平成 30 年度補正林野庁補助事業
木材製品の消費拡大対策のうちＣＬＴ建築実証支援事業

CLT 建築実証支援事業　報告書

令和２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

平成 31 年度（令和元年度）　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　（国研）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
大村 和香子　（国研）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　国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部　防火基準研究室長
山辺　豊彦　（有）山辺構造設計事務所　代表取締役
協力委員：河合　誠　（一社）日本 CLT 協会　顧問
行　政：齋藤　健一　林野庁木材産業課木材製品技術室　室長
猪島　明久　林野庁木材産業課木材技術班　課長補佐
福島　純　林野庁木材産業課木材技術班 住宅資材技術専門官
武井　量宏　林野庁木材産業課木材技術班 木材技術担当専門職
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
辻　祐司　（公財）日本住宅・木材技術センター　首席研究員
鈴木　圭　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
大澤　朋子　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
髙橋　秀樹　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
浅見　忠明　（公財）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）常務取締役

令和元年度　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　　福山弘構造デザイン　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
大澤　朋子　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
髙橋　秀樹　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
浅見　忠明　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任

CLT建築実証支援事業　報告書

目　次

ページ

１　事業の概要

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　・・・・　3
1.3.1　各実証事業の概要　・・・・　3
1.3.2　現地調査　・・・・　8
1.3.3　専門家派遣　・・・・　16
1.3.4　各実証事業の講評とまとめ　・・・・　16
1.4　成果報告の構成について　・・・・　19

２　成果報告

2.1　飯能商工会議所　・・・・　21
2.1.1　建築物の仕様一覧　・・・・　21
2.1.2　実証事業の概要　・・・・　22
2.1.3　成果物等　・・・・　26

・構造性能実証試験（CLT平行弦トラス）試験報告書
・構造性能実証試験（組子格子耐力壁）試験報告書
・CLT施工レポート（CLT平行弦トラス）
・CLT施工レポート（CLT折版床・柱）
・別の工法(RC造)とCLTパネル+軸組み工法(本計画)のコスト比較表

2.2　三菱地所（株）　・・・・　45
2.2.1　建築物の仕様一覧　・・・・　45
2.2.2　実証事業の概要　・・・・　46
2.2.3　成果物等　・・・・　50

・移築可能な構造の検討
・現場建築施工における検討
・真庭市移設後の耐久性の確保の検討
・純鉄骨造とのコスト比較

2.3　（株）中東　・・・・　59
2.3.1　建築物の仕様一覧　・・・・　59
2.3.2　実証事業の概要　・・・・　60
2.3.3　成果物等　・・・・　64
・実証事業の設計概要
・部材性能試験の結果レポート
・避難安全検証による検討結果
・施工性、搬入に関するレポート
・図面および写真集
・設計に用いた部材のディテールをまとめた構造

2.4　日ノ丸産業（株）／（株）白兎設計事務所　・・・・　80
2.4.1　建築物の仕様一覧　・・・・　80
2.4.2　実証事業の概要　・・・・　81
2.4.3　成果物等　・・・・　85
・CLT パネル工法におけるコスト縮減および他工法との比較検討について
・複数層のスラブに用いた場合の納まりの検討について
・CLT マザーボードからのロスを減らす検討について
・設計図面

2.5　大和興業（株）／（有）阪根宏彦計画設計事務所　・・・・　105
2.5.1　建築物の仕様一覧　・・・・　105
2.5.2　実証事業の概要　・・・・　106
2.5.3　成果物等　・・・・　110
・鉄骨フレームと併用するCLT 大板パネルによるダブルスキン建築
・鉄骨フレームと併用するCLT大板パネル耐震壁の接合部の開発
・鉄骨フレームに使用するCLT床パネル接合部の開発
・鉄骨フレームと併用するCLT 大板パネル耐震壁の構造解析

2.6　健康住宅（株）／HOUSEORIGIN（株）　・・・・　122
2.6.1　建築物の仕様一覧　・・・・　122
2.6.2　実証事業の概要　・・・・　123
2.6.3　成果物等　・・・・　127
・事業概要
・スキルアップ研修と施工レポート
・CLT構造見学会
・木質構造技能者研修センター設立に当たって
・CLT構造、その他の構造とのコスト比較
・施工図

2.7　（株）黒岩構造設計事ム所　・・・・　145
2.7.1　建築物の仕様一覧　・・・・　145
2.7.2　実証事業の概要　・・・・　146
2.7.3　成果物等　・・・・　150
・CLT 屋根版の構造概要
・構造試験概要
・実証結果概要

１．　事業の概要

１．１　事業の概要

「総合的なTPP等関連政策大綱」(平成29年11月24日TPP等総合対策本部決定)を踏まえ、新たな国際環境の下で、森林・林業、木材産業の低コスト化を進めることにより、競争力の強化を図る必要がある。また、今後、人口減に伴う住宅着工戸数の減少が見込まれる中で、木材製品の消費を拡大するためには、これまで木材利用が低位であった非住宅分野を中心に木材需要を開拓することが必要になっている。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り組みを行う必要がある。

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。その結果8件の応募があり、その中から7件を採択し、事業を実施した。公募の内容は以下のとおり。

（１）公募する実証事業の内容

CLTを活用した建築物の設計・建築等を対象とする。また、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２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２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。

（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。

ｱ. 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300 ㎡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。

ｲ. 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 90 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 390,000,000 円を予定。採択件数の目安は 10 件程度。

（７）公募期間

【第 1 回】

平成 31 年 2 月 15 日（金）～平成 31 年 3 月 13 日（水）

提出書類は平成 31 年 3 月 13 日（水）　13 時までに必着。

【第 2 回】

令和元年 6 月 17 日（月）～7 月 30 日（火）

提出書類は令和元年 7 月 30 日（火）　13 時までに必着。

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 7 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 5 件、設計等までを対象としたものが 2 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）飯能商工会議所

CLT を平行弦トラス屋根の斜材に利用し、また CLT を用いて構成した折板床を採用した商工会議所の実証事業である。CLT は飯能市の地域材である西川材を用いて製作されている。CLT 平行弦トラスの採用に当たっては、4 点曲げ試験を行って曲げ性能の確認が行われた。特殊な金物の使用を避け、地元業者の参画と工期短縮の実現によって、コストは他工法と比べて遜色ない結果となった。

（２）三菱地所（株）

CLT を梁に用い、鉄骨柱との混構造による架構計画を採用したパビリオンの建築実証事業である。本建物は一時的にイベント施設として使用した後、移築し恒久的な公共建築物として使用する計画としている。そのため組立解体を想定した部材構成と、鉄骨と CLT 接合部の納まりの検討がなされた。また、CLT の歩留まりの検討に加え、CLT と接合する鉄骨材を CLT 工場にて組み込みプレファブ化することにより、工期を短縮しコスト削減効果が得られた。

（３）（株）中東

集成材による柱、梁のフレームに、長辺方向を CLT 耐震壁により構成した工場の実証事業である。平成 28 年度補正事業にて実施した実証事業の建物と同規模であり、前事業時の課題の解決を事業目的として取り組まれた。施工効率化とコスト縮減を図るため CLT 耐震壁の接合部の仕様の検討を行い、コスト比較結果を取りまとめた。また、前事業に対し、小梁にはフランジを修正材、ウェブを CLT とした組立梁を採用しており、間柱サイズのラミナを使用することで材料調達、コスト縮減のための提案を示した。

（４）日ノ丸産業（株）／（株）白兎設計事務所

木質 2 方向ラーメン構造の複数層の床スラブに CLT を使用し、作業性、コスト、各種納まりを含めて実証し、今後の標準納まりの参考となるようにした。併せて、CLT の使用場所及び使用方法について協議会で議論し、汎用性、低コスト性を検討した。CLT を用いることによるコスト上のメリットを明らかにしたことで、同様の用途の建築物への普及効果が期待できる。また、木質 2 方向ラーメン構造においての CLT 床スラブの使用例を示した。

（５）大和興業（株）／（有）阪根宏彦計画設計事務所

S 造と CLT の大板（マザーボード）によるハイブリット構法を設計検証した。4 層の CLT+S 造フレームに大板 CLT 耐震壁（セットバック/並行配置）と大板 CLT 床パネル構法で、総合的な建築コスト低減効果を主軸に、建設の合理性から設計し、その耐震壁と床の性能を実証した。総合的建設を前提とした工夫でコスト縮減を行い、これにより都市部の地域の中小規模の建設会社による 5 階建て（S 造+CLT ハイブリッド構法のダブルスキン）耐火建築の事例でも、同様の工法で建築可能になると思われ、さらなる普及が期待できる。

（６）健康住宅（株）／HOUSEORIGIN（株）

本施設を建設するにあたり、外周部は CLT を用いた構造躯体、内部は在来軸組工法を用いスケルトンとインフィルを明確に区分した簡易な設計手法を導入し総コスト低減を図り、将来の間取りや用途の変更にも対応可能な使用メリットを検討した。CLT を壁に利用した場合に参考となる設計資料を取りまとめや、社員大工を始めとした大工を中心に施工研修等を行い、施工、搬入の際の注意点や現場でのエラーとその改善状況を取りまとめた。また、本事

業を通じ西日本地区の木造建築設計者・施工技術者に対しCLTの技術研修等を実施し技能向上と普及が期待できる。

（7）（株）黒岩構造設計事ム所

本建物の屋根はCLTを円弧上に組積させた樽構造である。各CLTの接合部は、せん断力を雇い実で負担し、曲げモーメント及び軸力を千切りで負担する。継手に金物を利用しないので、即座に入手困難なCLT専用の金物に工期は影響されない。CLT継手の嵌合接合を実験と解析により検証し、不足しているCLT嵌合接合の参考資料が得られた。また、CLT版は湾曲材を製造できないため、単材をアーチ状に組積させることにより、十分な剛性を確保でき、本実証によって大スパンにおいても転用できる可能性を示した。

事業の実施に当たっては、別途規定した「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」「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2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を開催し、報告する予定としていたが、令和2年2月26日に政府より新型コロナウイルス感染症の拡大を防ぐために全国的なスポーツや文化イベントの実施を自粛するよう要請を受けたため、成果報告会を事業期間内で開催することが出来なかった。

成果報告会タイトル：－まちの景色が変わる CLTによる新たな木造建築－
開催予定日：令和2年3月3日（火）　11:00～16:30
会　場：すまい・るホール（東京都文京区後楽1-4-10）

表1.3.1　平成30年度補正　CLT建築実証支援事業　実施者一覧

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）	応募事業名	実証の種類	CLTの主な使用方法	実証した内容	RC造、S造等他工法との比較にかかる実証内容	建設地	建築物概要（予定を含む）	得られた成果等	担当者氏名
1	飯能商工会議所 会頭　矢島　巌	同左	飯能商工会議所会館建設工事の建築実証	建築、設計、性能	構造体	CLTパネルと地域材である西川材のスギ・ヒノキの製材とを適材適所に組合せ、新旧の木質構造技術を融合した先進的な構造計画を実証した。 協議会において、CLTパネルの在来工法への汎用性や仕上げとしての活用性(意匠性)、中規模木造事務所の防耐火計画について議論し、木材利用を促進する地産地消型のサスティナブルな建築物を計画した。	実証建築物の建築費について、同規模のRC造建物と比較し、CLT使用メリット、コスト削減とCO2削減に寄与する工事内容について検証した。構造体現しを前提とし、仕上げとしてCLTパネルを活用すること、また在来工法との融合により地元大工の施工参加が可能であることにより、他工法と遜色のない価格の実現が可能と考えている。	埼玉県飯能市	用途：事務所 構造：木造軸組構法＋CLTトラス＋CLT折板床（ルート1） 階数：2階建て 延べ面積：738.14㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2020年2月	・特殊な金物を用いない接合方法を採用し、工期短縮の実現によって、CLTパネル＋在来工法の融合による本建物の建設工事費坪単価は約125万円／坪となり、他工法の建設工事費坪単価と比べて遜色ない結果が得られた。	飯能商工会議所 浅見国昭
2	三菱地所株式会社 執行役社長　吉田 淳一	同左	（仮称）CLT晴海プロジェクト新築工事の建築実証	建築	構造体	木造（CLT造）＋鉄骨造の混構造として設計されたパビリオン棟の建設を行った。当初は東京都中央区晴海に建設し、その後解体し岡山県真庭市に移築する。 鉄骨とCLTの接合については解体移築が容易となる仕様とし、かつ工期短縮、コスト削減が可能な施工方法を実証した。	純鉄骨造に対して木質系外装材を仕上材として後貼りする従来の工法に対して、CLT材を構造材とし、かつ現し仕上材として利用することにより、工期短縮、コスト削減、解体移設が容易になる事が予想される。それぞれを比較する資料を作成し、CLT材使用の優位性を検証した。	東京都中央区	用途：展示場 構造：鉄骨造＋CLT梁（ルート2） 階数：平屋建て 延べ面積：602㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2019年9月	・本建築実証により、CLTと鉄骨の混構造における今後の設計、施工に参考資料が得られた。 ・コスト削減効果、所用工期を数値化することにより、今後の施工における参考データが得られた。	三菱地所株式会社 住宅業務企画部　CLTユニット 藤本　祐貴
3	株式会社中東 代表取締役社長 小坂勇治	同左	（株）中東　CLT・集成材組立工場新築工事の建築実証	建築、設計、性能	構造体	以前実施の高さ4ｍのCLT耐震壁実証では、接合部にLアングル等を用い、金物費と取付手間が課題となった。そこで本事業では、協議会にて施工性の良い新たな接合部の納まり等を議論し、施工効率化、省力化及びコスト削減に寄与する工事内容を検証した。併せてCLTの梁材（I型ビーム）を用い、CLT活用範囲拡大の為の検証も行った。	以前の実証にてCLTは木材費に比べ、加工、金物、取付に要する費用が大きい傾向にあった。そのため、本事業でCLTの加工・金物・取付費のコスト縮減を図ることで、より競争力のあるCLT大規模建築物として、他工法との総コスト(人工代含む)及び工期の比較・分析が可能となった。CLTの加工・金物・取付方法の改善により、他工法と同程度の価格を実現した。	石川県能美市岩内町	用途：工場 構造：木造軸組構法＋CLT耐震壁（ルート1） 階数：平屋建て 延べ面積：1900.80㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2020年2月	・CLT耐震壁と軸組の接合部において、加工、金物、取付におけるコスト縮減及び施工効率化、省力化のための仕様を検討し、その過程を取りまとめた。 ・CLTの既存の利用方法である耐震壁、床パネル、屋根パネルとは異なる、梁材としてのCLTの活用方法を実証した。この際に間柱サイズのラミナを使用し、原材料の調達のしやすさとコストダウンも図ることで、CLT供給の後押しが期待できる。	イエコロ 二村　真弓子
4	日ノ丸産業　株式会社 代表取締役社長　森下　明男	株式会社　白兎設計事務所 代表取締役社長　霜村　將博	日ノ丸産業本社社屋建替工事の設計実証	設計	構造体	木質2方向ラーメン構造の複数層の床スラブにCLTを使用し、作業性、コスト、各種納まりを含めて実証し、今後の標準納まりの参考となるようにした。併せて、CLTの使用場所及び使用方法について協議会で議論し、汎用性、低コスト性を検討した。	他工法での類似の用途・規模の建築物の施工実績が豊富であり、本事業ではCLTを用いた建築物とS造で建築した場合について、総コスト、工期、人工等を比較した。また、本事業における材料調達、施工工程・手法等の課題の分析も行った。	鳥取県鳥取市	用途：事務所 構造：木造ラーメン＋CLT床・天井（ルート2 or 3） 階数：4階建て 延べ面積：約1680㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年5月	・CLTを用いることによるコスト上のメリットを明らかにしたことで、同様の用途の建築物への普及効果が期待できる。 ・木質2方向ラーメン構造においてのCLT床スラブの使用例を示した。	株式会社　白兎設計事務所　第二企画設計監理部 菅原　大介
5	大和興業株式会社 代表取締役　梅尾裕一	有限会社　阪根宏彦計画設計事務所 代表取締役　阪根宏彦	大和ビル新社屋新築工事の設計・性能実証	設計、性能	構造体、部位・部品（耐震壁接合等）	S造とCLTの大板（マザーボード）によるハイブリット構法を設計検証した。4層のCLT+S造フレームに大板CLT耐震壁（セットバック/並行配置）と大板CLT床パネル構法で、総合的な建築コスト低減効果を主軸に、建設の合理性から設計し、その耐震壁と床の性能を実証した。地域建設会社による自力施工を促し、従来コスト高で乖離しやすい先端性と普及性に対し、工事費縮減を進めることで、S造＋CLT大板耐震壁/床パネル構法による中層建築の普及を目指した。	先端事例の5層、CLT＋鉄骨ハイブリッド構造を分析・熟知し、鉄骨フレームにセットインする耐震壁を、新構法ではセットバックの並行配置することで、金物の簡素化と工期の短縮を実現できる。ここで、提案のCLTの大板（マザーボード）によるハイブリット構法は建方の大幅な縮減が想定できる。さらに、CLTの大板床リブパネルは、デッキ複合スラブは言うに及ばず、ALC床+鉄骨造等とのコスト比較を設計実証し、国内へのCLT床パネルの拡大・普及を目指す。	福岡県飯塚市	用途：事務所 構造：鉄骨造＋CLT耐震壁（ルート3） 階数：5階建て 延べ面積：1310㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年2月	・S造+CLTハイブリッド構法のダブルスキンを前提とした設計を、実際の実現に向かって検証できた。 ・総合的建設を前提とした工夫でコスト縮減を行った。これにより都市部の地域の中小規模の建設会社による5階建て（S造+CLTハイブリッド構法のダブルスキン）耐火建築の事例でも、同様の工法で建築可能になると思われ、さらなる普及が期待できる。	有限会社 阪根宏彦計画設計事務所 阪根宏彦

表1.3.1　平成30年度補正　CLT建築実証支援事業　実施者一覧

6	健康住宅株式会社 代表取締役 畑中　直	株式会社城南 代表取締役 畑中　拓二	木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業	建築	構造体	本施設を建設するにあたり、外周部はCLTを用いた構造躯体、内部は在来軸組工法を用いスケルトンとインフィルを明確に区分した簡易な設計手法を導入し総コスト低減を図り、将来の間取りや用途の変更にも対応可能な使用メリットを検討した。また、本事業を通じ西日本地区の木造建築設計者・施工技術者に対しCLTの技術研修等を実施し技能向上と普及に繋げた。	在来軸組工法（門型フレーム等含む）や枠組壁工法との人件費比較、住宅施工技術者（大工）での安定した施工品質の確保と技術継続の為の検証を実施した。材料調達、施工工程、手法等の課題を分析しCLTの優位性を確保し、RC、S造等他工法との建築コストの比較検討を実施し、合理的なCLT建築への取組み拡大を図った。	福岡県福岡市	用途：展示場 構造：CLTパネル工法（ルート1）＋在来軸組 階数：地上2階建て 延べ面積：355.66㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2020年2月	・CLTを壁に利用した場合に参考となる設計資料を取りまとめた。 ・社員大工を始めとした大工を中心に施工研修等を行い、施工、搬入の際の注意点や現場でのエラーとその改善状況を取りまとめた。 ・在来軸組工法およびRC造で建築した場合とのコスト比較を行った。	株式会社城南　設計デザイン部 吉本　高広
7	株式会社　黒岩構造設計事ム所 代表取締役 黒岩　裕樹	同左	(仮称)神水公衆浴場新築工事の建築実証	建築、設計、性能	部位・部品（屋根）	本建物の屋根はCLTを円弧上に組積させた樽構造である。各CLTの接合部は、せん断力を雇い実で負担し、曲げモーメント及び軸力を千切りで負担する。継手に金物を利用しないので、即座に入手困難なCLT専用の金物に工期は影響されない。またCLT版は湾曲材を製造する事ができないので、単材をアーチ状に組積させることで同厚以上の剛性を確保し、接合部は曲げ試験を行い実証した。	RC造と比較すると本構法は軽量化されるので基礎に対する負担が少なく、工期も短縮される。耐火性能も燃えしろ設計等より確保することができ、断熱性能もあるのでスタイロフォームの削減に一躍を担っている。S造と比較すると鋼材の製造不足に影響されず、国内で地産地消が可能となり、安定した供給が可能である。千切りを木材で作るので金物が存在しない国に影響されず、木材がある如何なる国でも施工することができる。	熊本県熊本市	用途：公衆浴場 構造：木造軸組構法＋CLTヴォールト屋根 階数：地上2階、地下1階建て 延べ面積：267.53㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2020年3月	・CLT継手の嵌合接合を実験と解析により検証し、不足しているCLT嵌合接合の参考資料が得られた。 ・CLT版は湾曲材を製造できないため、単材をアーチ状に組積させることにより、十分な剛性を確保でき、本実証によって大スパンにおいても転用できる可能性を示した。	株式会社 黒岩構造設計事ム所 黒岩 裕樹

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.1～7 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	飯能商工会議所
協議会運営者	飯能商工会議所
事業名	飯能商工会議所会館建設工事の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	埼玉県飯能市
現地調査	
時期	令和2年1月23日（木）午後
内容	建て方見学
場所	建築現場（埼玉県飯能市本町1-7）
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	・当建築は飯能駅から数分の商店街の通りに面して建設されており、完成後は市街地のランドマークとして又市民の集う場所としての機能が期待される。 ・飯能のブランド材である西川材がふんだんに使われ、木材に普段接していない一般市民に西川材を認識してもらう展示施設としても機能すると思われる。 ・構造上の特徴としては、上下弦材に西川スギの角材を用い　斜材を厚36mmのCLT版としたトラス。CLTを三角形に組んだ屋根梁。組子格子耐力壁などを用いて基本現わしで素材を見せる構造デザインになっている。 ・施工面では、かなり特殊な接合方法であるが、設計サイドと施工者・材料加工会社の連携が良く取れていたことが伺える。 ・全体としては優れた建築であり、商工会議所として使用するに当たりデザインを損なわないような什器・備品を備えていただきたい。
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	・当建築は建て替え時期を迎えた、多くの商工会議所の木造による建て替え物件のパイオニアであり、プロポーザルのやり方や商工会議所として多くの業種が集まっている組織の強みが活かされているので、企画から竣工までのプロセスを記載していただきたい。
その他	

表1.3.2 現地調査委員所見

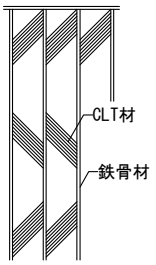
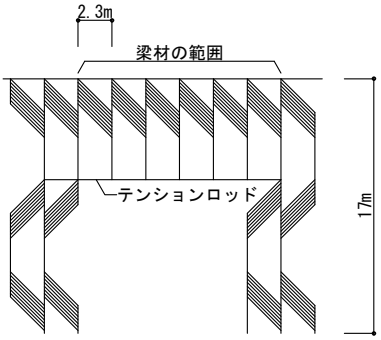
番号 （都道府県順）	2
実施者	三菱地所株式会社
協議会運営者	三菱地所株式会社
事業名	（仮称）CLT晴海プロジェクト新築工事の建築実証
実証の種類	建築
建設地	東京都中央区
現地調査	
時期	令和元年8月20日（火）午前
内容	構造見学
場所	建築現場
調査担当委員	大村和香子、山辺豊彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・CLT工場で予めCLT端部に金物を取り付けて施工現場に移送し、現場では鋼材支柱に配した受け側の金物にボルトで固定していくだけで済むよう、仮設・移設を念頭においた工夫がなされている。 ・半屋外使用のため、割れ防止剤を塗布したとのことで、オリンピック終了時にどの程度の変色等の変化が生じるか興味が湧くところである。 ・CLTどうしの隙間はTEFKA膜というフッ素樹脂フィルムを貼るとのことで、風がうまく抜けてくれるのか心配である。 ・移設後、屋根（軒）に最も近い鋼材とCLTとの取り合い部分には温度差が生じやすいため氷柱などが形成される可能性もある。移設後、割れ防止剤・フッ素樹脂フィルムも含め、当該建物の経年劣化にどのように向き合い、維持管理していくか期待し、CLTの用途拡大に繋がる建物と評価した。 ・CLT（7層7プライ）を梁材に、鉄骨柱（□-200x200x22、H-200x200）との混構造である。構造設計上の層間変形は1/350～1/400とのことである。工期短縮（2.5ヶ月）のため ①基礎PC化 ②地組による先組みユニット化 ③足場の最少限化 を行ったとのこと。 
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	・点検方法・計画について検討をお願いしたい（不具合が生じたCLT（特に上部に位置する場合）をどのように取り替えるかなど）。 ・右図のように、1層の1スパンのラーメン構造として解析。S造のルート2の建物として申請。但し、CLTと接合部は、実験結果から任意評定を得ている。建方計画は、垂直材は地組をして建設したとのこと。梁材も地組をした方が良かったのではと思われる。 
その他	・最上部はガラス屋根である。シール材劣化対策が漏水の原因となる可能性があるので配慮して欲しい。 ・水平剛性は2.3mグリッドの外側にのみロの字形で水平ブレースを配置するようだが、東京では1年間の仮設許可申請だが、真庭市への移築後は永久構造物となるので、積雪2.5mの考慮と同時に屋根面の水平剛性についてもチェックして欲しい。 ・純鉄骨造とのコスト比較が待たれる。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	3
実施者	株式会社中東
協議会運営者	株式会社中東
事業名	(株)中東　CLT・集成材組立工場新築工事の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	石川県能美市岩内町
現地調査	
時期	令和2年1月9日（木）午後
内容	建て方見学
場所	建築現場
調査担当委員	有馬孝禮、大村和香子
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・集成材、CLTとも自社製品であり、自社製品を基本としたシステムで、自社物件であるが、今後いろいろな用途への展開を期待したい。 ・小梁として採用したI型梁は一般製材品である間柱材を幅はぎ、縦継ぎして構成したもので、やや手間はかかるが地域産利用など状況に応じた今後の展開などを考慮したものと思われる。 ・集成材とCLT面材としての接合の変更がなされている。 ・開口部を組み込んだ大型壁パネル化の現場施工合理化、安全性を目指したもので工夫がみられる。 ・排煙、避難検証に変更がなされている。 ・幅1×3mの3層CLT10枚と集成材を平場で組み合わせ大版パネル化することで作業性を高め、さらにクレーンで吊り上げて、基礎に装着していくことで、工期を大幅に短縮させるなど、様々な工夫を凝らした建て方であった。このような作業効率向上と工期短縮は、今後のCLT建物構築にも応用可能な工夫であり、CLTの需要のさらなる拡大に寄与するものと思われる。
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	・CLT耐力壁の仕様及び実験データについてはその特性を示し、集成材部分とCLTの接合に関わる改良部分を示されたい。 ・開口部を組み込んだ大型壁パネル化の構成と施工現場での建て方手順など留意した事項、GIR工法の特許部分、集成材フレームに関して工夫された部分、今後改良すべき点を示されたい。 ・火災安全性に関わる延焼防止、排煙、避難検証変更点を示されたい。 ・本工法の工場利用における現行の準耐火構造に関わる不都合、改良すべき点があったら示されたい。 ・CLT耐力壁の四隅をせん断性能の向上のために切り欠いたことで、準耐火性能を満たすために外壁側へ石膏ボードの取り付けが必要となったとのことである。切り欠き箇所は断熱性能の欠点にもなる可能性があるため、切り欠き部分をどのように仕舞うのか、方向性を示していただきたい。 ・土台に用いていたヒノキ集成材は、基礎パッキン等を用いず直接接した状態で施工されていた。この状態では基礎からの水分が土台に直接供給されることから、今後、腐朽が生じないよう、何らかの対策が必要と考える。
その他	・使用後の住環境の評価について、可能な範囲で収集されたい。 （1）仕事環境での変化　（2）作業者、見学者の評価 ・ヒバCLTはJAS取得されたばかりとのことだが、今後、当該CLTを使用した建物等が楽しみである。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	4
実施者	日ノ丸産業株式会社
協議会運営者	株式会社白兎設計事務所
事業名	日ノ丸産業本社社屋建替工事の設計実証
実証の種類	設計
建設地	鳥取県鳥取市
現地調査	
時期	令和元年11月27日午後
内容	協議会参加
場所	白兎設計事務所内（鳥取市西町二丁目123番地）
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	・GIR接合「サミットHR工法」の現場組み立てとCLT床材の挿入に関する手順、留意点を明確にすることをお願いしたい。 ・CLTの切込みなどの加工と配置、組み込み手順など材料メーカ及び施工手順の事前協議を充分行うことが重要で、経緯を明確にしてほしい。 ・本件の課題として4階建ての75分準耐火構造と、メンブレン耐火構造との比較検討が期待されている。作業効率、経費に関する比較を可能な限り明確にすることをお願いしたい。 ・また、関連して課題となる項目や要望される防耐火関連部品など明確にすることをお願いしたい。
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	・室内環境、温湿度などCLTによる多量の木材を使用したことの存在評価(使用時における電気量、職員、来訪者等の評価など)を可能な限り今後検証することを期待している。
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	大和興業株式会社
協議会運営者	有限会社阪根宏彦計画設計事務所
事業名	大和ビル新社屋新築工事の設計・性能実証
実証の種類	設計、性能
建設地	福岡県飯塚市
現地調査	
時期	令和元年12月6日(金)午後
内容	協議会参加
場所	九州大学　伊都キャンパス(福岡県福岡市西区元岡744番地)
調査担当委員	成瀬　友宏
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・2月に建築確認申請を出す予定のため、現時点では計画内容は流動的（実施設計の検討は今後）であるが、防火地域内であるため基本的には耐火建築物とする計画である。現在の建物に入居するテナント（店舗等）が新社屋に入居する場合、用途（現在事務所）の制限がかかる場合があるので確認が必要である。 ・外壁がダブルスキン（内部に無被覆のCLT耐震壁あり）で計画されており、建築主事に相談した際には、屋外側スキンが外壁面という解釈であるため、ダブルスキンは竪穴区画が必要であり、屋内側スキンには遮煙性能を有する防火設備が要求される。しかし、ダブルスキンの外壁で、屋内側を外壁面としている事例はあるので、CLTの使用環境等が許せば、そのような計画にすることで遮煙性能は不要とできる。 ・床はメンブレン耐火構造として内部に設備を設け、外壁の換気口に接続する風道の貫通部にダンパーを入れる計画である。天井被覆と設備（空調吹き出し口・照明等）との取り合い部分は防火上の弱点となるので、被覆は梁下か床下面に沿って行い、二重天井にすることで自由度が増す。 ・CLT耐震壁は、2階床から5階床まで1枚のCLTで構成し、鉄骨梁（2本でCLTを挟む）とラグスクリューボルトで接続し、鉄骨梁には耐火塗料を塗布する計画である。建築確認上は、耐震壁には耐火性能は要求されないが、現計画で2～4階のいずれかの階で火災になると防火設備を通じた放射熱で耐震壁のCLTが燃え、かつ、ダブルスキン内で燃え止まることが期待できないので、2～5階床までCLTが延焼することになる。その結果、ダブルスキン内のCLTの燃焼により上階延焼の危険性が懸念される。梁には耐火塗料を塗布する計画であるが、外側に面した部分は塗布できるものの、CLTとの接合部には施工上の隙間を設けるため、内側への延焼が予想され、梁の耐火性能には疑問がある。
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	
その他	床のLVLはコストの観点から、採択時の補助金の額から鉄骨に変更したとのことであるが、もともと床内の被覆に隠れて外部からは見えないので、LVLとすることの効果は期待できなかったのではないか。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	6
実施者	健康住宅株式会社
協議会運営者	HOUSEORIGIN株式会社
事業名	木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業
実証の種類	建築
建設地	福岡県福岡市
現地調査	
時期	令和2年1月10日（金）午前
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	・外周耐力壁をCLTとし、床組、その他内部は在来軸組構法を併用している。2階床勝ちで、小屋などは在来軸組構法を併用している。 ・布基礎のアンカー、接合金物、厚さ90mmCLT壁の設置に関わる施工精度に設計、材料加工業者との密接な打ち合わせが十分とれてない状況にある。今後の展開に際しては、一般木造住宅の施工精度と異なる独自の対応が必要と思われる。
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	・CLT耐力壁と床組み、小屋組との接合部の仕様など改良部分を示されたい。 ・CLTパネルと設置に関わる手順、基礎の設置など施工上の問題点、施工現場での建て方手順など留意した事項及び今後の改良点を示されたい。 ・施工従事者の評価、改良点に関わる意見などを示されたい。 ・設計、材料供給サイド及び支援部隊の助言、意見などを示されたい。
その他	・使用後の住環境の評価について、可能な範囲で収集されたい。 （1）在来木造住宅などの現場と異なる仕事環境での変化 （2）作業者、見学者の評価

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	7
実施者	株式会社黒岩構造設計事ム所
協議会運営者	株式会社黒岩構造設計事ム所
事業名	(仮称)神水公衆浴場新築工事の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	熊本県熊本市
現地調査	
時期	令和2年1月16日（木）午後
内容	構造見学
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	・CLT相互の嵌合接合の詳細、湾曲の鉛直直重による側面へのひろがりを拘束するための詳細を明確にする必要がある。 ・設計、施工など地元関連業者の協力体制が経費に及ぼした効果が注目される。
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	・CLT構面構成の材料、加工に関する打ち合わせ、施工手順を記載されたい。 ・各接合部の力の伝達、構造的判断をした計算法と数値を記載されたい。 ・構造関連実験のデータと考え方を記載されたい。
その他	・使用後の住環境の評価について、可能な範囲で収集されたい。 （1）使用者の反応、その他居住環境としての気づいた点 （2）作業者、見学者の評価

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 7 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。

【30 補正-1】飯能商工会議所

・CLT 平行弦トラス、組子格子耐力壁は、ビス接合等の工夫により低コストの構造体の実現につながっている。地元産材による中規模木造の好例である。
・全体的に良い建物だと思ったが、その中でも特に 2 階の材料は、とても良い地元材の西川材を使用しており、西川材を PR できる見事な材料だった。ただ単に商工会議所として使用するだけでなく、市民が集う施設として活用されることを期待している。
・CLT パネルと在来工法による建設費の軽減を意図したもので、材料と工法の特性を生かしている。特に既存の金物をもちいること、地元材と地元業者の協力など地産地消の実例として評価できる。

【30 補正-2】三菱地所（株）

・鉄骨柱と CLT の組み合わせで、ユニークで美しい構造を作っている。再建築を可能にする接合部の工夫も見られる。
・CLT を組み合わせて造ったオブジェ的な構造物で、CLT の新たな用途と考えられる。半屋外といっても CLT 自体は直接、風雨にさらされないが、長期間の耐用を考慮して使用環境 A でも接着性能を発揮するレゾルシノール系樹脂で積層接着した CLT を使った点は特筆すべき点である。オリパラ後の移設を前提として施工の容易さを追求し、工期の短縮化も果たせた点が評価できる。
・工期短縮のため、特に基礎 PC 化をはじめ地組によるユニット化など色々施工計画に苦労が見られた。また、東京では一定期間の仮設許可申請ですが、移築後は永久構造物となるのでその地方の基準に整合するようチェックして欲しい。
・CLT を厚物面材料として加工した版の化粧および構造躯体の可能性を展開した展示物として位置付けられる。本件は一定展示の後、移転、転用を意図しているとところに注目すべき点が多い。

【30 補正-3】（株）中東

・耐力壁の靭性確保の工夫、施工時のパネル化による工期短縮など、CLT の普及に役立つノ

ウハウが込められている。
・3 層 CLT と集成材を平場で組み合わせて大版パネル化することで、作業性を高めることに成功している。CLT 壁の施工性もアップしており、今後、CLT を使った建築物等への応用が期待される。
・本件は平成 29 年度に長手方向を幅 1115mm、高さ 3580mm の CLT を基本ユニットの耐力壁として集成材軸組み工法に組み込み、他方向を集成材フレームによって構成する 72.24m×27.6m、軒高 8.5m、高さ 12.2m　の自社工場の準耐火建築物（45 分）を行っているが、その材料、構造、施工の改良を意図している。
・集成材、CLT とも自社製品であり、自社製品を基本としたシステムになっている。自社物件であるが、今後いろいろな用途への展開を期待したい。

【30 補正-4】日ノ丸産業（株）／（株）白兎設計事務所
・集成材 2 方向ラーメンに床 CLT という組み合わせ。S 造とのコスト比較は厳しいものがあるが、マザーボードからのロスの縮減や施工性向上などコスト削減への努力が加えられている。
・躯体を構成する木造ラーメン構造は GIR 接合「サミット HR 工法」で、施工実績は多い。本件は２層を１ニットとして２つを重ねて４層とする。そこに CLT 210mm 厚床ユニットを載せて水平構面としている。今後、室内環境、温湿度など CLT による多量の木材を使用したことの存在評価を可能な限り検証されたい。

【30 補正-5】大和興業（株）／（有）阪根宏彦計画設計事務所
・S 造と CLT 3 層壁、CLT 床との組み合わせによる 5 層建築物。合理的な混構造の追求が成されている。コスト削減の工夫も見られる。
・鉄骨と大型 CLT 版によるハイブリッド構造を目指したものである。壁については 3 層のとしパネルとしている。接合の耐力及び現場施工に注視したい。

【30 補正-6】健康住宅（株）／HOUSEORIGIN（株）
・在来軸組構法の側から、CLT 耐力壁を導入するというアプローチ。大工工務店が作る CLT 建築のあり方に期待したい。
・外周耐力壁を CLT とし、床組、その他内部は在来軸組構法を併用している。2 階床勝ちで、小屋などは在来軸組構法を併用している。施工従事者の評価、改良点に関わる意見や、設計、材料供給サイド及び支援部隊の助言、意見などあるとなお良い。

【30 補正-7】（株）黒岩構造設計事ム所
・在来軸組構法の屋根にアーチ状にした CLT を使用。接合部の千切りを用いた勘合接合は少々厳しい印象。接着剤使用により変形抑制を図っている。
・地域密着を意識した神水公衆浴場の新築工事で、木造軸組構法に CLT で構成された湾曲屋根構面を配したものである。CLT 相互の嵌合接合で接合金物を使用しない構面形成であ

る。CLT 110cm 幅ごとに篏合接合がなされ、局面形成されたものをつり上げて設置する施工効率はかなり高いといわれている。

・CLT 相互の篏合接合の詳細、湾曲の鉛直直重による側面へのひろがりを拘束するための詳細を明確にする必要がある。設計、施工など地元関連業者の協力体制が経費に及ぼした効果に注目している。

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

２　成果報告

2.1 飯能商工会議所

事業名			飯能商工会議所会館建設工事
実施者（担当者）			飯能商工会議所　浅見国昭
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		埼玉県飯能市本町1番7号
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT柱・梁・床等
	階数		2
	高さ（m）		7.57
	軒高（m）		6.74
	敷地面積（㎡）		904.29
	建築面積（㎡）		544.76
	延べ面積（㎡）		755.1
	階別面積	１階	507.46
		２階	247.64
		３階	
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		柱、梁、床、トラス材
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量57.60㎥、建築物使用量26.09㎥
	柱・梁パネル	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
	床パネル	寸法	72mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	トラス材パネル	寸法	36mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ、ヒノキ　梁：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		71.41㎥（構造材）
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板　立てﾊｾﾞ葺き、横葺き
		外壁	ガルバリウムスパンドレル/弾性塗料＋サイディング下地
		開口部	アルミ樹脂複合サッシ＋二層複層ガラス（Low-E、中空層幅12mm）
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切り壁	両面PB12.5mmの上ビニルクロス
		床	リノリウムシート+合板12+構造用合板24
		天井	構造用合板素地
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		ビス接合＋金物
	最大スパン		10m
	問題点・課題とその解決策		CLTパネル+軸組み工法のため、施工業者間での図面整合や施工の段取りなど、調整や準備に労力と時間が必要である。制作や建方前に定例打合せを複数回行い、問題点の事前確認を入念に行った
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		耐火建築物
	問題点・課題とその解決策		木構造表しを実現するため、「通達による別棟解釈」を採用
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		外周部は軸組み工法のため特筆すべき課題は無し
	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 3種b　・100mm
		外壁	高性能グラスウール16K　・105mm
		床	基礎断熱のため床下断熱無し
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		CLTパネル床上に石膏ボード+グラスウールを敷設
	建て方における課題と解決策		構造表しのため雨天時の建て方が不可、建方後の養生が困難
	給排水・電気配線設置上の工夫		天井仕上げ無しのため1階2階とも床下を配管・配線ルートに利用
	劣化対策		構造表しのため、経年劣化などに対して、目視による調査が安易
工程	設計期間		2019年5月～8月（4カ月）
	施工期間		2019年9月～2020年3月（7ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2019年11月上旬～下旬（4週間）
	竣工（予定）年月日		2020年3月31日
体制	発注者		飯能商工会議所
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		(有)野沢正光建築工房
	構造設計者		(株)ホルツストラ
	施工者		(株)細田建設
	ＣＬＴ供給者		(株)銘建工業、(株)鳥取CLT
	ラミナ供給者		西川地区木材業組合

実証事業名：飯能商工会議所会館建設工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：飯能商工会議所

１．実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		埼玉県飯能市		
構造・工法		木造軸組工法＋CLT 柱,梁等		
階数		2		
高さ（m）		7.57	軒高（m）	6.74
敷地面積（㎡）		904.29	建築面積（㎡）	544.76
階別面積	１階	507.46	延べ面積（㎡）	755.10
	２階	247.64		
	３階			
CLT 採用部位		柱、梁、床、トラス材		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量 57.60 m^3、加工後建築物使用量 26.09 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		71.41m^3		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	柱・梁	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床	72mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A/相当/スギ		
	トラス材	36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		2019 年 5 月～8 月（4 カ月）		
施工期間		2019 年 9 月～2020 年 3 月（7 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2019 年 11 月上旬～下旬（4 週間）		
竣工（予定）年月日		2020 年 3 月 31 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

地元のスギ・ヒノキの製材と CLT パネルを適材適所に組合せ、新旧の木質構造技術を融合した先進的な構造計画を実証し、木材利用を促進する地産地消型のサスティナブルな建築物を建設する。CLT パネル構法以外の構造計画により、地元業者の参画によるコストの削減と工期短縮が見込まれ、CLT パネルの活用や製造を促進する提案となり得ると考える。

具体的に、今回実証事業で設定した課題は以下である。

・CLT パネル＋軸組工法(＝「CLT 平行弦トラス」「CLT 折版床・柱」「組子格子耐力壁」)における、コスト縮減および他工法との比較検討。

・CLT パネルと地域材(西川材)のスギ･ヒノキ製材を用いた CLT 平行弦トラスおよび組子格子耐力壁の構造性能実証試験。

３．協議会構成員

（設計）(有)野沢正光建築工房：野沢正光、石黒健太（進行管理）
（構造設計）(株)ホルツストラ：稲山正弘
（施工）(株)細田建設：三輪宏和
（材料）日本住建㈱：小澤和弘
（試験）東京大学大学院　農学生命科学研究科　木質材料学研究室

４．課題解決の方法と実施工程

接合部の仕様についてはホルツストラが中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめた。CLT 平行弦トラスの 3 等分 4 点曲げ試験、また組子格子耐力壁の面内せん断試験を、それぞれ日本住宅パネル工業と(株)カナイの試験場にて、東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室が実験を行った。試験の報告書は、建築確認申請に提出する構造計算書の構造性能特性値として利用した。実験体製作時の施工難易度に対しての課題解決策、CLT のコスト増の要因やコスト縮減の方策について、野沢正光建築工房を中心に他工法とも比較し、比較検討資料を作成した。

＜協議会の開催＞
2019 年 8 月 9 日：第 1 回開催、問題点洗い出し
9 月 18 日：第 2 回開催、着工前確認
10 月 30 日：第 3 回開催、木工事進捗確認
11 月 29 日：第 4 回開催、工事改善点等確認

＜設計＞
2019 年 5 月：実施設計・構造設計
8 月：建築確認申請

＜施工＞
2019 年 7 月：工事契約
8～9 月：着工、基礎工事
9 月～2020 年 3 月：木工事
2020 年 1 月：外装工事
2020 年 2 月：内装工事
2019 年 8 月～2020 年 2 月：設備工事

＜性能確認＞
2019 年 5 月：①試験体スパン 6,000 ㎜、加力スパン 2,000 ㎜の CLT 平行弦トラスの 3 等分点 4 点曲げ試験、2 体
②組子格子耐力壁面内せん断試験、3 体

５．得られた実証データ等の詳細

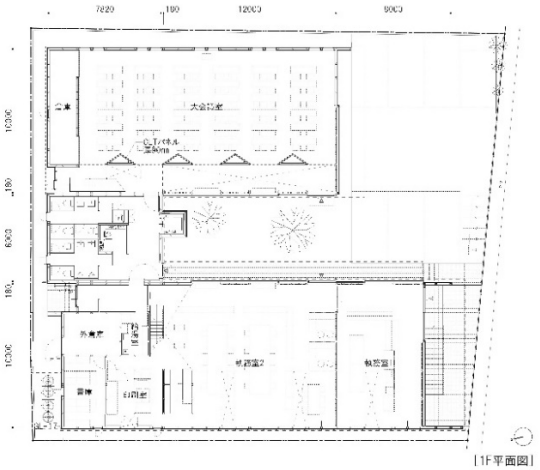
設定した課題において次の結果が得られた。

①試験体スパン 6,000 ㎜、加力スパン 2,000 ㎜の CLT 平行弦トラス（ワーレントラスタイプ、上下弦材：ヒノキ製材 120 角、斜材：3 層 3 プライ 36mm 厚スギ CLT を面内・面外とも 45 度傾斜、上下弦材と斜材との接合部：全ネジタイプφ8 長ビス L320）の 3 等分点 4 点曲げ試験 2 体を行い、2 体ともビスの引き抜きにより破壊した。1 体目は組み立て時にビスの打ち損じがあったためその部分から破壊し、2 体目は引張力が最大となる端部の斜材のビスが引き抜けて破壊し、最大荷重は 42.5kN であった。破壊したビス接合部において CLT 内層の木部が一体となって引き抜きが生じる集合型の破壊と CLT 内層の面内方向に割れが生じた。CLT 内層の面内方向の割れが生じた原因には接合部の微小回転が関係し、CLT の木部の引抜が生じた原因にはビスの配置間隔が関係していることが考えられる。
②組子格子耐力壁（幅 2m、高さ 3.8m）の面内せん断試験 3 体を行い、1 体目は最大荷重 97.02ｋN、2 体目は最大荷重 100.23ｋN、3 体目は最大荷重 91.52ｋN を計測し、組子交差部のビス部分から割裂が発生し、組子斜材端部のビス接合部が割裂しつつ枠材に沿って滑りながら粘ることで終局変形角は 1/15rad に達した。3 体の試験結果より、組子格子耐力壁の短期基準せん断耐力 Po は 35.66ｋN（0.2Pu$\sqrt{2\mu-1}$ で決定）、換算壁倍率は 9.10 相当という結果が得られた。

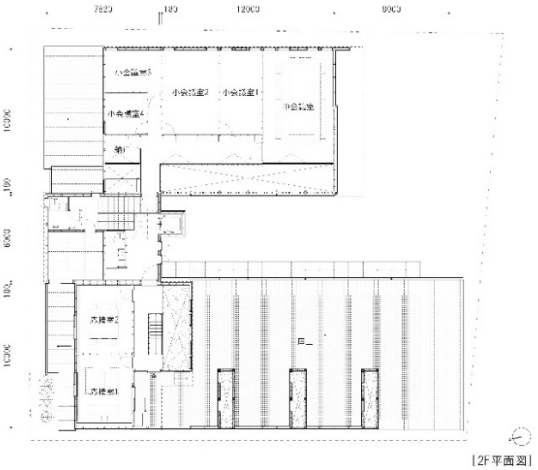
６．本実証により得られた成果

CLT パネル+在来工法の融合による本建物の建設工事費坪単価は約 125 万円/坪となり、他工法の建設工事費坪単価と比べても遜色ない結果が得られた。CLT パネル構法以外の構造計画により、また特殊な金物を用いることなく中大規模木造建築物対応ビスによる接合を基本とすることで、地元業者の参画によるコストの削減と工期短縮が実現されたためと思われる。地域材である「西川材」による CLT パネルの製作、またその CLT パネル+在来工法の融合を実現した本建物が、中大規模の事務所建物の木造化を推進し、「地域材である木材利用を促進する地産地消型のサスティナブルな建築物」の今後の好例となることを期待している。

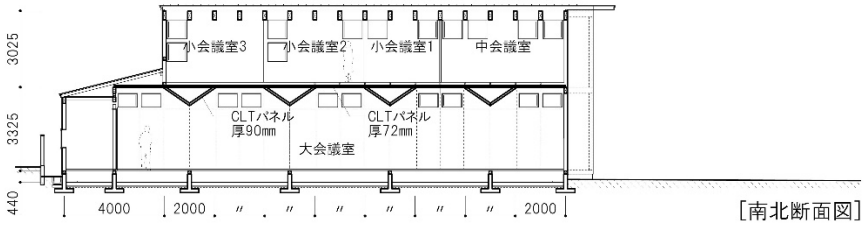
７．建築物の平面図・立面図・写真等



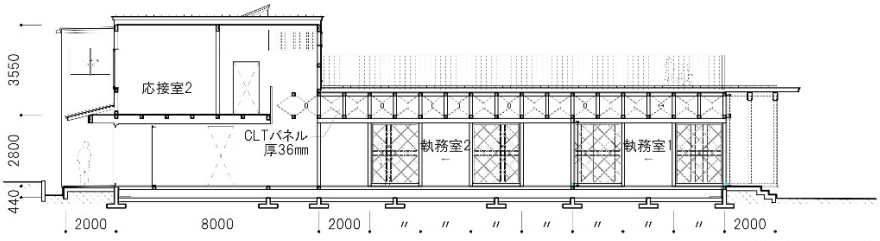
1F平面図



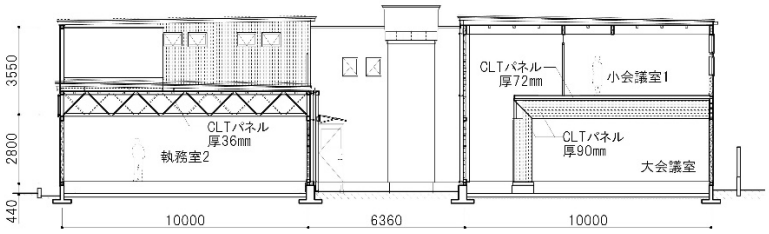
2F平面図



［南北断面図］



［南北断面図］



［東西断面図］

pic1

pic2

pic3

pic4

pic1,2:構造性能実証試験　pic3,4:建方完了

CLT 斜材平行弦トラス 6m スパン曲げ試験

東京大学大学院木質材料学研究室
教授：稲山正弘
担当：中山翔太

1．緒言

平行弦トラス構造において部材には軸力のみが生じる．その特徴から，大スパンの陸屋根を製材等の小断面材で支えることができる．これまでに，佐々木ら[1]がプラットトラス形式を用いた平行弦トラスを，腰原ら[2]がハウトラス形式を用いた平行弦トラスを開発している．これらの平行弦トラスでは，束材及び斜材は圧縮材に木材を，引張材に丸鋼を用いることで軸力に対して合理的に抵抗している．

本研究では，斜材に CLT を用いたワーレントラス形式の平行弦トラスの開発を行う．なお，この平行弦トラスは，スパン 10m のものが実際の建物で使用される予定である．ワーレントラス形式において斜材は「ハ」の字にあたる部分が圧縮力を，「逆ハ」の字にあたる部分が引張力を負担する．また，束材がないためにシンプルな外観となる．斜材に CLT を用いて，平行弦トラス同士をそれぞれ接合し面内せん断剛性を高めることで水平構面としての役割も兼ねることができる．本報では，トラスの曲げ試験の結果を報告する．

2．試験体の概要

試験体は図 1 のように，上弦材・下弦材及び縦材に等級が E90 以上の天然乾燥した 120 × 120 のヒノキの製材を用いて，斜材に厚さ 36[mm] のスギの CLT を用いた．CLT と上弦材及び下弦材は各接合部につき 3 本のねじ径 8[mm]，長さ 320[mm] のビスで接合することとした．接合部の詳細は図 13 に示すように，CLT 内層にビスを 3 本並べる．また，上弦材・下弦材に用いた製材の平均含水率は 12.67％であった．

3．試験方法と測定点

図 2 のように，試験体スパン 6000[mm]，加力スパン 2000[mm] の平行弦トラスの 3 等分点 4 点曲げ試験を行った．加力方法は 1 方向単調加力とし，計 2 体の試験を行った．変位計及びひずみゲージの取り付け位置は図 2 の通りとした．D1 ～ 3 は梁の鉛直方向の絶対変形量を，D4 ～ 19 は CLT 一軸材接合部の相

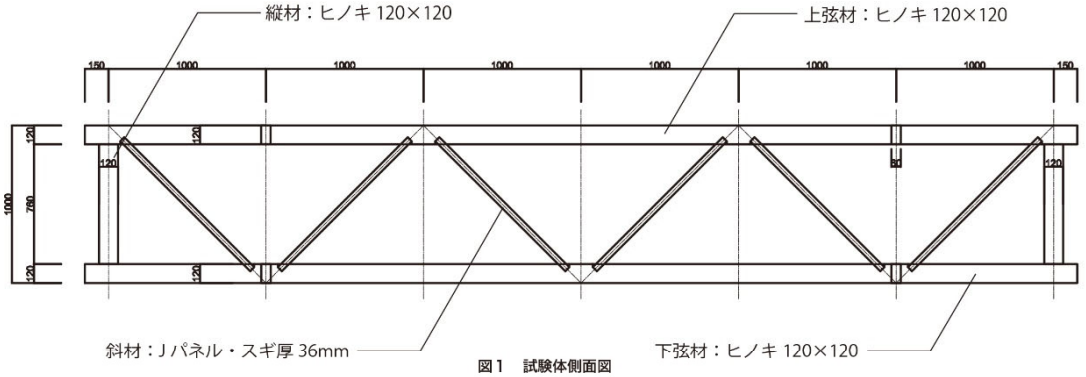


図 1　試験体側面図

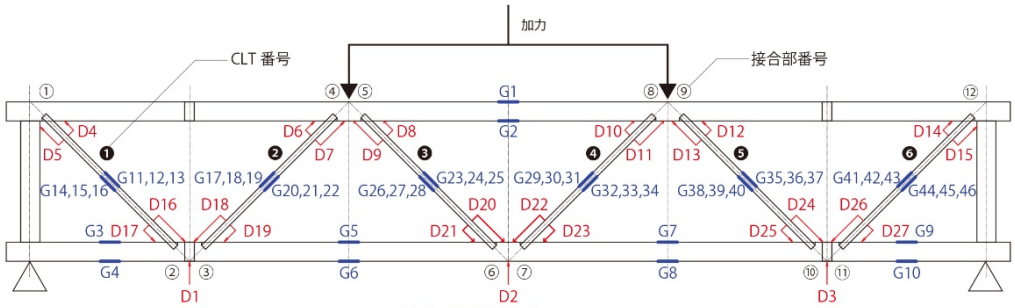


図 2　試験体測定図

対変形量を測定したものである．（CLT の面外変形による影響を補正するため 1 つの接合部に 2 つ取り付けた）また，G1 ～ 2 は上弦材のひずみ（弦材の上下面対称位置）を，G3 ～ 10 は下弦材のひずみ（弦材の上下面対称位置）を，G11 ～ 46 は CLT の軸方向のひずみ（CLT 両面対称位置）を測定したものである．ひずみゲージは上下弦材は単軸のものを，CLT は 3 軸のものを用いた．

以下では，図 2 に示すように各接合部に 1 ～ 12 までの番号を振り分ける（図中白丸）．また，接合部番号が小さい順に CLT に 1 ～ 6 までの番号を振り分ける（図中黒丸）．

3．実験結果

それぞれの試験体の試験結果を表 1 に示す．また，荷重と CLT 斜材トラス中央部たわみの変位の関係を図 3 に示す．図 3 において鎖線が 1 体目を示し，実線が 2 体目を示す．

本試験では，試験体 1・2 ともにビスの引抜によって破壊した．1 体目では接合部 11 が，2 体目では接合部 1 でビスの引抜が生じた．なお，1 体目が 2 体目に比べて最大耐力が約 6 割程度となった．これは図 4 に示すように 1 体目の引抜が生じた接合部 11 において，組立時に 2 本のビスが CLT から飛び出すことを避けるために，最後まで打ち込まなかったためにビスの有効長が短くなったことが原因であったと思われる．また，2 体目においてもいくつかの接合部で CLT からビスが飛び出していたが，いずれも最大耐力に影響を与えない場所であった．よって以下では，十分に性能を発揮したと考えられる 2 体目の試験結果について考察を進める．

2 体目の接合部 1 のビスの引抜の状況を図 5 に示す．また 2 体目の接合部 1 の CLT の小口面を図 6 に示す．図 5 よりビスの引抜が生じたときにビスとビスの間の CLT の木部も引抜かれていることがわかる．これはビスの配置間隔が十分に確保されていなかったために，集合型の破壊が生じたものと考えられる．また，図 6 より CLT 内層の面内方向に割れが生じてることが確認できる．これは，CLT の微小回転によって生じた面外応力による影響が考えられる．

図 7 に各接合部の荷重変位関係を示す．点線が各変位計の変位測定値を，実線が変位測定値の平均値を示している．図 7 から，全ての接合部において回転が生じていることがわかる．

また，図 8 に各接合部の回転角の最大荷重時の測定値を示す．数値は時計回りの値を正とし，単位は 10^{-3}rad とする．図 9 に最大荷重時の各接合部の変位測定値の平均値の値を示す．数値は引張を正とし，単位は mm とする．2 体目においてビスの引抜破壊は接合部 1 で生じたが，図 8 及び図 9 より回転角及び軸方向の変位量は他の接合部と比べて最大となっていない．このことより，ビスの引抜には変形の大きさとは異なる別の要因が関係することが考えられる．

図 10 に荷重と CLT に生じた面内ひずみの関係を示す．また，図 11 に荷重と CLT に生じた面外ひずみを示す．どちらのグラフも実線がトラスの軸方向を示し，鎖線が CLT 表層の繊維直交方向を示し，1 点鎖線が CLT 表層の繊維平行方向を示す．なお，グラフは，引抜が生じるであろう引張力がかかるパネル 1 とパネル 6 のみとする．図 10 より，面内ひずみは荷重開始からビスの引抜までの間，常にトラスの軸方向の値が最も大きくなっている．また，引抜破壊が生じなかったパネル 6 に比べて，引抜破壊が生じたパネル 1 の方が大きな値となっている．このことより引抜破壊がパネル 1 で生じた原因は，CLT にかかっている引張力がパネル 6 に比べてパネル 1 のほうが大きくなったことであると考えられる．

図 11(a) よりパネル 1 において面外ひずみは，トラスの軸方向よりも CLT 表層の繊維直交方向の値が大きくなっている．CLT 内層の面内方向に割れが生じた原因として，CLT 表層のトラスの軸方向の面外ひずみの影響が考えられたが，測定値からはそのような結果は得られなかった．これは測定箇所が，CLT 中央部のみであることが原因であると考えられる．

表 1　試験結果

試験体	最大体力	最大中央たわみ
	kN	mm
1	27.9006	13.135
2	42.5104	14.04

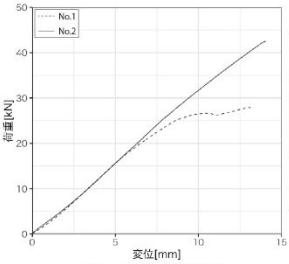
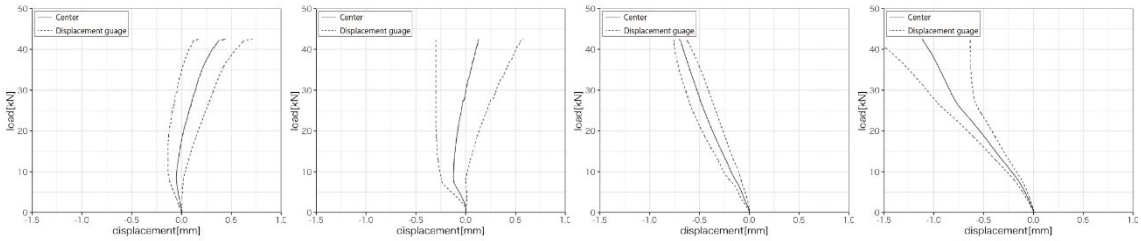


図 3　荷重 - 変位関係

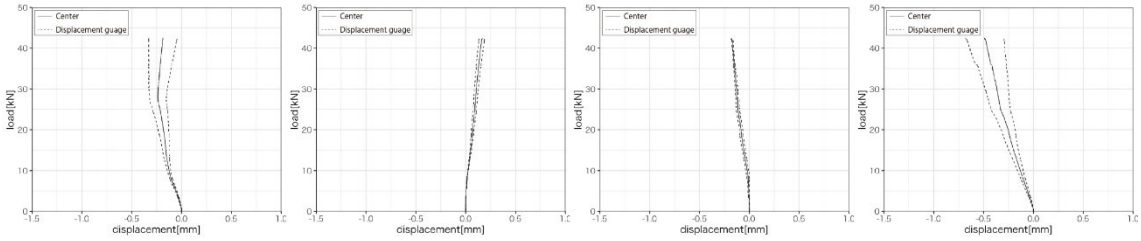
図 4　接合部 11（1 体目）

図 5　接合部 1（2 体目）

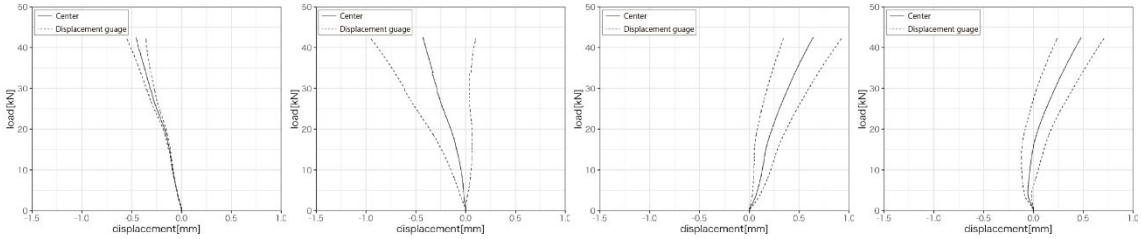
図 6　接合部 1 の CLT 小口（2 体目）



(a) 接合部 1　(b) 接合部 2　(c) 接合部 3　(d) 接合部 4



(e) 接合部 5　(f) 接合部 6　(g) 接合部 7　(h) 接合部 8



(i) 接合部 9　(j) 接合部 10　(k) 接合部 11　(l) 接合部 12

図 7　各接合部の荷重 - 変位関係

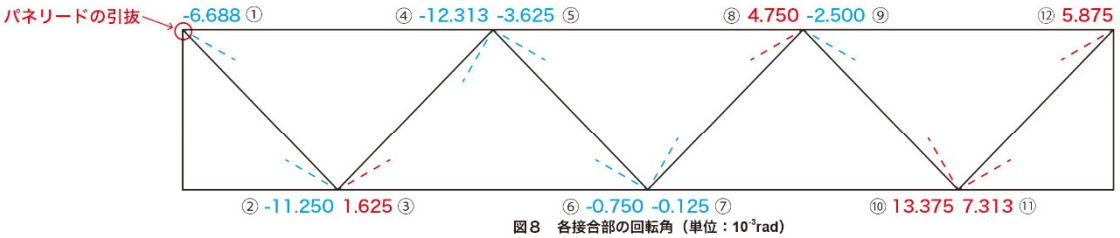


図 8　各接合部の回転角（単位：10^{-3}rad）

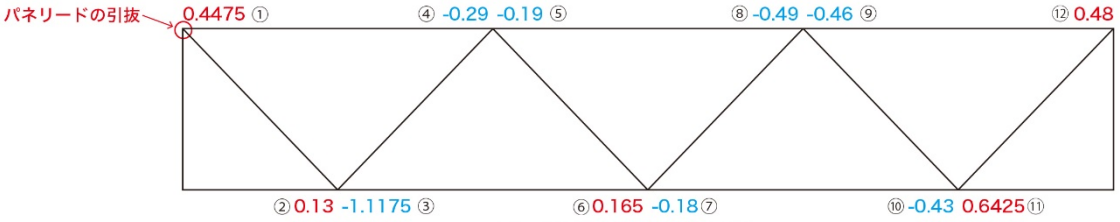


図 9　各接合部の軸方向の変位量 (単位：mm)

4．まとめ

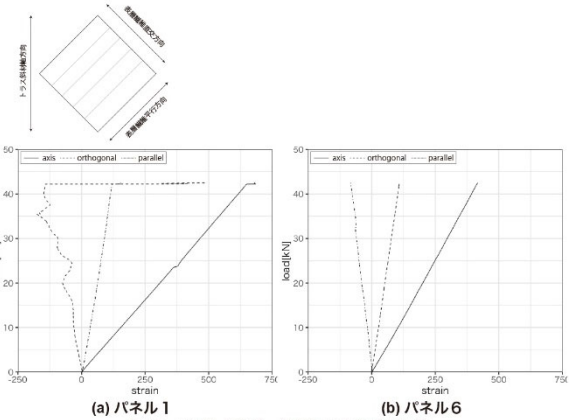
平行弦トラスの３等分点４点曲げ試験を行った．その結果，２体ともビスの引抜により破壊した．破壊した接合部においてCLT内層の木部が一体となって引抜が生じる集合型の破壊とCLT内層の面内方向に割れが生じた．

また，得られた測定値より破壊の原因について考察した．ビスの引抜が生じた原因には引張力の大きさが関係し，CLT内層の面内方向の割れが生じた原因には接合部の微小回転が関係し，CLTの木部の引抜が生じた原因にはビスの配置間隔が関係していることが考えられる．

5．今後の予定

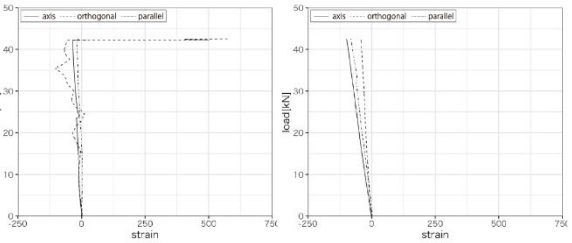
5．1 CLT斜材平行弦トラス

今後は，CLT斜材平行弦トラスの破壊の原因を詳しく検討する．上述したように接合部の耐力を決定する要因として，接合部の微小回転とビスの配置間隔が考えられる．そこで今後は，ビスの本数及び配置間隔をパラメータとしたビス接合部の単調引張試験を行うことで，接合部の微小回転がない場合の性能を確認する．ビス接合部の引抜試験は７月中旬に行う．パラメータを図12に示す．なお試験体の作成に使用できるCLTに限りがあるのでパラメータは変更する可能性がある．



(a) パネル１　(b) パネル６

図10　パネルの荷重 - 軸力によるひずみ関係



(a) パネル１　(b) パネル６

図11　パネルの荷重 - 曲げによるひずみ関係

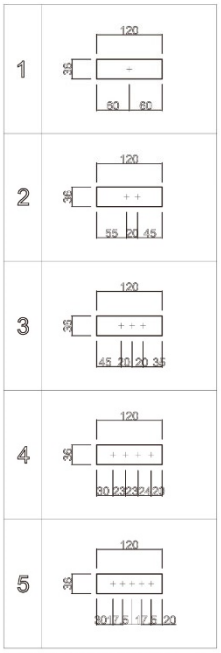


図12　試験体のパラメータ

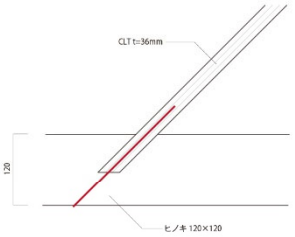


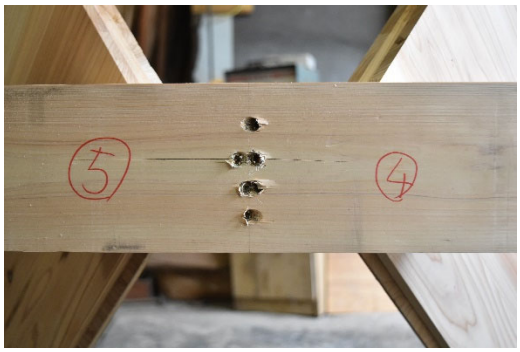
図13　接合部詳細図

参考文献

1) 佐々木賢太他：住宅用流通材とプレカットを活用した平行現トラスの開発，日本建築学会技術報告集，第23巻，第54号，487-492，2017年６月

2) 東京大学生産技術研究所 腰原研究室他：JBNトラス報告書，2013

■構造性能実証試験（CLT 平行弦トラス）試験写真



■構造性能実証試験（CLT 平行弦トラス）まとめ

試験体スパン 6,000 ㎜、加力スパン 2,000 ㎜の CLT 平行弦トラス（ワーレントラスタイプ、上下弦材：ヒノキ製材 120 角、斜材：3 層 3 プライ 36mm 厚スギ CLT を面内・面外とも 45 度傾斜、上下弦材と斜材との接合部：全ネジタイプφ8 長ビス L320）の 3 等分点 4 点曲げ試験 2 体を行い、2 体ともビスの引き抜きにより破壊した。1 体目は組み立て時にビスの打ち損じがあったためその部分から破壊し、2 体目は引張力が最大となる端部の斜材のビスが引き抜けて破壊し、最大荷重は 42.5kN であった。破壊したビス接合部において CLT 内層の木部が一体となって引き抜きが生じる集合型の破壊と CLT 内層の面内方向に割れが生じた。CLT 内層の面内方向の割れが生じた原因には接合部の微小回転が関係し、CLT の木部の引抜が生じた原因にはビスの配置間隔が関係していることが考えられる。

