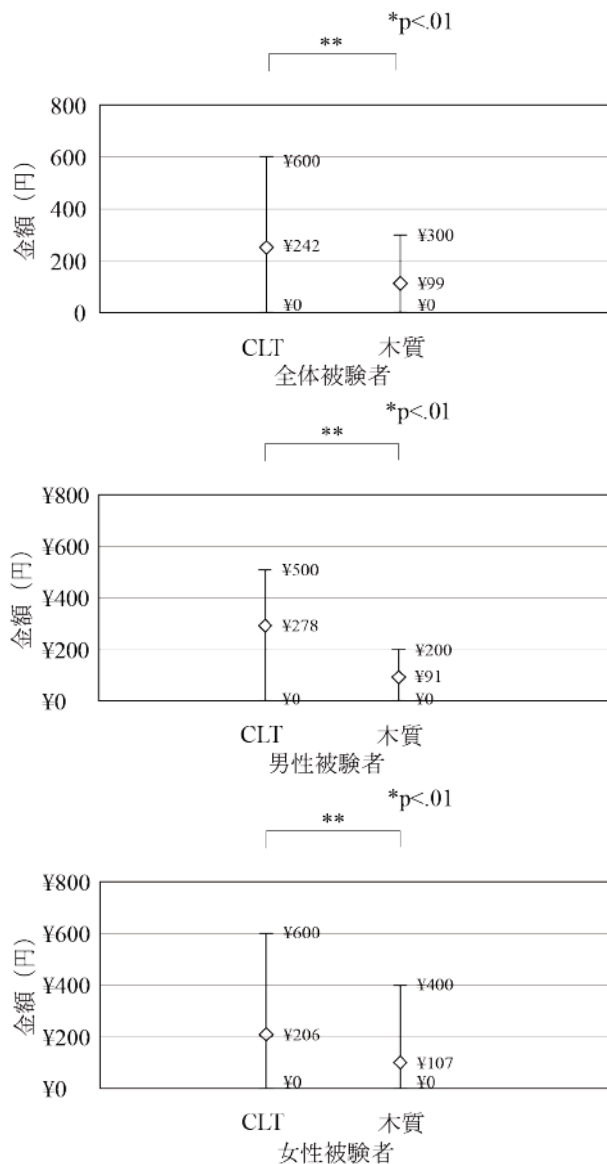


図33 空間毎での経済性への効果





2.6 (有)ジョイボンド九州／(株)大匠建設

事業名		ジョイボンド九州社屋新築工事の建築実証		
実施者(担当者)		有限会社ジョイボンド(株式会社大匠建設)		
建築物の概要	用途	パン屋(製造・販売)		
	建設地	福岡県那珂川市後野2-14-7		
	構造・工法	CLTパネル工法		
	階数	2		
	高さ(m)	8.25		
	軒高(m)	7.05		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	705.16		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	150.7		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	299.0		
	階別面積	1階	150.7	
	2階	148.3		
		-		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		加工前製品量112.0m <sup>3</sup> 、建築物使用量96.4m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	120mm厚	
		ラミナ構成	3層4プライ	
		強度区分	Mx60A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	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
屋根パネル	寸法	120mm厚		
	ラミナ構成	3層4プライ		
	強度区分	Mx60A相当		
	樹種	スギ		
木材	主な使用部位(CL T以外の構造材)		梁・小屋束・母屋・屋根下地	
	木材使用量(m <sup>3</sup> )※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CL T以外とする		15.2m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板 t=0.6 H=88	
		外壁	窯業系サイディング t=16	
		開口部	アルミサッシ+複層ガラス(透明・型板・網入)	
	主な内部仕上	界壁	CL T+PB12.5+準不燃クロス貼	
		間仕切り壁	LGS+PB12.5+準不燃クロス貼	
		床	1F:FAフロア(H=250)+ラワン合板(t=12)×2枚+塩ビシート 2F:OAフロア(H=100)+タイルカーペット	
	天井	LGS+PB9.5+岩綿吸音板t=9.0		
構造	構造計算ルート		許容応力度計算(ルート1)	
	接合方法		ビス接合+xマーク金物+引きボルト	
	最大スパン		6.59m	
	問題点・課題とその解決策		内部CL Tを現しとする為、燃え代設計(片面45mm)を行う必要があったが、CDの観点から壁CL Tパネルを150mm→120mmに変更したことにより、75mmで構造体が成り立つか再計算を行う必要があった。	
防火	防火上の地域区分		法第22条区域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の防火仕様		45分準耐火	
	問題点・課題とその解決策		内部CL T現しとする為、片面45mmの燃え代設計を行った。	
温熱	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		西面・南面に遮熱シートを施工、2F天井裏・小屋組に断熱材敷込	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	グラスウール t=50	
		外壁	-	
床		-		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		外部からの騒音防止対策として複層ガラスを採用	
	建て方における課題と解決策		施工傷防止対策として、壁建て起こし時に回転治具を採用	
	給排水・電気配線設置上の工夫		コンセントBOXをCL Tパネル内部へ埋込	
	劣化対策		バトン塗布(工場1回、現場1回 計2回)	
工程	設計期間		2021年6月～11月(6ヵ月)	
	施工期間		2021年12月～2022年5月(6ヵ月)	
	CL T躯体施工期間		2022年1月下旬～2月中旬(2週間)	
	竣工(予定)年月日		2022年5月31日	
体制	発注者		有限会社 ジョイボンド九州	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		DAISHO一級建築士事務所	
	構造設計者		DAISHO一級建築士事務所 協力:株式会社 ウッディストプラン	
	施工者		株式会社 大匠建設	
	CL T供給者		山佐木材 株式会社	
	ラミナ供給者		鹿児島県森林組合連合会、曾於地区森林組合	

実証事業名：ジョイボンド九州社屋新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：(有)ジョイボンド九州／(株)大匠建設

## 1. 実証した建築物の概要

用途	パン屋（製造・販売）		
建設地	福岡県那珂川市		
構造・工法	CLT 工法		
階数	2		
高さ（m）	8.25	軒高（m）	7.05
敷地面積（㎡）	705.16	建築面積（㎡）	150.7
階別面積	1階	150.7	延べ面積（㎡） 299.0
	2階	148.3	
	3階	-	
CLT 採用部位	壁、床、屋根		
CLT 使用量（m <sup>3</sup> ）	加工前製品量 112.0 m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 96.4 m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量（m <sup>3</sup> ）	15.2 m <sup>3</sup>		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）	
	壁	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx60A 相当/スギ	
	床	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A/相当/スギ	
	屋根	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx60A 相当/スギ	
設計期間	2021 年 6 月～11 月（6 ヶ月）		
施工期間	2021 年 12 月～2022 年 5 月（6 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間	2022 年 1 月下旬～2 月中旬（2 週間）		
竣工（予定）年月日	2022 年 5 月 31 日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

本実証建築物は、2 階建て店舗兼事務所を許容応力度計算(ルート 1)にて、自社による設計施工を行った。構造体全てを CLT パネルで設計施工を行ったのは九州初となる。当社 CLT 施工 3 件目となる本事業において、これまでの実証事業で蓄積してきたノウハウを活かし、如何に品質の高い建築物を顧客へ提供できるかが課題となる。今回の実証事業で設定した課題は以下である。

- (1) 跳ね出しバルコニースラブにおける漏水対策の検証
- (2) 電気配線及びコンセント BOX 埋込による内装意匠の簡素化
- (3) CLT パネル素地仕上げ箇所の品質向上
- (4) CLT パネルコストの検証

### 3. 協議会構成員

- (設計) DAISHO 一級建築士事務所 : 梅野 光太郎  
(構造設計) DAISHO 一級建築士事務所 : 梅野 光太郎  
(施工) 株式会社 大匠建設 : 寺田 洋樹、倉成 孝典 (協議会運営者)  
(原木供給) 鹿児島県森林組合連合会、曾於地区森林組合  
(材料) 山佐木材 株式会社  
(金物) 山菱工業 株式会社

### 4. 課題解決の方法と実施工程

協議会を通じて設計、施工、資材調達の担当者それぞれが協力し合い、適切な実証方法を検討していく。当社過去施工物件に関係者全員で赴き、着工前段階から CLT 工法に対する認識を共有させる。現場施工法に関して、BIM を使用し、当該課題箇所とその他の取合いについて干渉がないかをチェックする。

#### <協議会の開催>

- 2021 年 12 月 : 第 1 回開催、問題点洗い出し、原木及び金物調達の確認、工事着工  
2022 年 1 月 : 第 2 回開催、CLT パネル加工図確認、基礎と壁パネルの接合部精度確認  
2 月 : 第 3 回開催、木工事進捗確認、改善点等確認、実証事業の取りまとめ検討

#### <設計>

- 2021 年 9 月 : 設計業務委託契約締結・実施設計  
10 月 : 構造設計  
11 月 : 建築確認申請提出

#### <施工>

- 2021 年 11 月 : 工事請負契約締結  
12 月 : 工事着工、基礎工事  
2022 年 1 月 : 基礎工事～CLT 建方  
2 月 : CLT 建方～屋根工事  
3～5 月 : 外装、内装、建具、外構工事

### 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) 跳ね出しバルコニースラブにおける漏水対策の検証

CLT 床パネルジョイント部に、一次防水としてブチルテープを施工し、二次防水としてバルコニースラブ全体に FRP 防水を施工する。木口面については、三次防水を兼ねた仕上げとして、溶融亜鉛めっき鋼板による幕板を施工する。

ジョイント部における当て木留め N 釘についても、釘頭にシーリングを打設するなど、水の浸入口となり得る箇所を徹底して除去した。

#### (2) 電気配線及びコンセント BOX 埋込による内装意匠の簡素化

耐力壁以外の箇所について、CLT パネル製作完了後に BOX の欠取り及び配線部の穿孔を行うことで、本来フカシ壁を設けなければならなかった箇所を、CLT パネル素地仕上げとすることができ、内装仕様の簡略化と工事コスト削減に繋げることができた。現場での計算ミスも起こったことから、一発勝負である為 CLT 製作者や電気設備工事業者とより綿密な打ち合わせと図面チェックが必要になるという反省と課題が残った。

#### (3) CLT パネル素地仕上げ箇所の品質向上

前回の CLT 工法施工の際に生まれた課題の一つとして、施工中におけるキズや汚れが挙げられた。特に CLT パネル単体の角欠けが目立った為、本実証においてはコーナー部の養生を重点的に検証した。協議会の中で、コーナーガードや木製治具を用いることとした。結果として、建方完了時に目視による自主検査を行った際、素地化粧部や開口部等に目立った損傷は確認されなかった。よって、余計な補修等も発生しなかったことから工事コスト削減にもつながったと言える。

#### (4) CLT パネルコストの検証

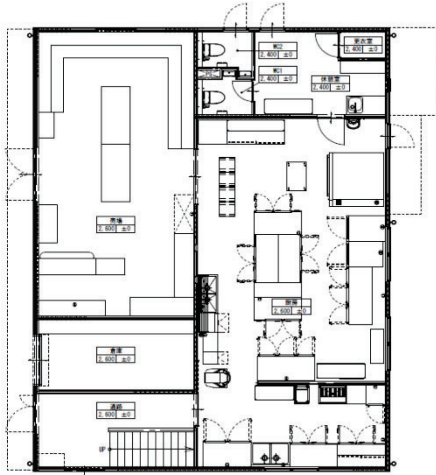
コロナ禍における原木市場価格と特定地域材価格との比較を行った。言わずと知れたウッドショックによる木材価格の高騰は否めず、両者に原価自体の差は生まれなかった。特定地域材となると、費用が嵩むのは運搬費の部分であり、指定の地域から製作工場までの道のりに準じて変動する。本実証を例に挙げて、福岡県産材及び那珂川市産材を調達し、鹿児島県の製作工場へ運搬したと仮定すると、約 60 万円の追加費用が発生した。現在高止まりしている原木価格については、オミクロン株の出現により世界の輸出入体制が好転するとは考えにくい為、その他の面でコストダウンを図る必要があると考えられる。

### 6. 本実証により得られた成果

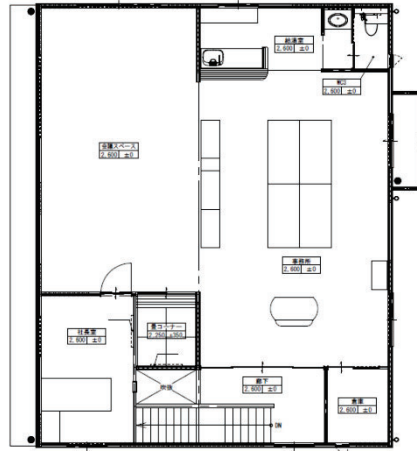
初の自社設計施工を通して、早い段階での問題解決に取り組むことができた。建方工事については、これまでの施工実績資料があったことから、CLT を初めてさわる当社社員大工が携わり、会社全体で CLT 工法の普及に努めた。その中で、内装意匠の簡素化や CLT パネルの品質向上などに取り組み、現在抑えることのできない原木価格以外の面でコスト削減を実現することができた。



7. 建築物の平面図・立面図・写真等



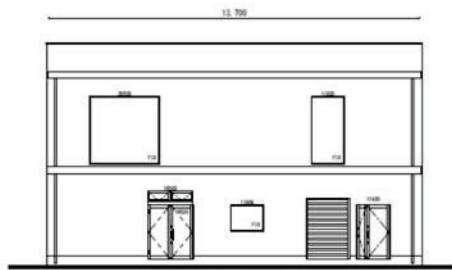
1階平面図



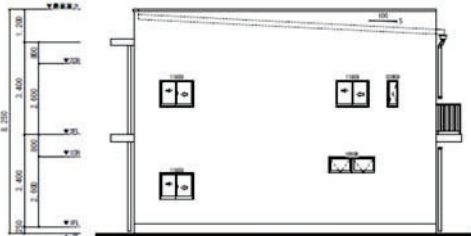
2階平面図



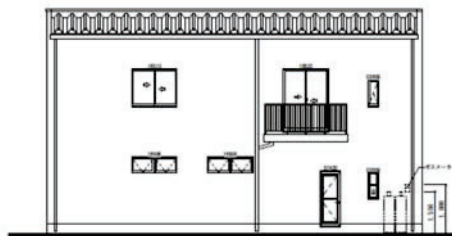
北側立面図



西側立面図



南側立面図



東側立面図



完成パース

2021年度 大匠建設・山佐木材・福岡大学 共同研究

## CLT建築物におけるCO<sub>2</sub>排出量の評価手法に関する研究

### 研究成果報告書

2022年2月

福岡大学工学部建築学科

倉富 洋

## 【目次】

1. はじめに	・・・ 3
2. 対象建物（CLTパネル工法）	・・・ 4
3. 鉄骨造のケーススタディ	・・・ 5
3.1 基本条件	・・・ 5
3.2 仮定断面	・・・ 7
4. 構造種別ごとの建設時CO <sub>2</sub> 排出量	・・・ 12
5. 炭素貯蔵量の計算	・・・ 14
6. 運用段階のCO <sub>2</sub> 排出量	・・・ 15
7. まとめ	・・・ 17
謝辞・参考文献	・・・ 17

## 1. はじめに

近年、中大規模建築物を木質化する取り組みが随所で見られ、林野庁は2021年10月に「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン」<sup>1)</sup>を公表した。本ガイドラインには炭素貯蔵量の計算式は記されているものの、目標とする数値は明記されていない。CO<sub>2</sub>排出量や炭素貯蔵量などの環境的側面からも、木材利用の利点を明示することが重要である。本研究では木材利用が環境的側面に与える影響を数値化することを目標に、中大規模建築物の木質化推進に繋げることを企図する。

産業全体において、建設分野が高いCO<sub>2</sub>排出率を有していることは周知の事実であり、同時に今後CO<sub>2</sub>排出削減の可能性が大きいことも特徴である。建設時および運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出削減を行なうための具体的な道筋を示すことが肝要であり、文献2)では低炭素社会を実現するための具体的なシナリオが提示されている。また、近年エコマテリアルとして注目を集めている木材をいかに効果的に活用し、CO<sub>2</sub>排出削減の評価手法を明確化することも重要視されている。

本報告では、CLTを使用した建設予定の実建物を対象に、各種構造（CLTパネル工法、RC造、鉄骨造）において建設時に排出されるCO<sub>2</sub>量を算出し、その評価手法の妥当性を検証する。ここでは、主に以下の三点について述べる。

1. 建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量
2. 当該CLTパネル建物の有する炭素貯蔵量
3. 運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量

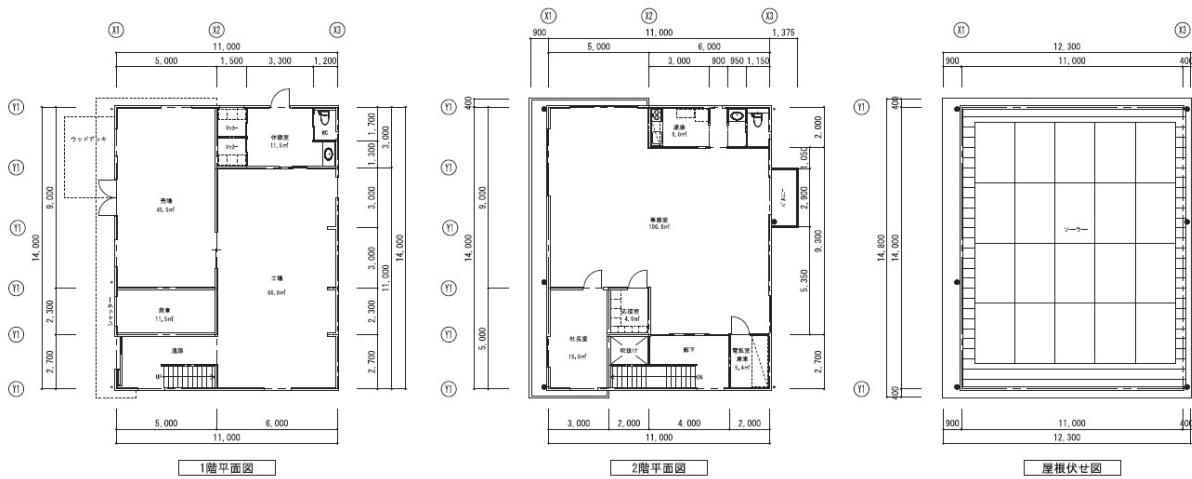
これらのうち、1.の建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量は、日本建築学会が刊行するLCAデータベースにある建築資材の重量当たりのCO<sub>2</sub>排出原単位を参考に、実際の建物プランに応じて算定する。鉄骨造は当該建物の諸条件に基づいて仮定断面を作成し、建物重量から使用された鉄骨量を算出する。2.の炭素貯蔵量は、2021年10月に林野庁が公開した「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン」に基づいて計算し、当該建物の規模における炭素貯蔵量を示す。3.の運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量は、2050年達成目標となっているカーボンニュートラル化を想定して考察を行い、木材の有する時間の経過とともに植林した木々がCO<sub>2</sub>を吸収するといった、他の材料にはない特性を加味し、木材利用の有用性を示すものとする。

## 2. 対象建物（CLTパネル工法）

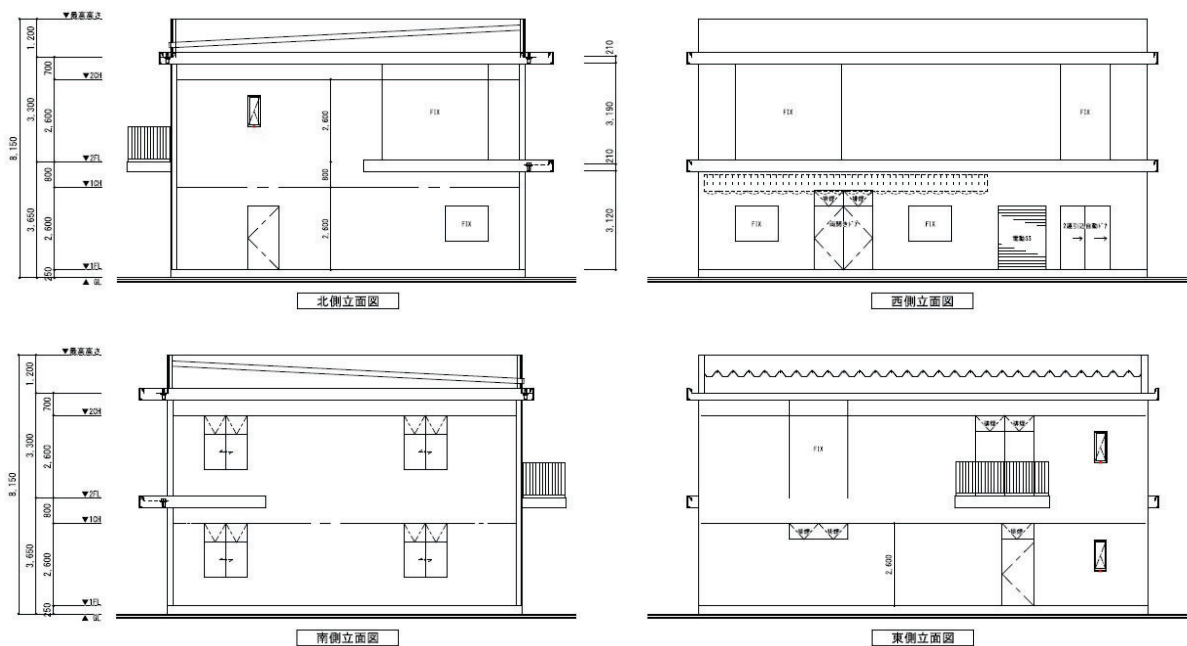
本報告にて試算対象とする建物は、CLTパネル工法を用いた木造事務所であり、地上2階建て、最高高さ8.15m、延べ床面積308m<sup>2</sup>である。建物の平面形状は11.0m × 13.7mの長方形となっている。平面図および立面図を図2.1に示す。平面・立面ともに均整の取れた整形な形状である。

本建物は、CLTパネル工法であり、許容応力度計算（構造計算ルート1）で耐震性が確保されている。使用したCLTの概要は、壁および床ともにスギMx60-5-5（板厚150mm）を用い、使用材積は126m<sup>3</sup>となる。屋根仕上げは木組下地によるガルバニウム鋼板、外壁仕上げは通気胴縁下地によるサイディング貼りである。内部仕上げにおいて、床は表装を長尺塩ビシートで仕上げ、壁はCLT素地またはクロス貼りとしている。天井高さは2.3m～2.6mである。

壁パネル・床パネルおよび、基礎・土台・壁の接合金物は、所定のクロスマーク金物を使用している。基礎はRC布基礎とし、基礎コンクリート総量は57.4m<sup>3</sup>、鉄筋量は10tである。



(a) 各階平面図および屋根伏せ図



(b) 各立面図

図2.1 CLTパネル工法の建物詳細



### 3. 鉄骨造のケーススタディ

#### 3.1 基本条件

2章で述べたCLTパネル工法で設計された建物を、鉄骨造に置換した際の検討を行う。ここでは、建設地、建物形状、建物規模を同一条件のもと、構造体を鉄骨造として計画した。なお、本検討では文献3)を参考として仮定断面を作成した。

構造図として、平面図を図3.1に、立面図を図3.2に、それぞれ示す。構造形式は、XY両方向ともに純ラーメン構造を採用した。本建物は平面、立面ともに整形な形状であり、偏心率、剛性率ともに問題となることはないと考えられる。使用材料は、2階建てであることを考慮し、主要架構となる鋼管柱にBCP295、鉄骨梁にSN400Bを用い、床スラブおよび基礎に使用するコンクリートはFc21、鉄筋はSD295Aを、それぞれ使用した。

事務所階となる2階床スラブは平均厚さ125mmの合成床板デッキとし、屋上階はフラットタイプの型枠デッキを用いた厚さ150mmのRCスラブを採用する。1階床は厚さ160mm（150mm+増打ち10mm）のコンクリートスラブとした。小梁は、配置間隔が2.7m以下となるように計画し、いずれもSN400A材を用いた。

設計用の床荷重を表3.1に示す。固定荷重として、屋上階は4900N/m<sup>2</sup>、事務室は3800N/m<sup>2</sup>、1階は4300N/m<sup>2</sup>、階段は2100N/m<sup>2</sup>と設定した。壁荷重において、外壁は仕上げを押し出成形セメント板を用いることを想定して壁荷重を1000N/m<sup>2</sup>とした。積載荷重は、建築基準法施行令第85条に基づき、表3.2のように設定した。柱および梁の仕上げは、耐火被覆の取り付けも考慮して500N/m<sup>2</sup>と仮定した。また、地震力の算定では、地域係数Z=1.0、振動特性係数R<sub>f</sub>=1.0、標準せん断力係数C<sub>0</sub>=0.3として計算している。

表3.1 床荷重表

(1) 屋根		(2) 事務室	
露出防水	300	仕上げ	400
コンクリート t=150	4200	コンクリート t125	3000
デッキプレート	200	デッキプレート	200
天井	200	天井	200
	4900 N/m <sup>2</sup>		3800 N/m <sup>2</sup>
(3) 1階		(4) 階段	
仕上げ	400	仕上げ	800
コンクリート t=150+10 (増打ち)	3840	踏板	461
	4300 N/m <sup>2</sup>	ささら板	277
		手すり	200
		階段幅考慮	2100 N/m <sup>2</sup>

表3.2 積載荷重

床荷重 [N/m<sup>2</sup>]

用途	種別	スラブ用	ラーメン用	地震用
非歩行屋根	L. L.	900	650	300
事務室、研究室	L. L.	2900	1800	800

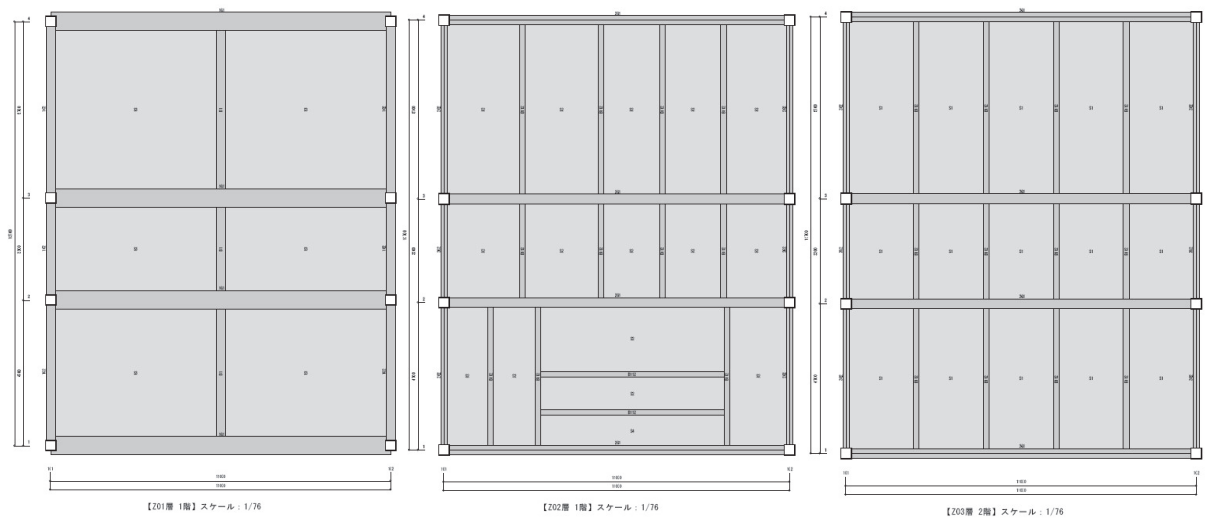


図3.1 平面図

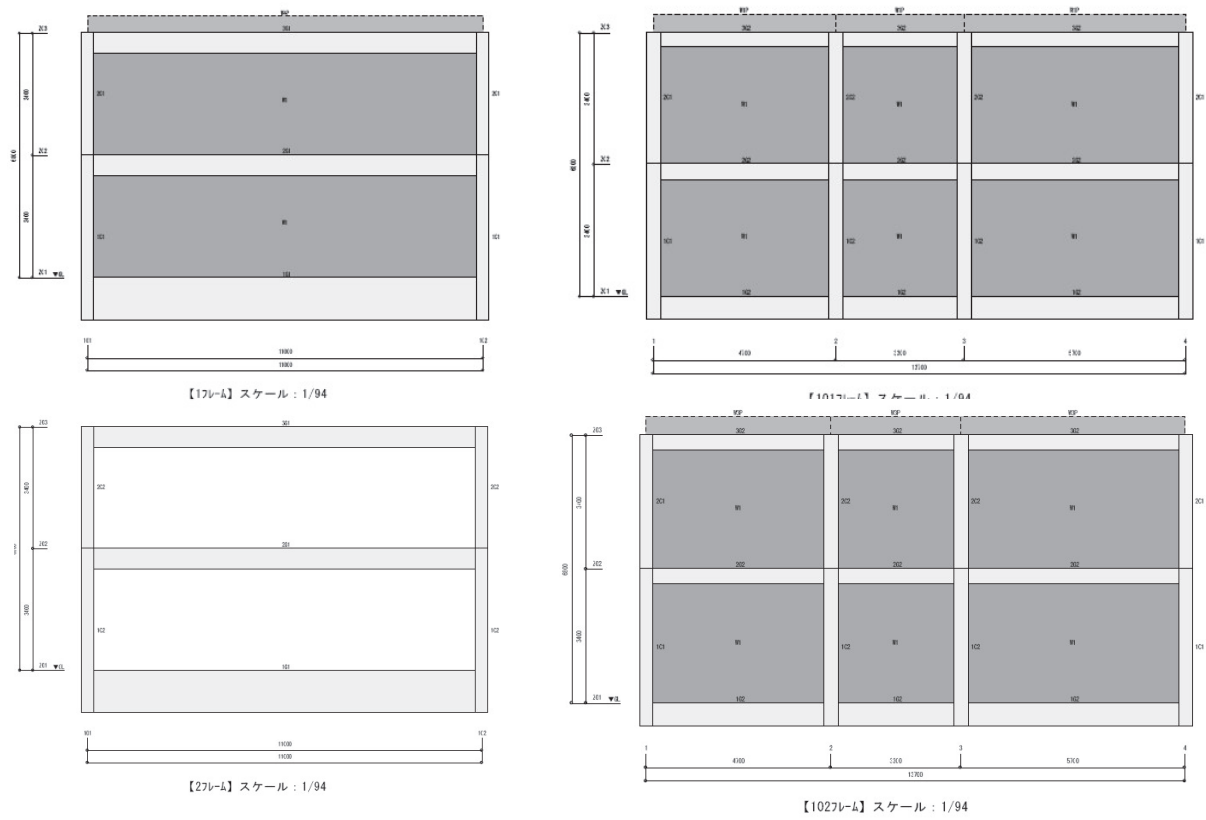


図3.2 立面図

### 3.2 仮定断面

前述した構造計画のもと、一貫構造計算プログラムにて断面算定を行なう。本研究で使用した計算ソフトは、Super Build SS3 ver.1.29（ユニオンシステム株式会社）である。構造計算書の詳細は付録資料を参照することとし、ここでは主要な情報について記述する。

使用部材一覧を表3.3に示す。鋼管柱断面は、 $\square$ -350×350×16（BCP295）で各階とも統一した。大梁はX方向にH-700×300×13×24（SN400B）を、Y方向にH-400×200×8×13（SN400B）を、それぞれ用いた。小梁はいずれもH-350×175×7×11（SN400A）である。基礎梁はRC造とし、X方向は $B \times D = 600 \times 1200\text{mm}$ 、Y方向は $B \times D = 300 \times 600\text{mm}$ とした。小梁は $B \times D = 300 \times 600\text{mm}$ である。配筋は同表を参照されたい。

建物重量を表3.4に示す。2階は1153.6kN、1階は1075.6kNとなり、単位床面積当たりの建物重量は、2階で7.65kN/m<sup>2</sup>、1階で7.14kN/m<sup>2</sup>となり、鉄骨造事務所ビルの平均値が6～10kN/m<sup>2</sup>であることを考慮すると、妥当であるといえる。地震層せん断力を表3.5に示す。本建物の構造計算ルートは1-2となるため、1階部分の $C_0$ は0.3として計算している。

柱および梁の断面算定を表3.6、表3.7に、偏心率を表3.8に、それぞれ示す。いずれも作用応力度は許容応力度以内に収まっていることを確認している。

表3.3 断面リスト

1.4 断面リスト

1.4.1 梁

RC造

B×D：梁の幅とせい[cm] dt：一段目の鉄筋重心位置[cm]  
左端・右端：略軸組図で見て左側を左端，右側を右端とします。

符号(層)	項目	左端	中央	右端
1G1 (Z01) dt上6.0 dt下6.0	B×D	60×120		
	上端	5D25	4D25/2D25	5D25
	下端	5D25	4D25/2D25	5D25
	ST	2D13 @200	コンクリート ※ 普通	Fc21.0
1G2 (Z01) dt上6.0 dt下6.0	B×D	30×60		
	上端	3D25	3D25	3D25
	下端	3D25	3D25	3D25
	ST	2D13 @200	コンクリート ※ 普通	Fc21.0

S造

左端・右端：略軸組図で見て左側を左端，右側を右端とします。

符号(層)	項目	左端	中央	右端
3G1 (Z03)	鉄骨	H-700x300x13x24x18		
	種別	SN400B		
3G2 (Z03)	鉄骨	H-400x200x8x13x13		
	種別	SN400B		
2G1 (Z02)	鉄骨	H-700x300x13x24x18		
	種別	SN400B		
2G2 (Z02)	鉄骨	H-400x200x8x13x13		
	種別	SN400B		

1.4.2 柱

S造

符号(階)	項目	柱頭	柱脚
2C1 ( 2 )	鉄骨	□-350x350x16x32	
	種別	BCR295	
2C2 ( 2 )	鉄骨	□-350x350x16x32	
	種別	BCR295	
1C1 ( 1 )	鉄骨	□-350x350x16x32	
	種別	BCR295	
1C2 ( 1 )	鉄骨	□-350x350x16x32	
	種別	BCR295	

1.4.3 壁・ブレース

壁

※出力していない鉄筋径と鉄筋種別は[2.設計方針と使用材料]を参照

符号	壁厚 [cm]	重量 [N/m <sup>2</sup> ]	縦筋	横筋	dt [cm]	内蔵Ab [cm <sup>2</sup> ]
W1	—	1000	—	—	—	—

1.4.4 小梁

RC造

符号	B×D[cm]	単位重量[N/m]
B1	30×60	—

S造

符号	鉄 骨
B112	H-350x175x7x11x13

表3.4 建物重量

4.7.2 建築物重量と地震力

地震用重量

階	床自重(L.L)[kN]	梁自重[kN]	特殊荷重 [kN]	Wi [kN]
	床自重(D.L)[kN] 積雪 [kN]	柱自重[kN] 壁自重[kN]	補正 [kN] フレーム外[kN]	
2	45.3	141.1	80.1	1153.6
	789.1 0.0	31.2 66.8	0.0 0.0	
1	120.7	141.1	0.0	1075.6
	617.8 0.0	62.4 133.6	0.0 0.0	
基礎	120.7	851.0	0.0	1794.7
	703.0 0.0	53.3 66.8	0.0 0.0	

表3.5 地震力

地震力：X方向 Ci, kを直接入力したときは、数値の後に“\*”を付記します。

階	全体Wi [kN]	全体ΣWi [kN]	αi	Ai	Ci	全体Qi1 [kN]	Wi/A [kN/m <sup>2</sup> ]	全体Qi2 [kN]
2	1153.6	1153.6	0.517	1.220	0.366	422.5	7.65	1408.4
1	1075.6	2229.2	1.000	1.000	0.300	668.8	7.14	2229.2

地震力：Y方向

階	全体Wi [kN]	全体ΣWi [kN]	αi	Ai	Ci	全体Qi1 [kN]	Wi/A [kN/m <sup>2</sup> ]	全体Qi2 [kN]
2	1153.6	1153.6	0.517	1.220	0.366	422.5	7.65	1408.4
1	1075.6	2229.2	1.000	1.000	0.300	668.8	7.14	2229.2

表3.6 柱の断面算定

鉄骨		柱種	F値	柱種	F値
		[RCR295]	295.0	[RCR295]	295.0
[ 201 ]	[ 2 4 102 ]				
p= 350* 350*18.0*	32.0[FA]				
部材長	340.0				
Lk/h	1.29 2.00				
Lk	438.6 880.0				
iy	13.52 13.52				
λ	32.4 50.2				
fo	183				
		位置	NL	NL'	DL [部材]
		<X>柱頭	0.0	137	-132 69
		柱脚	0.0	103	69
		<Y>柱頭	0.0	137	-22 10
		柱脚	0.0	13	10
		Z	A	Aw	fb
		<X>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
		<Y>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
					σo/fo
					σbx/fb
					σby/fb
					TOTAL
					τ/fs
					組合せ
					0.49
					0.39
					0.42
					0.31
[ 202 ]	[ 2 3 102 ]				
p= 350* 350*18.0*	32.0[FA]				
部材長	340.0				
Lk/h	1.29 1.44				
Lk	438.6 489.6				
iy	13.52 13.52				
λ	32.4 36.2				
fo	179				
		位置	NL	NL'	DL [部材]
		<X>柱頭	0.0	183	-173 91
		柱脚	0.0	137	91
		<Y>柱頭	0.0	183	6
		柱脚	0.0	-8	6
		Z	A	Aw	fb
		<X>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
		<Y>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
					σo/fo
					σbx/fb
					σby/fb
					TOTAL
					τ/fs
					組合せ
					0.55
					0.44
					0.60
					0.47
[ 101 ]	[ 1 4 102 ]				
p= 350* 350*18.0*	32.0[FA]				
部材長	340.0				
Lk/h	1.20 1.66				
Lk	408.0 564.4				
iy	13.52 13.52				
λ	30.1 41.7				
fo	173				
		位置	NL	NL'	DL [部材]
		<X>柱頭	0.0	278	-76 45
		柱脚	0.0	77	45
		<Y>柱頭	0.0	278	-13 11
		柱脚	0.0	23	11
		Z	A	Aw	fb
		<X>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
		<Y>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
					σo/fo
					σbx/fb
					σby/fb
					TOTAL
					τ/fs
					組合せ
					0.47
					0.58
					0.35
					0.50
[ 102 ]	[ 1 3 102 ]				
p= 350* 350*18.0*	32.0[FA]				
部材長	340.0				
Lk/h	1.20 1.32				
Lk	408.0 448.8				
iy	13.52 13.52				
λ	30.1 33.1				
fo	181				
		位置	NL	NL'	DL [部材]
		<X>柱頭	0.0	370	-97 55
		柱脚	0.0	90	55
		<Y>柱頭	0.0	370	9 7
		柱脚	0.0	-14	7
		Z	A	Aw	fb
		<X>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
		<Y>柱頭	2164	207.1	103.5
		柱脚	2164	207.1	103.5
					σo/fo
					σbx/fb
					σby/fb
					TOTAL
					τ/fs
					組合せ
					0.51
					0.59
					0.51
					0.64





表3.8 偏心率

10. 偏心率  
10.1 偏心率

gx, gy : 重心位置 (軸力の中心) [m]    ex, ey : 偏心率距離 [m]    re : 弾力半径 [m]  
 px, py : 剛心位置 [m]    Re : 偏心率    Fe : 形状特性係数  
 ※ gx, gy, px, pyは絶対座標, ex, eyは地震力の方向に対し直交, re, Re, Feは地震力の方向を示します。  
 ※ Reが0.15を超えたとき末尾に「\*」を付記します。

<雑壁を考慮しない場合>(加力方向 : X正 Y正)

X方向	階	gx	gy	px	py	ey	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.224	6.837	0.033	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.229	6.871	0.033	1.000

Y方向	階	gx	gy	px	py	ex	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.000	8.045	0.000	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.000	7.985	0.000	1.000

<雑壁を考慮しない場合>(加力方向 : X正 Y負)

X方向	階	gx	gy	px	py	ey	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.224	6.837	0.033	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.229	6.871	0.033	1.000

Y方向	階	gx	gy	px	py	ex	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.000	8.045	0.000	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.000	7.985	0.000	1.000

<雑壁を考慮しない場合>(加力方向 : X負 Y正)

X方向	階	gx	gy	px	py	ey	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.224	6.837	0.033	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.229	6.871	0.033	1.000

Y方向	階	gx	gy	px	py	ex	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.000	8.045	0.000	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.000	7.985	0.000	1.000

<雑壁を考慮しない場合>(加力方向 : X負 Y負)

X方向	階	gx	gy	px	py	ey	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.224	6.837	0.033	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.229	6.871	0.033	1.000

Y方向	階	gx	gy	px	py	ex	re	Re	Fe
	2	5.500	6.825	5.500	6.601	0.000	8.045	0.000	1.000
	1	5.500	6.827	5.500	6.598	0.000	7.985	0.000	1.000

#### 4. 構造種別ごとの建設時CO<sub>2</sub>排出量

建物建設時に排出されるCO<sub>2</sub>排出量の計算を行なう。ここでは、2章で述べた建物を対象とし、木造（CLTパネル工法）、RC造、鉄骨造の三つの構造種別ごとにCO<sub>2</sub>排出量を計算した。評価は単位床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量で行なうが、まず資材別のCO<sub>2</sub>排出量を式(4.1)にて計算する。

$$C_{em} = W \cdot {}_oE_m \cdot D \quad (4.1)$$

ここで、 $C_{em}$ ：資材別排出量（kg-CO<sub>2</sub>）、 $W$ ：使用体積（m<sup>3</sup>）、 ${}_oE_m$ ：CO<sub>2</sub>排出原単位（kg-CO<sub>2</sub>/kg）、 $D$ ：密度（kg/m<sup>3</sup>）である。

構造種別によって使用される資材は、木材、コンクリート、鉄筋、鋼材があり、これらの資材別CO<sub>2</sub>排出量を合計した値を、構造部材に係る建設時CO<sub>2</sub>の総排出量とする。これを単位床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量 ${}_u C_{em}$ に換算すると、式(4.2)で表される。

$${}_u C_{em} = C_{em} / A / 1000 \quad (4.2)$$

ここで、 ${}_u C_{em}$ ：単位床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量（t-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>）、 $A$ ：延床面積（m<sup>2</sup>）である。

構造種別ごとに単位床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量を計算した結果を表4.1に示す。RC造の算出は、検討元の建物がCLTパネル工法であることから、RC壁式構造に同断面で置換できるものとし、コンクリートの使用体積をCLTと同量の使用材積とした。ただし、RCにおけるコンクリートと鉄筋の単位立米当たりの重量比は、一般的なRC壁式構造の断面を想定し、ここでは23:1とした。鉄骨造における鋼材の使用体積は、一貫計算プログラムから計算された重量を体積に換算している。鉄骨造の床スラブに用いたRCの使用体積は、床厚に床面積を乗じて立米を求め、その数値を上述した比率に準じてコンクリートと鉄筋に分配した。

基礎はRC布基礎であり、CLTパネル工法の建物に用いられた実数値であるコンクリート総量57.4m<sup>3</sup>、鉄筋量10tで計算した。単位床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量は表4.1(b)を参照されたい。なお、本検討では上部構造におけるCO<sub>2</sub>排出量の比較を主目的としているため、基礎部はRC造、鉄骨造ともに同数値とした。ただし、厳密には、CLTパネル工法は従来のRC造および鉄骨造と比較して建物重量を軽減できることから、重量の減少による基礎コンクリート量の削減は可能であるものと考えられる。即ち、RC造およびS造の基礎部におけるCO<sub>2</sub>排出量は、本試算よりも大きな数値となるものと予想される。CO<sub>2</sub>排出原単位は、日本建築学会LCAデータベース<sup>4)</sup>に基づいて数値を決定した。なお、各材料の密度は同表に示す通りである。

上部構造における延床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量で比較すると、表4.1(a)より、CLTパネル工法は鉄骨造のおよそ1/4、RC造のおよそ1/5に抑えられていることがわかる。基礎部を含めた合計量によれば、表4.1(c)より鉄骨造のおよそ1/2.1、RC造のおよそ1/2.3となる。また、木材を利用することで、次章以降で述べる炭素固定化やカーボンニュートラル化への長期使用に対する利点もあるものと考えられる。

表4.1 単位面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量

(a) 上部構造

構造種別	延床面積 (m <sup>2</sup> )	使用体積 (m <sup>3</sup> )				資材別CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )				総排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	総排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	単位面積 当たり (t-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
		木	コンクリート	鉄筋	鋼材	木	コンクリート	鉄筋	鋼材			
CLT	308	126	0	0	0	20097	0	0	0	20097	20.1	0.0653
RC	308	0	120.8	5.3	0	0	56934	38781	0	95715	95.7	0.311
S	308	0	44.3	1.9	5.3	0	20876	14220	47147	82242	82.2	0.267

(b) 基礎部

構造種別	延床面積 (m <sup>2</sup> )	使用体積 (m <sup>3</sup> )				資材別CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )				総排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	総排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	単位面積 当たり (t-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
		木	コンクリート	鉄筋	鋼材	木	コンクリート	鉄筋	鋼材			
CLT	308	0	57.4	1.27	0	0	27064	9410	0	36474	36.5	0.118
RC	308	0	57.4	1.27	0	0	27064	9410	0	36474	36.5	0.118
S	308	0	57.4	1.27	0	0	27064	9410	0	36474	36.5	0.118

(c) 上部構造と基礎部の合計

構造種別	延床面積 (m <sup>2</sup> )	使用体積 (m <sup>3</sup> )				資材別CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )				総排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	総排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	単位面積 当たり (t-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
		木	コンクリート	鉄筋	鋼材	木	コンクリート	鉄筋	鋼材			
CLT	308	126	57.4	1.27	0	20097	27064	9410	0	56571	56.6	0.184
RC	308	0	178.2	6.52	0	0	83998	48191	0	132189	132.2	0.429
S	308	0	101.7	3.20	5.29	0	47940	23630	47147	118716	118.7	0.385

表4.2 CO<sub>2</sub>排出原単位

CO<sub>2</sub>排出原単位（日本建築学会LCA指針より）および密度

名称	木	コンクリート	鉄筋	鋼材
CO <sub>2</sub> 排出原単位 (kg-CO <sub>2</sub> /kg)	0.319	0.205	0.941	1.136
密度 (t/m <sup>3</sup> )	0.5	2.3	7.85	7.85

## 5. 炭素貯蔵量の計算

2021年10月に林野庁より、「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン」<sup>1)</sup>が公表された。本ガイドラインの主旨は、木材利用の促進を図るうえで、木材利用が地球温暖化防止に寄与していることを数値化して示し、わかりやすい表示の仕組みを設けることにある。本章では、前章で述べたCLTパネル工法で建てられた当該建物に対して、炭素貯蔵量を数値化して示すことを目的とする。

本ガイドラインによれば、炭素貯蔵量（CO<sub>2</sub>換算量）は式（5.1）で計算される。

$$C_s = W \cdot D \cdot C_f \cdot 44/12 \quad (5.1)$$

ここで、 $C_s$ ：建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量（t-CO<sub>2</sub>）， $W$ ：建築物に利用した木材の量（m<sup>3</sup>）， $D$ ：木材の密度（t/m<sup>3</sup>）， $C_f$ ：木材の炭素含有量である。

本ガイドラインに従って、当該建物から各項目に代入する数値を読み解くと、以下のようなになる。まず、 $W$ （木材量）は、「完成した建築物本体に利用されている木材の量」となり、上屋に使用されている床・壁・屋根等のCLTはすべて該当する。次いで、 $D$ （木材の密度）は、「気乾状態の在籍に対する全乾状態の質量の比」とある。本ガイドラインでは、樹種別の気乾密度の数値例の記載があり、当該建物に使用された樹種が国産スギであることを反映させると、気乾密度 $d$ は0.38t/m<sup>3</sup>となる。ここで、樹種別の気乾密度を用いて木材の密度 $D$ を求める際には、気乾状態の材積に対する全乾状態の質量の比に関する必要があることから、その係数として0.87を乗ずる。当該建物はCLTであるが、製材品であるラミナを積層接着した木質材料であることから、スギの密度を準用する。 $C_f$ （木材の炭素含有量）は、本ガイドラインに従って、製材の0.50をとる。

上記数値を4.1式に代入すると、76.4t-CO<sub>2</sub>が得られる。1haにある36-40年生のスギ人工林の炭素貯蔵量が302t-CO<sub>2</sub>であることを踏まえると、当該建物の炭素貯蔵量は、0.25ha（50m×50m）分のスギ人工林の炭素貯蔵量に匹敵すると考えられる。

表5.1 炭素貯蔵量の算定

$W$ (m <sup>3</sup> )	$d$ (t/m <sup>3</sup> )	$D$ (t/m <sup>3</sup> )	$C_f$ (t-CO <sub>2</sub> )	$C_s$ (t-CO <sub>2</sub> )
126	0.38	0.331	0.5	76.5



## 6. 運用段階のCO<sub>2</sub>排出量

木材活用がLCCO<sub>2</sub>に及ぼす影響を調べるため、建物建設段階および、建物運用段階に排出されるCO<sub>2</sub>量を考慮して試算を行なう。

2020年10月、日本政府は2050年までに温室効果ガスの排出量と吸収量の差分をゼロとする、カーボンニュートラル化を目指すことを示した。建築分野では、建物の運用段階に排出されるCO<sub>2</sub>もカーボンニュートラル化の対象になる。本試算では、2021年度を100%として、再生可能エネルギーへの転換によるCO<sub>2</sub>排出量削減率を2050年までに20%に削減、省エネによるCO<sub>2</sub>排出量削減率を2050年までに50%に削減すると仮定した。これらは、2050年までに線形的に減少する。また、2050年にカーボンニュートラル化が達成されたのちは、建物運用段階に排出されるCO<sub>2</sub>は0とできるものとした。ここでは、年間建物運用段階に排出される平米当たりのCO<sub>2</sub>排出量を100kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/年（日本ビルディング協会連合会、2005年実績）とした。なお、この数字は比較的大規模建築物を対象としたものであるため、比較用として50kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/年とした際の検討も実施した。2022年以降は、上述した削減率をこの数値に乗ずることで低減させる。図6.1に削減率の有無を比較した建物運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出総量を示す。2050年時において、削減した場合としていない場合で2倍ほどの差が見られており、CO<sub>2</sub>排出量削減への取り組みの重要性が示されている。

カーボンニュートラル化を目指すにあたっての木材利用の利点は、木材を利用した跡地に新たに植林できることである。周知のとおり、木々の成長過程によりCO<sub>2</sub>は吸収され、若木であるほど吸収量は多い。また、4章で述べたように、木材には炭素貯蔵（炭素固定化）の役割もあり、木材利用を促進することで、現状ある木材は炭素を放出せず、また新たに植林する木々によってCO<sub>2</sub>を吸収できる効果が見込まれる。ただし、木材を利用するにしても、建設資材の加工段階や輸送等でCO<sub>2</sub>は発生する。木材のCO<sub>2</sub>排出原単位 $V$  (t-CO<sub>2</sub>/t) は式 (6.1) で求められる。

$$V = V_a + V_b + V_c \quad (6.1)$$

ここで、 $V_a$ ：木材の組成に起因するCO<sub>2</sub>排出量、 $V_b$ ：建設資材の加工段階で発生するCO<sub>2</sub>量、 $V_c$ ：建設資材の輸送等で発生するCO<sub>2</sub>量である。

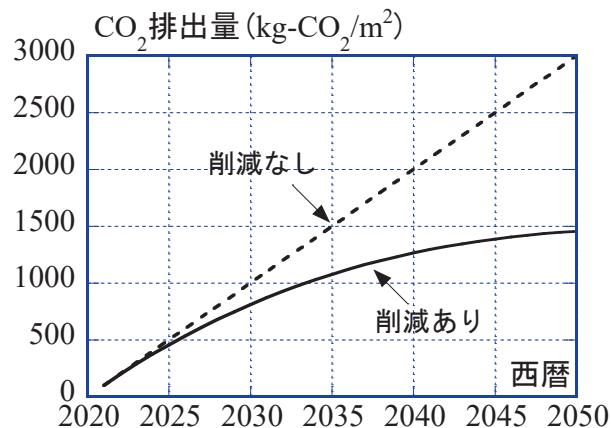


図6.1 CO<sub>2</sub>排出量削減取組みの有無による比較

木材を燃焼させたとしても、時間の経過とともに植林した木々がCO<sub>2</sub>を吸収することから、CO<sub>2</sub>排出量は相殺されることになり、 $V_a$  (kg-CO<sub>2</sub>/kg/年) は式 (6.2) で求められる。

$$\begin{aligned}
 V_a &= 0.5 \times 44/12 - 0.5 \times 44/12 \times N/50 \\
 &= 1.833 \times (1-N/50)
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

上式は、木材1kg当りに含まれる炭素重量を木材全体重量の50%とし、木材が資源として再生するまでの期間を50年と仮定する。

先に述べたCO<sub>2</sub>削減率を考慮したLCCO<sub>2</sub>の推移を図6.2に示す。同図(a)は年間建物運用段階に排出される平米当たりのCO<sub>2</sub>の排出量を100kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/年とし、同図(b)は50kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/年とした際の試算である。また、黒線は鉄骨造、赤線はCLTパネル工法を示している。仮に2100年まで建物が解体されずに運用されるとすれば、鉄骨造、CLTパネル工法ともに破線のようになる。2100年の段階でCLTパネル工法が鉄骨造より低い数値となっている理由は、建設段階においてCO<sub>2</sub>排出量が低く抑えられていることと、上述した $V_a$ の効果が反映されているためである。この時点で、同図(a)のケースでは、CLTパネル工法が1503kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>に対し、鉄骨造は1828kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>となり、およそ82%ほどに削減できることが示されている。同図(b)では、同様に775kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>に対し、1099kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>となっていることから、鉄骨造のおよそ70%ほどの排出量となる。

ここで、我が国の建物の計画寿命を鑑みると、50年ほどで建替えられている建物が見られ、その影響を考慮する必要がある。ここでは2070年に建物を解体し、同規模の建物を建設するものと仮定する。この推移を同図に示すと、2070年から2071年にかけて建替え時による一時的なCO<sub>2</sub>増加が生じる。しかしながら、カーボンニュートラル化が達成できていれば、鉄骨造とは異なり、CLTパネル工法では木材を利用することで運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量は右肩下がりとなる。このことから、木材利用の促進に加え、建物の計画寿命を延ばすことで、将来的に建設段階で排出されるCO<sub>2</sub>のカーボンニュートラル化も可能となるものと考えられる。なお、建替えを行なった場合、同図(a)での2100年時におけるCO<sub>2</sub>排出量は、CLTパネル工法で1607kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>、鉄骨造で2189kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>となり、およそ73%に減少できる。同様に、同図(b)の条件で比較すると、CLTパネル工法で879kg-

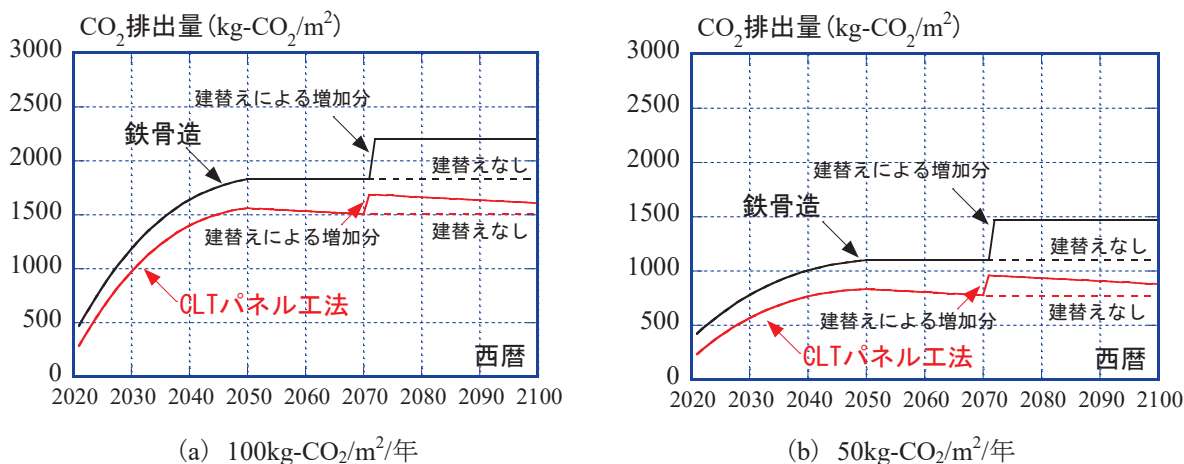


図6.2 運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量の比較

CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>，鉄骨造で1470kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>となり，およそ60%に減少できる。運用段階においての年間CO<sub>2</sub>排出量が小さくなるほど，木材を活用することによる削減率の影響は大きくなることがわかる。

## 7.まとめ

木材を建築物に採用するにあたり，木材の有するCO<sub>2</sub>吸収量について，木造，RC造，鉄骨造と比較して建設段階および運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量について検討したところ，以下の知見を得た。

建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量を調べるため，CLTパネル工法と同程度の建物をRC造およびS造として検討を行った。CLTパネル工法に対し，RC造では2.3倍，S造では2.1倍，排出量が増えることを示した。本検討では，基礎部分を構造種別に拘らず同仕様としているため，RC造およびS造の基礎工事が増加することを考慮すると，この差は大きくなるものと考えられる。

木材の炭素貯蔵量に着目し，林野庁が示したガイドラインに基づいて算定した。本検討で用いたCLTパネル工法では，76.5t-CO<sub>2</sub>程度の炭素貯蔵量を有しているものと考えられる。

運用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量では，時間の経過とともに植林した木々がCO<sub>2</sub>を吸収する特性を加味した考察を行った。2050年にカーボンニュートラル化が達成されるものと仮定すると，総量としてのCO<sub>2</sub>排出量は減少に転じることになる。ただし，50年周期での建替えを考慮すると，建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出量が加算されるため，カーボンニュートラル化に加え，建物の長寿命化における検討も必要であるものと考えられる。

## 謝辞

本報告書のデータ分析にあたり，稲田達夫氏（現山佐木材株式会社顧問，元福岡大学教授）より多くの貴重なご助言を頂戴した。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 林野庁：建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン，2021.10，3林政産第85号，<https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/attach/pdf/mieruka-1.pdf>（2022年1月10日閲覧）
- 2) 稲田達夫：低炭素時代における建築構造のあり方に関する研究，建物構造躯体の長寿命化促進の重要性について，日本建築学会構造系論文集，No.74，Vol.644，pp.1887-1894，2009.10
- 3) 日本建築構造技術者協会編：JSCA版 S建築構造の設計，第2版，2018.3
- 4) 日本建築学会：LCAデータベース 1995年産業連関分析データ版，Ver.3.1，2006.3

2.7 (株) JML / (株) アルファフォーラム

事業名	月形町産湾曲集成材フレームとCLTをGIR工法で接合した木材展示場		
実施者(担当者)	株式会社JML (株式会社アルファフォーラム)		
建築物の概要	用途	木材事務所	
	建設地	北海道樺戸郡知来乙284-4	
	構造・工法	湾曲集成材フレーム+CLTをGIR接合	
	階数	2	
	高さ(m)	6.84	
	軒高(m)	6.84	
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	850.5	
	建築面積(m <sup>2</sup> )	95.16	
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	142.74	
	階別面積	1階 2階 3階	63.44 79.3 -
CLTの仕様	CLT採用部位	2階床	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )	加工前製品量35.7m <sup>3</sup> 、建築物使用量11.7m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	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: トドマツ梁: カラマツ集成材	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	60m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	t20mm×w185mm スプルーース熱処理木材
		外壁	-
		開口部	木製サッシ+3層複層ガラス(断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅6mm)
	主な内部仕上	界壁	(PB12.5×2+木軸105mm(GW35K105mm)+PB12.5×2)両面
		間仕切り壁	75mm(片面PB12.5mm+9.5mm)
		床	構造用合板24mm+ドープチ18mm+華僑ポリ温水パイプ+12mmカラーフロア
天井	木天井下地+PB9.5+GW35K105mm		
構造	構造計算ルート	壁倍率	
	接合方法	製作金物ドリフトピン接合+GIR(構造挿入型接着工法)	
	最大スパン	6.5m	
	問題点・課題とその解決策	湾曲集成材フレームを先行施工すると2階床盤CLTを吊り込むことが困難なことが判明したため幅ハギCLTを先行して組立した後から湾曲集成材をGIR工法にて接合した	
防火	防火上の地域区分	その他地域	
	耐火建築物等の要件	無	
	本建築物の防火仕様	無	
	問題点・課題とその解決策	-	
温熱	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パネル同士の接合部における隙間の処理として〇〇を施工	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	高性能グラスウール35キロ105mm
		外壁	高性能グラスウール35キロ105mm
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種105mm基礎断熱	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	大判パネル上に遮音マット21mmを敷設しその上に2重床組とし	
	建て方における課題と解決策	クレーン作業により安全に建て方ができた	
	給排水・電気配線設置上の工夫	-	
	劣化対策	-	
工程	設計期間	2021年7月~10月(3ヵ月)	
	施工期間	CLT躯体施工期間	2021年9月~2022年8月(11ヵ月)
			2022年7月中旬~下旬(1週間)
	竣工(予定)年月日	2022年8月31日	
体制	発注者	(株) JML	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	アルファフォーラム一級建築士事務所	
	構造設計者	アルファフォーラム一級建築士事務所	
	施工者	(有)石橋板金工業	
	CLT供給者	銘建工業(株)	
	ラミナ供給者	からまつのサトウ(北海道産材)	

実証事業名：月形町産湾曲集成材フレームと CLT を GIR 工法で接合した木材展示場

建築主等／協議会運営者：株式会社 JML／株式会社アルファフォーラム

### 1. 実証した建築物の概要

用途		木材展示場		
建設地		北海道樺戸郡月形町		
構造・工法		湾曲集成材フレーム+CLT を GIR 接合法		
階数		2		
高さ (m)		6.84	軒高 (m)	6.84
敷地面積 (㎡)		850.5	建築面積 (㎡)	95.16
階別面積	1階	63.44	延べ面積 (㎡)	142.74
	2階	79.3		
	3階	-		
CLT 採用部位		床		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )		加工前製品量 35.7 m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 11.7 m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )		60 m <sup>3</sup>		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	-		
	床	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A/相当/スギ		
	屋根	-		
設計期間		2021 年 4 月～9 月 (6 カ月)		
施工期間		2021 年 6 月～2022 年 11 月 (17 カ月) ※冬季積雪中 6 か月休工あり		
CLT 躯体施工期間		2022 年 7 月～9 月 (2 カ月)		
竣工 (予定) 年月日		2022 年 11 月		

### 2. 実証事業の目的と設定した課題

古くより構造用大断面集成材を用いた合理的な建築手法に、湾曲集成材フレームを利用し、3点支持による門型フレーム工法がある。この場合 1 方向においてはラーメンフレーム並みの高強度が期待できる。さらに母屋材・桁材でフレームを接合することにより、建築のスパンを合理的に伸ばして行くことが容易である。体育館などの大空間建築の場合で小屋組み等は不要のため施工の速さも期待できる。さてこの湾曲集成材フレームを用いた門型フレームに対し CLT を床盤に見立て、大きな一枚板をあらかじめ製作し、その床盤に対し門型湾曲集成材フレームを取り付けることにより単純なフレーム構成にて合理的でスピーディ。かつ強固な建築物が期待できると考えた。

そこで CLT の一枚板を幅ハギにより作成する際に GIR 工法が合理的であり、また、幅ハギ CLT に対し、湾曲集成材フレームを接合させることも GIR 工法を用いて行い接合部の取り合い



をシンプルな構造を目指した。また、この建物の両妻側 2 面において、木製カーテンウォールを施工することにより、採光と気密断熱を兼ね備えた木造らしい開口部を提案できると考えた。

### 3. 協議会構成員

(設 計 ) 株式会社アルファフォーラム (協議会運営者) 小林 靖尚  
(構造設計) 株式会社アルファフォーラム 宝田 弘二  
(施 工) 有限会社石橋板金工業 南 敏夫  
(原木供給者) 株式会社からまつのサトウ  
(材 料) 株式会社キプロ 山内 保範  
(金 物) 株式会社クニタ 竹下 茂夫

### 4. 課題解決の方法と実施工程

- ① 湾曲集成材フレームの中に CLT 床をどのように取り込んで組み立てるか
- ② 湾曲集成材フレームと CLT の GIR 工法での接合精度の確立

<協議会の開催>

2021 年 7 月 第一回協議会開催 設計の問題点洗い出し  
2021 年 8 月 湾曲集成材製造のためのラミナ調達会議  
2021 年 9 月 基礎工事着工打ち合わせ  
2021 年 10 月 湾曲集成材製造のためフィンガージョイント材の打ち合わせ  
2021 年 12 月 突然の豪雪で基礎工事以降の調整  
2022 年 5 月 湾曲集成材の製造打ち合わせ  
2022 年 7 月 建て方協議  
2022 年 8 月 工程協議  
2022 年 10 月 事業取りまとめ

<設 計>

2021 年 6 月 基本設計  
2021 年 7 月から 9 月実施設計

<施 工>

2021 年 8 月 基礎工事契約  
2021 年 9 月から 12 月基礎工事  
2022 年 5 月から 11 月木工事

### 5. 得られた実証データ等の詳細

#### ①CLT の樹種の検討

北海道で建築される CLT 構造体であるため、道産材の CLT の採用を検討した。樹種は、

カラマツ、トドマツである。CLT のサイズは、厚 150mm×幅 3000mm×長 120000mm の国内最大寸法のマザーボードを幅ハギして、床盤に用いる計画のため、国内 CLT メーカーは、岡山県銘建工業（株）と愛媛県（株）サイプレス・スナダヤに 2 社に限られ、北海道よりラミナを輸送して CLT を北海道に輸送するという一方で、コスト面を考慮して、岡山県銘建工業（株）スギ CLT に決定した。

#### ②CLT の水平床面を構成する幅ハギ技術について

CLT を GIR 工法（鋼棒挿入型接着固定）にて幅ハギすることは、SMB 建材等 GIR 研究会メンバーが、評定を取得しており工法的に確立されている。CLT 同士を水平面で帯金物とスプライン工法などがあるが、GIR もっともシンプルな幅ハギ方法でコストの面でも有利と判断し採用した。CLT の大きさが、加工後でも幅 2400mm×長 120000mm の大きさがあり 3 枚幅ハギをして一枚の CLT として段差なく接合できるかが組立のポイントとなり協議会を経て実行された。結果は非常にスムーズかつ迅速に作業が進んだ。GIR 工法の鋼棒挿入のクリアランスが精度向上に寄与したものである。

#### ③CLT と湾曲集成材フレームの GIR 接合について

当初湾曲集成材フレームに L 金物を設置し CLT 床盤厚 150mm×幅 6500mm×120000mm を受けることも検討したが L 字金物の強度が相当数大きくなり 金物の厚みも大きさも建物を仕上げる点で疎外要素となることが分かった。梁受けも検討したが 受け梁を流すことにより上記同様その後の建物仕上げに大きく影響があり、最もシンプルで剛性を取得できる GIR 工法にて接合することに決着した。こちらも、3 ヒンジの門型フレームと巨大な CLT 床盤を全長 12380mm、片側 11 カ所。左右合計 22 カ所でうまく接合できるか、CAD 図を何度も書き直し検討を重ね施工をした。湾曲集成材フレームは基礎からの立ち上がり 2000mm までは垂直でその上から頂部に向かって湾曲している。FL より 2400mm が CLT 床盤の下面で設計しており、CLT と湾曲集成材フレームの交点が湾曲部分で接合することとなり、より高精度のプレカットが要求された。

#### ④フレームの組み立てについて

当初、湾曲集成材フレームを組み立ててから、内部に CLT 床盤を吊り込む計画を立てた。しかし、実際には CLT の後入れは不可能なことが、協議会での検討で明らかになった。よって、まずは所定の位置に足場を組んでその上で CLT の GIR による幅ハギを行った。決められた位置にセットされた CLT 床盤に対し外側よりクレーンで湾曲集成材を吊り上げ各端部を製作金物にてドリフトピン接合をした。最後に外壁側より GIR 鋼棒を CLT 床盤に挿入してエポキシ樹脂注入でラーメン構造とした。

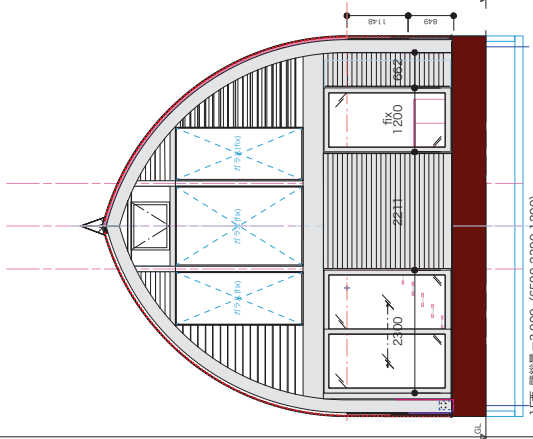
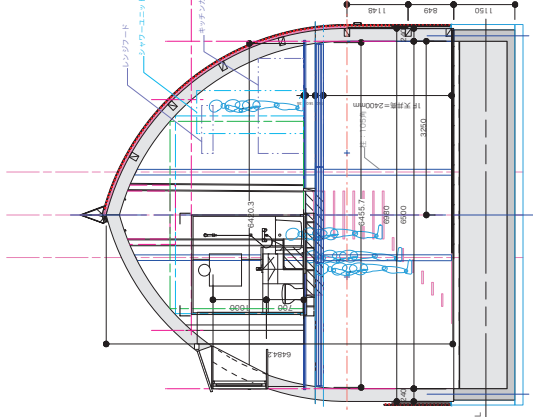
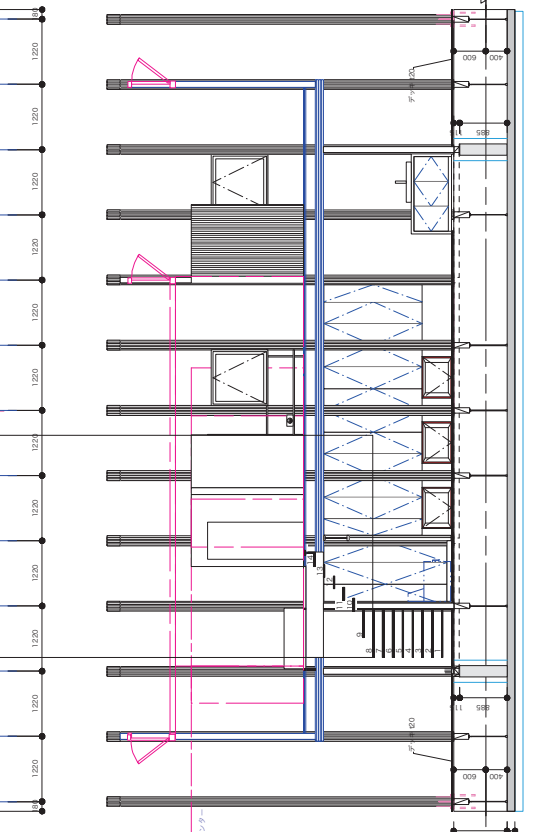
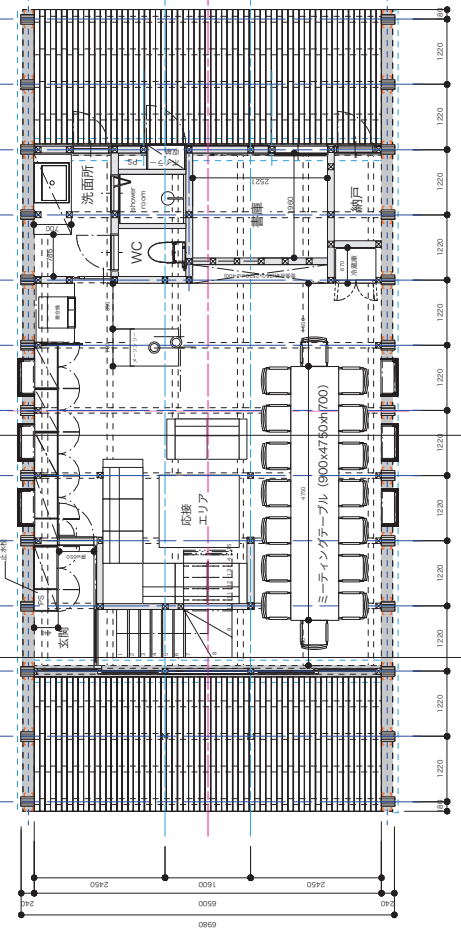
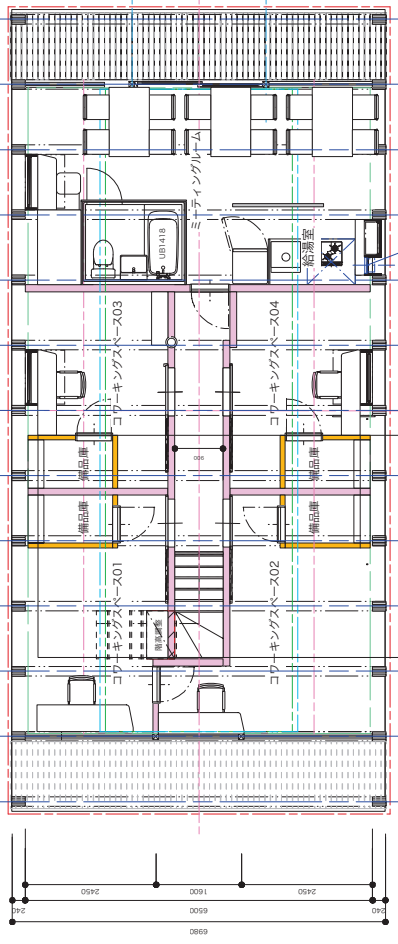
## 6. 本実証により得られた成果

今から 72 年前に、アメリカより移入された湾曲集成材技術と、29 年前より実績のある GIR（鋼棒挿入型接着固定）工法を用いて、近年 JAS 認定された最も新しいエンジニアードウッドである CLT を主要構造体として組み上げ、幅 6500mm×高 6500mm×長 12380mm の 2 階建て躯体を実証できた。特に 2 階部分は無柱の大空間の建築となった。シ

シンプルな木構造故、汎用性が高く、また構造体の部品数が少ないことから、今後、応用の効く組み合わせが可能であることを実証できた。

#### 7. 建築物の平面図・立面図・写真等





NO.  
DRAW  
M.KATO

DATE  
20220111

SCALE  
1/100

SECTION  
株式会社JML 木材事務所

TITLE  
白熊工削所

1F西 躯体量=3,000 (6500-2300-1200)

1F東 躯体量=4,000 (6500-1600-800)

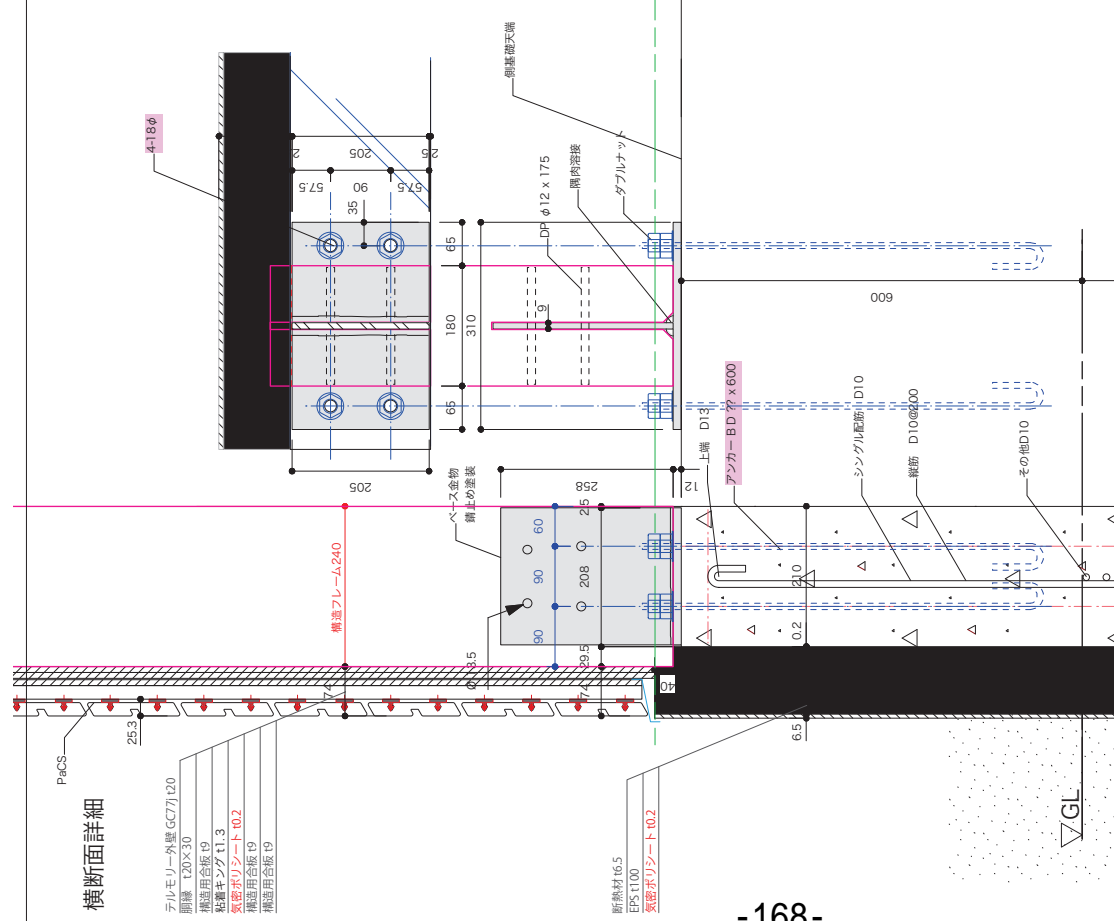




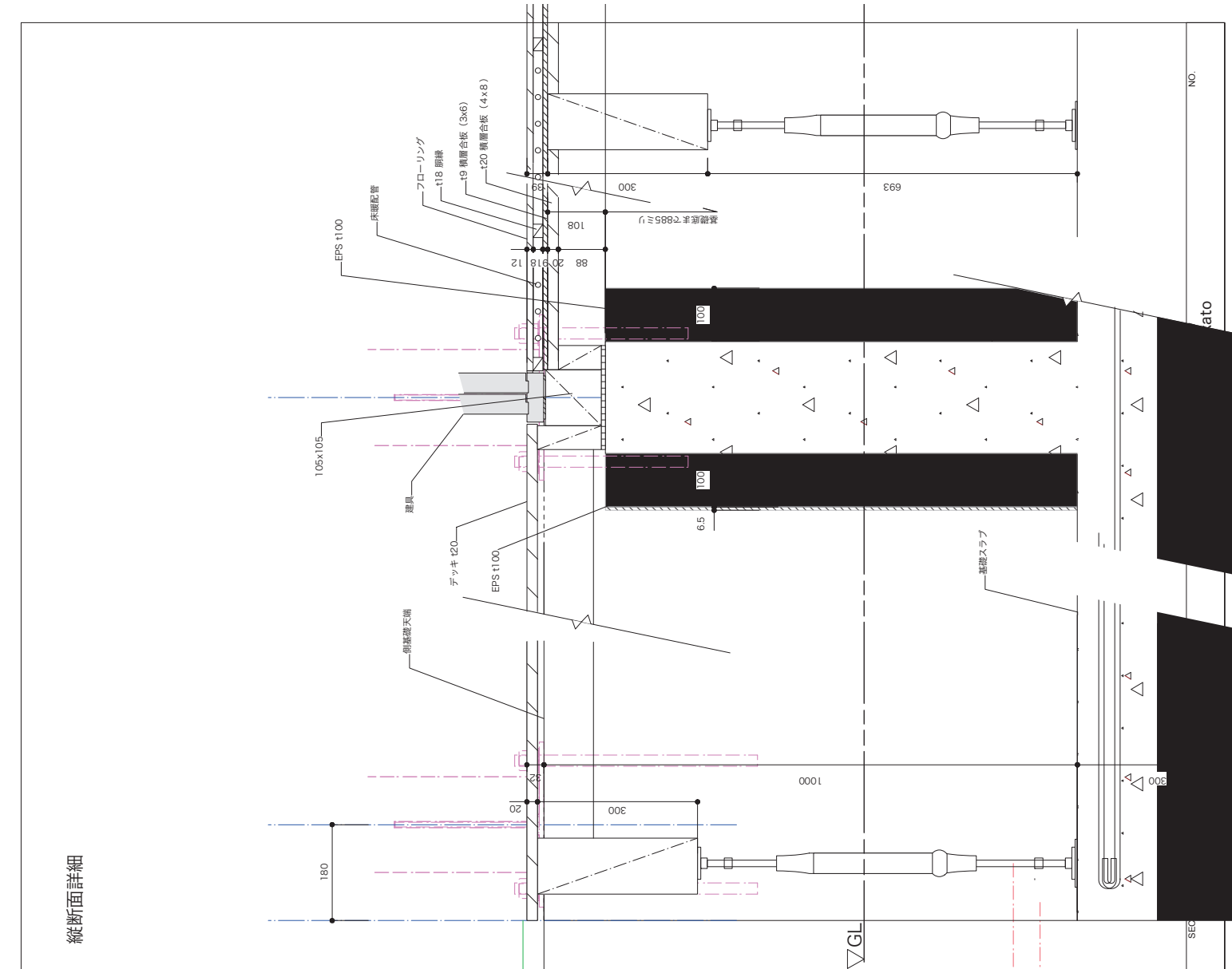


横断面詳細

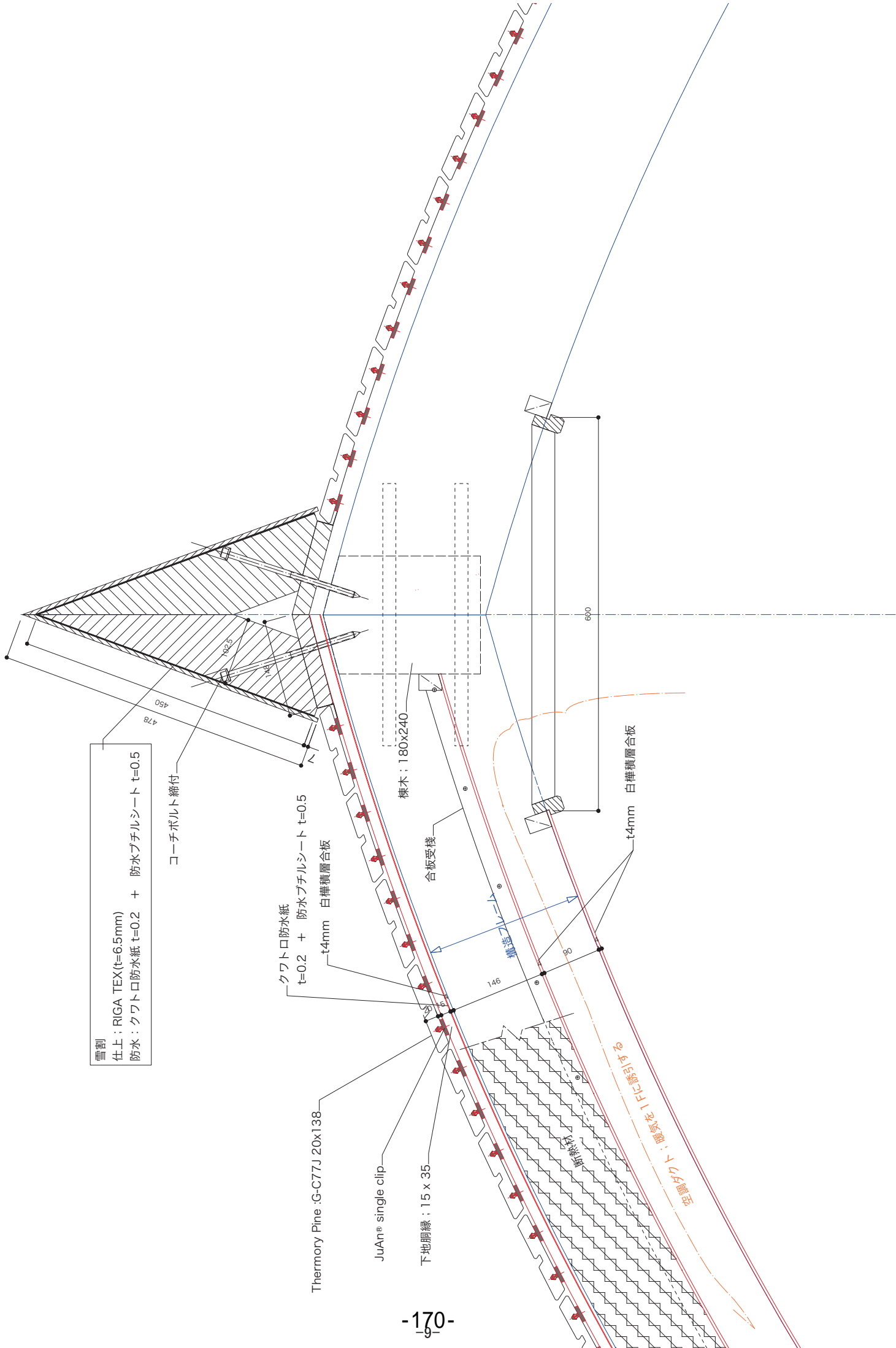
- テルモリー-外壁 GC7J120
- 胴縁 120×30
- 構造用合板φ9
- 乾燥キリシタφ11.3
- 気密ポリシート10.2
- 構造用合板φ9
- 構造用合板φ9



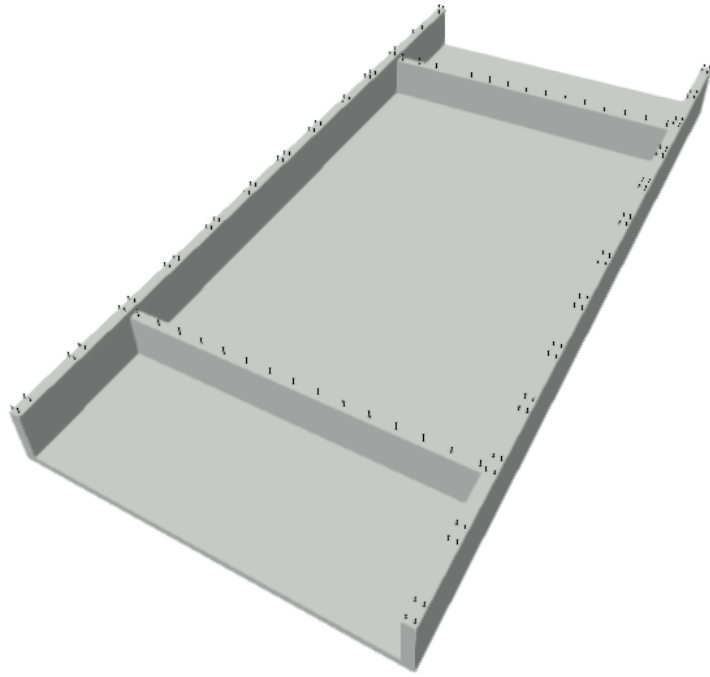
縦断面詳細

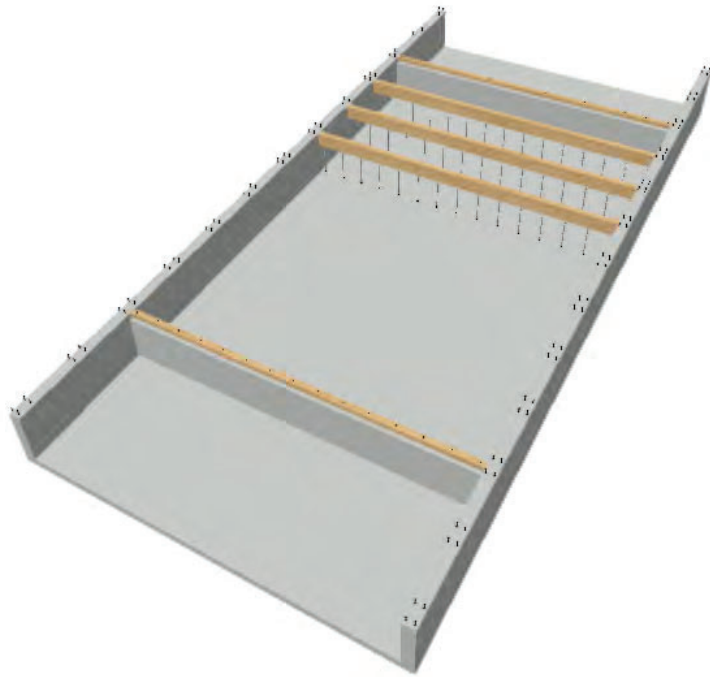




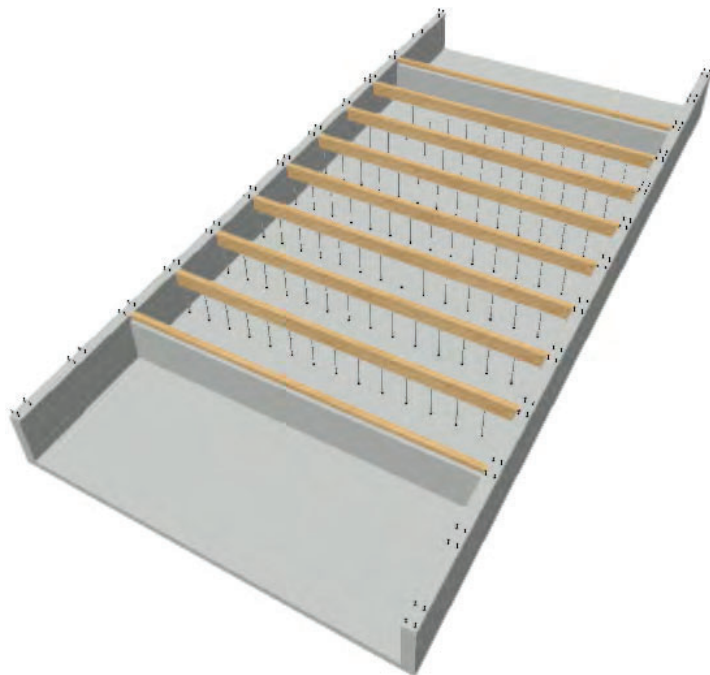
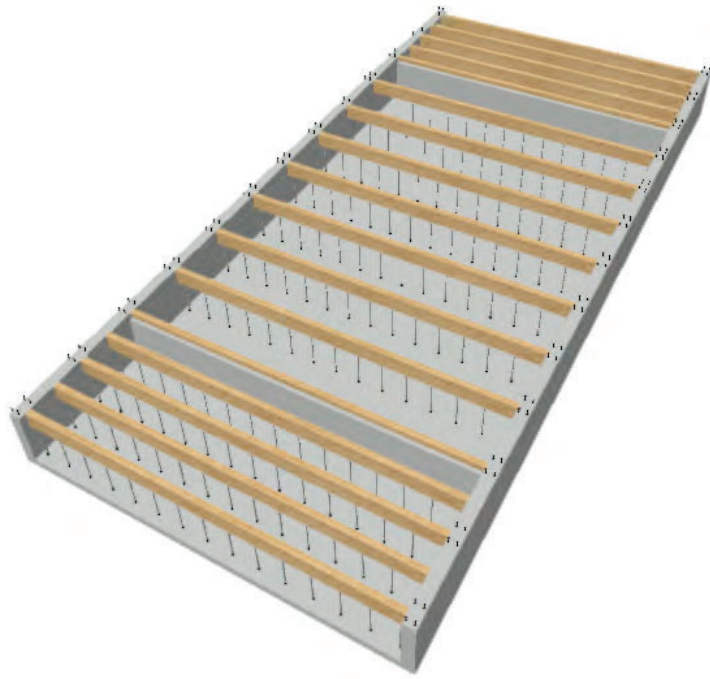


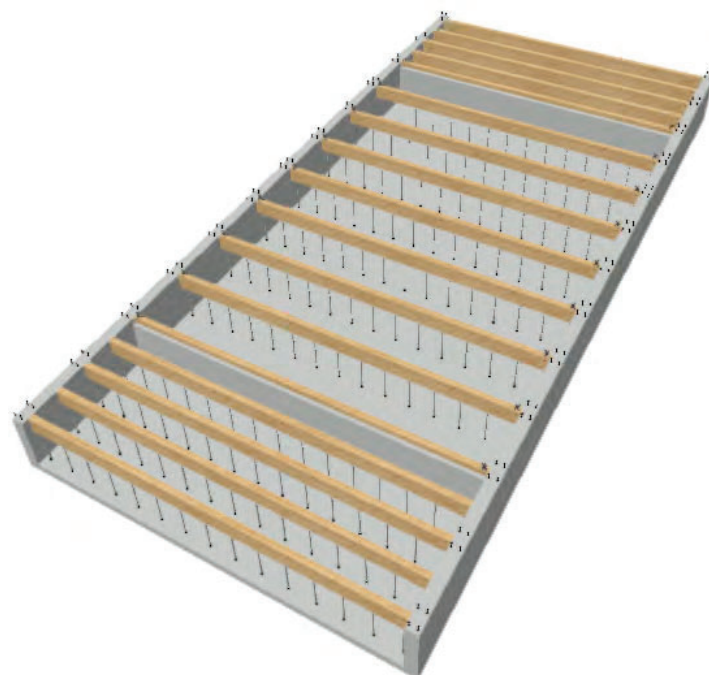
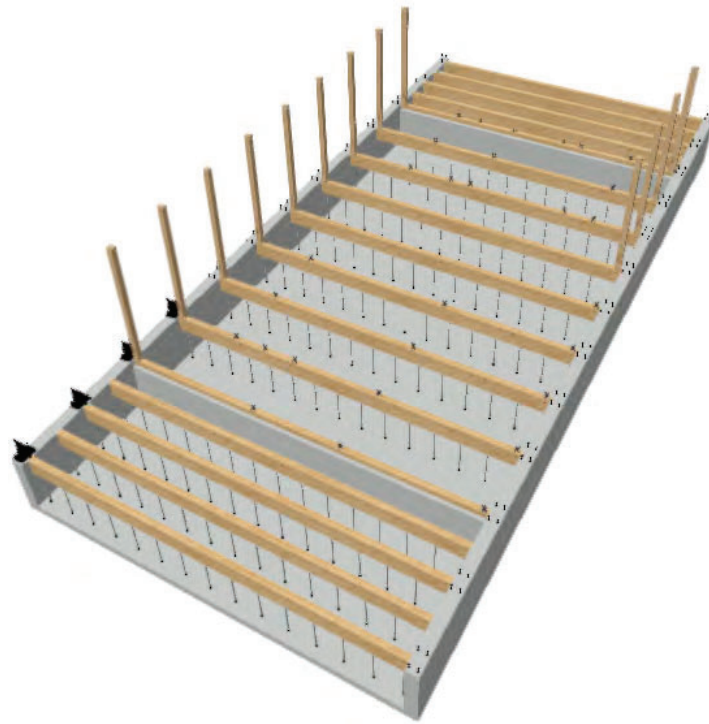
雪割  
 仕上 : RIGA TEX (t=6.5mm)  
 防水 : クワトロ防水紙 t=0.2 + 防水ププルシート t=0.5

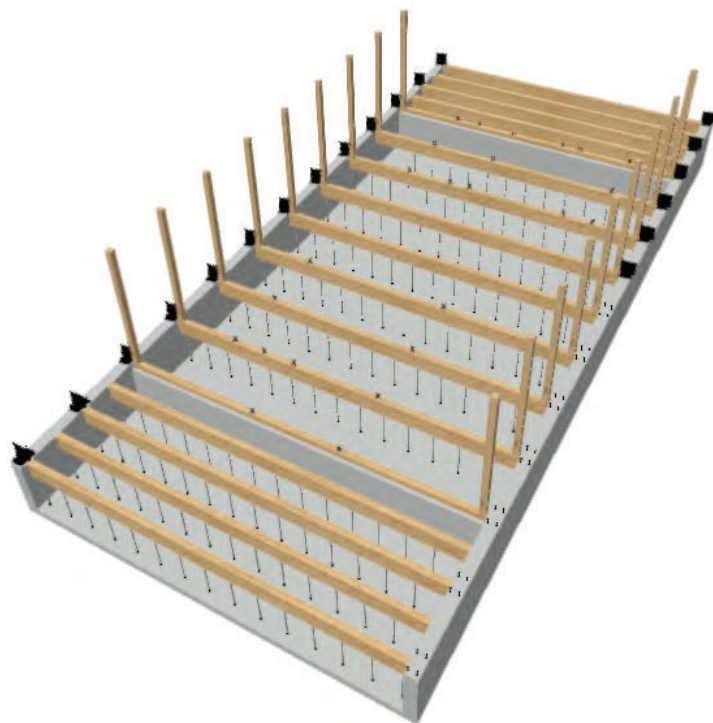
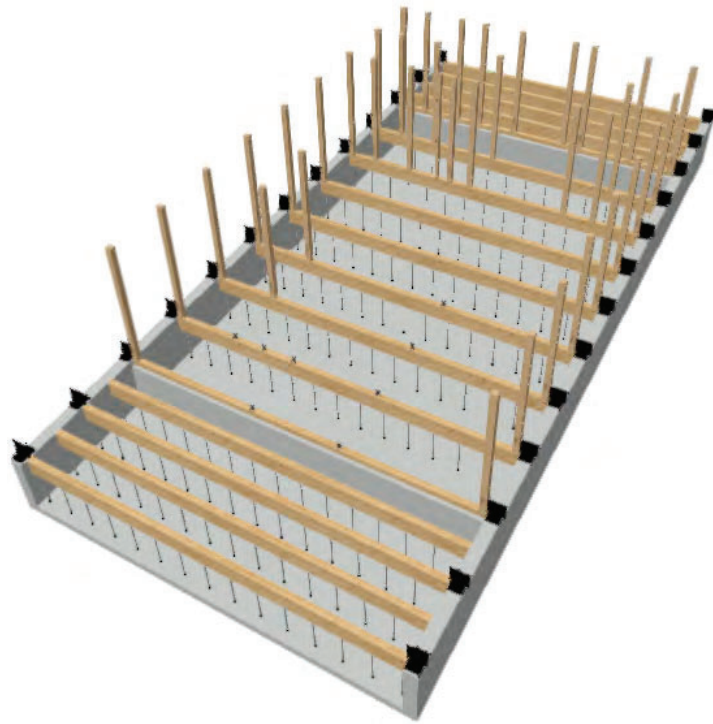


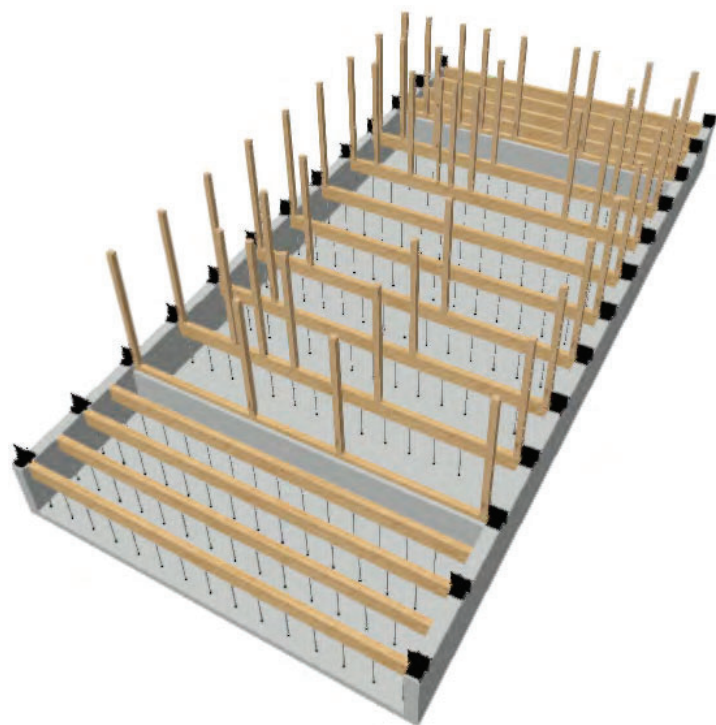
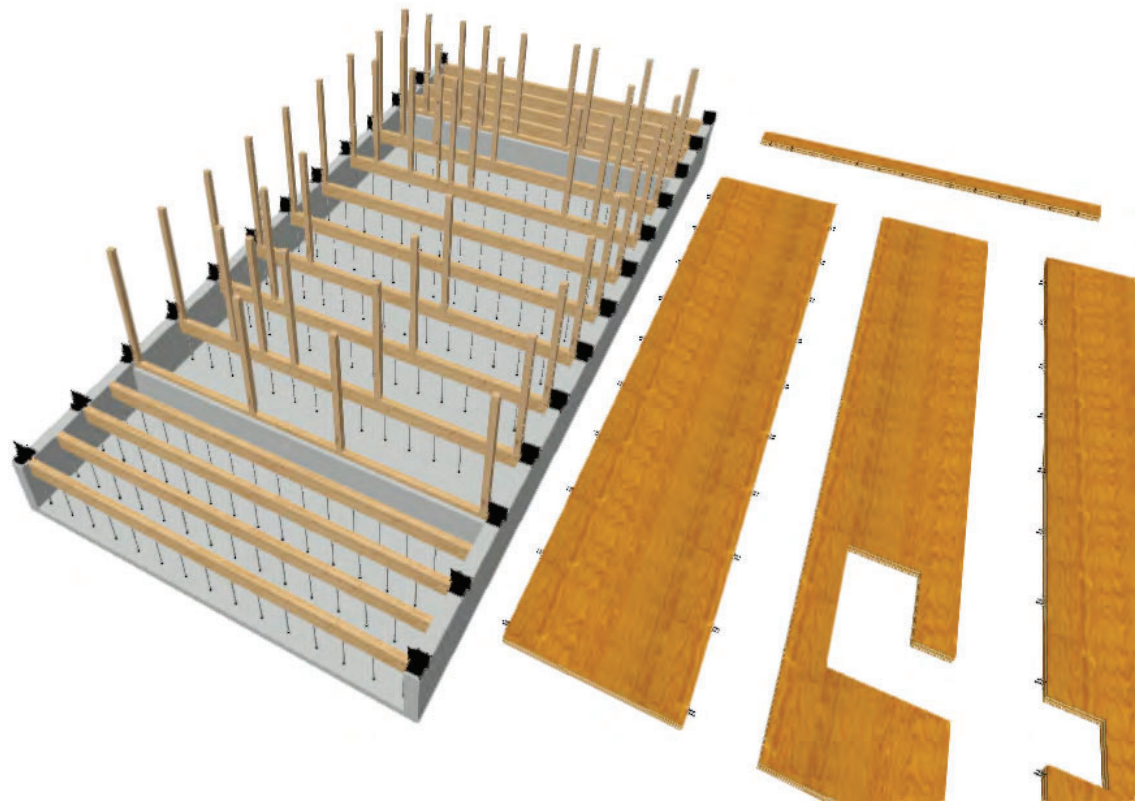




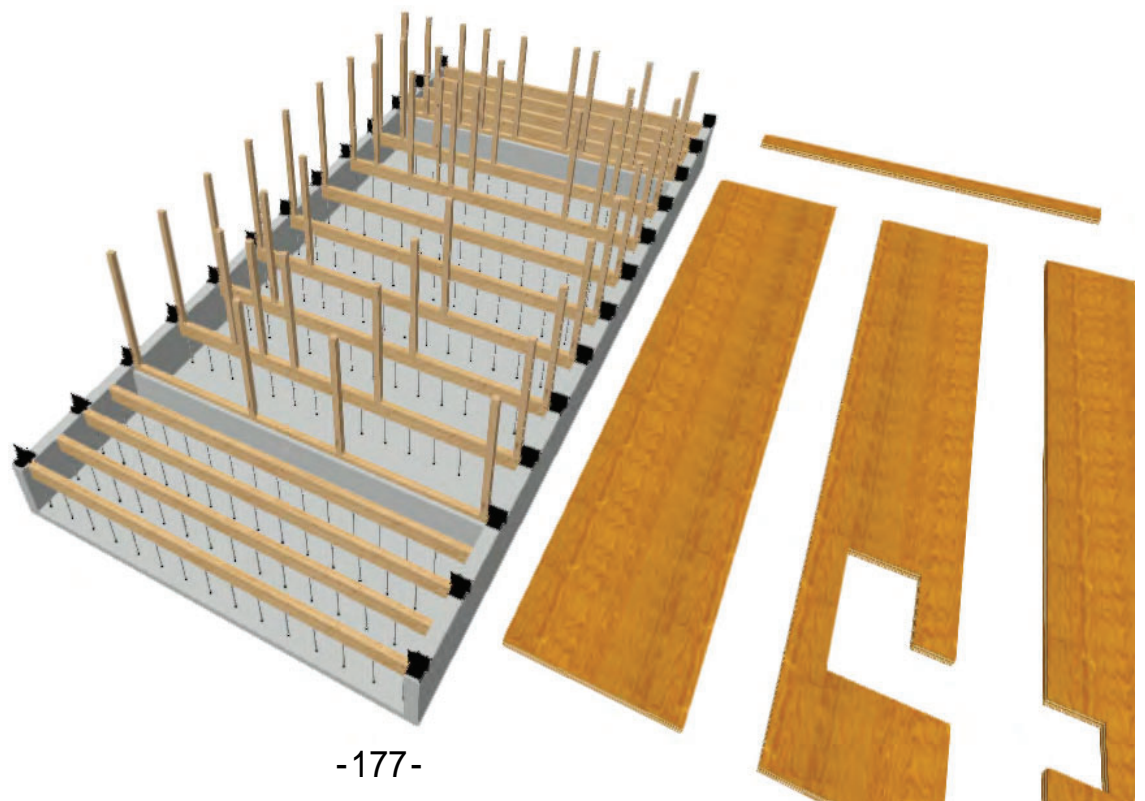
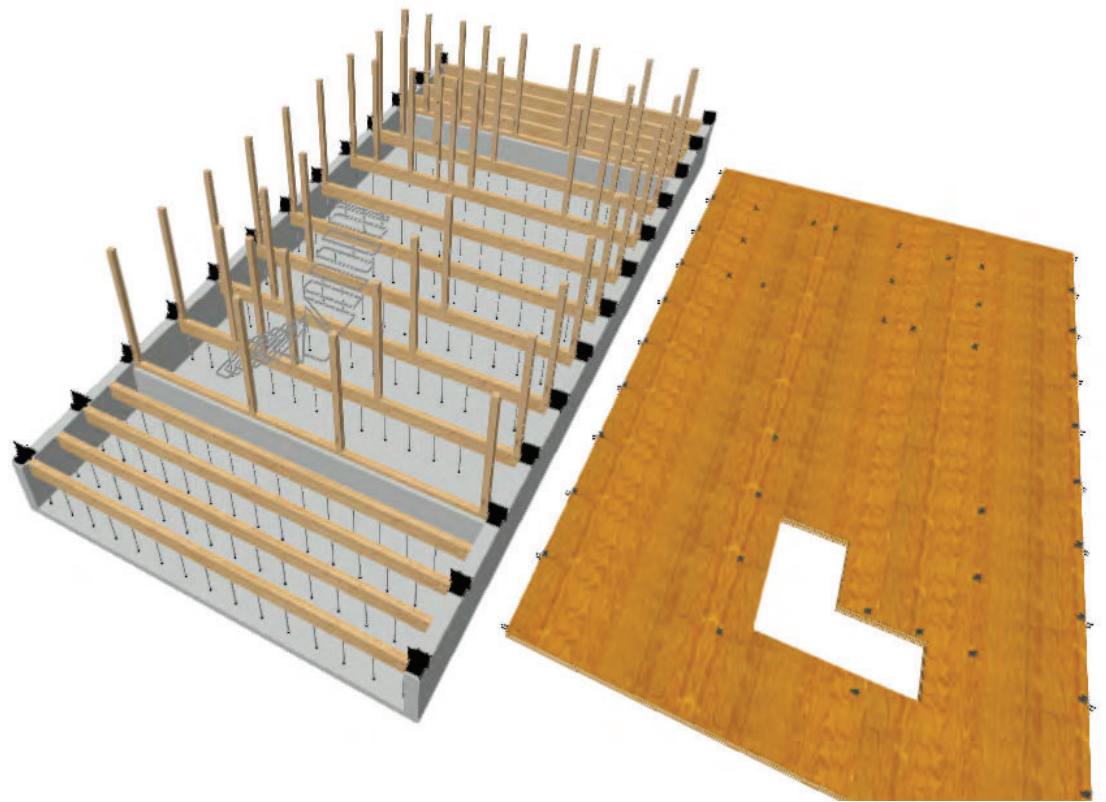




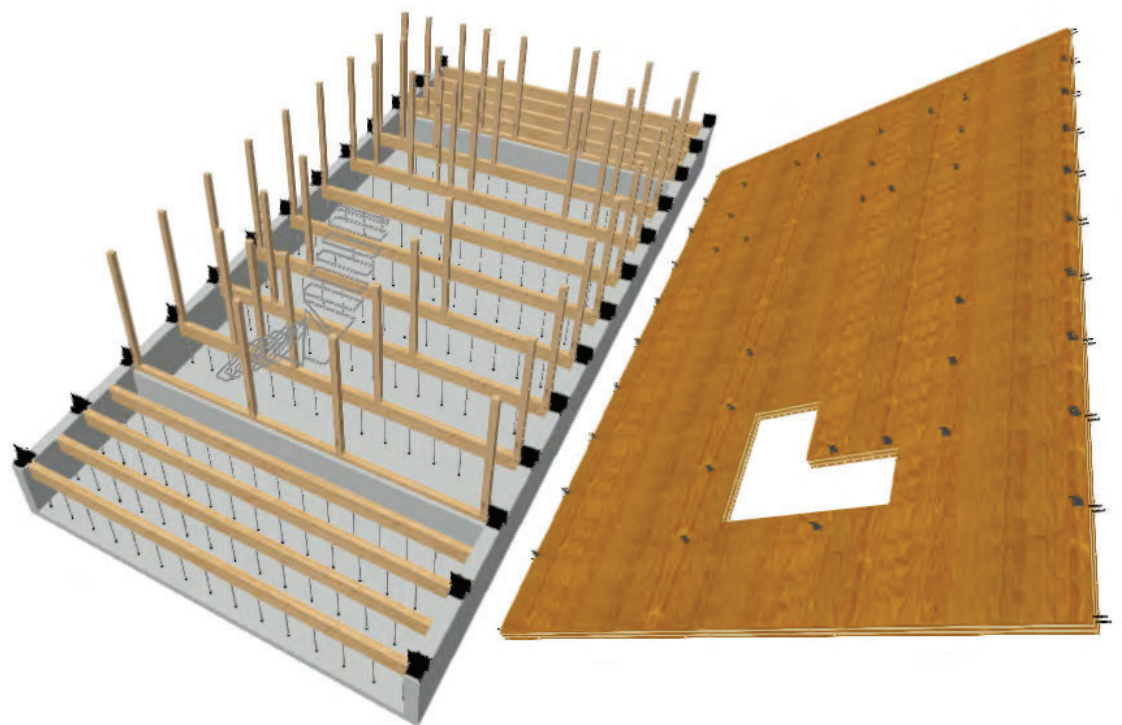
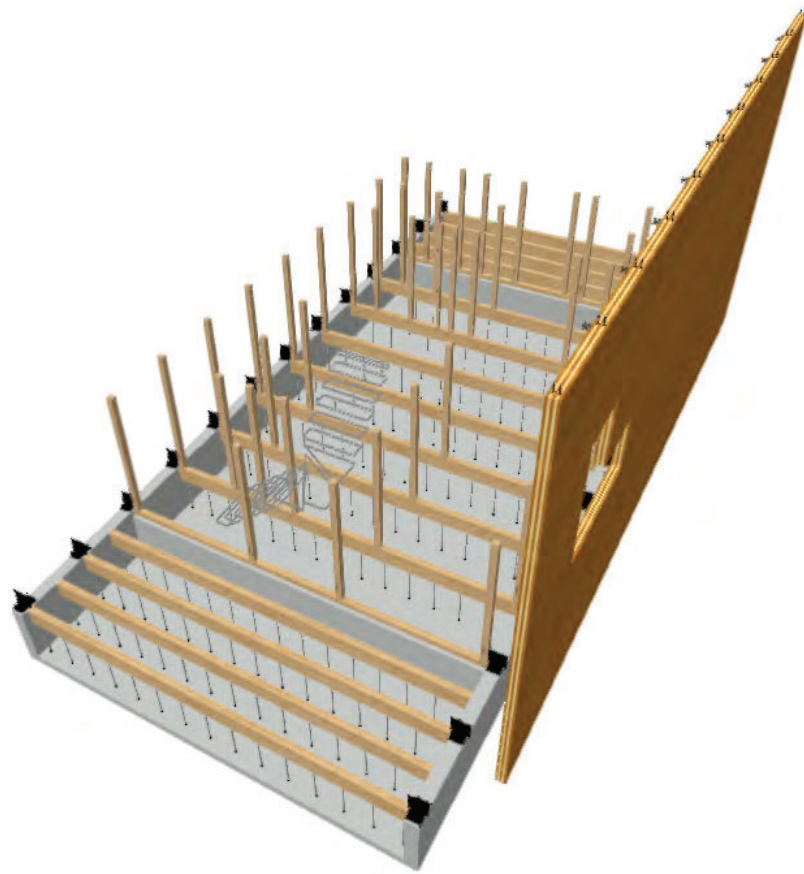


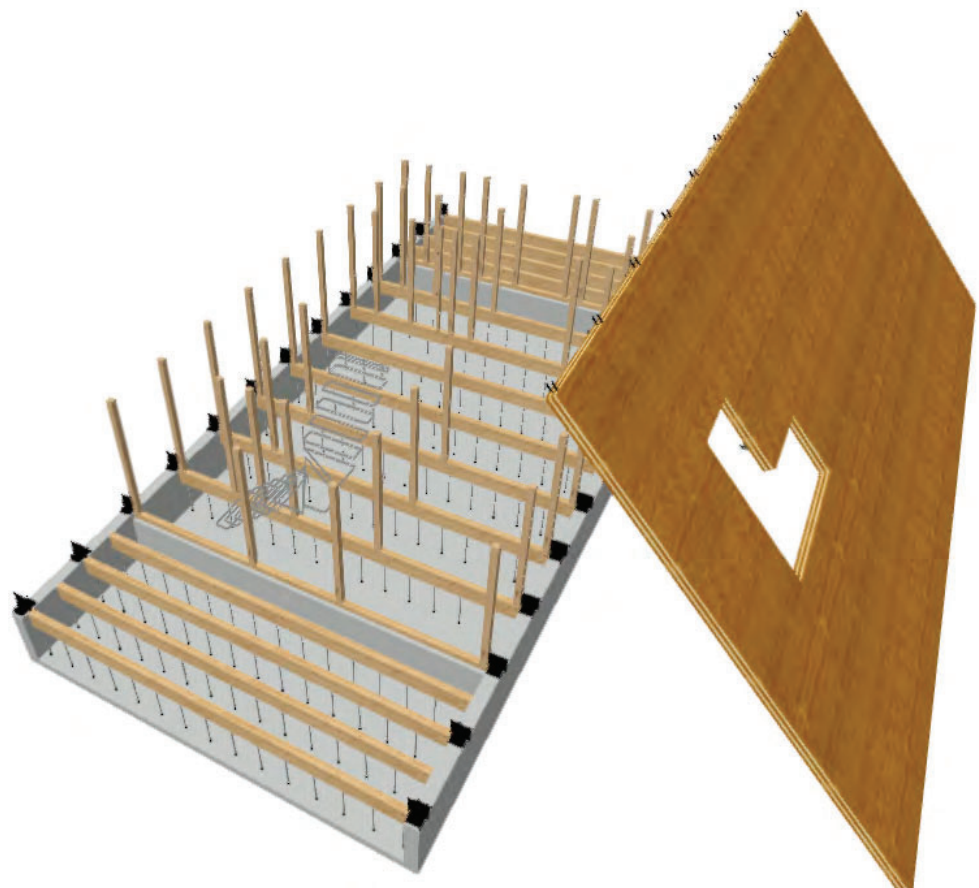
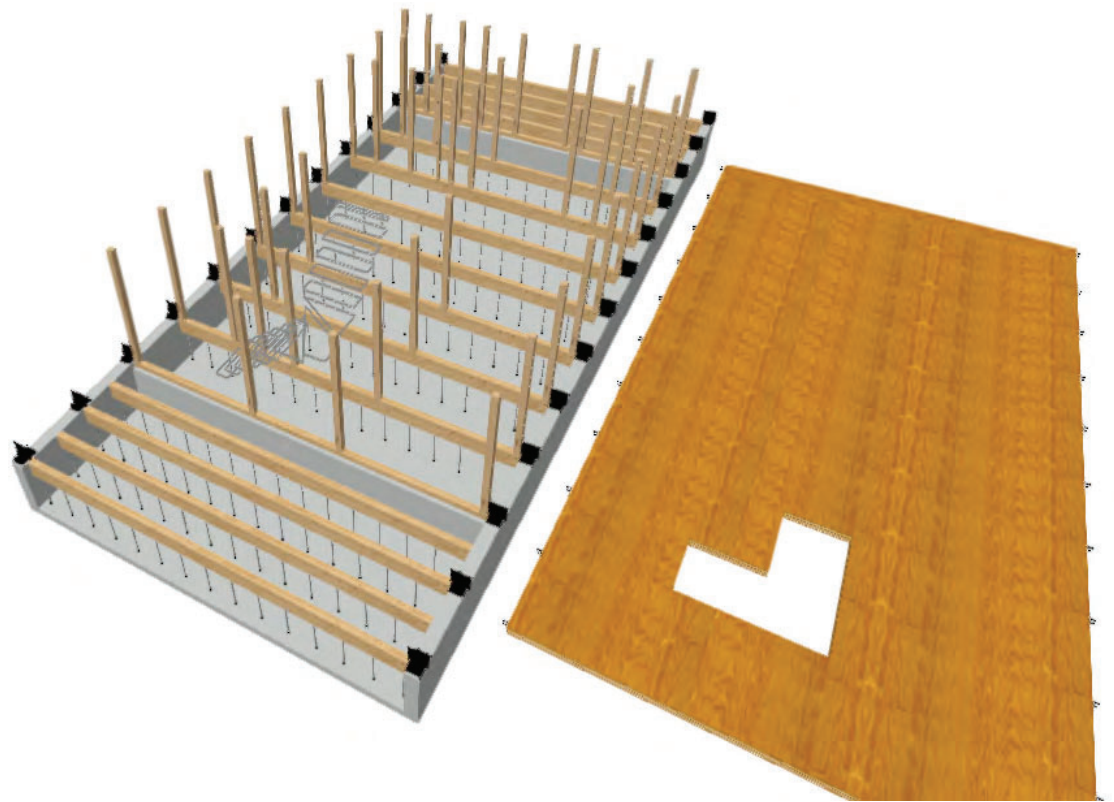


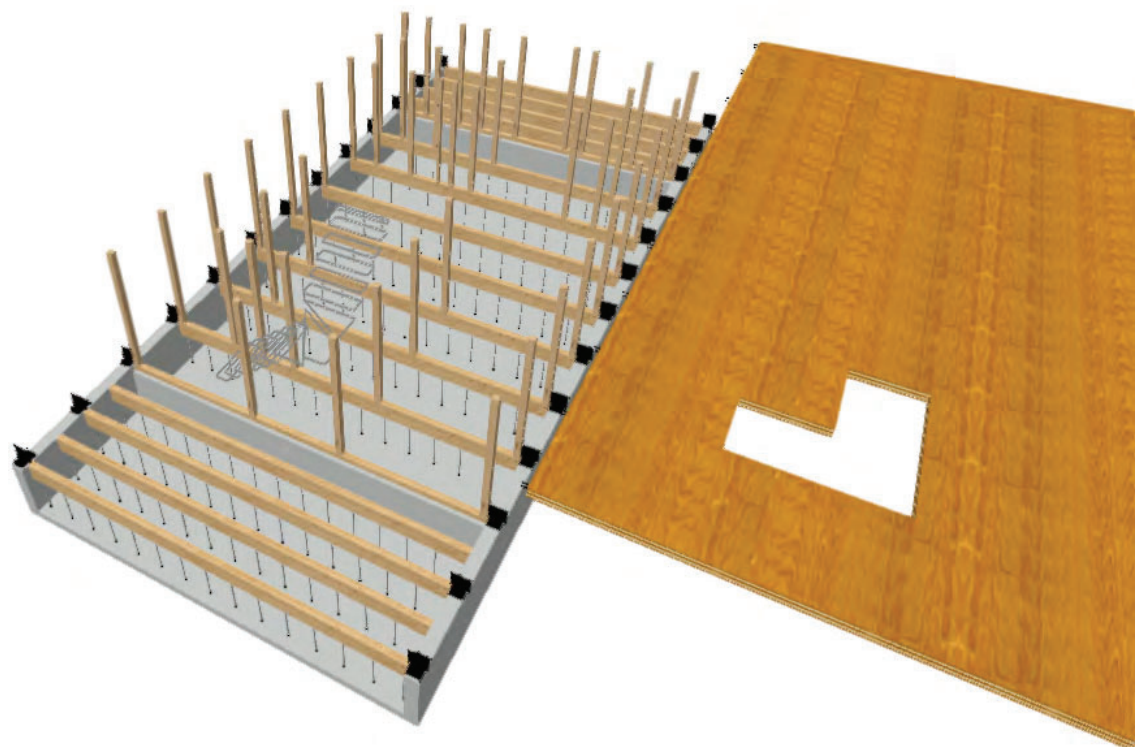
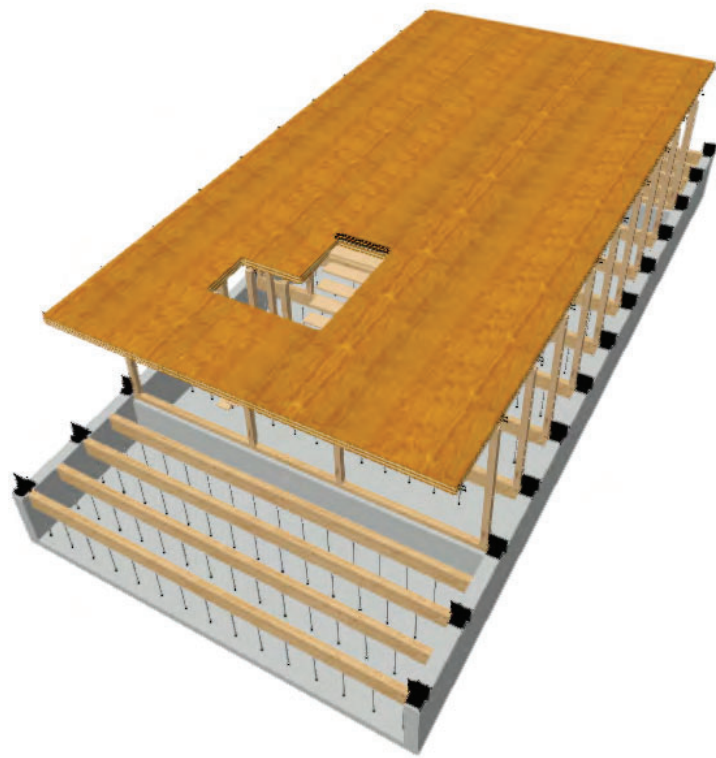




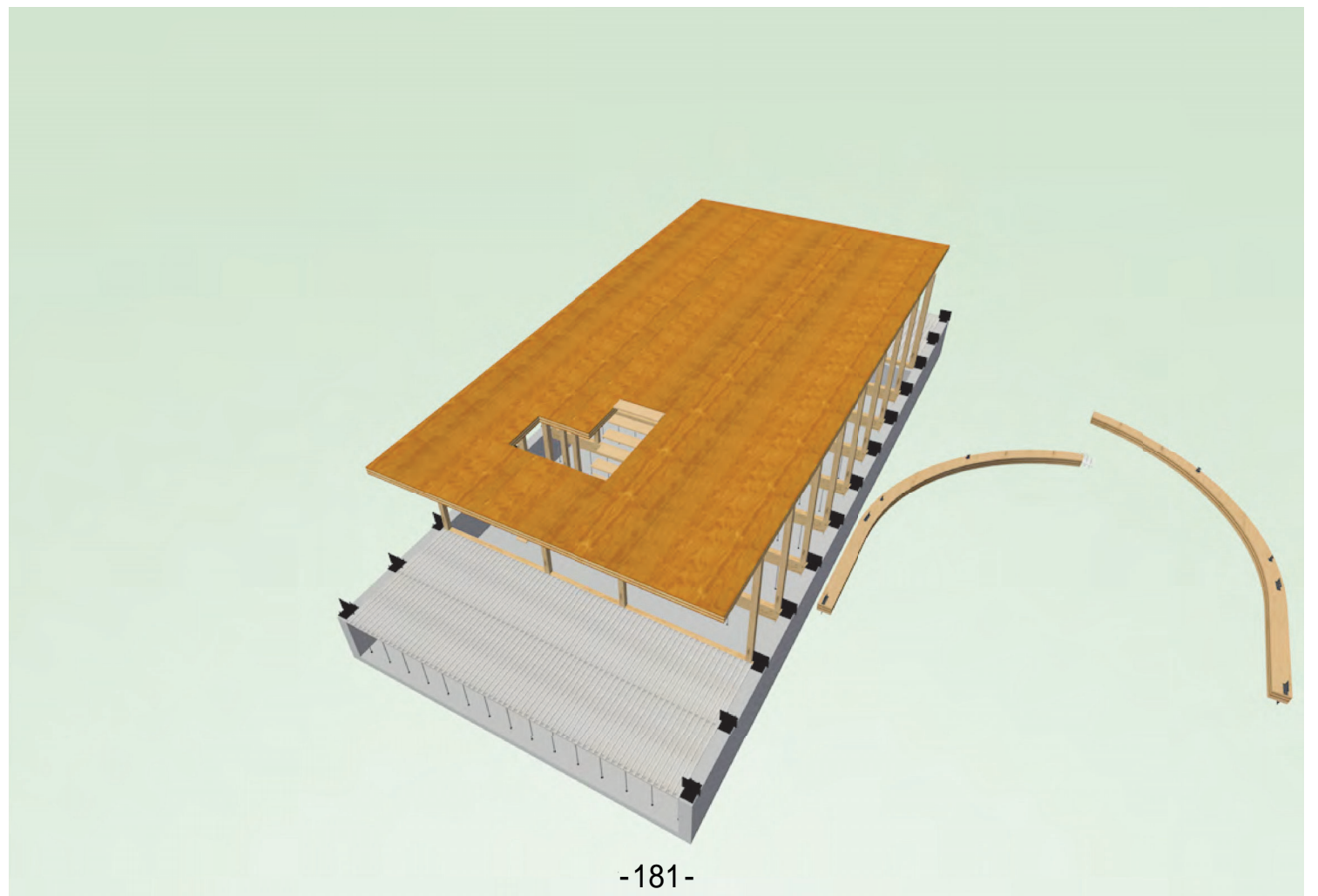
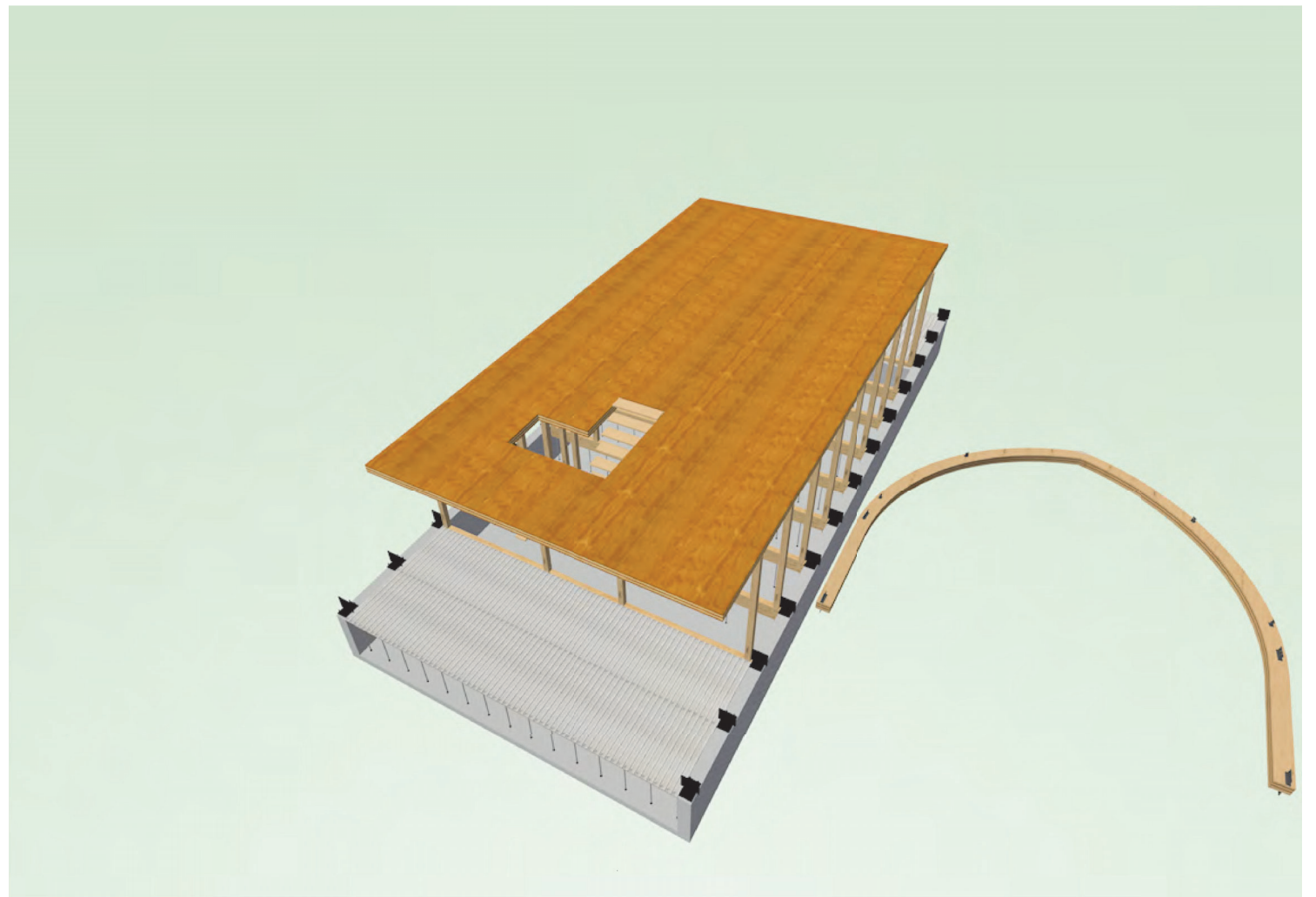


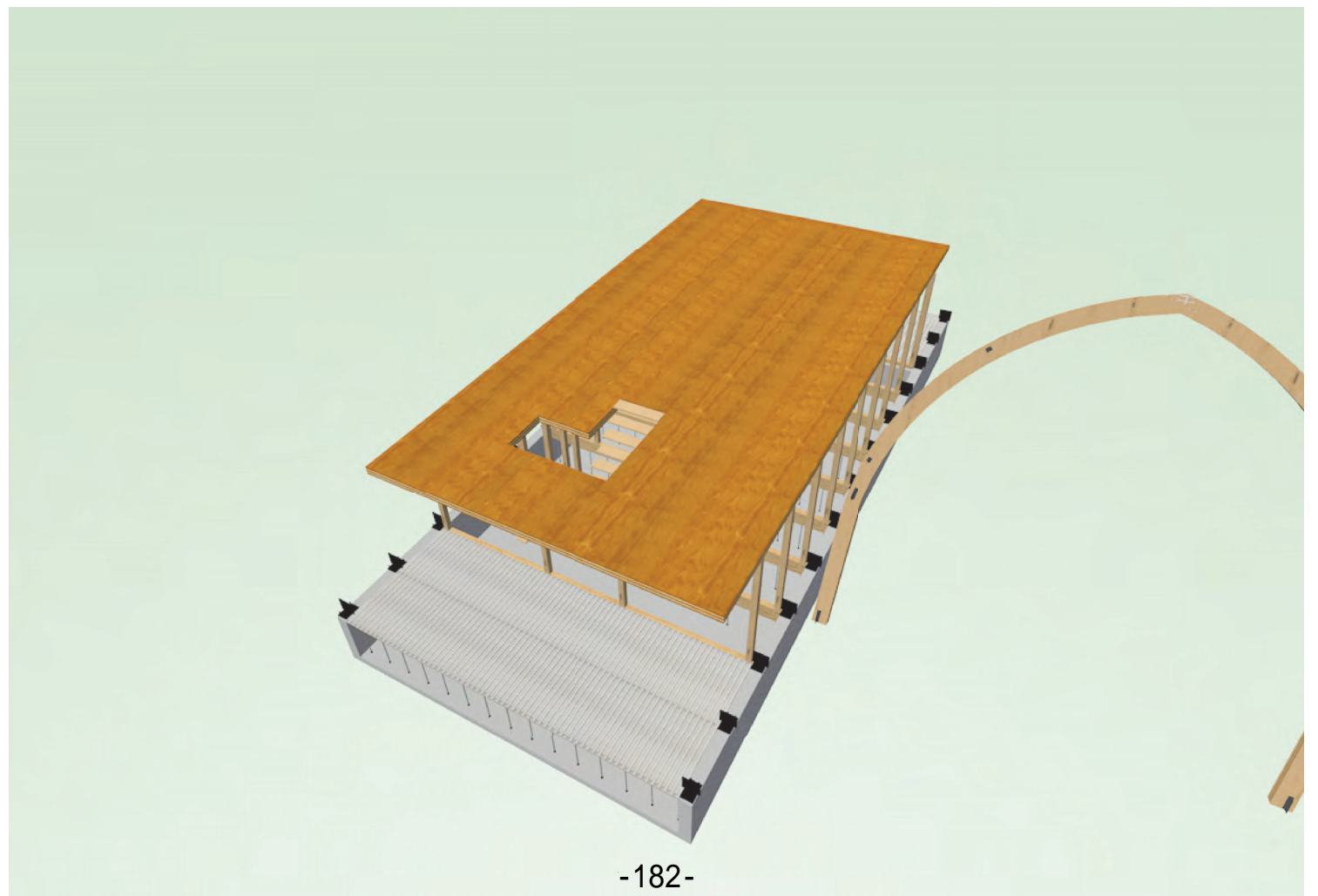
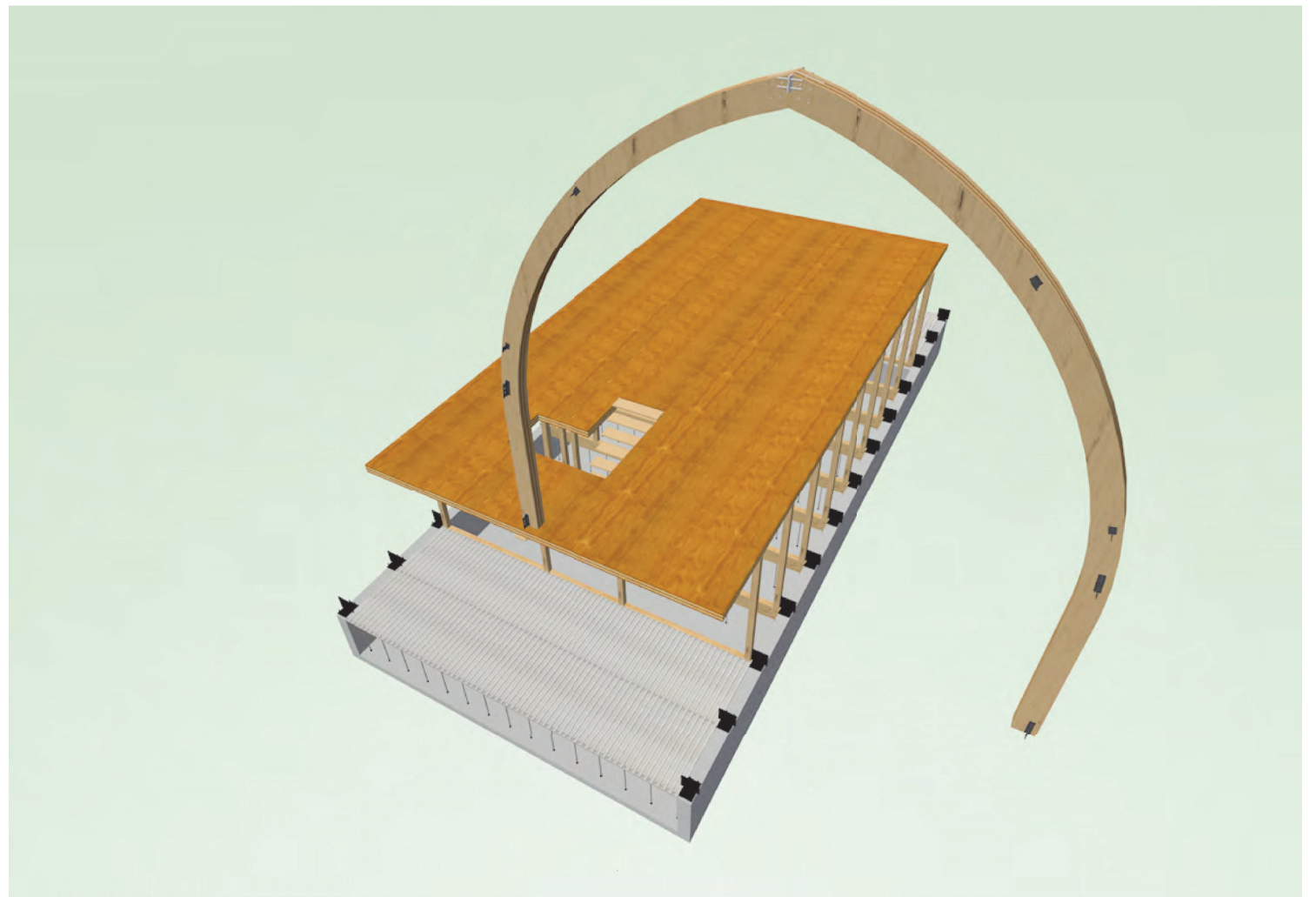




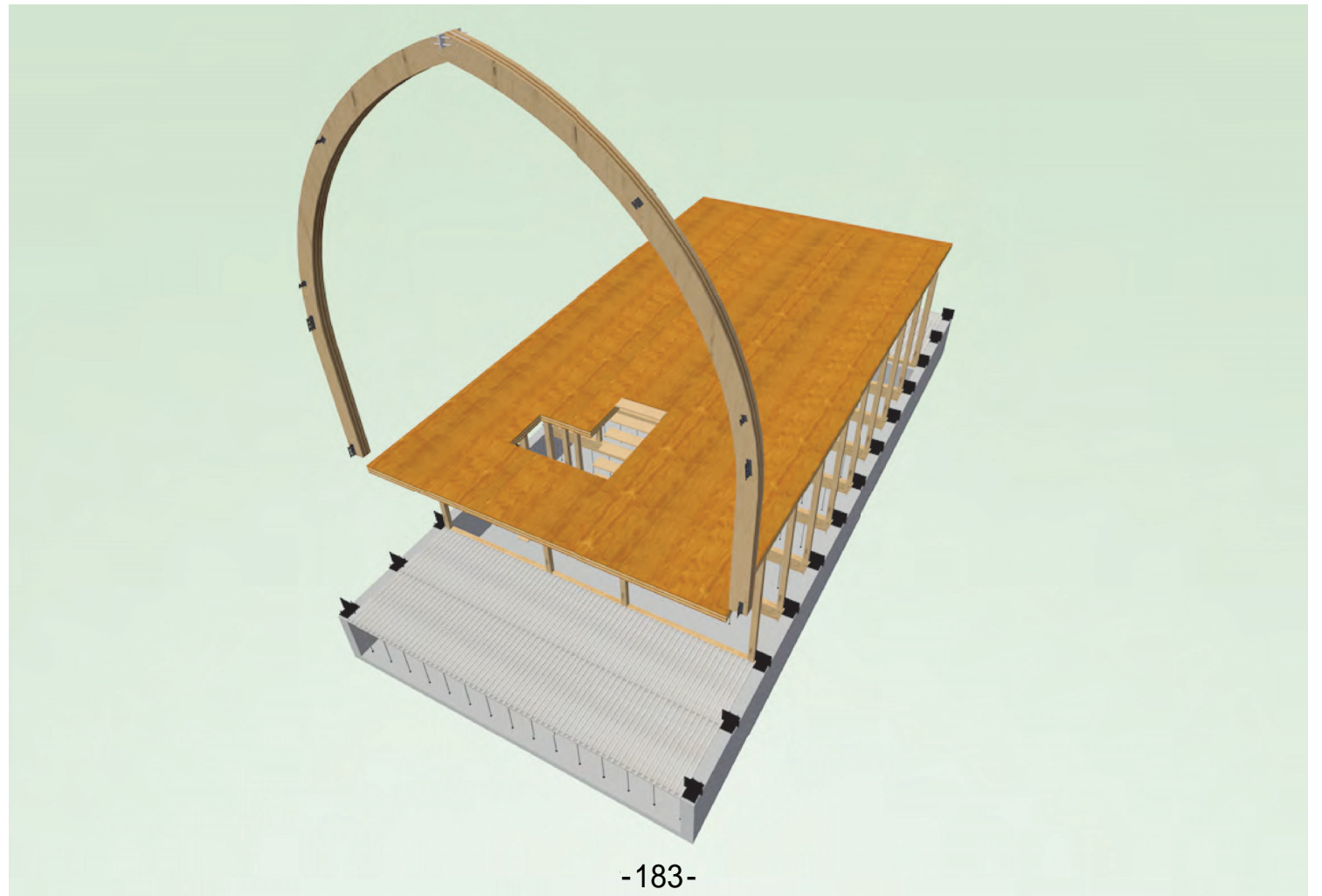
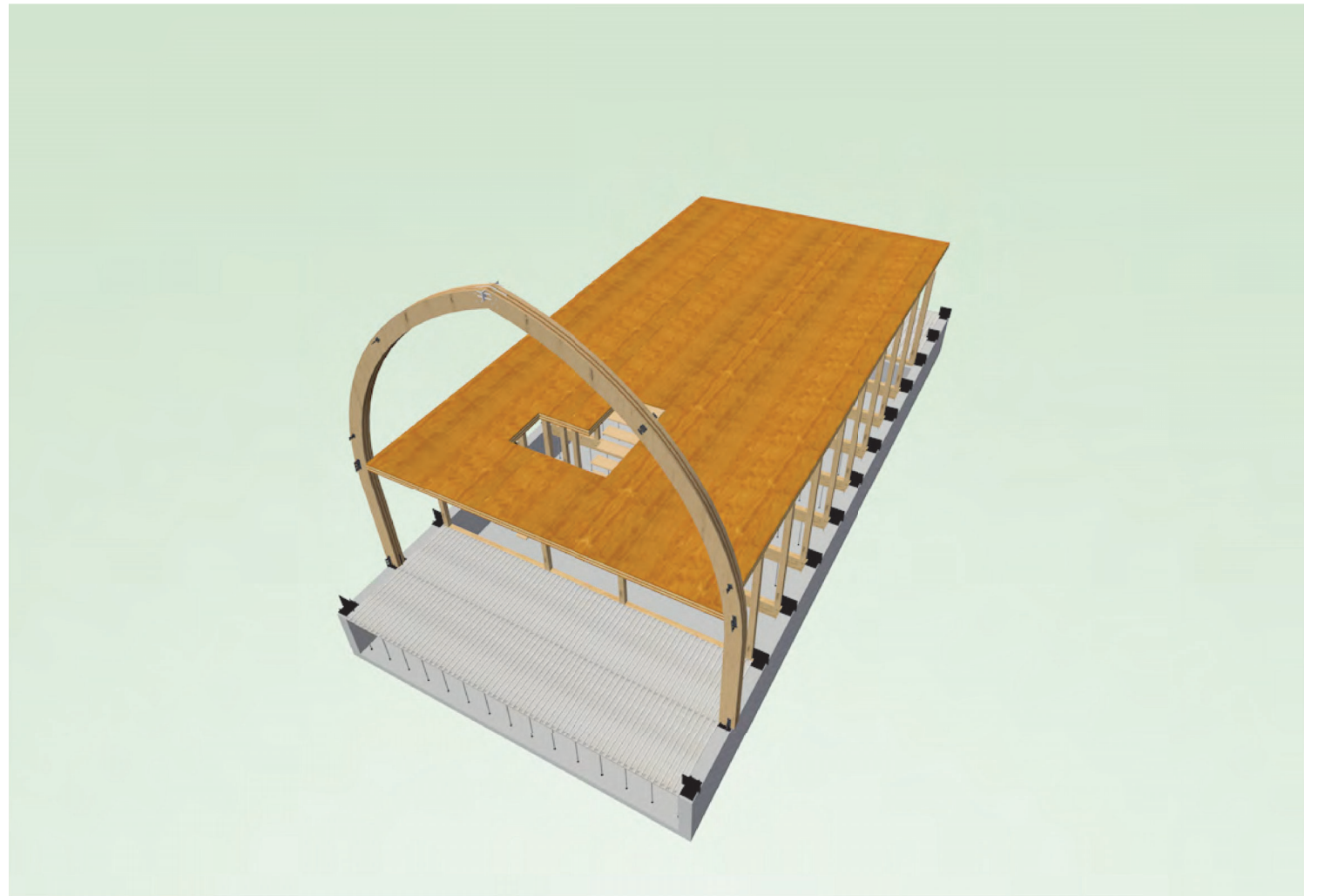


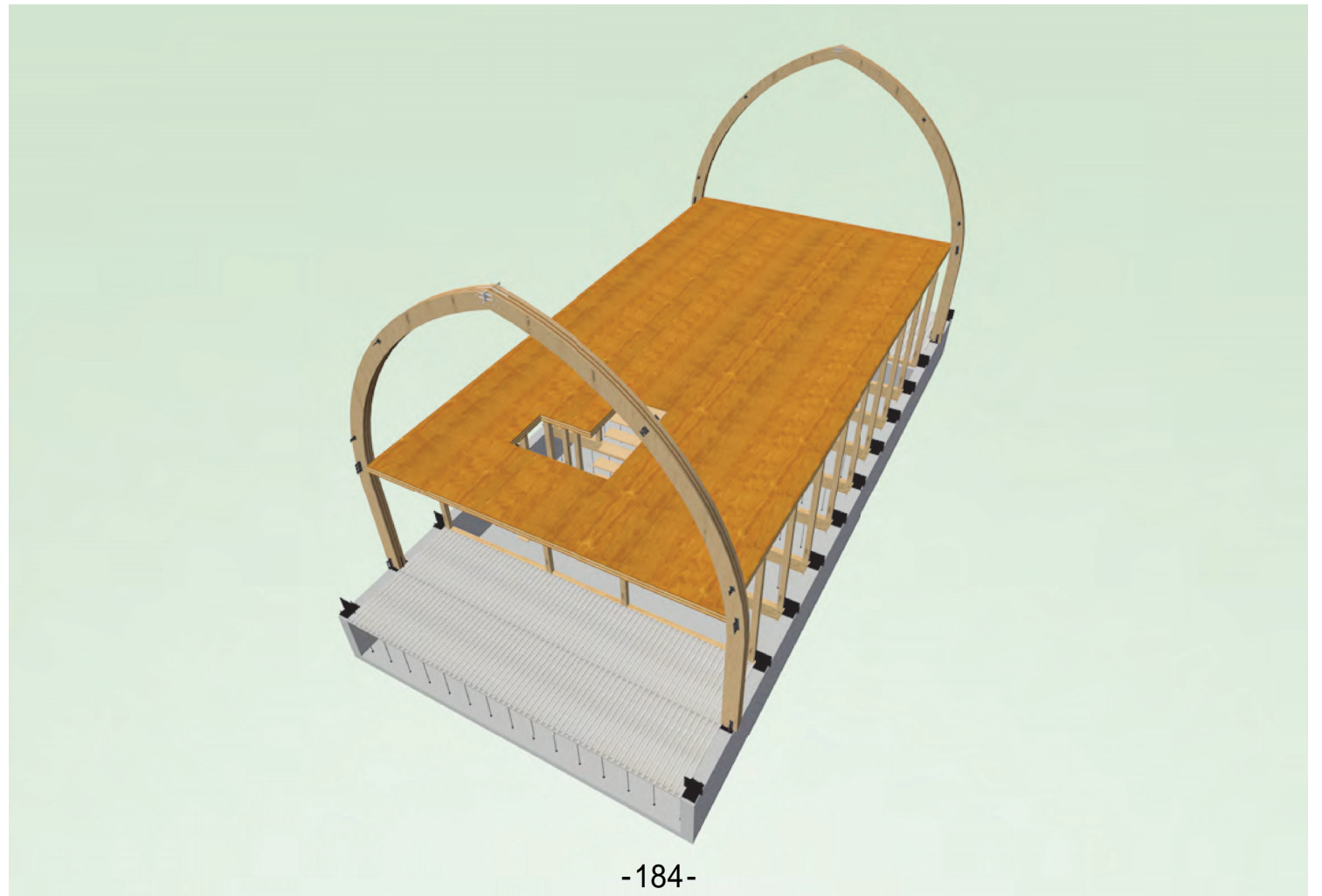




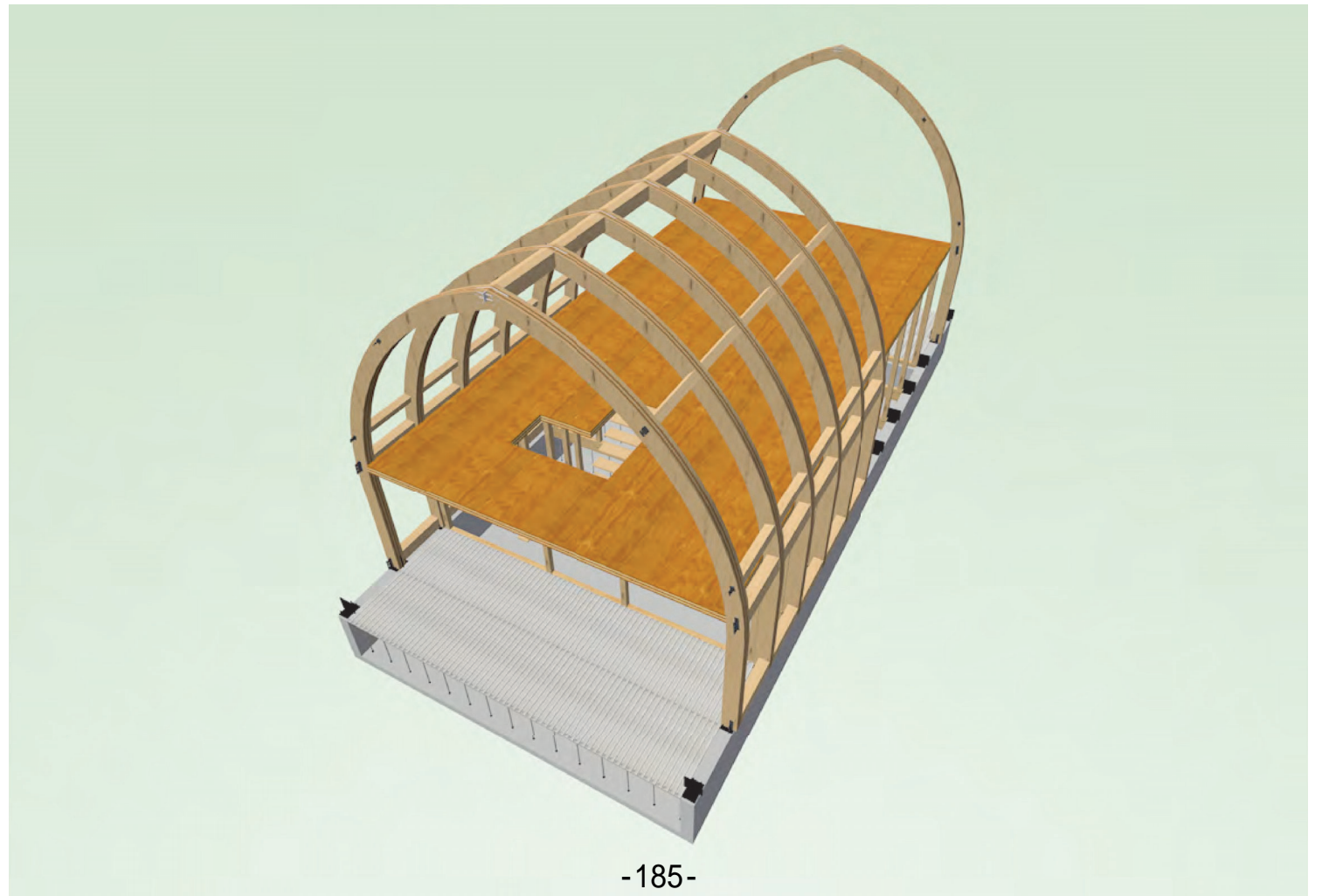


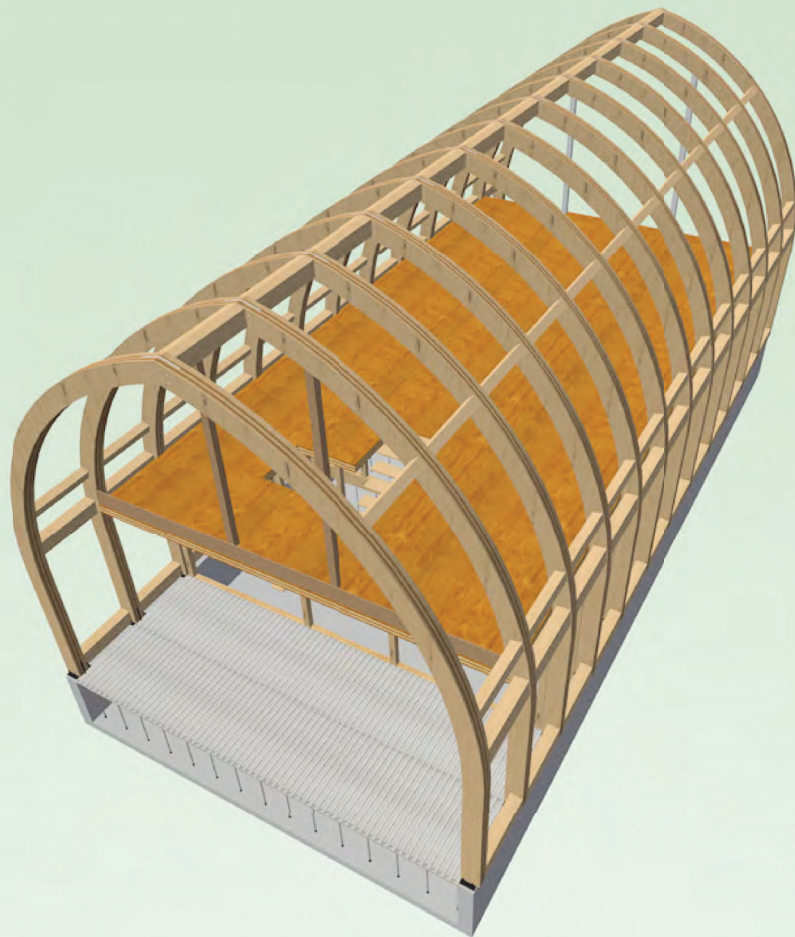
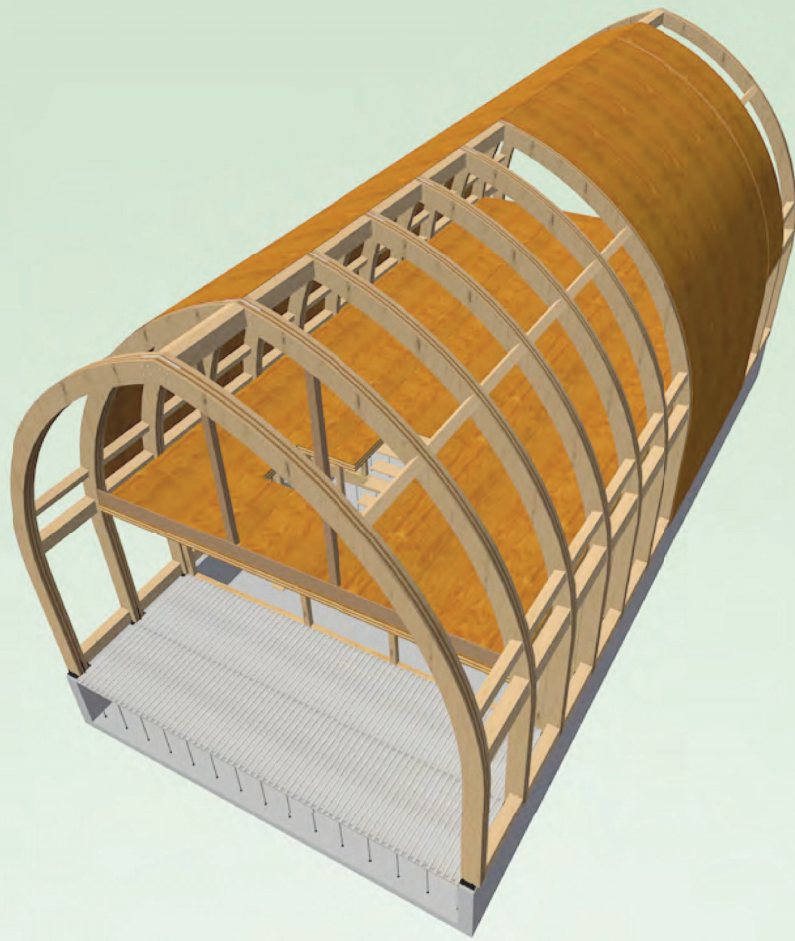




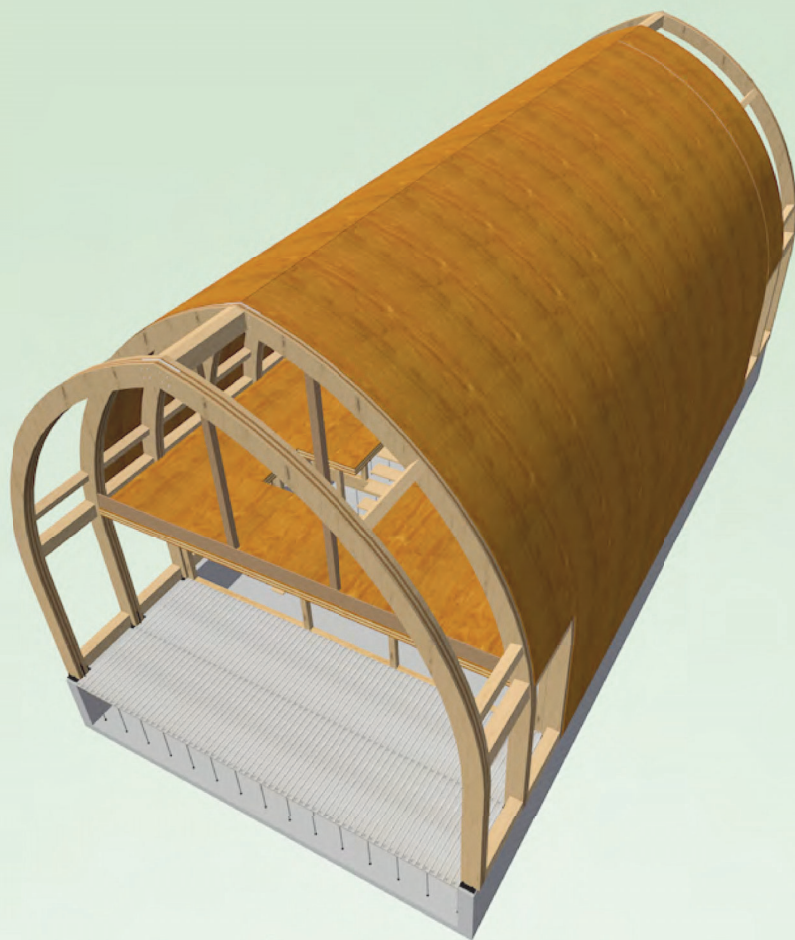
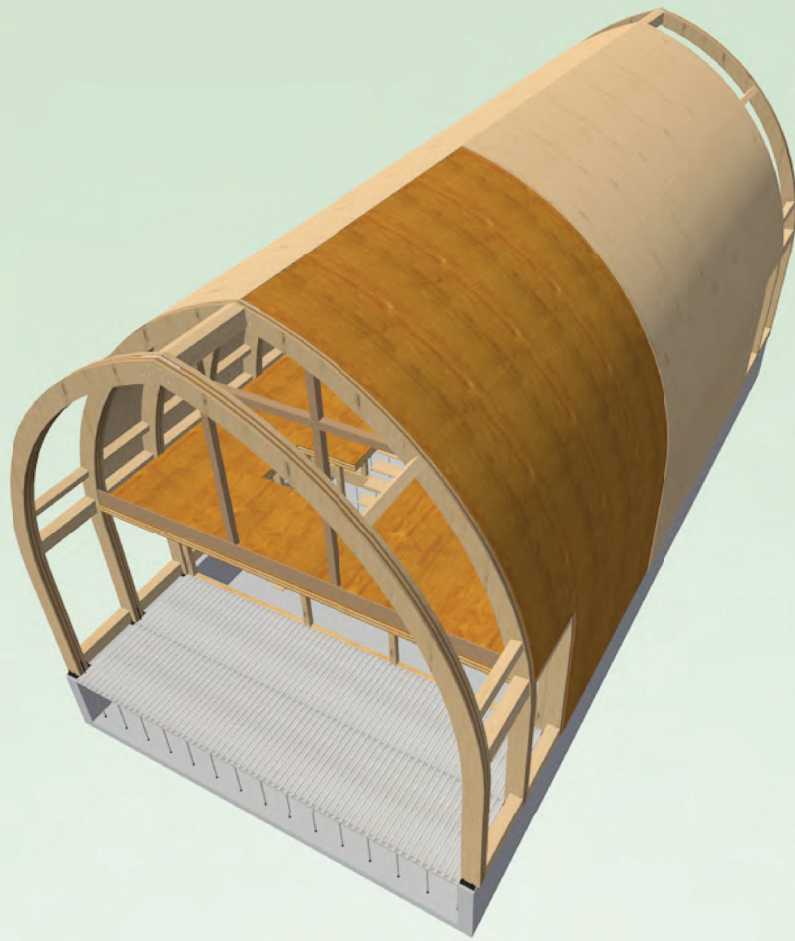