■構造性能実証試験（組子格子耐力壁）試験報告書

試 験 成 績 書

令和1年5月26日

東京大学大学院　農学生命科学研究科
木質材料学研究室　教授　稲山正弘

１．件名	組子細工耐力壁面内せん断試験・２Ｐ
２．試験概要	［１］　目的 組子細工耐力壁の鉛直構面の面内せん断試験を行い、 剛性と許容せん断耐力の計算を行う。 ［２］　試験体 １）部材構成：柱材、土台材（ヒノキ材）、桁材（ベイマツ材）で 組んだ軸組に組子パネル（ヒノキ材）をビス（パネリード100㎜） で接合する。 ２）土　　台：ヒノキ材　　120㎜角 ３）柱　　材：ヒノキ材　　120㎜角 ４）梁　　材：ベイマツ材　　幅120㎜、高さ180㎜ ５）組子パネル：ヒノキ材 ６）ビ　　ス：パネリード　長さ110㎜、ネジ外径 6㎜ （炭素鋼、JIS G3507-2 冷間圧造用炭素鋼線、SWCH22A相当） ７）試験体数：３体 ［３］　試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力設計（2017年版）』の 「鉛直構面および水平構面の剛性と許容応力度等を算定ための試験」に準じる。
３．試験結果	別紙の通り。（全９ページ）
４．試験実施場所	埼玉県八潮市浮塚507-1 株式会社カナイ　開発試験センター
５．試験実施日	令和元年5月20日～23日
６．試験担当者および 試験成績書作成者	東京大学大学院　農学生命科学研究科　木質材料学研究室 担当：伊藤耀

２．試験体

（１）試験体の詳細は、表２．１及び図２．１に示す。

表２．１　試験体の詳細

項目	仕様詳細
試験体数	３体
土　台	ヒノキ材 120mm角
柱　材	ヒノキ材 120mm角
梁　材	ベイマツ材 幅120mm、高さ180mm
組子パネル	ヒノキ材
ビ　ス	パネリード　長さ100mm、ネジ外径 6mm、（炭素鋼、JIS G3507-2 冷間圧造用炭素鋼線、SWCH22A相当、表面処理:クロメート皮膜 2級相当）
接合方法	柱材、土台材（ヒノキ材）、桁材（ベイマツ材）で組んだ軸組に 組子パネル（ヒノキ材）をビス（パネリード100mm）で接合する。

表２．２　各材の物性値

	含水率（%）（※）				
試験体番号	No.1 (A)	No.2 (B)	No.3 (C)	平均値	標準偏差
土台	11.6	10.4	13.0	11.6	1.32
梁	8.5	11.5	6.9	9.0	2.31
追加土台	12.6	8.8	13.7	11.7	2.55
柱１	12.3	10.3	16.8	11.4	2.91
柱２	8.8	10.3	9.8		
斜材	7.2	12.3		9.7	3.61
縦材	11.5	11.5		11.5	0.03
横材	11.5	11.5		11.5	0.03
受け材	11.5	9.4		10.5	1.48
枠材	10.8	10.3		10.6	0.39

※含水率は柱、土台、桁、追加土台は高周波測定器による。それ以外は全乾法を用いて算出した。

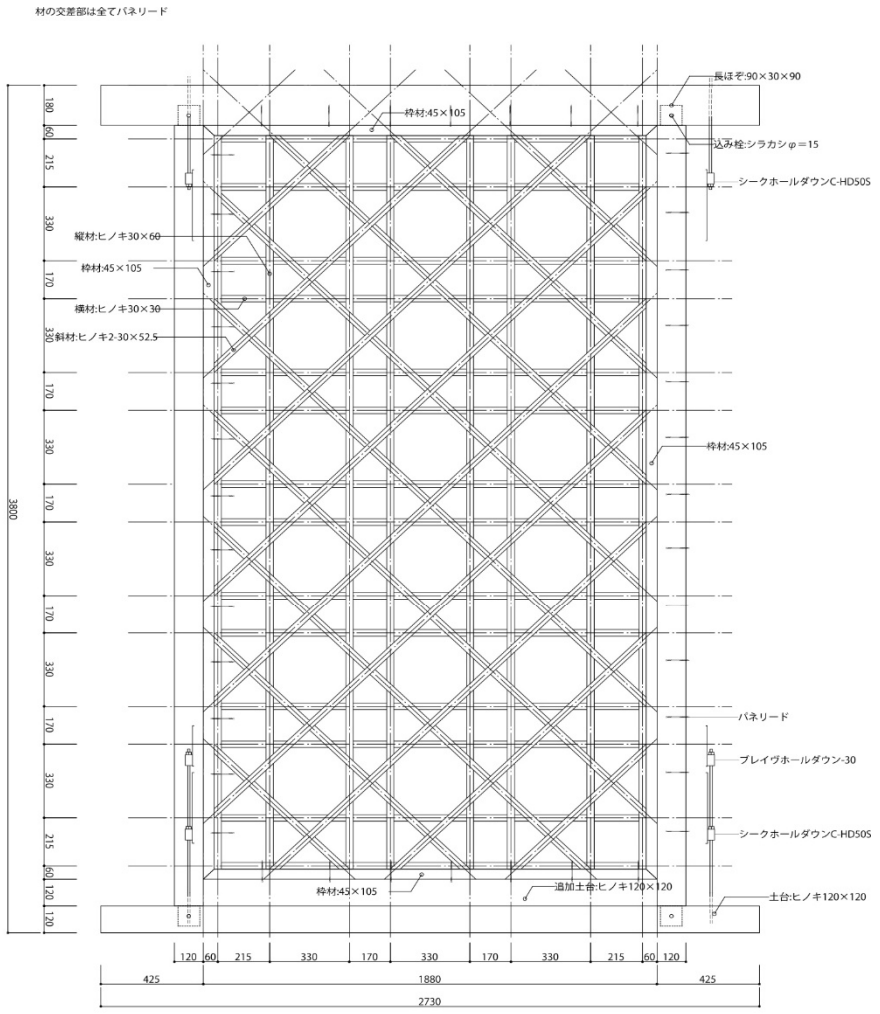


図１　組子細工耐力壁（２Ｐ）の試験体

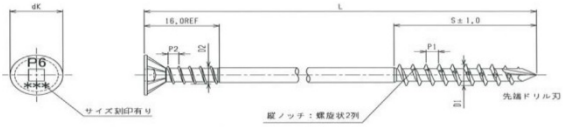


図２　パネリード　100mm長さ（ L=100, S=30, dK=11 ）

３．試験方法

『木造軸組工法住宅の許容応力設計（2017年版）』の
「鉛直構面および水平構面の剛性と許容応力度等を算定ための試験」に準じる。

（１）加力は正負交番繰り返し加力とする。柱脚固定方式とし、
ホールダウン用アンカーボルトM16を鉄骨架台に固定して行った。

（２）加力は繰り返し加力の1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radの
変形を３回繰返し、1/30radの変形を１回行った後、1/15radに達するまで加力した。

（３）変位測定点は、加力点（梁）、土台、柱脚2ヶ所、柱と組子パネル、
パネル内の接合部54ヶ所、合計58ヶ所に取り付けた。

（４）測定した荷重および変位のデータは、データロガー（共和電業社製、UCAM-20PC）
を介してパソコンに取り込んだ。

（５）試験開始前、土台、桁、柱は高周波測定器にて含水率を計測した。組子パネルは
全乾法を用いて含水率を算出した。

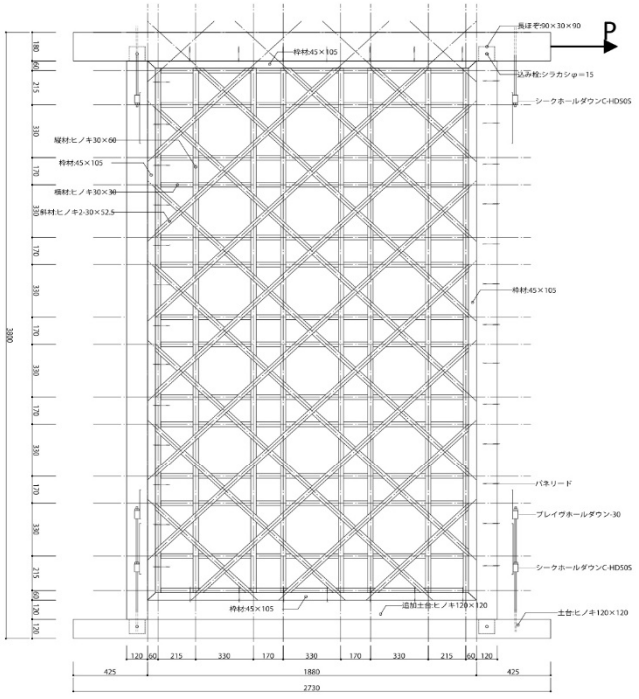


図3 試験方法

４．試験結果

（１）各試験体の荷重－変位曲線を図４．１から図４．３に示す。

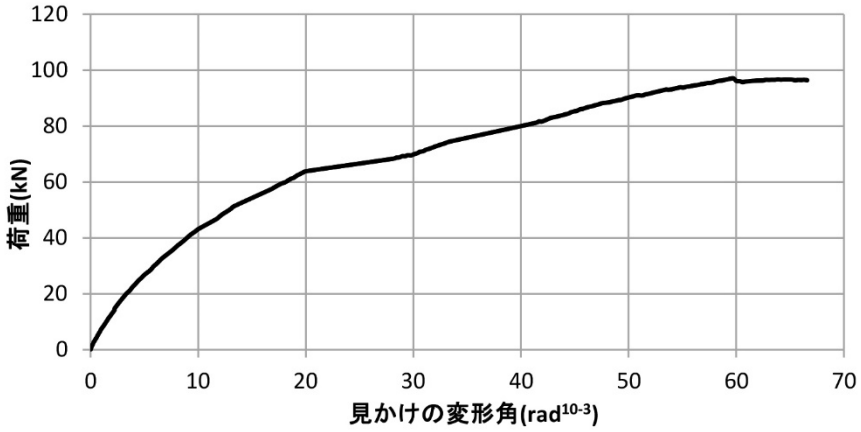


図４.１　試験体１の荷重変位曲線

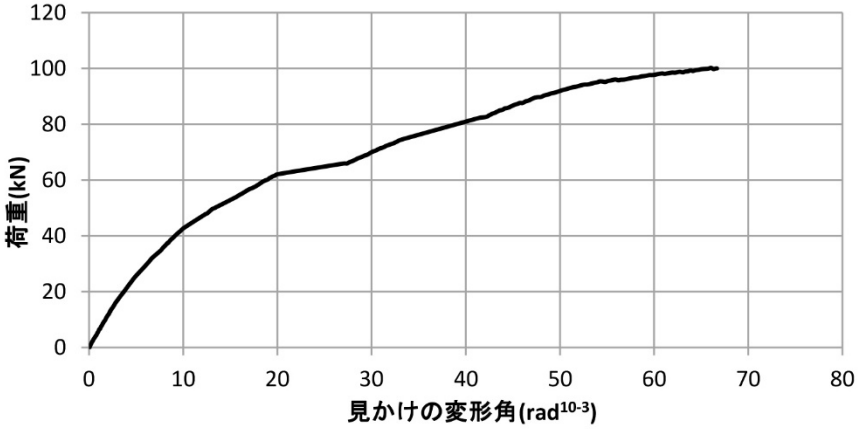


図４．２　試験体２の荷重変位曲線

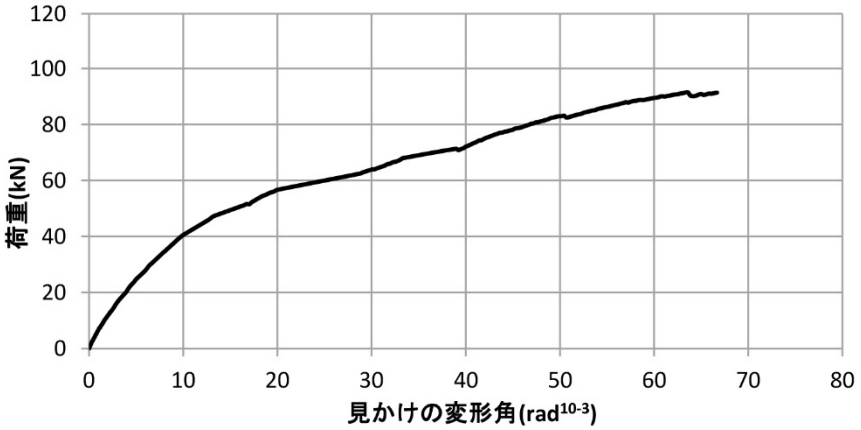


図４．３　試験体３の荷重変位曲線

（５）完全弾塑性モデル

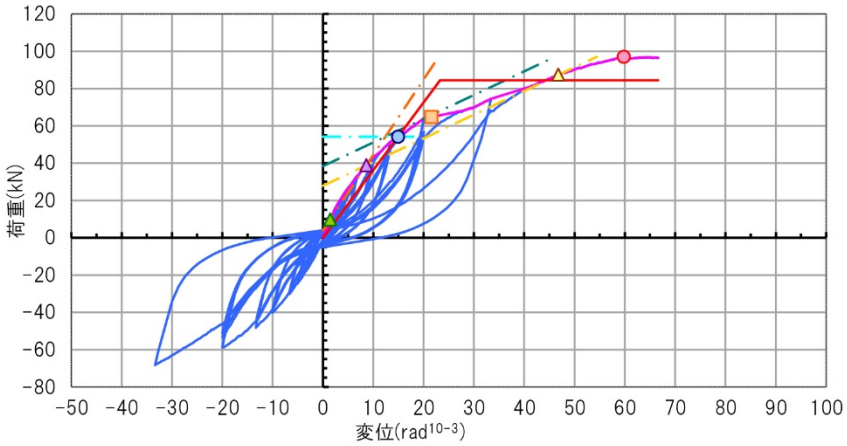


図５．１　試験体−１の完全弾塑性モデル

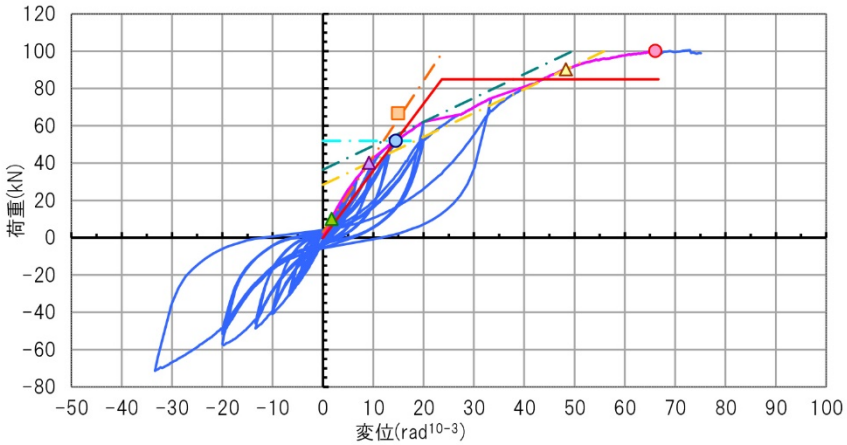


図５．２　試験体−２の完全弾塑性モデル

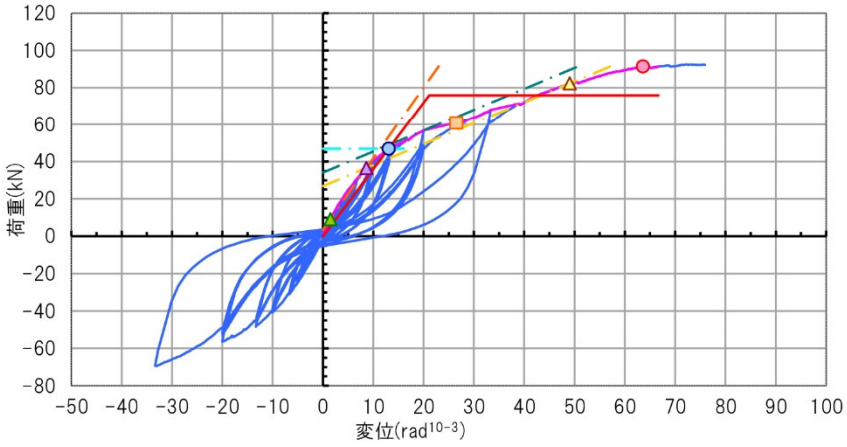


図５．３　試験体−３の完全弾塑性モデル

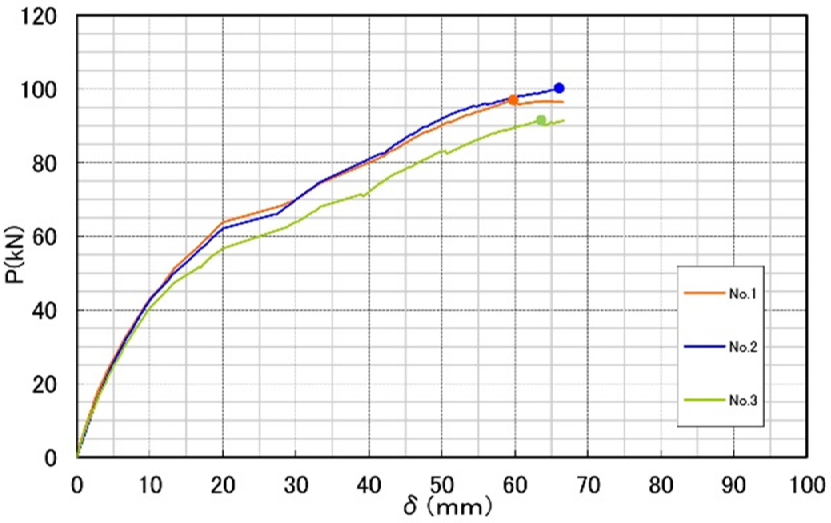
5．接合部の基準許容せん断耐力、基準終局耐力、基準剛性の算出

（1）一覧表

試験体記号			試験体			平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	50%下限値	Po	壁倍率
板壁・試験体E	構造評価	（単位）	No.1	No.2	No.3	（KN）		CV		（KN）	（KN）	
試験体仕様	1）Py	（KN）	54.16	51.90	46.89	50.98	3.72	0.073	0.966	49.23	35.66	9.10
柱120×120スギ @303（7本）	2）Pu・0.2・√2μ-1	（KN）	36.70	36.66	35.02	36.13	0.96	0.027	0.987	35.67		
縦板30×240スギ（6枚）	3）2/3・Pmax	（KN）	64.68	66.82	61.01	64.17	2.94	0.046	0.978	62.79		
梁120×180スギ	4）P120	（KN）	37.92	37.48	35.68	37.03	1.19	0.032	0.985	36.47		
ビスL=110 @170（1列16本）	Pmax：最大耐力	（KN）	97.02	100.23	91.52							
	Pu：終局耐力	（KN）	84.47	84.73	75.92							
	K：初期剛性	（×10³KN/rad）	3.62	3.59	3.59							
	μ：塑性率		2.86	2.84	3.16							
	1/√2μ-1：構造特性係数Ds		0.46	0.46	0.43							
	δy：降伏変形角	（×10⁻³ rad）	14.95	14.44	13.05							
	δv：モデル降伏点変形角	（×10⁻³ rad）	23.30	23.62	21.12							
	δu：終局変形角	（×10⁻³ rad）	66.59	66.67	66.67							

○破壊状況ノート：
■組子パネル：ビス部分より割裂が発生した。
■土台：柱によるめり込みが生じた。
■No.3の試験体において左柱頭柱脚部のほぞが破断した。

○荷重－変位曲線



○破壊の様子

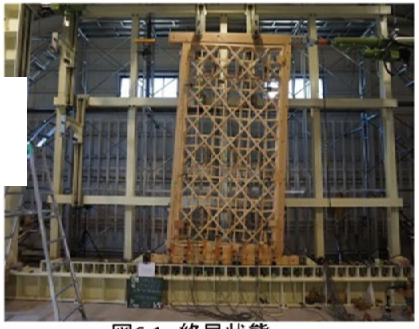
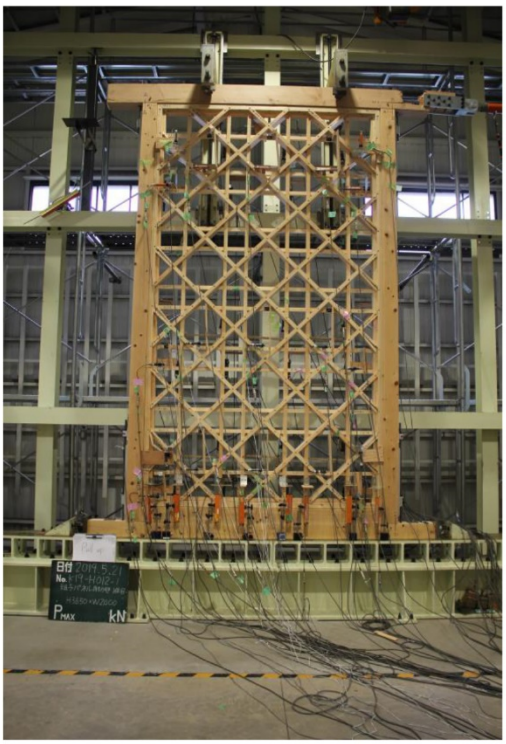


図6.1 終局状態

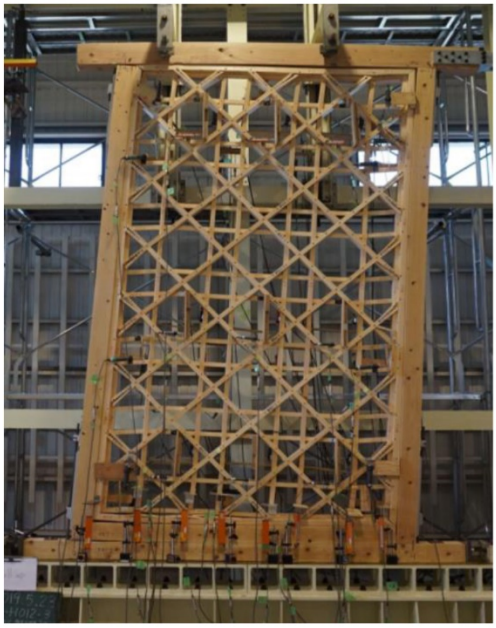
図6.2 ねじのせん断破壊

図6.3 柱脚部の破壊状況

６．破壊状況

試験体番号−１		
最大荷重　＝　97.02　kN		
破壊	加力治具部分で集合型破壊が発生した。	図7.1　終局状態
試験体番号−２		
最大荷重　＝　100.23　kN		
破壊	組子パネル左下枠材より割裂が発生した。	図7.2　終局状態

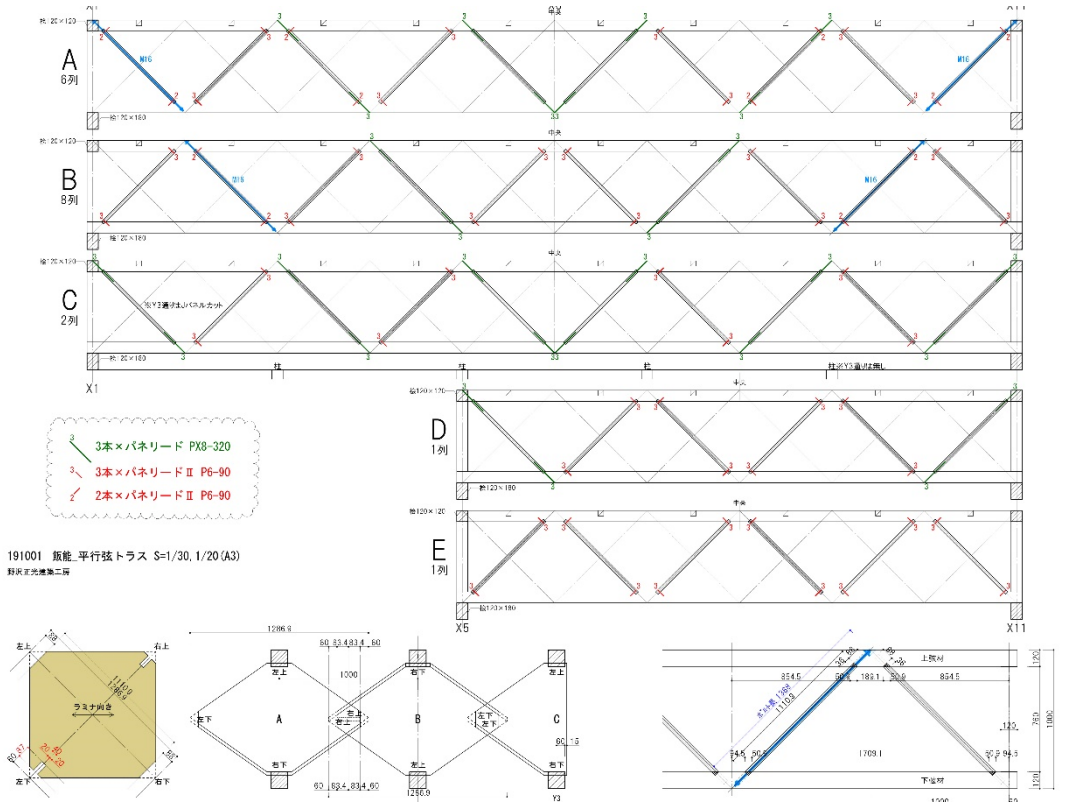
６．破壊状況

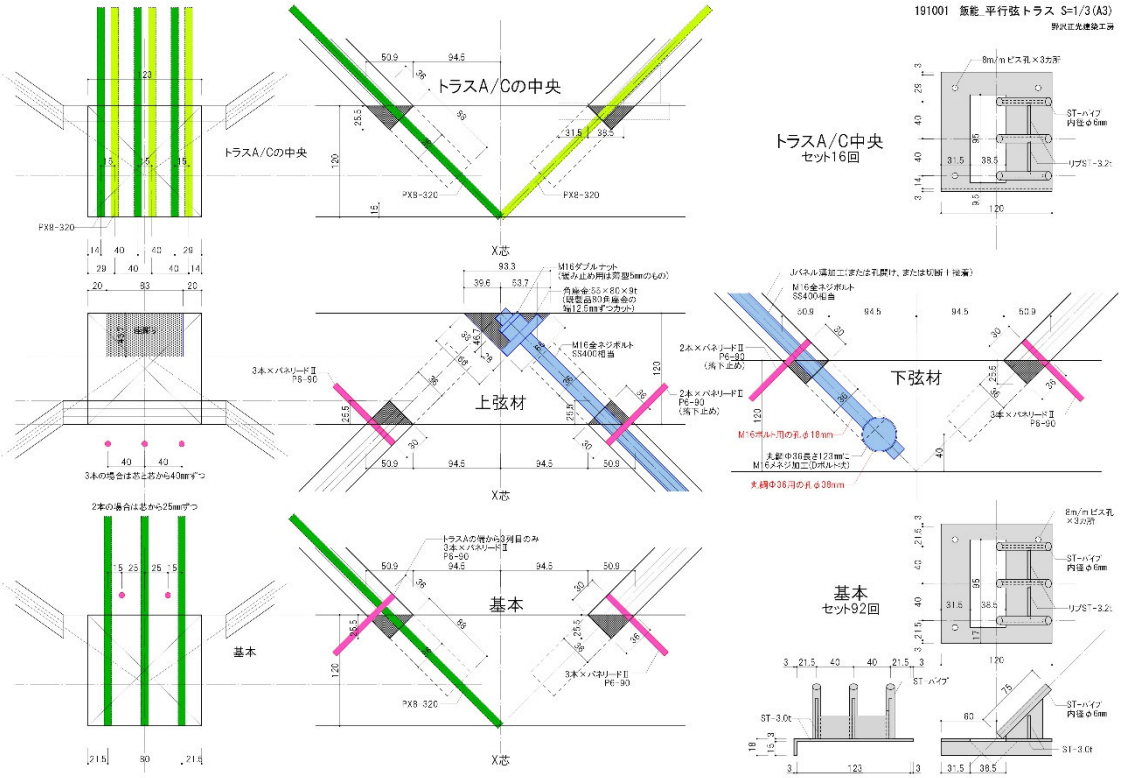
試験体番号-３		
最大荷重　　＝　91.52　kN		図7.3　終局状態
破壊	組子交差部のビス部分から割裂が発生した。	図7.4　柱脚部破壊状況

■構造性能実証試験（組子格子耐力壁）まとめ

②組子格子耐力壁（幅 2m、高さ 3.8m）の面内せん断試験 3 体を行い、1 体目は最大荷重 97.02ｋN、2 体目は最大荷重 100.23ｋN、3 体目は最大荷重 91.52ｋN を計測し、組子交差部のビス部分から割裂が発生し、組子斜材端部のビス接合部が割裂しつつ枠材に沿って滑りながら粘ることで終局変形角は 1/15rad に達した。3 体の試験結果より、組子格子耐力壁の短期基準せん断耐力 Po は 35.66ｋN（0.2Pu$\sqrt{2\mu-1}$ で決定）、換算壁倍率は 9.10 相当という結果が得られた。

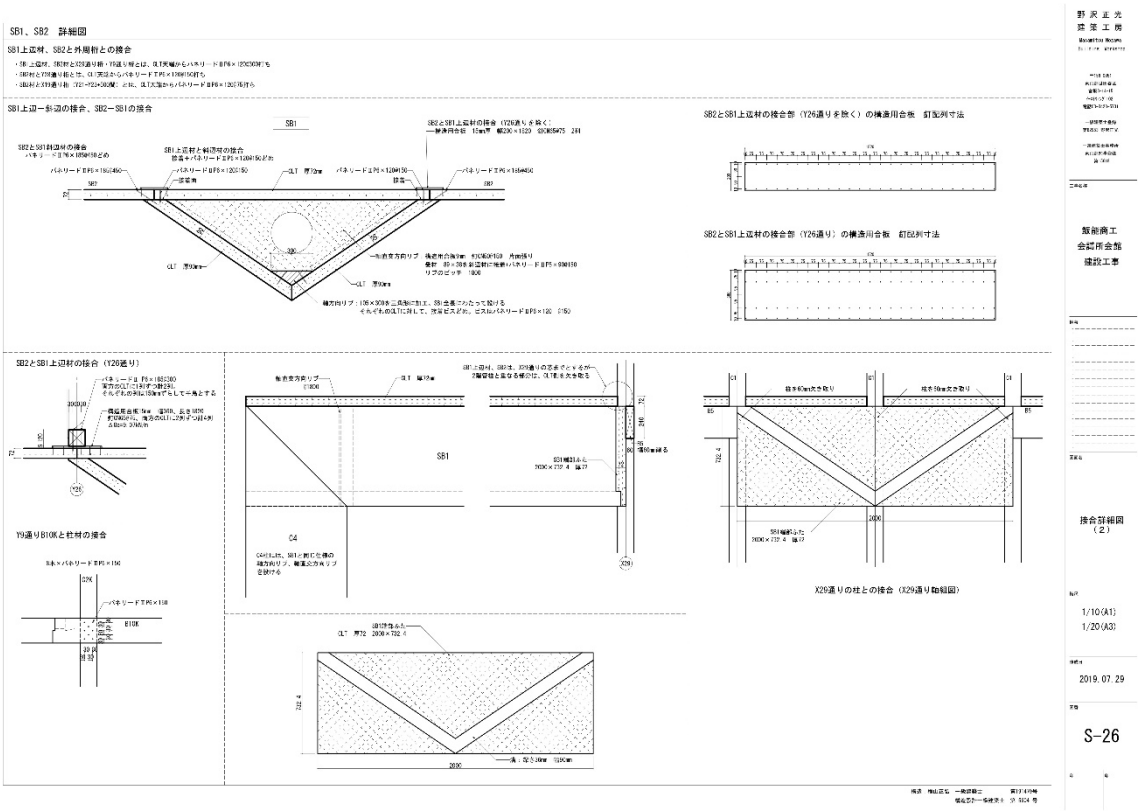
■CLT 施工レポート（CLT 平行弦トラス）施工図

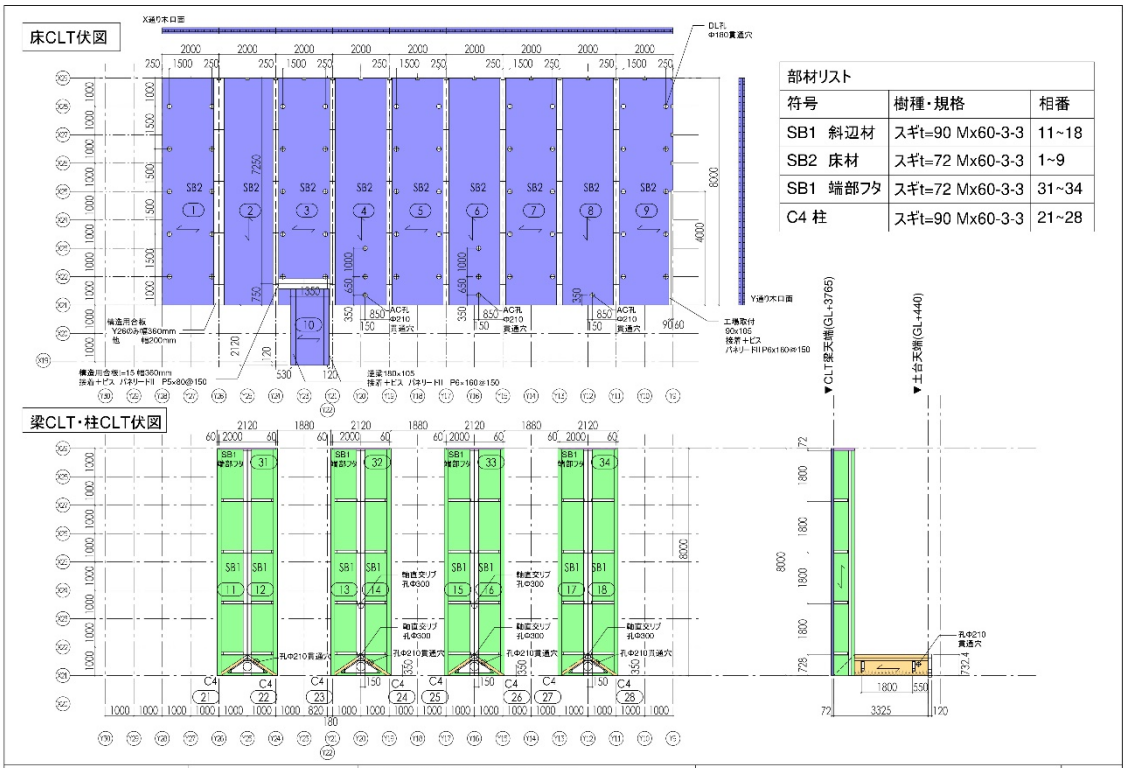




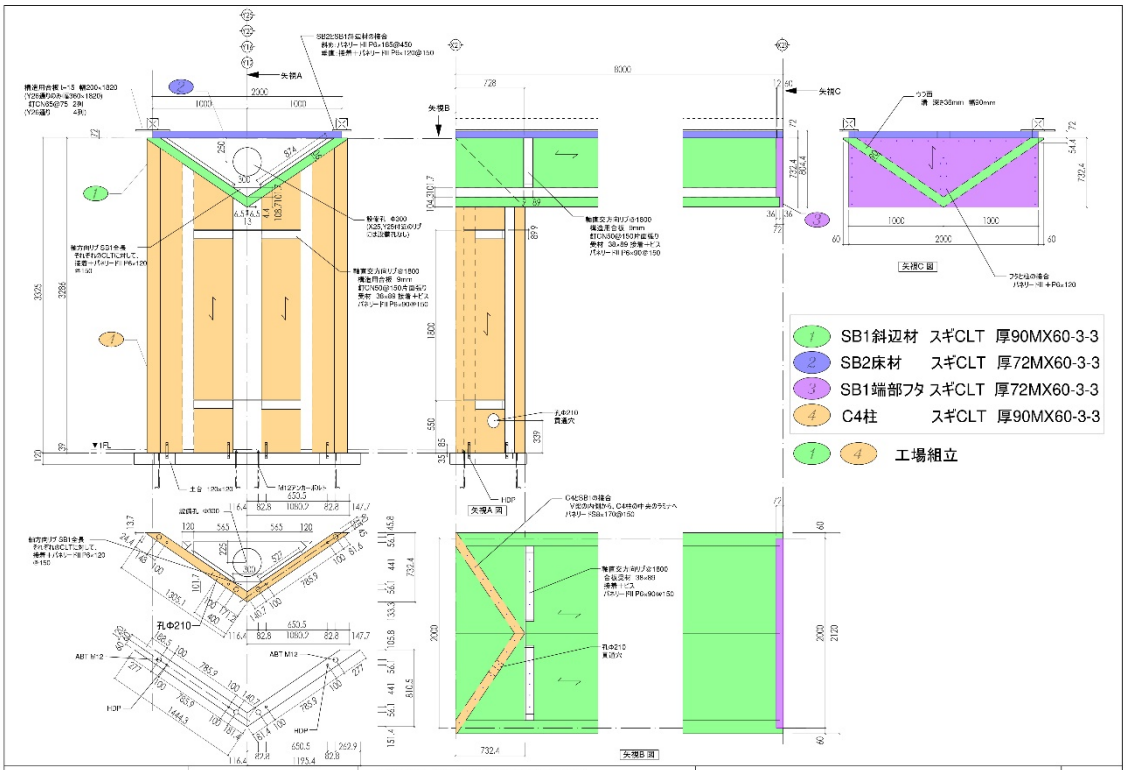
■CLT 施工レポート（CLT 平行弦トラス）加工・建方写真

■CLT 施工レポート（CLT 折版床・柱）構造図・施工図





2019.10.15	Scale: 1/100	飯能商工会議所会館建設工事 配置図,標準図	MEIKEN LAMWOOD Corp. TEL.(0867)42-3660 FAX.(0867)42-5240	1



2019.10.29	Scale: 1/30	飯能商工会議所会館建設工事 接合詳細図	MEIKEN LAMWOOD Corp. TEL.(0867)42-3660 FAX.(0867)42-5240	2

■CLT 施工レポート（CLT 折版床・柱）加工・建方写真

■CLT 施工レポート　まとめ

地元の施工業者の参画による CLT パネル+軸組み工法の実現のため、各々の接合部においては極力特殊な金物を用いず、また一般的なプレカットによる仕口加工を基本とした。CLT パネルの製作図と軸組み工法のプレカット図の確認、天候に左右されることの無いよう施工性を考慮した屋内の作業場での加工と組み立て、最終的な建方順序や接合部の再確認など、事前の準備を入念に行うことで、建方時のトラブルもなく、想定より短時間で建方が完了した。

■別の工法(RC 造)と CLT パネル+軸組み工法(本計画)のコスト比較表

躯体工事費(構造躯体まで)(税抜・千円)		実証事業の建築物(C)	CLT使用部位をRC造に変更した場合(D)	経費増減額(C)-(D)	経費増減の特記
基礎工事	土工事	1651	3,302	△ 1,651	RC造基礎深さ2倍と想定
	基礎工事	8283	16,566	△ 8,283	同上
	杭工事	0	0	0	地盤の状況による
	基礎断熱工事	1488	1,488	0	
基礎工事計(E)		11,422	21,356	△ 9,934	
上部躯体工事	共通仮設工事	6446	11,281	△ 4,835	
	直接仮設工事	4886	8,551	△ 3,665	
	鉄骨工事	8392	6,714	1,678	
	防水工事	523	6,276	△ 5,753	
	左官工事	1143	13,716	△ 12,573	
	木工事	122200	12,220	109,980	
	RC躯体工事	0	67,950	△ 67,950	RC造躯体工事 ￥90千円/㎡と想定
	屋根工事(樋、板金 外壁含む)	13902	4,171	9,731	
	塗装工事	1147	3,441	△ 2,294	
上部躯体工事計(F)		158,639	134,318	24,321	
合計(E)+(F)		170,061	155,674	14,387	
延べ面積あたり工事単価(千円/㎡)		225	206	19	

※同等規模の RC 造建物（施工業者の過去事例）を参考

■別の工法(RC 造)と CLT パネル+軸組み工法(本計画)　まとめ

同規模で想定される RC 造と CLT を用いた木造建築物である本計画の工事費を比べたところ、基礎工事費は同規模で想定される RC 造の方が高く、上部躯体工事費は CLT を用いた木造建築物である本計画の方が高い結果となった。基礎工事費の差は建物重量によるもの、上部躯体工事費の差は木工事と RC 躯体工事にかかる運送費や経費、また木加工費や施工図の作図、現地調査等の材料費以外の費用によるものと考えられる。

本計画の木工事費には、地域材である西川材を用いて全ての CLT パネルを製作したこと、CLT を活用した先駆的な建築物として CLT パネルを含めた木構造部を表しとしたことなど、今後の木材利用を促進するための大きな付加価値が含まれた計画となっている。コストの比較としては RC 造に比べ本計画の方が高い結果となったが、CLT パネルと軸組み工法を融合した本計画が、地元の施工業者が参画可能な中大規模の事務所建物の木造化を推進し、「地域材である木材利用を促進する地産地消型のサスティナブルな建築物」の今後の好例となることを期待している。

2.2　三菱地所（株）

事業名			(仮称)CLT晴海プロジェクト新築工事の建築実証
実施者（担当者）			三菱地所株式会社　住宅業務企画部
建築物の概要	用途		展示場
	建設地		東京都中央区晴海3丁目2番地15
	構造・工法		鉄骨＋CLT造
	階数		1
	高さ（m）		17.886
	軒高（m）		—
	敷地面積（㎡）		3368.88
	建築面積（㎡）		601.38
	延べ面積（㎡）		601.38
	階別面積	１階	601.38
		２階	—
		３階	—
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		梁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		235.16
	壁パネル	寸法	210㎜厚
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	S90A　使用環境A
		樹種	ヒノキ
	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（㎥）※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	強化合わせガラス
		外壁	—
		開口部	—
	主な内部仕上	界壁	—
		間仕切り壁	—
		床	人工芝
		天井	—
構造	構造計算ルート		ルート２
	接合方法		高力ボルト接合
	最大スパン		18.4m
	問題点・課題とその解決策		移築という課題に際し、鉄骨とCLT双方にブラケットを設け、ボルト接合とすることで移築解体が容易な構法とした。
防耐火	防火上の地域区分		防火地域
	耐火建築物等の要件		有（仮設許可によりワンランクダウンの準耐火要求）
	本建築物の防耐火仕様		その他（準耐火相当）
	問題点・課題とその解決策		耐火に際しては、通し鉄骨柱には耐火塗料、CLTパネルには45分相当の燃えしろを確保することで準耐火相当とした。
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		—
	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		地組ユニットを構成し、地上で鉄骨とCLTパネルをユニット化することで工期短縮を実現。
	給排水・電気配線設置上の工夫		—
	劣化対策		CLT木口に撥水塗料を施すことで劣化対策とした
工程	設計期間		2019年1-6月（6カ月）
	施工期間		2019年6月～2019年11月（6ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2週間
	竣工（予定）年月日		2019年11月29日
体制	発注者		三菱地所
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		設計・監理：三菱地所設計、隈研吾建築都市設計事務所
	構造設計者		三菱地所設計
	施工者		三菱地所ホーム
	ＣＬＴ供給者		銘建工業
	ラミナ供給者		—

実証事業名：（仮称）CLT 晴海プロジェクト新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：三菱地所株式会社

１．実証した建築物の概要

用途		展示場		
建設地		東京都中央区晴海		
構造・工法		鉄骨＋CLT 造		
階数		1		
高さ（m）		17.886	軒高（m）	17.276
敷地面積（㎡）		3368.88	建築面積（㎡）	601.38
階別面積	１階	601.38	延べ面積（㎡）	601.38
	２階			
	３階			
CLT 採用部位		梁		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量 311.13 m^3、加工後建築物使用量 235.16 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		0m^3		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	梁	210mm 厚/7 層 7 プライ/S90A/ヒノキ		
設計期間		2019 年 4 月～5 月（2 カ月）		
施工期間		2019 年 6 月～2020 年 11 月（6 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2019 年８月上旬～８月下旬（3 週間）		
竣工年月日		2019 年 11 月 29 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

ＣＬＴを構造材かつ現し仕上材として使用する鉄骨との混構造は、今後の木造中高層建築物で多く採用されることが予想される。現状で課題となる、工期短縮、コスト削減について、接合部の仕様などを検証しながらＣＬＴ活用の優位性を実証する。本実証事業で設定した課題は以下の３点である。

・組立解体を容易とする鉄骨とＣＬＴ接合部の納まりの検討
・解体搬送、再建築を可能とする部材構成の検討
・純鉄骨造＋木質系外装材を使用した従来の工法とのコスト比較

３．協議会構成員

（事業主・協議会運営者）三菱地所：伊藤、河野、柳瀬、重田、藤本

（設計監理）三菱地所設計：清水、名倉、石黒、瀬島、細川、川村、堀田、神鳥、吉岡、宇野、武藤、樋口
（設計監理）隈研吾建築都市設計事務所：大庭、元、新嶋
（施工）三菱地所ホーム：鈴木、古牧、綿引、加来
（施工）岩井建設：有馬
（材料）銘建工業：宮竹

４．課題解決の方法と実施工程

鉄骨とＣＬＴの接合部の開発については三菱地所設計が中心となり、工場で CLT を製作する銘建工業や現場での施工を担当する三菱地所ホームの意見を取り入れつつ検討を行った。部材構成及びコスト比較に関しては三菱地所ホームが中心となり、他工法と比較しながら検討資料を作成した。

＜協議会の開催＞
2019 年 6 月：第 1 回開催、着工前確認
9 月：第 2 回開催、工事進捗確認
11 月：第 3 回開催、実証事業の取りまとめ検討
＜設計＞
2019 年 4-5 月：実施設計
6 月：建築確認申請
＜施工＞
2019 年 6 月：工事契約
6 月：着工、基礎工事
8 月：CLT＋鉄骨建て方工事
9 月：ガラス屋根工事
11 月：テフカ膜工事

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。
・鉄骨とＣＬＴの接合部の納まりの検討
→鉄骨との接合部をボルト接合とする事により、組立解体、再組立を容易にした。
→CLT と一体となる鉄骨材を CLT 工場にて組込みプレファブ化することにより、工期短縮と品質の安定化を図った。
・解体搬送、再建築を可能とする部材構成の検討
→すべての部材が分解移送可能となるよう、部材構成を決定した。
・純鉄骨造＋木質系外装材を使用した従来の工法とのコスト比較
→CLT 歩留まりの良い寸法＋工期を短縮することでコストを削減した。

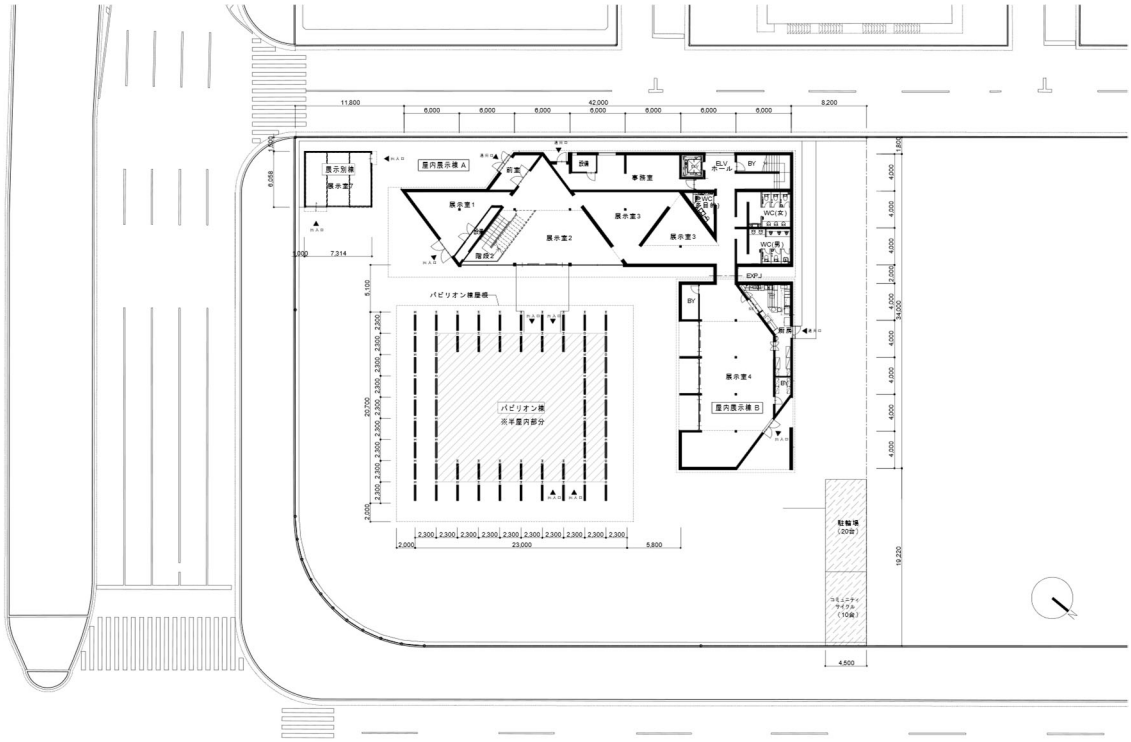
６．本実証により得られた成果

・木造中高層に応用可能な移築できる鉄骨と CLT の接合部を開発。

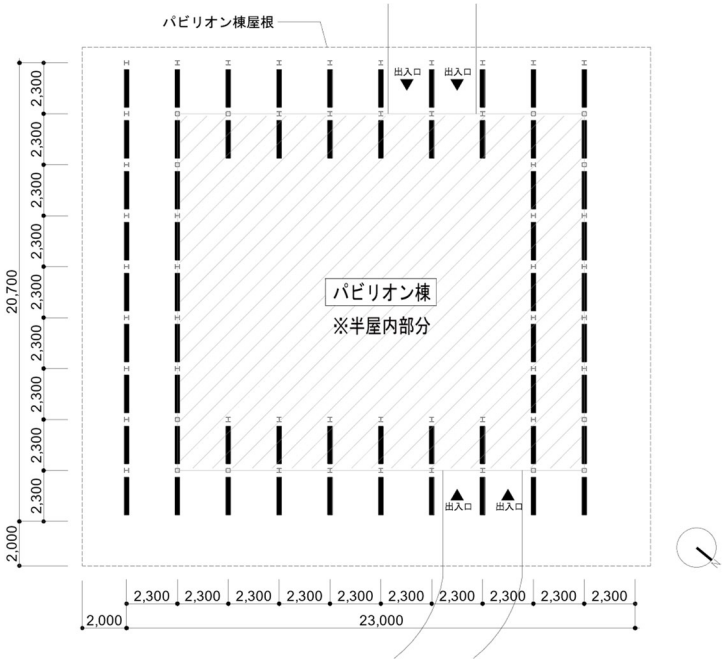
・コスト削減効果、所要工期を数値化して、今後の施工の参考資料として使用可能。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

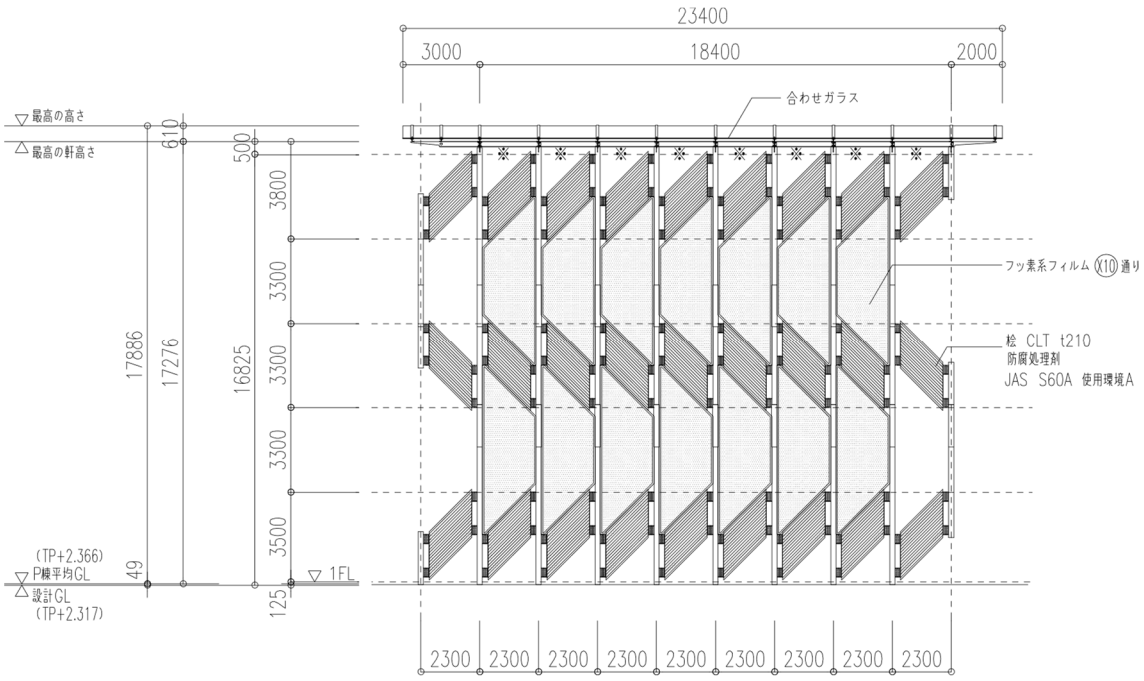
配置図



平面図



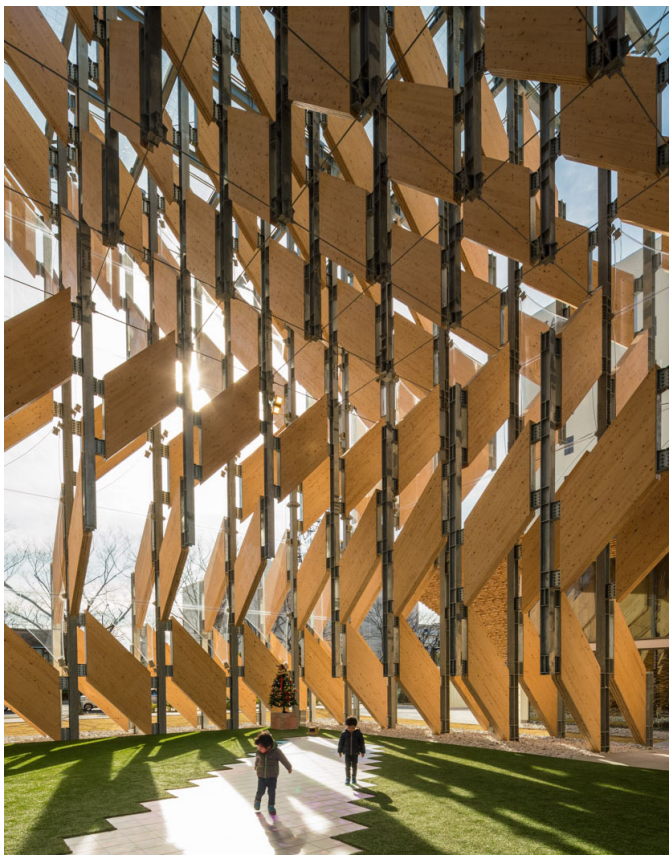
立面図（南東）


23400
3000
18400
2000
合わせガラス
▽最高の高さ
△最高の軒高さ
610
500
3800
3300
3300
3300
3500
17886
17276
16825
フッ素系フィルム (X10)通り
桧 CLT t210
防腐処理剤
JAS S60A 使用環境A
(TP+2.366)
P構平均GL
△設計GL
(TP+2.317)
49
125
▽1FL
2300
2300
2300
2300
2300
2300
2300
2300
2300

外観・内観

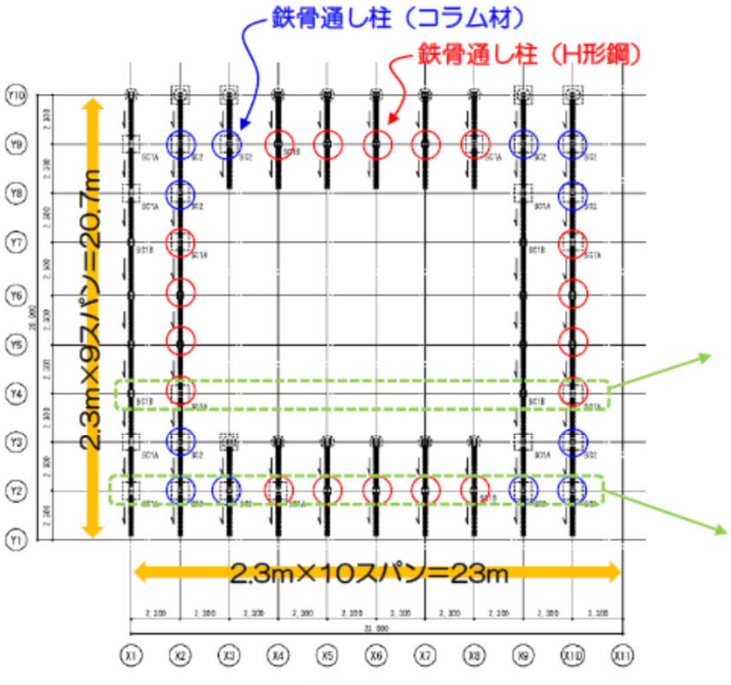
■移築可能な構造の検討

外観写真

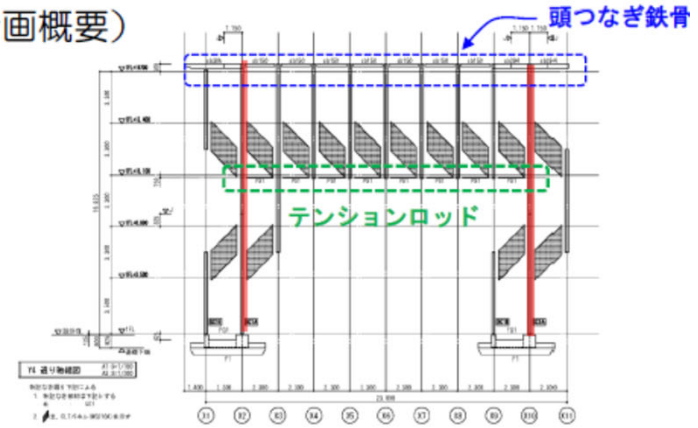


内観写真

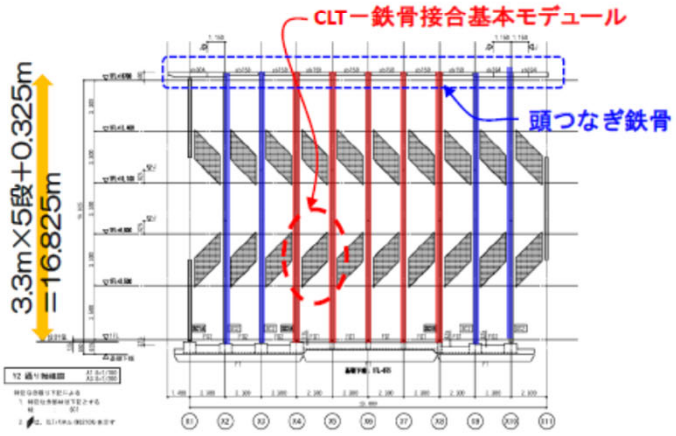
建築計画概要　（パビリオン棟　構造計画概要）



＜平面計画＞



＜Y4通軸組図（中構面）＞



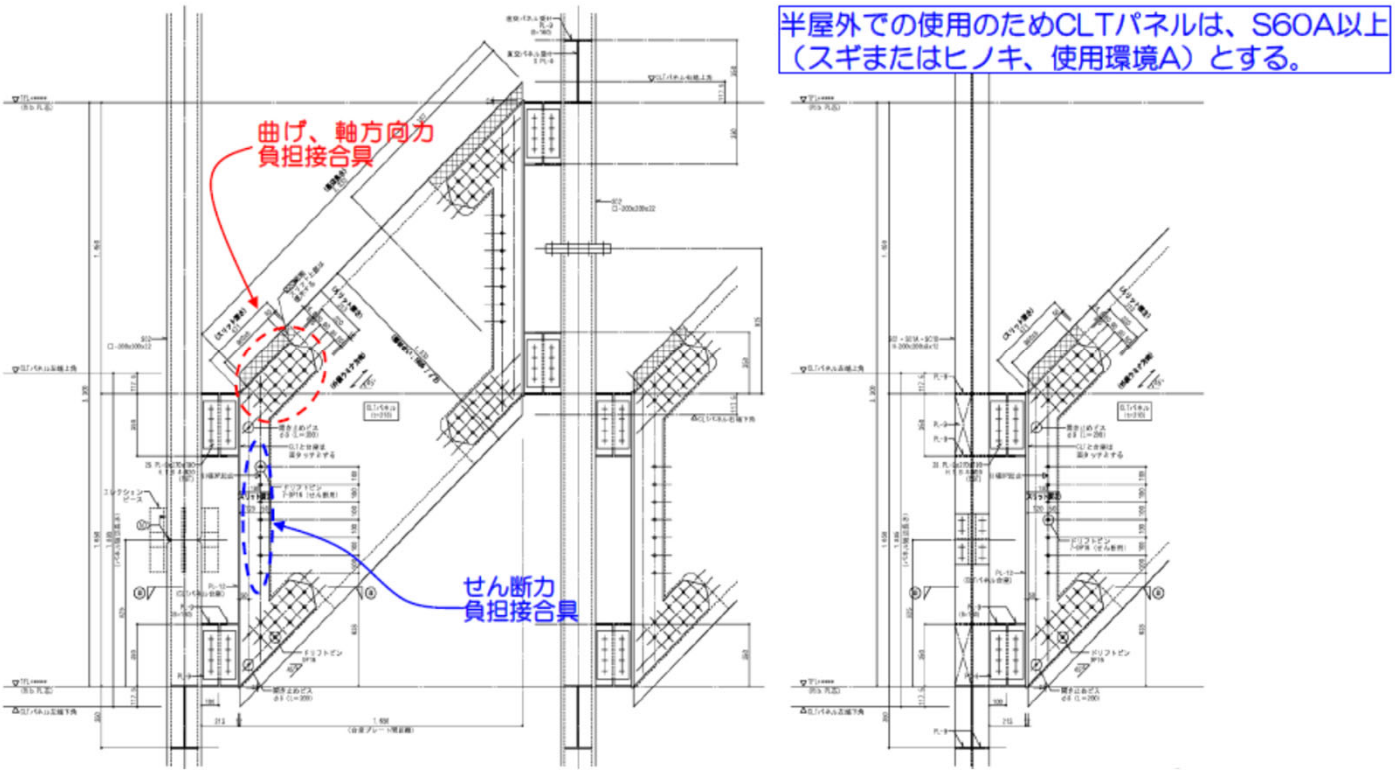
＜Y2通軸組図（外周構面）＞

鉄骨造（ルート２）の規定に基づき許容応力度設計を行う。
地震力は、ベースシア係数（C0）=0.2の1層建物として算出する。
（Rt=1.0）とする。
鉄骨造耐震設計ルート２の規定に基づき、鉄骨部材接合は保有耐力接合とする。
CLT－鉄骨接合部ディテールは1種類の接合部（基本モデュール）の繰り返しとする。

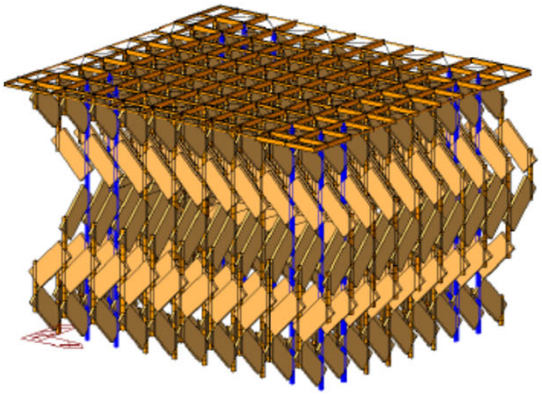
■移築可能な構造の検討

接合部詳細（CLT－鉄骨接合基本モデュール）

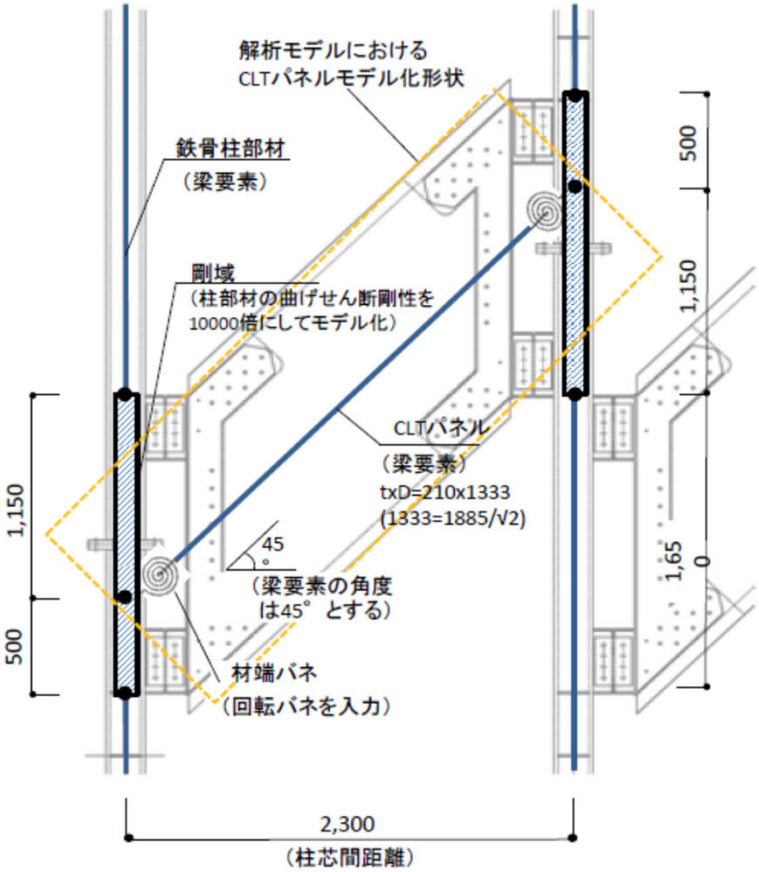
半屋外での使用のためCLTパネルは、S60A以上（スギまたはヒノキ、使用環境A）とする。



応力解析モデルとCLTパネルのモデル化



＜応力解析モデル＞



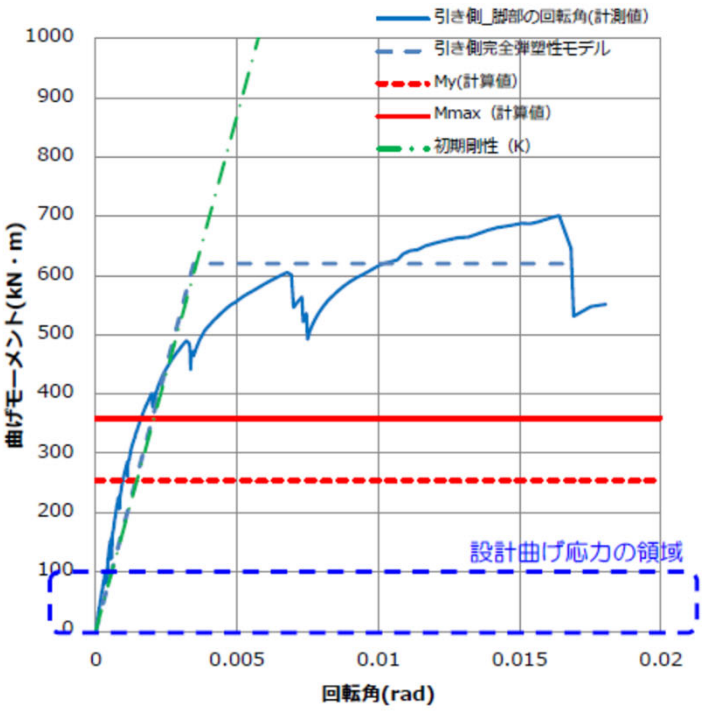
＜接合部のモデル化＞

■移築可能な構造の検討

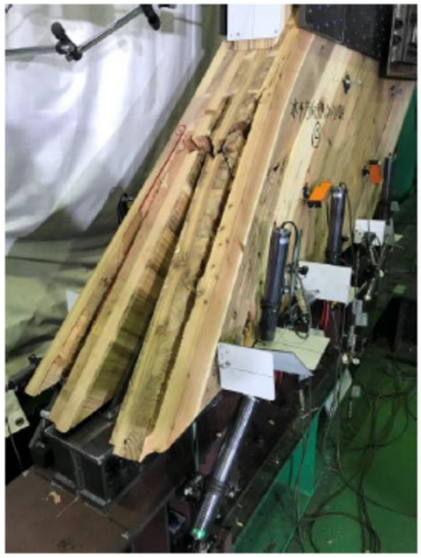
回転剛性評価と曲げ耐力評価の妥当性確認（水平加力試験）

- 実大パネルの材長1/2の実験体を用いて正負交番水平加力試験を行い、回転剛性および曲げ耐力評価の妥当性確認を行った。

項目		実験値	計算値	実験値/計算値
実験計測値	Pmax (kN)	850		
	Mmax (kN・m)	701		
	θ max (rad)	0.01640		
	θ (0.1Pmax)	0.00024		
	θ (0.4Pmax1)	0.00109		
	θ (0.4Pmax2)	0.00109		
	θ (0.9Pmax)	0.01078		
完全弾塑性モデルの特性値	Py (kN)	533		
	My (kN・m)	440	254	1.73
	θ y (rad)	0.00246		
	D(0.8Pmax): θ u (rad)	0.01683		
	初期剛性K (kN/rad)	216,429		
	初期剛性K (kN・m/rad)	178,554	173,742	1.03
	Pu (kN)	752		
	Mu (kN・m)	620	359	1.73
	D(Pu): θ v	0.00347		
	μ = θ u/ θ v	4.85		