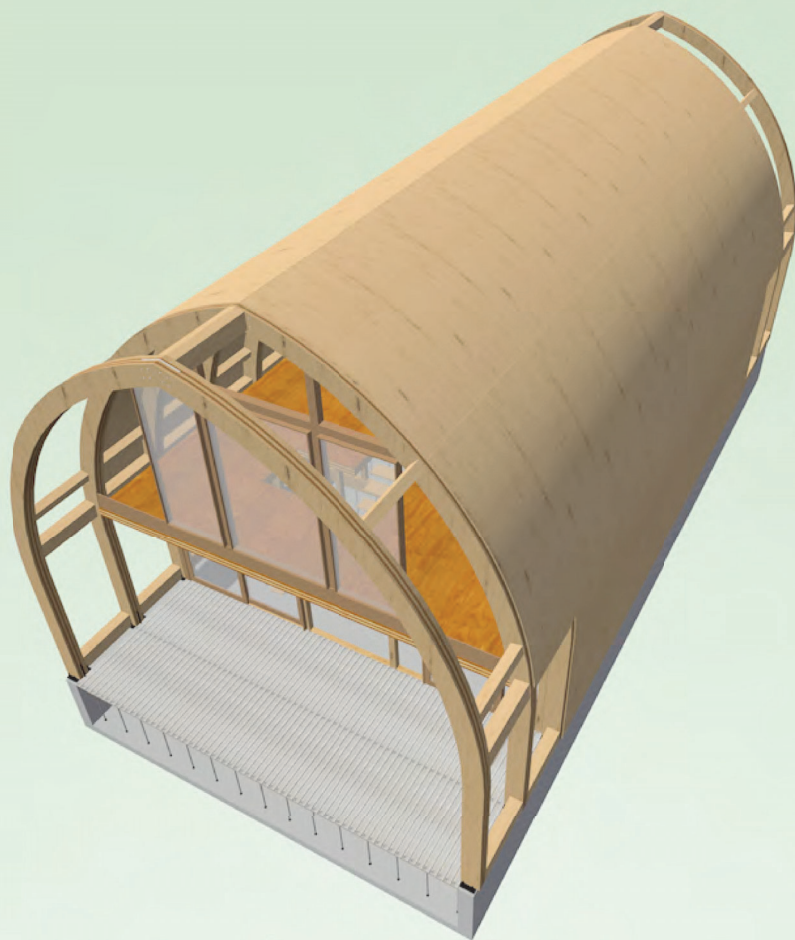
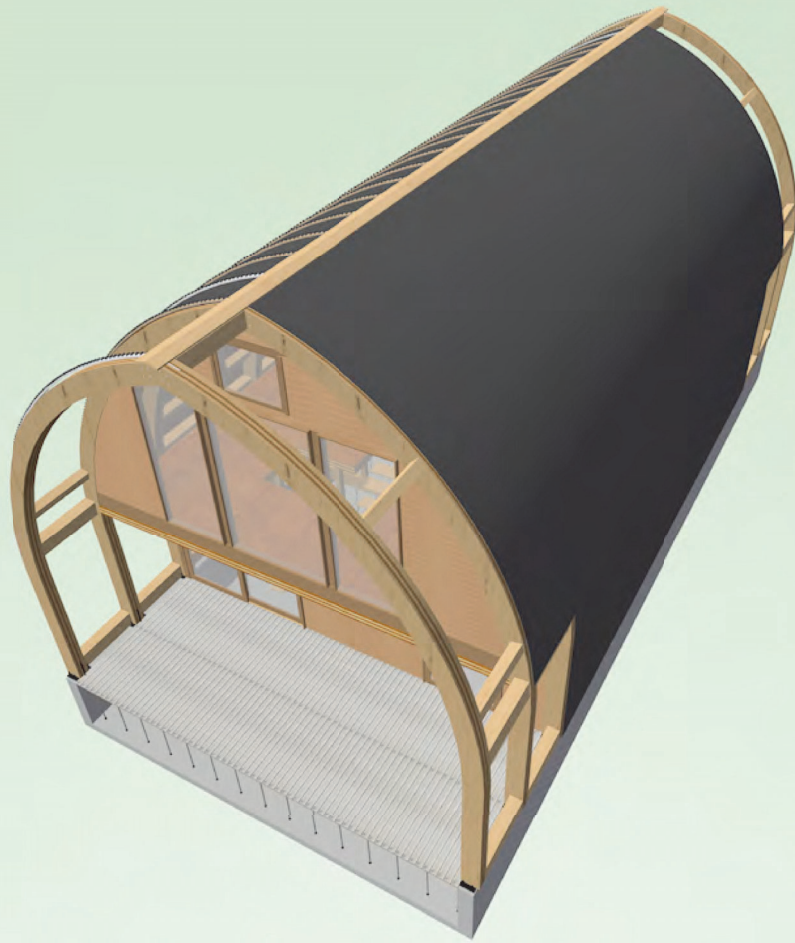


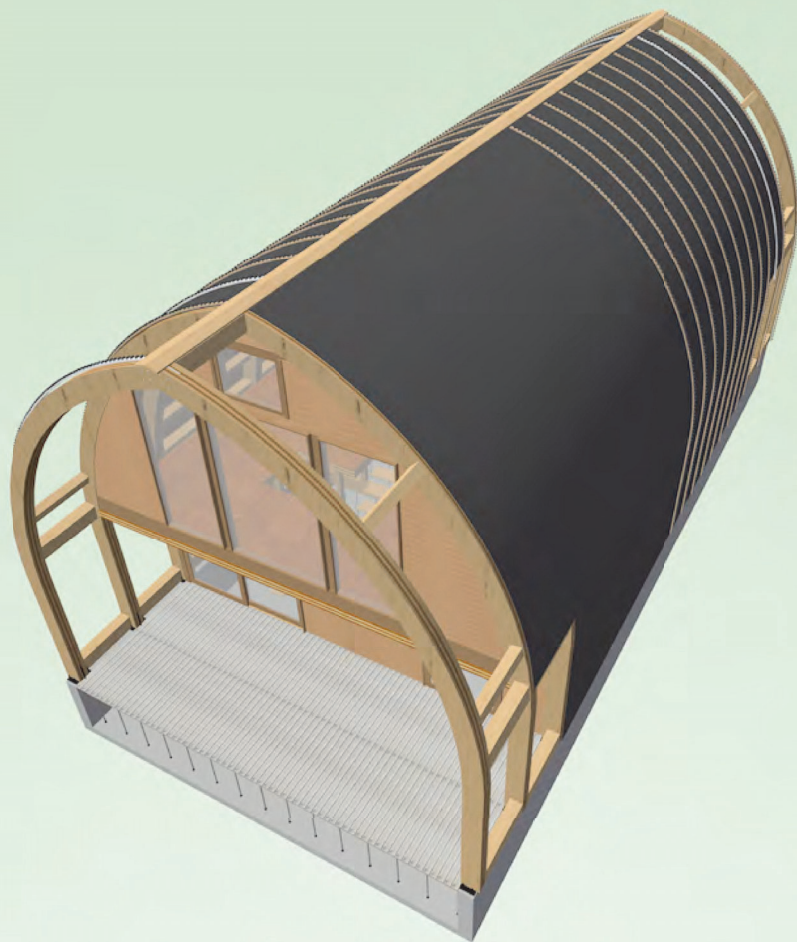
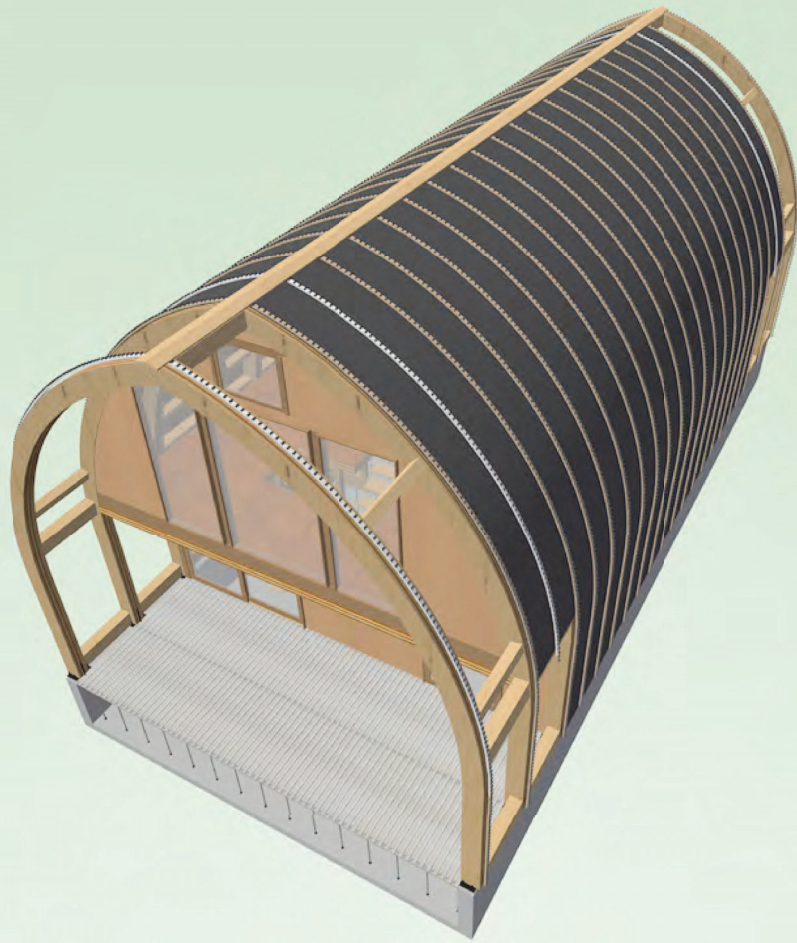




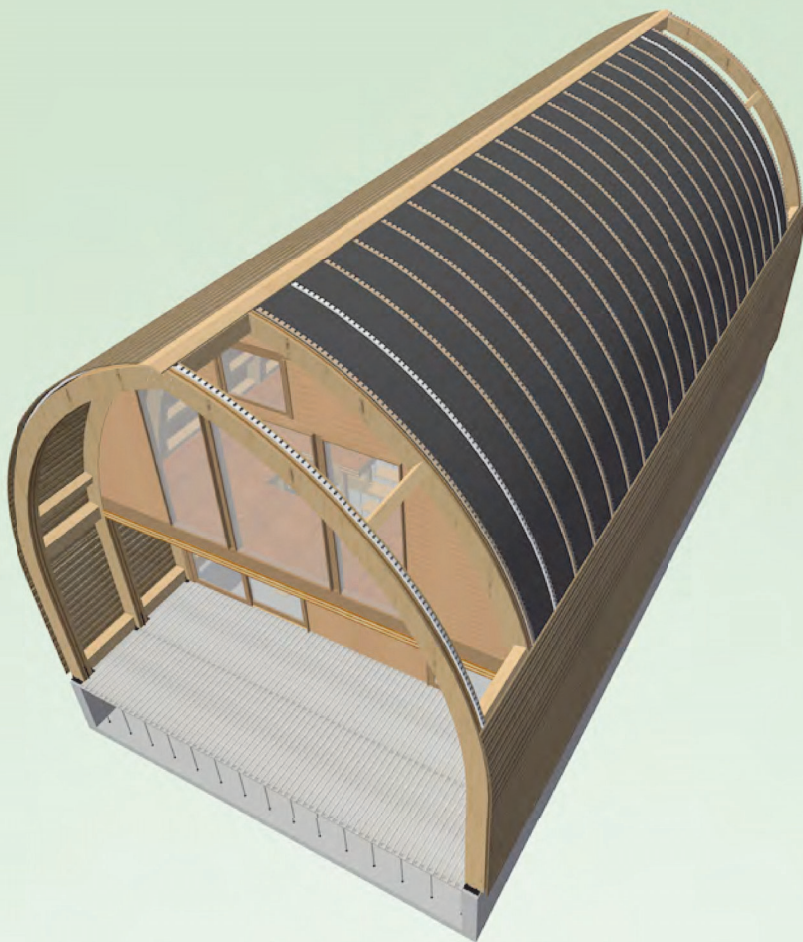
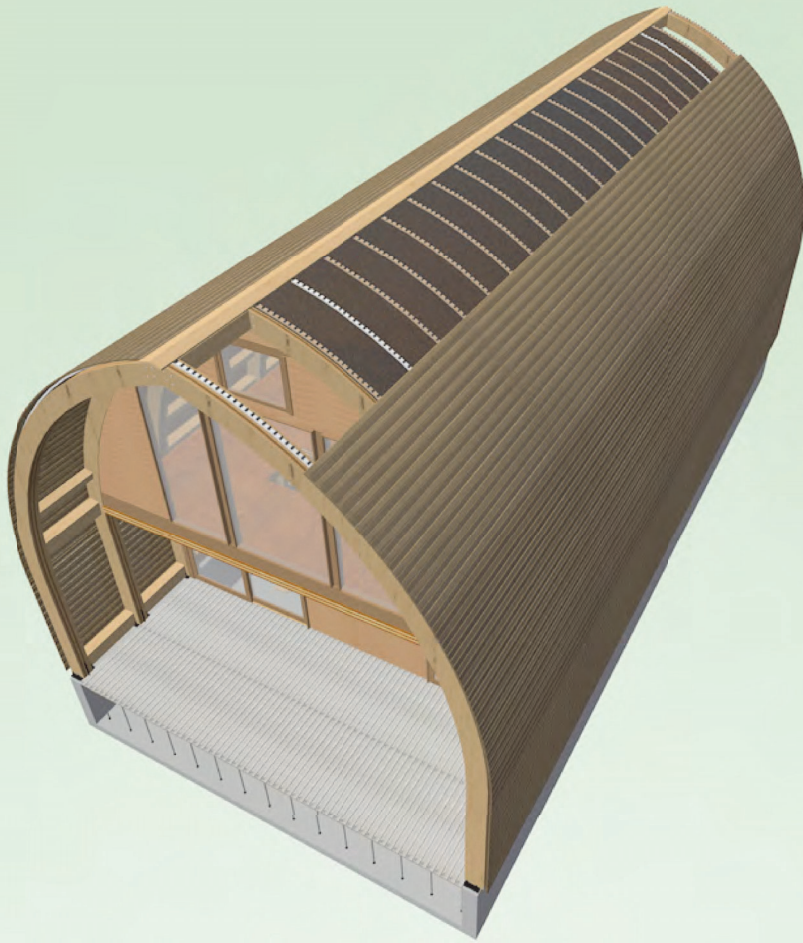


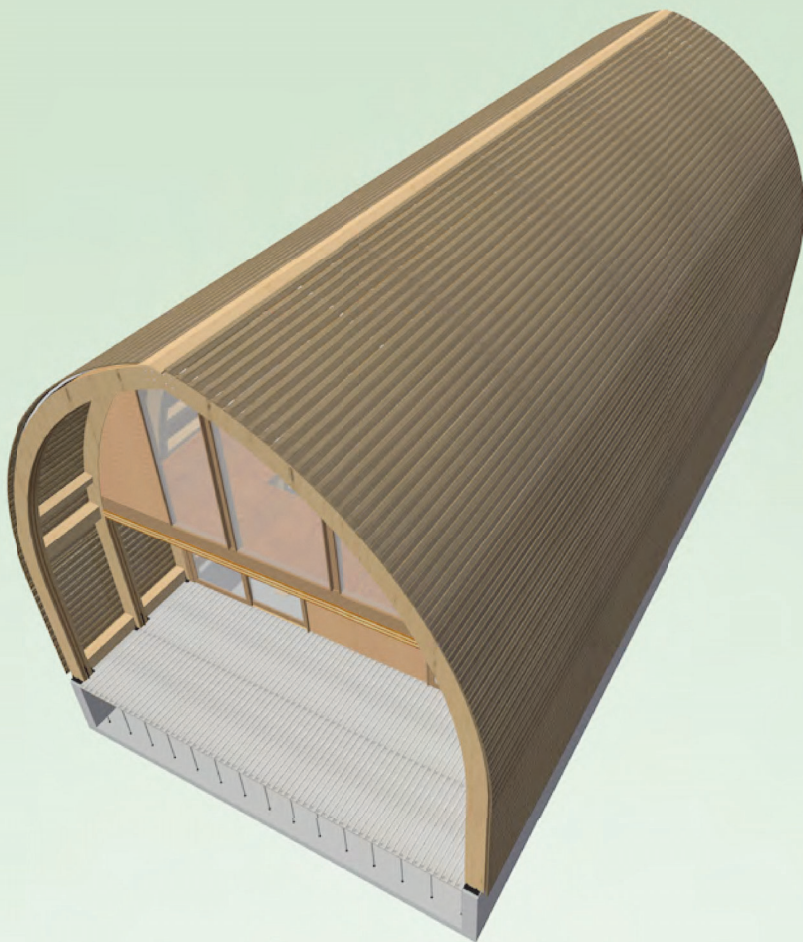
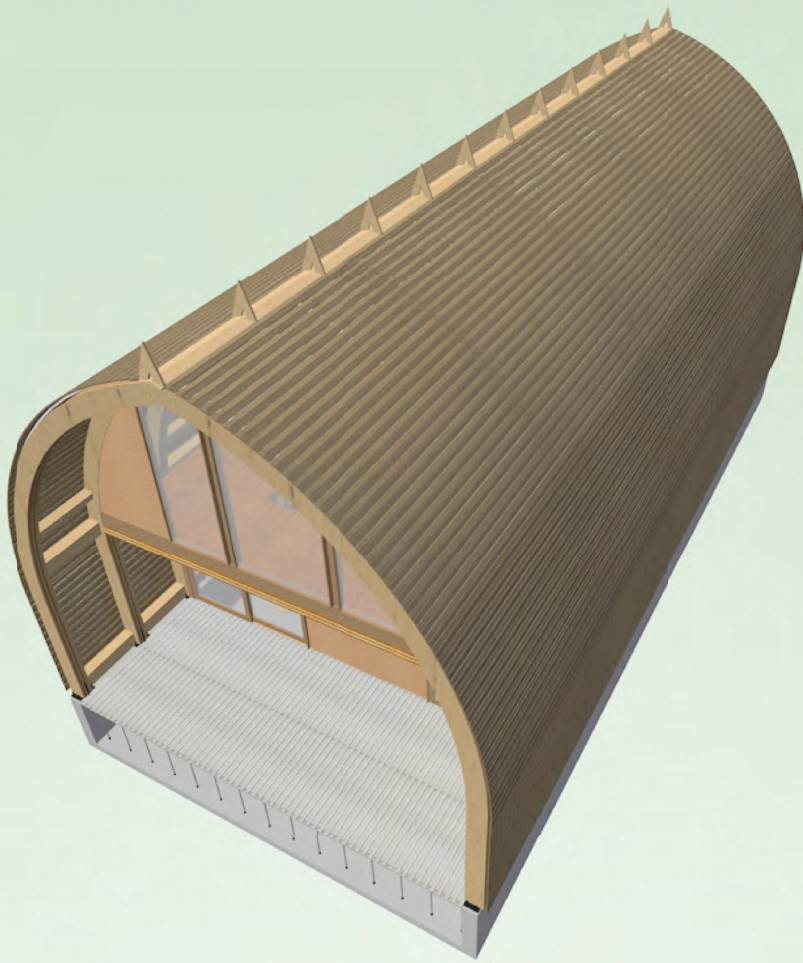




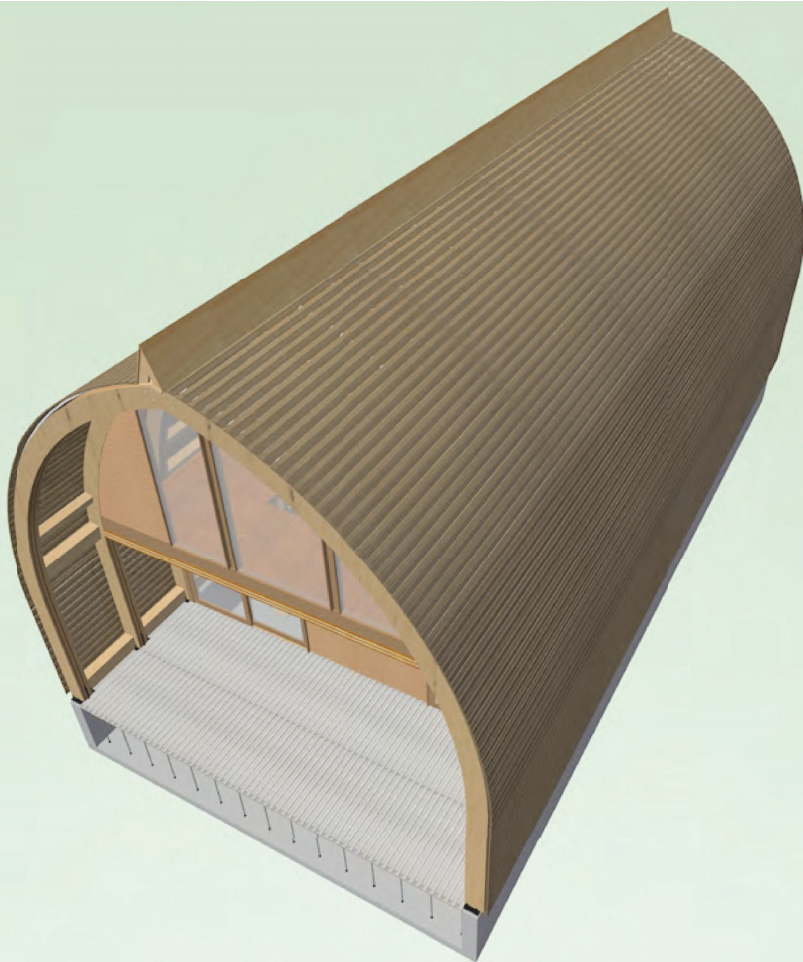
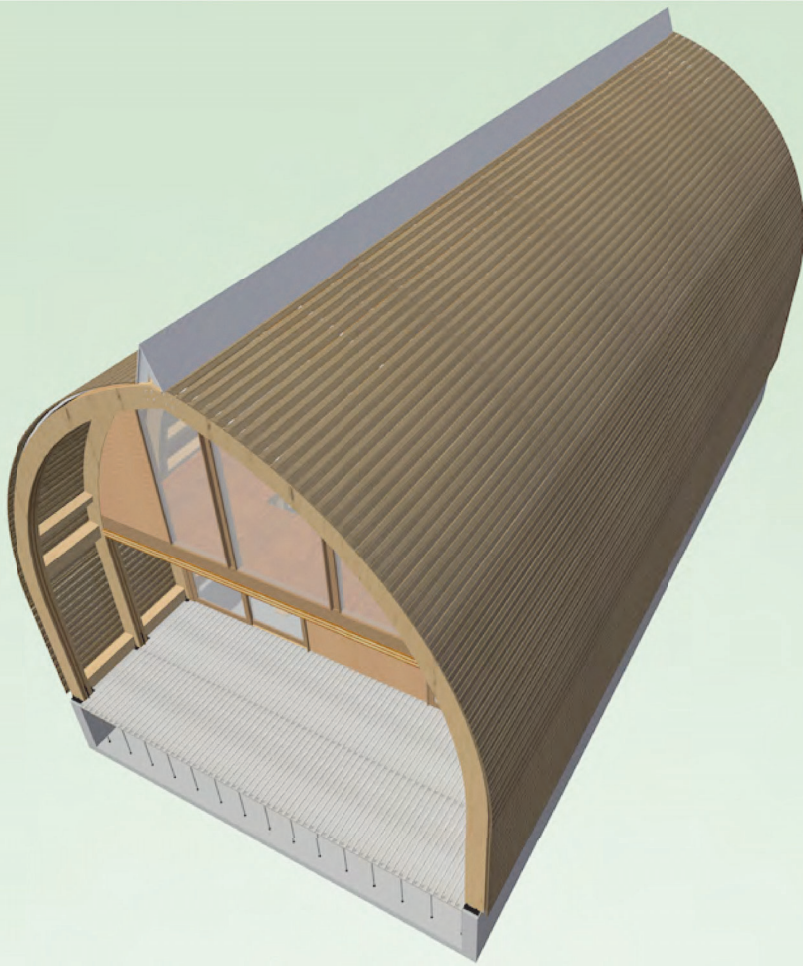














2.8 第一生命保険（株）・（株）東邦銀行／清水建設（株）

事業名		(仮称) 東邦銀行・第一生命共同ビル新築工事の建築実証		
実施者(担当者)		第一生命保険株式会社・株式会社東邦銀行(清水建設株式会社)		
建築物の概要	用途	事務所・銀行の支店		
	建設地	栃木県宇都宮市泉町1-29		
	構造・工法	鉄筋コンクリート造・木造		
	階数	4		
	高さ(m)	20.45		
	軒高(m)	16.1		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	2056.91		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	634.7		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	2447.73		
	階別面積	1階	596.85	
	2階	608.35		
	3階	608.35		
	4階	608.35		
	PH階	25.83		
CLTの仕様	CLT採用部位		天井(床版)	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		加工前製品量138.52m <sup>3</sup> 、建築物使用量119.55m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	-	
		ラミナ構成	-	
		強度区分	-	
		樹種	-	
	床パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	Sx60A相当	
		樹種	スギ	
	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:カラマツ集成材 梁:カラマツ集成材	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		155.1m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	コンクリート金鍍仕上 水勾配1/50	
		外壁	コンクリート打放し補修 内外装薄塗材E	
		開口部	アルミサッシ十二層複層ガラス (Low-E、断熱ガス、日射取得型、中空層幅12mm)	
	主な内部仕上	界壁	LGS下地石膏ボードの上EP塗装	
		間仕切り壁	LGS下地石膏ボードの上EP塗装	
		床	タイルカーペット(t=6mm)	
	天井	CLT150mm		
構造	構造計算ルート		ルート3 (確認申請+構造適合性判定)	
	接合方法		ラグスクリュー (CLT)、HTB+鋼板挿入型DP接合 (集成材柱梁)	
	最大スパン		10m(木質部分 集成材梁)	
	問題点・課題とその解決策		木質オフィスの床振動、重量床衝撃音に対する性状に関してまだ知見は少ない。本計画では、CLT型枠を採用することで、スラブ剛性を増大し、両問題の改善を図った。	
防火	防火上の地域区分		防火地域	
	耐火建築物等の要件		有	
	本建築物の耐火仕様		1時間耐火	
	問題点・課題とその解決策		耐火集成材 柱・梁仕口部の処理+乾式工法にて被覆	
温熱	建築物省エネ法の該当有無		規制対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		R階スラブをCLT150mm+RCスラブ+硬質ウレタンフォーム t=30としている。	
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根 (又は天井)	硬質ウレタンフォーム 保温板 1種 ・ 30mm	
		外壁	発泡ウレタン吹付 1種 ・ 30mm	
	床	硬質ウレタンフォーム 保温板 1種 ・ 50mm		
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		CLT床版-耐火集成材取り合い部の隙間処理	
	給排水・電気配線設置上の工夫劣化対策		CLT掘り込み加工によるレースウェイの設置 ビニル養生と高耐候塗装の併用	
工程	設計期間		2020年10月~8月下旬 (9ヵ月)	
	施工期間		2021年9月~2022年9月 (13ヵ月)	
	CLT躯体施工期間		2022年1月中旬~4月中旬 (3ヵ月間)	
	竣工(予定)年月日		2022年9月30日	
体制	発注者		第一生命保険株式会社・株式会社東邦銀行	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		清水建設株式会社一級建築士事務所	
	構造設計者		清水建設株式会社一級建築士事務所	
	施工者		清水建設株式会社	
	CLT供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ	
	ラミナ供給者		藤寿産業株式会社(福島県産材)	

実証事業名：(仮称) 東邦銀行・第一生命共同ビル新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：第一生命保険株式会社・株式会社東邦銀行／清水建設株式会社

## 1. 実証した建築物の概要

用途	事務所・銀行の支店			
建設地	栃木県宇都宮市泉町			
構造・工法	鉄筋コンクリート造・木造			
階数	4			
高さ (m)	20.45	軒高 (m)	16.1	
敷地面積 (㎡)	2056.91	建築面積 (㎡)	634.7	
階別面積	1階	596.85	延べ面積 (㎡)	2447.73
	2階	608.35		
	3階	608.35		
	4階	608.35		
	PH階	25.83		
CLT採用部位	天井(床版)			
CLT使用量 (m <sup>3</sup> )	加工前製品量 138.52m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 119.55 m <sup>3</sup>			
CLTを除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	155.1m <sup>3</sup>			
CLTの仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	-		
	床	(150mm厚/5層5プライ/Mx60A相当/スギ)		
	屋根	-		
設計期間	2020年10月～8月下旬(11ヵ月)			
施工期間	2021年9月～2022年9月(13ヵ月)			
CLT躯体施工期間	2022年1月中旬～4月中旬(3ヵ月間)			
竣工(予定)年月日	2022年9月30日			

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

ESG投資や健康経営に寄与する、木架構とCLT表しの天井による木そのものに囲まれたオフィス空間の実現を目的とする。街路空間に木架構を魅せる中規模都市型木造オフィス・商業店舗にも流用可能であり、汎用性・普及性が高い。CLT建築物の普及の課題となるコストについては、先行検討による工種の軽減により、削減の可能性があると期待できる。

今回実証事業で設定した課題は以下である。

- (1) CLTパネル 施工時の養生・保護
- (2) 耐火木質柱・梁による架構とCLTパネルの取合い、コンクリート打設時の仮設計画
- (3) CLT床版同士の 簡便な接合

### 3. 協議会構成員

- (設計) 清水建設株式会社一級建築士事務所：笹崎 慎, 水落 秀木, 高村 和久  
(構造設計) 清水建設株式会社一級建築士事務所：木内 佑輔  
(施工) 清水建設株式会社：深谷 武志, 原 健太郎  
(材料) 藤寿産業株式会社：清水 國人

### 4. 課題解決の方法と実施工程

清水建設株式会社一級建築士事務所が取りまとめた設計仕様の具現化・改善に向けて、設計段階でまとめた、3DCAD・BIM等を活用する。CLTを型枠兼仕上として活用するため、建方時の留意点・打設計画については清水建設東京木工場・藤寿産業と協業しながら、課題解決の精度を高める。

#### <協議会の開催>

- 令和3年 9月：第1回開催、着工時 確認会議  
10月：第2回開催、製作要領等確認  
12月：第3回開催、木工事着手前確認（工場検査）  
令和4年 1月：第4回開催、建方確認  
2月：第5回開催、建方確認 実証事業の取りまとめ検討

#### <施工>

- 令和3年 9月：工事契約  
9～11月：着工、基礎工事  
令和4年 1～4月：木工事  
2～5月：外装工事  
5～8月：内装・設備工事

### 5. 得られた実証データ等の詳細

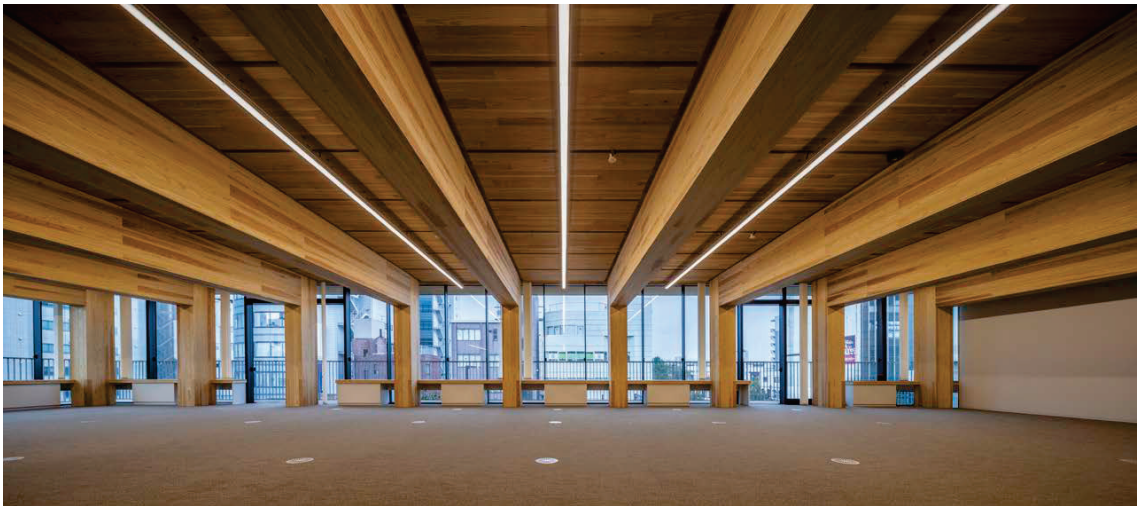
設定した課題において次の結果が得られた。

- ・型枠兼用の天井仕上として CLT パネルを使用する際の仮設対応
- ・CLT パネルと RC スラブとの一体化による歩行振動及び重量床衝撃音の軽減効果

### 6. 本実証により得られた成果

本計画では、耐火集成材と CLT 床版を組み合わせて木質空間を形成した。特に事務所での歩行振動抑制・重量床衝撃音の軽減・室内環境の軽減について実証した。木材使用による ESG 投資や SDGs への貢献が特に期待される中規模都市型木造オフィス・商業店舗にも適用可能であり、汎用性・普及性があると考えられる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等







## 8. 成果品

### 目次

8-1. 計画概要

8-2. 事業コンセプト

8-3. 建築計画

8-4. 構造計画

8-5. 実証内容について

8-5-1 耐火集成材柱・梁による架構と型枠兼用 CLT パネルの施工について

8-5-2 CLT+RC合成床による歩行振動の軽減

8-5-3 CLT+RC合成床による重量床衝撃音への影響

8-5-4 型枠仕上兼用によるコスト圧縮効果

## 8-1 計画概要

宇都宮市中心市街地を横断する国道 119 号線（通称 大通り）に面する、既存第一生命栃木支社ビル建替え及び東邦銀行 旧支店敷地の一体開発である。

1 階を銀行店舗、2 階～4 階を第一生命保険の事務所とする計画である。

## 8-2 事業コンセプト

以下に 3 つの事業コンセプトと、対応する計画方針を示す。

### ① 生命保険業界・銀行業界初の中層木造オフィスの実現

→清水建設の独自技術である 1 時間耐火認定を取得した耐火構造部材である「スリム耐火ウッド®」、RC と CLT による合成床板とである「ハイウッドスラブ®」を採用する。

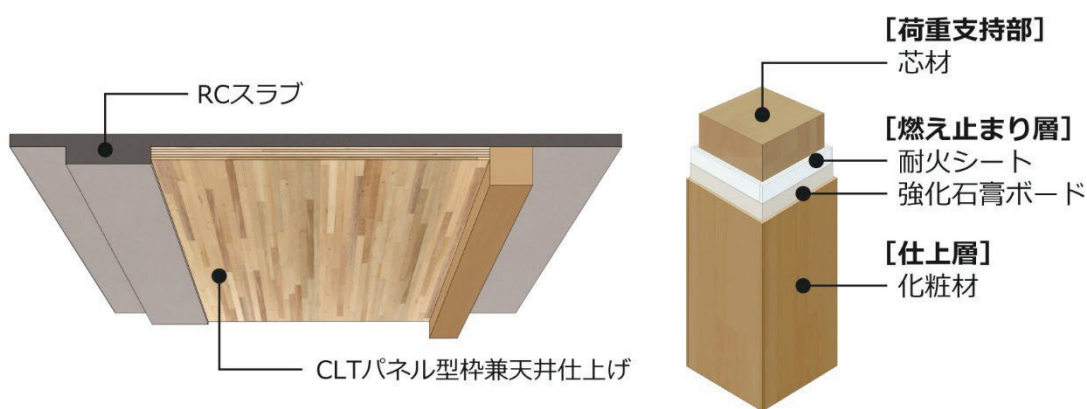


図 8-2. RC・CLT 合成床板、耐火集成材概要図

### ② 地産木材利用による地方創生・地域活性化への貢献

→柱梁の芯材を、福島県産のカラマツ材、造作材・CLT 床版・バルコニー軒裏を、栃木県産のスギ材とする。

木材使用量は 約 306 m<sup>3</sup>（CLT パネルとして 123.50 m<sup>3</sup> 使用）、二酸化炭素固定量としては 約 205 t の効果がある。

### ③ 施設利用者の QOL 向上・健康経営への寄与

→バルコニーと自然通風を活かした風通しのよさと木そのものに包まれた空間により、利用者の QOL（※）向上を目指す。

（※）“Quality Of Life”の略。物理的な豊かさだけでなく、精神面を含めた豊かさを意味します。



### 8-3 建築計画

トチノキ並木が美しい大通り沿いに、大部屋空間（1階では銀行店舗ロビー・2～4階では事務室）を配置し、耐火集成材の柱・梁による架構と CLT 床版による木そのものに包まれた空間とする。街に対しては、木のあたたかみを表出し景観形成に寄与することを意図した。



図 8-3-1 外観写真

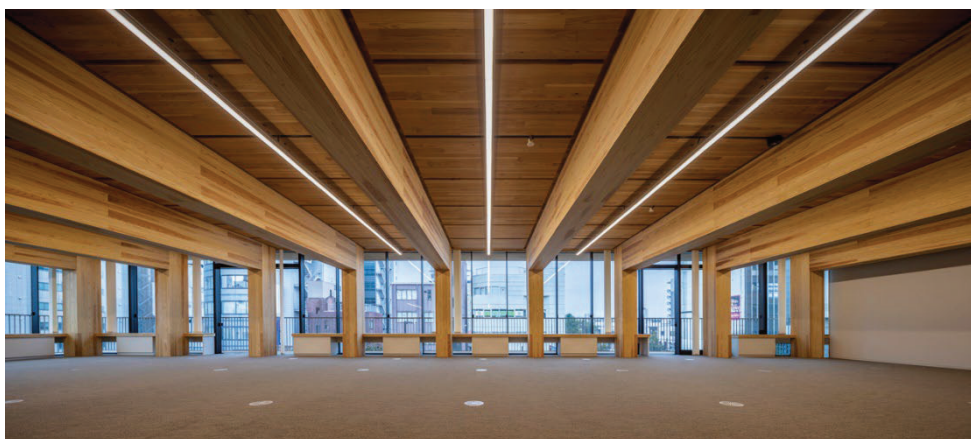


図 8-3-2 内観写真



## 8-4 構造計画

B通りを境界に南側を木質構造、北側を耐震壁付きラーメン架構によるRC造とする。北側の鉄筋コンクリート部分に地震力を負担させ、南側の耐火集成材柱・梁は鉛直荷重を負担する構成とする。

木質構造部を地震力から解放することで、簡易な接合部とした。L型フレームが連続する軽快な木質空間を実現するとともに、施工性を向上した。

10メートルのロングスパンの木質梁でありながら居住性を確保する課題に対して、RCスラブとの木質合成梁、CLTパネルとRCスラブとの一体化に取り組んだ。

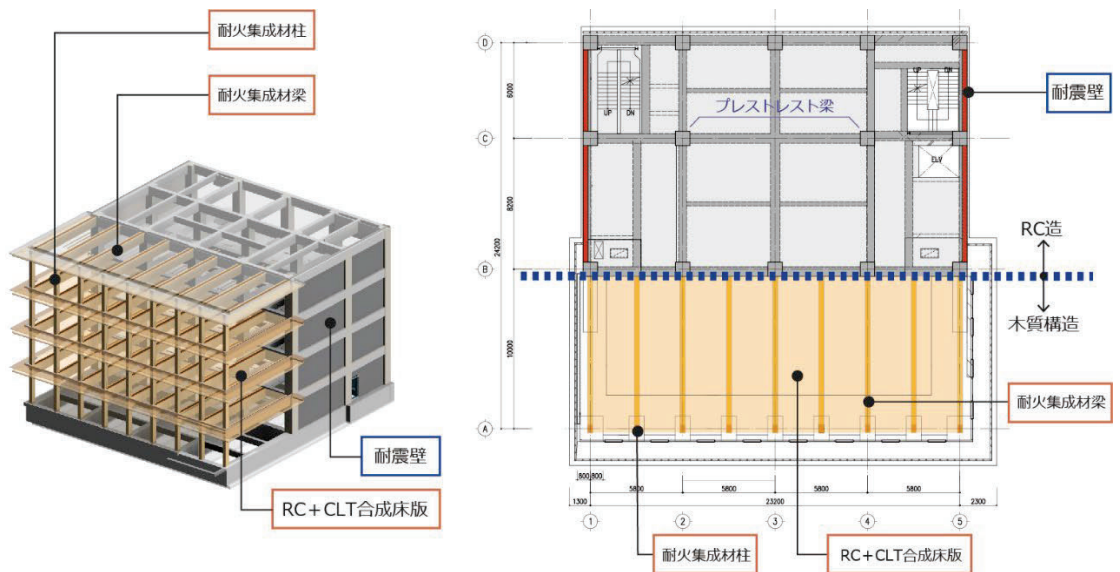


図 8- 4-1 構造架構図

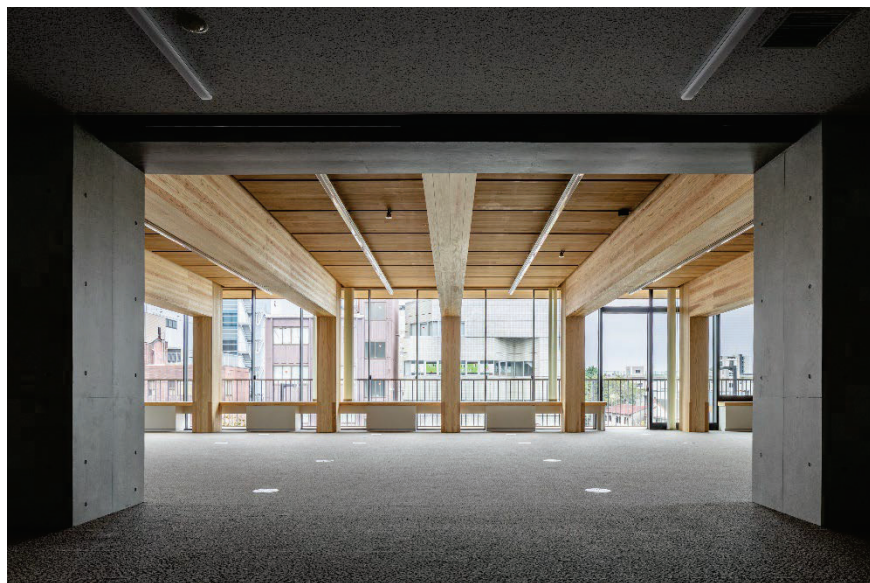


図 8- 4-2 内観写真 (RC 造から木架構をみる)

(1)主な使用材料  
木材

表 8-4-1 構造用集成材

材料	規格	樹種	等級	使用部位	備考
構造用集成材	JAS	カラマツ	E95-F315	柱	同一等級構成 集成材
構造用集成材	JAS	カラマツ	E105-F300	梁	対称異等級構成 集成材
CLT	JAS	スギ	S60A	床 (型枠)	5層5プライ 厚さ 150mm

表 8-4-2 鉄筋種別および使用部材

材料	採用規格等	使用部位	備考
アンカーボルト	ABR400	柱梁接合部	
鋼板	SS400	柱梁接合部	
ラグスクリュー	Zマーク表示金物	柱梁接合部 梁スラブ接合部	
ドリフトピン	SS400	柱梁接合部	

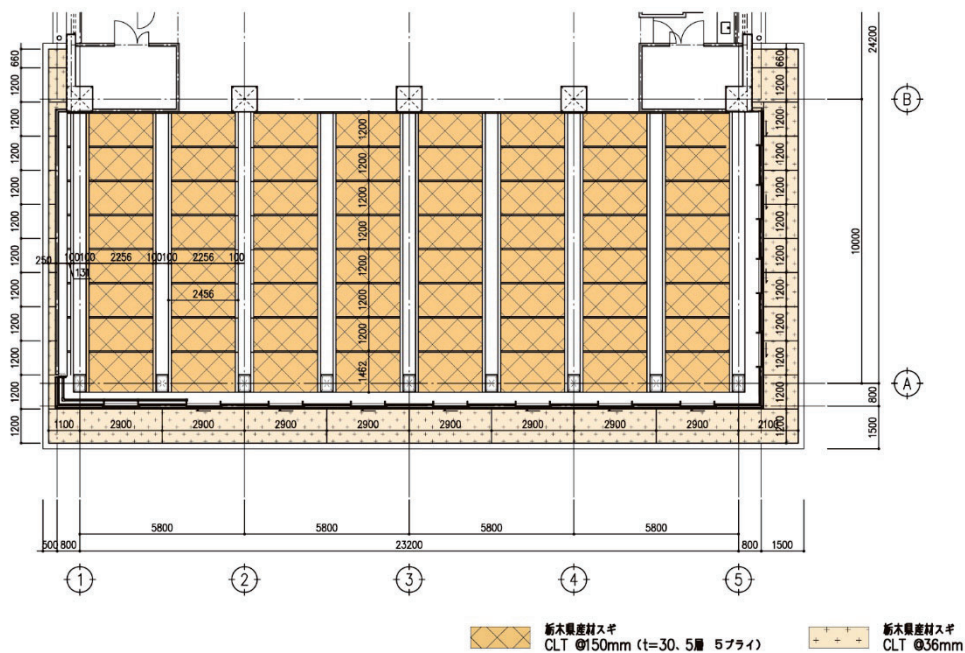
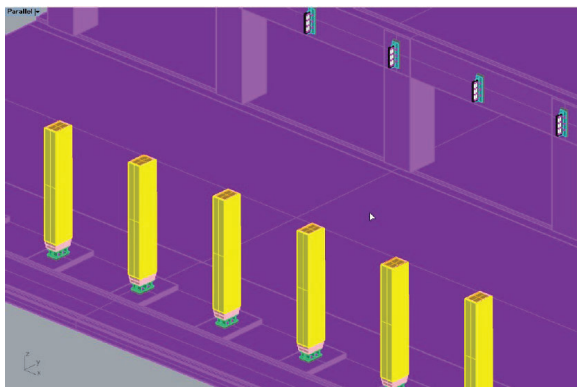


図 8-4-3.CLT 床版割付図

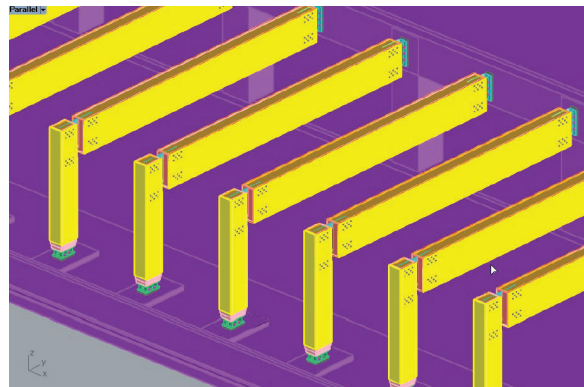
## 8-5 実証内容について

### 8-5-1 耐火集成材柱・梁による架構と型枠兼用 CLT パネルの施工について

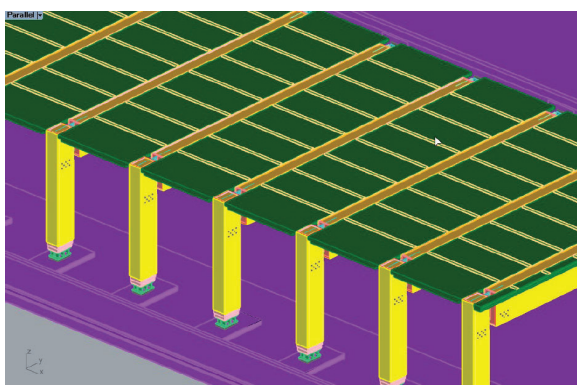
本計画の躯体施工は、北側の鉄筋コンクリート造部分を先行し、工場製作の耐火集成材柱・梁建込み後 CLT 床版を敷込み、コンクリート打設の手順で施工した。



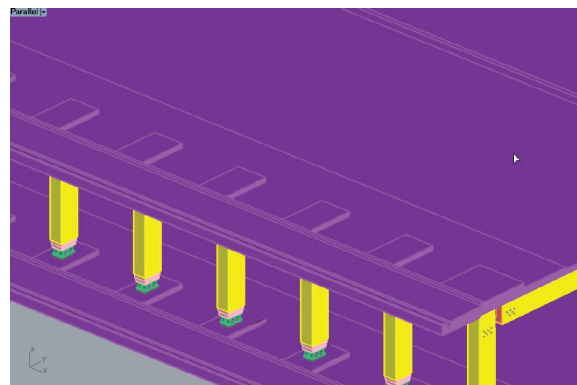
A.木柱建方



B.木梁建方



C.CLT 敷込



D.コンクリート打設

図 8-5-1-1. 木質架構部施工フロー



## 1) 工場製作工程について

### ・耐火集成材

集成材の芯材には、福島県産カラマツを採用した。製材・耐火被覆工程は福島県内の工場で行った。仕上層の下地用の養生コンパネまでを工場製作とし、施工期間中の腐食・破損に対して配慮した。現場にはビニル養生を行い、搬入した。



図 8-5-1-2. 耐火集成材 工場施工・養生状況

### ・CLT パネル

CLT パネルは、栃木県産スギを採用した。マザーボードはサイプレス・スナダヤ西条工場で作製し、切断・掘りこみなどの架構を福島県内の工場で行った。CLT パネルは型枠兼天井仕上となるため、コンクリート打設時の水分・施工中の風雪を考慮して、打設面及び天井面に木材保護塗料を工場で塗布した。

ラグスクリューボルトは、打込みは、工場ではプレファブ化した。



図 8-5-1-3. CLT パネル ラグスクリューボルト打込状況



## 2) 現場施工工程について

- ・木架構造方の精度確保

木架構造の全体の精度は先行で施工済の RC 床に対する耐火集成材柱の建方精度によって決定する。耐火集成材柱の柱脚・柱頭に鉄骨工場にて製作したプレートと木の芯材を組み合わせる現場に搬入をした。

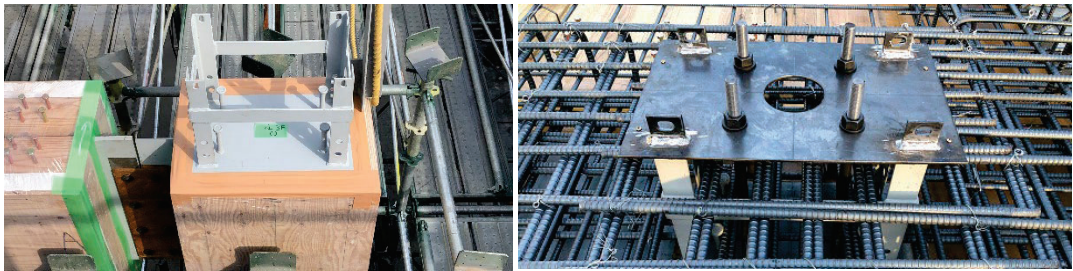


図 8-5-1-4 耐火集成材柱脚取付状況

- ・CLT パネルの敷込

耐火集成材と CLT 床版との取合いは、耐火構造形成の為に耐火集成材勝ちとする必要があるため、CLT 下部には支保工を設置した。



図 8-5-1-5 CLT パネル支保工設置状況





図 8-5-1-6CLT パネル支保工設置状況

CLT 床版の揚重はワイヤー・フックリングで揚重する事が出来ない為  
吊金物を作成し 4 点吊りのビス固定で揚重しました。

・ CLT 合成床版 コンクリート打設時のノロ対策

CLT 床版は耐火集成材の梁間に落とし込む納まりのため、CLT 床版と梁にできる  
隙間・CLT 床版の版間を塞ぎ、ノロが下階にこぼさない措置が必要であった。  
簡便な方法として、CLT 床版と梁にできる隙間はガムテープにて目張り・CLT 床  
版同士の隙間は厚さ 10 mm のコンパネを上から重ねた。(スラブ厚さは、構造計算  
上 10mm 薄く評価している)

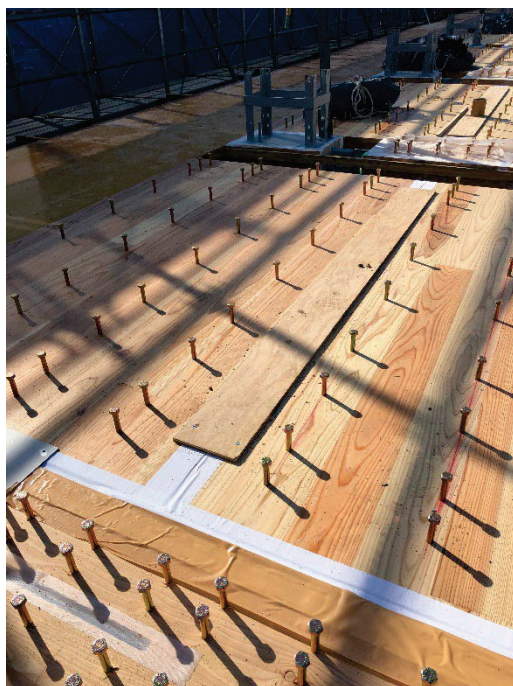


図 8-5-1-7CLT パネル養生状況・打設後の床版状況



図 8-5-1-7CLT パネル養生状況・打設後の床版状況

・仕上・設備工程について

上記の養生・ノロ対策等により、大きな補修なく次工程に移行した。

また、CLT 床版端部に彫込みを設けることで、パネル間の目違いや仕上の羽目板貼りこみ時の吸収代として機能し、電気配線ルートとしても活用した。

設計実証による事前の調整により、意匠・構造・設備の融合した CLT パネルが工場加工でき、労務改善を図ることができた。

### 8-5-2 CLT+RC合成床による歩行振動の軽減

耐火集成材梁は、既往の研究<sup>12)</sup>を参考にRCスラブとの木質合成梁として設計した。集成材天端にラグスクリューを設置し、RCスラブとの合成梁とすることで、剛性および耐力割増効果を見込んでいる。

CLT型枠は天端にラグスクリュー（φ12 L=150）を300ピッチ程度に設置しRCスラブと緊結した。ラグスクリューは鉛直荷重に対してCLTパネルの脱落に抵抗するとともに、RCスラブとのシアキーとして働くことを意図した。これにより、CLTパネルとの合成効果によるRCスラブの剛性向上を図り、歩行振動の抑制に寄与させることとした。

次頁以降では、歩行振動について、実測結果および解析等による評価を示す。

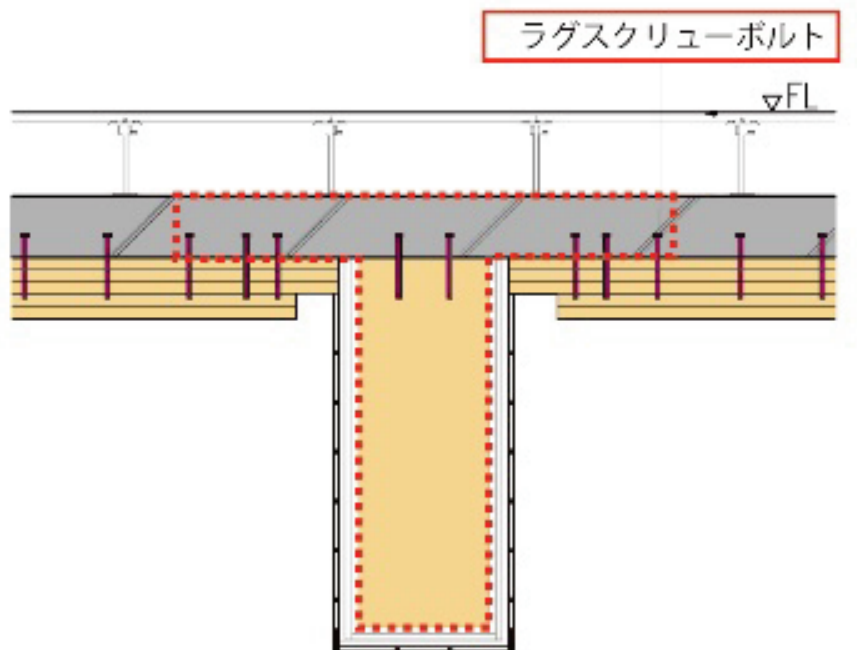


図 8-5-2-1 耐火集成材梁・CLT 概要図



## ■歩行振動実測について

### 1) はじめに

本建物はRC造と木造の平面混構造という特徴があり、木造部分はスパンが10mとロングスパンであることから振動障害の発生が懸念される。そこで、事務室部分の居住性能を確保する為、一般的な使用条件として体重70kgf相当の人が一人歩行する場合を想定し、日本建築学会「建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説（2004年）」に基づき、事務室において満足することが望ましいとされている居住性能V-70以下となるように設計性能評価を定めて設計を行った。ついては、床コンクリート打設、下階の天井や当該階のOA仕上げの施工が完了した状態での歩行時の床の振動について測定したので報告する。また、床スラブはRCスラブとCLTパネルの合成床版であり、このような木質架構に関する知見は少ないため、振動解析により床振動性状を明らかにし、今後の設計の一助とすることを目的とする。

### 2) 測定場所

東邦銀行・第一生命共同ビル新築工事計画 建物内 （栃木県宇都宮市泉町1-29）

### 3) 測定実施日


令和4年8月30日（火）17:30～20:30

### 4) 測定担当者

清水建設株式会社 設計本部 構造計画・開発部 平戸 達朗

清水建設株式会社 設計本部 構造設計部2部 木内 佑輔、北澤 康平

### 5) 測定概要

測定は3階の事務室床上で行った。各階における歩行の加振経路A～Cと振動測定点を図8-5-2-2の平面図に赤矢印で示す。同図中  マークで示す地点に速度計を設置し、各点における上下振動を測定する。

加振ケースは表8-5-2-1に示す成人一人が歩行する場合、測定点近傍に踵を落とすパルス加振した場合について、床の基本振動性能を確認するために測定を行った。

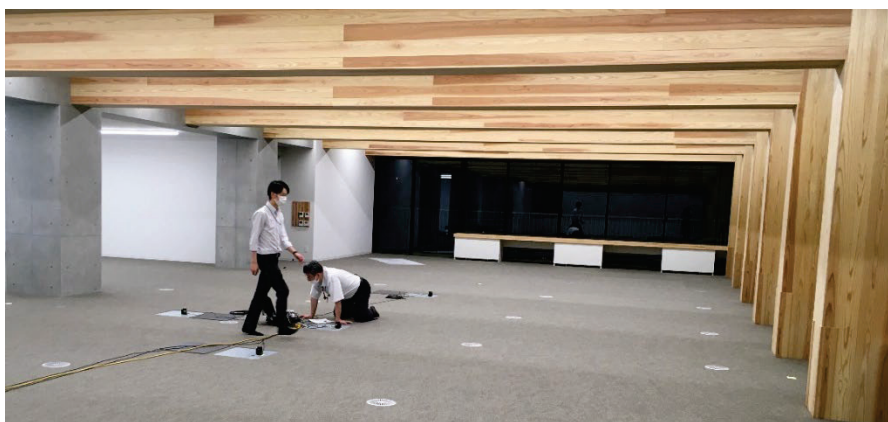


写真 8-5-2-1 歩行振動測定の様子

表 8-5-2-1 歩行・小走りの加振ケース

No	加振位置・コース	加振種類	加振条件	距離	備考
1	A (3階)	一人歩行	2.0Hz	2 往復	基本*1
2	B (3階)	一人歩行	2.0Hz	2 往復	基本
3	C (3階)	一人歩行	2.0Hz	2 往復	基本

\*1 “基本”とは、普段のあるオフィス内での歩行実測で得られた平均歩行ピッチである 2.0Hz ピッチでの歩行ケースである。被験者は歩行ピッチのみに注力しメトロノームに合わせた歩行ピッチで普段の歩き方を心がけるものとする。

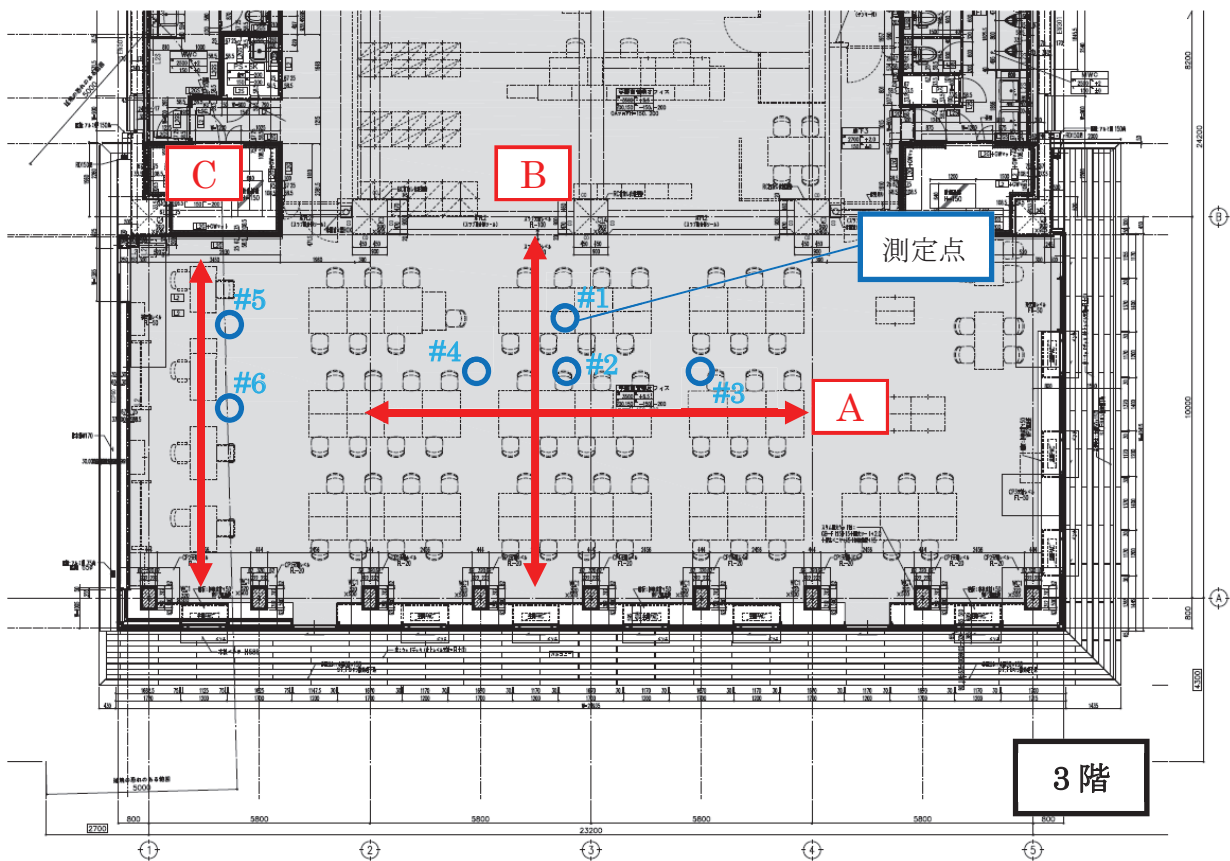


図 8-5-2-2 3階平面図 測定位置及び加振歩行経路

## 6) 測定データの解析および結果の評価方法

各測定点の測定波形データについての周波数解析から求めた 1/3 オクターブバンドスペクトルをもとに日本建築学会「建築物の振動に関する居住性能評価指針（2004 年版）」の評価指標と比較して評価判断を行う。

1/3 オクターブバンドスペクトルは、JIS C 1513「オクターブ及び 1/3 オクターブバンド分析器」に準拠した方法により求める。

## 7) 測定機器の概要

測定には、携帯用振動測定装置を使用する。これは、測定装置からの信号を最大 7 チャンネルまで同時処理できる A/D 変換装置とパソコンを一体化したもので、搭載している専用ソフトウェアにより、リアルタイムで時々刻々の振動波形をパソコンのディスプレイ上に表示しながら、そのデータを A/D 変換器によりデジタル変換してハードディスク上に記録する。本測定では、A/D 変換時のデータサンプリングは 200Hz 以上とする。

・測定機器 サーボ型速度計（東京測振社製）VSE-15D

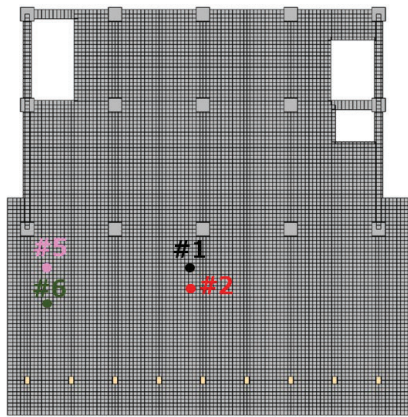
測定範囲	±0.1 cm/s	，	±10 cm/s
感度	0.1 (cm/s)/V	，	1 (cm/s)/V
理論分解能	0.00003 cm/s	，	0.0003 cm/s
周波数範囲	0.07～100 Hz		
A/D 変換機	16 bit		

## 8) 測定結果

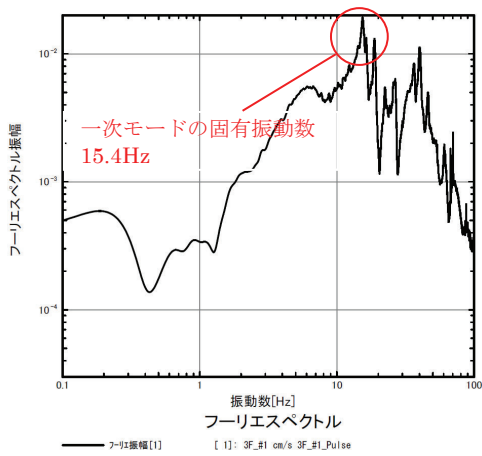
踵落としによるパルス加振測定結果を図 8-5-2-3 に示す。尚、踵落としによる加振はピックアップから 1m 程度離れた場所で 10 秒間インターバルを設け 5 回行った。図 8-5-2-3(a)および図 8-5-2-3(b)の結果より、3 階中央部スラブでの固有振動数は 15.4Hz であった。図 8-5-2-3(c)および 8-5-2-3(d)から、3 階外端部スラブの固有振動数は約 18.8Hz であり、中央部よりも剛性が大きいことが分かる。これは、西面外壁が近いこと、2 階の当該位置において間仕切り壁が設置されていたことに起因すると考えられる。

各コース歩行時の各測定点における振動測定波形データについて、1/3 オクターブバンドスペクトル分析結果を日本建築学会「建築物の振動に関する居住性能評価指針（2004 年版）」の評価指標とともに図 8-5-2-4 ～ 図 8-5-2-6 に示す。尚、歩行は靴を着用せず靴下履きの状態で行った。A コースの場合、評価値は V-30 程度となっており、V-70 を大きく下回った。B コースの場合、評価値は V-20 から V-30 程度の結果を示しており、V-70 を大きく下回る結果となった。C コースの場合、評価値は V-10 程度かそれを下回る結果であった。これは、踵落とし測定から得られたように、外端部スラブは剛性が高いことに起因すると考えられる。

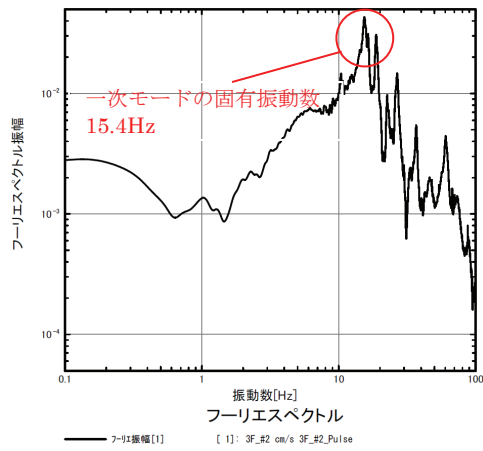
以上の結果より、本計画の木構造部は十分な鉛直剛性を有し、振動に関する居住性能としては、一人歩行に対して V-30 程度と非常に優れた性能を有することがわかった。



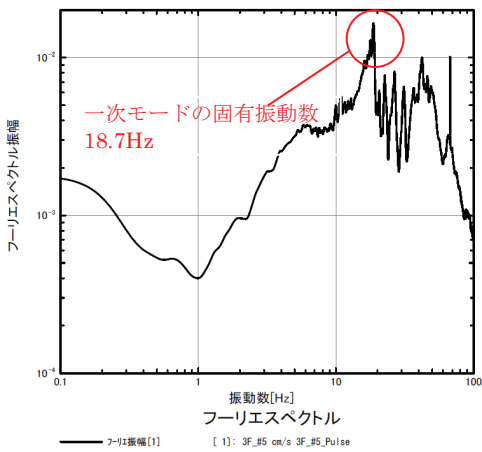
測定点位置



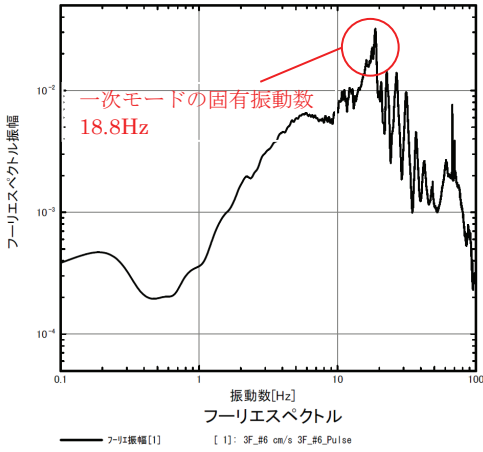
(a) #1 地点



(b) #2 地点



(c) #5 地点



(d) #6 地点

図 8-5-2-3 パルス加振 フーリエスペクトル



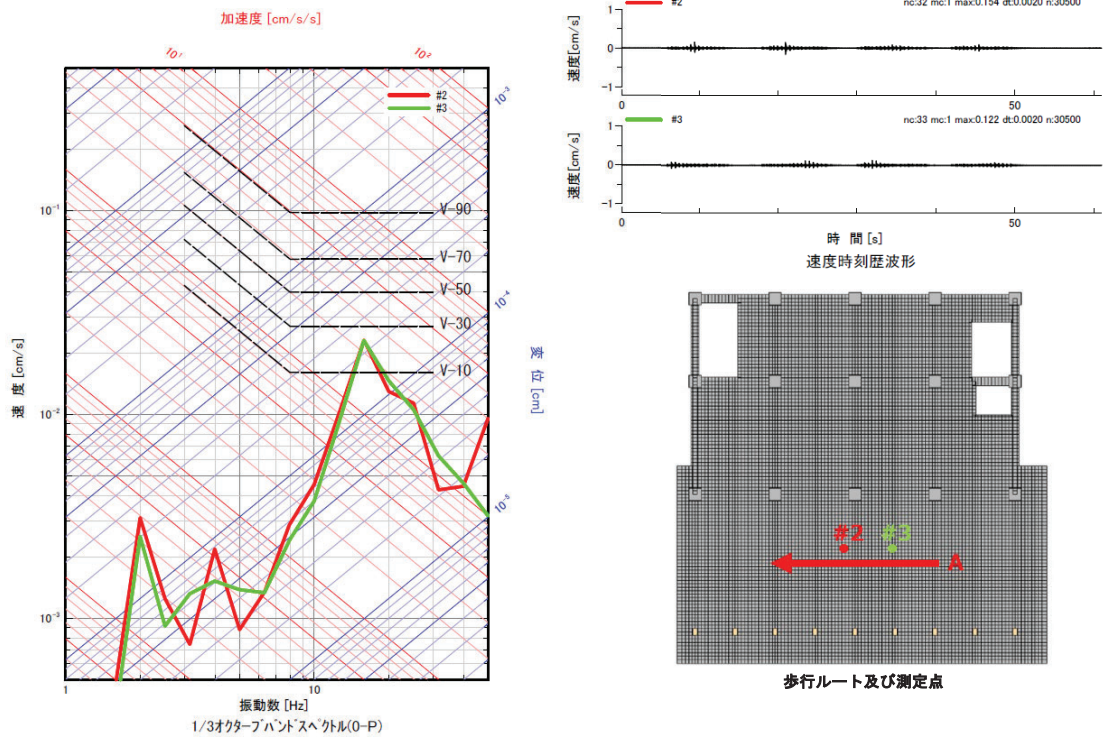


図 8-5-2-4 3 階 A コース一人歩行時 (加振条件 : 2.0Hz)

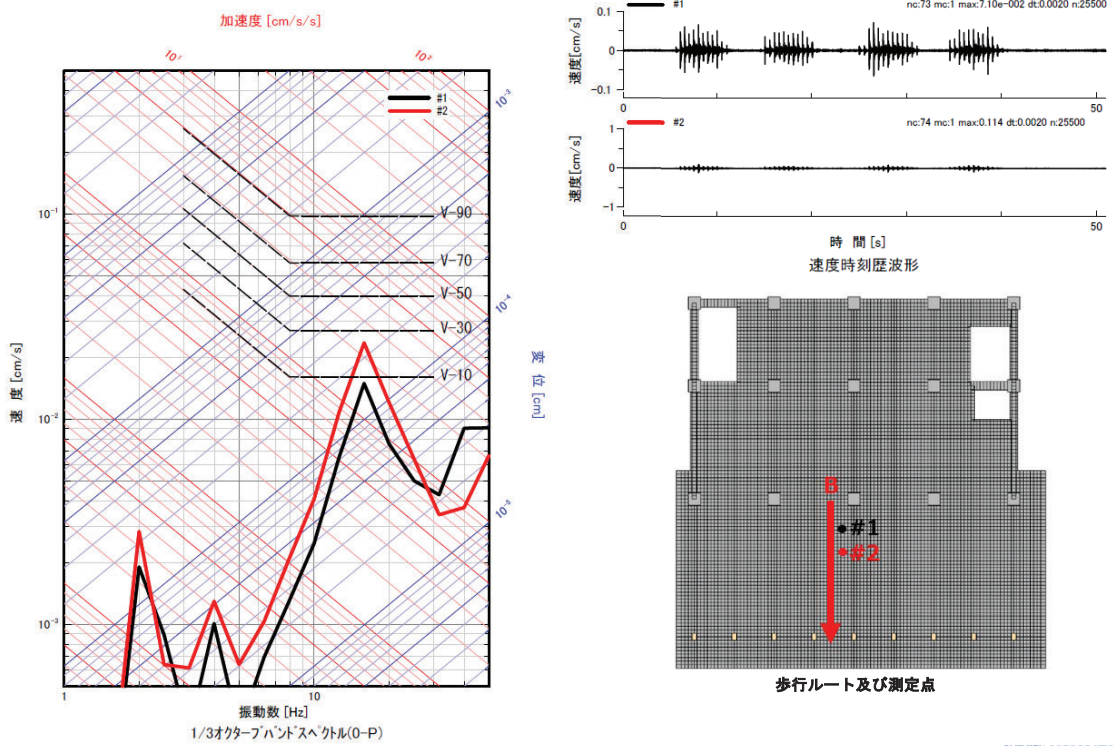
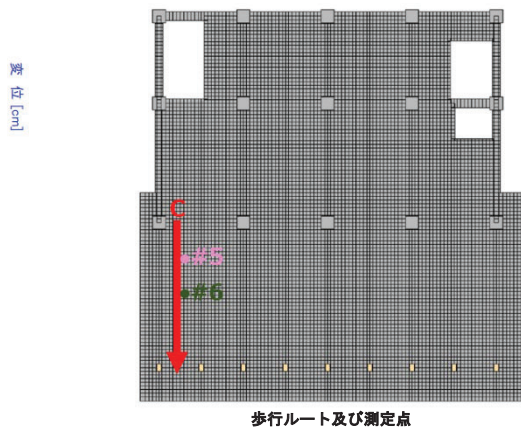
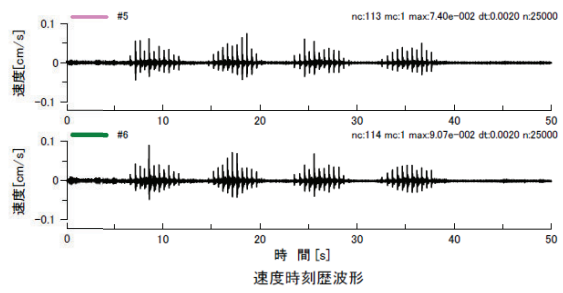
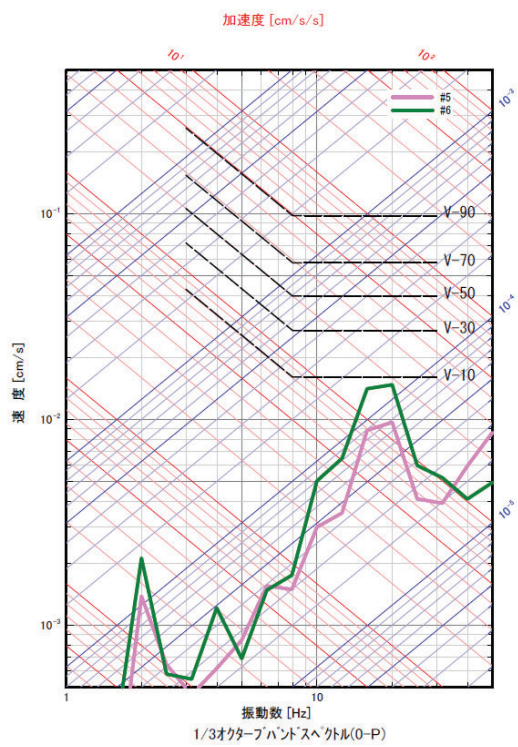


図 8-5-2-5 3 階 B コース一人歩行時 (加振条件 : 2.0Hz)



SHIMIZU CORPORATION

図 8-5-2-6 3 階 C コース一人歩行時 (加振条件 : 2.0Hz)

## ■歩行振動の再現解析について

ここでは、有限要素法に基づいた歩行振動解析を行い、実測結果との比較を行う。また、それをもとに FEM のモデル化および解析方法の妥当性を確認した上で、CLT による歩行振動の低減効果について検証する。

### 1) 解析概要

#### ・モデル概要

実測を行った 3 階全体を対象としてモデル化し、柱・耐力壁等の鉛直部材は上下階中央レベルに該当する上下 2 m の範囲でモデル化を行った。スラブ・耐力壁及び木梁は板要素とし、その他の梁部材及び柱部材は梁要素とした。木梁と RC スラブは、梁上端の節点位置でラグスクリーアの剪断剛性に対応する弾性ばねで連結し、合成梁として挙動するようにモデル化した。また、CLT は板要素でモデル化し、RC スラブから 150mm オフセットした位置に配置して、RC スラブと上下対応する節点ごとに剛体連結させた。各部材の材料特性は表 8-5-2-2 のように設定した。境界条件は、柱及び耐力壁の上下端をピン支持とした。また、床荷重は固定荷重および設計用積載荷重を考慮した。

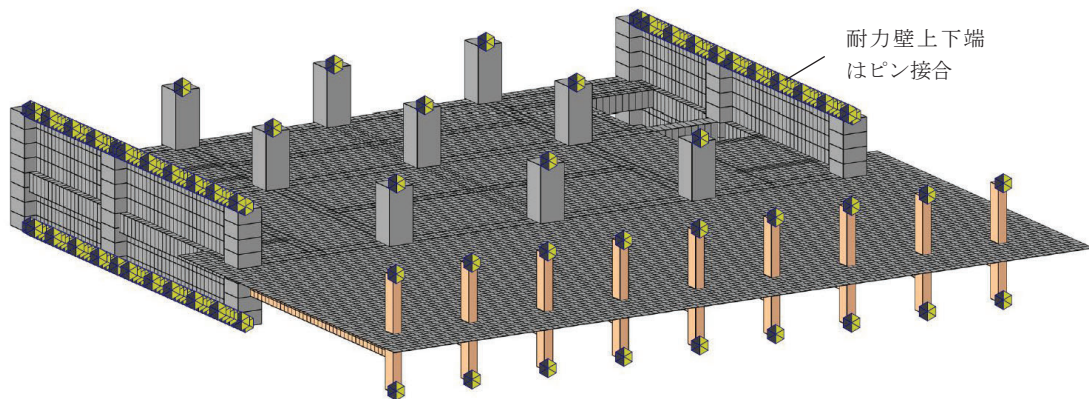


図 8-5-2-7 FEM モデル



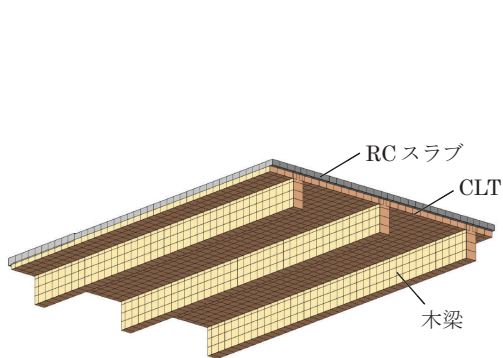


図 8-5-2-8(a) 木架構部モデル詳細

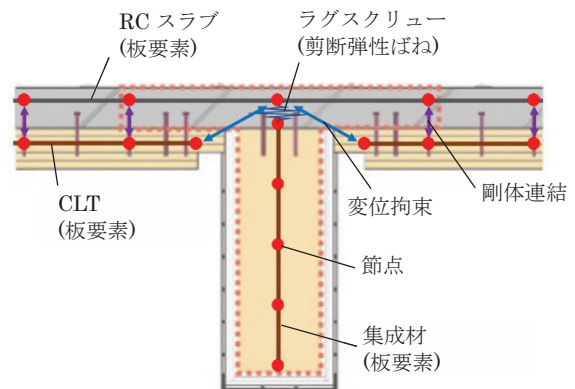


図 8-5-2-8(b) モデル化概要

表 8-5-2-2 材料特性

種別	部材	ヤング係数 (N/m <sup>2</sup> )	ポアソン比	剪断弾性係数 (N/m <sup>2</sup> )	単位体積重量 (N/m <sup>3</sup> )	減衰定数
RC (Fc30)	全て	$2.44 \times 10^{10}$	0.2	-	$2.40 \times 10^4$	0.01
木	CLT (S60A)	$4.73 \times 10^9$	-	$3.15 \times 10^8$	$4.41 \times 10^3$	0.01
	柱 (E95-F315) 梁 (E105-F300)	$9.00 \times 10^9$	-	$6.00 \times 10^8$	$4.90 \times 10^3$	0.01



・歩行荷重の入力方法

歩行荷重は歩行ルート上の踏み込み位置として予想される箇所に、一回の踏み込みで生じる荷重を時系列に沿って入力することで、実状に近い移動荷重を設定した。なお、一回の踏み込みによって生じる歩行荷重は横山の研究<sup>3)</sup>を参考とし、70kgの男性が2.0Hzピッチで歩行することを想定した。また、実際には常に一定条件で歩行することは考えられないので、加振力振幅・歩幅・歩行ピッチについては乱数関数によって与えられる係数を用いてばらつきを考慮した。以上の条件を基に算定した歩行荷重を図8-5-2-9に示す。

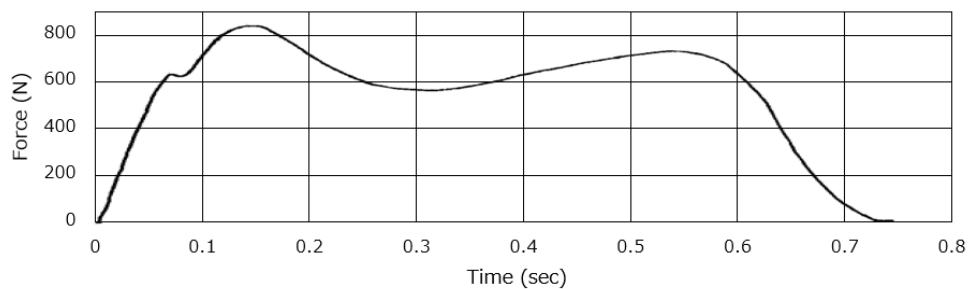


図 8-5-2-9 一回の踏み込みによる歩行荷重

例) A コース

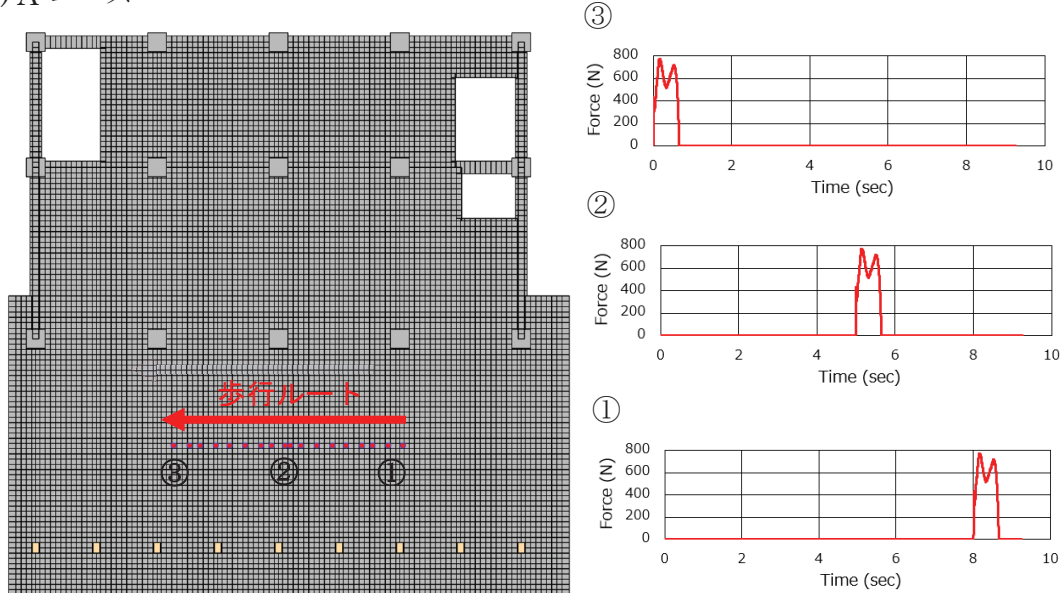


図 8-5-2-10 入力歩行荷重

## 2) 解析結果と実測結果の比較

### ・解析結果

固有値解析結果を図 8-5-2-11 に、実測と同位置における歩行振動解析結果を図 8-5-2-12 に示す。固有値解析の結果、12.04Hz で木造部床の上下方向 3 次固有モードが得られた。歩行振動解析の結果、A コースの歩行ケースでは、固有振動数である 12Hz 付近で卓越しており V-30 を下回る結果となった。B コースについても同様に 12Hz 付近で卓越し V-10 を下回った。C コースに関しては、10Hz 付近で卓越し V-30 程度の結果となった。

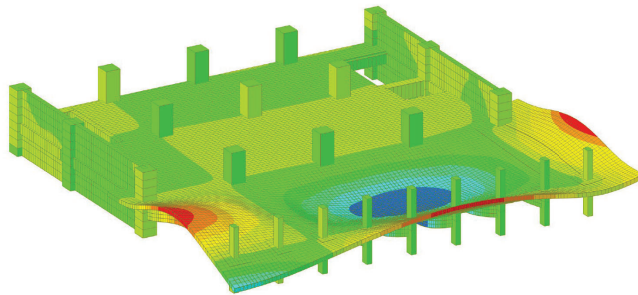


図 8-5-2-11 固有値解析結果(12.04Hz)

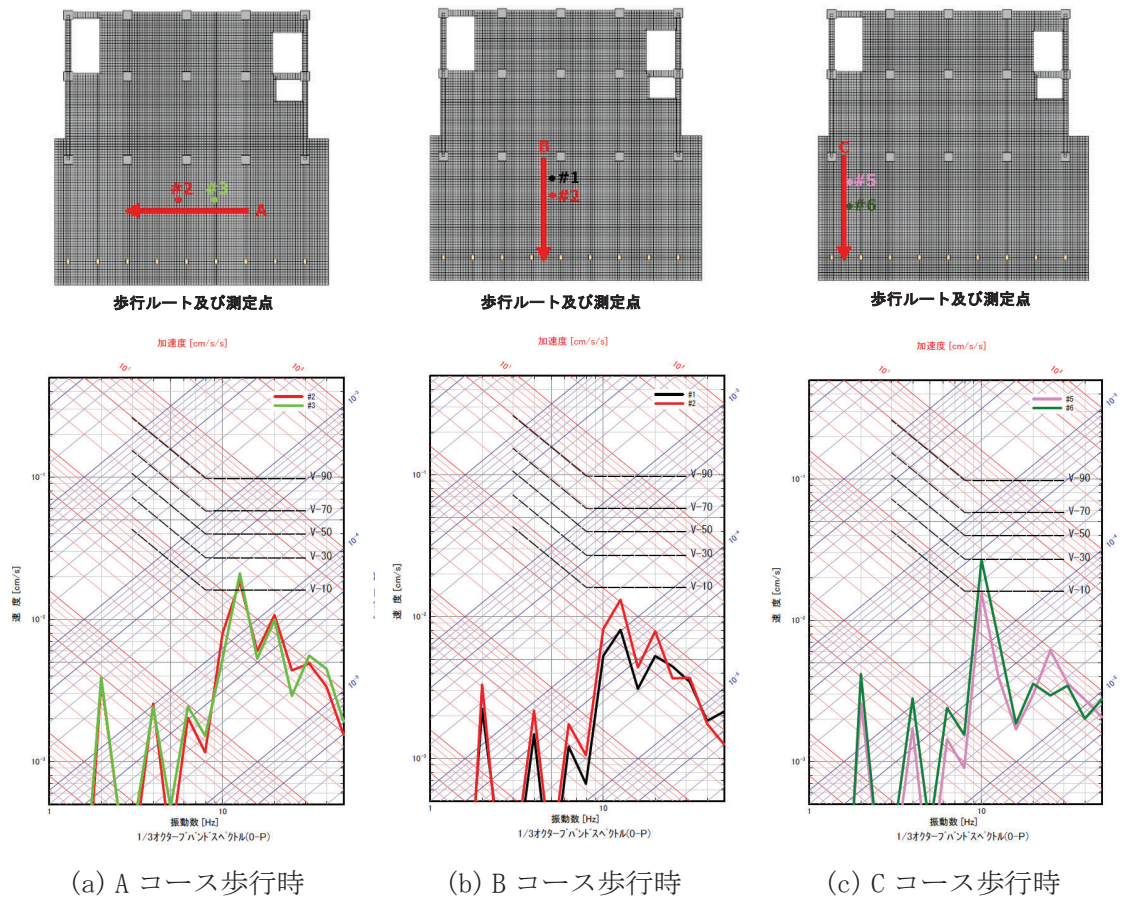


図 8-5-2-12 1/3 オクターブバンドスペクトル

・実測との比較

ここでは、実測結果と FEM 解析結果の比較を行う。踵落としによるパルス加振から得られた床の固有振動数は 15.4Hz であり、FEM 解析から得られた床の固有振動数である 12.04Hz に比べ大きい値であった。これは、床スラブのコンクリート強度が想定していた値よりも大きいこと、柱梁接合部パネルゾーンの変形拘束や床、柱梁、内壁等の仕上材の剛性に起因すると考えられる。A コース歩行時において、1/3 オクターブバンドスペクトルを見ると、ピーク振動数および速度の解析値は、それぞれの実測結果と概ね一致している。B コース歩行時には固有値解析結果と同様に FEM では実測に比べて小さい振動数で卓越が見られるが、概形はほぼ似たような傾向がある。C コース歩行時においては、FEM 解析値では実測値に比べ低い振動数で卓越が見られる。実測において解析モデルに考慮されていない 3 階外端部床下の間仕切り壁や 2 次部材が剛性の増大化に寄与したことで固有振動数が高めになり、結果的にそれが倍調波との共振的な挙動となって現れたと考えられる。以上から、実測結果と解析結果で固有振動数やそれに応じた振動振幅レベル傾向とその大きさが概ね一致しており、妥当なモデル化ができていると考えられる。

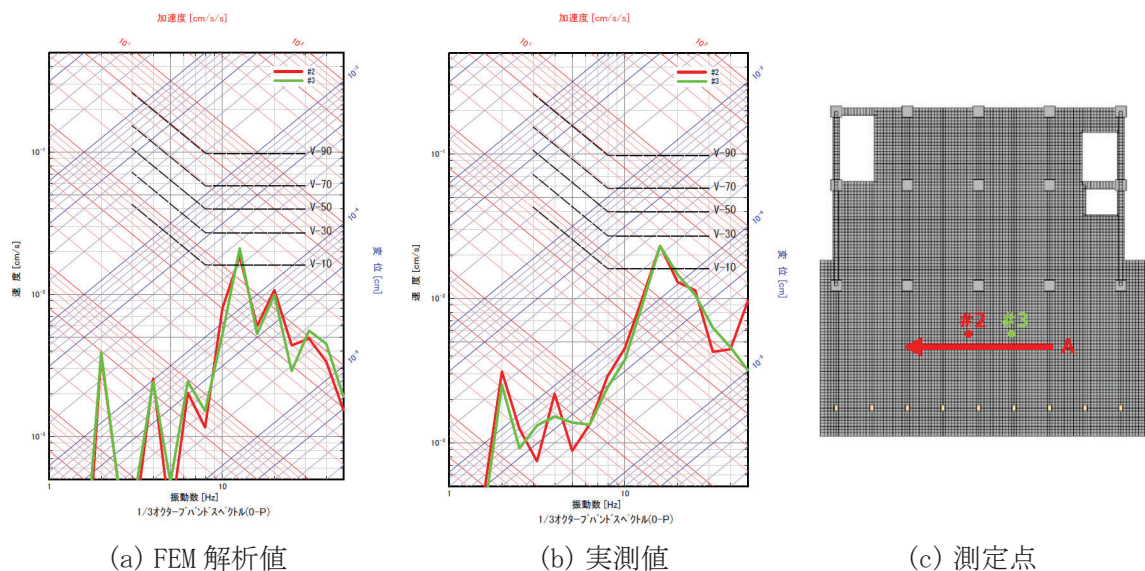
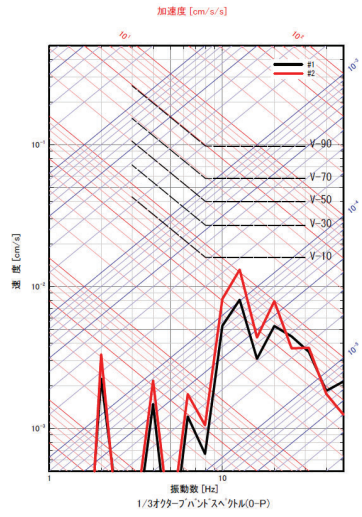
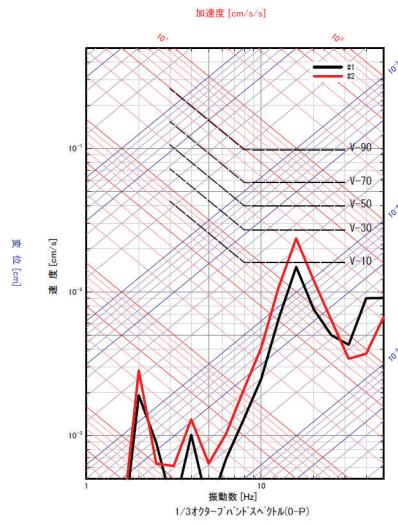


図 8-5-2-13 A コース歩行時

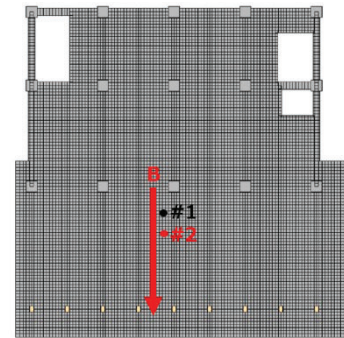




(a) FEM 解析値

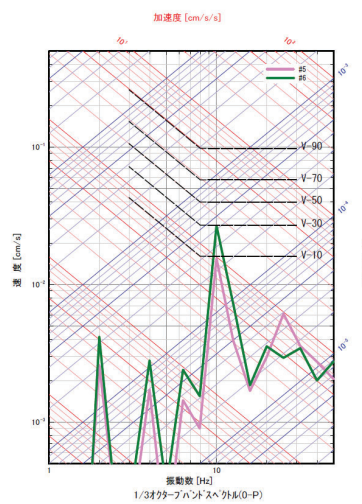


(b) 実測値

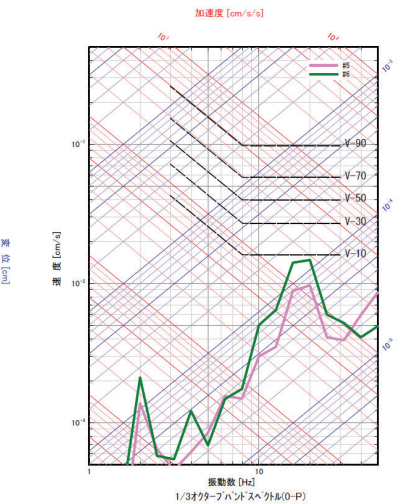


(c) 測定点

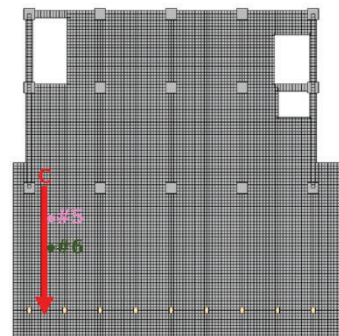
図 8-5-2-14 B コース歩行時



(a) FEM 解析値



(b) 実測値



(c) 測定点

図 8-5-2-15 C コース歩行時



### 3) CLTの有無による比較

本項ではCLTの歩行振動制御への寄与をFEM解析により検討する。CLTを考慮しないモデルを作成し歩行振動解析を行うことで、CLTの有無による床の振動性状の違いについて考察する。

#### ・モデル化概要

先述のとおり、FEMモデルにおいてCLTはRCスラブから150mmオフセットし上下に対応する節点同士を剛体連結し、板要素としてモデル化を行った。この板要素を取り除くことでCLTが無い場合の検討を行う。

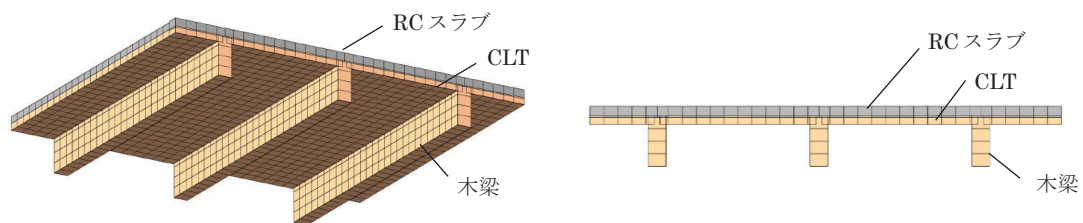


図 8-5-2-16 CLT 有モデル(部分表示)

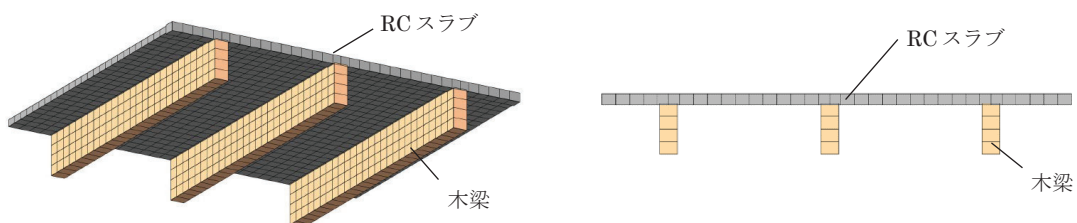
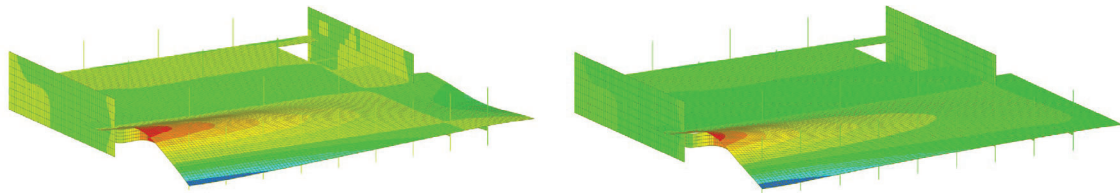


図 8-5-2-17 CLT 無モデル(部分表示)

#### ・CLTの有無による比較

固有値解析から得られた、検討対象の歩行ルートに関連する卓越振動モードを図 8-5-2-18 および図 8-5-2-19 に、歩行振動解析による 1/3 オクターブバンドスペクトルを図 8-5-2-20 から 8-5-2-22 に示す。CLTの有無によって固有振動数は外端部卓越モードで約 10%、中央部卓越モードで 20%程度低下しており、同程度以上の剛性低下が考えられる。1/3 オクターブバンドスペクトルを比較すると、A コース及び B コース歩行時で CLT によって最大値が低下していることが分かる。特に、A コース歩行時は CLT 無しの場合の最大速度が  $3.12 \times 10^{-2}$  kine であったのに対して、CLT 有りの場合の最大速度が  $2.11 \times 10^{-2}$  kine であり 30% 程度低減されていることが分かった。一方、C コース歩行時は、CLT がある場合の 10Hz 付近における最大値が CLT 無しの場合を上回っている。図 8-5-2-19 から CLT 有の場合は 10.26Hz、CLT 無しの場合は 9.28Hz で外端部が卓越する固有振動を示し、CLT 有モデルは歩行ピッチ

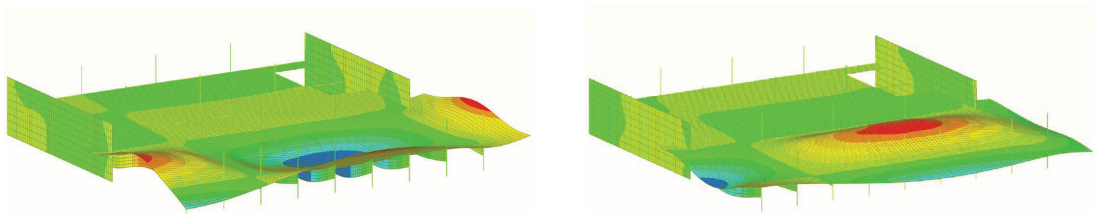
である 2.0Hz の倍調波と共振しやすい。CLT の剛性増大による振動抑制に比べ、共振による振動増大の影響が大きいため、CLT 有モデルの応答が CLT 無しモデルよりも大きい値を示していると考えられる。以上を踏まえると、本建物における CLT は床の剛性増大に寄与しており、歩行振動による居住性能の改善に一定の効果があると考えられる。



(a) CLT 有モデル(10.26Hz)

(b) CLT 無しモデル(9.28Hz)

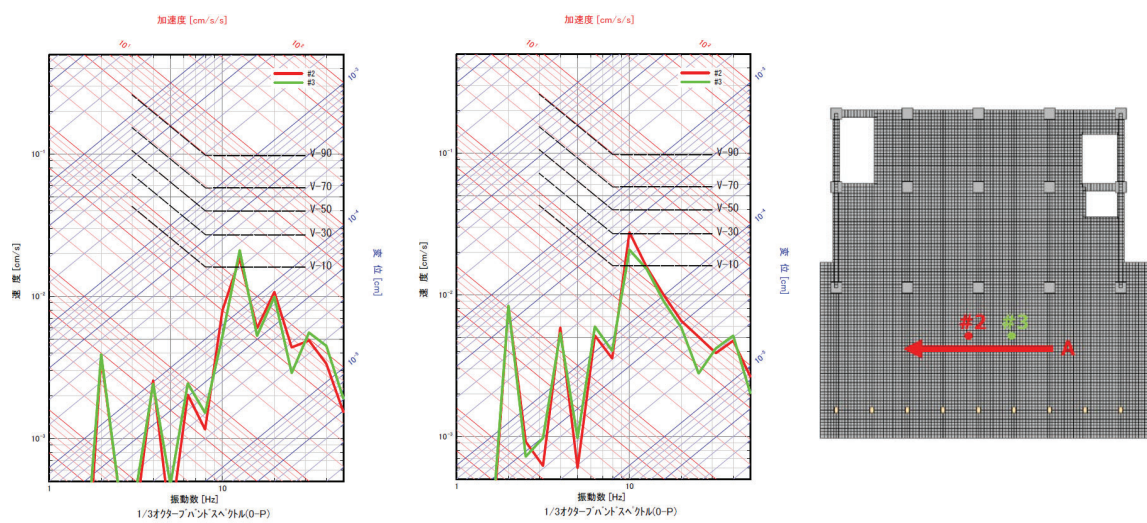
図 8-5-2-18 外端部卓越振動モード



(a) CLT 有モデル(12.04Hz)

(b) CLT 無しモデル(9.68Hz)

図 8-5-2-19 中央部卓越振動モード



(a) CLT 有モデル

(b) CLT 無しモデル

(c) 測定点

図 8-5-2-20 A コース歩行時 1/3 オクターブバンドスペクトル

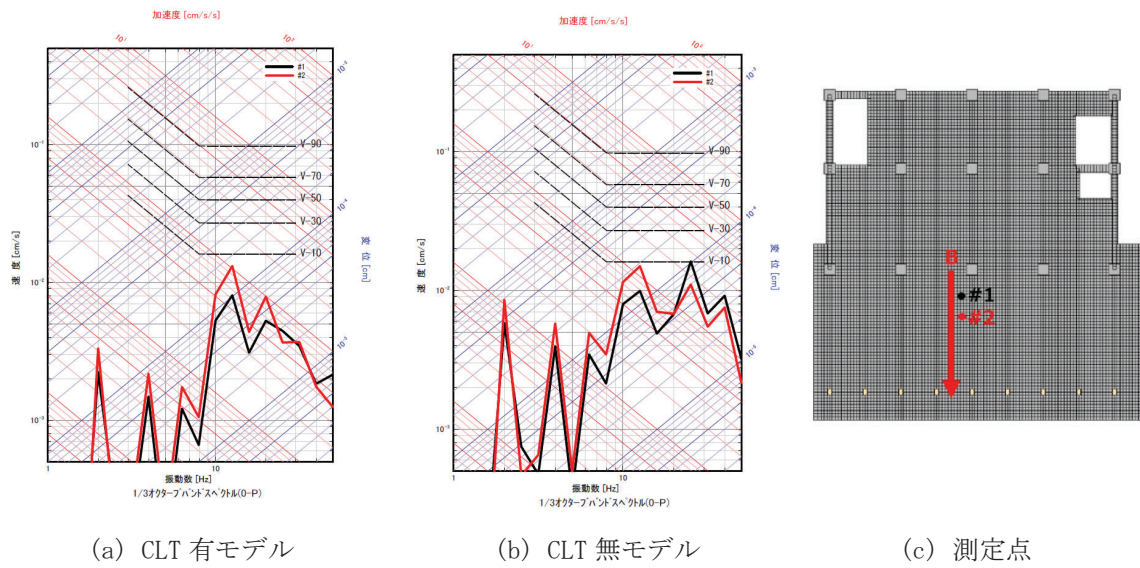


図 8-5-2-21 B コース歩行時 1/3 オクターブバンドスペクトル

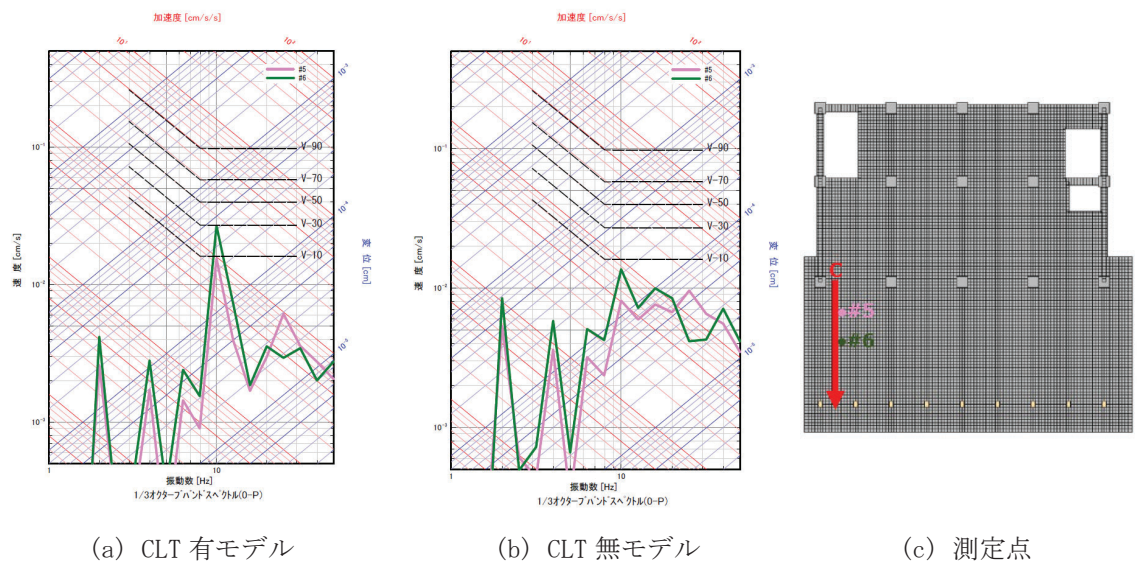


図 8-5-2-22 C コース歩行時 1/3 オクターブバンドスペクトル

## ■まとめ

- ・実測の結果、本計画の木架構は十分な鉛直剛性を有し、優れた居住性能を有する。
- ・CLT を考慮した再現解析モデルは、実測結果と概ね対応しており、モデル化の妥当性を確認した。
- ・解析により、CLT の有無による歩行振動性状への影響を検証し、CLT 型枠によって居住性能が改善していることを確認した。

## [参考文献]

- 1) 畔柳 歩 他：鉛直荷重を受ける集成材梁-RC 床版合成梁に関する実験的研究 集成材梁と RC 床版の一体効果を考慮した合理的部材設計手法の構築 その 1、日本建築学会構造系論文集 第 79 巻 第 697 号, 393-400, 2014. 3
- 2) 蒲池 健 他：集成材梁-RC 床版合成梁設計法の提案と実験による検証 集成材梁と RC 床版の一体効果を考慮した合理的部材設計手法の構築 その 2、日本建築学会構造系論文集 第 79 巻 第 702 号, 1147-1156, 2014. 8
- 3) 横山 裕：歩行時に発生する床振動評価のための加振、受信装置に関する研究 動的加振器、受振器の設定および妥当性の検討 1、日本建築学会構造系論文集 第 60 巻 第 466 号, 21-29, 1994. 12



### 8-5-3 CLT+RC合成床による重量床衝撃音への影響

8-5-2と同様に、本項ではRCスラブにCLTパネルを付加し、合成床としたことによる重量床衝撃音への影響について検証する。

実測およびインピーダンス法による評価の検証を行った。

#### ■重量床衝撃音実測について

##### 1) 測定場所

(仮称)東邦銀行・第一生命共同ビル計画新築工事作業所(宇都宮市泉町1-29)

##### 2) 測定日時

2022年6月6日(月)17時～6月7日(火)1時

##### 3) 測定機関

清水建設 技術研究所 環境基盤技術センター 音環境グループ(宮島, 清家)

測定立会: 清水建設 設計本部 構造設計2部(木内)

測定協力: 日本音響エンジニアリング(中村)

##### 4) 測定・分析方法(重量床衝撃音遮断性能: タイヤ衝撃源)

JIS A1418-2:2000「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第2部: 標準重量衝撃限による方法」に規定される方法に準拠し、衝撃力特性(1)の標準重量床衝撃源(タイヤ衝撃源)によって測定・分析を行った。測定結果は、JIS A1419-2:2000「建築物及び建築部材の遮断性能の評価方法—第2部: 床衝撃音遮断性能」に従って評価した。測定機器系統図を図8-5-3-1に示す。次の手順で測定を行い、重量床衝撃音レベル及び重量床衝撃音レベル等級を求めた。

- (a) 各加振点においてタイヤ衝撃源により試験床版を加振し、下階受音室に設定した受音点に於いて加振5回に対し、各回の最大音圧レベル(動特性F)を測定する。得られた5回の最大音圧レベルを算術平均する。
- (b) 5か所の受音点で得られた最大音圧レベル算術平均値をエネルギー平均する。
- (c) 上記(a)(b)の手順で5加振点に対するエネルギー平均値をそれぞれ求めた後、それらの値を算術平均することで重量床衝撃音レベルを算出する。測定周波数は中心周波数31.5～500Hzのオクターブ帯域とする。得られた重量床衝撃音レベル測定結果を、JIS A1419-2 付属書1の方法で評価し重量床衝撃音レベル等級 $LL_i, F_{max,r}, H(1)$ を求める。

##### 5) 測定経路

図8-5-3-2, 図8-5-3-3に示す, 測定経路(1)～(5)を測定対象とした。測定経路(1), (3)～(5)の加振室の床構造はCLT150mm+RC150mmのハイブリッド床で, (4)のRCの厚さは建物端部側が200mmとなっている。(2)の加振室の床構造はRC単体であり, 厚さは150mmを基本とし, 建物端部側は200mmとなっている。測定経路(2), (4)については床スラブ厚が2種類で構成されていることから, 参考として測定を行っ

た。測定現場の内観を写真 8-5-3-1, 写真 8-5-3-2 に, 音源室の床構造の施工状況を写真 3, 写真 8-5-3-4 に示す。また, 各受音室における測定点位置および高さは 600mm~1,800mm で, 各測定点の高さは図 8-5-3-2, 図 8-5-3-3 の図中に示す。

#### 6) 測定状況

バングマシンによる加振状況および受音室における測定状況を写真 8-5-3-5~写真 8-5-3-8 に示す。

#### 7) 測定結果

各測定経路について, 床衝撃音レベルおよび床衝撃音レベル等級 $LL_{i,Fmax,r,H(1)}$ を表 8-5-3-1 にまとめる。また, 床衝撃音レベルの周波数特性を図 8-5-3-4~図 8-5-3-8 に, 詳細データを付表 8-5-3-1~付表 8-5-3-5 に示す。

表 8-5-3-1 床衝撃音レベルおよび床衝撃音レベル等級評価結果

測定経路			A 特性	1/1オクターブバンド中心周波数[Hz]					判定
No.	加振	受音		31.5	63	125	250	500	
(1)	S1	R1	52.5	80.2	75.7	59.5	50.7	43.2	$L_r - 55$
(2)	S2	R2	52.9	78.7	79.4	60.3	50.1	42.3	$L_r - 55$
(3)	S3	R3	51.3	78.8	75.5	60.1	50.7	40.9	$L_r - 55$
(4)	S4	R4	51.6	78.4	77.1	59.5	51.2	40.9	$L_r - 55$
(5)	S5	R5	51.2	77	75.7	60.1	50.4	41.4	$L_r - 55$

単位: dB

測定経路 (1) ~ (5) の全ての床について, 床衝撃音レベル等級 $LL_{i,Fmax,r,H(1)}-55$ と評価された。

CLT+RCハイブリッド床の測定経路 (4) を, RC床の測定経路 (2) と比較すると, 63Hz 帯域の床衝撃音レベルが2.3dB低下している。CLTによる改善とも考えられるが, 測定誤差などのその他の要因による影響とも考えられ, この測定結果だけではその原因を明確にすることは困難である。

全体として, 測定結果は一般的な RC150mm の床として標準的な数値 ( $LL_{i,Fmax,r,H(1)}-55$  前後) を示しており, CLT による重量床衝撃音遮断性能への明確な影響は確認されなかった。

#### 8) 測定おわりに

CLT+RC ハイブリッド床が採用された建物における重量床衝撃音遮断性能のデータ蓄積を目的として, (仮称) 東邦銀行・第一生命共同ビル計画新築工事において測定を実施した。測定の結果, RC150mm の床と同程度の重量床衝撃音遮断性能であることが確認された。

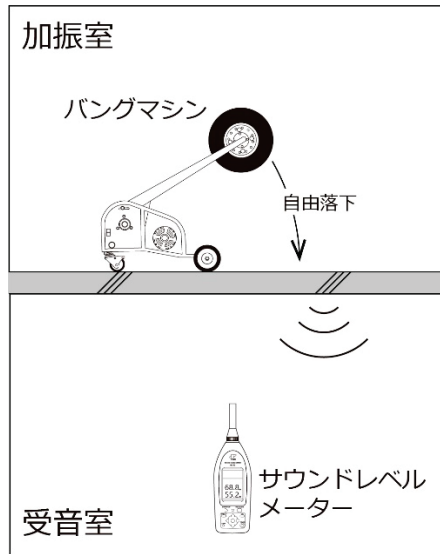


図 8-5-3-1 床衝撃音測定（タイヤ衝撃源）機器系統図

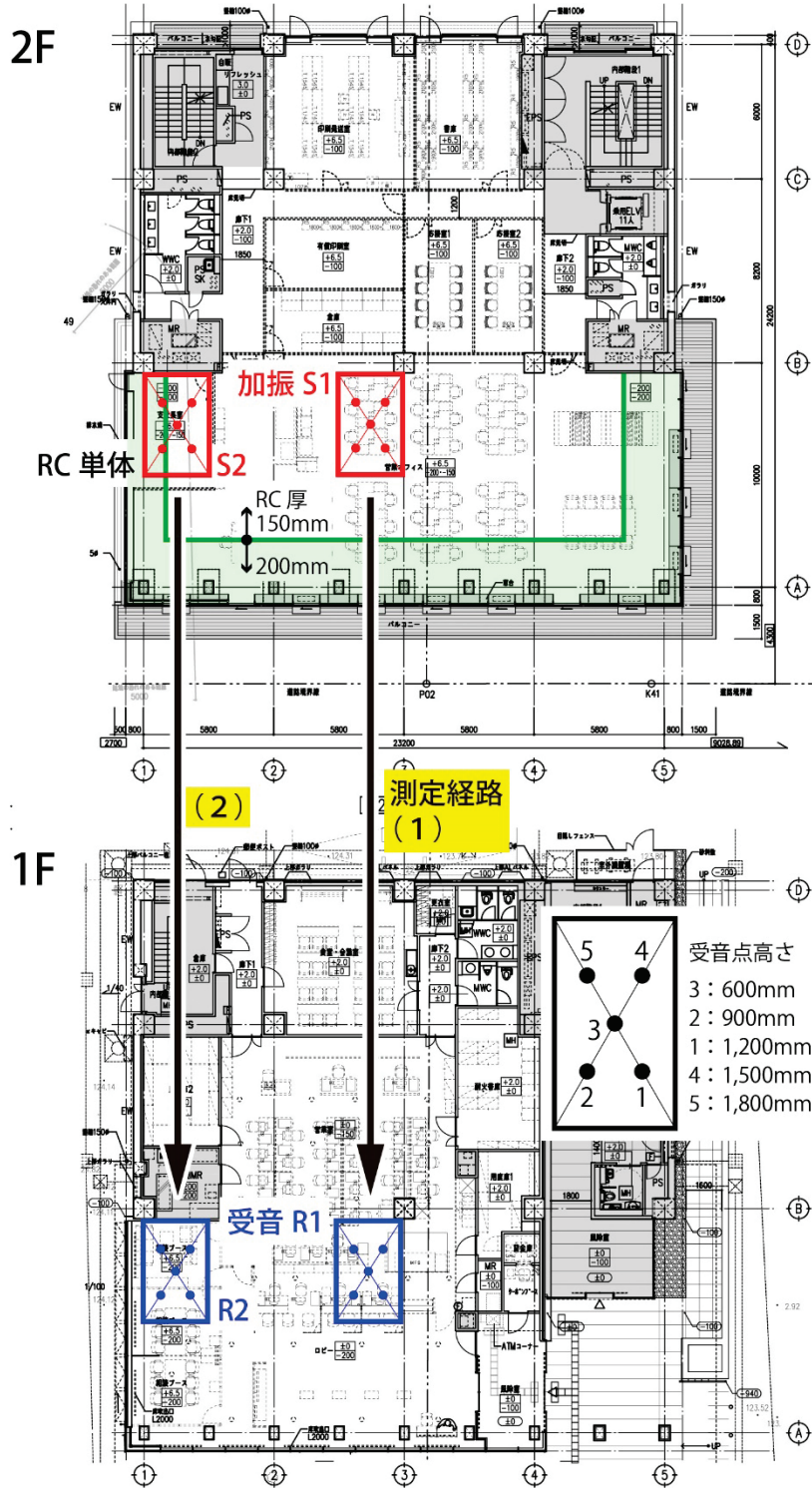
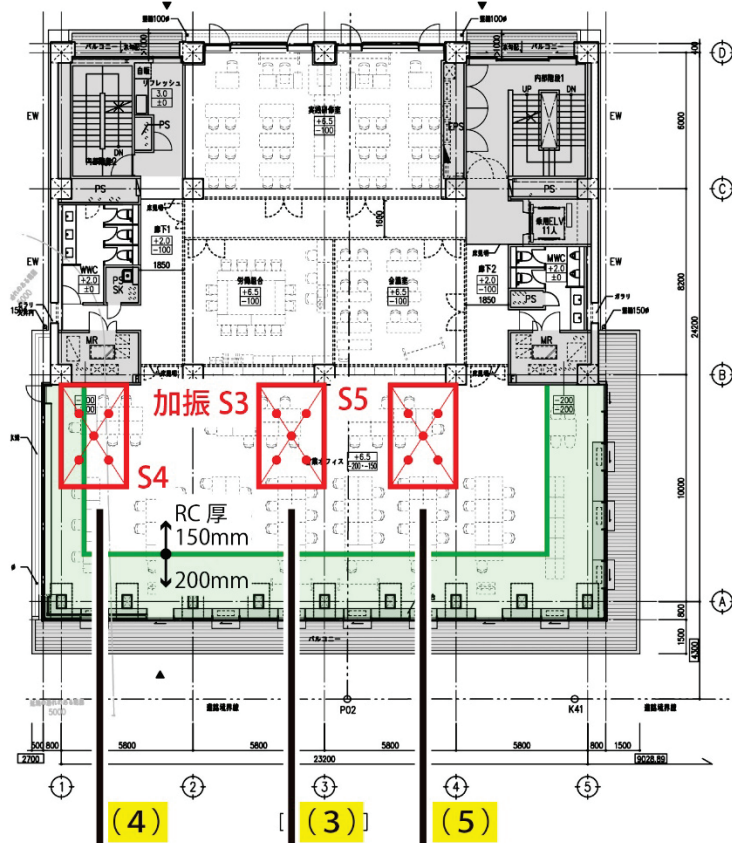


図 8-5-3-2 重量床衝撃音遮断性能測定経路：2階→1階



3F



2F

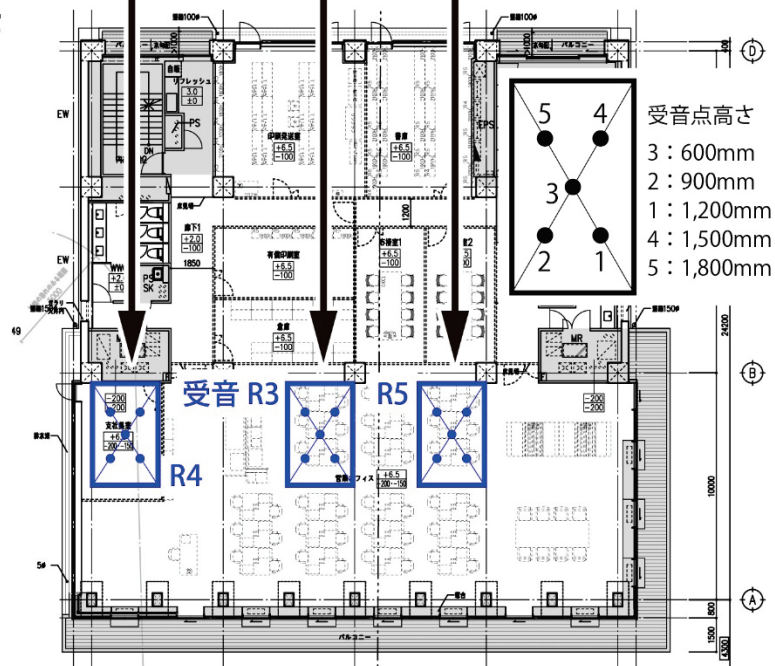


図 8-5-3-3 重量床衝撃音遮断性能測定経路：3階→2階

番号	凡例	経路			A 特性	1/1オクターブバンド中心周波数[Hz]								判定
		加振	→	受音		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	
①	●	S1	→	R1	52.5	80.2	75.7	59.5	50.7	43.2	---	---	---	$L_r = 55$

単位: dB

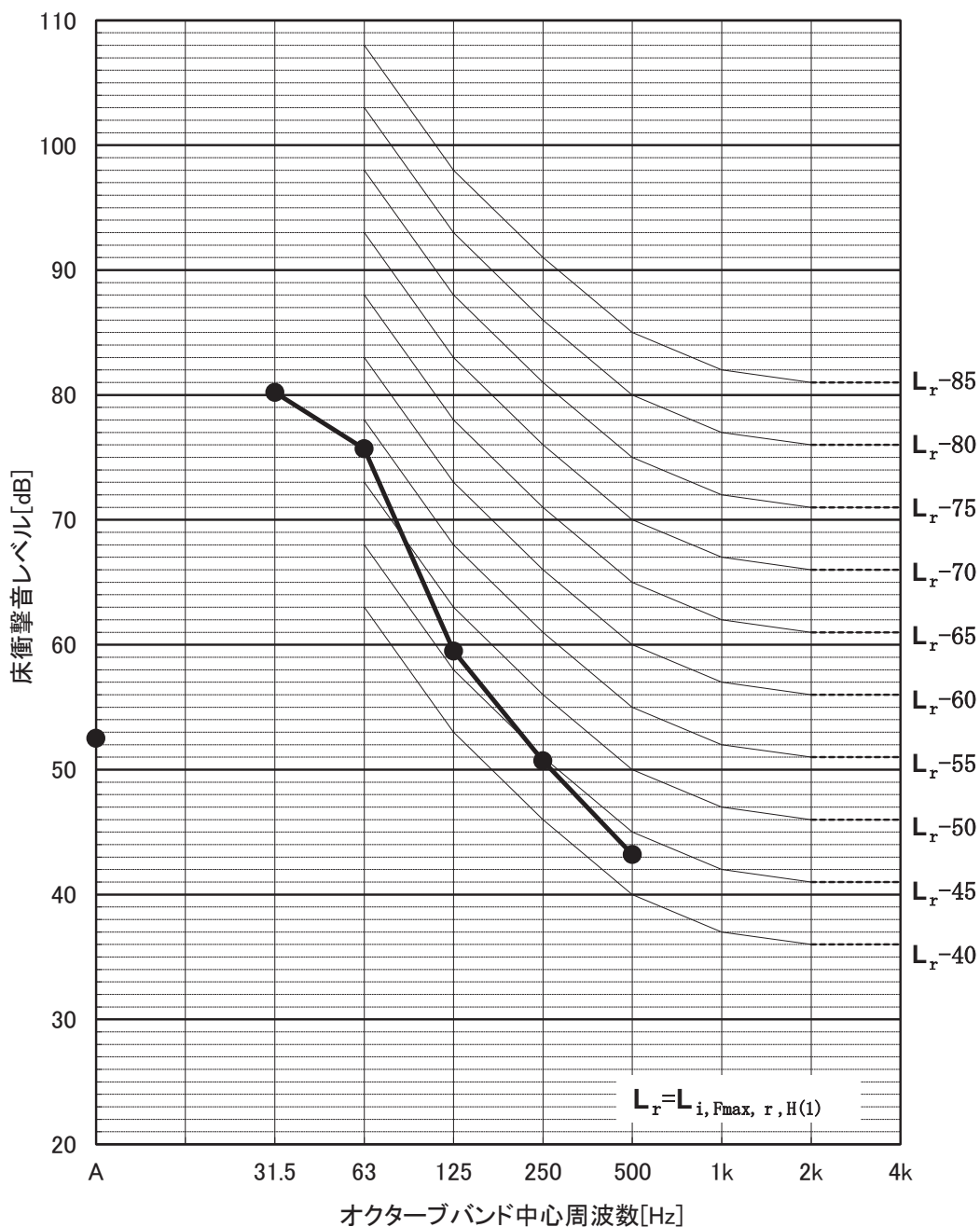


図 8-5-3-1 床衝撃音レベル測定結果(タイヤ衝撃源, 1/1 オクターブバンド): 測定経路(1)

番号	凡例	経路			A 特性	1/1オクターブバンド中心周波数[Hz]								判定
		加振	→	受音		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	
②	●	S2	→	R2	52.9	78.7	79.4	60.3	50.1	42.3	---	---	---	$L_r - 55$

単位: dB

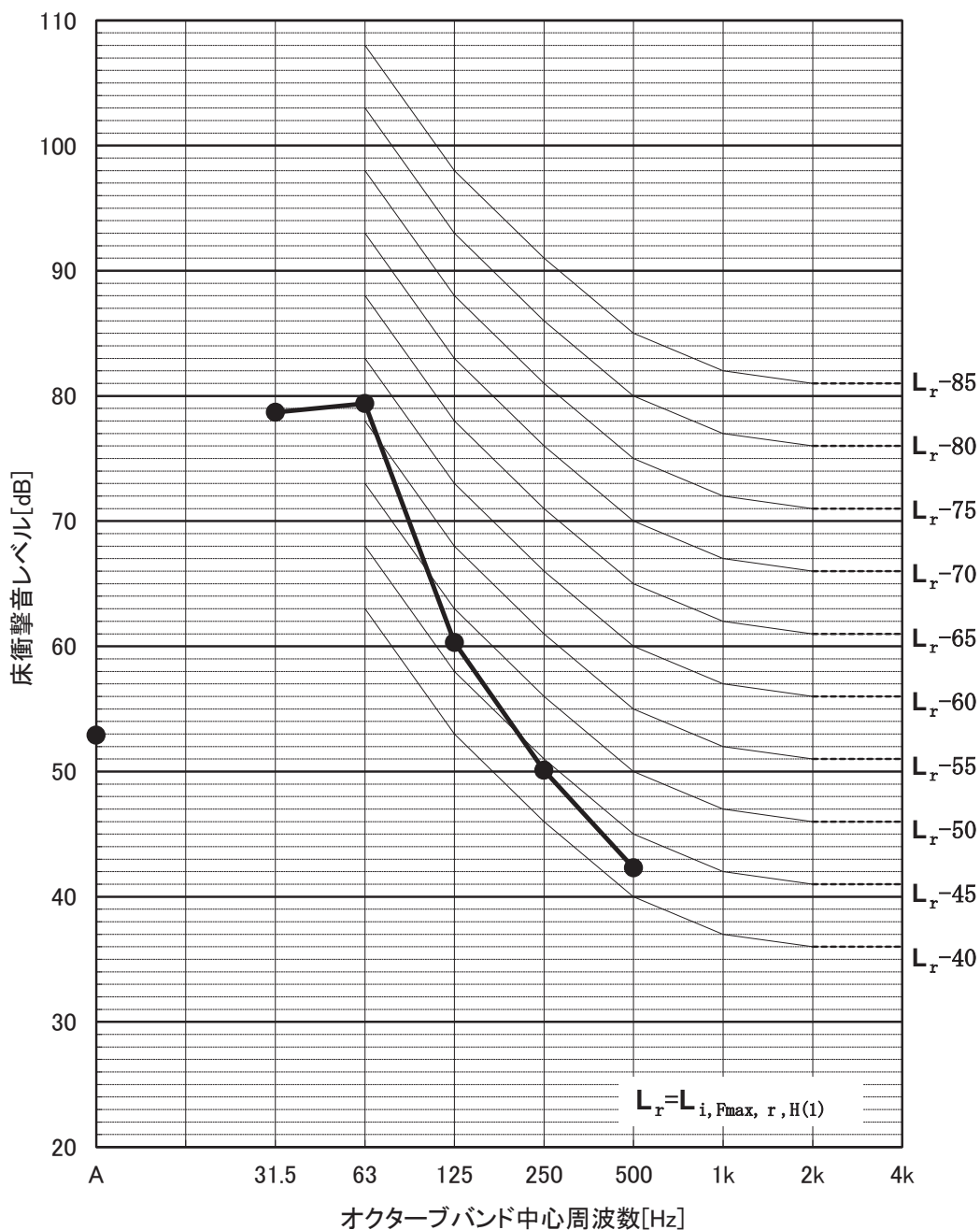


図 8-5-3-2 床衝撃音レベル測定結果(タイヤ衝撃源, 1/1 オクターブバンド): 測定経路(2)

番号	凡例	経路			A 特性	1/1オクターブバンド中心周波数[Hz]								判定
		加振	→	受信		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	
③	●	S3	→	R3	51.3	78.8	75.5	60.1	50.7	40.9	---	---	---	$L_r - 55$

単位: dB

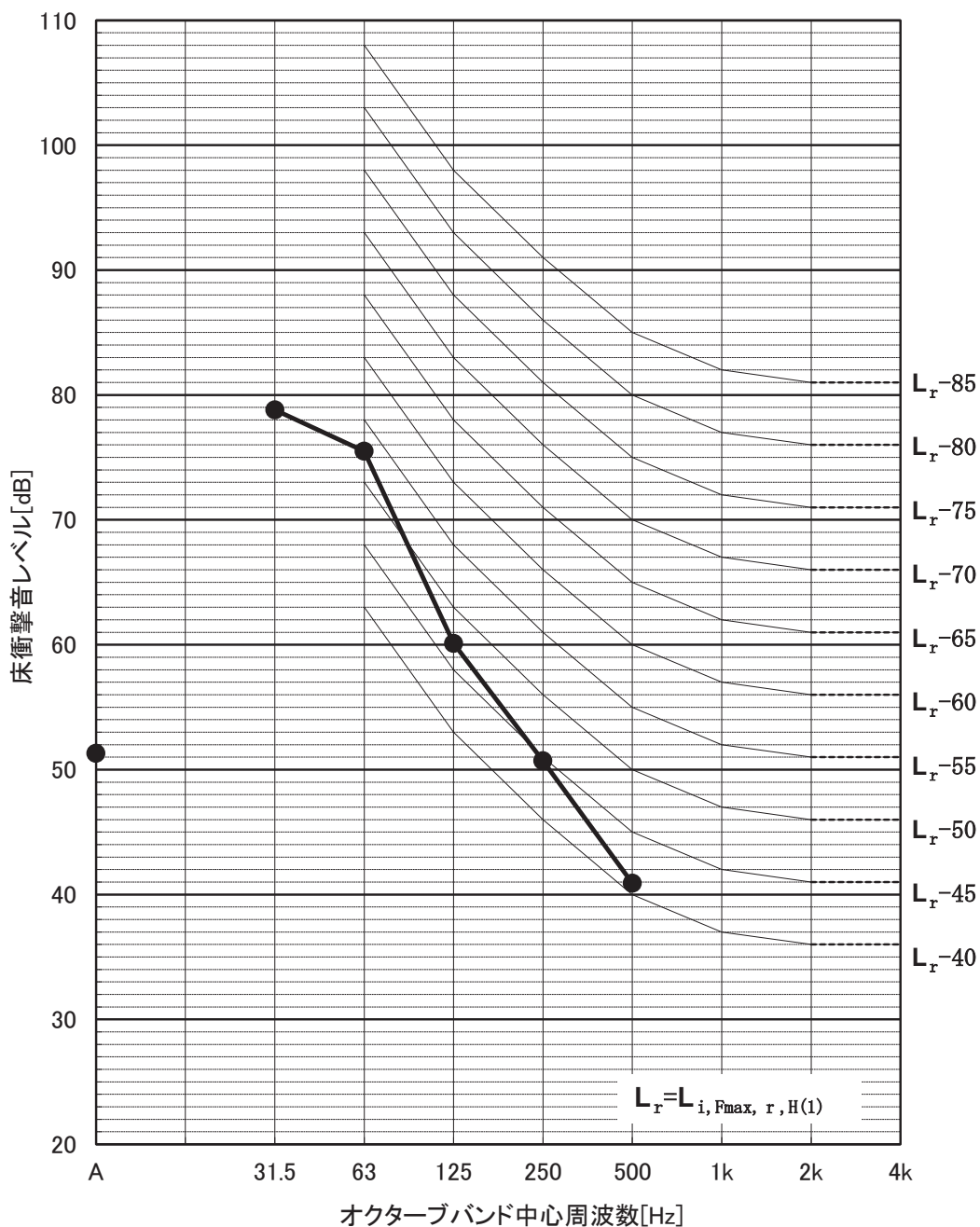


図 8-5-3-3 床衝撃音レベル測定結果(タイヤ衝撃源, 1/1 オクターブバンド) : 測定経路(3)



番号	凡例	経路			A 特性	1/1オクターブバンド中心周波数[Hz]								判定
		加振	→	受音		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	
④	●	S4	→	R4	51.6	78.4	77.1	59.5	51.2	40.9	---	---	---	L <sub>r</sub> -55

単位: dB

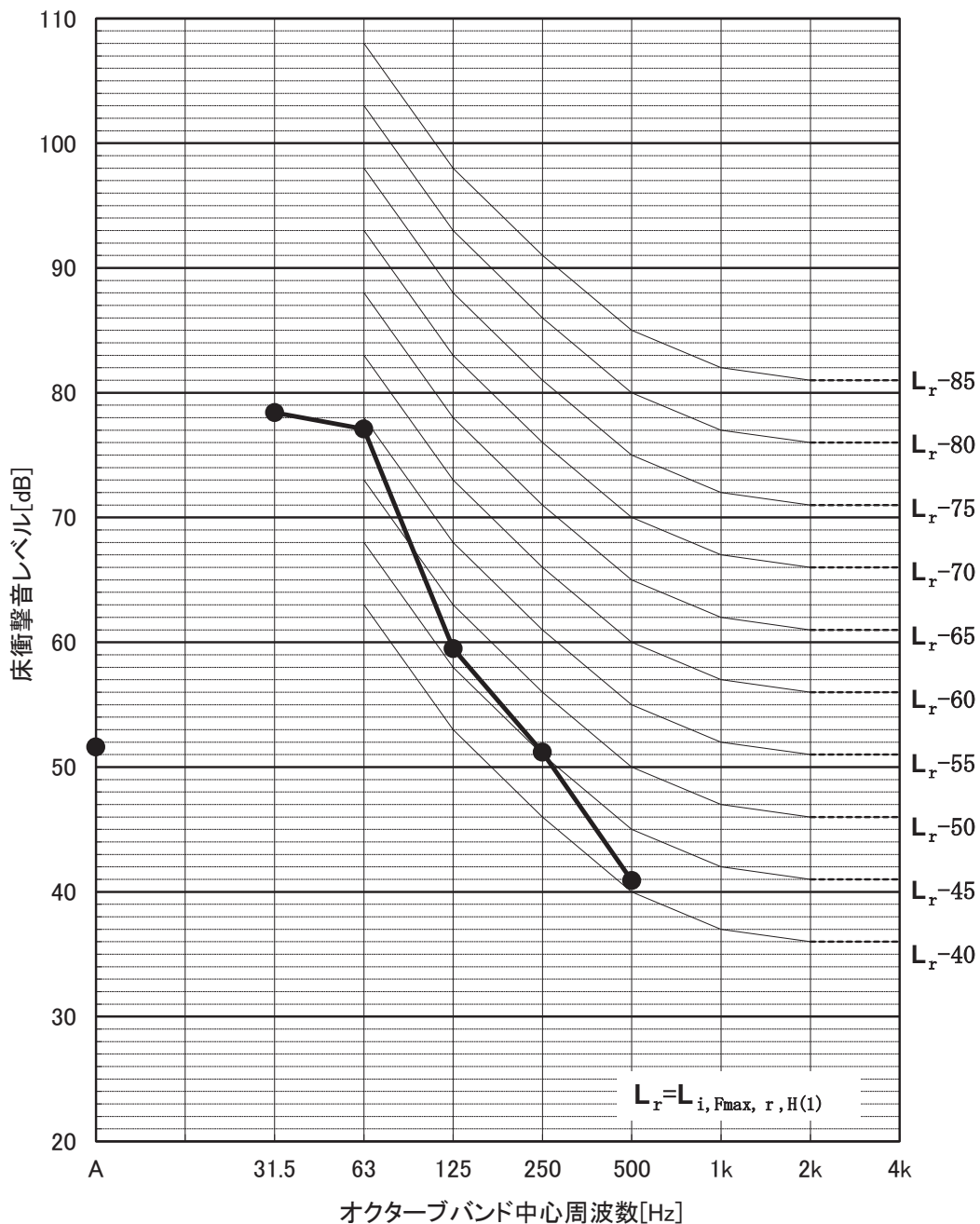


図 8-5-3-4 床衝撃音レベル測定結果(タイヤ衝撃源, 1/1 オクターブバンド) : 測定経路(4)

番号	凡例	経路			A 特性	1/1オクターブバンド中心周波数[Hz]								判定
		加振	→	受音		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	
⑤	●	S5	→	R5	51.2	77.0	75.7	60.1	50.4	41.4	---	---	---	$L_r = 55$

単位: dB

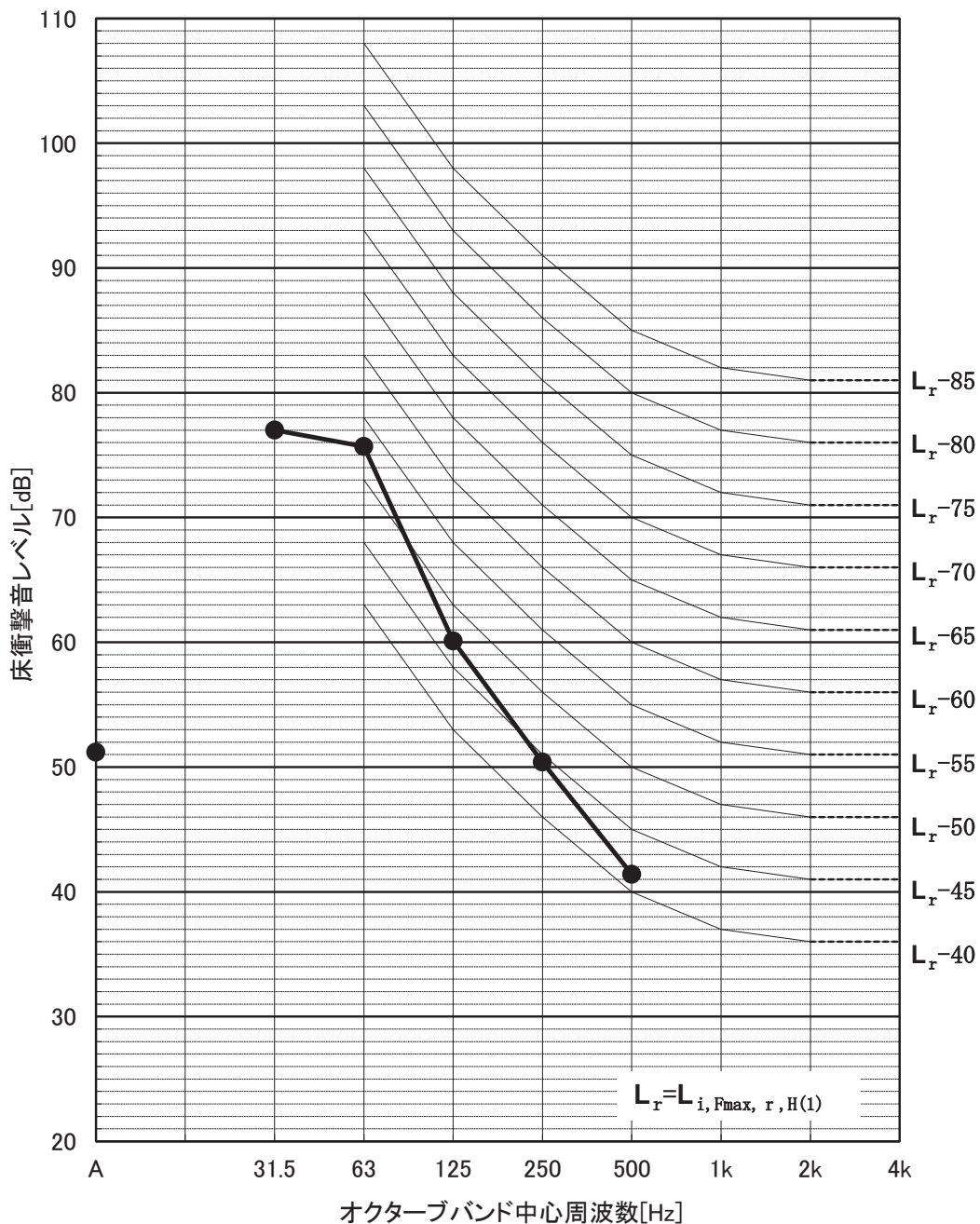


図 8-5-3-5 床衝撃音レベル測定結果(タイヤ衝撃源, 1/1 オクターブバンド) : 測定経路(5)



写真 8-5-3-1 測定現場内観：1階



写真 8-5-3-2 測定現場内観：2階





写真 8-5-3-3 CLT 床施工状況 (測定経路(1),(3)~(5)音源室床)



写真 8-5-3-4 RC 床施工状況 (測定経路(2)音源室床)



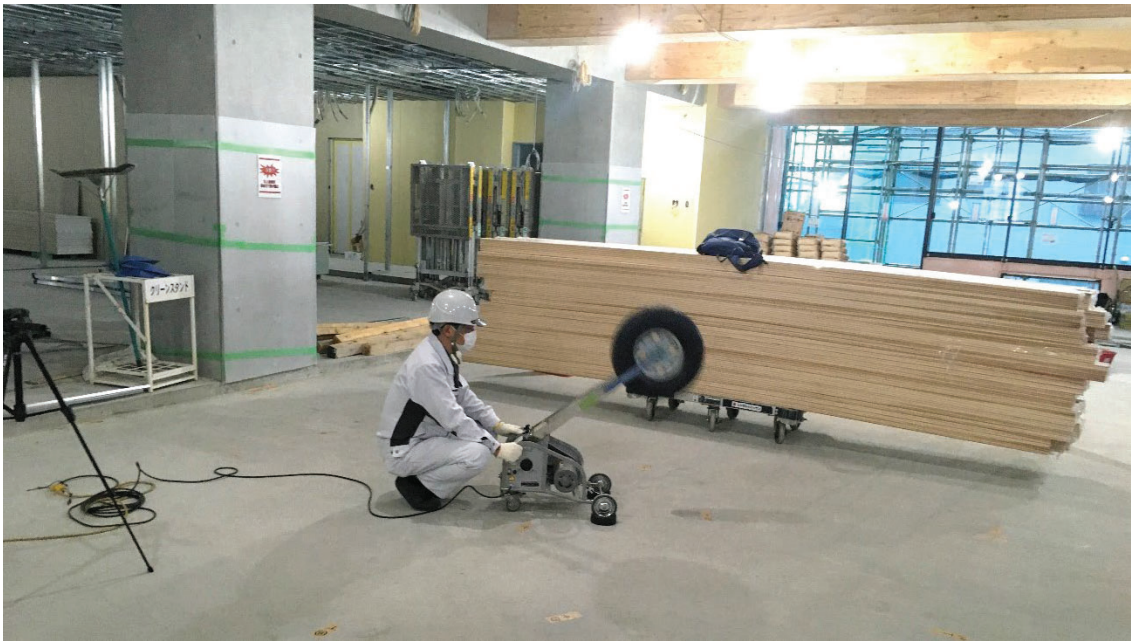


写真 8-5-3-5 バングマシン加振状況

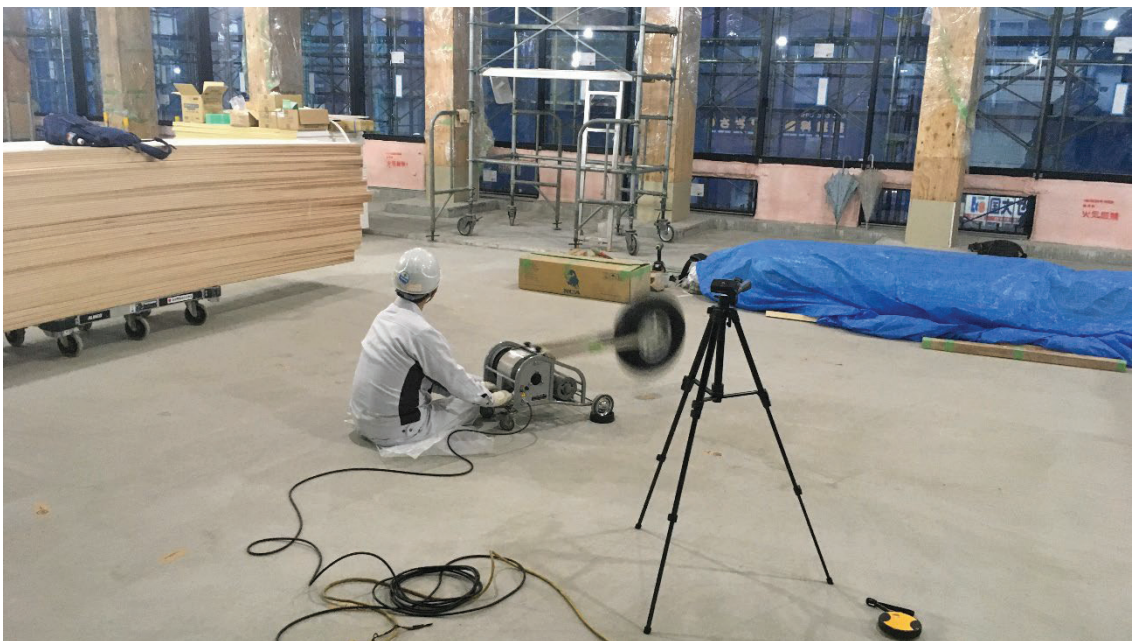


写真 8-5-3-6 バングマシン加振状況



写真 8-5-3-7 受信室測定状況



写真 8-5-3-8 受信室測定状況



付表 8-5-3-1 床衝撃音レベル測定結果詳細：測定経路（1）

加振位置	測定位置	A特性	オクターブバンド中心周波数(Hz)							
			31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
S1	R1	<b>51.6</b>	81.9	73.6	60.1	53.1	<b>41.8</b>	<b>41.0</b>	<b>44.3</b>	<b>40.1</b>
	R2	<b>51.8</b>	77.1	75.8	56.3	52.9	<b>44.3</b>	<b>43.5</b>	<b>42.4</b>	<b>39.2</b>
	R3	<b>51.7</b>	80.0	76.0	56.7	<b>48.8</b>	<b>40.1</b>	<b>40.8</b>	<b>41.9</b>	<b>39.1</b>
	R4	<b>51.7</b>	80.8	74.8	57.5	<b>49.2</b>	<b>41.4</b>	<b>39.5</b>	<b>42.0</b>	<b>40.2</b>
	R5	<b>50.4</b>	79.3	70.0	57.2	<b>49.9</b>	<b>41.2</b>	<b>40.7</b>	<b>41.0</b>	<b>39.4</b>
平均		51.5	80.1	74.5	57.8	51.2	42.0	41.3	42.5	39.6
S2	R1	<b>51.4</b>	81.1	74.4	58.6	<b>50.2</b>	<b>42.5</b>	<b>40.8</b>	<b>43.6</b>	<b>40.4</b>
	R2	<b>52.2</b>	79.1	75.0	56.6	52.0	<b>42.8</b>	<b>39.6</b>	<b>47.2</b>	<b>40.5</b>
	R3	<b>52.1</b>	80.2	76.9	61.3	<b>46.6</b>	<b>39.9</b>	<b>38.4</b>	<b>41.7</b>	<b>39.6</b>
	R4	<b>52.0</b>	81.7	75.3	57.8	<b>51.3</b>	<b>42.5</b>	<b>41.1</b>	<b>41.7</b>	<b>40.6</b>
	R5	<b>50.4</b>	82.2	72.2	57.0	<b>49.5</b>	<b>39.7</b>	---	<b>40.6</b>	<b>37.7</b>
平均		51.7	81.0	75.0	58.6	50.3	41.7	---	43.7	39.9
S3	R1	<b>54.2</b>	81.9	77.6	58.7	<b>50.9</b>	<b>44.7</b>	<b>42.9</b>	<b>42.6</b>	<b>44.5</b>
	R2	<b>52.8</b>	76.9	76.6	55.7	<b>50.8</b>	<b>44.7</b>	<b>39.3</b>	<b>41.6</b>	<b>44.6</b>
	R3	<b>54.9</b>	81.9	78.2	61.9	52.1	<b>47.0</b>	<b>41.3</b>	<b>40.7</b>	<b>42.3</b>
	R4	<b>55.1</b>	84.4	78.4	62.0	<b>50.3</b>	<b>46.0</b>	<b>37.9</b>	<b>40.9</b>	<b>44.2</b>
	R5	<b>55.1</b>	84.0	75.7	63.1	<b>50.2</b>	<b>44.6</b>	<b>39.5</b>	<b>43.8</b>	45.9
平均		54.5	82.5	77.4	61.0	50.9	45.5	40.5	42.1	44.4
S4	R1	<b>52.5</b>	77.9	75.4	58.3	<b>50.6</b>	<b>44.9</b>	<b>45.0</b>	<b>42.1</b>	<b>39.6</b>
	R2	<b>51.4</b>	<b>74.1</b>	74.5	58.4	<b>50.6</b>	<b>43.5</b>	<b>43.2</b>	<b>40.0</b>	<b>38.3</b>
	R3	<b>52.7</b>	79.0	76.9	60.4	<b>48.3</b>	<b>43.3</b>	<b>39.0</b>	<b>42.1</b>	<b>36.7</b>
	R4	<b>53.2</b>	80.3	77.6	60.1	<b>48.9</b>	<b>43.8</b>	<b>41.6</b>	<b>44.5</b>	<b>39.6</b>
	R5	<b>52.3</b>	79.0	74.6	63.6	53.0	<b>41.8</b>	<b>38.4</b>	<b>41.9</b>	<b>39.8</b>
平均		52.5	78.5	76.0	60.6	50.6	43.6	42.1	42.4	38.9
S5	R1	<b>52.1</b>	<b>75.8</b>	74.3	58.2	53.0	<b>44.4</b>	<b>44.2</b>	<b>41.6</b>	<b>40.6</b>
	R2	<b>51.3</b>	<b>74.6</b>	76.1	54.1	<b>49.7</b>	<b>43.8</b>	<b>38.7</b>	<b>38.7</b>	<b>39.3</b>
	R3	<b>51.4</b>	78.6	74.9	58.8	<b>49.2</b>	<b>42.3</b>	<b>38.4</b>	<b>39.8</b>	<b>37.3</b>
	R4	<b>53.5</b>	81.6	77.5	61.4	<b>51.1</b>	<b>43.4</b>	<b>39.4</b>	<b>42.0</b>	<b>39.8</b>
	R5	<b>52.1</b>	80.7	73.9	61.0	<b>49.4</b>	<b>42.4</b>	<b>39.9</b>	<b>44.4</b>	<b>40.1</b>
平均		52.2	79.0	75.5	59.4	50.7	43.3	40.7	41.7	39.6
全体平均		52.5	80.2	75.7	59.5	50.7	43.2	---	42.5	40.5
暗騒音		36.6	56.6	41.1	34.5	32.2	29.7	32.5	30.6	25.5

※太字：暗騒音補正有り 単位：dB

付表 8-5-3-2 床衝撃音レベル測定結果詳細：測定経路（2）

加振位置	測定位置	A特性	オクターブバンド中心周波数(Hz)							
			31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
S1	R1	<b>50.0</b>	76.8	73.0	56.8	<b>54.0</b>	<b>42.0</b>	---	---	<b>34.8</b>
	R2	<b>55.2</b>	81.2	82.2	62.2	<b>52.3</b>	<b>48.1</b>	<b>44.2</b>	---	<b>33.7</b>
	R3	<b>55.7</b>	81.1	83.2	62.2	<b>50.8</b>	<b>41.8</b>	---	---	---
	R4	<b>52.7</b>	79.5	79.3	58.0	<b>50.9</b>	<b>41.4</b>	---	---	---
	R5	<b>50.6</b>	81.7	74.5	58.7	<b>51.3</b>	<b>43.9</b>	<b>42.8</b>	---	<b>34.1</b>
平均		53.4	80.4	80.1	60.1	52.0	44.3	---	---	---
S2	R1	<b>54.0</b>	77.1	82.1	58.0	<b>49.4</b>	<b>39.3</b>	---	---	---
	R2	<b>50.0</b>	80.6	74.5	58.9	<b>49.0</b>	<b>40.6</b>	---	---	<b>33.4</b>
	R3	<b>54.5</b>	79.2	82.8	61.7	<b>47.4</b>	<b>39.5</b>	---	---	---
	R4	<b>53.8</b>	77.9	81.2	59.8	<b>48.0</b>	<b>40.2</b>	---	---	<b>33.3</b>
	R5	<b>48.4</b>	81.2	74.7	57.4	<b>46.3</b>	<b>39.5</b>	---	---	---
平均		52.8	79.5	80.4	59.4	48.2	39.8	---	---	---
S3	R1	<b>54.4</b>	78.1	79.8	60.9	<b>52.2</b>	<b>44.2</b>	<b>43.2</b>	<b>39.4</b>	<b>33.9</b>
	R2	<b>51.0</b>	80.9	77.0	59.6	<b>52.1</b>	<b>42.2</b>	---	---	---
	R3	<b>56.3</b>	81.7	84.3	59.8	<b>51.6</b>	<b>43.5</b>	<b>44.3</b>	---	<b>34.1</b>
	R4	<b>57.4</b>	81.4	84.8	60.6	<b>52.1</b>	<b>42.4</b>	---	---	---
	R5	<b>52.3</b>	81.3	78.1	60.9	<b>51.5</b>	<b>42.1</b>	---	<b>38.8</b>	<b>34.8</b>
平均		54.9	80.9	81.9	60.4	51.9	43.0	---	---	---
S4	R1	<b>54.1</b>	74.6	80.3	58.8	<b>51.4</b>	<b>42.7</b>	---	---	---
	R2	<b>52.6</b>	77.8	77.7	64.1	<b>50.6</b>	<b>46.4</b>	---	---	---
	R3	<b>53.2</b>	77.2	78.3	62.9	<b>49.7</b>	<b>44.2</b>	<b>44.5</b>	---	<b>34.7</b>
	R4	<b>53.3</b>	78.9	80.5	59.6	<b>49.6</b>	<b>40.0</b>	---	---	<b>34.4</b>
	R5	<b>51.4</b>	79.0	76.5	61.2	<b>52.4</b>	<b>42.2</b>	---	<b>39.1</b>	<b>35.7</b>
平均		53.0	77.8	78.9	61.8	50.9	43.6	---	---	---
S5	R1	<b>50.5</b>	73.0	75.5	59.7	<b>47.9</b>	<b>40.7</b>	---	---	---
	R2	<b>50.1</b>	74.3	75.2	61.1	<b>47.5</b>	<b>42.2</b>	---	---	---
	R3	<b>50.5</b>	75.4	76.9	61.4	<b>46.3</b>	<b>41.0</b>	---	---	---
	R4	<b>51.2</b>	75.3	77.4	58.0	<b>48.3</b>	<b>40.7</b>	---	---	---
	R5	<b>48.1</b>	75.1	72.4	56.9	<b>47.5</b>	<b>40.0</b>	---	---	---
平均		50.2	74.7	75.8	59.8	47.5	41.0	---	---	---
全体平均		52.9	78.7	79.4	60.3	50.1	42.3	---	---	---
暗騒音		40.8	53.0	40.8	37.2	36.5	32.9	37.9	34.1	28.4

※太字：暗騒音補正有り 単位：dB



付表 8-5-3-3 床衝撃音レベル測定結果詳細：測定経路（3）

加振位置	測定位置	A特性	オクターブバンド中心周波数(Hz)							
			31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
S1	R1	<b>50.7</b>	83.1	73.4	58.0	<b>50.6</b>	<b>41.0</b>	<b>40.5</b>	<b>40.2</b>	<b>35.1</b>
	R2	<b>52.2</b>	77.7	77.9	59.3	53.3	<b>42.8</b>	<b>39.8</b>	<b>42.2</b>	<b>35.6</b>
	R3	<b>51.4</b>	79.7	77.1	60.1	<b>48.6</b>	<b>40.3</b>	<b>39.9</b>	<b>39.6</b>	<b>33.1</b>
	R4	<b>49.3</b>	81.2	72.1	57.6	<b>51.1</b>	<b>39.5</b>	<b>38.0</b>	<b>39.9</b>	<b>36.5</b>
	R5	<b>49.4</b>	79.3	71.1	58.4	<b>48.6</b>	<b>39.3</b>	<b>39.0</b>	<b>41.4</b>	<b>36.6</b>
平均		50.7	80.6	75.2	58.8	50.8	40.8	39.5	40.8	35.6
S2	R1	<b>52.3</b>	76.9	78.5	58.8	<b>51.5</b>	<b>40.7</b>	<b>39.8</b>	<b>40.8</b>	<b>36.8</b>
	R2	<b>51.0</b>	80.2	75.1	59.7	<b>50.8</b>	<b>40.0</b>	<b>38.8</b>	<b>41.9</b>	<b>36.6</b>
	R3	<b>52.3</b>	78.0	78.7	62.3	<b>48.6</b>	<b>40.3</b>	<b>40.0</b>	<b>40.6</b>	<b>36.0</b>
	R4	<b>50.2</b>	78.7	73.5	61.2	<b>50.5</b>	<b>40.3</b>	<b>38.2</b>	<b>39.3</b>	<b>35.8</b>
	R5	<b>51.6</b>	80.6	74.1	61.4	<b>49.6</b>	<b>41.6</b>	<b>42.1</b>	<b>41.7</b>	<b>38.7</b>
平均		51.6	79.1	76.5	60.9	50.3	40.6	40.0	41.0	36.9
S3	R1	<b>50.8</b>	77.7	74.6	57.7	53.1	<b>40.7</b>	<b>43.3</b>	<b>43.6</b>	<b>35.9</b>
	R2	<b>51.3</b>	78.5	75.1	58.1	<b>51.9</b>	<b>41.6</b>	<b>42.0</b>	<b>43.9</b>	<b>35.1</b>
	R3	<b>52.8</b>	77.4	78.1	60.5	<b>51.0</b>	<b>41.3</b>	<b>42.3</b>	<b>41.8</b>	<b>36.7</b>
	R4	<b>51.4</b>	81.3	75.5	60.7	<b>51.4</b>	<b>40.0</b>	<b>39.9</b>	<b>41.5</b>	<b>35.9</b>
	R5	<b>52.4</b>	83.3	75.7	62.4	<b>47.3</b>	<b>41.8</b>	<b>39.3</b>	<b>42.0</b>	<b>36.4</b>
平均		51.8	80.3	76.0	60.2	51.3	41.1	41.6	42.7	36.0
S4	R1	<b>50.4</b>	74.9	75.3	59.4	<b>50.4</b>	<b>40.9</b>	<b>37.6</b>	<b>39.2</b>	<b>34.8</b>
	R2	<b>50.8</b>	73.7	74.4	58.9	<b>50.5</b>	<b>42.4</b>	<b>37.0</b>	<b>38.1</b>	<b>32.3</b>
	R3	<b>53.3</b>	73.4	78.3	61.6	<b>47.3</b>	<b>41.7</b>	<b>39.6</b>	<b>43.0</b>	<b>35.3</b>
	R4	<b>51.4</b>	77.5	74.1	58.7	<b>49.5</b>	<b>40.0</b>	<b>38.2</b>	<b>47.5</b>	<b>39.9</b>
	R5	<b>52.0</b>	79.7	74.0	64.0	53.8	<b>40.7</b>	<b>39.4</b>	<b>42.5</b>	<b>37.4</b>
平均		51.7	76.5	75.6	61.0	50.8	41.2	38.5	43.4	36.7
S5	R1	<b>49.5</b>	72.2	72.1	58.9	<b>50.8</b>	<b>40.0</b>	<b>37.3</b>	<b>38.2</b>	<b>32.8</b>
	R2	<b>49.5</b>	75.7	72.1	59.8	<b>51.2</b>	<b>43.4</b>	<b>39.7</b>	<b>39.1</b>	<b>35.8</b>
	R3	<b>51.7</b>	74.4	76.7	60.3	<b>47.9</b>	<b>41.3</b>	<b>40.3</b>	<b>41.7</b>	<b>35.2</b>
	R4	<b>50.8</b>	78.9	73.7	60.4	<b>52.2</b>	<b>39.4</b>	<b>36.7</b>	<b>43.7</b>	<b>36.3</b>
	R5	<b>51.0</b>	80.6	73.7	59.3	<b>48.7</b>	<b>39.6</b>	<b>38.7</b>	<b>42.0</b>	<b>37.8</b>
平均		50.6	77.4	74.0	59.8	50.4	41.0	38.8	41.4	35.9
全体平均		51.3	78.8	75.5	60.1	50.7	40.9	39.7	41.9	36.2
暗騒音		34.5	43.1	42.3	34.8	33.3	29.1	28.1	28.2	25.3

※太字：暗騒音補正有り 単位：dB

付表 8-5-3-4 床衝撃音レベル測定結果詳細：測定経路（4）

加振位置	測定位置	A特性	オクターブバンド中心周波数(Hz)							
			31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
S1	R1	<b>52.3</b>	79.2	77.7	60.5	55.5	<b>40.5</b>	---	<b>40.9</b>	<b>36.6</b>
	R2	<b>54.6</b>	81.7	80.5	59.7	55.9	<b>41.6</b>	---	<b>40.2</b>	<b>37.6</b>
	R3	<b>54.4</b>	79.6	81.0	60.7	<b>48.1</b>	<b>41.3</b>	<b>39.4</b>	<b>41.5</b>	<b>38.3</b>
	R4	<b>51.4</b>	79.3	77.2	58.7	<b>50.0</b>	<b>38.8</b>	---	<b>40.0</b>	<b>35.6</b>
	R5	<b>50.2</b>	80.1	74.3	59.1	<b>51.4</b>	<b>40.8</b>	---	<b>40.8</b>	<b>37.1</b>
平均		52.9	80.1	78.8	59.8	53.2	40.7	---	40.7	37.1
S2	R1	<b>52.5</b>	78.0	79.9	58.0	52.4	<b>41.5</b>	---	<b>40.3</b>	<b>36.2</b>
	R2	<b>52.4</b>	78.0	79.1	57.4	52.2	<b>40.6</b>	---	<b>42.0</b>	<b>37.8</b>
	R3	<b>52.7</b>	78.9	80.1	58.6	<b>46.6</b>	<b>39.6</b>	---	<b>38.5</b>	<b>35.6</b>
	R4	<b>50.6</b>	76.8	77.2	55.6	<b>48.7</b>	<b>38.4</b>	---	<b>39.1</b>	<b>34.5</b>
	R5	<b>48.8</b>	79.3	74.7	56.7	<b>47.7</b>	<b>37.6</b>	---	<b>39.3</b>	<b>34.8</b>
平均		51.6	78.3	78.6	57.4	50.2	39.8	---	40.0	35.9
S3	R1	<b>53.0</b>	80.1	77.1	60.2	54.6	<b>41.5</b>	<b>40.7</b>	<b>44.0</b>	<b>39.2</b>
	R2	<b>52.5</b>	80.6	78.6	61.1	53.9	<b>41.0</b>	---	<b>43.6</b>	<b>40.5</b>
	R3	<b>53.2</b>	78.7	77.8	61.9	52.0	<b>45.0</b>	<b>42.0</b>	<b>41.4</b>	<b>38.3</b>
	R4	<b>54.8</b>	80.7	82.1	60.3	<b>49.7</b>	<b>40.6</b>	---	<b>42.8</b>	<b>37.6</b>
	R5	<b>52.4</b>	82.2	77.0	62.1	<b>50.9</b>	<b>41.7</b>	---	<b>42.9</b>	<b>38.3</b>
平均		53.3	80.6	79.0	61.2	52.6	42.3	---	43.0	38.9
S4	R1	<b>50.7</b>	78.1	73.9	60.0	52.6	<b>40.9</b>	---	<b>40.8</b>	<b>36.7</b>
	R2	<b>52.3</b>	79.7	77.9	61.1	<b>50.0</b>	<b>42.3</b>	---	<b>40.2</b>	<b>34.3</b>
	R3	<b>50.7</b>	73.4	76.3	60.5	<b>48.8</b>	<b>42.2</b>	<b>40.6</b>	<b>39.4</b>	<b>35.8</b>
	R4	<b>51.6</b>	79.0	77.5	61.0	<b>51.3</b>	<b>39.7</b>	---	<b>43.4</b>	<b>37.0</b>
	R5	<b>50.3</b>	79.8	72.4	61.9	51.8	<b>40.6</b>	---	<b>40.5</b>	<b>35.3</b>
平均		51.2	78.5	76.1	60.9	51.1	41.3	---	41.1	35.9
S5	R1	<b>48.1</b>	73.9	69.9	57.6	<b>49.6</b>	<b>42.8</b>	---	<b>38.0</b>	<b>33.4</b>
	R2	<b>49.6</b>	73.3	73.4	61.1	<b>51.2</b>	<b>40.6</b>	---	<b>38.4</b>	<b>36.0</b>
	R3	<b>49.0</b>	72.2	73.8	57.6	<b>45.7</b>	<b>40.0</b>	<b>39.4</b>	<b>38.8</b>	<b>34.9</b>
	R4	<b>49.5</b>	75.2	75.0	56.4	<b>47.3</b>	<b>40.1</b>	---	<b>38.3</b>	<b>34.9</b>
	R5	<b>48.2</b>	76.9	69.3	57.4	<b>49.2</b>	<b>38.4</b>	---	<b>42.1</b>	<b>35.4</b>
平均		48.9	74.6	72.8	58.4	49.0	40.6	---	39.4	35.0
全体平均		51.6	78.4	77.1	59.5	51.2	40.9	---	40.8	36.6
暗騒音		37.6	39.5	37.1	33.1	32.2	29.6	34.4	31.0	26.5