水平加力試験体の破壊性状



水平加力試験終了状況

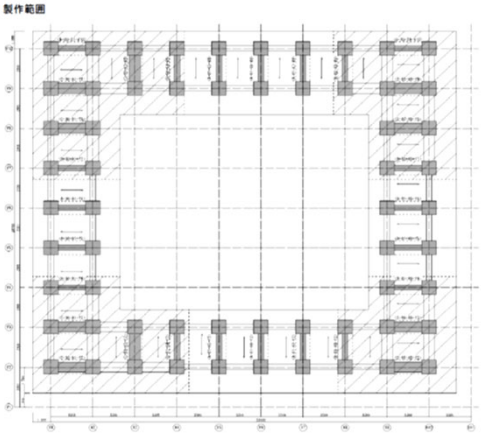
試験体解体による接合具変形状態の確認

■現場建築施工における検討

1.工期の短縮　実質工期2.5か月の実現

a.基礎躯体のPca化

・在来工法だと21日かかる　→結果Pca設置3日+取合躯体工事8日
・アンカーボルト精度の確保　→目標±5ミリ　→　結果±2ミリ



Pca工場型枠

Pca工場出来形

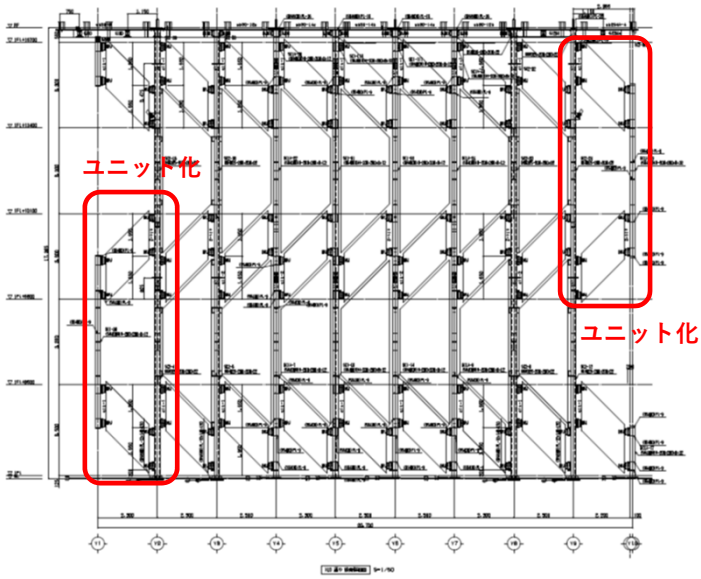
現場Pca据付け

梁・耐圧配筋

基礎完成出来形

b.CLT建て方工事のユニット化
（地組タワーにて先組みユニット化）

・ＣＬＴ含め計800Ｐ　目標40Ｐ/日　20日間
→実質工期　14日間
（硝子屋根除く）



地組み足場

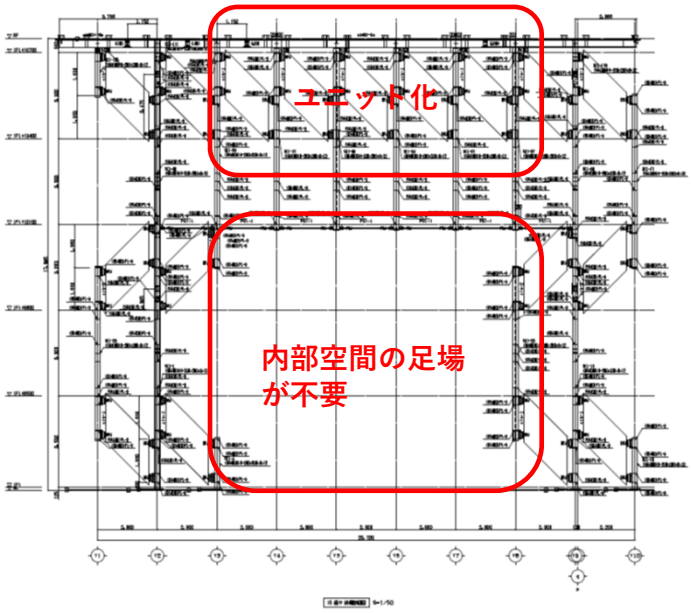
吊上げ状況

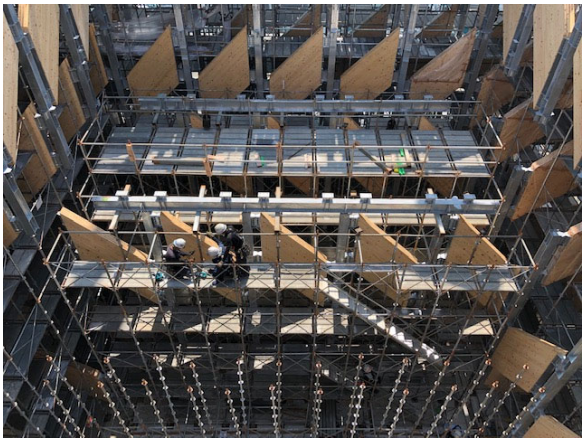
■現場建築施工における検討

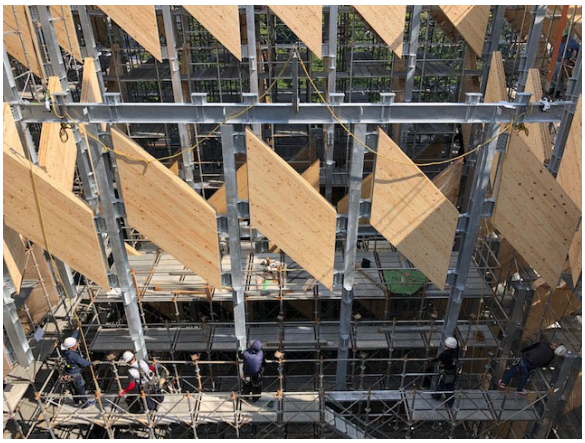
1.工期の短縮　実質工期2.5か月の実現

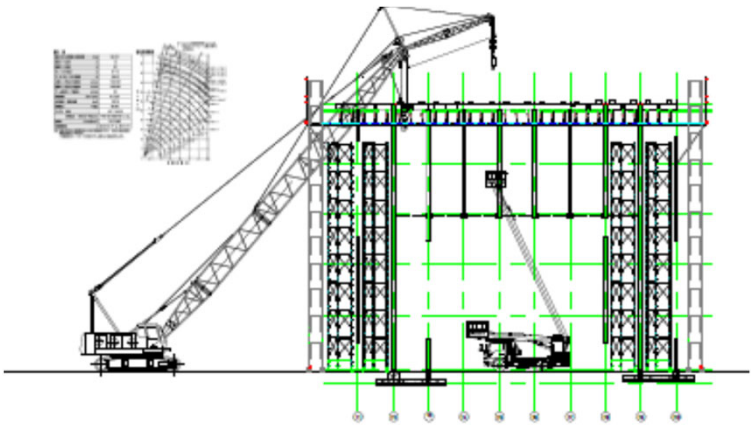
C.仮設設備の省力化（ユニット化により足場を最小限とする）

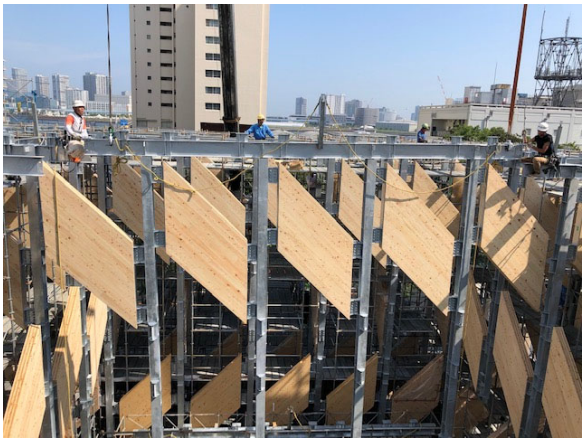
・計画足場組立数量：7,440㎡　→　3,500㎡









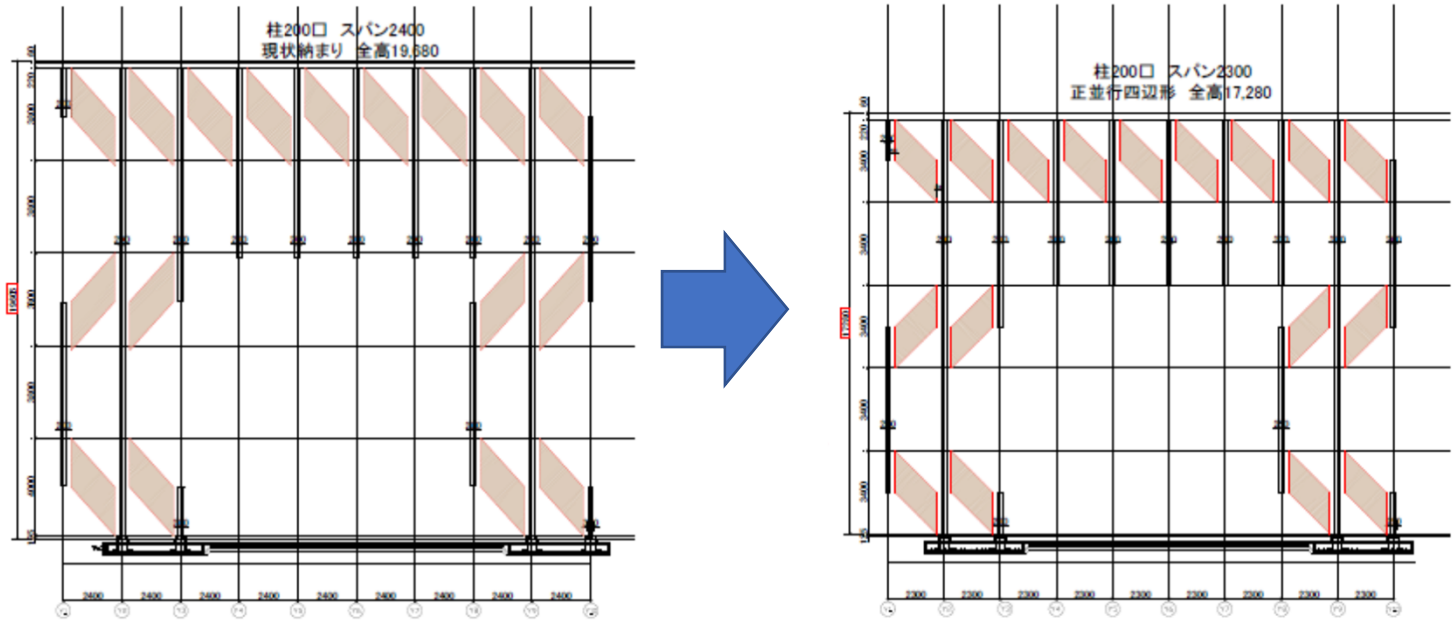


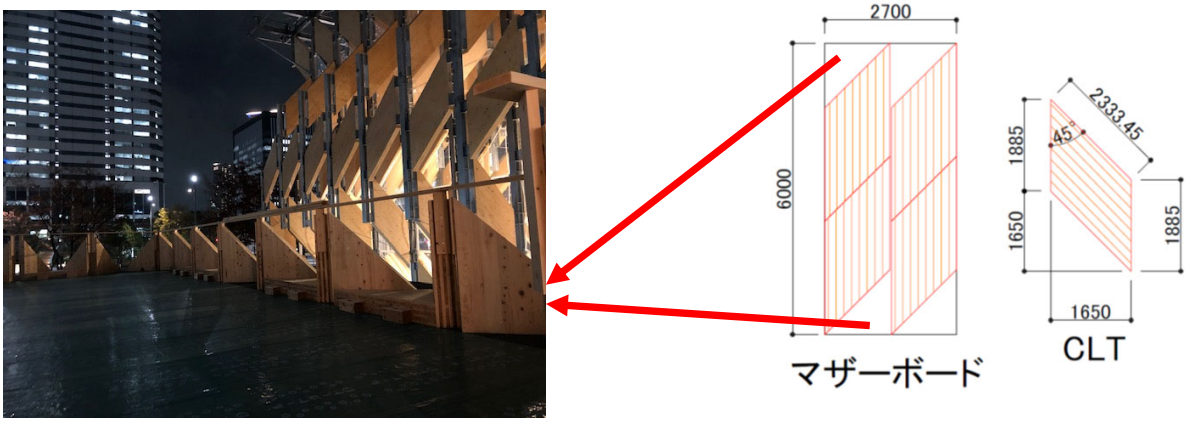
■現場建築施工における検討

2. 最適スパンとすることでのコスト縮小

a.スパン2.4m×H20m　→　スパン2.3m×H17.8mへの変更
- 高さを低減することでの避雷針設置の回避
- ﾏｻﾞｰﾎﾞｰﾄﾞ 2.7m×6.0m＝16.2㎡の中で、
  2枚取り→4枚取りが可能
  CLT3.6㎡×2=　7.2㎡　16.2㎡- 7.2㎡=9㎡のロス
  3.1㎡×4＝12.3㎡　16.2㎡-12.3㎡=3.9㎡のロス

b.端材の再利用　端材3.9㎡×360枚＝1404㎡の有効利用
- 展示棟屋上手摺材への転用
- 端材を利用した家具の作成



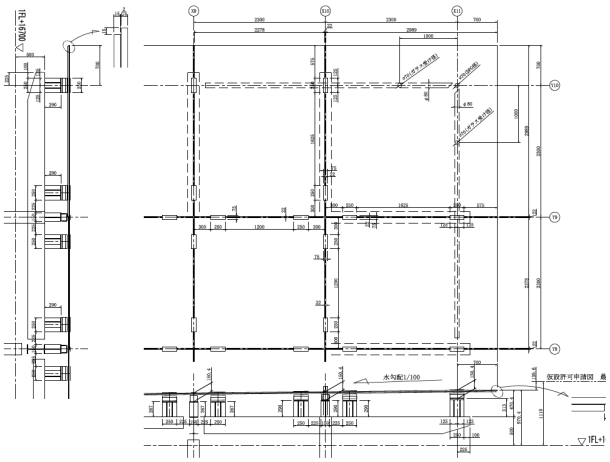


端材を手摺および家具として再利用

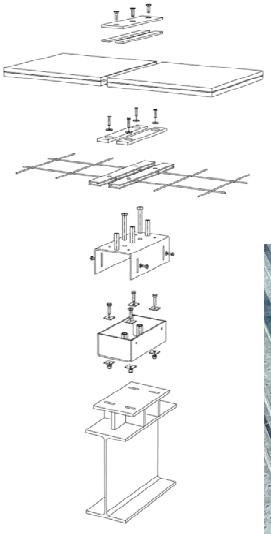
■真庭市移設後の耐久性の確保の検討

1.蒜山積雪荷重（2.5m）に対する屋根の検討

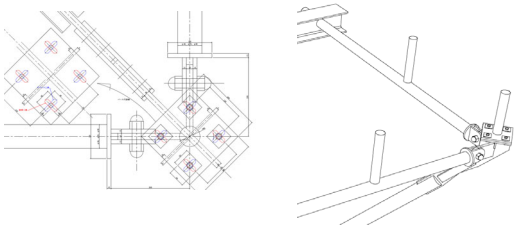
SGP強化合わせガラスの採用
外周部：TP15＋SG＋TP15（高透過硝子）
中央部：TP12＋SG＋TP12（　　〃　　）

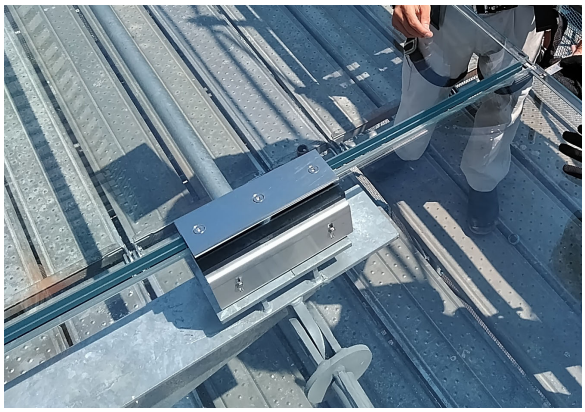


取付金物



コーナー部





三次元で調整できる金物の使用

■真庭市移設後の耐久性の確保の検討

2.CLT材への保護塗料の検討

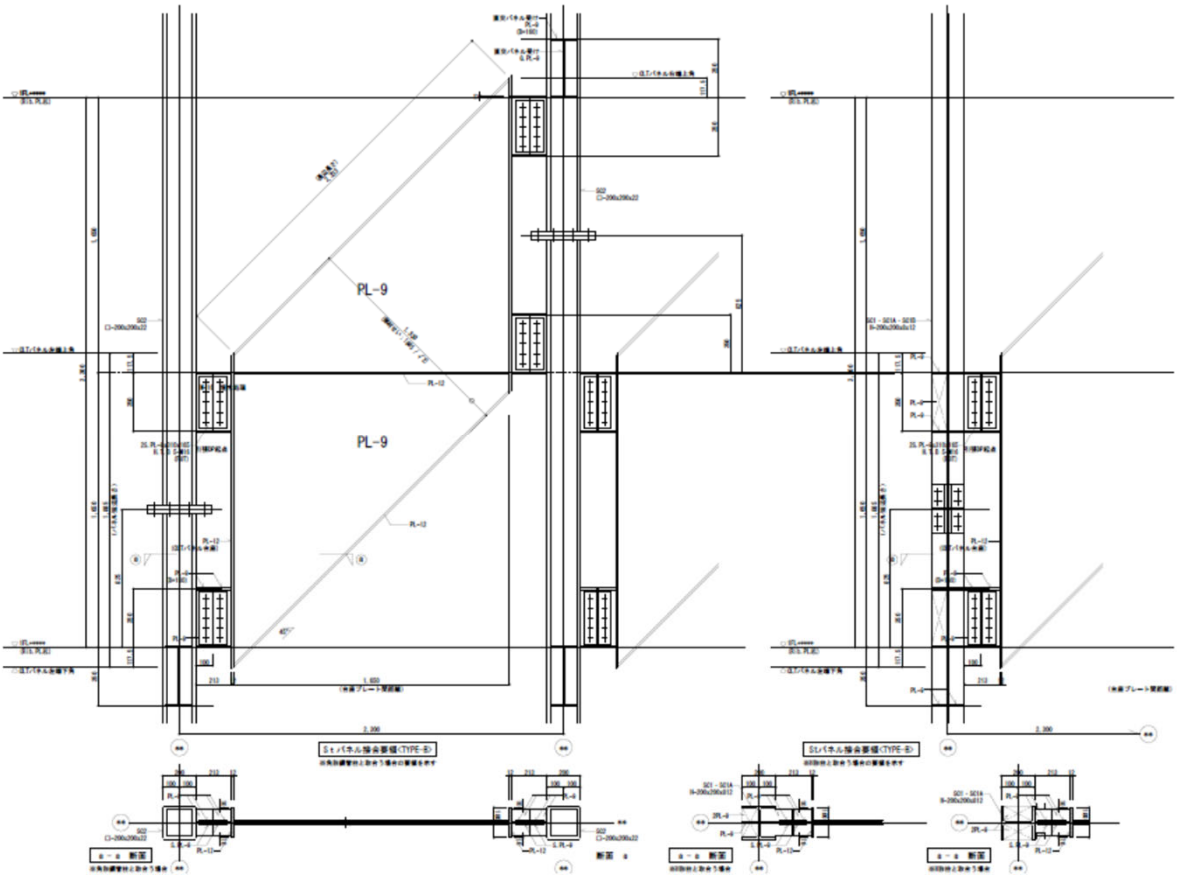
防蟻および耐候性のある塗料にて暴露試験を行い、意匠性含めた総合的な判断にて材料を決定した。

<採用防腐防蟻対策仕様>

	パビリオン棟		屋内棟	
塗布の位置	平面	小口面	1階のCLT壁パネル 1階の集成材柱	2階床パネル以上の CLTパネル 2階床面以上の集成材
塗装仕様	和信化学 ニューガードラック（2液仕様）	左記ガードラックの上にニューブリード（撥水剤）重ね塗り	キシラモンの上に パトン重ね塗り	パトンのみ
対候性	○	○	×	×
防腐	○	○	○	○
防蟻	○	○	○	×
塗り替え可否	○	△ （撥水塗料の上にニューガットラックが塗布できるかについて塗り替えの実績はあり）	○	○
備考	・ニューガードラック：対候性を有する塗料で、防腐防蟻効果を有する新商品 ・ニューガードラックは含浸性のため、小口面に経年で割れが生じた場合の水分の内部侵入は防止できない ・小口面は造膜系塗料のニューブリードを塗布し水分の侵入を軽減する。		・キシラモン：防蟻塗料（屋内使用想定） ・パトン：防腐塗料（屋内使用想定） ・パトンとキシラモンは同一メーカー製品であり重ね塗り可能 ・造膜系ではなく含浸性塗料のためタッチアップ可能	

■純鉄骨造とのコスト比較

純鉄骨造との比較



コスト比較試算

現行CLT工事費

CLT：t210　桧　JAS　S90A　使用環境A　360枚　311m3

	一式			178,970,000
鉄骨案　：	鉄骨工場ﾊﾟﾈﾙ	229 t	600,000	137,505,000
	溶融亜鉛メッキ	〃	80,000	18,334,000
	運搬費	48台	45,000	2,160,000
	検査費・取付費等			5,200,000
	計			163,199,000

2.3 （株）中東

事業名			(株)中東　CLT・集成材組立工場新築工事の建築実証
実施者（担当者）			株式会社中東 代表取締役社長　小坂勇治
建築物の概要	用途		工場
	建設地		石川県能美市岩内町ヤ1-14の一部
	構造・工法		木造軸組構法＋CLT耐震壁
	階数		1
	高さ（m）		12.15
	軒高（m）		8.50
	敷地面積（㎡）		3,757.64
	建築面積（㎡）		1900.80
	延べ面積（㎡）		1900.80
	階別面積	１階	1900.80
		２階	
		３階	
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、梁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量171㎥、建築物使用量171㎥
	壁パネル	寸法	90㎜厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
	梁パネル（I型ﾋﾞｰﾑ）	寸法	150㎜厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60
		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・梁：ベイマツ・カラマツ集成材　土台：ヒノキ集成材
	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		320㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.8)折板葺き
		外壁	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.35)角波張り＋石膏ﾎﾞｰﾄﾞ（t=12.5）下地
		開口部	アルミサッシ＋単板ガラス
	主な内部仕上	室内壁仕上げ	CLTパネル現し、一部石膏ボード（t=15）
		間仕切り壁	なし
		床	土間コンクリート
		天井	裏貼りペフ現し
構造	構造計算ルート		ルート１
	接合方法		ＧＩＲ接合（異形鉄筋＋エポキシ系樹脂）、金物＋ビス
	最大スパン		27.0m
	問題点・課題とその解決策		柱の柱頭柱脚に力がかかりすぎるのを避けるために、CLT耐震壁の四つ角を切り落としたが、切り落とし部分(150㎜の三角形)がない仕様を検討し今後試験が行えると、より省力化、コスト削減となる。
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		準耐火建築物（イ準耐）
	本建築物の防耐火仕様		準耐火構造45分
	問題点・課題とその解決策		防煙垂壁が500㎡毎に必要であったが、避難安全検証を行う事により1500㎡に緩和された。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当あり。届出対象。
	温熱環境確保に関する課題と解決策		工場のため、温熱環境対策は行っていない。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	なし
		外壁	なし
		床	なし
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		工場のため、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		壁パネルが大型の為、計画段階からﾚｯｶｰ等作業スペースの検討が必要
	給排水・電気配線設置上の工夫		
	劣化対策		CLT耐震壁の防腐防蟻対策として外壁面にﾀｲﾍﾞｯｸ下端にｱﾘﾀﾞﾝ貼付け施工
工程	設計期間		2019年3月～9月（7カ月）
	施工期間		2019年11月～2020年2月上旬（3.5ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2019年12月下旬～2月上旬（1ヵ月）
	竣工（予定）年月日		2020年3月上旬
体制	発注者		株式会社中東
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		桜設計集団一級建築士事務所
	構造設計者		桜設計集団一級建築士事務所
	施工者		誠和建設株式会社
	ＣＬＴ供給者		株式会社中東
	ラミナ供給者		南加賀木材協同組合

実証事業名：㈱中東 CLT・集成材組立工場新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：㈱中東

１．実証した建築物の概要

用途		工場		
建設地		石川県能美市		
構造・工法		木造軸組構法＋CLT 耐震壁		
階数		地上１階		
高さ（m）		12.15	軒高（m）	8.50
敷地面積（㎡）		3,757.64	建築面積（㎡）	1,900.80
階別面積	１階	1,900.80	延べ面積（㎡）	1,900.80
	２階	－		
	３階	－		
CLT 採用部位		壁、梁		
CLT 使用量（㎥）		加工前製品量 171.00、加工後建築物使用量 171.00		
CLT を除く木材使用量（㎥）		320.00		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床・屋根	－		
	梁(I ﾋﾞｰﾑｳｪﾌﾞ)	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		2019 年 3 月～9 月（7 カ月）		
施工期間		2019 年 11 月～2020 年 2 月（3.5 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2019 年 12 月下旬～2020 年 2 月上旬（1 ヵ月）		
竣工（予定）年月日		2020 年 3 月上旬		

２．実証事業の目的と設定した課題

本事業では平成 28 年度補正 CLT 建築実証支援事業（以下、前事業）から引き続き、大規模な生産施設・流通施設への CLT の利用促進を考慮し、前事業時の課題を改善することを目的とした。また、CLT の普及に貢献するために、新しい使用方法を提案した。

（１）CLT の加工・金物取付費の縮減を図る接合部の仕様選定、及びその構造特性値の取得。
（２）施工効率化、省力化、コスト縮減を図った軸組＋CLT 耐震壁工法と他工法との比較検討。
（３）CLT の活用範囲、地域産材利用拡大を図るため新しい使用方法の提案。
（小幅の CLT パネルをウェブ部分、間柱サイズの幅ハギ集成材をフランジ部分に利用する梁材（I 型ビーム）の性能実験と活用の提案）

３．協議会構成員

（設計）桜設計集団一級建築士事務所：安井昇、加來千紘
（構造設計）桜設計集団一級建築士事務所：佐藤孝浩、宍戸幸二郎、大澤弘明
（施工）株式会社北陸リビング社：代表取締役 北出秀樹
（CLT 製造）株式会社中東：集成材事業部 建築課課長 北野正博、設計課課長 山田隆、
技術課主任 嘉本誠悟、建設部設計課 永田幸、代表取締役社長 小坂勇治（協議会運営者）
（原材料供給）南加賀木材協同組合：専務理事 中村岳敏
（事務取りまとめ）イエコロ：二村真弓子

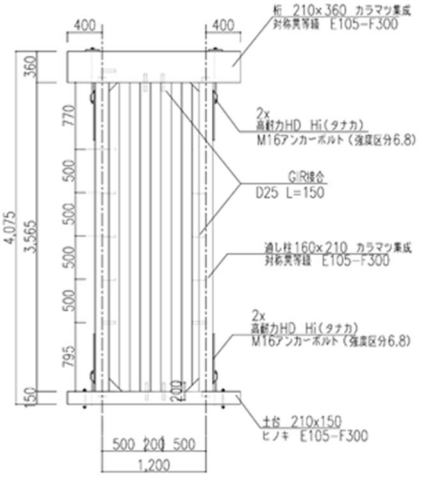
４．課題解決の方法と実施工程

（１）CLT パネルを構成する CLT 面材耐力壁の実験に先立ち、構造計算により想定される性能を検討し、実験体の接合金物の仕様を確定する。また、CLT パネル製作における作業性、実験可能サイズ、および前事業時の結果を踏まえた改善方法の検討をする。
（２）CLT を用いた場合にはそれ自体で耐火性能をもつため、内部仕上げが不要なのは前事業時と同じである。施工の効率化における工期短縮・コストを検証する。
（３）CLT パネルは通常、耐震壁、床パネル、屋根パネルに使用されることが多い。新しい使用方法として、小幅の CLT パネルをウェブ部分、間柱サイズを利用した幅ハギ集成材をフランジ部分に利用するＩ型ビームの性能実験をして提案する。
＜協議会の開催＞
2019 年 5 月 18 日：コスト増の問題点についての洗い出しと部材性能実験に向けての検討
6 月 13 日：部材性能実験確認及び次回実験に向けての着工前確認①
7 月 17 日：部材性能実験確認及び次回実験に向けての着工前確認②
7 月 26 日：部材性能実験確認及び部材性能実験結果を受けての建築計画への反映検討
9 月 5 日：着工前確認　　2020 年 1 月 9 日：工事改善点の確認
2 月 8 日：建て方完了報告と改善点の確認　　2 月 12 日：実証事業のとりまとめ検討
＜設計＞
2019 年 7 月：実施設計・構造設計／9 月 30 日：建築確認申請／11 月 8 日：確認済証交付
＜施工＞
2019 年 10 月：工事契約／11 月：着工、基礎工事／12 月下旬～2 月上旬：木工事／2 月：外装工事・設備工事
＜性能確認＞
2019 年 6 月：CLT-集成材の接合部せん断試験(2 仕様、計 14 体)
7 月：CLT 面材耐力壁試験（H=4m の耐力壁：7 仕様、計 13 体、H=8mの耐力壁：2 体）
9 月：CLT+スギ集成材充腹梁曲げ試験(2 仕様、計 2 体)

５．得られた実証データ等の詳細

５－１．構造実験による実証【課題（１）および（２）】

「CLT 面材耐力壁試験」では、建物長辺方向の耐力要素として、90mm 厚 3 層 3 プライの CLT パネルを面材として用いた耐力壁を計画した。建物短辺方向のメインフレームを 6.4m 間隔で配置し、その間に 160 x 210 の柱を等間隔で配置するように計画したことから、柱間距離 1200mm の耐力壁としている。試験体のパラメータは、(1)面材と柱の接合方法、(2)接合金物の配置間隔、(3)面材四隅の切り落としの有無で、7 仕様となった。実験の結果、本設計では試験体⑦TypeD3 の耐力壁（壁倍率 16.46 倍相当）を採用した。試験体①～⑥では、耐力壁の剛性が高すぎたため、靭性性能に関する性能が低くなっている。試験体⑦TypeD3 は、CLT パネル四隅の切り落としを行い、かつ CLT パネルと柱の接合ための挿入鉄筋のピッチを疎とすることで、耐力壁の靭性性能を高めることを可能としている。



柱-CLT 接合：GIR 接合 D25 L=150@500
CLT 四隅切落し：有り

図 5.1.1　設計で採用した最終仕様（⑦TypeD3）

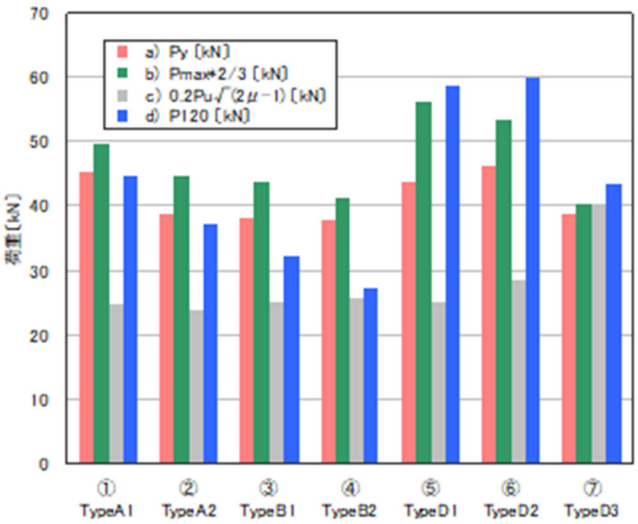


図 5.1.2　各試験体の壁倍率算定のための評価値比較

加えて、本設計にて母屋として架ける充腹梁について「CLT-集成材の接合部せん断試験」（2 仕様）及び、本設計におけるラーメンフレームの屋根面直交方向に架ける充腹梁について「CLT+スギ集成材充腹梁曲げ試験」(2 仕様)を実施し、設計に反映している。

５－２．設計による実証【課題（２）および（３）】

・CLT 耐震壁の配置は、柱に対する引き抜きを小さくするために上下段で位置をずらした。

・CLT に、外壁下地石膏ボード・透湿防水シート・開口部を取付け地組みした幅 6.4m高さ 8mの「CLT パネル」を現場で柱間に落とし込む計画とし、大幅な工期短縮を実現した。また CLT 耐震壁と柱の外面を合わせることにより、外壁下地（胴縁）の省略を可能とした。金物も L 型アングルから GIR とビス止めに変更し、金物費用と施工手間の削減となった。

・I 型ビーム（ウェブ部分に小幅 CLT、フランジ部分にスギ材間柱サイズラミナ使用の集成材）として、小幅 CLT パネルの新しい使用方法の提案。スギ幅ハギ集成材は間柱サイズのラミナとし原材料の調達のしやすさによりコスト削減となる。

５－３．施工実証とコスト比較【課題（２）】

・建て方は、集成材による柱を建て込み、その後フレーム状に組み込まれた大梁をかけ、建

て入れ直しを行った後に、地組みした CLT パネルを落とし込んでいった。

・建て方が終われば残す工程は屋根と外壁を張るだけとなるので、既存工場より約３週間の工期短縮となった。

・本事業（下記 A)、前事業の工場（下記 B)、既存工場（下記 C)、及び鉄骨造を想定した建築（下記 D）の工事コスト比較を行った。

（A）本事業：集成材軸組＋CLT 壁（パネル化）：130,358,780 円

（B）前事業：集成材軸組＋CLT 壁：134,308,350 円

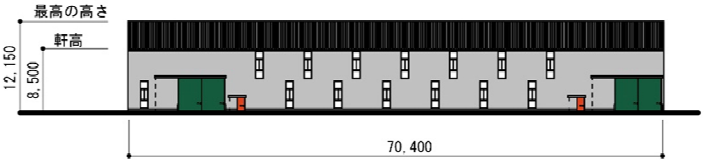
（C）既存工場：集成材軸組＋筋交い・間柱＋内装に強化 PB を用いた場合：120,568,070 円

（D）鉄骨造の場合：鉄骨＋胴縁＋PB：129,410,620 円

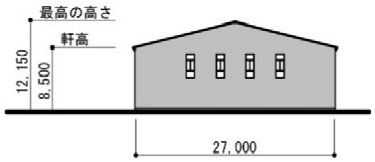
６．本実証により得られた成果

本事業により大規模施設への CLT 耐震壁をパネル化して建てる工法、CLT パネルの新しい利用方法・普及に関する知見が蓄積したと考えられる。

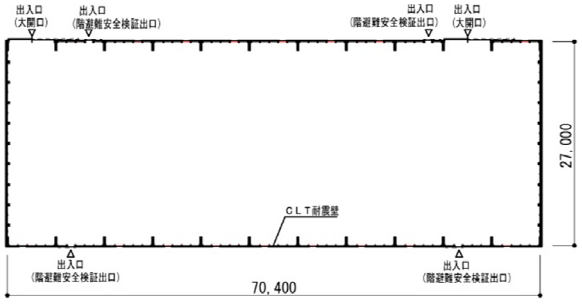
７．建築物の平面図・立面図・写真等



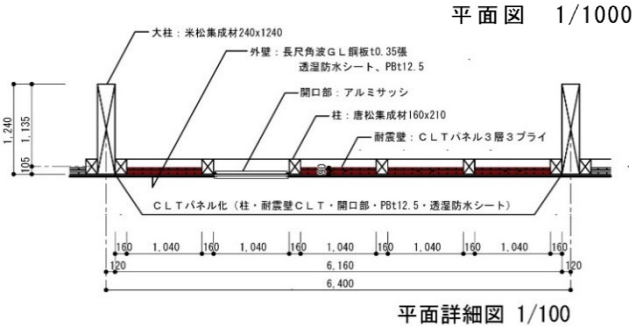
立面図１ 1/1000



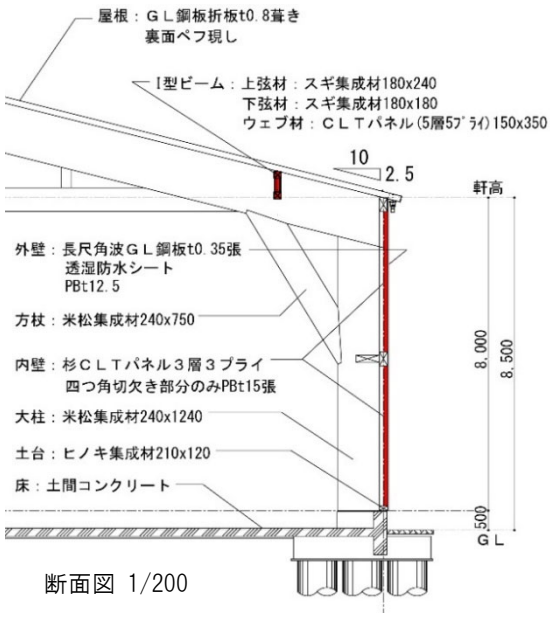
立面図２ 1/1000



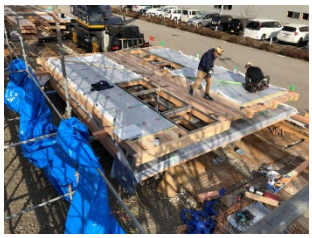
平面図 1/1000



平面詳細図 1/100



断面図 1/200



成果物資料

目次

［成果物１］実証事業の設計概要
［成果物２］部材性能試験の結果レポート
［成果物３］避難安全検証による検討結果
［成果物４］施工性、搬入に関するレポート
［成果物５］図面および写真集
［成果物６］設計に用いた部材のディテールをまとめた構造

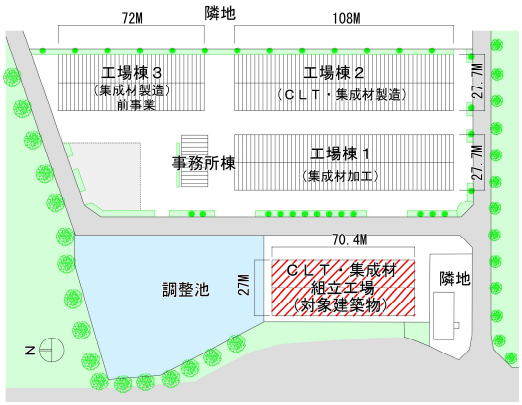
［成果物１］実証事業の設計概要

１－１．建築計画概要書

１－１－１．計画概要

「㈱中東ＣＬＴ・集成材組立工場」は、石川県能美市の工業団地内に位置する。隣接する㈱中東で製造・加工された集成材、ＣＬＴの組立のための工場である。

延べ面積 1,900.80㎡のワンルームのシンプルな建物であり平成28年度補正CLT建築実証支援事業（以下、前事業）で建設した既設工場３と、他２棟の既設工場とも、ほぼ同じ断面構成をもった切妻形状の工場を建設する計画。



既設工場１・２は集成材による軸組工法である。既設工場３は、前事業で建設し、長手方向はＣＬＴパネルを用いて耐震要素とした。本計画でも長手方向はＣＬＴパネルを用いた計画とすることによって、施工性やコスト建物性能を既存棟と比較し、今後の大規模な工場や倉庫の建築に活かせるように検証している。

ＣＬＴパネルのサイズは6,400の柱スパンを５分割した1,200とした。高さは既設の軒高8.5mと合わせることと、実験可能なサイズとするために２分割して約４mとした。ＣＬＴパネルに、外壁下地石膏ボード・透湿防水シート・開口部をあらかじめ取り付けパネル化して架構の柱間に建て込む計画とし、室内側にＣＬＴパネルが露出し現しとなる納まりである。

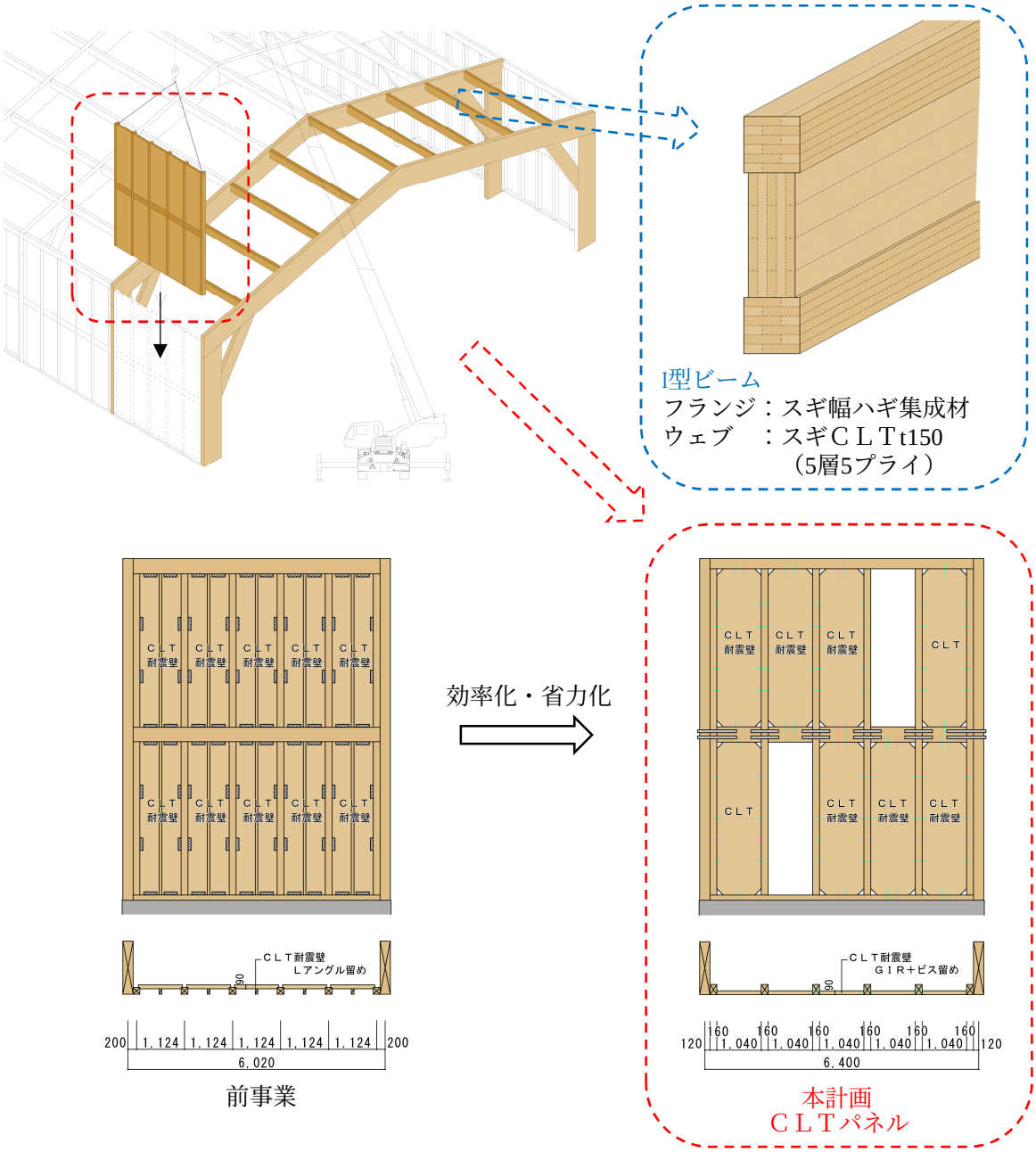
既設工場１・２は外壁に準耐火45分を確保するため、屋外側は石膏ボード12.5㎜＋金属葺き、屋内側は石膏ボード15㎜を採用している。既設工場３（前事業）はＣＬＴパネルにより準耐火性能が確保できたため、内装工事を行わない計画としたが、ＣＬＴパネルを取り付ける金物に対して被覆を行うため、外壁は石膏ボード12.5㎜＋金属葺きを採用した。

また屋根については、重量およびコストを検討した結果ＣＬＴパネルは採用せずに既設工場と同

じターンバックルブレース＋ガルバリウム鋼板折板葺きを採用している。

１－１－２．施工の効率化、省力化

前事業で課題となった、ＣＬＴ耐震壁と土台、柱、梁の固定に多用したＬアングルの費用と取付手間の効率化、省力化を図るために、本計画ではあらかじめ地組みした幅６.4m、高さ８ｍのＣＬＴパネル（ＣＬＴ耐震壁＋外壁下地石膏ボード＋透湿防水シート＋開口部）を架構の柱間に建て込むことで約３週間の工期短縮が可能となった。ビス留めとＧＩＲ接合の実験を行い（2-1. CLT面材耐力壁実験）、ＧＩＲ接合が採用となったため、ＣＬＴパネルと架構の柱の外面を合わせることも可能となり、金物の費用と取付手間を削減する事ができた。



１－１－３．ＣＬＴの新しい使用方法の提案

ＣＬＴパネルは通常、耐震壁、床パネル、屋根パネルに使用されることが多い。新しい使用方法

として、小幅のＣＬＴパネルをウェブ部分、幅ハギ集成材をフランジ部分に利用するＩ型ビームの性能実験をして提案した（2-2.ＧＩＲ接合部試験・2-3.充腹梁曲げ試験）。

１－２．構造計画概要

工法：　短辺方向...方杖付き山型ラーメン構造

　　長辺方向...軸組工法（CLTパネルを面材耐力壁とした軸組）

構造設計ルート：ルート1（軒高9m以下、最高高さ13m以下、延床面積500m²超）

　　施行令46条2項ルートによる許容応力度計算

主要な構造材

柱...240×1240（ベイマツ集成材E135-F375　対称異等級構成集成材）

　160×210 （カラマツ集成材E105-F345　同一等級構成集成材）

梁...240×1240（ベイマツ集成材E135-F375　対称異等級構成集成材）

　210×360 （カラマツ集成材E105-F300　対称異等級構成集成材）

充腹梁...フランジ材180×180（スギ集成材E75-F240　対称異等級構成集成材）、

　ウェブ材CLTパネル(S60-5層5プライ t=150 ）を異形鉄筋によりGIR接合

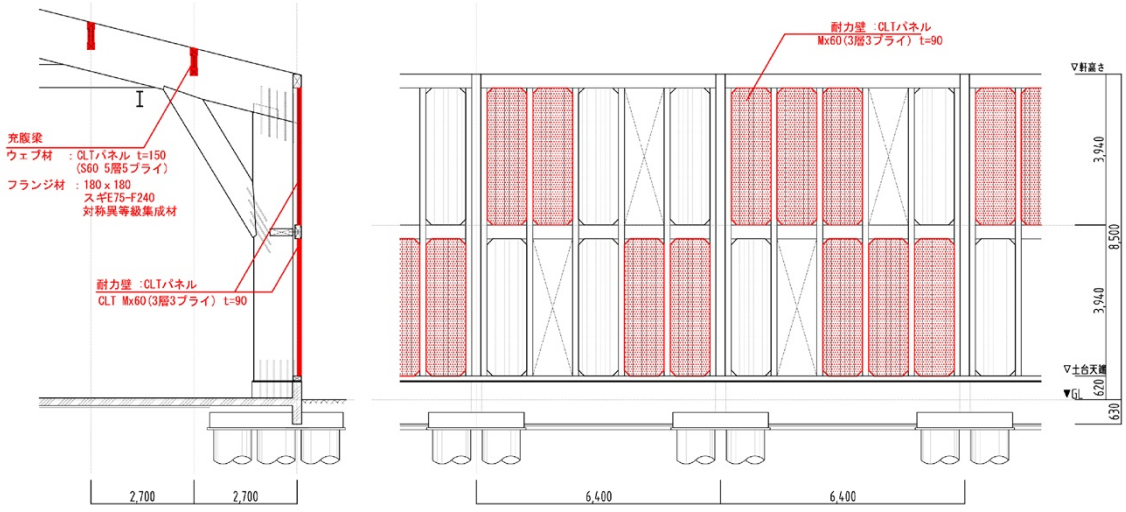
方杖...240×750（ベイマツ集成材E135-F375　対称異等級構成集成材）

耐力壁... CLTパネル(Mx60-3層3プライ t=90 ）

本建物は、延床面積1900.8 m²　軒高8.5 m　最高高さ12.15 mの平屋建ての工場である。

短辺方向は、大スパンを実現させるため、27mスパンの方杖付き山型ラーメンフレームを6.4m間隔で12フレーム配置している。接合部はGIR接合（木材に異形鉄筋を挿入して空隙部にエポキシ系接着剤を充填する接合方法）を採用している。

長辺方向は、山形ラーメンフレームの間に、柱160×210（カラマツ集成材）を1200mmピッチで配置し、90mm厚のCLTパネルによる面材耐力壁により水平抵抗させている。また、ラーメンフレームの直交方向に母屋として架けている充腹梁は、ウェブ材に150mm厚のCLTパネル、フランジ材に180x180（スギ集成材E75-F240）を採用しており、 CLTパネルを梁の構成材として利用する新たな試みをしている。



［成果物２］部材性能試験の結果レポート

２－１．CLT面材耐力壁実験

２－１－１．実験概要

建物長辺方向の耐力要素として、90mm厚3層3プライのCLTパネルを面材として用いた耐力壁を計画した。建物短辺方向のメインフレームを6.4m間隔で配置し、その間に160ｘ210の柱を等間隔で配置するように計画したことから、柱間距離1200mmの耐力壁としている。試験体のパラメータは、(1)面材と柱の接合方法、(2)接合金物の配置間隔、(3)面材四隅の切り落としの有無としている。

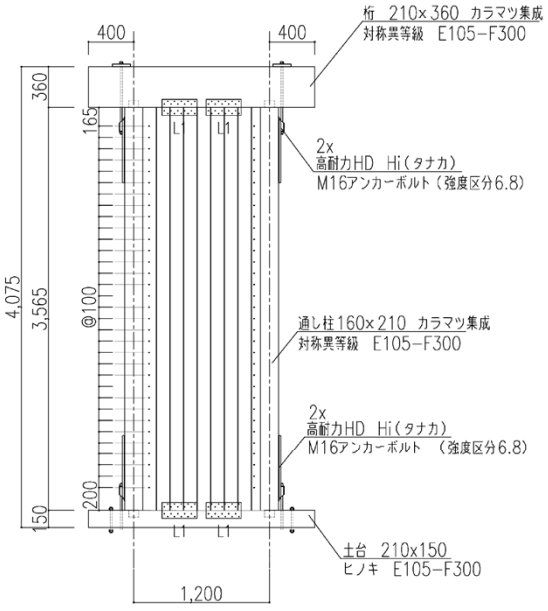
尚、実験は全て一般財団法人ベターリビング　つくば建築試験研究センターで実施した。

表2.1.1.1　CLT面材耐力壁　試験体の種類

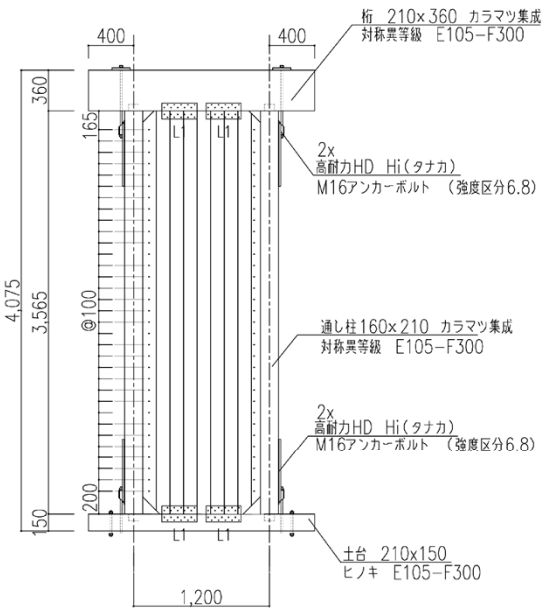
No.	試験体番号	面材と柱の接合	金物配置間隔(mm)	面材の四隅の切り落とし	試験体数	備考
①	TypeA1	パネリードS(PS8-170)	100	×	1	
②	TypeA2	パネリードS(PS8-170)	100	○	1	
③	TypeB1	パネリードS(PS8-170)	200	×	1	
④	TypeB2	パネリードS(PS8-170)	200	○	3	
⑤	TypeD1	GIR接合 D25 L=150	200	×	1	
⑥	TypeD2	GIR接合 D25 L=150	300	○	3	
⑦	TypeD3	GIR接合 D25 L=150	500	○	3	※本設計にて採用

２－１－２．試験体概要

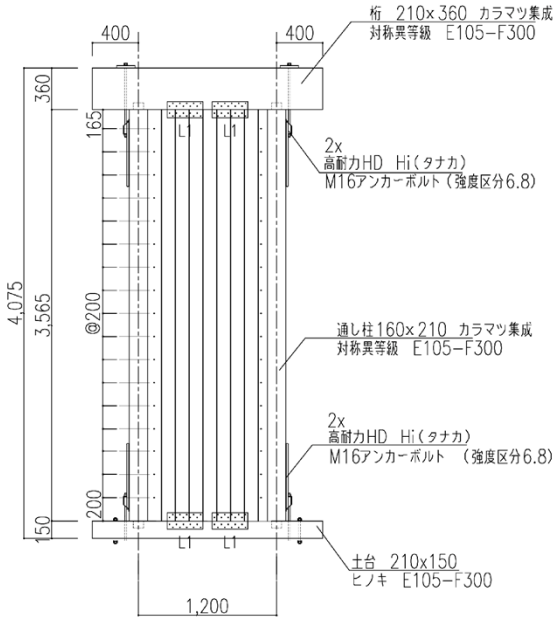
①TypeA1
柱-CLT接合：パネリードS@100
CLT四隅切落し：無し



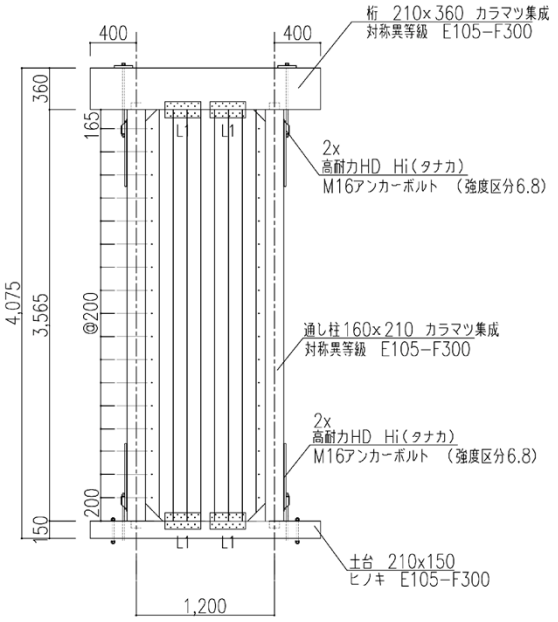
②TypeA2
柱-CLT接合：パネリードS@100
CLT四隅切落し：有り



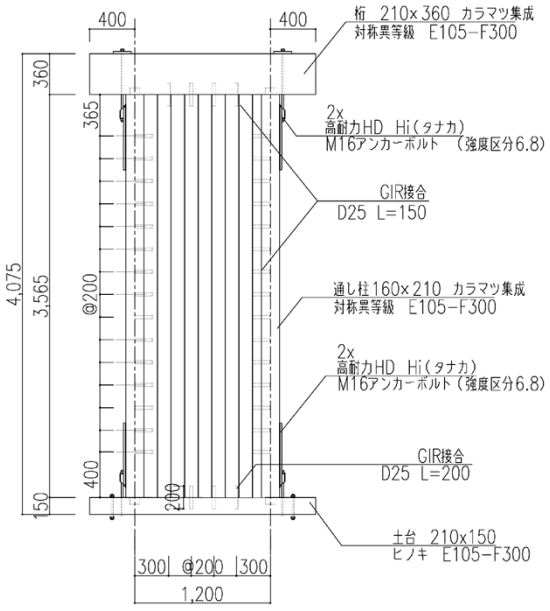
③TypeB1
柱-CLT接合：パネリードS@200
CLT四隅切落し：無し



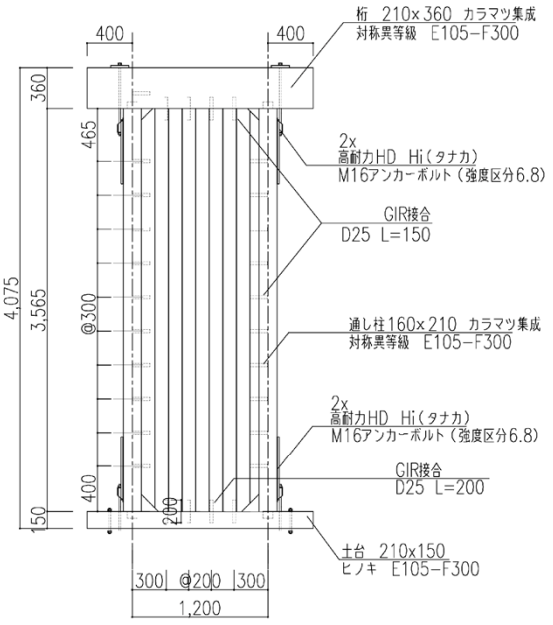
④TypeB2
柱-CLT接合：パネリードS@200
CLT四隅切落し：有り



⑤TypeD1
柱-CLT接合：GIR接合D25 L=150@200
CLT四隅切落し：無し

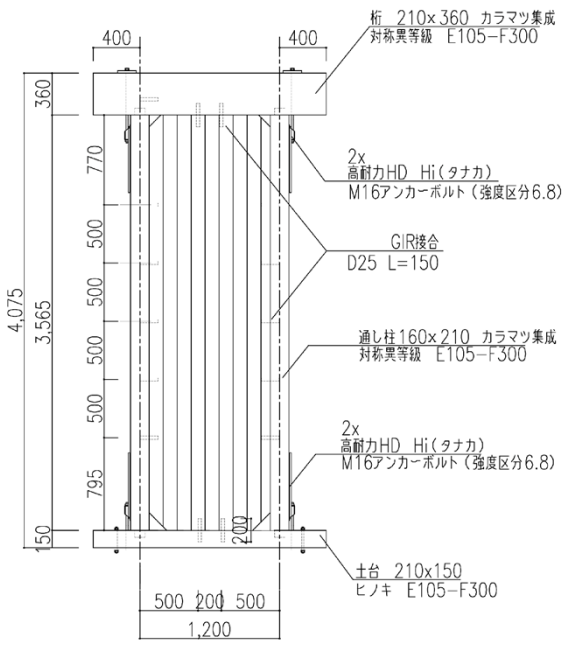


⑥TypeD2
柱-CLT接合：GIR接合D25 L=150@300
CLT四隅切落し：有り



⑦TypeD3
柱-CLT接合：GIR接合D25 L=150@500
CLT四隅切落し：有り

<各部共通　接合部詳細図>



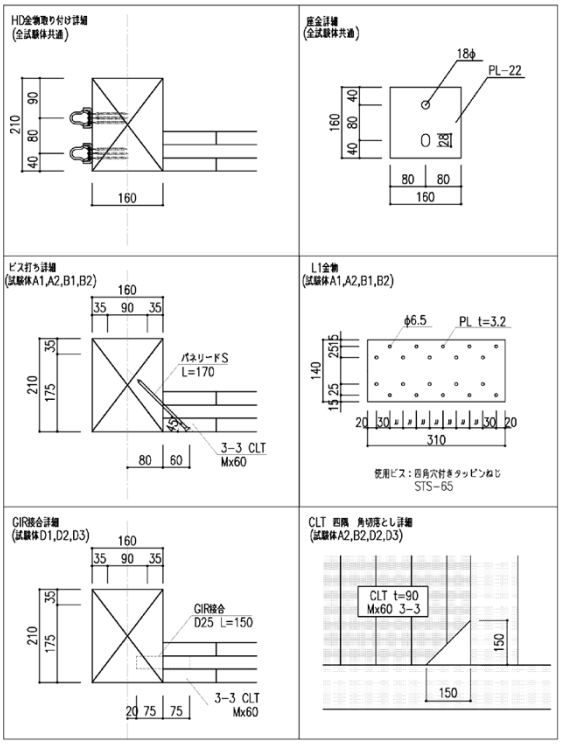


表2.1.2.1　試験体仕様（共通）

項目	試験体仕様
CLT	平成25年12月20日農林水産省告示第3079号第3条 品名： 異等級構成直交集成板　強度等級: Mx60-3-3　(3層3プライ 表層は柱の軸方向) 種別： A種構成　　接着性能：使用環境A 樹種：内外層　スギ　　断面寸法（幅×長さ×厚さ）：1040mm×3565mm×90mm 含水率：平成25年12月20日農林水産省告示第3079号第3条に規定した数値（15%以下）
柱	平成24年6月21日農林水産省告示第1587号第5条の4 品名：対称異等級構成材　　強度等級：E105-F300　　接着性能：使用環境A 樹種名：内外層 カラマツ　断面寸法（幅×厚さ）：160mm×210mm　　ラミナの積層数： 7層 含水率：平成24年6月21日農林水産省告示第1587号第5条に規定した数値（15%以下）
桁 （梁）	平成24年6月21日農林水産省告示第1587号第5条の4 品名：対称異等級構成材　　強度等級：E105-F300　　接着性能：使用環境A 樹種名：内外層　カラマツ　　断面寸法（幅×高さ）：210mm×360mm　ラミナの積層数： 12層 含水率：平成24年6月21日農林水産省告示第1587号第5条に規定した数値（15%以下）
土台	平成24年6月21日農林水産省告示第1587号第5条の4 品名：対称異等級構成材　　強度等級：E105-F300　　接着性能：使用環境A 樹種名：内外層　ヒノキ　断面寸法（幅×高さ）：210mm×150mm　　ラミナの積層数： 5層 含水率：平成24年6月21日農林水産省告示第1587号第5条に規定した数値（15%以下）

表2.1.2.2　接合部の仕様（TypeA1,TypeA2,TypeB2）

項目	接合具と緊結仕様
柱とCLTの 接合具と緊結 仕様	名称：パネリードS（PS8-170） 販売製造：シネジック株式会社 材質：炭素鋼　JIS G 3507-2 冷間圧造用炭素鋼線　SWCH22A相当 形状： 全長170mm ネジ部長さ70.0mm　ネジ外径8.0mm 頭部径18.0mm 表面処理： クロメート　JIS H 8610（電気亜鉛めっき3級相当） JIS H 8625（電気亜鉛めっき- -めっき上のクロメート被膜2級相当） 接合方法：CLT側から斜め45度打ち（試験体図参照）

表2.1.2.3　接合部の仕様（TypeD1,TypeD2,TypeD3）

項目	接合具と緊結仕様
柱とCLTの 接合具と緊結 仕様	日本工業規格　JIS G 3112:2010　鉄筋コンクリート用棒鋼 種類：異形棒鋼　SD345　呼び名：D25　寸法： 長さ150mm 表面処理： なし　挿入孔：直径32mm　深さ70mm（CLTと集成材に各70mm） ＊挿入孔に接合具を挿入し接着剤にて棒鋼周囲を固化して拘束 接着剤：エポキシ樹脂接着剤　オーシカダイン　TE-257L 接着材注入後の養生方法：（環境）気乾状況下（養生時間）24時間

２－１－３．試験方法

試験は、木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）(公益社団法人日本住宅・木材技術センター)に準拠した。加力は正負交番繰り返し加力とし、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を正負3回繰り返した後、1/30rad.で正負1回の繰り返し加力を行い、正側1/15rad.まで加力した。正側1/15rad.まで最大荷重に達さない、もしくは最大荷重の80%まで耐力低下しない場合には、負側1/15rad.までの加力を行った。

加力方式：柱脚固定方式
制御変位：見かけのせん断変形角で制御
標点距離：高さH=3565mm　　柱間距離L＝1200mm

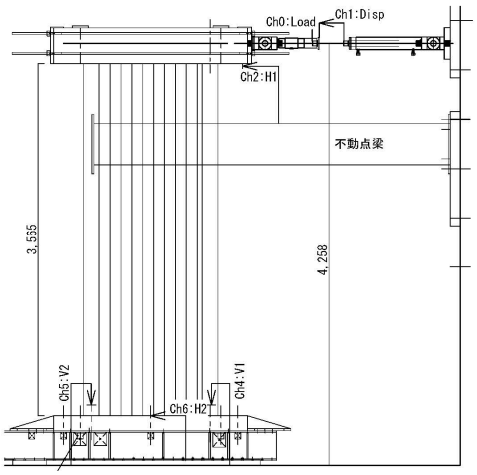
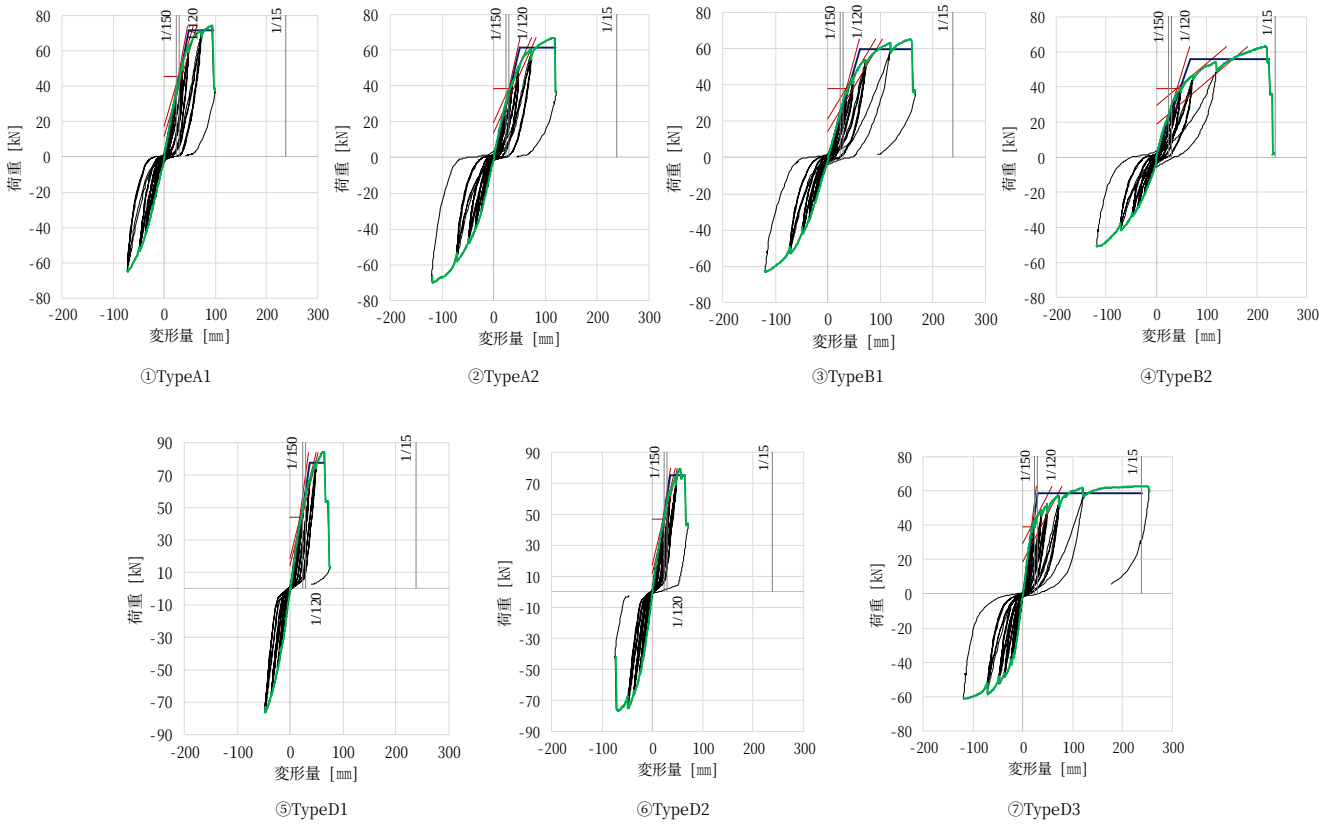


図2.1.3.1　加力装置図

２－１－４．試験結果

以下に、各試験体の荷重変形関係を示す。同仕様にて3体の実験を行った④,⑥,⑦の試験体は、代表して1体目の荷重変形関係を示す。



①TypeA1　②TypeA2　③TypeB1　④TypeB2

⑤TypeD1　⑥TypeD2　⑦TypeD3

図2.1.4.1　各試験体のP-δ曲線一覧

２－１－５．結果まとめ

壁倍率算定のための評価値を示す。試験体④,⑥,⑦については同仕様3体の結果よりばらつき係数を考慮した評価値(50％下限値)としている。本設計では試験体⑦TypeD3の耐力壁を採用した。試験体①～⑥では、耐力壁の剛性が高すぎたため、靭性性能に関する性能が低くなっていることが確認できる。試験体⑦TypeD3は、CLTパネル四隅の切り落としを行い、かつCLTパネルと柱の接合ための挿入鉄筋のピッチを疎とすることで、耐力壁の靭性性能を高めることを可能としている。

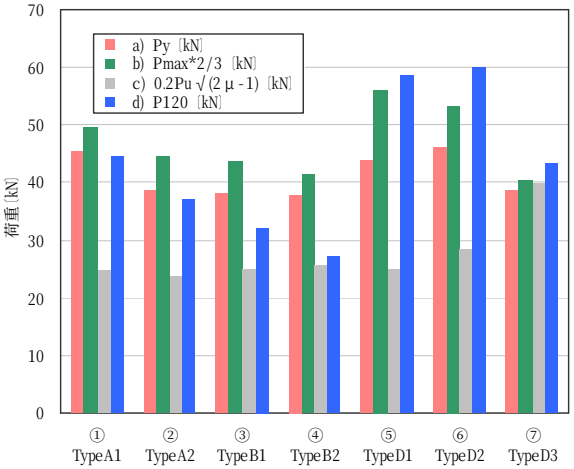


図2.1.5.1　各試験体の壁倍率算定のための評価値比較

表2.1.5.1　各試験体の壁倍率算定のための評価値一覧

壁倍率算定のための評価値		① TypeA1	② TypeA2	③ TypeB1	④ TypeB2	⑤ TypeD1	⑥ TypeD2	⑦ TypeD3
a) P_y	[kN]	45.41	38.54	38.09	37.79	43.95	46.08	38.71
b) P_{max}*2/3	[kN]	49.50	44.70	43.60	41.23	56.10	53.19	40.44
c) $0.2P_u\sqrt{(2\mu-1)}$	[kN]	24.71	23.69	24.90	25.65	24.96	28.32	39.98
d) P_{120}	[kN]	44.54	37.24	32.05	27.18	58.51	60.12	43.34
min { a)～d) }	[kN]	24.71	23.69	24.90	25.65	24.96	28.32	38.71
壁長さ L	[m]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
短期基準せん断耐力 Po	[kN/m]	20.59	19.74	20.75	21.38	20.80	23.60	32.26
壁倍率		**10.51**	**10.07**	**10.59**	**10.91**	**10.61**	**12.04**	**16.46**

＊：試験体①②③⑤については、試験体数が1体であるため参考値とする

２－２．CLT-集成材GIR接合部試験

２－２－１．実験概要

本設計にて母屋として架ける充腹梁について、接合部せん断試験を実施した。主材はCLT（厚さ90mm・150mm）、側材はスギ集成材（幅120mm・180mm）、これらの組み合わせで2仕様（試験体①T150と試験体②T90）とした。主材-側材接合部は、片側2本×2面＝計4本のD25(L=200mm)をGIR接合により接合し、各6体の試験を実施した。

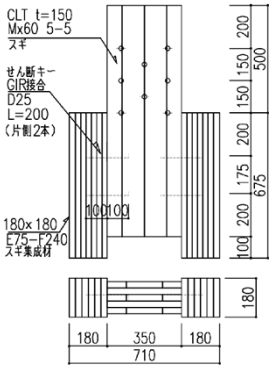


図2.2.1.1　試験体T150

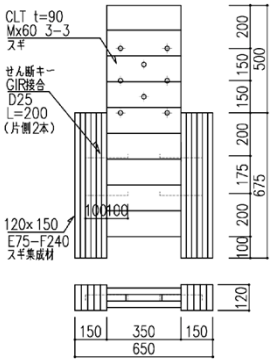


図2.2.1.2　試験体T90

２－２－２．試験方法

試験方法は、「 CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル2016年版」（日本住宅・木材技術センター）に準拠した。加力は正負交番加力とし、予備試験から得た降伏変位δyの固定数列方式（δyの0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0、12.0、16.0倍の順で1回ずつの繰り返し加力）とした。単調加力で降伏変位δyが得られない場合は、最大荷重時変位δmの0.1、0.25、0.33、0.4、0.5、0.6、0.7、1.0倍の順とした。加力は最大荷重に達した後、使用部位に応じて必要な変位まで加力するか、最大荷重の80%に荷重が低下するまでとした。

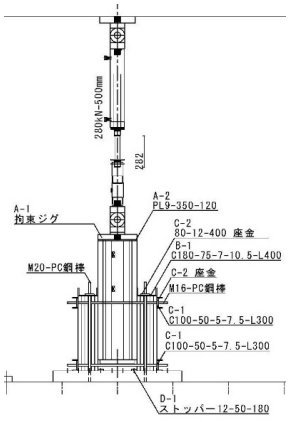


図2.2.2.1　加力装置図

２－２－３．試験結果

下図に荷重変形関係を示す。同仕様で計6体の試験を行ったため、代表して1体目の荷重変形関係のみを示す。また下表には、試験体ごとに6体の試験体の結果からばらつき係数を考慮した評価値（5%下限値）の評価耐力を示す。

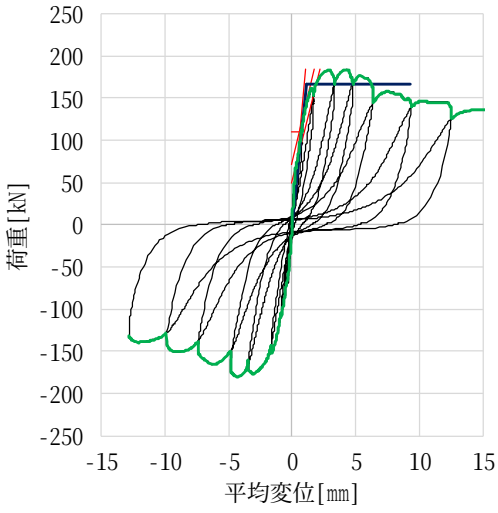


図2.2.3.1　T150 P-δ曲線

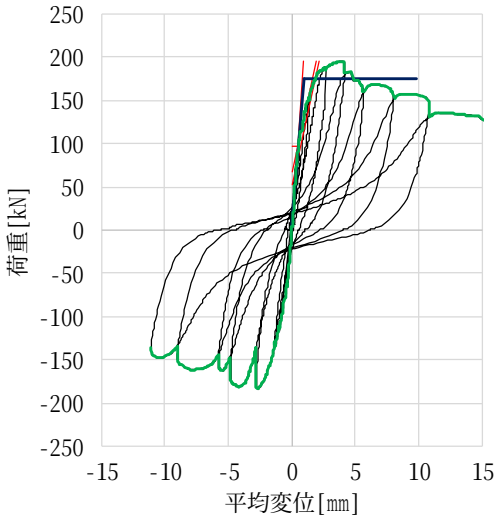


図2.2.3.2　T90 P-δ曲線

表2.2.3.1　T150 各試験体の評価値一覧

T150		T150 (1)	T150 (2)	T150 (3)	T150 (4)	T150 (5)	T150 (6)	T150 ave	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5% 下限値
P_y	[kN]	109.78	109.4	111.32	119.49	111.69	111.41	112.18	3.7	0.03	0.92	103.53
δ_y	[mm]	0.73	0.55	0.57	0.75	0.71	0.62	0.65	-	-	-	-
K	[kN/mm]	150.38	200.12	197.03	160.39	157.31	179.69	174.15	21.29	0.12	0.71	124.42
P_{max}	[kN]	183.9	198.45	199.65	205.05	205.05	198.45	198.43	7.75	0.04	0.91	180.32
δ_m	[mm]	4.32	3.05	3.75	5.98	4.73	3.09	4.15	-	-	-	-
P_u	[kN]	167.15	178.03	171.31	184	187.43	176.39	177.38	7.59	0.04	0.90	159.66
δ_u	[mm]	9.28	12.17	16.69	12.4	9.45	12.09	12.01	-	-	-	-
δ_v	[mm]	1.11	0.89	0.87	1.15	1.19	0.98	1.03	-	-	-	-
μ		8.34	13.68	19.19	10.81	7.93	12.31	12.04	-	-	-	-
Ds		0.25	0.19	0.16	0.22	0.26	0.21	0.22	-	-	-	-
2/3 P_{max}	[kN]	122.6	132.3	133.1	136.7	136.7	132.3	132.28	5.17	0.04	0.91	120.22
						短期基準耐力P_0		= min (P_y, 2/3P_{max})			[kN]	**103.53**
						(接合具1本あたり)					[kN]	**25.88**

表2.2.3.2　T90 各試験体の評価値一覧

T90		T90 (1)	T90 (2)	T90 (3)	T90 (4)	T90 (5)	T90 (6)	T90 ave	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5% 下限値
P_y	[kN]	96.92	115.15	124.12	123.18	113.84	118.28	115.25	9.89	0.09	0.80	92.15
δ_y	[mm]	0.55	0.66	0.71	0.69	0.58	0.58	0.63	-	-	-	-
K	[kN/mm]	177.02	173.81	174.20	177.88	196.27	204.81	184.00	13.19	0.07	0.83	153.19
P_{max}	[kN]	195.15	199.35	202.50	198.75	196.05	193.35	197.53	3.31	0.02	0.96	189.79
δ_m	[mm]	3.97	3.87	3.86	3.85	3.91	2.51	3.66	-	-	-	-
P_u	[kN]	174.48	184.27	183.01	175.48	179.76	174.71	178.62	4.35	0.02	0.94	168.45
δ_u	[mm]	9.83	7.89	7.91	9.31	8.55	7.62	8.51	-	-	-	-
δ_v	[mm]	0.99	1.06	1.05	0.99	0.92	0.85	0.98	-	-	-	-
μ		9.97	7.44	7.52	9.43	9.33	8.93	8.77	-	-	-	-
Ds		0.23	0.27	0.27	0.24	0.24	0.24	0.25	-	-	-	-
2/3 P_{max}	[kN]	130.10	132.90	135.00	132.50	130.70	128.90	131.68	2.21	0.02	0.96	126.53
						短期基準耐力P_0		= min (P_y, 2/3P_{max})			[kN]	**92.15**
						(接合具1本あたり)					[kN]	**23.03**

２－３．充腹梁曲げ試験

２－３－１．実験概要

本設計にて、ラーメンフレームの屋根面直交方向に架ける充腹梁について、梁曲げ試験を実施した。当部材は現し材であることから燃えしろ設計が要求されるため、設計時の寸法である試験体①H710（スギ集成材180×180、 CLT t=150mm）に加えて、燃えしろ設計時の残存断面寸法である、試験体②H650（スギ集成材150×150、CLT t=90）の2仕様について実施した。

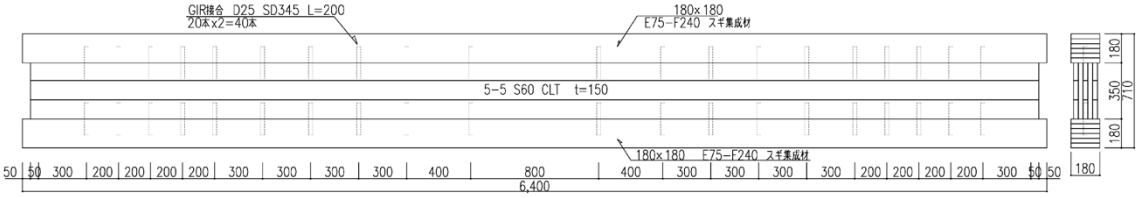


図2.3.1.1　充腹梁曲げ試験　試験体①　H710仕様

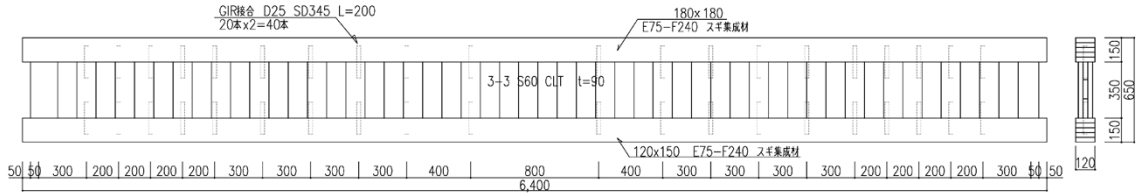


図2.3.1.2　充腹梁曲げ試験　試験体②　H650仕様

２－３－２．試験方法

試験は、2011年3月版「構造用木材の強度試験マニュアル」（日本住宅・木材技術センター）に準拠した。加力方法は単調押し加力とし、制御用変位は、梁長さ方向の中央点2点の平均値とした。尚、載荷荷重は、荷重点の移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上になるように載荷した。

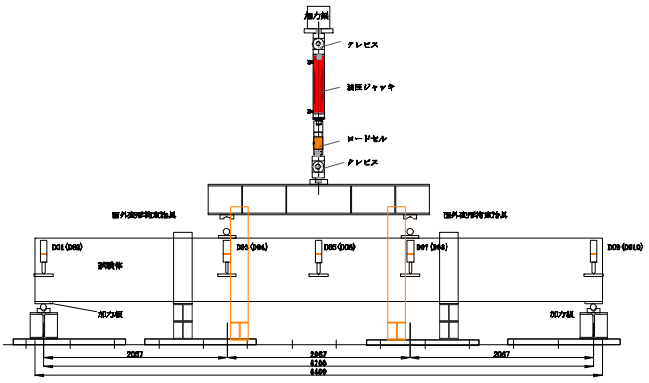


図2.3.2.1　加力装置図

２－３－３．試験結果

荷重変形関係を示す。設計時に想定する荷重値は弾性域内であり、その際の変形量についても許容変形以内であるため、当実験の仕様にて設計に採用した。

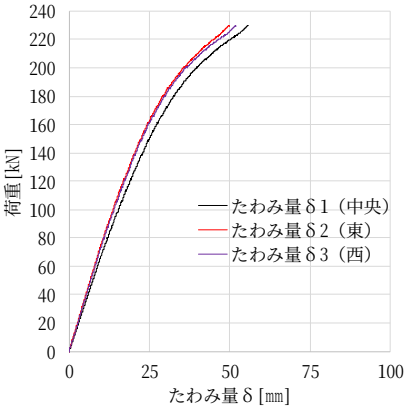


図2.3.3.1　試験体①　H710
P-δ曲線

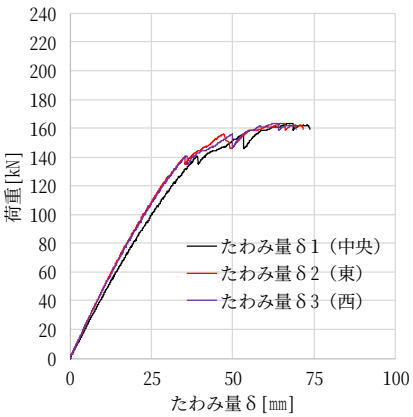


図2.3.3.2　試験体②　H650
P-δ曲線

［成果物３］避難安全検証による検討結果

３－１．避難安全検証の概要

平屋建て、延べ面積1,900.8㎡の工場には、避難規定として、①延べ面積の1／50以上の排煙上有効な開口の設置、②延べ面積500㎡以内ごとに防煙区画の設置が求められる（内装制限は、延べ面積2,000㎡を超えた場合に対象となる）。

本事例では、集成材の柱・はり・CLTの外壁を燃えしろ設計とした、イ準耐火建築物で設計することにより、躯体の防耐火性能を確保した上で、使用実態に即した避難安全検証により、建物利用者の避難安性を検証した。その結果、①排煙設備不要、②防煙区画面積1,500㎡以内、③内装制限不要の条件（内装制限はもともと法令上かかっていないが、実態として、内装の木質化が避難安全上の課題にならないことを確認した）において、火災時に、建物使用者及び利用者が煙降下により、避難安全上の驚異となる状況が発生しないことを確認した。

避難安全検証の条件は以下の通りである。

1. 防耐火建築物区分：イ準耐火建築物
2. 避難安全検証のルート：ルートB
   （建築基準法施行令第129 条、H12建設省告示第1441号：階避難安全検証法）
3. 積載可燃物発熱量：960MJ/㎡（物販店舗・家具または書籍売り場相当）
4. 在館者密度・在館者人数：0.06人／㎡（住宅の居室　相当）　、　115人（実態は20人程度）
5. 歩行速度：78m／鈑（学校・事務所の類）
6. 平均天井高さ：10.1375m
7. 排煙方式：蓄煙
8. 壁・天井：木材仕上げ（実設計は天井は不燃材料）
9. 屋外へ通じる通路：有効幅0.7mの開口を建物の4隅に合計4カ所設ける
10. 歩行距離：機械の配置により最短での避難ができない可能性があるため実態×2の距離とした

避難安全検証の結果、以下の安全性を確認した。

階	火災室		避難開始時間		歩行時間		出口通過時間		避難完了時間	比較	煙等降下時間	判定
	室番号	室名	t_{start} [分]	＋	t_{travel} [分]	＋	t_{queue} [分]	＝	t_{escape} [分]		t_s [分]	
1	01-01	工場	1.454		0.962		0.609		3.025	＜	3.374	OK

３－２．まとめ

本検討では、木造平屋の工場に対して、告示の避難安全検証（ルートB)を適用し、排煙設備不要、防煙区画500→1500㎡への拡大を可能とし、かつ、木質化することによる実際の避難安全性の確認を行った。ルートBの検証は、建築確認で審査されるため、設計期間が延びることがなく、導入しやすい設計法である。検証の条件としては、①イ準耐火建築物であること（その他建築物は適用外）、②一空間であること（複数の空間であっても避難経路を検討することにより適用可能と考えられる）、③平均天井高さが充分にあること（今回は10.1m)、④避難のための出入口を建物周囲に4カ所以上、自由にとれること、などであろう。

［成果物４］各工法に関するレポート

４－１．ＣＬＴパネルについて

・運搬可能な幅を工場内で組み立て、石膏ボード、タイベック、サッシを取り付ける。これを現場で1枚の大型パネルに組み合わせて、石膏ボード、タイベック、サッシを取り付けた。
これを集成材フレーム間に建て込み、取り付けた。従来では石膏ボード、タイベック、サッシは建て込み後に施工していたが、本件では建て込み前の組み立て時としたため平場での作業となり作業性、安全性は向上した。又、在来壁に比べて3週間の工期短縮となった。

・壁パネルに仮プレートを取り付け、これを集成材フレームに沿わせてて建て込んだ。そのため壁パネルと集成材フレームの出入りの調整が容易であった。

・壁パネルが大型なため現場敷地、レッカー作業範囲の制限を考慮しなければならず、スムーズに工程を進めるには部材加工、工場組み立て、現場組み立て、取り付けの細かな管理が必要となった。

・今回CLTパネルを外面合わせにすることで外壁下地が必要なくなり工期の短縮、又、コストダウンにもつなっがった。

４－２．Ｉ型ビームについて

・ウェブ部にCLT、フランジ部に間柱サイズのラミナで幅ハギ集成材を採用した。いずれも調達しやすいスギ間柱を活用し6.4mスパンの小梁とすることができた。

・ウェブ、フランジそれぞれを先に穴あけ、長さカットし組み立てた。組み立て時にある程度の精度が求められたため手間がかかった。又、３材をGIR接合としたため手間がかかった。

・設計ではI型ビームの取り付け金物が燃えしろに相当する被覆（埋木）を求められた。取り付け金物が露出しないよう設計側と協議して仕口加工を決定し、後施工となる埋木を無くした。

４－３．施工面からの改良すべき点

・ＣＬＴパネルの地組み、建て方中に雨が降ると架構、ＣＬＴパネル、石膏ボードがぬれてしまう。今回は架構、ＣＬＴパネルに撥水塗装を施し、石膏ボードは防水タイプものを使用した。

・柱の柱頭柱脚に力がかかりすぎるのを避けるために、CLT耐震壁の四つ角を切り落としたが、切り落とし部分(150mmの三角形)は、準耐火構造４５分を確保するために屋内側から石膏ボード15㎜を貼る必要があった。四つ角の切り落としのない仕様を検討し今後使えるようになると、より省力化、コスト削減となる。

４－４．コスト比較

４－４－１．本事業と前年度実証支援事業、既存棟および鉄骨造とのコスト比較

１）A本事業：集成材軸組＋ＣＬＴ壁（ＣＬＴパネル）を用いた場合

〇特徴：ＣＬＴを用いることで、１時間準耐火構造に必要な外壁の性能を確保。

〇施工性：パネル化したＣＬＴ耐震壁（ＣＬＴ、石膏ボード、透湿防水シート、アルミサッシ）をあらかじめ地組みしてから架構に落とし込む工法としたため、Ｃ既存棟より約３週間の工期短縮が可能となる。またＣＬＴ自体が内部現しとできるので、内装仕上げが不要で、工期短縮が可能。

〇評価：集成材軸組みのみで構成するパターン、鉄骨造で構成するパターンよりも割高であるがＣＬＴが耐震壁かつ内装仕上げとなるため足場も必要なく約２週間、また地組みしたことによっても約３週間と、大幅な工期短縮となる。

２）B前事業：集成材軸組＋ＣＬＴ壁を用いた場合

〇特徴：ＣＬＴを用いることで、準耐火建築物（イ準耐）に必要な外壁の準耐火性能を確保。

〇施工性：ＣＬＴ自体が内部現しとなるため、内装仕上げが必要なく工期短縮が可能。

〇評価：集成材軸組みのみで構成するよりも約15%割高であるが、ＣＬＴが耐力壁かつ内装仕上げとなるため、内部足場も必要なく、約２週間の工期短縮が可能となる。

３）C既存棟：集成材軸組＋筋交い・間柱＋石膏ボードを用いた場合

〇特徴：壁の準耐火性能を確保するために、内壁に石膏ボードt15が必要。

〇施工性：内装工事が必要なため内部足場を必要とし、工期が２週間長くかかる。

〇評価：構造にかかるコストは安価であるが、工期は長くかかる。

４）D鉄骨造を想定した場合

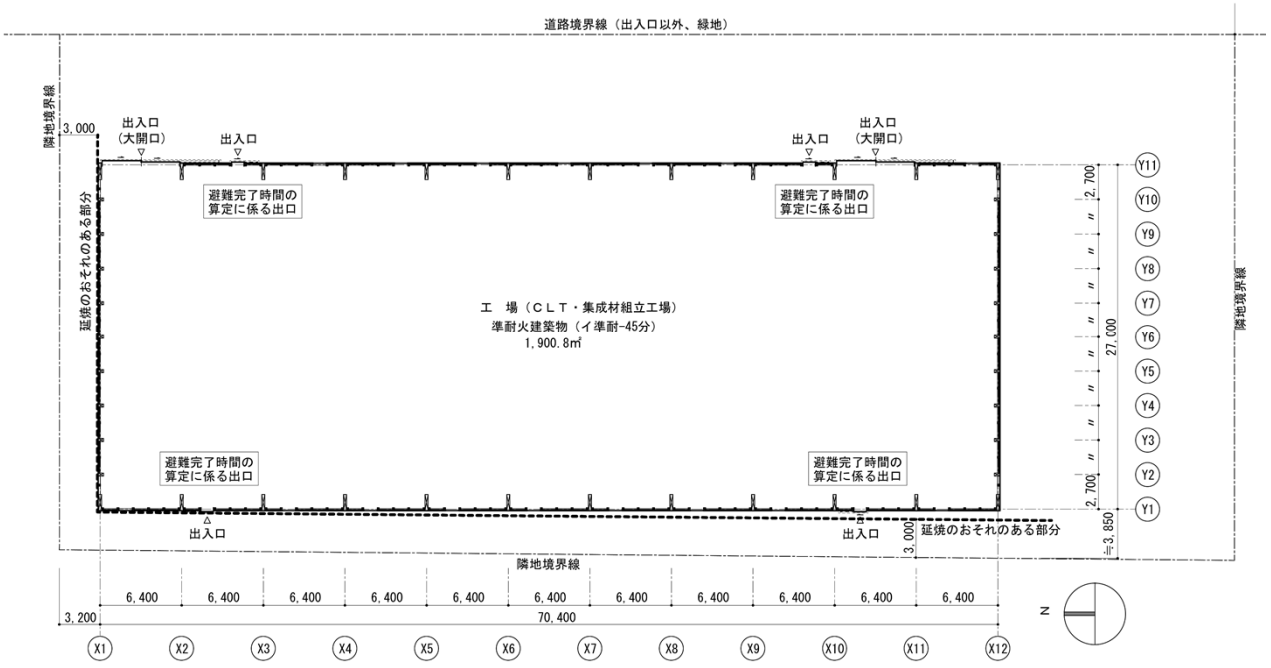
〇特徴：準耐火建築物（ロ準耐２）であるため、延焼線にかからない外壁に準耐火性能は不要。ただし延焼線にかかる場合は防火構造が必要となり、室内側に仕上材が必要となる。

〇評価：集成材構造と比べて、鉄骨造は建物重量が重たくなり、基礎のコストアップが想定。

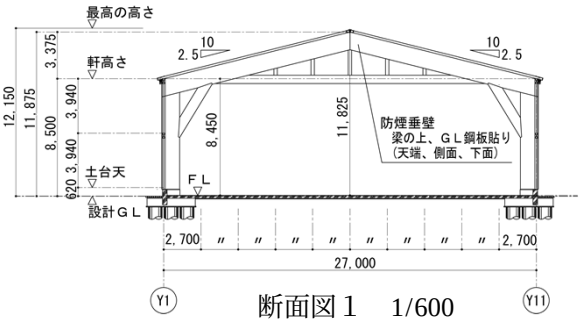
		A本事業：集成材軸組＋CLT壁（パネル化）				B前事業：集成材軸組＋CLT壁				C既存棟：集成材軸組＋筋交い＋間柱＋PB				D鉄骨造：鉄骨＋胴縁＋PB			
工種	項目	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額
木工事	集成材	320	m3	240,000	76,800,000	350	m3	240,000	84,000,000	350	m3	240,000	84,000,000	-			
	壁CLT：CLT梁	171	m3	200,000	34,200,000	127	m3	220,000	27,940,000	-	m3			-			
	筋交い	-				-				16	m3	240,000	3,840,000	-			
	間柱	-				-				16	m3	120,000	1,920,000	-			
鉄骨工事	柱梁	-				-				-				300	t	300,000	90,000,000
	胴縁	-				-				-				1,152	m2	6,000	6,912,000
仕上げ	PB貼り	0				500	m2	2,500	1,250,000	1,652	m2	2,500	4,130,000	1,152	m2	1,500	1,728,000
	内部足場	0				500	m2	1,500	750,000	1,652	m2	1,500	2,478,000	1,152	m2	1,500	1,728,000
小計					111,000,000				113,940,000				96,368,000				100,368,000
基礎工事	鉄筋	58.4	t	114,000	6,657,600	61.5	t	114,000	7,011,000	61.5	t	151,200	9,298,800	73.8	t	151,200	11,158,560
	コンクリート	556	m3	18,230	10,135,880	585	m3	18,230	10,664,550	585	m3	19,750	11,553,750	702	m3	19,750	13,864,500
	型枠	503	m2	5,100	2,565,300	528	m2	5,100	2,692,800	528	m2	6,340	3,347,520	634	m2	6,340	4,019,560
小計					19,358,780				20,368,350				24,200,070				29,042,620
合計					130,358,780				134,308,350				120,568,070				129,410,620
坪単価（主に構造体）					226,711				222,734				199,947				214,611

※単価見直しの上、コスト比較

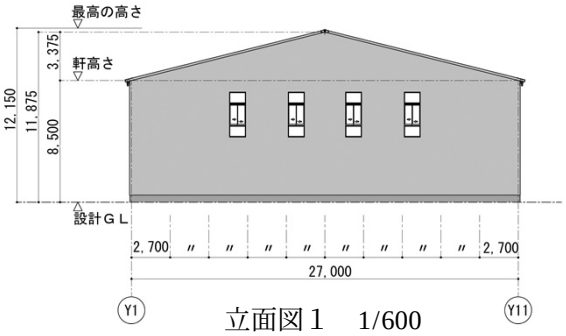
［成果物５］図面および写真集



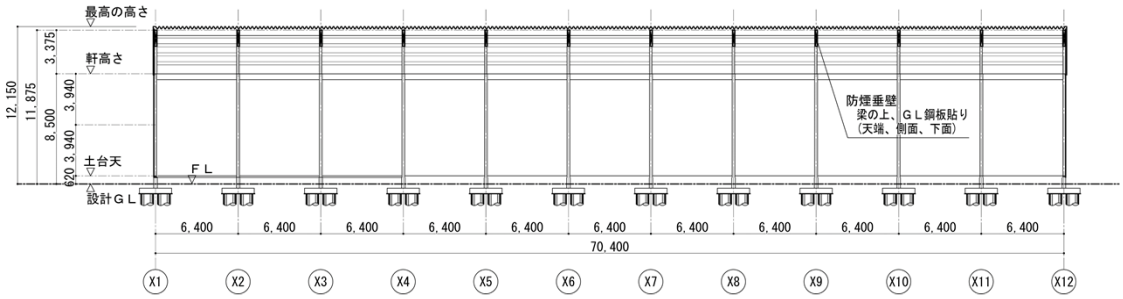
平面図　1/600



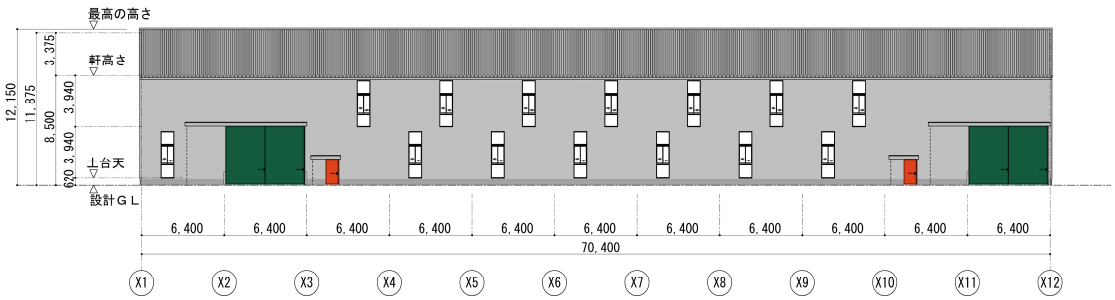
断面図１　1/600



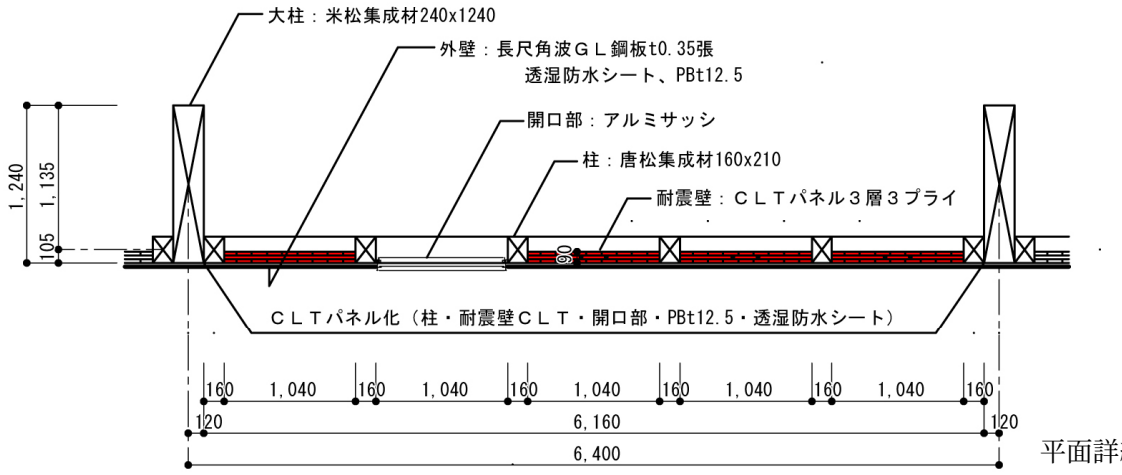
立面図１　1/600



断面図２　1/600



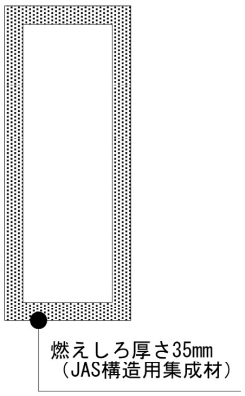
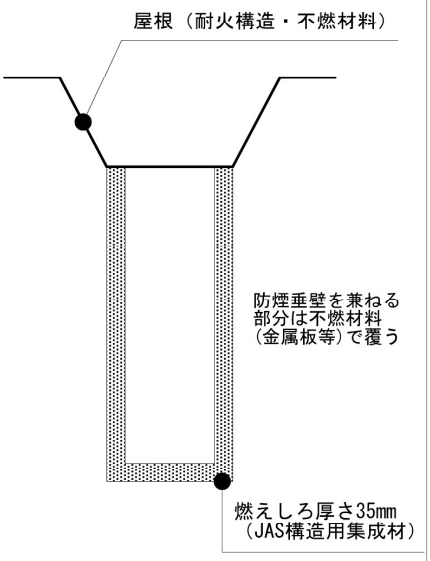
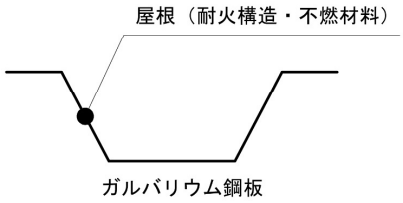
立面図２　1/600

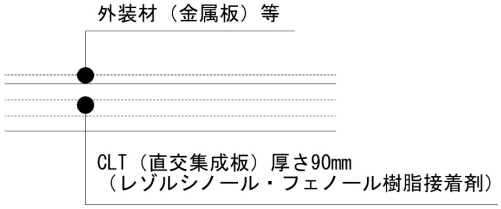
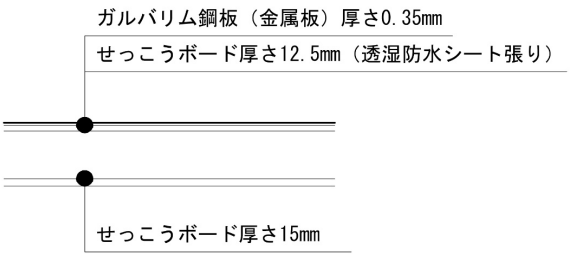

大柱：米松集成材240x1240
外壁：長尺角波ＧＬ鋼板t0.35張
透湿防水シート、PBt12.5
開口部：アルミサッシ
柱：唐松集成材160x210
耐震壁：ＣＬＴパネル３層３プライ
ＣＬＴパネル化（柱・耐震壁ＣＬＴ・開口部・PBt12.5・透湿防水シート）
1,240
1,135
105
160
1,040
120
6,160
6,400

平面詳細図　1/60

［成果物６］設計に用いた部材のディテールをまとめた構造

■耐火構造等の構造詳細図

柱	はり	屋根
45分準耐火構造	45分準耐火構造	30分耐火構造
		
[H12建設省告示第1358号第2第三]	[H12建設省告示第1358号第4第三]	[FP030RF-0290]

外壁（非耐力壁）	
1時間準耐火構造	45分準耐火構造
	
[R1国交告示第195号第1第四]	[H12建設省告示第1358号第1第五] ※CLT切欠部（四隅）

屋根の軒裏は、外壁を屋根材まで張り上げることとし、軒裏として扱わない
（建築物の防火避難規定の解説2016［5防火構造・1)屋内側防火被覆の取扱い・②］

2.4 日ノ丸産業（株）／（株）白兎設計事務所

事業名			日ノ丸産業本社社屋建替え工事の設計実証
実施者（担当者）			日ノ丸産業株式会社／株式会社白兎設計事務所
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		鳥取県鳥取市富安2-11
	構造・工法		大断面集成材2方向ラーメン構造
	階数		4
	高さ（m）		16.1
	軒高（m）		15
	敷地面積（㎡）		1673.3
	建築面積（㎡）		407.69
	延べ面積（㎡）		1477.34
	階別面積	１階	388.43
		２階	314.58
		３階	374.44
		４階	374.44
		PH階	25.45
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		床、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量271.3㎥、建築物使用量268.8㎥
	壁パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	床パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7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：カラマツ集成材　梁：カラマツ集成材
	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		250㎥（構造材）
仕上	主な外部仕上	屋根	部分粘着層付改質アスファルト防水
		外壁	金属サンドイッチパネル50ｔ
		開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス（Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅12mm）
	主な内部仕上	界壁	強化PB21ｔLGS65型@455
		間仕切り壁	PB12.5ｔ両面張りLGS65型@333
		床	タイルカーペット貼りOAフロア下地CLT下地
		天井	ビニルクロス貼りP9.5ｔ下地
構造	構造計算ルート		ルート2
	接合方法		鉄筋挿入接着接合
	最大スパン		7.845m
	問題点・課題とその解決策		柱長15mのため1本材とすることが出来ないこと、4階分の柱梁建て方後のCLT板の施工の難易度が高いことから、柱の各層にて継手を設ける。
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		1時間耐火
	問題点・課題とその解決策		特になし
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届出対象
	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○○を施工
	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24ｋ/50ｔ敷込
		外壁	金属サンドイッチパネル50ｔ（芯材ロックウール
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種25mm
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		2019年5月～2月（10カ月）
	施工期間		2020年7月～2021年5月（11ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2020年10月上旬～12月下旬（2カ月）
	竣工（予定）年月日		2021年6月1日
体制	発注者		日ノ丸産業株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社白兎設計事務所
	構造設計者		株式会社白兎設計事務所
	施工者		大和建設株式会社
	ＣＬＴ供給者		SMB建材株式会社
	ラミナ供給者		銘建工業株式会社

実証事業名：日ノ丸産業本社社屋建替え工事の設計実証

建築主等／協議会運営者：日ノ丸産業株式会社　代表取締役　森下明男／株式会社白兎設計事務所　菅原大介

１．実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		鳥取県鳥取市		
構造・工法		大断面集成材 2 方向ラーメン構造		
階数		4		
高さ（m）		16.1	軒高（m）	15
敷地面積（㎡）		1673.3	建築面積（㎡）	407.69
階別面積	１階	388.43	延べ面積（㎡）	1477.34
	２階	314.58		
	３階	374.44		
	４階	374.44		
	PH 階	25.45		
CLT 採用部位		床、屋根		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量 271.3 m^3、加工後建築物使用量 268.8 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		428m^3		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁			
	床	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A/相当/スギ		
	屋根	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A/相当/スギ		
設計期間		2019 年 5 月～2020 年 2 月（10 カ月）		
施工期間		2020 年 7 月～2021 年 5 月（11 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 10 月上旬～12 月上旬（2 カ月）		
竣工（予定）年月日		2021 年 6 月 1 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

本計画では木質 2 方向ラーメン構造の 4 層の床スラブに CLT を使用するという今まで経験のない構造にチャレンジを行い、作業性、コスト、各種納まりを含めて実証し、今後の標準納まりの参考とする。併せて、CLT の使用場所及び使用方法について議論し、汎用性、低コスト性を検討する。実証建築物の建築費は、同規模の S 造建物と比較し、CLT 使用メリット、コスト削減に寄与する工事内容について検証することにより今後の CLT 使用についての普及を拡大することができると考えた。併せて、2019 年 6 月施行の改正建築基準法による法 21 条第 1 項での 75 分準耐火建築物についても比較を行った。

今回実証事業で設定した課題は以下である。

（１）CLT パネル工法におけるコスト縮減および他工法との比較検討。

（２）複数層のスラブに用いた場合の納まりについて検討。

（３）CLT マザーボードからのロスを減らす検討。

３．協議会構成員

（設計）株式会社白兎設計事務所：菅原大介（協議会運営者）

（構造設計）株式会社白兎設計事務所：薮田浩明

（施工）大和建設株式会社：田中但男

（資材調達）SMB 建材：片桐真人

４．課題解決の方法と実施工程

設計・施工・資材調達の各分野が一体となり協議を行い、小梁の適正配置やＣＬＴの効率の良い割り付けを検討して鉄骨造とのコスト比較を行う。

ＣＬＴパネルの現場での施工性と運搬性を考慮し、敷地に合わせた適切なサイズを施工の大和建設と資材調達のＳＭＢ建材とで検討を行った。

複数層にＣＬＴを施工する方法、納まりを検証しスムーズな施工が実現できる様に検証を行う。

＜協議会の開催＞

2019 年 6 月：第 1 回開催、問題点洗い出しを行った。

7 月：第 2 回開催、工法及びコスト確認について協議を行った。

11 月：第 3 回開催、コスト・工法検討について協議を行った。

＜設計＞

2019 年 6 月：基本設計

11 月：構造設計

11 月：実施設計

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 パネル工法におけるコスト縮減および他工法との比較検討。

本実証事業建築物について、大断面集成材を使用した CLT パネル工法と鉄骨造のコスト比較を行った。

本計画では大断面集成材の耐火被覆として燃え止まり層を設けた FR ウッドを採用している。FR ウッドが通常の大断面集成材に対して大幅なコスト高となる為、より比較検討を分かりやすくするために木造については「メンブレン+FR ウッド工法」と「メンブレン工法」の 2 通りで比較を行った。「併せて、2019 年 6 月施行の改正建築基準法による法 21 条第 1 項での 75 分準耐火建築物についても比較を行った。

		鉄骨造	大断面集成材工法 メンブレン+FRウッド	大断面集成材工法 メンブレン	75分準耐 燃え代	備考
基礎工事	基礎工事	19,720,000	20,755,000	20,755,000	20,755,000	土工事含む デッキコンクリート含む
	杭工事	32,313,000	37,120,000	37,120,000	37,120,000	鉄骨造:PHC杭 木造:鋼管杭
基礎工事計		52,033,000	57,875,000	57,875,000	57,875,000	

上部躯体工事	仮設工事	8,664,000	8,664,000	8,664,000	8,664,400	
	木造躯体工事		560,720,000	276,720,000	357,520,000	
	鉄骨工事	54,290,000	7,768,000	7,768,000	7,768,000	
	被覆工事	2,020,000	13,696,000	22,512,000		
	屋根･外装工事	33,790,000	41,290,000	41,290,000	41,290,000	
	金属製建具工事	12,858,000	12,858,000	12,858,000	19,287,000	
	スプリンクラー設備工事				19,100,000	
上部躯体工事計		98,764,000	632,138,000	356,954,000	415,242,400	

合計	150,797,000	690,013,000	414,829,000	473,117,400	

（2） 複数層のスラブに用いた場合の納まりについて検討。

納まりや建方の順序の検討を行った結果以下の点が明らかになった。

・鉄骨工事のように 4 層分の柱梁フレームを組んだ後に CLT 版を設置する場合、下層の CLT 版を設置する際に上層の柱梁フレームを避けて落とし込む必要があり、CLT 版を小型パネルとする必要が生じ CLT のロスが多くなる

・CLT を吊り込み設置する時に風の影響を大きく受ける危険があり、施工性が悪い。

これらのデメリットを解消するため、本計画では 10m幅の地組みスペースを確保すると共に、柱を各層毎に分割し 4 層の骨組みとし、各層ごとに建方及び CLT のつり込みを行うことで、柱梁フレームと CLT 版が交互に施工でき、施工性及び安全性に優れた施工を行える様に計画を行った。

また、梁との接合は接合金物が外部に露出せず意匠性が高い GIR（グルードインロッド）工法を用いた木質 2 方向ラーメン構造とし CLT 版の水平剛性を柱梁フレームに確実に伝達できるものとした。

【GIR 工法】仕口に鋼棒を挿入しそれを樹脂接着剤で包埋し鋼棒の引き抜き抵抗に依存して力を伝達する工法

建て方時に重要となる CLT パネルの切込みや GIR 工法の M20 全ねじボルトの穴加工でのクリアランスについては加工工場と連携し、適切なクリアランスを取ることとした。

（3）CLT マザーボードからのロスを減らす検討。

今回のプランは桁行方向の各スパンを 4m 程度とし、床・屋根ともに構造計算上 CLT 版で飛ばせる最大スパンに近くなる様に計画をしている。

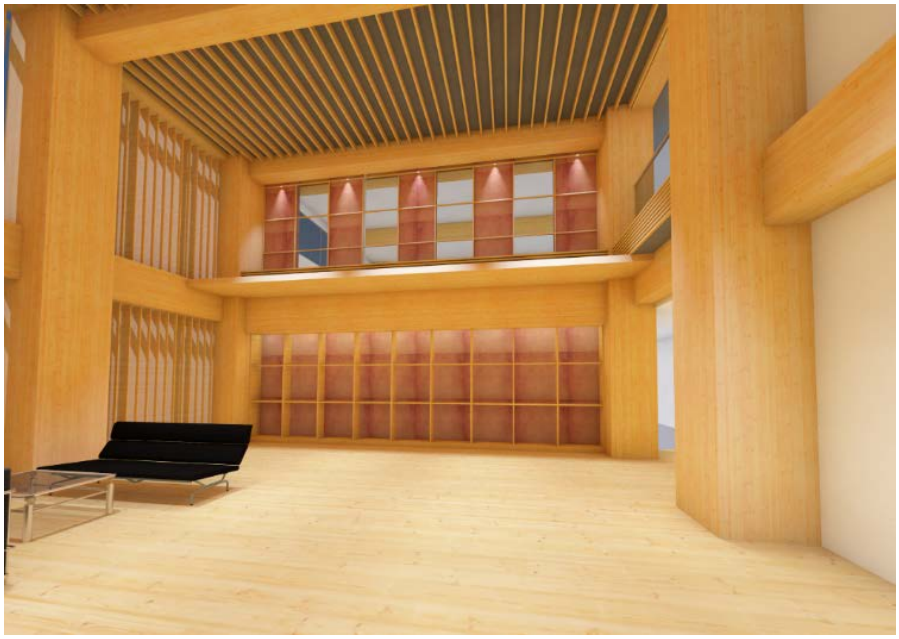
そのため、桁行方向を CLT の長手方向（強軸方向）として配置した。
また現状の CLT 版の最大製造サイズは長手方向 12m であるため、１枚の CLT 版で 2 連若しくは 3 連を飛ばす計画としロスを減らしている。
梁間方向については、柱割りより①～②通り間が 8.3m、②～③通り間が 6.7m、CLT 版の短手方向（弱軸方向）の最大製造サイズが 3m であることを考慮して、①～②通り間、②～③通り間にそれぞれ 3 枚ずつ並べることとしてロスを削減する計画としている。
マザーボードの製造においては、使用する各 CLT 版の寸法を製造メーカーへ伝え、個別の寸法で製造とすることで、極力切り欠きの発生しない形状とし、ロスを減らすものとする。

６．本実証により得られた成果

本事業での検証により、コスト及び施工上の課題が明らかとなった。鉄骨造に対して大断面集成材自体のコストが高い為、CLT を床板に使用する場合コストの面では準木造よりも鉄骨造などとの混構造にメリットがある結果が得られた。
CLT のロスについては、設計時より CLT の最大寸法を意識した平面計画を行うことでロスを削減できることが分かった。
また、75 分準耐火構造については、法整備後すぐだったこともあり市場での対応の遅れがあり計画を進めることを断念した。今後 75 分防火設備などが市場へ出回れば選択肢としての可能性はあると感じている。
今回の検証で今後 CLT を使用した建築の計画を行う際に、構造、工法の参考となる結果が得られた。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

以下に玄関ホールイメージパースを示す



成果物

（1） CLT パネル工法におけるコスト縮減および他工法との比較検討について。

本計画では建物内部を木造表しとする為に大断面集成材の耐火被覆として燃え止まり層を設け 1 時間耐火の認定を得ている FR ウッドを採用している。FR ウッドが通常の大断面集成材に対して大幅なコスト高となる為、より比較検討を分かりやすくする為に木造については「メンブレン+FR ウッド工法」と「メンブレン工法」の 2 通りで比較を行った。併せて、2019 年 6 月施行の改正建築基準法による法 21 条第 1 項での 75 分準耐火建築物についても比較を行っている。

【FR ウッドについて】

コスト比較表

		鉄骨造	大断面集成材工法 メンブレン+FRウッド	大断面集成材工法 メンブレン	75分準耐 燃え代	備考
基礎工事	基礎工事	19,720,000	20,755,000	20,755,000	20,755,000	土工事含む デッキコンクリート含む
	杭工事	32,313,000	37,120,000	37,120,000	37,120,000	鉄骨造：PHC杭 木造：鋼管杭
基礎工事計		52,033,000	57,875,000	57,875,000	57,875,000	

上部躯体工事	仮設工事	8,664,000	8,664,000	8,664,000	8,664,400	
	木造躯体工事		560,720,000	276,720,000	357,520,000	
	鉄骨工事	54,290,000	7,768,000	7,768,000	7,768,000	
	被覆工事	2,020,000	13,696,000	22,512,000		
	屋根・外装工事	33,790,000	41,290,000	41,290,000	41,290,000	
	金属製建具工事	12,858,000	12,858,000	12,858,000	19,287,000	
	スプリンクラー設備工事				19,100,000	
上部躯体工事計		98,764,000	632,138,000	356,954,000	415,242,400	

合計	150,797,000	690,013,000	414,829,000	473,117,400	

（木造の上部躯体に鉄骨工事があるのは EV 支柱部分）

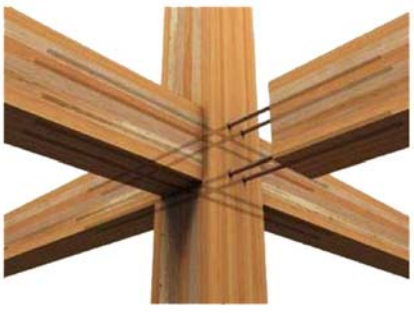
（鉄骨造に CLT は含まない）

改正建築基準法により本計画の様な高さ 16m以下、階数４階以下の事務所ビル建築での木造 75 分準耐火建築物が可能となり、75 分燃え代設計を行うことで建物内部に木を表した建築物の計画が行えるようになった。当初本計画においても 75 分準耐火建築物での計画を検討していたが 75 分準耐火構造については、法整備後すぐだったこともあり防火区画を構成する 75 分防火設備の製品化が無く計画を進めることを断念した。検証結果によるとメンブレン工法に対するコストメリットも確認できることから、今後 75 分防火設備などが市場へ出回れば選択肢としての可能性はあると感じている。
（75 分準耐の金属製建具の金額はメーカー聞き取りによる予想値）
鉄骨造に対して大断面集成材自体のコストが高い為、CLT を床板に使用する場合の構造コスト比較では準木造よりも鉄骨造などとの混構造にメリットがある結果が得られた。CLT パネル工法におけるコスト縮減については以下（２）、（３）で記すように設計者、施工者、資材調達の各者での設計段階からの綿密な打合せが非常に重要であることがわかった。

（２） 複数層のスラブに用いた場合の納まりの検討について。

納まりや建方の順序の検討を行った結果以下の点が明らかになった。
・鉄骨工事のように 4 層分の柱梁フレームを組んだ後に CLT 版を設置する場合、下層の CLT 版を設置する際に上層の柱梁フレームを避けて落とし込む必要があり、CLT 版を小型パネルとする必要が生じ CLT のロスが多くなる
・CLT を吊り込み設置する時に風の影響を大きく受ける危険があり、施工性が悪い。
これらの問題点を解消するため、本計画では 10m幅の地組みスペースを確保すると共に、柱を各層毎に分割し 4 層の骨組みとし、各層ごとに建方及び CLT のつり込みを行うことで、柱梁フレームと CLT 版が交互に施工でき、施工性及び安全性に優れた施工を行える様に計画を行った。また、梁との接合は接合金物が外部に露出せず意匠性が高い GIR（グルードインロッド）工法を用いた木質 2 方向ラーメン構造とし CLT 版の水平剛性を柱梁フレームに確実に伝達できるものとした。

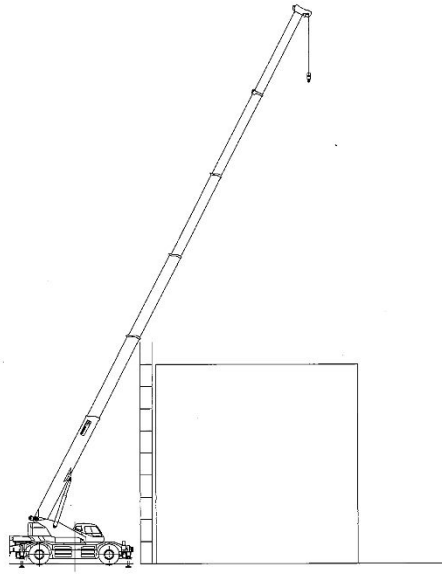
【GIR 工法】仕口に鋼棒を挿入しそれを樹脂接着剤で包埋し鋼棒の引き抜き抵抗に依存して力を伝達する工法



柱・梁に貫通させた鉄筋をエポキシ樹脂で固定することにより、二方向ラーメンの剛接合を実現。

建て方時に重要となる CLT パネルの切込みや GIR 工法の M20 全ねじボルトの穴加工でのクリアランスについては加工工場と連携し、適切なクリアランスを取ることとした。
今回の様に計画段階から施工性について設計、施工、資材調達の各分野で協議を重ねるこ

とが今後 CLT を普及していくうえで非常に重要であると感じた。また、床に CLT を使用した場合でも、一般的な鉄骨造の外装納まりを採用することは問題ないことも確認できた。

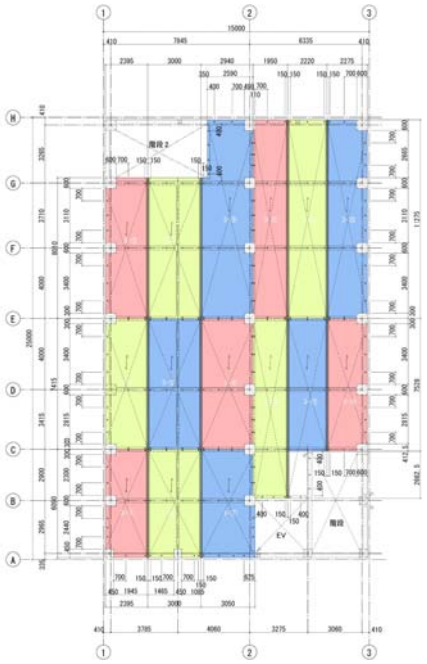


【建方時クレーンの検討】

【作業半径及び作業ヤードの検討】

（3） CLT マザーボードからのロスを減らす検討について。

今回のプランはあらかじめ資材調達の分野との打合せを基に、桁行方向の各スパンを 4m 程度とし、床・屋根ともに構造計算上 CLT 版で飛ばせる最大スパンに近くなる様に計画をしている。そのため、桁行方向を CLT の長手方向（強軸方向）として配置した。
また現状の CLT 版の最大製造サイズは長手方向 12m であるため、１枚の CLT 版で 2 連若しくは 3 連を飛ばす計画としロスを減らしている。
梁間方向については、柱割りより①～②通り間が 8.3m、②～③通り間が 6.7m、CLT 版の短手方向（弱軸方向）の最大製造サイズが 3m であることを考慮して、①～②通り間、②～③通り間にそれぞれ 3 枚ずつ



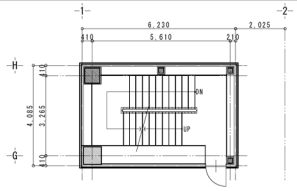
【CLT 割付検討図】

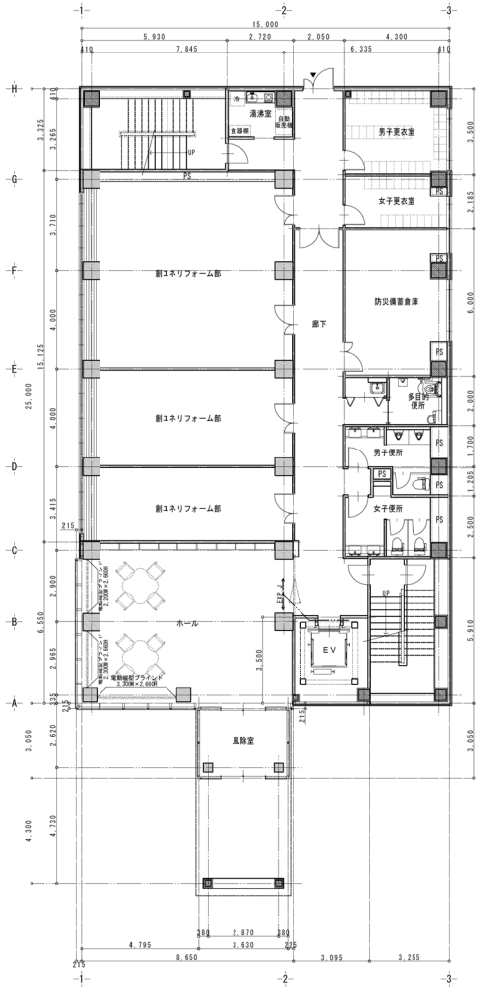
並べることとしてロスを縮減する計画としている。
マザーボードの製造においては、使用する各 CLT 版の寸法を製造メーカーへ伝え、個別の寸法で製造とすることで、極力切り欠きの発生しない形状とし、ロスを減らすものとする。前述の納まりと並行して検討を行うことで、運搬性や施工性とロス縮減を満たした構造計画を実現している。

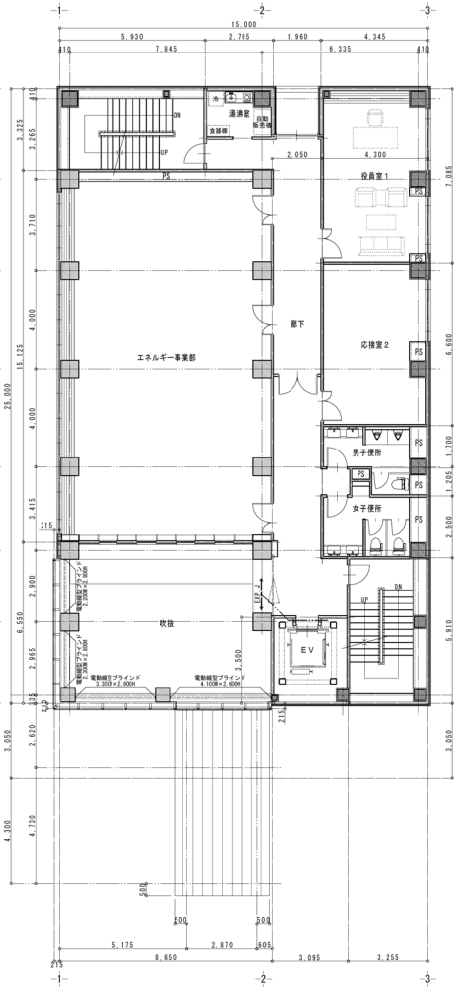
考察

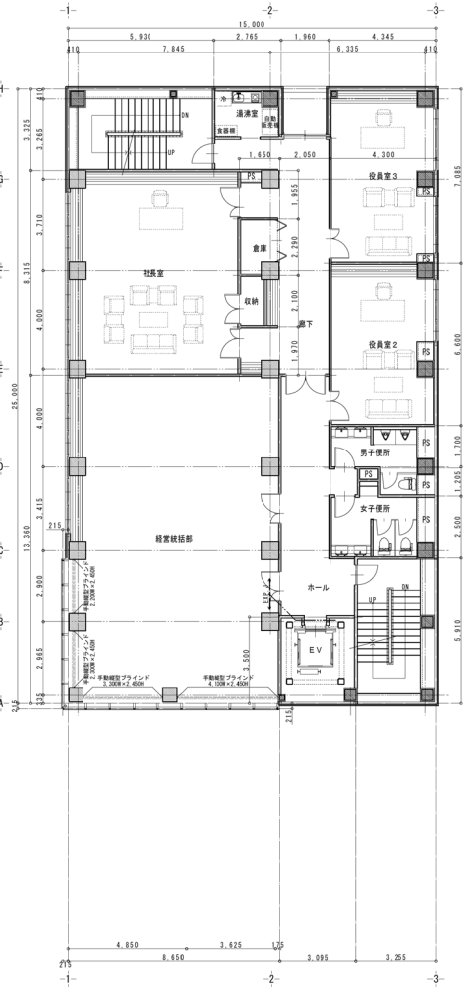
今回の検証により今後 CLT を採用した建築物の計画を行う際、設計者、施工者、資材調達の各分野の協業による計画が非常に重要であるという事がわかった。CLT の製造サイズを意識する事と共に、運搬のしやすさや現場での施工性などその都度変化する条件に対して柔軟に対応するためには特に初期の段階から打合せを行っていくことが必要であり、結果的にコスト、工期の両面に反映されていくことが分かった。また、この事が今後の CLT の発展にも効果的であると感じている。本計画の設計期間中の各打合せには、お施主様や県の木材関係者など協議会メンバー以外の出席者が参加しており、それぞれに CLT や木材利用に関する意見を交換したことでより良い取り組みとなった。

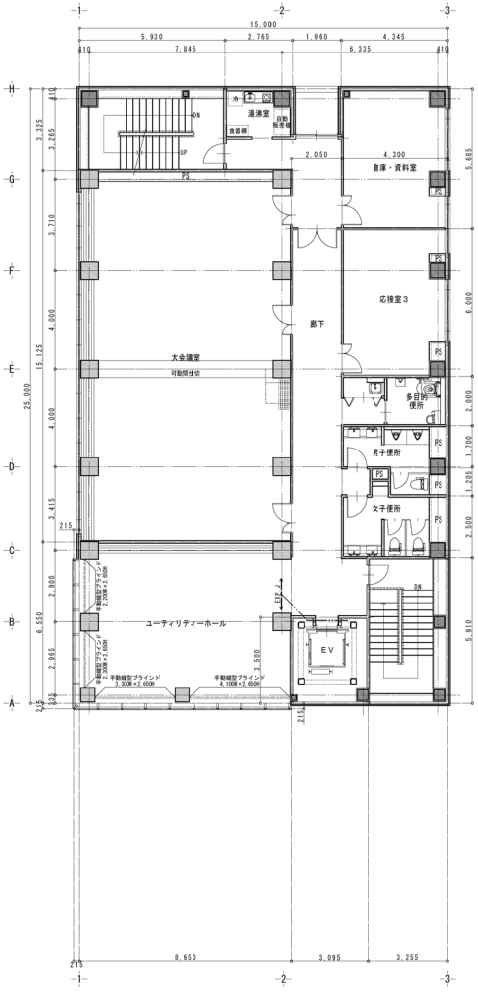
【第 3 回協議会の様子】











日ノ丸産業株式会社本社建替工事

平面図

CHK'KED BY.

株式会社 白兎設計事務所
鳥取県知事 登録番号 第30-142
管理建築士（一級建築士登録番号 159191） 高村 将博

PROJECT.NO	DATE	DRAWING BY.
2019-02	2020. 2	一級建築士登録番号
DRAWING.NO	SCALE	第320788号
A－4	A1:1/100 A3:1/200	管原 大介

記号	部位	仕上	記号	部位	仕上
a	外壁A	金属サンドイッチパネル50 可視線のおそれのある部分は外壁側に強化型12 5t(2重張り)	f	車輌	アル2.3 t 曲げ加工 ロックペーム25 t 充填 アル3段付重量・下地補強点
b	外壁B	カラーガルバリウム鋼板0 1t スパンドレル(リブタイプ) 遮蔽防水シート下地 耐火スパンウォール50t 下地	g	笠木	カラーアル3 笠木(既製品) 下地 ガルバリウム鋼板0 4t 加工 形サイズは詳細図参照
c	外壁C	カラーガルバリウム鋼板0 1t スパンドレル(フラットタイプ) 遮蔽防水シート下地 強化型12 (2重張り) 下地	h	土台水切	カラーステンレス0 4t加工
d	原地	カラーガルバリウム鋼板0 1t 雪ハザ直き フネンエース4 (外観込み ゴムアルルーフィング1 (外 耐火野地板)5t 下地	i	軒天水切	カラーアル3.2 0t加工
e	原地り	モルタル刷毛引き仕上	j	ルーバー	木製ルーバー@150

日ノ丸産業株式会社本社建替工事

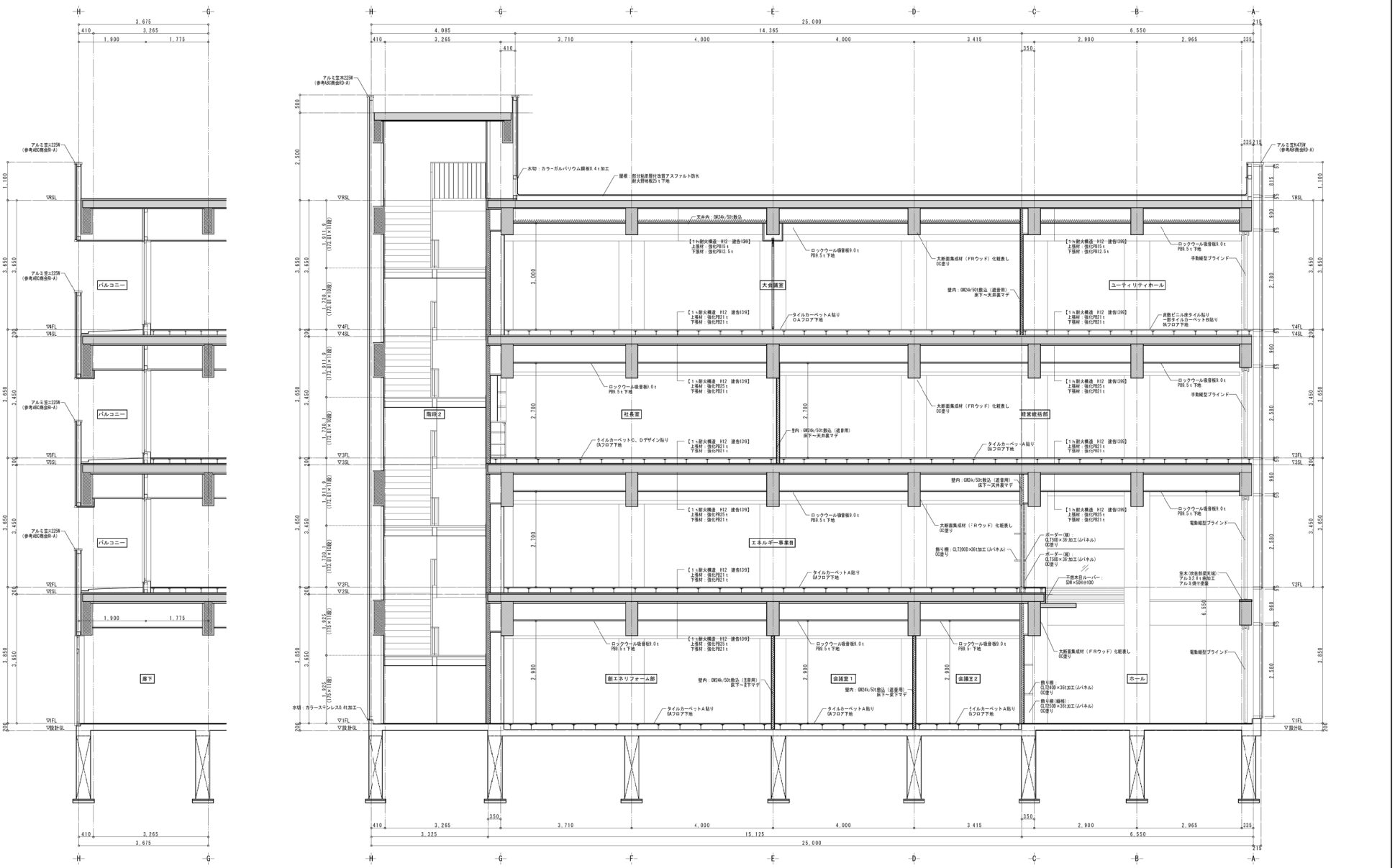
立面図

CHECKED BY.

株式会社 白兎設計事務所

鳥取県知事 登録番号 第30－142
管理建築士（一級建築士登録番号 159191） 嶋村 清博

PROJECT.NO	DATE	DRAWING BY.
2019-02	2020. 2	一級建築士登録番号
DRAWING.NO	SCALE	第320788号
A － 8	A1:1/100 A3:1/200	菅原 大介



日ノ丸産業株式会社本社建替工事

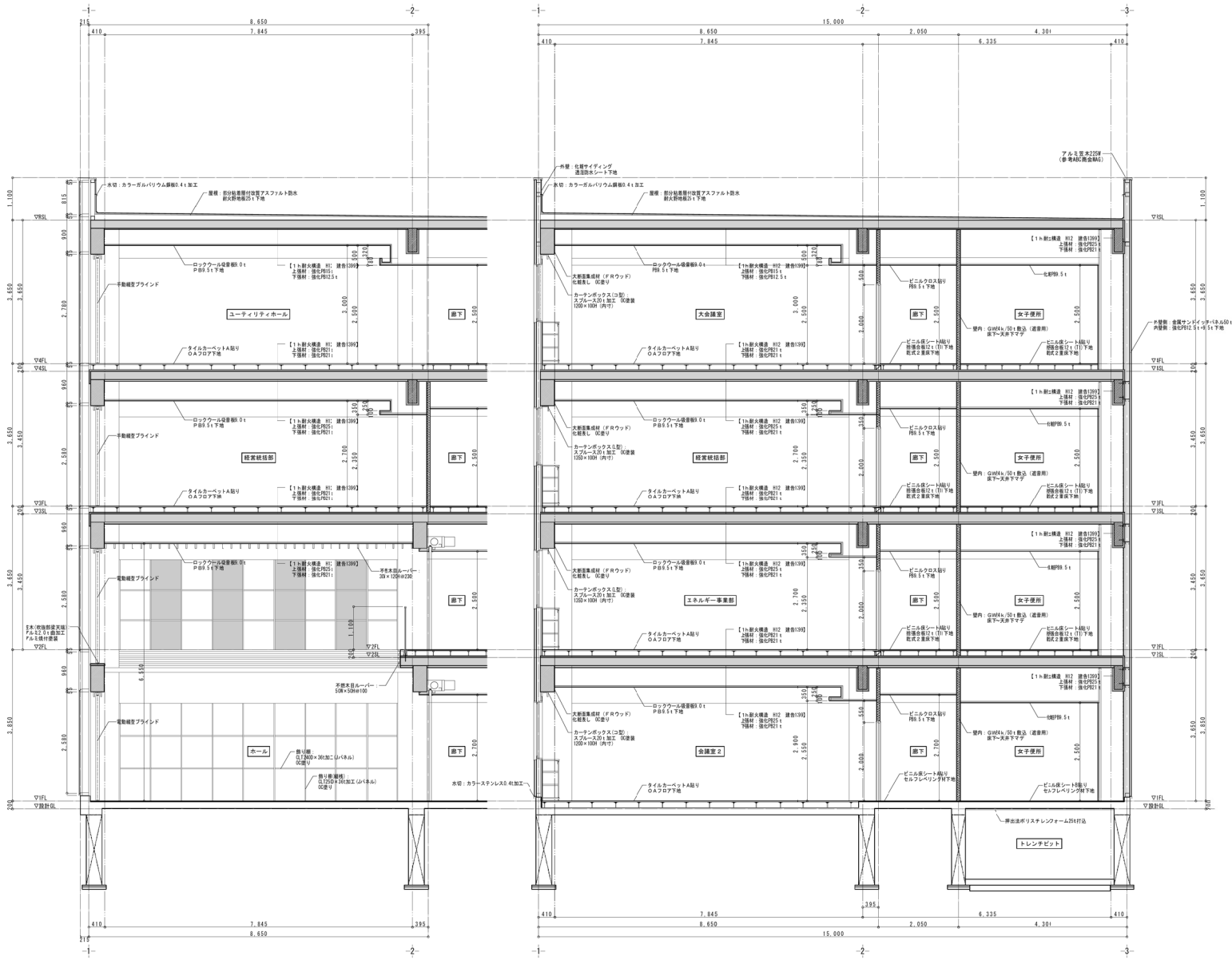
矩計図（１）

CHECKED BY.

株式会社 白兎設計事務所

鳥取県知事　登録番号　第３０－１４２
管理建築士（一級建築士登録番号　１５９１９１）　霜村　将博

PROJECT.NO	DATE	DRAWING BY.
2019-02	2020.2	一級建築士登録番号
DRAWING.NO	SCALE	第３２０７８８号
A－９	A1:1/50 A3:1/100	管原　大介



日ノ丸産業株式会社本社建替工事

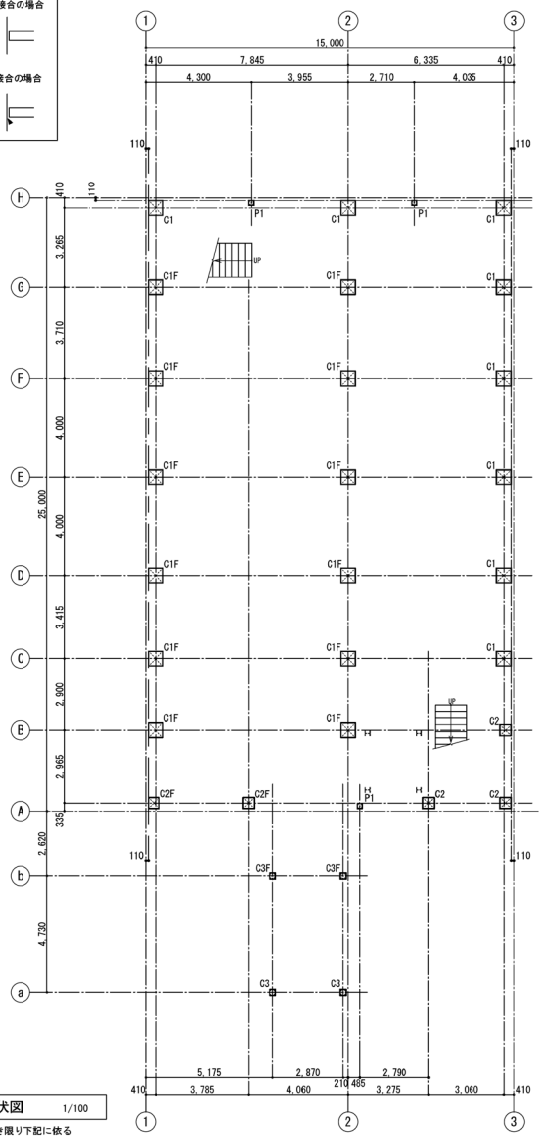
矩計図（２）

CHECKED BY.