※太字：暗騒音補正有り 単位：dB

付表 8-5-3-5 床衝撃音レベル測定結果詳細：測定経路（5）

加振位置	測定位置	A特性	オクターブバンド中心周波数(Hz)							
			31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
S1	R1	<b>49.2</b>	81.7	71.1	57.8	52.5	<b>40.5</b>	<b>40.0</b>	<b>41.1</b>	---
	R2	<b>53.1</b>	79.2	80.4	59.2	51.7	<b>41.6</b>	<b>37.8</b>	<b>41.5</b>	---
	R3	<b>51.9</b>	77.8	78.2	60.3	<b>49.6</b>	<b>41.8</b>	<b>40.8</b>	<b>40.8</b>	<b>38.3</b>
	R4	<b>50.2</b>	78.1	72.8	61.1	53.2	<b>42.2</b>	<b>40.5</b>	<b>41.6</b>	<b>37.8</b>
	R5	<b>48.9</b>	77.1	71.5	60.5	<b>47.8</b>	<b>40.7</b>	<b>37.6</b>	<b>42.3</b>	<b>37.5</b>
平均		51.0	79.1	76.5	59.9	51.4	41.4	39.5	41.5	---
S2	R1	<b>51.1</b>	80.5	76.9	58.3	52.1	<b>38.7</b>	<b>37.0</b>	<b>39.0</b>	---
	R2	<b>51.1</b>	81.1	75.8	58.5	51.5	<b>39.6</b>	<b>36.9</b>	<b>41.4</b>	<b>35.4</b>
	R3	<b>52.7</b>	79.2	78.5	60.5	<b>47.4</b>	<b>39.7</b>	<b>38.0</b>	<b>40.3</b>	<b>34.8</b>
	R4	<b>50.2</b>	78.9	72.4	58.6	<b>50.9</b>	<b>41.1</b>	<b>40.9</b>	<b>42.1</b>	<b>36.6</b>
	R5	<b>48.8</b>	77.6	71.1	57.9	<b>48.6</b>	<b>39.7</b>	<b>35.4</b>	<b>40.0</b>	---
平均		51.0	79.6	75.8	58.9	50.4	39.8	38.1	40.7	---
S3	R1	<b>50.9</b>	79.3	74.1	59.7	<b>50.1</b>	<b>42.2</b>	<b>39.2</b>	<b>40.3</b>	<b>35.6</b>
	R2	<b>51.8</b>	79.5	76.4	60.7	52.2	<b>42.5</b>	<b>42.7</b>	<b>42.2</b>	<b>35.4</b>
	R3	<b>53.2</b>	75.8	78.8	58.5	<b>50.8</b>	<b>43.0</b>	<b>43.0</b>	<b>41.6</b>	---
	R4	<b>51.3</b>	78.1	74.6	61.3	<b>48.7</b>	<b>42.3</b>	<b>42.2</b>	<b>43.5</b>	<b>37.6</b>
	R5	<b>51.7</b>	78.2	75.9	62.2	<b>46.8</b>	<b>41.0</b>	<b>39.2</b>	<b>41.5</b>	<b>35.8</b>
平均		51.9	78.4	76.3	60.7	50.1	42.2	41.6	41.9	---
S4	R1	<b>50.3</b>	73.8	73.9	60.0	<b>49.3</b>	<b>42.1</b>	<b>38.2</b>	<b>38.6</b>	<b>35.3</b>
	R2	<b>50.2</b>	74.0	74.0	60.5	<b>50.1</b>	<b>43.0</b>	<b>37.7</b>	<b>38.0</b>	---
	R3	<b>54.1</b>	69.8	79.5	60.6	<b>48.0</b>	<b>42.2</b>	<b>40.4</b>	<b>41.9</b>	<b>37.0</b>
	R4	<b>49.8</b>	73.6	73.3	58.3	<b>49.3</b>	<b>41.9</b>	<b>37.9</b>	<b>43.6</b>	<b>35.0</b>
	R5	<b>51.4</b>	74.0	75.2	61.6	51.6	<b>40.1</b>	<b>39.0</b>	<b>41.8</b>	<b>36.7</b>
平均		51.5	73.3	75.9	60.3	49.8	42.0	38.8	41.3	---
S5	R1	<b>49.0</b>	75.3	70.7	59.8	<b>51.1</b>	<b>43.0</b>	<b>38.2</b>	<b>38.2</b>	---
	R2	<b>49.1</b>	76.9	71.2	61.6	<b>49.6</b>	<b>41.3</b>	<b>37.7</b>	<b>37.0</b>	<b>34.0</b>
	R3	<b>52.8</b>	72.4	77.9	58.7	<b>48.7</b>	<b>43.0</b>	<b>40.3</b>	<b>42.0</b>	<b>38.3</b>
	R4	<b>50.2</b>	74.2	72.6	61.9	52.1	<b>40.5</b>	<b>37.1</b>	<b>41.6</b>	<b>35.8</b>
	R5	<b>49.9</b>	74.0	72.7	60.4	<b>49.0</b>	<b>40.7</b>	<b>41.6</b>	<b>42.6</b>	<b>36.4</b>
平均		50.4	74.8	73.9	60.6	50.3	41.8	39.3	40.8	---
全体平均		51.2	77.0	75.7	60.1	50.4	41.4	39.5	41.2	---
暗騒音		35.5	46.9	39.9	33.3	31.9	26.3	27.9	28.7	29.0

※太字：暗騒音補正有り 単位：dB

## ■インピーダンス法による評価の検証

### 【検証内容】

CLT+RC 合成床についてインピーダンス法による重量床衝撃音の評価を実施し、実測結果と比較する。

### 検証概要

- ・ 検討方法 : インピーダンス法 (学会式)
- ・ 床スラブ支持 : 木梁は小梁による支持として評価
- ・ 床スラブ条件 : RC スラブと CLT パネルを等価な単板スラブとして評価
  - ・ RC スラブ  $t = 150 \text{ mm}$  ( $F_c = 30$ )
  - ・ CLT パネル  $t = 150 \text{ mm}$  (S60A-5-5)

### 等価単板スラブへの換算方法

等価単板スラブへの換算では、①RC スラブと CLT パネルの曲げ剛性を単純に加算すると仮定した場合、②RC スラブと CLT パネルが緊結され一体に動くとして仮定した場合の 2 通りで検証した。①の方法は、文献 4) に示される均質単板スラブに増し打ちした場合に基づいて算定した。②の方法は、①の方法において RC スラブと CLT パネルが一体とした場合の断面二次モーメントを用いて算定した。

算定した等価単板スラブの諸元は以下の通りである。

①の場合、 $t = 170 \text{ mm}$ 、ヤング係数  $E = 2.30 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、密度  $\rho = 2509 \text{ kg/m}^3$

②の場合、 $t = 240 \text{ mm}$ 、ヤング係数  $E = 3.25 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、密度  $\rho = 1774 \text{ kg/m}^3$

インピーダンス法による予測結果を図 8-5-3-9 に示す。①加算による評価の場合、RC スラブ単独の場合とほぼ同一の結果となることがわかった。一方、②一体とする評価の場合、各周波数領域において床衝撃音レベルが大きく改善する評価であることがわかる。

上記のインピーダンス法による評価結果に、本件での No.3 位置における実測結果を■印にてプロットした。実測結果は、RC スラブ単独の場合と同等か、それを上回る床衝撃音レベルであり、CLT を考慮した予測値とは対応が確認できなかった。

以上から、CLT+RC 合成床もしくは木質構造については、インピーダンス法による評価の適応範囲外であることがわかった。今後、今回のような実測結果の蓄積、インピーダンス法の評価方法の再考等により、木質構造への適応可能性を見出すことが課題となる。

### 【参考文献】

- 4) 建物の床衝撃音防止設計(日本建築学会)



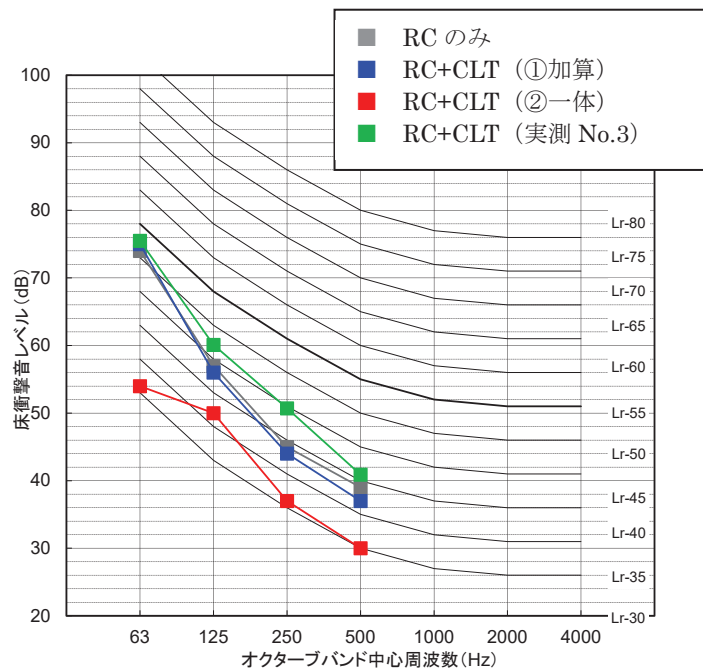
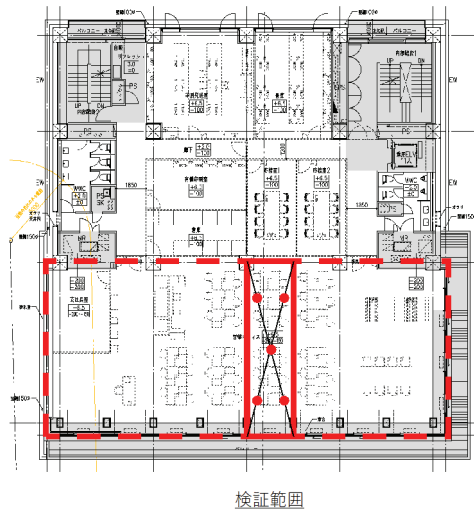


図 8-5-3-9. 重量床衝撃音遮音性能予測結果

■まとめ

- ・ 実測の結果、本計画の CLT150mm+RC150mm の合成床は RC150mm の床と同程度の重量床衝撃音遮断性能であることが確認された。ただし、CLT の付加による改善とも取れる結果も確認されたため、今後のさらなる実測・検証により、重量床衝撃音遮断性能に対する CLT の寄与を明らかにする必要がある。
- ・ CLT+RC 合成床もしくは木質構造については、インピーダンス法による評価の適応範囲外であることがわかった。今後、今回のような実測結果の蓄積、インピーダンス法の評価方法の再考等により、木質構造への適応可能性を見出すことが課題となる。

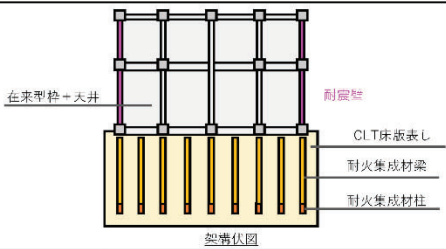
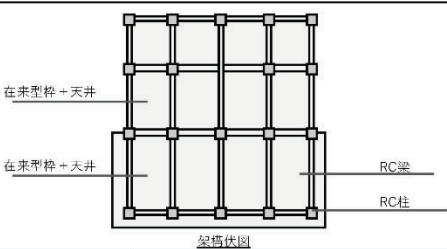
### 8-5-4 型枠仕上兼用によるコスト圧縮効果

下表に実証事業の建築物と CLT 及び耐火集成材を RC 造に変更した場合のコストを比較した。

仮設工事は、梁との取合い部で耐火構造形成の為、耐火集成材勝ちの納まりとする必要があり、CLT 設置のための仮設材が生じるため圧縮効果がなかった。

内装仕上は、コスト圧縮効果がある。

CLT パネルに配管スペース等を設置しているため、将来の増設等運用後の対応を容易にしている。

		RC (耐震壁付きラーメン架構) + W造		RC造 (ラーメン架構)	
概要					
躯体	RC全体 数量比率	1	69,822千円	1.04	72,614千円
	耐火柱梁	柱・梁：36本	112,088千円	—	0千円
仕上	型枠	在来	29,656千円	在来	30,842千円
		CLT	39,948千円	CLT	0千円
	大井下地 + 仕上	在来天井	5,000千円	在来天井	10,000千円
RC造との コスト比較		+143,058千円		± 0	

2.9 (個人) / (株) フェニックスホーム

事業名	スマート&スロー砂払計画の建築実証		
実施者(担当者)	個人(株式会社フェニックスホーム)		
建築物の概要	用途	共同住宅(長屋5戸)	
	建設地	長野県飯田市砂払町3丁目921-4	
	構造・工法	木造(丸太組構法)	
	階数	2	
	高さ(m)	8.895	
	軒高(m)	6.295	
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	390	
	建築面積(m <sup>2</sup> )	191.6	
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	329.38	
	階別面積	1階	178.68
	2階	150.7	
	3階	—	
CLTの仕様	CLT採用部位	ログ壁、床(2階)	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )	加工前製品量90.00m <sup>3</sup> 、建築物使用量76.56m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4プライ
		強度区分	S90A相当
		樹種	ヒノキ
	床パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
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(CL T以外の構造材)	柱:赤松集成材 梁:赤松集成材	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CL T以外とする	91m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	コロニアル葺き
		外壁	CL Tログ120×400
		開口部	アル樹脂複合サッシ+二層複層ガラス(Low-E、乾燥空気、日射取得型、中空層幅16mm)
	主な内部仕上	界壁	パイン無垢板 <sup>ハ</sup> 12+ (PB12.5×2+ガラスウールt50) +CL T <sup>ロ</sup> + (PB12.5×2+ガラスウールt50) +パイン無垢板 <sup>ハ</sup> 12
		間仕切り壁	パイン無垢板 <sup>ハ</sup> 12+2×4スタッド
		床	(1F床) パイン無垢フローリング <sup>ト</sup> 20+合板 <sup>ト</sup> 12+押出法ポリスチレンフォーム <sup>ホ</sup> t40 (2F床) パイン無垢フローリング <sup>ト</sup> 20+CL T <sup>ハ</sup> 90
天井	木天井下地+パイン無垢板 <sup>ハ</sup> 12		
構造	構造計算ルート	許容応力度計算	
	接合方法	鋼製ダボ、通しボルト	
	最大スパン	8.0m	
	問題点・課題とその解決策	CL Tログによる遮音構造の認定が無いため、界壁は告示の構造による。ログ表しでの界壁構造の認定取得が望まれる。	
防耐火	防火上の地域区分	その他地域	
	耐火建築物等の要件	無	
	本建築物の防耐火仕様	無	
	問題点・課題とその解決策	無	
温熱	建築物省エネ法の該当有無	届け出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策	ノンセトリング構造のためセトリングスペース設ける必要がなく気密性の確保が可能で、断熱・遮熱効果が期待できる。	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	グラスウール断熱材 ・ 100mm
		外壁	(ログ壁) 無し (妻壁) グラスウール断熱材 ・ 89mm
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種 ・ 40mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	ノンセトリング構造とすることで、セトリングスペース設ける必要がなく気密性の確保が可能で、遮音効果が期待できる	
	建て方における課題と解決策	実上の各段ごとに貼り付けする防水テープを工場施工とすることで建方効率が15%程度アップ。	
	給排水・電気配線設置上の工夫	床下配管の維持管理の点から床下クリアランスを600mm以上確保。電気配線のログ壁内敷設は、壁内の取り出し穴を工場加工とし作業効率化。	
	劣化対策	木表しの外部ログ壁、軒天は高対候性塗料にて塗装実施	
工程	設計期間	令和3年11月~12月(2ヵ月)	
	施工期間	令和4年1月~8月(8ヵ月)	
		CL T躯体施工期間	令和4年2月上旬~4月下旬(2ヵ月)
	竣工(予定)年月日	2022年8月31日	
体制	発注者	個人	
	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:株式会社フェニックスホーム一級建築士事務所	
	構造設計者	有限会社レン構造設計事務所	
	施工者	株式会社フェニックスホーム	
	CL T供給者	株式会社サイプレス・スナダヤ	
	ラミナ供給者	株式会社サイプレス・スナダヤ	

実証事業名：スマート&スロー砂払計画の建築実証

建築主等／協議会運営者：（個人）／株式会社フェニックスホーム

## 1. 実証した建築物の概要

用途	共同住宅（長屋5戸）		
建設地	長野県飯田市		
構造・工法	木造（丸太組構法）		
階数	2		
高さ（m）	8.895	軒高（m）	6.295
敷地面積（㎡）	390.00	建築面積（㎡）	191.60
階別面積 （㎡）	1階	178.68	延べ面積（㎡） 329.38
	2階	150.70	
	3階	—	
CLT採用部位	壁、床（2階）		
CLT使用量（m <sup>3</sup> ）	加工前製品量 90.00m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 76.56m <sup>3</sup>		
CLTを除く木材使用量（m <sup>3</sup> ）	91m <sup>3</sup>		
CLTの仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）	
	壁	120mm厚/3層4プライ/S90A相当/ヒノキ	
	床	90mm厚/3層3プライ/Mx60A/相当/スギ	
	屋根	—	
設計期間	2021年11月～12月（2ヵ月）		
施工期間	2022年1月～8月（8ヵ月）		
CLT躯体施工期間	2022年2月上旬～4月下旬（2ヵ月）		
竣工（予定）年月日	2022年8月31日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

CLTを丸太組構法のログ材に使用し、ログハウス特有のセtring（木材の収縮による壁高さの減少）の抑制を図ることで、間仕切り壁内や開口まわりのセtringを考慮したスペースを設ける等の施工手間を解消する。

従来のログ材に比べて2倍程度の高さを持ったCLTログ材（400mm）とすることによって施工効率の向上を図り、また、CLTを小割のパネルとすることによって、大判使用の際に発生していた開口部等でのロス率を低減し、材料コストの削減を目指した。

S造や従来の丸太組構法で施工した場合のケースと比較して、施工コストや工期の縮減効果について検討を行う。

また、外部現わし利用におけるCLTログの防火性能の実証実験を合わせて行い、60分の準耐火構造の認定取得を目指し、中規模の木造建築物へのCLTログ利用の可能性を検討する。



今回実証事業で設定した課題を以下に示す。

- (1) CLT ログを使用した丸太組構法における施工コストや工期の縮減、他工法（S 造や従来の丸太組構法）との比較検討
- (2) CLT の材料コストの縮減方法検討
- (3) 防火性能の実証実験による準耐火構造の認定取得のための構造検討

### 3. 協議会構成員

(設計) 株式会社フェニックスホーム一級建築士事務所：松下 勝久（協議会運営者）、菅野 真裕（担当者）

(構造設計) 有限会社レン構造設計事務所：二連木 清

(施工) 株式会社フェニックスホーム：松下 勝久（協議会運営者）、松下 大紀

(材料) 株式会社ダイテック：倉持 秀一

(資料整理・検討) 株式会社綜建築研究所：五十嵐 賢博

(監修) 一般社団法人木のいえ一番協会：池田 均

(委員長) 国立研究開発法人建築研究所：槌本 敬大（木質構造、木質構造用材料）

(委員) 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所：宮武 敦（材料強度）

(委員) 桜設計集団一級建築士事務所：安井 昇（防火）

### 4. 課題解決の方法と実施工程

CLT 外部現わし利用による、高さ 400mm の小割パネルを積み重ねた形の丸太組構法の構造で、60 分準耐火構造の防火燃焼試験を公益財団法人日本住宅・木材技術センターで行った。60 分燃焼後にも有効にダボが作用できる構造について既往の燃焼試験のデータ等を元に協議会で検討し、防火試験体の製作を行った。

CLT のコスト増の要因、コスト縮減の方策について、S 造及び、従来のログ材を使用した丸太組造、本実証事業における CLT ログによる丸太組造の工法を比較し、比較検討資料を作成した。

<検討委員会・ワーキングの開催>

2021 年 12 月：第 1 回ワーキング、構造、施工性、防火試験、他構法とのコスト比較の検討における課題の抽出

2022 年 1 月：第 1 回検討委員会、防火試験体の検討、他構法とのコスト比較方法の検討

2 月：第 2 回検討委員会、防火試験結果報告、他構法とのコスト比較

4 月：第 3 回検討委員会、現地視察（構造見学会）

7 月：第 4 回検討委員会、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

2021年11月：実施設計

12月：構造設計

2022年1月：建築確認申請

<施工>

2021年11月：工事契約

2022年1月：着工、基礎工事

2～4月：木工事（建て方）

5～7月：木工事

6～7月：内装工事

7～8月：設備工事

<性能確認>

2022年2月：防火燃焼試験

6月：大臣認定取得（準耐火構造 60分（耐力壁外壁））

## 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）防火燃焼試験

防火試験体のダボは鋼製の丸棒材を使用した。ダボは千鳥状に中心から15mmずつ偏芯した形で2本入れ、60分燃焼後に非加熱側のダボが（ログ材の燃焼によって）消失しないような配置とした。

実験の結果、炭化速度は0.8mm/分程度であり、事前の机上での検討結果と同程度で、燃焼によって非加熱面のダボが露出すること無く、ダボが有効に作用していることが確認できた。燃焼試験は合格し、令和4年6月に60分準耐火構造（耐力壁外壁）の大臣認定を取得することができた。

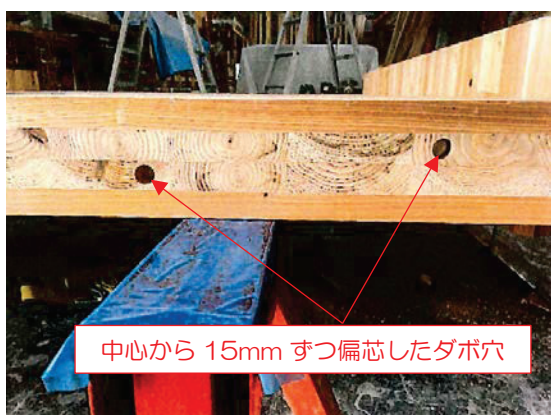


図 5.1 千鳥状に偏芯したダボ穴



図 5.2 燃焼試験後のダボの様子

## (2) CLT ログハウスにおけるコスト削減の検討

CLT ログハウスでは CLT を小割のパネル（ログ材）とすることで、CLT 原版からの切り出しの際のロス率を低減することが可能であり、材料コスト削減に寄与できた。また、ログ材の 1 段の高さを 400mm に設定し、従来のログ材の 2 倍程度の高さとすることで施工効率の向上を図り、工期を短縮したことにより施工コストを削減した。

## 6. 本実証により得られた成果

CLT を利用したログ材は、丸太組構法による建築物の用途問わず幅広く利用可能であり、本実証事業で得た知見は広く活用する事が出来る。実証実験により取得した 60 分の準耐火構造により、中規模の木造建築物への CLT ログの利用の可能性が広がった。

さらに今回の知見を活かして今後、3 階建て以上の建築への利用のため 75 分の防火認定の取得、そして、界壁の遮音性能認定取得を目指し、広い用途の建物でのさらなる木質化を進めていきたい。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等

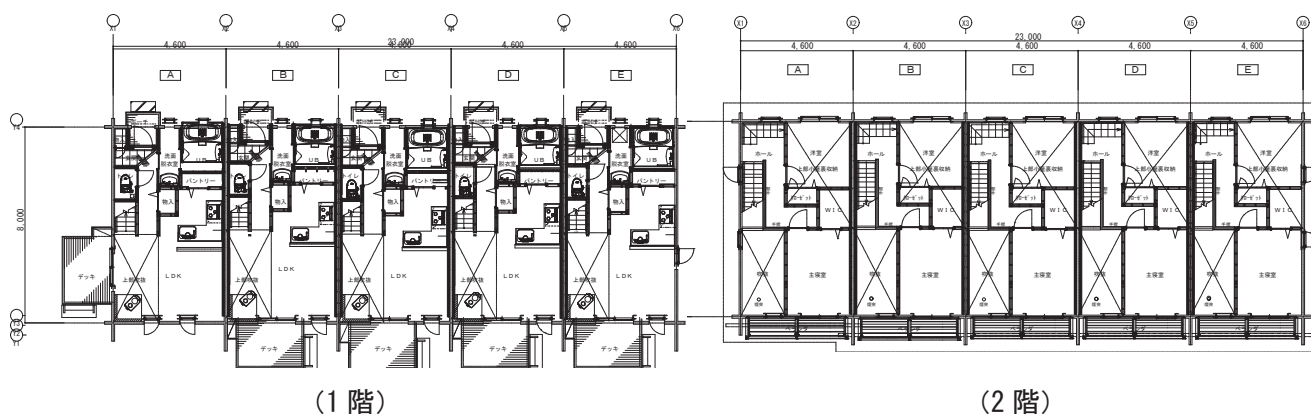


図 7.1 平面図



(外観)



(内観)

図 7.2 パース図

令和3年度 CLT 活用建築物等実証事業

実証事業名：スマート&スロー砂払計画の建築実証

成果物

令和4年7月

株式会社フェニックスホーム

(丸太組構法普及促進協議会)



## 目次

1. 実証事業概要
  - 1.1 事業の背景
  - 1.2 事業の検討項目
2. 設計概要
  - 2.1 意匠計画
    - (1) 建築コンセプト
    - (2) 建築概要
    - (3) CLT 使用箇所
  - 2.2 構造計画
3. 防火燃焼実験
  - 3.1 実験計画
  - 3.2 防火試験体
  - 3.3 燃焼実験
    - (1) 試験概況
    - (2) 試験結果
  - 3.4 防火認定
4. 施工状況レポート
  - 4.1 CLT ログの搬入
  - 4.2 資材保管と組立て
  - 4.3 施工状況レポート
  - 4.4 現地にて構造見学会実施
5. 他工法との比較検討
  - 5.1 コスト比較結果概要
  - 5.2 木工事と鉄骨工事の比較
  - 5.3 基礎工事・地盤補強工事の比較
  - 5.4 従来のログハウスとの比較
  - 5.5 今後の見通し
6. 総括

## 1. 実証事業概要

### 1.1 事業の背景

ログハウスは国産材、輸入材を使用して、年間 800 戸程度 (100 m<sup>2</sup>以上のログハウスを対象) 建築されている。木材使用量が在来軸組工法と比較し、約 2.6 倍の材積を使用しており、森林資源の有効活用と CO<sub>2</sub> の放出量削減を担っている。

丸太組構法の建物を増やしていくことで、より多くの木材利用が期待され、また、住宅にとどまらず中規模の建築物を木造化とすることでさらなる活性化にもつながる。

そこで注目しているのが、直行集成板 (Cross Laminated Timber) を使用したログハウスである (以下、CLT ログハウス)。

CLT は従来の木材に比べ高い強度と安定した品質の特徴を持っているが、現状では供給体制やコストの点で課題があり他の材料に比べて優位性が低い。大判の CLT では開口部等で 25% 程度のロス (端材) が発生しているが、CLT ログハウスでは 40 cm 程度の小割の CLT パネルをログ材とすることにより、このロス率を 2~3% 程度に圧縮することができると考えられ、材料コスト削減に寄与する。

また、CLT ログハウスはログ材の繊維が縦方向に存在することから、ログハウスの大きな負担となっていたセトリング現象 (木材の収縮による壁高さの減少) を解消することが可能である。これまで、セトリングのために設けていた気密性の犠牲となっていたスペース (セトリングスペース) が不要となる等、セトリング納まりの施工の煩雑さを解消し、工期の短縮や施工コスト削減を図る等のメリットが考えられる。

本実証事業では CLT ログハウスの普及に向けて、CLT ログハウスの建築実証を行うとともに、燃焼試験を行い 60 分の準耐火構造の認定取得を目指し、中規模の木造建築物への CLT ログハウスの利用の可能性を検証する。

### 1.2 事業の検討項目

実証事業の検討項目として以下を上げ、委員会で検討を行った。

- ① CLT ログ壁の特性の検証
- ② 施工性・搬入性の検証
- ③ 他構法と比べた施工費用の検証、比較
- ④ 防火性能試験

## 2. 設計概要

### 2.1 意匠計画

#### (1) 建築コンセプト

飯田市の自然豊かな環境の中で、天然素材の無垢の木で作られた共同住宅を計画。全戸に家庭菜園を設け本格的な野菜作りが楽しめる。省エネ性能に優れた建物仕様と各戸が個別に発電した電力が使用可能なソーラーシステムを設置する。また、薪ストーブも採用し飯田市の寒い冬も CO2 を排出しない\*暖房機器として環境負荷に貢献する。共用部分には、EV 車の充電も可能とした充電設備を設け、オーナー側で用意する EV 車のレンタルも行なう予定である（ゼロエネルギーミッション）。自然共生とエネルギー投入量を最小限に抑えた建物とする。

※薪の燃焼時に CO2 が排出されるが、これは薪として成長するまでの間に木の中に蓄えられた CO2 とほぼ同じ量であり、結果として大気中の CO2 の量は増えていないという考えによる。（カーボン・ニュートラル）

#### (2) 建築概要

建物は丸太組構法による 2 階建ての構造で、メゾネット形式の 5 戸の共同住宅（長屋）である。床面積は 1 階 178.68 m<sup>2</sup>、2 階が 150.70 m<sup>2</sup>、延床面積 329.38 m<sup>2</sup>。

図 2-1 に外観パース、図 2-2 に内観パース、図 2-3 に平面図及び立面図を示す。



図 2-1 外観パース

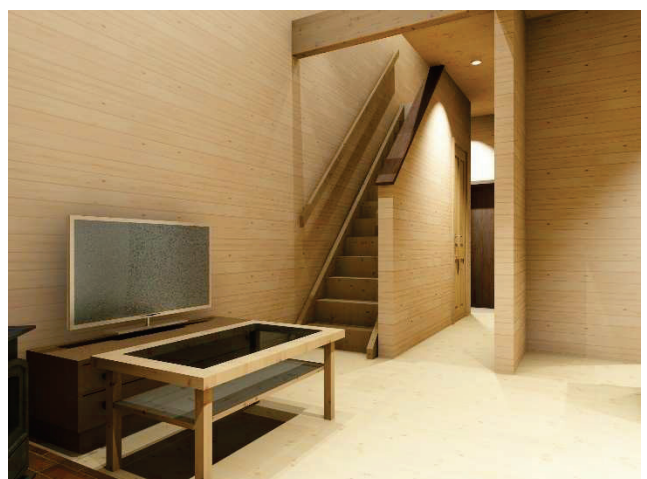
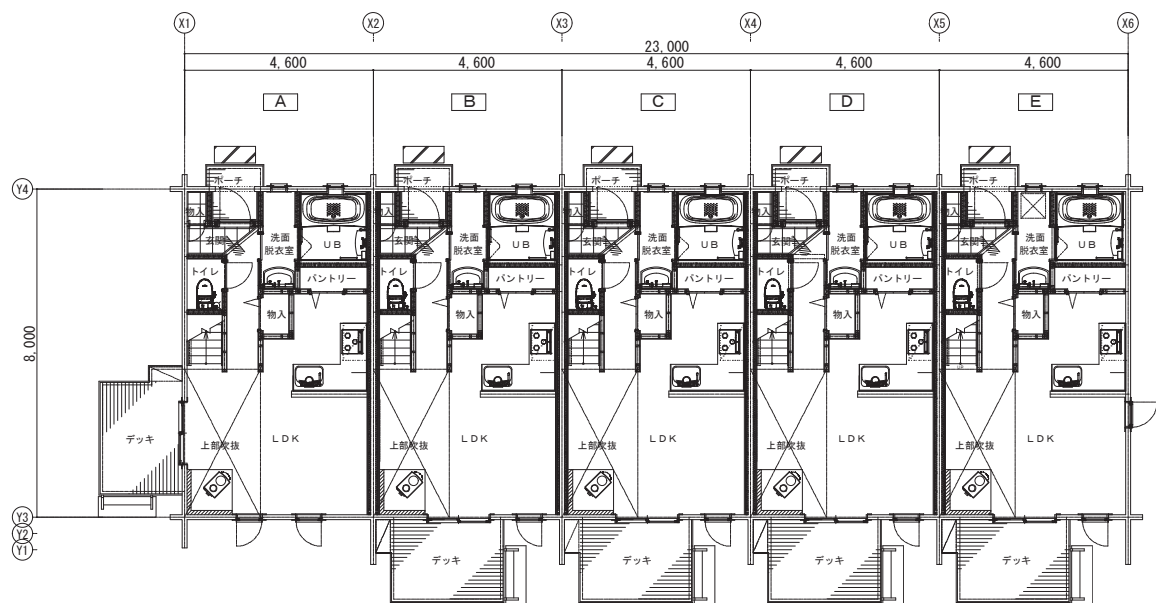
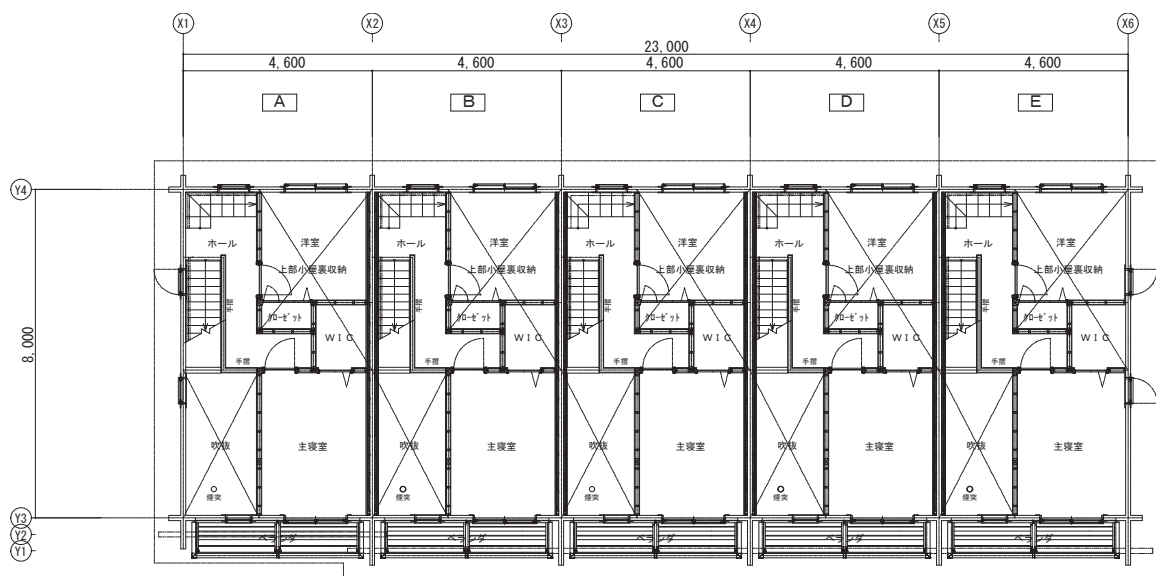


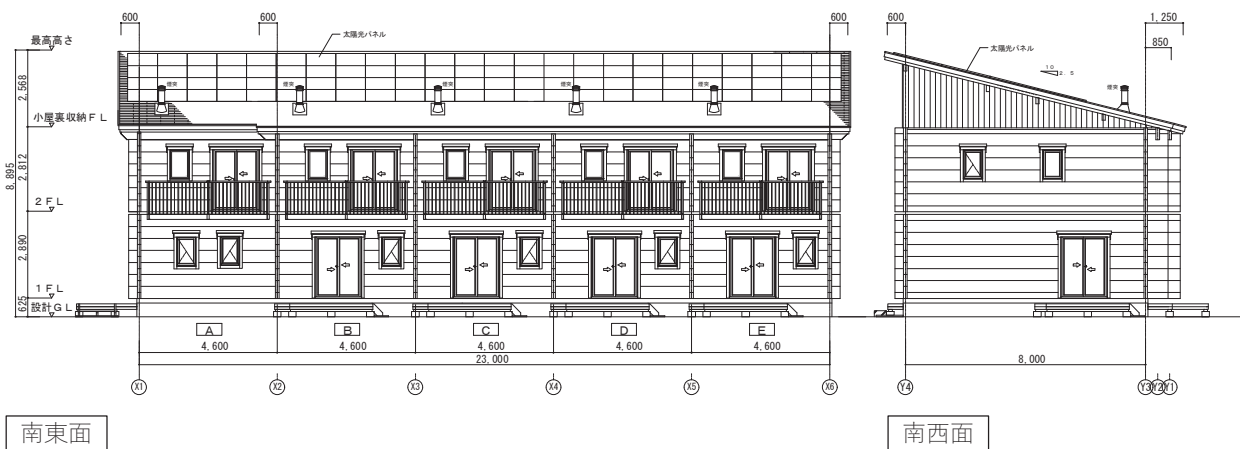
図 2-2 内観パース



(1階平面図)



(2階平面図)



南東面

南西面

(立面図)

図 2-3 平面図・立面図

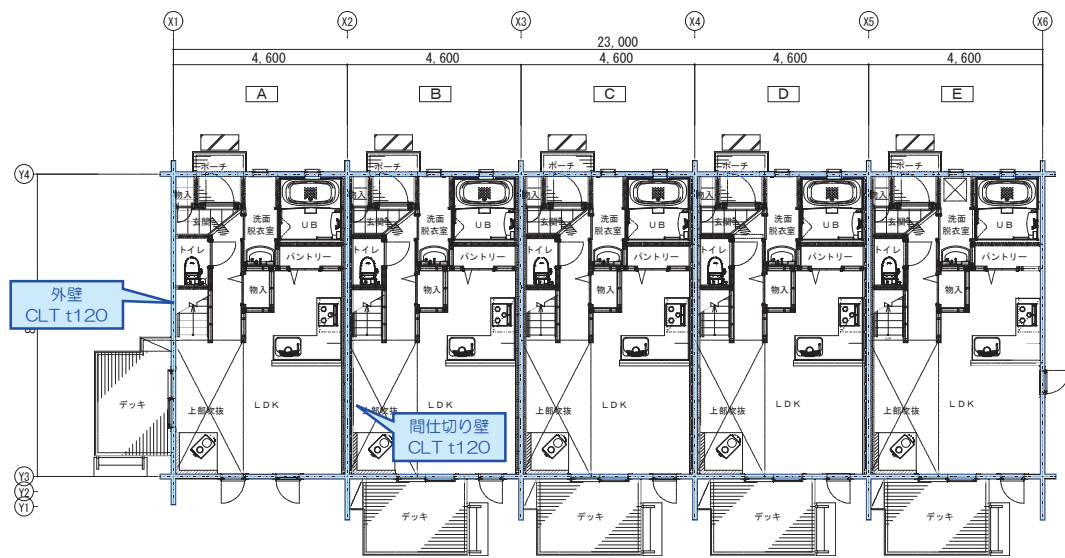


(3) CLT 使用箇所

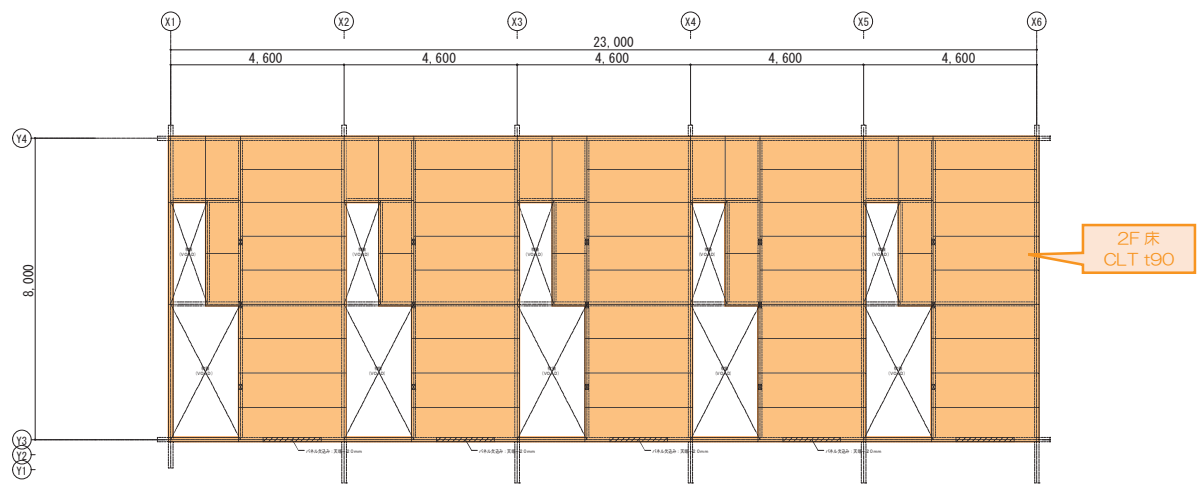
CLT 材は外壁及び各戸との間仕切り壁のログ材に 120mm 厚のヒノキの CLT、2 階床パネルに 90mm 厚のヒノキの CLT、2 階床パネルに 90mm 厚の杉の CLT をそれぞれ使用した。使用箇所を図 2-4 に示す。



(立面図)



(1 階平面図)



(2 階床パネル図)

図 2-4 CLT 使用箇所

## 2.2 構造計画

建物の構造は丸太組構法による総ログ仕様の2階建てとする。

ログ材は繊維に対して平行方向が外壁・内壁側、中心部の2層が縦方向となる30mm×4層で120mm厚の3層4プライのCLT材を使用する。ログ材の断面図を図2-5に示す。

CLT材を丸太材として使用した建築においても、従来の丸太組構法と同様に国土交通省告示第411号に基づき設計を行い、許容応力度計算で構造の安全性の確認をする。

ダボは鋼製の丸棒を使用し、ダボのせん断強度並びにCLTへのめり込み強度は、既往の試験結果(図2-6)を参照し、設計を行った。

2階床組はCLT版を使用し、銘建工業株式会社の大員認定工法(CLT床板90)とする。

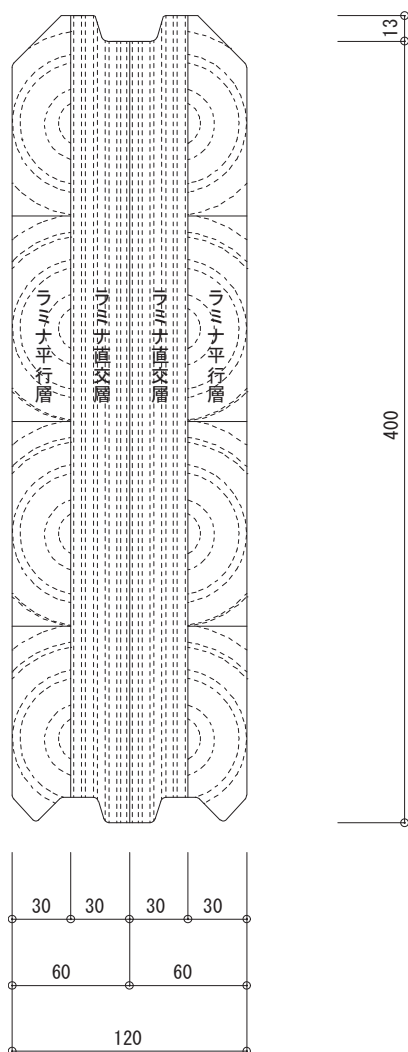


図2-5 使用するログ断面図

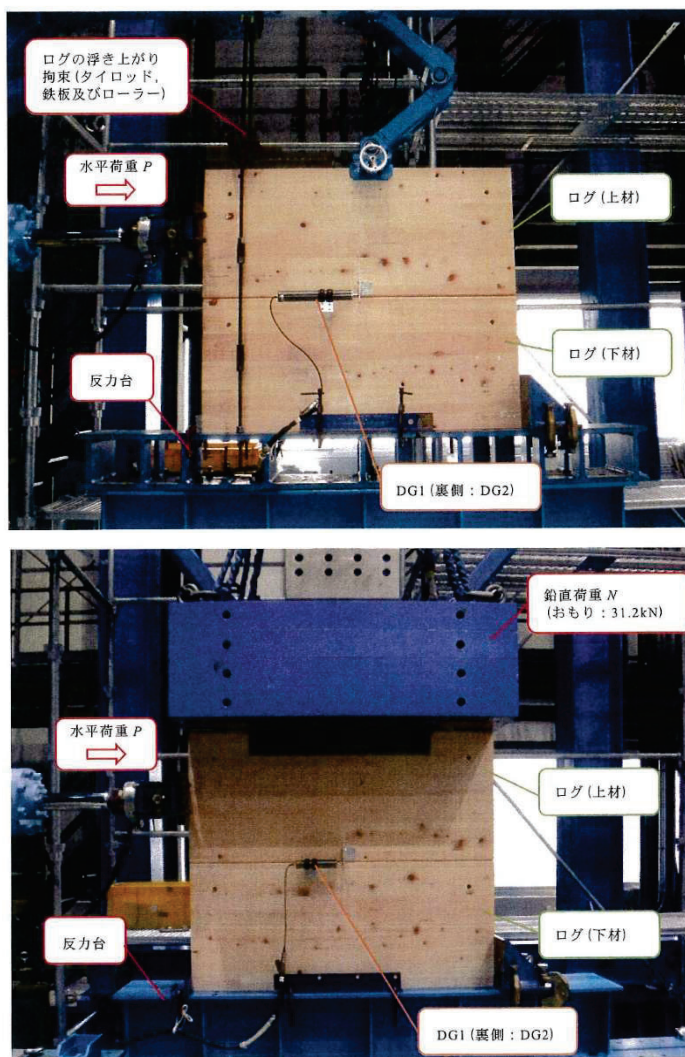


図2-6 ダボのせん断試験(参考、既往の試験※より)

※だぼ接合部せん断試験、静止摩擦係数算出試験(H31年実施)

### 3. 防火燃焼実験

#### 3.1 実験計画

CLT ログの防火性能試験では 45 分までの認定を取得しているが、本実験では 60 分を目指す計画である。

過去の CLT ログの燃焼実験では 45 分で 25~40mm が燃焼していたことから、木ダボを使用した場合、60 分の燃焼では中心部に打った 45mm 角の木ダボが燃えて焼失する可能性が考えられた。このため、本実験では、鋼製ダボを使用し、千鳥状に配置する方法で検討を行い、60mm 燃焼後にも非加熱側のダボが残る形で、座屈を抑えることができると期待した。

#### 3.2 防火試験体

試験体のダボ配置は検討の結果、中心から 15mm ずつ偏芯した形で 2 本入れ、60mm 燃焼した場合にも、非加熱側のダボが残ることで有効に作用するよう設定した。ダボ配置を図 3-1 に示す。

防水に対しては通常、ログとログの重なる部分に防水テープを入れているが、CLT の製品安定性に期待し、防水テープは無しゼロタッチの形とする。ノッチの部分は図 3-2 に示すように交差部に防水テープを巻く形とする。

防火試験体図を図 3-3 に示す。

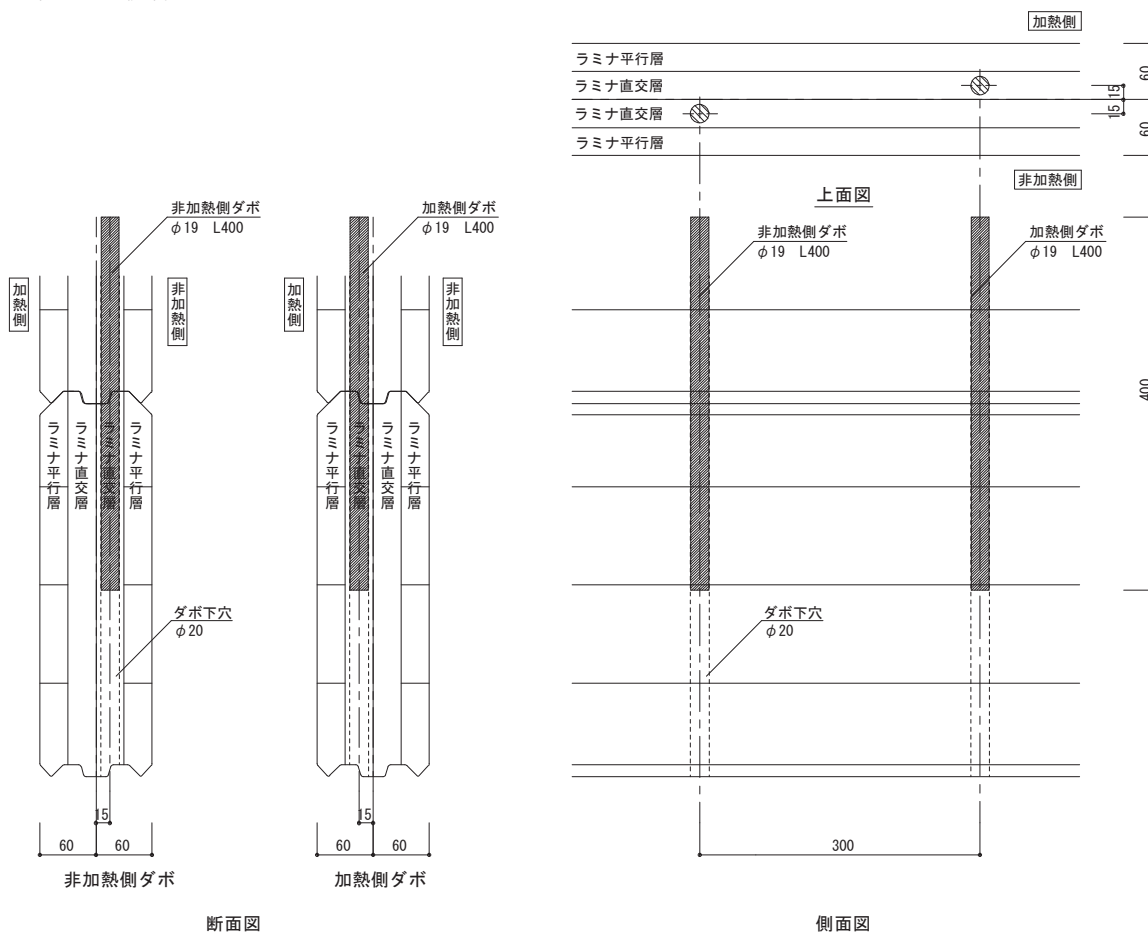


図 3-1 ダボの配置





写真 3-1 偏芯させたダボ配置

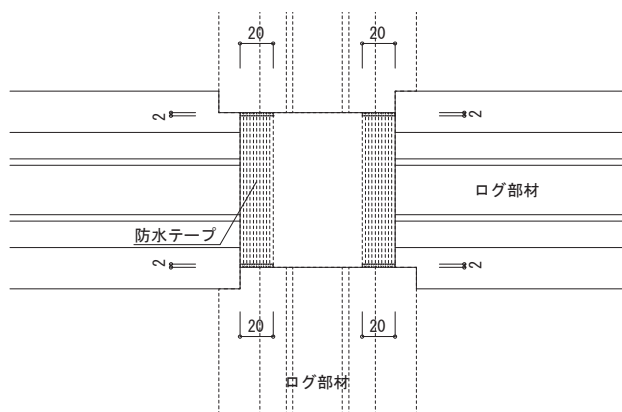
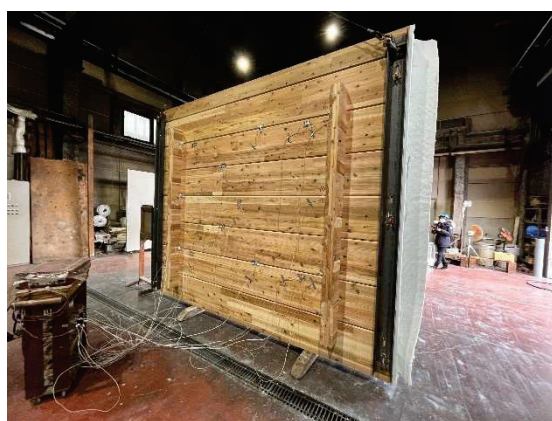


図 3-2 ノッチ部分の防水テープ



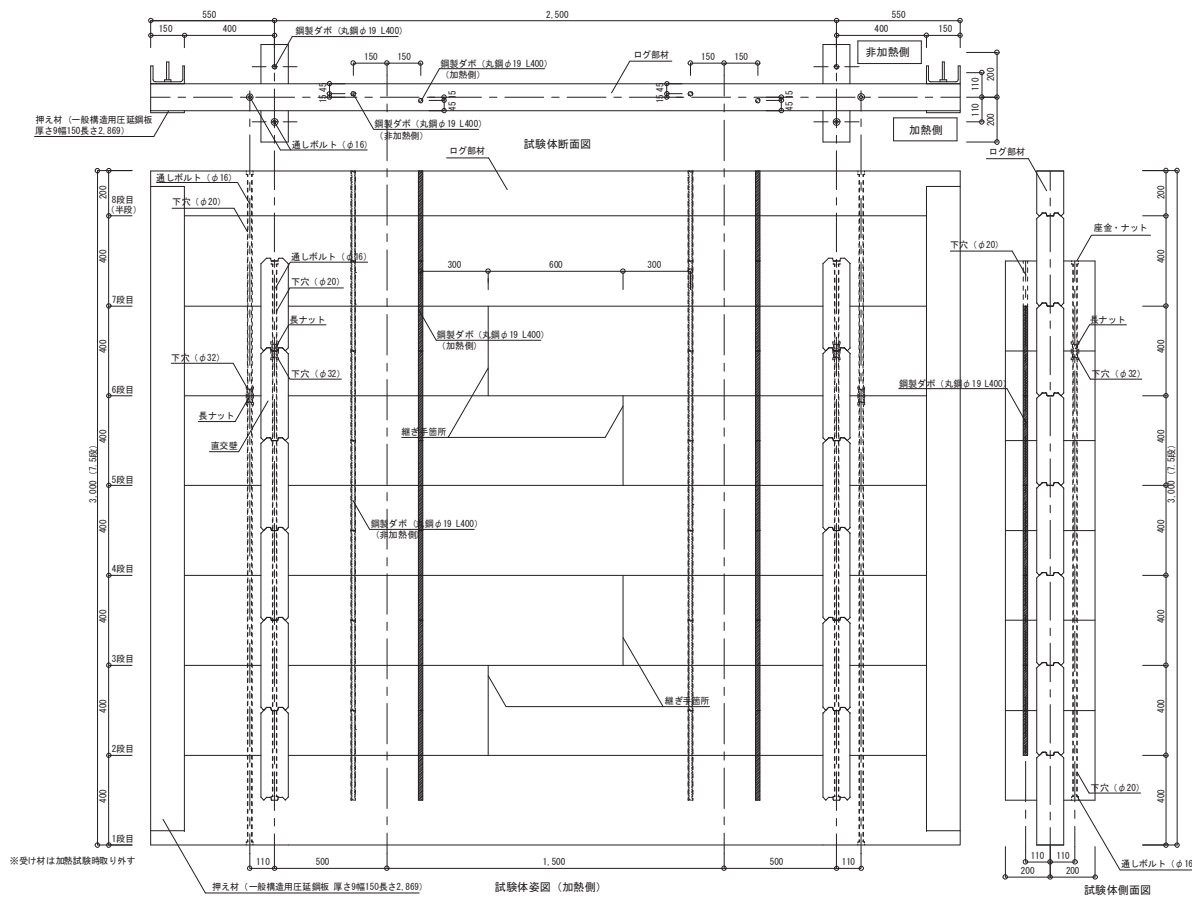
(加熱側)



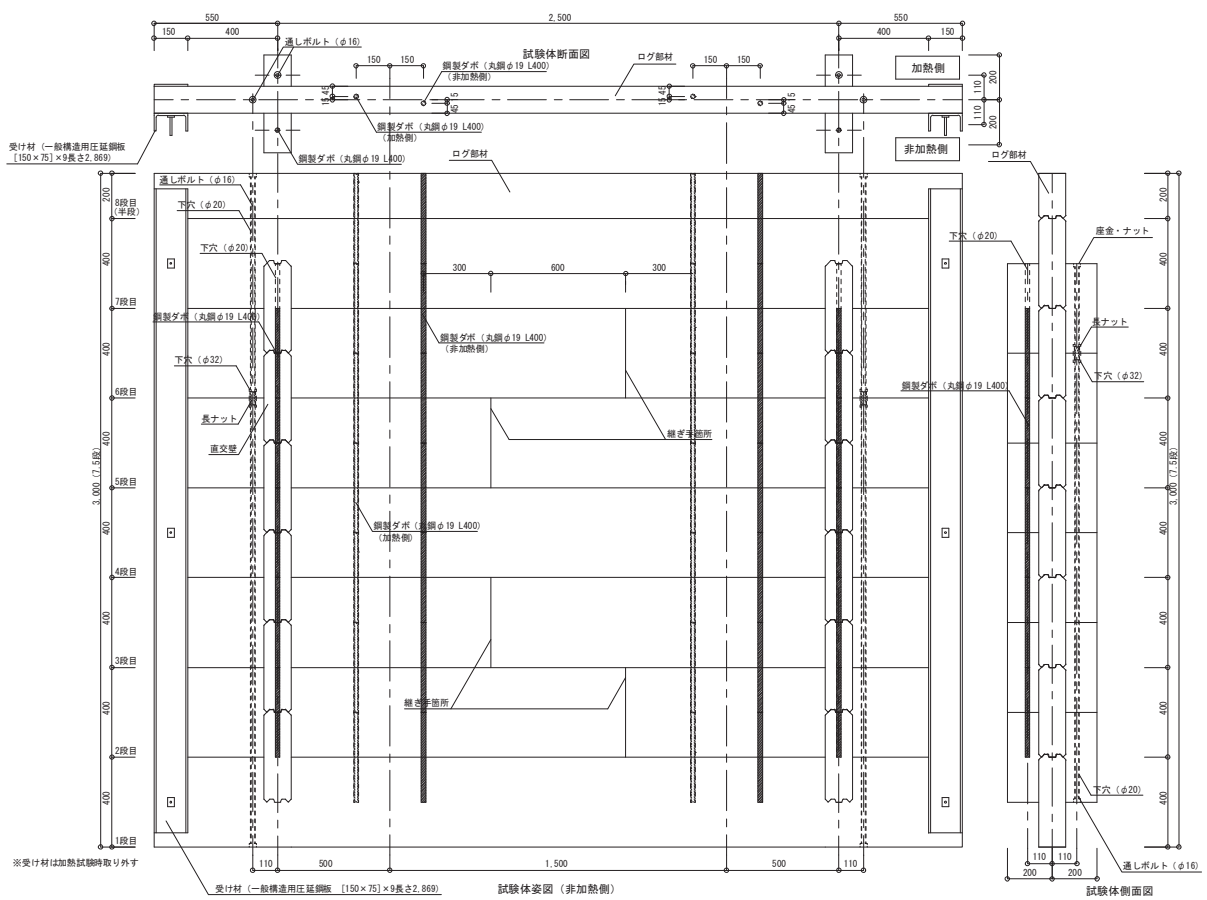
(非加熱側)

写真 3-2 防火試験体





(加熱側)



(非加熱側)

図 3-3 防火試験体図

### 3.3 燃焼実験

#### (1) 試験概況

準耐火構造 60 分の防火試験を公益財団法人日本住宅・木材技術センターにて、令和 4 年 2 月 10 日及び 2 月 14 日に実施した。

燃焼試験開始後、表面が炭化するまでの間に水蒸気（煙）が多く出始め、炭化が進んだ 10 分程度で 1 度煙が納まった。開始から 20 分後に炉内温度が 800 度を超え、30 分程度から再び水蒸気の一部の木材から発生したが、表面の温度上昇は見られなかった。そして、40 分後に 1 層目の剥離が急速に始め、2 層目の炭化が始まることで、最終 60 分まで 2 層目の剥離がないまま試験終了となったが、試験炉から外して鎮火するまで 15 分程度燃焼していた段階で 2 層目の剥離を部分的に確認した。

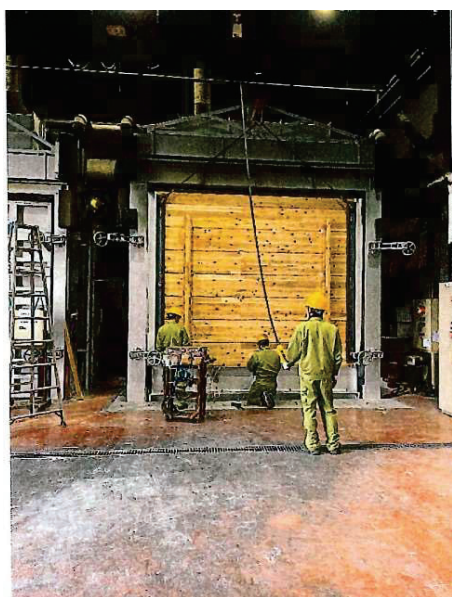


写真 3-3 試験体を炉に設置



写真 3-4 試験開始 27 分後の様子



写真 3-5 試験開始 40 分後の様子

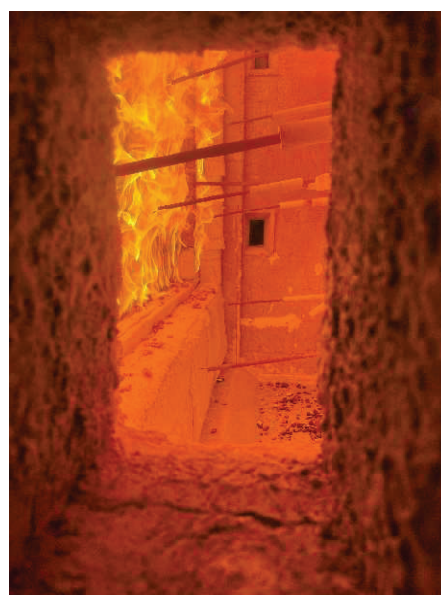


写真 3-6 40 分後の炉内の様子



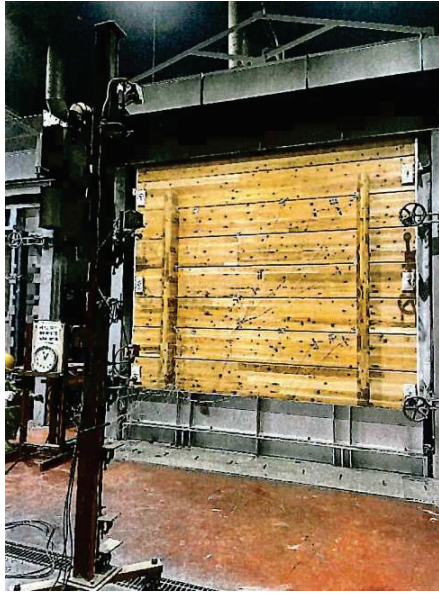


写真 3-7 試験終了時の非加熱面の様子



写真 3-8 試験終了時の加熱面の様子

試験体鎮火後、試験体を確認した結果、加熱面のダボは完全に露出していることが確認できた（写真 3-9）が、非加熱面側のダボは露出しておらず、表面の炭化層を剥がしてダボを確認した（写真 3-10）。

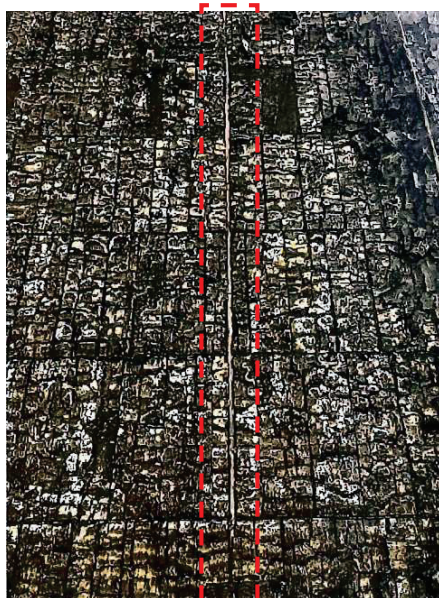


写真 3-9 加熱面のダボ

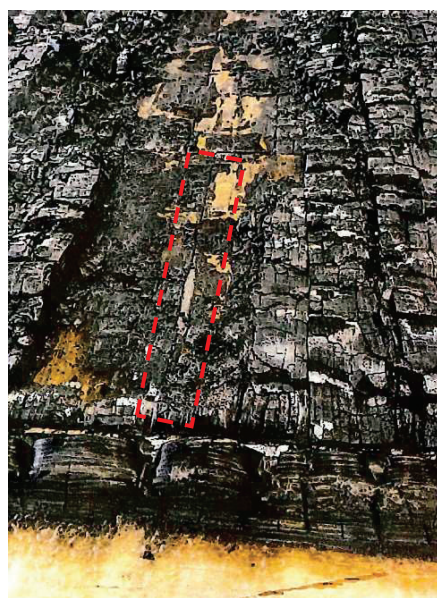


写真 3-10 非加熱面のダボ

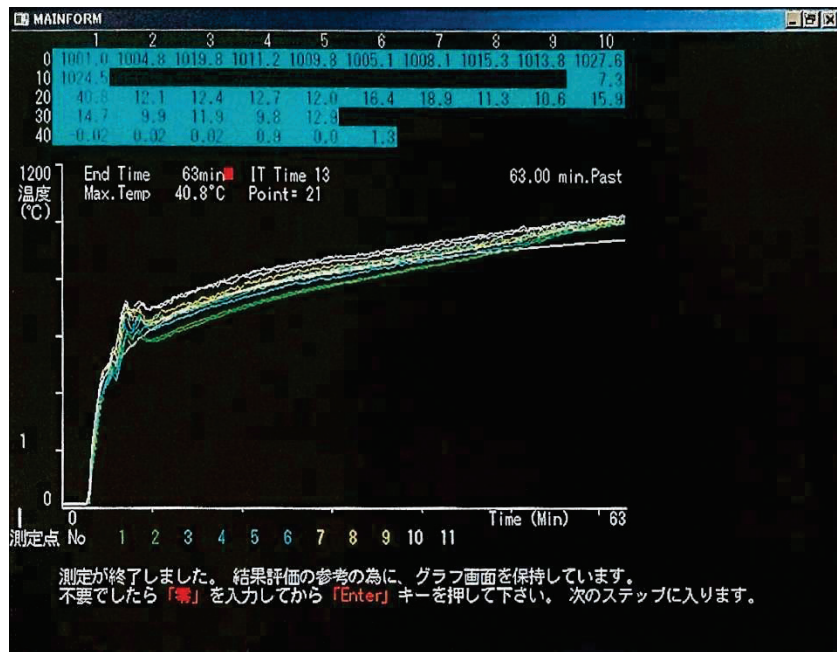


図 3-4 試験終了までの各測定点における温度状況

## (2) 試験結果

事前の机上検討では、炭化速度を 0.75mm/分で検討を行っていたが、試験結果では 0.8mm/分程度であり、概ね予測通りの結果であった。非加熱面のダボは試験終了後に確認したところ燃焼によって露出してしまうようなことはなく、千鳥状に偏心させたダボ配置が有効に作用していることが確認できた。CLT は製品安定性が高く、2 回の燃焼実験で結果は大きく変らなかった。

## 3.4 防火認定

燃焼試験は合格し、令和 4 年 6 月に 60 分準耐火構造（耐力壁外壁）の大臣認定を取得することができた（図 3-5）。

今回の実験では、杉材の CLT を使用し検討を行ったが、より密度の高いヒノキ材の CLT の使用を検討すれば、75 分の防火性能が期待できると考えられる。CLT ログハウスのさらなる可能性に期待し、今後 75 分の準耐火構造の認定の取得を視野に入れ検討を行っていく。

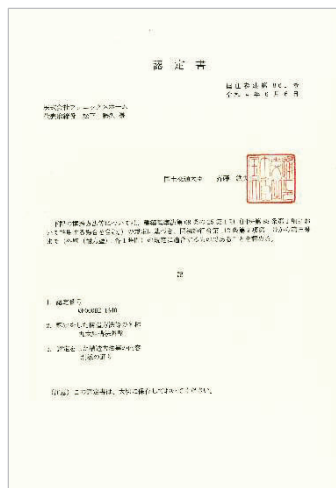


図 3-5 60 分防火認定書



## 4. 施工状況レポート

### 4.1 CLT ログの搬入

本建築実証では 120mm×400mm の小割にした CLT ログパネルを使用する。CLT パネル大判利用では最大 12m までの長さのものが製作可能である。

過去の CLT ログの建築現場では、住宅街等での建築でトレーラーが入れないことが多く、8～10m 程度の長さにて運搬を行っていたケースがあったが、本建設地の飯田市砂払町では、前面道路も広くトレーラーでの運搬・搬入が可能であったことから、最大の 12m で加工を行うこととした。

このように建設地の条件によって、最大長さを検討することで、CLT ログ製造時に効率の良い、原版サイズ作成することで、ロス率を抑えることが可能であり、その結果コストの削減にもつながる。



写真 4-1 資材搬入状況

### 4.2 資材保管と組立て

本実証事業の共同住宅は、延べ床面積 329.380 m<sup>2</sup> (約 100 坪) の 2 階建て総ログ (2 階までログ積み) で、その木材使用量も多く、建設地での仮置き場所の確保が必要となる。

また、長さも 12m 以上となることから、梱包をばらし、次に積み上げるログ材を探し、それを広げていく作業では、広大なスペースが必要であった。

市街地での建築時においては、仮置きできるスペースの確保が難しいことから、作業を行うにあたって各梱包の積み重なり順を組上げに合わせた配置とすることや、使用する順番で梱包をまとめる等の対応の検討が必要であることが課題である。



写真 4-2 搬入時の資材量（4回に分けて納品した際の1回分の量）

#### 4.3 施工状況レポート

ログ組上げでは、加工の精度の高さ、材料の安定性から反りやねじれが少なく、入りづらいノッチ部分（丸太組の交差部分）の作業も容易に施工を行うことができた。また、ログ段数がこれまでのログハウスの1/2以下であることから施工性も高く、作業効率が格段に上がった。

せん断耐力を負担するダボは鋼製丸棒材を使用した。施工性が良く、通常使用しているラグスクリューに比べて安価に入手できることから、全体のコスト削減にも寄与できたと考える。



写真 4-3 ノッチ部の精度が高く隙間がない



写真 4-4 長手方向は、あり継ぎ





写真 4-5 ダボ施工時の様子

2階床組は、大梁に CLT 床パネルを敷き込む工法（CLT 床板 90）を採用した。

床パネルを敷き込むことで作業ステージとし、2階壁パネル組上げ時の足場として使用し仮設足場の設置が不要であった。



写真 4-6 2階床組み



写真 4-7 CLT ログ壁の施工完了（2階まで）





写真 4-8 上棟時

#### 4.4 現地にて構造見学会実施

2階床パネル施工完了時に現地にて構造見学会（委員会）を開催し、現場でのディスカッションを行った。



写真 4-9 構造見学会の様子



写真 4-10 2階床パネル施工完了時



## 5. 他工法との比較検討

### 5.1 コスト比較結果概要

本検討では当初 RC 造との比較を検討していたが、実証建物は RC 造としては小規模であり、同規模の 2 階建て共同住宅として一番普及している S 造との比較が望ましいと考え、CLT ログハウスとのコスト比較は S 造で行うこととした。

同規模の他工法（S 造及び従来の丸太組構法）におけるコスト比較を実施した。表 5-1 にコスト比較を示す。



図 5-1 比較対象建物

表 5-1 他工法とのコスト比較

工事項目		金額（原価、円）			S 造との金額差	
		CLT ログハウス	S 造	従来の ログハウス	差額	比率
1	地盤改良工事	0	5,000,000	0	-5,000,000	
2	仮設工事	842,000	842,000	842,000	0	1.00
3	基礎工事	6,600,000	17,977,000	6,600,000	-11,377,000	0.37
4	木工事	8,218,000	5,752,600	8,768,000	2,465,400	1.43
5	部材費	35,260,000	—	28,980,000	3,526,000	
6	金物工事	420,000	—	610,000	420,000	
7	鉄骨工事	—	17,800,000	—	-17,800,000	
8	塗装工事	1,123,000	300,000	1,123,000	823,000	3.74
9	屋根・板金工事	4,452,000	4,452,000	4,452,000	0	1.00
10	外壁工事	—	2,042,000	—	-2,042,000	
11	建具工事	2,800,000	4,760,000	2,800,000	-1,960,000	0.59
12	その他	7,200,000	8,480,000	7,200,000	-1,280,000	0.85
1～12 総合計		66,915,000	67,405,600	61,375,000	-490,600	0.99
3～7 躯体合計		50,498,000	41,529,600	44,958,000	8,968,400	1.22

本体工事費の比較では、CLT ログハウスが 6,691 万円に対して、S 造は 6,740 万円と、差はあまり見られない結果となった。

これにより、従来 S 造で建築することの多い宿舎やアパート等の共同住宅においては、コスト的には CLT ログハウスへの置き換えが可能であることが分かった。

CLT ログハウスは、CLT パネルの材料費が占める割合が多く、17 万円/m<sup>2</sup>から CLT 業界の目指している 8 万円/m<sup>2</sup>になれば、CLT ログは 1,500 万円程度引き下げとなり、S 造に比べて安価となる。

## 5.2 木工事と鉄骨工事の比較

S 造とのコスト比較では、鉄骨工事費 1,780 万円に対して、木部材費 3,526 万円と CLT ログハウスが 2 倍近い価格となった。これは、CLT 原版価格が 17 万円/m<sup>2</sup>、加工費が 14 万円/m<sup>2</sup>の計 31 万円/m<sup>2</sup>となることからコストが嵩んでいる。これは加工の標準化、CLT 価格の引下げが行われることで、解消されるものと考えられる。

一方では、杉 CLT パネルの無節（節が小さく少ない）の商品化も進んでおり、これを採用することで、桧 CLT パネルと比べコスト削減が期待できる。



写真 5-1 杉 CLT の無節

現在、商品化を検討中の杉 CLT パネルの無節。死に節や抜け節の多い杉 CLT は、外部現わし利用の際に防水対策上、水だまりができやすいため、その処理に過大な時間を要していた。木肌の美しさと節のない仕上がりで内外現わし利用として使用ができる。

### 5.3 基礎工事・地盤補強工事の比較

今回、建築実証を行った CLT ログハウスの基礎設計用軸力は 1,539.7kN で、布基礎での長期許容地耐力度  $f_e=30.00\text{kN/m}^2$  で検討を行った。

S 造の場合でこの検討を行うと基礎設計用軸力は 2,309.55kN となり、布基礎での長期許容地耐力度  $f_e=50.00\text{kN/m}^2$  必要となった。基礎の設置面積も小さくなり、補強工事が必要となることから、地盤補強工事の費用として、500 万円程度が S 造では必要となった。

また、基礎部分でも CLT ログハウスの 660 万円に対して、S 造は 3 倍の約 1,800 万円のコストがかかる結果となった。

### 5.4 従来のログハウスとの比較

従来のログハウスと CLT ログハウスを比較すると、CLT ログハウスは 1 段で積める高さが従来の倍程度あることから、施工手間を軽減することができ、建て方工事の期間短縮を図ることにより、木工事費が 55 万円程度引き下げ、反対に CLT ログハウスは材料コストが増となり部材費が 628 万円増えることから、結果として CLT ログハウスは従来のログハウスに比べて 554 万円高くなる結果となった。

### 5.5 今後の見通し

CLT ログハウスと S 造でのコスト比較は、いずれも総額（原価）で 6,700 万円程度と差が見られなかった。しかしながら、CLT 原版の価格引き下げや樹種の変更、そして加工の標準化によって、CLT 部材費が 1,500 万円引き下げれば 5,200 万円程度までは引き下げが可能と考えられ、S 造に対し 22.4% の価格差が生まれる。また、工事工程においても施工期間の短縮が計れることから、仮設費、工事管理費などの圧縮も期待ができる。

## 6. 総括

「木材の利用の促進に関する法律」が施行され、木造の建築物への転換が進んでいる。木材を使うことは森林とつながっている。日本は国土の約 3 分の 2 を森林が占める世界でも有数の森林国であり、その森林の約 4 割は人が木を植えて育てた人工林である。現在、戦後に植林された多くの人工林が本格的な利用時期を迎えており、その資源量は年々増加しているが、木材の利用は十分に進んでいないのが現状である。

木材を使用するということは、「伐る、使う、植える、育てる」という人工林のサイクルの一部であり、森林の本来持っている CO2 吸収や災害の発生を抑制するといった機能を発揮させるために重要であり、未来へつなげるサステナブルな人工林のサイクルが保たれる。

木は光合成により大気中の CO2 を吸収し、酸素を放出させながら炭素を蓄えて成長していく。その木を利用することによって、CO2 を放出することなく蓄え続けることが可能であり、伐採した跡地に植林することで CO2 を吸収して成長するといった森林のサイクルが保たれ、地球温暖化の防止にもつながる。この優れた木の建築資材をログハウス（丸太組構法）として建築することで、従来の木造建築の約 2.6 倍の豊富な木材利用が可能であり、CO2 削減により貢献することが可能である。

CLT ログハウスは、CLT のもつ製品安定性、加工性、強度、JAS 認定品である点等を生かした優れた工法であるが、ログハウスの現状は、木造戸建て住宅の約 0.2%とまだまだ少ない工法ではある。

今回の実証実験で 60 分の防火認定を取得したことにより、内外木現わし利用の可能性が広がり、さらに今回の知見を活かして今後、3 階建て以上の建築への利用のため 75 分の防火認定の取得、そして、界壁の遮音性能認定取得を目指し、広い用途の建物でのさらなる木質化を進めていきたい。また、本建物は施主の意向によって建設後に、飯田市と信州大学と連携して温熱データ等の取得を検討している。

多くの建物でこの CLT ログハウスの工法が採用されるよう広くデータの公開を行い、環境に優しいサステナブルな建築工法として普及促進を図っていきたい。

最後に、今回、建設を快諾頂いた施主をはじめ、ご指導いただきました委員の先生方に御礼を申し上げるとともに、実証実験で検討の機会を頂いたことに感謝いたします。



2.10 (株)山崎文栄堂 / (株)内海彩建築設計事務所

事業名	(仮称)山崎文栄堂ヒーローズビル新築工事の性能実証及び設計実証		
実施者(担当者)	株式会社山崎文栄堂(株式会社内海彩建築設計事務所)		
建築物の概要	用途	事務所、飲食店	
	建設地	東京都渋谷区渋谷4丁目5-5	
	構造・工法	木造 CLTパネル工法	
	階数	6	
	高さ(m)	27.45	
	軒高(m)	26.5	
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	147.44	
	建築面積(m <sup>2</sup> )	105.39	
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	633.89	
	階別面積	1階	97.65
2～6階		105.39	
塔屋階		9.29	
CLTの様	CLT採用部位	壁、床、屋根	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )	加工前製品量590.6m <sup>3</sup> 、建築物使用量538.4m <sup>3</sup> (概算)	
	壁パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	S90、S120、Mx90相当
		樹種	カラマツ、トドマツ
	床パネル	寸法	270mm厚、210mm厚
		ラミナ構成	9層9プライ
		強度区分	Mx90、Mx120相当
		樹種	カラマツ
	屋根パネル	寸法	270mm厚
		ラミナ構成	9層9プライ
強度区分		Mx90相当	
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)	梁：ヒノキ集成材	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	58.6m <sup>3</sup>	
	仕上	主な外部仕上	屋根
外壁			ALC塗装、ALC+木板張り、窯業系サイディング
開口部			アルミサッシ+二重複層ガラス、木製カーテンウォール
主な内部仕上		外壁の内部仕上げ	強化PB21mm×3、強化PB21mm×2
		間仕切り壁	強化PB21mm×3、片面CLT現し(片面強化PB21mm×2)、CLT現し
構造	構造計算ルート	ルート3	
	接合方法	GIR接合	
	最大スパン	約8m	
防火	防火上の地域区分	防火地域	
	耐火建築物等の要件	有	
	本建築物の防火仕様	2時間耐火、1時間耐火	
温熱	問題点・課題とその解決策	被覆された耐火部材を無被覆の耐震要素で挟む躯体構成に関して、トドマツ利用の可能性を探るべく実験で確認した	
	建築物省エネ法の該当有無	該当あり	
	温熱環境確保に関する課題と解決策	屋根のCLTが最も薄いので十分な断熱を施す	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	硬質ウレタンフォーム 保温板 ・ 60mm
外壁		グラスウール32k ・ 25mm	
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種 ・ 25mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	乾式遮音二重床と天井吊梁の設置	
	建て方における課題と解決策	無被覆の耐震要素があることで建て方手順が複雑になるため、接合金物、CLTの設置手順を十分に検討する	
	給排水・電気配線設置上の工夫	水平方向には、二重床、二重天井内を設備配管配線スペースとし、垂直方向は配線配管ルートを集約し堅穴区画内を通す	
	劣化対策	CLTを外露しない	
工程	設計期間	2022年10月～2023年1月(4カ月)	
	施工期間	未定	
	CLT躯体施工期間	未定	
	竣工(予定)年月日	未定	
体制	発注者	株式会社山崎文栄堂	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	株式会社内海彩建築設計事務所(統括・意匠主任) 川島真由美建築デザイン(意匠)	
	構造設計者	株式会社KAP	
	施工者	未定	
	CLT供給者	銘建工業株式会社(予定)	
	ラミナ供給者	未定	