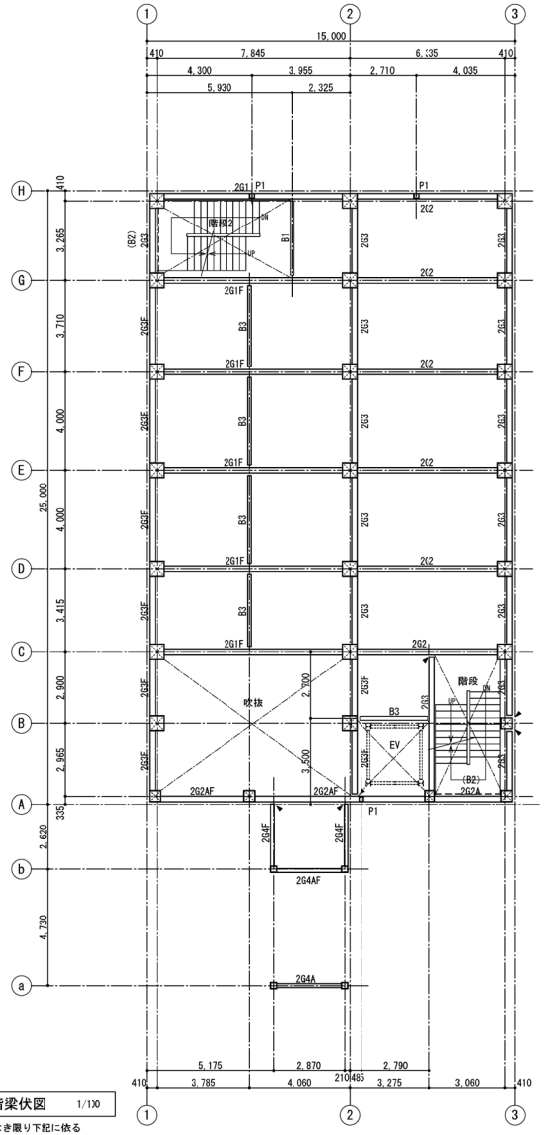
株式会社 白兎設計事務所

鳥取県知事 登録番号 第３０－１４２
管理建築士（一級建築士登録番号 １５９１９） 高村 将博

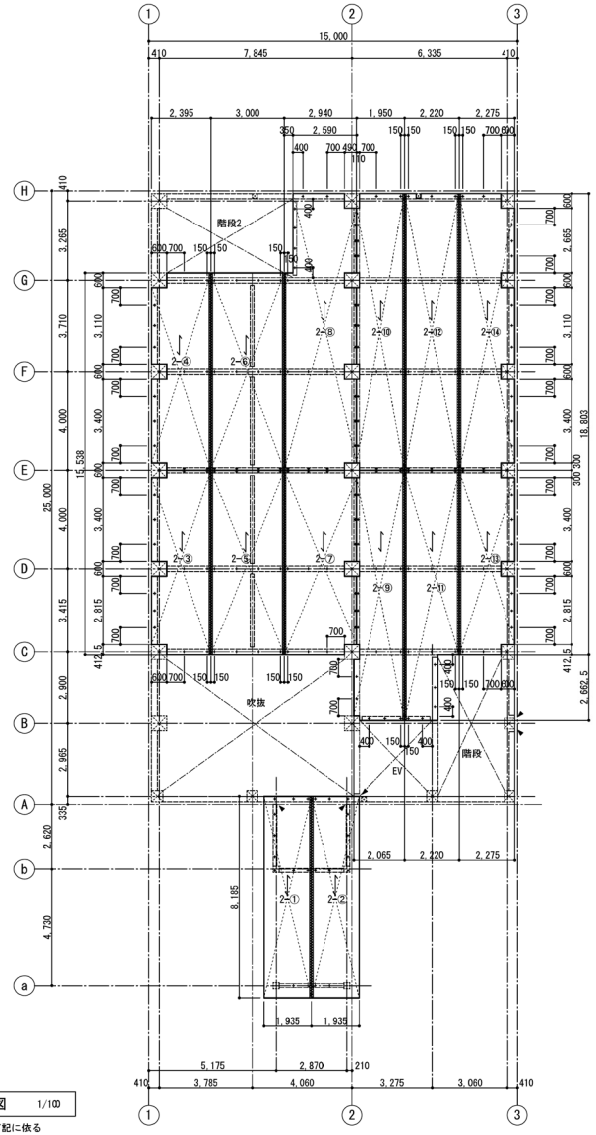
PROJECT.NO	DATE	DRAWING BY.
2019-02	2020. 2	
DRAWING.NO	SCALE	第３２０７８８号
A － 10	A1：1/50 A3：1/100	管理 大介



特記なき限り下記に依る
1. 柱下端レベルは、1FL−20とする

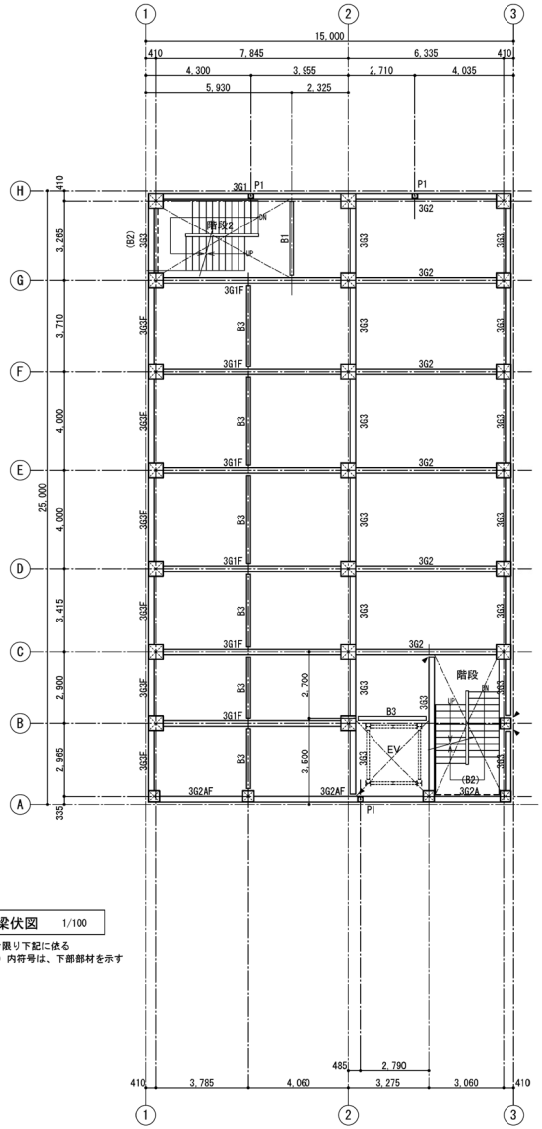


特記なき限り下記に依る
1. （ ）内符号は、下部部材を示す



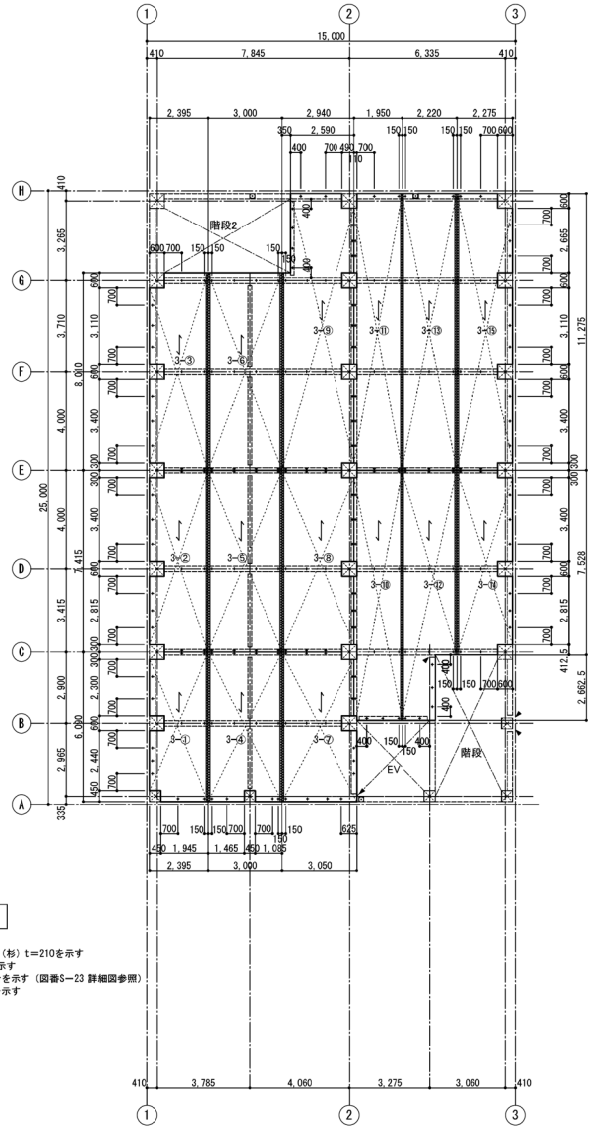
特記なき限り下記に依る
1. □は、CLT板：Mx60−5−7（杉）t=210を示す
2. ←→印は、CLTの強軸方向を示す
3. ▨は、合板スプライン接合を示す（図番S−23 詳細図参照）
4. ✚ は、GIR接合ボルトM20を示す

日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.	株式会社 白兎設計事務所	鳥取県知事 登録番号 第３０−１４２ 管理建築士（一級建築士登録番号 １５９１９） 霜村 将博	PROJECT. NO	DATE	DRAWING BY.
				2019−2	2020. 2	一級建築士登録番号
柱伏図、２階梁伏図、２階床伏図				DRAWING. NO	SCALE	第３２０７８８号
				S − 12	1/100	管理 大介



3階梁伏図　1/100

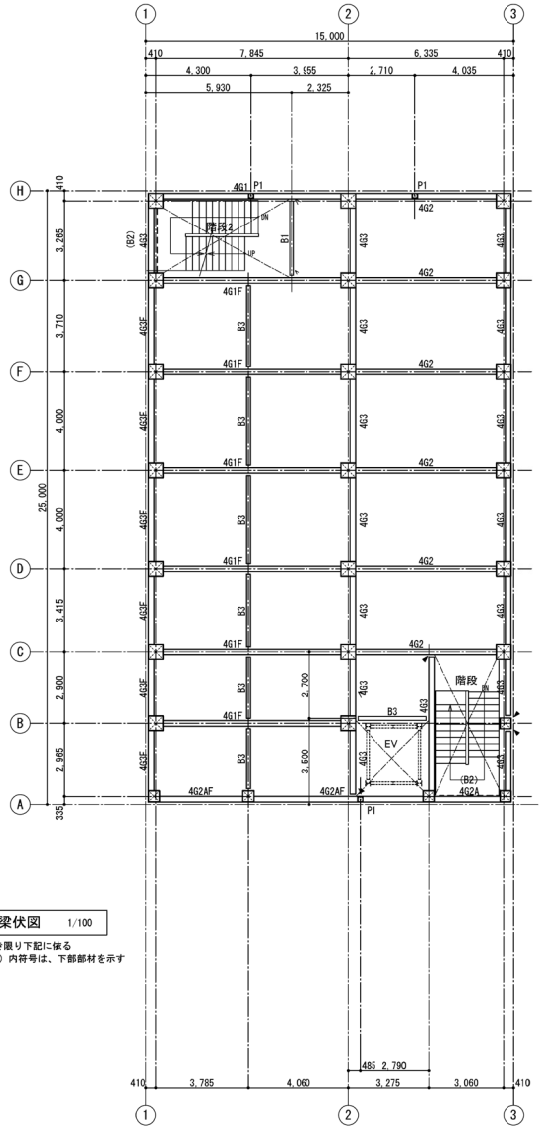
特記なき限り下記に依る
1.（　）内符号は、下部部材を示す



3階床伏図　1/100

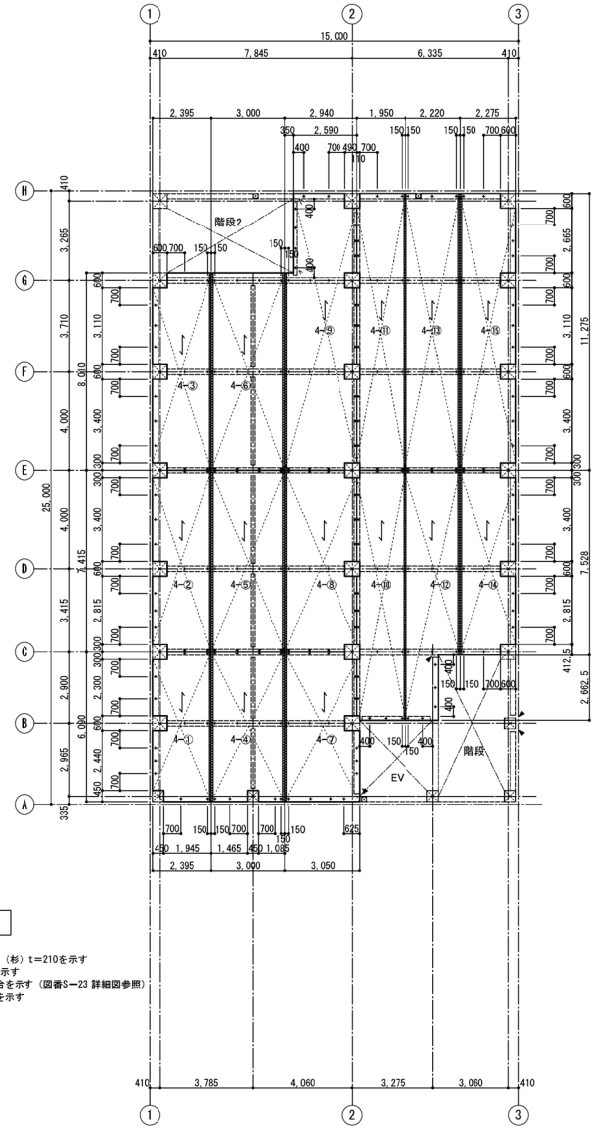
特記なき限り下記に依る
1. ▭ は、CLT板：Mx60−5−7（杉）t=210を示す
2. ⟷ 印は、CLTの強軸方向を示す
3. ▩ は、合板スプライン接合を示す（図番S−23 詳細図参照）
4. ✦ は、GIR接合ボルトM20を示す

日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.	株式会社 白兎設計事務所	鳥取県知事 登録番号 第30−142 管理建築士（一級建築士登録番号 159191） 霜村 将博	PROJECT.NO 2019-2	DATE 2020.2
3階梁伏図、3階床伏図				DRAWING.NO S − 13	SCALE 1/100
				DRAWING BY. 一級建築士登録番号 第320788号 菅原 大介	



4階梁伏図　1/100

特記なき限り下記に依る
1. （ ）内符号は、下部部材を示す



4階床伏図　1/100

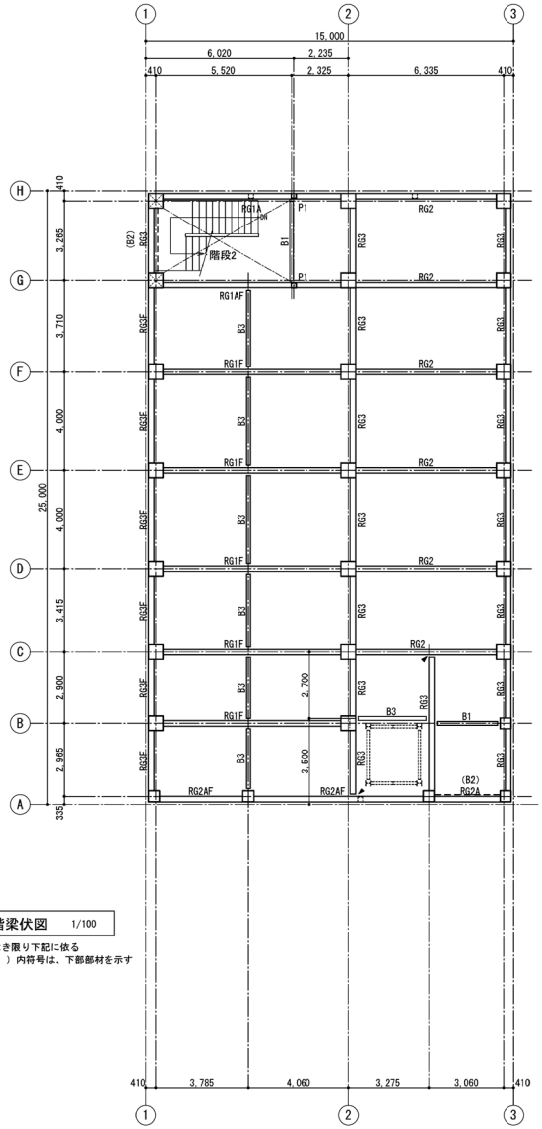
特記なき限り下記に依る
1. ▭ は、CLT板：Mx60−5−7（杉）t=210を示す
2. ←→ 印は、CLTの強軸方向を示す
3. ▩ は、合板スプライン接合を示す（図番S−23 詳細図参照）
4. ✦ は、GIR接合ボルトM20を示す

日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.				株式会社 白兎設計事務所	鳥取県知事 登録番号 第30−142 管理建築士（一級建築士登録番号 159191） 霜村 将博	PROJECT.NO	DATE	DRAWING BY.
4階梁伏図、4階床伏図							2019-2	2020.2	一級建築士登録番号
							DRAWING.NO	SCALE	第320785号
							S − 14	1/100	管家 大介

＜梁接合凡例＞

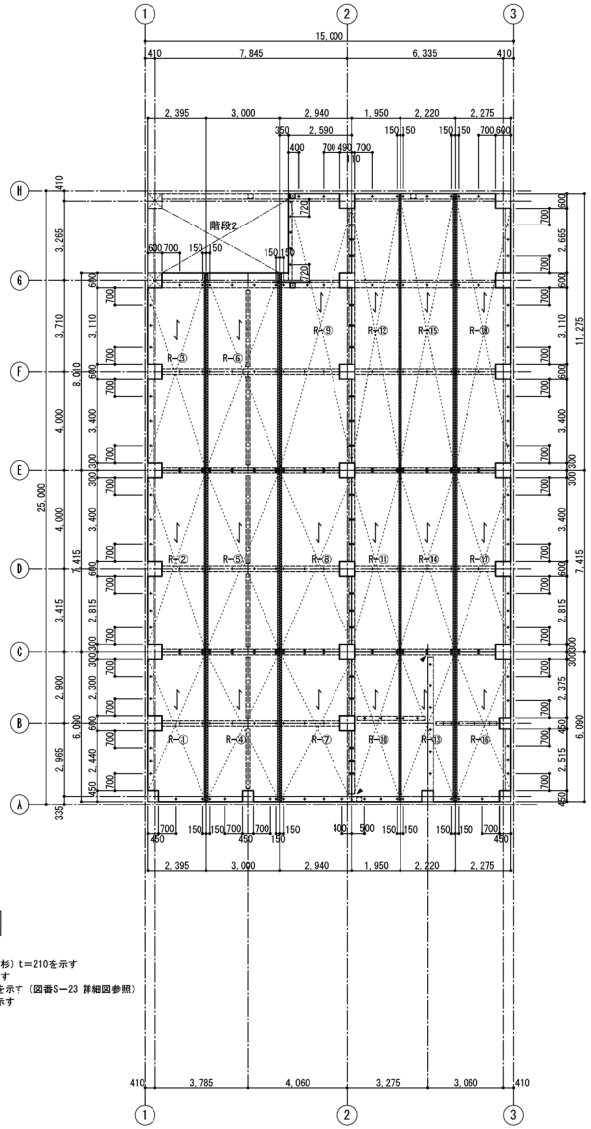
小梁ダボ接合の場合

大梁ダボ接合の場合



R階梁伏図　1/100

特記なき限り下記に依る
1.（ ）内符号は、下部部材を示す

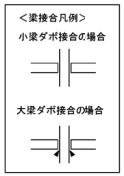


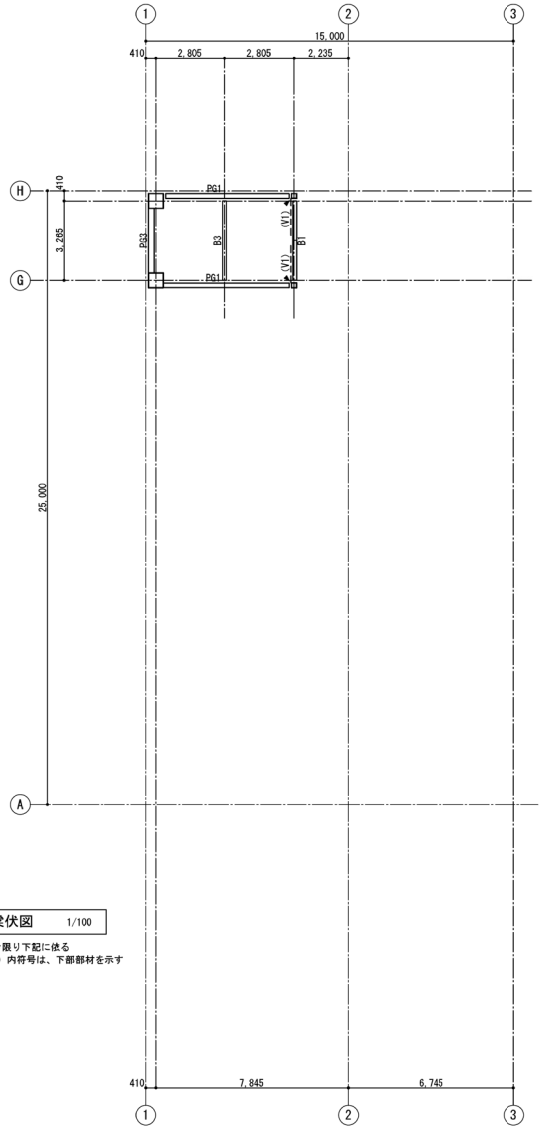
R階床伏図　1/100

特記なき限り下記に依る
1.□は、CLT板：Mx60-5-7（杉）t=210を示す
2.←→印は、CLTの強軸方向を示す
3.▩は、合板スプライン接合を示す（図番S-23 詳細図参照）
4. ⌖ は、GIR接合ボルトM20を示す

日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.	株式会社 白兎設計事務所	PROJECT.NO 2019-2 / DATE 2020.2 / DRAWING BY.
R階梁伏図、R階床伏図		鳥取県知事 登録番号 第３０－１４２ 管理建築士（一級建築士登録番号 １５９１９１） 霜村 将博	DRAWING.NO S－15 / SCALE 1/100

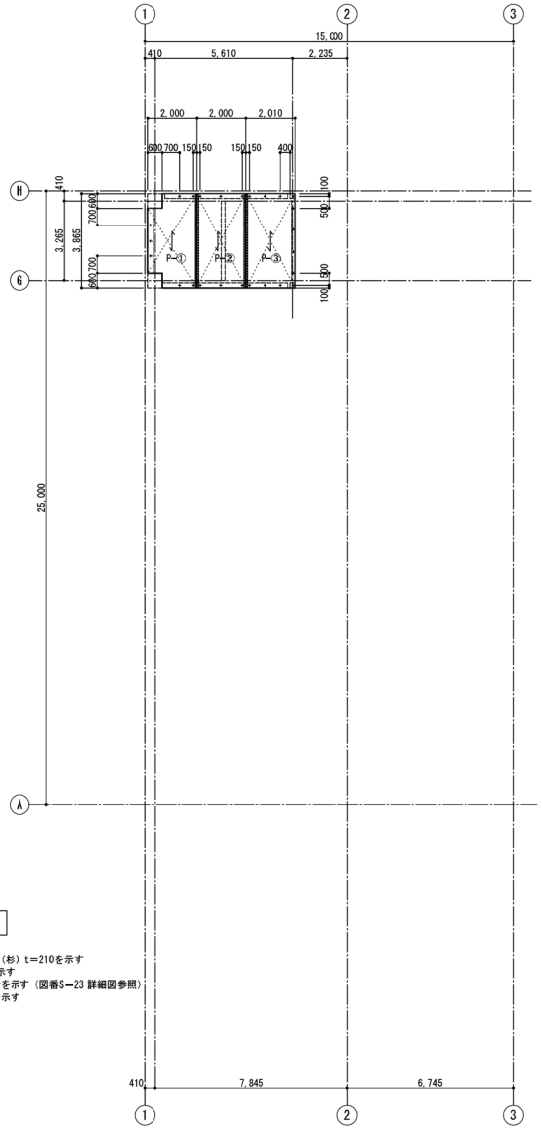
一級建築士登録番号 第３２０７８８号
管理 大介





PH梁伏図　1/100

特記なき限り下記に依る
1.（　）内符号は、下部部材を示す

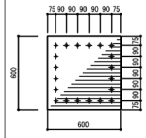
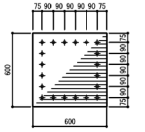
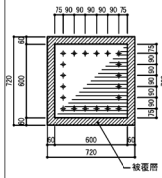
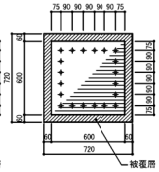
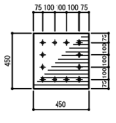
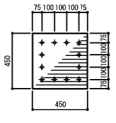
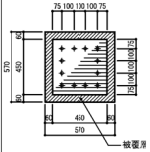
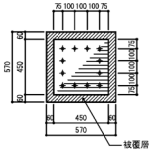
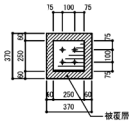
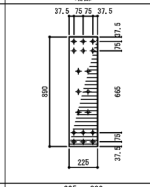
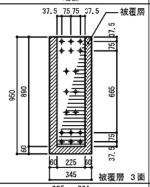
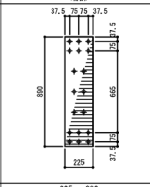
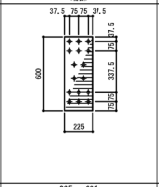
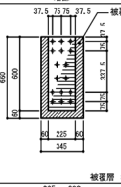
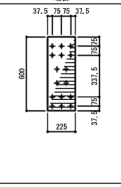
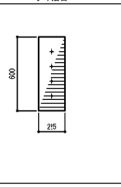
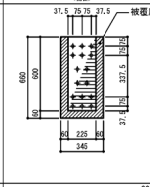
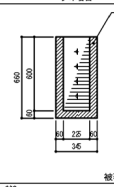
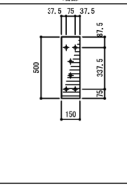
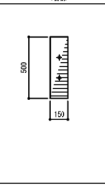
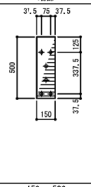
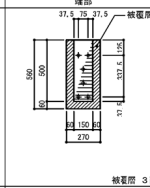
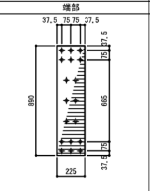
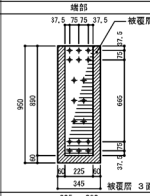
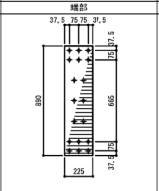
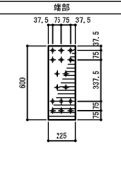
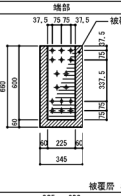
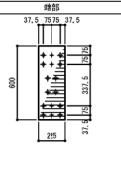
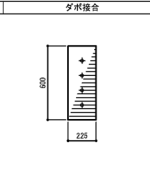
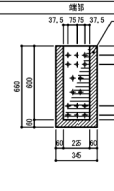
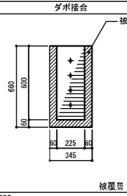
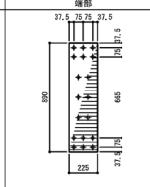
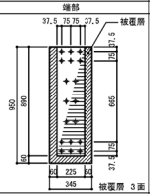
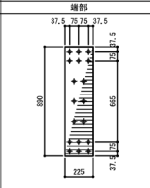
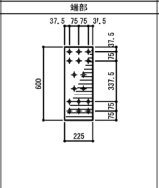
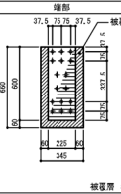
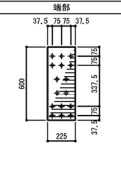
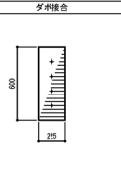
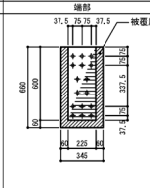
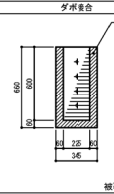


PH梁床図　1/100

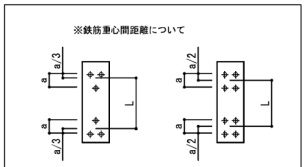
特記なき限り下記に依る
1.▭は、CLT板：Mx60−5−7（杉）t=210を示す
2.⟷印は、CLTの強軸方向を示す
3.▩は、合板スプライン接合を示す（図番S−23 詳細図参照）
4.✦ は、GIR接合ボルトM20を示す

日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.	株式会社 白兎設計事務所	鳥取県知事　登録番号　第３０−１４２ 管理建築士（一級建築士登録番号　１５９１９１）　霜村　将博	PROJECT.NO 2019-2	DATE 2020.2	DRAWING BY. 一級建築士登録番号 第３２０７８８号 管家　大介
ＰＨ階梁伏図、ＰＨ階床伏図				DRAWING.NO S－16	SCALE 1/100	

木質２方向ラーメン構造（サミットＨＲ工法）　部材リストと配筋要領図　　特記なき限り　集成材　105E-F300（カラマツ）　又は、　LVL　120E-1級（カラマツ）

符号	C１		C１F		C２		C２F		C３	C３F		P１
位置	柱脚部	JOINT部	柱脚部	JOINT部	柱脚部	JOINT部	柱脚部	JOINT部	柱脚部	柱脚部		柱脚部
断面												
			被覆層	被覆層			被覆層	被覆層		被覆層		
			被覆層 ４面				被覆層 ４面			被覆層 ４面		
ｂｘＤ	600 x 600		600 x 600		450 x 450		400 x 450		250 x 250	250 x 250		200 x 200
主　筋	20-D25	20-D25	20-D25	20-D25	12-D25	12-D25	12-D25	12-D25	4-D25	4-D25		2-D25
定着長さ	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝400	L＝500		L＝300
接合金物												
強度等級												
備考	RC埋込長さL＝830以上		RC埋込長さL＝830以上		RC埋込長さL＝830以上		RC埋込長さL＝830以上		RC埋込長さL＝830以上	RC埋込長さL＝830以上		RC埋込長さL＝830以上
符号	２G１	２G１F	２G２	２G２A	２G２AF	２G３		２G３F		２G４F		２G４A
位置	端部	端部	端部	端部	端部	端部	ダボ接合	端部	ダボ接合	端部	端部	端部
断面												
		被覆層							被覆層			
		被覆層 ３面			被覆層 ３面				被覆層 ３面			
ｂｘＤ	225 x 890	225 x 890	225 x 890	225 x 60(	225 x 600	225 x 600		225 x 600		150 x 500		150 x 500
上端筋	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25		6-D25		2-D25		2-D25
下端筋	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25		6-D25		2-D25		2-D25
ダボ筋	6-D25	6-D25	6-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-Y25	6-D25	4-D25	2-D25	2-D25	2-D25
定着長さ	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝400	L＝500	L＝500	L＝500
接合金物												
強度等級												
備考	鉄筋重心間距離 70(以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること		鉄筋重心間距離 400以上確保すること		鉄筋重心間距離 300以上確保すること		鉄筋重心間距離 300以上確保すること
	２G４AF	３G１	３G１F	３G２	３G２A	３G２AF	３G３		３G３F			
位置	端部	端部	端部	端部	端部	端部	端部	ダボ接合	端部	ダボ接合		
断面												
	被覆層								被覆層			
	被覆層 ３面		被覆層 ３面			被覆層 ３面				被覆層 ３面		
ｂｘＤ	150 x 500	225 x 890	225 x 890	225 x 89(	225 x 600	225 x 600	225 x 600		225 x 600			
上端筋	2-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-Y25		6-D25			
下端筋	2-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-Y25		6-D25			
ダボ筋	2-D25	6-D25	6-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-Y25	4-D25	4-D25	4-D25		
定着長さ	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝400	L＝500		
接合金物												
強度等級												
備考	鉄筋重心間距離 30(以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること		鉄筋重心間距離 400以上確保すること			
	４G１	４G１F	４G２	４G２A	４G２AF	４G３		４G３F				
位置	端部	端部	端部	端部	端部	端部	ダボ接合	端部	ダボ金合			
断面												
								被覆層	被覆層			
		被覆層 ３面			被覆層 ３面				被覆層 ３面			
ｂｘＤ	225 x 890	225 x 890	225 x 890	225 x 60(	225 x 600	225 x 600		225 x 600				
上端筋	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25		6-D25				
下端筋	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25		6-D25				
ダボ筋	6-D25	6-D25	6-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-Y25	4-D25	4-D25			
定着長さ	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝500	L＝400			
接合金物												
強度等級												
備考	鉄筋重心間距離 70(以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 700以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること		鉄筋重心間距離 400以上確保すること				

※鉄筋重心間距離について



L=鉄筋重心間距離
（上端・下端各主筋の重心間隔を示す）

日ノ丸産業株式会社本社建替工事

部材リスト（１）

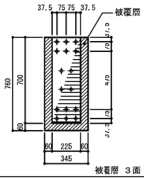
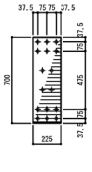
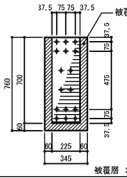
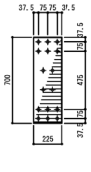
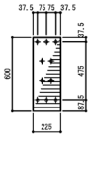
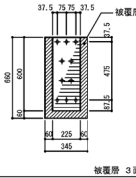
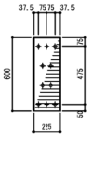
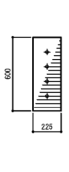
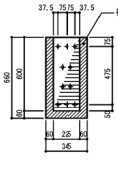
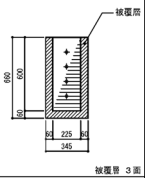
CHECKED BY.					

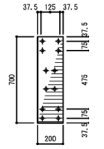
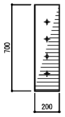
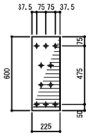
株式会社 白兎設計事務所
鳥取県知事　登録番号　第３０－１４２
管理建築士（一級建築士登録番号　１５９１９１）　高村　玲博

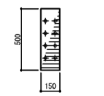
PROJECT NO	DATE	DRAWING BY.
2019－2	2020.2	一級建築士登録番号
DRAWING NO	SCALE	第３２０７８８号
S－21	1/20	管原　大介

木質２方向ラーメン構造（サミットＨＲ工法）　部材リストと配筋要領図

特記なき限り　集成材　105E-F300（カラマツ）　又は、　LVL　120E-1級（カラマツ）

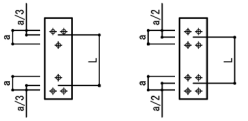
符号	ＲＧ１Ｆ	ＲＧ１Ａ	ＲＧ１ＡＦ	ＲＧ２	ＲＧ２Ａ	ＲＧ２ＡＦ	ＲＧ３		ＲＧ３Ｆ	
位置	端部	端部	端部	端部	端部	端部	端部	ダボ接合	端部	ダボ接合
断面										
ｂｘＤ	225 x 700	225 x 700	225 x 700	225 x 700	225 x 600	225 x 600	225 x 600		225 x 600	
上端筋	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	3-D25	3-D25	3-H25		3-H25	
下端筋	6-D25	6-D25	6-D25	6-D25	3-D25	3-D25	3-H25		3-H25	
ダボ筋	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-H25	4-D25	4-H25	4-D25
定着長さ	L=500	L=500	L=500	L=500	L=500	L=500	L=500	L=500	L=400	L=500
接合金物										
強度等級										
備考	鉄筋重心間距離 55D以上確保すること	鉄筋重心間距離 500以上確保すること	鉄筋重心間距離 500以上確保すること	鉄筋重心間距離 550以上確保すること	鉄筋重心間距離 425以上確保すること	鉄筋重心間距離 425以上確保すること	鉄筋重心間距離 400以上確保すること		鉄筋重心間距離 400以上確保すること	

符号	ＰＧ１		ＰＧ３		Ｖ１							
位置	端部	ダボ接合	端部		全断面							
断面												
ｂｘＤ	200 x 700		225 x 600		150 x 200							
上端筋	4-D25		3-D25									
下端筋	4-D25		3-D25									
ダボ筋	4-D25	4-D25	4-D25		2-D25							
定着長さ	L=500	L=500	L=500		L=300							
接合金物												
強度等級												
備考	鉄筋重心間距離 50D以上確保すること		鉄筋重心間距離 400D以上確保すること									

	Ｂ１	Ｂ２	Ｂ３
位置	端部	端部	端部
断面			
ｂｘＤ	150 x 500	150 x 500	150 x 300
上端筋			
下端筋			
ダボ筋	8-D25	3-D25	4-D25
定着長さ	L=300	L=300	L=300
接合金物			
強度等級			
備考			

位置												
断面												
ｂｘＤ												
上端筋												
下端筋												
ダボ筋												
定着長さ												
接合金物												
強度等級												
備考												

※鉄筋重心間距離について



L=鉄筋重心間距離

（上端・下端各主筋の重心間隔を示す）

日ノ丸産業株式会社本社建替工事

部材リスト（２）

CHECKED BY.

株式会社 白兎設計事務所
鳥取県知事　登録番号　第３０－１４２
管理建築士（一級建築士登録番号　１５９１９１）　霜村　玲博

PROJECT NO	DATE	DRAWING BY.
2019-2	2020.2	一級建築士登録番号
DRAWING NO	SCALE	第３２０７８８号
S - 22	1/20	管原　大介

ＣＬＴ床・屋根パネル：ＣＬＴ接合配置要領図

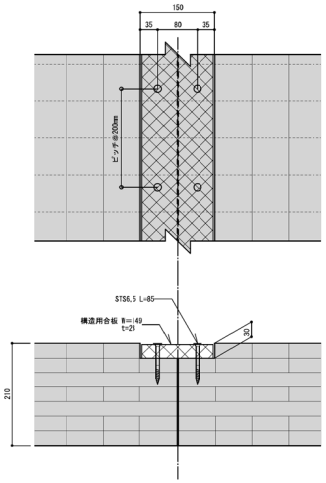
床板GIR接合

原則下記の通りとする

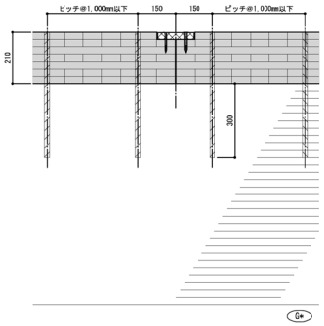
接合ボルト（全ネジボルト） SNR490B(JIS G 3138) 防錆処理 JIS H 8641(電気亜鉛メッキ) EP-Fe/Zn5/CM2	M20
CLT面外挿入ボルト間距離	1,000mm以下
大梁への定着長さ	300mm

※GIR接合ボルト挿入孔径は全て28φ

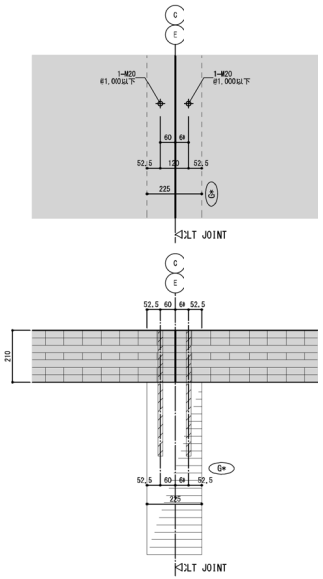
スプライン接合断面図 S=1:5

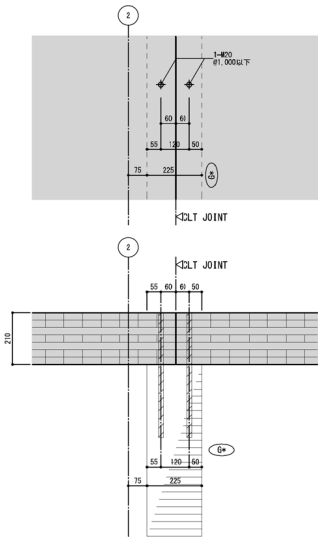


スプライン接合詳 CLT-梁接合 S=1:10

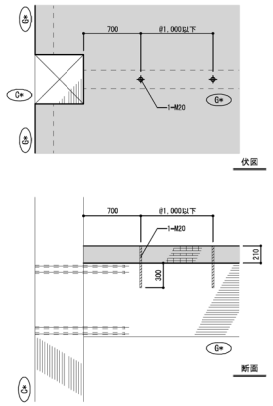


C.TJOINT部 CLT-梁接合 S=1:10

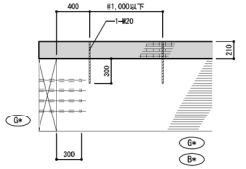




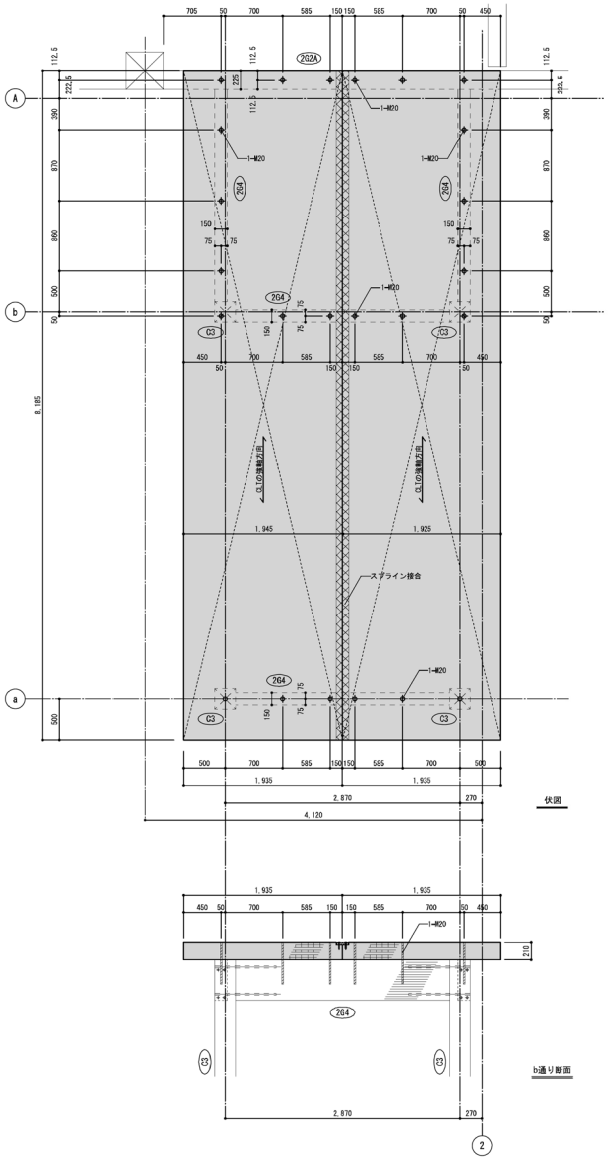
柱周辺 CLT-梁接合 S=1/30



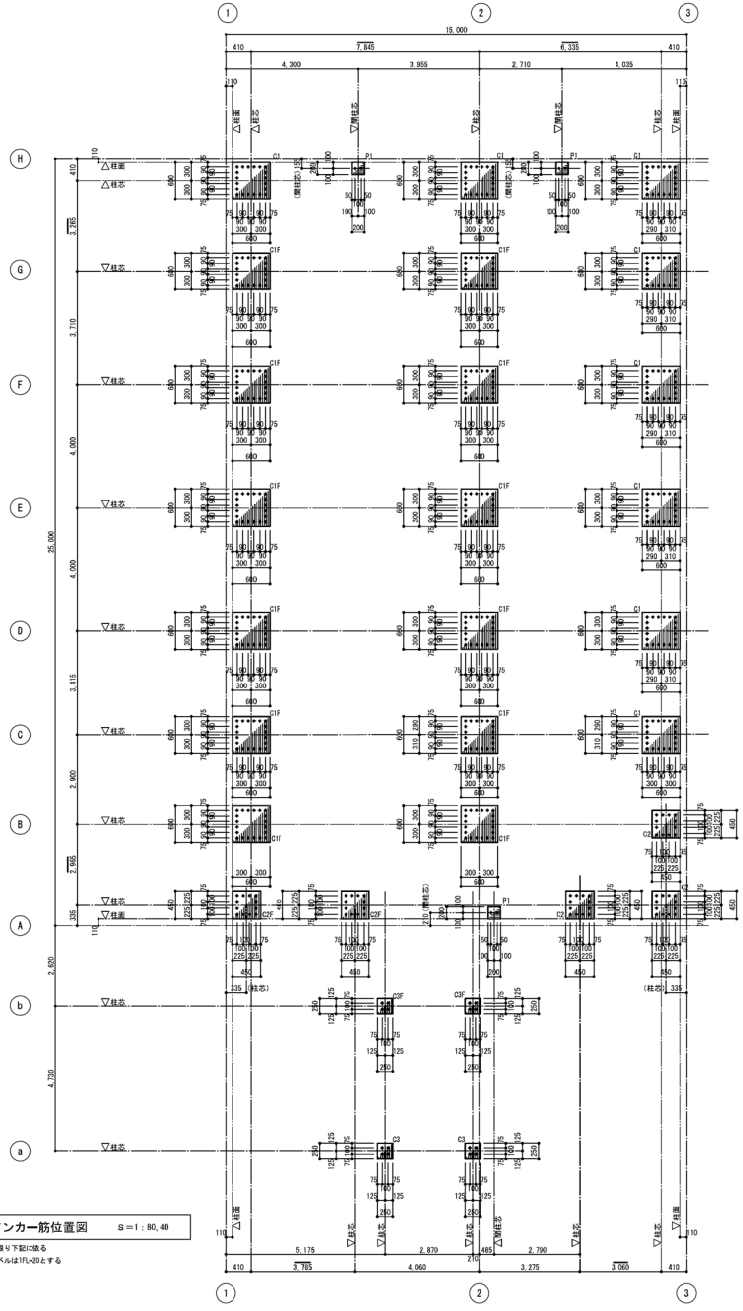
大梁ダボ接合端部 CLT-梁接合
小梁端部 CLT-梁接合 S=1/30



風除室 CLT-梁接合 S=1/30



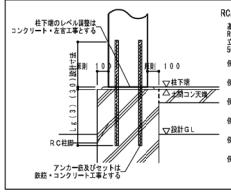
日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.				株式会社 白兎設計事務所	PROJECT NO	DATE / DRAWING BY.
ＣＬＴ接合配置要領図					鳥取県知事 登録番号 第３０－１４２ 管理建築士（一級建築士登録番号 １５９１９１） 霜村 玲博	2019－2	2020.2 一級建築士登録番号
						DRAWING NO	SCALE 第３２０７８８号
						S－23	1/5,10,30 管原 大介



アンカー筋位置図　S＝1：80, 40

特記なき限り下記に依る
1. 柱脚レベルは1FL-20とする

アンカー筋の基本仕様　<アンカー筋及びセットは鉄筋・コンクリート工事>



RC基礎梁への定着長さLg(3)について

基礎梁に定着長さL=500mmを確保するため、
RC柱型立ち上がりが、500mmまでは、
立ち上がり寸法=500mmとし、
500mmをこえるときは、40dとする。

例１：基礎梁天端が、柱下端-30のとき
Lg3=500mm

例２：基礎梁よりRC柱型が300mm立ち上がるとき、
Lg3=800mm(300+500)

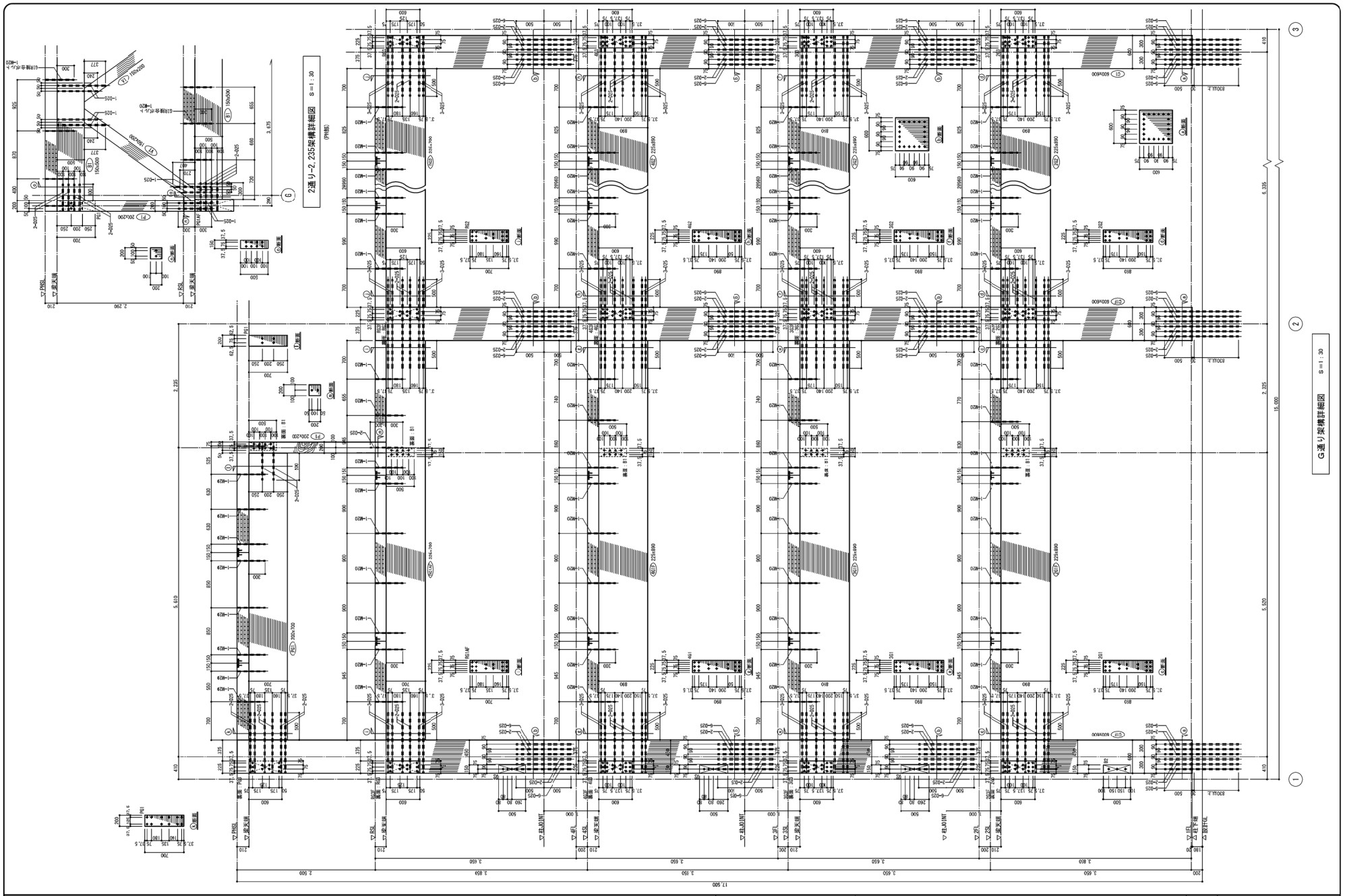
例３：基礎梁よりRC柱型が500mm立ち上がるとき、
Lg3=1000mm(500+500)

例４：基礎梁よりRC柱型が800mm立ち上がるとき、
Lg3=1000mm(40d)

例５：基礎梁よりRC柱型が100mm立ち上がるとき、
Lg3=1000mm(40d)

例６：RC柱型立ち上がり主筋を兼用する

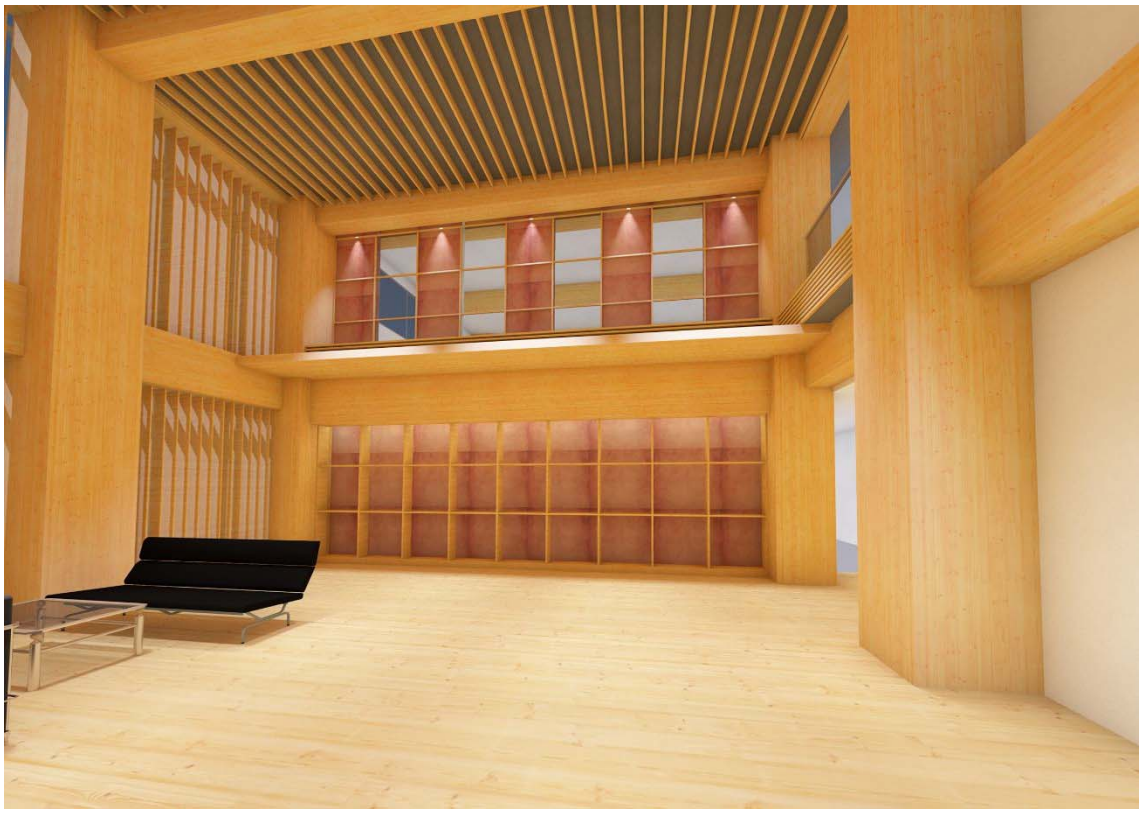
日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.	株式会社 白兎設計事務所	鳥取県知事　登録番号　第３０－１４２ 管理建築士（一級建築士登録番号　１５９１９１）　霜村　将博	PROJECT. NO	DATE	DRAWING BY.	
アンカー筋位置図				2019－2	2020. 2	一級建築士登録番号	
				DRAWING. NO	SCALE	第３２０７８８号	
				S－24	1/80, 40	菅原　大介	



日ノ丸産業株式会社本社建替工事	CHECKED BY.	株式会社 白兎設計事務所	鳥取県知事 登録番号 第30−142 管理建築士（一級建築士登録番号 159191） 霜村 将博	PROJECT.NO 2019−2	DATE 2020.2
架構詳細図				DRAWING.NO S−25	SCALE 1/30

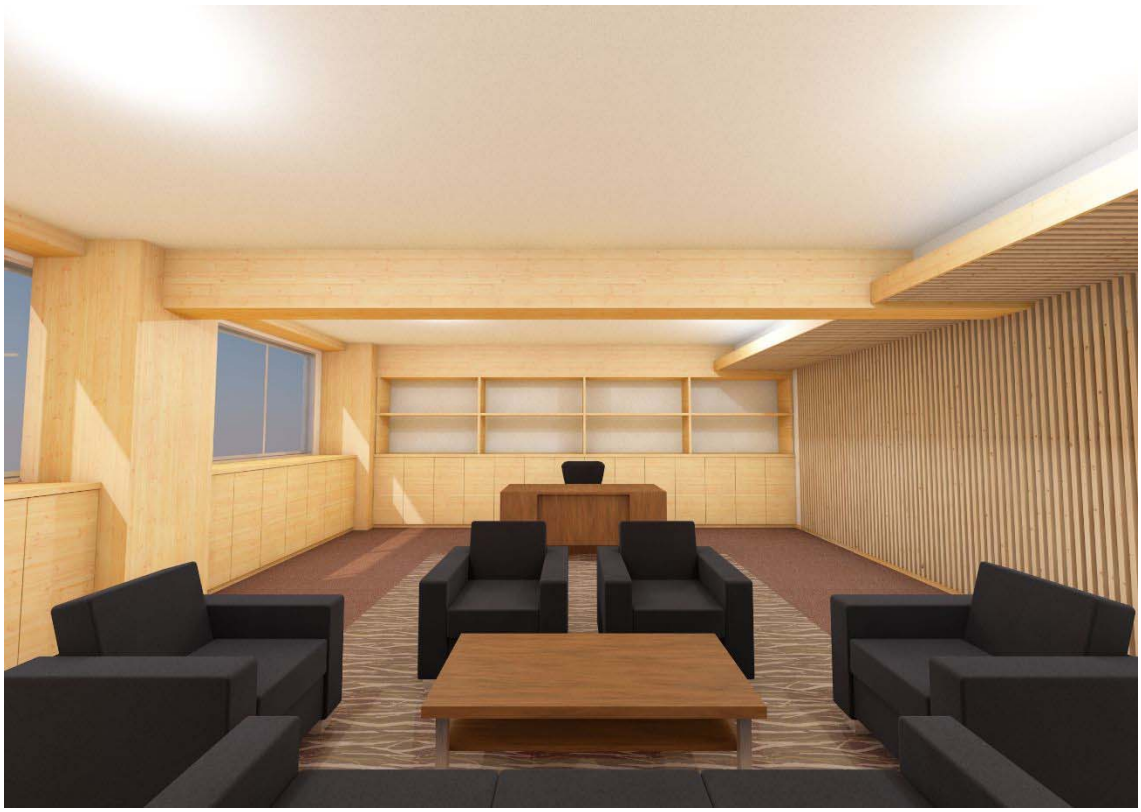
DRAWING BY. 一級建築士登録番号 第320788号 菅原 大介

玄関ホール　イメージ



ユーティリティ　イメージパース

社長室　イメージパース



役員室　イメージパース

2.5 大和興業（株）／（有）阪根宏彦計画設計事務所

事業名			大和ビル新社屋新築工事の設計・性能実証
実施者（担当者）			大和興業(株)／(有) 阪根宏彦計画設計事務所
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		福岡県飯塚市吉原町522-1番地他
	構造・工法		S造とCLTの大板（マザーボド）によるハイブリット構法
	階数		5
	高さ（m）		22.34
	軒高（m）		18.4
	敷地面積（㎡）		290.46
	建築面積（㎡）		246.13
	延べ面積（㎡）		1159.64
	階別面積	１階	218.28
		２～5階	241.44
		PH階	15.35
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		耐力壁、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量155.74㎥、建築物使用量114.81㎥
	壁パネル	寸法	168mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	Mx60A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	60A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	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		デッキ：スギ加熱処理　1階床：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		7.21㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	PH：ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.4)立てﾊｾﾞ葺き　陸屋根：シート防水+断熱t＝35
		外壁	イソバンドt＝50防火･耐火仕様
		開口部	ダブルスキン　アウター：サッシュレス　インナー：Low-E6-６-6
	主な内部仕上	界壁	LGS＋PB12.5×2
		耐力壁	CLT（t＝168）現し
		床	CLT（t＝150）+GB-F：21+21　OA床
		天井	CLT（t＝150）+GB-F：21+21
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		ビス接合
	最大スパン		8.9m
	問題点・課題とその解決策		ダブルスキン内（キャビティ）にCLTを現しとするために現状認定品のアルミサッシュが令和2年2月現在、存在しない（平成31年国土交通省告示第470号の見直し）ためスパンドレル部のコスト縮減等が今後求められる。
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		耐火建築
	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		2時間耐火の2階床はﾃﾞｯｷｽﾗﾌﾞだが今後コスト縮減でCLT化も検討する。
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		ダブルスキンのキャビティにCLTを現しで設置し経年変化を検討する。
	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　・　35mm
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　50mm
		床	構造用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		床は既往の研究や施工例から特にない。
	建て方における課題と解決策		S+CLT造であり、鉄骨建方の重機を効率よく大板CLTに併用した。
	給排水・電気配線設置上の工夫		今回、本件は設計実証の範囲で今後の検討を要する。
	劣化対策		今回、本件は設計実証の範囲で今後の検討を要する。
工程	設計期間		2019年5月～2020年2月（10カ月）
	施工期間		2021年9月～2022年3月（7カ月　予定）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2021年11月（1ヶ月　予定）
	竣工（予定）年月日		2022年3月10日
体制	発注者		大和興業株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計・実施設計：有限会社　阪根宏彦計画設計事務所
	構造設計者		(株)フロンティアＳＤＰ設計事務所 株式会社 木質環境建築
	施工者		大和興業株式会社
	ＣＬＴ供給者		株式会社 サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		福岡県産材を予定

実証事業名：大和ビル新社屋新築工事の設計・性能実証

建築主等／協議会運営者：大和興業株式会社 ／有限会社 阪根宏彦計画設計事務所

１．実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		福岡県飯塚市		
構造・工法		S 造と CLT の大板（ﾏｻﾞｰﾎﾞｰﾄﾞ）によるハイブリット構法		
階数		5		
高さ（m）		3.6(1F:4.0)	軒高（m）	19.3
敷地面積（㎡）		290.46	建築面積（㎡）	246. 13
階別面積	１階	218.28	延べ面積（㎡）	1,199. 39
	２～5 階	241. 44		
	PH 階	15. 35		
CLT 採用部位		壁、床		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量 155.74 m^3、加工後建築物使用量 114.81 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		7.21m^3		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	168mm 厚/5 層 7 プライ/S60A/スギ		
	床	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A/スギ		
設計期間		2019 年 5 月～2020 年 1 月（9 カ月）		
竣工（予定）年月日		2021 年 2 月 15 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

自社新社屋を、ダブルスキンによる環境親和型の建築とし、そのキャビティに、S造とCLT大板(マザーボード)によるハイブリット構法のフレームを設置し、5層耐火建築の実現と、S造とCLTによるハイブリット構法の設計検証をする。CLT + S造フレームには、大板CT耐震壁と大板CLT床パネル構法で、総合的な建築コスト低減効果を主軸に、建設の合理性から設計し、その耐震壁の性能を実証する。地域建設会社による自力施工を促し、従来コスト高で乖離しやすい先端性と普及性に対し、工事費縮減を促進し、S造+CLT大板耐震壁/床パネル構法による中層建築の普及を目指す。 今回実証事業で設定した課題は以下である。

S造とCLT大板(ﾏｻﾞｰﾎﾞｰﾄﾞ）ハイブリット構法の接合部の開発及びその特性値の取得　1)CLT大版パネルー鉄骨梁間接合部　本構造は、CLT大判パネルが2階から4階までの通し壁となっており、2材の鉄骨梁の間にCLT大版パネルを挟み込む構造となっている。また、CLT大版パネルはマザーボードをそのまま現しで使用し、耐震壁としても機能させる。従って、接合部に要求される性能は、①コスト縮減のため仕口加工を行わない接合とする。②施工精度の確保と施工性の向上が図れる接合とする。③鉄骨との併用構造であるので、高い初期剛性及び靭性を得られる接合とする。④CLTパネルの水平力負担率が50%程度期待できる接合とする。これらを実現する接合を開発し、構造設計に必要な接合部の特性値を実験により取得する。

2)CLT床パネル-鉄骨梁間接合部　階高の有効率を確保するため、鉄骨梁間にCLT床パネルを配置する構造とし、その接合部を開発する。接合部に要求される性能は、1)と同様に、①コスト縮減のため仕口加工を行わない接合とする。②施工精度の確保と施工性の向上が図れる接合とする。

３．協議会構成員

（設計）有限会社　阪根宏彦計画設計事務所：阪根宏彦（構造設計）株式会社ﾌﾛﾝﾃｨｱ SDP：許斐信三　前原智（木質構造設計・実証指導）株式会社　木質環境建築　川原重明（実証試験体設計支援）株式会社　HKS 環境建築　加藤憲司（構造・構法総合指導・試験）九州大学工学部建築学科　循環建築構造学　山口謙太郎（施工）大和興業株式会社：梅尾裕一　加藤一雄　田中一実（構法検討支援）冨士産業　塚本要二郎（原木供給検討）福岡県農林水産部林業振興課木材流通係：成瀬益英　福岡県飯塚農林事務所林業振興課：後藤聡（材料）ｻｲﾌﾟﾚｽ・ｽﾅﾀﾞﾔ海外事業部長・CLT 担当：山本治彦（金物・試験体）ジャパン建材株式会社　木質構造建築課　内野吉信（実証試験）九州大学工学部技術部　計測・分析技術室：窪寺弘顕

４．課題解決の方法と実施工程

S 造と CLT 造のハイブリット構法の総合図を阪根宏彦が、フレーム解析、総合的な構造設計を許斐信三前原智、接合部の仕様、実証試験の実施指導については川原重明が中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめ、実証試験と性能確認は山口謙太郎研究室が行った。CLT と鉄骨梁接合部の面内曲げ試験を 4 仕様各 1 体行う。前述の接合部に要求される性能に留意しながら最適条件を決定した。CLT のコスト増の要因、コスト縮減の方策について、大板（マザーボード）に近いサイズでの地組みや S 造柱梁+CLT を一体とした重機による建て方を前提に、鉄骨工事での建て方と同様な合理性により、検討資料を作成した。

＜協議会の開催＞　2019 年 5 月：第 1 回開催、問題点洗い出し　6 月：第 2 回開催、実証試験方針確認 10 月：第 3 回開催、実証試験 1　12 月：第 4 回開催、実証試験 2.3　2020 年 1 月：第 5 回開催、実証試験 4　実証事業の取りまとめ検討

＜設計＞　2019 年 6 月：基本設計　6 月～：フレーム解析　9 月：基本設計（ダブルスキン+S 造+CLT ハイブリット構法の方針確定）10 月：フレーム解析のモデル化協議　12 月：実証試験を反映したフレーム解析 2020 年 1 月：実施設計工事概算　2019 年 10 月～2020 年 1 月：CLT－鉄骨梁間接合部の面内曲げ試験 4 仕様各 1 体、要素試験（ビス接合部のせん断試験）2 仕様各 6 体

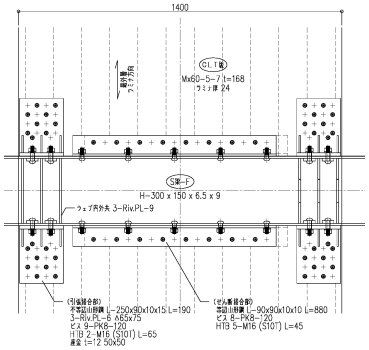
５．得られた実証データ等の詳細

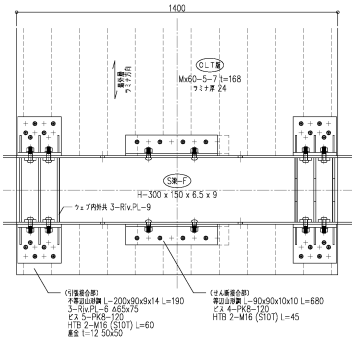
（１）鉄骨フレームと併用する CLT 大判パネル耐震壁の接合部およびその特性値の取得

開発した接合部を図 5.1 に示す。鉄骨梁に既製品のアングルを高力ボルト接合し、そのアングルと CLT パネルをビス留めした接合で、CLT 大判パネルに生じる曲げ及びせん断力をこれらビス接合部のせん断抵抗によって鉄骨梁に伝達するシステムである。

ビスにつては、先孔不要で鋼板添え板接合に適した木質構造用ビスを用いた。アングルと鉄骨梁との接合は、取り付け位置の調整が可能かつ作業性を考慮し、アングルと鉄骨梁をトルシア型高力ボルト接合とした。開発した接合部に対して、実大試験によりその強度性能を検証した。試験仕様を表 5.1 に示す。接合部仕様は、中間階の十字接合部と最上下階の T 字接合部の 2 仕様に対して試験を行った。十字接合部試験は、1 体目（十字試験①）を予備試験として、クライテリア及び試験装置の確認を目的に、各部の補強を行わない仕様で実施した。また、十字試験③は、片面接合とし、裏面は CLT パネルとビス接合しない仕様とした。

試験体のセットアップを図 5.2 に、層せん断力 Q-層間変形角関係の包絡線とその特性値を図 5.3 及び表 5.2 に、主な破壊状況を写真 5.2 に示す。予備試験を除く全ての仕様で、ビス都合部が降伏、塑性化していく挙動を示し、1/15rad まで終局に至らず(1/15rad で加力を中止)、十分な塑性変形性能が得られる接合であることが確認出来た。また、終局まで、CLT パネル及び鋼材(アングル(ビス孔の変形以外)、高力ボルト接合部、鉄骨梁)には、損傷は見られなかった。これらの実験から、構造計算に必要な接合部の特性値を誘導し構造計算に用いた。