実証事業名：(仮称) 山崎文栄堂ヒーローズビル新築工事の性能実証および設計実証  
 建築主等／協議会運営者：株式会社山崎文栄堂／株式会社内海彩建築設計事務所

## 1. 実証した建築物の概要

用途	事務所、飲食店		
建設地	東京都渋谷区		
構造・工法	木造・CLT パネル工法		
階数	6		
高さ (m)	27.45	軒高 (m)	26.5
敷地面積 (m <sup>2</sup> )	147.44	建築面積 (m <sup>2</sup> )	105.39
階別面積	1階	97.65	延べ面積 (m <sup>2</sup> ) 633.89
	2～6階	105.39	
	塔屋階	9.29	
CLT 採用部位	壁、床、屋根		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )	加工前製品量 590.6m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 538.4 m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	58.6 m <sup>3</sup> (概算) <sup>3</sup>		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	壁	210mm 厚/7 層 7 プライ/S90、Mx90 /カラマツ、トドマツ	
	床	270mm 厚/9 層 9 プライ/Mx90、MX120 相当/カラマツ	
	屋根	210mm 厚/7 層 7 プライ/Mx90 /カラマツ	
設計期間	2022 年 10 月～2023 年 1 月 (4 カ月)		
施工期間	未定		
CLT 躯体施工期間	未定		
竣工 (予定) 年月日	未定		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

6 階建て木造オフィスのプロジェクトである。カラマツ又はトドマツ CLT を用いて GIR 接合で門型架構を構成する。1 時間耐火部で、耐火被覆された主要構造フレームを無被覆の耐震フレームで挟みこむ躯体を計画している。

・設計にあたり、GIR 接合に関し、スギ以外の樹種の実験結果が少ない為、カラマツやトドマツ CLT の要素実験を行い性能を確かめる。また、無被覆の耐震要素と、耐火被覆された床板との接合部は木質躯体が連続せず、GIR のみで接続するため、耐火被覆を介した地震荷重の伝達性能等を確認し、座屈などの不具合が生じないことを確かめる。あわせて納まり詳細と建て方手順の整理をおこなう。

・耐火被覆された主要構造部をカラマツ集成材で挟む場合に防耐火上の課題がないことが既往の研究で明確になっているが、本検討ではトドマツ CLT を無被覆の耐震要素とする実

験をおこない、火災安全性を評価する。

- ・カラマツ、トドマツ CLT と GIR 接合部の構造性能の取得
- ・耐火被覆を介した金物の性能保持の確認とおさまり検討
- ・トドマツ CLT の燃えどまり性状の確認
- ・CLT パネル工法と S 造との躯体工事費の比較

### 3. 協議会構成員

(設計) 内海彩建築設計事務所：内海彩 (進行管理)、川島真由美建築デザイン：川島真由美  
(構造設計) KAP：萩生田秀之、池谷聡史、大川緋月  
(構造設計アドバイス) 東京大学生産技術研究所：腰原幹雄  
(防耐火実験計画) 桜設計集団：安井昇  
(材料) 銘建工業：三嶋幸三、鳥羽展彰、鈴木伊織  
(金物) スクリムテック：河野泰之  
(構造試験) 大分大学理工学部：田中圭

### 4. 課題解決の方法と実施工程

接合部の仕様については KAP が中心となり試験条件をとりまとめ、試験体製作と実験を大分大学にておこなった。耐火実験については、桜設計集団が中心となり試験計画をとりまとめ、銘建工業にて試験体を製作、電線総合技術センターにて実験を実施した。

S 造とのコスト比較は、S 造で同一平面の建物を計画した場合の躯体断面検討をおこない、CLT での計画と同程度の外壁面積を ALC で構成する想定とした。

<協議会の開催>

2022 年 8 月：第 1 回開催、問題点洗い出しと実験方針の確認

11 月：第 2 回開催、構造実験の協議

11 月：第 3 回開催、設計方針についての協議

2023 年 1 月：第 4 回開催、実験結果の共有と実証事業の取りまとめ検討

<設計>

2022 年 9 月：実施設計準備

10 月：実施設計開始

12 月：地盤調査

2023 年 1 月：実施設計途中段階の取りまとめ (意匠・構造)

<性能確認>

2022 年 8 月,9 月：実験計画立案、調整、見積徴収

10 月：試験体製作

11 月：耐火実験 (1 体)

11 月：接合部引張・圧縮実験 (21 体)

2023 年 1 月：実験結果まとめ

## 5. 得られた実証データ等の詳細

### (1) 構造実験

【引張試験 1】カラマツ CLT 壁脚と床を中空型全ねじボルト 6 本で GIR 接合 (6 体)

すべての試験体で、繊維平行層の破断及びローリングシア破壊がみられた。

初期剛性平均値 2089.8kN/mm、短期基準耐力 507.2 kN

【引張試験 2】トドマツ CLT 壁脚と床を中空型全ねじボルト 6 本で GIR 接合 (6 体)

すべての試験体で、繊維直交層のローリングシア破壊がみられた。

初期剛性平均値 1867.1kN/mm、短期基準耐力 379.9 kN

【引張試験 3】トドマツ CLT 壁脚と床を靱性型コネクター 1 本で GIR 接合 (3 体)

すべての試験体の変位 1 mm 前後で降伏挙動を示し、その後緩やかに荷重が上昇し変位 18~20 mm で最大荷重に達した。破壊性状は靱性型コネクターの破断。初期剛性平均値 81.0kN/mm、短期基準耐力 66.3 kN

【圧縮試験】耐火被覆を想定した発泡スチロールを挟みトドマツ CLT 壁・床を靱性型コネクター 4 本で GIR 接合 (6 体)

すべての試験体の変位 1 mm 前後で降伏挙動を示し、その後緩やかに荷重が上昇し最大荷重に達した。すべての試験体に床材と壁材のねじれがみられ、1 体で壁材下部コネクター位置での割裂破壊が生じた。初期剛性平均値 277.8 kN/mm、短期基準耐力 68.5kN

### (2) 耐火実験

試験体を ISO834 標準加熱曲線に準じ 1 時間加熱後、炉内 3 時間、炉を開放して 2.5 時間の観察をおこない、試験体各部の温度が下降し、表面の燃焼が継続したが有炎でなく局所の赤熱燃焼にとどまったことを確認した。無被覆のトドマツ CLT (210 ミリ厚) の燃焼深さは 40~50 mm で、主要構造部の壁・床の最高温度は、192.5℃ (壁の角部)、98.2℃ (床) であり、木材の着火温度 (概ね 260℃) を大きく下回り、100℃ を越えた主要構造部の壁表面を確認したところ、炭化痕はなかった。

### (3) CLT パネル工法と S 造のコスト比較

躯体工事費の比較では、CLT パネル工法の面積あたりの施工単価が、S 造の想定に対して、約 2.5 倍となった。都内の幹線道路に面した変形狭小な敷地で大判パネルを用いる計画は施工難度が高くコストにも影響を与えているが、パネルを小割にすると接合金物費も増えるため、このあたりをどのように整理していくかが今後の課題である。

構造	CLT パネル工法	鉄骨ラーメン構造	
規模	6階建て	6階建て	
延床面積	633.89 m <sup>2</sup>	633.89 m <sup>2</sup>	
工事費	共通仮設	16,170,000	16,170,000
	直接仮設	12,390,000	12,390,000
	地業	11,300,000	11,300,000
	土工事	5,940,000	5,940,000
	コンクリート工事	3,080,000	5,080,000
	型枠工事	2,320,000	2,320,000
	鉄筋工事	3,390,000	3,890,000
	木工事	331,200,000	0
	鉄骨工事	6,950,000	81,340,000
外壁等	0	18,600,000	
合計	392,740,000	157,030,000	
施工単価	m <sup>2</sup> 単価	619,571 円/m <sup>2</sup>	247,724 円/m <sup>2</sup>
	坪単価	2,047,683 円/坪	818,729 円/坪
躯体寸法	主要柱	840x1500 (210x4枚)	□-450x22
	主要梁	840x900 (210x4枚)	H-600x300

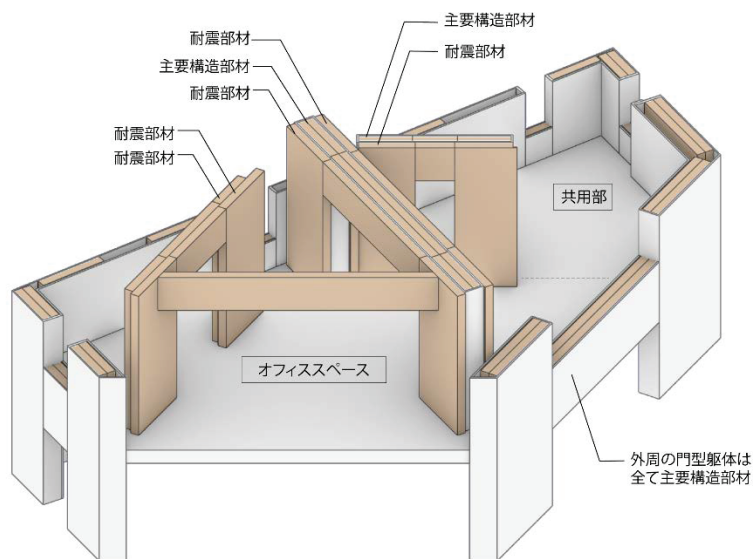


## 6. 本実証により得られた成果

本事業で得られた構造実験データは、カラマツ及びトドマツの CLT の接合方法として GIR 接合を用いる設計を行なう際に活用することができる。また、耐火実験によって得られた知見に基づき、告示 1399 号に定める耐火被覆を施した 1 時間耐火の主要構造部にすき間なく接する形で無被覆の 210mm 厚トドマツ CLT を配置した場合に、主要構造部に悪影響を与えることはないことが確認された。ただし、主要構造部と無被覆耐震要素の位置関係（すき間の有無）や樹種により燃えどまり性状は異なると考えられるため、異なる配置、樹種においては別途検討が必要である。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等

交差点に面する  
外観イメージ



躯体アクソメ図

# (仮称) 山崎文栄堂ヒーローズビル新築工事設計及び性能実証 成果報告書

## 1 建築・設計概要

本プロジェクトはCLT躯体による6階建て複合ビルである。1,2階は2時間耐火、3～6階は1時間耐火要件である。1階は事業主の社会貢献活動の場でもあるカフェ、2階より上は事務所、6階は和太鼓やダンスの練習場としても使われる予定である。都市部に木質感あふれる木造ビルを実現し、共に社会的な活動をおこなう中小企業の連携の拠点とし、ここから未来に向けてのさまざまな発信していくことが事業主の目標である。

計画地は六本木通り沿いの渋谷二丁目交差点に面する角地である。五角形の敷地形状に即した平面形で、交差点に面するファサードをカーテンウォール、その他の外壁面はCLTの門型架構で構成し、内部は外壁面と並行に3つのCLTの門型架構を配置している。

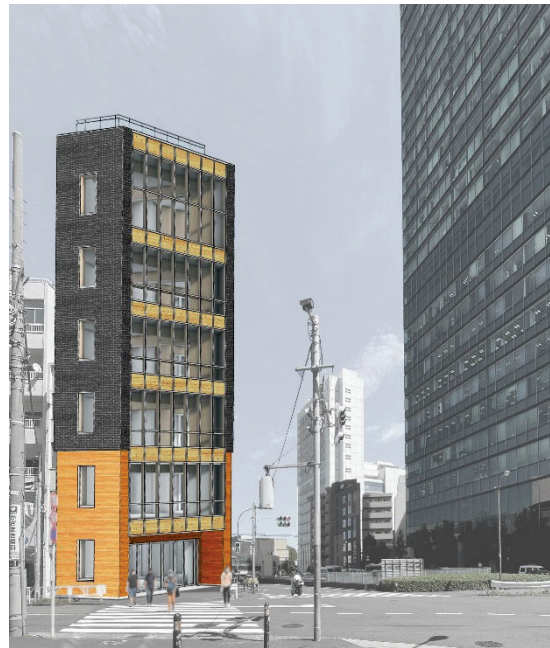


図1.1 交差点に面する外観イメージ

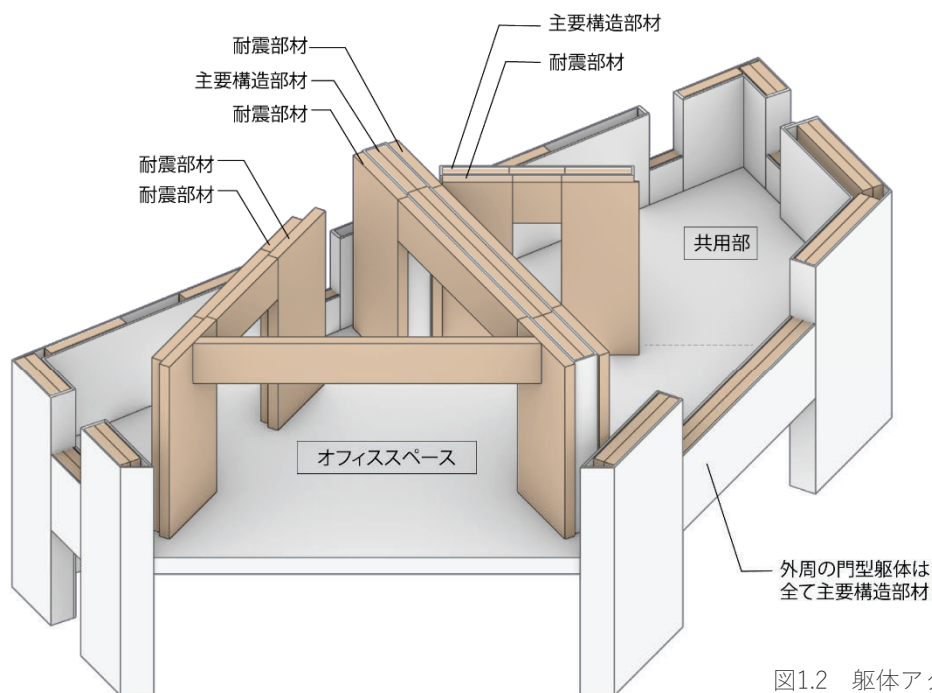


図1.2 躯体アクソメ図

## 2 実証の概要

本計画の構造は、210ミリ厚のCLTをGIR接合してラーメンフレームをつくり、これらを必要に応じて2枚、3枚、4枚と重ね並べ必要な強度を持たせ、6層の躯体を構成するものである。1、2階は全て強化石膏ボード21ミリ×3枚張り等で耐火被覆し2時間耐火構造とするが、3～6階の1時間耐火が求められる部分では、耐火部材（主要構造部材）と水平力のみ負担する無被覆の耐震部材に分けて、サンドイッチのように耐震部材で主要構造部材を挟み、木質感のある1時間耐火構造躯体を構成する。

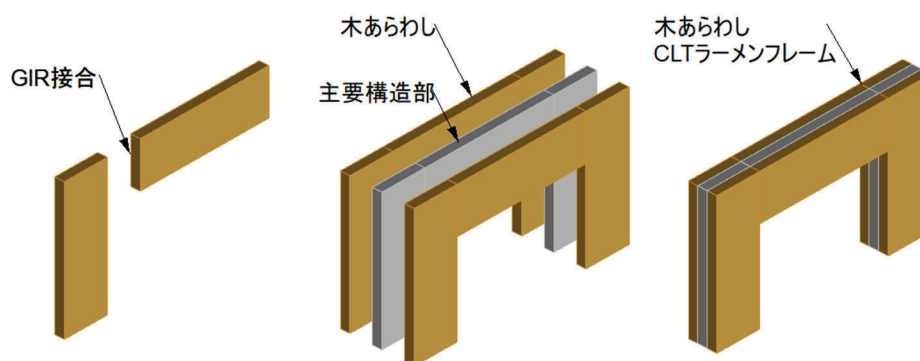


図2 CLTラーメンフレーム

6階建てのような中層木造では主要構造部を被覆し耐火性能を確保するのが最もシンプルな手法だが、木造らしい木質感が失われてしまう。そこで上記のようにサンドイッチ状に構造体を配置する方法で木質感を出す計画とした。しかし、このような構成にした際、接合部で構造的な問題と防耐火上の問題が出てくる。具体的な納まりとその問題については6章で提示する。また、従来のCLTパネル工法で使用する金物では靱性が不足するため、本設計では靱性に優れるGIR接合を採用しているが、現時点ではスギ以外のGIR接合のデータが少ない。本実証ではこれらの課題、問題を実験によって検証し、設計を行うこととする。実証内容を以下に示す。

(1) 使用する材料としてカラマツCLTを主に検討しているが、コストや調達状況を考慮し選択肢を広げるため、スギより強度の高いトドマツCLTの採用を見据え、**カラマツ及びトドマツCLTを母材としたGIR接合の引張試験**を実施した。また、**床を挟んだGIR接合部の圧縮試験**を実施し、性能を確かめた。

(2) 無被覆の耐震部材で主要構造部材を挟み込む構成について、カラマツ集成材を用いた既往研究で主要構造部材に有害な影響を与えず燃え止まることが確認されているが、本実証では**トドマツCLTを無被覆の耐震部材とした場合の加熱実験**を実施し、防耐火性能が保たれることを確かめた。

(3) (1)、(2)の実験を通して得られた知見に基づき実施設計を進めた。その中で特に重要な課題と思われる**耐火被覆された主要構造部材と無被覆の耐震部材の接合部分の納まり検討・施工手順**についての整理をおこなった。

(4) S造で計画した場合の躯体工事費を算出し、CLTパネル工法との比較をおこなった。

### 3 GIR 接合部の引張・圧縮耐力

#### 3-1 引張試験

実証内容（１）に挙げたカラマツ CLT 及びトドマツ CLT を母材とした GIR 接合部の引張試験の内容について示す。

##### 3-1.1 試験体

試験体図を図 3.1.1、3.1.2 に示す。接合金物を従来型として中空全ねじボルト（M24:ホームコネクター製）を 6 本、反力側には全ねじボルト（M24:SCM435）を 9 本挿入した試験を試験 I とし、試験体の母材には 210 mm 厚のカラマツ CLT（GCT-I）と、トドマツ CLT（GCT-I）を用いた。接合金物を改良型として靱性型コネクター（M24:ホームコネクター製）を、反力側には全ねじボルトをそれぞれ 1 本挿入した試験を試験 II とし、母材には 210 mm 厚トドマツ CLT (GCT-a) を用いた。

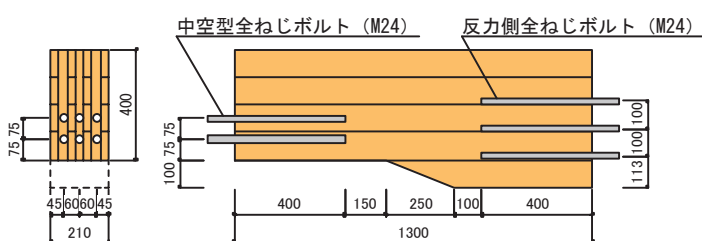


図 3.1.1 試験 I の試験体形状及び寸法（単位：mm）

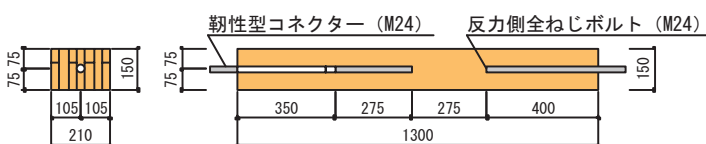


図 3.1.2 試験 II の試験体形状及び寸法（単位：mm）

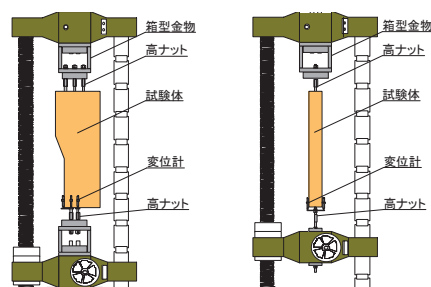


図 3.1.3 加力装置

（左：試験体 I、右：試験体 II）

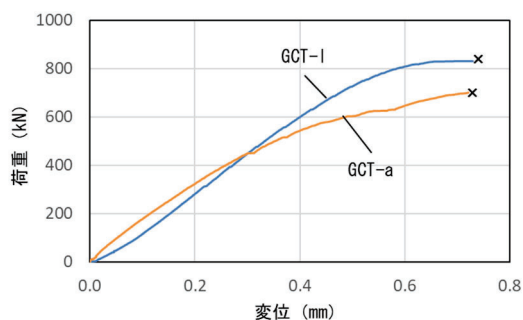
##### 3-1.2 試験方法

加力図を図 3.1.2 に示す。加力は単調引張加力とし、最大荷重到達後、最大荷重の 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行った。変位は、試験 I では試験体接合部に 1 点ずつ（計 5 点）、試験 II では試験体接合部の両面に 1 点ずつ（計 2 点）設置して計測した。

##### 3-1.3 試験結果

図 3.1.4 に試験 I の代表的な荷重—変位関係を示す。すべての試験体で荷重が上昇し、そのまま最大荷重に達した。

図 3.1.4 荷重—変位関係（試験 I）





母材にカラマツを用いた試験ではコネクタ埋め込み深さ位置での母材の破断及び、繊維直交層のローリングシア破壊が見られた。母材にトドマツを用いた試験では全ての試験体で繊維直交層のローリングシア破壊が見られた（写真 3.1.1、写真 3.1.2）。



写真 3.1.1 試験 I GCT-I (カラマツ) の破壊性状



写真 3.1.2 試験 I GCT-a (トドマツ) の破壊性状

初期剛性は、カラマツ試験体平均値とトドマツ試験体平均値は同程度の値を示した（図 3.1.5）。最大耐力は、カラマツ試験体がトドマツ試験体の 1.5 倍の値を示し、実験値とコネクタの引抜破壊を想定した推定値を比較するとどちらも危険側の評価となった（図 3.1.6）。

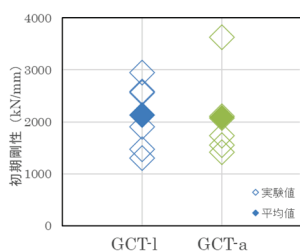


図 3.1.5 試験 I 初期剛性

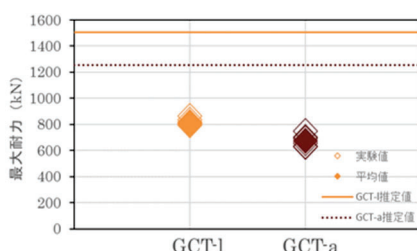


図 3.1.6 試験 I 最大耐力及び推定値



写真 3.1.3 試験 II コネクタ破断

図 3.1.7 に試験 II の代表的な荷重—変位関係を示す。試験 II は、すべての試験体が変位 1 mm 前後で降伏挙動を示し、その後、緩やかに荷重が上昇し変位 18~20 mm で最大荷重に達した。破壊性状は靱性型コネクタの破断である（写真 3.1.3）。

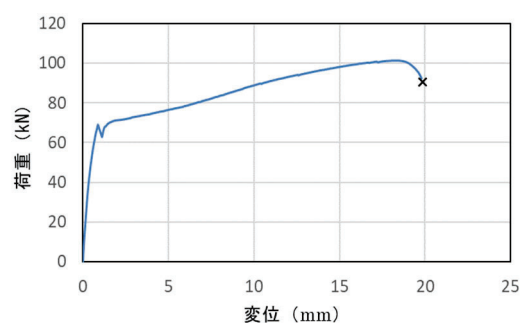


図 3.1.7 荷重—変位関係 (試験 II)

初期剛性は平均値で 80.97 kN/mm を示し、降伏耐力及び最大耐力は、集成材に挿入した場合の値と同程度の値を示した。

(図 3.1.8、図 3.1.9)

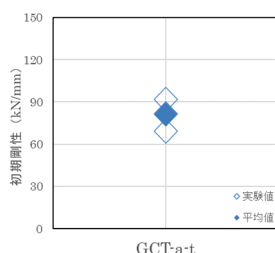


図 3.1.8 試験 II 初期剛性

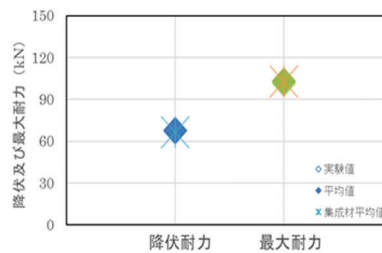


図 3.1.9 試験 II 降伏耐力及び最大耐力

表 1 に短期基準耐力及び算定に用いた特性値、構造特性係数を示す。

短期基準耐力は、試験 I では降伏耐力が得られなかったため、最大耐力の 2/3 の値に、ばらつき係数を乗じた値とし、試験 II については、降伏耐力の平均値及び最大耐力の 2/3 の値に、それぞれのばらつき係数を乗じた値のうち、小さい方の値とした。

試験	試験体名	Py 平均値 (kN)	Py ばらつき 係数	Pmax 平均値 (kN)	2/3Pmax 平均値 (kN)	2/3Pmax ばらつき 係数	短期 基準耐力 (kN)	構造特性 係数Ds 平均値
試験 I	GCT-1			818.33	545.60	0.93	507.41	
	GCT-a			676.05	450.70	0.84	378.59	
試験 II	GCT-a-t	67.50	0.99	102.53	68.35	0.97	66.30	0.17

表 1 短期基準耐力及び算定に用いた特性値、Ds 値

### 3-2 圧縮試験

実証内容 (1) に挙げた CLT 床を挟んだ GIR 接合部の圧縮試験の内容について示す。通常の納まりであれば圧縮力は面タッチに応力伝達ができるが、CLT 床は耐火被覆が必要であり無被覆の耐震要素との間で応力伝達ができないため GIR 接合の金物部分のみで応力伝達を行うこととなる。この際に座屈などの問題が起こらないことを確認するために試験を実施した。

#### 3-2.1 試験体

試験体図を図 3.2.1 に示す。試験体の母材にトドマツ CLT (GCC-a-t) を用いて、床材は厚さ 270 mm、壁材は厚さ 210 mm、床材と壁材の間には耐火被覆材の代わりに厚さ 50 mm の発泡スチロールを採用した。床材と壁材は靱性型コネクター (M24: ホームコネクター製) を、両端から 2 層目の繊維直交方向にそれぞれ 2 本ずつ (計 4 本) 挿入して接合しており、ねじ部が壁材に、ストレート部が床材に挿入できるよう穴あけ加工されている。

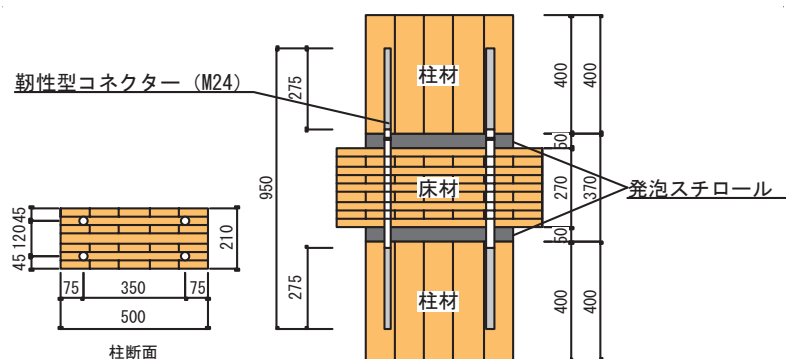


図 3.2.1 試験体形状及び寸法 (単位: mm)

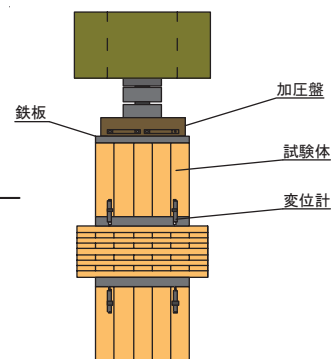


図 3.2.2 加力装置

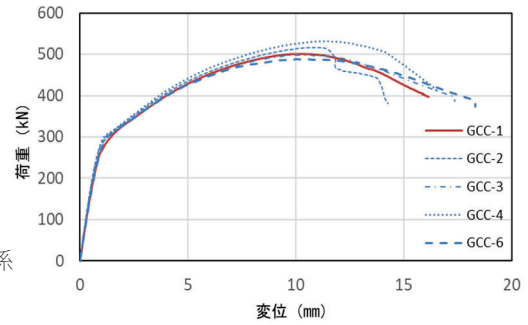
#### 3-2.2 試験方法

加力図を図 3.2.2 に示す。加力は単調圧縮加力とし、最大荷重到達後、最大荷重の 80% の荷重に低下するまで行った。変位は、試験体接合部上下に 1 点ずつ (計 8 点) 設置して計測した。

### 3-2.3 試験結果

図 3.2.3 に代表的な荷重—変位関係を  
示す。横軸は床材上部で測定した変形量  
の平均と、下部で測定した変形量の平均  
を加算した値を用いている。

図 3.2.3 荷重—変位関係



すべての試験体が変位 1 mm 前後で降伏挙動を示し、その後緩やかに荷重が上昇し最大荷重に達した。すべての試験体に床材と壁材のねじれがみられ、1 体で壁材下部コネクタ位置での割裂破壊が生じた。(写真 3.2.1、写真 3.2.2)

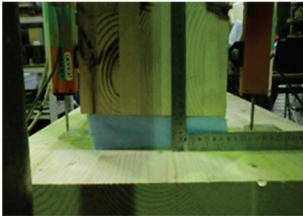


写真 3.2.1 実験終了時の試験体の上部の壁材のねじれ及び被覆材位置でのコネクタの様子

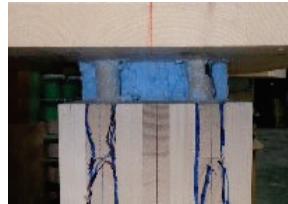
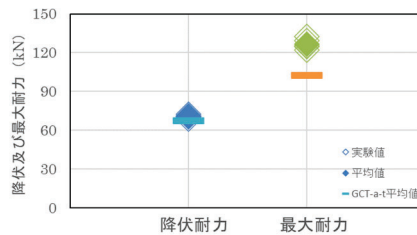
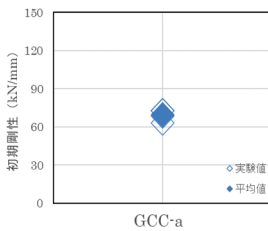


写真 3.2.2 割裂破壊した試験体の下部の壁材及び被覆材位置でのコネクタの様子

初期剛性の平均値は、引張試験Ⅱの平均値の 0.86 倍の値となった (図 3.2.4)。靱性型コネクタ 1 本あたりの降伏耐力平均値は引張試験Ⅱの平均値と同程度の値を示し、最大耐力に関しては引張試験Ⅱの平均値の 1.24 倍の値を示した (図 3.2.5)。短期圧縮基準耐力は引張試験と同様の評価方法を用い、同程度の値を得た。



左：図 3.2.4 初期剛性

右：図 3.2.5 降伏耐力および最大耐力

試験	試験体名	Py 平均値 (kN)	Py ばらつき 係数	Pmax 平均値 (kN)	2/3Pmax 平均値 (kN)	2/3Pmax ばらつき 係数	短期 基準耐力 (kN)
試験Ⅲ	GCC-a-t	70.76	0.96	126.73	84.49	0.93	67.93
試験Ⅱ	GCT-a-t	67.50	0.99	102.53	68.35	0.97	66.30

表 2 短期圧縮基準耐力及び算定に用いた特性値、Ds 値

### 3-3 まとめ

① 従来型の中空全ねじボルトを用いた引張試験Ⅰでは、最大耐力が、集成材を母材とする

場合の引抜きせん断耐力の推定値と比較して危険側の評価となったため、今後は、CLTの母材が破壊する想定引張耐力の推定法を確立する必要がある。

- ② 靱性型コネクターを用いた引張試験Ⅱ及び圧縮試験は、コネクター1本あたりの初期剛性、降伏耐力及び最大耐力は、ほぼ同程度の値を示すのを確認した。

## 4 接合部の加熱実験

### 4-1 試験体

実証内容(2)に挙げた、トドマツ CLT を無被覆の耐震部材とした場合の床一壁接合部の加熱実験について示す。試験体は1体とする(図4.1.1)。主要構造部の壁(スギ CLT)を、1時間耐火構造の告示仕様(H12 建設省告示第1399号)の強化せっこうボード厚21(下張り)+厚21(上張り)、床(スギ CLT)を強化せっこうボード厚25(下張り)+厚21(上張り)で耐火被覆し、両側に耐震要素(トドマツ CLT)を隙間無く配置する。この耐震要素は実際の設計において使用するサイズを再現した。なお、CLTは水性高分子イソシアネート系接着剤で製造されているものを使用し、トドマツ CLTの含水率は8.9%、密度は0.41g/cm<sup>3</sup>、スギ CLTの含水率は10.6%であった。

### 4-2 実験方法



写真4.2.1 加熱炉全景(加熱中の様子)

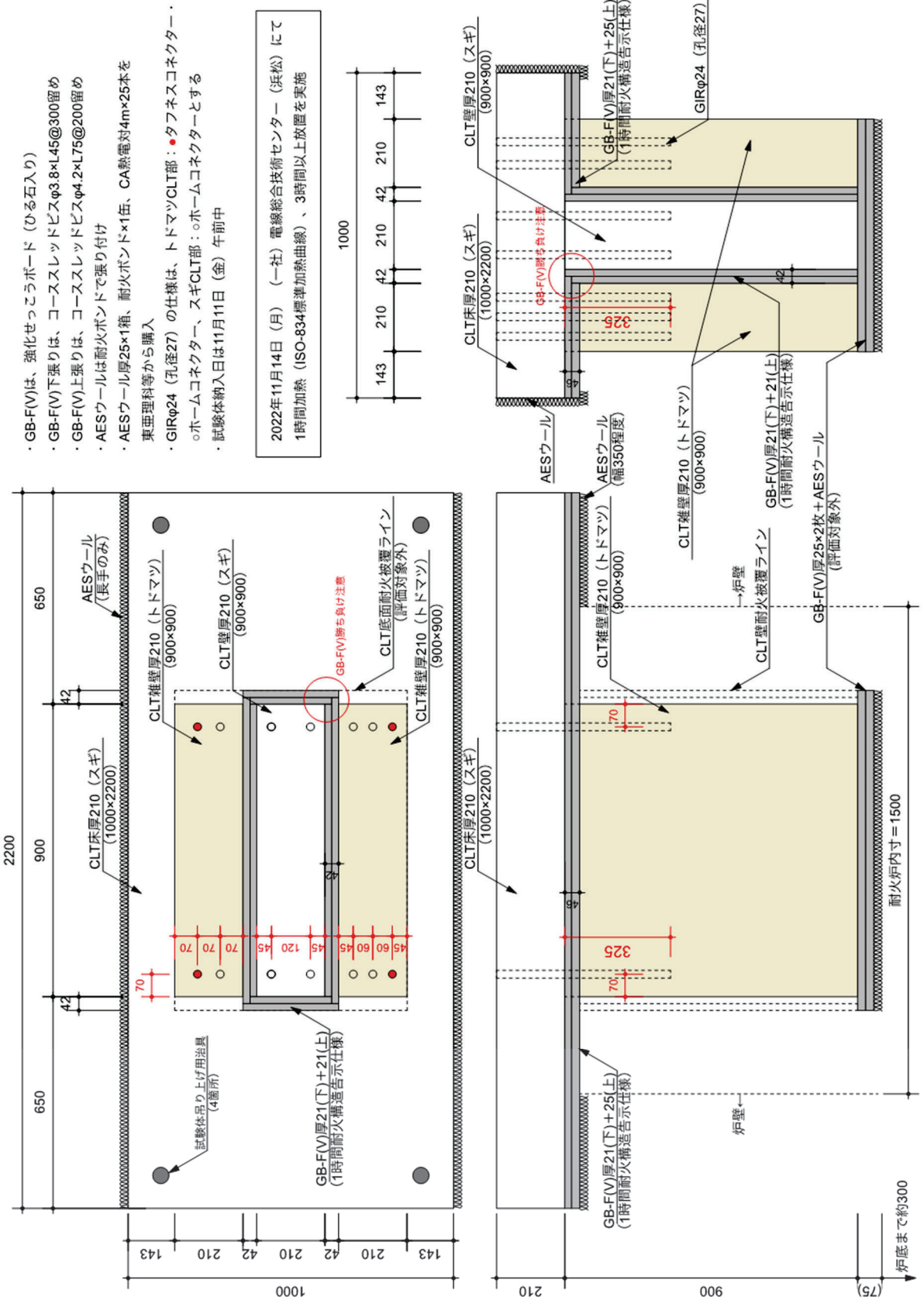
実験は、2022年11月14日(月)に、(一財)電線総合技術センター(静岡県浜松市)の中型複合炉を用いて、ISO834標準加熱曲線に準じた1時間加熱を実施し、その後、耐火炉内に放置した。試験体内部には、CA熱電対(Kタイプ)を30点配置して、各部の温度を計測するとともに、耐震要素(トドマツCLT)の燃焼性状を目視観察した。

### 4-3 火災安全性の評価

1時間耐火構造の壁・床に求められる耐火性能は、「非損傷性」である。国土交通大臣認定取得のための性能評価試験では、この非損傷性について、部材が座屈や曲げ破壊しないことに加えて、部材表面に炭化が生じないことが求められるため、本実験で下記の①～③を評価の基準とした。

- ① 主要構造部の壁・床の表面温度が木材の着火温度(概ね260°C)まで上昇しないこと
- ② 主要構造部の壁・床の表面に炭化痕がないこと
- ③ 耐震要素(トドマツCLT)が燃え止まり、残炎がないこと または、耐震要素(トドマツCLT)の燃焼は継続するが主要構造部の壁・床に防耐火上の悪影響を与えないこと





- ・GB-F(V)は、強化せこうボード (ひる石入り)
- ・GB-F(V)下張りは、コースレッドビスφ3.8xL45@300留め
- ・GB-F(V)上張りは、コースレッドビスφ4.2xL75@200留め
- ・AESウールは耐火ボンドで張り付け
- ・AESウール厚25x1種、耐火ボンドx1缶、CA熱電対4m×25本を  
東亜理料等から購入
- ・GIRφ24 (孔径27) の仕様は、トドマツCLT部：●タフネスコネクター  
○ホームコネクター、スギCLT部：○ホームコネクターとする
- ・試験体納入日は11月11日 (金) 午前中

2022年11月14日 (月) (一社) 電線総合技術センター (浜松) にて  
1時間加熱 (ISO-834標準加熱曲線)、3時間以上放置を実施

図4.1.1 : 試験体構成図

#### 4-4 実験結果

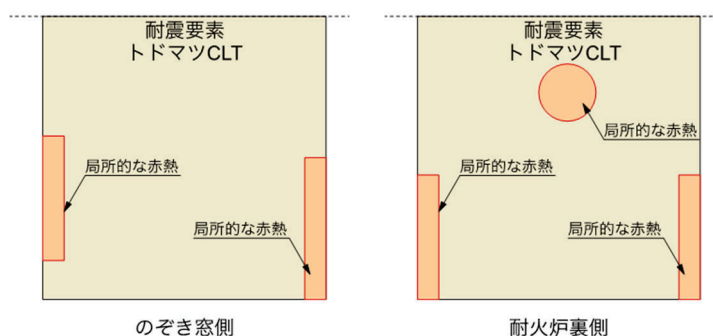
実験結果を表 4.4.1 に、実験後の試験体の様子を写真 4.4.1～4.4.3 に示す。ISO834 標準加熱曲線に準じた 1 時間加熱後、放置 5.5 時間の時点で試験体各部の温度が下降傾向を示し、表面の燃焼が有炎でなく局所の赤熱燃焼であることを確認したため脱炉した。

1 時間加熱終了後の炉内観察によると、加熱終了後約 20 分で耐震要素（トドマツ CLT）表面の火炎は消炎し、その後、耐震要素表面で赤熱現象が続いた。加熱終了後、約 3 時間で耐火炉の観察窓から見る限りは赤熱現象が局所に留まった。その際、炉内温度がほぼ常温（40—50℃）まで低下したため、耐火炉を開放して、赤熱現象の観察を容易にすることとした。放置開始 5 時間後に試験体内部の各部温度・炉内温度ともに低下し、再燃焼により主要構造部に悪影響を与えないと判断して脱炉した。

	主要構造部（スギCLT）			耐震要素 （トドマツCLT）
	壁		床	
	（一般部）	（隅角部）		
最高温度	102.6℃ (118分、熱電対②)	192.5℃ (107.5分、熱電対③)	982℃ (70分、熱電対④)	—
炭化の有無	なし	なし	なし	—
燃焼状況	燃焼なし	燃焼なし	燃焼なし	局所的な赤熱燃焼あり※ (燃え止まり部の炭化深さ40～50mm)

表 4.1.1 実験結果一覧

脱炉後、試験体表面を詳細に確認したが、耐震要素（トドマツ CLT）表面の赤熱現象は続いていたが局所に留まった（図 4.4.2）。



左) 写真 4.4.1 耐震要素の状況（表面・側面）

右) 図 4.4.2 1 時間加熱+5 時間放置後の局所的に赤熱していた部位（その他の部分は燃え止まりを確認）

主要構造部の壁・床の最高温度は、192.5℃（壁の角部）、98.2℃（床）であり木材の着火温度（概ね 260℃）を大きく下回り、脱炉後に壁の温度が 100℃を越えた主要構造部の壁表面を確認したところ、炭化痕はなかった。



写真 4.4.2 主要構造部の表面（炭化なし）

解体後に耐震要素（トドマツ CLT）を切断したところ、燃烧した深さが 40～50mm（210mm 幅のトドマツ CLT が 160～170mm 幅残存）であった。



写真 4.4.3 耐震要素の残存状況

#### 4-5 まとめ

本実験を実施して以下の知見を得た。

- ① 1時間耐火構造の耐火被覆を施した壁・床（樹種や規格を問わない）の両側に幅 210mm のトドマツ CLT の耐震要素を隙間無く配置した場合、耐震要素の燃烧が、1時間耐火構造の壁・床（H12 建設省告示第 1399 号の強化せっこうボードによる仕様）に与える影響はない。
- ② ただし、本実験では、耐震要素にトドマツ CLT を用いており、樹種が変更されると耐震要素の燃え止まり性状が変わる可能性が高いため、設計変更がある場合は、追加の検討を要する（ただし、既往の防耐火上の検討が実施されているカラマツは使用可能）。また、1時間耐火構造の耐火被覆を施した壁・床と耐震要素に隙間を設ける等、互いの配置状況が変わる場合も追加の検討を要する。

## 5 構造計画

本設計では 2 章の概要で触れたように被覆部材とあらわし部材をサンドイッチ状にして使用する。3 章の構造実験、4 章の耐火試験を踏まえて当初想定していた材料であるトドマツが問題なく使用可能であることを確認した。本章では実験の結果をもとに構造の考え方をまとめる。

### 5-1 構造計算ルート

構造計算ルートは限界耐力計算、CLT パネル工法のルート 3、CLT パネル工法のルート 2 があり得る（告示改正により 6 階建てもルート 2 で設計可能になった）。計算の手間と塑性変形時の安全性の確認等の観点からルート 3 を選択した。

### 5-2 構造上の特徴、方針

本計画は六本木通り沿いの渋谷二丁目交差点に面する変形狭小地に地上 6 階建ての飲食店＋事務所を用途とするビルの新築計画である。

- ・主体構造に CLT を用いた木質構造とし、地下室はない。
- ・木質構造の部分は、
  - ①耐火被覆を施す主要構造部の門型架構（以降、【主要構造部材】と呼称）
  - ②水平力のみを負担し被覆をしない門型架構（以降、【耐震部材】と呼称）とに区分される。
- ・不整形の敷地に合わせてホームベース型の平面形状をしており、各辺及び各辺に平行な位置に門型架構を配置することで水平力に抵抗する。
- ・鉛直荷重に対して、【主要構造部材】のみで必要な性能を満足することを確認する。
- ・【耐震部材】については、鉛直荷重を負担する場合、負担しない場合それぞれの場合にて構造耐力上の問題のないことを確認する。
- ・水平力は【主要構造部材】と【耐震部材】で抵抗するが、火災時に【耐震部材】が消失しても問題無いことを確認する。
- ・木質構造の仕口及び脚部は靱性を有する接合具（製品名：タフネスコネクター）を用いた GIR 接合とする。
- ・床板は CLT とする。床版はずれ防止のため、金物を配置する。
- ・EV まわりの鉄骨は壁パネルの座屈補剛に使用する。
- ・地盤は、ボーリングの結果から GL-15m 程度は軟弱であることが予想される。また上部躯体のプロポーシオンから引き抜き力に抵抗できる必要がある。そのため基礎形式は、引き抜きに抵抗可能なソイルセメント併用羽根つき鋼管杭を用いた杭基礎とする。
- ・解析には汎用解析プログラム midas iGen を使用する。



### 5-3 使用材料

本設計で使用する CLT を以下に示す。基本的な方針として【主要構造部材】はカラマツ、【耐震部材】はトドマツを使用する計画とする。

CLT基準強度		曲げ積層方向	曲げ幅方向	圧縮	引張	せん断幅方向	めりこみ
構成 (樹種)		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
S90-7-7 (カラマツ)	強軸	11.96	11.82	11.82	8.78	3.60	7.8
	弱軸	4.85	8.87	8.87	6.58		
S120-7-7 (カラマツ)	強軸	14.56	14.40	14.40	10.71	3.60	7.8
	弱軸	5.90	10.80	10.80	8.03		
Mx90-7-7 (トドマツ)	強軸	11.11	7.88	7.88	5.85	2.58	6.0
	弱軸	2.74	5.01	5.01	3.69		
Mx90-5-7 (カラマツ)	強軸	15.51	12.81	12.81	9.51	3.60	7.8
	弱軸	0.72	3.34	3.34	2.46		
Mx90-9-9 (カラマツ)	強軸	9.66	6.90	6.90	5.12	3.60	7.8
	弱軸	3.18	5.20	5.20	3.83		
Mx120-9-9 (カラマツ)	強軸	11.53	7.70	7.70	5.72	3.60	7.8
	弱軸	3.18	5.20	5.20	3.83		

### 5-4 荷重、外力

積載荷重は令 85 条より、事務室、百貨店、集会室（その他）を使用する。固定荷重は床版の構成から決定する。荷重採用値を以下に示す。

固定荷重	仕上荷重			床板躯体荷重		固定荷重計		積載荷重
	床荷重	天井荷重	仕上計	床厚	躯体重量	計算値	採用値	
	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	
1階床	1.10	0.00	1.10	0.200	4.80	5.90	<b>6.10</b>	d.商店
2階床	1.10	1.20	2.30	0.270	1.35	3.65	<b>3.80</b>	d.商店
3-5階床	0.60	0.80	1.40	0.270	1.35	2.75	<b>2.90</b>	b.事務室
6階床	0.60	0.80	1.40	0.270	1.35	2.75	<b>2.90</b>	f.集会室
陸屋根	0.80	0.80	1.60	0.270	1.35	2.95	<b>3.10</b>	m.屋上

地震による荷重を以下に示す。

階	層重量	層支持重量	分布係数	層剪断力係数	層剪断力	層に加わる外力	物体力係数
	Wi	Σ Wi	Ai	Ci	Qei	Pei	Qei/Wi
	(kN)	(kN)			(kN)	(kN)	
6階	1029	1029	2.16	0.42	434	434.2	0.422
5階	1068	2097	1.71	0.33	699	264.6	0.248
4階	1068	3165	1.46	0.29	904	204.8	0.192
3階	1068	4233	1.28	0.25	1061	157.3	0.147
2階	1068	5301	1.14	0.22	1176	114.6	0.107
1階	1108	6409	1.00	0.20	1252	76.2	0.069

## 5-5 モデル化

構造のモデル化は CLT マニュアルに準拠した。具体的には十分な剛性を持つ境界部材と壁パネル、垂れ壁パネル部材の剛性に応じた線材に置換し、金物による接合部には GIR に相当するバネを配置した。パネルゾーンは四辺を端部ピンの剛体で構成し、CLT の剛性に応じた板要素を配置することで、せん断変形のみ考慮するモデルとして軸変形は無視した。モデル化のイメージ図は以下の通りである。

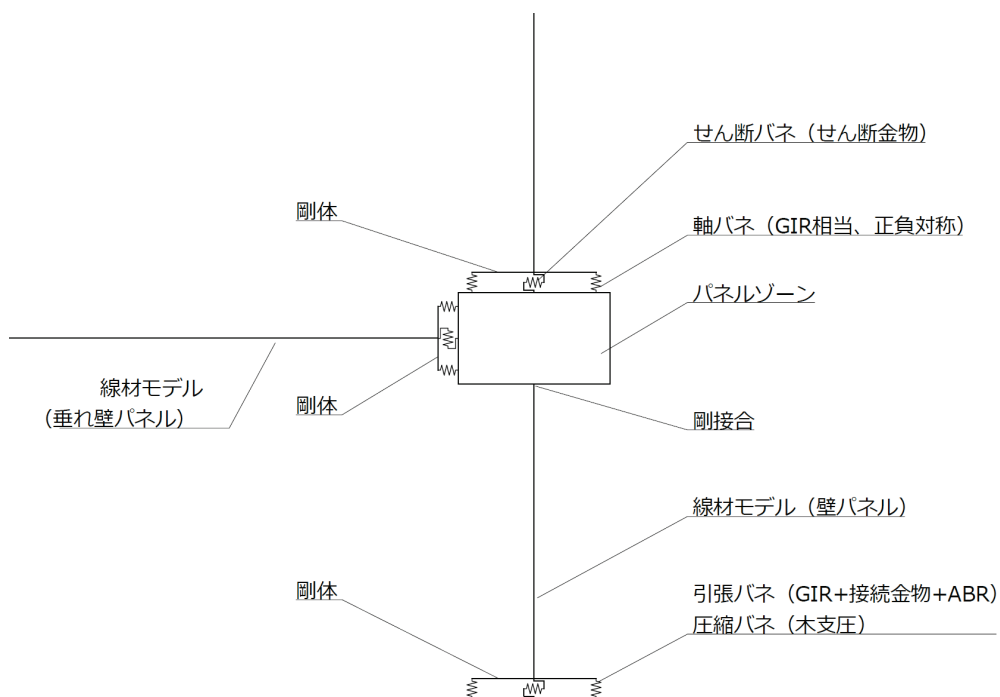


図 構造モデル化イメージ

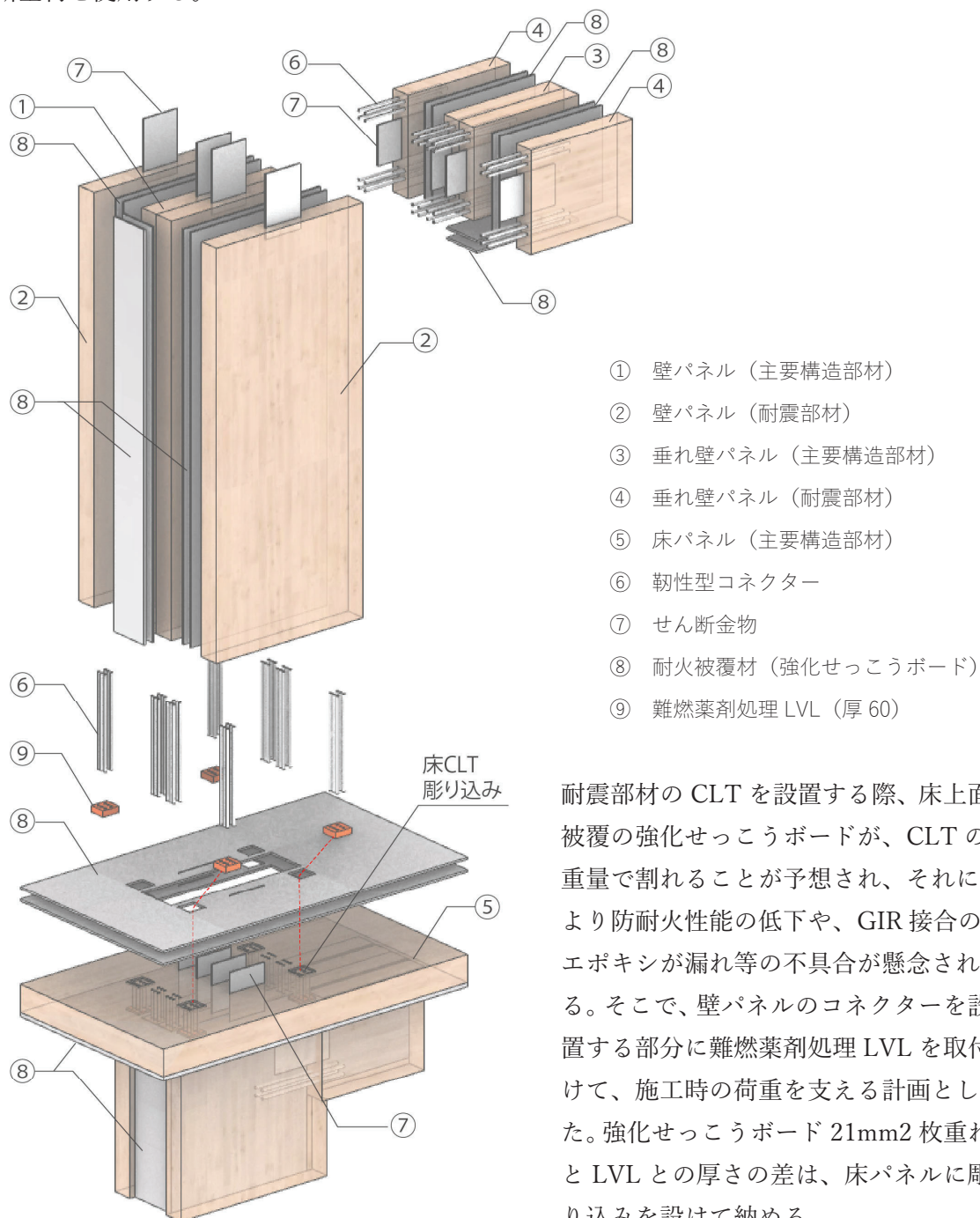
GIR 接合部の各バネの設定は GIR 接合具 1 本あたりの剛性に使用する本数を乗じることで算出する。実験により圧縮時の挙動を引張時の剛性、耐力から算出しても問題ないと判断した。210mm 厚の CLT の端部に  $2 \times 3 = 6$  本の接合具を挿入する計画として、解析ではパネルの枚数に応じて剛性を算定してモデル化を行った。以下に各パネル幅に応じた剛性と降伏点の表を示す。接合具はバイリニアモデルとして、二次勾配は解析に影響しない範囲で、できるだけ小さな値とした。

GIRバネ設定

構成	接合具1本あたりの剛性	接合具本数	接合部軸剛性	接合具1本あたりの降伏耐力	接合具本数	接合部降伏耐力
mm	kN/mm	本	kN/mm	kN	本	kN
210	60	6	360	60	6	360
420	60	12	720	60	12	720
630	60	18	1080	60	18	1080
840	60	24	1440	60	24	1440

## 6 接合部の納まり詳細

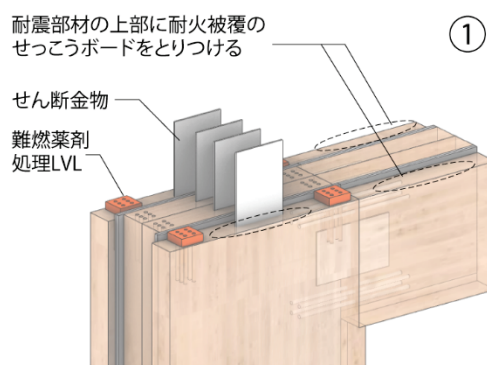
実証内容(3)に挙げた【耐火被覆された主要構造部材】と【無被覆の耐震部材】の接合部詳細について、具体的な例として、中央の門型フレームの接合詳細を以下に示す。中央の門型フレームは厚さ210ミリのCLTが4枚重なるタイプで、中央2枚が主要構造部材として耐火被覆され、その外側にすき間なく無被覆の耐震部材を配置する。接合部は、構造の要求性能である十分な靱性を持たせるため、金物部で先行降伏する靱性型コネクターとせん断金物を使用する。



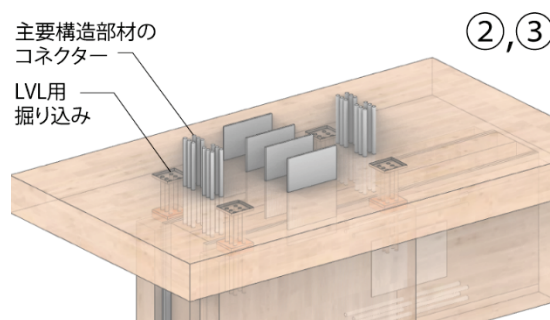
## 7 建て方手順の検討

実証内容（3）に挙げた施工手順について示す。耐震部材と主要構造部材を組み合わせる工程は複雑になるため、施工者へのヒアリングを行いながら、作業工程の検討を行った。

- ①下階の壁パネル上部にせん断金物を設置しておく。床パネル下での施工が困難であるためである。耐震部材の上には、薬剤処理 LVL および、耐火被覆のせっこうボードを取り付けておく。2枚のせっこうボードは継ぎ目が上下で重ならないよう配慮する。

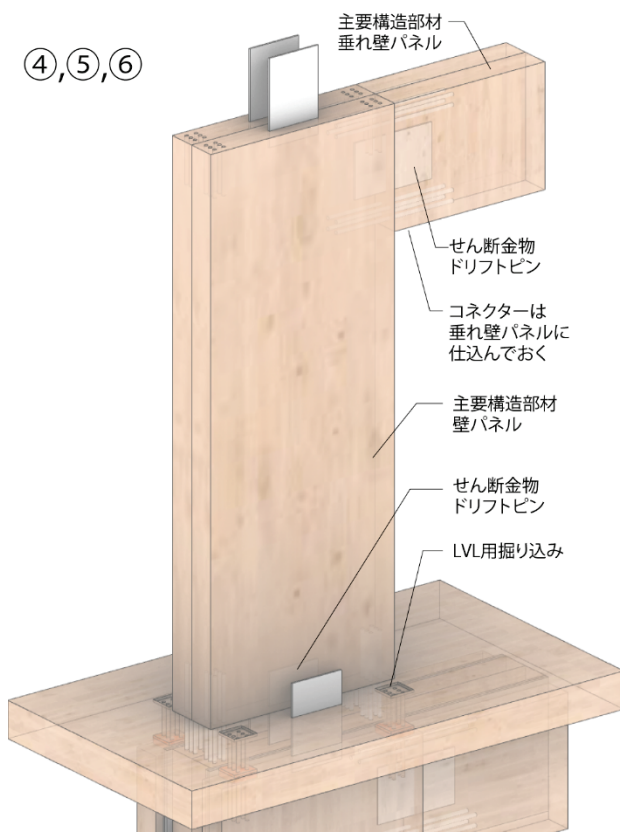


- ②床パネルを設置する。パネルの上下面にあらかじめ、薬剤処理 LVL 用の掘り込みを設けておく。掘り込み深さは LVL がせっこうボードより凹まないよう 17mm とする。



- ③主要構造部材を接合するタフネスコネクターを設置する。エポキシの注入は上階のフレーム施工時に行う。

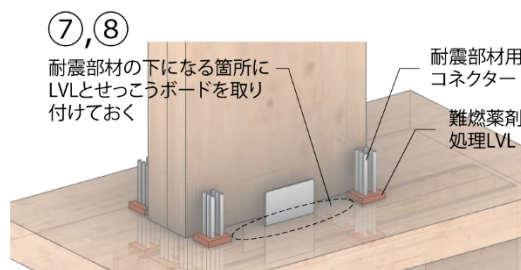
④,⑤,⑥



- ④主要構造部材の壁パネル設置する（上部にせん断金物を仕込んでおく）  
 ⑤主要構造部垂れ壁パネル設置する  
 ⑥主要構造部材のせん断金物にドリフトピン打ち



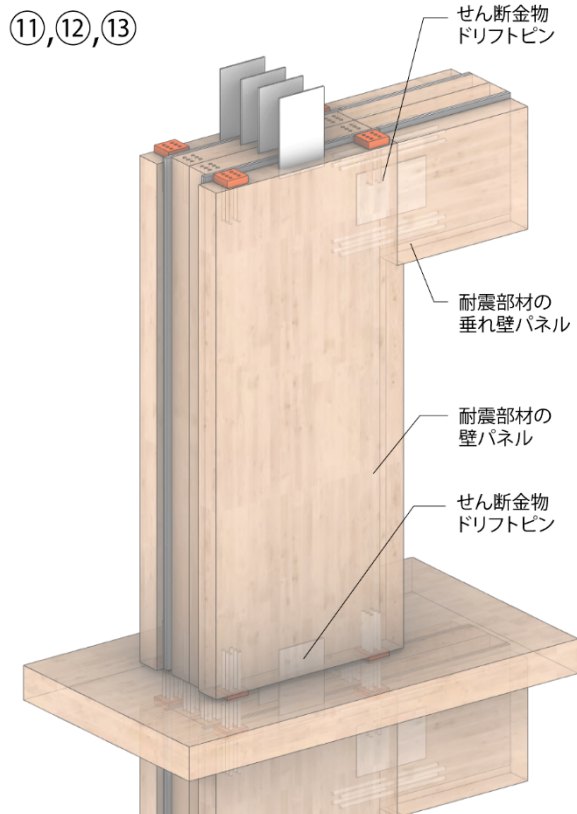
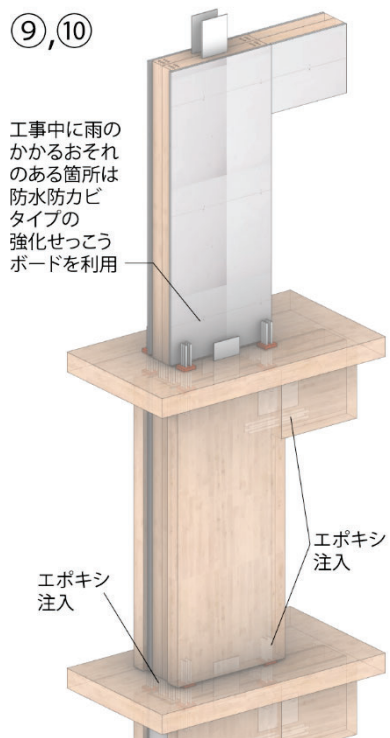
- ⑦ 耐震部材の壁パネル下になる部分に、薬剤処理 LVL および、耐火被覆のせっこうボードを取り付けておく。
- ⑧ 耐震部材の壁パネル用のコネクターを差し込む



- ⑨ 主要構造部材の、耐震部材と接する箇所を耐火被覆の強化せっこうボードで覆う。外壁工事までの雨養生を考慮し、せっこうボードは防水・防カビタイプを使用する。

主要構造部のタフネスコネクターのエポキシ注入は、壁パネル、垂れ壁パネルの小口面よりおこなう想定。

- ⑩ 下階の建て入れの最終調整を行う。この段階で、下階とその下の階との接合部にエポキシを注入する。



- ⑪ 耐震部材の壁パネルを設置する。上部にはせん断金物を仕込んでおく
- ⑫ 耐震部材の垂れ壁パネルを設置する。コネクターを仕込んでおく
- ⑬ 耐震部材のせん断金物にドリフトピンを打つ。

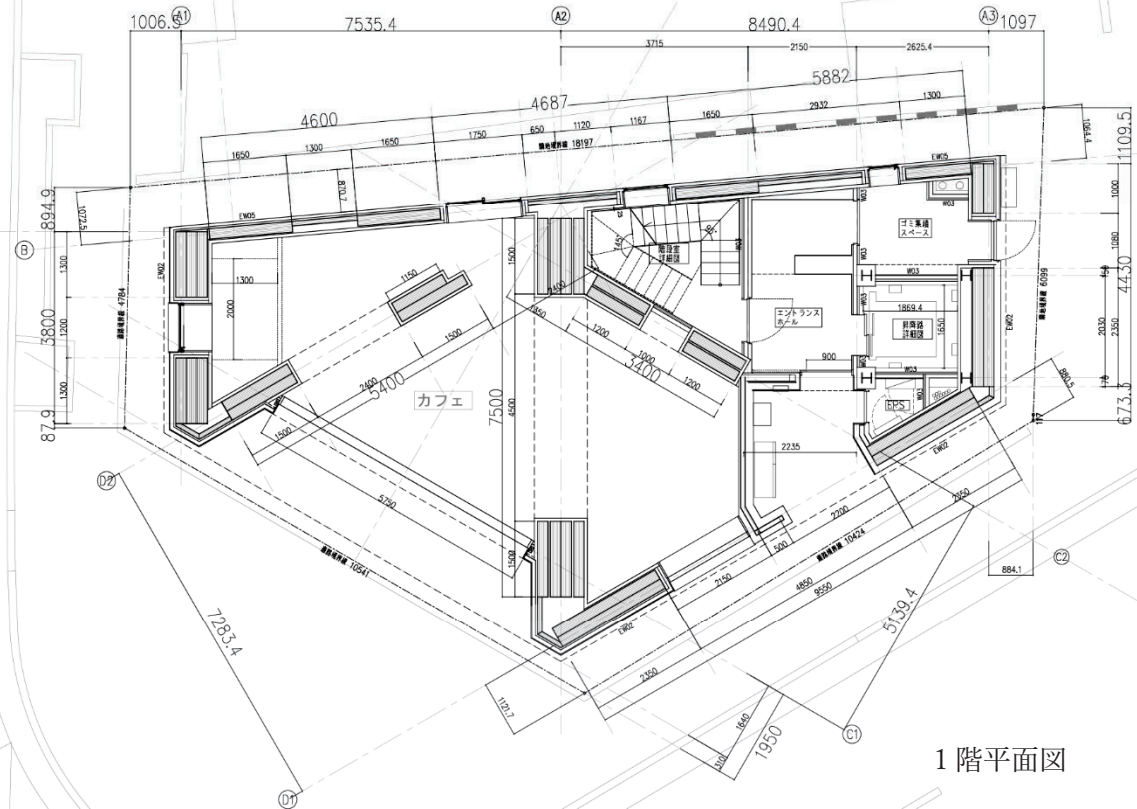
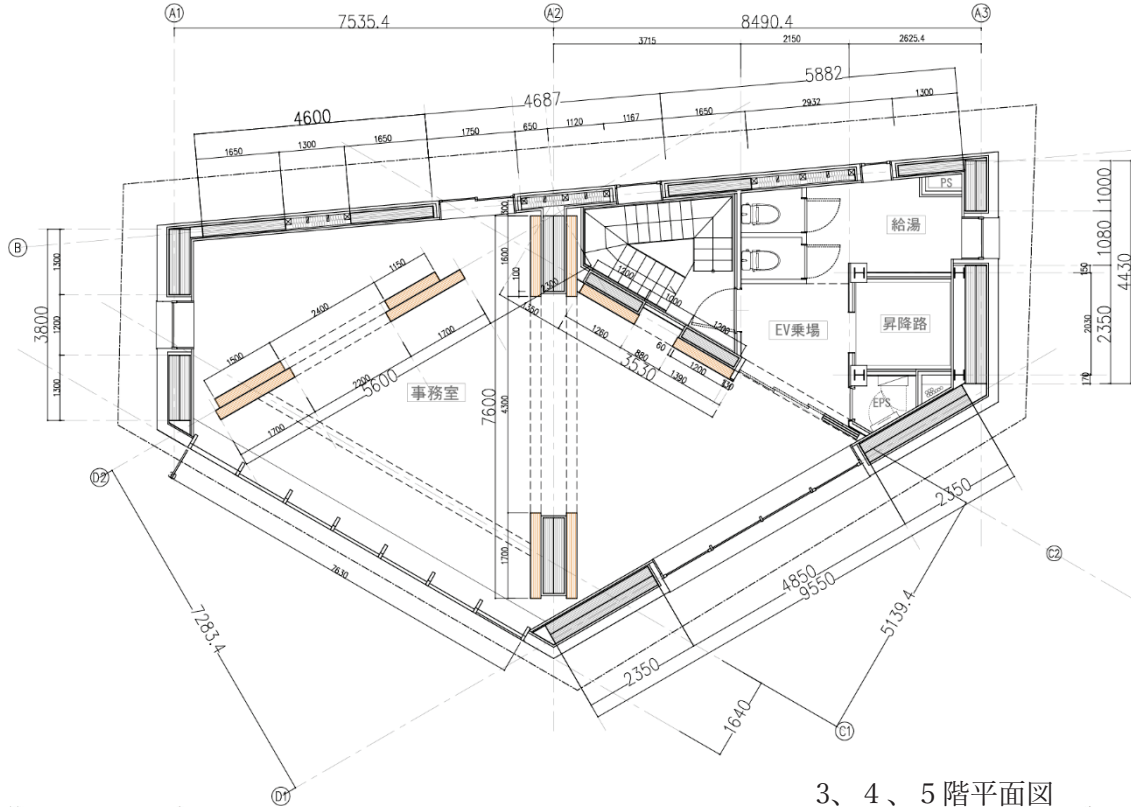
## 8 コスト比較

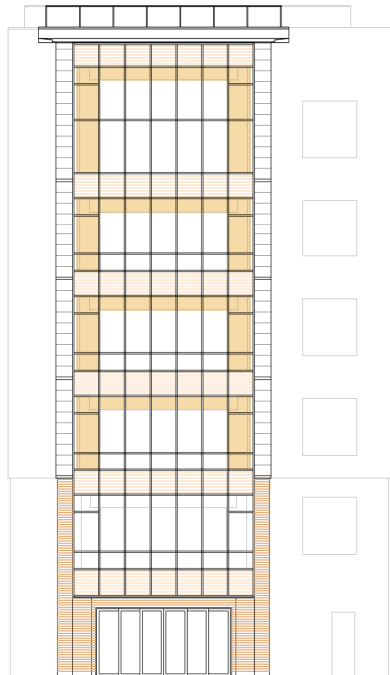
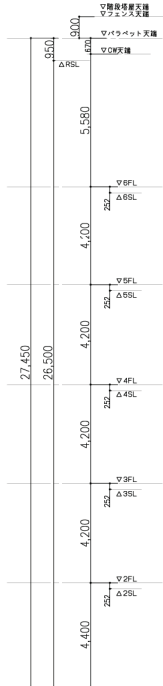
実証内容（４）に挙げた CLT パネル工法を用いた際と鉄骨造の場合との比較を示す。6 階建ての狭小敷地という条件を踏まえ、比較対象は鉄筋コンクリート造ではなく鉄骨造とした。仮に本敷地で鉄筋コンクリート造での計画をおこなう場合、建物重量が増し、杭本数を増やす必要があるが、境界付近での施工が困難であり、平面形状を小さくする必要が生じる。そこで同じ床面積を確保できる鉄骨造との比較をおこなった。本計画では、五角形の外周の各面に CLT の門型架構があり、躯体によって大部分の外壁が構成されるが、鉄骨造の場合はそれが無いため、100 ミリ厚の ALC にて外壁を構成するところまでを工事費として計上した。

狭小変形な当敷地で CLT パネル工法のビルを建設する場合、現場の施工計画が極めて重要である。CLT パネルを大きく使えば接合金物費を抑えられるが、施工の難易度が上がる。このあたりをどのように整理していくかが今後の課題である。

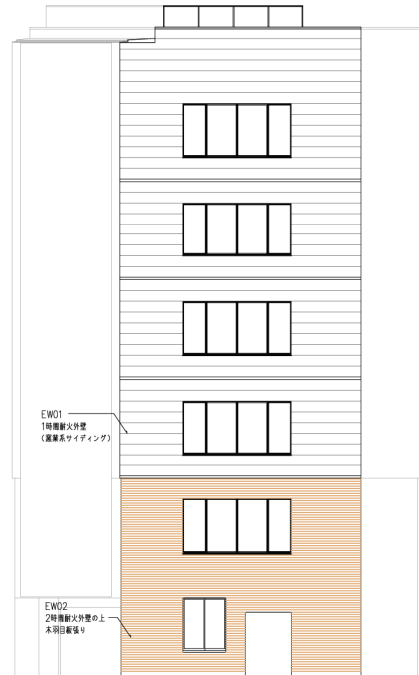
項目	木造		鉄骨造	
構造	CLTパネル工法		鉄骨ラーメン構造	
規模	6階建て		6階建て	
延床面積	633.89 m <sup>2</sup>		633.89 m <sup>2</sup>	
工程				
比較内容				
工事費	共通仮設	16,170,000	16,170,000	
	直接仮設	12,390,000	12,390,000	
	地業	11,300,000	11,300,000	
	土工事	5,940,000	5,940,000	
	コンクリート工事	3,080,000	5,080,000	
	型枠工事	2,320,000	2,320,000	
	鉄筋工事	3,390,000	3,890,000	
	木工事	331,200,000	0	
	鉄骨工事	6,950,000	81,340,000	75万/tonで計算
	外壁等	0	18,600,000	
	合計	392,740,000	157,030,000	
	m <sup>2</sup> 単価	619,571 円/m <sup>2</sup>	247,724 円/m <sup>2</sup>	
	坪単価	2,047,683 円/坪	818,729 円/坪	
	躯体寸法	主要柱	840x1500 (210x4枚)	□-450x??
主要梁		840x900 (210x4枚)	H-600x300	
イメージ				

9 設計図

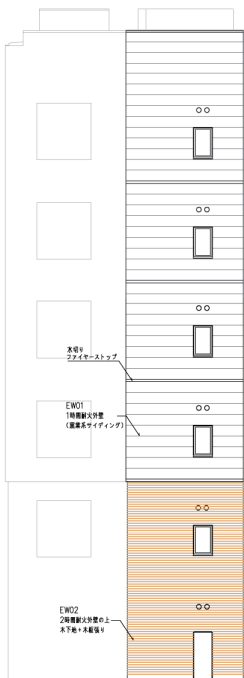
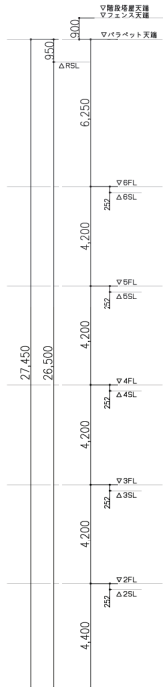




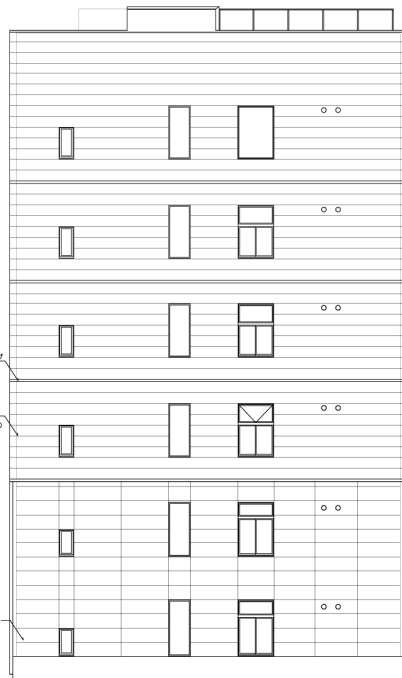
C1+1640立面



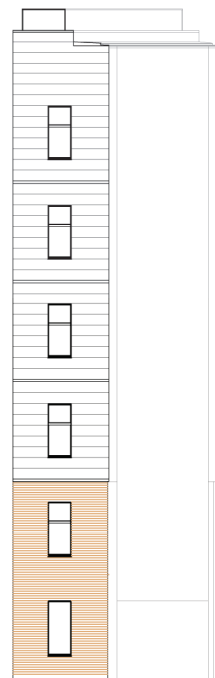
D1通り立面



A3通り立面



B通り立面



A1通り立面

立面図







## 2.11 個人／ANALOG（株）

事業名		東ヶ丘CLTアパートメント計画の建築実証		
実施者（担当者）		個人（ANALOG株式会社）		
建築物の概要	用途	共同住宅		
	建設地	神奈川県横浜市西区東ヶ丘45番1		
	構造・工法	CLTパネル工法		
	階数	3		
	高さ（m）	9.665		
	軒高（m）	8.885		
	敷地面積（㎡）	234.67		
	建築面積（㎡）	112.01		
	延べ面積（㎡）	248.49		
	階別面積	1階	82.83	
	2階	82.83		
	3階	82.83		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量 132.78㎡、建築物使用量 120.87㎡	
	壁パネル	寸法	90mm厚、150mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ、5層5プライ	
		強度区分	S60相当	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	7層7プライ	
		強度区分	S60相当	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	7層7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）		柱：スギ 梁：スギ 土台：スギ、ヒノキ	
	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		11.26 ㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.27～1.2）立て付け葺き	
		外壁	窯業系サイディング	
		開口部	アルミ樹脂複合サッシ	
	主な内部仕上	界壁	PB12.5×2+LGS（GW24K50mm）+CLT（90）+PB12.5×2	
		間仕切り壁	CLT現し、PB12.5mm+12.5mmの上クロス貼り	
		床	乾式二重床の上複合フローリング貼り	
	天井	CLT現し		
構造	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		引きボルト接合	
	最大スパン		4.00m	
	問題点・課題とその解決策		ダブルウォール工法において従来の金物ではビス打ちができないなど施工上の問題点があり、それをせん断金物D-32を用いてビス打ちの必要がない方法で試験施工を行った。	
防火	防火上の地域区分		準防火地域	
	耐火建築物等の要件		有り	
	本建築物の防火仕様		1時間準耐火	
	問題点・課題とその解決策		内装の木質化を進めるため、燃えしろ設計によるスラブ材とした	
温熱	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		外断熱仕様とすることで断熱性能を高めた。	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	ホームマット（90mm）、ホームマットネオ（90mm）	
		外壁	ネオマフォーム（35mm）	
床		スタイロフォーム（75mm）		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		上下階の遮音を確保する為、乾式二重床とした	
	建て方における課題と解決策		狭小敷地であったため3階躯体のみ建て逃げによる施工を行った	
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLTパネル製造段階から設備開口位置を指定し工場にて加工	
	劣化対策		無し	
工程	設計期間		2022年8月～10月（3ヵ月）	
	施工期間		2022年11月～2023年6月（8ヵ月）	
		CLT躯体施工期間	2023年1月下旬～2月中旬（3週間）	
	竣工（予定）年月日		2023年6月30日	
体制	発注者		個人	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		ANALOG株式会社	
	構造設計者		株式会社木構堂	
	施工者		株式会社白井組	
	CLT供給者		銘建工業株式会社	
	ラミナ供給者		銘建工業株式会社	

実証事業名：東ヶ丘 CLT アパートメント計画の建築実証

建築主等／協議会運営者：(個人)／ANALOG 株式会社

## 1. 実証した建築物の概要

用途		共同住宅		
建設地		神奈川県横浜市		
構造・工法		CLT パネル工法		
階数		3		
高さ (m)		9.665	軒高 (m)	8.885
敷地面積 (㎡)		234.67	建築面積 (㎡)	112.01
階別面積	1階	82.83	延べ面積 (㎡)	248.49
	2階	82.83		
	3階	82.83		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )		加工前製品量 132.78m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 120.87m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )		3.89 m <sup>3</sup>		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	90 mm 厚/3 層 3 プライ/S60 相当/スギ		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60 相当/スギ		
	床	210mm 厚/7 層 7 プライ/S60/相当/スギ		
	屋根	210mm 厚/7 層 7 プライ/S60/相当/スギ		
設計期間		2022 年 8 月～10 月 (3 カ月)		
施工期間		2022 年 11 月～2023 年 6 月 (8 ヶ月)		
CLT 躯体施工期間		2023 年 1 月下旬～2 月中旬 (3 週間)		
竣工 (予定) 年月日		2023 年 6 月 30 日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

都市部において共同住宅の木質化が進んできているが、CLT における実績はまだ少ないといえる。防火性、遮音性、施工性に優れる CLT を構造材として用いることで、都市部における共同住宅の木質化を一層推し進めるプロトタイプとして取り組む。また、CLT によるパネル工法は、設計及び施工 BIM との親和性が高いと考えられる。CLT の設計及び施工に BIM を用いることで、付加価値の高い CLT 建築を生み出すことが期待できる。

- (1) BIM を用い CLT パネル配置及び金物接合を 3D で可視化して確認することの効率性
- (2) CLT パネル壁式構造、共同住宅における壁配置の効率化と居住スペースの有効化
- (3) CLT 床パネルにおける遮音性能を重量衝撃音をベースに検証
- (4) RC 壁式構造に対し軽量である CLT 壁式構造の杭及び基礎工事におけるコスト比較



### 3. 協議会構成員

- (建築設計) ANALOG 株式会社：池田暢一郎、伊藤沙耶
- (構造設計) 株式会社 木構堂：渡邊須美樹、伊藤次郎
- (施工) 株式会社 白井組：白井崇雄、飯村吉之、檜脇卓也
- (原木供給) 銘建工業株式会社：樋口民生、鈴木伊織、近藤舞雪
- (材料) 銘建工業株式会社：樋口民生、鈴木伊織、近藤舞雪

### 4. 課題解決の方法と実施工程

#### 【設計及び施工の BIM 活用】

- ・基本及び実施設計を通して、BIM モデルによる意匠、構造検討を行い、設計図書も BIM モデルを用いて意匠図を作成し、適正 BIM モデル運用を行うことができた。
- ・施工においては、CLT の番付を BIM モデルと連動させたうえで QR コードを発行し、その QR コードを CLT のパネルに貼ることで、CLT 建て方時に BIM モデルで CLT の配置確認及び実証を行った。

#### 【壁配置の効率化と居住スペースの有効化】

- ・壁量が不足することが予想された建物短辺方向にダブルウォールを適宜配置し、壁量を補いながら居住区間を有効に設けることができた。
- ・ダブルウォールの施工において、コの字型金物ではビス打ちができない。その解決策として D-32 金物をせん断金物として代用する実証を行い、当該箇所における金物施工法を編み出した。