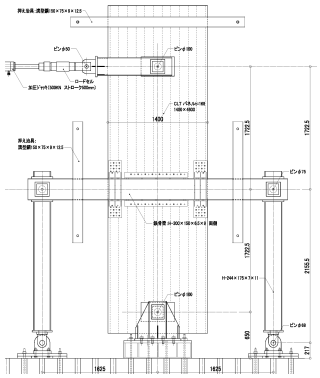
＜中間階＞　　＜最上下階＞　　図 5.1　CLT 大版パネルー鉄骨梁接合部

表 1　試験仕様

接合部位		ビス接合面	補強*1	高力ボルト*2		ビス本数*2		試験体名	備考
				両端部	中央部	両端部	中央部		
中間階	十字接合部	両面	無	8-M12	10-M12	40	16	十字試験①	予備試験
		両面	有	8-M16	10-M16	36	16	十字試験②	
		片面	有	4-M16	5-M16	18	16	十字試験③	
最上下階	T字接合部	両面	有	16-M16	8-M16	40	16	T字試験①	

*1　アングルリブ補強、鉄骨梁スチフナー補強、厚座金の追加等

*2　十字試験は、鉄骨梁上側(下側)両面の本数、T字試験は鉄骨梁上下両面の本数



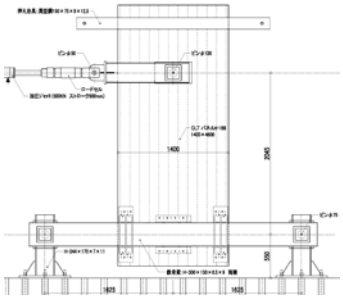


図 5.2　試験セットアップ

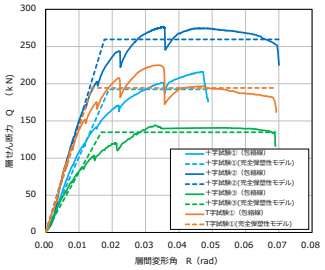


図 5.3　層せん断力-層間変形角の関係　　写真 5.1　主な破壊状況

表 5.2　特性値一覧

試験名	No.	K kN/rad	Q200 kN	Q100 kN	Qy kN	Ry rad	Rv rad	Qu kN	Ru rad	Qmax kN	Rmax rad	μ	DS
十字試験	①	10,113	51	101	122	0.0120	0.0190	193	0.0488	216	0.0466	2.56	0.49
	②	14,714	74	147	163	0.0111	0.0176	260	0.0700	277	0.0352	3.97	0.38
	③	8,071	40	81	86	0.0106	0.0167	135	0.0690	144	0.0328	4.13	0.37
T字試験	①	14,029	70	140	124	0.0088	0.0138	194	0.0690	225	0.0328	4.93	0.34

K：初期剛性、Q200：1/200時のせん断耐力、Q100：1/100時のせん断耐力、Qy:降伏せん断耐力、
Ry：降伏変形角、Rv：降伏点変形角、Qu:終局せん断耐力、Ru：終局変形角、Qmax：最大せん断耐力、
Rmax：最大せん断耐力時の変形角、μ：塑性率、Ds：$1/(2\mu-1)^{0.5}$

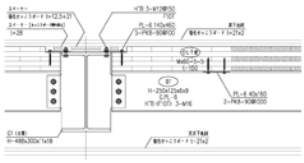
（2）鉄骨フレームに使用する CLT 床パネル接合部

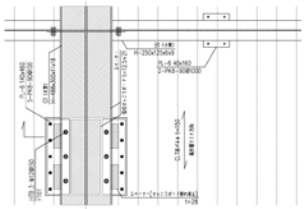
階高の有効率を確保するため、鉄骨梁間に CLT 床パネルを配置する構造とした。図 5.4 に CLT 床パネルの納まり図を示す。鉄骨大梁間に配置した鉄骨小梁の上に CLT 床パネルを載せ、鉛直荷重を支え、水平力に対しては、鉄骨大梁と CLT 床パネルとを鋼板を介して鉄骨大梁とは高力ボルト接合とし、CLT 床パネルとはビス留め接合とした。

図 5.4　CLT 床パネルの納まり

（3）CLT パネル工法における床工事のコスト縮減

ALC の 1 時間耐火床版とのコスト比較を行い,27020 円/㎡（材工）に対し、使用する CLT の 1 時間耐火床版 26580 円/㎡（材工）で総合的に縮減できた。





６．構造システムと架構

鉄骨造純ラーメン架構で、3 階～5 階は床面を CLT 造、2 階床及び R 階床はデッキプレート+鉄筋コンクリート造とする。梁間方向の外周フレームに 2 階床～5 階床間に CLT 板を取り付け、耐震要素として考慮する。CLT 板を桁行きフレームに対して偏心取り付きとしない為、鉄骨大梁を 2 列に配置し、間に CLT 板を配置、大梁も H 形鋼柱に偏心する事無く配置する。1 階部分には CLT 板を設けないので、水平剛性を確保する為に 1 階柱のみコンクリートで被覆し、650×650 の SRC 柱として計画する。保有水平耐力の比較を CLT 耐震要素の有無で比較し、表 6.1　表 6.2　耐震性能の向上（保有水平耐力比で約 1.7 倍）が見られる。

７．本実証により得られた成果

本事業で得られた結果から、S 造+CLT ハイブリット構法のダブルスキンを前提とした設計を実現に向かい確実とすることができた。この検討は、総合的な建設の工夫でコスト縮減をしたことにより、都市部の地域の中小規模の建設会による 5 階建（S 造+CLT ハイブリット構法のダブルスキン）耐火建築の事例でも同様の工法で建築可能となると思われ、さらなる普及が期待できる。

表 6.1　建物の保有水平耐力（CLT 有）

X方向左加力

階	種別	Ds値	Fes値	Qud	Qun (A)	Qu (B)	Qu (CLT負担)		Qu/Qun (B)/(A)	判定	RQu
Z5	S	0.30	1.00	2,805	841	2,104	0	0.0%	2.50	OK	1/138
Z4	S	0.30	1.00	3,876	1,163	2,907	1,325	45.6%	2.50	OK	1/163
Z3	S	0.30	1.00	4,780	1,434	3,585	1,403	39.1%	2.50	OK	1/137
Z2	S	0.30	1.00	5,504	1,651	4,128	2,049	49.6%	2.50	OK	1/102
Z1	S	0.30	1.00	6,317	1,895	4,738	0	0.0%	2.50	OK	1/143

表 6.2　建物の保有水平耐力（CLT 無）

X方向左加力

階	種別	Ds値	Fes値	Qud	Qun (A)	Qu (B)	Qu (CLT負担)		Qu/Qun (B)/(A)	判定	RQu
Z5	S	0.30	1.00	2,776	833	1,272	0	0.0%	1.53	OK	1/191
Z4	S	0.30	1.00	3,799	1,140	1,741	0	0.0%	1.53	OK	1/137
Z3	S	0.30	1.01	4,637	1,402	2,125	0	0.0%	1.52	OK	1/110
Z2	S	0.30	1.06	5,313	1,687	2,435	0	0.0%	1.44	OK	1/100
Z1	S	0.30	1.00	6,108	1,832	2,799	0	0.0%	1.53	OK	1/282

ダブルスキン CLT 建築物の外観イメージ

大和ビル新社屋新築工事の設計・性能実証

Ⅰ 鉄骨フレームと併用する CLT 大板パネルによるダブルスキン建築

1. 設計方針の概要

自社新社屋を、ダブルスキンによる環境親和型の建築とし、そのキャビティに、S 造と CLT 大板(マザーボード)によるハイブリット構法のフレームを設置し、5 層耐火建築の実現と、S 造と CLT によるハイブリット構法の設計検証をする。CLT + S 造フレームには、大板 CT 耐震壁と大板 CLT 床パネル構法で、総合的な建築コスト低減効果を主軸に、建設の合理性から設計し、その耐震壁の性能を実証する。地域建設会社による自力施工を促し、従来コスト高で乖離しやすい先端性と普及性に対し、工事費縮減を促進し、S 造+CLT 大板耐震壁/床パネル構法による中層建築の普及を目指す。

図 1 初期イメージ図

2. 構造の形式の概要

鉄骨造純ラーメン架構で、3 階～5 階は床面を CLT 造、2 階床及び R 階床はデッキプレート+鉄筋コンクリート造とする。梁間方向の外周フレームに 2 階床～5 階床間に CLT 板を取り付け、耐震要素として考慮する。CLT 板を桁行きフレームに対して偏心取り付きとしない為、鉄骨大梁を 2 列に配置し、間に CLT 板を配置、大梁も H 形鋼柱に偏心する事無く配置する。

3. ダブルスキンの法的概要

ダブルスキンのキャビティ内にCLTを表しで設置するための防火上の要件整理と、キャビティ内にCLTを現しで設置できる法的根拠、火災への配慮について以下のとおりである。

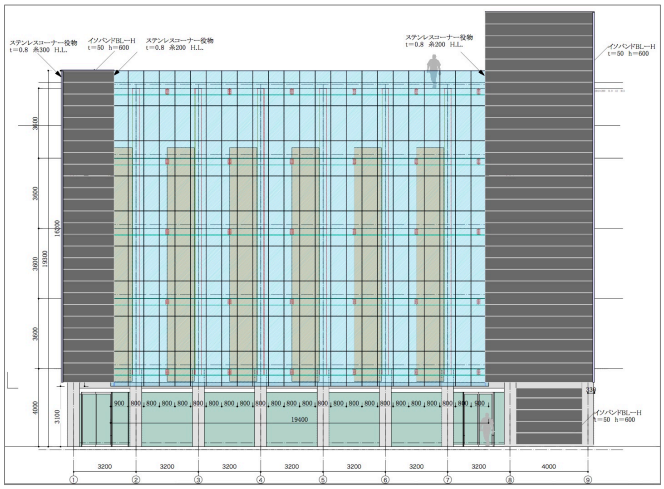


図 2 立面図(ダブルスキン内に耐力壁 CLT が透ける)

1. CLT を表しで使用可能な法的根拠について

1) 耐火建築物であっても、水平力のみを負担する「筋かい」等は主要構造部にあたらないので、原則として耐火被覆する必要はない(該当法令等:法第2条第七号、令第 107 条、及び「建築物の防火避難規定の解説 2016」 P11)。よって、「筋かい」である本件の CLT 壁パネルは現しとすることが可能である。

2) 天井の仕上げを準不燃以上とすることにより、内装制限を受けず、CLTパネルを内装材として表しとすることが可能である(該当法令等:平成 12 年建告第 1439 号)。

2. CLTをキャビティ内に設置するための防火的要件と配慮した事項について

1) ダブルスキンに求められる防火仕様について

・アウタースキン 開口部(建具)は不燃材で、延焼ラインにかかる開口部(建具)は防火設備とする。外壁は 30 分耐火構造とする。

・インナースキン キャビティが「竪穴」となるた

め、室内側開口部（建具）は遮煙性のある防火設備とし、床・壁は準耐火構造の必要がある。

2） 防火的配慮について

CLT板は延焼ラインにかからない配置とし、アウタースキン側からの延焼の恐れよりも、室内での火災によるインナースキン側からの加熱・発火の恐れを考慮する必要がある。上述のようにキャビティ内は竪穴となるため、それ以外の部分との防火区画が必要である。キャビティの竪穴区画に求められる性能は、インナー開口部（建具）については遮煙性のある防火設備が必要で、インナー開口部上下の層間区画を構成する壁（スパンドレル部）については、準耐火構造が求められる。インナー開口部（建具）については、現時点において遮煙性のある防火設備認定を受けているアルミサッシはないため、安全側となる特定防火設備とすることとした。インナー開口部（建具）上下間（スパンドレル）については、開口部の耐火性能

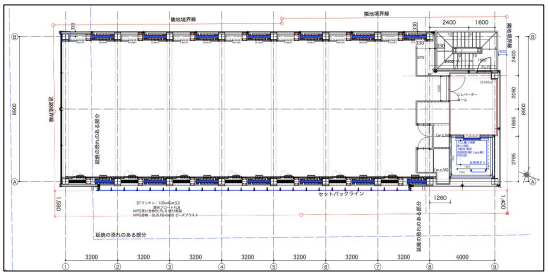


図 3 平面図（ダブルスキン内に CLT を配置）

に合わせ、1時間準耐火構造壁とした。これによって、インナースキンの底部から頂部までを防火区画し、キャビティ内の竪穴区画を構成している。尚、中間階において、CLT 床スラブの竪穴区画壁との取り合いは、インナースキンの防火区画ラインが「通る」よう、納まりのディティールを工夫した。本件のダブルスキンはクローズタイプで上下端で換気制御を行う。

4. コスト縮減の概要

全体の工事費概算は、小規模ビルのダブルスキン建築で CLT と鉄骨ハイブリット構造としては十分な市場展開が見込まれる 108 万円/坪（税別）で、確認申請前の状況で検討できている。床についても軽量でローコスト建築に普及するためには、低層鉄骨造で使用される 1 時間耐火の ALC 床と CLT 床を総合的にコスト比較した。コスト比較では ALC(2.7 万円/㎡) CLT(2.65 万円/㎡)の同等の結果で、有効性が確認できた。縮減の要点は、マザーボードで加工がほとんどない CLT 床板をビス接合により施工することである。

表 1 一時間耐火の ALC CLT を総合比較

ALC床	材工㎡/円	CLT床	材工㎡/円
ALCパネル	12600	CLTパネル	15000
金物・副資材	2000	荷揚等(鉄骨建方時にセット)	1000
荷揚等	2000	施工費（床上ビス施工）	1100
施工費	2600	耐火ボードT＝21/2枚	3500
モルタル金コテT＝28張物下地	3120	梁天端金コテW300モルタル共	1530
梁耐火被覆	1100		
天井 LGS+GB9.5+12.5	3600	天井 LGS+GB-F 21+21	4450
	¥27,020		¥26,580

CLT 工場ではカットのみの歩留まりのいい製造をすることで大幅なコストダウンが図れる。

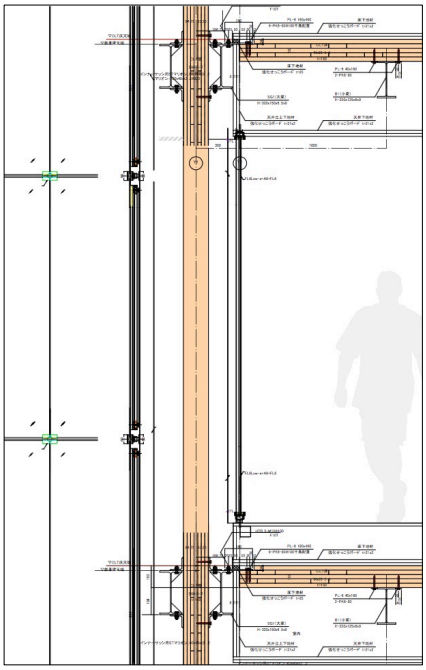


図 4 矩計図（キャビティ内に CLT を配置）

5. 本実証により得られた成果の概要

本事業で得られた結果から、S造+CLTハイブリット構法のダブルスキンを前提とした設計を実現に向かい確実とすることができた。この実証では総合的な建設のコスト縮減をしたことにより、都市部の地域の中小規模の建設会による 5 階建（S造+CLTハイブリット構法のダブルスキン）耐火建築の事例でも同様の工法で建築可能となると思われ、さらなる普及が期待できる。

Ⅱ 鉄骨フレームと併用するCLT大板パネル耐震壁の接合部の開発

1. 設計方針

本構造は、CLT 大板パネルが 2 階から 4 階までの通し壁となっており、2 材の鉄骨梁の間に CLT 大板パネルを挟み込む構造となっている。また、CLT 大板パネルはマザーボードをそのまま現しで使用し、耐震壁としても機能させるため、その接合部の開発を行った。

2. 接合部の要求性能

接合部に要求される性能をまとめると以下の通りである。

①コスト縮減のため仕口加工を行わない接合とする。

②施工精度の確保と施工性の向上が図れる接合とする。

③鉄骨との併用構造であるので、高い初期剛性及び靭性を得られる接合とする。

④CLT パネルの水平力負担率が 50%程度見込める接合とする。

3. 接合部の概要

2.接合部の要求性能に対して、図 1、2 に示す接合部を考案した。

鉄骨梁に既製品のアングルを高力ボルト接合し、そのアングルと CLT パネルをビス留めした接合で、CLT パネルに生じる曲げ及びせん断力をこれらビス接合部のせん断抵抗によって鉄骨梁に伝達するシステムである。

ビスにつては、先孔不要で鋼板添え板接合に適した木質構造用ビスを用いた。アングルと鉄骨梁との接合は、作業性を考慮しトルシア型高力ボルト接合とした。

4. 接合部性能の検証

考案した接合部に対して、実大試験によりその強度性能を検証した。

(1) 試験の概要

試験仕様を表 1 に示す。接合部仕様は、中間階の十字接合部と最上下階の T 字接合部の 2 仕様に対して試験を行った。十字接合部試験は、1 体目(十字試験①)を予備試験として、クライテリア及び試験装置の確認を目的に、各部の補強を行わない仕様で実施した。また、十字試験③は、片面接合とし、裏面は CLT パネルとビス接合

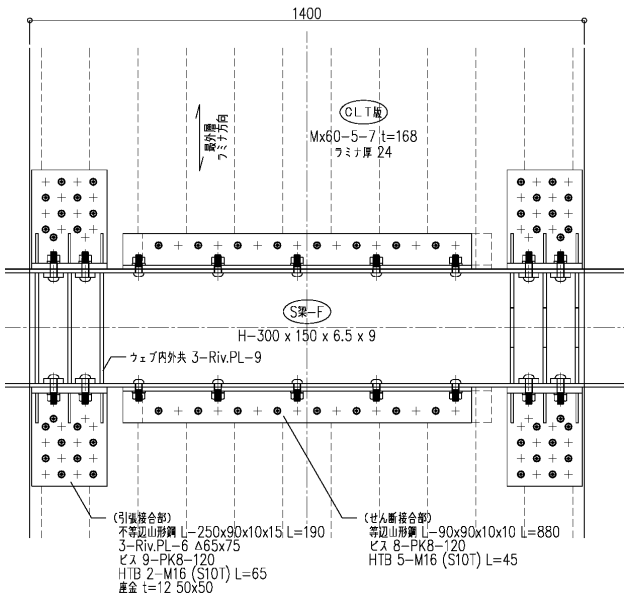


図 1　CLT パネル-鉄骨梁間接合部(中間階)

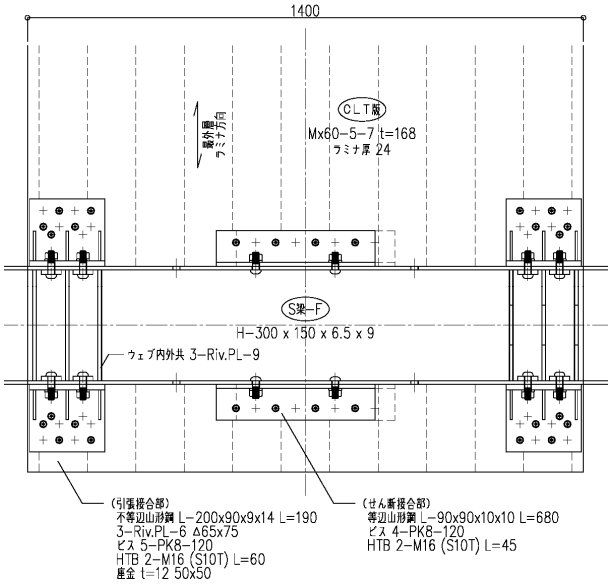


図 2　CLT パネル-鉄骨梁間接合部(最上下階)

表 1　試験仕様

接合部位		ビス接合面	補強*1	高力ボルト*2		ビス本数*2		試験体名	備考
				両端部	中央部	両端部	中央部		
中間階	十字接合部	両面	無	8-M12	10-M12	40	16	十字試験①	予備試験
		両面	有	8-M16	10-M16	36	16	十字試験②	
		片面	有	4-M16	5-M16	18	16	十字試験③	
最上下階	T字接合部	両面	有	16-M16	8-M16	40	16	T字試験①	

*1　アングルリブ補強、鉄骨梁スチフナー補強、厚座金の追加等

*2　十字試験は、鉄骨梁上側(下側)両面の本数、T字試験は鉄骨梁上下両面の本数

しない仕様とした。

試験セットアップを図 3、4 に、試験状況を写真 1 に示す。階高の約 1/2 を加力点及び反力支点とし、梁支点間距離は実施設計に近いスパンとした。加力は正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は、木造の耐力壁試験と同様とし、最大荷重に達した後、最大荷重の 80%の荷重に低下するまで、又はせん断変形角が 1/15rad を超えるまで加力した。各試験体の層せん断力 Q と層間変形角 R の関係を図 5 に、試験体の主な破壊状況を写真 2 に示す。ここで、層せん断力 Q はロードセルの値、層間変形角 R は、十字試験については、加力点－下端反力ピン支点間に対する変形角、T 字試験については、加力点－鉄骨梁芯間に対する変形角である。また、「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」に準じ、エネルギー等価な完全弾塑性モデルに近似し、特性値を算出した結果を図 6 及び表 2 に示す。

予備試験を除く全ての仕様で、ビス接合部が降伏、塑性化していく挙動を示し、1/15rad まで終局に至らず（1/15rad で加力を中止）、十分な塑性変形性能が得られる接合であることが確認出来た。また、終局まで、CLT パネル及び鋼材（アングル(ビス孔の変形以外)、高力ボルト接合部、鉄骨梁）には、損傷は見られなかった。

写真 1　試験状況（十字試験）

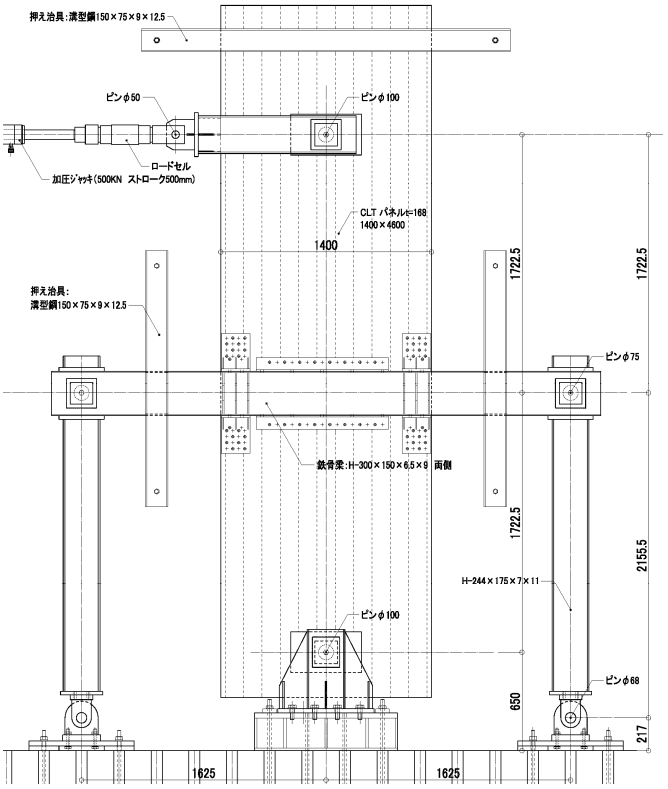


図 3　試験セットアップ（十字試験）

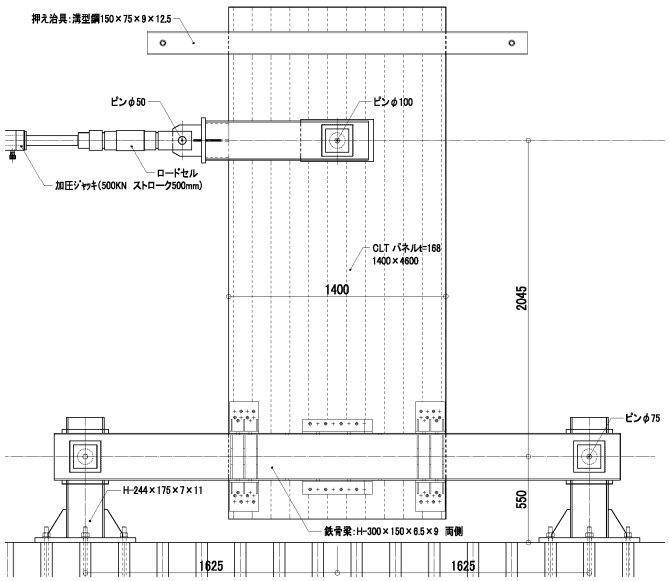


図 4　試験セットアップ（T 字試験）

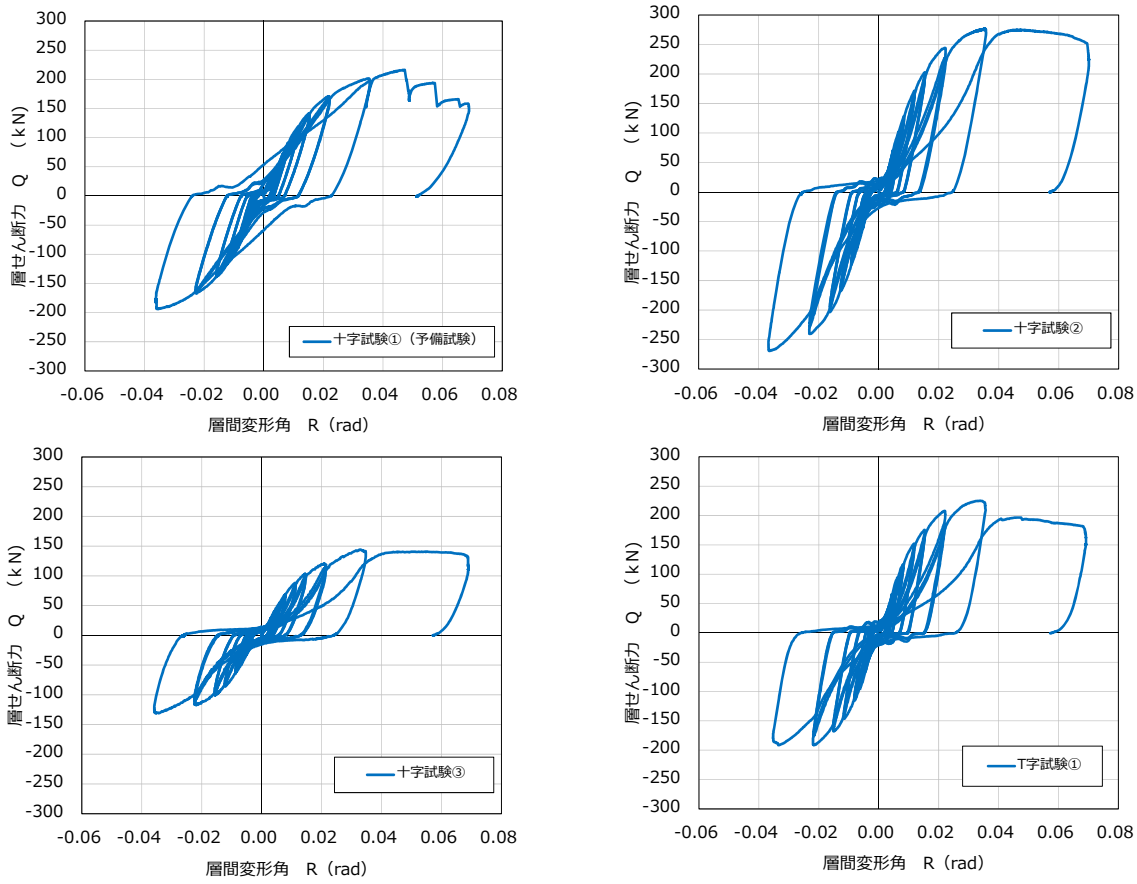


図 5　層せん断力 Q−層間変形角 R の関係

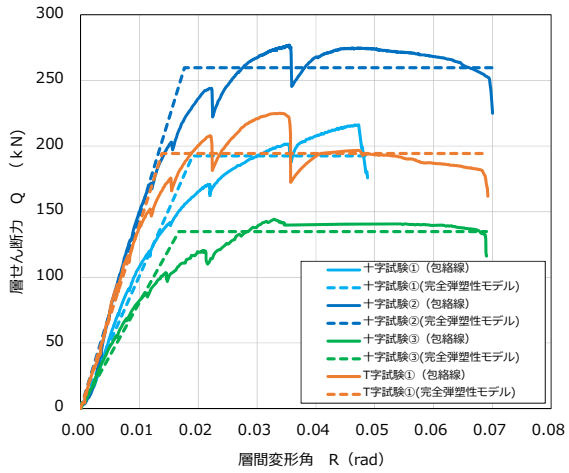


図 6　包絡線と完全弾塑性処理

写真 2　主な破壊状況（ビスのめり込み、変形）

表 2　特性値一覧

試験名	No.	K kN/rad	Q200 kN	Q100 kN	Qy kN	Ry rad	Rv rad	Qu kN	Ru rad	Qmax kN	Rmax rad	μ	DS
十字試験	①	10,113	51	101	122	0.0120	0.0190	193	0.0488	216	0.0466	2.56	0.49
	②	14,714	74	147	163	0.0111	0.0176	260	0.0700	277	0.0352	3.97	0.38
	③	8,071	40	81	86	0.0106	0.0167	135	0.0690	144	0.0328	4.13	0.37
T字試験	①	14,029	70	140	124	0.0088	0.0138	194	0.0690	225	0.0328	4.93	0.34

K：初期剛性、Q200：1/200時のせん断耐力、Q100：1/100時のせん断耐力、Qy:降伏せん断耐力、
Ry：降伏変形角、Rv：降伏点変形角、Qu:終局せん断耐力、Ru：終局変形角、Qmax：最大せん断耐力、
Rmax：最大せん断耐力時の変形角、μ：塑性率、Ds：$1/(2\mu-1)^{0.5}$

(2) 解析モデル

一貫構造計算ソフトで解析するため、間柱モデル(回転バネ+せん断バネ)及びブレス置換モデルを検討した。解析モデルを図 7 に示す。このモデルに対して、実験から求めた接合部の特性値を用いて解析を行い、実験結果との比較を行った(図 8)。両モデル共、計算値と実験値は良好な一致が見られた。

また、このモデルから弾性域における層間変形角に占める各部の割合を求めると、ビス接合部が占める割合は約 50%～60%であった(表 3)。

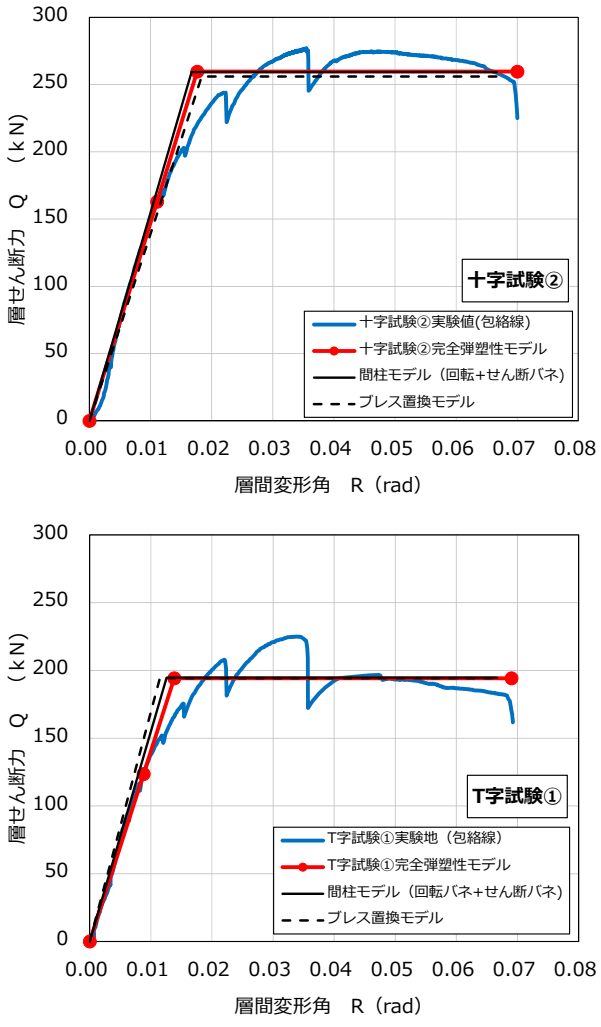
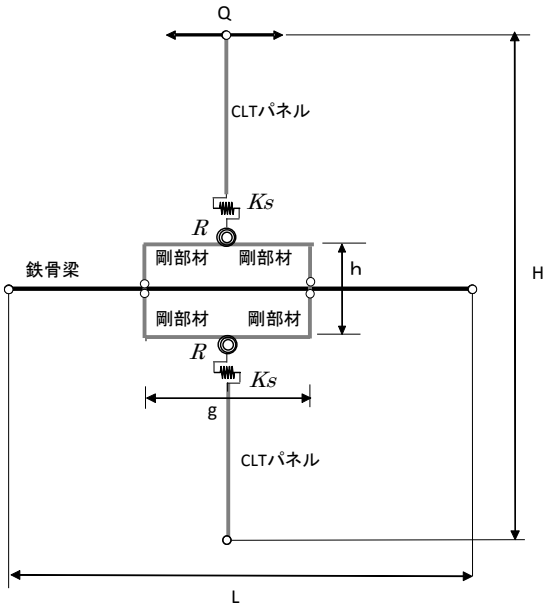


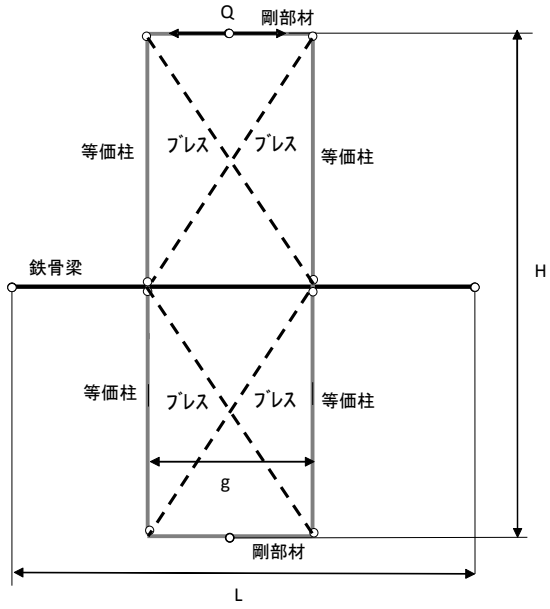
図 8　実験値と計算値の比較(Q-R 関係)

表 3　層間変形角に占める各部の割合（弾性域）

試験名	CLT	鉄骨梁	ビス接合部
十字試験②	22%	30%	49%
T字試験①	23%	19%	58%



＜間柱モデル(回転バネ+せん断バネ)＞



＜ブレス置換モデル＞

記号

H	加力ピン-反力ピン間距離
L	左右ピン間距離
g	ビス接合部剛心間距離
h	H鋼背

図 7　解析モデル

(3) 接合部の特性値

ビスの要素試験の結果及びビス配置から計算した接合部の骨格曲線と実験から得られた接合部の骨格曲線を比較した(図 9)。

両試験体共、計算値は実験値の傾向を良く示しているが、十字試験については通し壁の効果から、計算値は実験値に比べ約 15%低い結果となっている。

(4) まとめ

①本接合部は十分な塑性変形性能を有する接合部であることが確認出来た。
②本接合部の力学的挙動を解析で求める事が可能であることが確認できた。
③設計に必要な接合部の特性値を得る事が出来た。
④これらの知見を基に、本体の構造設計を行なう。

Ⅲ 鉄骨フレームに使用するCLT床パネル接合部の開発

階高の有効率を確保するため、鉄骨梁間に CLT 床パネルを配置する構造とした。

図 10 に CLT 床パネルの納まり図を示す。鉄骨大梁間に配置した鉄骨小梁の上に CLT 床パネルを載せ、鉛直荷重を支え、水平力に対しては、鉄骨大梁と CLT 床パネルとを鋼板を介して鉄骨大梁とは高力ボルト接合とし、CLT 床パネルとはビス留め接合とした。

水平構面の設計は組壁工法建築物の水平構面の設計法(ダイアフラム理論)を基に、各階の構造グリット毎に水平構面を単純梁にモデル化し、CLT パネルに生じる負担せん断力を算出した。尚、外周梁に生じる引張力は鉄骨梁が負担する。CLT パネルのせん断耐力は、枠組壁工法建築物の耐力壁の設計法を基に算出した。接合部の耐力は、既往の研究成果を利用し算出した。

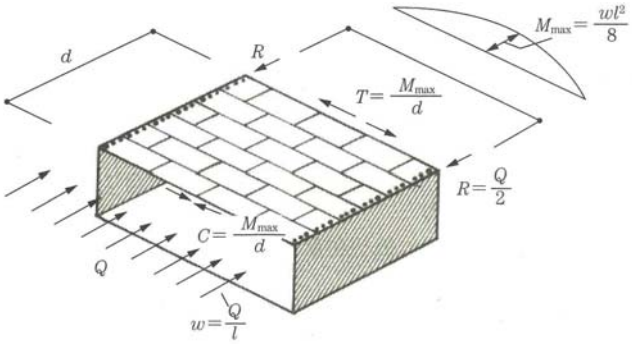


図 11　水平構面のモデル化

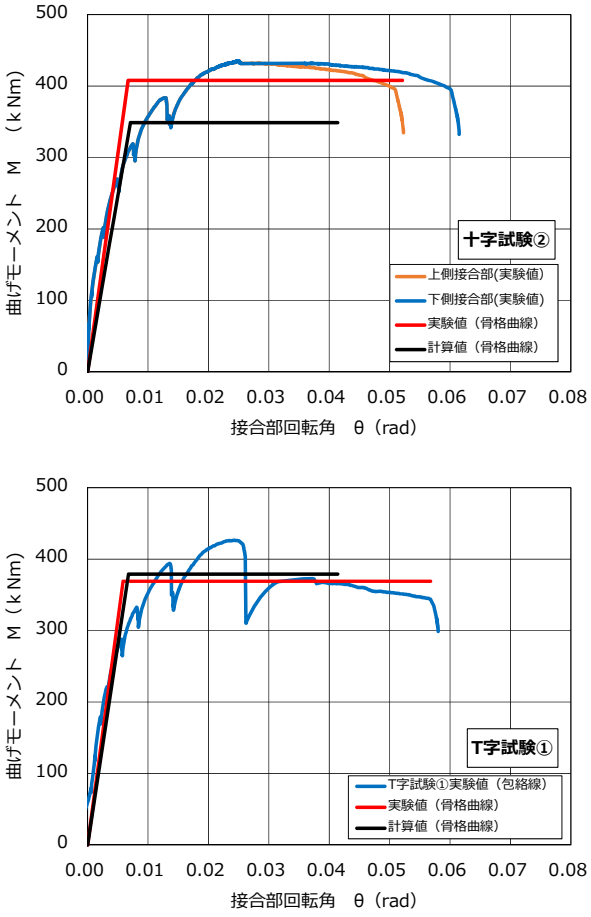


図 9　実験値と計算値の比較
(接合部 M-θ 関係)

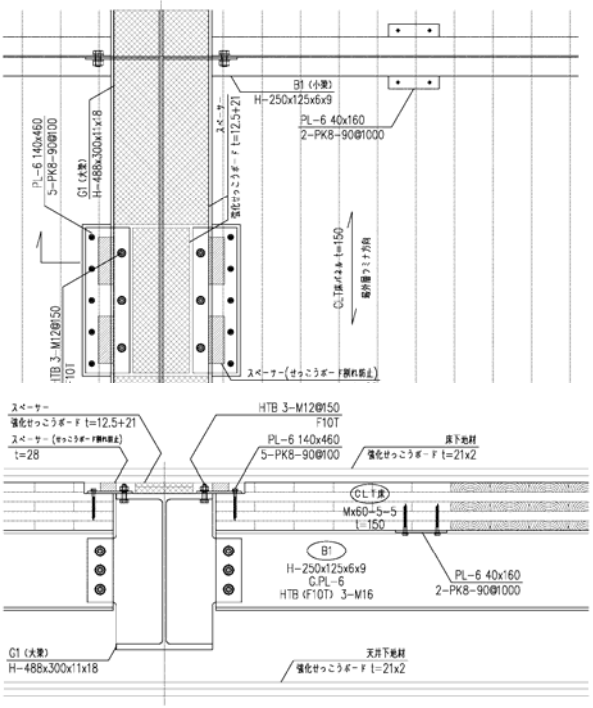


図 10　CLT 床パネルの納まり

Ⅳ 鉄骨フレームと併用する CLT 大板パネル耐震壁の構造解析

1. 構造形式

基本的な構造は鉄骨造純ラーメン架構であり、3 階～5 階については床面を CLT 造、2 階床及び R 階床はデッキプレート+鉄筋コンクリート造とする。梁間方向の外周フレームについて 2 階床～5 階床間に CLT 板を取り付け、耐震要素として考慮する。CLT 板を桁行きフレームに対して偏心取り付きとしない為、鉄骨大梁を 2 列に配置し、間に CLT 板を配置、大梁も H 形鋼柱に偏心する事無く配置する。1 階部分には CLT 板を設けないので、水平剛性を確保する為に 1 階柱のみコンクリートで被覆し、650×650 の SRC 柱として計画する。

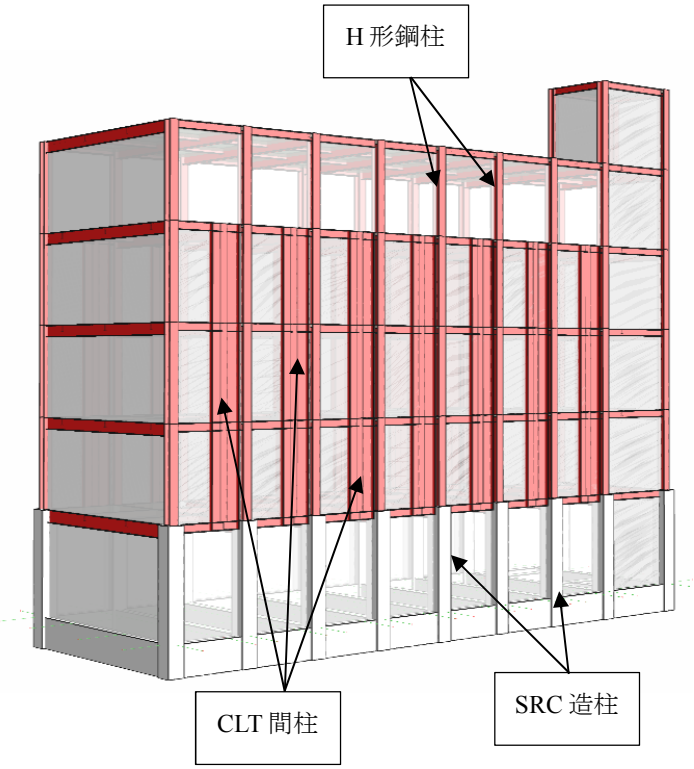


図1　架構形式

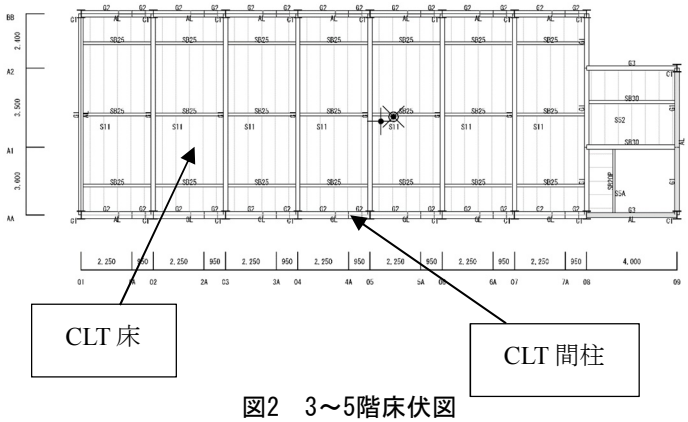


図2　3～5階床伏図

2. 接合部の性能

試験体を図3、4に示すようなモデル化とし、加力実験により得られた接合部の剛性及び耐力を一貫計算モデル化に適用し解析を行う。CLTは間柱としてモデル化し、階をまたいで連続的に配置される部分と端部で実験によって得られた十字接合部とT字接合部の結果を使い分ける事とする。

設計用接合部特性値

1. 十字接合部

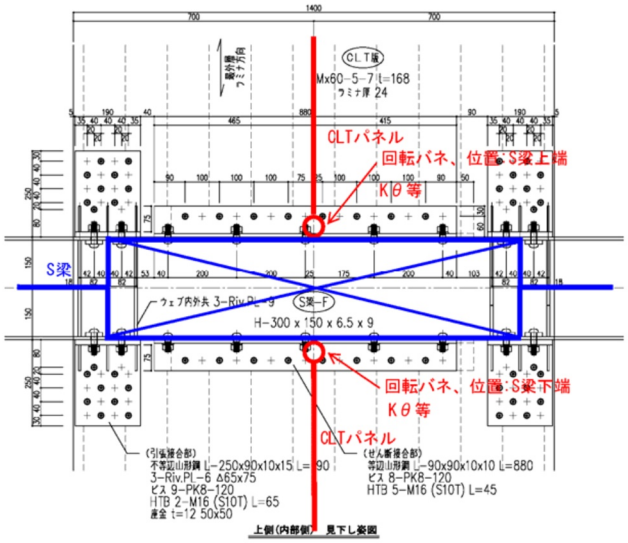


図3　試験体とモデル化（十字接合部）

2. T 字接合部

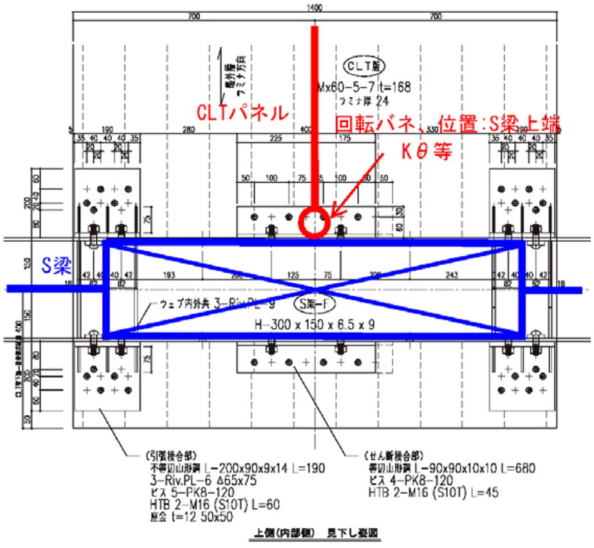


図 4　試験体とモデル化（T 字接合部）

加力実験で得られた特性値を以下の表 1～4 に示す。

表 1　実験より得られた接合部曲げ(十字接合部)

初期回転剛性 Kθ (kNm/rad)	短期許容耐力 Ms(kNm)	短期回転角 θ s(rad)	終局耐力 Mu(kNm)	降伏点回転角 θ v(rad)	終局回転角 θ u(rad)
60,562	189	0.00312	408	0.00673	0.0521

表 2　実験より得られた接合部せん断(十字接合部)

初期剛性 Ks(kN/mm)	短期許容耐力 Qs(kN)	短期変位 δ s(mm)	終局耐力 Qu(kN)	降伏点変位 δ v(mm)	終局変位 δ u(mm)
85	118	1.38	262	3.07	17.3

表 3　実験より得られた接合部曲げ(T 字接合部)

初期回転剛性 Kθ (kNm/rad)	短期許容耐力 Ms(kNm)	短期回転角 θ s(rad)	終局耐力 Mu(kNm)	降伏点回転角 θ v(rad)	終局回転角 θ u(rad)
62,758	181	0.00288	369	0.00588	0.0568

表 4　実験より得られた接合部せん断(T 字接合部)

初期剛性 Ks(kN/mm)	短期許容耐力 Qs(kN)	短期変位 δ s(mm)	終局耐力 Qu(kN)	降伏点変位 δ v(mm)	終局変位 δ u(mm)
73	93	1.27	196	2.68	21.5

3.　建物の応力解析モデル

一貫計算モデルではRC造仕口以外は原則、柱梁接合部（ﾊﾟﾈﾙｿﾞｰﾝ）のせん断変形を考慮する。間柱端部（柱頭、柱脚）は接合部の回転剛性を評価（柱頭部と柱脚部で剛性を変える事が出来ないので十字の値で代表)、せん断剛性はせん断断面積を低減する事で評価する。曲げ耐力は柱頭、柱脚で各々設定するが、せん断耐力は各々設定が不可能なので端部を含む Z2 階及び Z4 階は T 字実験で得られたせん断耐力を採用する。解析モデル図を図 5 に示す。

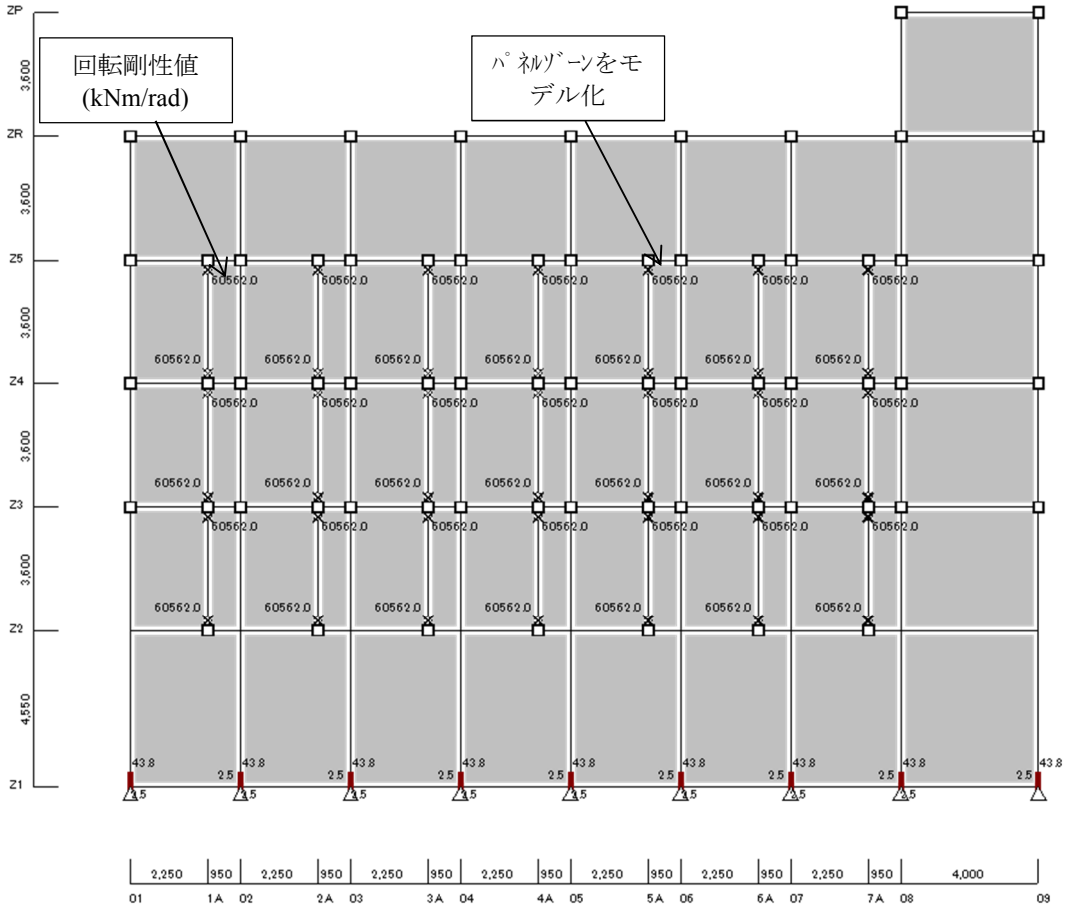


図 5　建物の応力解析モデル

4. 架構の崩壊メカニズム

CLT 柱を組み込んだ解析モデルで荷重増分解析（最大層間変形角：1/50）を行い、崩壊メカニズムの確認を行った。CLT 間柱は最下端（Z2 階）で曲げ降伏を生じているが、他の部位には曲げ降伏、せん断降伏は生じていない。全体的に降伏部位は CLT 間柱により短スパンとなった境界梁の両端に塑性ヒンジを生じる崩壊形となっており、極めて稀に発生する地震動に対するエネルギー吸収能力は鉄骨部材にて決定されると考えられる（鉄骨梁の一部で生じたせん断降伏部材は適宜補強を行う）。鉄骨部材の幅厚比は全て FA ランクであるが、安全を見て FB ランク相当の Ds 値を採用して保有水平耐力を算定する。

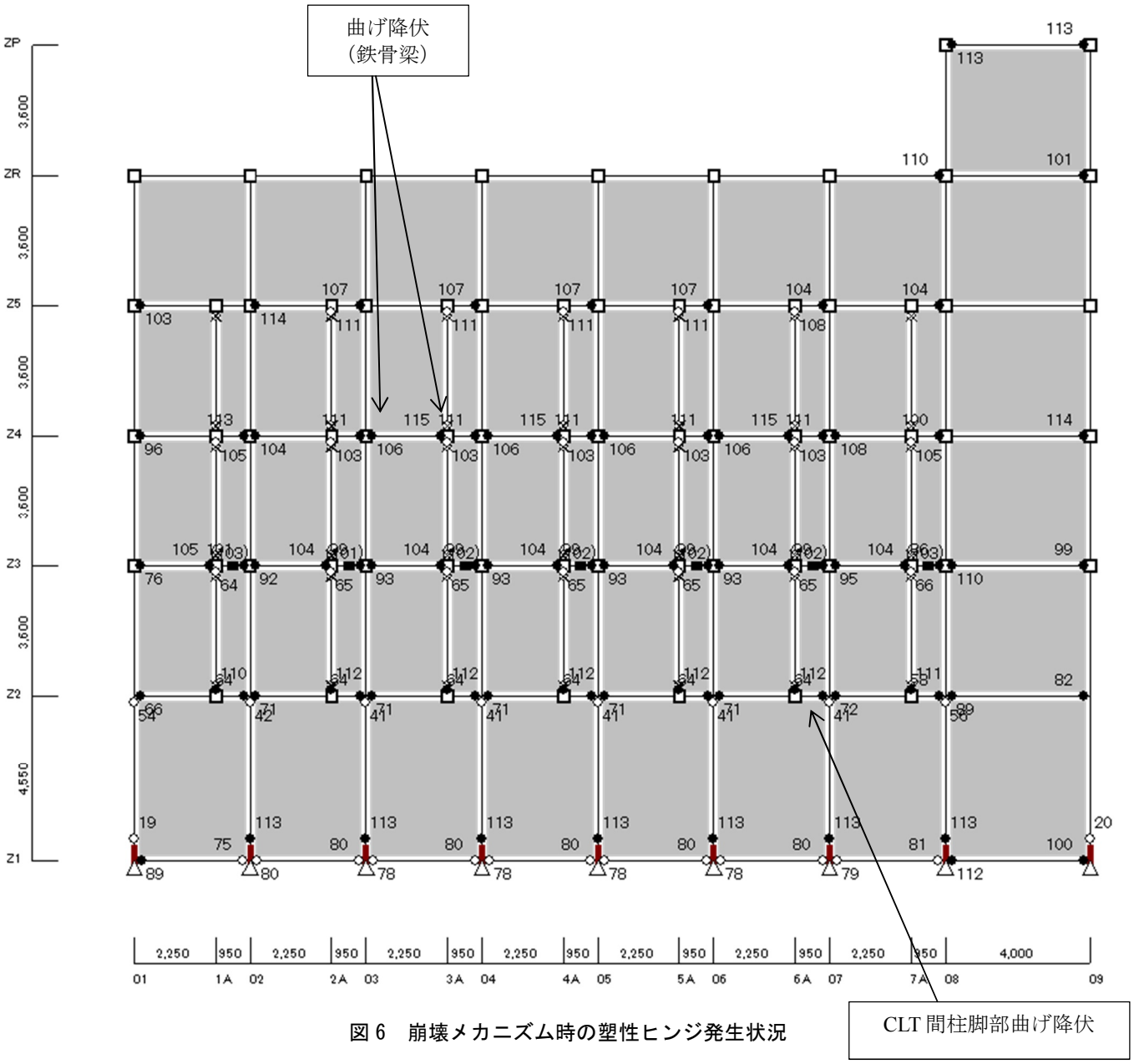


図 6　崩壊メカニズム時の塑性ヒンジ発生状況

5.　架構の保有水平耐力

保有水平耐力は層毎の最大層間変形角が 1/100 に到達した時点での保有せん断力とする。

解析により得られた保有水平耐力を表 5～6 に、当該保有水平耐力時の塑性ヒンジ発生状況を図 7 に示す。

表 5　建物の保有水平耐力(1)（CLT 間柱有）

X方向左加力

階	種別	Ds値	Fes値	Qud	Qun (A)	Qu (B)	Qu (CLT負担)		Qu/Qun (B)/(A)	判定	RQu
Z5	S	0.30	1.00	2,805	841	2,104	0	0.0%	2.50	OK	1/138
Z4	S	0.30	1.00	3,876	1,163	2,907	1,325	45.6%	2.50	OK	1/163
Z3	S	0.30	1.00	4,780	1,434	3,585	1,403	39.1%	2.50	OK	1/137
Z2	S	0.30	1.00	5,504	1,651	4,128	2,049	49.6%	2.50	OK	1/102
Z1	S	0.30	1.00	6,317	1,895	4,738	0	0.0%	2.50	OK	1/143

表 6　建物の保有水平耐力(2)（CLT 間柱有）

X方向右加力

階	種別	Ds値	Fes値	Qud	Qun (A)	Qu (B)	Qu (CLT負担)		Qu/Qun (B)/(A)	判定	RQu
Z5	S	0.30	1.00	2,805	841	2,104	0	0.0%	2.50	OK	1/138
Z4	S	0.30	1.00	3,876	1,163	2,907	1,324	45.5%	2.50	OK	1/163
Z3	S	0.30	1.00	4,780	1,434	3,585	1,403	39.1%	2.50	OK	1/137
Z2	S	0.30	1.00	5,504	1,651	4,128	2,048	49.6%	2.50	OK	1/100
Z1	S	0.30	1.00	6,317	1,895	4,738	0	0.0%	2.50	OK	1/141

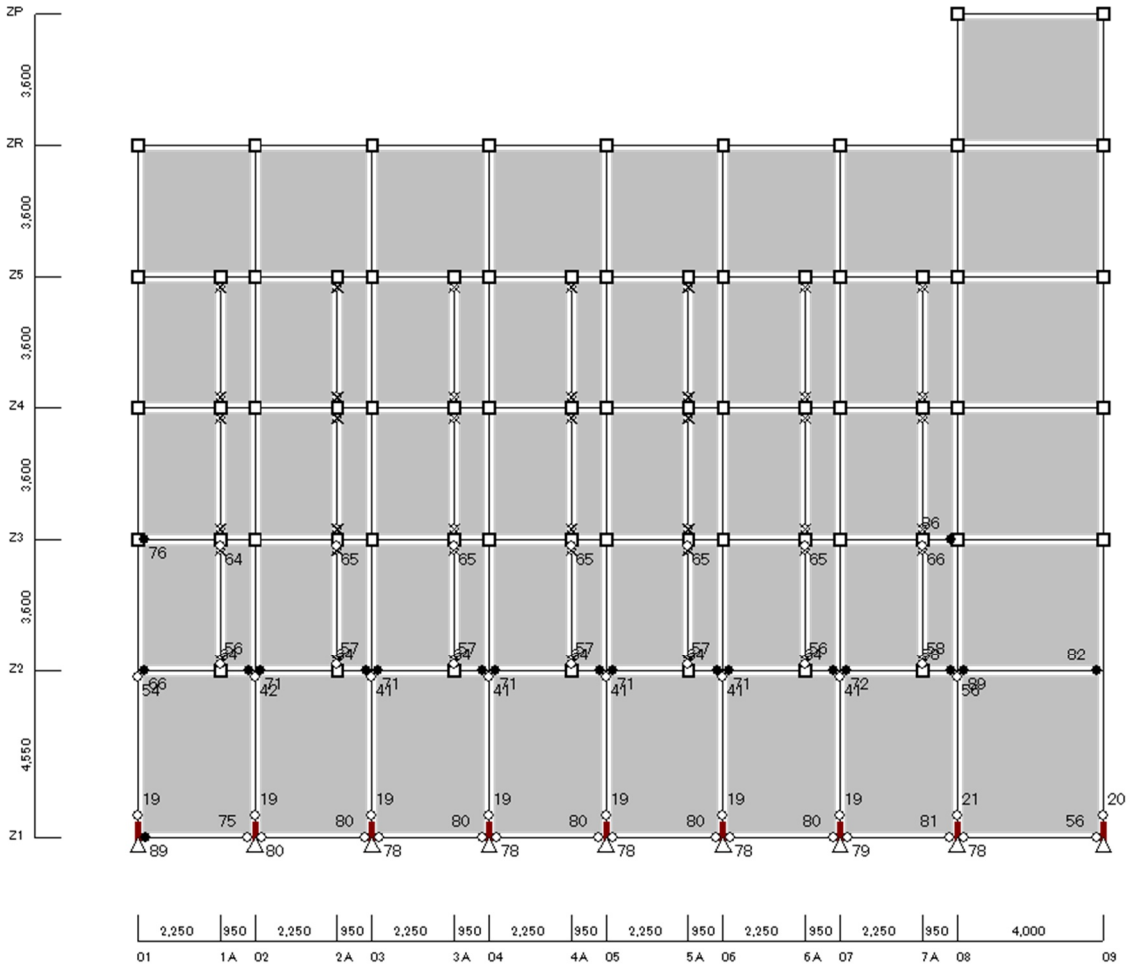


図 7　保有水平耐力時の塑性ヒンジ発生状況

6. まとめ

保有水平耐力時には主に 2 階レベルの大梁に塑性ヒンジが形成されているが、CLT 間柱を含めて他の部材はほぼ弾性限耐力以内となっている。

CLT 間柱の無い状態での架構の保有水平耐力を計算すると、表 7～8 のようになっており、CLT 間柱を設ける事で耐震性能の向上（保有水平耐力比で約 1.7 倍）が見られる。

X方向左加力

表 7　建物の保有水平耐力(1)（CLT 間柱無）

階	種別	Ds値	Fes値	Qud	Qun (A)	Qu (B)	Qu (CLT負担)		Qu/Qun (B)/(A)	判定	RQu
Z5	S	0.30	1.00	2,776	833	1,272	0	0.0%	1.53	OK	1/191
Z4	S	0.30	1.00	3,799	1,140	1,741	0	0.0%	1.53	OK	1/137
Z3	S	0.30	1.01	4,637	1,402	2,125	0	0.0%	1.52	OK	1/110
Z2	S	0.30	1.06	5,313	1,687	2,435	0	0.0%	1.44	OK	1/100
Z1	S	0.30	1.00	6,108	1,832	2,799	0	0.0%	1.53	OK	1/282

X方向右加力

表 8　建物の保有水平耐力(2)（CLT 間柱無）

階	種別	Ds値	Fes値	Qud	Qun (A)	Qu (B)	Qu (CLT負担)		Qu/Qun (B)/(A)	判定	RQu
Z5	S	0.30	1.00	2,776	833	1,272	0	0.0%	1.53	OK	1/191
Z4	S	0.30	1.00	3,799	1,140	1,741	0	0.0%	1.53	OK	1/137
Z3	S	0.30	1.01	4,637	1,402	2,125	0	0.0%	1.52	OK	1/110
Z2	S	0.30	1.06	5,313	1,687	2,435	0	0.0%	1.44	OK	1/100
Z1	S	0.30	1.00	6,108	1,832	2,799	0	0.0%	1.53	OK	1/279

2.6 健康住宅（株）／HOUSEORIGIN（株）

事業名			木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業
実施者（担当者）			健康住宅株式会社／HOUSEORIGIN株式会社
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		福岡県福岡市西区大字千里字塚本４９３番の一部
	構造・工法		CLT壁＋木造軸組工法
	階数		2
	高さ（m）		7.505
	軒高（m）		6.705
	敷地面積（㎡）		887.47
	建築面積（㎡）		181.35
	延べ面積（㎡）		355.66
	階別面積	１階	181.35
		２階	174.31
		３階	
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量　22.32㎥、建築物使用量　21.17㎥
	壁パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	屋根パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ　梁：ベイマツ集成材
	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		55.34㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板折板葺き
		外壁	けい酸質混入ｾﾒﾝﾄ板ｱ9.0＋ﾓﾙﾀﾙｱ15+ｾﾗﾐｯｸｼﾘｺﾝ樹脂系塗材仕上
		開口部	ｱﾙﾐ樹脂複合ｻｯｼ＋複層ガラス（Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅16mm）
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切り壁	PB12.5mm、一部CLT現し
		床	磁器質ﾀｲﾙ、ﾀｲﾙｶｰﾍﾟｯﾄ、長尺ｼｰﾄ、複合ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ、ﾌﾛｱﾀｲﾙ 構造用合板下地
		天井	PB12.5
構造	構造計算ルート		ルート１パネル工法
	接合方法		ビス接合＋U字金物
	最大スパン		5.46m
	問題点・課題とその解決策		直行するCLTパネルのときなど、基礎取り合い金物位置を考慮する必要があった。 CLTパネルの切り欠きを極力抑えるために、在来の梁せいを揃える必要があった。
防耐火	防火上の地域区分		指定なし
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		防火構造　外壁・屋根
	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		該当有
	温熱環境確保に関する課題と解決策		外断熱なので、CLTﾊﾟﾈﾙ等の内部木材は蓄熱材と考えられる。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	A種ﾌｪﾉｰﾙﾌｫｰﾑ1種2号 t=45
		外壁	A種ﾌｪﾉｰﾙﾌｫｰﾑ1種2号　t=30
		床	基礎外断熱 ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝﾌｫｰﾑ　t=50mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		床の一部に遮音床（２階チャイルドスペース）
	建て方における課題と解決策		建方に日数を要する為、雨への対策が必要。
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLTパネルには穿孔できない為、配管計画が必要。
	劣化対策		防湿防蟻ﾌｨﾙﾑt=1.8mm(ﾀｰﾐﾀﾞﾝｼｰﾄ)
工程	設計期間		2019年5月～10月（6.0カ月）
	施工期間		2019年11月～2020年4月（6.0ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2020年1月上旬～中旬（１周間）
	竣工（予定）年月日		2020年4月20日
体制	発注者		健康住宅株式会社
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		HOUSEORIGIN株式会社、LOOPSARCHTECT株式会社　共同設計
	構造設計者		株式会社シェルター、なな喜建築設計室
	施工者		健康住宅株式会社
	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（産地指定無し）

実証事業名：木質構造技能者研修センターCLT 工事実証事業
建築主等／協議会運営者：健康住宅㈱／HOUSEORIGIN㈱

１．実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		福岡県福岡市		
構造・工法		木造軸組工法＋CLT 壁（耐力壁）		
階数		2		
高さ（m）		7.505	軒高（m）	6.705
敷地面積（㎡）		887.47	建築面積（㎡）	181.35
階別面積	１階	181.35	延べ面積（㎡）	355.66
	２階	174.31		
	３階			
CLT 採用部位		壁		
CLT 使用量（㎥）		加工前製品量 23.22 ㎥、加工後建築物使用量 21.17 ㎥		
CLT を除く木材使用量（㎥）		55.34 ㎥		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	90㎜ 厚/3 層 3 プライ/S60 相当/スギ		
	床			
	屋根			
設計期間		2019 年 5 月～10 月（6 カ月）		
施工期間		2019 年 11 月～2020 年 4 月（6 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 1 月上旬～中旬（1 週間）		
竣工（予定）年月日		2020 年 4 月 20 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

実証事業の目的

現在、CLT 建築は普及に至っておらず、地域の建設事業者にとっては縁遠い存在となっていますが、木造住宅会社が本事業を活用しＣＬＴ建築に取組む事で、木造建築に関わる設計・施工技術者の新たな技術習得と技術の伝達と普及、人材の育成に繋がると考えます。

さらに、本事業を実施する事でより多くの木造建築技術者の知識と技術力向上が図れるなど、様々な角度からの普及に繋がります。

また、将来的には住宅のスケルトンを CLT と在来工法で造る事で、室内空間がフレキシブルに対応でき、新しい建築手法にも拡大していく可能性が見込まれるなど、ＣＬＴを活用した建築技術が木造住宅市場の拡大と地域貢献に繋がると考えます。

実証事業で設定する課題

・木造軸組み工法との建築コスト比較や問題点の洗出し及び、解決に向けての方策
・ＣＬＴ建築の総コスト削減と施工省力化に向けた具体的な内容
・木造設計・施工技術者（大工）の苦手意識解消に向けて今回の実証建築を元に
スキルアップ実地研修内容を検討。
・CLT と在来部分の接合部、金物の仕様の検討と材料の歩留まり向上の手法

３．協議会構成員

（設計）HOUSEORIGIN 株式会社：取締役　吉本高広（協議会運営者）
LOOPSARCHTECT 株式会社：梶原秀隆
（施工）健康住宅株式会社：矢野浩史　HOUSEORIGIN 株式会社：内田哲也、藤村興
（構造設計）株式会社シェルター：東京支社　林隆、なな喜建築設計室：久野奈穂子
（材料）株式会社シェルター：東京支社　林隆・渡辺利和
銘建工業株式会社：木質構造事業部　三嶋幸三、三宅和男
(木材アドバイザー) 福岡中小建設協同組合：小林司
（材料）村上木材九州営業所：吉井智紀、木村太二

４．課題解決の方法と実施工程

・ＣＬＴの調達ルートと、在来との取り合い部分の設計・施工技術検討をワーキング
グループ形式で実施した。
・社員大工を始めとした大工を中心に施工研修等を行った。
・ＣＬＴついては㈱シェルターと銘建工業㈱に協力していただき、HOUSEORIGIN㈱、
LOOPSARCHITECT㈱の設計部門が中心となり、歩留まりや接合部の検討を進めて
健康住宅㈱が施工した。
・ＣＬＴによるコスト増の内容分析および、軸組み工法と CLT での施工手間の増える要因
の比較分析を行った。
本施設を在来で造った場合と RC で造った場合の見積りと本プロジェクトでの見積もり
を作成し、双方での共通箇所の比較分析を行った。

＜協議会の開催＞

2019 年
10 月 7 日：第 1 回開催　スケジュール確認、問題点洗い出し
10 月 30 日：第 2 回開催　着工前確認、CLT パネル、基礎施工図　確認
11 月 29 日：第 3 回開催　基礎工事進捗確認、CLT パネル・他の施工図確認
12 月 24 日：第 4 回(構造関連)開催　CLT アンカーセット状況確認
2020 年
1 月 10 日：第 5 回開催　CLT パネル建て方状況確認
2 月 13 日：第 6 回開催　工事改善点等確認、実証事業の取りまとめ