#### 【実建物での CLT の床遮音測定】

実験レベルで既に性能確認された床仕様を、実際の建物で検証することを目的として実験を行った。ただし遮音性能試験は上棟後の躯体に、実際に施工する2重遮音床とフローリングを貼ったのみの状態で行っている。そのため、本実証においては躯体完成時の遮音性能の検証を行うこととした。

#### <協議会の開催>

- 2022 年 9 月：第 1 回開催、着工前確認
- 10 月：第 2 回開催、CLT 製作図進捗確認、現場調整
- 11 月：第 3 回開催、工事工程確認、CLT 製作における質疑応答、  
BIM による検証の進捗報告
- 12 月：第 4 回開催、CLT 建方の確認
- 2023 年 1 月：第 5 回開催、実証事業の取りまとめ検討

#### <設計>

2022年 8月:実施設計  
8月:構造設計  
9月:建築確認申請

#### <施工>

2022年 10月:工事契約  
11～12月:着工、基礎工事  
2023年 1～2月:木工事  
3月:外装工事  
4月:内装工事  
2023年 3～4月:設備工事

#### <性能確認>

2023年 2月 15日:床遮音測定試験

### 5. 得られた実証データ等の詳細

#### 1. 床衝撃音遮断性能測定結果報告書

実験レベルで既に性能確認された床仕様を、実際の建物で検証することを目的として実験を行った。ただし遮音性能試験は上棟後の躯体に、実際に施工する 2重遮音床とフローリングを貼ったのみの状態で行っている。そのため、本実証においては躯体完成時の遮音性能の検証を行うこととした。

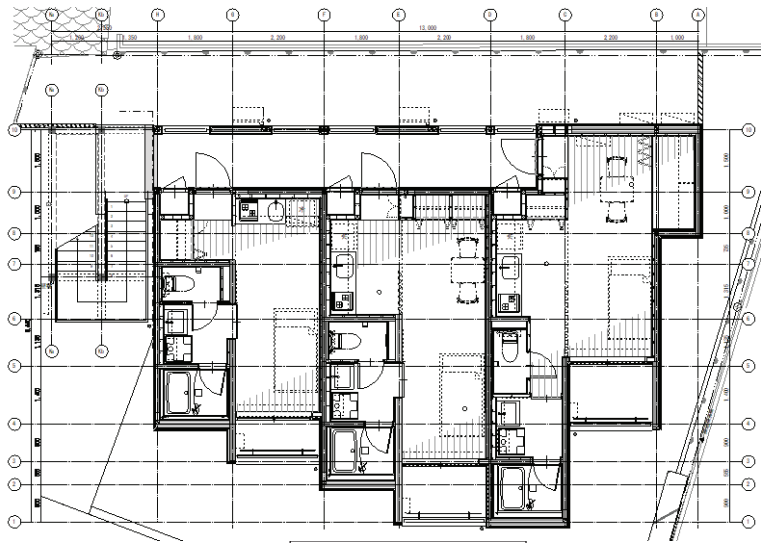
### 6. 本実証により得られた成果

- ・CLT の設計及び施工に BIM を用いることで、合理的で視覚的にわかりやすい設計並びに施工を進めることが可能になると考えられる。
- ・ダブルウォール工法においてネックとなっていたせん断金物の取り付けにおいて、新たな手法を実証したことにより、ダブルウォールを用いて空間を有効活用することに弾みがつくことが期待される。
- ・これまで大版 CLT パネルの搬入及び施工が難しいと考えられていた、都心部の狭小敷地においても CLT の施工が可能であることの裏付けを得ることができた。
- ・フル CLT パネル工法と RC 造のコスト比較をし、メリットとデメリット双方を明らかにすることで、今後フル CLT パネル工法を用いる際の参考となるコストデータを提供できた。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



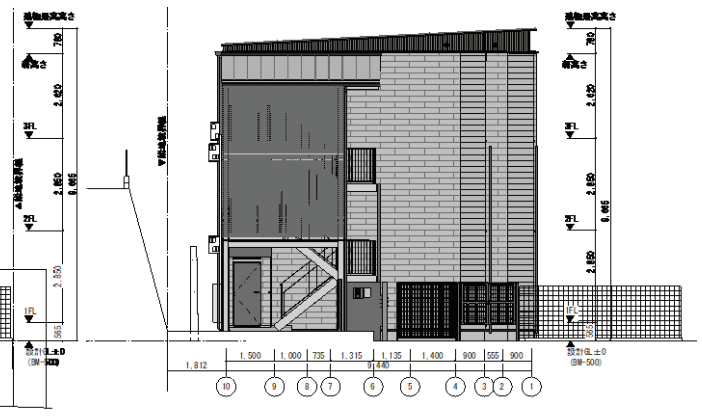
完成イメージパース



平面詳細図



西立面図



北立面図



建方完成後の内部写真

## 1. 構造計画

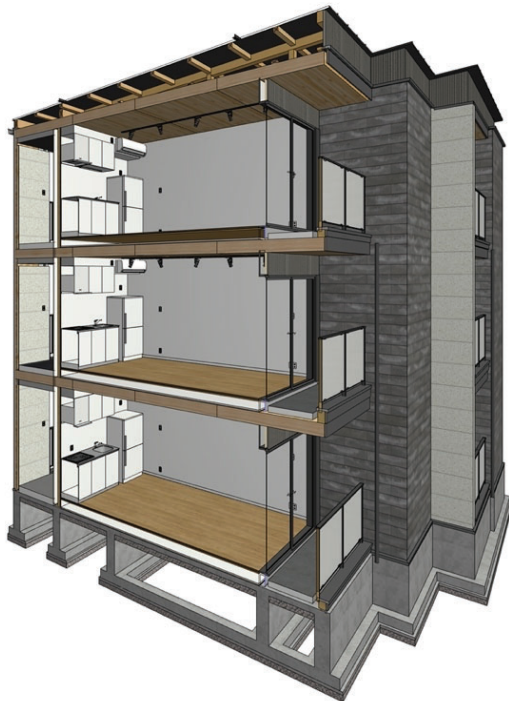
本建物は CLT パネル工法による木造 3 階建共同住宅（木三共）である。

床、壁、屋根の全てを CLT で構成したフル CLT 構造としており、構造計算はルート 1 として構造設計を行った。

CLT 材は壁が 90mm（化粧表し部は 150mm）、床スラブは 210mm（構造 150+燃えしろ 60mm）のスギ材を使用している。使用しているスギ材は全て国産で、産地は高知、熊本、岡山である。

表 1 主な仕様材料一覧

部 位	構成材料	仕 様
壁	CLT	S60 相当、3 層 3 プライ、厚さ 90mm、スギ
壁	CLT	S60 相当、5 層 5 プライ、厚さ 150mm（燃えしろ 60mm）スギ
床	CLT	S60 相当、7 層 7 プライ、厚さ 210mm（燃えしろ 60mm）スギ
屋根	CLT	S60 相当、7 層 7 プライ、厚さ 210mm（燃えしろ 60mm）スギ
梁	集成材	E65-F225、スギ
柱	集成材	機械等級 E70、スギ
土台	集成材	機械等級 E90、ヒノキ





## 2. 実証事業内容

### 2.1 CLT パネル工法の設計及び施工における BIM の採用

#### 設計における BIM 活用

企画設計段階から BIM モデルによるスタディーを行い、基本及び実施設計を通して BIM モデルから全ての設計図面及びパースを作成した。BIM モデルは構造設計者から提示された CLT パネル割付に基づいて全て 3D モデルで作成し、建築的な納まりや設備配管との整合等を検証した。

本物件はフル CLT 構造としたため、壁量とそのバランスを確保するために多くの時間を費やした。また共同住宅に求められる間取りと壁の配置には細心の配慮が求められた。それらの問題を解決するために、BIM の 3D モデルに CLT 壁を配置しながら空間検証を行い、構造設計に反映させるという作業を繰り返し行った。

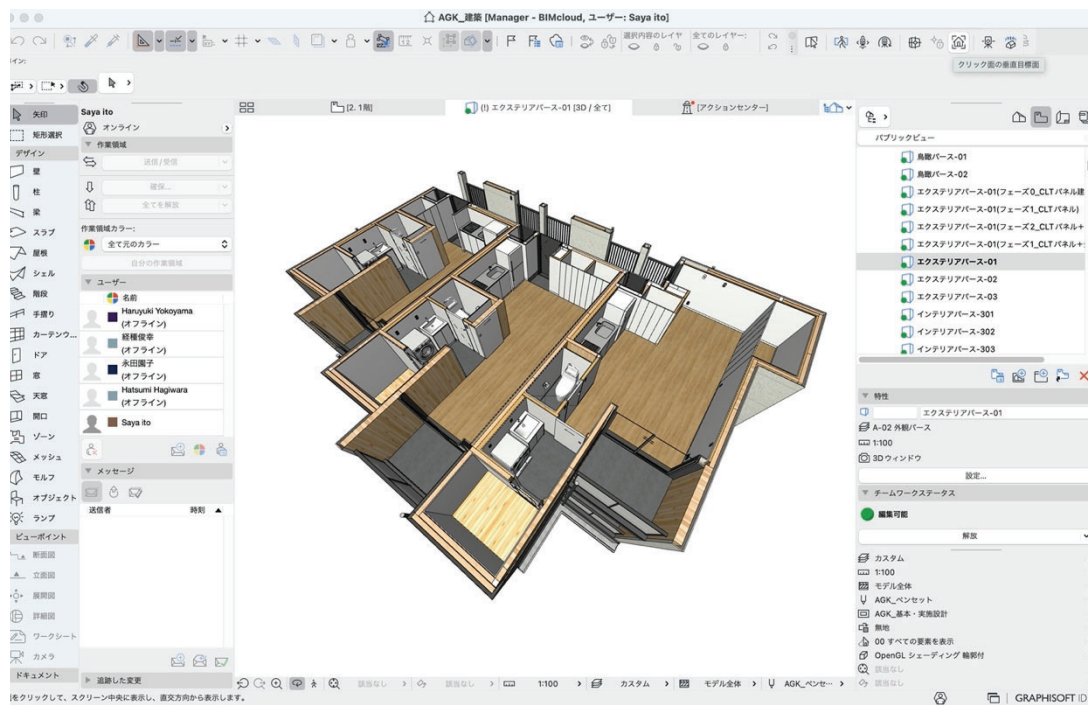


図) 住戸の平面カットモデル：X 方向と Y 方向における壁量とバランスを確保するためにユニットバスなどの水回りをバルコニー側に配置

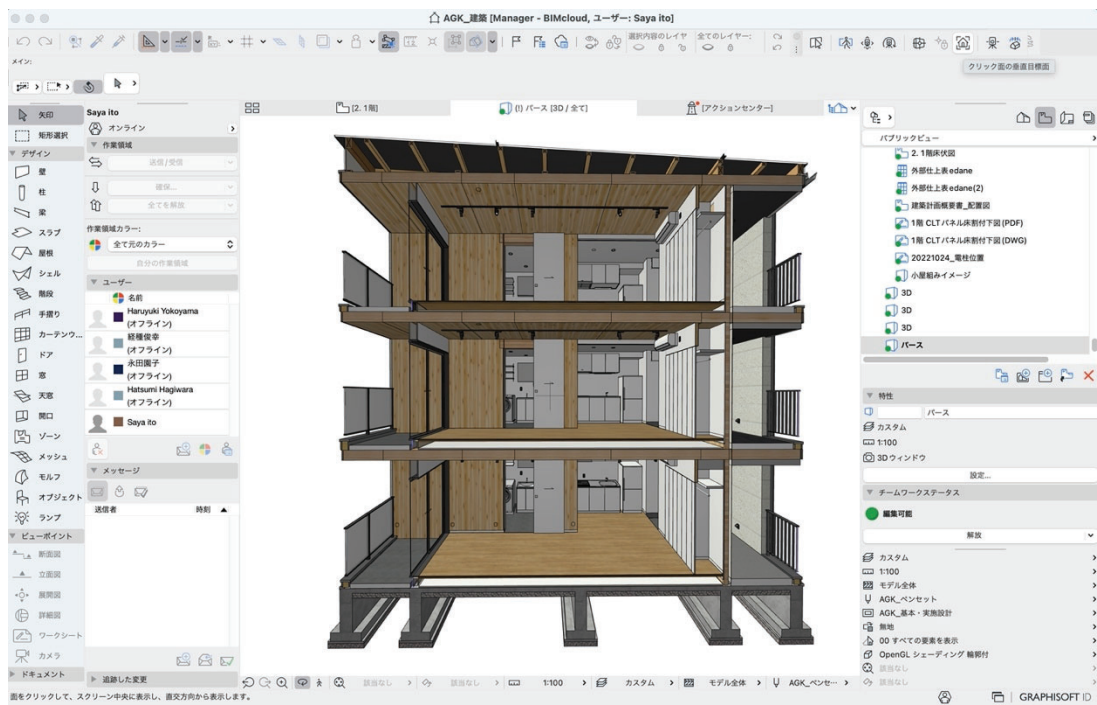


図) 断面カットモデル：床下の排水経路や天井裏の換気ダクトルートを確認できているかの検証を BIM モデルで確認



図) 外観レンダリングパース：3D モデルに実際使用する仕上げ材を貼り付けながら、外装において CLT 現しにする部位を決定



図) 内観レンダリングパース：CLT 現し部の見え方について照明効果をシミュレーション



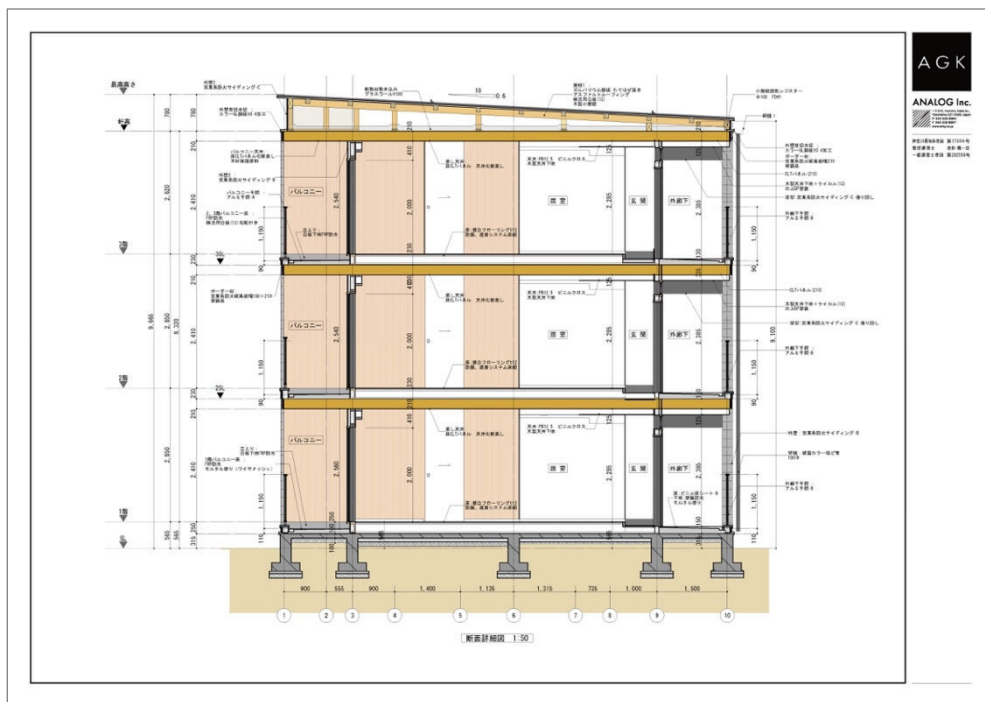
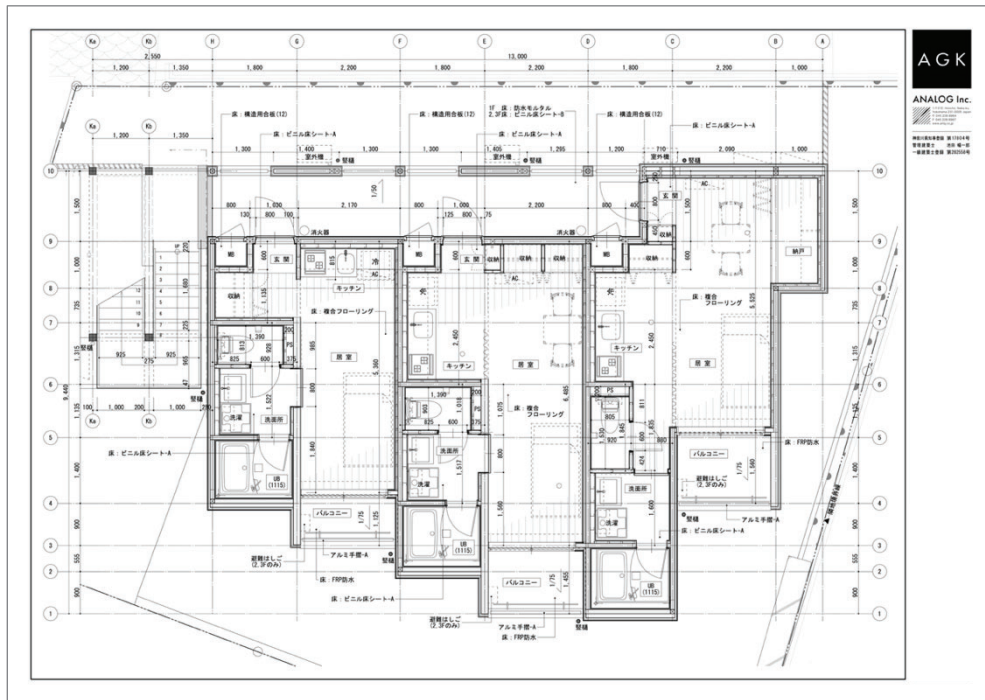


図) 上段：平面詳細図、下段：断面詳細図

平面・立面・断面図などの一般図から、平面詳細図・断面詳細図・建具表などの詳細図まで含めた図面の全てを BIM モデルから生成して作成。

それにより 3D モデルに加えられた CLT 配置の変更がリアルタイムに図面に反映され、納まりの検証等をスピーディーに行った。



## 施工における BIM 活用

CLT 製作を担当する銘建工業より入手した CLT 製作図及び番付表の情報を、全て BIM モデルに取り込み、3D モデルに CLT の製作番号を全て割当てた。金物まで再現した 3D モデル内の CLT パネルに製作番号を割り当て、デジタル上にバーチャルな CLT 建物モデルを作成した。そしてそのモデルを利用して施工者が建て方の順番や、ラフタークレーンを配置するなどの施工計画を立てる際に活用出来るようにした。



図) 施工用にリメイクした BIM モデル

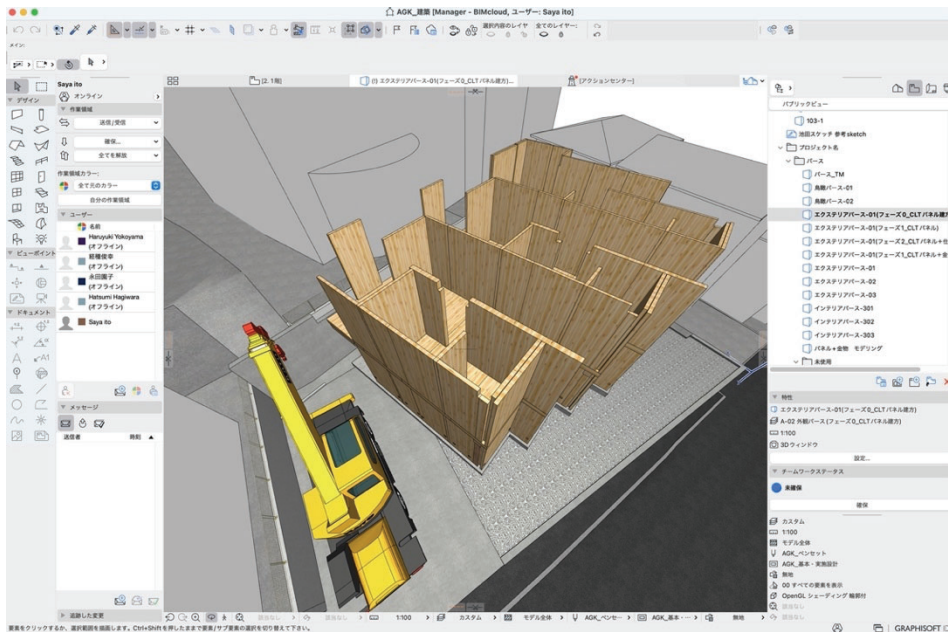


図) 設計時に作成した CLT の BIM モデルに、CLT 製作図の内容や現場の揚重計画を反映させ施工 BIM として活用

3D モデルに割り当てた番付と符号した QR コードを発行し、実物の CLT パネルに貼り付けた。スマートフォンやタブレットのカメラでその QR コードを読み取ると、デバイス内の BIM アプリが立ち上がり、その CLT パネルが建物のどこにあるのかを 3D モデル上でハイライト表示する仕組みである。

1009-W1		AGK_CLT_相番データ_BIMx	D564304C-D03B-7E40-8B54-33F686F7E6CF	1018-W1		AGK_CLT_相番データ_BIMx	6F3EB64D-61EA-4241-9C90-64DFA340F08A
	1009-W1				1018-W1		
1010-W1		AGK_CLT_相番データ_BIMx	DD84EEEF-9561-C445-B43B-CF84B79BD25E	1019-W1		AGK_CLT_相番データ_BIMx	DA4594E0-90A5-3D4D-9754-563D126F5782
	1010-W1				1019-W1		
1011-W1		AGK_CLT_相番データ_BIMx	2DF6B9EF-1452-A743-BFF3-25D267346A5B	1020-W1		AGK_CLT_相番データ_BIMx	9B21FC9D-5011-BE43-B059-C5766D55F0B9
	1011-W1				1020-W1		

図) CLT の番付を BIM モデルのユニーク ID と紐付



写真) 発行した QR コードを防水性のあるラベルシールにプリントしそれらを CLT 加工工場において貼りつけている様子

今回導入したこの仕組みを用いて、CLT を中継ヤードに搬出入する際や建て方を行う際に、CLT の順番が正しく置かれているかどうかを確認した。通常は図面に書かれた番付で CLT の配置場所を確認するが、この仕組みを用いれば図面を開くことなく瞬時に CLT の配置場所を確認することができる。



写真) 中継ヤードに運び込まれた CLT パネルの積載順を BIM モデルで確認している様子

## 2.2 CLT パネル壁式構造における共同住宅の壁配置効率化と居住スペースの確保

本物件は1部屋が24㎡～33㎡の1DKを敷地形状に合わせた雁行型のレイアウトとし、町並みに対して豊かな表情を作り出す計画としている。そのようなプランでは、耐力壁の配置が偏るため、CLTパネル工法に不向きと捉えられていた。今回は課題を解決するために、2枚のCLTパネルを重ねて配置し、1枚分の壁の長さで倍の壁量を稼げるダブルウォール工法を採用した。

そのことによりCLTパネル工法でも、田の字形以外のプランニングを成立させることが可能であることが立証された。今後計画される同様の建物や、老健・宿泊施設といった類似用途においても、間取りの自由度を確保したCLTパネル工法による建築が可能になると考えられる。

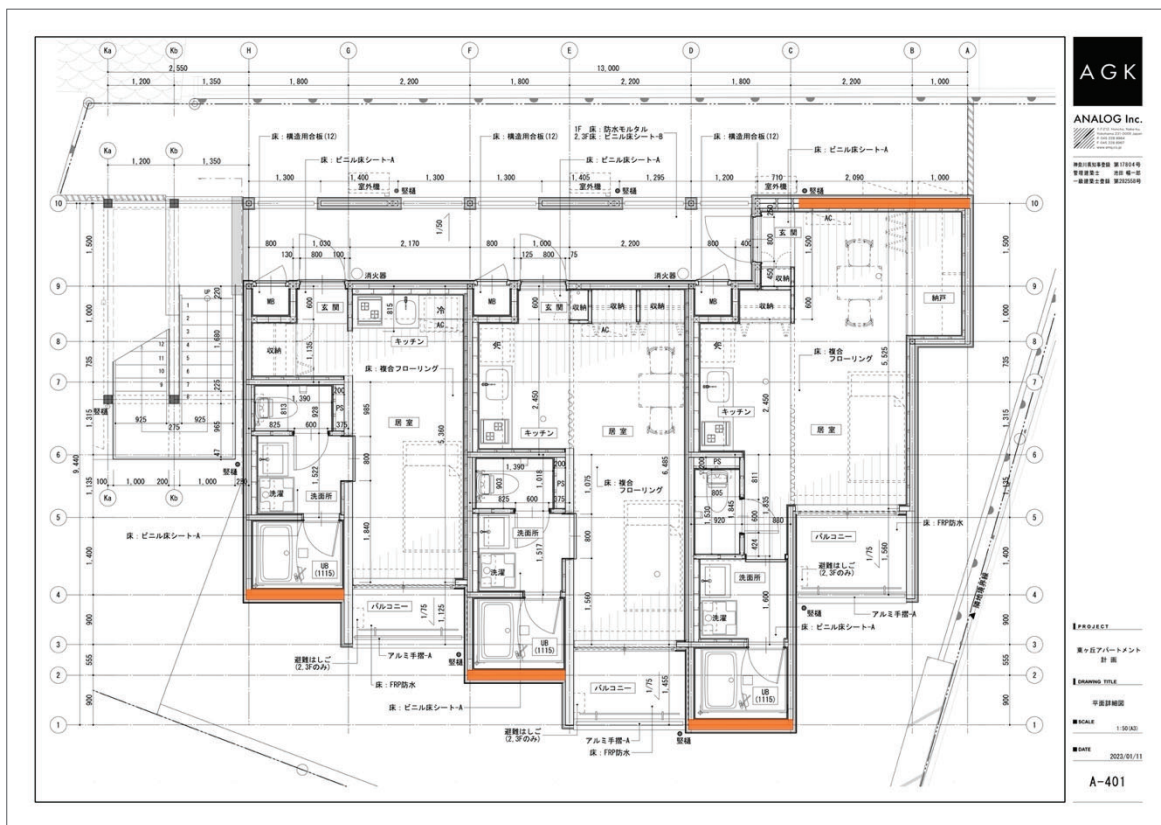


図) 平面におけるダブルウォールのレイアウト (オレンジ色)

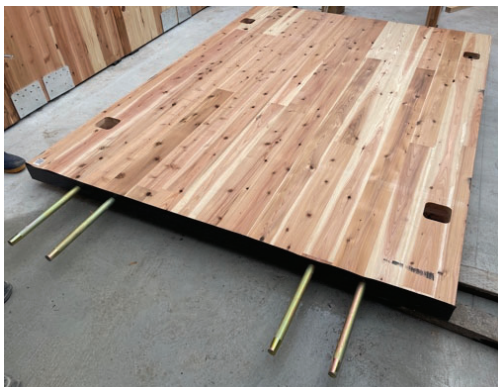
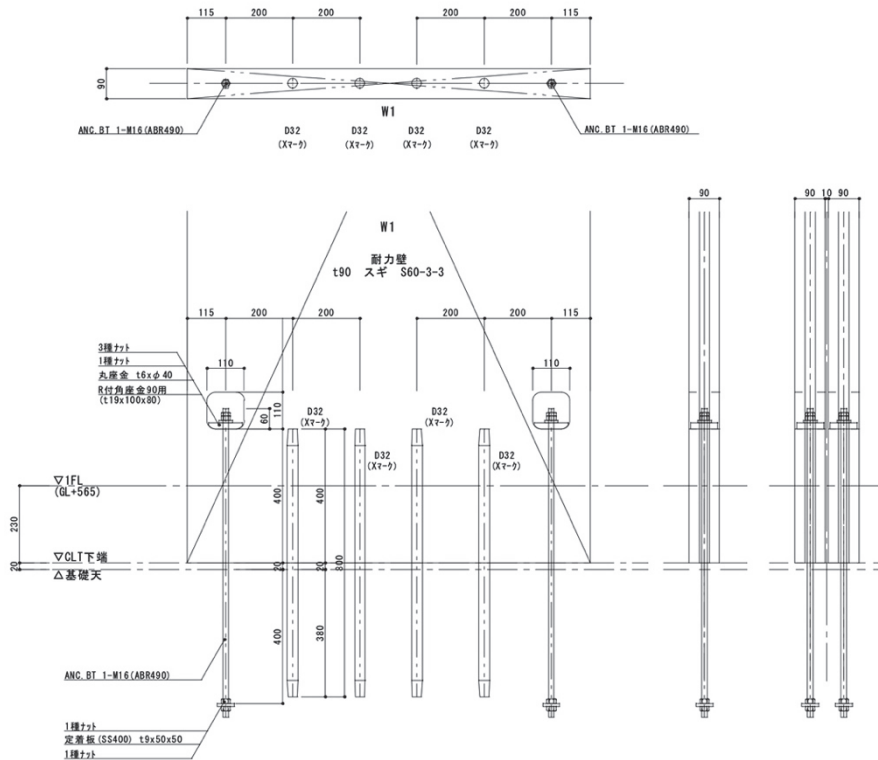


## ダブルウォールのせん断金物

ダブルウォール工法とする場合、従来のコの字型せん断金物を用いるとビス打ちができないという問題点があった。今回の建築実証ではそのような課題を解決するために 2 種類のダブルウォール金物を用いて、設計及び施工実証を行った。

### ■せん断金物 D-32 を用いた実証

- ・せん断金物 D-32 を建て込み前の壁パネル下部に取り付け。
- ・基礎に設けたホールに挿入。
- ・ホールとせん断金物 D-32 の隙間は、建て方後にセルフレベルング材を流し込み固定。



上段) せん断金物 D-32 を用いたダブルウォールの部の施工図

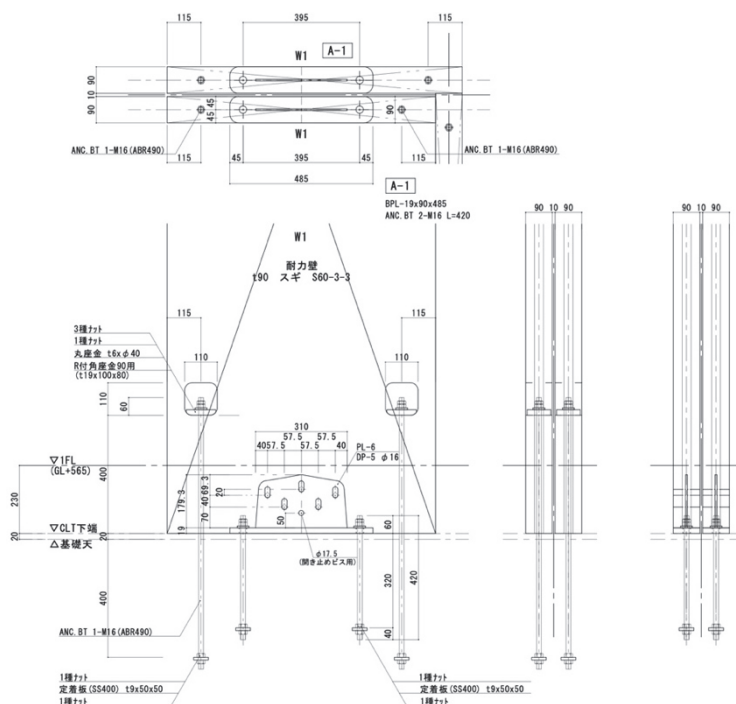
下段写真左) 建て込み前にせん断金物 D-32 を取り付けた様子

下段写真右) 基礎に設けたせん断金物 D-32 を差し込む様子



■せん断金物「A-1」を用いた実証

- ・ 銘建工業が独自に開発した、プレート型のダブルウォール用せん断金物



上段)「A-1」プレート型金物の施工図

下段写真左) 建込み前に基礎に取り付けた様子

下段写真右) ダブルウォール内側のパネルを差し込んだ様子

計画当初はダブルウォールと基礎を緊結するせん断金物をすべてを「D-32」で試験採用する予定であった。しかし施工段階において、地中梁の主筋や定着筋と干渉する部位が多数発生したため、⑩通りのみの試験施工とし、その他の部位は銘建工業が開発した「A-1」をせん断金物として採用した。せん断金物 D-32 によるダブルウォールの施工を行う際は、設計の際に予め地中梁の幅に余裕をもたせる措置が必要になるということが、今回の実証において確認された。

### 2.3 施工 CLT パネルの搬入レポート

本物件の敷地は以下のような都心特有の難条件が重なる敷地である。

- ・ 横浜都心部の丘陵地
- ・ 住宅密集地域（第1種住居地域）
- ・ 狭小で異型の敷地（約 237 m<sup>2</sup>／台形）
- ・ 狭い前面道路（横浜市狭隘道路に指定された道幅 3.8mの道路）

通常の CLT 施工の様に、大型トラックを敷地に横付けして荷降ろしができない場所であったため、事前に入念な搬送及び建て方施工計画を立て実行した。

搬送計画においては、以下のような施策を実行した。

- ・ 敷地から 6kmほど離れた横浜市保土ヶ谷区に CLT の中継ヤードを確保
- ・ 岡山の CLT 工場 → 郡山の加工工場までは 20 t トレーラーで搬送
- ・ 郡山の加工工場から保土ヶ谷の中継ヤードまでは 15 t トラックで搬送
- ・ 保土ヶ谷中継地点 → 横浜市西区の敷地までは 3～4 t トラックでピストン搬送

各トラックの標準寸法は以下の通りである。

- ・ 20 t トレーラー：2,400w × 11,500L
- ・ 15t トラック：2,400w × 9,500L
- ・ 3/4t トラック：2,200w × 6,200L



写真) 前面道路から建て方時の敷地を見た様子

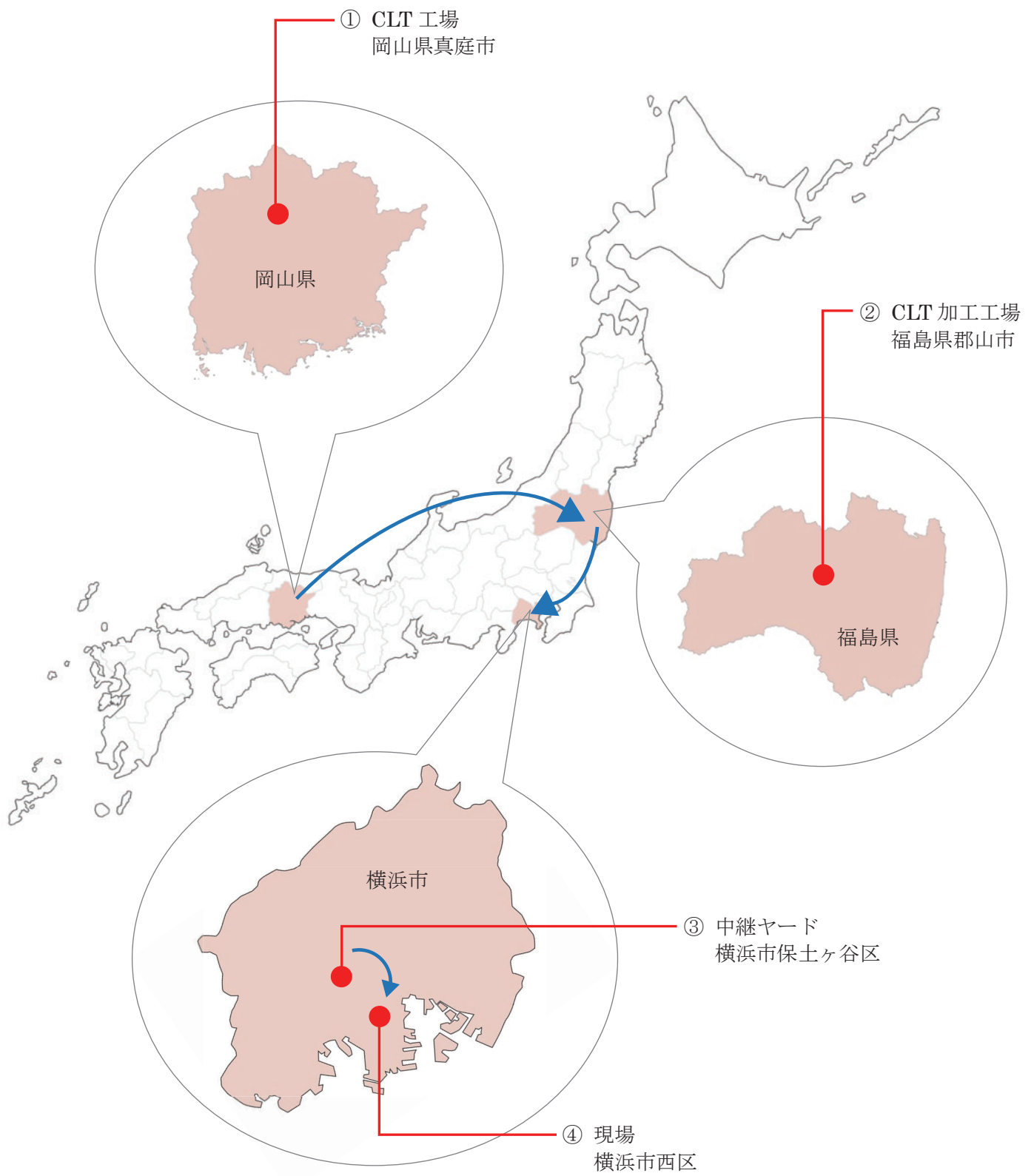


図) 今回使用した CLT パネルの移動経路





写真) 銘建工業の CLT 工場  
岡山県真庭市



写真) 銘建工業協力先の加工工場  
福島県郡山市



写真) 横浜市内の中継ヤード  
横浜市保土ヶ谷区



写真) 4t トラックによる敷地への搬入  
横浜市西区

建て方の全工程において、計画通りスムーズに搬出入を行うことができた。また中継ヤードと敷地が近かったため、当初予定より数日早く建て方を終えることができた。この結果として中継ヤードと敷地の距離が近いほうがよいことが、改めて実証されたと言える。



## 2.4 RC 壁式構造とのコスト比較

今回建物と同規模の RC 造のコスト比較を行った。

RC 工事との比較 3 階建 延床：248.6 m <sup>2</sup>		CLT	RC	差額 (CLT-RC)
基礎工事	土工事	3,060	3,060	0
	基礎工事	8,090	8,700	-610
	鋼管地盤改良工事	3,025	4,000	-975
	断熱材敷工事	200	200	0
基礎工事合計		14,375	15,960	-1,585
上部躯体工事	仮設工事	2,096	2,096	0
	左官工事	538	700	-162
	CLT・RC 工事	28,590	18,042	10,548
	建方・揚重工事	900	540	360
	屋根工事	10,005	1,000	9,005
	断熱工事	2,949	1,100	1,849
	外装工事	15,225	6,524	8,701
上部躯体工事		60,303	3,0002	30,301
工事合計		74,678	45,962	28,716

上部躯体工事のみだと RC のほうにコストメリットがある結果となっている。これはまだ CLT が汎用技術として定着していないため、工法や労働者の単価が割高になっていることに起因している。また CLT パネル工法は、使用する CLT の材積が多いため CLT コストも比較的高めになる。今後の課題としては、CLT 工法における汎用技術の開発と普及、そして CLT パネル工法における壁量の減量が挙げられる。

基礎工事については、RC に比べて CLT の上部躯体が軽いため、地盤改良や地中梁において CLT にコストメリットが出ている。ただし、CLT パネルの材積を減らすなどにより上部躯体の重量を減量できれば、さらなるコストメリットが期待できるとも言える。CLT と鋼材を組み合わせる材積を減らした CLT の開発を行うなどの改良が今後望まれる。

## 2.5 床遮音性能試験結果

実験レベルで既に性能確認された床仕様を、実際の建物で検証することを目的として実験を行った。ただし遮音性能試験は上棟後の躯体に、実際に施工する2重遮音床とフローリングを貼ったのみの状態で行っている。

よって本レポートに添付する試験結果は、躯体完成時の床遮音性能の試験結果資料とする。

### 1. 測定概要

- 1) 測定建物 : 東ヶ丘CLTアパートメント計画
- 2) 住 所 : 神奈川県横浜市西区東ヶ丘45-1
- 3) 総合施工 : 株式会社白井組
- 4) 測定者 : 万協株式会社
- 5) 測定項目 : 軽量床衝撃音遮断性能 (衝撃源: タッピングマシン)  
重量床衝撃音遮断性能 (衝撃源: バングマシン)
- 6) 測定住戸 : 測定居室 (音源室・受音室) を表-1に示す。
- 7) 測定日 : 2023年2月15日 (水)

表-1 測定居室

音源室	受音室
102号室 居室	202号室 居室
202号室 居室	102号室 居室

※構造はCLT工法

### 2. 測定方法

- 1) 測定は、JIS A 1418-1 「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法 第1部: 標準軽量衝撃源による方法」, JIS A 1418-2 「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法 第2部: 標準重量衝撃源による方法」に準じた。
- 2) 測定機器の模式図を図-1に、写真を写-1~3に示す。
- 3) 音源室における加振点 (S1~S5) 及び受音室における受音点 (R1~R5) は5箇所とする。

### 3). 受音室のマイクロホンの高さは床上

- R1 : 1,000mm    R2 : 1,600mm  
R3 : 1,200mm    R4 : 1,400mm  
R5 : 800mm

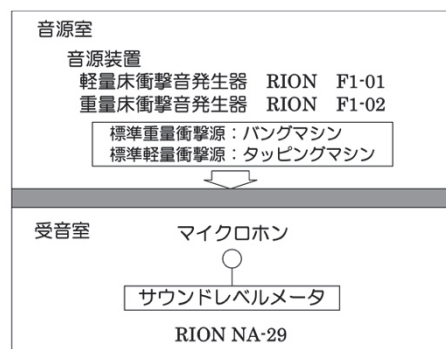
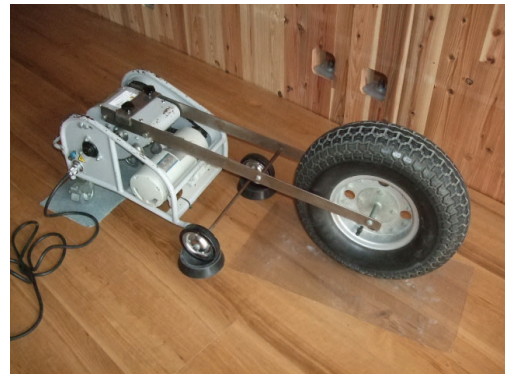


図-1 測定模式図 例(音楽室が上階の場合)



写-1 標準軽量衝撃源  
(タッピングマシン)



写-2 標準重量衝撃源  
(バンダマシン)



写-3 サウンドレベルメータ

#### 4. 測定状況

音源室及び受音室の状況：窓ガラス・巾木・玄関扉未施工

乾式二重床施工中(床懐が開口されている状態)

測定居室の状況を写-4,5に示す。



写-4 測定居室 1階の状況



写-5 測定居室 2階の状況

5. 床仕上げ構造断面図

測定居室の床仕上げ構造断面図を図-2に示す。

万協フローアー YPE-S8タイプ, 壁先行工法  
壁際部-防振システムネダ

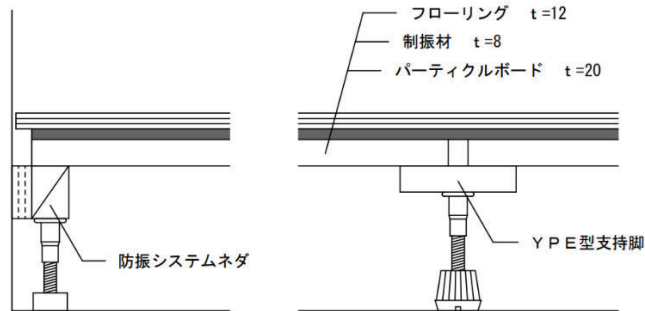


図-2 床仕上げ構造断面図

6. 測定結果の表示及び評価

測定結果の評価は、JIS A 1419-2 「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法 第2部：床衝撃音遮断性能」に準じる。

7. 測定結果

床衝撃音遮断性能の測定結果を表-2,3に示す。

表-2 軽量床衝撃音レベル測定結果 (単位：dB)

音源室	受音室	オクターブバンド中心周波数					等級 (L数)
		125H z	250H z	500H z	1KHz	2KHz	
102号室 居室	202号室 居室	71.8	69.5	67.9	63.0	60.3	Li,r,L-70(68)
202号室 居室	102号室 居室	74.6	69.7	64.3	59.7	56.4	Li,r,L-65(64)

表-3 重量床衝撃音レベル測定結果 (単位：dB)

音源室	受音室	オクターブバンド中心周波数				等級 (L数)
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	
102号室 居室	202号室 居室	84.4	72.9	61.3	55.3	Li,Fmax,r,H(1)- 60(61)
202号室 居室	102号室 居室	89.9	81.1	69.0	60.4	Li,Fmax,r,H(1)- 70(68)

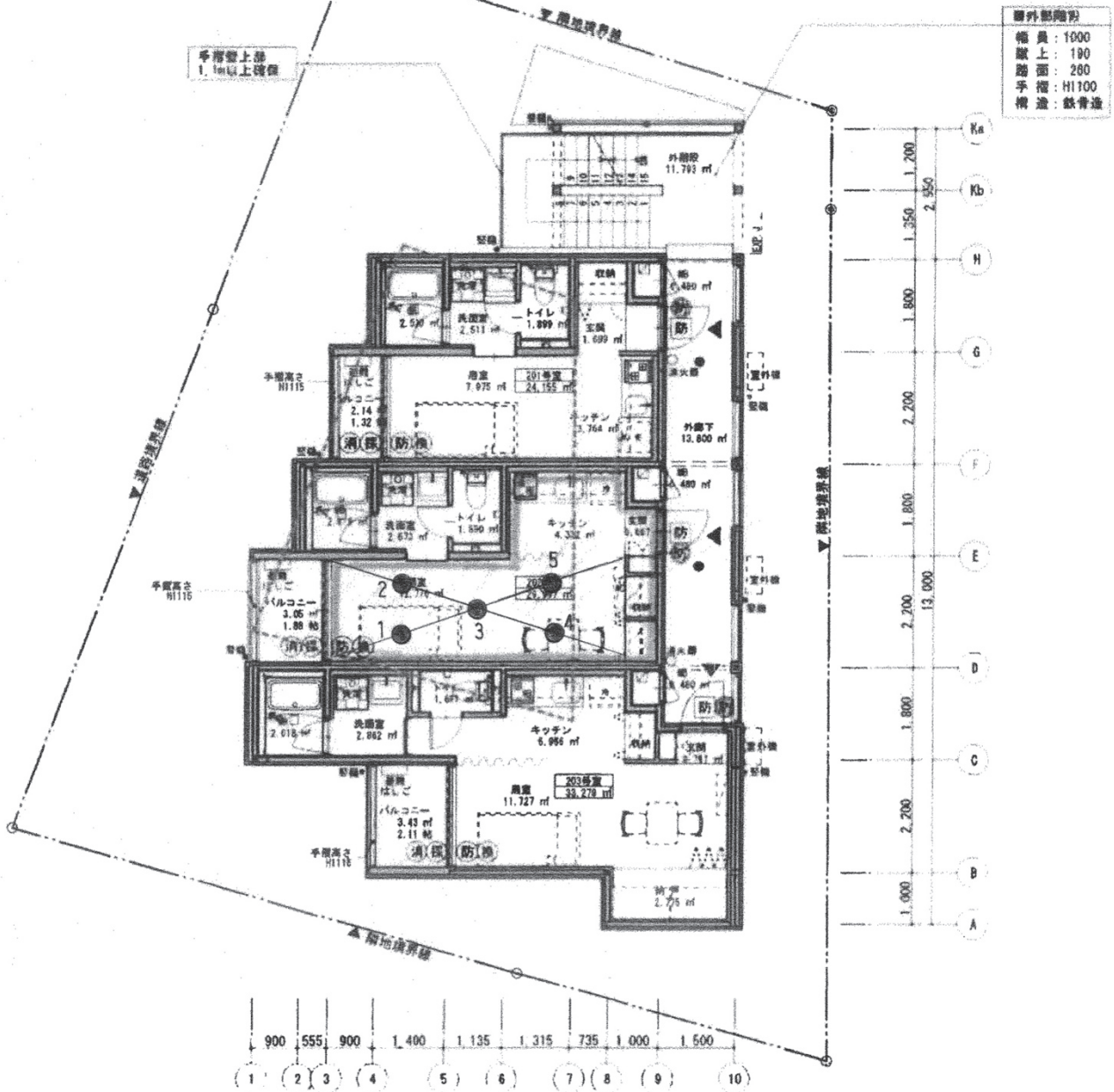
※ 測定結果の詳細については添付資料をご確認



●印は、加振点 受音点を示す。

音源室 :102号室  
受音室 :202号室

音源室 :202号室  
受音室 :102号室

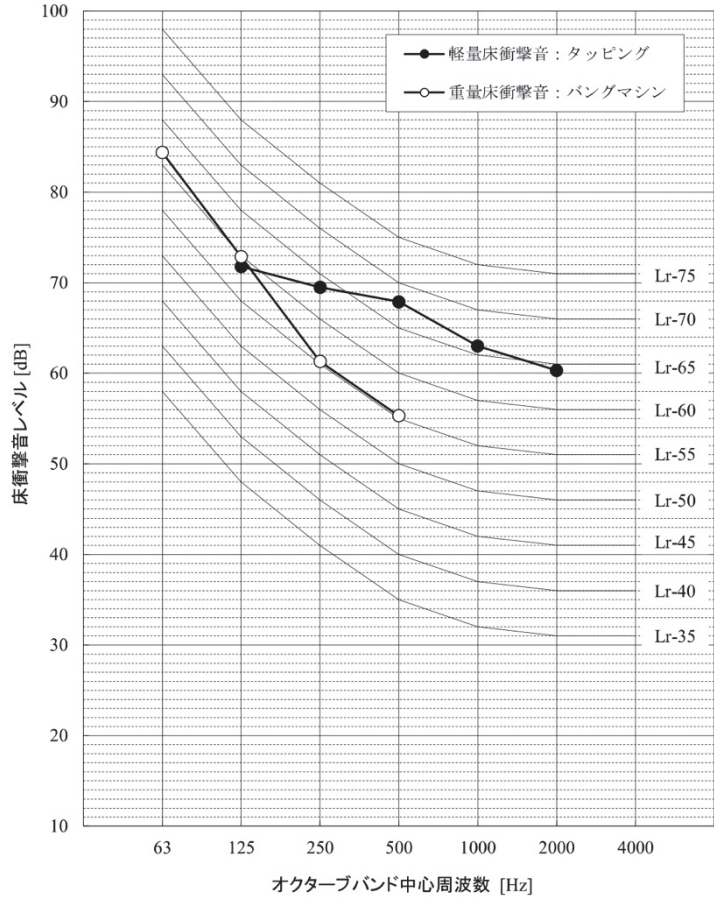


床衝撃音レベル測定結果詳細

測定日：2023年2月15日(水)  
 測定建物：東ヶ丘アパートメント計画  
 音源室：102号室 居室  
 受音室：202号室 居室  
 床仕様：YPE-S8タイプ

【軽量床衝撃音レベル】タッピングマシン						【重量床衝撃音レベル】バングマシン						
加振点	受音点	床衝撃音レベル[dB]					加振点	受音点	床衝撃音レベル[dB]			
		125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz
S1	R1	72.2	70.4	66.5	61.5	58.9	S1	R1	86.1	72.3	63.7	54.6
	R2	73.0	68.2	68.0	61.9	59.3		R2	86.8	71.8	58.5	55.6
	R3	73.2	69.3	66.4	60.7	58.7		R3	88.7	70.3	61.5	53.9
	R4	74.9	69.5	65.9	60.5	58.9		R4	80.8	70.5	62.8	54.5
	R5	72.6	68.4	66.3	60.6	58.8		R5	81.7	74.0	58.3	54.3
	Ave	73.3	69.2	66.7	61.1	58.9		Ave	85.8	72.0	61.5	54.6
S2	R1	71.6	70.4	66.8	63.6	59.6	S2	R1	84.6	72.2	65.9	55.2
	R2	71.9	69.0	67.7	63.8	59.8		R2	83.7	73.5	64.6	56.9
	R3	72.9	68.4	66.5	62.4	58.9		R3	86.8	73.2	65.4	56.7
	R4	72.7	68.4	66.7	62.3	58.3		R4	80.3	73.3	65.6	55.8
	R5	72.4	67.1	66.4	62.6	58.9		R5	78.5	73.9	63.3	56.5
	Ave	72.3	68.8	66.8	63.0	59.1		Ave	83.7	73.3	65.1	56.3
S3	R1	70.5	70.6	69.5	65.0	62.2	S3	R1	85.2	68.8	61.3	55.5
	R2	68.4	70.5	69.8	65.3	62.7		R2	86.7	72.7	59.6	57.2
	R3	73.5	70.9	69.7	64.3	61.4		R3	86.2	69.1	62.6	55.4
	R4	76.0	72.2	69.4	64.1	61.7		R4	84.1	73.0	63.4	53.4
	R5	69.0	68.3	68.6	64.3	61.5		R5	80.9	75.2	60.2	54.0
	Ave	72.5	70.7	69.4	64.6	61.9		Ave	85.0	72.4	61.7	55.3
S4	R1	71.7	70.3	66.6	60.3	59.7	S4	R1	83.9	72.2	60.3	55.6
	R2	70.8	68.9	67.5	61.5	59.8		R2	84.9	72.4	60.3	56.9
	R3	72.4	69.0	66.7	60.7	59.3		R3	82.9	74.8	59.2	56.1
	R4	72.1	69.7	66.6	61.1	59.4		R4	84.2	78.1	59.2	55.4
	R5	71.5	68.8	67.1	61.2	59.7		R5	84.6	76.8	59.7	55.8
	Ave	71.7	69.4	66.9	61.0	59.6		Ave	84.2	75.5	59.8	56.0
S5	R1	69.8	71.1	69.4	65.4	62.4	S5	R1	82.5	65.8	61.6	59.7
	R2	69.4	70.0	70.3	65.8	62.3		R2	83.3	71.4	57.7	55.5
	R3	68.5	67.9	69.1	65.0	61.4		R3	82.6	68.8	58.2	54.7
	R4	70.2	69.9	68.7	65.5	61.4		R4	83.8	72.9	58.6	55.2
	R5	69.5	69.4	69.7	65.3	61.4		R5	83.9	73.4	60.8	54.5
	Ave	69.5	69.8	69.5	65.4	61.8		Ave	83.3	71.2	59.7	56.4
平均	71.9	69.6	67.9	63.0	60.3	平均	84.4	72.9	61.6	55.7		
暗騒音レベル	52.8	50.3	45.3	37.8	32.6	暗騒音レベル	62.5	52.8	50.3	45.3		
床衝撃音レベル	71.8	69.5	67.9	63.0	60.3	床衝撃音レベル	84.4	72.9	61.3	55.3		
L	59	64	68	66	64	L	61	60	55	55		
Li,r,L- 70						Li,Fmax,r,H(1)- 60						

備考欄  
 ≪ 音源室及び受音室の状況 ≫  
 \*窓ガラス・巾木・玄関扉未施工  
 \*乾式二重床施工中(床襖が開口されている状態)



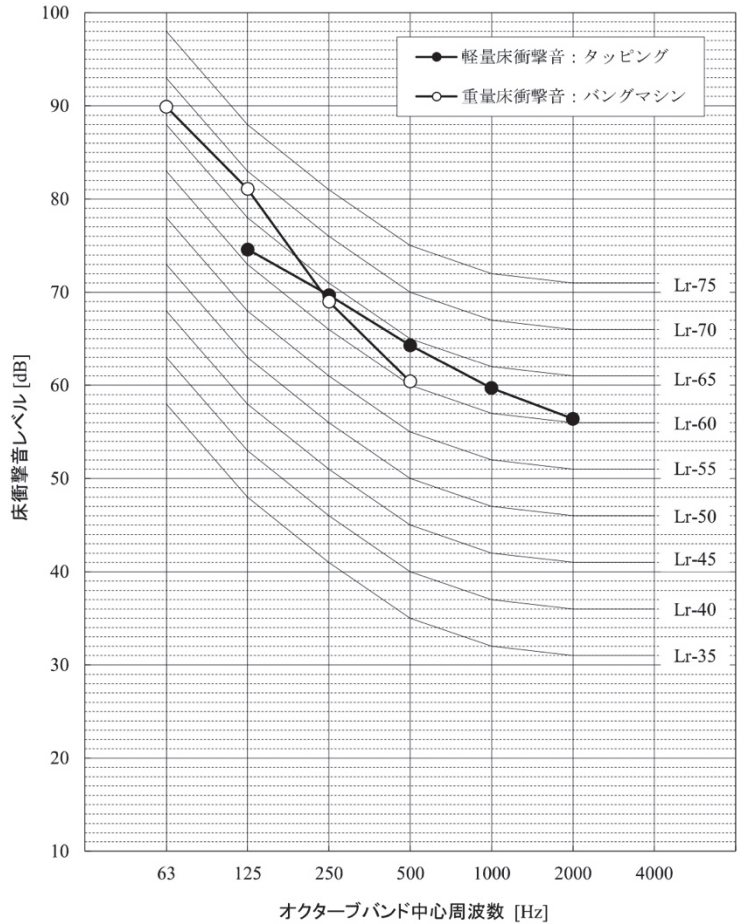
床衝撃音レベル測定結果詳細

測定日：2023年2月15日(水)
測定建物：東ヶ丘アパートメント計画
音源室：202号室 居室
受音室：102号室 居室
床仕様：YPE-S8タイプ

【軽量床衝撃音レベル】タッピングマシン		床衝撃音レベル[dB]				
加振点	受音点	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz
S1	R1	75.4	69.8	62.8	60.6	57.2
	R2	75.4	70.4	63.7	60.8	57.5
	R3	74.5	69.2	63.9	59.7	56.2
	R4	74.2	69.1	63.6	60.1	57.0
	R5	74.0	69.7	63.1	60.0	56.1
	Ave	74.7	69.7	63.4	60.3	56.8
S2	R1	74.7	70.4	63.0	59.4	59.1
	R2	75.1	71.2	64.4	59.5	58.7
	R3	75.2	70.0	63.6	58.2	57.5
	R4	74.3	69.0	63.9	58.2	57.8
	R5	73.5	69.5	62.2	58.4	57.6
	Ave	74.6	70.1	63.5	58.8	58.2
S3	R1	73.7	70.0	64.9	60.4	57.1
	R2	73.3	70.2	65.3	59.9	56.5
	R3	75.3	70.6	65.2	59.6	56.1
	R4	74.8	70.0	64.2	59.3	55.7
	R5	73.3	69.6	64.7	59.6	55.5
	Ave	74.2	70.1	64.9	59.8	56.2
S4	R1	74.0	68.1	62.9	59.5	57.9
	R2	73.3	69.3	64.3	59.3	56.4
	R3	73.4	69.2	63.1	59.1	55.8
	R4	75.6	69.1	63.0	59.6	55.7
	R5	73.0	69.4	63.5	60.1	56.4
	Ave	74.0	69.0	63.4	59.5	56.5
S5	R1	76.0	69.4	65.9	60.0	54.7
	R2	74.7	69.5	66.0	59.7	54.4
	R3	75.5	70.1	65.8	59.6	53.9
	R4	76.1	69.1	66.9	60.4	53.7
	R5	74.8	68.9	65.7	60.1	54.0
	Ave	75.5	69.4	66.1	60.0	54.2
平均		74.6	69.7	64.3	59.7	56.4
暗騒音レベル		46.4	46.9	36.7	32.0	26.1
床衝撃音レベル		74.6	69.7	64.3	59.7	56.4
L		62	64	64	63	60
L <sub>i,r</sub> L- 65						

【重量床衝撃音レベル】バングマシン		床衝撃音レベル[dB]			
加振点	受音点	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz
S1	R1	88.7	79.7	71.0	59.8
	R2	89.3	83.9	69.9	60.2
	R3	89.1	80.0	69.6	61.6
	R4	90.2	81.4	71.0	60.4
	R5	89.6	84.1	70.2	60.7
	Ave	89.4	82.2	70.4	60.6
S2	R1	89.8	81.6	68.5	60.4
	R2	89.3	86.7	69.8	60.6
	R3	87.3	83.1	69.3	63.0
	R4	88.2	84.9	67.4	60.6
	R5	89.2	84.8	70.1	60.8
	Ave	88.8	84.6	69.1	61.2
S3	R1	91.8	82.1	71.1	61.4
	R2	89.3	86.5	69.9	62.3
	R3	88.8	79.8	73.8	64.0
	R4	89.9	83.5	71.6	62.6
	R5	91.6	83.4	70.5	62.6
	Ave	90.5	83.6	71.6	62.7
S4	R1	85.4	76.3	68.1	59.2
	R2	83.8	80.3	68.3	59.9
	R3	88.1	77.1	69.0	59.5
	R4	91.8	78.3	68.6	61.1
	R5	91.9	80.2	70.1	61.9
	Ave	89.3	78.7	68.9	60.4
S5	R1	87.5	76.4	63.8	56.5
	R2	86.3	76.5	64.6	55.5
	R3	92.1	73.5	62.9	57.6
	R4	91.6	76.4	66.3	58.5
	R5	95.2	78.1	66.3	56.7
	Ave	91.7	76.4	65.0	57.1
平均		89.9	81.1	69.0	60.4
暗騒音レベル		53.3	46.4	46.9	36.7
床衝撃音レベル		89.9	81.1	69.0	60.4
L		67	68	63	60
L <sub>i</sub> F <sub>max,r</sub> H(1)- 70					

備考欄  
 << 音源室及び受音室の状況 >>  
 \*窓ガラス・巾木・玄関扉未施工  
 \*乾式二重床施工中(床懐が開口されている状態)







2.12 学校法人瑠璃学園／LOOPS Architect. (株)

事業名	埋蔵文化財包蔵地区でのCLT幼稚園型認定こども園舎建築実証事業		
実施者(担当者)	学校法人瑠璃学園 (LOOPS Architect.株式会社)		
建築物の概要	用途	08180 保育所その他これらに類するもの(認可外保育所)	
	建設地	糸島市潤字地頭給617番1、619番	
	構造・工法	木造軸組工法+CLT壁、屋根合板CLT、ロフト床CLT	
	階数	1	
	高さ(m)	6.795	
	軒高(m)	3.866	
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	3699.62	
	建築面積(m <sup>2</sup> )	499.34	
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	491.89	
	階別面積	1階	491.89
	2階	-	
	3階	-	
CLTの仕様	CLT採用部位	壁、床、屋根	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )	加工前製品量19.74m <sup>3</sup> 、建築物使用量19.38m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	60mm厚/36mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ/3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当/Mx60A相当
	床パネル	寸法	36mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
	屋根パネル	寸法	36mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
強度区分		Mx60A相当	
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)	柱:スギ 梁:スギ 300以上集成材E105-F300	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	135.58m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板立てハゼ葺き
		外壁	サイディング+パルプ・けい酸質混入セメント板9mm+CLT36mm+断熱材
		開口部	樹脂サッシ+複層ガラス (Low-E、アルゴンガス、日射遮蔽型、中空層幅16mm)
	主な内部仕上	界壁	なし
		間仕切り壁	一部CLT現し (片面PB12.5mm+表し以外PB12.5mm)
		床	CFシート+合板12mm+CLT36mm
構造	天井	PB12.5mm+木天井下地	
	構造計算ルート	許容応力度計算	
	接合方法	仕口金物	
	最大スパン	6.825m	
耐火	問題点・課題とその解決策	多目的室の勾配天井と広い屋根構面をとることで負担が大きくなったが、屋根にCLT (Jパネル) を利用することで屋根構面の倍率を上げることで解決。	
	防火上の地域区分	指定無	
	耐火建築物等の要件	無	
	本建築物の耐火仕上	その他の建築物	
温熱	問題点・課題とその解決策	特になし	
	建築物省エネ法の該当有無	有	
	温熱環境確保に関する課題と解決策	CLT表しにするため壁全体は断熱材を外側に施工したが、表しにする箇所は内側に断熱した。	
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根 (又は天井)	フェノールフォーム 1種2号EII ・ 45mm
外壁		フェノールフォーム 1種2号EII ・ 30mm	
基礎		立上・底盤 押出ポリスチレンフォーム3種bA ・ 50mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	CLTの加工時に隙間のないように寸法を検討した。	
	建て方における課題と解決策	土台上に施工したため、特に問題なし。防腐防蟻処理実施	
	給排水・電気配線設置上の工夫	内部のCLT設置位置は芯ふりを予め検討し、設置した。	
工程	劣化対策	加工前製品量19.74m <sup>3</sup> 、建築物使用量19.38m <sup>3</sup>	
	設計期間	2020年12月～2022年9月 (10ヵ月)	
	施工期間	2022年10月～2023年7月 (9ヵ月)	
	CLT躯体施工期間	2022年12月15日～2022年12月21日 (6日間)	
体制	竣工(予定)年月日	2023年7月10日	
	発注者	学校法人瑠璃学園	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	基本設計: LOOPS Architect.(株)、実施設計: LOOPS Architect.(株)	
	構造設計者	なな喜建築設計室	
	施工者	健康住宅(株)	
CLT供給者	CLT供給者	銘建、鳥取CLT	
	ラミナ供給者	村上木材	

実証事業名：埋蔵文化財包蔵地区での CLT 幼稚園型認定こども園舎建築実証事業  
 建築主等／協議会運営者：学校法人瑠璃学園／LOOPS Architect.株式会社

## 1. 実証した建築物の概要

用途	埋蔵文化財包蔵地区での CLT 幼稚園型認定こども園舎建築実証事業		
建設地	福岡県糸島市		
構造・工法	木造軸組工法+CLT 壁（耐力壁）		
階数	1		
高さ（m）	6.795	軒高（m）	3.866
敷地面積（㎡）	3699.62	建築面積（㎡）	499.34
階別面積	1階	491.89	延べ面積（㎡） 491.89
	2階		
	3階		
CLT 採用部位	壁、床、屋根		
CLT 使用量（m <sup>3</sup> ）	加工前製品量 19.74 m <sup>3</sup> 、建築物使用量 19.38 m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量（m <sup>3</sup> ）	95 m <sup>3</sup>		
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 相当/スギ	
		36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ	
	床	36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ	
屋根	36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間	2020 年 12 月～2022 年 9 月（10 カ月）		
施工期間	2022 年 10 月～2023 年 7 月（9 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間	2022 年 12 月 15 日～2022 年 12 月 21 日（6 日間）		
竣工（予定）年月日	2023 年 7 月 10 日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

- ・ CLT MN パネルの厚みに適した断熱施工の検証と高断熱化の検証。
- ・ CLT パネル工法における基礎・改良工事のコスト縮減および他工法との比較検討。
- ・ CLT MN パネルの外部化粧による納め方と今後の劣化の検証を実施
- ・ 木造 CLT 工法の軽量化に伴う地盤改良・基礎工事の省コスト化の実現と RC 造との比較
- ・ CLT の接合部の設計検討と省力化の実証
- ・ CLT MN パネルの適材利用における木造と RC 造との価格比較

### 3. 協議会構成員

(設計) LOOPS Architect.株式会社 代表取締役吉本、梶原、井上、井脇 (協議会運営者)

(構造設計) なな喜建築設計室 久野

(施工) 健康住宅株式会社 建築部部長 藤村、今任、岩藤、積算発注部 八田

(材料) 銘建工業株式会社 木質構造事業部 三嶋

株式会社鳥取 CLT 営業部 森尾

村上木材株式会社 吉井、藤原

(木材アドバイザー) 福岡中小建設業協同組合 小林

### 4. 課題解決の方法と実施工程

・ CLT パネル工法利用時の断熱施工の合理的施工方法と建物の断熱性能の評価を LOOPS Architect が実施する。

・ 接合部の仕様や構造設計については、なな喜建築設計室が中心となり設計仕様、条件をとりまとめた。

・ 木造軸組との取り合いを、なな喜建築設計室が中心となり設計仕様、屋根構面、スパン条件、基礎設計をとりまとめた。

・ 製品仕様とプレカットは銘建工業、鳥取 CLT とプレテック福岡が行った。

・ CLT MN パネルの意匠利用時の外部納まりの設計を LOOPS Architect で行い、完成後劣化検証を行う。塗装まで完了。

<協議会の開催>

2022年10月：第一回開催、問題点の洗い出し着工前確認。

進捗→第一回協議会 10/21 実施

2022年12月：第二回開催、木工事進捗確認。進捗→第二回協議会 12/19 実施

2023年1月：第三回開催、工事改善点等確認、実証事業の取りまとめ

1月22日構造見学会実施、1月30日第3回協議会開催

<施工>

2022年10月：工事契約、着工、基礎工事。進捗→10/22 請負契約、10/24 着工

2022年11月：基礎工事、養生

2022年12月：上棟、CLT 施工、木工事

2023年1月：CLT 施工、木工事、外装工事、内装工事

### 5. 得られた実証データ等の詳細

・ 設計に用いた部設計図、および CLT 接合部の最適納まり図、検討過程の写真、外皮熱貫流率や性能値等

・ 施工・搬入レポート

・ 他の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料

### 6. 本実証により得られた成果

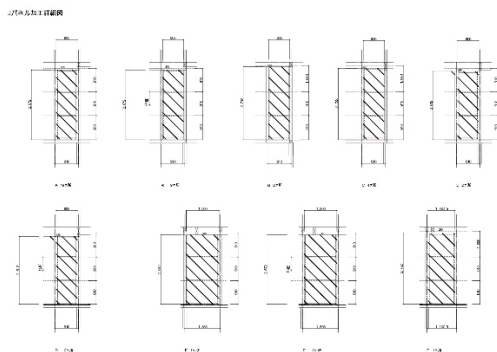
CLT MN パネルのような汎用性のある材料を使い、接合部の納めや汎用性、低コスト性を念頭に設計・検討し、その過程を取りまとめることにより、他の事業者が同様の検討を行う

上で参考となる。また、同様の条件の建築物ではRC造にはできない建築計画を立てることができ、類似の地域や建築物等で設計する上で本事業の省力化と意匠設計、地業の適宜な選択を適用でき、成果を広く普及できる。CLT パネル工法と非住宅の木造建築物のコスト的メリットをRC造とは明らかにし、同様の用途の建築物に波及的効果を期待できる。さらに、埋蔵文化財包蔵地区でのCLT 建築物としての有効性を実証する事が可能となり、全国に向けた中大規模建築物へのCLT の普及啓発と利用拡大に繋がると考えられる。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



J パネル図

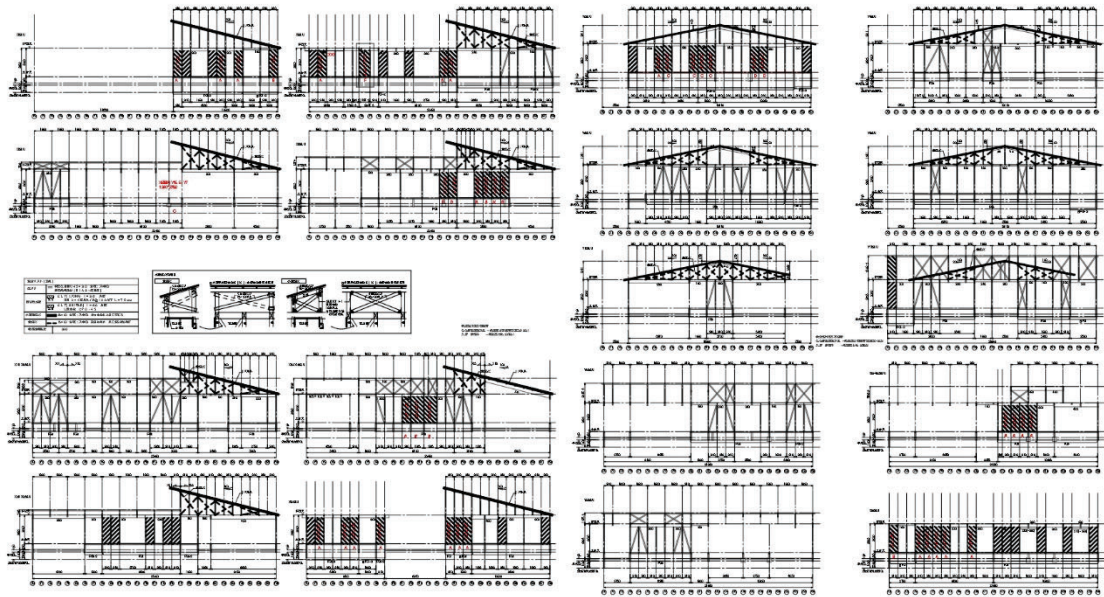


J パネル施工写真





MN パネル図



MN パネル施工写真



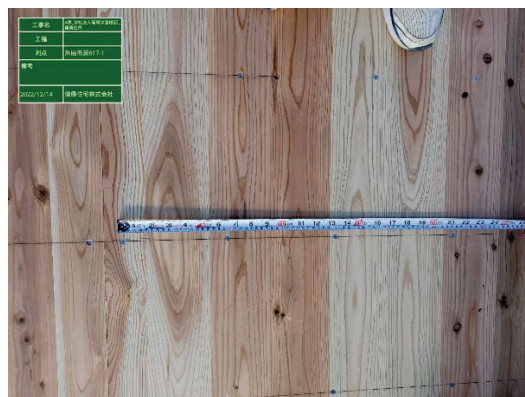
MN パネル金物写真



屋根 J パネル施工写真



床 J パネル施工写真



## 成果物

### 建築物の概要

当該建築物は幼稚園型認定こども園である。

埋蔵文化財包蔵地区である建築地に当初は RC、S 造にて計画していたが、建物の荷重により地盤補強を含め、杭工事が必要であるということがわかったため、地中深く杭ができないことで RC の様な重い建物は避け、軽い建物ということで木造平屋という選択をし、GRR シート工法を採用。建築物も軽くしたことで杭工事や柱状改良工事を避けることができ問題を解決することができたが、シート採用にあたり最高面積が 1,500 m<sup>2</sup>以下ということもありプランの上で保育園棟(床面積 491.89 m<sup>2</sup>)と幼稚園棟(床面積 972.47 m<sup>2</sup>)にすることにより、その問題点は解決した。

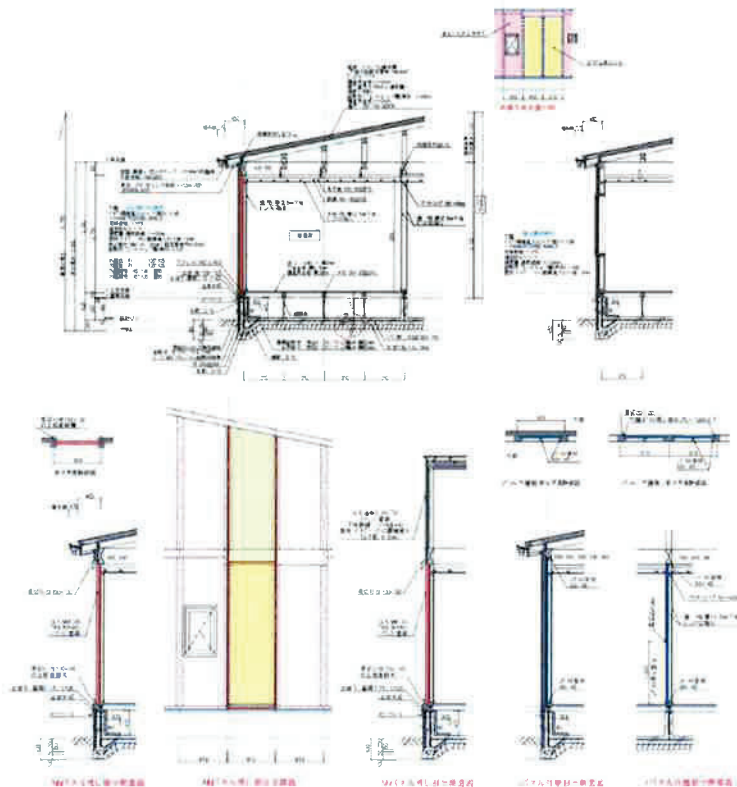
今回はそのうちの保育園棟に CLT を採用。水平構面の耐力が厳しくなるため屋根構面とロフト床構面には厚み 36mm の J パネルを使用した。木造では大空間を確保しづらいが、CLT を使用し、大空間にすることで保育者が見通しやすくなった。壁は外張り断熱の箇所と構造現しとするために NM パネルと J パネルの 2 種類を最適な場所へそれぞれを配置した。

本実証によって得られた成果

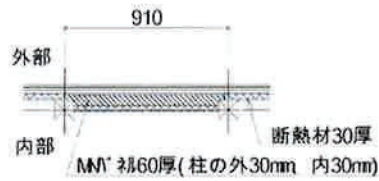
#### ■CLT MN パネルの厚みに適した断熱施工の検証と高断熱化の検証。

保育園として使用するこの建物は断熱性能も重要視したため、高性能住宅の仕様を採用し、外張り断熱の納めと箇所と内断熱になる箇所を検討。

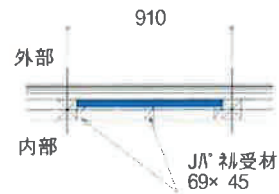
劣化検証のため CLT 表しにした部分は内断熱にすることにより、温熱環境を確保した。



CLT を施工する部分とそうでない壁との納まりは MN パネルの 60mm を柱の内側に 30mm、外側に 30mm とし、断熱材の厚さ 30mm を採用することにより、外壁の仕上がりに段差が出ないようにした。J パネルを設置する部分は柱間に施工。



MN' 札(外壁側)部分平面詳細図



JA' 札(外壁側)部分平面詳細図



屋根の一部は J パネルを屋根構面として施工し、その上に断熱材 45 厚を張った。



サッシは住宅用の樹脂製 Low-E 複層(Low-E3mm+G16+3mm Ar (日射遮蔽型))を使用することにより、保育園棟の BEI 値は 0.56 という結果が得られた。

#### ■CLT の接合部の設計検討と省力化の実証

CLT の施工において、屋根と床は特に問題はなかったが、やはり壁に施工するにあたり、問題が生じた。高性能な建物を実現するには断熱材の厚みを考慮しなくてはならない。さらに今回、外部の表しにすることにしたため、柱よりも外側に設置することとした。金物は室内側に施工するが、上下中央部にそれぞれ 1 つ、左右中央部にそれぞれ 3 つ、合計 8 つを設置する。写真は MN パネルを問題なく設置できた部分である。





105 角の柱であるため、金物のサイズ・断熱材の厚みを考慮して検討し、ホールダウン金物も施工可能であったが、現場施工中に室内側の入隅のボード受け材がホールダウン金物と干渉することがわかり、避けて施工することとなった。



CLT の加工図を作成するにあたり、柱間は 910 ピッチであるため特に問題はなかったが、梁の高さと CLT の設置位置の関係性ははじめに熟考したほうが良さそうである。今回は外部表しがあるため、先に CLT の設置位置を決めた状態で許容応力度計算を行った。CLT 設置場所によって高さが違っているが、極力同じ高さにしたほうが加工図の作成は省力化できる。梁せいを構造計算上、必要以上に高くすることはコスト高になってしまう上に重みが増す分、基礎にも影響が出てしまうため、表しにしない場合は梁せいが同じ部分に CLT を設置するという選択肢もあるように思う。今回は梁高それぞれに加工図を作成した。

(別図参照)



### ■CLT MN パネルの外部化粧による納め方と今後の劣化の検証を実施

外部表しにする MN パネルの表面加工部分は木材保護塗料を塗り劣化の検証を行う。施工時点で懸念事項として上がっていた小口部分は見切材を設置し、板金を施工。他の部分との段差問題も解消し、隙間にはコーキングを施工し、水の侵入を極力抑えた形とした。



### ■CLT パネル工法における基礎・改良工事のコスト縮減および他工法との比較検討。

冒頭でもあげたように木造にすることで基礎形状はもちろん、杭工事がなくなることで、埋蔵文化財包括地区内ということもあり、本掘が省略することができ、まずはそこが大きなコストダウンとなった。また、本掘が入ることで着工時期が一年伸びる可能性がでてきており、コスト高が進む現状としては早めの着工を促すことができた。

### ■木造 CLT 工法の軽量化に伴う地盤改良・基礎工事の省コスト化の実現と RC 造との比較

コストについては（別紙 報告様式 5 に記載参照）CLT 採用による木造への変更に伴い 2,600 万円程のメリットが生まれている。物価高の部分までみれば、鉄やコンクリートのコストアップは現状留まるところがないように思われるのでそれ以上の効果があったと感じている。

### ■CLT MN パネルの適材利用における木造と RC 造との価格比較

CLT の MN パネルをバランスよく区画配置することで、構造設計も負担が大きくなりすぎないようにし、基礎の根入れ深さが 400 程度、金物も大きな引き抜きがかからないように配慮できた。RC であったならば重量が重くなることはもちろん、一つ一つの区画をもう少しスパンを飛ばして広くしていたかもしれない。今回は埋蔵文化財のこともあり、とにかく構造躯体に大きな負荷がかからないように配慮をしたことがコスト面にも現れている。

（別紙 報告様式 5 参照）また、MN パネルをそのまま外壁として利用することでコストダウンにも繋がり、意匠的に木材の質感を外に出すことでシンボリックなデザインとなつてとても良かったと思う。オーナー様も木造の素晴らしさに感激をしており、CLT 利用木造在来建築物で造る中大規模建築物は RC ではできない国産材利用という枠組みだけでなく日本の文化の継承という意味合いでもプライスレスな関わりができるのではないかと実感した。