実施計画

＜設計＞

2019 年

7 月：基本設計

8 月：構造設計

9 月：実施設計、構造設計、建築確認申請

＜施工＞

2019 年

11 月：工事契約

11 月：着工、基礎工事

12 月：基礎工事

2020 年

１月：CLT パネル工事

２月：木工事、内外装工事

３月：設備工事

４月：家具工事

５．得られた実証データ等の詳細

設定された課題において次の結果が得られた。

・CLT を壁に使用した時の構造設計図や設計詳細図。

・施工、搬入の際に注意点や人為的エラー報告書、改善報告書、ｽｷﾙｱｯﾌﾟ実地研修報告書

・在来軸組工法とＣＬＴ＋在来軸組工法、RC 造を比較したときのコスト縮減比較資料

・「木質構造技能者研修センター」の設立報告書

６．本実証により得られた成果

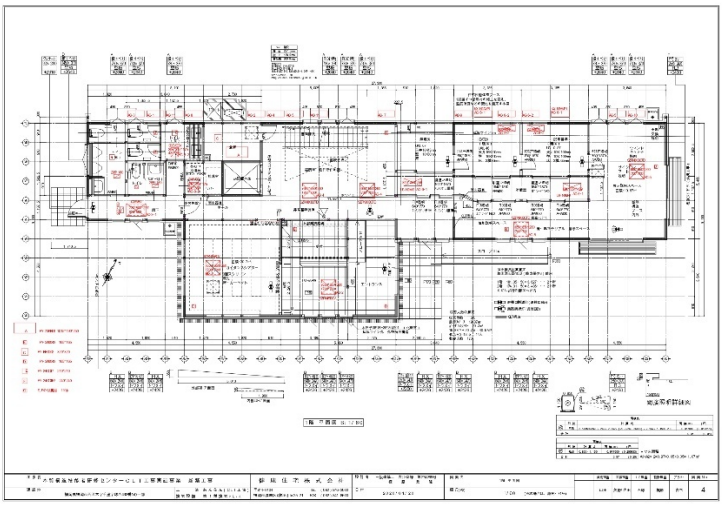
ＣＬＴ工法の未来をまず私たち地域の建設会社が施工してみることで何を感じるのか。

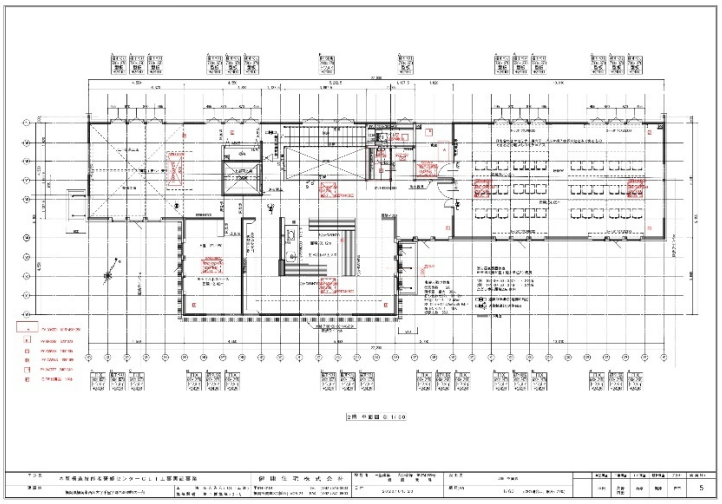
そして、それが素晴らしい未来に繋がるようになるために構造だけでなく、全体的なディテールにこだわりながら、サイズの標準化や人工の省力化、フレキシブルに対応できる内装の捉え方など様々な部分で検討、検証ができた。

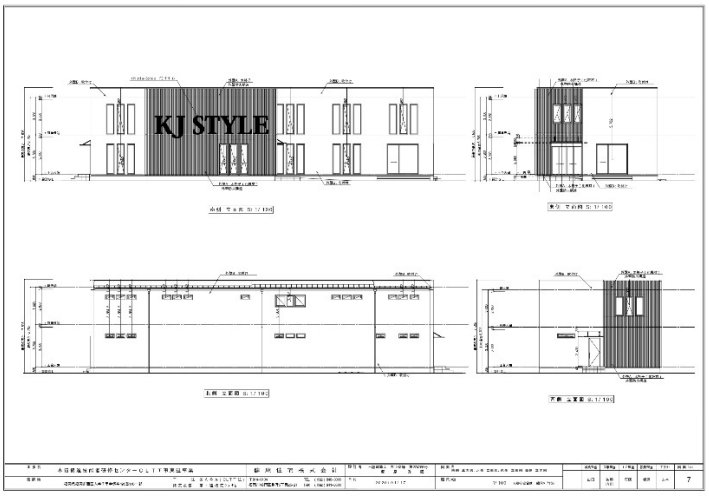
そして、ＣＬＴ工法やその他の木質構造、断熱性能、耐震性能を見学したい事業者や個人の皆様にいつでも見て頂けるようにできる資料館を造り、そこで様々な価値観に触れたもらいその中で「自らの正解」を選択してもらうことができる場にしたいと考えている。

また、大工や左官職人等の技能者の育成を促進することができる施設としても常に利用し、定期的な勉強会などを開催していく予定。

７．建築物の平面図・立面図・写真等







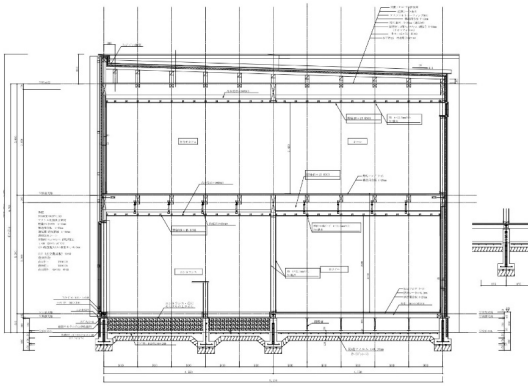
■事業概要

・本実証により得られた成果

まずCLT建築がどのような構造になのか　巷に十分な資料もなく、㈱シェルターと銘建工業㈱から資料などの協力を得ることで、ようやく概要を把握できた。　このような計画の初期段階から施工まで、上記の協力会社で構成される協議会は不可欠だった。

計画の初期では建築コストを検討し、CLTパネルの使用部位は構造の壁とし、その他は在来工法とすることで合理化を図った。
パネルの種類は材積を考えて3層90㎜厚を採用した。

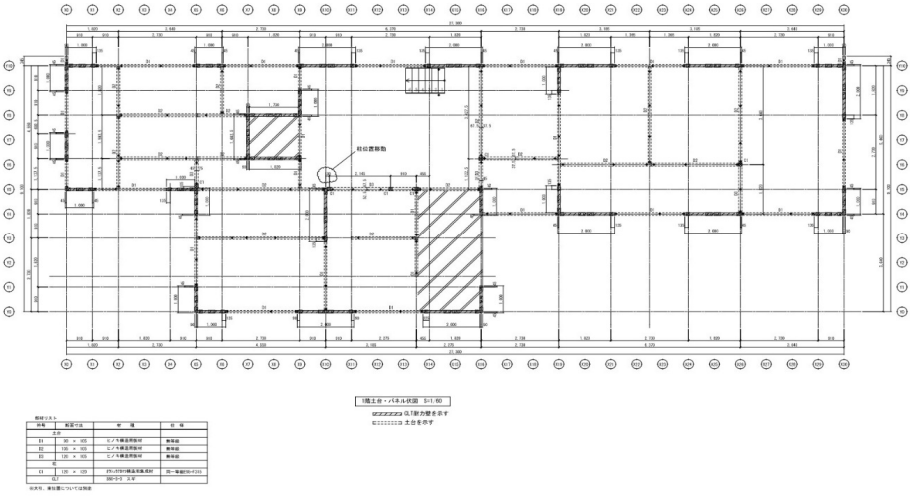
CLTパネル3層3ﾌﾟﾗｲ90㎜



矩計図

・CLTパネル配置について

本計画建物の用途、将来的にフレキシブルに対応可能とするため、できるだけ大きな区画で構成しスケルトン・インフィルを考えて平面計画を行った。



・協議会の重要性

施工図から施工内容に至るまで、経験豊富な協議会の皆様に様々なことを教えていただきながら今回の実証事業をすすめることができた。構造と全体の構成は㈱シェルターとなな喜建築設計室に材料から工事に関することは銘建工業㈱に、在来部分取り合いについては村上木材㈱からそれぞれの意見をその場で出し合いながら最良の方法を選択していけた。
また木材アドバイザーとして福岡中小建設共同組合にはCLT構造見学会の周知や呼びかけを、全般に渡ってしていただけた。

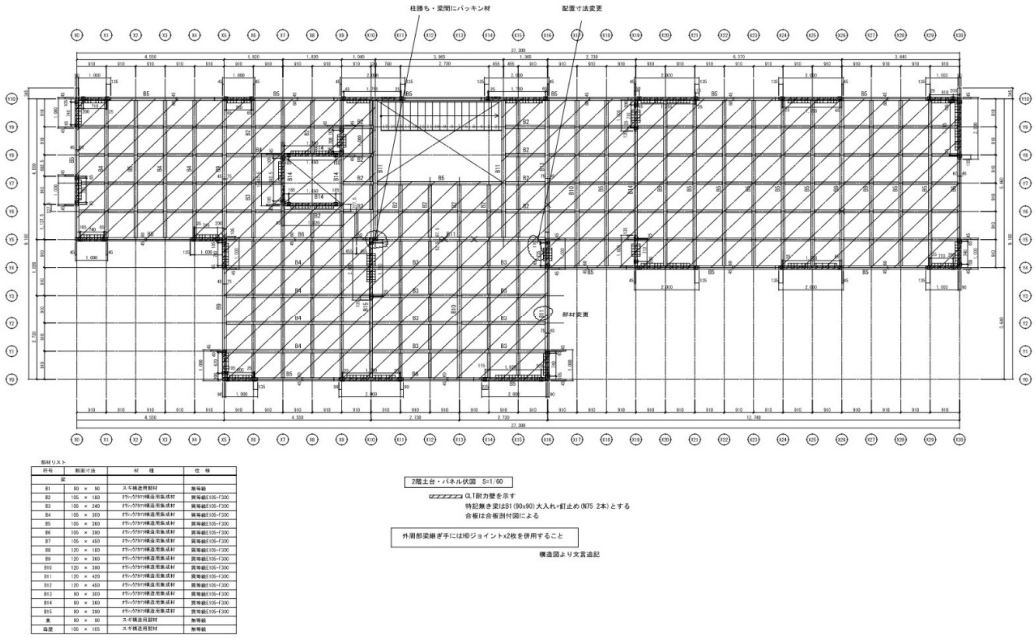
・CLT施工図（別紙10枚添付）

CLTのパネルサイズは1000と2000と設定、単独の柱６ヶ所必要となった。

CLTパネル幅は90㎜、在来の土台(壁)幅は105㎜外部の面合わせとし、内側は15㎜の壁フカシとした。

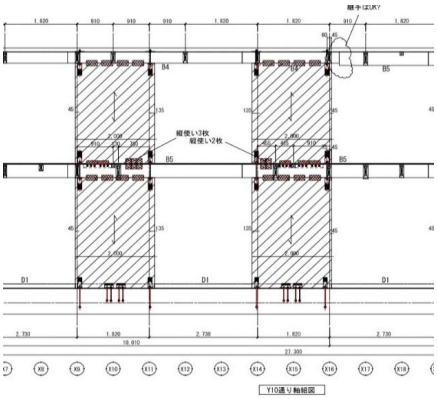
外周部の梁せいは、極力同じとしてパネル高さが不揃いにならないようにした。（施工の省力化）

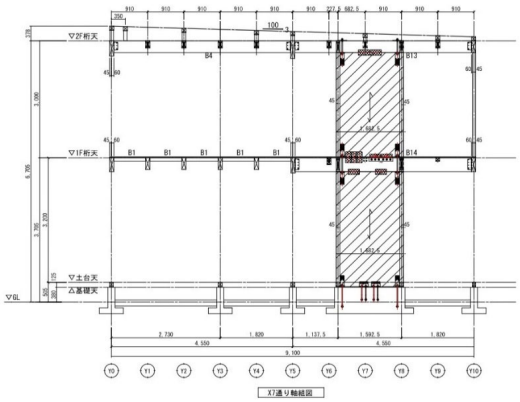
施工図には、注意確認を要すところには、雲マークを入れることにした。



２階床のせん断金物について、床合板勝ちになっていることから、通常のSP金物は金物高さが足りずビス穴位置が合板部分になるため使用できない。特殊な幅広のSP金物もあるとのことだったが今回は内側に受け材を取り付けて床とパネルを固定する LST金物とした。

引きボルト金物との兼ね合いでスペースが無くなりLST金物が納まりきれないところ、または梁が干渉し 受け材が取り付けられないところ、そして 出っ張りが許されないEVシャフトについては仕様規定外だが、SP金物を縦に使い 合板部分をまたいでもビスが打てる位置に穴があり、３枚とすることで必要とするビスの本数は確保できると考えた。

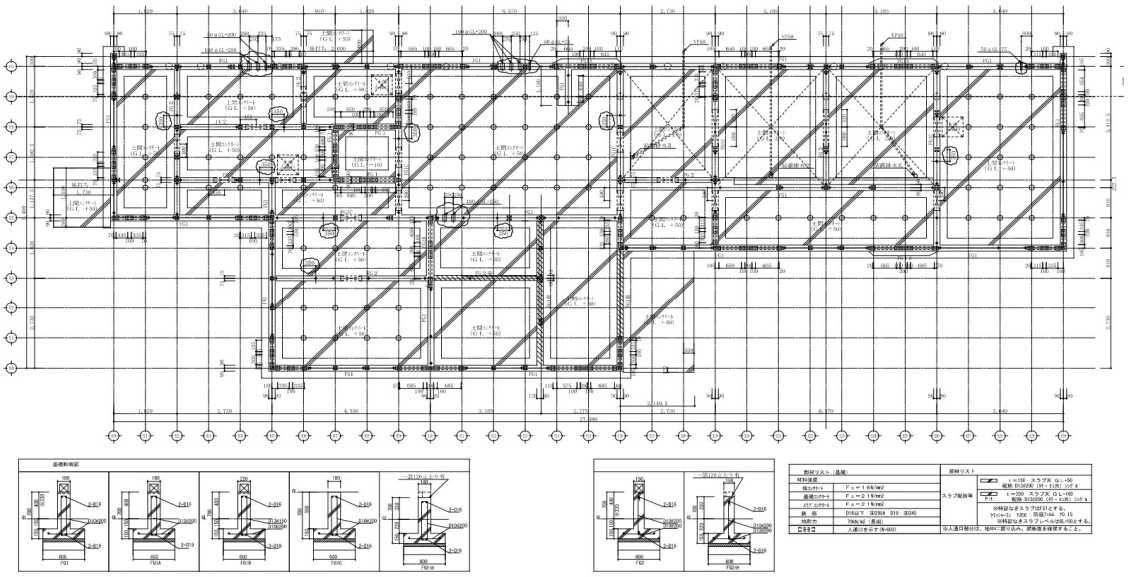




・基礎図
今回建物の基礎は布基礎を採用。CLTパネルが存在する基礎は中心にアンカーがあり、基礎幅は
180㎜以上となる。建物の維持管理から人通口を設けることから布基礎は適当と判断した。
CLTパネル施工図と整合を取りながら基礎図を作成した。引きボルト金物はTB-90、せん断金物は
SB-90を使用した。パネルが直交する部分は金物がパネルに干渉する場合があり逃がす必要があった。
TB-90金物のパネルに対する基本配置寸法はパネル端部から115㎜とし、SB-90金物シングルの場合は
中心にに配置、ダブルの場合はパネルの中心から50㎜、50㎜あけて設置することとした。

CLTパネルの幅が90㎜で、在来壁の土台幅が105㎜なので、基礎アンカーの芯が15㎜ずれることになる。
通常施工する住宅の基礎と比べ、かなり複雑な基礎図面となった。
CLTパネルのアンカー位置は前後左右で±5㎜、高さで±1㎜までが許容誤差なので、施工の際は
これまでの住宅位基礎よりさらに高い精度が必要となる。

■スキルアップ研修と施工レポート
・スキルアップ研修として（基礎）
基礎立ち上がりのCLTアンカーと在来の土台アンカーを高精度に
設置するため、現場担当者全員で実地研修を行った。
トランシット、レベラーの使用方法から、アンカーの固定方法
通りやレベルの合わせ方を学んだ。



・基礎発注時の問題点
基礎着工の発注段階で、いつも発注している全ての基礎業者から施工ができないと断られた。
理由として　今回建物の基礎が布基礎でかつ　規模も大きいことから型枠が無いとのこと。
住宅の基礎業者は現在木製の型枠はほとんど利用がなく、ベタ基礎の鉄製型枠が主流で布基礎の高さに
対応できる在庫が無いとの理由だった。　その時点で新たに基礎業者を探すことになり工期に
影響が出てしまった。　今回始めて取引する業者だったのでスムーズなコミュニケーションがうまく
取れずに、基礎の出来具合に影響してしまい、一部精度の悪いところが発生した。

・基礎施工時のエラーと改善
アンカーボルトの下部の固定が甘く、コンクリート打設の際アンカーが傾いてしまった。
上部だけでなく下部の固定もしっかりと行うべきだった。
また基礎天端レベルの精度が悪かったので、次回は天端を揃えやすいように上端レベルに釘などの動かないマーカーを入れるようにしたい。

・スキルアップ研修（建て方）
CLTパネル建て方の前に、大工の実地研修を行った。
まずはCLT建築がどのような構成なのかに始まり
工程の手順を㈱シェルターの方に説明してもらった。
図面上ではなかなか理解できなかったが、現地で
実物を前に説明された方が良く理解できた。

・建て方
西半分を1工区、東半分を2工区として搬入から建て方まで　合理的に施工できるように指示を頂いたおかげでスムーズだったが、在来の梁との接合はかなり苦労した。
建て方は、クレーン指示、パネル支え、アンカー調整の5名で行った。

建て方工程は当初の予想は大工5名で10日間をみていたが、実際は8日間で終えることができた。
1階を建てるときは基礎の精度が悪いせいで時間がかかったが、2階のときは要領を掴んできたのでスムーズに建てることができた。
建てた大工の感想は、やる前は相当難しく感じたが終わってみるとそう難しくないとのことだった。

・建方時のエラーと改善
工期が押していたので、基礎完了後すぐに建て方を行ったが次回は精度を高めるため水平を見る時間をもっと確保すべきであった。　同様にパネルの立ちについても先を急がずにじっくりとすることでその後の工程が短くでき、かかる日数ももっと短くできると思う。
建て方の途中に雨の日もあったが、1階の床は後で施工したので床下を乾かすことができた。

LST金物を使用する場合、床面に金物とビスの厚みが出てしまうことに気づいてベニヤなどを捨て貼りすることも検討したが、厚み分床合板を掘り込むことにした。

外部壁面の金物は一面に面材を張り、金物部分を欠込みすることで対処した。

■CLT構造見学会

県内外の設計事務所・工務店、建材メーカー、行政や検査機関、マスメディアの方まで幅広く参加頂いた。1月25日の当日とその前日をあわせて４５人の来場があった。

チラシ発信から10日間ほどの周知期間しかなかった中で、CLT建築への関心の高さが伺えた。

来場された方からは、本やNETで得る情報より、このような見学会で見て聞くほうが遥かに理解しやすいとのこと。

また、今回建物でCLTパネルを見せるヶ所は2ヶ所であるが、CLTの風合いをもっと生かして多くのヶ所で見せたほうが良かったと意見を頂いた。

■木質構造技能者研修センター設立に当たって

木造住宅を専門とする地域ビルダーが、CLT建築をやってみることで何を感じ、何が得られるのか

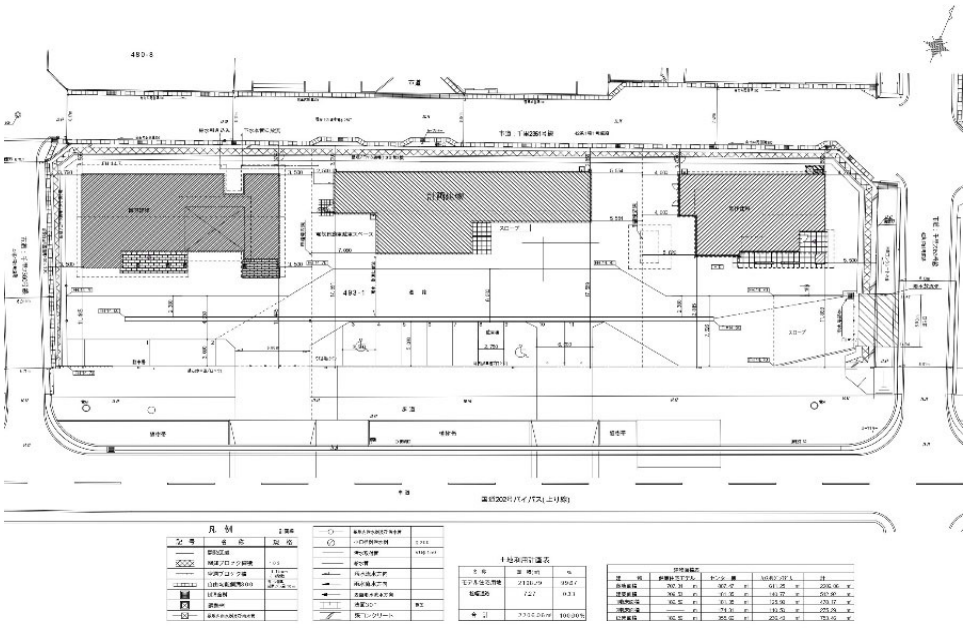
そして小規模から中大規模までの木造建築の未来への足がかりになるとの想いで取り組んだ。

・配置計画

計画敷地は住宅展示場が2棟存在しており、今回建物はセンター的な役割を有している。

建物西側には施設の共用となるトイレ施設があり、夜間の単独利用が可能なように計画した。

施設のポーチやエントランスの段差があるところにはスロープを設置、２階へはエレベーターを設けてユニバーサルなデザインを行った。



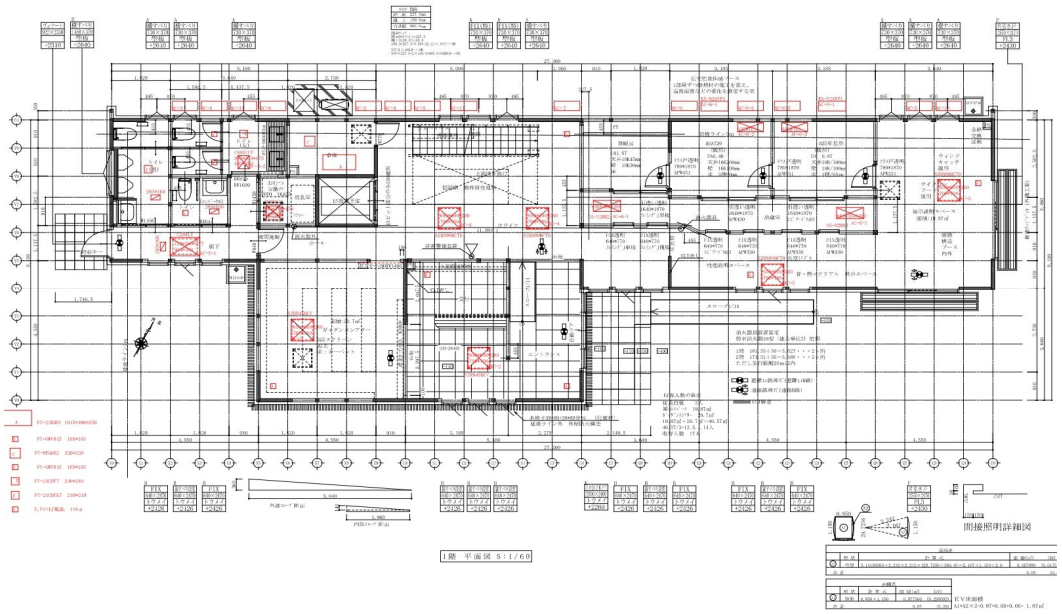
・1階平面構成

自動ドアのエントランスから、受付を経由して、ガイダンスシアターに誘導する。

ここでは様々な木質構造や建物性能に対しての取り組みを映像にて伝える。

東側は、性能体感コーナーを設け、建物の断熱・気密性能を3種類展示する。

性能区分として、S55年基準、H28年基準、HEAT20基準を展示することでその違いを体感していただく。



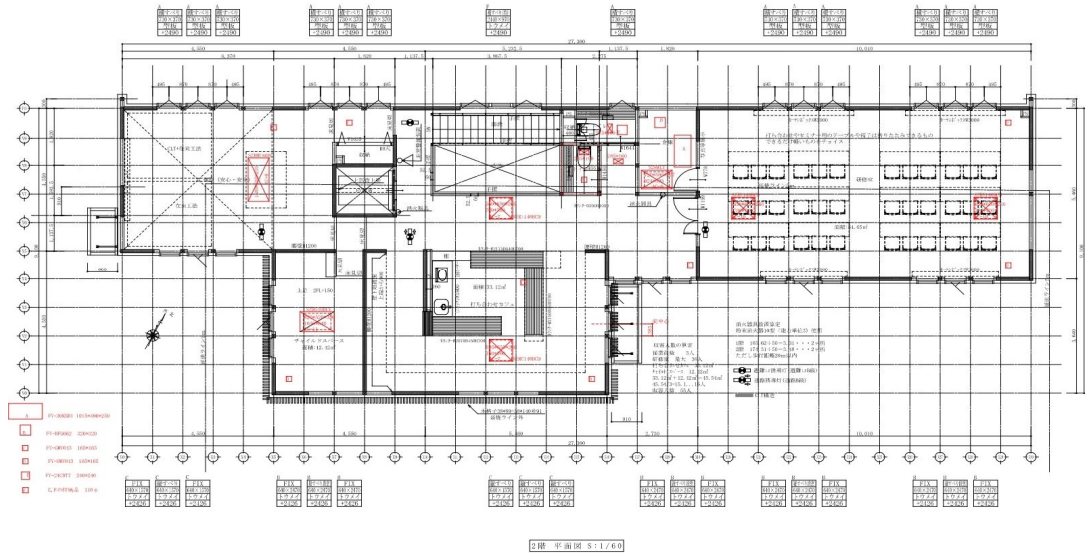
・2階平面構成

階段もしくはエレベーターを利用して2階に上がり、西側に進むと構造説明スペースがあり、CLT構造の他、地震に対する制振装置などを説明展示する。

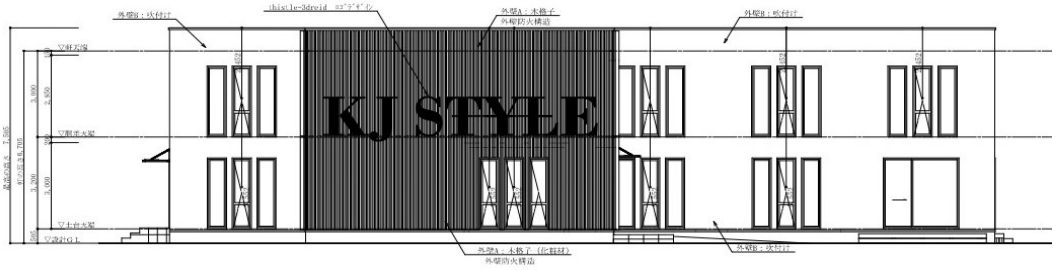
中央部分には、利用者が着座して話ができる打ち合わせスペースとなっており、その周囲は様々なマテリアルを展示できるようにして、ワークショップとしての利用も考えている。

その西側には　目届く高さの腰壁で仕切られたチャイルドスペースがあり、お子様連れのご家族にもゆっくりと利用できるようにする。

東側はメイン用途となる研修室とし、大工や左官職人など技能者の育成を定期的に開催していく。



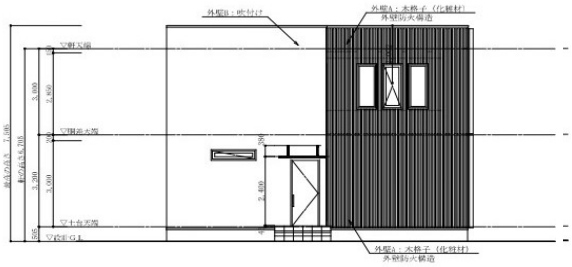
・ファサード（立面計画）
フレキシブルな平面構成から、立面計画もシンプルな開口部をリピートして配置することにした。
床面積が大きくなったので、周辺環境に配慮して屋根を緩勾配として高さを低く抑えた。



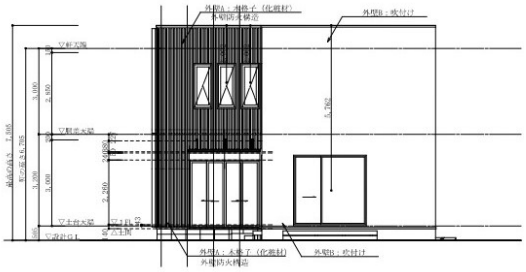
南側　立面図 S：1／100

外装仕上げは建物の性格から、華美な装飾は避けて素材や機能自体を活用するデザインとする。
自然界にある色彩や素材を表すことで、イメージを主張し存在感のあるファサードとした。

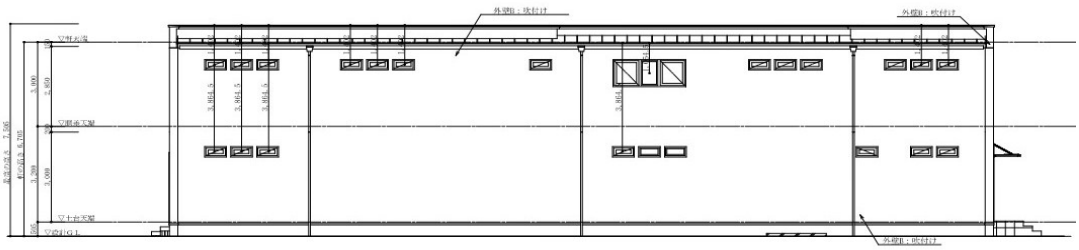
建物の南面の凸部分を木の縦格子として、「木質構造」を明快にイメージさせながら　インパクトのある外観とする。　また愛称となる施設名称は格子の凹凸で表現する。



西側　立面図 S：1／100



東側　立面図 S：1／100



北側　立面図 S：1／100

■CLT構造、その他の構造とのコスト比較

建物単体として（設備や造作等を含めない）他の構造との構造とのコスト比較を行った。

今回の建物をRC造で建築した場合、約800万ほどRC造のほうが高くなった。

（報告様式５　RC造との構造比較　参照）

更に木造在来工法のみで建築した場合の比較表は下記の通り。

3. 躯体工事費の比較

躯体工事費（構造躯体まで）（税抜・千円）		実証事業の建築物（C）	CLT使用部位を木造軸組に変更した場合（D）	経費増減額（C)-(D)	経費増減の特記
基礎工事	土工事	195,500	150,000	45,500	
	基礎工事	5,239,992	3,600,000	1,639,992	
	杭工事	640,000	640,000	0	
	○○工事			0	
基礎工事計(E)		6,075,492	4,390,000	1,685,492	
上部躯体工事	仮設工事	377,910	377,910	0	
	CLT工事	10,380,000	0	10,380,000	運搬、建て方、金物費用含む
	RC躯体工事	0	0	0	型枠、鉄筋コンクリート工事含む
	木工事・大工工事	1,187,940	2,940,000	△ 1,752,060	
	面材・金物工事	471,840	785,000	△ 313,160	
	屋根工事	640,359	640,359	0	
	断熱工事	1,562,550	1,562,550	0	
	外装工事	6,048,679	6,048,679	0	
				0	
上部躯体工事計(F)		20,669,278	12,354,498	8,314,780	
合計(E)+(F)		26,744,770	16,744,498	10,000,272	
延べ面積あたり工事単価（千円/㎡）		75,198	47,080	28,118	

＜注＞

・千円単位とする

・上部躯体は構造躯体+外皮までとし、建具工事、内装仕上工事、設備工事等は含めない

・諸経費は含めない

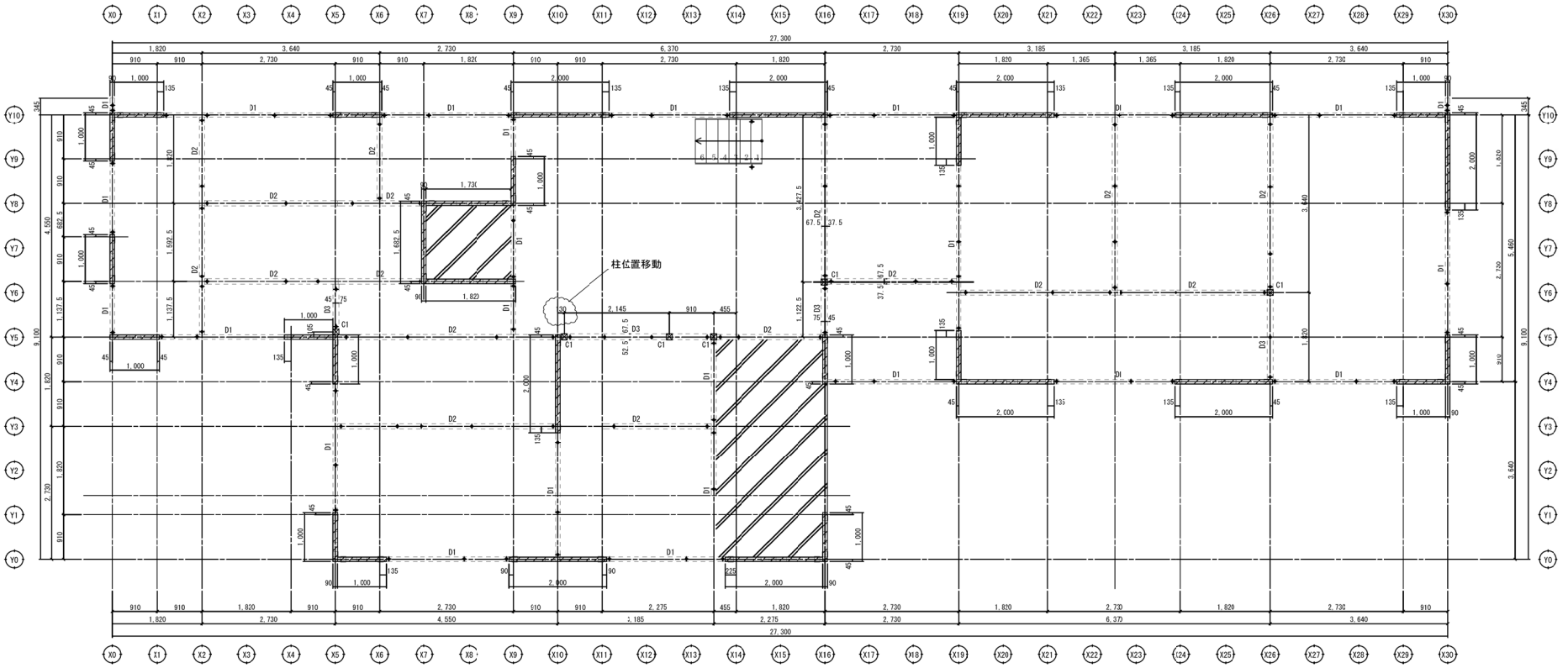
・RC造は一般的な仕様とする。RC屋根は陸屋根でよい。

今回のCLT＋在来構造は、在来構造のみで建築した場合、躯体工事費で 約1000万円高額になった。

RC構造との比較ではコストメリットがあるが、木造在来工法との比較では大きな開きがでた。

CLT工法がもっと普及してコストが下がることが理想だが、今の段階では合理的なパネル配置の設計を行うことと、工期をもっと短縮してコストを下げていく方向で検討したい。

集合住宅や学校、病院など構造区画が明快な建物が向いていると思う。



1階土台・パネル伏図　S=1/60

CLT耐力壁を示す

土台を示す

部材リスト

符号	断面寸法	材　種	仕　様
土台			
D1	90 × 105	ヒノキ構造用製材	無等級
D2	105 × 105	ヒノキ構造用製材	無等級
D3	120 × 105	ヒノキ構造用製材	無等級
柱			
C1	120 × 120	ｵｳｼｭｳﾂｶﾏﾂ構造用集成材	同一等級E95-F315
CLT		S60-3-3　スギ	

※大引、束位置については別途

※施工図チェックは、発注者責任において、近日ご承認をいただくようになります

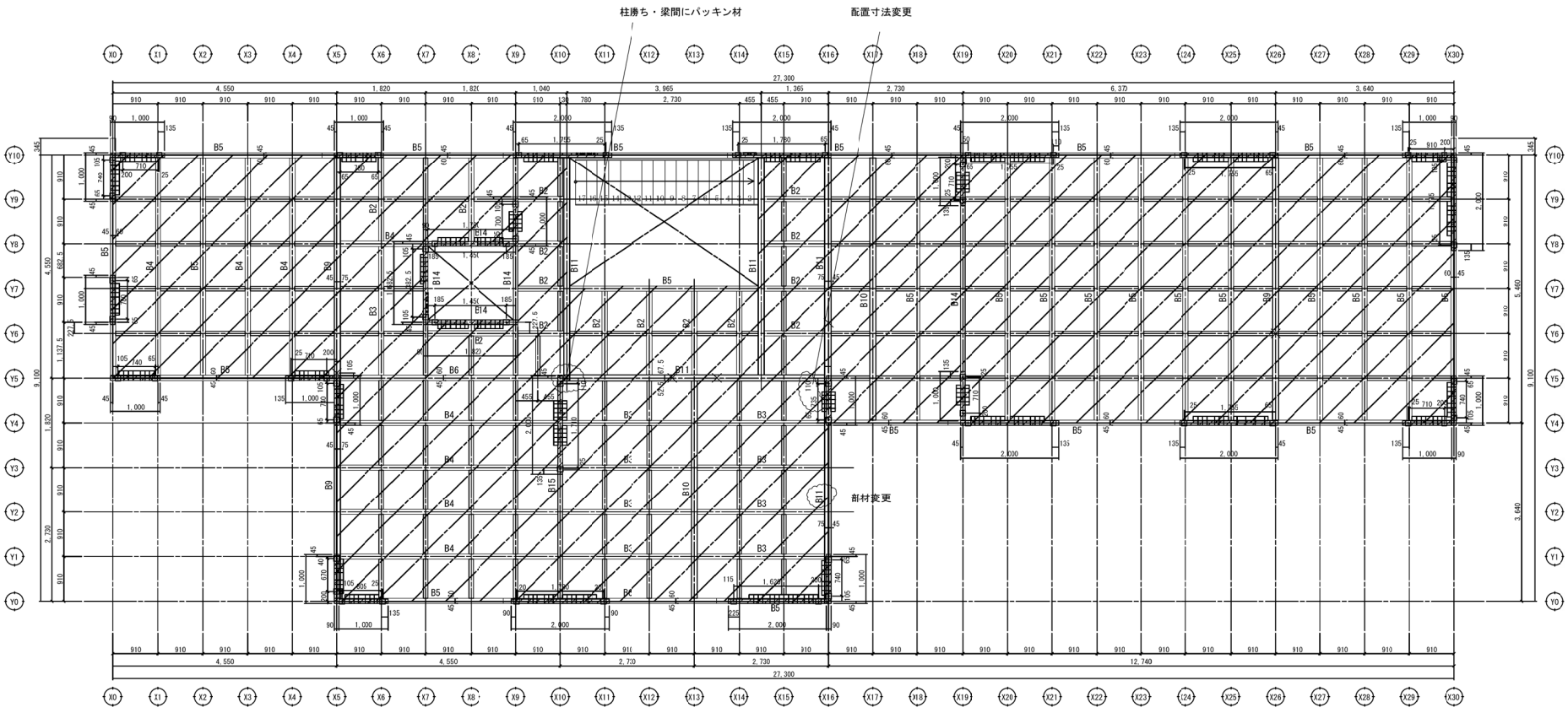
承認	承認	変更履歴

NAME OF WORK　木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事

NAME OF PLAN　1階土台・パネル伏図

DATE　'19.12.03　DRN　SCALE　S=1:60　NO　S-1

KES. Shelter.　株式会社 シェルター



部材リスト

符号	断面寸法	材　種	仕　様
梁			
B1	90 × 90	スギ構造用製材	無等級
B2	105 × 180	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B3	105 × 240	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B4	105 × 300	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B5	105 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B6	105 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B7	105 × 450	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B8	120 × 180	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B9	120 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B10	120 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B11	120 × 420	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B12	120 × 450	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B13	90 × 300	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B14	90 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B15	90 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
束	90 × 90	スギ構造用製材	無等級
母屋	105 × 105	スギ構造用製材	無等級

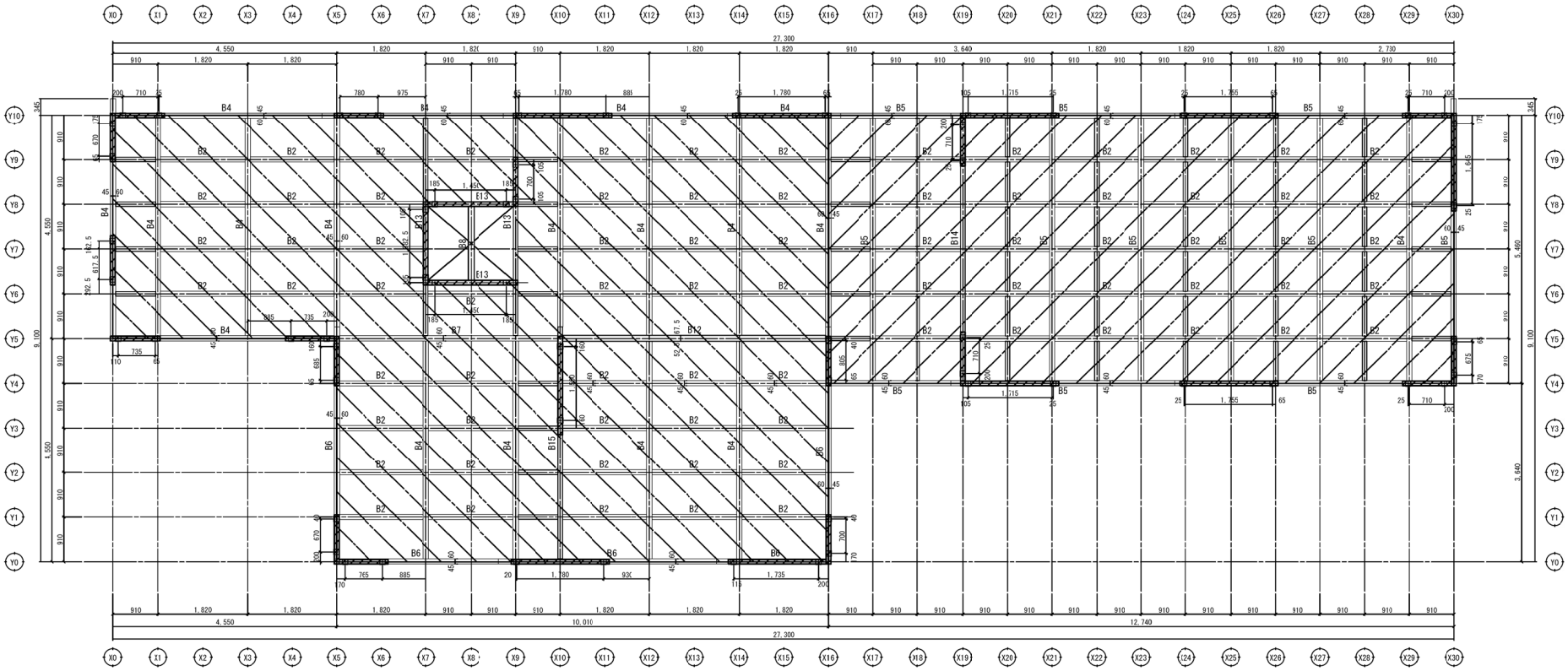
2階土台・パネル伏図　S=1/60

CLT耐力壁を示す
特記無き梁はB1(90x90)大入れ+釘止め(N75 2本)とする
合板は合板割付図による

外周部梁継ぎ手にはHDジョイントx2枚を併用すること

構造図より文言追記

承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK 木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	DRN	SCALE S=1:60	NO S-2
			NAME OF PLAN 2階床梁・パネル伏図	KES. Shelter. 株式会社 シェルター			



部材リスト

符号	断面寸法	材　種	仕　様
梁			
B1	90 × 90	スギ構造用製材	無等級
B2	105 × 180	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B3	105 × 240	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B4	105 × 300	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B5	105 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B6	105 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B7	105 × 450	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B8	120 × 180	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B9	120 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B10	120 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B11	120 × 420	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B12	120 × 450	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B13	90 × 300	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B14	90 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B15	90 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
束	90 × 90	スギ構造用製材	無等級
母屋	105 × 105	スギ構造用製材	無等級

小屋梁伏図　S=1/60

特記無き梁はB1(90x90)大入れ+釘止め(N75 2本)とする
合板は合板割付図による

外周部梁継ぎ手にはHDジョイントx2枚を併用すること

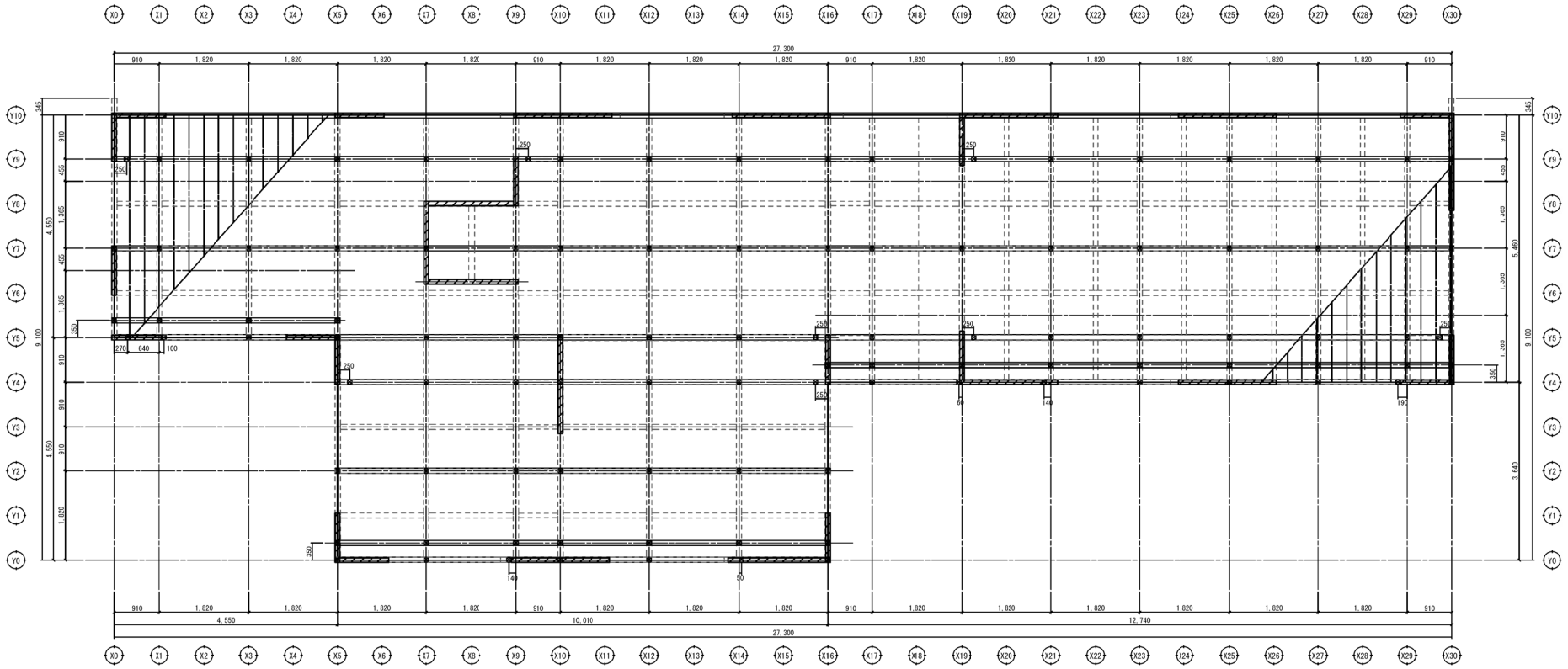
構造図より文言追記

承認	承認	変更履歴

NAME OF WORK　木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事
NAME OF PLAN　小屋梁伏図

DATE　'19.12.03　DATE　SCALE　S=1:60　NO.　S-3

KES. Shelter.　株式会社 シェルター



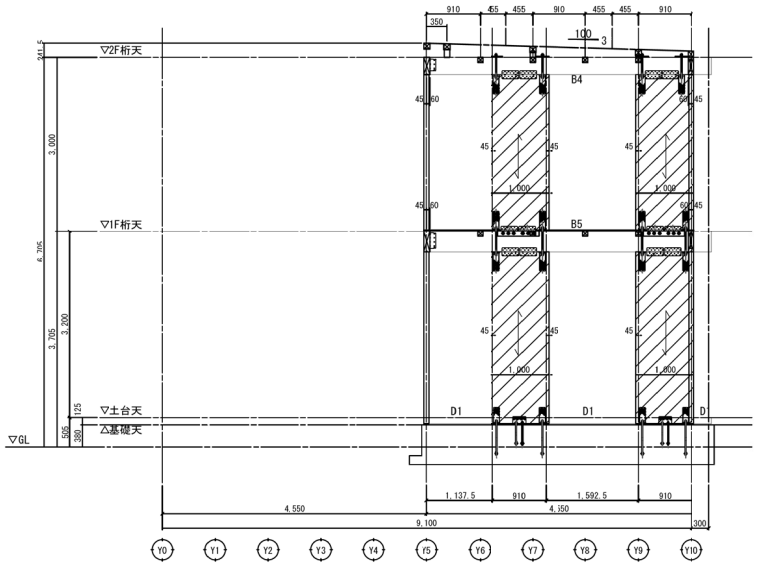
部材リスト

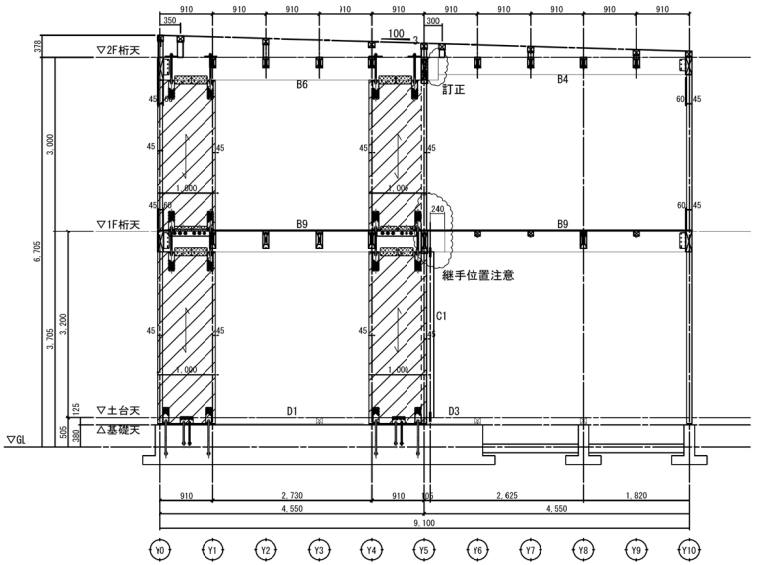
符号	断面寸法	材　種	仕　様
梁			
B1	90 × 90	スギ構造用製材	無等級
B2	105 × 180	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B3	105 × 240	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B4	105 × 300	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B5	105 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B6	105 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B7	105 × 450	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B8	120 × 180	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B9	120 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B10	120 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B11	120 × 420	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B12	120 × 450	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B13	90 × 300	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B14	90 × 360	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
B15	90 × 390	ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ構造用集成材	異等級E105-F300
束	90 × 90	スギ構造用製材	無等級
母屋	105 × 105	スギ構造用製材	無等級

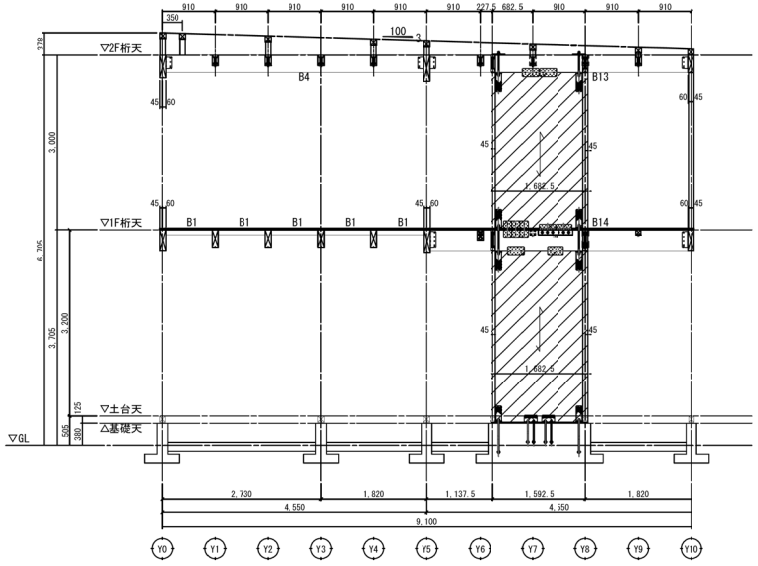
屋根伏図　S=1/60

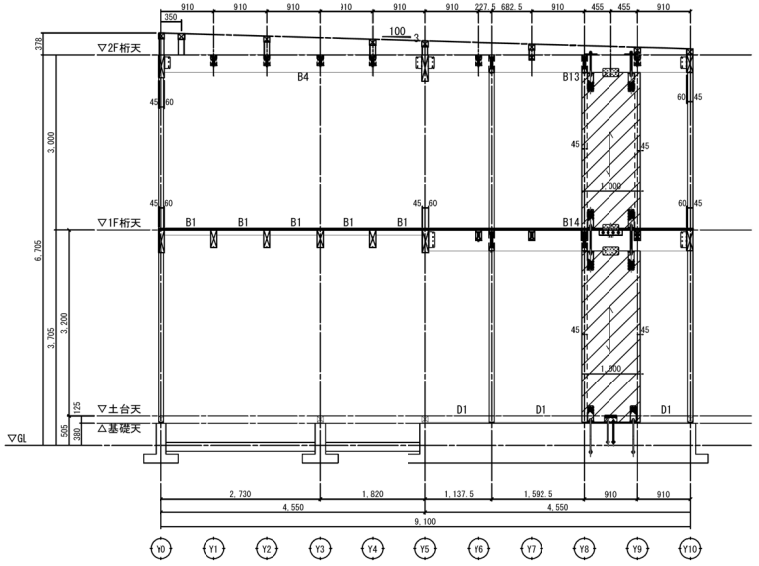
合板は合板割付図による
小屋束はCLT金物と干渉しない位置とする

凡例		承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK	木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	DRN	SCALE S=1:60	NO S-4
					NAME OF PLAN	屋根伏図	KES. Shelter. 株式会社 シェルター			



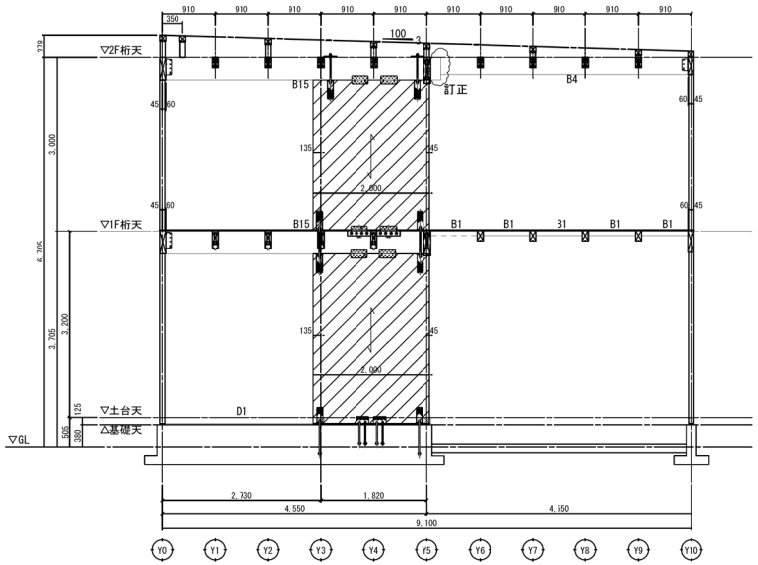




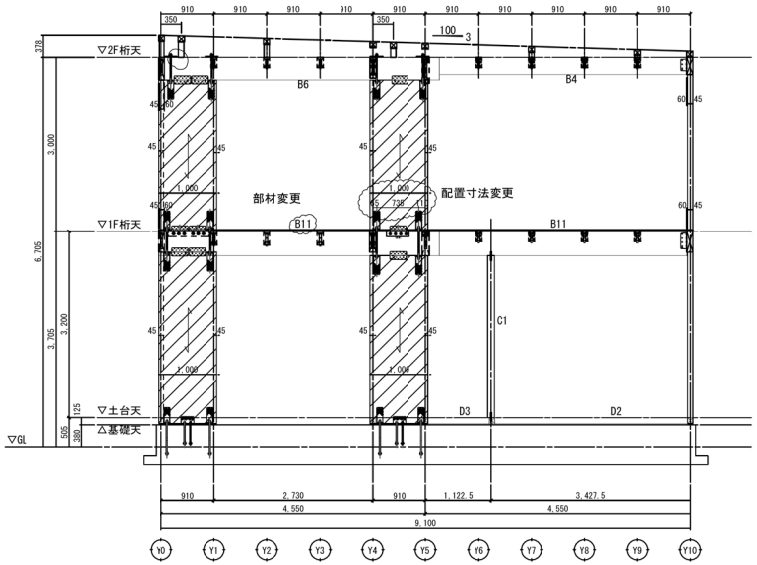


	承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK 木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	SCALE S=1:60	NO S-5
				NAME OF PLAN 軸組図 1			

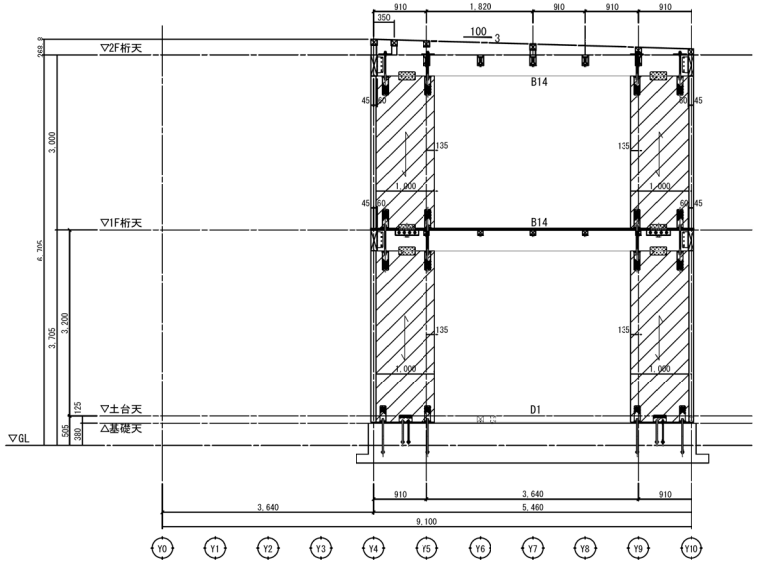
株式会社 シェルター



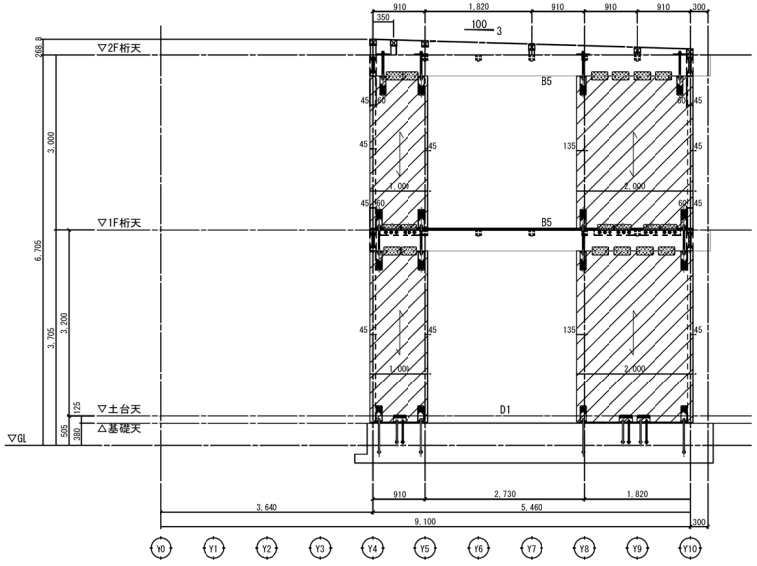
X10通り軸組図



X16通り軸組図



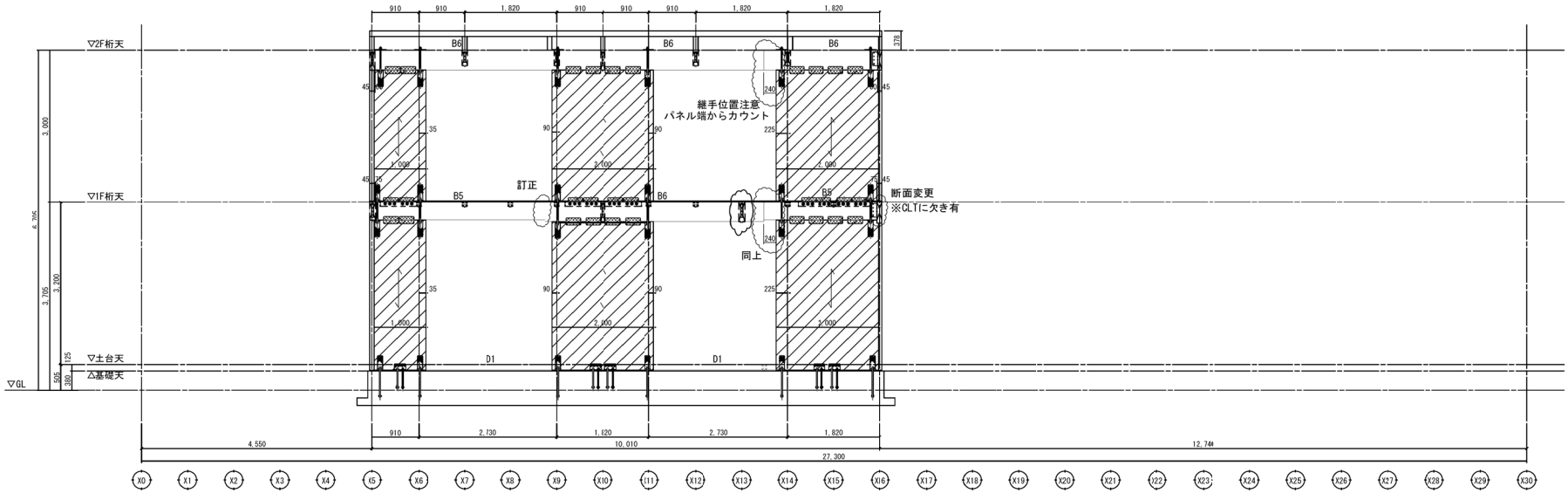
X19通り軸組図



X30通り軸組図

	承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK 木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	SCALE S=1:60	NO S-6
				NAME OF PLAN 軸組図２			

株式会社 シェルター

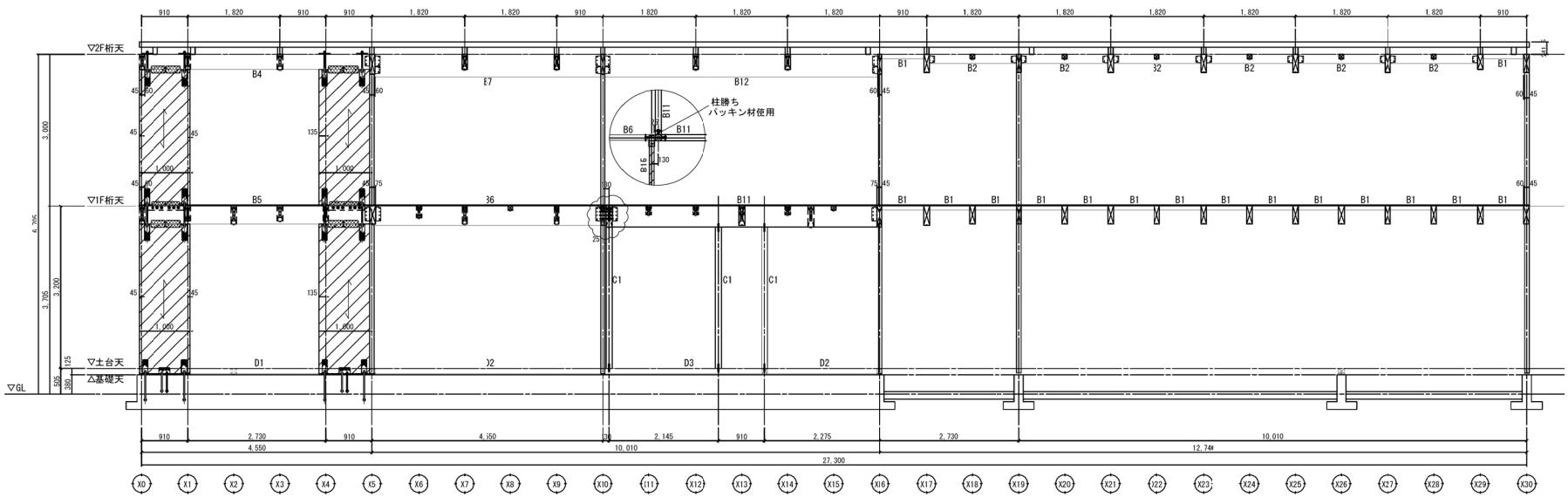


Y0通り軸組図

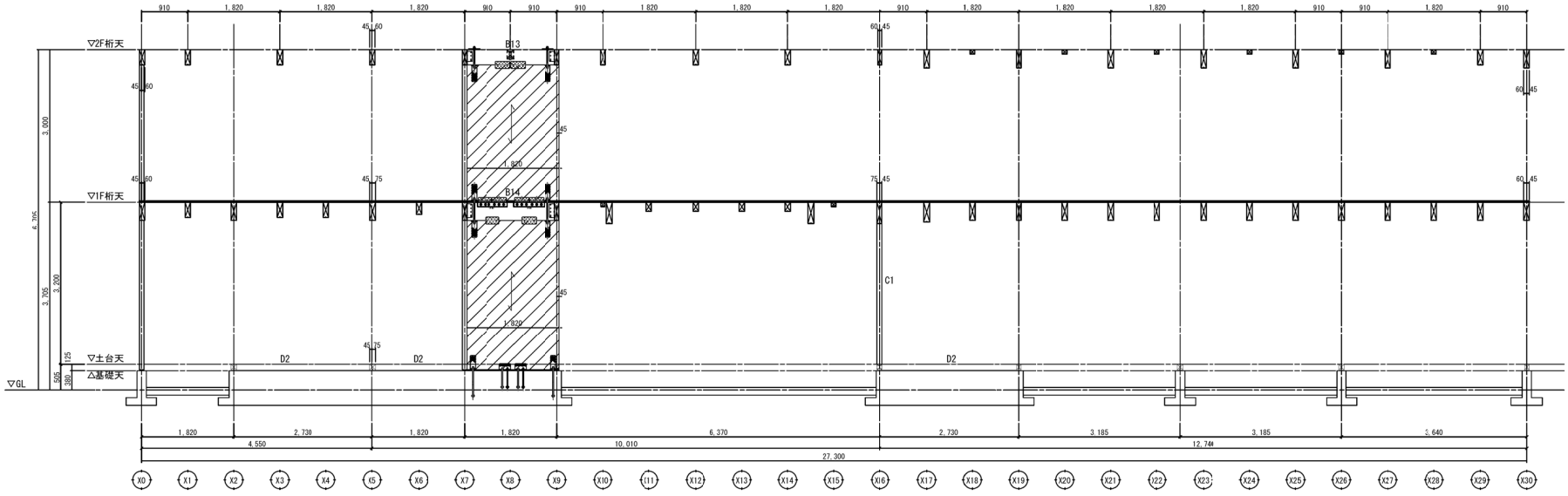
Y4通り軸組図

承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK	木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	SCALE S=1:60	NO. S-7
			NAME OF PLAN	軸組図３			