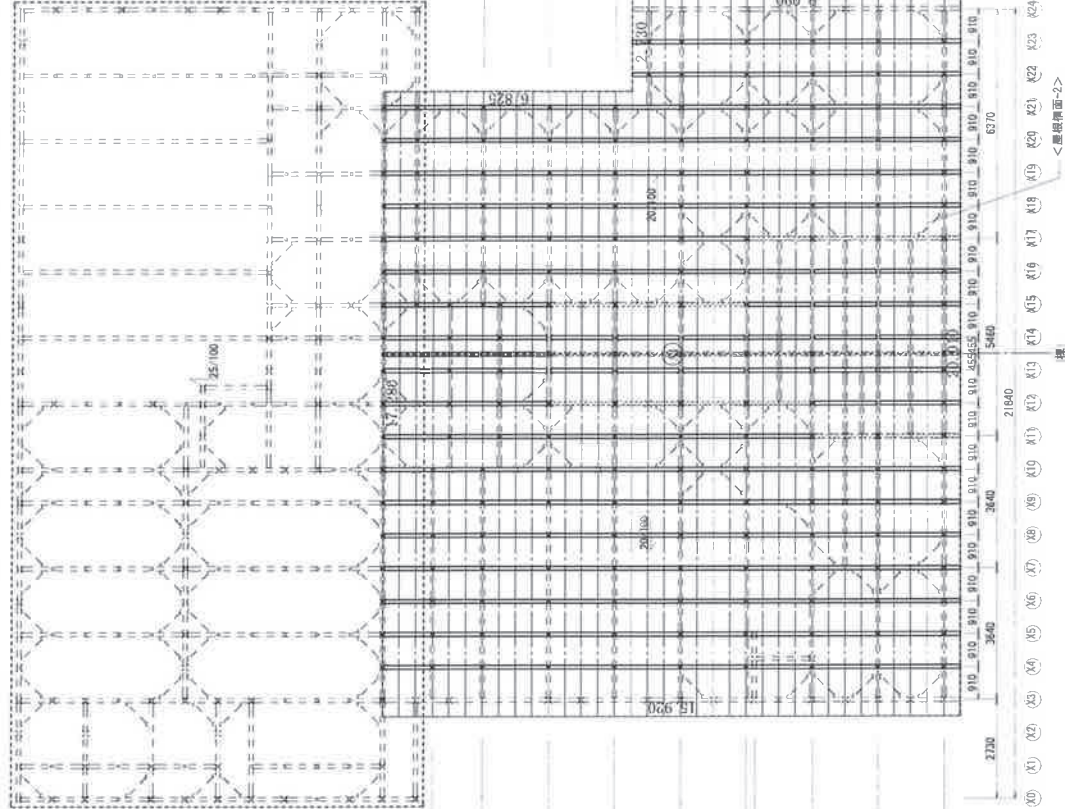








X0 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20 X21 X22 X23 X24  
 Y28 Y27 Y26 Y25 Y24 Y23 Y22 Y21 Y20 Y19 Y18 Y17 Y16 Y15 Y14 Y13 Y12 Y11 Y10 Y9 Y8 Y7 Y6 Y5 Y4 Y3 Y2 Y1 Y0



構造設計担当事務所 一般建築士事務所 吉本高広  
 〒100-0001 東京都千代田区千代田 1-1-1  
 久野 家穂子 一級建築士 No. 307851

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社

縮尺	1/100
縮尺	1/200

図面名	屋根/1F
日付	2022/10/30
棟号	新築工事
棟名	学校法人沼崎学園
工事項目	大匠登録 第354234号 吉本高広
設計者	LOOP Architect. 株式会社



建築設計担当事務所  
 名古屋建築設計室 一般建築士事務所登録第C-551  
 久野 宗徳子 一般建築士No. 307851

縮尺	1/100	図面名	柱網図
図面	*	日付	2022/10/30
設計	*	工事名	学校法人瑠璃学園 緑野 新築工事
7分	吉本	設計者	一級建築士 大匠登録 第354234号 高 広
No.	S-10	設計者	LOOPS Architect. 株式会社

部材リスト (柱網)

部材	筋かい 4.5x9.0 スキド 重版か 筋かい 4.5x9.0 スキド 内層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 戸層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 数値は標準を示す C.L.T (パネル) 1=9 四層 2x4取付ネールφ12.0以下 L=75mm C.L.T (MINA) (パネル) 1=60 L字部材 CPQ-45 数値は標準を示す FRM-0640
注	筋かい 4.5x9.0 スキド 重版か 筋かい 4.5x9.0 スキド 内層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 戸層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 数値は標準を示す C.L.T (パネル) 1=9 四層 2x4取付ネールφ12.0以下 L=75mm C.L.T (MINA) (パネル) 1=60 L字部材 CPQ-45 数値は標準を示す FRM-0640

部材リスト

注	筋かい 4.5x9.0 スキド 重版か 筋かい 4.5x9.0 スキド 内層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 戸層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 数値は標準を示す C.L.T (パネル) 1=9 四層 2x4取付ネールφ12.0以下 L=75mm C.L.T (MINA) (パネル) 1=60 L字部材 CPQ-45 数値は標準を示す FRM-0640
注	筋かい 4.5x9.0 スキド 重版か 筋かい 4.5x9.0 スキド 内層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 戸層か 筋かい 4.5x9.0 スキド 数値は標準を示す C.L.T (パネル) 1=9 四層 2x4取付ネールφ12.0以下 L=75mm C.L.T (MINA) (パネル) 1=60 L字部材 CPQ-45 数値は標準を示す FRM-0640

※小規模建築物は(注) 山形鉄骨同等使用  
 ※(ハ)による柱間二台引き継ぎとする場合は、  
 周囲の工台アンカーボルトの埋込みは50角とする。  
 ※柱のボアサイズ: 30mmx30mmとする。

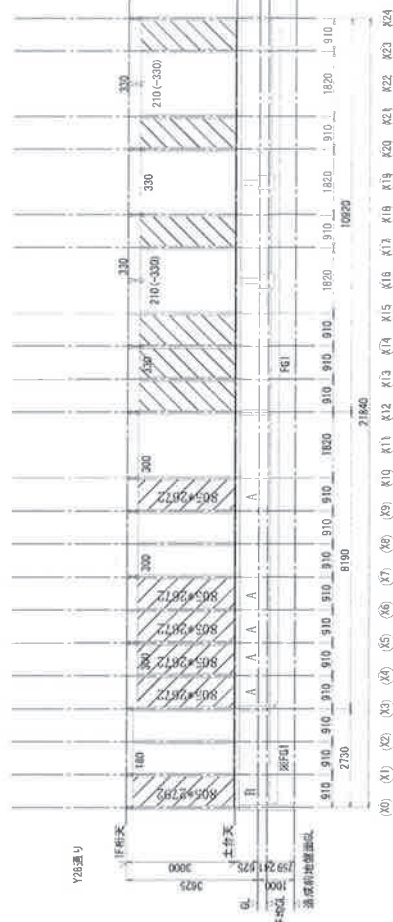
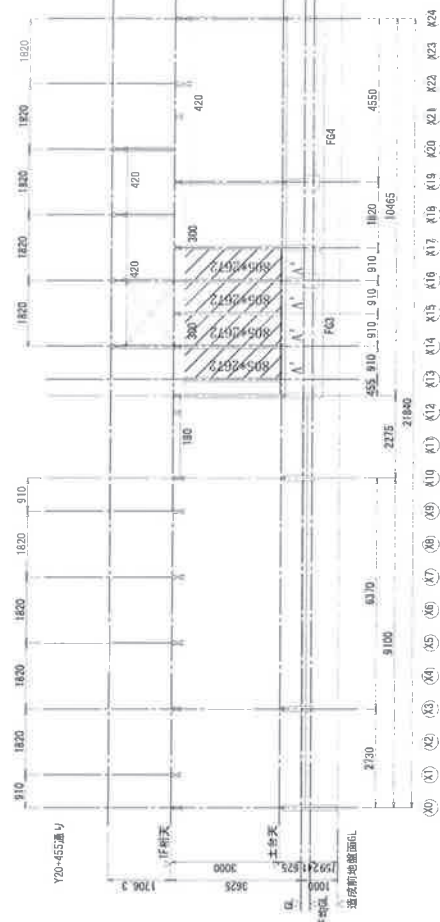
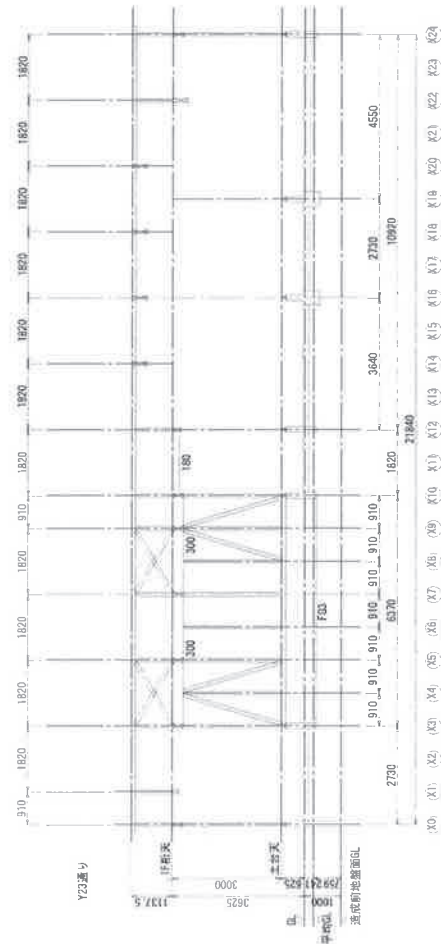
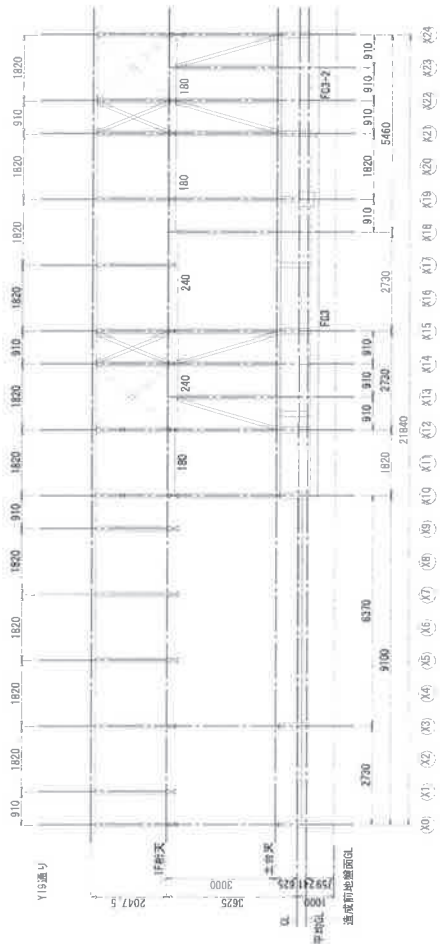












構造設計担当事務所  
 なな建築設計室 一級建築士事務所 0521  
 久野 孝隆 一級建築士 No. 30281

 LOOP Architect. 株式会社	設計者	一級建築士 大匠 彦 高 広	工事名	学校法人 留清学園	棟名	新築 工事	図面名	軸組図 4	縮尺	1/100	欄外	7 フラワー	No.	S-14
	日付	2022/10/30	図面名	軸組図 4	縮尺	1/100	欄外	7 フラワー	No.	S-14				










モデル建築物入力支援ツール(平成28年省エネ基準用)による計算結果

1. 計算結果及び評価結果

(1) 建築物の名称	空想法人 空想マンション(仮) 空想工事	
(2) 床面積	491.89	XML ID/発行日コード cd20915b-627c-42e8 #51m-001v-01wv-2304f
(3) 省エネ地域区分/年間日射地域区分	G地域	
(4) モデル建物	空想ビル	
(5) 評価結果		
年間総負荷係数 (60%)	0.44	
一次エネルギー消費量 (BE/m)	0.56	
空調設備設備 [BE/m(A/C)]	0.59	
換気設備 [BE/m(V)]	0.43	
照明設備 [BE/m(L)]	0.43	
給湯設備 [BE/m(HW)]	1.59	
昇降機 [BE/m(EV)]	なし	
太陽光発電	なし	
ソーラーシェアリング設備	なし	
(6) 判定	BPM値 1.00	達成

当該建築物の仕様

外皮項目	外皮の仕様
A. 建設計画	1階/4.3m 非空調コア部分の方位 北
B. 外壁仕様	1001m (そのうち、非空調コア部分は 22.3m) 北側 86.69m <sup>2</sup> 東側 70.41m <sup>2</sup> 西側 81.49m <sup>2</sup> 南側 178.33m <sup>2</sup> 窓係 0.0343 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 外気圧差による圧 0.03m <sup>2</sup> 外壁 0.34W/(m <sup>2</sup> K) 屋根 0.38W/(m <sup>2</sup> K) 外気圧差による圧 0.00W/(m <sup>2</sup> K)
C. 窓仕様	窓面積 15.27m <sup>2</sup> 表側 79.71m <sup>2</sup> 内側 17.87m <sup>2</sup> 両側 16.15m <sup>2</sup> 窓面積 0.61m <sup>2</sup> 平均窓高 1.55m 平均窓深 0.90m 平均日射取得率 外壁 0.20W/(m <sup>2</sup> K) 屋根 0.69W/(m <sup>2</sup> K) 外壁 0.292 屋根係数 0.291

(2) 空調設備の仕様

設備項目	設備の仕様
A. 熱源	熱源機器(冷房) パッケージエアコンユニット(空冷式) 100%
個別熱源比較(冷房)	100%
熱源容量(冷房)	189.25kW
熱源効率(冷房)※	1.62
熱源容量(暖房)	パッケージエアコンユニット(空冷式)
個別熱源比較(暖房)	100%
熱源容量(暖房)	271.55kW
熱源効率(暖房)※	1.72
B. 外気処理	全熱交換機 無
外気取り入れ停止	無
C. 脱湿制御	二次パンプ 無
加湿機	無

(3) 機械換気設備の仕様

室用途	換気方式	設備の仕様
A. 換気室	換気方式 強制換気 高効率電動機 送風機制御 計算対象床面積	送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし
B. 便所	換気方式 強制換気 高効率電動機 送風機制御 計算対象床面積	送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし
C. 駐車場	換気方式 強制換気 高効率電動機 送風機制御 計算対象床面積	送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし
D. 廊下	換気方式 強制換気 高効率電動機 送風機制御 計算対象床面積	送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし 送風機通風量なし

(4) 照明設備の仕様

室用途	照明設備の仕様
A. 教室	設備の仕様 5.64W/m <sup>2</sup> 制御 在室検知制御：無、明るさ検知制御：無 タイムスケジュール制御：無、初期照度補正機能：無
B. 事務室・職員室	5.37W/m <sup>2</sup> 制御 在室検知制御：無、明るさ検知制御：無 タイムスケジュール制御：無、初期照度補正機能：無
C. ロビー	1.36W/m <sup>2</sup> 制御 在室検知制御：無、明るさ検知制御：無 タイムスケジュール制御：無、初期照度補正機能：無

(5) 給湯設備の仕様

室用途	設備の仕様
洗面室・手洗い	設備の仕様 0.37 制御 配管 無
B. 浴室	0.79 制御 配管 無
C. 厨房	0.78 制御 配管 無

(6) 昇降機の仕様

設備項目	設備の仕様
A. 制御方式	送風機制御なし





2. 入力シートによる入力項目 (続き)

項目	説明	計算式	単位
L0	説明欄の注記		
L1	説明欄の注記		
L2	説明欄の注記		
L3	説明欄の注記		
L4	説明欄の注記		
L5	説明欄の注記		
L6	説明欄の注記		
L7	説明欄の注記		
L8	説明欄の注記		
L9	説明欄の注記		
L10	説明欄の注記		
L11	説明欄の注記		
L12	説明欄の注記		
L13	説明欄の注記		
L14	説明欄の注記		
L15	説明欄の注記		
L16	説明欄の注記		
L17	説明欄の注記		
L18	説明欄の注記		
L19	説明欄の注記		
L20	説明欄の注記		
L21	説明欄の注記		
L22	説明欄の注記		
L23	説明欄の注記		
L24	説明欄の注記		
L25	説明欄の注記		
L26	説明欄の注記		
L27	説明欄の注記		
L28	説明欄の注記		
L29	説明欄の注記		
L30	説明欄の注記		
L31	説明欄の注記		
L32	説明欄の注記		
L33	説明欄の注記		
L34	説明欄の注記		
L35	説明欄の注記		
L36	説明欄の注記		
L37	説明欄の注記		
L38	説明欄の注記		
L39	説明欄の注記		
L40	説明欄の注記		
L41	説明欄の注記		
L42	説明欄の注記		
L43	説明欄の注記		
L44	説明欄の注記		
L45	説明欄の注記		
L46	説明欄の注記		
L47	説明欄の注記		
L48	説明欄の注記		
L49	説明欄の注記		
L50	説明欄の注記		
L51	説明欄の注記		
L52	説明欄の注記		
L53	説明欄の注記		
L54	説明欄の注記		
L55	説明欄の注記		
L56	説明欄の注記		
L57	説明欄の注記		
L58	説明欄の注記		
L59	説明欄の注記		
L60	説明欄の注記		
L61	説明欄の注記		
L62	説明欄の注記		
L63	説明欄の注記		
L64	説明欄の注記		
L65	説明欄の注記		
L66	説明欄の注記		
L67	説明欄の注記		
L68	説明欄の注記		
L69	説明欄の注記		
L70	説明欄の注記		
L71	説明欄の注記		
L72	説明欄の注記		
L73	説明欄の注記		
L74	説明欄の注記		
L75	説明欄の注記		
L76	説明欄の注記		
L77	説明欄の注記		
L78	説明欄の注記		
L79	説明欄の注記		
L80	説明欄の注記		
L81	説明欄の注記		
L82	説明欄の注記		
L83	説明欄の注記		
L84	説明欄の注記		
L85	説明欄の注記		
L86	説明欄の注記		
L87	説明欄の注記		
L88	説明欄の注記		
L89	説明欄の注記		
L90	説明欄の注記		
L91	説明欄の注記		
L92	説明欄の注記		
L93	説明欄の注記		
L94	説明欄の注記		
L95	説明欄の注記		
L96	説明欄の注記		
L97	説明欄の注記		
L98	説明欄の注記		
L99	説明欄の注記		
L100	説明欄の注記		

項目	説明	計算式	単位
EV1	算定値の名称		
EV2	算定値の単位		
PV1	算定値の名称		
PV2	算定値の単位		
PV3	算定値の名称		
PV4	算定値の単位		
PV5	算定値の名称		
PV6	算定値の単位		
PV7	算定値の名称		
PV8	算定値の単位		
PV9	算定値の名称		
PV10	算定値の単位		
PV11	算定値の名称		
PV12	算定値の単位		
PV13	算定値の名称		
PV14	算定値の単位		
PV15	算定値の名称		
PV16	算定値の単位		
PV17	算定値の名称		
PV18	算定値の単位		
PV19	算定値の名称		
PV20	算定値の単位		
PV21	算定値の名称		
PV22	算定値の単位		
PV23	算定値の名称		
PV24	算定値の単位		
PV25	算定値の名称		
PV26	算定値の単位		
PV27	算定値の名称		
PV28	算定値の単位		
PV29	算定値の名称		
PV30	算定値の単位		
PV31	算定値の名称		
PV32	算定値の単位		
PV33	算定値の名称		
PV34	算定値の単位		
PV35	算定値の名称		
PV36	算定値の単位		
PV37	算定値の名称		
PV38	算定値の単位		
PV39	算定値の名称		
PV40	算定値の単位		
PV41	算定値の名称		
PV42	算定値の単位		
PV43	算定値の名称		
PV44	算定値の単位		
PV45	算定値の名称		
PV46	算定値の単位		
PV47	算定値の名称		
PV48	算定値の単位		
PV49	算定値の名称		
PV50	算定値の単位		
PV51	算定値の名称		
PV52	算定値の単位		
PV53	算定値の名称		
PV54	算定値の単位		
PV55	算定値の名称		
PV56	算定値の単位		
PV57	算定値の名称		
PV58	算定値の単位		
PV59	算定値の名称		
PV60	算定値の単位		
PV61	算定値の名称		
PV62	算定値の単位		
PV63	算定値の名称		
PV64	算定値の単位		
PV65	算定値の名称		
PV66	算定値の単位		
PV67	算定値の名称		
PV68	算定値の単位		
PV69	算定値の名称		
PV70	算定値の単位		
PV71	算定値の名称		
PV72	算定値の単位		
PV73	算定値の名称		
PV74	算定値の単位		
PV75	算定値の名称		
PV76	算定値の単位		
PV77	算定値の名称		
PV78	算定値の単位		
PV79	算定値の名称		
PV80	算定値の単位		
PV81	算定値の名称		
PV82	算定値の単位		
PV83	算定値の名称		
PV84	算定値の単位		
PV85	算定値の名称		
PV86	算定値の単位		
PV87	算定値の名称		
PV88	算定値の単位		
PV89	算定値の名称		
PV90	算定値の単位		
PV91	算定値の名称		
PV92	算定値の単位		
PV93	算定値の名称		
PV94	算定値の単位		
PV95	算定値の名称		
PV96	算定値の単位		
PV97	算定値の名称		
PV98	算定値の単位		
PV99	算定値の名称		
PV100	算定値の単位		

様式A 基本情報入力シート

①	シート作成月日	2022/6/21
②	入力責任者	奥内 千枝子
③	建築物名称	宇衣法人短期大学(仮称) 仮設1号
④	建築物所在地	都道府県 福岡県 市町村 糟屋郡 大字 宇衣町 番地 1-619番
⑤	省エネルギー基準 地域区分	6地区
⑥	年間の利用区分	
⑦	延べ面積 [m <sup>2</sup> ]	431.89
⑧	建築基準法施行規則 別記様式に定める用途	用途 記号 用途の区分 UR180 仮設1号
⑨	モデル建築物で適用する 建築物モデルの種類	建築物モデル 空用途
⑩	計算対象部分の床面積 [m <sup>2</sup> ]	431.89
⑪	計算対象部分の 空間容積率 [m <sup>3</sup> ]	403.7
⑫	計算対象部分の階数	地上 1 地下 0
⑬	計算対象部分の 階高の合計 [m]	4.1
⑭	計算対象部分の 外周長さ [m]	100.1
⑮	計算対象部分の 非空調コア部	方位 北 長さ [m] 22.3



2022/09/09 10:59:07 P.5/14

r.d20915b-627c-42e8

Ver.3.2.2 (2022.04)

c.d20915b-627c-42e8



2022/09/09 10:59:07 P.6/14



様式B-1 開口部仕様入力シート

建具仕様名称	幅 W [m]	高さ H [m]	窓面積 [m <sup>2</sup> ]	窓 (ガラス+建具) の性能					備考	
				窓 (ガラス+建具) の性能			窓 (ガラス+建具) の性能			
				建具の種類	ガラスの性能			熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		日射熱取得率 [-]
					ガラスの種類	熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	日射熱取得率 [-]			
AW1	0.84	2.35		固定型(複層ガラス)	2LsA16					
AW2	0.85	2.34		固定型(複層ガラス)	2LsA16					
AW3	0.69	0.5		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW4	1.54	2.47		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW5	0.65	2.47		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW6	1.09	2.27		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW7	2.6	2.27		樹脂製(複層ガラス)	2LsG14					
AW8	0.78	2.07		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW9	0.5	1.57		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW10	0.64	0.77		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW11	0.64	0.97		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW12	0.64	1.07		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW13	0.78	0.77		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW14	0.78	0.77		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW15	0.8	0.4		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW16	0.64	0.57		樹脂製(複層ガラス)	2LsG16					
AW17	0.78	0.75						1.69	0.29	



Ver.3.2.2 (2022.04)

cd209f5b-627c-42e8

2022/09/09 10:59:07 P.7/14

様式B-2 断熱仕様入力シート

断熱仕様名称	部位種別	断熱仕様					備考
		断熱材種別 (大分類)		断熱材種別 (小分類)		熱伝導率 [W/(m·K)]	
		断熱材種別 (大分類)	断熱材種別 (小分類)	熱伝導率 [W/(m·K)]	厚み [mm]	熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	
屋根A-1(277m <sup>2</sup> )	屋根	フェノールフォーム断熱材	フェノールフォーム1種		45		
外壁A-1(777m <sup>2</sup> )	外壁	フェノールフォーム断熱材	フェノールフォーム1種		30		
外壁W-2(基礎部分(標準))	外壁	ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材	ビーズ法ポリスチレンフォーム1号		50		



Ver.3.2.2 (2022.04)

cd209f5b-627c-42e8

2022/09/09 10:59:07 P.8/14



様式B-3 外皮仕様入力シート

① 外皮名称	② 方位	③④⑤入力又は⑥入力			⑦ 断熱仕様名称	⑧ 建具仕様名称	⑨ 建具帯個数	⑩ ブラインドの有無	⑪ 日除け効果係数		⑫ 備考
		③ 幅 W [m]	④ 高さ H [m]	⑤ 外皮面積 [m <sup>2</sup> ]					冷房	暖房	
南面	南			96.62	外壁W-1(2376 <sup>2</sup> )	RW1	1	無			
						RW4	2	無			
						RW5	1	無			
						RW6	2	無			
						RW10	3	無			
北面	北			12.74	外壁W-2基礎部分(標準)						
北面	北			92.15	外壁W-1(2376 <sup>2</sup> )	RW3	1	無			
						RW4	1	無			
						RW5	1	無			
						RW6	2	無			
						RW7	1	無			
						RW9	1	無			
						RW13	1	無			
東面	東			12.74	外壁W-2基礎部分(標準)						
東面	東			77.53	外壁W-1(2376 <sup>2</sup> )	AD2	1	無			
						RW4	4	無			
						RW11	2	無			
						RW12	2	無			
西面	西			12.29	外壁W-2基礎部分(標準)						
西面	西			132.19	外壁W-1(2376 <sup>2</sup> )	AD1	1	無			
						RW2	1	無			
						RW10	11	無			
						RW14	2	無			
北面	北			12.29	外壁W-2基礎部分(標準)						
屋根	屋根			504.04	屋根H-1(2376 <sup>2</sup> )	RW15	1	無			



Ver. 3.2.2 (2022.04)

cd209f5b-627c-42e8

2022/09/09 10:59:07 P.9/14



2.13 (株) ブライト / (株) 木造技術研究所

事業名	(仮称) 牛浜駅前木質ビル新築工事の建築実証		
実施者 (担当者)	株式会社ブライト (株式会社木造技術研究所)		
建築物の概要	用途	共同住宅 (事務所併用)	
	建設地	東京都福生市牛浜 1 3 3 番 1	
	構造・工法	木造丸太組構法	
	階数	3	
	高さ (m)	9.89	
	軒高 (m)	8.39	
	敷地面積 (㎡)	261.18	
	建築面積 (㎡)	188.00	
	延べ面積 (㎡)	564	
	階別面積	1階	188.00
	2階	188.00	
	3階	188.00	
CLTの仕様	CLT採用部位	壁	
	CLT使用量 (㎡)	加工前製品量137㎡、建築物使用量110㎡	
	壁パネル	寸法	210mm厚、120mm厚
		ラミナ構成	7層7プライ、3層4プライ
		強度区分	Mx90相当
	床パネル	樹種	ヒノキ
		寸法	—
		ラミナ構成	—
	屋根パネル	強度区分	—
		寸法	—
ラミナ構成		—	
屋根パネル	強度区分	—	
	寸法	—	
	ラミナ構成	—	
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)	柱：米松集成 梁：米松集成	
	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	14㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	カラー鋼板葺
		外壁	ログ材210mm
		開口部	アル樹脂複合サッシ+二層複層ガラス (Low-E、乾燥空気、日射遮蔽型、中空層幅16mm)
	主な内部仕上	界壁	クロス+PB12.5×2+LGSタット <sup>®</sup> +GW40+ログ120+PB12.5×+クロス
		間仕切り壁	クロス+PB12.5×2×4タット <sup>®</sup>
構造	構造計算ルート	限界耐力計算	
	接合方法	鋼製ダボ、通しボルト	
	最大スパン	8.8m	
	問題点・課題とその解決策	建設地での仮置き場所の確保が必要、各梱包の積み重なり順を組上げに合わせた配置とすること、使用する順番で梱包をまとめる等の対応の検討が課題	
防火	防火上の地域区分	防火地域	
	耐火建築物等の要件	準耐火構造 (延焼防止建物)	
	本建築物の防耐火仕様	90分準耐火構造	
温熱	問題点・課題とその解決策	燃焼試験により大臣認定取得	
	建築物省エネ法の該当有無	届け出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策	ノンセトリング構造のためセトリングスペース設ける必要がなく気密性の確保が可能で、断熱・遮熱効果が期待	
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根 (又は天井)	グラスウール断熱材 ・ 100mm
外壁		無 (ログ壁)	
床		無 (フリーフロア)	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	ノンセトリング構造とすることで、セトリングスペース設ける必要がなく気密性の確保が可能で、遮音効果が期待できる	
	建て方における課題と解決策	ダボはプレカットにより予め下穴を開けて、現場での手間を省力化する	
	給排水・電気配線設置上の工夫	ログ材の電気配線の穴はプレカットにより予め加工を行うフリーフロアとし、床下空間に配管	
	劣化対策	木表しの外部ログ壁は高耐候性塗料にて塗装実施	
工程	設計期間	2022年8月～2023年2月 (5ヵ月)	
	施工期間	CLT躯体施工期間	2023年3月～10月 (8ヵ月)
		竣工 (予定) 年月日	2023年10月 (1ヵ月)
体制	発注者	ブライト株式会社	
	設計者 (複数の場合はそれぞれ役割を記載)	基本設計：株式会社フェニックスホーム一級建築士事務所 実施設計：一級建築士事務所 株式会社アールシーコア BESS多摩営業	
	構造設計者	有限会社レン構造設計事務所	
	施工者	株式会社アールシーコア	
	CLT供給者	株式会社サイプレス・スナダヤ	
	ラミナ供給者	株式会社サイプレス・スナダヤ	

実証事業名：(仮称) 牛浜駅前木質ビル新築工事の建築実証

建築主等/協議会運営者：ブライト株式会社/株式会社木造技術研究所

## 1. 実証した建築物の概要

用途	共同住宅（事務所併用）		
建設地	東京都福生市		
構造・工法	木造（丸太組構法）		
階数	3		
高さ（m）	9.890	軒高（m）	8.390
敷地面積（㎡）	261.18	建築面積（㎡）	188.00
階別面積 （㎡）	1階	188.00	延べ面積（㎡） 564.00
	2階	188.00	
	3階	188.00	
CLT採用部位	壁		
CLT使用量（m <sup>3</sup> ）	加工前製品量 137m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 110m <sup>3</sup>		
CLTを除く木材使用量（m <sup>3</sup> ）	14m <sup>3</sup>		
CLTの仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）	
	壁	210mm厚/7層7プライ / Mx90/相当/ヒノキ	
		120mm厚/3層4プライ / Mx90/相当/ヒノキ	
	床	—	
屋根	—		
設計期間	2022年8月～2023年2月（5ヵ月）		
施工期間	2023年3月～10月（7ヵ月）		
CLT躯体施工（予定）期間	2023年4月（1ヵ月）		
竣工（予定）年月日	2023年3月15日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

丸太組構法は住宅としての用途が広がってきており、(一社)日本ログハウス協会による統計（H25年度）では、6割が住宅、2割が別荘・セカンドハウスとなっているが、在来工法やツーバイ工法等の木質系住宅全体から比較すると0.2%程度と、未だ丸太組みの建物は需要が少ないのが現状、3階建てに至っては0となっている。

現在、国内の木材の多くが伐採の時期を迎え、木材消費を促進する動きがある中、従来の木造建築のおよそ2.6倍の豊富な木材使用が可能な丸太組構法はこれに即した構法である。内外部ともに仕上げ材が不要であり、木特有の風合いが仕上げ材無しで体感可能な利点を持つ。また、構造上は壁式特有の固い変形挙動を持つことや摩擦による安定的なエネルギー吸収能力がある等、他の木質構造と同等以上の性能を持っている。



本事業で丸太組構造による3階建ての構造検討・評価及び、90分準耐火構造の大臣認定取得のための防耐火構造の実証実験を行うことで、今後、共同住宅や事務所、小学校等の公共建築物等の中大規模の木造建築への丸太組構法の利用の可能性が期待され、木造建築における丸太組構法のシユア拡大を目指していくことで、より一層の木材使用を進め、森林資源の有効活用とCO<sub>2</sub>の放出量削減に貢献する。

今回実証事業で設定した課題を以下に示す。

- (1) CLT ログハウスにおけるコスト縮減およびRC造とのコスト比較
- (2) 総3階建てのCLT ログハウスの限界耐力計算による構造評価
- (3) 準耐火構造90分の大臣認定取得のための防耐火構造検討

### 3. 協議会構成員

- (技術検討) 株式会社木造技術研究所 : 松下 勝久 (協議会運営者)、菅野 真裕  
(設計) 一級建築士事務所 株式会社アールシーコア BESS多摩営業所 : 龍 恭一  
(設計) 株式会社フェニックスホーム一級建築士事務所 : 松下 勝久  
(構造設計) 有限会社 レン構造設計事務所 : 二連木 清  
(施工) 株式会社アールシーコア : 河内 直彦  
(CLT供給) 株式会社サイプレス・スナダヤ : 砂田 雄太郎  
(プレカット) 株式会社ダイテック : 倉持 秀一  
(資料作成等) 株式会社テクニカルリサーチ : 松下 大紀  
(監修) 一般社団法人 木のいえ一番協会 : 池田 均

### 4. 課題解決の方法と実施工程

CLT材を丸太材として使用した丸太組構法における、準耐火構造90分の大臣認定取得のための防耐火構造を検討する。

総3階建てのログハウスは、丸太組構法告示基準による限界体力計算を要することとなるが、過去の実証で取得した構造評定を基に再評価を検討する。

CLTのコスト増の要因、コスト縮減の方策について、RC造と本実証事業におけるCLTログによる丸太組造の工法を比較し、比較検討資料を作成する。

#### <協議会の開催>

2022年10月: 第1回協議会、計画内容、検討事項の確認、防耐火構造・試験体検討

11月: 第2回協議会、構造検討、防火性能試験

12月: 第3回協議会、構造検討、防火性能試験結果報告

2023年1月: 第4回協議会、施工コスト・工期検討

2月: 第5回協議会、実証事業の取りまとめ検討

#### <設計>

2022年10月: 実施設計

11～12月：構造設計

12月～2023年1～2月：建築確認申請、構造計算適合性判定

<性能確認>

2022年11月：防火燃焼実験（準耐火構造 90分） 試験体2体

2023年4月（予定）：90分準耐火構造大臣認定取得

## 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）性能実証による燃焼試験

過去の60分準耐火構造の認定では、非加熱面と加熱面で偏心させて2本のダボを打つことで検討していたが、施工手間や加工、材料コストへの影響が考えられたため、本試験では、構造検討に合わせて鋼製ダボ（コーチボルト）をログの中心に重ね方向に対して、千鳥状に配置した。108分の燃焼試験によってダボが露出すること無く、構造上、有効に作用していることが確認できた。炭化速度は0.6mm/分程度であり、事前の検討結果と同程度であった。

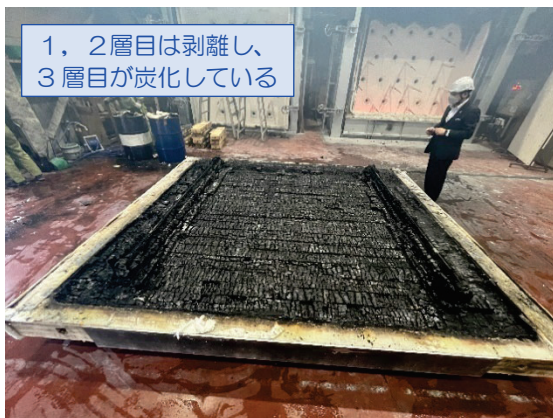


図 5.1 試験後の加熱面の様子



図 5.2 4層目（中央の層）の状態

### （2）設計実証による CLT ログハウスにおけるコスト削減の検討

CLT ログハウスは、構造特性から建築コストや工期などにメリットがあり、本実証事業のような共同住宅や事務所、小学校などの公共建築物等の中大規模建物の建設においても利用が期待できる。CLT は、高い強度や安定性を持ちながら、構造の軽量化や省資源化により、建築コストの削減や工期短縮が可能となる。また、木質素材の使用により、建築物の内部空間の温度・湿度を調整する機能があり、快適な居住環境を提供することにもつながる。

## 6. 本実証により得られた成果

CLT ログハウスは、CLT 材の特徴である繊維方向が直交した性質を持つ丸太材を使用することで、縦方向の繊維層が存在するため、丸太組構造特有のセトリング現象（木材収縮による壁高さの変化）が起こらないノンセトリング構造となり、施工性やメンテナンス性が向上するなどの様々なメリットが考えられる。ノンセトリング構造の3階建ての事例はまだ

なく、この現象がどう作用するのかは今後、実際に建築を行うことで検証を行う予定である。

CLT 大判パネルから丸太材を切り出すことにより、従来の倍程度の高さを持った丸太材の製作が可能であり、1 段を施工する際の施工手間が従来の半分程度になると想定される。そして、CLT の製品安定性も期待でき精度の高いプレカット加工により、通常入りにくいとされるノッチ部分（丸太組の交差部分）などの施工が容易にでき、工期短縮を図ることで施工コストを削減することが可能である。また、ノンセトリング構造にすることで、建築後のメンテナンス手間を軽減でき（例えば柱のジャッキ調整が不要になる等）、維持管理の費用の削減効果も期待される。

本実証事業で設計された丸太組構法による 3 階建ては、事例がまだ少なくノンセトリング構造による CLT ログハウスは、今後の建築によって業界内でも注目される可能性が高く、広く波及的効果を期待できる。

今回の実証で取得した 90 分の準耐火構造の認定は、建築物の木質化への転換を進める昨今の流れの中、外壁に無垢の木材を表す施工が可能になり、環境や街並みに大きな変化をもたらすと期待される。『都市にも森をつくる』というコンセプトは、森林の循環資源を活用したサステイナブルな建築物の実現を目指すものであり、例えば、木質ビル（大断面木質ラーメン架構）においては、本事業で実証した CLT ログ壁を外壁材として使用することも可能である。将来的には、5 階建ての木質ビルにおいて耐火柱とログ外壁防火認定を採用することで、さらなる拡大を目指していきたい。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等

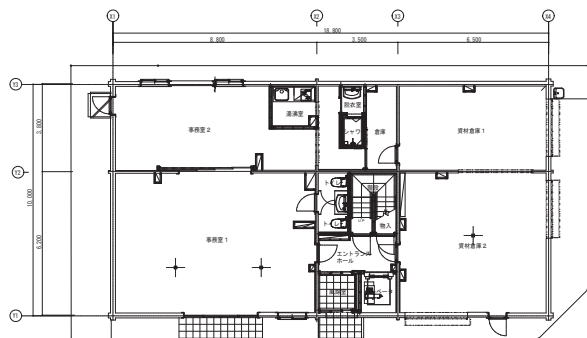


図 7.1 平面図（1階）

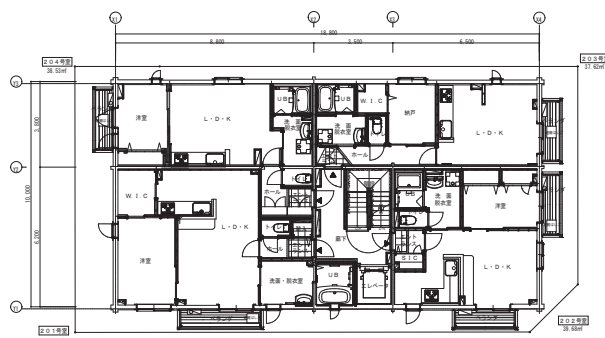


図 7.2 平面図（2階）

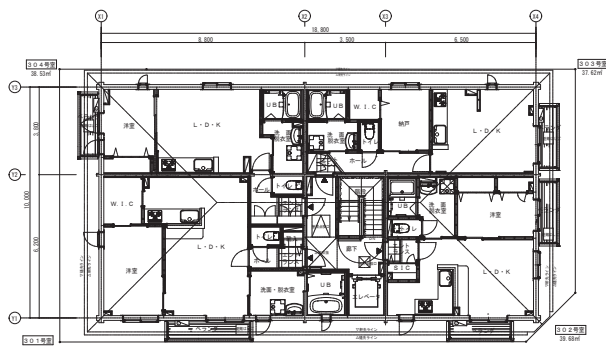


図 7.3 平面図（3階）



図 7.4 外観パース

令和 3・4 年度 CLT 活用建築物等実証事業  
実証事業名：(仮称) 牛浜駅前木質ビル新築工事の  
建築実証

成果物

令和 5 年 2 月



株式会社木造技術研究所



## 目次

1. 実証事業概要
  - 1.1 事業の背景
  - 1.2 事業の検討項目
2. 設計概要
  - 2.1 意匠計画
  - 2.2 構造計画
3. 90分準耐火構造燃焼試験
  - 3.1 実験計画
  - 3.2 防火試験体
  - 3.3 燃焼実験
  - 3.4 防火認定
4. 他工法との比較検討
  - 4.1 コスト比較結果概要
  - 4.2 木工事と躯体工事の比較
  - 4.3 地盤補強工事の比較
  - 4.4 今後の見通し
5. 総括

## 1. 実証事業概要

### 1.1 事業の背景

森林には、水資源の保全、土壌保全、炭素吸収効果、生物多様性の保全、緑地としての役割など、多くの機能を持っている。

特に、樹木が光合成によって大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を吸収する活動は、地球温暖化への対策として重要である。木材は自然界から大気中の CO<sub>2</sub> を取り込み、成長する過程で炭素を蓄えること機能（炭素吸収・炭素固定）を持っている。木材を使用して建物や家具等を作ることで、その炭素を長期間蓄えることができる。

CLT 材を使用したログハウス（以下、CLT ログハウス）は、森林資源の木材を有効に使用する建築物であると言える。一般的な工法で、例えば内装木質化をした鉄骨造と比較した場合には、CLT ログハウスでは 4 倍程度の木材を使用する形となる。これにより、建設された建築物の炭素貯蔵量も 4 倍となり、CO<sub>2</sub> を長期間固定することが可能となる。

今回の事業では、防火地域でありながら木材を表して利用することで都市部における木質化と「都市に森を」のコンセプトに基づいた木材の見える化に取組む予定である。

### 1.2 事業の検討項目

実証事業の検討項目として以下を上げ、委員会で検討を行った。

- ① CLT ログ壁の特性の検証
- ② 他構法と比べた施工費用の検証、比較
- ③ 90 分準耐火燃焼試験
- ④ 丸太組 3 階建て構造の検討

## 2. 設計概要

### 2.1 意匠計画

#### (1) 建築コンセプト

東京都福生市に計画する木造ビルは、企業の事務所を1階に配置し、2階・3階を共同住宅として計画する。建物は、長方形の形状の総3階建てのログハウスとして、高い技術水準を持っている。従来の建築物とは異なり、木材を多く使用することによって、環境に配慮した設計がされている。木のぬくもりを感じられる温かみのある空間を持った建築物である。

国土交通省告示第411号において規定される丸太組構法技術基準では、ログハウスの3階建てを設計するためには限界耐力計算が必要となる。これには高度な技術が求められるが、当該建築物については、平成25年に丸太組構法3階建ての構造評定を取得していることで、これを基に構造設計を行った。この設計手法により構造実験を省略し、構造解析を短期間で行うことが可能であると考え、建設期間の短縮を図ることを計画した。

#### (2) 建築概要

建物は丸太組構法による3階建ての構造で、用途は事務所併用共同住宅である。延床面積は564.00㎡、建築面積は188.00㎡。建設地は防火地域であるが、耐火性能を確保することで外層は木現わしの仕上げとした。

図2-1に外観パース、図2-2に内観パース、図2-3に平面図、図2-4に立面図を示す。



図 2-1 外観パース

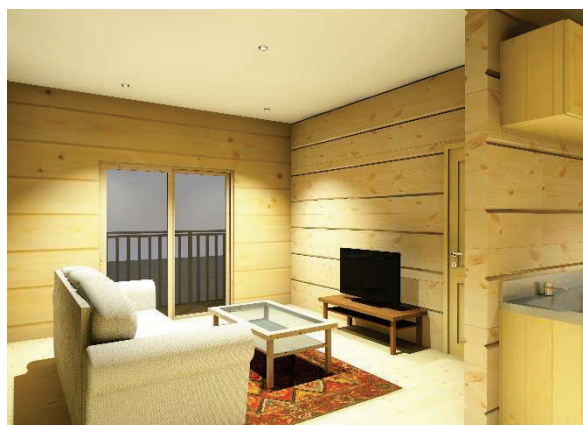


図 2-1 内観パース (LDK)

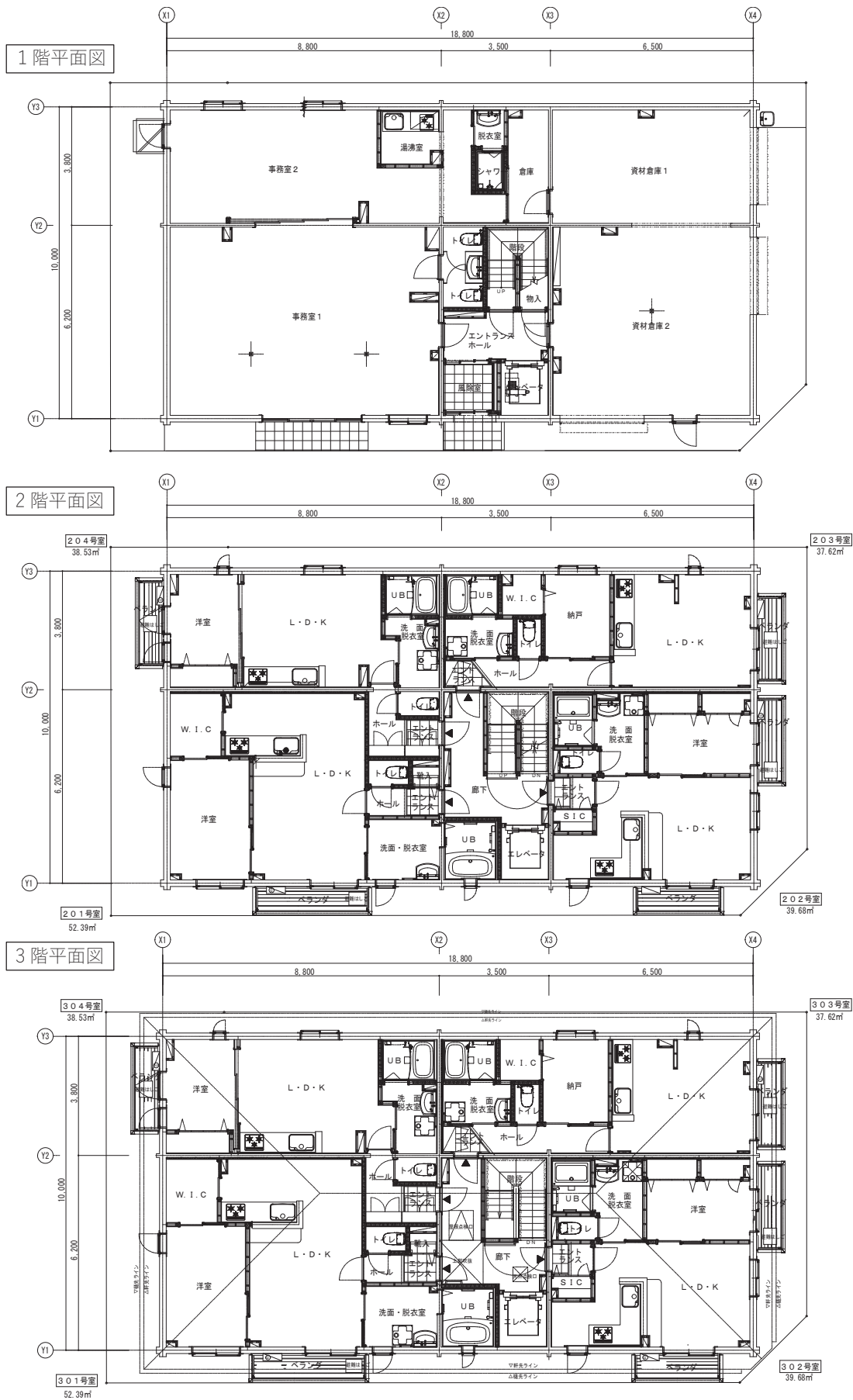


図 2-3 平面図



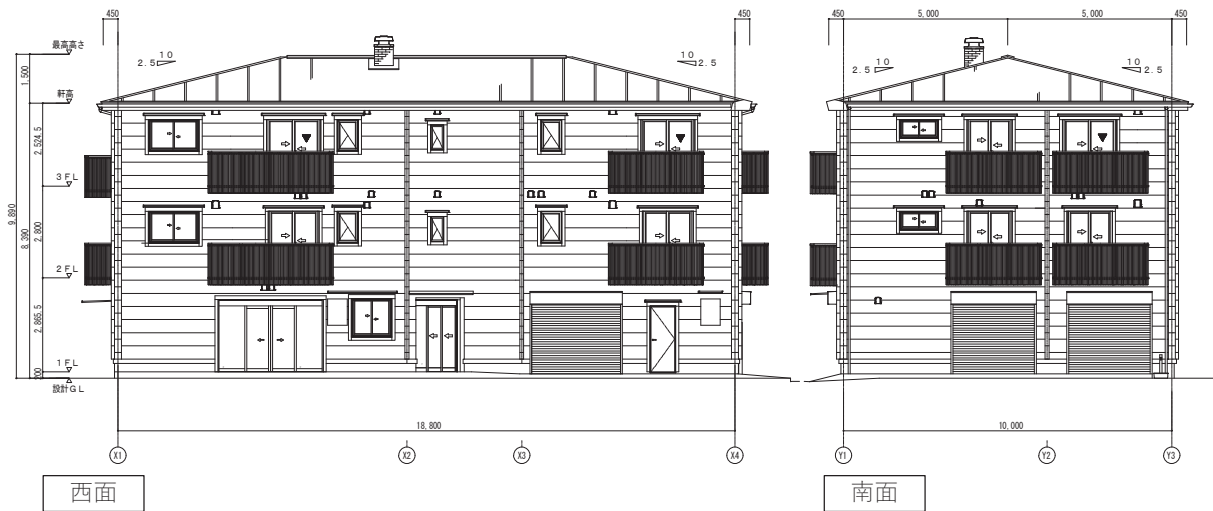


図 2-4 立面図

### (3) CLT 使用箇所

CLT 材は外壁のログ材に 210mm 厚の CLT 材、間仕切壁のログ壁に 120mm の CLT 材を使用した。どちらも樹種は桧材を使用している。使用箇所を図 2-5 に示す。



図 2-5 CLT 使用箇所

## 2.2 構造計画

建物の構造は丸太組構法による総ログ仕様の3階建てとする。

ログ材は外壁のログに7層7プライ210mm厚の桧のCLT材、間仕切り壁に3層4プライの120mm厚のCLT材を使用する。ログ材の断面図を図2-6に示す。

丸太組の3階建ての構造のため、限界耐力計算で構造の安全性の確認をする。

ダボは鋼製のコーチボルトを使用し、ダボのせん断強度並びにめり込み強度、及びログ材間の摩擦力は既往の評定での検討結果(図2-7)を参照し、設計を行った。

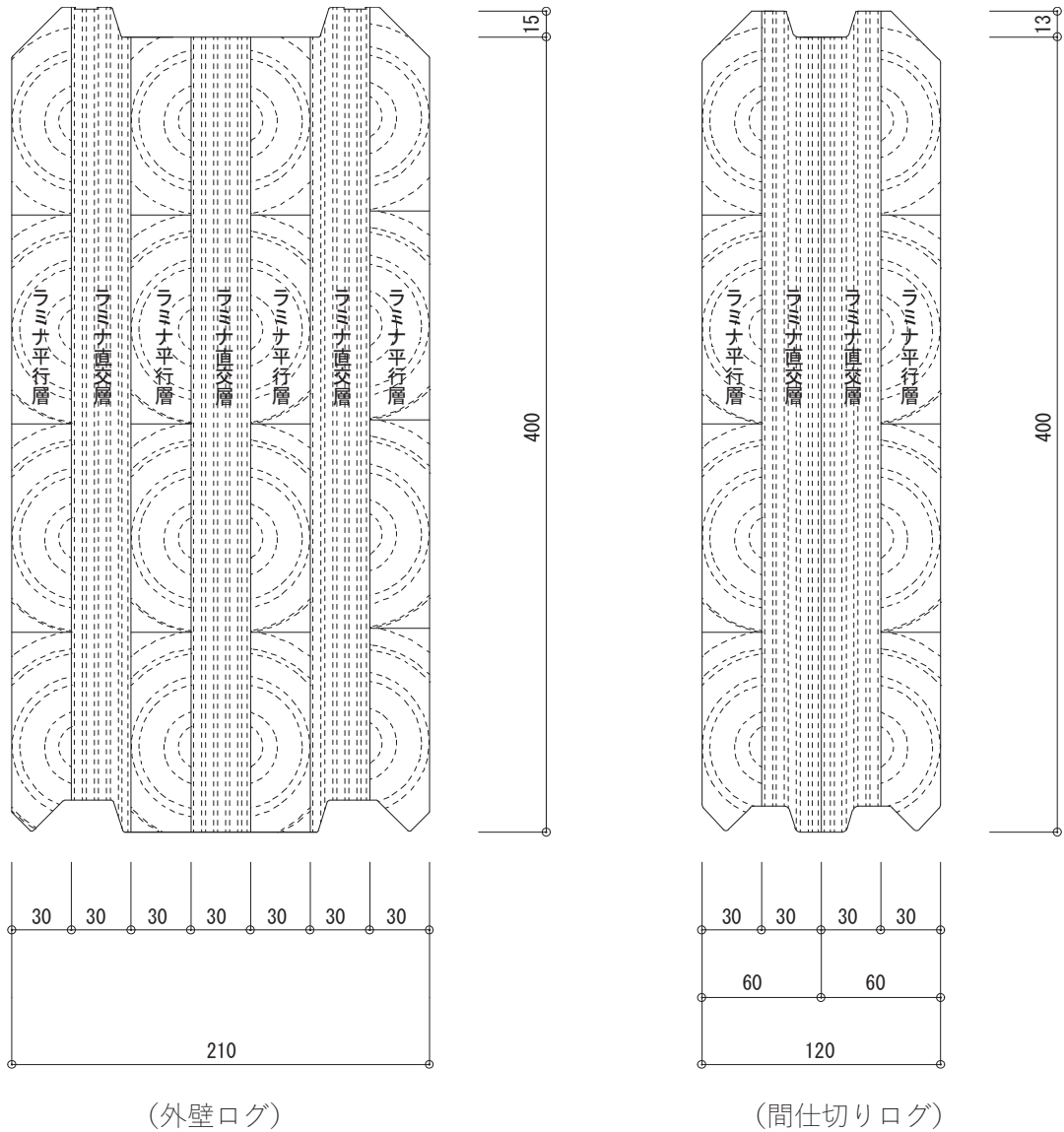


図2-6 使用するログ断面図

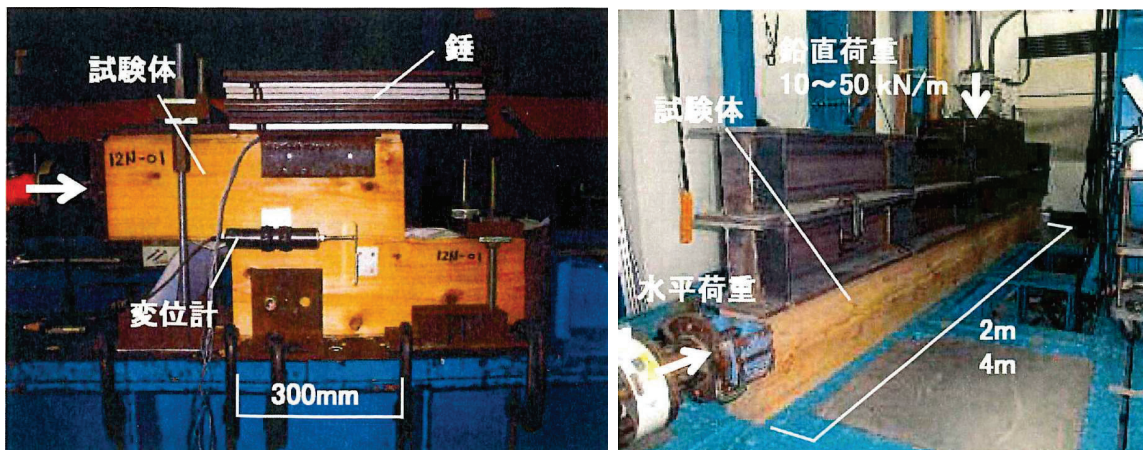


図 2-7 既往のダボのせん断試験及びログ材間の摩擦力試験

### 3. 90 分準耐火構造燃焼試験

#### 3.1 実験計画

CLT ログの防火性能試験では 60 分準耐火構造の認定を取得しているが、本実験では 90 分準耐火構造の認定を目指す計画である。

#### 3.2 防火試験体

過去の 60 分間準耐火構造の防火性能試験では、非加熱面と加熱面で偏心させて 2 本のダボを打つことで、構造上は 1 本のダボとして検討していたが、この方法ではダボの本数が実質 2 倍となり、施工手間や加工、材料コストへの影響が考えられたため、本試験では、構造検討に合わせてログの中心に鋼製のコーチボルトを重ね方向に千鳥状に配置することとした。ダボの配置を図 3-1 に示す。

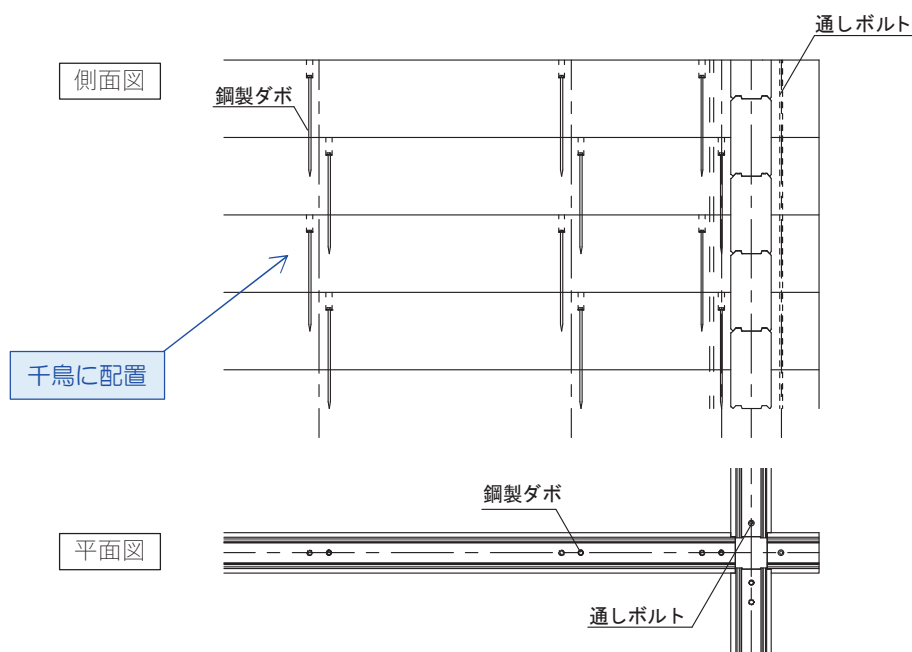


図 3-1 ダボの配置

過去の試験では、CLT の製品安定性に期待して、防水テープなしのゼロタッチの形としていたが、木材の経年変化による収縮により、隙間が生じる可能性があることから、本試験ではログの実部分には防水テープを施工する形とした。また、交差部分については、防水テープを巻く形で処理することとする（図 3-2、写真 3-2 参照）。

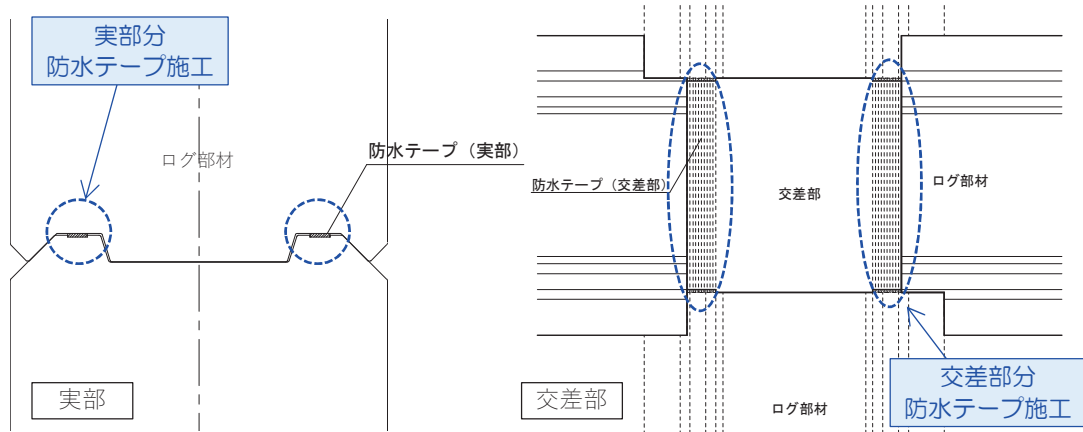


図 3-2 防水テープの施工



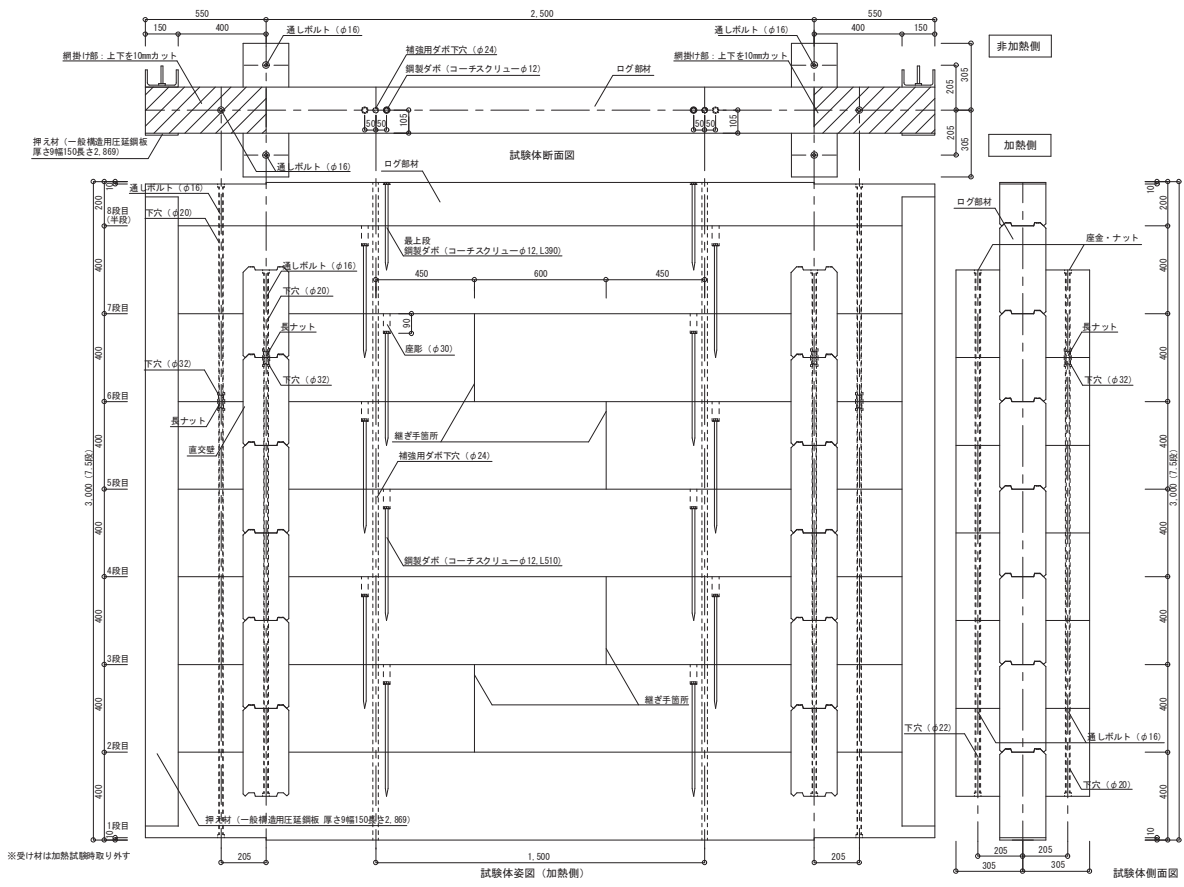
写真 3-1 防水テープ施工

防火試験体は株式会社東亜理科 埼玉第二工場にて製作を行った。試験体の製作時の様子を写真 3-2 に、試験体図を図 3-3 に示す。

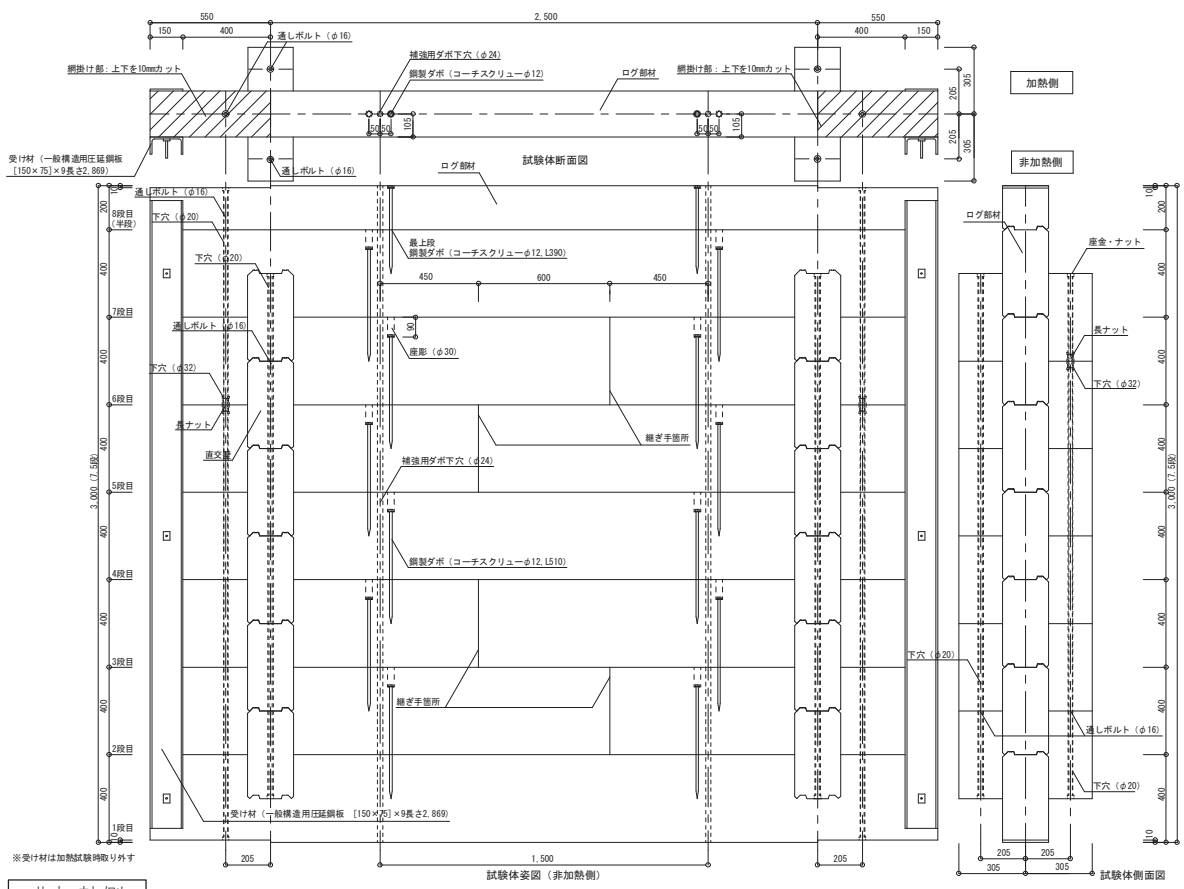


写真 3-2 防火試験体の製作





加熱側



非加熱側

図 3-3 防火試験体図

### 3.3 燃焼実験

#### (1) 試験概要

準耐火構造 90 分の燃焼試験を公益財団法人日本住宅・木材技術センターにて実施した。

要求準耐火時間が 60 分を超える場合にあっては、要求耐火時間に 1.2 を乗じた時間が経過するまでの間、加熱を行う必要があるため、燃焼試験は 108 分かけて行う。

表 3-1 試験概要

試験日	令和 4 年 11 月 28 日 (燃焼試験 1 回目) 令和 4 年 11 月 29 日 (燃焼試験 2 回目)
試験場所	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所
試験体	W3,600mm×H3,000mm



(加熱側)



(非加熱側)

写真 3-3 防火試験体

燃焼試験前に試験体木材の含水率を測定した。試験体製作から 2 週間経過しているが壁面、小口面は共に 11% 弱と良く乾燥しており、CLT 材の製品安定性の高さが伺える。



(壁面)



(小口面)

写真 3-4 含水率

## (2) 試験概況

燃焼開始直後、炭化が進むまでは炉内は煙が充満し曇っている。

燃焼試験開始から 30 分経過後、加熱面では 1 層目の炭化が進み部分的に僅かに剥離が始まっていた。非加熱面には大きな変化は見られない。

45 分経過後、加熱面の 1 層目の剥離が徐々に進んできているが、まだまだ少量である。非加熱面には変化は見られない。

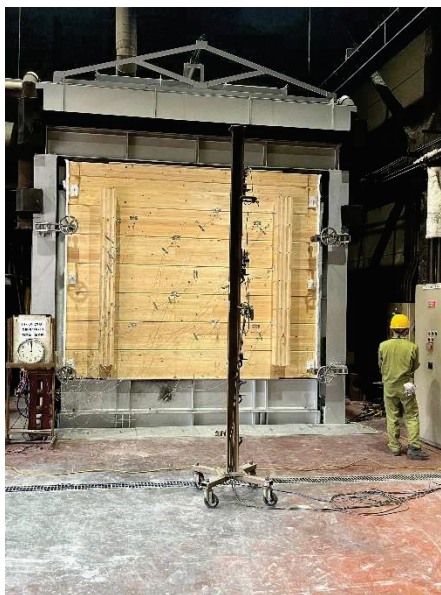


写真 3-4 開始直後の様子



写真 3-5 開始直後の炉内の様子

50 分経過後、継ぎ手部で一時的に 100 度近くまで表面温度が上昇した。これは組上げの誤差で僅かに隙間ができていた部分については、炉内の圧力が上昇した際にこの隙間から水蒸気が抜けたため、表面温度が一時的に上昇したものと考えられる。その後は徐々に低下していった。その他のポイントについては、特に温度上昇は見られない。

一方、加熱面では 1 層目がぼろぼろと剥離し始めている。



写真 3-6 開始 50 分後の様子

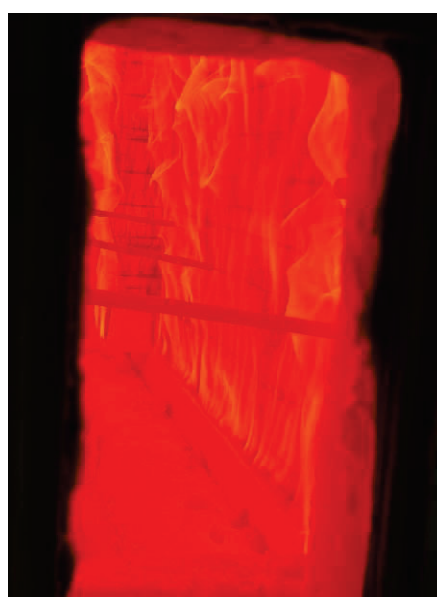


写真 3-7 開始 50 分後の炉内の様子



75分経過後、右側上部より僅かに煙が出始めたが、非加熱面に特段大きな温度上昇はみられない。加熱面の1層目はほぼ剥離し、2層目の炭化が進んでいる。



写真 3-8 開始 75 分後の様子



写真 3-9 水際上部からの煙



写真 3-10 開始 75 分後の炉内の様子

100分経過後、加熱面では2層目が徐々に剥離を始めている。1層目の剥がれ始めに比べ、2層目が早くなっている理由は、1層目の熱を2層目で吸収し続けていたため、剥離までの時間が短くなっている。



写真 3-11 開始 105 分後の様子



写真 3-12 開始 105 分後の炉内の様子



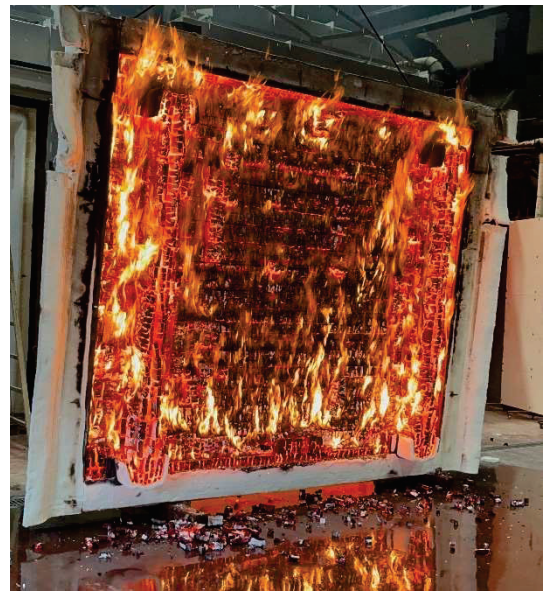
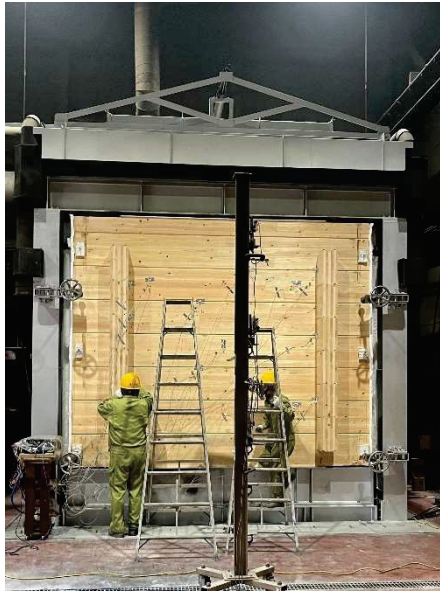


写真 3-13 試験終了時の非加熱面の様子 写真 3-14 試験終了時の加熱面の様子

試験体鎮火後、試験体を確認した結果、2層目はほぼ剥離している状態で、3層目の炭化が進んでいる様子が確認できた。4層目に取り付けられているダボは露出しておらず、構造上、有効に作用している。

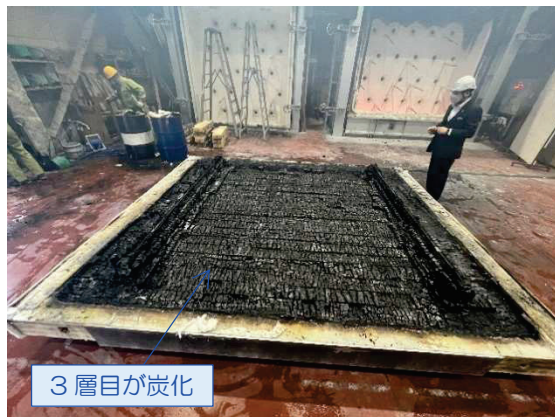


写真 3-15 加熱面の様子

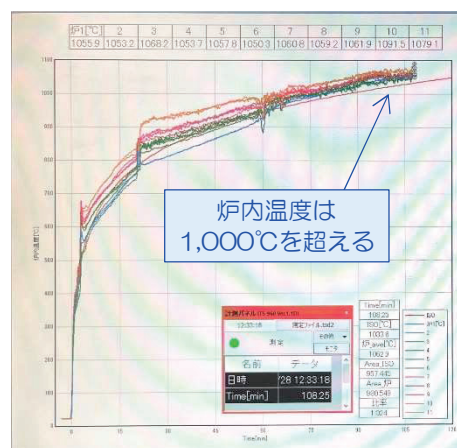
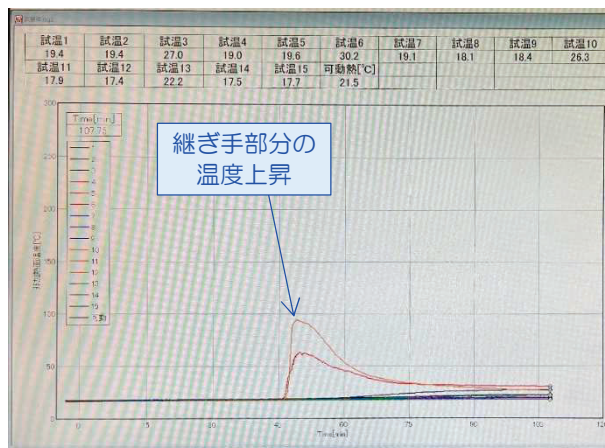


図 3-4 試験終了までの各測定点における温度状況と炉内温度（試験 1 日目）

### (3) 試験結果

前回の 60 分準耐火の燃焼試験では、杉の CLT 材を使用した結果、炭化速度は 0.8mm/分程度であった。今回の試験では、桧の CLT 材を使用したことにより、炭化速度は 0.6mm/分程度となり、杉と比較して炭化速度が緩やかであることが確認された。本試験の結果は、2 回の燃焼試験において大きな変化が見られなかったため、CLT の製品安定性が高いことが伺える。今回の燃焼試験で杉材を使用した場合、108 分経過時には 3 層目が剥離し、4 層目の炭化が進んでいたと考えられることから、90 分の準耐火構造の検討においては、樹種は桧が適していると考えられる。



写真 3-16 燃焼試験後に試験台から取り外した瞬間

### 3.4 防火認定

90 分準耐火構造の燃焼試験は無事合格し、性能評価書の交付を受けた。大臣認定は現在申請中であり、近日中に認定取得の予定である。

CLT ログハウスのさらなる可能性に期待し、90 分準耐火構造の認定を活用し、また、構造体としての利用に留まらず、物流倉庫等の外装材としての CLT ログ材の活用も今後検討していきたいと考える。



## 4. 他工法との比較検討

### 4.1 コスト比較結果概要

一般的に RC 造は大規模な建物に適しており、建築費用や施工期間が長くなる傾向にある。一方、S 造は比較的低層の建物に適しており、RC 造よりも建築費用や施工期間は抑えられる。

本検討では規模的には S 造との比較が妥当なところであるが、同規模の建物においては RC 造での施工も多く存在することから、比較検討の資料としては RC 造が望ましいと考え、CLT ログハウスとのコストの比較を行った。その結果を表 5-1 に示す。



( CLT ログハウス)

(RC 造)

図 5-1 比較対象建物

表 5-1 他工法とのコスト比較

工事項目	金額（原価、円）		RC 造との金額差	
	CLT ログハウス	RC 造	差額（円）	比率（%）
1 地盤改良工事	0	8,902,750	-8,902,750	
2 仮設工事	6,826,890	6,826,890	0	100
3 基礎工事	7,845,780	—		
4 木工事	17,033,500	9,690,890	7,342,610	176
5 部材費	45,795,000	—		
6 金物工事	620,400	—		
7 RC 躯体工事	—	136,488,000		
8 塗装工事	3,582,460	7,921,000	-4,338,540	45
9 屋根・板金工事	3,170,227	1,729,800	1,440,427	183
10 建具工事	11,925,700	12,903,607	-977,907	92
11 その他	5,950,000	2,357,000	3,593,000	252
1～11 総合計	102,749,957	186,819,937	-84,069,980	55
3～7 躯体合計	71,294,680	146,178,890	-74,884,210	49

本体工事費の比較では、CLT ログハウスが 10,274 万円に対して、RC 造は 18,681 万円と、RC 造の 49%で建築が可能であった。

躯体重量 (RC の 1/5) の差が地盤改良費に反映され、構造躯体比較では、RC 造の 49%で施工できる算定となった。当該建物のような 3 階建て 600 m<sup>2</sup>程度の小規模な共同住宅の建築にあっては、RC 造と明確な価格差があり、コスト面で有利であるといえる。

## 4.2 木工事と躯体工事の比較

RC 造とのコスト比較では、躯体工事費 13,648 万円に対して、木部材費 4,579 万円と CLT ログハウスの 33%程度となり、有利な結果となった。

## 4.3 地盤補強工事の比較

地盤調査結果によると CLT ログハウスにおいては設計地耐力が確保されており、地盤改良の必要はないが、RC 造の場合は、建物の構造体に大量のコンクリートを使用することで建物の重量が非常に重くなるため、地盤改良費が別途発生する算定となり、机上の算定では約 890 万円のコスト増となった。

木造の CLT ログハウスは建物重量が軽いため、地盤改良工事が不要となることで、コストや施工期間の縮減効果がある。

## 4.4 今後の見通し

CLT ログハウスのコスト検証では、RC 造の 55%で施工可能であることが検証された。また、工事工程においても施工期間の短縮が見込まれることから、仮設費や工事管理費などの削減が期待できる。

本実証事業では建築実証を行っていないことから、実際に机上での算定通りに RC 造とのコストの差が起こるのか、建築工事時にデータを取得し、検証を行いたい。

CLT ログハウスは、その構造や特性から建築コストや工期などにメリットがあり、本実証事業のような共同住宅や事務所、小学校などの公共建築物等の中大規模建物の建設においても利用が期待される。CLT は、高い強度や安定性を持ちながら、構造の軽量化や省資源化が可能となることで、建築コストの削減や工期の短縮が可能となる。また、木質素材の使用により、建築物の内部空間の温度や湿度を調整する機能があるため、快適な居住環境を提供することも可能である。さらに、CLT の利用により、森林資源を有効活用することができ、CO<sub>2</sub> の放出量を削減することから地球環境に優しい建物といったメリットもある。

今後は CLT ログハウスの利用が、中大規模建物の建設においても、ますます増えていくことが期待される。



## 5. 総括

今回の実証事業により、90分準耐火構造の大臣認定を取得することにより、内外木現わし利用の可能性が大きく広がった。この成果は、令和元年6月の建築基準法改正によって、防火地域や準防火地域での準耐火建築物（延焼防止建物）の設計範囲が拡大されたことによって、より大きな意義を持った。実際に、取得する90分準耐火構造の認定によって、防火地域内でも3階以下の設計が可能となり、準防火地域内では、4階建ての木造建築も検討が可能となった。

このような技術の進歩によって、都市部で木材現しの木造建築がより一層普及し、他の構法から木造への切り替えも増えることが期待される。さらに、今回の実証事業によって、これまで木造ではなかった施設の建て替えニーズも高まっており、公共性の高い施設の提案も増加している。

このような取り組みを広く普及させるためには、丸太組構法の設計フローを見直すことや、丸太組構法告示基準の改正に向けて積極的に取り組んでいく必要がある。このような努力が、今後のCLTログハウスの普及につながっていくことを期待している。

最後に、今回事業を快諾頂いた施主をはじめ、ご指導いただきました委員の先生方に、心より御礼申し上げます。また、実証実験で検討の機会を頂いたことに感謝いたします。