株式会社 シェルター

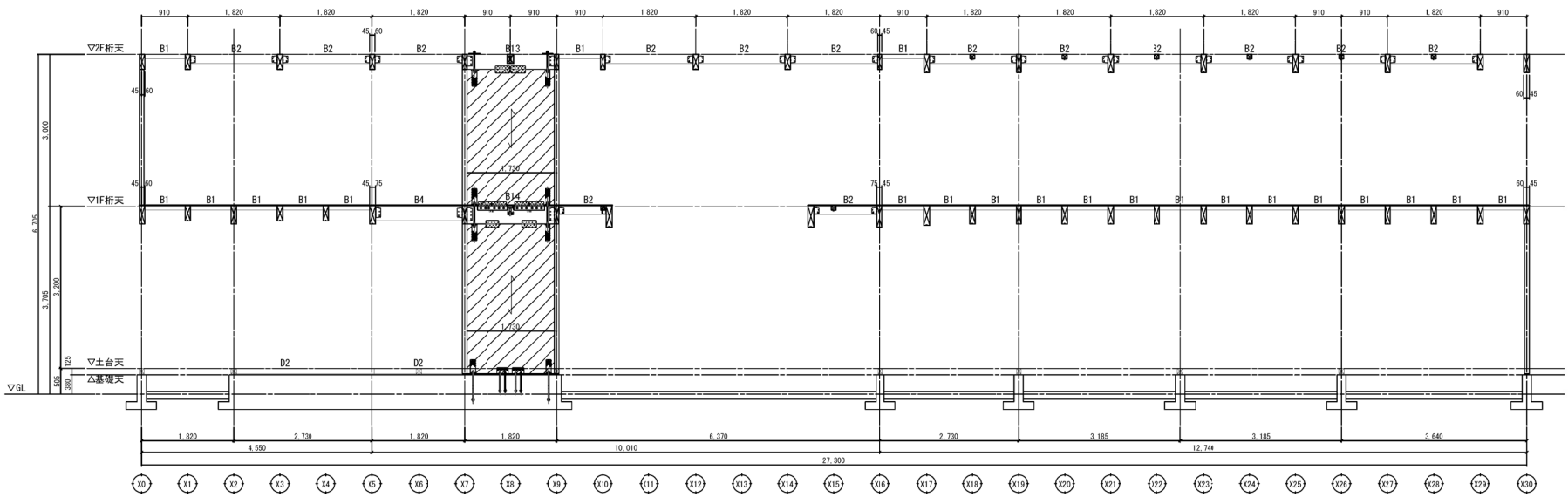


Y5通り軸組図

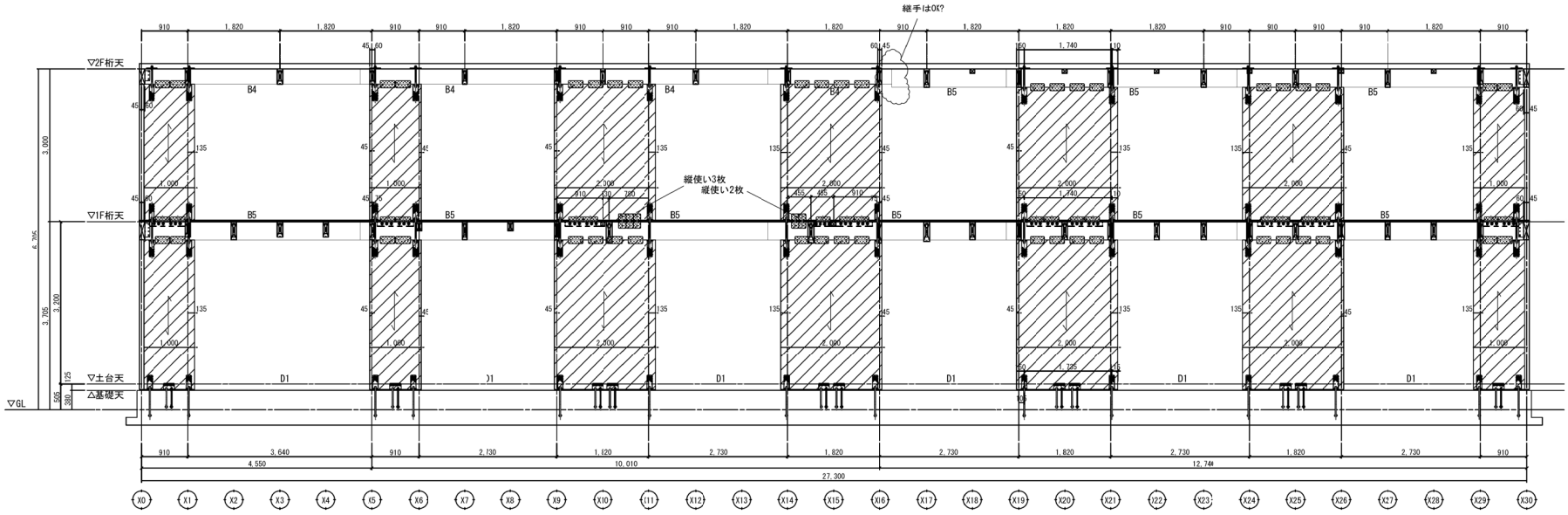


Y6+227.5通り軸組図

承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK	木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	DRN	SCALE S=1:60	NO S-8
			NAME OF PLAN	軸組図４	KES. Shelter. 株式会社 シェルター			



Y8通り軸組図



Y10通り軸組図

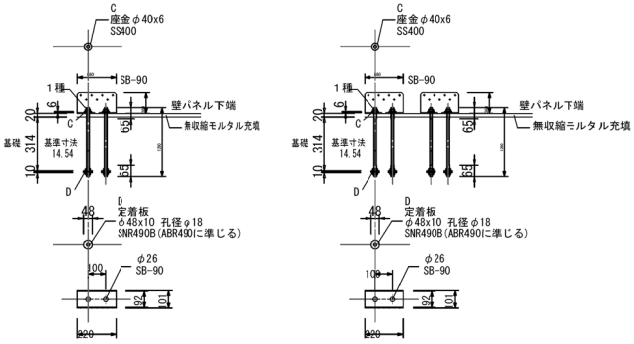
	承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK 木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	DRAWN	SCALE S=1:60	NO S-9
				NAME OF PLAN 軸組図５	KES. Shelter. 株式会社 シェルター			

接合金物図

基礎－壁脚　せん断金物　アンカーボルト

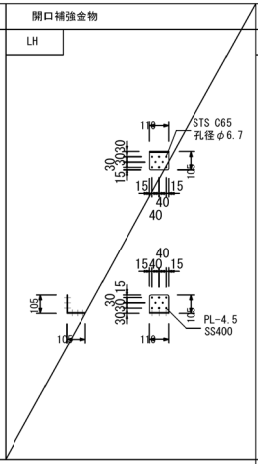
SB-90(χマーク)、M16

M16 は SNR490(ABR490に準じる)
※ 壁長さ1350mm以下の場合は、SB-90 1個 とする
※ 壁長さ1350mm超2150mm以下の場合は、SB-90 2個 とする



開口補強金物

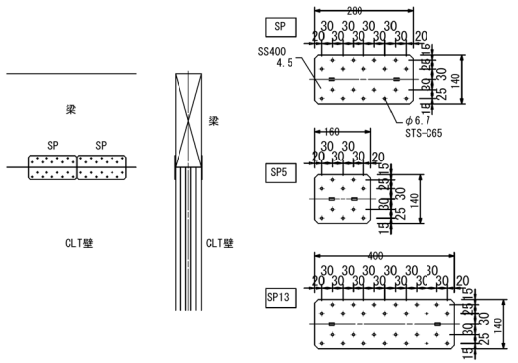
LH



壁頭　せん断金物　(CLT壁－梁)　1/10

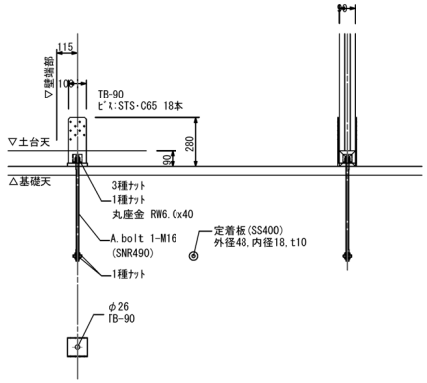
SP(χマーク)、SP5、SP13

※ 壁長さ135mm以下の場合は、SP 2個(両面) とする
※ 壁長さ135mm超2150mm以下の場合は、SP 4個(両面) とする



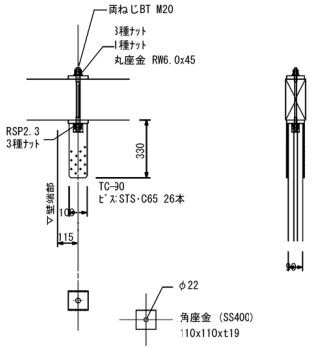
耐力壁脚引張接合部

TB-90(χマーク)



耐力壁頭引張接合部

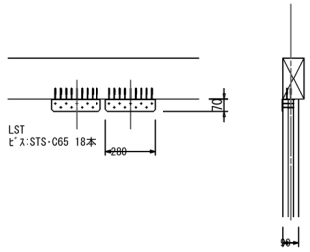
TC-90(χマーク)



耐力壁頭せん断接合部

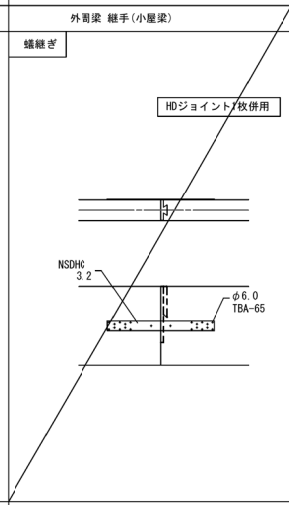
LST(χマーク)

※ 壁長さ1000mm以下の場合は、LST 2個 とする
※ 壁長さ1000mm超2000mm以下の場合は、LST 4個 とする



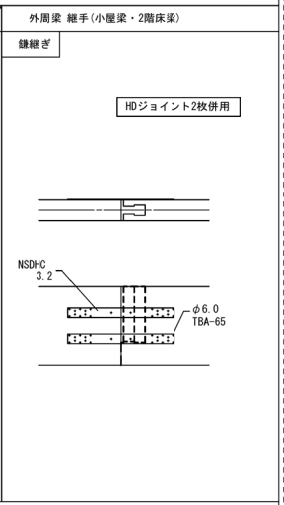
外周梁 継手(小屋梁)

鎌継ぎ



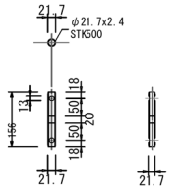
外周梁 継手(小屋梁・2階床梁)

鎌継ぎ



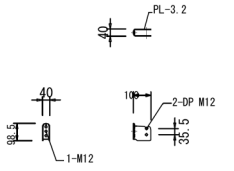
せん断接合金物(ホールダウンパイプ 市販品)

HDP10



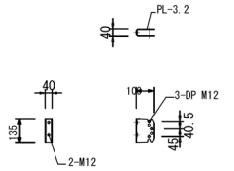
梁受け金物(市販品)

TH-10　梁成：105～150



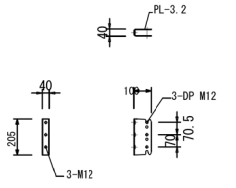
梁受け金物(市販品)

TH-18　梁成：160～210



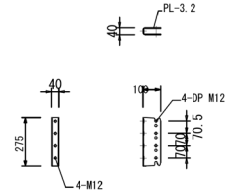
梁受け金物(市販品)

TH-24　梁成：240～300



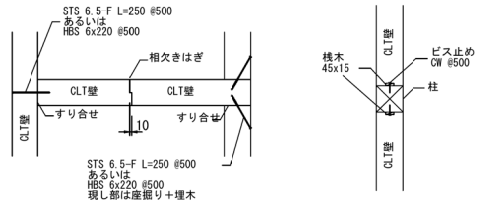
梁受け金物(市販品)

TH-33　梁成：330～420



CLT壁 幅はぎ要領他

CLT壁－柱の目地部分の防火措置要領



承認	承認	変更履歴	NAME OF WORK	木質構造技能者研修センターCLT工事実証事業 新築工事	DATE '19.12.03	DIR	SCALE S=1:20	NO S-10
			NAME OF PLAN	接合詳細図	KES. Shelter. 株式会社 シェルター			

2.7 （株）黒岩構造設計事ム所

事業名			（仮称）神水公衆浴場新築工事の建築実証
実施者（担当者）			（株）黒岩構造設計事ム所
建築物の概要	用途		公衆浴場、専用住宅
	建設地		熊本県熊本市中央区神水2-2-18
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT屋根
	階数		2
	高さ（m）		9.972
	軒高（m）		8.172
	敷地面積（㎡）		135.57
	建築面積（㎡）		107.02
	延べ面積（㎡）		193.96
	階別面積	地下１階	10.51
		１階	84.08
		２階	99.37
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量19.97㎥、建築物使用量19.01㎥
	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	150㎜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）		柱：スギ　梁：スギ、ベイマツ、ベイマツ集成材
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		26.8㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	銅板(t=0.4)立てﾊｾﾞ葺き、ルーフィング、合板t=12、断熱材、CLT表し
		外壁	銅板(t=0.4)、胴縁 t=18、透湿防水ｼｰﾄ、耐水強化石膏ﾎﾞｰﾄﾞt=12.5
		開口部	製作木製サッシ、住宅用アルミ樹脂サッシ
	主な内部仕上	界壁	檜構造用合板(t=9㎜)＋木軸
		間仕切り壁	檜構造用合板(t=9㎜)＋木軸
		床	杉FL15＋構造用合板24
		天井	なし
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		千切り＋雇い実
	最大スパン		8.4m
	問題点・課題とその解決策		・製造がファブリケーター程運搬に慣れていなかったので、余分に運搬費が必要になった。 ・製造が構造図の強軸方向と弱軸方向を認識せず、製造した。
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		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		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）	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 ・ 50㎜
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 ・ 65㎜
		床	該当なし
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		屋根に利用しているので遮音性の要求無
	建て方における課題と解決策		CLTは小割にできない分、クレーン作業時に電線と衝突しやすい
	給排水・電気配線設置上の工夫		屋根に利用しているので遮音性の該当無
	劣化対策		無
工程	設計期間		2019年4月～10月（6.5カ月）
	施工期間		2019年10月～2020年2月（4.5ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2019年12月中旬～中旬（3日）
	竣工（予定）年月日		2020年4月30日
体制	発注者		㈱黒岩構造設計事ム所
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		㈱ワークヴィジョンズ
	構造設計者		㈱黒岩構造設計事ム所
	施工者		㈱住管理システム、たねもしかけも、NMd
	ＣＬＴ供給者		㈱サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		

実証事業名：（仮称）神水公衆浴場新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：（株）黒岩構造設計事ム所

１．実証した建築物の概要

用途		公衆浴場、専用住宅		
建設地		熊本県熊本市中央区		
構造・工法		木造軸組工法＋CLT 屋根		
階数		地上 2 階、地下 1 階		
高さ（m）		9.972	軒高（m）	8.172
敷地面積（㎡）		135.57	建築面積（㎡）	107.02
階別面積	地下１階	10.51	延べ面積（㎡）	193.96
	１階	84.08		
	２階	99.37		
CLT 採用部位		屋根		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量 20.28 m^3、加工後建築物使用量 19.01 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		26.8 m^3		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁			
	床			
	屋根	150㎜厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ		
設計期間		2019 年 4 月～10 月（6.5 カ月）		
施工期間		2019 年 10 月～2020 年 2 月（4.5 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 12 月中旬～中旬（3 日）		
竣工（予定）年月日		2020 年 4 月下旬		

２．実証事業の目的と設定した課題

本建物は、２階建ての在来軸組工法+CLT 屋根である。確認申請は４号建築物（特殊建築物）で申請を提出し、設計は木造の許容応力度計算で検討をしている。屋根は CLT パネルをアーチ状に組積し、スラスト力を集成材の引張材で負担させ、長期時は安定しているが、短期時には各 CLT パネル間に引張力が発生し、建方時にはアーチに対して曲げを発生させるので、千切りで CLT パネル同士を継ぐため、千切りの曲げ試験を行っている。CLT 製造工場の違いよりマザーボードの最大寸法が異なるので、今回検討した千切りの曲げ耐力を利用し CLT パネル同士を継ぐことができる。今回実証事業で設定した課題は以下である。

（１）千切りの曲げ耐力の確認、設計値と比較。

（２）GIR 工法と嵌合接合に対するコスト比較。

３．協議会構成員

（設計）㈱ワークヴィジョンズ：西村浩、竹味佑人
（構造設計）㈱黒岩構造設計事ム所：黒岩裕樹（進行管理）
（施工）㈱住管理システム、たねもしかけも：野田浩平、川嵜義彦、中村美奈子
（材料）㈱サイプレス・スナダヤ：山本治彦
（試験）大分大学：田中圭

４．課題解決の方法と実施工程

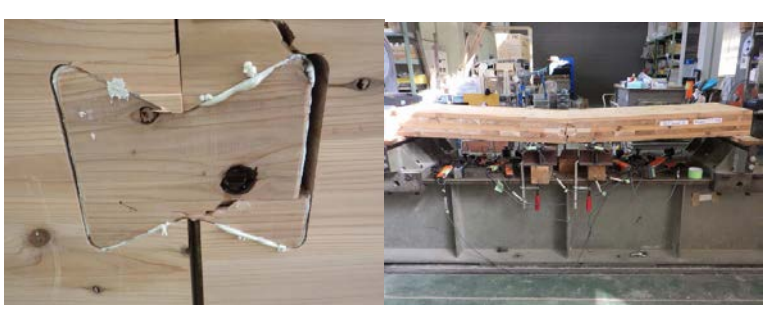
接合部の仕様については黒岩構造設計事ム所と大分大学が中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめ、性能確認は大分大学で行った。CLT 継手の曲げ試験を構造用接着剤あり又はなしの条件で各３試験体行う。嵌合接合なので木殺しの精度を製造、大工と念入りに協議した。CLT のコスト増の要因、コスト縮減の方策について、RC 造や湾曲材、GIR 工法継手を利用した在来軸組工法と比較し、検討資料を作成した。

＜協議会の開催＞
2019 年 9 月：第 1 回開催、問題点洗い出し
10 月：第 2 回開催、着工前確認、基礎工事
11 月：第 3 回開催、立ち上がり壁工事
12 月：第 4 回開催、木工事進捗確認、建方検査
2020 年 1 月：第 5 回開催、工事改善点等確認、外装工事確認
2 月：第 6 回開催、サッシ取り付け、内装工事確認
＜設計＞
2019 年 4 月～：実施設計
4 月～：構造設計
9 月：建築確認申請
＜施工＞
2019 年 10 月：工事契約、着工、基礎工事
11 月：基礎工事、１階 RC 工事
12 月：木工事
2020 年 1 月：木工事、外装工事
2 月：外装工事、内装工事
3 月：内装工事、設備工事
＜性能確認＞
2019 年 11 月：千切り：曲げ試験（強軸方向、弱軸方向を誤る）
構造用接着剤あり 3 体　構造用接着剤なし 3 体
2020 年 1 月：千切り：曲げ試験（再実験）
構造用接着剤あり 3 体　構造用接着剤なし 3 体

５．得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

（１） 千切りの曲げ耐力の確認、設計値と比較。



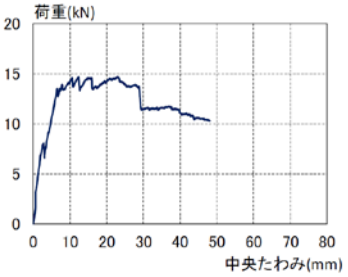


図４．５ CLT－bond'－２の荷重－変位曲線

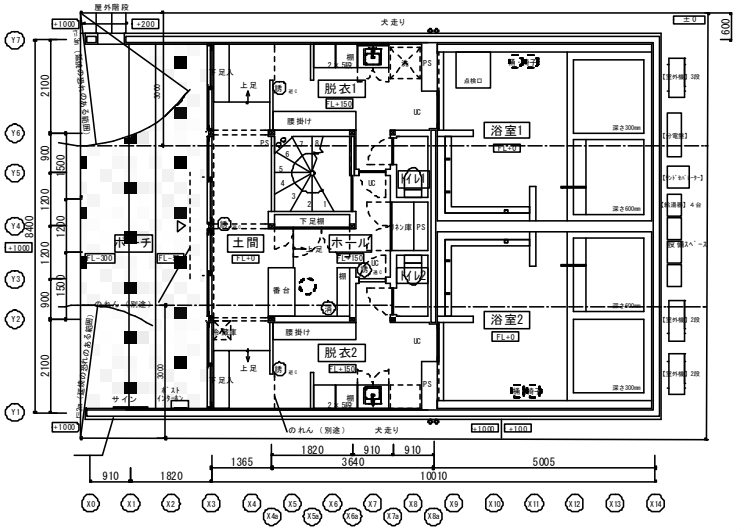
（２） 構造用接着剤の耐力及び剛性に対する影響。嵌合接合の施工誤差を減らす有効性。

（３） CLT パネル工法と嵌合接合に対するコスト比較。

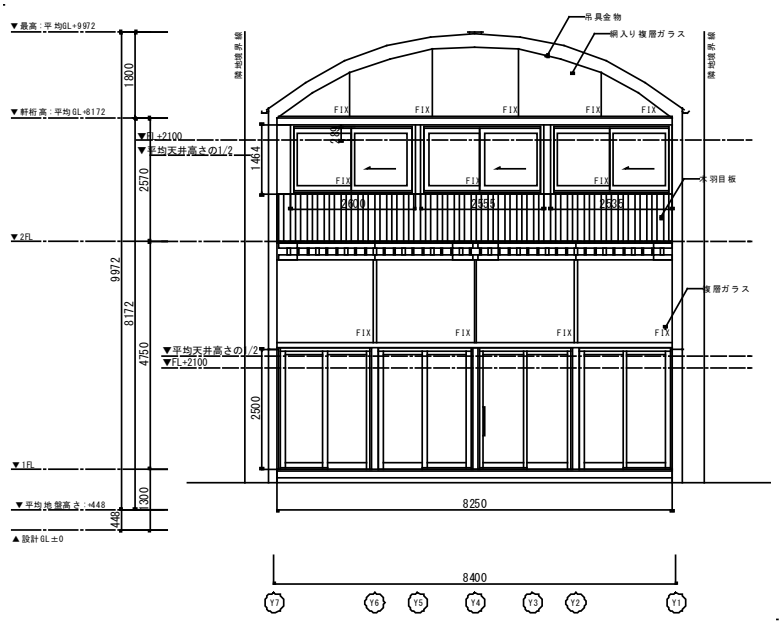
６．本実証により得られた成果

本事業で得られた千切りの曲げ耐力のデータは継手に活用することができる。マザーボードの寸法範囲外で製造が必要な場合、継手を要するが、金物を利用しないので、全て CLT 加工場で製造ができ、現場で組み立て継ぐことが可能である。ただし構造用接着剤を利用しない場合、変位が大きいので、その変位を許容する設計とするか、構造用接着剤を併用する必要がある。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



１階平面図


▼最高：平均GL+9972
▼軒桁高：平均GL+8172
▼FL+2100
▼平均天井高さの1/2
▼2FL
▼平均天井高さの1/2
▼FL+2100
▼1FL
▼平均地盤高さ：+448
▲設計GL±0
1800
2570
9972
8172
4750
300
448
1464
2500
吊具金物
鋼入り複層ガラス
木羽目板
複層ガラス
FIX
2400
2550
8250
8400
Y7
Y6
Y5
Y4
Y3
Y2
Y1

立面図

CLT 屋根版

◎成果物

１．CLT 屋根版の構造概要

本建物の CLT 屋根版は短手 8.4m スパン、アーチ高さは 1.65m で計画し、長手方向は 13.63m あるので 2.75m～2.85m の 5 ユニット（1.5t/ユニット）に分割させている。運搬は愛媛県の工場から熊本県の現場まで 11t トラック 2 台で添え付け、13t クレーンと人力を駆使し建方を行った。アーチのスラスト力に対しては、軒高さに集成材の引張材を配置し、木ビスで留めている。

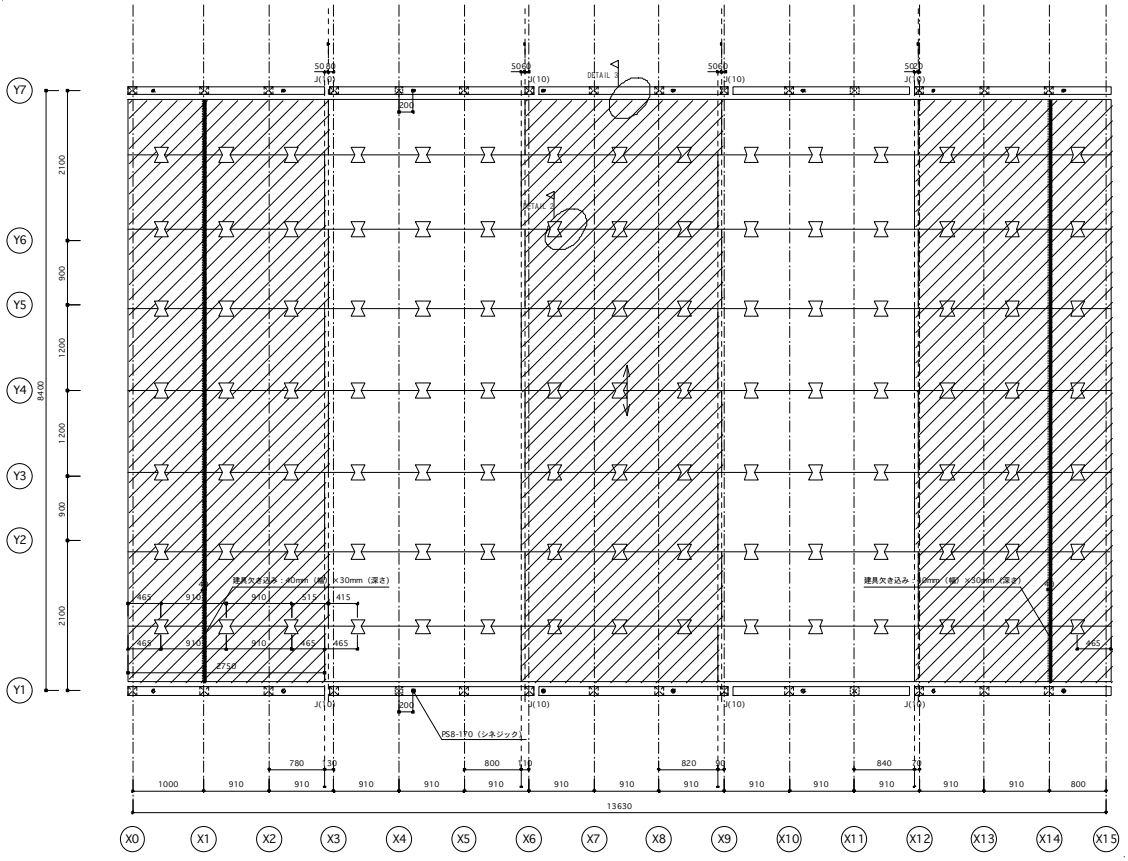


図１．１　屋根伏図

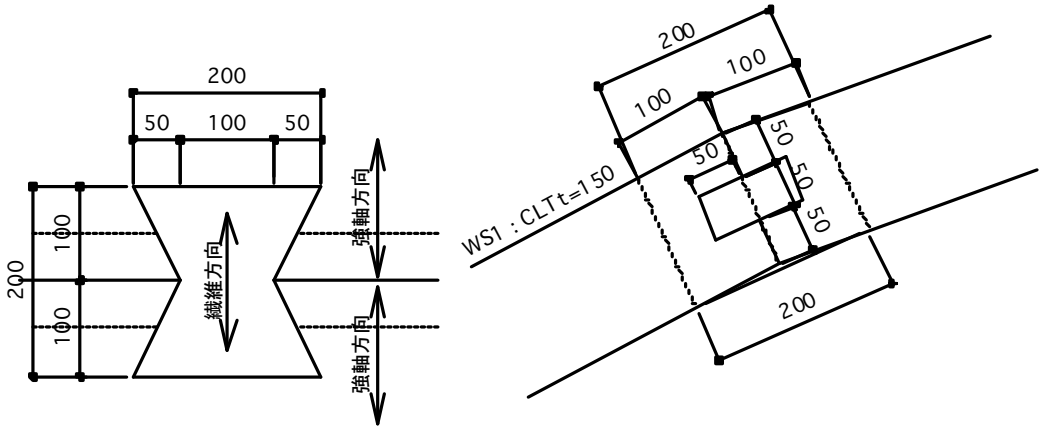


図１．２　千切り及び雇い実詳細図

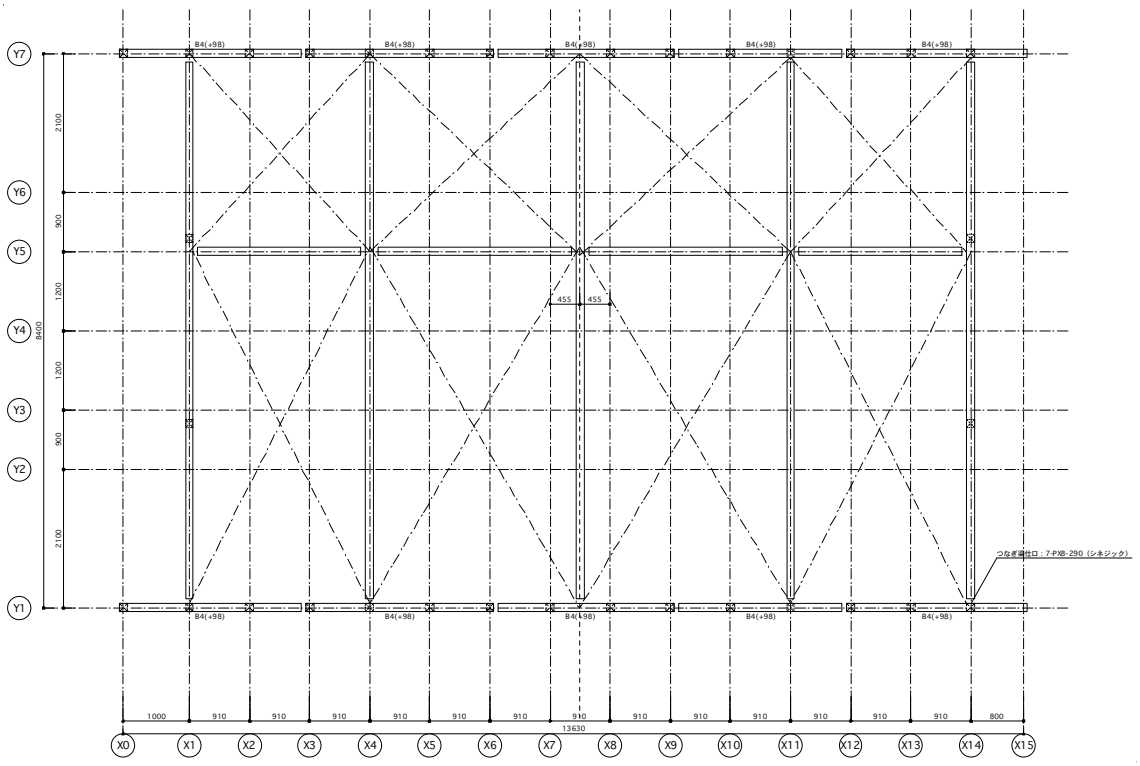


図１．３　軒高さ伏図

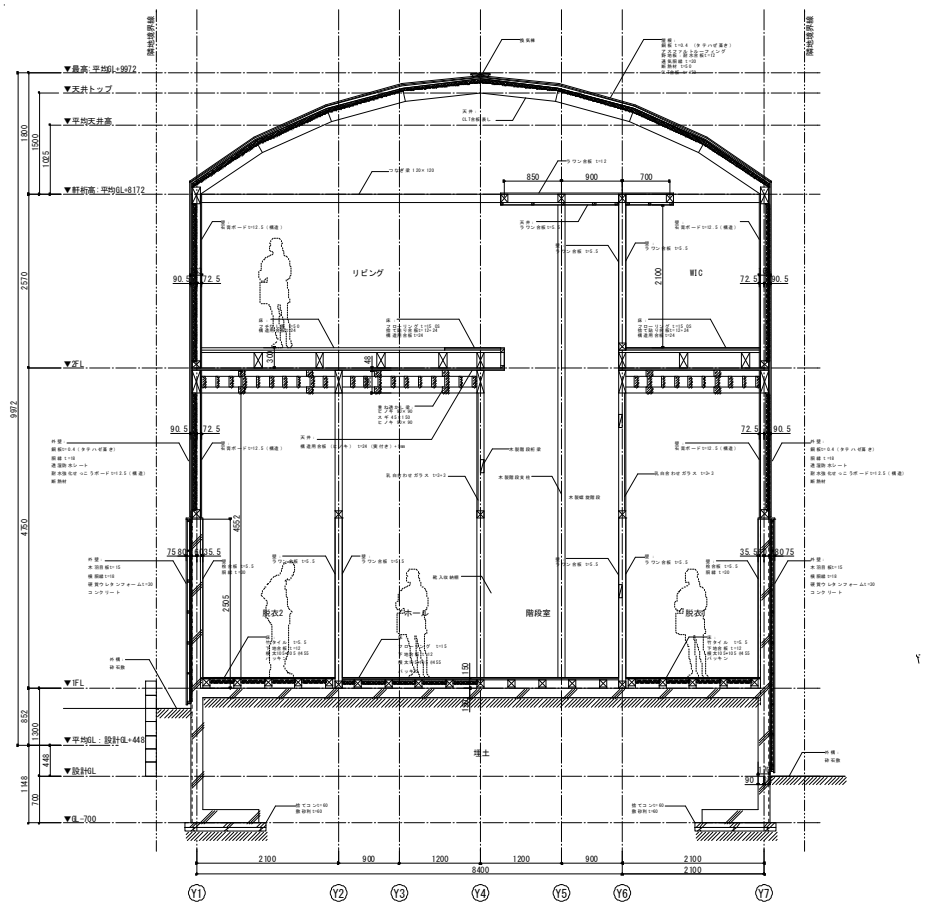


図１．４　矩計図

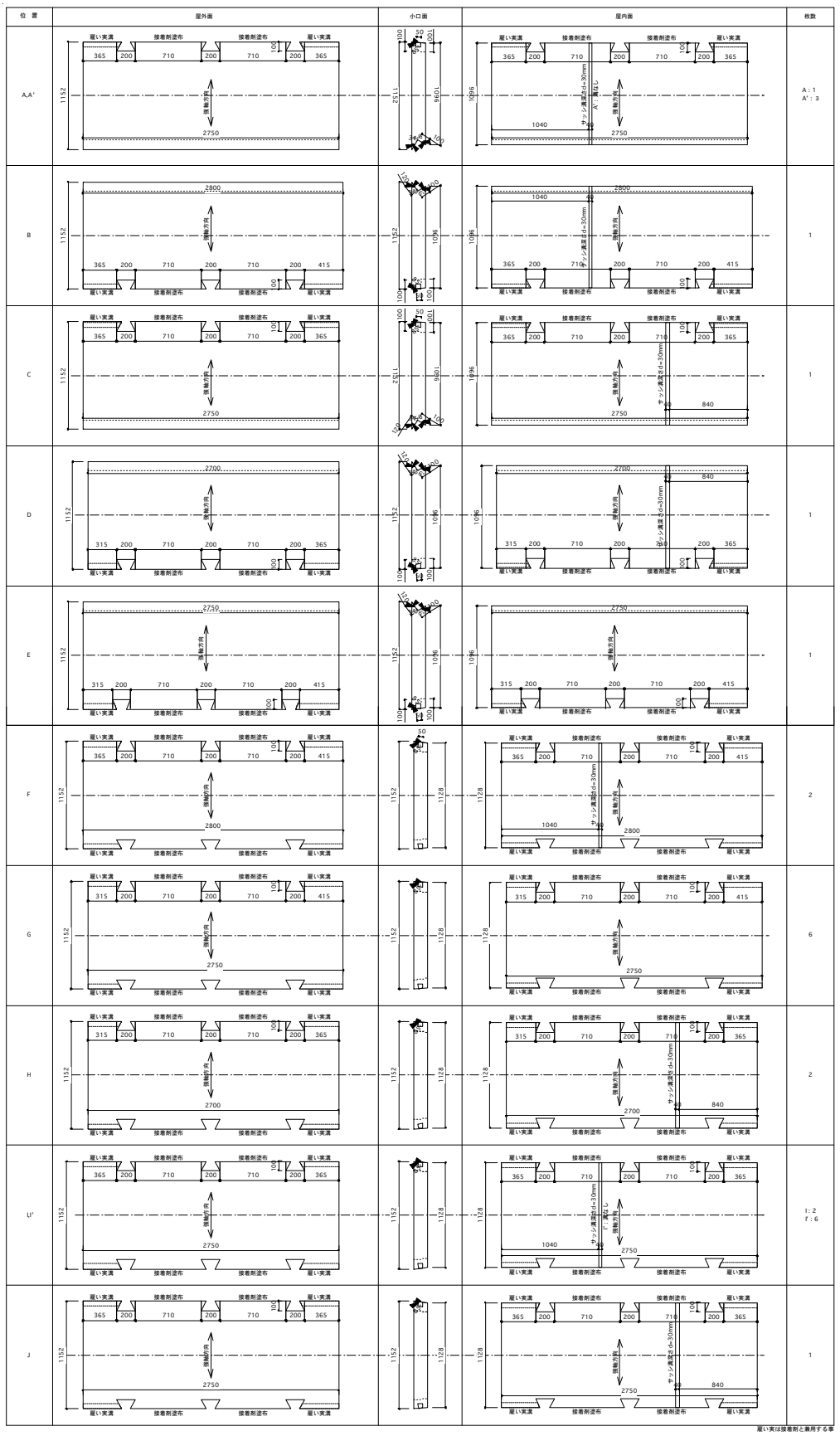


図１．５　単品図

２．１ 試験体

試験体の詳細を表２．１、試験体の詳細図を図２．１から２．４、千切りを写真２．１、せん断キーを写真２．２から２．４に示す。

表２．１　試験体の詳細

項目	仕様詳細
試験体寸法	幅 2200×高さ 150mm×奥行 500
試験体数	2 種類×3 体 1 種類×2 体 1 種類×4 体　計 12 体
試験体	接合部に接着剤を用いない試験体（試験体名：CLT）×3 体 接合部に接着剤を用いせん断キーが CLT の試験体(試験体名:CLT－bond)×3 体 接合部に接着剤を用いせん断キーが集成材の試験体（試験体名：CLT－bond'-1 および 2）×2 体 接合部に接着剤を用いせん断キーが製材の試験体(試験体名:CLT－bond'-3～6）×4 体
材	CLT：スギ、150×500mm（Mx60A3-5） 千切り：スギ（t=150 E50） せん断キー（CLT/集成材/製材）
面材の接合	CLT に NC 加工を施し、千切りをはめ込む 接合部に接着剤を用いる試験体：接着剤を使用

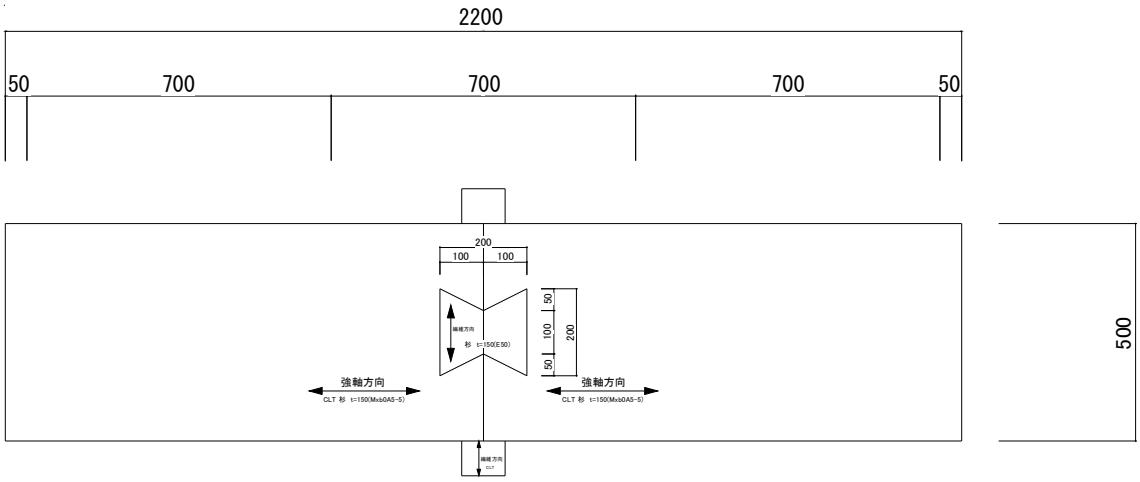


図２．１　CLT 試験体および CLT-bond 試験体詳細図（mm）

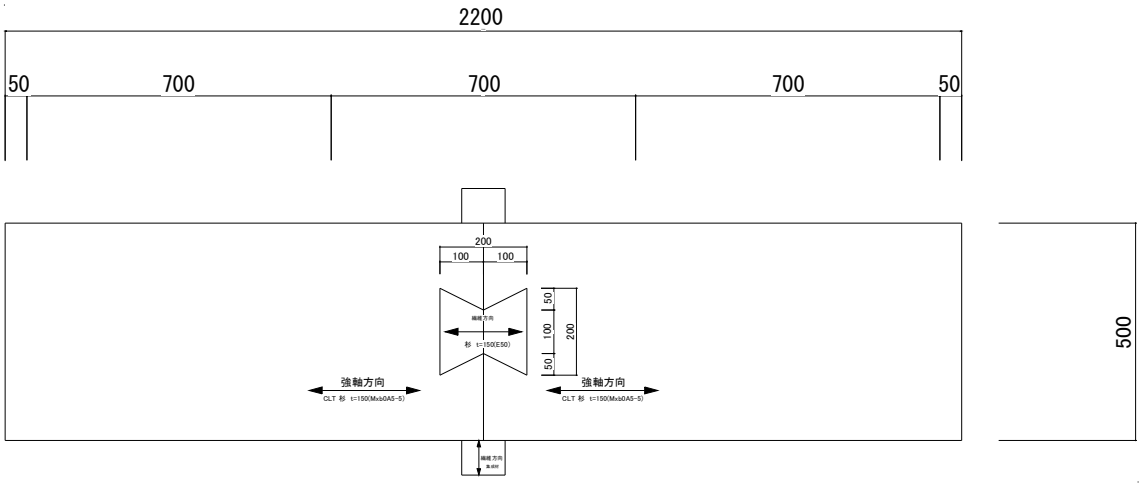


図２．２　CLT-bond’-1 および 2 詳細図（mm）

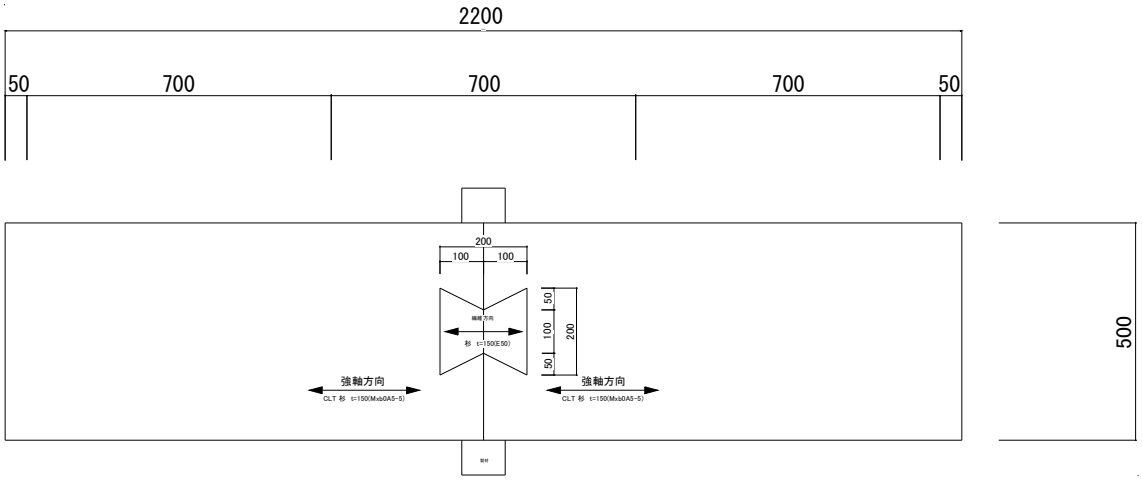


図２．３　CLT-bond’-3～6 詳細図（mm）

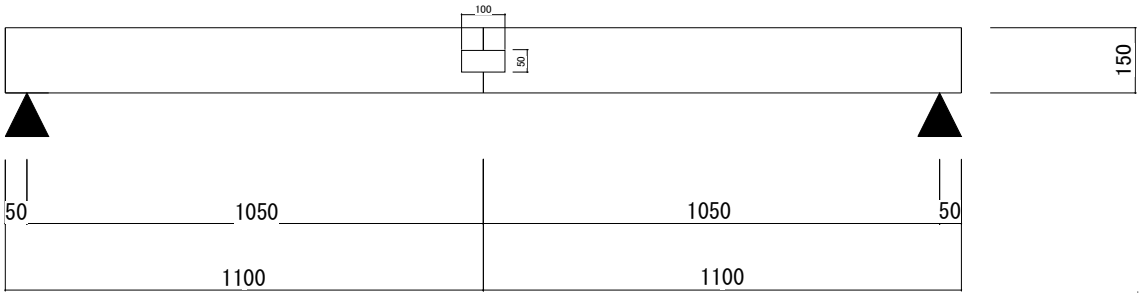


図２．４　試験体詳細図（側面）（mm）

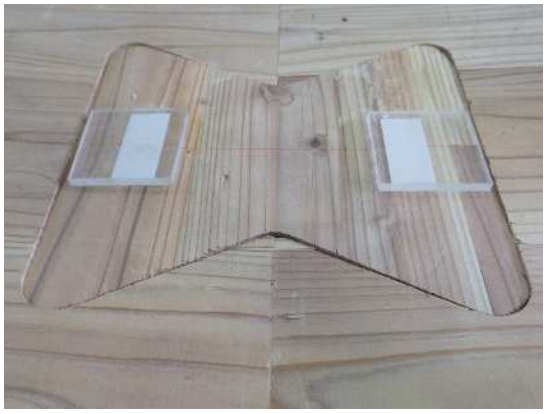


写真２．１　千切り

写真２．２　CLT のせん断キー

写真２．３　集成材のせん断キー

写真２．４　製材のせん断キー

２．３ 試験方法

試験は、「公益財団法人　日本住宅・木材技術センター発行　構造用木材の強度試験マニュアル（2011 年 3 月）　Ⅰ．構造用木材の強度試験法　７．曲げ強さおよび曲げヤング係数」に準拠して行った。

３．１　試験体の固定

加力用支承に鋼材を引いてその上に試験体をのせた。また実験前まで中央にパンタグラフをとりつけ、初期たわみが生じないようにした。

３．２　加力方法

加力は 3 等分点 4 点載荷とし、2000ｋN 万能試験機により行った。また、単調加力とし、加力速度は 5mm/min とした。最大耐力に達した後、試験体の変位が 50mm に達するまで行った。

３．３　変位の計測

変位は図３．１に示す位置で、ストレインゲージ式変位計（東京測器研究所製　型式：SDP-50C）を 4 カ所、ストレインゲージ式変位計（東京測器研究所製　型式：SDP-100）を 8 カ所、ストレインゲージ式変位計（東京測器研究所製　型式：CDP-25）を 4 カ所に用いて計測した。

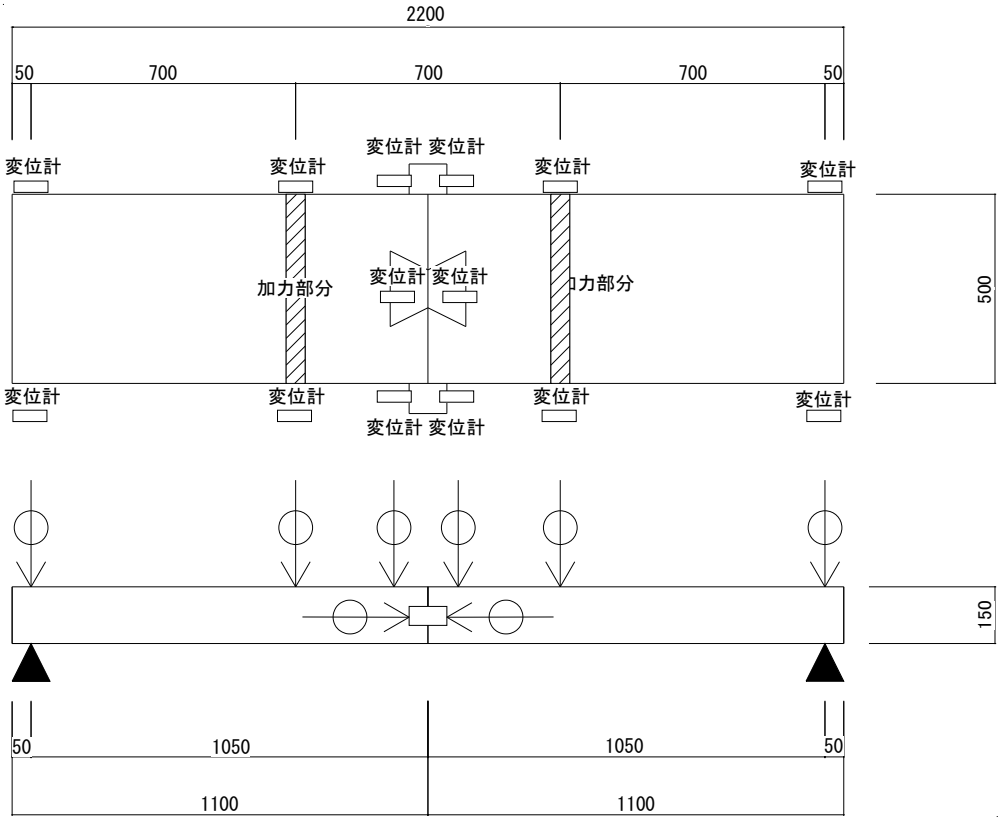


図２．５　変位計取付位置

２．４ 試験結果

表２．２に各評価項目算出結果を示す。

２．４．１　曲げ剛性の算定

曲げ剛性は次の方法で計算した。

$EI=(23Wl^3)/(648\delta)$

但し、W　：1 載荷点の荷重

δ　：荷重が Wの時の変位

より、

$EI=(23Kl^3)/(648)$

但し、K　：初期剛性（完全弾塑性モデルを用いて、荷重変位曲線の 0.2Pmax と 0.3Pmax を結んだ直線の傾きとする）

l　：支点間距離（＝2100）

表２．２　各評価項目算出結果

試験体名	初期たわみ (mm)	曲げ剛性 (10^9N*mm^2)	最大荷重 Pmax(kN)
CLT-1		3.14	12.05
CLT-2	8	3.02	10.06
CLT-3	5	4.49	12.88
CLT-bond-1		15.20	13.01
CLT-bond-2		13.32	13.30
CLT-bond-3	3	4.91	7.70
CLT-bond'-1	0	17.73	11.21
CLT-bond'-2	0	21.69	14.71
CLT-bond'-3	0	10.61	11.25
CLT-bond'-4	0	21.29	11.78
CLT-bond'-5	0	21.52	13.60
CLT-bond'-6	0	22.71	12.97

２．４．２　荷重－変位曲線

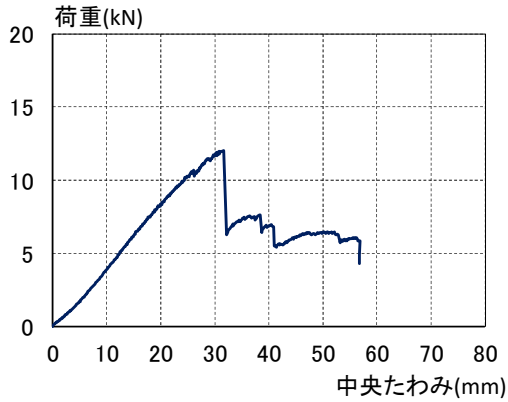


図４．１　CLT－１の荷重－変位曲線

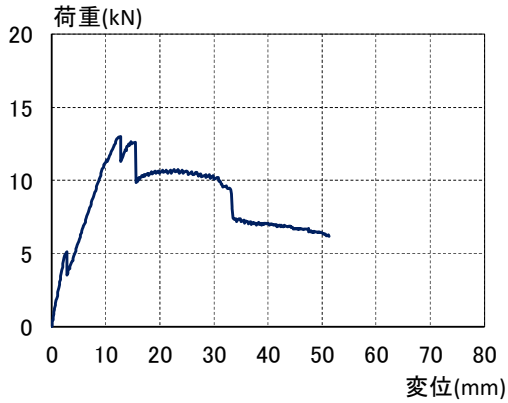


図４．４　CLT－bond－１の荷重－変位曲線

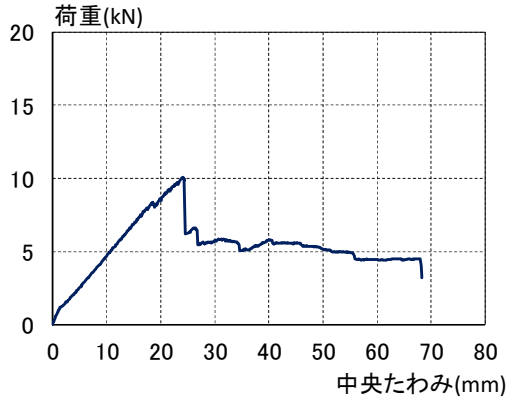


図４．２　CLT－２の荷重－変位曲線

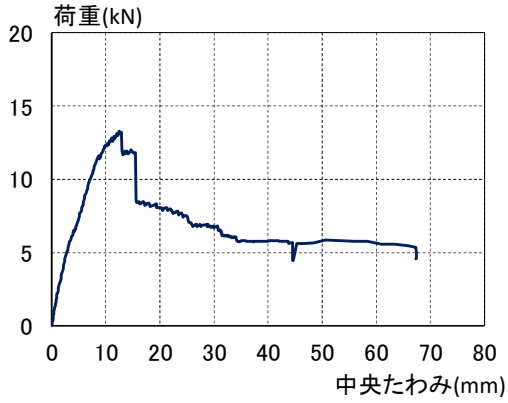


図４．５　CLT－bond－２の荷重－変位曲線

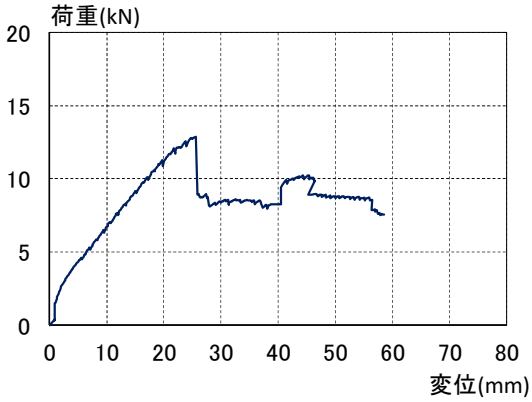


図４．３　CLT－３の荷重－変位曲線

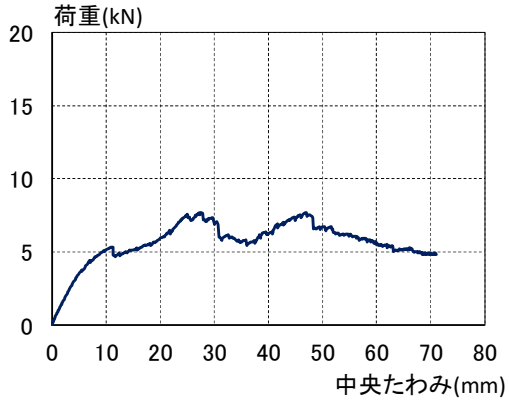


図４．６　CLT－bond－３の荷重－変位曲線

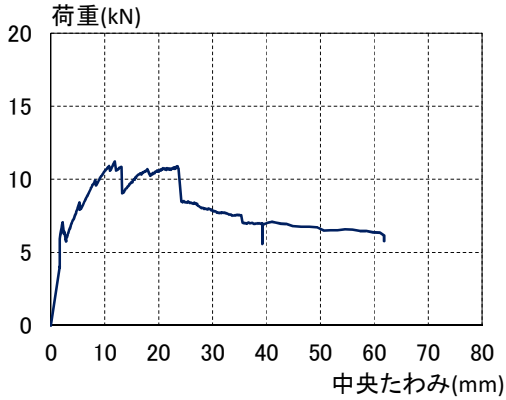


図４．４ CLT－bond’－1 の荷重－変位曲線

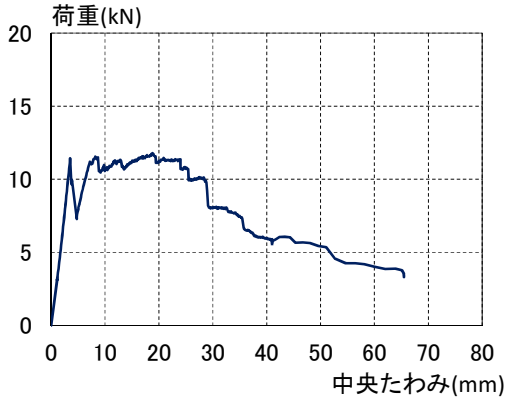


図４．４ CLT－bond’－4 の荷重－変位曲線

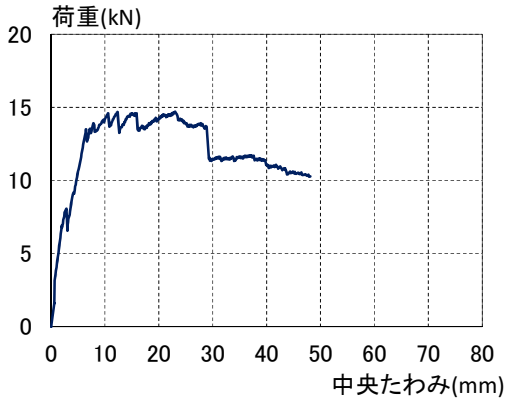


図４．５ CLT－bond’－2 の荷重－変位曲線

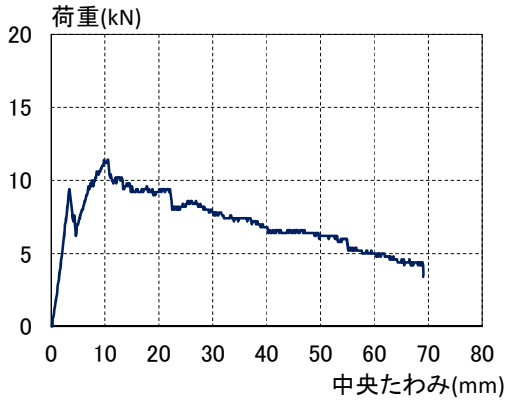


図４．５ CLT－bond’－5 の荷重－変位曲線

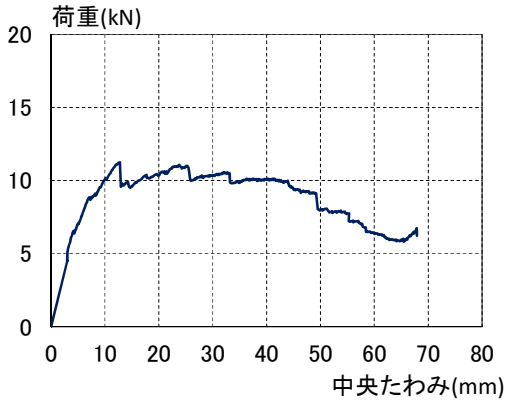


図４．６ CLT－bond’－3 の荷重－変位曲線

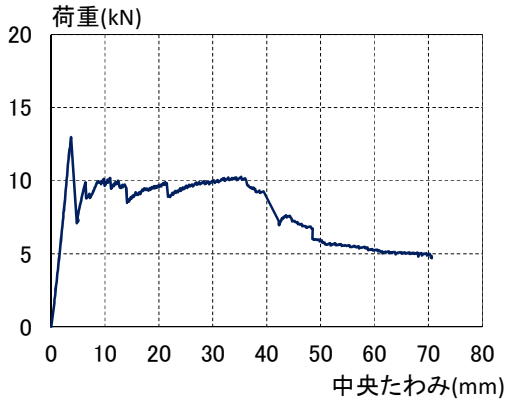


図４．６ CLT－bond’－6 の荷重－変位曲線

２．４．３　曲げ剛性

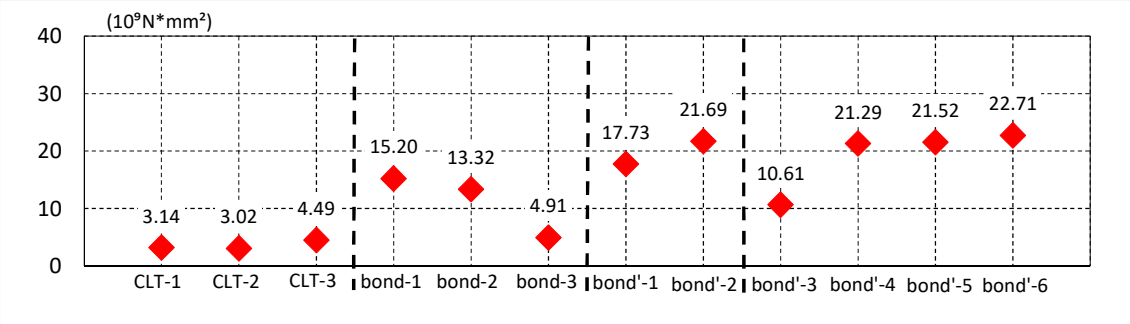


図４．７　曲げ剛性

曲げ剛性は、CLT-1 type では 3.14×10⁹N*mm²、CLT-2 では 3.02×10⁹N*mm²、CLT-3 では 4.49×10⁹N*mm²、CLT-bond-1 type では 15.20×10⁹N*mm²、CLT-bond -2 では 13.32×10⁹N*mm²、CLT-bond-3 では 4.91×10⁹N*mm²、CLT-bond'-1 type では 17.73×10⁹N*mm²、CLT-bond' -2 では 21.69×10⁹N*mm²、CLT-bond'-3 では 10.61×10⁹N*mm²、CLT-bond'-4 type では 21.29×10⁹N*mm²、CLT-bond' -5 では 21.52×10⁹N*mm²、CLT-bond'-6 では 22.71×10⁹N*mm² となった。

CLT-bond-3 はせん断キーが早くに割裂したため、曲げ剛性が CLT 試験体よりも低い。CLT-bond-3 をのけると、CLT 試験体よりも CLT-bond 試験体の方が曲げ剛性は高い。

せん断キーが集成材の bond'-1 および 2 とせん断キーが製材の bond'-3 から 6 を比較すると、同程度の曲げ剛性が得られた。CLT-bond-3'はせん断キーが早くに割裂したため、他の CLT-bond'試験体の半分程度の剛性になった。

２．４．４　最大耐力

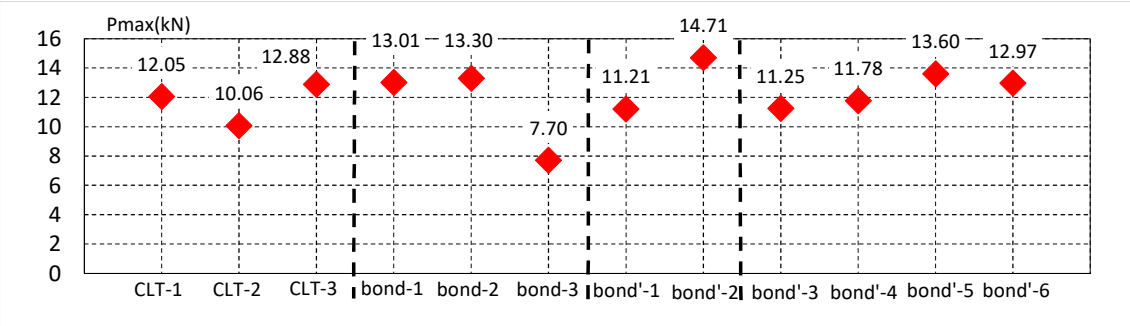
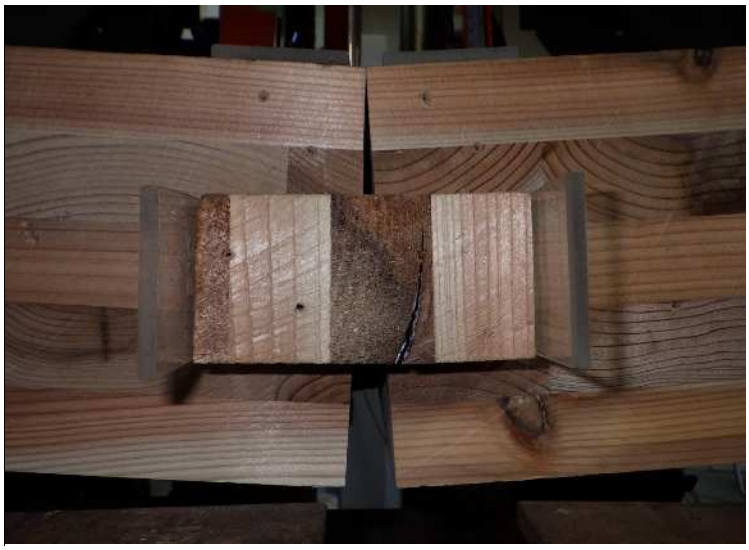
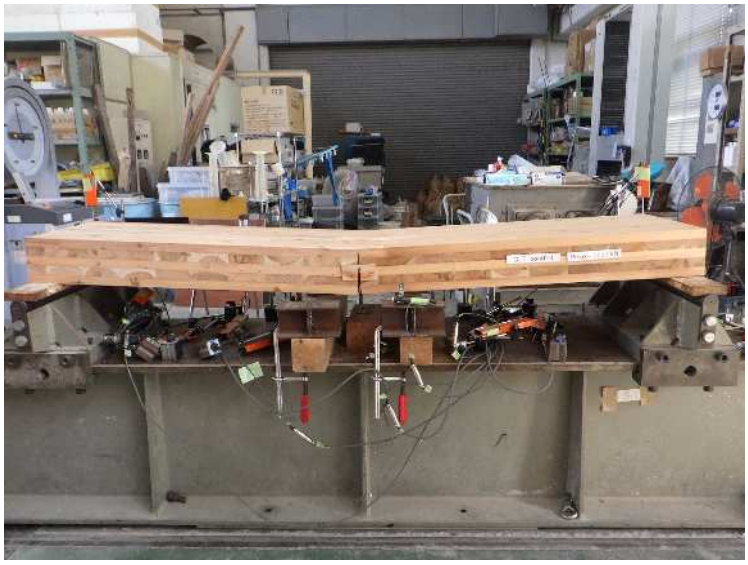


図４．８　最大耐力

最大耐力は、CLT-1 type では 12.05kN、CLT-2 では 10.06kN、CLT-3 では 12.88kN、CLT-bond-1 type では 13.01kN、CLT-bond-2 では 13.30kN、CLT-bond-3 では 7.70kN、CLT-bond'-1 type では 11.21kN、CLT-bond'-2 では 14.71kN、CLT-bond'-3 では 11.25kN、CLT-bond'-4 type では 11.78kN、CLT-bond'-5 では 13.60kN、CLT-bond'-6 では 12.97kN、となった。

写真２ 試験実施日 令和元年 11 月 21 日 試験体記号 CLT－1 概要説明 千切り部分の割裂	
写真４ 試験実施日 令和元年 11 月 21 日 試験体記号 CLT－1 概要説明 接合部の曲げ破壊	
写真５ 試験実施日 令和元年 11 月 21 日 試験体記号 CLT－1 概要説明 実験終了時全景 P_{MAX}＝12.05kN	

真３３ 試験実施日 令和２年 02 月 05 日 試験体記号 CLT－bond'－1 概要説明 試験終了時 接合部の曲げ破壊	
写真３４ 試験実施日 令和２年 02 月 05 日 試験体記号 CLT－bond'－1 概要説明 千切りの割裂	
写真３５ 試験実施日 令和２年 02 月 05 日 試験体記号 CLT－bond'－1 概要説明 実験終了時全景 P_{MAX}＝11.21kN	

３．実証結果概要

３．１　千切り曲げ耐力の確認

２．４の試験結果から Pmax=12.0kN（平均値）が確認され、Ma=1.54kN・m（長期許容曲げ耐力）となる。構造用接着剤の併用に関わらず、千切りの引っ掛かり部分のせん断破壊が生じたため曲げ耐力の上昇は見込めなかった。また雇い実の曲げ破壊後に千切りのせん断破壊へ移行したため組み合わせ耐力も見込めない。設計値は Ma=1.36 kN・m（長期許容曲げ耐力）となる。既存の設計式である腰掛け鎌継ぎのめり込み面積を千切りのめり込み面積に変更した引張耐力と引きボルトを利用したモーメント抵抗接合の式を応用し求めると①三角変位めり込み降伏耐力、②楔の等変位めり込み降伏耐力、③楔引張降伏耐力の三条件のみなので Ma=2.16 kN・m（長期許容曲げ耐力）と過大評価となる。破壊形式も異なったので、④引っ掛かり部分の曲げせん断耐力、⑤引っ掛かり部分のせん断耐力を追加すると最小の⑤で決まり実験値大凡近い値となった。

３．２　構造用接着剤の耐力及び剛性に対する影響

２．４の試験結果から千切りの形状上母材の方が先行してせん断破壊したので構造用接着剤の耐力は見込めなかったが、２．４．３の結果より剛性の向上は確認できた。CLT はプレファブリケーションであるため施工精度を確保する必要があり、嵌合接合でも構造用接着材を併用すると施工の難易度は下がる事が想定できる。

３．３　CLT パネル工法と嵌合接合に対するコスト比較

嵌合接合と同じく金物を露出させない継手の代表と言えば GIR 工法がある。本章では千切りと同程度の曲げ耐力(TL(SL)-100φ18W@910)がある GIR 工法と千切りのコストを比較する。費用は同程度となったが、現在 CLT 製造者の費用が軒並み揃いではないので、場合によっては嵌合接合の方が高価になり得る。しかし GIR 工法、CLT 専用の金物にしても普及率が高い金物ではないので、嵌合接合は木材さえあれば製造する事ができ、普及しやすい点も考慮すべきである。

また本建物は大方分離発注を試みているので、仲介業者が存在しない。その効果があったせいか躯体工事が 13.6 万円/坪となり、在来工法に対して同程度となった。

工法	GIR 工法	千切り
箇所数（個）	105	105
接合治具（円）	210,000	399,360
接着剤（円）	154,000	30,000
送料（円）	16,000	0
諸経費（円）	120,000	0
合計（円）	500,000	429,360

表３．１　各接合治具の比較

CLT パネル材料	1,896,960
パネル加工費	1,297,920
輸送費	316,000
建て方	575,488
合計（A）	4,086,368
施工面積あたりの工事単価（円/坪）	136,212
CLT 材積あたりの工事単価（円/㎥）	214,959

表３．２　CLT 屋根版

３．４　施工・搬入レポート

嵌合接合の施工誤差を減らす場合、木殺しを行うかどうかで大幅に改善するが、一方施工の難易度は上がってしまう。本建物の千切りの数は、105 ヶ所あるので施工に対してゆとりを持たせ、千切りと CLT 屋根版は 1.0mm の差を空け製造している。そこに構造用接着剤を充填し剛性を上げ、クレーンの吊り上げ工事においても形状を保たせた上で施工を行った。

図３．１　建方吊り時の CLT 屋根版